

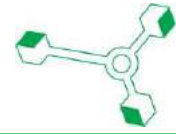
KESKLAVOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

**Õhukvaliteedi
andmete kogumine ja
aruandlus
2017-2018 a.**

2018 a. lõpparuanne





Töö nimetus:

Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus: 2017-2018 a. 2018 aasta lõpparuanne

Töö autorid

Erik Teinemaa, Marek Maasikmets, Katri Saare, Hannes Keernik, Kaisa Kesanurm, Indrek Pruul, Mart Vill, Maris Paju

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

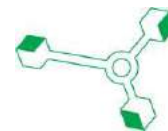
info@klab.ee

www.klab.ee

Leping nr: 4-1/16/117

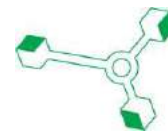
Töö valmimisaeg: 15.01.2019

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

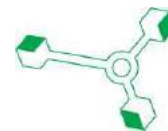
1	Sissejuhatus	9
2	Rahvusvaheline aruandlus.....	9
2.1	Välisõhu kvaliteedi alane aruandlus Euroopa Komisjonile.....	9
2.2	EMEP aruandlus.....	10
3	Siseriiklikud tööd	10
3.1	Avalikkuse teavitamine.....	10
3.2	Foonilise saastetaseme arvutustulemuste koostamine ja uuendamine	11
3.3	Liiklusheite andmebaasis kasutatavate eriheidete täiendamine	11
3.4	Laevaliikluse andmebaasi uuendamine.....	12
3.5	Heitkoguste prognooside koostamine	12
3.6	Standardimiskomitee töös osalemine	13
3.7	Välisõhu saasteainete mõju materjalide korrosioonile.....	13
4	Õhukvaliteedi uuringud valitud linnapiirkondades ja probleemsetes tööstuspiirkondades	14
4.1	Tartu mõõtekampaania.....	14
4.2	Tartu mõõtetulemuste analüüs.....	35
4.2.1	Seosed mõõtepunktide ja analüüsiperioodide vahel	36
4.2.2	Saasteainete omavahelised korrelatsioonid	39
4.2.3	Saasteainete kontsentratsioonide seos meteoroloogiliste parameetritega	45
4.2.4	Saasteainete ööpäevane käik.....	50
4.3	Mõõtmised Viljandis.....	53
4.4	Mõõtmised Kiviõlis	77
4.5	Mõõtmised Kehras	85
4.6	Mõõtmised Nõlva tänaval	88
5	Aerobioloogiline seire	90
6	Süsteemi uuendamine ja täiendamine.....	96
7	Õhukvaliteedi konverentsi korraldamine	99



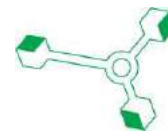
8	KASUTATUD KIRJANDUS.....	100
---	--------------------------	-----

Joonised

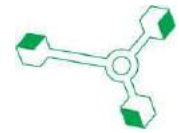
Joonis 1	Benseeni modelleeritud ja mõõdetud tase Öismäe seirejaamas.....	11
Joonis 2	Heitkoguste prognoos meetmete rakendamisel.....	12
Joonis 3	Heitkoguste prognoos lisameetmete rakendamisel	13
Joonis 4	Mobair 2 asukoht Tartus	14
Joonis 5	NO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon.....	15
Joonis 6	NO ₂ kontsentratsiooniroos.....	15
Joonis 7	CO 8 h keskmine kontsentratsioon	16
Joonis 8	CO kontsentratsiooniroos.....	16
Joonis 9	O ₃ 8 h keskmine kontsentratsioon	17
Joonis 10	O ₃ kontsentratsiooniroos	17
Joonis 11	PM _{2,5} 1 h keskmine kontsentratsioon.....	18
Joonis 12	PM _{2,5} 24 h keskmine kontsentratsioon.....	18
Joonis 13	PM _{2,5} kontsentratsiooniroos	19
Joonis 14	PM ₁₀ 1 h keskmine kontsentratsioon	19
Joonis 15	PM ₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon	20
Joonis 16	PM ₁₀ kontsentratsiooniroos	20
Joonis 17	NO ₂ summaarne saastevoog	21
Joonis 18	CO summaarne saastevoog.....	21
Joonis 19	O ₃ summaarne saastevoog.....	22
Joonis 20	PM _{2,5} summaarne saastevoog	22
Joonis 21	PM ₁₀ summaarne saastevoog.....	23
Joonis 22	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17.....	24
Joonis 23	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 27.12.17 – 15.02.18.....	24



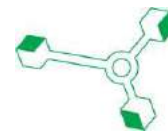
Joonis 24	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18.....	25
Joonis 25	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18.....	25
Joonis 26	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17	26
Joonis 27	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 27.12.17 – 15.02.18	26
Joonis 28	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18	27
Joonis 29	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18	27
Joonis 30	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17	28
Joonis 31	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 26.12.17 – 15.02.18	29
Joonis 32	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18	29
Joonis 33	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18	30
Joonis 34	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017	30
Joonis 35	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 26.12.17 – 15.02.18	31
Joonis 36	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18	31
Joonis 37	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18	32
Joonis 38	Tartu seirejaama ja mobiilsete jaamade asukohad aastatel 2013–2018.....	36
Joonis 39	Saasteainete päevakeskmised kontsentratsioonid Tartu õhuseirejaamas, 2014–2018 ...	37
Joonis 40	Saasteainete päevakeskmised kontsentratsioonid Mobair2, 2014–2018	38
Joonis 41	PM1 komponentide ja PM2.5 (vasakul) ning orgaanilise aerosooli komponentide (paremal) aastane muutlikkus Tartu õhuseirejaamas.....	39
Joonis 42	Ööpäevakeskmised Tartu õhuseirejaamas ja Supilinnas Mobair2 poolt mõõdetud BaP ja BC _{bb} kontsentratsioonid 2018. aasta talvel	42
Joonis 43	Benzo(a)püreen ja BC _{bb} vaheline seos aastatel 2015–2018 Tartu õhuseirejaamas.....	42
Joonis 44	BaP, BC _{bb} ja BBOA nädalane muutlikkus aastatel 2015–2018 Tartu õhuseirejaamas.....	43
Joonis 45	Tunnikeskmiste väärtuste omavahelised korrelatsioonid Tartu seirejaamas perioodil 2014–2018	43
Joonis 46	Päevakeskmiste väärtuste omavahelised korrelatsioonid Tartu seirejaamas perioodil 2014–2018	44



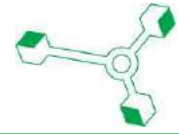
Joonis 47	Tartu õhuseirejaama andmetel põhinevad tuuleroosid aastate 2014, 2015, 2015–2016, 2016–2017 ja 2018 talvel	46
Joonis 48	NO ₂ saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2016–2017 Tartu õhuseirejaamas	47
Joonis 49	Tuuleroos Supilinnas Mobair2 mõõtelabori asukohas 2018. aastal	47
Joonis 50	BC _{bb} saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2018. aastal Supilinnas	48
Joonis 51	PM _{2.5} saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2018. aastal Supilinnas	48
Joonis 52	Töenäosus soodsate akumulatsioonitingimuste tekkeks Tartu õhuseirejaamas aastatel 2014–2018	49
Joonis 53	Saasteainete piik ja akumulatsioonitingimused 19.–20. märtsil 2017	50
Joonis 54	Saasteainete keskmised ööpäevased käigud Tartu erinevates asukohtades (Karlova, Tammelinn, Annelinn, Supilinn ja Maarjamõisa) aastatel 2014–2018.....	51
Joonis 55	Saasteainete keskmised ööpäevased käigud Tartu erinevates asukohtades (Karlova, Tammelinn, Annelinn, Supilinn ja Maarjamõisa) aastatel 2014–2018.....	52
Joonis 56	Mobair 1 asukoht Viljandis	53
Joonis 57	SO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon	54
Joonis 58	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon	54
Joonis 59	SO ₂ kontsentratsiooniroos.....	55
Joonis 60	NO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon.....	55
Joonis 61	NO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon.....	56
Joonis 62	NO ₂ kontsentratsiooniroos.....	56
Joonis 63	CO 8 h keskmine kontsentratsioon	57
Joonis 64	CO kontsentratsiooniroos.....	57
Joonis 65	O ₃ 8 h keskmine kontsentratsioon	58
Joonis 66	O ₃ kontsentratsiooniroos	58
Joonis 67	PM _{2.5} 1 h keskmine kontsentratsioon.....	59
Joonis 68	PM _{2.5} 24 h keskmine kontsentratsioon.....	59
Joonis 69	PM _{2.5} kontsentratsiooniroos	60
Joonis 70	SO ₂ summaarne saastevoog	60



Joonis 71	NO ₂ summaarne saastevoog	61
Joonis 72	CO summaarne saastevoog	61
Joonis 73	O ₃ summaarne saastevoog	62
Joonis 74	PM _{2.5} summaarne saastevoog	62
Joonis 75	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.17	64
Joonis 76	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.17	64
Joonis 77	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18	65
Joonis 78	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18	65
Joonis 79	PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18	66
Joonis 80	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017	66
Joonis 81	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017	67
Joonis 82	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18	67
Joonis 83	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18	68
Joonis 84	PAH komponentide kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18	68
Joonis 85	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017	69
Joonis 86	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017	70
Joonis 87	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18	70
Joonis 88	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18	71
Joonis 89	As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18	71
Joonis 90	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017	72
Joonis 91	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017	72
Joonis 92	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18	73
Joonis 93	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18	73
Joonis 94	Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM ₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18	74
Joonis 95	Seirejaamade asukohad Kiviõlis	77
Joonis 96	SO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1	78



Joonis 97	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1	79
Joonis 98	H ₂ S 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1.....	79
Joonis 99	H ₂ S 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1.....	80
Joonis 100	PM ₁₀ 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1	80
Joonis 101	PM ₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1	81
Joonis 102	SO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	82
Joonis 103	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	82
Joonis 104	H ₂ S 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	83
Joonis 105	H ₂ S 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	83
Joonis 106	PM ₁₀ 1 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	84
Joonis 107	PM ₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1	84
Joonis 108	Konteiner-2 asukoht.....	85
Joonis 109	SO ₂ 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2	86
Joonis 110	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2	87
Joonis 111	H ₂ S 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2	87
Joonis 112	H ₂ S 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2	88
Joonis 113	Kase õietolmu mõõtetulemused	92
Joonis 114	Paju õietolmu mõõtetulemused.....	93
Joonis 115	Männi õietolmu mõõtetulemused	94
Joonis 116	Keskkonnaloaga kaitiste päringumoodul	97
Joonis 117	Keskkonnaloaga kaitiste päringumooduli kasutamine.....	97
Joonis 118	Saastaine põhjal saasteallikate päring ja filtreerimine.....	98
Joonis 119	Saasteallikate põhjal saadud modelleerimistulemus	98



1 Sissejuhatus

Vastavalt Keskkonnaministeeriumi ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse vahel sõlmitud lepingule nr 4-1/16/117 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 2018 a. jooksul teostatud töödest.

2 Rahvusvaheline aruandlus

2.1 Välisõhu kvaliteedi alane aruandlus Euroopa Komisjonile

Välisõhu kvaliteedi alane aruandlus hõlmab välisõhu kvaliteedi direktiivide (2008/50/EÜ, 2004/107/EÜ) alusel teostatud saastetasemete mõõtmisi riiklikes seirejaamades. Esimese poolaasta jooksul koondati ja valideeriti eelmise aasta seireandmeid ning viidi need DEM formaati, seejärel esitati need AQUI tarkvara abil tähtajaliselt Euroopa Keskkonnaagentuurile.

Andmete esitamiseks on kehtestatud reeglistik vastavalt Euroopa Komisjoni rakendusotsusele 2011/850/EL. Selle raames esitatakse lisaks mõõtmistulemustele ka andmed õhukvaliteedi piirkondade ja linnastute kohta, andmed mõõtevõrgustiku ja mõõtepaigaldiste kohta.

Seirejaamade andmed esitatakse EIONET (European Environmental Information and Observation Network) aruandlusena DEM (digital elevation model) formaadis kasutades selleks AQII tarkvara. Andmed salvestatakse keskses andmelaos (Central Data Repository) E1a ümbrikus: <http://cdr.eionet.europa.eu/ee/eu/aqd/e1a/>

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



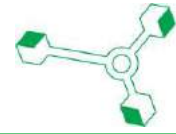
2.2 EMEP aruandlus

EMEP (*Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe*) aruandlus Norra Õhu-uuringute Instituudi (NILU) keemilise koordinaatsioonikeskusele (CCC - Chemical Coordinating Centre). Õhusaasteainete kauglevi konventsiooni liikmed (sh Eesti) teostavad seiret EMEP võrgustikku kuuluvates seirejaamades. Eesti seirejaamadest kuuluvad sinna võrgustikku Lahemaa ja Vilsandi õhuseirejaamad. Enne andmete esitamist koordinaatsioonikeskusele teostatakse siseriiklikult andmete kvaliteedikontroll ja valideerimine. Andmed viiakse üle NASA/AMES 1001 formaati. Eelneva aasta andmed esitatakse iga aasta 31 juuliks. Esitatud andmeid kontrollitakse EMEP-CCC poolt koostöös andmete esitajaga enne andmete kandmist kesksesse andmebaasi. Kõik EMEP seirejaamade andmed on kättesaadavad EBAS-NILU andmebaasis: <http://ebas.nilu.no/>

3 Siseriiklikud tööd

3.1 Avalikkuse teavitamine

Avalikkuse teavitamine vastavalt õhukvaliteedi raamdirektiivile 2008/50/EÜ toimub internetiportaali (www.ohuseire.ee) ja teabeekraanide vahendusel. Internetiportaalis uuendatakse andmeid jooksvalt iga tunni tagant. Lisaks toimub jooksvalt alarmsüsteemi kaudu asjaomaste institutsioonide teavitamine keskkonnaseisundi kahjustamisel või ohuolukordade esinemisel kui õhukvaliteedi mõõtetulemused ületavad vastavale parameetrile kehtestatud piirväärtuseid. Selle raames kontrollitakse jooksvalt direktiivides loetletud 13 prioriteetse saasteaine saastatuse tasemeid ja võrreldakse jooksvaid andmeid vastavate piirväärtustega tegelike mõõtetulemuste põhjal. Automaatsed teavitused saadetakse vastava seirejaama asukoha kohalikule omavalitsusele, Keskkonnaministeeriumile, Keskkonnainspeksioonile, Terviseametile ja Keskkonnaametile.

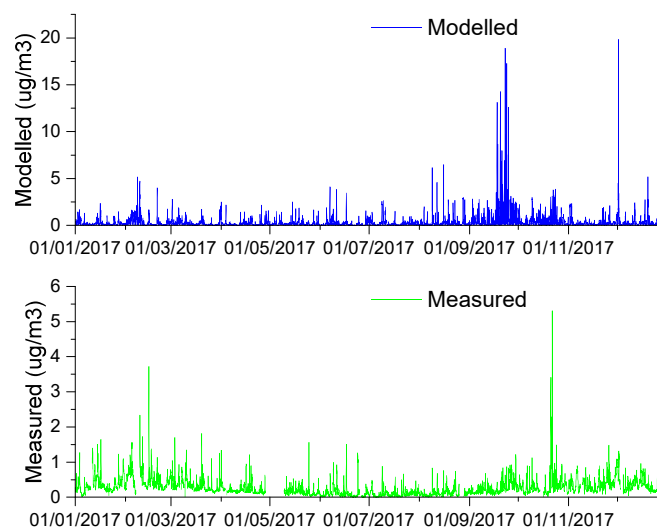


3.2 Foonilise saastetaseme arvutustulemuste koostamine ja uuendamine

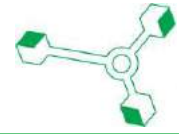
OSIS2017 a. andmebaasi ja 2017 a. meteoandmete põhjal koostati foonilise saastetaseme kaardikihid prioriteetsete saasteainete jaoks. Vastavad kihid on kättesaadavad Airviro süsteemis ning veebipõhise modelleerimissüsteemi kaudu.

3.3 Liiklusheite andmebaasis kasutatavate eriheidete täiendamine

Liiklusheite andmebaasi täiendati Suurbritannia (UK) liiklusheite inventuuris kasutatavate benseeni heitkogustega. Uuendatud andmebaasi kasutati sisendina linnaõhu hajumisarvutuste tegemisel. Uuendatud emissioonide andmebaasiga tehti hajumisarvutused ja valideeriti tulemusi Õismäe seirejaama benseeni automaatseadme mõõtmistulemustega. Benseeni modelleerimistulemuste võrdlus andis aastakeskmiste osas rahuldava kokkulangemise pidevseire andmetega (aastakeskmine 0.28 vs 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuid ajalise dünaamika korrelatsioon oli nõrk (Pearson korrelatsioon 0.18). Ajalise dünaamika osas vajab andmebaas parandamist ja samuti on ilmselt vajalik täiendada kohtkütte andmebaasi benseeni heitkogustega ning modelleerimisel arvestada ka kaugkandega saabuvale komponendile.



Joonis 1 Benseeni modelleeritud ja mõõdetud tase Õismäe seirejaamas

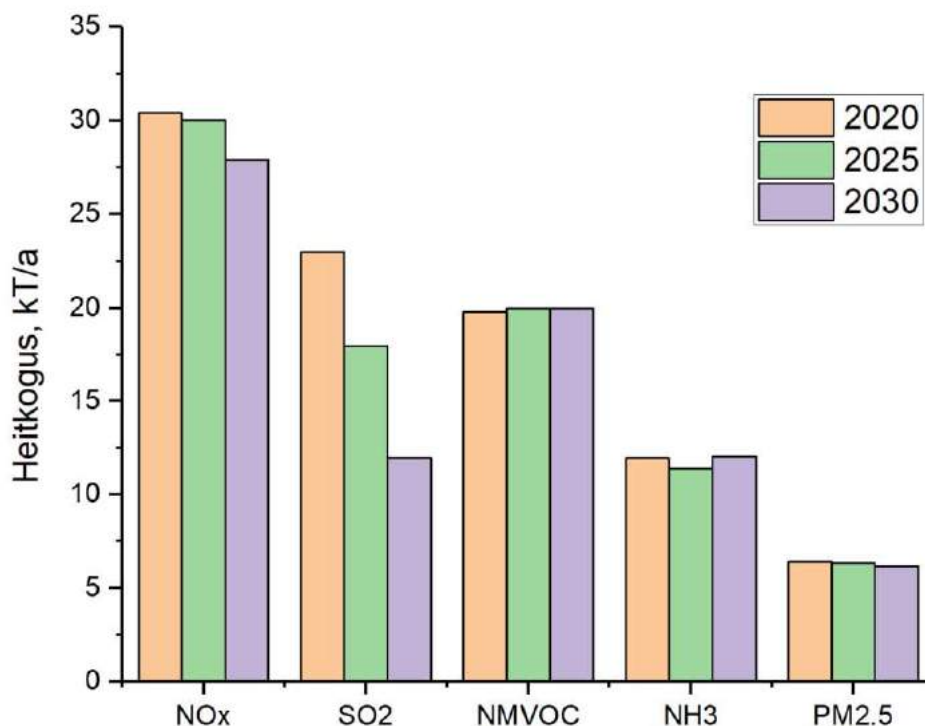


3.4 Laevaliikluse andmebaasi uuendamine

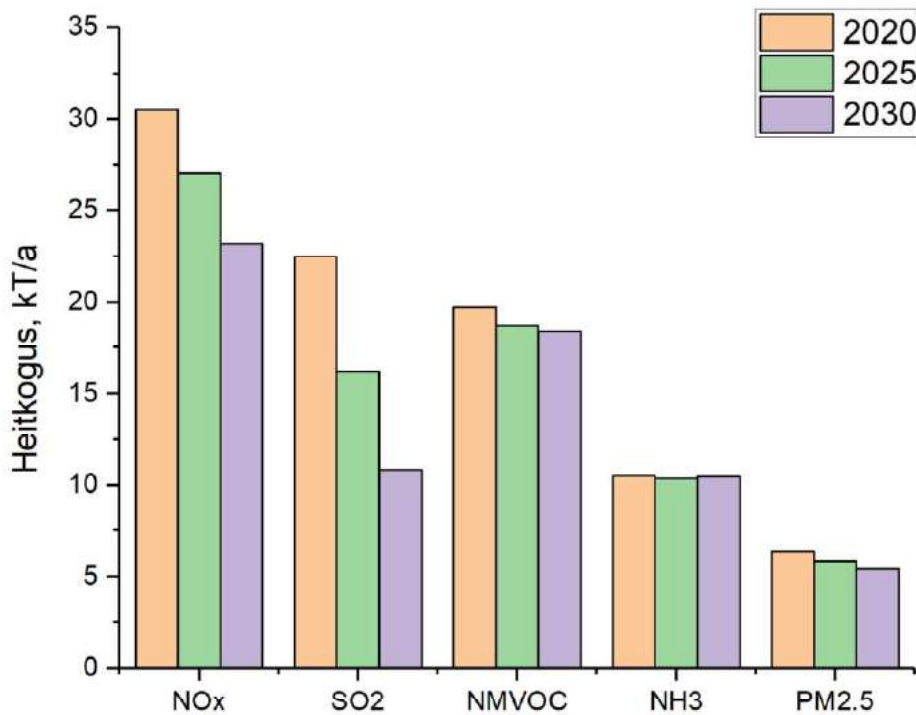
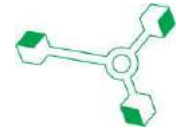
Laevaliikluse emissioonide andmebaasi uuendati jooksvalt operatiivse AIS signaali ja IHS Fairplay andmebaasi põhjal vastavalt uute laevade ilmumisele Eesti rannikuvetes. AIS signaal saadakse Eesti territoriaalvete kohta Veeteede ametilt ja laevade andmestik saadakse tasulise teenusena IHS Fairplay süsteemist. Süsteem võimaldab operatiivselt IMO numbri põhjal tuvastada Eesti vetes liikuvaid laevu ja saada informatsiooni uute laevade kohta mille andmed puuduvad senises Airviro laevade registris. Laeva andmete põhjal (peamootorite maksimaalne võimsus, laeva tegelik kiirus ja mootorite koormatus) arvutatakse välja laeva kütusekulu ja saasteainete heide välisõhku.

3.5 Heitkoguste prognooside koostamine

Töö käigus koostati heitkoguste prognoosid NMVOC, SO₂, NO_x, NH₃ ja PM_{2.5} kohta. Prognoosid on toodud töö lisa 1. Prognoos on osa teatavate õhusaasteainete heitkoguste vähendamise riiklikust programmist aastateks 2020–2030.



Joonis 2 Heitkoguste prognoos meetmete rakendamisel



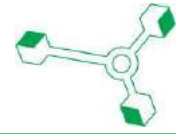
Joonis 3 Heitkoguste prognoos lisameetmete rakendamisel

3.6 Standardimiskomitee töös osalemine

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

3.7 Välisõhu saasteainete mõju materjalide korrosioonile

Lahemaa seirejaamas viiakse läbi materjalide korrosiooni uuringuid, mille raames paigaldatakse „The International Co-operative Programme on Effects on Materials, including Historic and Cultural Monuments (ICP Materials)“ poolt edastatud proovid Lahemaa seirealale spetsiaalsetele alustele. Igale proovitüübile on ette nähtud kindel ekspositsiooniaeg mille möödudes võetakse proovid maha ja saadetakse programmi koordinaatorile koos õhukvaliteedi andmestikuga vastava perioodi kohta.



4 Õhukvaliteedi uuringud valitud linnapiirkondades ja probleemsetes tööstuspiirkondades

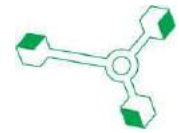
4.1 Tartu mõõtekampaania

Tartu linnas viidi välisõhu kvaliteedi mõõtmised läbi ajavahemikul 27.11.2017 – 08.05.2018. Välisõhu saastetasemete mõõtmiseks kasutati mobiilset seirejaama Mobair 2, mis asus aadressil Oa tn 42 (Joonis 4). Mõõtekampaania raames mõõdeti välisõhus lämmastikoksiidide (NO_x), süsinikoksiidi (CO), osooni (O_3), eriti peente osakeste ($\text{PM}_{2.5}$) ja peente osakeste (PM_{10}) kontsentratsioone ja meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks mõõdeti PM_{10} sisaldust gravimeetriliselt, sealhulgas määrati PM_{10} fraktsioonist raskmetallide ja polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH) sisaldus.

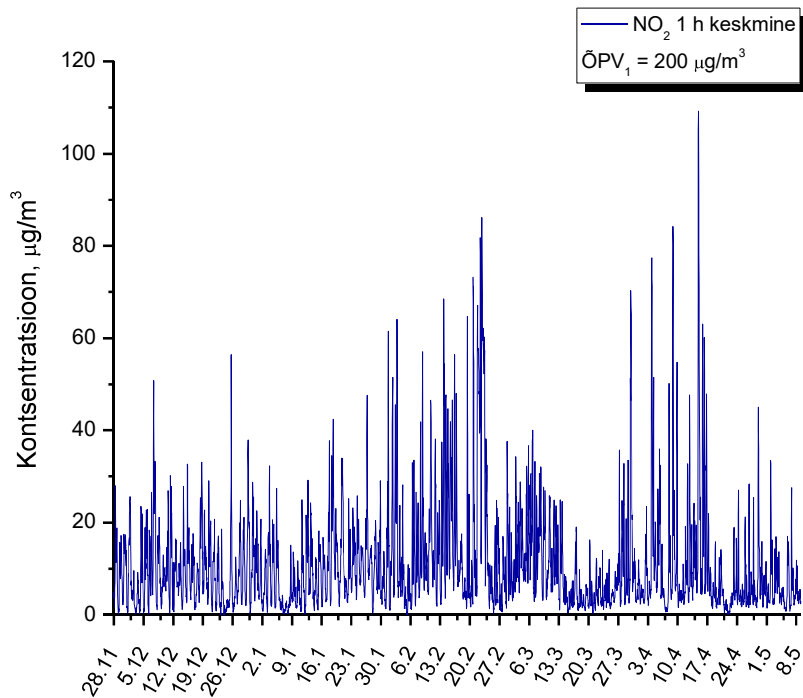


Joonis 4 Mobair 2 asukoht Tartus

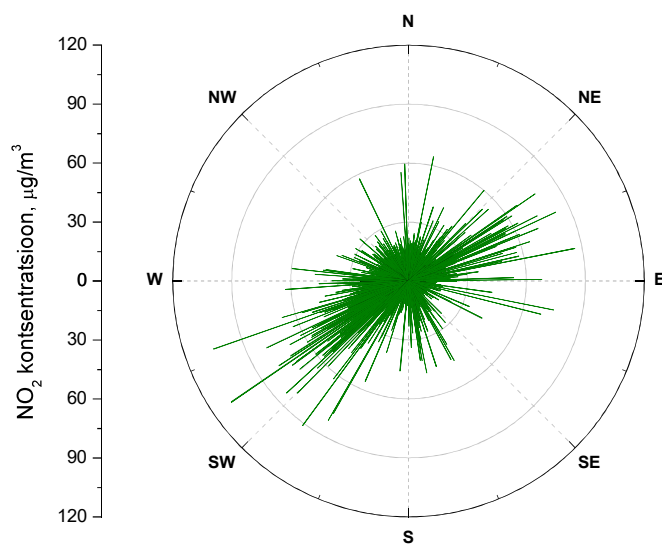
Lämmastikdioksiidi maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon $109,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 14.04.18 kell 22:00 (Joonis 5). Mõõtmise hetkel puhus kagutuul kiirusega $0,9 \text{ m/s}$. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon $52,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 23.02.18 (Joonis 5). Perioodikeskmine NO_2 sisaldus välisõhus oli $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tartu statsionaarses seirejaamas mõõdeti sama perioodi 1h ning 24h maksimaalseks



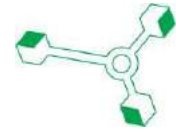
sisalduseks vastavalt $120,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (07.12.17, kell 09:00) ning $34,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (07.12.17) ja mõõteperioodi keskmiseks sisalduseks $14,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalsed NO_2 kontsentratsioonid esinesid mõõtekampania jooksul valdavalt ida- ja edelatuulega (Joonis 6).



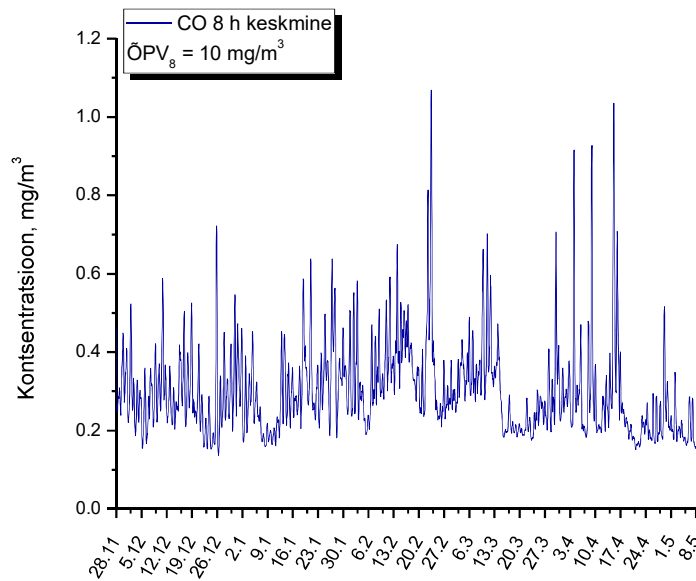
Joonis 5 NO_2 1 h keskmine kontsentratsioon



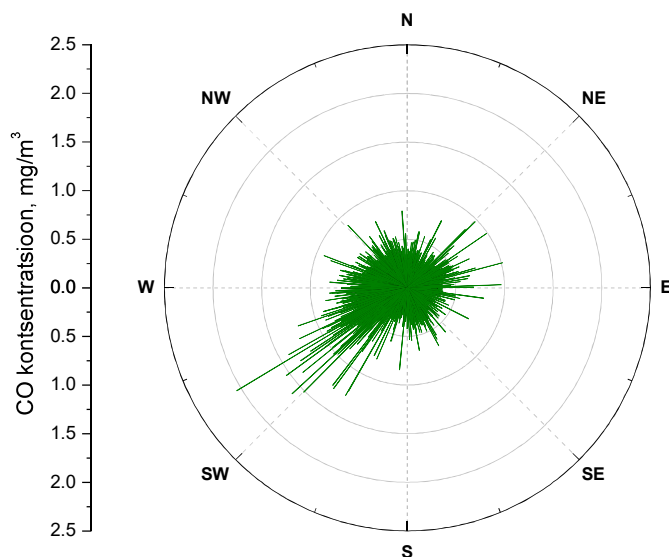
Joonis 6 NO_2 kontsentratsiooniroos



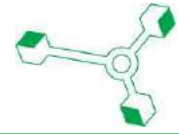
Süsinikoksiidi 8 h libisev keskmine kontsentratsioon ulatus mõõtekampaania jooksul maksimaalselt 1,1 mg/m³, mis mõõdeti 23.02.18 kell 11:00 (Joonis 7). Maksimaalne tunnikeskmine CO kontsentratsioon 2,0 mg/m³ mõõdeti 23.02.18 kell 09:00, mõõtmiste hetkel puhus nõrk kagutuul kiirusega 0,6 m/s. Mõõteperioodi keskmine CO sisaldus oli 0,30 mg/m³. CO maksimaalsed kontsentratsioonid mõõdeti valdavalt edelatuultega (Joonis 8).



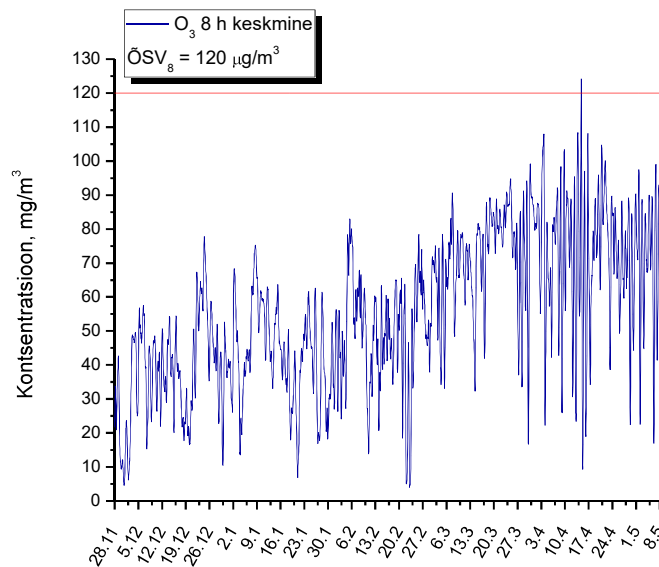
Joonis 7 CO 8 h keskmine kontsentratsioon



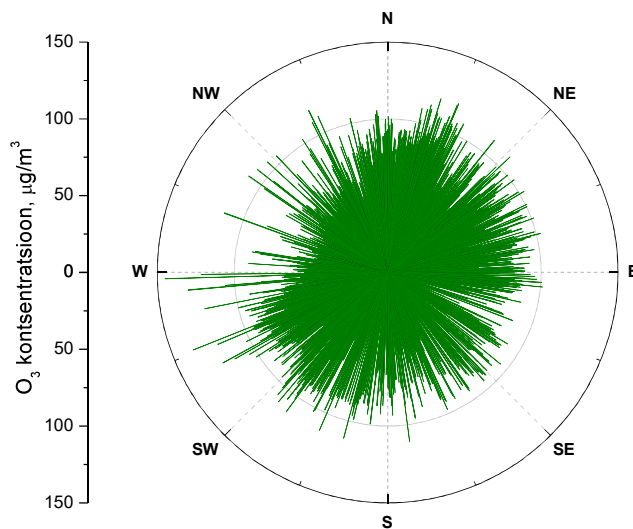
Joonis 8 CO kontsentratsiooniroos



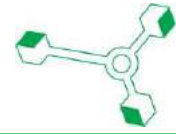
Osooni maksimaalne 8 tunni libisev keskmine kontsentratsioon $124,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 14.04.18 kell 19:00 (Joonis 9). Maksimaalne tunnikeskmine O_3 kontsentratsioon $144,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 14.04.18 kell 18:00, puhus kagutuul keskmise kiirusega $1,8 \text{ m/s}$. Perioodi keskmine O_3 sisaldus oli $55,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalsete kontsentratsioonide pärinemise suunda osooni puhul ei eristu (Joonis 10).



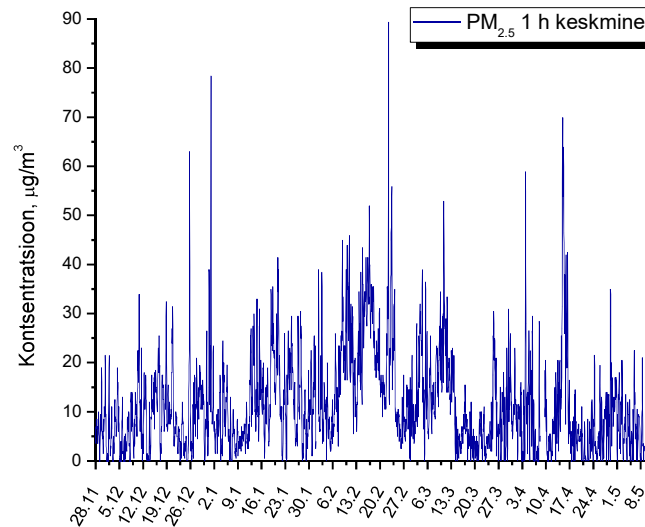
Joonis 9 O_3 8 h keskmine kontsentratsioon



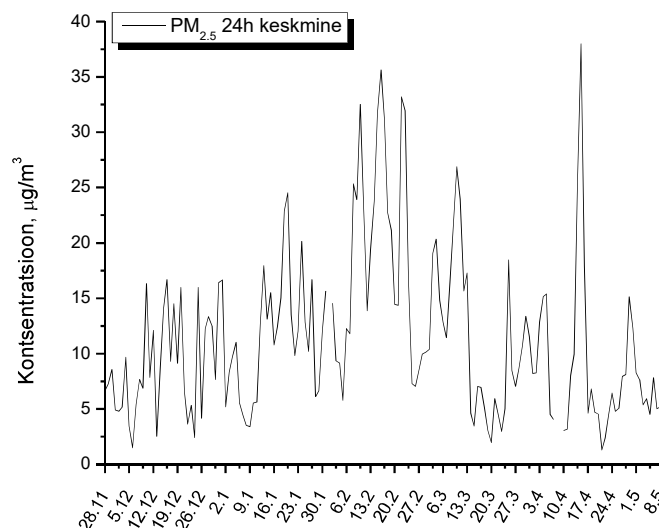
Joonis 10 O_3 kontsentratsiooniroos



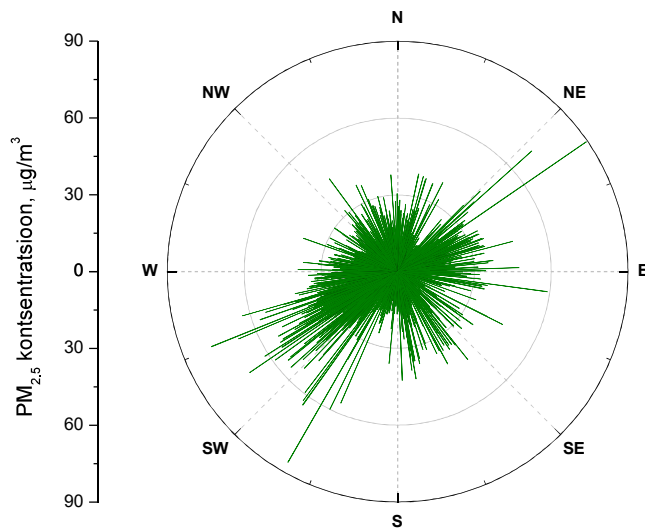
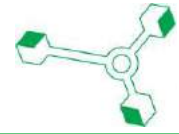
Eriti peente osakeste maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon $89,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 22.02.18 kell 12:00 (Joonis 11). Mõõtmise hetkel puhus kirdetuul kiirusega $0,7 \text{ m/s}$. Maksimaalne ööpäevakeskmine $\text{PM}_{2,5}$ kontsentratsioon $38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 15.04.18 (Joonis 12). Perioodi keskmine $\text{PM}_{2,5}$ sisaldus oli $11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõtekampaania jooksul esinesid peenosakeste maksimaalsed kontsentratsioonid valdavalt kirde- ja edelatuulega (Joonis 13).



Joonis 11 $\text{PM}_{2,5}$ 1 h keskmine kontsentratsioon

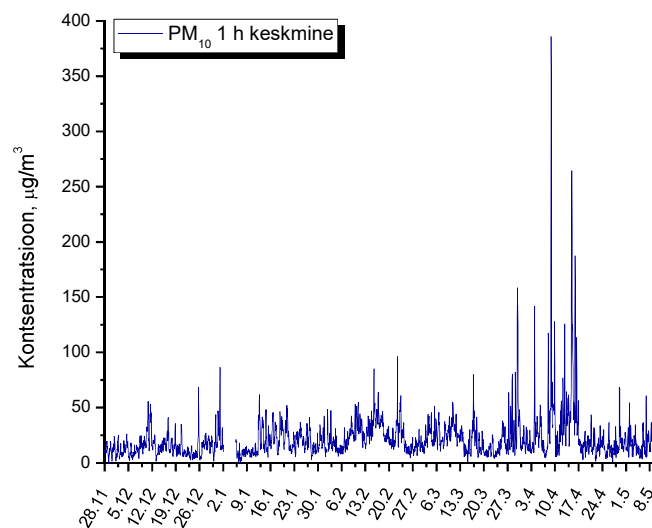


Joonis 12 $\text{PM}_{2,5}$ 24 h keskmine kontsentratsioon

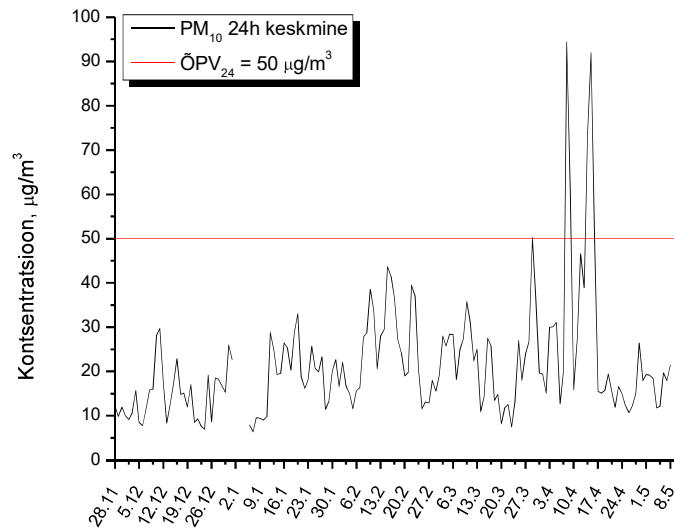
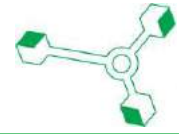


Joonis 13 PM_{2.5} kontsentratsiooniroos

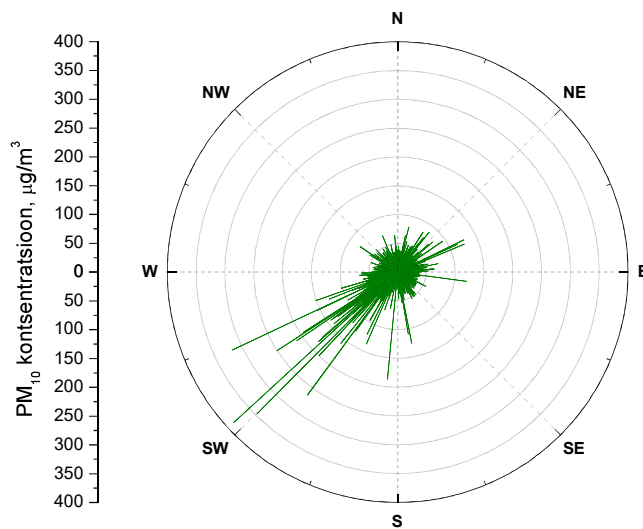
Peente osakeste maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon 385,7 µg/m³ mõõdeti 08.04.18 kell 21:00 (Joonis 14). Mõõtmise hetkel puhus edelatuul kiirusega 0,8 m/s. Maksimaalne ööpäevakeskmine PM₁₀ kontsentratsioon 94,4 µg/m³ mõõdeti samuti 08.04.18 (Joonis 15). Kokku registreeriti mõõteperioodil 6 piirväärtust ületavat ööpäevakeskmist kontsentratsiooni. Perioodi keskmine PM₁₀ sisaldus oli 21,4 µg/m³. Mõõtekampania jooksul esinesid peenosakeste maksimaalsed kontsentratsioonid valdavalt edelatuule korral (Joonis 16).



Joonis 14 PM₁₀ 1 h keskmine kontsentratsioon

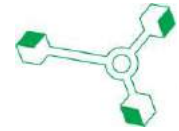


Joonis 15 PM₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon



Joonis 16 PM₁₀ kontsentratsiooniroos

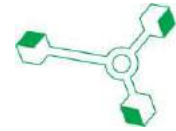
Vastavalt summaarse saastevoog analüüsile, jõudis mõõtekampaania jooksul üldine saastevoog mõõtepunktini peamiselt kirde- ning edelasuunast (Joonis 17 – Joonis 21).



Joonis 17 NO₂ summaarne saastevoog



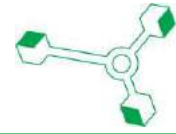
Joonis 18 CO summaarne saastevoog



Joonis 19 O₃ summaarne saastevoog



Joonis 20 PM_{2.5} summaarne saastevoog

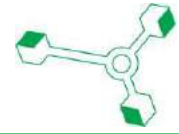


Joonis 21 **PM₁₀ summaarne saastevoog**

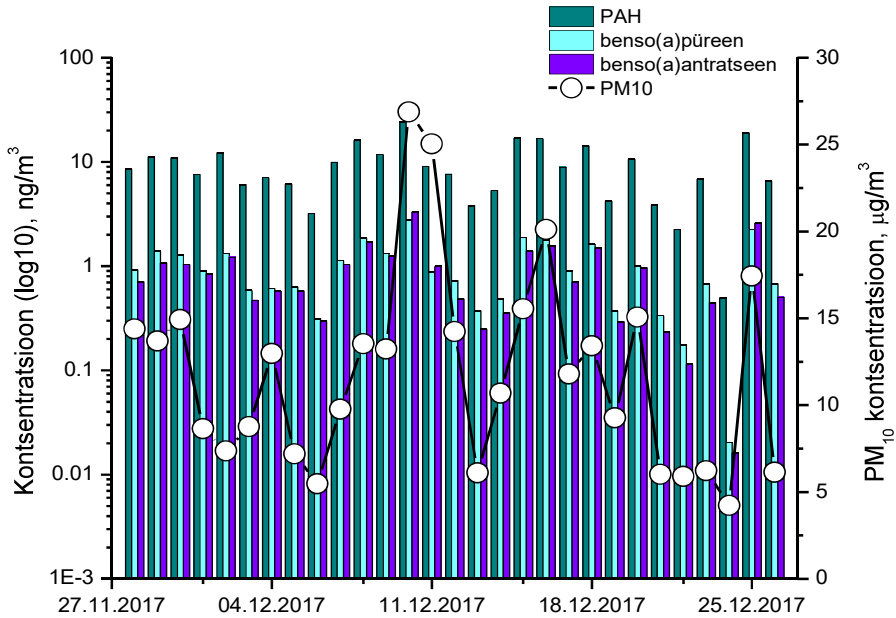
Lisaks mõõdeti PM₁₀ sisaldust gravimeetriliselt, sealhulgas määrati nii raskmetallide (antimoni (Sb), arseeni (As), kaadmiumi (Cd), nikli (Ni), plii (Pb), vase (Cu), tina (Sn)) ning polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (benso(a)püreen, benso(a)antratseen, benso(b+j+k)fluorateen, dibenso(a,h)antratseen ja indeno(1,2,3-cd)püreen) sisaldust. Ajavahemikul 28.11.17 – 09.05.18 koguti 162 peente osakeste proovi.

Gravimeetriliselt määrati kõrgeim PM₁₀ kontsentratsioon 08.04.18, vastavalt 83,53 µg/m³. Mõõteperioodi kõrgeimad PAH-de kontsentratsioonid – benso(b+j+k)fluorateen – 14,02 ng/m³, dibenso(a,h)antratseen – 1,13 ng/m³ ja indeno(1,2,3-cd)püreen – 7,18 ng/m³ – mõõdeti 06.01.18. Benso(a)püreeni ja benso(a)antratseeni sisaldus oli kõrgeim 23.02.18, vastavalt 6,19 ng/m³ ja 6,72 ng/m³. Maksimaalne summaarne PAH kontsentratsioon 06.01.18 oli 54,07 ng/m³.

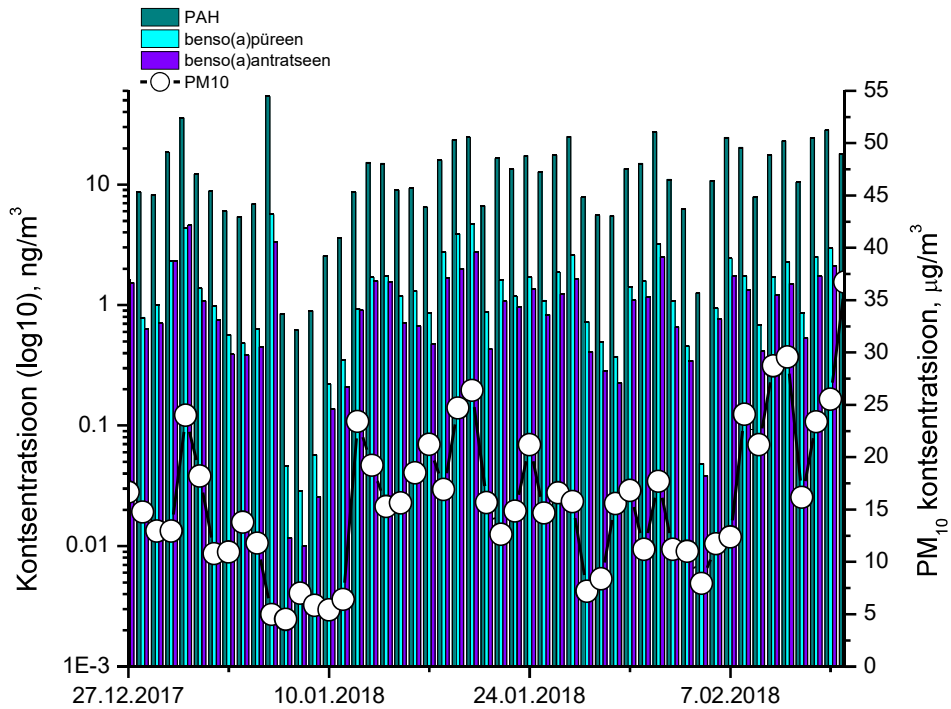
Mõõteperioodi keskmised PAH-de sisaldused olid: benso(a)püreen – 1,12 ng/m³, benso(a)antratseen – 0,89 ng/m³, benso(b+j+k)fluorateen – 3,16 ng/m³, dibenso(a,h)antratseen – 0,18 ng/m³, indeno(1,2,3-cd)püreen – 1,35 ng/m³ ja PAH – 10,80 ng/m³. Õhukvaliteedi aastane sihtväärtus kehtib benso(a)püreenile vastavalt ÕPVa = 1 ng/m³, mida mõõdetud perioodikeskmise B(a)P tulemus ka ületas.



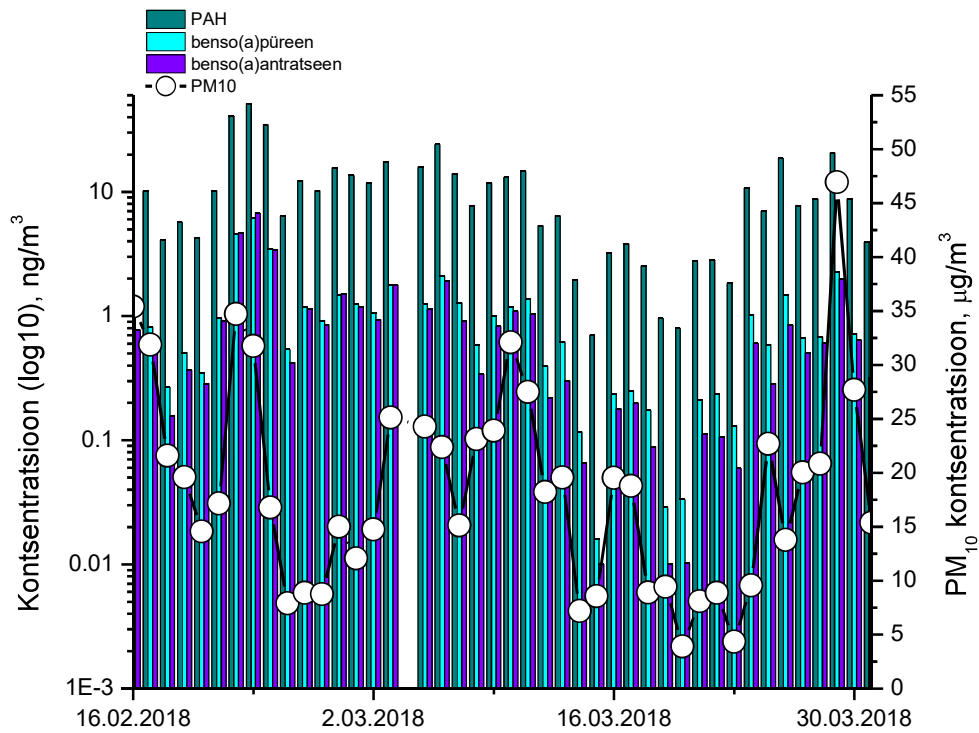
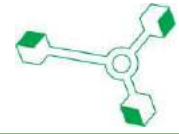
Polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike sisaldused PM₁₀ fraktsioonis on esitatud alljärgnevatel joonistel (Joonis 22 –Joonis 29).



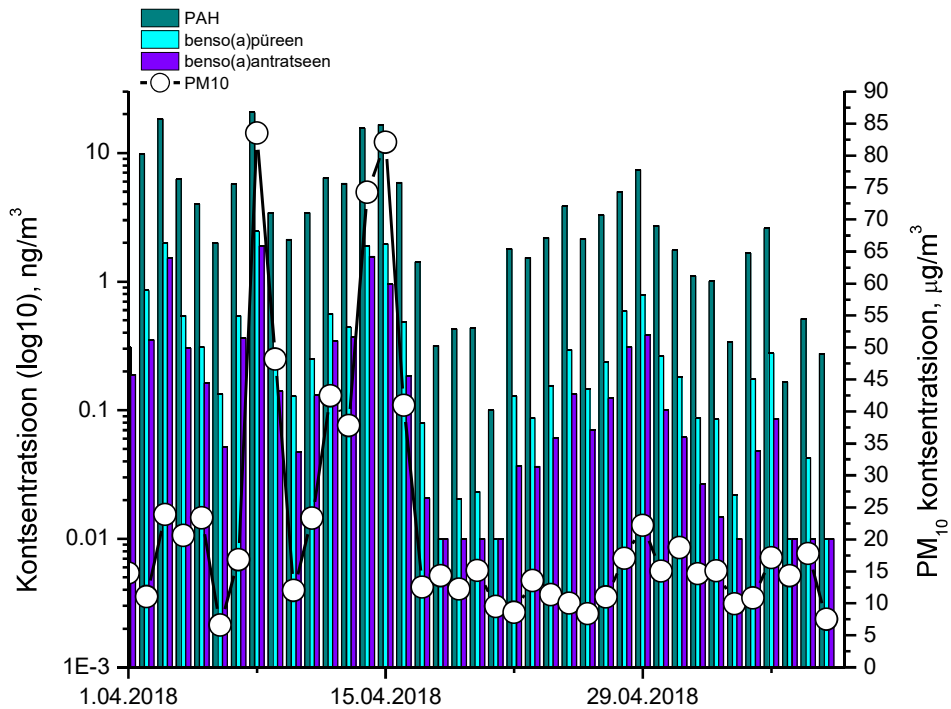
Joonis 22 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17



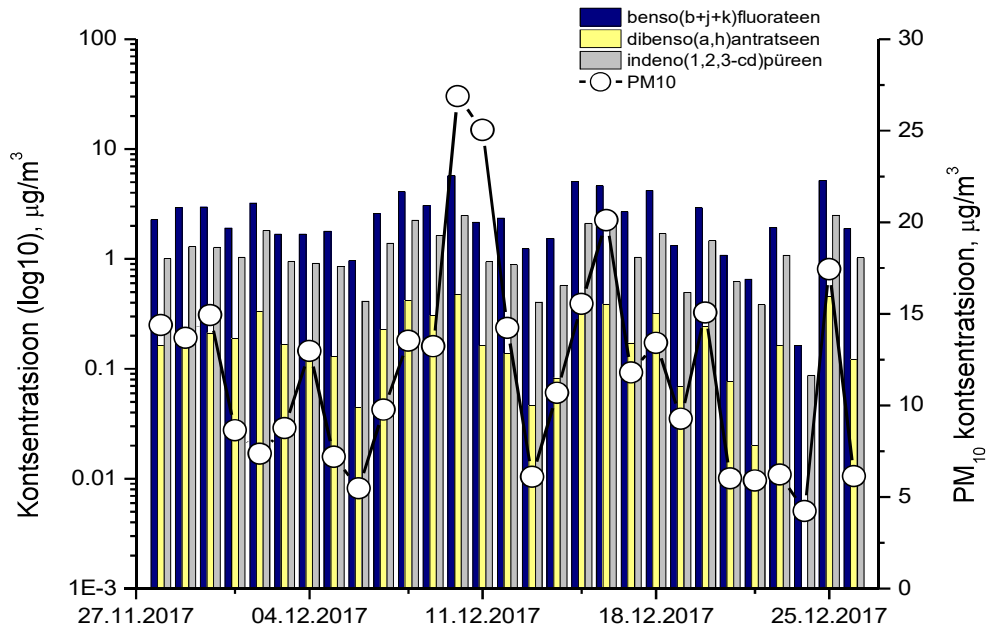
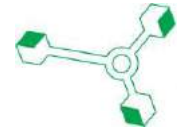
Joonis 23 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 27.12.17 – 15.02.18



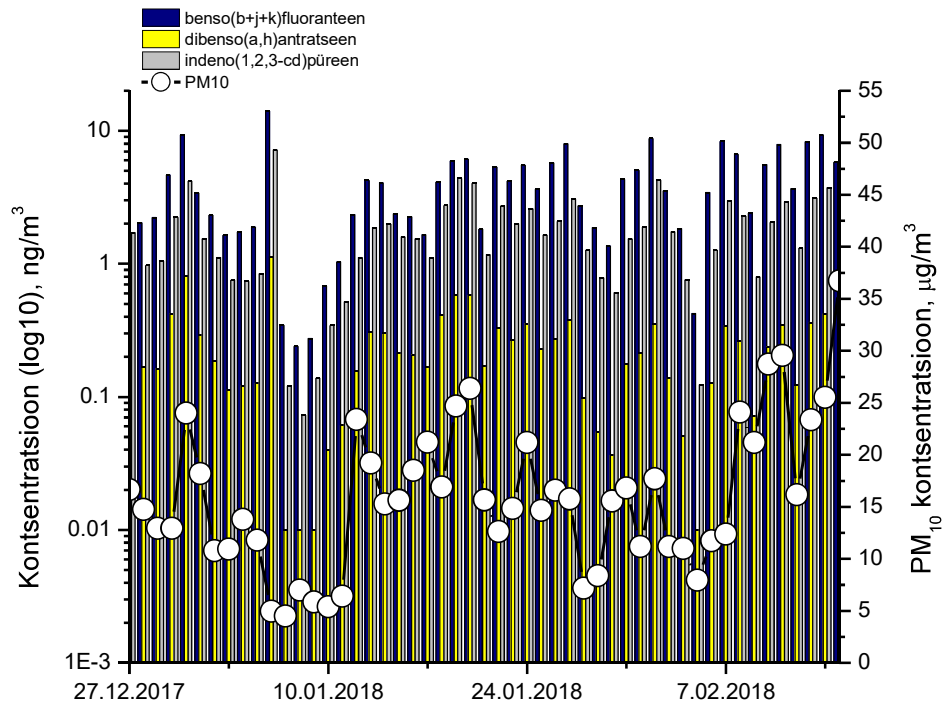
Joonis 24 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18



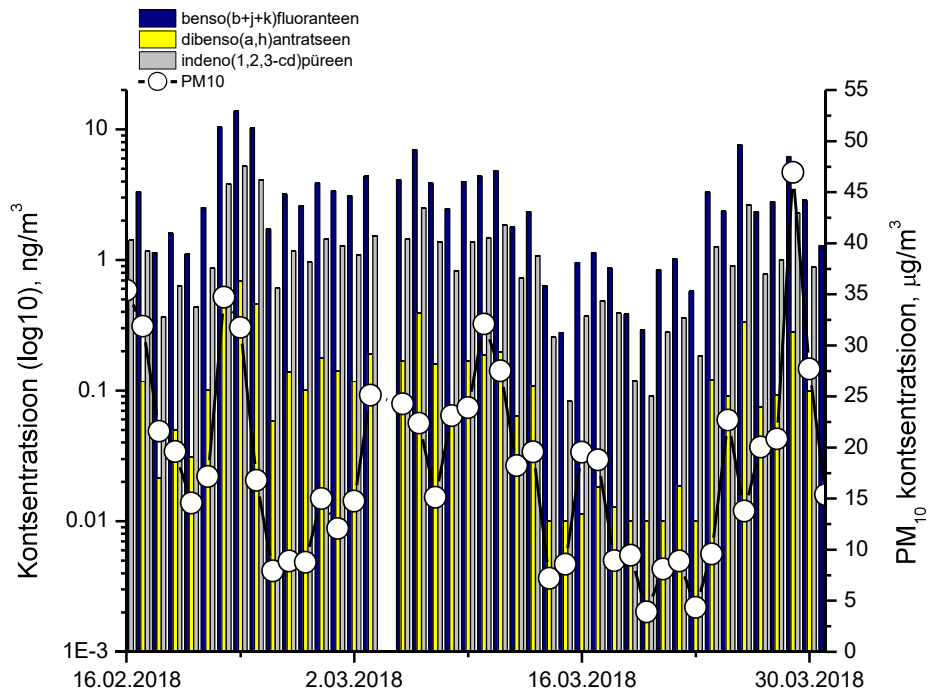
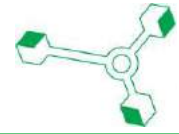
Joonis 25 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18



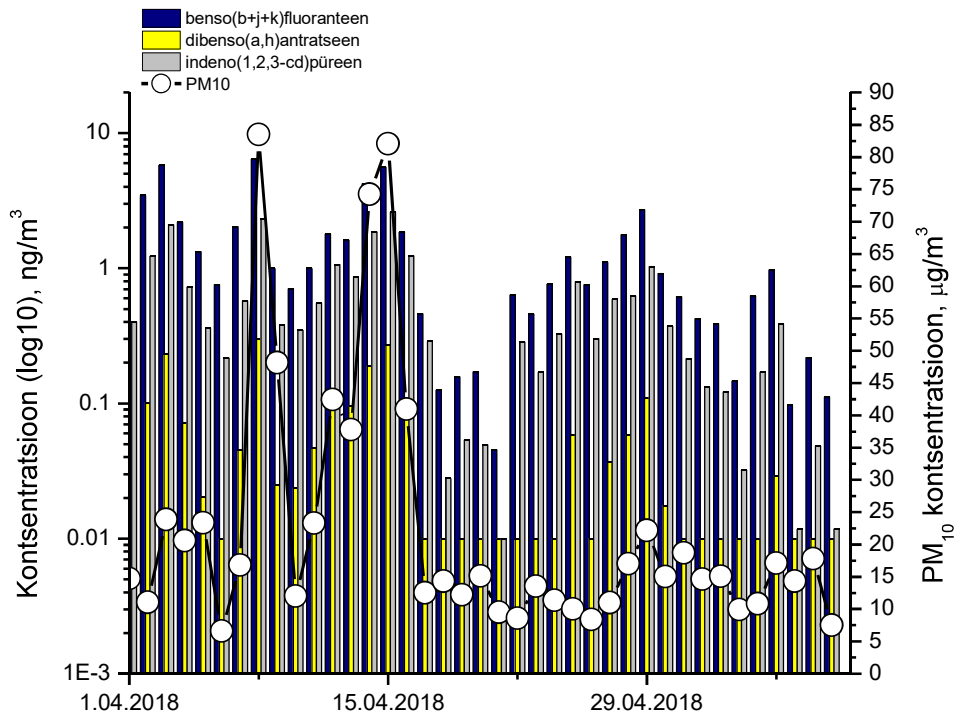
Joonis 26 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17



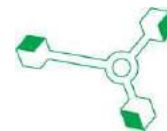
Joonis 27 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 27.12.17 – 15.02.18



Joonis 28 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18



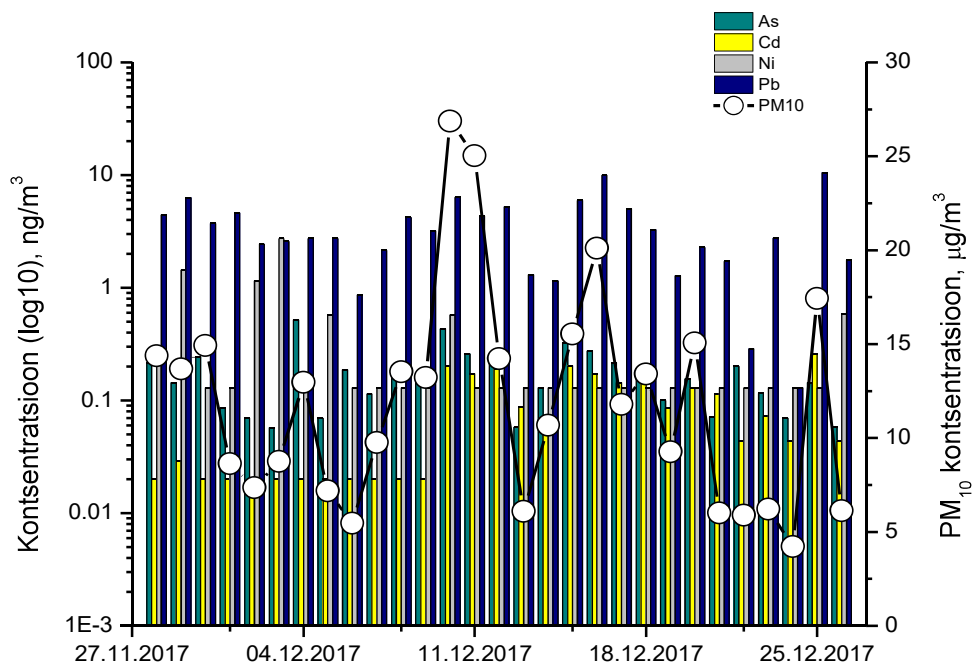
Joonis 29 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18



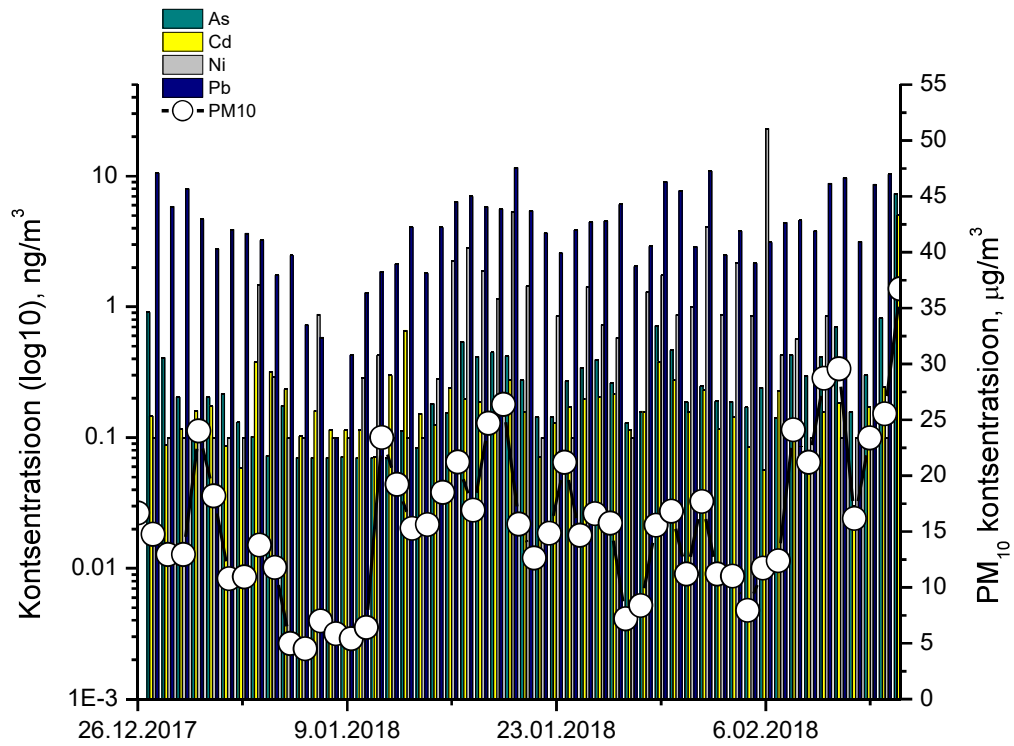
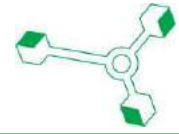
Mõõteperioodi kõrgeimad raskmetallide kontsentratsioonid PM₁₀ fraktsioonis olid vastavalt: Sb – 6,19 ng/m³ (15.02.18), As – 7,33 ng/m³ (15.02.18), Cd – 5,01 ng/m³ (25.12.17), Ni – 23,04 ng/m³ (06.02.2018), Pb – 0,02 µg/m³ (26,29 ng/m³) (16.02.18), Sn – 2,33 ng/m³ (16.01.18) ning Cu – 41,99 ng/m³ (01.01.18).

Perioodikeskmised raskmetallide sisaldused olid: Sb – 0,31 ng/m³, As – 0,33 ng/m³, Cd – 0,18 ng/m³, Ni – 1,27 ng/m³, Pb – 0,004 µg/m³ (4,45 ng/m³), Sn – 0,75 ng/m³ ning Cu – 3,85 ng/m³. Õhukvaliteedi piirväärtus kehtib nimetatud metallidest pliile, mille saastatuse taseme kalendriaasta keskmine piirväärtus (ÕPVa) on 0,5 µg/m³, mõõteperioodi keskmine plii sisaldus oli 0,004 µg/m³. Arseenile, kaadmiumile ja niklile kehtib aastakeskmise õhukvaliteedi sihtväärtus vastavalt 6 ng/m³, 5 ng/m³ ja 20 ng/m³. Mõõteperioodi keskmine raskmetallide sisaldus jäi vastavatest sihtväärtustest oluliselt madalamaks.

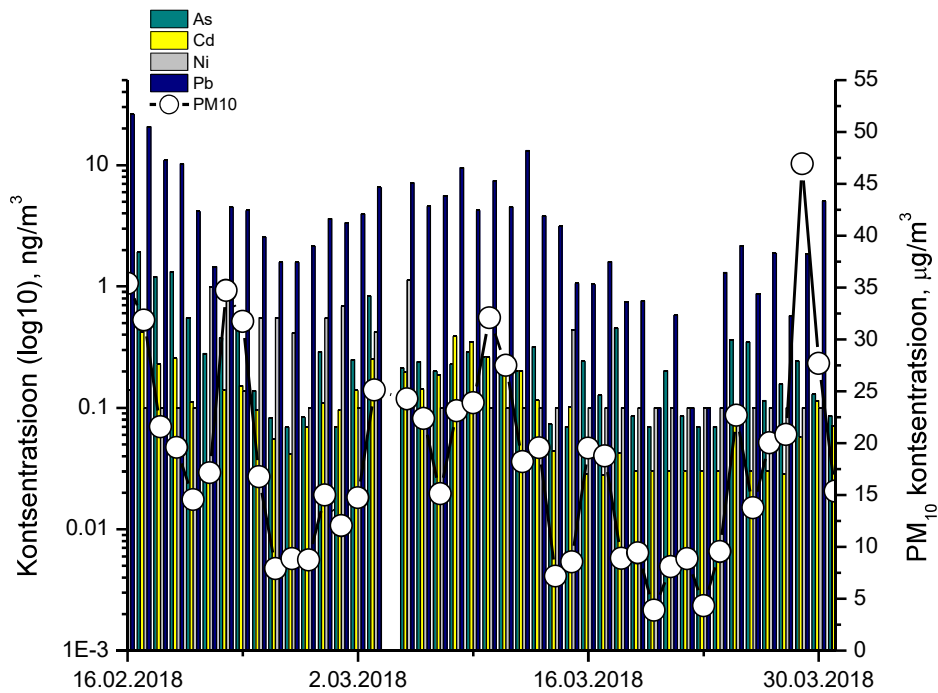
Raskmetallide sisaldused PM₁₀ fraktsioonis on esitatud alljärgnevatel joonistel (Joonis 30 - Joonis 37).



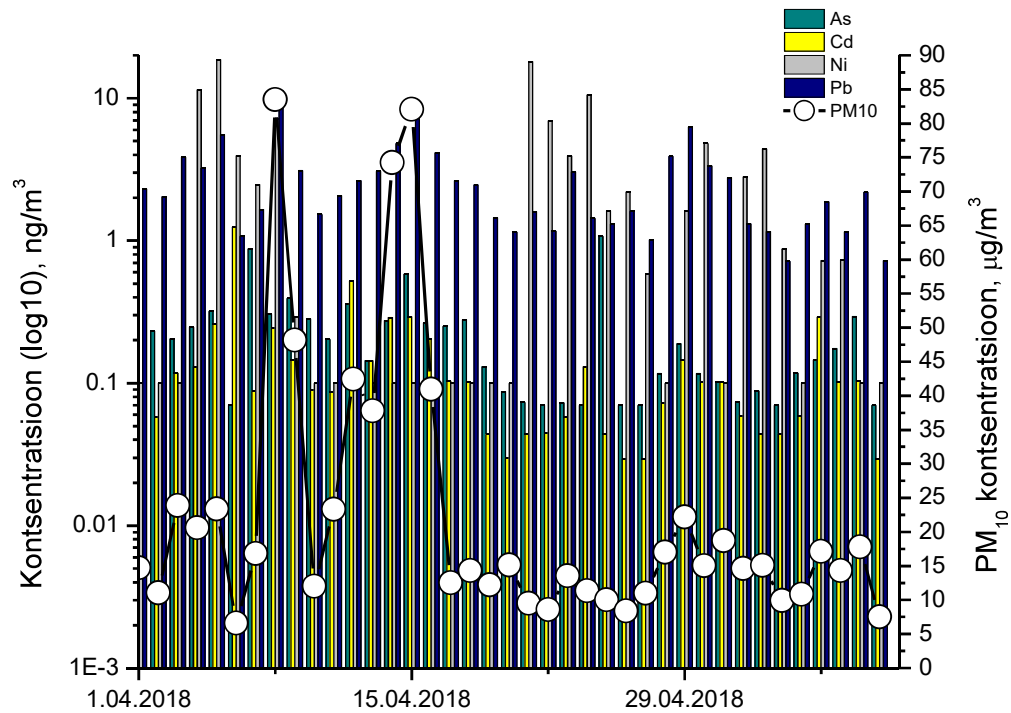
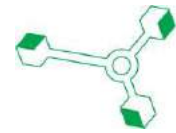
Joonis 30 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 28.11 – 26.12.17



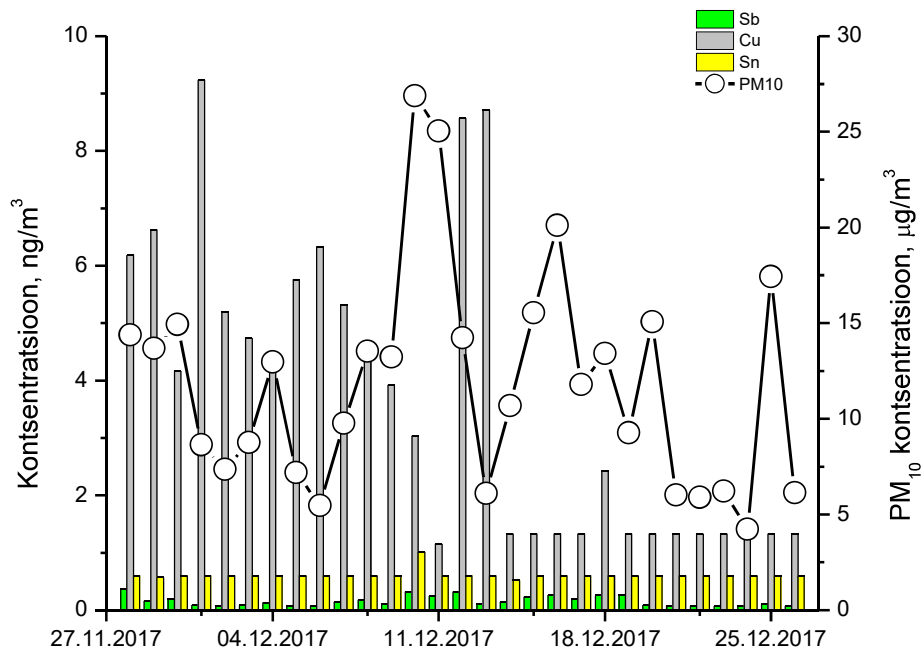
Joonis 31 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 26.12.17 – 15.02.18



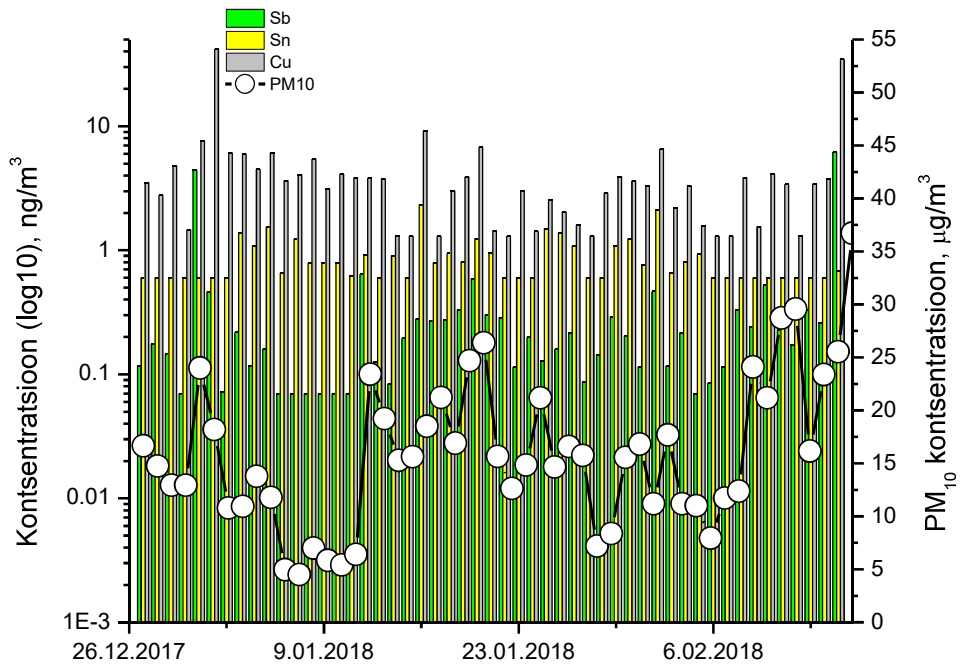
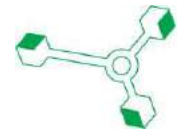
Joonis 32 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18



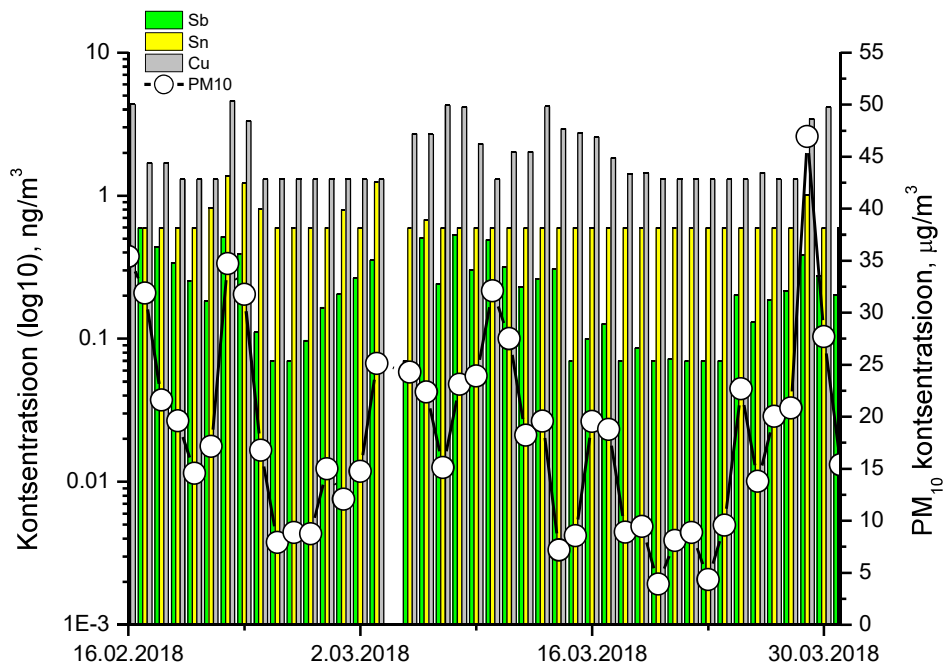
Joonis 33 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18



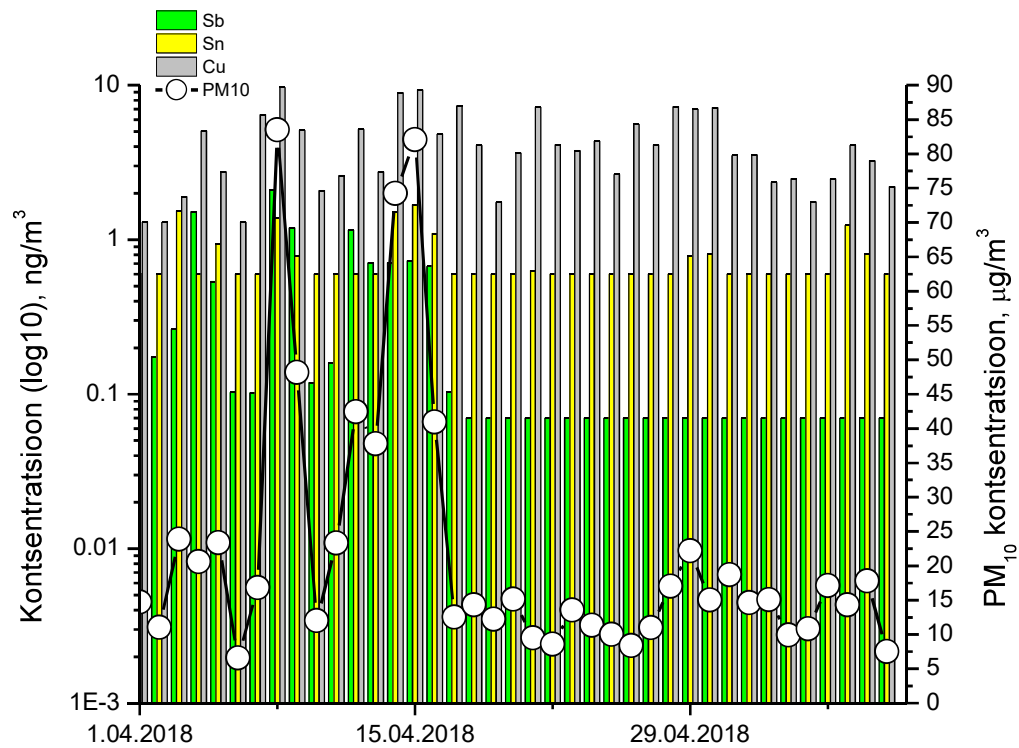
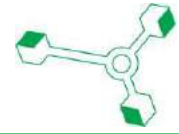
Joonis 34 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017



Joonis 35 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 26.12.17 – 15.02.18

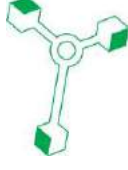


Joonis 36 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.02 – 31.03.18



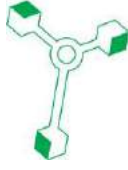
Joonis 37 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.04 – 09.05.18

Korrelatsioonikoefitsientide põhjal on võimalik iseloomustada saasteainete käitumist ja esinemist õhus, see tähendab, kas kontsentratsioonid järgivad samu tõusu ja langustrende, ning lisaks kontsentratsiooniroosile ja summaarsele saastevoole ka saasteainete pärinemise suundade kokkulangevust. Mõõteperioodil oli kõige tugevam korrelatsioon PM₁₀ ja antimoni, antimoni ja arseeni, antimoni ja kaadmiumi ning PM₁₀ ja benso(a)antratseeni kontsentratsioonide vahel (Tabel 1, Tabel 2).



Tabel 1 PM₁₀ ja metallide omavaheline korrelatsioon

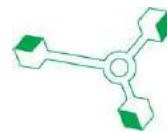
Saasteaine	Sb	As	Cd	Ni	Pb	Sn	Cu	PM ₁₀
Pearson Correlation	1	,703**	,745**	,245**	,263**	,087	,520**	,430**
Sig. (2-tailed)		,000	,000	,002	,001	,272	,000	,000
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,703**	1	,881**	,205**	,472**	,015	,471**	,269**
Sig. (2-tailed)	,000		,000	,009	,000	,853	,000	,001
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,745**	,881**	1	,257**	,301**	,070	,517**	,226**
Sig. (2-tailed)	,000	,000		,001	,000	,378	,000	,004
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,245**	,205**	,257**	1	,027	,088	,184*	,041
Sig. (2-tailed)	,002	,009	,001		,732	,390	,019	,605
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,263**	,472**	,301**	,027	1	,148	,161*	,415**
Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000	,732		,060	,040	,000
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,087	,015	,070	,068	,148	1	,122	,377**
Sig. (2-tailed)	,272	,853	,378	,390	,060		,122	,000
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,520**	,471**	,517**	,184*	,161*	,122	1	,216**
Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,019	,040	,122		,006
N	162	162	162	162	162	162	162	162
Pearson Correlation	,430**	,269**	,226**	,041	,415**	,377**	,216**	1
Sig. (2-tailed)	,000	,001	,004	,605	,000	,000	,006	
N	162	162	162	162	162	162	162	162



Tabel 2 PM₁₀ ja PAH-de omavaheline korrelatsioon

Saasteaine		Benso(a)püreen	Benso(a)antratseen	Benso(b+j+k)fluoranteen	Dibenso(a,h)antratseen	Indeno(1,2,3-cd)püreen	PAH	PM ₁₀
Benso(a)püreen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1 1 162	,949** ,000 162	,937** ,000 162	,944** ,000 162	,966** ,000 162	,970** ,000 162	,339** ,000 162
Benso(a)antratseen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,949** ,000 162	1 ,000 162	,888** ,000 162	,884** ,000 162	,877** ,000 162	,938** ,000 162	,312** ,000 162
Benso(b+j+k)fluoranteen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,937** ,000 162	,888** ,000 162	1 ,000 162	,889** ,000 162	,959** ,000 162	,984** ,000 162	,360** ,000 162
Dibenso(a,h)antratseen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,944** ,000 162	,884** ,000 162	,889** ,000 162	1 ,000 162	,954** ,000 162	,929** ,000 162	,239** ,002 162
Indeno(1,2,3-cd)püreen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,966** ,000 162	,877** ,000 162	,959** ,000 162	,954** ,000 162	1 ,000 162	,967** ,000 162	,316** ,000 162
PAH	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,970** ,000 162	,938** ,000 162	,984** ,000 162	,929** ,000 162	,967** ,000 162	1 ,000 162	,337** ,000 162
PM ₁₀	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,339** ,000 162	,312** ,000 162	,360** ,000 162	,239** ,002 162	,316** ,000 162	,337** ,000 162	1 ,000 162

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



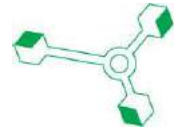
4.2 Tartu mõõtetulemuste analüüs

Töö raames analüüsiti Tartus läbi viidud mõõtekampaaniate ja seire andmeid. Analüüs hõlmab järgnevat viit perioodi:

- 1. jaanuar 2014 – 28. veebruar 2014 (edaspidi tekstis ja joonistel viidatud 2014)
Andmeid koguti Tartus kolmes asukohas: Tartu õhuseirejaamast ning kahest mobiilsest mõõtelaborist, Mobair1 ja Mobair2, vastavalt Maarjamõisa ning Annelinna linnaosadest.
- 1. jaanuar 2015 – 30. aprill 2015 (edaspidi 2015)
Andmeid koguti Tartu õhuseirejaamast.
- 11. detsember 2015 – 30. mai 2016 (edaspidi 2015–2016)
Lisaks Tartu õhuseirejaama andmetele oli kasutada Mobair2 andmed Kesklinna linnaosast.
- 6. detsember 2016 – 15. mai 2017 (edaspidi 2016–2017)
Analüüsiti Tartu õhuseirejaama ning Mobair2 Tammelinnas mõõdetud väärtusi.
- 8. jaanuar 2018 – 31. märts 2018 (edaspidi 2018)
Analüüsis kasutati Tartu õhuseirejaama ja Supilinnas Mobair2 poolt kogutud andmeid.

Analüüsiperioodide määratlemisel on esmalt võetud arvesse mõõtekampaaniate toimumisaegu, et võimalusel võrrelda erinevatest jaamadest kogutud infot (Joonis 38). Et jagada komponentideks ja hinnata nii orgaanilise aerosooli kui musta süsiniku päritolu, on vajalik kasutada ACSM ja etalomeetri mõõtmistulemusi. Tulenevalt nende kahe seadme andmete olemasolust, on mõne analüüsiperioodi pikkus lühem kui läbi viidud mõõtekampaania kestvus.

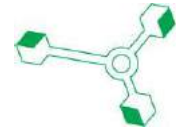
Kuna analüüsiperioodid ei lange igal aastal samale ajale, on sellel mõju nii saasteainete ööpäeva- ja tunnikeskistele väärtustele kui ka viimastest arvatud ööpäevasele käigule. Samas tuleb rõhutada, et ka aastate vaheline muutlikkus on suur. Näiteks Tartus oli talv 2015/2016 võrreldes talvega 2016/2017 ligikaudu 9 °C külmem. Võimalikult pikkade aegride kõrvutamise võimaldab saada parema ülevaate jaamade- ning saasteainete omavahelistest seostest.



Joonis 38 Tartu seirejaama ja mobiilsete jaamade asukohad aastatel 2013–2018

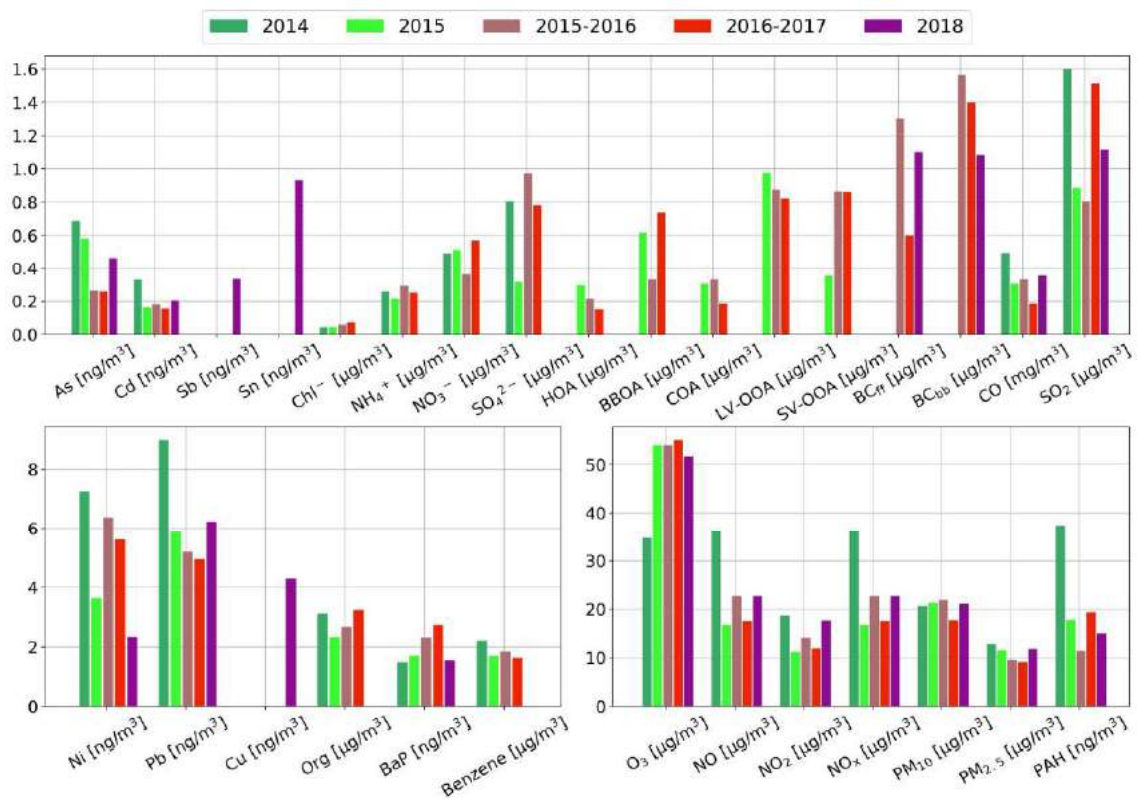
4.2.1 Seosed mõõtepunktide ja analüüsiperioodide vahel

2014. aastal ilmnevad sarnased korrelatsioonid kõigi kolme mõõtmispunkti vahel, tunnikeskmi andmeid kasutades on korrelatsioonikoefitsient r vahemikus 0.52–0.93, välja arvatud korrelatsioon teineteisest kõige kaugemates mõõtmispunktides, Mobair1 ja Mobair2 poolt mõõdetud NMHC (non-methane hydrocarbon, hõlmab kõiki süsivesinikke v.a. metaan) vahel. NMHC päevakeskmistest arvatud korrelatsioon samades mõõtepunktides on 0.62. See õhusaaste komponent mängib rolli hüdrosüülradikaalide tekkes, mõjutades seeläbi osooni kontsentratsiooni. NMHC kõrgeim ühe tunni keskmine kontsentratsioon 1 mg/m^3 (Mobair2, 10.01.2014) jäi oluliselt alla piirkontsentratsiooni 5 mg/m^3 . Mobair2 mõõtis ligikaudu kaks korda kõrgemaid NMHC tunnikeskmi kontsentratsioone kui Mobair1 (vastavalt $60 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ja $28 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

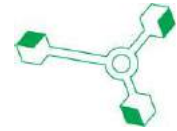


Eranditult tugevaimad korrelatsioonid saadi 2015–2016 aastal Tartu õhuseirejaama ja kesklinna piirkonnas mõõtnud Mobair2 vahel nende suhteliselt lähestikku asetsemise tõttu. Valdavalt tugevam seos ilmnes Tartu õhuseirejaama ja Mobair2 Tammelinnas vahel, võrreldes mõõtmistega Supilinnas.

Võrreldes 2014. aasta talvega vähenesid järgneval talvel kõikide saasteainete (v.a. PM10, BaP ja O3) kontsentratsioonid Tartu õhuseirejaamas oluliselt (Joonis 39). Põhjuseks võib tuua kõrgema perioodi keskmise temperatuuri (5 °C kõrgem) ning mõnevõrra paremad hajumistingimused.



Joonis 39 Saasteainete päevakeskmised kontsentratsioonid Tartu õhuseirejaamas, 2014–2018

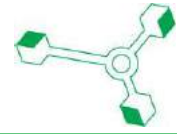


Joonis 40 Saasteainete päevakeskmised kontsentratsioonid Mobair2, 2014–2018

Joonistelt lähtub, et Tartu õhuseirejaamas mõõdetud BC_{bb} kontsentratsioonid on oluliselt kõrgemad kui Mobair2 mõõdetud tulemused teistes linnajagudes. PM2.5 ja PM10 järgivad nii õhuseirejaamas kui Mobair2 mõõtelaboris sama tendentsi: PM10 on kõrgeim 2015–2016 ja madalaim 2016–2017, PM2.5 on kõrgeim 2014. aastal ning madalaim 2016–2017.

Tartu õhuseirejaama ja Mobair2 benso(a)püreeni (BaP) päevakeskmistest arvatud korrelatsioon on 0.38–0.57, olles teistest korrelatsioonikoefitsientidest madalam ja viidates suhteliselt lokaalsemale mõjule. BaP keskmine sisaldus analüüsitud perioodidel Tartu õhuseirejaamas jääb vahemikku 1.47 ± 0.4 – 2.69 ± 1.9 ng/m³. Samal ajal mobiilses mõõtelaboris Mobair2 mõõdetud sisaldused on valdavalt madalamad: Kesklinnas 1.59 ± 1.9 , Tammelinnas 1.18 ± 1.4 ja Supilinnas 1.28 ± 1.15 ng/m³.

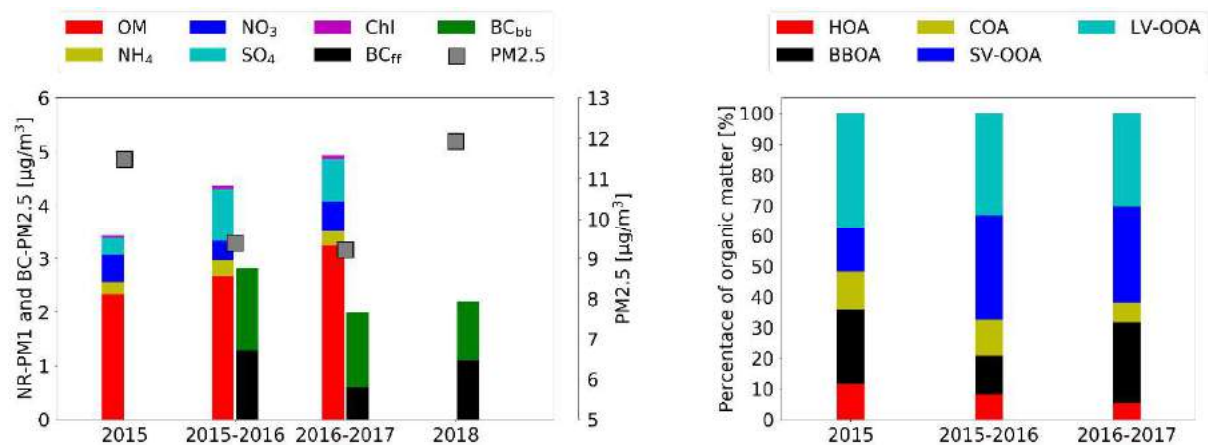
Õhukvaliteedi piirväärtus kehtib raskmetallidest vaid pliile (Pb), mille saastatuse taseme kalendriaasta keskmine piirväärtus (SPVa) on 0,5 µg/m³. Arseenile (As), kaadmiumile (Cd) ja niklile (Ni) kehtib aastakeskmine saastatuse taseme sihtväärtus vastavalt 6 ng/m³, 5 ng/m³ ja 20 ng/m³. Kuigi siin ei ole analüüsitud tervete kalendriaastate andmeid vaid lühemaid perioode, võib antud tulemustele toetudes väita, et suure tõenäosusega mainitud raskmetallide piirväärtust ning sihtväärtusi viimasel



viiel aastal ei ületatud. Keskmised Pb, As, Cd ja Ni sisaldused analüüsitud mõõteperioodidel 2014–2018 olid Tartu õhuseirejaamas vastavalt 6,5, 0,5, 0,2 ja 4,9 ng/m³.

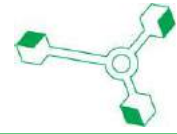
4.2.2 Saasteainete omavahelised korrelatsioonid

Alla 1 µm diameetriga osakeste kontsentratsiooni annab suurima panuse orgaaniline aerosool, ligikaudu 3 µg/m³ (Joonis 41). Kuigi BC kontsentratsioonid on saadud kuni 2,5 µm diameetriga osakeste analüüsimisel, on leitud, et peaaegu kõik BC osakesed jäävad alla 1 µm (Reddington *et al.*, 2013). Seega võib väita, et kuni 1 µm osakeste puhul on orgaanilise aerosooli kontsentratsioon BC kontsentratsiooniga ligikaudu võrdne või ületab seda kuni 1 µg/m³. Analüüsitud perioodidest 2015–2016 ja 2016–2017 arvatud ACSM-PM₁ komponentide ja BC-PM_{2.5} summa annab keskmiselt 73% PM_{2.5} sisaldusest ning omab viimasega tugevat korrelatsiooni (keskmine korrelatsioonikoefitsient on 0,8).



Joonis 41 PM1 komponentide ja PM_{2.5} (vasakul) ning orgaanilise aerosooli komponentide (paremal) aastane muutlikkus Tartu õhuseirejaamas.

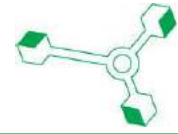
Orgaanilise aerosooli komponentideks jagamise käigus PMF meetodil on oluline määrata faktorite arv nõnda, et leitud faktorite massispektrid omavad tähendust ning sarnasust varem publitseeritud töodes esitatud faktorite massispektritega, kusjuures faktorite aegread peavad omama head korrelatsiooni vastavate indikaatorparameetritega nende olemasolul. Referentsprofiilidena kasutati töös Ng *et al.* 2011 HOA ja BBOA ning Crippa *et al.* 2013a esitatud COA profiili.



ACSM andmete töötluste käigus tuvastati viis orgaanilise aerosooli faktorit:

- HOA (*hydrocarbon-like OA*) – peamiseks allikaks fossiilsete kütuste põletamine, sageli tugevalt korreleeruv markeritega CO ja NO_x;
- BBOA (*biomass burning OA*) – biomassi põlemisel tekkiv orgaanilise aerosooli faktor, tugev korrelatsioon BC_{bb}-ga;
- COA (*cooking influenced OA*) – süsivesinikurikas faktor, tugev korrelatsioon markeritega, mis viitavad liha praadimisele või õli kasutamisele küpsetusprotsessis (Mohr *et al.*, 2012); ööpäevase käigu ja/või vastavate markerite puudumisel ei ole võimalik eristada teistest sarnastest faktoritest nagu näiteks kivisöe või prügi põletamisega seotud faktorid (Elser *et al.*, 2016);
- SV-OOA (*semivolatile oxygenated OA*) – tekib lenduvate orgaaniliste ühendite oksüdeerumisel (Canonaco *et al.*, 2015);
- LV-OOA (*low-volatility oxygenated OA*) – tekib SV-OOA edasisel oksüdeerumisel või otse lenduvate orgaaniliste ühendite oksüdeerumisel, indikaatorparameeter SO₄²⁻ (Canonaco *et al.*, 2015).

Sarnast päritolu faktorid on Tartu kohta leitud ka varem (Elser *et al.*, 2016). HOA ja CO suhe on mõnevõrra madalam kui varem läbi viidud uurimustes, omades väärtust 0.5–1 ng m⁻³/ppbv (3.7 ng m⁻³/ppbv artiklis Zhang *et al.*, 2005). Samas jääb NO_x/HOA suhe ligikaudu varem leitud piiridesse, omades olenevalt aastast väärtust 55–120 (Reyes-Villegas *et al.*, 2016). HOA olemasolu ühe faktorina kinnitab ka selle arvestatav korrelatsioon markeritega NO_x ja CO, kõikide talvede keskmised korrelatsioonikoefitsiendid vastavalt 0.46 ja 0.52. Leidub perioode, mil korrelatsioon HOA ja selle markerite vahel on oluliselt tugevam (näiteks veebruaris 2017 on HOA-NO_x korrelatsioonikoefitsient 0.7) või nõrgem (näiteks märts–mai 2016 on korrelatsioonikoefitsient vaid 0.2). See viitab sellele, et alati ei ole võimalik HOA faktorit üheselt seostada vaid liiklusest pärinevate saasteainetega. HOA faktori ööpäevasel käigul on kaks selget maksimumi: üks on heas kooskõlas hommikuse kõrgema liikluskoormusega (kell 8–10 kohaliku aja järgi), teine maksimum on vahemikus kell 20–23, järgides üldjuhul teiste saasteainete ööpäevast käiku. HOA panus orgaanilise aerosooli kontsentratsiooni on 6–12% olenevalt aastast.



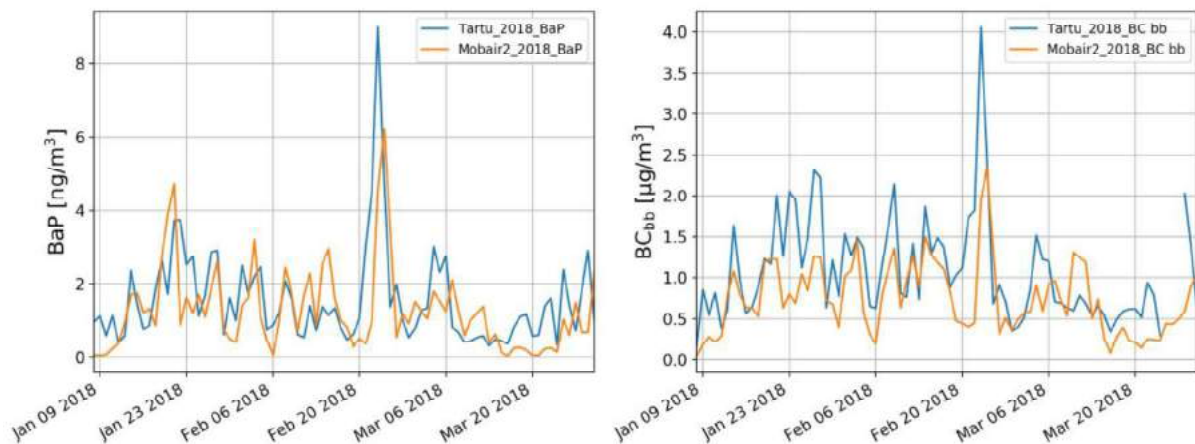
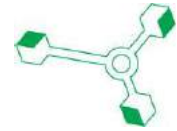
Nii nagu ka Elser *et al.* 2016 töös, ei ole võimalik tuvastada COA kõrgemaid kontsentratsioone lõunasel ajal, küll aga ilmnevad maksimumväärtused õhtuti 17–20 vahel. Tuleb arvestada, et õhuseirejaam on oluliselt eemal kesklinnast, kus toiduvalmistamisega seotud COA väärtused lõunal oleksid eeldatavalt kõrgemad. COA osakaal orgaanilisest aerosoolist on 7–12%.

Ülekaalukalt suurima panuse primaarse orgaanilise aerosooli kontsentratsiooni annab Karlovas, kui peamiselt ahiküttega piirkonnas, oodatult BBOA, olenevalt aastast 13–26%. BBOA ööpäevasel käigul on kaks maksimumi, millest üks, kohaliku aja järgi 20–22, on oluliselt kõrgem. Perioodi keskmised väärtused selles ajavahemikus ulatuvad kuni $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

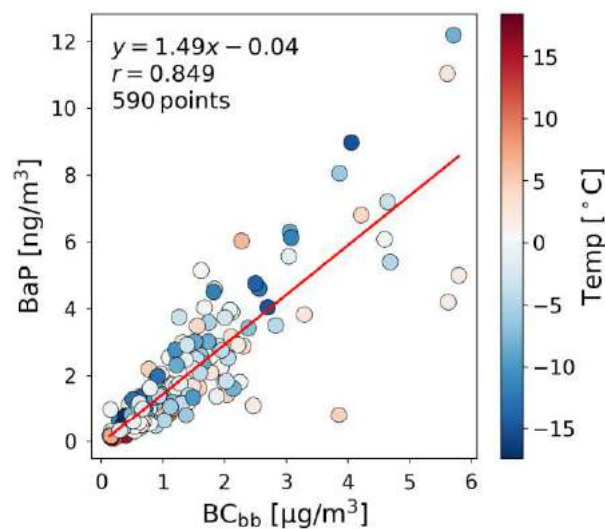
Sekundaarse aerosooli (LV-OOA ja SV-OOA summa) ületab igal aastal primaarse orgaanilise aerosooli kontsentratsioone, andes 52–67% orgaanilisest aerosoolist. Nii LV-OOA kui SV-OOA viitavad vananenud aerosoolile, mis võib olla transporditud kaugemalt ja mitte kohalikku päritolu. Kuigi mõlema sekundaarse aerosooli komponendi ööpäevases käigus on kaks maksimumi, on siiski alust arvata, et peamiselt on tegemist just kohapeal emiteeritud saasteainete oksüdeerumisel tekkinud ühenditega.

Kuigi orgaanilise aerosooli absoluutkontsentratsioonid jäävad Tartus mõistagi alla nendele väärtustele, mis mõõdetud suurlinnades, on selle komponentide osakaalud võrreldavad teiste Euroopa linnade kohta läbi viidud uuringutega talvel (nt Crippa *et al.*, 2013b, Lanz *et al.*, 2010), mil BBOA osakaal on primaarse aerosooli komponentidest suurim.

Benso(a)püreeni (BaP), kui tugevalt kantserogeense ühendi kontsentratsioonide seost biomassi põletamisega on palju uuritud (nt Hellèn *et al.*, 2016; Shen *et al.*, 2013) ning kajastamist leidnud ka varasemates õhukvaliteedi aruannetes (Teinemaa 2016; Teinemaa *et al.*, 2017, 2018) seoses selle sihtväärtuse $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ sagedaste ületamisega Tartus. Eesmärgiga vähendada BaP sisaldust Tartu linna õhus, on valminud vastav tegevuskava (Tartu Linnavalitus, 2018). BaP on tugevaks PAH sisalduse indikaatoriks, vastav 2014–2018 keskmine korrelatsioonikoefitsient Tartu õhuseirejaamas on 0.98. Korrelatsioonikoefitsient BaP ja BC_{bb} vahel on samuti kõrge nii õhuseirejaamas kui Mobair2 mõõtelaboris, $r = 0.85$ (Joonis 43). BC_{bb} ongi parimaks parameetrik, mille põhjal kaudselt hinnata BaP sisaldust kuna tavapärase keemiline analüüs nõuab suhteliselt pikka proovikogumis- ja analüüsiaega.

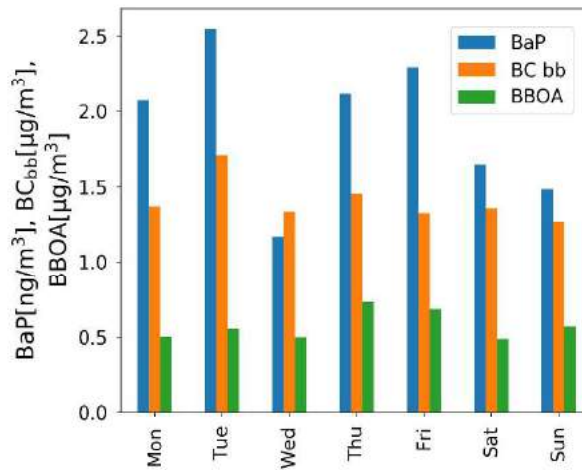
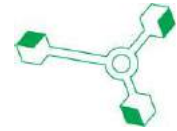


Joonis 42 Ööpäevakeskmised Tartu õhuseirejaamas ja Supilinnas Mobair2 poolt mõõdetud BaP ja BC_{bb} kontsentratsioonid 2018. aasta talvel



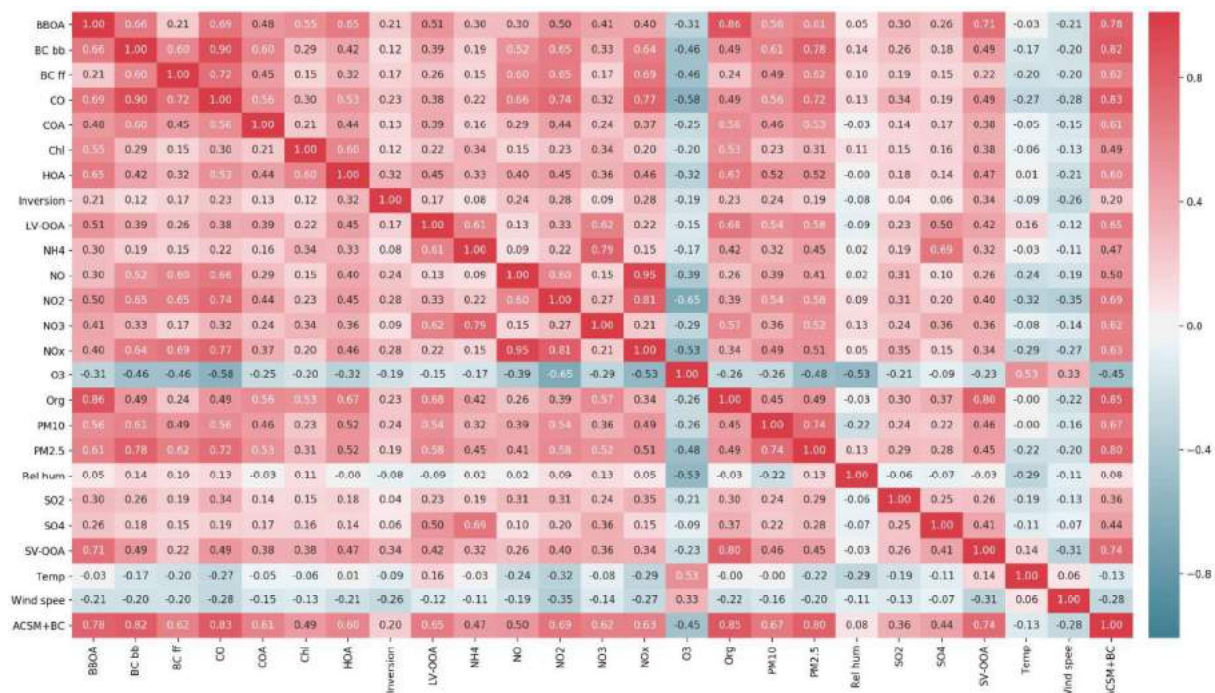
Joonis 43 Benso(a)püreen ja BC_{bb} vaheline seos aastatel 2015–2018 Tartu õhuseirejaamas

Kuigi BaP ja liiklusest pärineva saaste vahel on samuti tugev korrelatsioon, näiteks nii Mobair2 kui Tartu õhuseirejaamas BaP-CO korrelatsioonikoefitsiendi väärtus ulatub mõnel aastal üle 0,9, on sellise tugeva seose kujundamisel oma roll ka nii akumulatsioonil kui BC_{bb} ja CO võrdlemisi sarnases ööpäevases muutlikkuses (Joonis 44). Hoolimata sellest, et BaP allikaks võib olla ka liiklus (Szewczynska *et al.*, 2017), on selle koguheide liiklusest Tartu tiheasustusalal üle 30 korra väiksem kohtkütte heitmetest (Tartu Linnavalitsus, 2018). Analüüsidest korraka BC_{bb}, BBOA ja BaP kontsentratsioone, ilmnes, et selge erinevus nädalavahetustel ja tööpäevadel mõõdetud sisalduste vahel puudub.

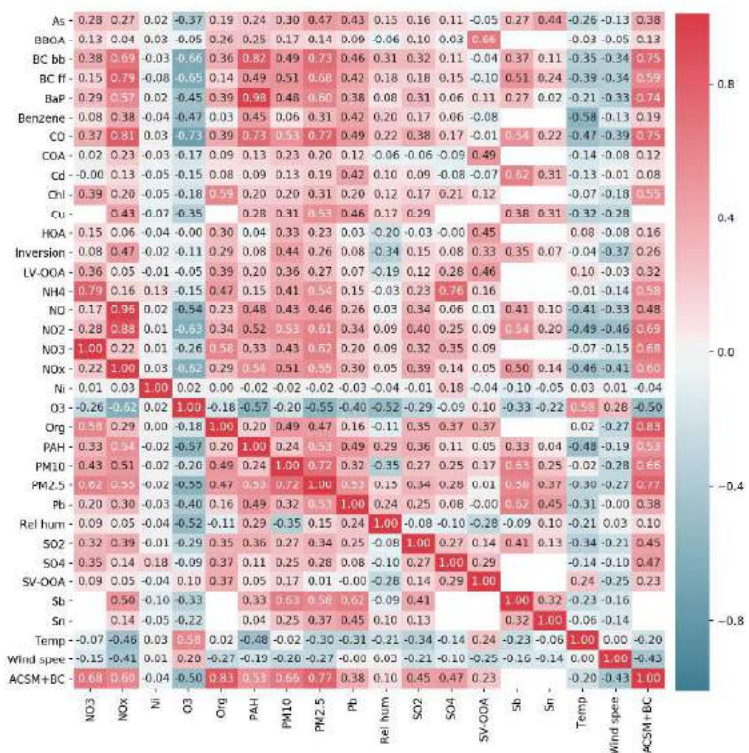
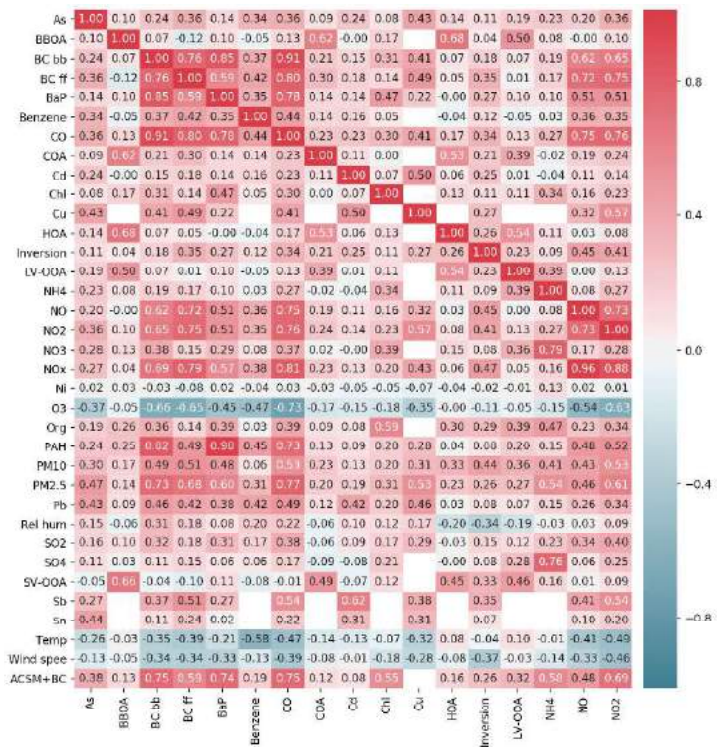
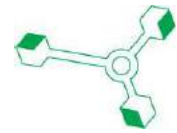


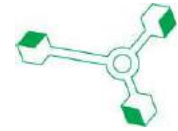
Joonis 44 BaP, BC_{bb} ja BBOA nädalane muutlikkus aastatel 2015–2018 Tartu õhuseirejaamas

Nii tuule kiirus kui temperatuur omavad saasteainetega üldjuhul negatiivset korrelatsiooni. Päevakeskmiste andmete korral on temperatuuri korrelatsioonikoeffitsiendi väärtused benseeni, NO₂, PAH, CO ja NO_x vahel vastavalt -0.58, -0.49, -0.48, -0.47 ja -0.46. Tuule kiiruse korral on korrelatsioonikoeffitsiendi väärtused näiteks NO₂ ja ACSM+BC-ga vastavalt -0.46 ja -0.43.



Joonis 45 Tunnikeskmiste väärtuste omavahelised korrelatsioonid Tartu seirejaamas perioodil 2014–2018



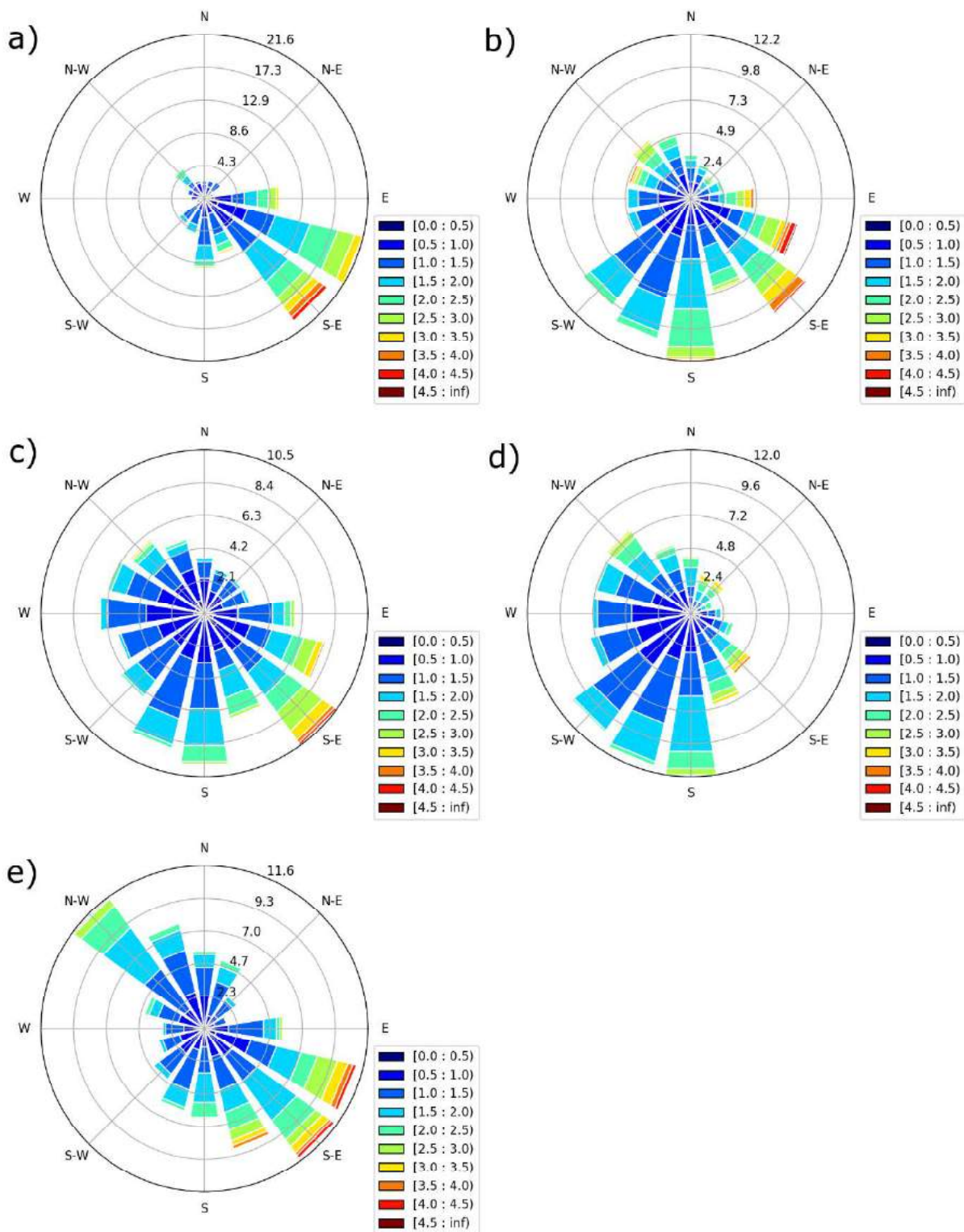
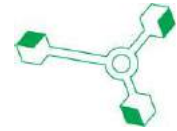


Kuigi benseeni seostatakse peamiselt liiklusest tuleneva õhusaastega, siis sellegipoolest on oluliseks allikaks ka biomassi põletamine (Crouse *et al.*, 2009). Seda kinnitavad ka käesoleva töö korrelatsioonikoefitsiendid benseen-BC_{bb}, benseen-BC_{ff} ja benseen-NO_x vahel, vastavalt 0.37, 0.42 ja 0.38.

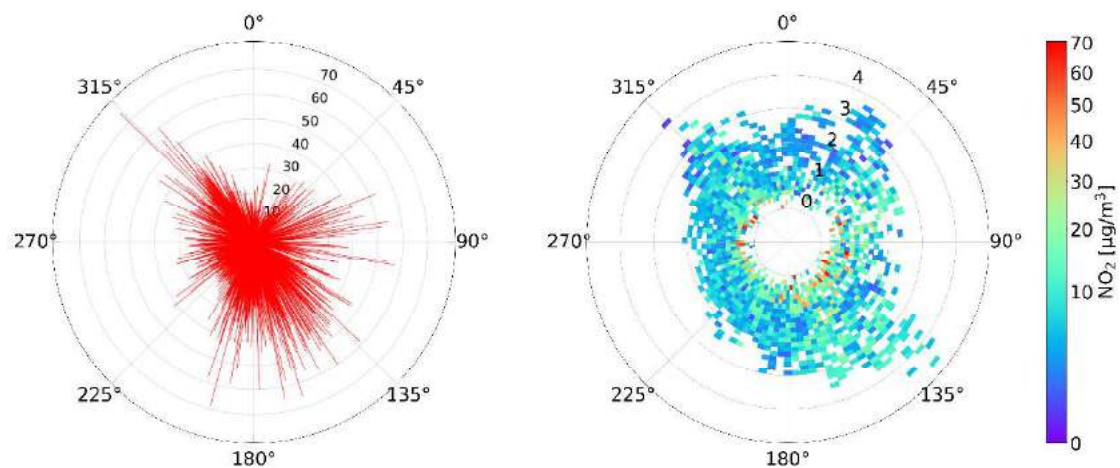
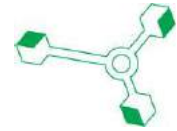
4.2.3 Saasteainete kontsentratsioonide seos meteoroloogiliste parameetritega

Uurides valdavaid tuule suundi ning kiirust, ilmnes, et 2014. aastal saabus 50% saastest Tartu õhuseirejaama kohale ida ja kagu vahelisest suunast (Joonis 47). Joonisel on värvusega esitatud tuule kiirus (m/s) ning ringikujuliste joontega tuule suuna esinemissagedus protsentides. Kõige harvem transporditakse saasteaineid põhja- ja lõunasuunast. Sellist kitsast tuule esinemissageduste vahemikku teiste aastate kohta, mil keskmistamisperiood oli pikem, ei täheldatud. Valdavalt on tuule suund kagu ja lääne vahel, 2018. aastal lisaks ka edelast.

Kuigi saasteainete kontsentratsiooni mõjutab muuhulgas nii tuule suund kui tuule kiirus, siis enamikul juhtudel on olulisemaks teguriks just viimane, viidates laiemalt saasteainete akumulatsiooni soodustavatele või seda takistavatele oludele. Nii mobiilsetes mõõtelaborites kui Tartu õhuseirejaamas tuule kiirusega kõige tugevamalt seotud komponent on NO₂. Näiteks tunnikeskmistest arvatud korrelatsioonikoefitsient r oli aastatel 2014–2018 Tartu õhuseirejaamas -0.35, päevakeskmistest arvatud r ulatus aastatel 2016–2017 aga -0.52. Kuigi näiteks talvel 2016–2017 puhus tuul valdavalt lõunast ja edelast (Joonis 47), siis tugevat seost NO₂ saastevooga ja tuule suuna vahel ei esine (Joonis 48). Küll aga ilmneb, et enamik üle 30 µg/m³ NO₂ kontsentratsioonidest esinesid alla 1 m/s tuule kiiruse korral.

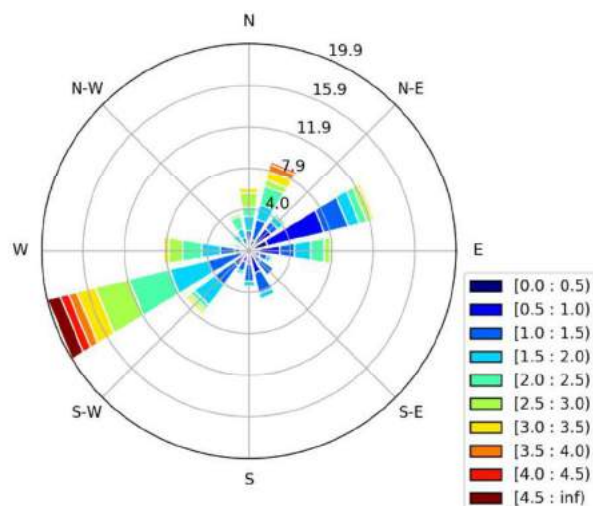


Joonis 47 Tartu õhuseirejaama andmetel põhinevad tuuleroosid aastate 2014, 2015, 2015–2016, 2016–2017 ja 2018 talvel

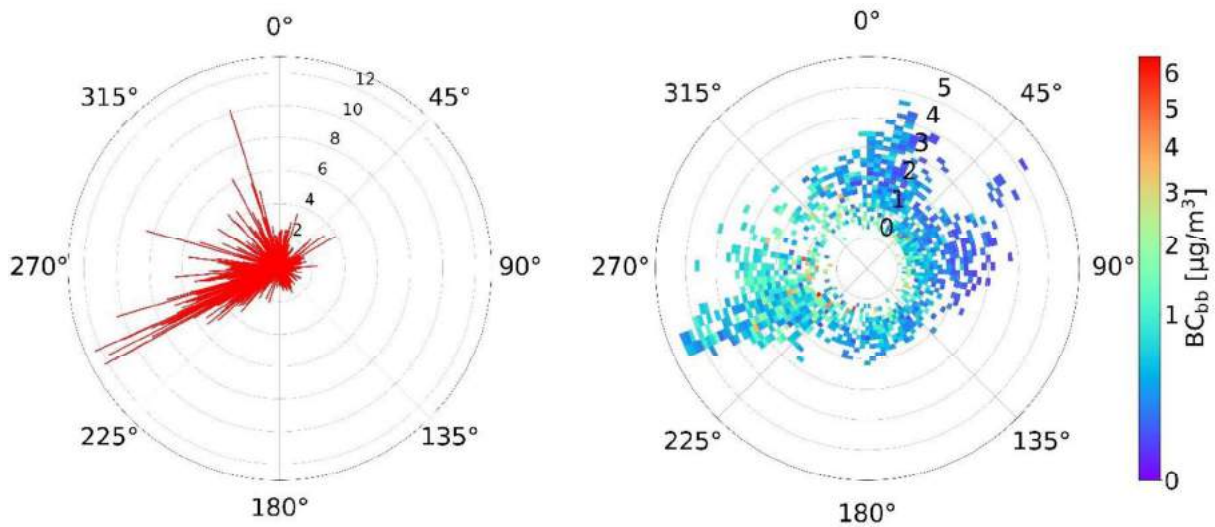
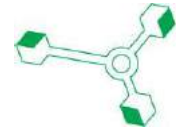


Joonis 48 NO₂ saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2016–2017 Tartu õhuseirejaamas

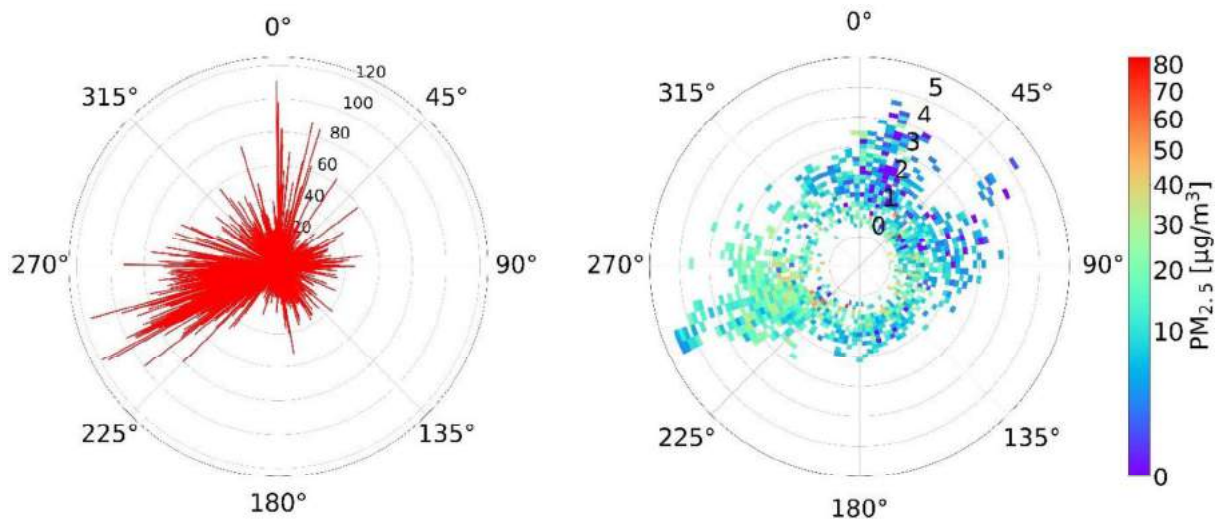
Mobiilsete mõõtelaborite mõõtmistest on kõige enam tuule suunast mõjutatud Supilinnas kogutud andmed 2018. aastal. Tuul puhus valdavalt edela- ja läänevahelisest ning ida- ja põhjavahelisest suunast (kokku ligikaudu 73% mõõtmistest, Joonis 49). Kõrgemad kontsentratsioonid mõõdeti aga just esimesel juhul, kustpoolt pärineb enamik ahiküttest ning liiklusest tulenev õhusaaste (kirdesuunal jääb Emajõgi, ning üle selle, hõredam elurajoon, kus puidukütteil ahjud ei ole primaarseks kütteallikaks). Allolevatel joonistel (Joonis 50 ja Joonis 51) on näitena toodud BC_{bb} ja PM_{2.5} saastevood ja -roosid.



Joonis 49 Tuuleroos Supilinnas Mobair2 mõõtelabori asukohas 2018. aastal

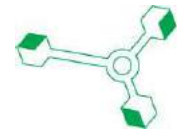


Joonis 50 BC_{bb} saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2018. aastal Supilinnas

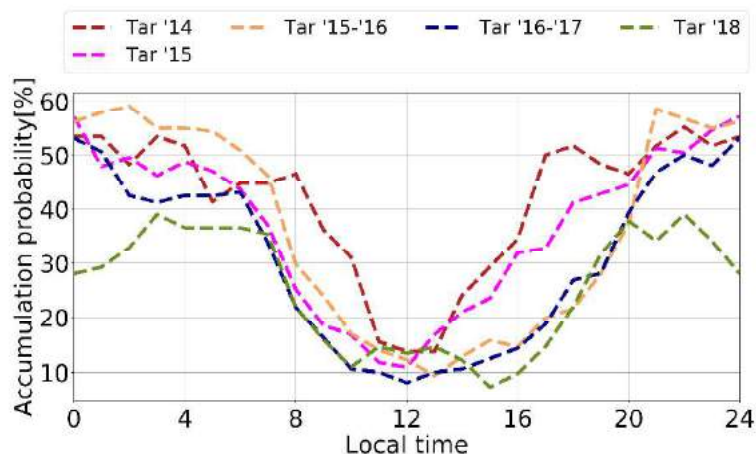


Joonis 51 $PM_{2.5}$ saastevoog ja kontsentratsiooniroos 2018. aastal Supilinnas

Lugedes soodsateks akumulatsioonitingimusteks inversiooni olemasolu ja tuule kiirust alla 1 m/s, mis pärsivad õhusaaste vertikaalset ja horisontaalset hajumist, on ülalloodud joonistel näha selliste olude esinemise tõenäosust erinevatel aastatel. Osutub, et soodsad tingimused saasteainete akumulatsiooniks esinesid viimasel viiel aastal ligikaudu 50% öödest. Väikseim tõenäosus akumulatsiooni tekkeks esines keskpäeval (mõjutab keskmiselt 10% mõõtmistest). Samas tuleb rõhutada, et kuna enamike saasteainete ööpäevane käik sisaldab kaht maksimumi, ligikaudu kell 8–10 ja kell 17–21 (täpsem analüüs järgnevas peatükis), on need maksimumid meteoroloogilistest tingimustest mõjutatud (nii võimendatud kui ajaliselt pikendatud) ligikaudu 30–50% juhtudest. Varasemad tööd (nt Elser *et al.*, 2016) on näidanud, et akumulatsioonisituatsioonides võib primaarse

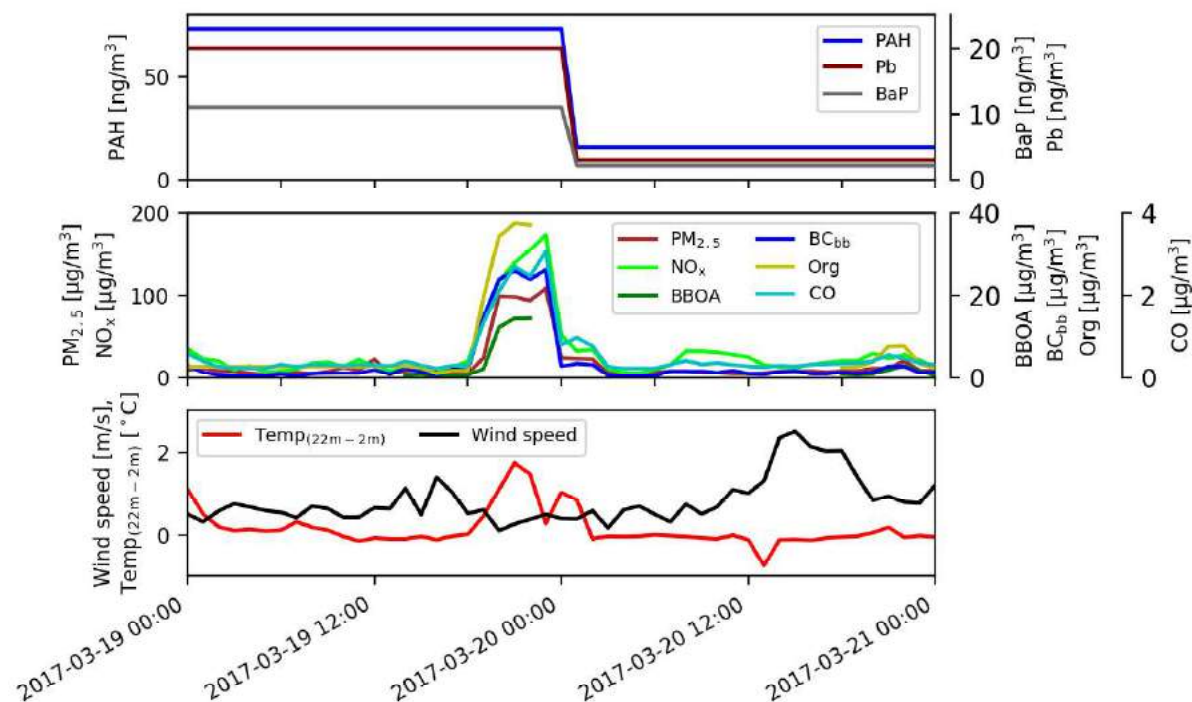
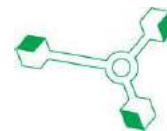


orgaanilise aerosooli komponentide osakaal suurenedu kuni kaks korda. Viimasel aastal oli tõenäosus akumulatsiooni tekkeks madalam kui eelnevatel aastatel (Joonis 52). See on tingitud asjaolust, et nii keskmine tuule kiirus oli väiksem kui ka inversiooni sagedus oli viimasel analüüsitud perioodil madalam.



Joonis 52 Tõenäosus soodsate akumulatsioonitingimuste tekkeks Tartu õhuseirejaamas aastatel 2014–2018

Ühe akumulatsioonisituatsiooni näitena võib tuua välja 19. märtsi 2017, mil nii $PM_{2.5}$ kui BaP saavutasid talve maksimumkontsentratsioonid (vastavalt tunnikeskmine $108.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja päevakeskmine $11.0 \text{ ng}/\text{m}^3$) ning ka BBOA, BC_{bb} , Org, CO, $PM_{2.5}$, NO_x , PAH ja Pb olid perioodi maksimumväärtustele lähedal (vastavalt tunnikeskmissed BBOA = $14.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, BC_{bb} = $26.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Org = $37.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO = $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}$ = $108.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x = $173.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ja päevakeskmissed PAH = $73.2 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja Pb = $20 \text{ ng}/\text{m}^3$). Tegemist ei olnud talve külmima perioodiga, mil emissioonid kütteallikatest on oodatult suurimad, ööpäevane temperatuur oli antud näite puhul vahemikus $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ kuni $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Jooniselt on näha, et kõrgemad korrelatsioonid olid seotud tuule kiiruse ja inversiooniga (Joonis 53). Tugev inversioon, antud juhul temperatuuri erinevus 22 m ja 2 m kõrgusel oli kuni $1.7 \text{ }^\circ\text{C}$, püsis alates 19. märts vahemikus kell 18–23 ning seejärel pisut nõrgemalt 20. märts kell 0–2 öösel. Samuti jäi samas ajavahemikus tuule kiirus alla $0.5 \text{ m}/\text{s}$. Järgmisel päeval, kui inversioon puudus ja tuule keskmine kiirus oli üle $1 \text{ m}/\text{s}$, olid kõikide saasteainete kontsentratsioonid 5–10 korda madalamad. Sarnast saasteainete tugevat sõltuvust inversioonist ja tuule kiirusest on märgata teistegi kõrgete piikide puhul. Kuigi temperatuuri ja saasteainete pikaajaliste aegriidade vahel on üldjuhul arvestatav negatiivne korrelatsioon, võib väita, et kõikide väga kõrgete kontsentratsioonide tekkimisel on akumulatsioonitingimuste olemasolu olulisimaks eelduseks.

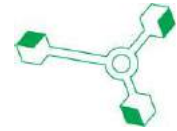


Joonis 53 Saasteainete piik ja akumulatsioonitingimused 19.–20. märtsil 2017

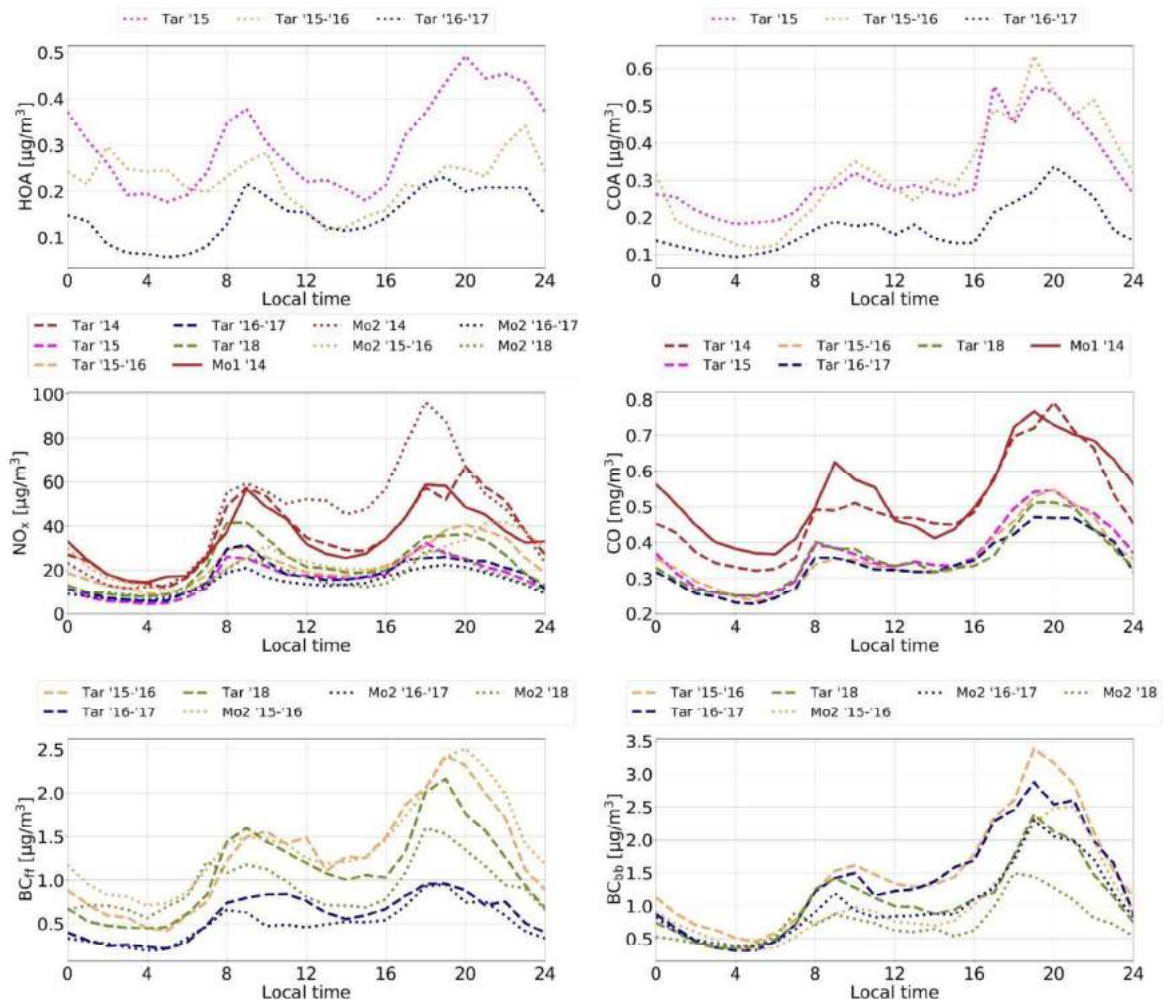
4.2.4 Saasteainete ööpäevane käik

Kõik saasteained (v.a. SO_2 ja O_3) omavad ööpäevas kaht maksimumi, vahemikus 8–10 ja 17–21, kusjuures kontsentratsioonid langevad pärast teist maksimumi akumulatsiooni soodustavate tingimuste tõttu aeglasemalt kui sisaldused kasvasid enne seda (Joonis 54 ja Joonis 55). Graafikutelt ilmneb ka, et Mobair2 mõõtelaboriga mõõdetud kontsentratsioonide maksimumid olid 2015–2016 aastal võrreldes Tartu õhuseirejaama omadega sageli tunni võrra hilisemad. Kuigi kahe mõõtmispunkti vaheline kaugus oli linnulennul vaid 0.5 km, võis saaste levik olla looduslike ja inimtekkeliste barjääride tõttu siiski pisut pidurdatud. Selle perioodi tuuleroos kinnitab, et Mobair2 asukohta saabus õhk just lõuna- ja kagusuunalt ehk Karlova ning Sõpruse silla poolt.

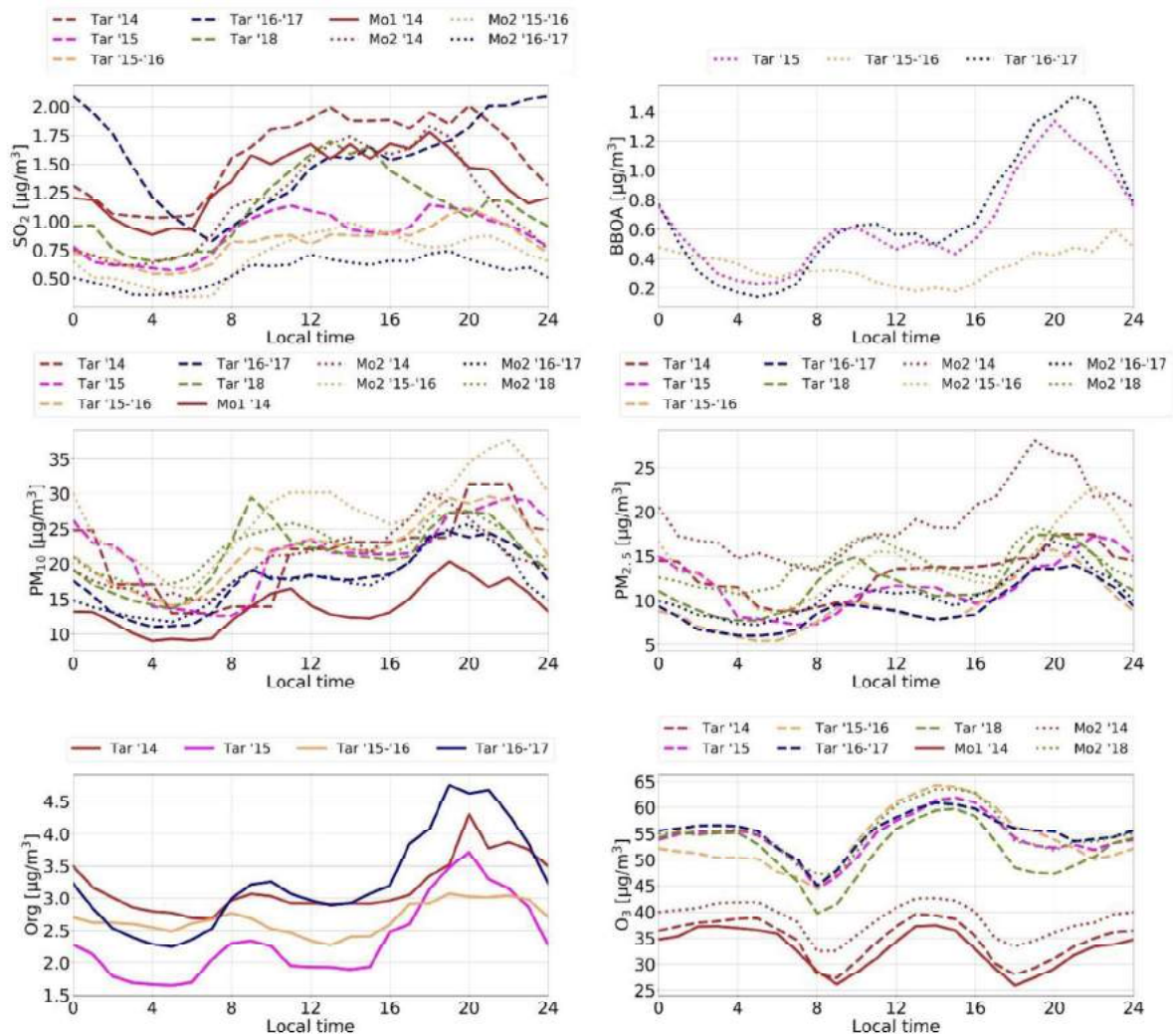
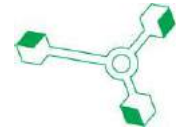
Teiste seast paistavad selgelt välja kõrgemad pärastlõunased ja öhtused NO_x ja $\text{PM}_{2.5}$ väärtused 2014. aastal mõõdetuna Mobair2 poolt Annelinnas. Tuginedes BC_{ff} ja NO_x mõõtmistele oli liikluse mõju kõige vähem märgata Supilinnas, kus vastavad väärtused olid vahemikus kell 8–23 kuni 1/3 võrra madalamad kui Tartu õhuseirejaamas. BC_{bb} väärtused Karlovas olid aga igal aastal vahemikus kell 8–24 selgelt (kuni $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ võrra) kõrgemad kui Kesklinnas, Tammelinnas ja Supilinnas.



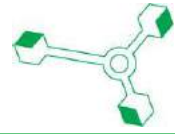
Osooni ööpäevane käik on eelkõige seotud selle eellaste (NO , NO_2 , NO_x , CO , CH_4 , NMHC ja SO_2) sisaldusest ning päikesekiirguse intensiivsusest.



Joonis 54 Saasteainete keskmised ööpäevased käigud Tartu erinevates asukohtades (Karlova, Tammelinn, Annelinn, Supilinn ja Maarjamõisa) aastatel 2014–2018



Joonis 55 Saasteainete keskmised ööpäevased käigud Tartu erinevates asukohtades (Karlova, Tammelinn, Annelinn, Supilinn ja Maarjamõisa) aastatel 2014–2018



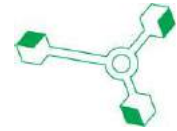
4.3 Mõõtmised Viljandis

Viljandi linna välisõhu kvaliteedi mõõtmised viidi läbi ajavahemikul 10.10.2017 – 04.05.2018. Välisõhu saastetasemete mõõtmiseks kasutati mobiilset seirejaama Mobair 1, mis asus aadressil C. R. Jakobsoni 43 (Joonis 56). Mõõtekampaania raames mõõdeti vääveldioksiidi (SO₂), lämmastikdioksiidi (NO₂), süsinikoksiidi (CO), osooni (O₃) ja eriti peenete osakeste (PM_{2.5}) kontsentratsioone õhus ja lisaks meteoroloogilisi parameetreid. Peenosakeste (PM₁₀) sisaldust mõõdeti gravimeetriliselt, sealhulgas määrati PM₁₀ fraktsioonist raskmetallide ja polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH) sisaldus.

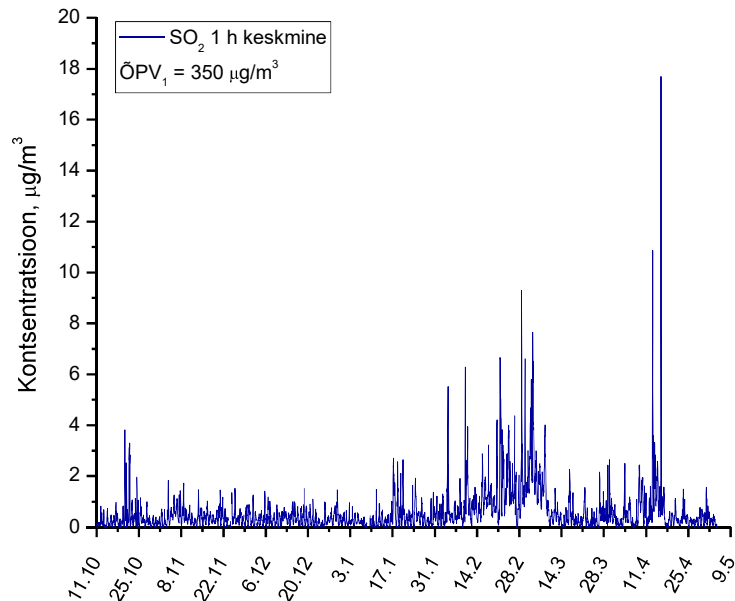


Joonis 56

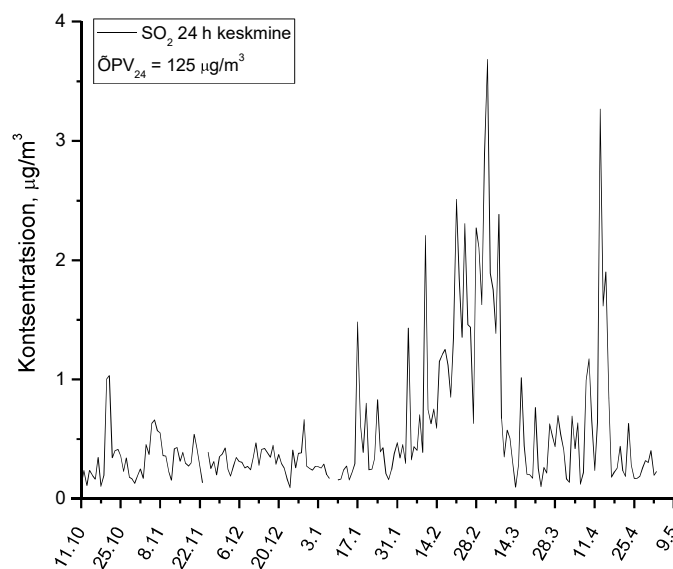
Mobair 1 asukoht Viljandis



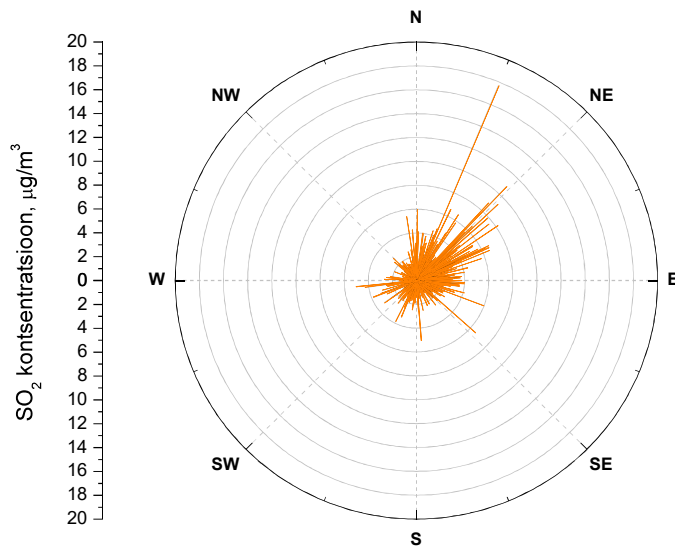
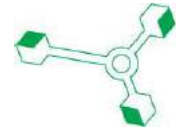
Vääveldioksiidi maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 15.04.18 kell 22:00 (Joonis 57). Mõõtmise hetkel oli tuule kiirus $<0,5 \text{ m/s}$, mistõttu ei ole tuule suund määratav. Maksimaalne ööpäevakeskmise SO_2 kontsentratsioon $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 04.03.18 (Joonis 58). Mõõteperioodi keskmine SO_2 sisaldus välisõhus oli $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalsed SO_2 kontsentratsioonid mõõteperioodil pärinesid valdavalt kirde suunast (Joonis 59).



Joonis 57 SO_2 1 h keskmine kontsentratsioon

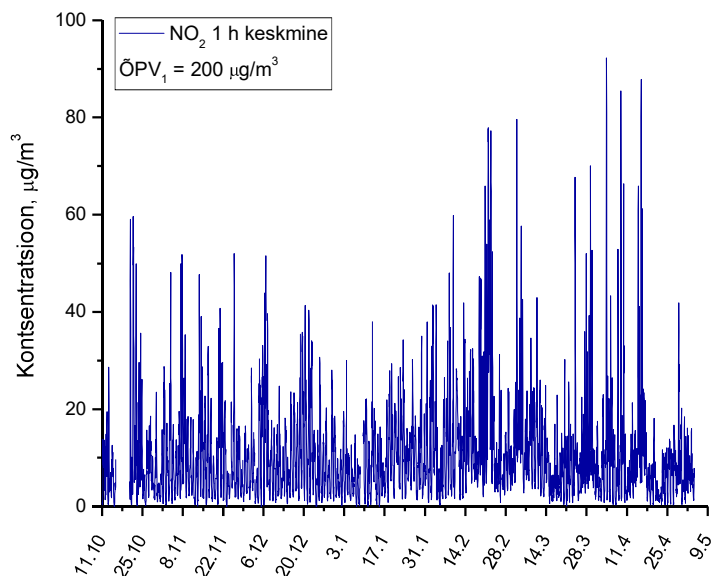


Joonis 58 SO_2 24 h keskmine kontsentratsioon

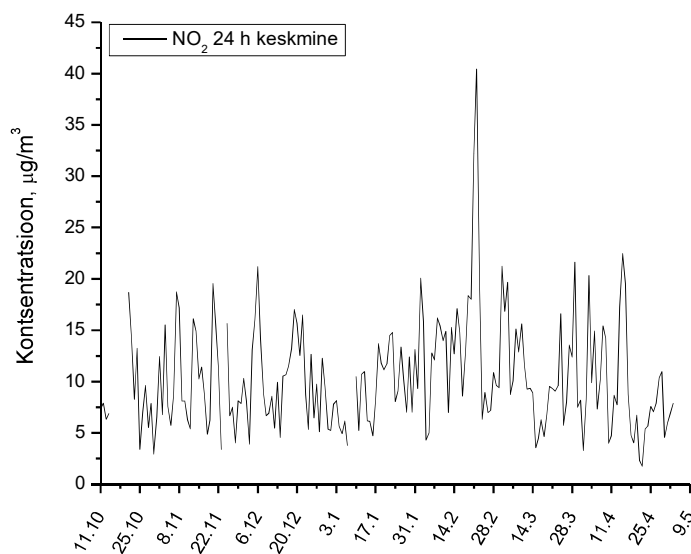
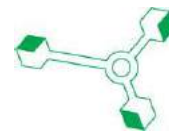


Joonis 59 SO₂ kontsentratsiooniroos

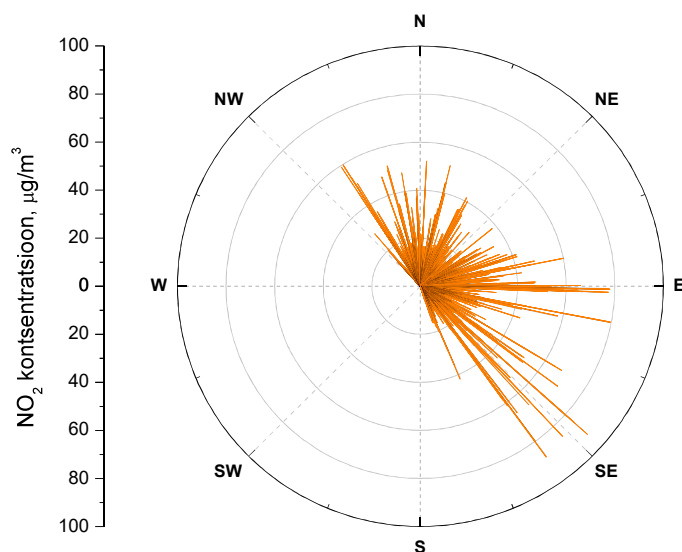
Lämmastikdioksiidi maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon 92,2 µg/m³ mõõdeti 03.04.18 kell 21:00 (Joonis 60). Mõõtmise hetkel oli tuule kiirus <0,5 m/s, mistõttu ei ole tuule suund määratav. Maksimaalne ööpäevakeskmine NO₂ kontsentratsioon 40,4 µg/m³ mõõdeti 22.02.18 (Joonis 61). Perioodikeskmine NO₂ sisaldus välisõhus oli 10,3 µg/m³. Mõõteperioodi kõrgeimad NO₂ kontsentratsioonid piirkonnas mõõdeti valdavalt põhja-, ida- ja kagutuulega (Joonis 62).



Joonis 60 NO₂ 1 h keskmine kontsentratsioon

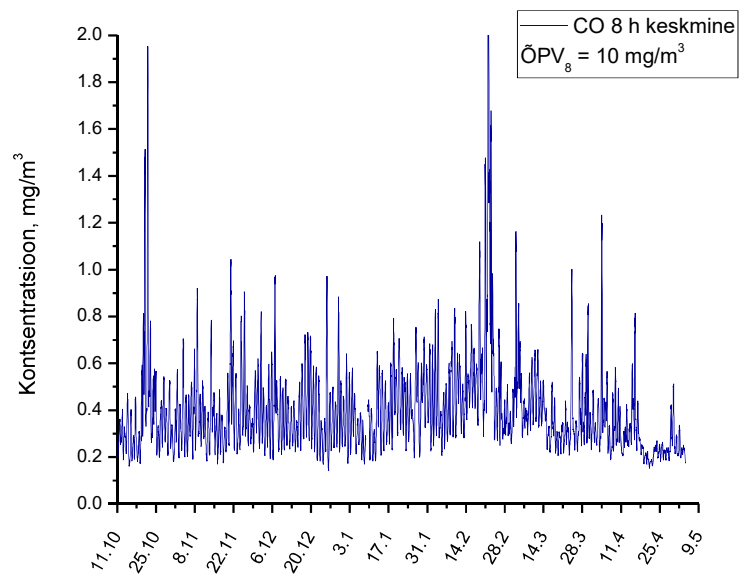
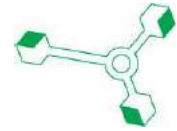


Joonis 61 NO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon

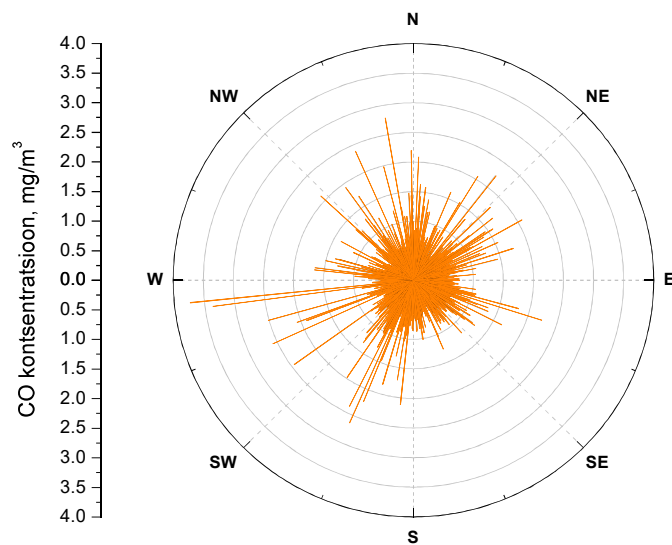


Joonis 62 NO₂ kontsentratsiooniroos

Süsinikoksiidi 8 h libisev keskmine kontsentratsioon ulatus mõõtekampania jooksul maksimaalselt 2,6 mg/m³-ni, mis mõõdeti 22.02.18 kell 01:00 (Joonis 63). Maksimaalne tunnikeskmine CO kontsentratsioon 3,7 mg/m³ mõõdeti 21.02.18 kell 22:00. Tuule kiirus oli mõõtmiste hetkel <0,5 m/s, mistõttu pole tuule suund määratav. Mõõteperioodi keskmine CO sisaldus oli 0,40 mg/m³. Mõõteperioodi maksimaalsed CO kontsentratsioonid registreeriti läänetuule korral (Joonis 64).

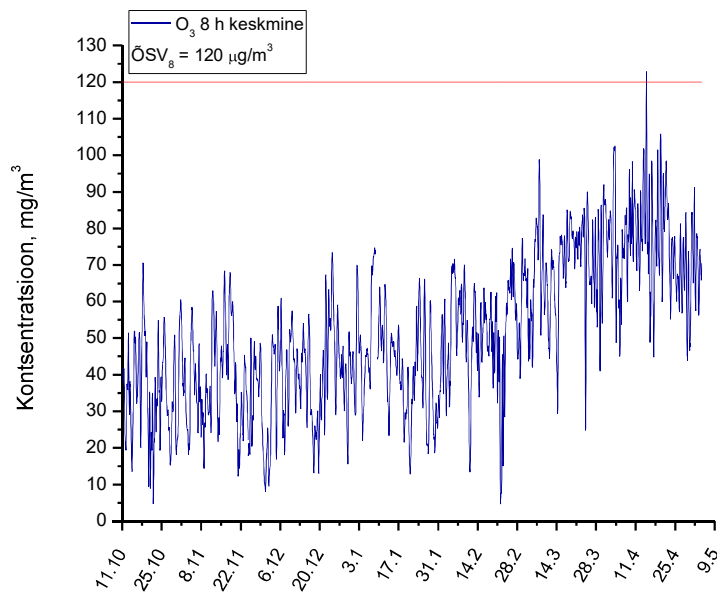
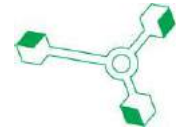


Joonis 63 CO 8 h keskmine kontsentratsioon

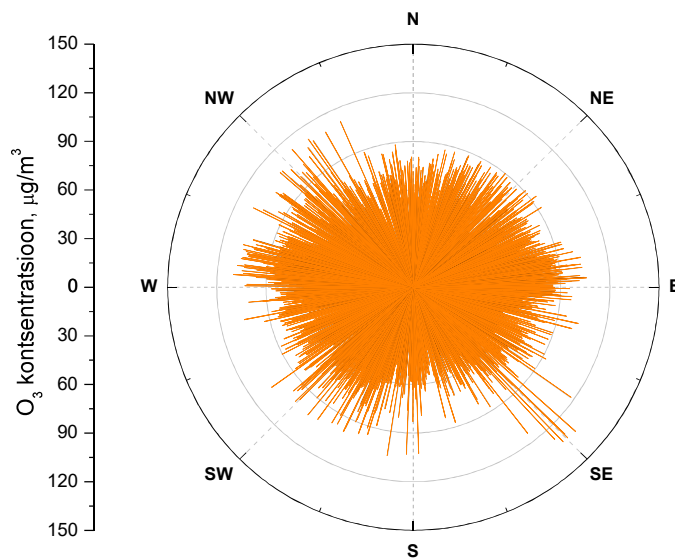


Joonis 64 CO kontsentratsiooniroos

Osooni maksimaalne 8 tunni libisev keskmine kontsentratsioon $122,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti 14.04.18 kell 19:00 (Joonis 65). Maksimaalne tunnikeskmine osooni kontsentratsioon $133,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mõõdeti samuti 14.04.18 nii kell 17:00, puhus kagutuul keskmise kiirusega $0,9 \text{ m/s}$. Kõrgeimad osooni kontsentratsioonid mõõtepiirkonnas mõõdeti kagutuule esinemisel (Joonis 66). Perioodi keskmine O_3 sisaldus oli $51,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

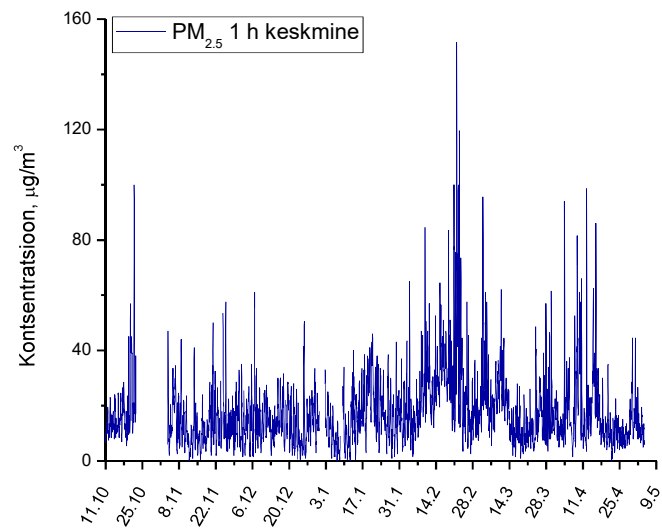
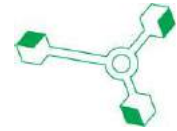


Joonis 65 O₃ 8 h keskmine kontsentratsioon

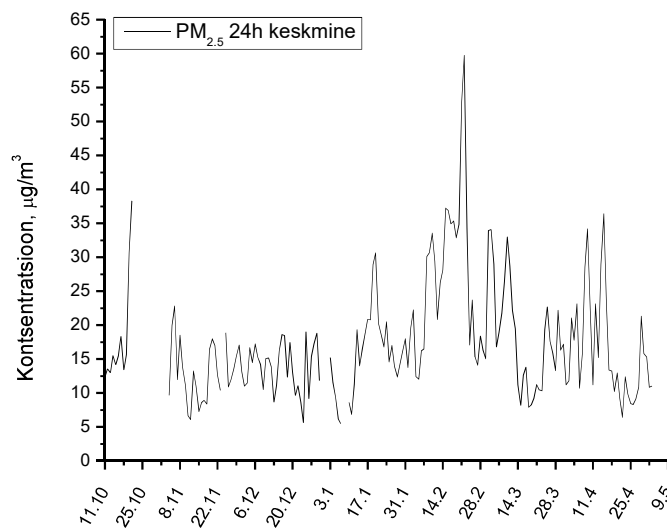


Joonis 66 O₃ kontsentratsiooniroos

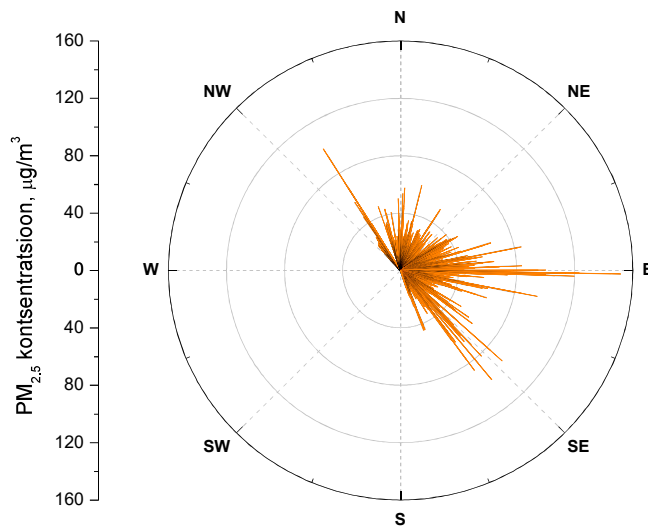
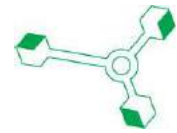
Eriti peente osakeste maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon 151,5 µg/m³ mõõdeti 21.02.18 kell 22:00 (Joonis 67). Mõõtmise hetkel oli tuule kiirus <0,5 m/s, mistõttu pole tuule suund määratav. Maksimaalne ööpäevakeskmine PM_{2,5} kontsentratsioon 59,8 µg/m³ mõõdeti 22.02.18 (Joonis 68). Perioodi keskmine PM_{2,5} sisaldus Viljandis oli 17,4 µg/m³. Mõõtekampania kõrgeimad PM_{2,5} kontsentratsioonid mõõdeti ida-, kagu- ja loodetuule korral (Joonis 69).



Joonis 67 **PM_{2.5} 1 h keskmine kontsentratsioon**

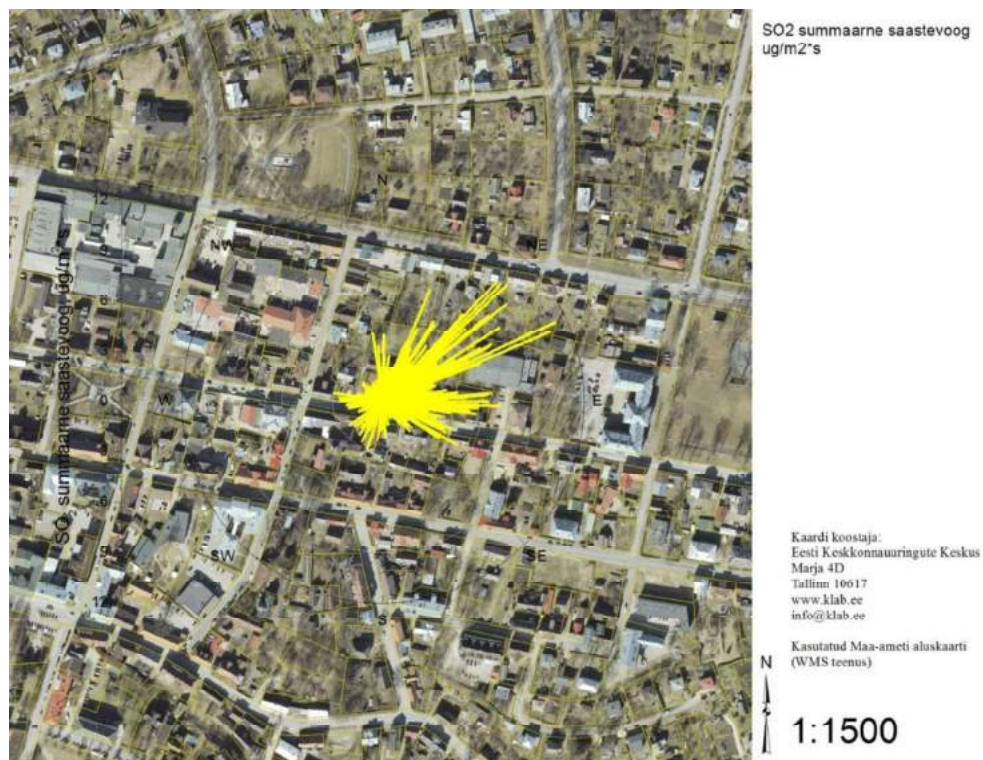


Joonis 68 **PM_{2.5} 24 h keskmine kontsentratsioon**

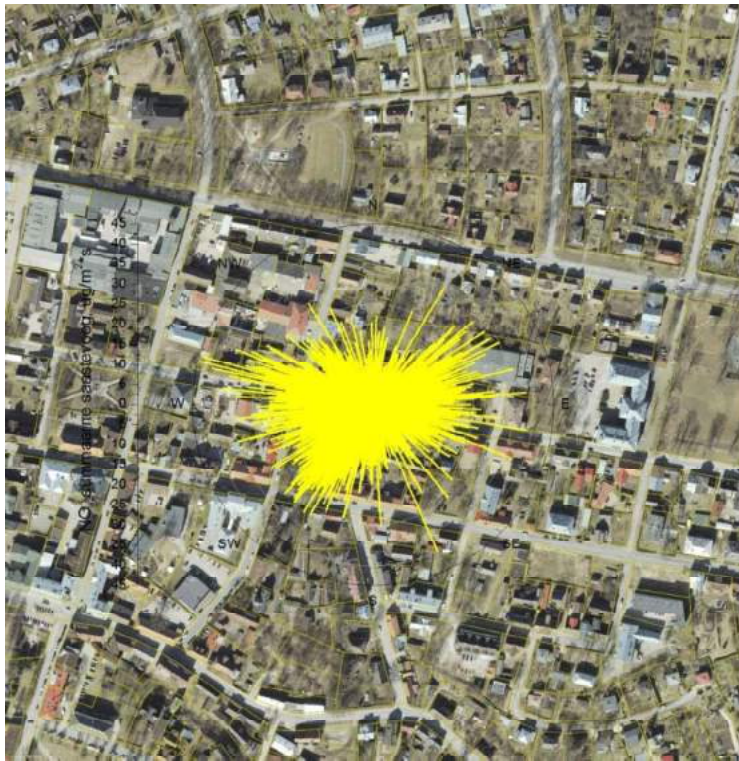
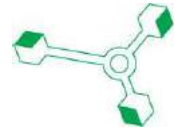


Joonis 69 **PM_{2.5} kontsentratsiooniroos**

Vastavalt summaarse saastevoog analüüsile, jõudis mõõtekampaania jooksul üldine saastevoog mõõtepunkti SO₂ ja PM_{2.5} puhul kirdesuunast, O₃ puhul loodest, NO₂ ja CO puhul ühest saaste pärinemise suunda ei eristu (Joonis 70 – Joonis 74).



Joonis 70 **SO₂ summaarne saastevoog**



NO2 summaarne saastevoog
ug/m2*s

Kaardi koostaja:
Eesti Keskkonnanuuringute Keskus
Marja 4D
Tallinn 10617
www.klab.ee
info@klab.ee

Kasutatud Maa-ameti aluskaarti
(WMS teenus)



1:1500

Joonis 71 NO₂ summaarne saastevoog



CO summaarne saastevoog
mg/m2*s

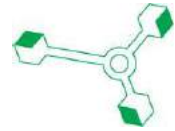
Kaardi koostaja:
Eesti Keskkonnanuuringute Keskus
Marja 4D
Tallinn 10617
www.klab.ee
info@klab.ee

Kasutatud Maa-ameti aluskaarti
(WMS teenus)

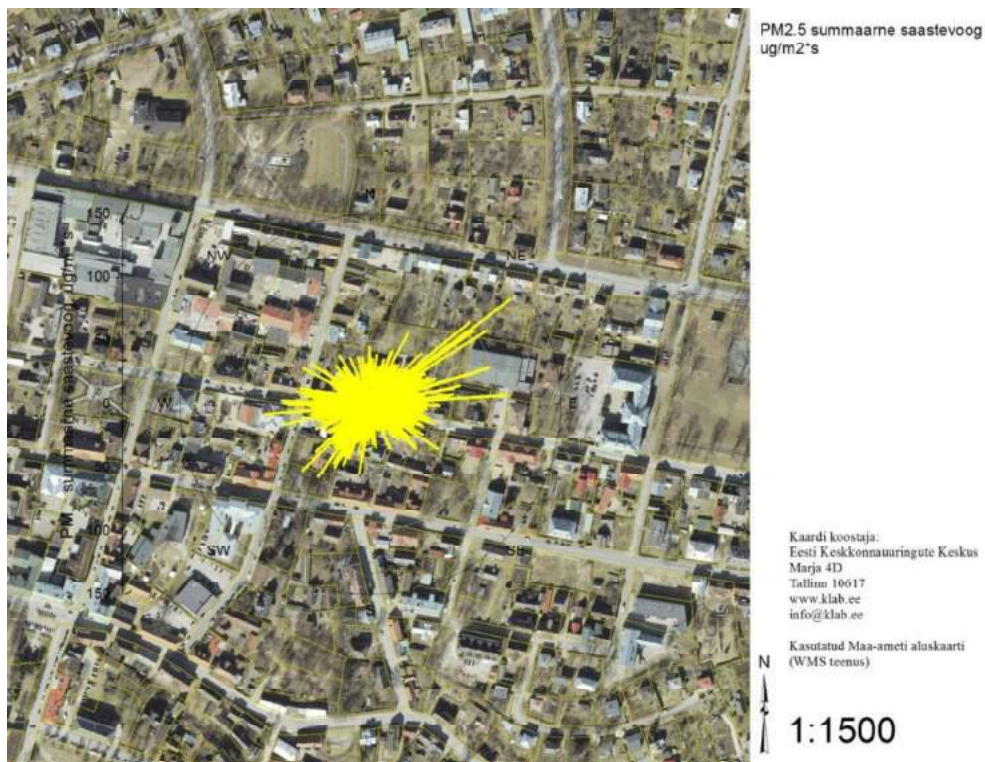


1:1500

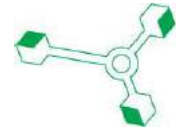
Joonis 72 CO summaarne saastevoog



Joonis 73 O₃ summaarne saastevoog



Joonis 74 PM_{2.5} summaarne saastevoog

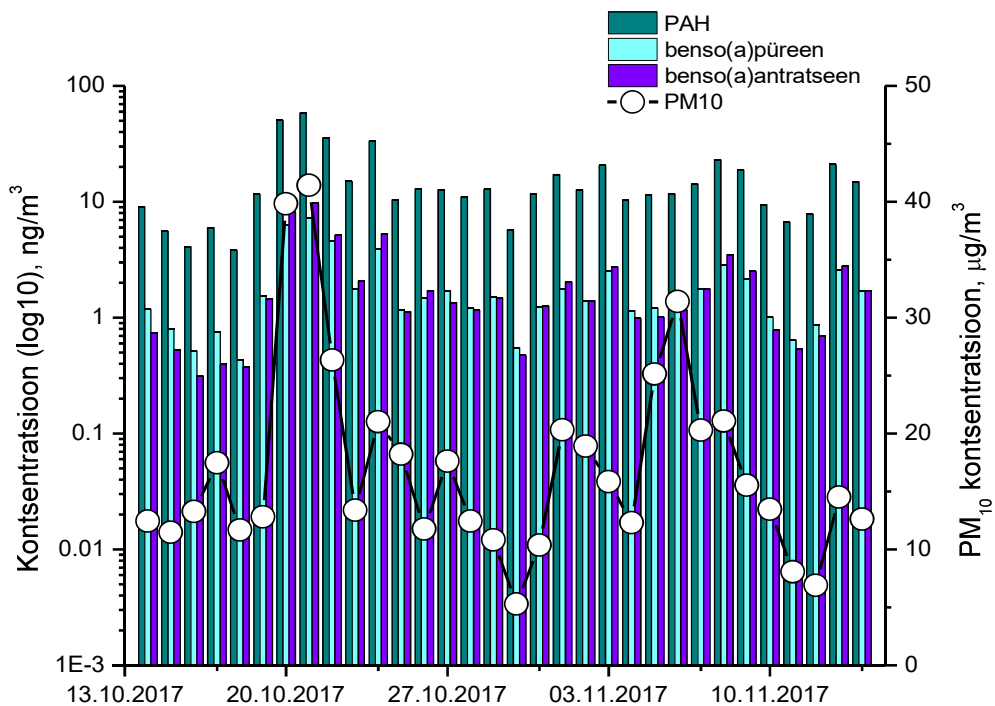
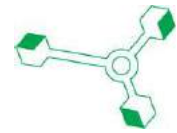


PM₁₀ sisaldust Viljandis mõõdeti gravimeetriliselt, sealhulgas määrati raskmetallide (antimoni (Sb), arseeni (As), kaadmiumi (Cd), nikli (Ni), plii (Pb), vase (Cu), tina (Sn)) ning polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (benso(a)püreen, benso(a)antratseen, benso(b+j+k)fluorateen, dibenso(a,h)antratseen ja indeno(1,2,3-cd)püreen) sisaldust. Ajavahemikul 14.10.17 – 04.05.18 koguti 203 peente osakeste proovi.

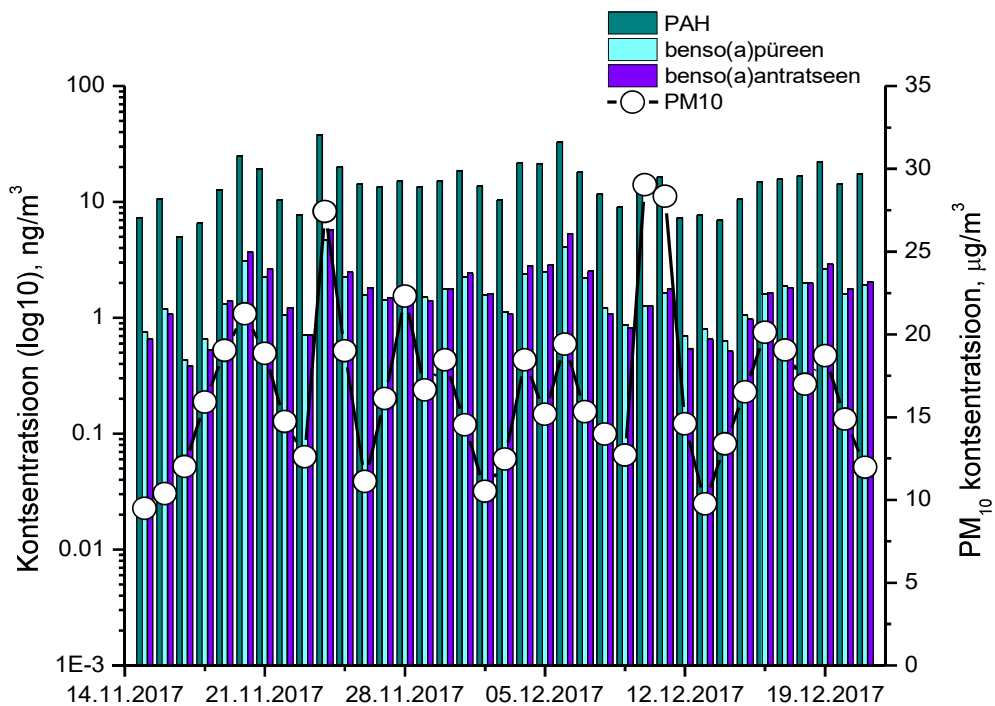
Gravimeetriliselt määrati kõrgeim PM₁₀ kontsentratsioon 22.02.18, vastavalt 64,56 µg/m³. Ka PAH komponentide sisaldus oli valdavalt kõrgeim 22.02.18, vastavalt benso(a)püreen – 15,25 ng/m³, benso(a)antratseen – 17,06 ng/m³, dibenso(a,h)antratseen – 1,52 ng/m³ ja indeno(1,2,3-cd)püreen – 10,92 ng/m³. Benso(b+j+k)fluorateeni maksimaalne sisaldus määrati päev varem, vastavalt – 30,50 ng/m³. Maksimaalne summaarne PAH sisaldus 22.02.18 oli 119,48 ng/m³.

Mõõteperioodi keskmised PAH-de sisaldused olid: benso(a)püreen – 2,01 ng/m³, benso(a)antratseen – 2,04 ng/m³, benso(b+j+k)fluorateen – 4,94 ng/m³, dibenso(a,h)antratseen – 0,27 ng/m³, indeno(1,2,3-cd)püreen – 1,92 ng/m³ ja PAH – 17,75 ng/m³. Õhukvaliteedi aastane sihtväärtus kehtib benso(a)püreenile vastavalt ÕPVa = 1 ng/m³, mida mõõdetud perioodikeskmise B(a)P tulemus ületas.

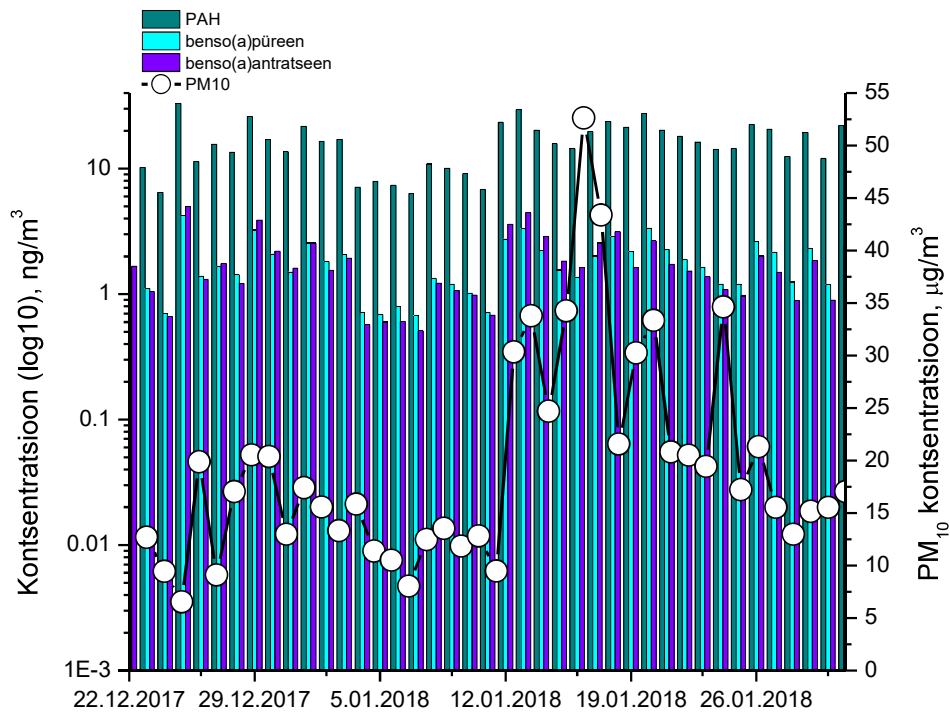
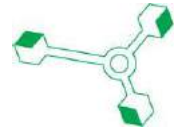
Polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike sisaldused PM₁₀ fraktsioonis on esitatud alljärgnevatel joonistel (Joonis 75 – Joonis 84). Graafikute loetavuse suurendamiseks on mõõteperiood jagatud osadeks.



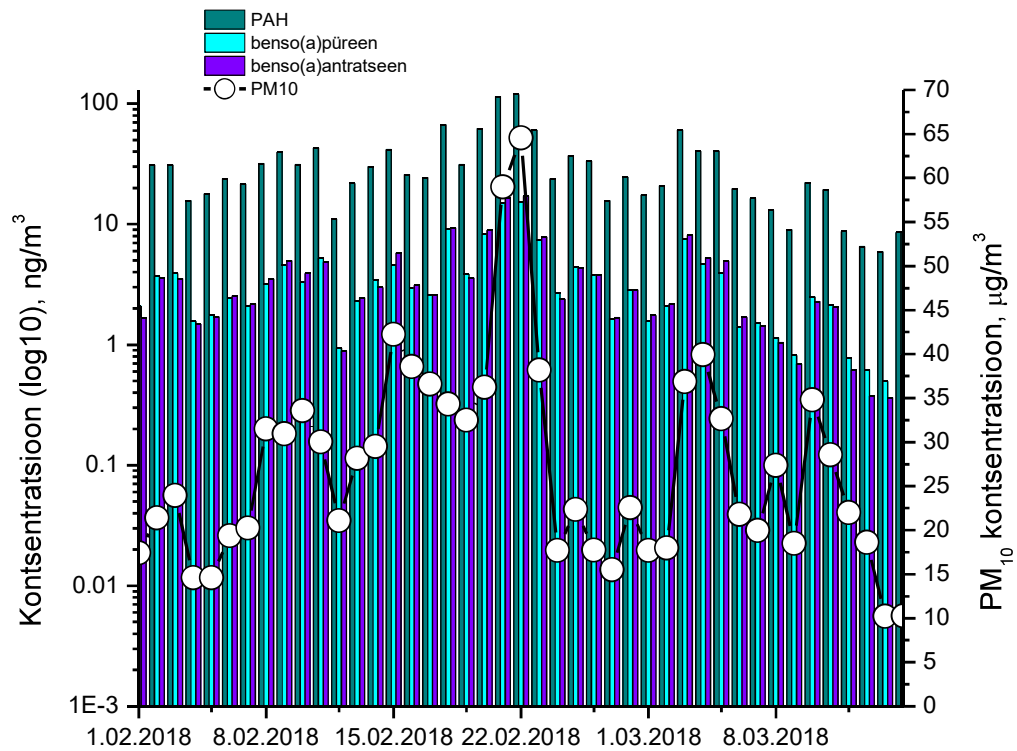
Joonis 75 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.17



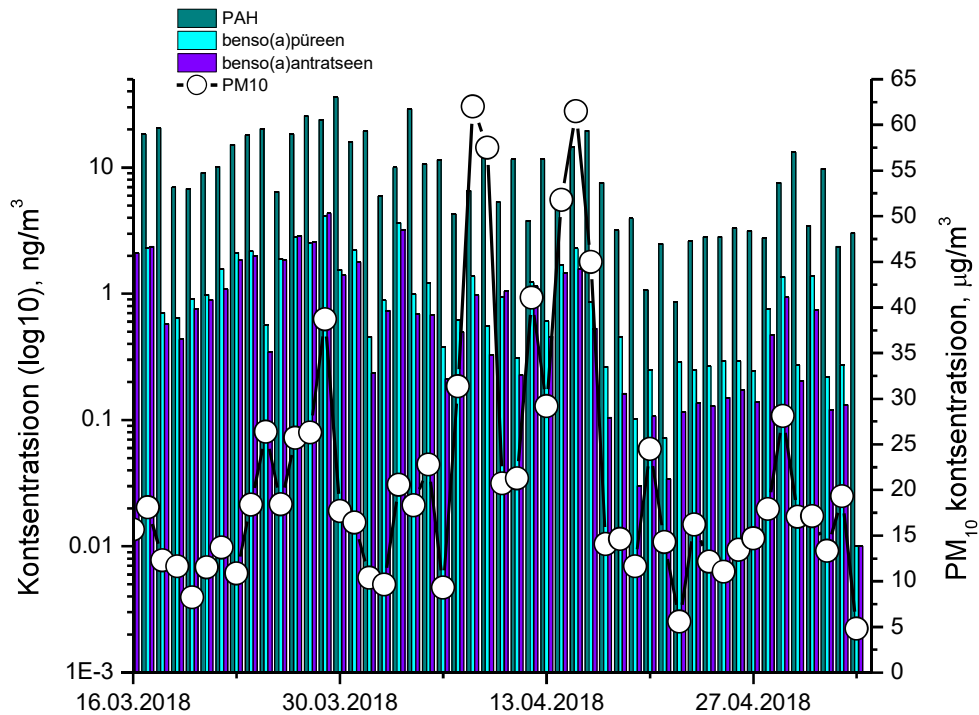
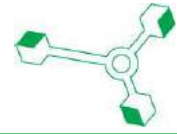
Joonis 76 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.17



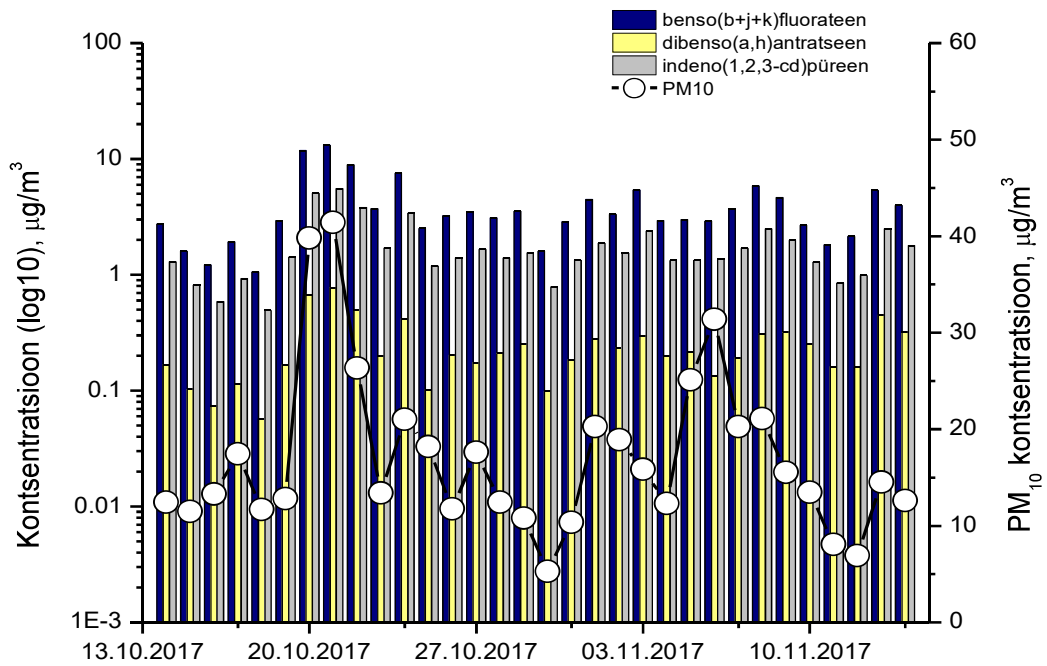
Joonis 77 PAH ja B(a)P kõnsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18



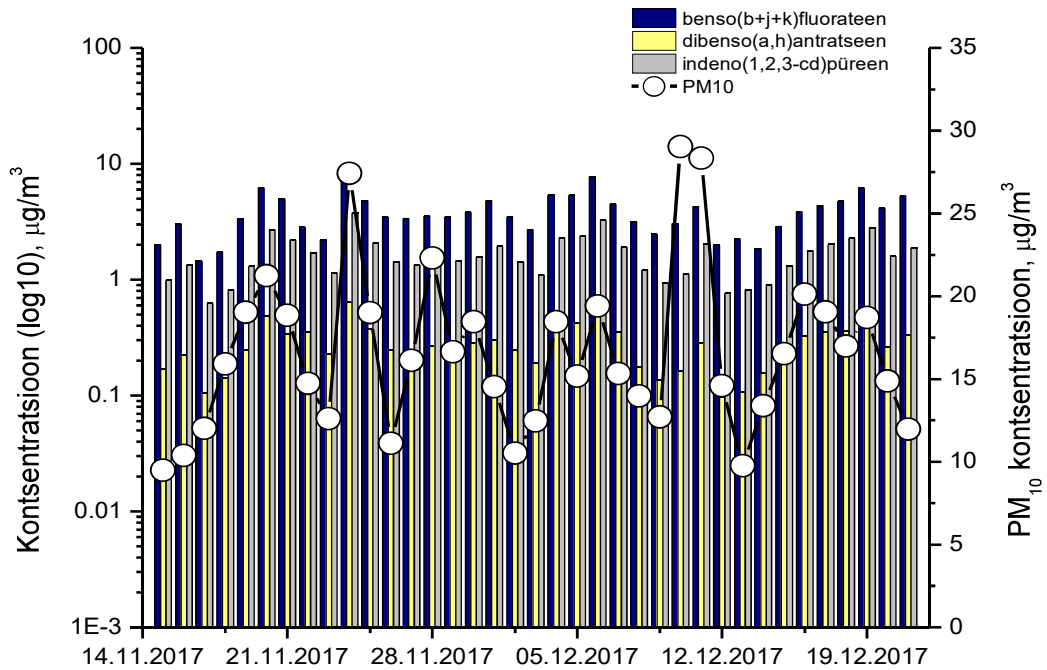
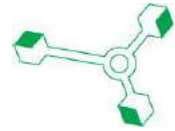
Joonis 78 PAH ja B(a)P kõnsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18



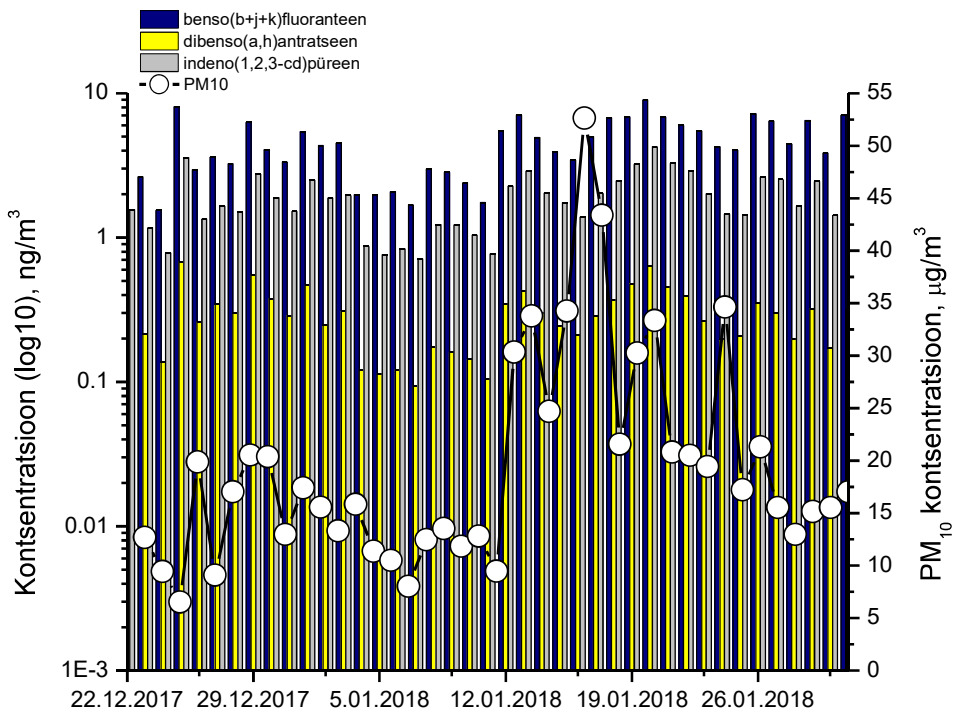
Joonis 79 PAH ja B(a)P kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18



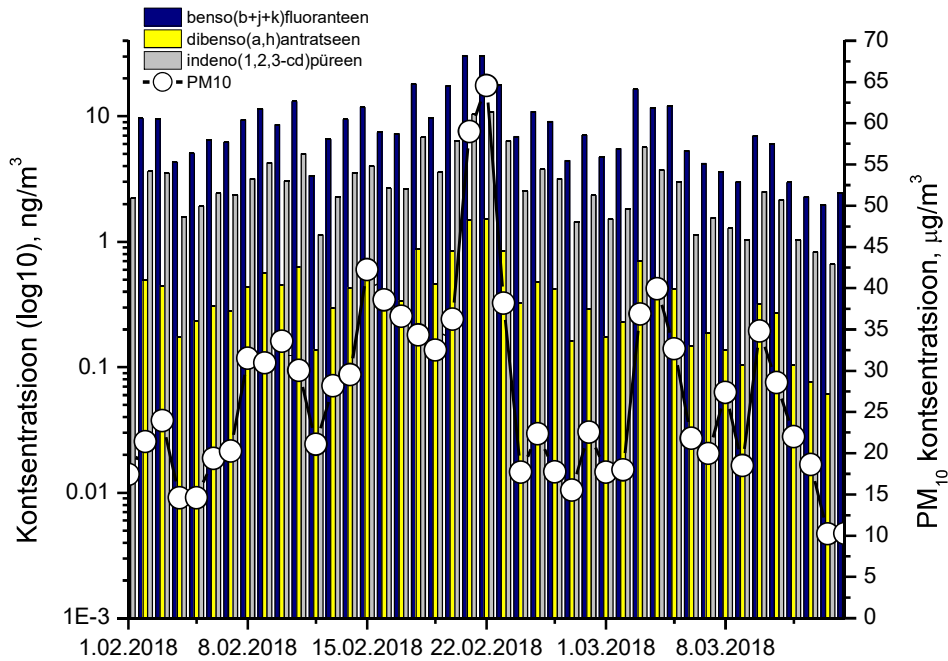
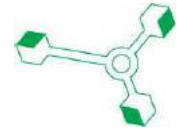
Joonis 80 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017



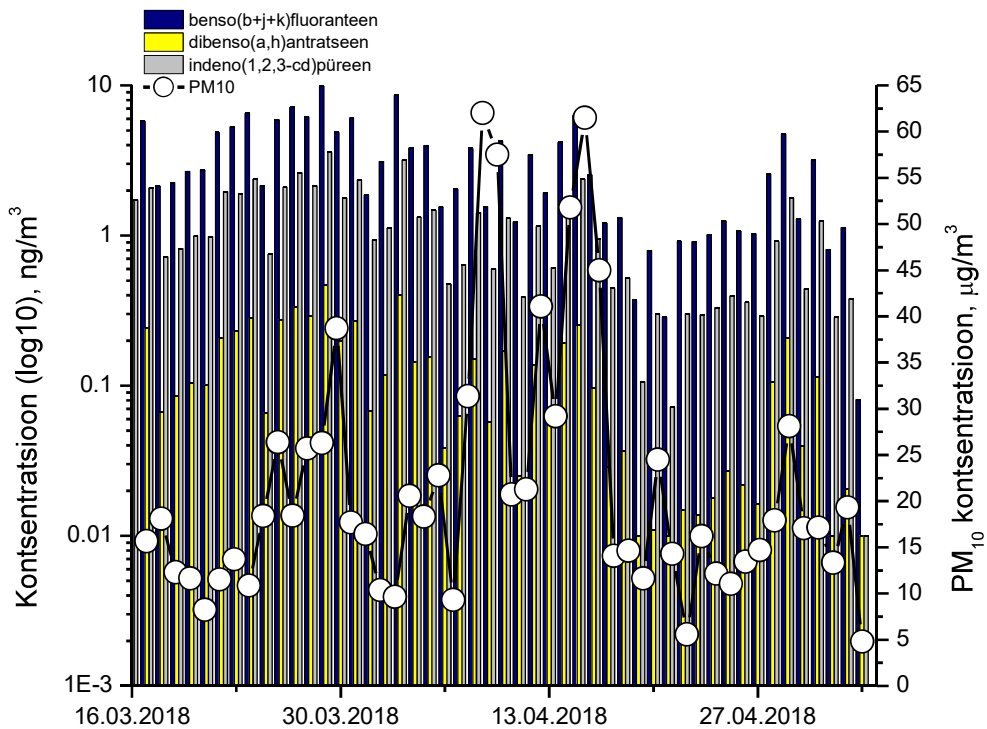
Joonis 81 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017



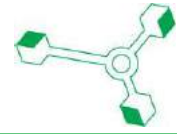
Joonis 82 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18



Joonis 83 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18



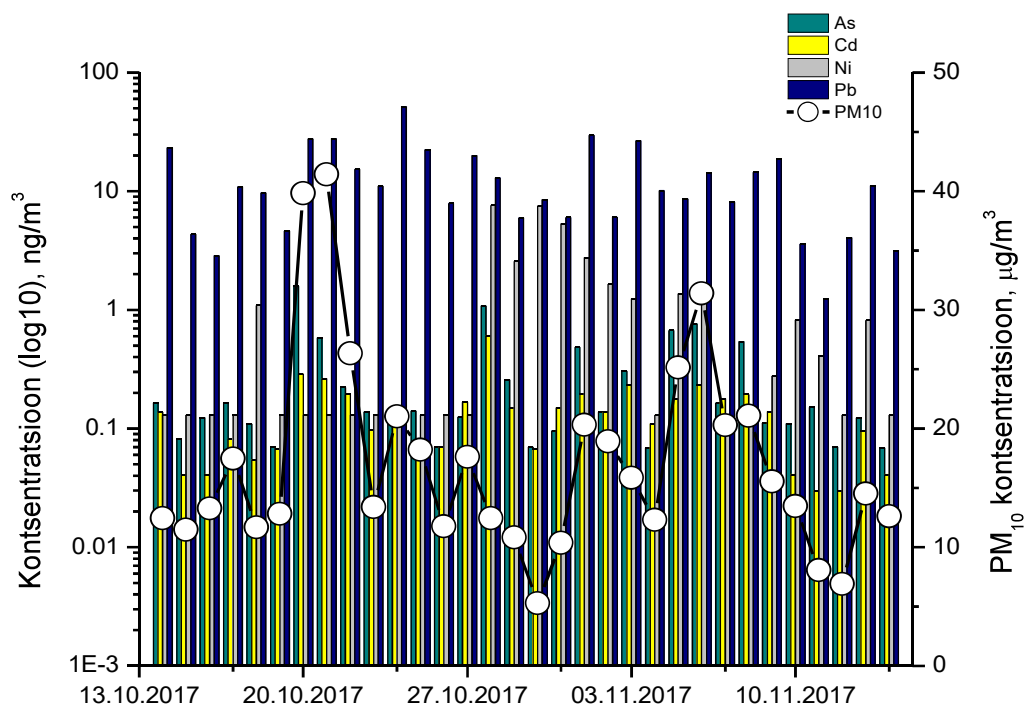
Joonis 84 PAH komponentide kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18



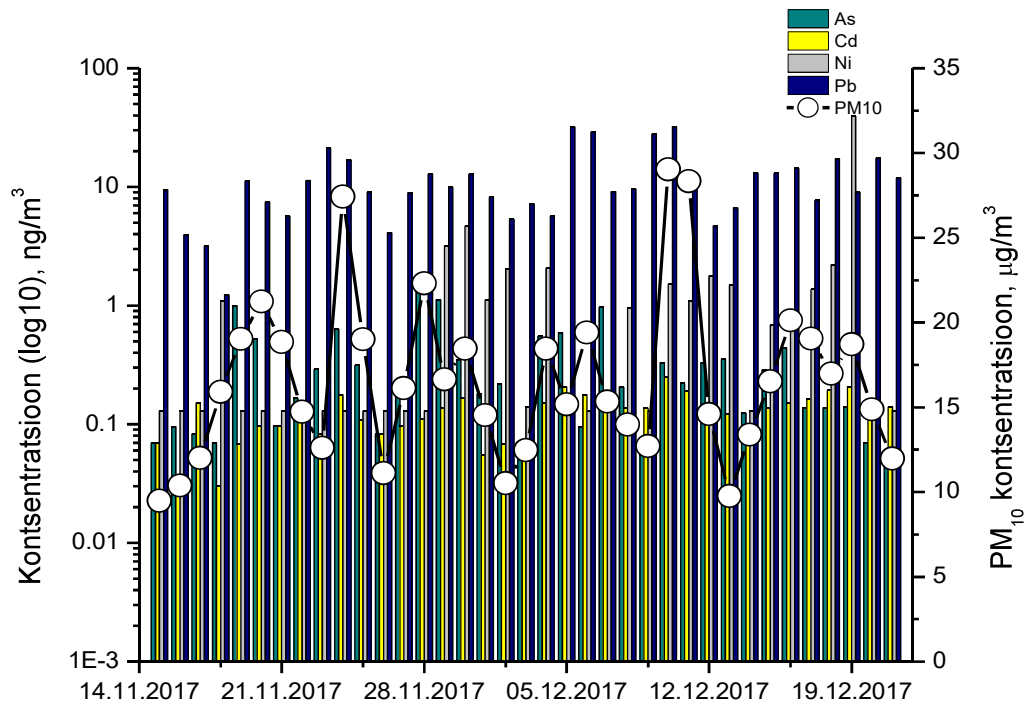
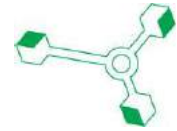
Mõõteperioodi kõrgeimad raskmetallide kontsentratsioonid PM₁₀ fraktsioonis olid vastavalt: Sb – 4,77 ng/m³ (28.10), As – 2,05 ng/m³ (16.02.18), Cd – 0,67 ng/m³ (16.02.18), Ni – 39,21 ng/m³ (19.12), Pb – 0,05 µg/m³ (54,28 ng/m³) (10.04.18), Sn – 22,87 ng/m³ (13.01.18) ning Cu – 14,57 ng/m³ (20.03.18).

Perioodikeskmised raskmetallide sisaldused olid: Sb – 0,26 ng/m³, As – 0,32 ng/m³, Cd – 0,15 ng/m³, Ni – 1,58 ng/m³, Pb – 0,01 µg/m³ (9,53 ng/m³), Sn – 1,13 ng/m³ ning Cu – 2,45 ng/m³. Õhukvaliteedi piirväärtus kehtib nimetatud metallidest pliile, mille saastatuse taseme kalendriaasta keskmine piirväärtus on 0,5 µg/m³, mõõteperioodi keskmine plii sisaldus oli 0,01 µg/m³. Arseenile, kaadmiumile ja niklile kehtib aastakeskmise õhukvaliteedi sihtväärtus vastavalt 6 ng/m³, 5 ng/m³ ja 20 ng/m³. Mõõteperioodi keskmine raskmetallide sisaldus jäi vastavatest sihtväärtustest oluliselt madalamaks.

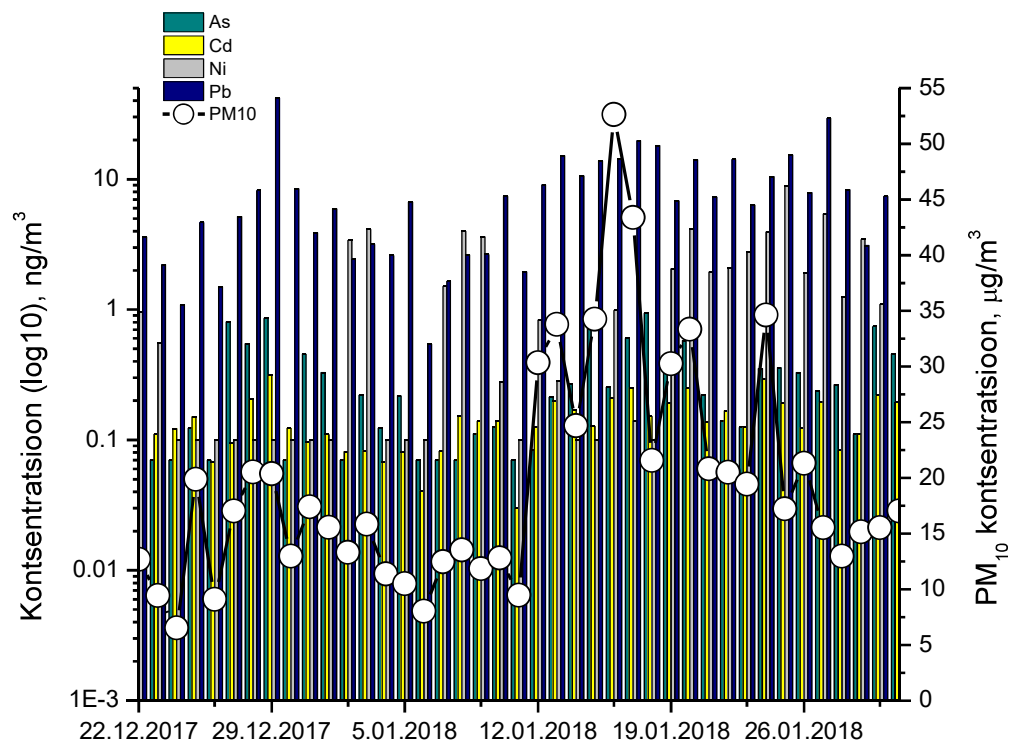
Raskmetallide sisaldused PM₁₀ fraktsioonis on esitatud alljärgnevatel joonistel (Joonis 85–Joonis 94). Graafikute loetavuse suurendamiseks on mõõteperiood jagatud osadeks.



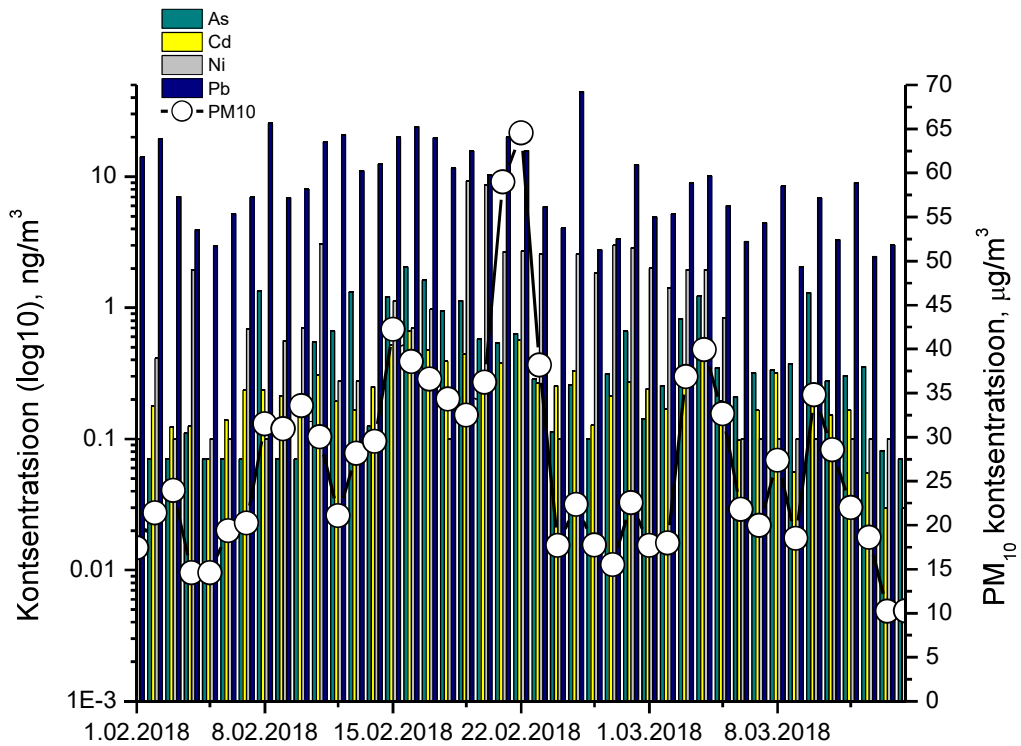
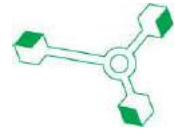
Joonis 85 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017



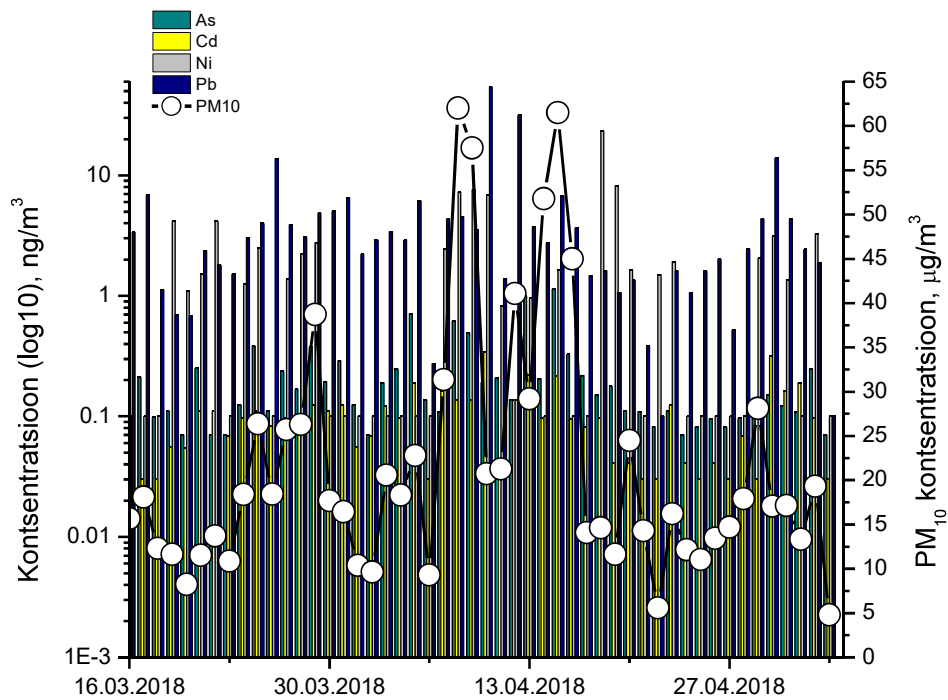
Joonis 86 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017



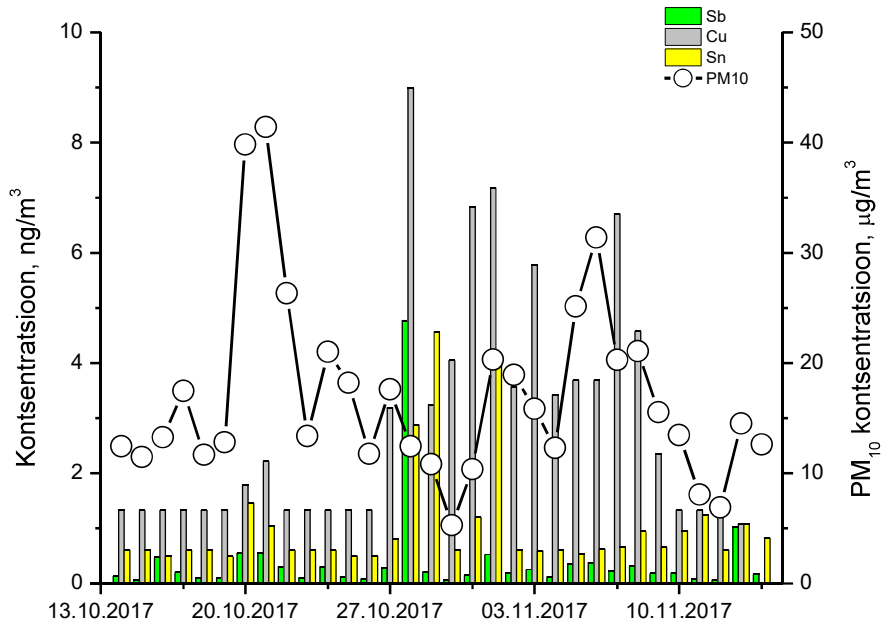
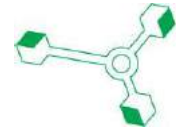
Joonis 87 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18



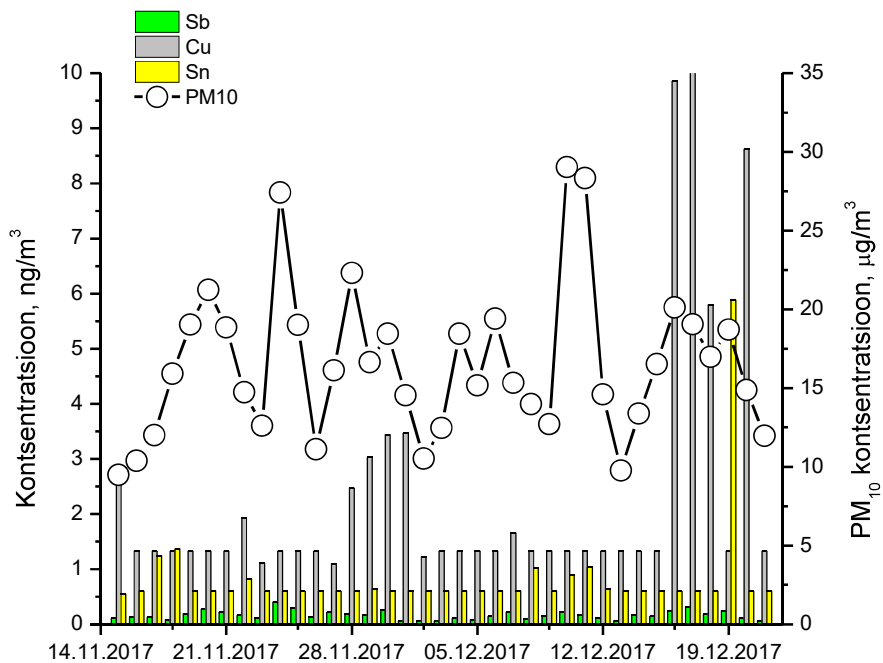
Joonis 88 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18



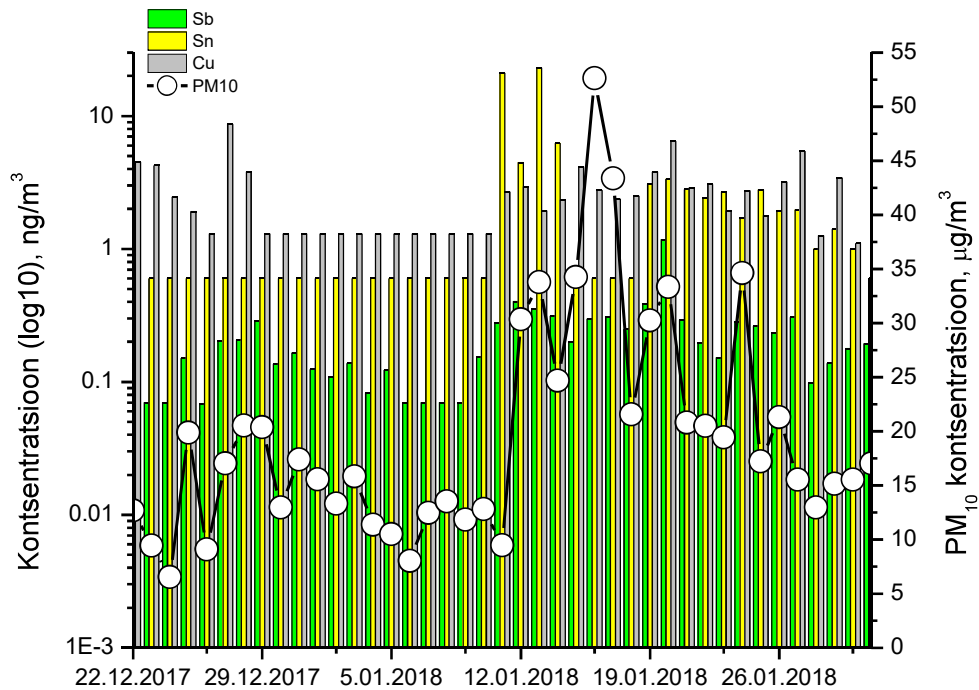
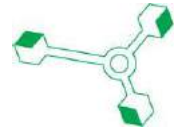
Joonis 89 As, Cd, Ni ja Pb kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18



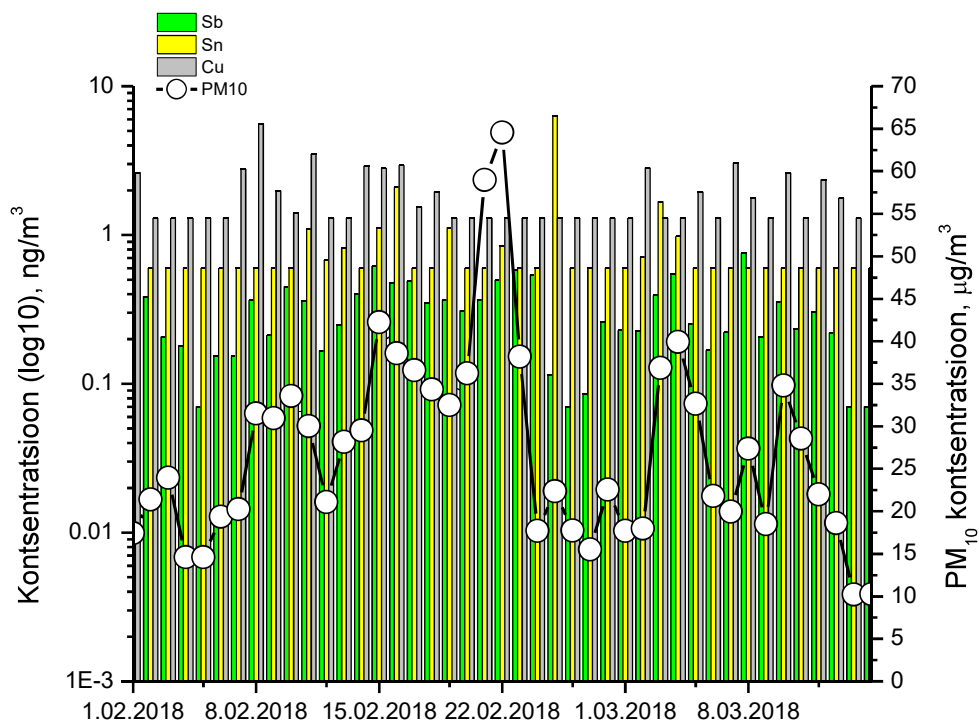
Joonis 90 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 14.10 – 14.11.2017



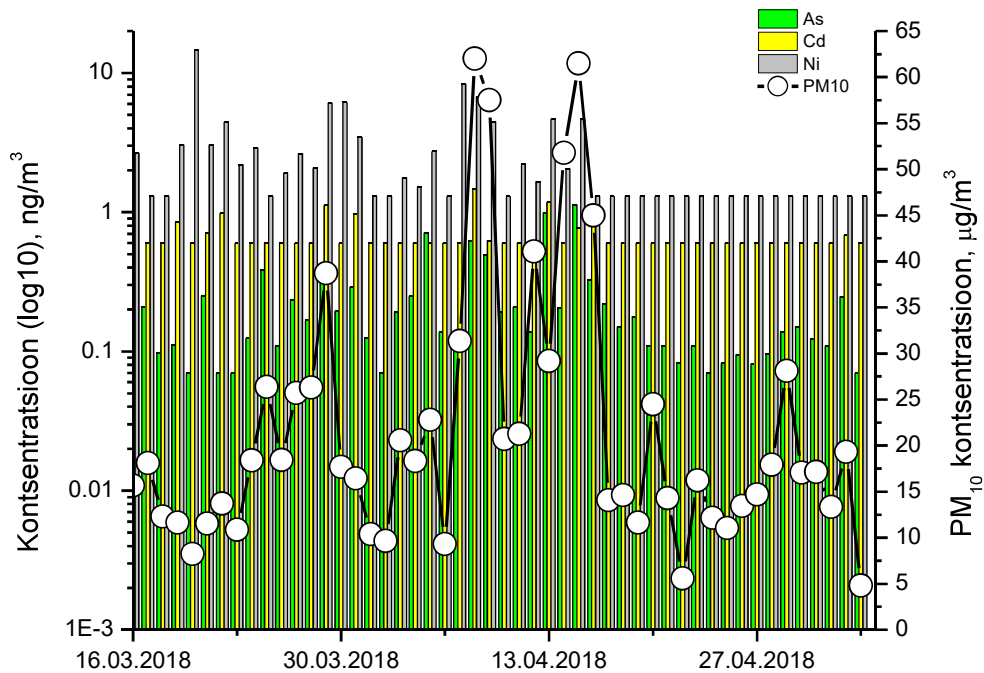
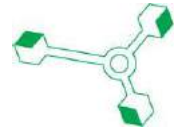
Joonis 91 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 15.11 – 21.12.2017



Joonis 92 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 22.12.17 – 31.01.18

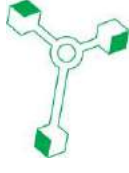


Joonis 93 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 01.02 – 15.03.18



Joonis 94 Sb, Cu ja Sn kontsentratsioon PM₁₀ fraktsioonis 16.03 – 04.05.18

Korrelatsioonikoefitsientide põhjal on võimalik iseloomustada saasteainete käitumist ja esinemist õhus, see tähendab, kas kontsentratsioonid järgivad samu tõusu ja langustrende, ning lisaks kontsentratsiooniroosile ja summaarsele saastevoole ka saasteainete pärinemise suundade kokkulangevust. Mõõteperioodi kõrgeimad korrelatsioonikoefitsendid esinesid PM₁₀ ja arseeni, antimoni ja arseeni ning PM₁₀ ja benso(b+j+k)fluoranteeni kontsentratsioonide vahel (Tabel 3 ja Tabel 4).



Tabel 3 PM₁₀ ja metallide omavaheline korrelatsioon

Saasteaine	Sb	As	Cd	Ni	Pb	Sn	Cu	PM ₁₀
Sb	1	,318**	,132	,141*	,133	,104	,234**	,235**
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)		,000	,060	,045	,058	,140	,001	,001
N	203	203	203	203	203	203	203	203
As	,318**	1	,108	,011	,302**	-,017	,100	,495**
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,000		,125	,874	,000	,812	,156	,000
N	203	203	203	203	203	203	203	203
Cd	,132	,108	1	,049	,076	,000	-,009	,178
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,060	,125		,486	,279	,996	,897	,011
N	203	203	203	203	203	203	203	203
Ni	,141*	,011	,049	1	,004	,121	,075	,069
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,045	,874	,486		,952	,086	,291	,329
N	203	203	203	203	203	203	203	203
Pb	,133	,302**	,076	,004	1	,072	,031	,254**
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,058	,000	,279	,952		,307	,656	,000
N	203	203	203	203	203	203	203	203
Sn	,104	-,017	,000	,121	,072	1	-,017	,050
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,140	,812	,996	,086	,307		,811	,482
N	203	203	203	203	203	203	203	203
Cu	,234**	,100	-,009	,075	,031	-,017	1	,062
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,001	,156	,897	,291	,656	,811		,378
N	203	203	203	203	203	203	203	203
PM ₁₀	,235**	,495**	,178*	,069	,254**	,050	,062	1
Pearson Correlation								
Sig. (2-tailed)	,001	,000	,011	,329	,000	,482	,378	
N	203	203	203	203	203	203	203	203



Tabel 4 PM₁₀ ja PAH-de omavaheline korrelatsioon

Saasteaine	Benso(a)püreen	Benso(a)antratseen	Benso(b+j+k)fluorantseen	Dibenso(a,h)antratseen	Indeno(1,2,3-cd)püreen	PAH	PM ₁₀
Benso(a)apüreen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1 ,989** 203	,981** ,000 203	,954** ,000 203	,981** ,000 203	,995** ,000 203	,576** ,000 203
Benso(a)antratseen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,989** ,000 203	1 ,958** 203	,946** ,000 203	,960** ,000 203	,986** ,000 203	,567** ,000 203
Benso(b+j+k)fluorantseen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,981** ,000 203	,958** ,000 203	1 ,940** 203	,984** ,000 203	,990** ,000 203	,602** ,000 203
Dibenso(a,h)antratseen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,954** ,000 203	,946** ,000 203	,940** ,000 203	,973** ,000 203	,954** ,000 203	,518** ,000 203
Indeno(1,2,3-cd)püreen	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,981** ,000 203	,960** ,000 203	,984** ,000 203	1 ,983** 203	,983** ,000 203	,578** ,000 203
PAH	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,995** ,000 203	,986** ,000 203	,990** ,000 203	,954** ,000 203	1 ,983** 203	,594** ,000 203
PM ₁₀	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	,576** ,000 203	,567** ,000 203	,602** ,000 203	,518** ,000 203	,594** ,000 203	1 ,000 203

4.4 Mõõtmised Kiviõlis

Kiviõli linna paigaldati 2018 a. sügisel kaks seirejaama – Konteiner1 samasse asukohta, kus teostati mõõtmisi 2017 a. mõõtekampania ajal ja Mobair1 seirejaam paigutati aadressile Vabaduse pst 23. Viimase seirejaama asukoha valikul lähtuti 2017 a. mõõtmiste tulemustest, kus eelmiste mõõtmiste ajal kandus kagu suunast seirejaama saastevoog, mille allikat ei suudetud üheselt tuvastada. Kahe seirejaama samaaegne mõõtmine võimaldab hinnata täpsemalt saastevoogusid ning tuvastada saaste võimalikku päritolu.



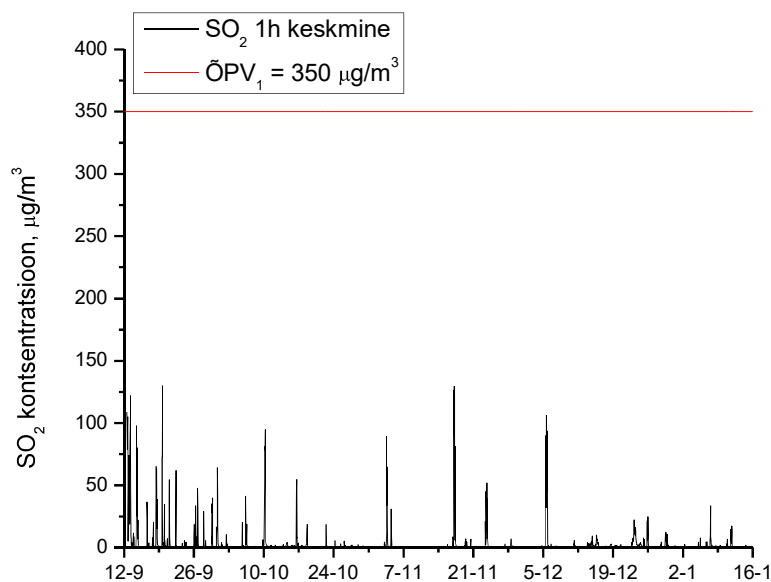
Joonis 95 Seirejaamade asukohad Kiviõlis

Alates 13.09.2018 teostatakse mobiilse mõõtejaamaga Mobair-1 õhukvaliteedi mõõtmisi SO₂, H₂S ja PM₁₀ osas Kiviõlis aadressil Vabaduse pst 23. Pidevmõõtmiste lõpp on planeeritud 2019. aasta märtsi lõppu. Aruandes on esitatud mõõtmistulemused 15.01.2019 seisuga.

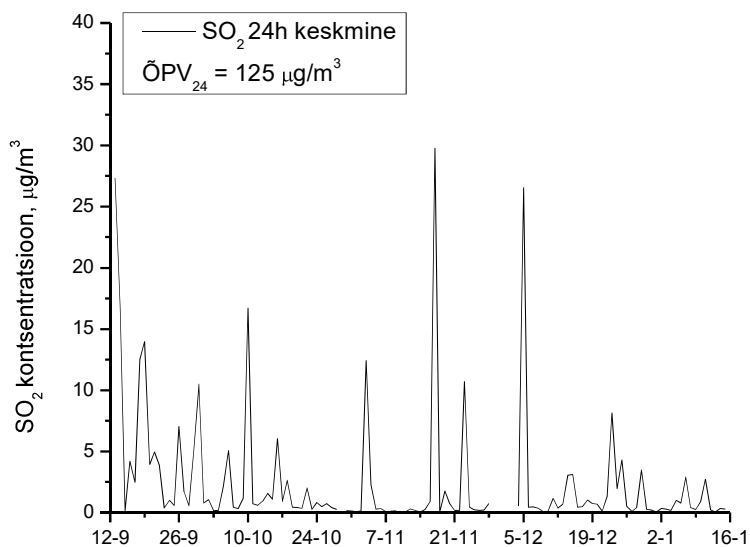
SO₂ tunni- ja ööpäevakeskmise õhukvaliteedi piirväärtus on vastavalt 350 µg/m³ ja 125 µg/m³. Mõõteperioodil ühtegi piirväärtust ületavat SO₂ kontsentratsiooni ei mõõdetud. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine SO₂ sisaldus oli vastavalt 129,7 µg/m³ (19.09.18) (Joonis 96) ja 29,8 µg/m³ (17.11.18) (Joonis 97). Mõõteperioodi keskmine vääveldioksiidi sisaldus õhus oli 2,8 µg/m³.

H₂S tunni- ja ööpäevakeskmise õhukvaliteedi piirväärtus on 8 µg/m³. Mõõteperioodil mõõdeti 6 tunnikeskist piirväärtust ületavat H₂S kontsentratsiooni, ööpäevakeskmise vesiniksulfiidi saastetase piirväärtust ei ületanud. Tunnikeskmisest piirväärtusest kõrgemad kontsentratsioonid registreeriti mõõtejaamas 17.09.18 vastavalt kell 17:00 ja 18:00 ning 20:00 – 23:00. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine H₂S sisaldus oli vastavalt 34,0 µg/m³ (17.09.18) (Joonis 98) ja 5,1 µg/m³ (17.09.18) (Joonis 99). Mõõteperioodi keskmine vesiniksulfiidi sisaldus õhus oli 0,3 µg/m³.

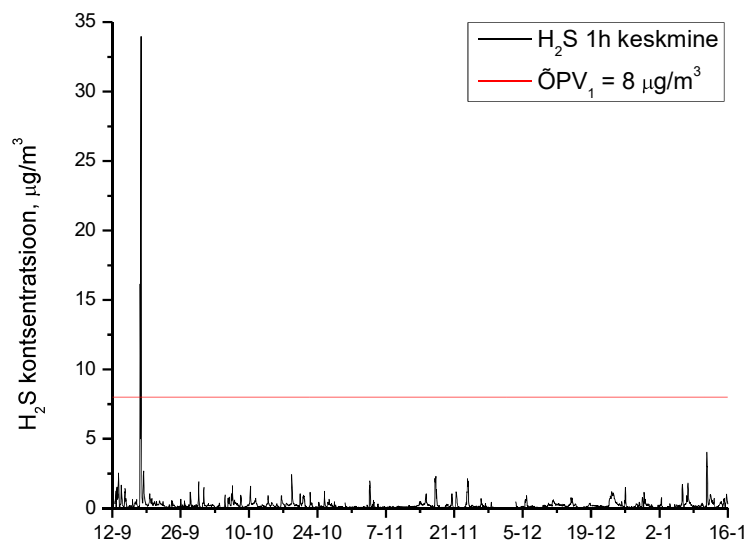
PM₁₀ ööpäevakeskmise piirväärtus on 50 µg/m³, mõõteperioodil ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni ei mõõdetud. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine PM₁₀ sisaldus oli vastavalt 131,8 µg/m³ (17.11.18) (Joonis 100) ning 41,4 µg/m³ (14.10.18) (Joonis 101). Mõõteperioodi keskmine peenosakeste sisaldus õhus oli 11,3 µg/m³.



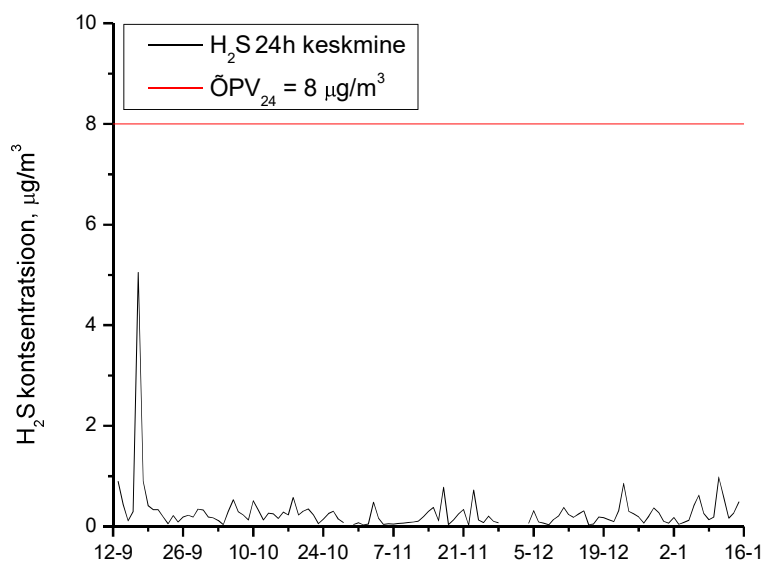
Joonis 96 SO₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1



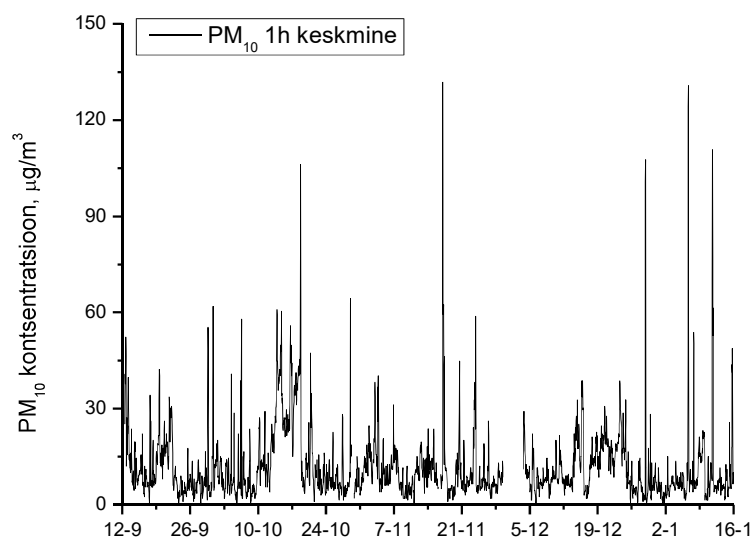
Joonis 97 SO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1



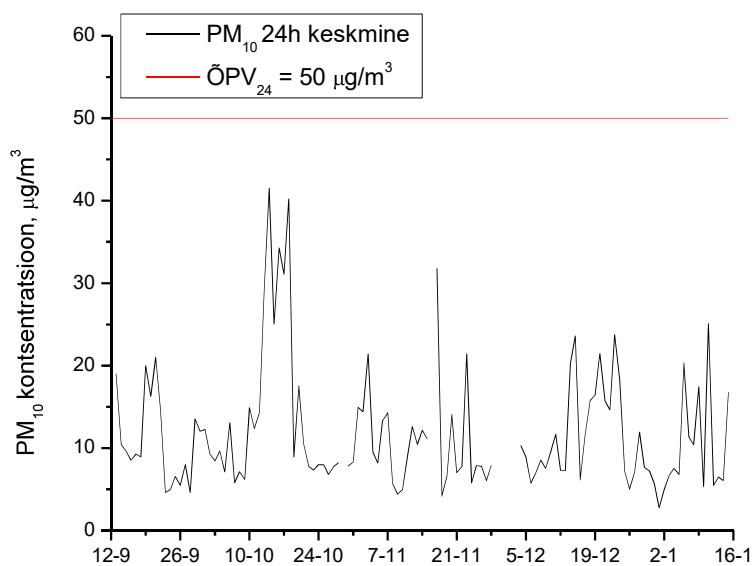
Joonis 98 H₂S 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1



Joonis 99 H_2S 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1



Joonis 100 PM_{10} 1 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1

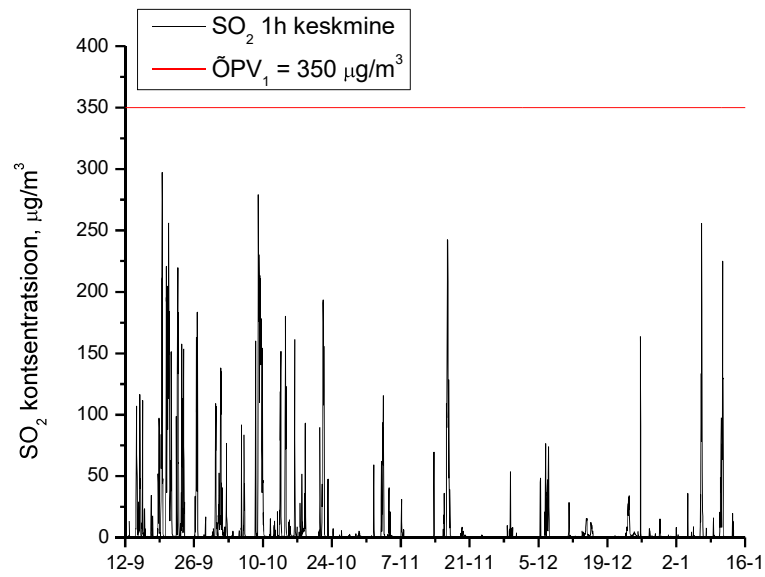


Joonis 101 PM_{10} 24 h keskmine kontsentratsioon, Mobair-1

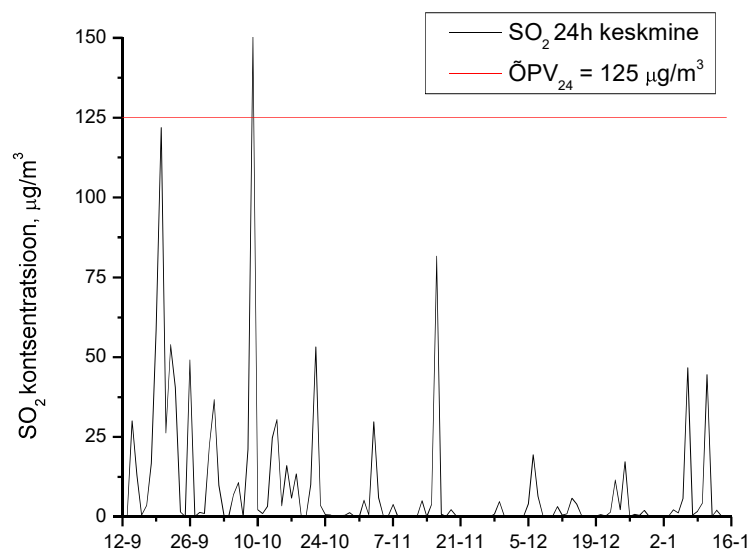
Alates 13.09.2018 teostatakse Kiviõlis lisaks õhukvaliteedi mõõtmisi teiseldatava konteinerjaamaga SO_2 , H_2S ja PM_{10} osas Kiviõli Seikluskeskuse juures. Pidevmõõtmiste lõpp on planeeritud 2019. aasta märtsi lõppu. Aruandes on esitatud mõõtmistulemused 15.01.2019 seisuga.

SO_2 tunni- ja ööpäevakeskmine õhukvaliteedi piirväärtus on vastavalt $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodil ühtegi tunnikeskmit piirväärtust ületavat SO_2 kontsentratsiooni ei mõõdetud, ööpäevakeskmine SO_2 sisaldus õhus ületas piirnormi ühe korra. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine SO_2 sisaldus oli vastavalt $297,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (19.09.18) (Joonis 102) ja $150,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (09.10.18) (Joonis 103). Mõõteperioodi keskmine väveldioksiidi sisaldus õhus oli $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

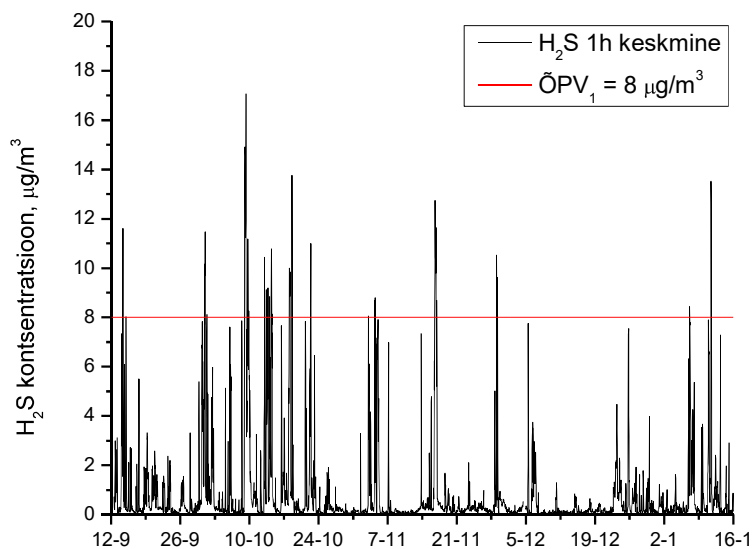
H_2S tunni- ja ööpäevakeskmine õhukvaliteedi piirväärtus on $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodil mõõdeti 56 tunnikeskmit piirväärtust ületavat H_2S kontsentratsiooni, ööpäevakeskmine vesiniksulfiidi saastetase ületas piirväärtust ühe korra. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine H_2S sisaldus oli vastavalt $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (09.10.18) (Joonis 104) ja $8,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (09.10.18) (Joonis 105). Mõõteperioodi keskmine vesiniksulfiidi sisaldus õhus oli $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



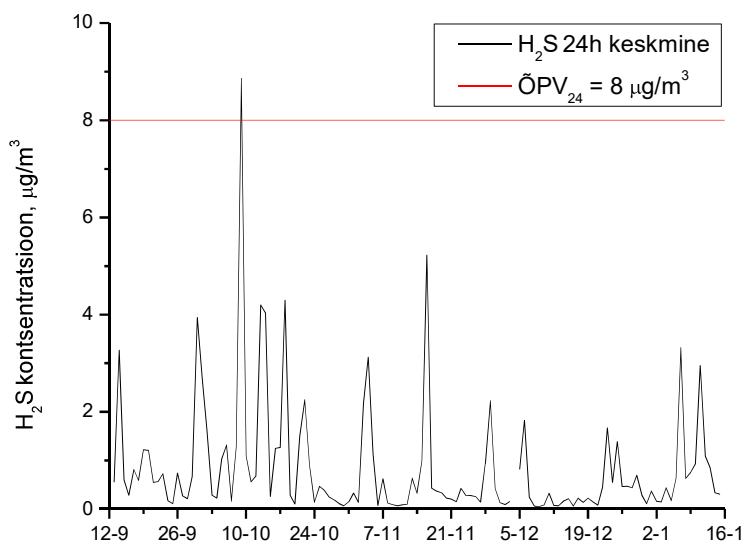
Joonis 102 SO₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1



Joonis 103 SO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1

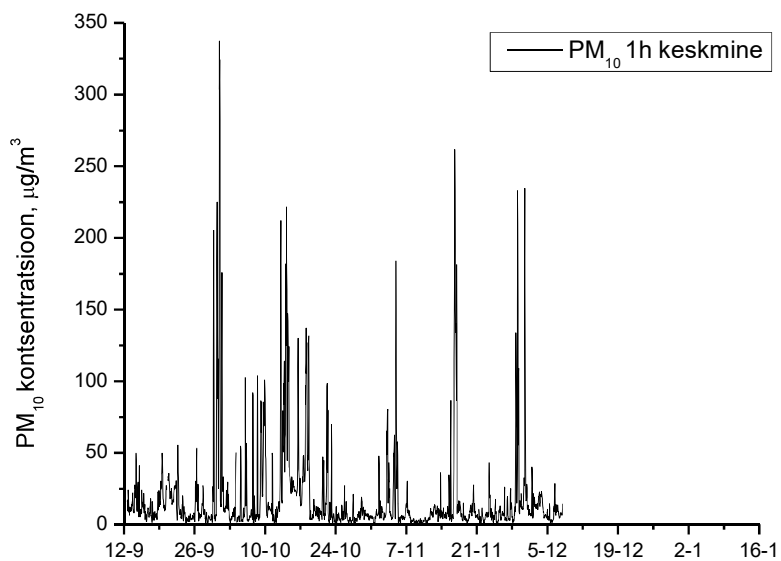


Joonis 104 H₂S 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1

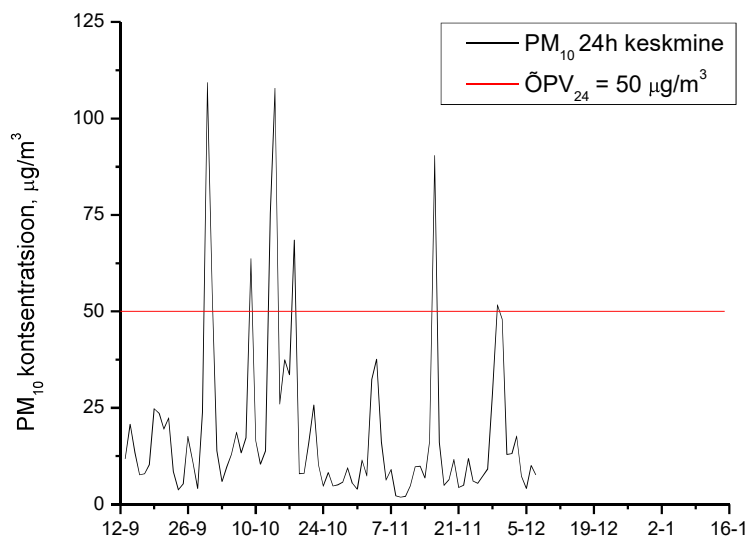


Joonis 105 H₂S 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1

PM₁₀ ööpäevakeskmine piirväärtus on 50 µg/m³, mõõteperioodil mõõdeti 8 piirväärtusest kõrgemat peenosakeste kontsentratsiooni. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine PM₁₀ sisaldus oli vastavalt 337,3 µg/m³ (30.09.18) (Joonis 106) ning 109,3 µg/m³ (30.09.18) (Joonis 107). Mõõteperioodi keskmine peenosakeste sisaldus õhus oli 11,3 µg/m³.



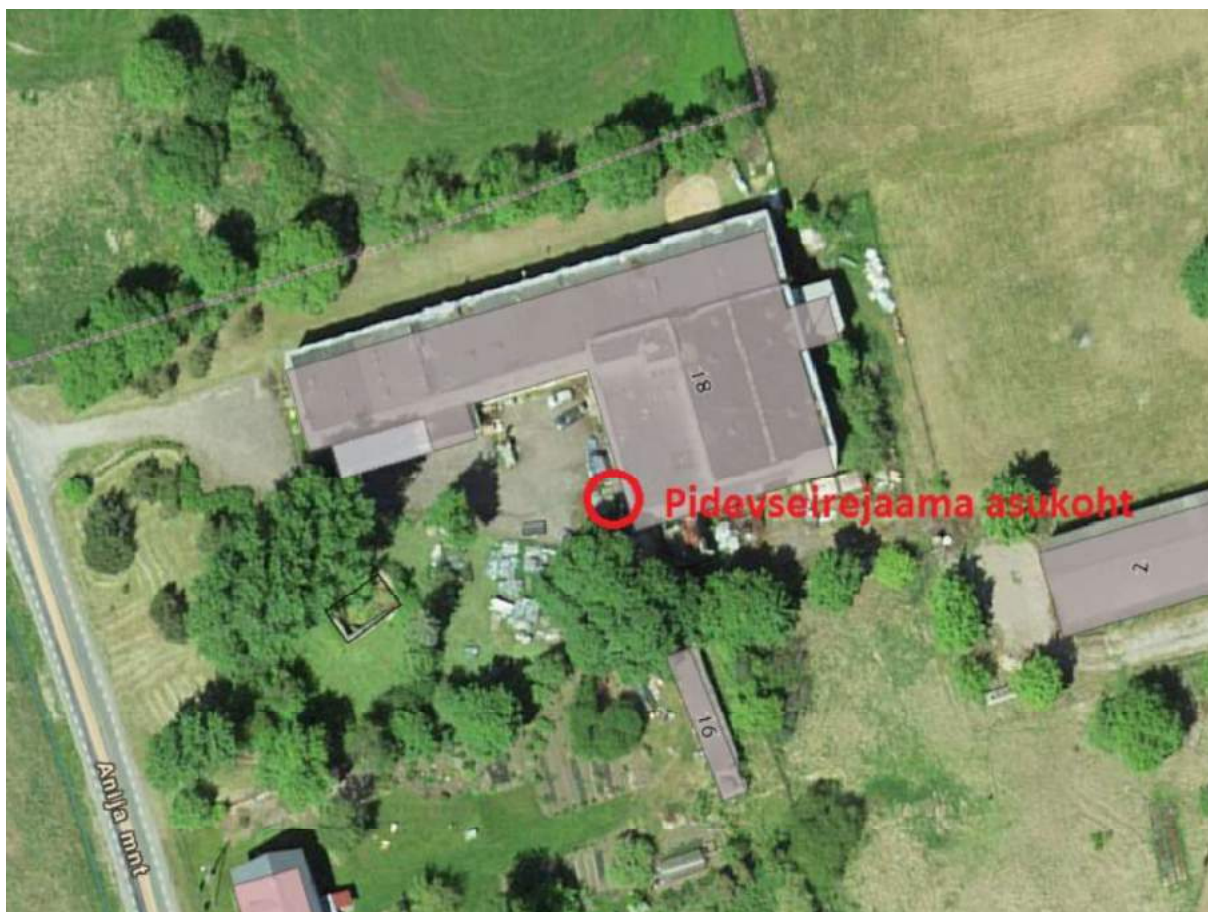
Joonis 106 PM₁₀ 1 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1



Joonis 107 PM₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-1

4.5 Mõõtmised Kehras

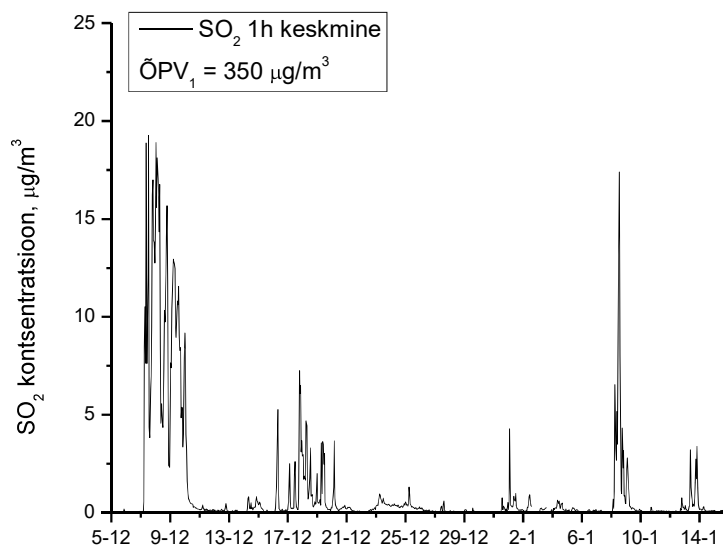
Alates 06.12.2018 teostatakse teisaldatava konteinerjaamaga Konteiner-2 õhukvaliteedi mõõtmisi SO₂ ja H₂S osas Kehras aadressil Anija mnt 18 (Joonis 108). Pidevmõõtmiste lõpp on planeeritud 2019. aasta märtsi lõppu. Aruandes on toodud mõõtmistulemused 15.01.2019 seisuga. Mõõtmiste eesmärgiks on võrrelda olukorda 2015 a. teostatud mõõtmistega, mille raames tuvastati vesiniksulfiidi pidev piirväärtuse ületamine.



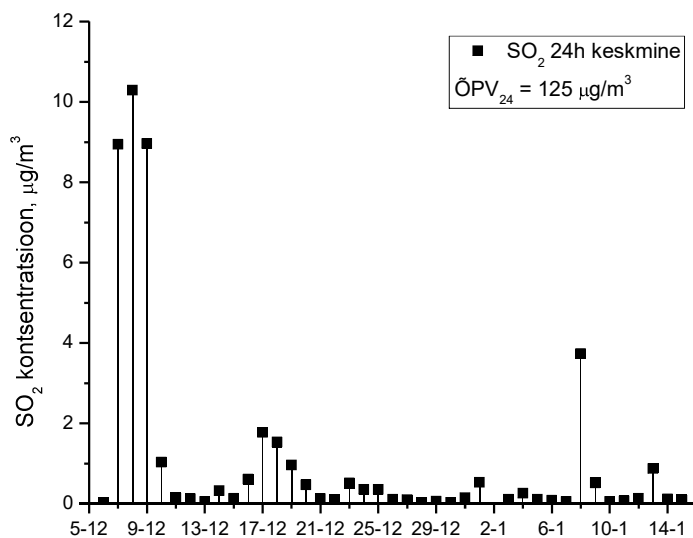
Joonis 108 Konteiner-2 asukoht

SO₂ tunni- ja ööpäevakeskmise õhukvaliteedi piirväärtus on vastavalt 350 µg/m³ ja 125 µg/m³. Mõõteperioodil ühtegi piirväärtust ületavat SO₂ kontsentratsiooni ei mõõdetud. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine SO₂ sisaldus oli vastavalt 19,3 µg/m³ (07.12.18) (Joonis 109) ja 10,3 µg/m³ (08.12.18) (Joonis 110). Mõõteperioodi keskmine väveldioksiidi sisaldus õhus oli 9,5 µg/m³.

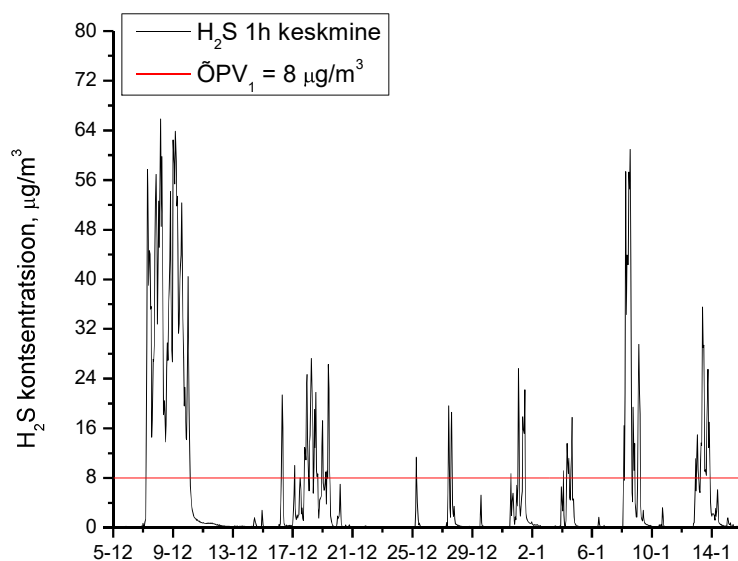
H₂S tunni- ja ööpäevakeskmise õhukvaliteedi piirväärtus on 8 µg/m³. Mõõteperioodil mõõdeti 161 tunnikeskmist piirväärtust ületavat H₂S kontsentratsiooni, ööpäevakeskmise piirväärtuse ületamisi esines 6 korda. Maksimaalne 1 h ja 24 h keskmine H₂S sisaldus oli vastavalt 65,8 µg/m³ (08.12.18) (Joonis 104) ja 39,6 µg/m³ (09.12.18) (Joonis 105). Mõõteperioodi keskmine vesiniksulfiidi sisaldus õhus oli 5,1 µg/m³.



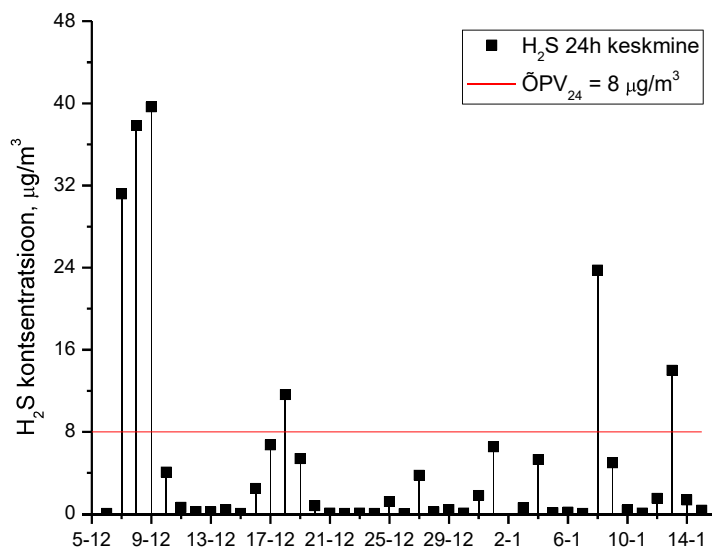
Joonis 109 SO₂ 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2



Joonis 110 SO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2



Joonis 111 H₂S 1h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2



Joonis 112 H₂S 24 h keskmine kontsentratsioon, Konteiner-2

Esmaste tulemuste põhjal on näha, et võrreldes 2015 a. ei ole olukord märgatavalt paranenud. Seirejaamas on selle aja jooksul tuvastatud 161 vesiniksulfiidi tunnikeskmise piirväärtuse ületamist.

4.6 Mõõtmised Nõlva tänaval

Seoses sagedaste lõhnakaebuste laekumisega Keskkonnainspeksioonile (KKI) Põhja-Tallinna piirkonnast teostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK) 2018. aastal mõõtmised Põhja-Tallinna linnaosas aadressil Nõlva 13 asuvate ettevõtete (Green Mairine AS ja JL Capital OÜ) saasteallikatest ning elamupiirkondade välisõhust. Mõõtmised teostati KKI tellimusel ja osaliselt finantseeriti ja teostati mõõtmiseid käesoleva töö raames.

Peamisteks kaebusteks on tugevate lõhnahäiringute esinemised Põhja-Tallinna elamupiirkondades (Tööstuse tn, Kopli tn, Sõle tn, Erika tn, Karjamaa tn jt). Teavitatud on tugevate ning häirivate (gaasi, nafta, kütuse, masuudi, kemikaalide jm) lõhnade esinemisest, samuti tuntakse muret võimalike terviseriskide kohta. Valdavalt on lõhnahäiringute ajal puhunud põhjakaarte tuul.

KKI poolt tellitud mõõtmised teostati kahest mõõtepunktist ja neljast saasteallikast:

22. augustil 2018. a teostati emissioonimõõtmised ühest mõõtepunktist:

- Lume tn (XY: 6591123.8, 540622.3), välisõhk

23. augustil 2018. a teostati emissioonimõõtmised ühest saasteallikast:

- Mahuti 302, Green Marine AS

29. augustil 2018. a teostati emissioonimõõtmised kahest saasteallikast:

- Mahuti 701, Green Marine AS
- Mahuti 302 (loomulik hingamine), Green Marine AS

31. augustil 2018. a teostati emissioonimõõtmised ühest saasteallikast:

- Mahuti 103, JL Capital OÜ

5. septembril 2018. a teostati emissioonimõõtmised ühest mõõtepunktist:

- Tööstuse tn 87 (XY: 6590861.8, 540343.4), välisõhk

11. novembril 2018. a teostati emissioonimõõtmised ühest saasteallikast:

- Mahuti 104 (loomulik hingamine), JL Capital OÜ

Mõõtmiste käigus võeti lenduvate orgaaniliste ühendite ning väavliühendite proovid, saasteallikatest võeti lisaks lõhnaproovid, mille põhjal määrati lõhnaainete kontsentratsioon ja teostati lõhnaainete modelleerimine.

Täielik mõõtmiste ülevaade on toodud eraldi aruandena „Lõhnahäiringu ning saasteainete heitkoguste hindamine Nõlva tn 13 käitistes ja välisõhu kvaliteedi hindamine Põhja-Tallinna linnaosas 2018. a“.

5 Aerobioloogiline seire

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus viib läbi õietolmuseiret välisõhus aastast 2011. Töö eesmärk on anda hinnang õhus esinevate allergiat põhjustavate taimede õietolmuosakeste ja hallituseente spooride koostise ja kontsentratsioonide kohta viies Eesti linnas ning teavitada sellest avalikkust. Käesolev aruanne käsitleb käesoleva aasta esimese poolaasta seire tulemuste analüüsi ja võrdlusi varasemate aastate tulemustega.

Õietolmuallergia avaldub kõige sagedamini pollinoosina, mida nimetatakse veel heinapalavikuks ning mis võib olla silmade, nina ja bronhide reaktsioon õietolmule. Pollinoosi sümptomid on näiteks silmade punetamine, sügelus ja pisaratevool, rohke vesine eritis ninast ja aevastamine, astmale iseloomulik raske vilisev hingamine ning kõha. Eestis põeb pollinoosi umbes 10 % elanikkonnast.

Tabel 5. Õietolmu seire mõõtepunktid

Asula	X koordinaat	Y koordinaat	Proovivõturi kõrgus maapinnast, (m)
Tallinn	6587626	539259	17
Tartu	6473534	659515	15
Pärnu	6473941	529068	15
Jõhvi	6584628	694652	10
Kuressaare	6457674	410193	15

Aerobioloogilise seire tulemusi kajastatakse jooksvalt Eesti välisõhu kvaliteedi seire veebilehel (<http://airviro.klab.ee/pollen>). Lisaks on tulemused kajastatud ka Eesti Allergialiidu veebilehel (<http://www.allergialiit.ee/seire/>).

Veebilehel on eraldi näha 17 õietolmutüübi ja 2 perekonda kuuluvate hallituseoste kontsentratsioone. Ülejäänud proovides leidunud õietolmutüübid on summeeritult eraldi indikaatori “Muud” all.

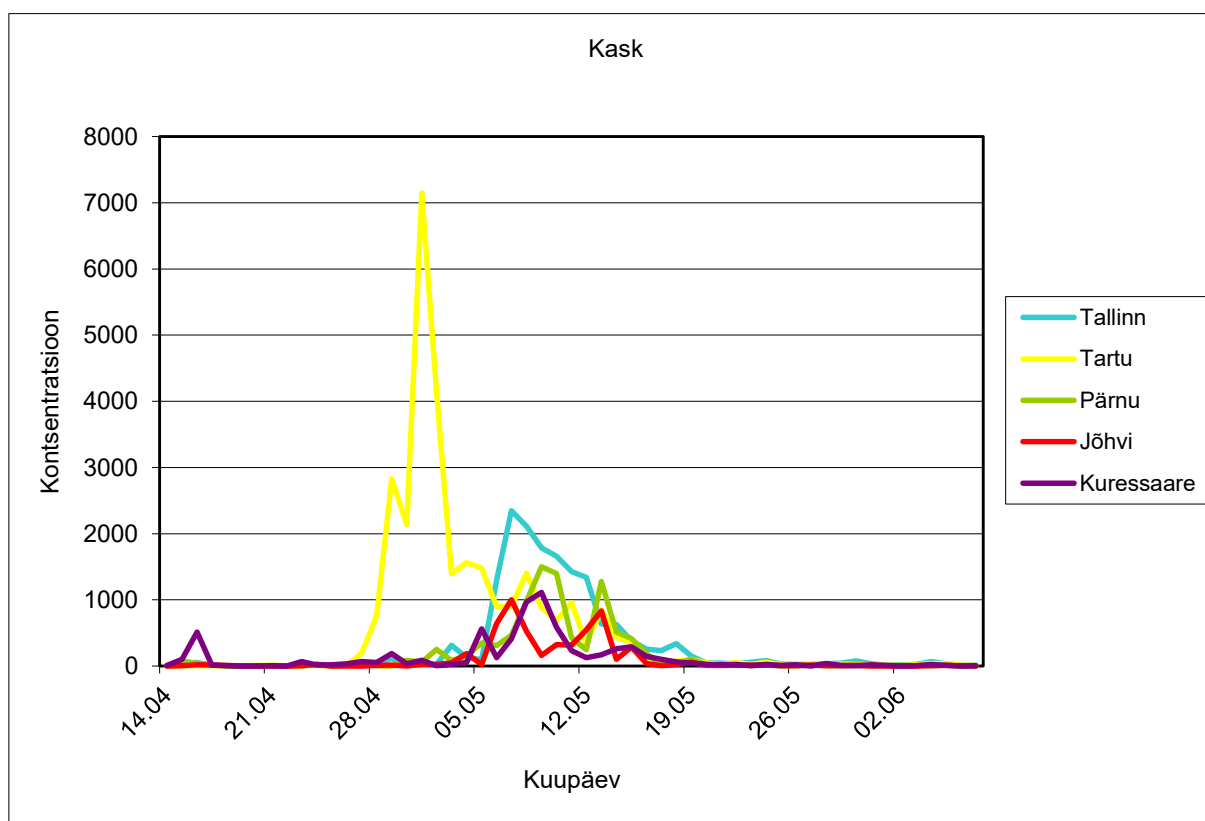
Kõikidele veebilehel olevatele indikaatoritele on määratud piirväärtused tasemetele madal, keskmine ja kõrge (Tabel 6). Erinevatel indikaatoritel on need erinevad. Põhiliste allergeensete rühmade (kask, lepp, kõrrelised, puju) ja hallituseoste piirväärtused on üle võetud Soomelt. Ülejäänud rühmade puhul on need määratud varasemate aastate kontsentratsioonide põhjal.

Tabel 6. Indikaatorite piirväärtused.

Indikaator	Madal	Keskmine	Kõrge
Jalakas	< 10	10 – 100	> 100
Kadakas	< 10	10 – 80	> 80
Kask ¹	< 10	10 – 100	> 100
Kuusik	< 10	10 – 80	> 80
Kõrrelised ¹	< 10	10 – 30	> 30
Lepp ¹	< 10	10 – 100	> 100
Malts	< 7	7 – 10	> 10
Mänd	< 10	10 – 100	> 100
Nõges	< 10	10 – 100	> 100
Oblikas	< 10	10 – 30	> 30
Paju	< 10	10 – 80	> 80
Pappel	< 10	10 – 50	> 50
Puju ¹	< 10	10 – 30	> 30
Saar	< 10	10 – 50	> 50
Sarapuu	< 10	10 – 80	> 80
Tamm	< 10	10 – 50	> 50
Vaher	< 10	10 – 30	> 30
Muud	< 10	10 – 30	> 30
Alternaria ¹	< 20	20 – 100	> 100
Cladosporium ¹	< 2000	2000 – 4000	> 4000

¹ Piirväärtused üle võetud Soomelt. (Ranta et al. 2005)

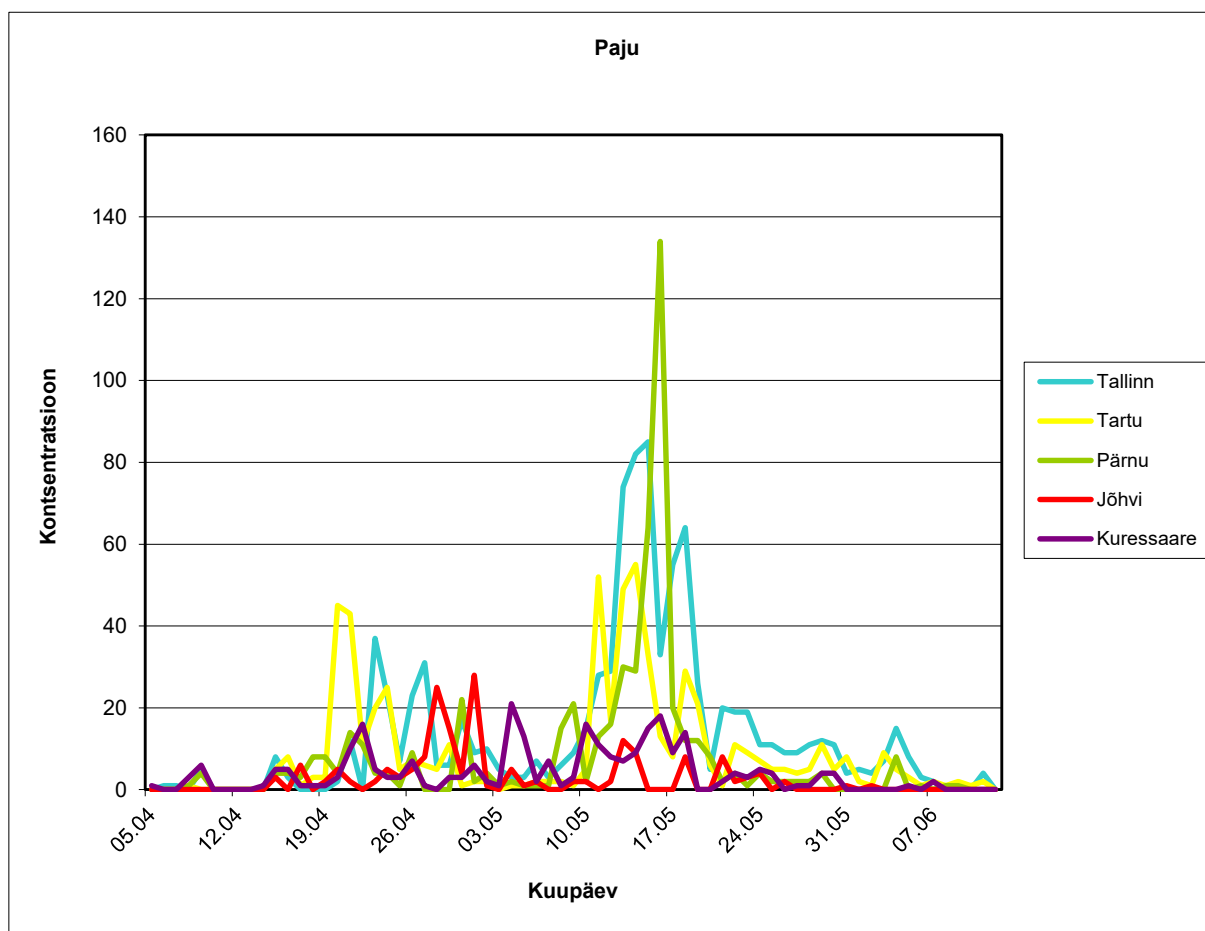
Kase õietolmu esines proovides üksikute teradena terve seireperioodi vältel. Intensiivne esinemisperiood hakkas aprilli keskpaigast ja kestis kuni juuni esimese kolmandiku lõpuni. Õietolmu koguhulgad olid seirejaamades üsna erinevad. Tartus oli see hulk veidi üle 30000, Tallinnas üle 16000, Pärnus üle 9300, Kuressaares üle 6800 ja Jõhvis veidi alla 5500 õietolmutera. Ööpäevast kontsentratsiooni “Kõrge” (> 100 tk/m³/24h) ületati Tartus 20 korral suurima tulemusega 7148 (01.05), Tallinnas 17 korral suurima tulemusega 2347 (07.05), Pärnus 14 korral suurima tulemusega 1500 (09.05), Kuressaares 16 korral suurima tulemusega 1111 (09.05) ja Jõhvis 11 korral suurima tulemusega 1001 tk/m³/24h (07.05). Kase õietolmu intensiivne esinemisperiood on sarnane aastatele 2103, 2014 ja 2016. Aastatel 2012 ja 2015 hakkas see aprilli lõpu poole ning aastal 2017 mai alguses.



Joonis 113 Kase õietolmu mõõtetulemused

Aastaste kase õietolmu hulkade poolest on iga teine aasta olnud oluliselt õietolmurohkem kui vahepealne. Tänavune aasta pidanuks õietolmurohke olema. Enamustes seirejaamades see muster ka kajastus, kuid õietolmu hulgad olid tagasihoidlikumad kui eelnevatel õietolmurohketel aastatel. Tallinna seirejaamas oli aastatel 2012 ja 2014 kase õietolmu koguhulk veidi alla 30000 ning 2016 üle 18000 õietolmutera, mis veidi rohkem kui tänavune hulk. Tartu seirejaamas oli hulk eriti suur aastal 2012, kui see oli üle 52000. Järgnevatel õietolmurohketel aastatel on hulk olnud veidi kõrgem kui tänavune ehk 2014 üle 34000 ja 2016 üle 36000 õietolmutera. Pärnu seirejaamas on õietolmurohketel aastate kase õietolmu koguhulk järjest vähenenud. 2014 oli üle 17000 ja 2016 üle 13000 õietolmutera. Möödunud, õietolmuvaesel, aastal oli kase õietolmu koguhulk ligi 7000 õietolmutera, mis on vaid umbes 2300 õietolmutera väiksem kui tänavune hulk. Kuressaare seirejaamas on möödunud ja tänavuse aasta õietolmu hulkade vahe veel väiksem. Möödunud aastal oli üle 5100 kase õietolmutera, mis on vaid 1700 võrra väiksem kui tänavune hulk. Möödunud õietolmurohketel aastatel oli Kuressaares 2012. aastal üle 13000, 2014. aastal üle 19000 ja 2016. aastal üle 11000 kase õietolmutera. Jõhvi seirejaamas oli tänavune hulk isegi väiksem kui möödunud aastal. Siis oli kase õietolmu ligi 8100, mis on 2600 võrra suurem kui tänavune hulk. Varasematel õietolmurohketel aastatel oli Jõhvis 2012 üle 43000, 2014 ligi 20000 ja 2016 üle 21000 kase õietolmutera.

Esimesi paju õietolmuteri nähti aprilli alguses, kuid igapäevaselt esines proovides aprilli keskpaigast kuni 10 juunini. Välja saab tuua kaks intensiivsemat perioodi, mil kontsentratsioonid on kõrgemad. Esimene periood on 20. aprillist kuni 5. maini ja teine periood 8. maist kuni 23. maini. Paju õietolmu aastased koguhuldad on Tallinnas üle 930, Tartus üle 600, Pärnus 530, Kuressaares üle 270 ja Jõhvis 180 õietolmutera. Suurimad kontsentratsioonid olid Pärnus 134 (16.05), Tallinnas 85 (15.05), Tartus 55 (14.05), Jõhvis 28 (01.05) ja Kuressaares 21 tk/m³/24h (04.05).

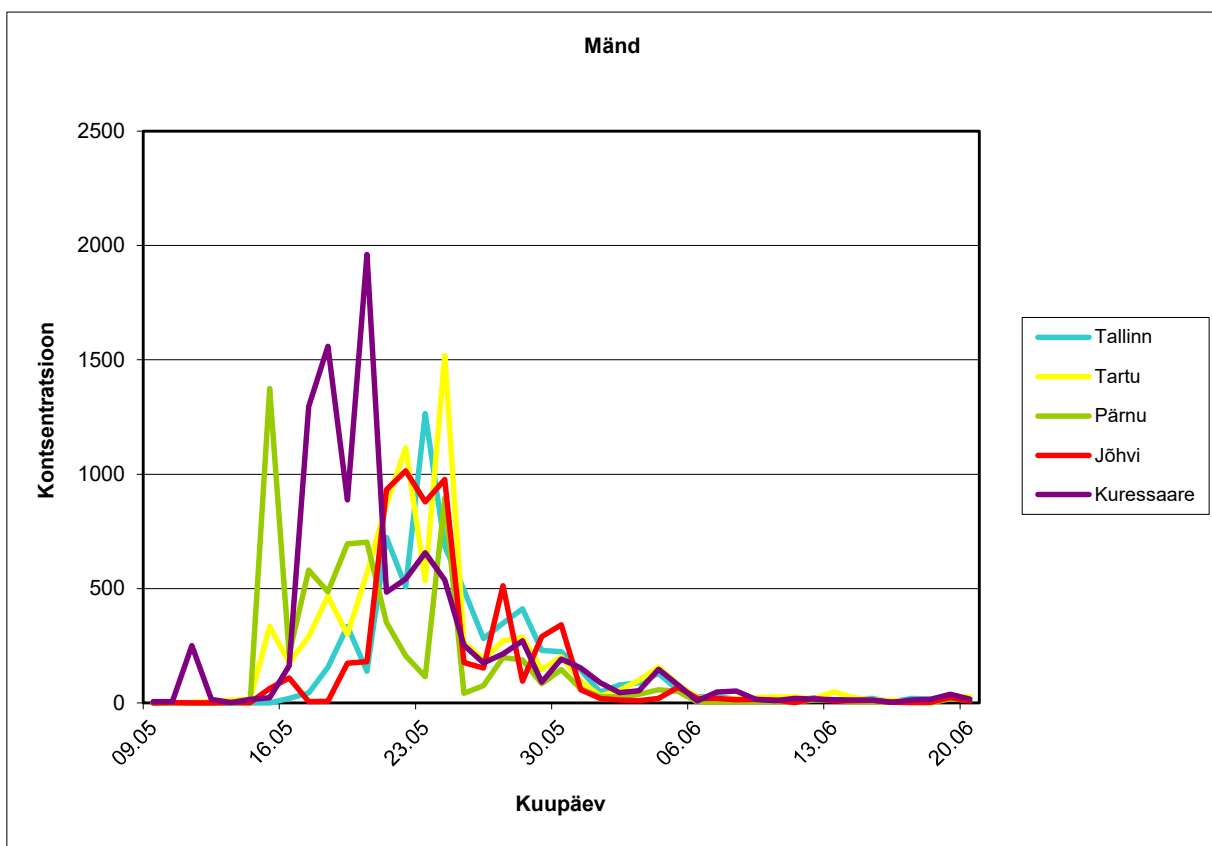


Joonis 114 Paju õietolmu mõõtetulemused

Varasematel aastatel hakkas 2012, 2013 ja 2017 esinemisperiood veidi hiljem ja 2014 kuni 2016 hakkas varem kui tänavu. Ka varasematel aastatel saab eristada kahte intensiivsemat perioodi. Õietolmu hulkade poolest on Tallinna tänavune hulk suurim, kuid ka varasematel aastatel on see jäänud vahemikku 600 kuni 900. Vaid möödunud aastal oli see hulk veidi vähem kui 500 õietolmutera. Tartus on paju õietolmu aastane hulk ka varasematel aastatel jäänud vahemikku 500 kuni 700, vaid aastal

2013 jäi see alla 500 ja 2015 veidi alla 300 õietolmutera. Pärnus on 2013. ja 2015. aasta õietolmuhulgad alla 400, teistel aastatel nagu tänavugi vahemikus 500 kuni 700 õietolmutera. Jõhvis olid aastatel 2012 kuni 2014 kokku umbes 700 paju õietolmutera, 2015 ja 2016 alla 300 ning möödunud aastal üle 500. Tänavune hulk oli Jõhvis väikseim. Kuressaares on kõikidel seireaastatel jäänud paju õietolmu hulk alla 300 tera, aastatel 2012, 2013 ja 2015 jäi see isegi alla 200 tera.

Üksikuid männi õietolmuterasid leiti proovidest terve seireperioodi vältel, kuid intensiivsem periood hakkas 11. maist ja kestis kuni 22. juunini. Männi õietolmu koguhulgad olid Kuressaares üle 10000, Tartus üle 8500, Tallinnas üle 6800, Pärnus üle 6700 ja Jõhvis üle 6300 õietolmutera. Kõrgeimad kontsentratsioonid olid Kuressaares 1961 (20.05), Tartus 1518 (24.05), Pärnus 1375 (15.05), Tallinnas 1265 (23.05) ja Jõhvis 1014 tk/m³/24h (22.05).



Joonis 115 Männi õietolmu mõõtetulemused

Varasematel aastatel on männi õietolmu esinemisperiood üsna sarnane tänavusega, vaid 2015. ja 2017. aastal jäi see hilisemaks, kui see hakkas peale 20. maid. Õietolmuhulgad on olnud Tallinnas üsna sarnased jäädes enamvähem 5000 ja 8000 vahele, vaid 2013. aastal oli seda vähem, kui hulk jäi alla

3000 tera. Tartus on olnud see hulk 8000 kuni 12000 tera. Vaid esimesel kahel seireaastal oli seda vähem, 2012 alla 2000 ja 2013 alla 6000 tera. Pärnus on männi õietolmuhulk iga aastaga järjest kasvanud. Kui 2013. oli see hulk veidi üle 3000, siis tänavu üle kahe korra suurem. Jõhvis oli 2012. aastal hulk alla 2000 tera, 2013 ja 2014 alla 5000 ning eelneval kolmel aastal tänavuses kõrgem jäädes vahemikku 14000 kuni 18000, mis on ka üleüldiselt suurimad männi õietolmuhulgad. Kuressaares oli sarnaselt tänavusele üle 10000 tera aastal 2016. Teistel aastatel on see hulk olnud enamvähem 5000 kuni 7000 õietolmutera.

Kõikide analüüsitud õietolmuproovide kohta on toodud ülevaade ja andmed eraldi aruandes „Aerobioloogiline seire 2018 aastal“.

6 Süsteemi uuendamine ja täiendamine

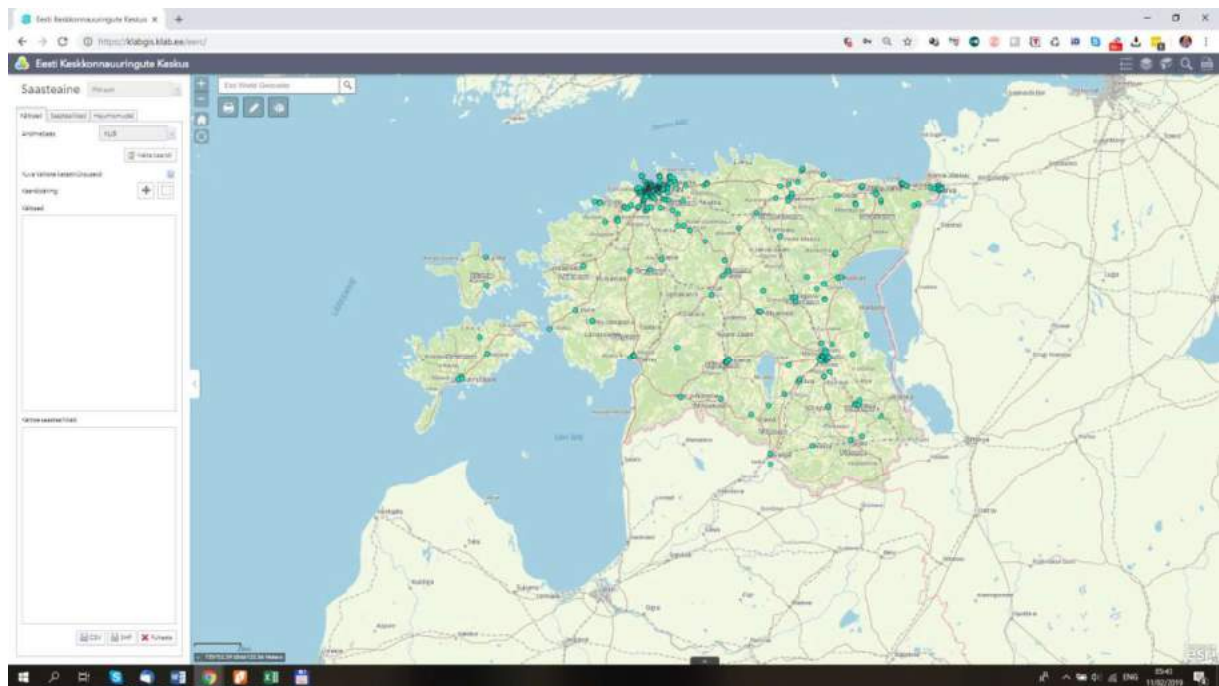
Veebipõhise modelleerimissüsteemi ja avalikkusele suunatud modelleerimisteenuse platvormi uuendati selliselt, et siiani kasutusel olnud Adobe Flash põhise lahenduse asemel viidi platvorm üle Javascripti ja HTML5 peale. See tagab süsteemi kasutamise tavalise veebilehitsejaga ilma täiendavat tarkvara installeerimata. Lisaks platvormi vahetusele oli arenduse eesmärgiks täiendada olemasolevaid funktsionaalsusi ning arendada juurde ka täiendavalt uusi funktsionaalsusi, mis võimaldavad rakendust paremini ja mugavamalt kasutada. Veebipõhine modelleerimissüsteem kasutab sisendandmete saamiseks Airviro süsteemi üle HTTP Post päringute kasutades selleks Json formaadis päringuid. Veebipõhine modelleerimissüsteem saadab Airviro süsteemile kasutaja poolt valitud sisendandmed ja Airviro süsteem tagastab peale arvutuste valmimist veebipõhisele modelleerimissüsteemile vastavalt sisendfailis defineeritud kriteeriumitele pdf, kml või ESRI Shapefile formaadis tulemused (kml fail ja Esri Shapefile on zip konteineris).

Arenduse käigus viidi olemasolev veebirakendus Arcgis Flex platvormilt tänapäevasele Javascript platvormile. Platvormi vahetus tõstis rakenduse kiirust ning see võimaldab veebirakendust erinevatelt platvormidelt ja seadmetelt avada. See tähendab seda, et rakendus on avatav nii Android kui iOS nutiseadmetes (tahvelarvuti ja nutitelefon) kui Windowsi ja Mac-i arvutites.

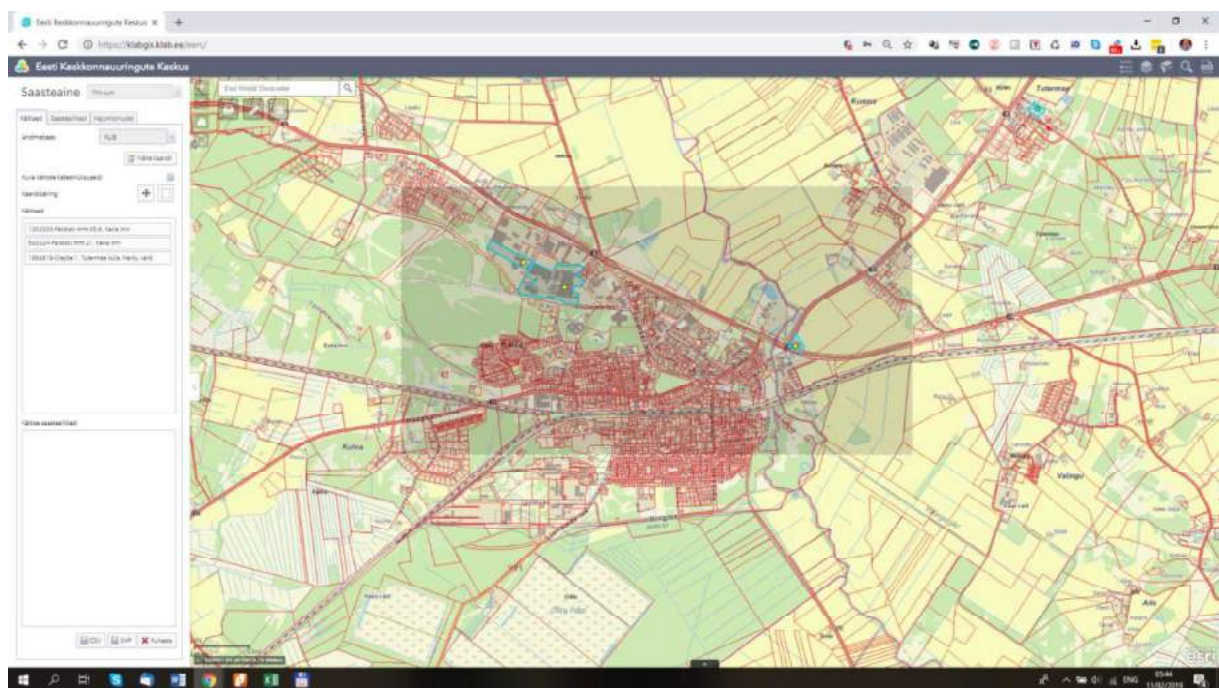
Veebirakendus võimaldab kuvada kaardipõhiselt kaardil saasteallikaid (korstnad, ventilatsiooniavad jne), mis saadakse päringuga Airviro emissioonide andmebaasist üle eraldi loodud teenuse. Saasteallikate modelleerimiseks on eraldi moodul, mis võimaldab sisendparameetreid sisestada ning modelleerimis tulemusi visualiseerida.

Uus lahendus on kasutatav aadressilt: <https://klabgis.klab.ee/eerc/>

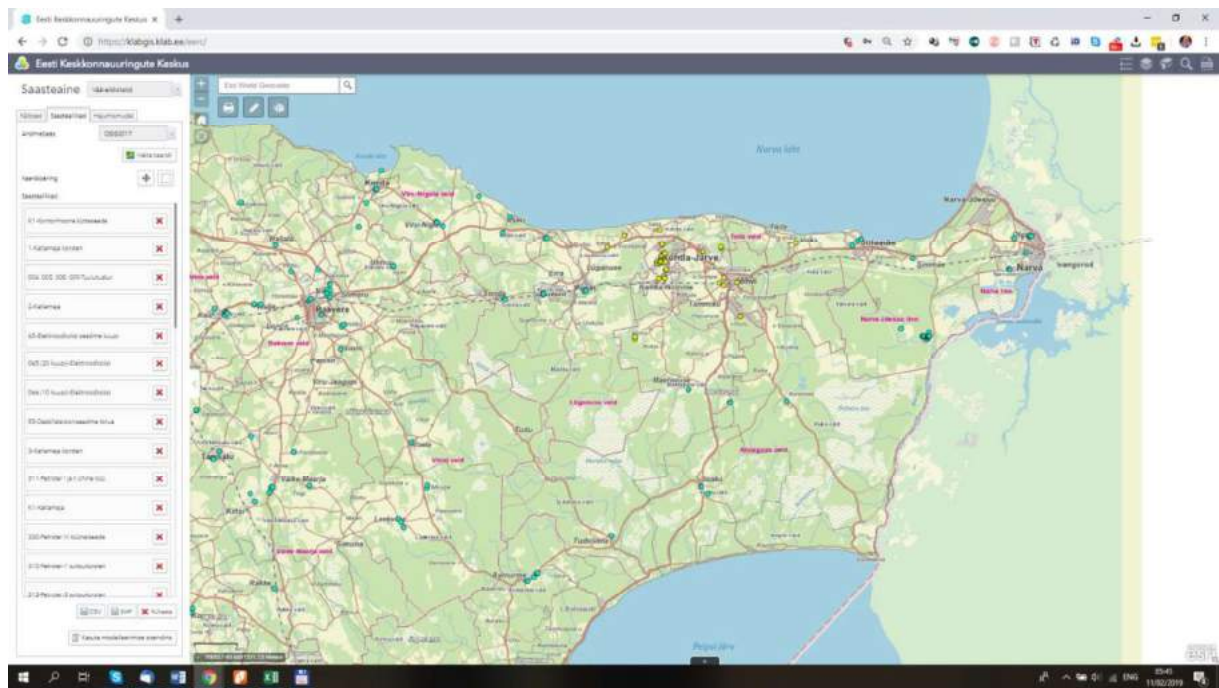
Lisaks loodi uus emissioonimõõtmiste andmebaasi päringusüsteemi, mis võimaldab veebipõhisel modelleerimissüsteemil teha päringuid Airviro emissiooni andmebaasidesse.



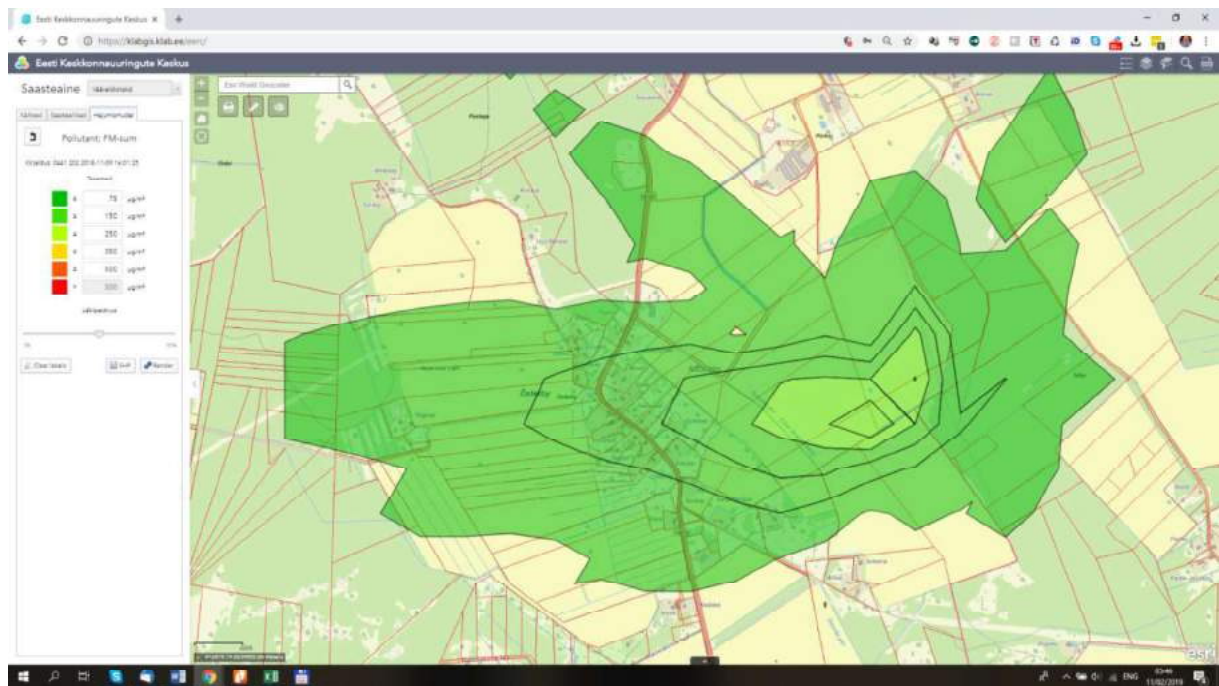
Joonis 116 Keskkonnalooga käitiste päringumoodul



Joonis 117 Keskkonnalooga käitiste päringumooduli kasutamine



Joonis 118 Saasteine põhjal saasteallikate päring ja filtreerimine



Joonis 119 Saasteallikate põhjal saadud modelleerimistulemus

7 Õhukvaliteedi konverentsi korraldamine

FAIRMODE raames korraldas Eesti Keskkonnauuringute Keskus 26-29 juuni FAIRMODE Technical workshopi ja TFIAM ühisseminari. Üritusel osales kokku 75 inimest (FAIRMODE Technical workshop 26-28 juuni 75 inimest ja TFIAM seminaril 28-29 juunil 35 inimest). Kõik konverentsi ettekanded on leitavad FAIRMODE kodulehelt: <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/news.calendar.201806.html>

TFIAM seminari kokkuvõte on toodud siin:
[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2018/Air/EMEP/TFIAM-FAIRMODE Workshop on local measures to improve air quality and health-FINAL.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2018/Air/EMEP/TFIAM-FAIRMODE_Workshop_on_local_measures_to_improve_air_quality_and_health-FINAL.pdf)

8 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Canonaco, F., Crippa, M., Slowik, J. G., Baltensperger, U., Prévôt, A. S. H. (2013). SoFi, an IGOR-based interface for the efficient use of the generalized multilinear engine (ME-2) for the source apportionment: ME-2 application to aerosol mass spectrometer data. *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 3649-3661.
2. Chan, T. W., Meloche, E., Kubsch, J., Brezny, R. (2014). Black carbon emissions in gasoline exhaust and a reduction alternative with a gasoline particulate filter. *Environ. Sci. Technol.*, 48:10, 6027–6034.
3. Ranta, H., Pessi, A.-M. (2005) The Finnish Pollen Bulletin. Aerobiology Unit, University of Turku [infoleht]
4. Canonaco, F., Crippa, M., Slowik, J. G., Baltensperger, U., Prévôt, A. S. H. (2013). SoFi, an IGOR-based interface for the efficient use of the generalized multilinear engine (ME-2) for the source apportionment: ME-2 application to aerosol mass spectrometer data. *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 3649-3661.
5. Canonaco, F., Slowik, J. G., Baltensperger, U., Prévôt, A. S. H. (2015). Seasonal differences in oxygenated organic aerosol composition: implications for emissions sources and factor analysis. *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 6993–7002, doi:10.5194/acp-15-6993-2015.
6. Crippa, M., Canonaco, F., Slowik, J. G., El Haddad I., DeCarlo P. F., Mohr C., Heringa M. F., Chirico R., Marchand N., Temime-Roussel B., Abidi E., Poulain L., Wiedensohler A., Baltensperger U., Prévôt, A. S. H. (2013a). Primary and secondary organic aerosol origin by combined gas-particle phase source apportionment. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 8411–8426, doi:10.5194/acp-13-8411-2013.
7. Crippa, M., DeCarlo, P. F., Slowik, J. G., Mohr, C., Heringa, M. F., Chirico, R., Poulain, L., Freutel, F., Sciare, J., Cozic, J., Di Marco, C. F., Elsasser, M., Nicolas, J. B., Marchand, N., Abidi, E., Wiedensohler, A., Drewnick, F., Schneider, J., Borrmann, S., Nemitz, E., Zimmermann, R., Jaffrezo, J.-L., Prévôt, A. S. H., and Baltensperger, U. (2013b). Wintertime aerosol chemical composition and source apportionment of the organic fraction in the metropolitan area of Paris. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 961–981, doi:10.5194/acp-13-961-2013.
8. Crouse, J. D., DeCarlo, P. F., Blake, D. R., Emmons, L. K., Campos, T. L., Apel, E. C., Clarke, A. D., Weinheimer, A. J., McCabe, D. C., Yokelson, R. J., Jimenez, J. L., Wennberg, P. O. (2009). Biomass burning and urban air pollution over the Central Mexican Plateau. *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 4929-4944, <https://doi.org/10.5194/acp-9-4929-2009>.
9. Elser, M., Bozzetti, C., El-Haddad, I., Maasikmets, M., Teinemaa, E., Richter, R., Wolf, R., Slowik, J. G., Baltensperger, U., Prévôt, A. S. H. (2016). Urban increments of gaseous and aerosol pollutants and their sources using mobile aerosol mass spectrometry measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 7117-7134, <https://doi.org/10.5194/acp-16-7117-2016>.

10. Hellen, H., et al. (2017). Evaluation of the impact of wood combustion on benzo[a] pyrene (BaP) concentrations; ambient measurements and dispersion modeling in Helsinki, Finland. , *Atmos. Chem. Phys.*, 17(5): 3475-3487.
11. Lanz, V. A., Prévôt, A. S. H., Alfarra, M. R., Weimer, S., Mohr, C., DeCarlo, P. F., Gianini, M. F. D., Hueglin, C., Schneider, J., Favez, O., D'Anna, B., George, C., and Baltensperger, U. (2010). Characterization of aerosol chemical composition with aerosol mass spectrometry in Central Europe: an overview. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 10453-10471, <https://doi.org/10.5194/acp-10-10453-2010>.
12. Mohr, C., DeCarlo, P. F., Heringa, M. F., Chirico, R., Slowik, J. G., Richter, R., Reche, C., Alastuey, A., Querol, X., Seco, R., Peñuelas, J., Jimenez, J. L., Crippa, M., Zimmermann, R., Baltensperger, U., and Prévôt, A. S. H. (2012). Identification and quantification of organic aerosol from cooking and other sources in Barcelona using aerosol mass spectrometer data, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 1649–1665, doi:10.5194/acp-12-1649-2012.
13. Ng, N. L., Canagaratna, M. R., Jimenez, J. L., Zhang, Q., Ulbrich, I. M., and Worsnop, D. R. (2011). Real-time methods for estimating organic component mass concentrations from aerosol mass spectrometer data, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 910–916.
14. Paatero, P. (1997). Least squares formulation of robust non-negative factor analysis, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, 37, 23–35.
15. Paatero, P. and Tapper, U. (1994). Positive matrix factorization – a nonnegative factor model with optimal utilization of error-estimates of data values, *Environmetrics*, 5, 111–126.
16. Reddington, C. L., McMeeking, G., Mann, G. W., Coe, H., Frontoso, M. G., Liu, D., Flynn, M., Spracklen, D. V., and Carslaw, K. S. (2013). The mass and number size distributions of black carbon aerosol over Europe. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 4917-4939, <https://doi.org/10.5194/acp-13-4917-2013>.
17. Reyes-Villegas, E., Green, D. C., Priestman, M., Canonaco, F., Coe, H., Prévôt, A. S. H., and Allan, J. D. (2016). Organic aerosol source apportionment in London 2013 with ME-2: exploring the solution space with annual and seasonal analysis. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 15545-15559, <https://doi.org/10.5194/acp-16-15545-2016>.
18. Shen H., Huang Y., Wang R., Zhu D., Li W., Shen G., Wang B., Zhang Y., Chen Y., Lu Y., Chen H., Li T., Sun K., Li B., Liu W., Liu J., Tao S. (2013). Global atmospheric emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons from 1960 to 2008 and future predictions, *Environ. Sci. Technol.*, 47, 6415–6424, [dx.doi.org/10.1021/es400857z](https://doi.org/10.1021/es400857z).
19. Szewczynska, M., et al. (2017). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Particles Emitted from the Diesel and Gasoline Engines. *Polish Journal of Environmental Studies* 26(2): 801-807.
20. Zhang, Q., Worsnop D. R., Canagaratna M. R., Jimenez J. L. (2015). Hydrocarbon-like and oxygenated organic aerosols in Pittsburgh: insights into sources and processes of organic aerosols. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 3289–3311.

21. Tartu Linnavalitus (2018). Tartu linna õhukvaliteedi parandamise kava benso(a)püreeeni osas.
https://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Heakord_ja_keskkond/ohukvaliteedi_kava.pdf.
22. Teinemaa E. (2016). Välisõhu seire koondhinnang 2015.
http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=3489:valiso_hk-linnades-2015&catid=1330:vaelisohu-seire-2015-&Itemid=5812.
23. Teinemaa E., Maasikmets M., Saare K., Vill M. (2017). Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus: 2016 a. lõpparuanne.
https://www.envir.ee/sites/default/files/aqms_2016_final_updated.pdf.
24. Teinemaa E., Maasikmets M., Saare K., Vill M., Paju M. (2018). Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus: 2017-2018 a. I etapi aruanne.