

Õhusaaste mõõtmine põhimaanteel 4 Topi - Kanama lõigul 2020. aastal

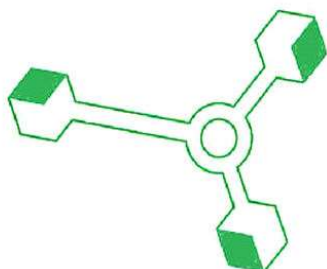


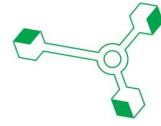
MA 2020-007

Õhusaaste mõõtmine põhimaanteel 4 Topi - Kanama lõigul 2020. aastal

Kinnitas:
Erik Teinemaa,
õhukvaliteedi juhtimise osakonna juhataja

Tallinn 2020





Töö nimetus:

Õhusaaste mõõtmine põhimaanteel 4 Topi - Kanama lõigul 2020. aastal

Töö autorid

Katri Saare, ÕKJO spetsialist

Ain Viidik, ÕKJO spetsialist

Arkadi Ebber, ÕKJO spetsialist

Töö tellija:

Maanteeamet

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

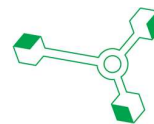
info@klab.ee

www.klab.ee

EAK poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga L008.

Tellimuse nr: 1-9/20/0029-1

Töö valmimisaeg: 05.10.2020

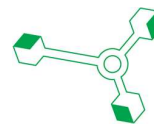


Sisukord

1	Sissejuhatus	7
2	Mõisted ja lühendid.....	9
3	Mõõteseadmed ja metoodika	12
4	Piirväärtused.....	14
5	Õhukvaliteedi mõõtmised	15
5.1	I mõõtekampaania tulemused	16
5.2	Saasteainete päritolu analüüs	25
5.3	II mõõtekampaania tulemused	32
5.4	Saasteainete päritolu analüüs	41
6	Kokkuvõte.....	48

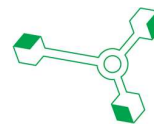
Tabelid

Tabel 1	Mõõteseadmed mobiilses mõõtejaamas Mobair-1	13
Tabel 2	Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused	14
Tabel 3	EC/OC sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampaania	25
Tabel 4	EC/OC sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampaania	41

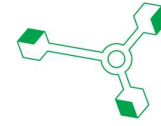


Joonised

Joonis 1	Mõõtepunkti asukoht, Väljaotsa 1, Saue.....	15
Joonis 2	Tuulteroos, 31.01.20 – 02.03.20	16
Joonis 3	SO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania	17
Joonis 4	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania	17
Joonis 5	NO ja NO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania.....	18
Joonis 6	NO ja NO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania.....	18
Joonis 7	CO 8 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania	19
Joonis 8	CO 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania	19
Joonis 9	PM _{2,5} 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania	20
Joonis 10	PM _{2,5} 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania.....	20
Joonis 11	Musta süsiniku 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania.....	21
Joonis 12	Musta süsiniku 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania.....	22
Joonis 13	Raskmetallide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampaania.....	23
Joonis 14	loonide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampaania	24
Joonis 15	NO ₂ summaarne saastevoog, I mõõtekampaania	26
Joonis 16	SO ₂ summaarne saastevoog, I mõõtekampaania.....	27
Joonis 17	CO summaarne saastevoog, I mõõtekampaania.....	28
Joonis 18	PM _{2,5} summaarne saastevoog, I mõõtekampaania	29
Joonis 19	BCtr summaarne saastevoog, I mõõtekampaania	30
Joonis 20	BCwb summaarne saastevoog, I mõõtekampaania	31
Joonis 21	Tuulteroos, 04.06.20 – 06.07.20	32
Joonis 22	SO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania	33
Joonis 23	SO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania	33
Joonis 24	NO ja NO ₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania.....	34
Joonis 25	NO ja NO ₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania.....	34



Joonis 26	CO 8 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania	35
Joonis 27	CO 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania	35
Joonis 28	PM _{2,5} 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania.....	36
Joonis 29	PM _{2,5} 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania.....	36
Joonis 30	Musta süsiniku 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania.....	37
Joonis 31	Musta süsiniku 24 h keskmine kontsentratsioon, II kampaania	38
Joonis 32	Raskmetallide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampaania.....	39
Joonis 33	loonide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampaania	40
Joonis 34	NO ₂ summaarne saastevoog, II mõõtekampaania	42
Joonis 35	SO ₂ summaarne saastevoog, II mõõtekampaania.....	43
Joonis 36	CO summaarne saastevoog, II mõõtekampaania.....	44
Joonis 37	PM _{2,5} summaarne saastevoog, II mõõtekampaania	45
Joonis 38	BCtr summaarne saastevoog, II mõõtekampaania	46
Joonis 39	BCwb summaarne saastevoog, II mõõtekampaania	47



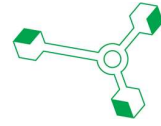
1 Sissejuhatus

Õhusaasteainete mõõtmine ja jälgimine on oluline, kuna saasteainete kõrge sisaldus õhus kahjustab nii inimeste tervist kui ka looduskeskkonda üldiselt. Inimtervise seisukohalt on kõige suuremaks ohuks tahkete osakeste, lämmastikdioksiidi ja troposfääriosooni sisaldus õhus. Pikaajaline ja kõrges kontsentratsioonis kokkupuude nimetatud saasteainetega kahjustab hingamiselundeid ning võib halvimal juhul viia enneaegse surmani. Looduskeskkonna peamised probleemid on seotud hapestumisega, mis on küll viimastel aastatel vähenenud, liigsete toitaineid sattumisega ökosüsteemidesse põhjustades eutrofeerumist ning troposfääriosooni kõrge sisaldusega, mis kahjustab taimestikku ja hävitab põllukultuure.

Käesoleva töö eesmärk on hinnata maanteel tekkiva ja leviva õhusaaste päritolu ning liiklusest pärineva õhusaaste osakaalu üldise õhu saastatuse taseme kujunemisel. Maanteedel ja liikluses tekkiva õhusaaste kujunemisel on oluline eristada nn toruotsa ja mitte-toruotsa saastet. „Mitte-toruotsa“ saaste alla loetakse õhusaasteained, mis pärinevad tänavatel kasutatavatest puistematerjalidest ning teekatete ja sõidukite kulumaterjalide (rehvid, pidurikettad) kulumisprotsessidest. Kulumisprotsesside tulemusel satuvad õhku tahked osakesed, mis olenevalt päritolust võivad sisaldada erinevaid keemilisi ühendeid. „Toruotsa“ saaste puhul on tegemist sõidukites kütuse põlemisel tekkivate heitgaasidega. Maanteetranspordist pärineva õhusaaste mõõtmisel ja hindamisel tuleb muuhulgas tähelepanu pöörata musta süsiniku ehk tahma sisaldusele õhus. Tahma näol on tegemist tahkete osakestega, mis tekivad orgaanilise aine mittetäielikul põlemisel nii küttekolletes kui ka mootorites. Tahma osakesed sisaldavad peamiselt süsinikku ning absorbeerivad valgust. Võimalikud on nii inimtekkelised (nt fossiil ja biokütuste, biomassi põletamine) kui ka looduslikud (nt metsapõlengud) tekkeallikad.

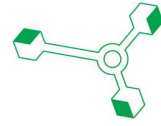
Liiklusest pärineva õhusaaste hindamiseks teostati valitud mõõtepunktis õhukvaliteedi pidevmõõtmised, kus lisaks gaasiliste saasteainete (NO , NO_2 , SO_2 , CO) ja tahkete osakeste ($\text{PM}_{2.5}$) automaatmõõtmistele koguti õhust peenosakeste (PM_{10}) ööpäevakeskmised proovid, millelt analüüsiti raskmetallide (As, Cd, Ni, Pb, Cr, Cu, Zn, V) ja süsiniku (EC/OC) sisaldust ning ioonilist (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+}) koostist. Lisaks saasteainetele toimusid mõõtepunktis pidevmõõtmised meteoroloogiliste andmete (tuule suud, tuule kiirus, välisõhu temperatuur) osas.

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



Eesti Vabariigis kehtivad välisõhus leiduvatele saasteainetele piir- ja sihtväärtused. Mõõtmistulemuste analüüsimisel lähtuti keskkonnaministri 27.12.2016 a määrusest nr 75 „Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused, õhukvaliteedi muud piirnormid ning õhukvaliteedi hindamiskiirid¹“, kus saasteainete sisaldusele kehtestatud piirnormid on aluseks välisõhu kvaliteedile hinnangu andmisel.

Aruande eesmärk on anda ülevaade õhusaasteainetest mõõtepunktis, hinnata õhusaaste võimalikku päritolu, keemilist koostist ning fraktsioonilist jaotust ning eelnimetatud saasteallikate osakaalu õhusaaste põhjustajana.



2 Mõisted ja lühendid

Saasteaine - keemiline aine või ainete segu, mis eraldub välisõhu tegevuse otsesel või kaudsel tagajärjel ja mis võib mõjuda kahjulikult inimese tervisele või keskkonnale, kahjustada vara või kutsuda esile pikaajalisi kahjulikke tagajärgi.

Õhukvaliteedi tase - Välisõhu saastatuse tase on saasteaine kogus, mis kindla ajavahemiku jooksul sisaldub välisõhu ruumalaühikus 293 kelvini juures või sadestub välisõhust pinna ühele ruutmeetrile.

Õhukvaliteedi piirväärtus (ÕPV) - saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus.

Õhukvaliteedi 24 tunni piirväärtus (ÕPV₂₄) - saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus ööpäeva keskmisena.

Õhukvaliteedi 1 tunni piirväärtus (ÕPV₁) - saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus 1 tunni keskmisena.

Õhukvaliteedi 8 tunni piirväärtus (ÕPV₈) - saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus 8 tunni libiseva keskmisena.

Õhukvaliteedi aasta piirväärtus (ÕPV_a) - saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus aasta keskmisena.

Õhukvaliteedi sihtväärtus (ÕSV) - saasteaine kogus välisõhu ruumalaühikus, milleni tuleb jõuda kas kindlaksmääratud aja jooksul või võimalikult kiiresti ja mille eesmärk on parendada välisõhu kvaliteeti ja vältida kahjulikku mõju inimese tervisel.

Süsinikoksiid (CO) - värvitu, lõhnatu gaas, mis tekib süsinikühendite (kütuste) mittetäielikul põlemisel. Linnaõhu suurimaks CO allikaks on transport ja olmekütmine.

Lämmastiku oksiidid (NO_x) - olulisemad on lämmastikoksiid ja lämmastikdioksiid. Lämmastikoksiidid tekivad lämmastikust katalüütilisel põlemisel. Valdavalt emiteeritakse lämmastikoksiidi, mis oksüdeerivate gaaside toimel (osoon) muutub edasi lämmastikdioksiidiks. Peamised inimtekkelised allikad on energiatootmine ja liiklus.

Vääveldioksiid (SO₂) - terava lõhnaga värvitu gaas, mis tekib väävli sisaldavate kütuste põlemisel. Põhiliseks SO₂ allikateks linnades on katlamajad, liiklusjaamades on märgatav ka autokütustest pärinev vääveldioksiid.



Peened osakesed (PM_{10}) - osakesed, mis läbivad 10 μm aerodünaamilise diameetriga¹ mõõduselektiivse ava 50 protsendil juhtudest (peened osakesed läbimõõduga alla 10 μm). Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest tolmsaastest (nt põlemisprotsesside tagajärjel tekkinud lendtuhk, tahm).

Eriti peened osakesed ($PM_{2.5}$) - osakesed, mis läbivad 2,5 μm aerodünaamilise diameetriga¹ mõõduselektiivse ava 50 protsendil juhtudest (peened osakesed läbimõõduga alla 2,5 μm). Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest põlemisprotsessidega seotud osakekestest.

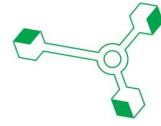
Must süsinik ehk tahm – tahked osakesed, mis tekivad orgaanilise aine mittetäielikul põlemisel, sisaldavad peamiselt süsinikku ning absorbeerivad valgust. Võimalikud on nii inimtekkilised (nt fossiil- ja biokütuste, biomassi põletamine) kui ka looduslikud (nt metsapõlengud) tekkeallikad.

Plii (Pb) - satub õhku kütuse põlemisel tekkiva lendtuha ja auto heitgaasi koostises (etüülitud bensiini kasutamise tõttu). Õhust sadestuvad Pb-ühendid pinnasesse ja vette, sealt taimedesse ning seejärel toiduahela kaudu loomadesse ja inimesse. Magistraalteedest kuni 50 m kaugusel kasvavates taimedes on leitud suhteliselt kõrge Pb-sisaldus. Pb-mürgituse puhul täheldatakse kõrgeenenud erutuvust (vahelduvad depressiooni- ja ärritusseisundid), agressiivse käitumise ilmingud, väikelastel vaimset peetust, ajutegevushäireid.

Kaadmium (Cd) - üks mürgisemaid metalle. Cd-ühendid on umbes 50 korda mürgisemad Pb-ühenditest. Cd on lisaelemendina masuudis (0,0001-0,001 %), kivisöes, fosforväärtistes. Hinnanguliselt 0,03g – 0,04 g Cd-ühendeid võib põhjustada surma. Cd-mürgisust iseloomustab närvisüsteemi kahjustus, ägedad luuvalud jalgades ja õlavöötmes, ekseem, mälu nõrgenemine, hingeldamine. Kaadmiumil on kantserogeenne ja teratogeenne toime. Taimed omastavad Cd-ühendeid juurte ja lehtede kaudu (kuhu õhust on langenud tolmutuhka). Nt ühe sigareti suitsetamisel satub suitsuga kopsudesse umbes 2 ng Cd.

Arseen (As) - juba sajandeid tuntud mürgkemikaalina, mida ühendina "arseeniku" (As_2O_3) nime all kasutati tahtlikuks mürgitamiseks. As sisaldub kivisöe- ja põlevkivituhas ning lendtuhana õhus. As kuulub põllumajanduses rakendatavate mürgkemikaalide, mõnede värvide ja pesuainete koostisse. As põhjustab naha- ja kopsuvähki.

¹ Aerodünaamiline läbimõõt iseloomustab sfäärilist osakest tihedusega üks gramm kuupsentimeetri kohta, millel on sama langemiskiirus, mis konkreetset reaalset osakesel, olenemata selle osakese kujust, suurusest ja tihedusest.

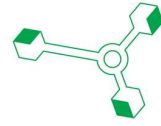


Nikkel (Ni) - satub atmosfääri terase ja nikli tootmisel, fossiilsete kütuste põletamisel, metallitöötlusel, värvide, plastmassi ja akude tootmisel.

Vanaadium (V) – satub atmosfääri eriteraste tootmisel, samuti fossiilsete kütuste põletamisel, metallitöötlusel, erinevate tööriistade ja metallosade tootmisel.

Anioon – ühe või mitmeaatomiline osake, millel on negatiivne laeng (Cl^- , SO_4^{2-}).

Katioon – ühe või mitmeaatomiline osake, millel on positiivne laeng (Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+).



3 Mõõteseadmed ja meetodika

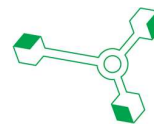
Mõõtmiste läbiviimiseks kasutati mobiilset mõõtebussi Mobair-1, mis lisaks automaatsetele analüsaatoritele on varustatud tolmu-seadmega DH-80, määramaks osakeste kontsentratsioone gravimeetriliselt (Tabel 1). Käosoleva töö raames mõõdeti PM_{10} sisaldust gravimeetriliselt, kogudes õhuproovi spetsiaalsele filtrile, millelt määrati peenosakeste sisaldus vastavalt standardile EVS-EN 12341:2001 Air quality – determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods. Osakeste mõõtmine gravimeetrilisel meetodil põhineb tolmuosakeste kogumisel filtrile konstantse voolukiirusega täpselt mõõdetud õhuhulgast fikseeritud perioodi jooksul. Filter kaalutakse enne ja pärast proovivõttu standardsetel tingimustel. Kaalutiste vahe ja filtrit läbinud õhuhulga põhjal arvutatakse osakeste sisaldus kuupmeetris õhus.

Raskmetallide sisaldust määrati seadmega ICP-MS Agilent 7500cx vastavalt standardile EVS-EN 14902:2005 Ambient air quality – Standard method for measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM_{10} fraction of suspended particulate matter. Filtrilt, kuhu on kogutud osakeste proov, võetakse konstantse suurusega tükk, mis mineraliseeritakse. Uuritava metalli määramine proovist põhineb vabade aatomite võimele absorbeerida kiirgust, mille võrdlemisel tuntud kalibreerimislahuse neeldumisvõimega saadakse kätte erinevate raskmetallide sisaldus proovis. Saadud tulemuse ning filtrit läbinud õhuhulga põhjal arvutatakse raskmetallide kontsentratsioon kuupmeetris õhus.

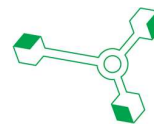
Anioonide ja kationide sisaldust osakeste proovidest määrati vastavalt standardile EMEP 3.2. Osakeste proov ekstraheeriti deioniseeritud veega ning ionide sisaldus määrati kasutadesioonvahetus – vedelikkromatograafiat.

Elementaarse ja orgaanilise süsiniku sisaldust kogutud tolmuproovidest määrati vastavalt meetodile Eusaar2 CEN/TR 16243:2011 termooptilise analüsaatoriga.

Mobiilses mõõtejaamas kasutusel olevad automaatseadmed on esitatud järgnevalt (Tabel 1):

**Tabel 1 Mõõteseadmed mobiilses mõõtejaamas Mobair-1**

Mõõdetavad parameetrid	Sagedus	Kasutatav seade
Lämmastikoksiidid (NO _x)	Pidev mõõtmine	HORIBA APNA – 360 Kemoluminestsents (NO ja NO _x), NO ₂ arvutuslik: NO _x -NO=NO ₂
Süsinikoksiid (CO)	Pidev mõõtmine	HORIBA APMA – 360 Infrapunase kiirguse absorptsioon
Osakesed (PM _{2,5})	Pidev mõõtmine	BAM 1020 beeta kiirguse absorptsioon
Vääveldioksiid (SO ₂)	Pidev mõõtmine	HORIBA APSA – 360 UV-fluorestsents
Tuule suund ja kiirus, õhuniiskus, temperatuur	Pidev mõõtmine	Thies Clima meteoroloogiline mõõtejaam 10 m mastiga



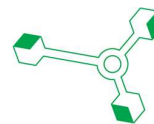
4 Piirväärtused

Õhukvaliteedi piirväärtuse kehtestamise eesmärgiks on vältida, ennetada või vähendada saasteaine ebasoodsat mõju inimese tervisele või keskkonnale. Eesti Vabariigis kehtivad õhusaastatuse taseme piirväärtused on toodud keskkonnaministri 27.12.2016 a määruses nr 75 „Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused, õhukvaliteedi muud piirnormid ning õhukvaliteedi hindamiskiirid¹“. Alljärgnevalt on nimetatud käesoleva töö raames mõõdetud saasteainete välisõhu saastetaseme piir- ja sihtväärtused. Arseenile, kaadmiumile, niklile on kehtestatud sihtväärtused, mis on arvutatud PM₁₀ fraktsioonis kalendriaasta keskmisena (Tabel 2).

Tabel 2 **Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused**

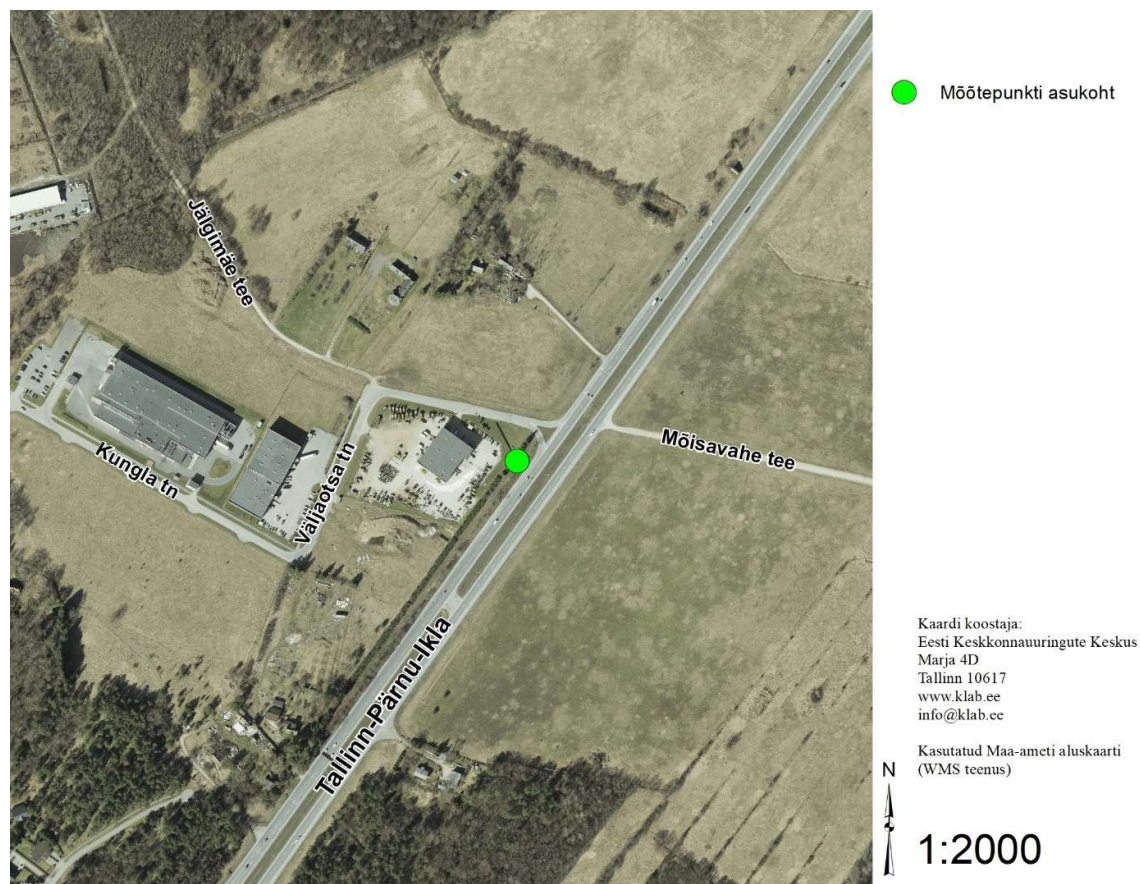
Saasteaine	Keskmistamisaeg	Piir- või sihtväärtus (µg/m ³)	Lubatud ületamiste arv aastas
SO ₂	1 tund	350	24 tundi
	24 tundi	125	3 päeva
NO ₂	1 tund	200	18 tundi
	1 aasta	40	-
CO	8 tundi	10 mg/m ³	-
Pb	1 aasta	0,5	-
PM _{2,5}	1 aasta	25	-
PM ₁₀	24 tundi	50	35 päeva
	1 aasta	40	-
As	1 aasta ²	6 ng/m ³	-
Cd	1 aasta ¹	5 ng/m ³	-
Ni	1 aasta ¹	20 ng/m ³	-
Cr	24 tundi	0,1	-
	1 aasta	0,01	-
Cu	24 tundi	2	-
Zn	24 tundi	50	
V	24 tundi	1	

² Sihtväärtus

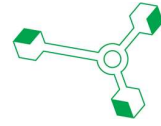


5 Õhukvaliteedi mõõtmised

Vastavalt osapoolte vahel sõlmitud lepingule ja selle Lisa 1-le, teostati valitud mõõtepunktis 2 mõõtekampaania raames mobiilse mõõtelaboriga õhukvaliteedi pidevmõõtmisi. Esimene mõõtekampaania toimus ajavahemikul 31.01.20 – 02.03.20 ning teine ajavahemikul 04.06.20 – 06.07.20. Mõõtepunkt koordinaatidega X6576000.3 Y533340.9 asus põhimaanteel 4 (Tallinn-Pärnu-Ikla) Topi – Kanamaa vahelisel lõigul, mille liiklussageduseks 2018.a. liiklusloenduse andmetel oli 21078 autot ööpäevas. Mõõtepunkti vahetus lähedusesse paikneb Avesco OÜ, mis tegeleb põllumajandusmasinate ja -seadmete hulgimüügiga ning mootorsõidukite hoolduse ja remondiga ning ligikaudu 350 m kaugusel Kungla tänaval asub pagaritoodete toomisega tegelev Lantmännen Unibake Estonia AS (Joonis 1).



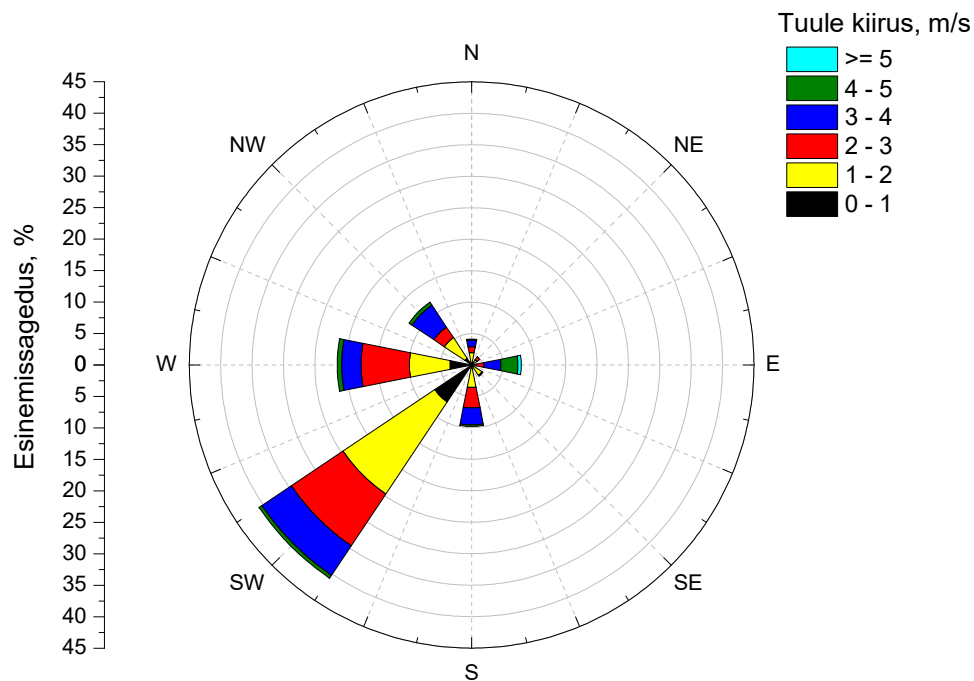
Joonis 1 Mõõtepunkti asukoht, Väljaotsa 1, Saue



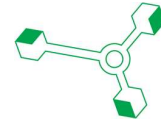
Täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega määrati vääveldioksiidi (SO_2), lämmastikoksiidide (NO_x), süsinikmonooksiidi (CO) ja eriti peente osakeste ($\text{PM}_{2,5}$) kontsentratsioone ning meteoroloogilisi parameetreid (tuule suund, tuule kiirus, välisõhu temperatuur ja suhteline õhuniiskus). Lisaks automaatanalüsaatoritele koguti peenosakeste proov spetsiaalsele filtrile, mida laboris analüüsiti gravimeetriselt. PM_{10} fraktsioonist määrati raskmetallide (As, Cd, Ni, Pb, Cr, Cu, Zn, V) ja ionide (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+}) sisaldus. Lisaks määrati PM_{10} gravimeetriselt analüüsitud nädalakeskmisest tolmuprovist EC/OC kontsentratsioon.

5.1 I mõõtekampaania tulemused

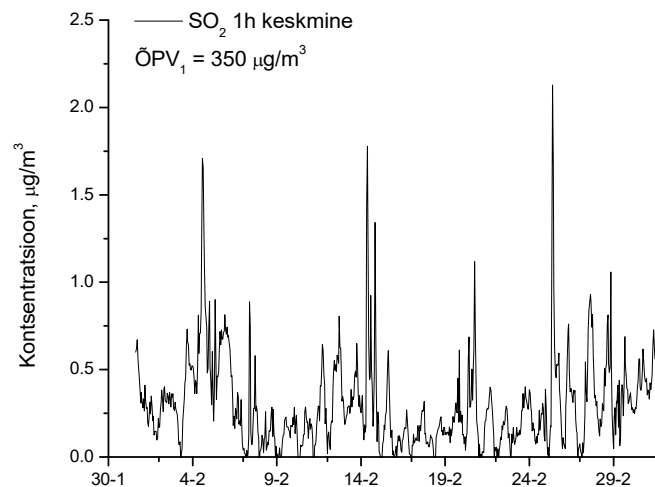
I mõõtekampaania raames teostati välisõhu saastetaseme mõõtmisi ajavahemikul 31.01.20 – 02.03.20. Mõõteperioodil puhusid valdavalt edela tuuled keskmise kiirusega 2,1 m/s, puhanguti kuni 5,3 m/s (Joonis 2). Suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 91 % ning keskmine välisõhu temperatuur 1,9 °C.



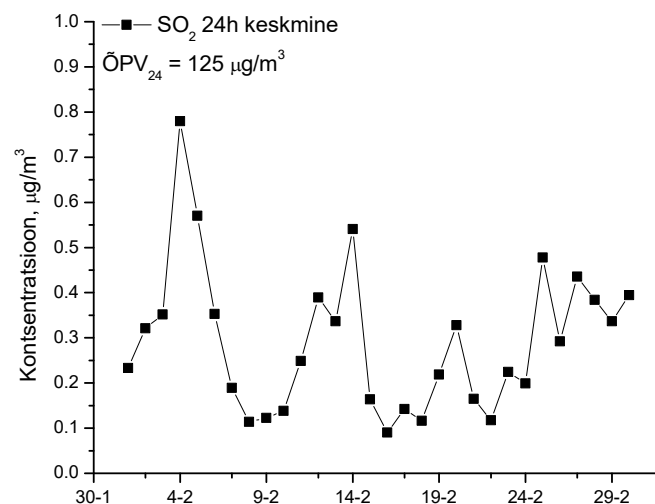
Joonis 2 Tuulteroos, 31.01.20 – 02.03.20



Vääveldioksiidi sisaldusele õhus kehtib tunni- ja ööpäevakeskmise õhukvaliteedi piirväärtus vastavalt $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõtepunktis mõõdetud saastetasemed jäid märgatavalt madalamaks kui kehtestatud piirnormid, samas esines episoode, kui saasteaine sisaldus õhus oli tavapärasest kõrgem. Maksimaalne tunnikeskmine SO_2 sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 25.02.20 vastavalt $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning ööpäevakeskmise sisaldus 04.02.20 vastavalt $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 3, Joonis 4). Mõõteperioodi keskmine SO_2 sisaldus oli $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



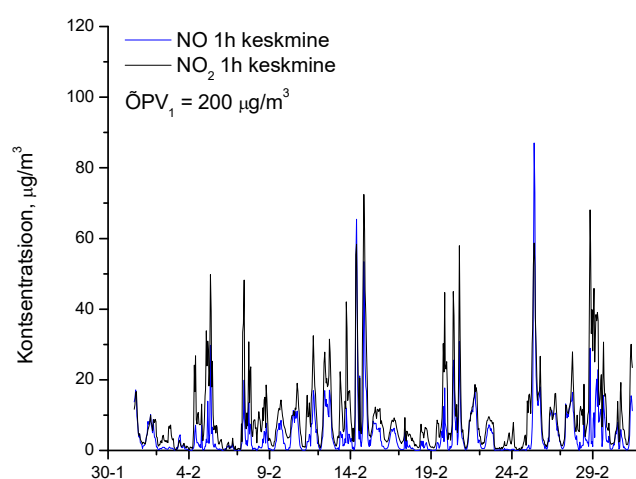
Joonis 3 SO_2 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



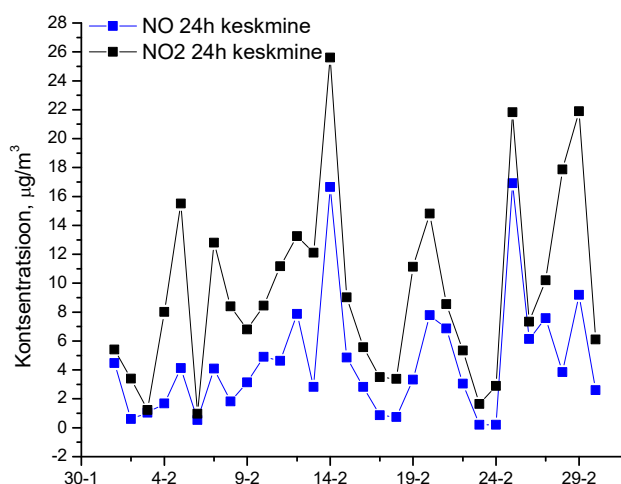
Joonis 4 SO_2 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



Lämmastikdioksiidi sisaldusele õhus kehtib tunnikeskmine õhukvaliteedi piirväärtus $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõtepunktis mõõdetud saastetasemed jäid märgatavalt madalamaks kui kehtestatud piirnorm, samas esines mõõteperioodi vältel saastetaseme kõrgenemisi. Maksimaalne tunni ja ööpäevakeskmine NO_2 sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 14.02.20 vastavalt $72,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning $25,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 5, Joonis 6). NO sisaldus õhus järgis NO_2 -le sarnaseid tõusu- ja langustrende. Maksimaalne tunni ja ööpäevakeskmine NO sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 25.02.20 vastavalt $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning $16,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine NO_2 sisaldus oli $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja NO sisaldus $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



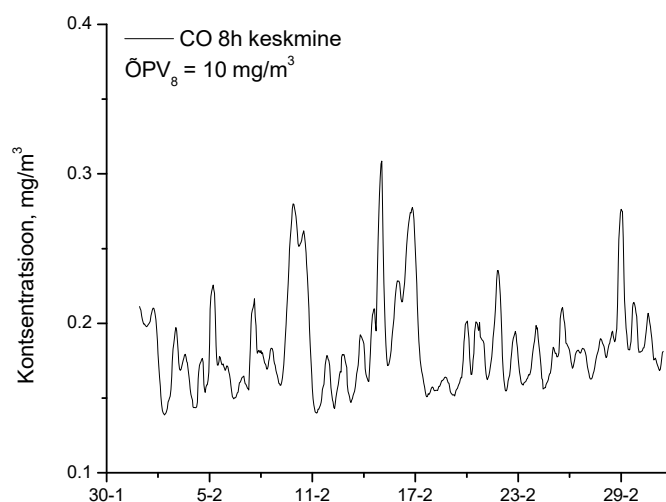
Joonis 5 NO ja NO_2 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



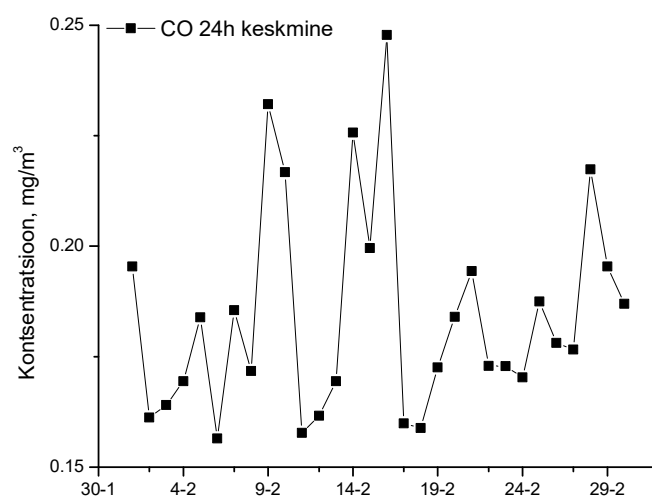
Joonis 6 NO ja NO_2 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



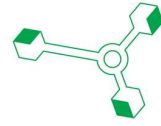
Süsinikoksiidi sisaldusele õhus kehtib 8 tunni libisev keskmine piirväärtus 10 mg/m^3 ehk $10\,000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Mõõteperioodil registreeritud saastetasemed jäid oluliselt madalamaks kui kehtiv piirväärtus. CO maksimaalne 8 h libisev keskmine kontsentratsioon mõõdeti 15.02.20 vastavalt $0,3 \text{ mg/m}^3$, kõrgeim tunnikeskmine sisaldus mõõdeti päev varem 14.02.20 vastavalt $0,4 \text{ mg/m}^3$ ning 24 h keskmine 16.02.20 vastavalt $0,2 \text{ mg/m}^3$ (Joonis 7, Joonis 8). Mõõteperioodi keskmine CO sisaldus oli $0,2 \text{ mg/m}^3$.



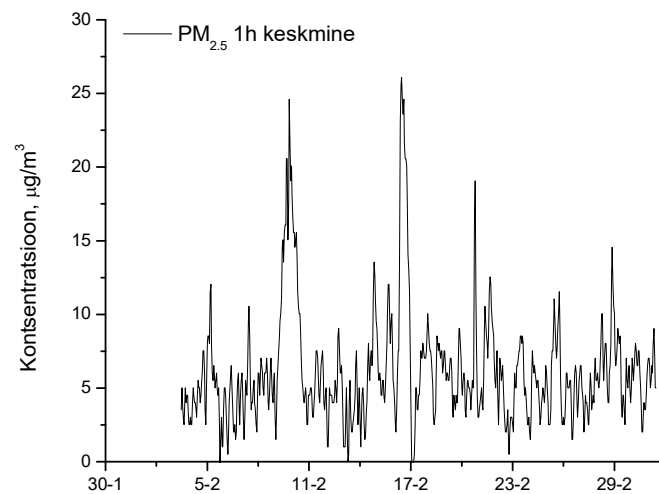
Joonis 7 CO 8 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



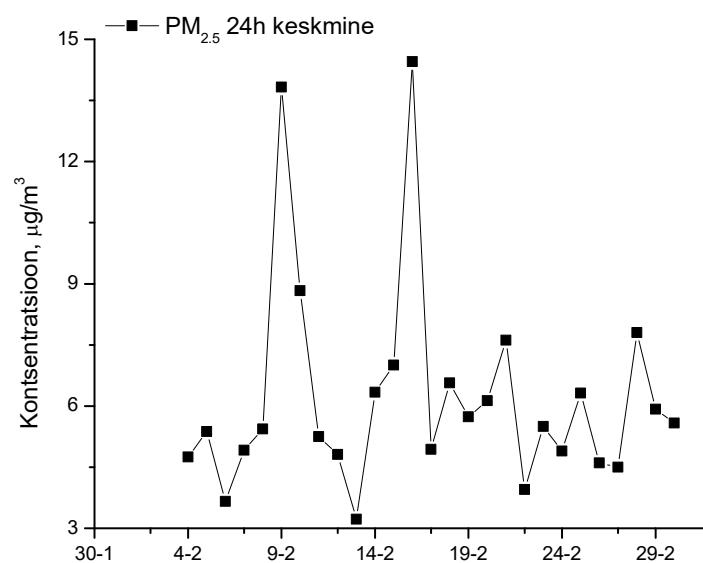
Joonis 8 CO 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



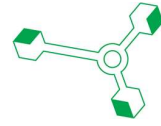
Eriti peentele osakestele kehtib aastakeskmise piirväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodil esines episooide, kui osakeste sisaldus õhus oli tavapärasest märgatavalt kõrgem. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmise $\text{PM}_{2.5}$ sisaldus õhus mõõdeti 16.02.20 vastavalt $26,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 9, Joonis 10). Perioodikeskmise $\text{PM}_{2.5}$ sisaldus oli $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



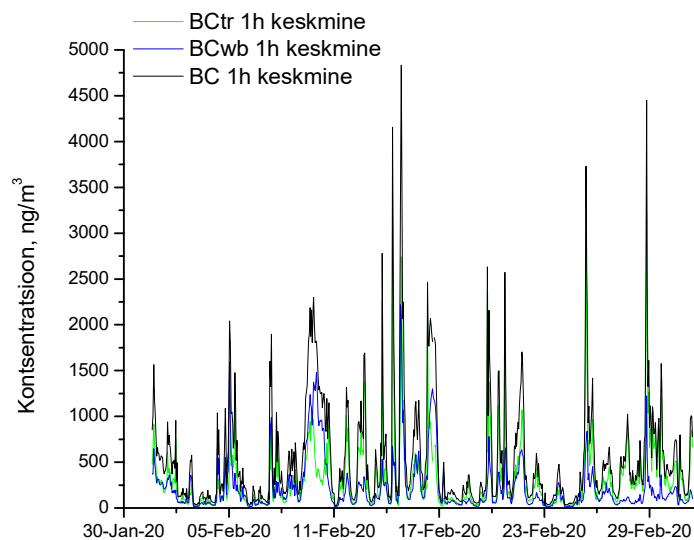
Joonis 9 PM_{2.5} 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania



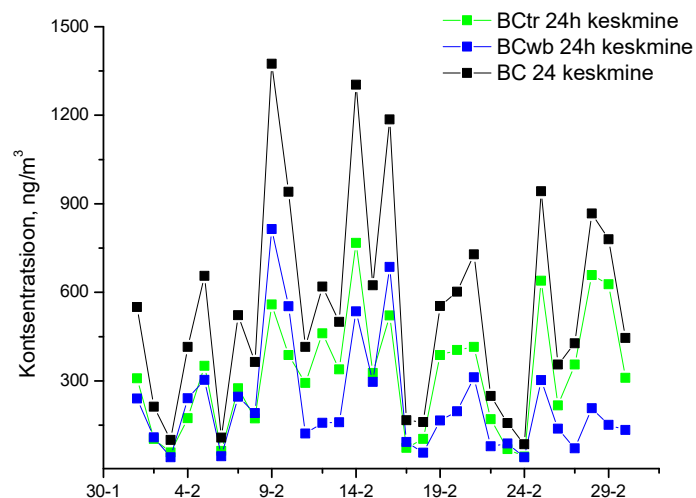
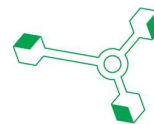
Joonis 10 PM_{2.5} 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania



Musta süsiniku ehk tahma sisaldusele õhus õhukvaliteedi piirväärtust kehtestatud ei ole. Teostatud mõõtmiste ajal määrati õhust tahma sisaldust, sh transpordist (BCtr) ja puidu ja biomassi põletamisest (BCwb) pärineva tahma osakaalu. Maksimaalne 1 h keskmine tahma sisaldus õhus mõõdeti 14.02.20 vastavalt 4831 ng/m³, ööpäevakeskmise tahma sisaldus õhus oli kõrgeim 09.02.20 vastavalt 1374 ng/m³. Mõõteperioodi keskmine tahma sisaldus õhus oli 550 ng/m³. Liiklusest pärineva tahma maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmise kontsentratsioon oli 3477 ng/m³ (14.02.20) ja 767 ng/m³ (14.02.20) ning perioodikeskmise sisaldus 324 ng/m³. Biomassi põletamisega kaasneva tahma maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmise kontsentratsioon oli 2217 ng/m³ (14.02.20) ja 814 ng/m³ (09.02.20) ning perioodikeskmise sisaldus 226 ng/m³. Mõõtmistulemustest nähtub, et üldjoontes on liiklusest pärineva tahma sisaldus õhus kõrgem kui puidu ja biomassi põletamisel tekkiva tahma sisaldus, samas esineb väiksemaid episooide, kui puidu ja biomassi põletamisest pärineva musta süsiniku sisaldus õhus on kõrgem kui liiklusest pärineva tahmaosakeste kontsentratsioon (Joonis 11, Joonis 12).

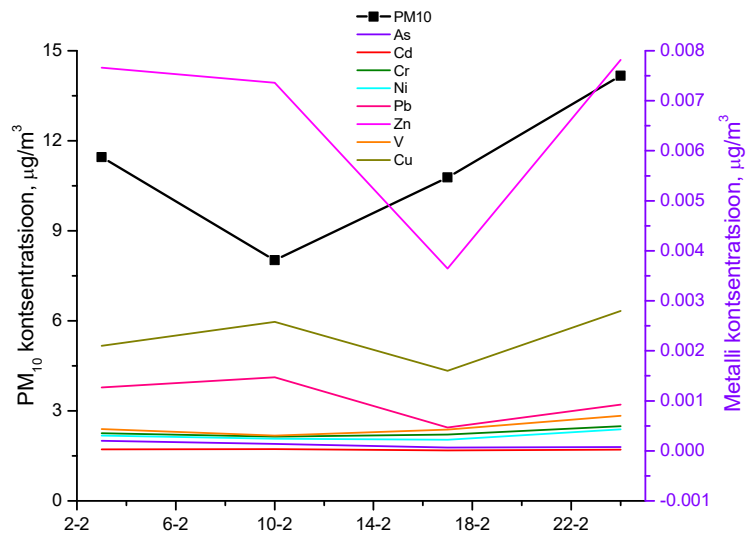
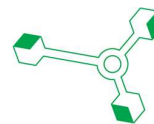


Joonis 11 Musta süsiniku 1 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampania



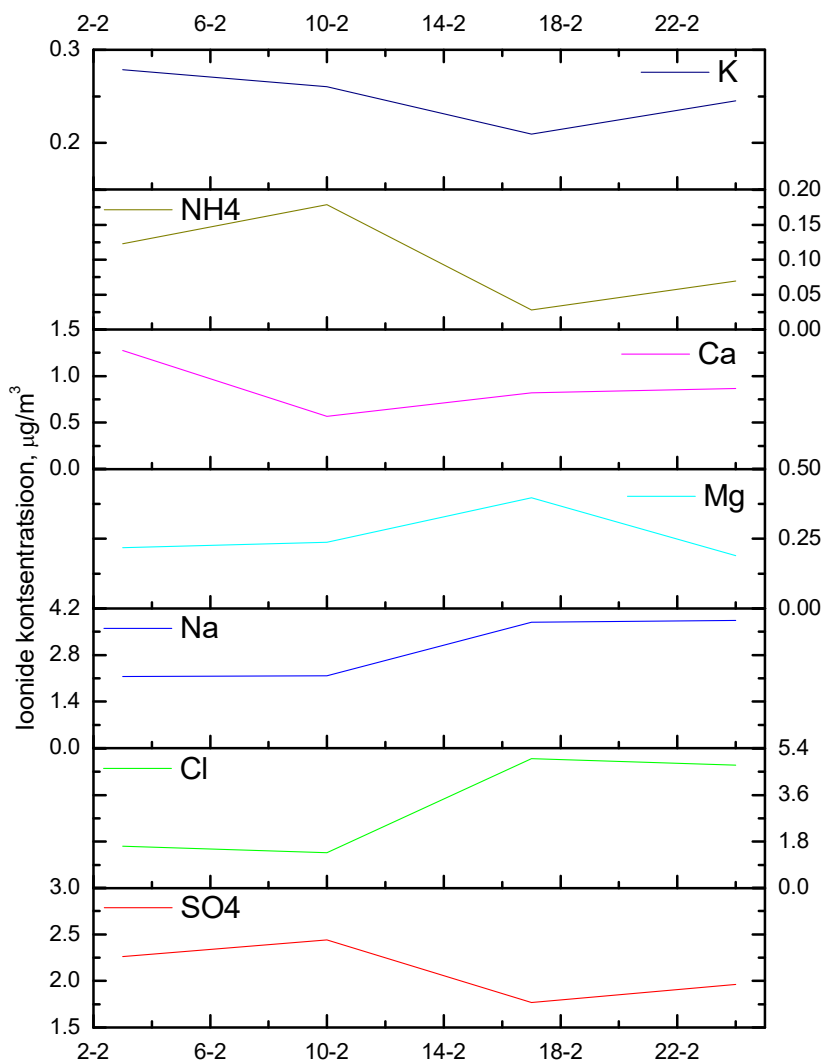
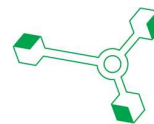
Joonis 12 Musta süsiniku 24 h keskmine kontsentratsioon, I mõõtekampaania

Lisaks määrati peente osakeste sisaldust õhus gravimeetriliselt, sh teostati PM_{10} fraktsioonist keemilised analüüsid ioonilise koostise ning raskmetallide sisalduse suhtes. I mõõtekampaania jooksul koguti nädalaste mõõtetetsüklitena 4 PM_{10} filtrit, mis tähendab, analüüsitud tulemused kajastavad nädalakeskmisi sisaldusi. Peenosakeste proovid koguti ajavahemikel 03.02 – 10.02.20, 10.02 – 17.02.20, 17.02 – 24.02.20 ja 24.02 – 02.03.20. Määratud metallidest oli PM_{10} fraktsioonis kõrgeim Zn sisaldus, samuti näitasid ülejäänud metallidest kõrgemaid tulemusi Cu ja Pb kontsentratsioonid. Ühtlaselt madalad olid mõõteperioodi jooksul As, Cd, Cr, Ni ja V sisaldused. Mõõteperioodi kõrgeimad Zn, Cu, V, Cr ja Ni kontsentratsioonid määrati perioodil 24.02 – 02.03.20 kogutud peenosakeste proovist. Pb ja Cd sisaldus oli kõrgeim ajavahemikul 10.02 – 17.02.20 ning arseeni sisaldus 03.02 – 10.02.20 (Joonis 13).



Joonis 13 Raskmetallide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampaania

Ioonidest määrati PM₁₀ fraktsioonist järgmised katioonid ja anioonid: Mg²⁺, Na⁺, Ca²⁺, K⁺, NH₄⁺ ja Cl⁻, SO₄²⁻. Määratud ionidest olid mõõteperioodil kõrgeimad Cl⁻, Na⁺ ja SO₄²⁻ sisaldused, mis viitab talvisel perioodil libeduse tõrjeks teostatava teekatete soolatamisele (Joonis 14).



Joonis 14 Ionide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampania

PM₁₀ fraktsioonist määratud nädalakeskmise EC/OC sisaldus on esitatud alljärgnevalt. Kõrgeim tulemus mõõdeti 10.02.20 – 17.02.20 kogutud peenosakeste proovist (Tabel 3).

**Tabel 3** EC/OC sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, I mõõtekampania

Kuupäev	OC	EC	TC
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
3.02.20	1.71	0.35	2.06
10.02.20	1.71	0.46	2.17
17.02.20	1.19	0.26	1.45
24.02.20	1.51	0.40	1.91

5.2 Saasteainete päritolu analüüs

Mõõtepunkti mõjutavate saasteallikate leidmiseks kasutati suundanalüüsi, mille kaudu on võimalik tuvastada mõõtepunkti enim mõjutanud suund ning võimalikud saasteallikad. Suundanalüüsi aluseks on summeeritud saastevoog, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa mõõtebussis mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskmiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi.

Nagu eelpool toodud tuulteroosilt nähtus, siis piirkonna saasteainete hajumistingimusi enim mõjutanud tuule suund oli edel. Kuna tuulteroosil on arvestatud ka tuule kiirusega, mis on väiksem kui 2 m/s, annab nimetatud graafik pigem üldise pildi esinenud tuulte parameetritest. Saasteainete pärinemise ja võimalike heiteallikate täpsemaks tuvastamiseks on järevalt esitatud saastevoogudel arvestatud vaid tuule suunaga, mille puhul tuule kiirus oli samal ajal vähemalt 2 m/s, kuna väiksem tuulekiirus on ebasoodne saasteainete hajumiseks.

Saastevoo graafikutelt eristub selgelt saasteainete pärinemise suunana lõuna, edel ja ida, mis viitab üheselt Tallinn-Pärnu-Ikla maantee mõjule saastetasemete kujunemisel piirkonnas. Kui NO₂, SO₂, CO ja PM_{2.5} osas on mõõtepunkti mõjutanud lisaks olulisel määral ka põhja ja loode suunas paiknevad võimalikud heiteallikad (Joonis 15, Joonis 16, Joonis 17, Joonis 18), siis musta süsiniku summaarne saastevoog on mõõtepunktini kandunud peamiselt siiski maantee poolt (Joonis 19, Joonis 20). Mõõdetud NO₂, SO₂, CO ja PM_{2.5} saastetasemeid on lisaks mõjutanud ilmselt Jälgimäe tee liiklus ning Kungla tänaval asuv pagaritööstus, mille tootmisprotsessis on kasutusel maagaasil töötavad põletusseadmed. Maagaasi põlemisel eralduv õhku nii NO₂, SO₂, CO ja PM_{2.5}. Kuna saastetasemed piirkonnas on üldiselt madalad, siis võib pagaritööstuse osaluse mõõdetud saastetasemete kujunemisel pigem marginaalseks lugeda.



Joonis 15 NO₂ suumäärne saastevoog, I mõõtekampaania



Joonis 16 SO₂ summaarne saastevoog, I mõõtekampaania



Joonis 17 CO summaarne saastevoog, I mõõtekampaania



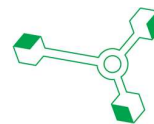
Joonis 18 PM_{2.5} suumäärne saastevoog, I mõõtekampaania



Joonis 19 BCtr summaarne saastevoog, I mõõtekampaania

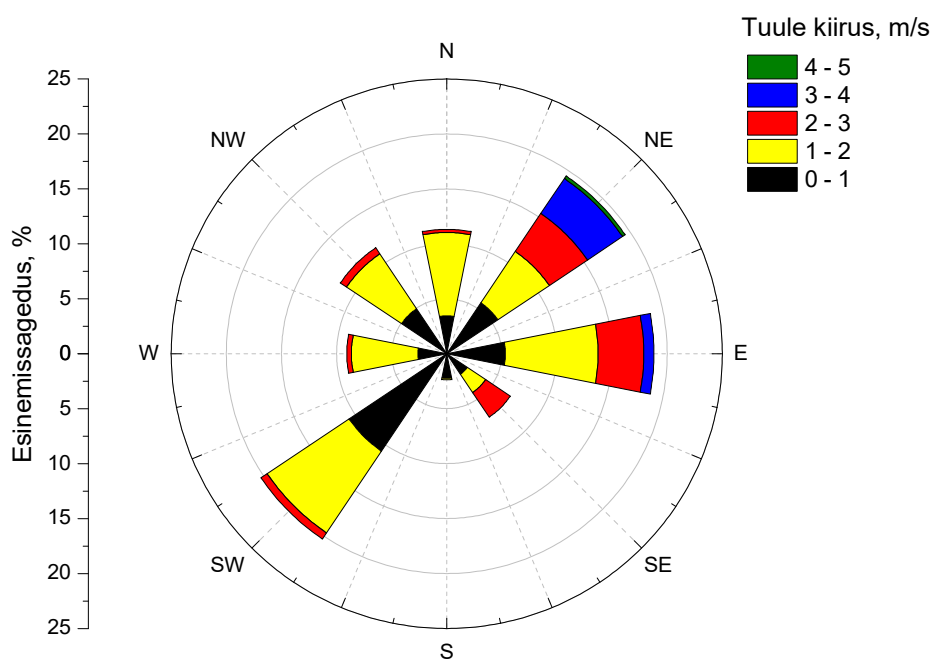


Joonis 20 BCwb summaarne saastevoog, I mõõtekampaania



5.3 II mõõtekampaania tulemused

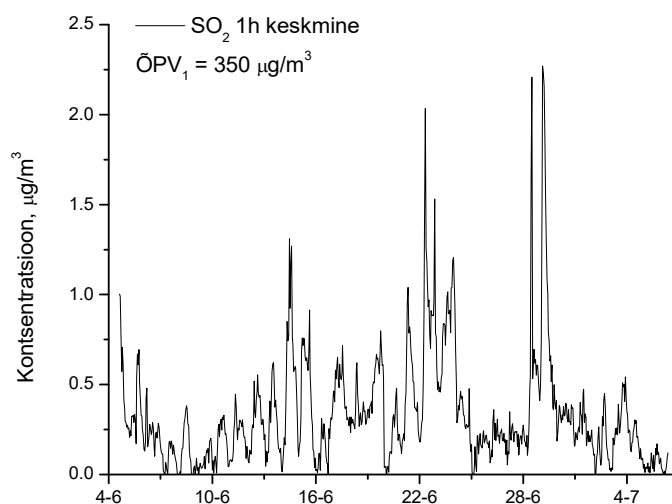
Samas mõõtepunktis teostati ka II mõõtekampaania, mis toimus ajavahemikul 04.06.20 – 06.07.20. Mõõteperioodil puhusid valdavalt edela, kirde ja ida tuuled keskmise kiirusega 1,4 m/s, puhanguti kuni 4,5 m/s (Joonis 21). Suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 76 % ning keskmine välisõhu temperatuur 18,4 °C.



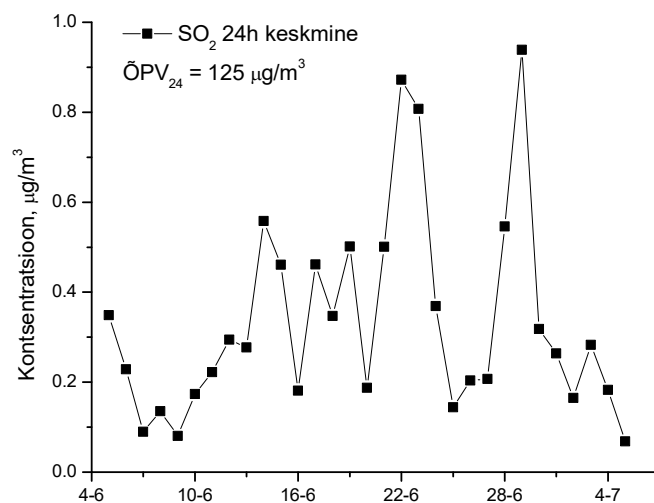
Joonis 21 Tuulteroos, 04.06.20 – 06.07.20



Mõõtepunktis mõõdetud SO₂ saastetasemed jäid märgatavalt madalamaks kui kehtestatud tunni- ja ööpäevakeskmised piirnormid, samas esines episoode, kui saasteaine sisaldus õhus oli tavapärasest kõrgem. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine SO₂ sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 29.06.20 vastavalt 2,3 µg/m³ ning 0,9 µg/m³ (Joonis 22, Joonis 23). Mõõteperioodi keskmine SO₂ sisaldus oli 0,3 µg/m³.



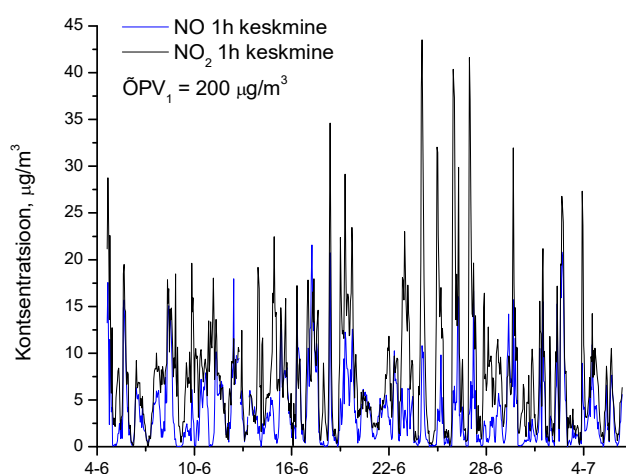
Joonis 22 SO₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampania



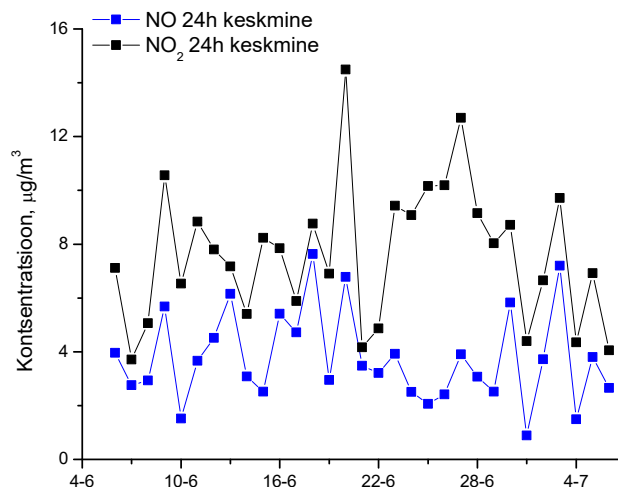
Joonis 23 SO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampania



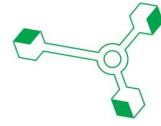
Mõõdetud NO₂ saastetasemed jäid samuti märgatavalt madalamaks kui kehtestatud piirnorm, samas esines mõõteperioodi vältel saastetaseme kõrgenemisi. Maksimaalne tunnikeskmine NO₂ sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 24.06.20 vastavalt 43,5 µg/m³ ning ööpäevakeskmine sisaldus 19.06.20 vastavalt 14,5 µg/m³. NO sisaldus õhus järgis NO₂-le sarnaseid tõusu- ja langustrende. Maksimaalne tunni ja ööpäevakeskmine NO sisaldus mõõdeti mõõtepunktis 17.06.20 vastavalt 21,6 µg/m³ ning 7,6 µg/m³ (Joonis 24, Joonis 25). Mõõteperioodi keskmine NO₂ sisaldus oli 7,7 µg/m³ ja NO sisaldus 3,8 µg/m³.



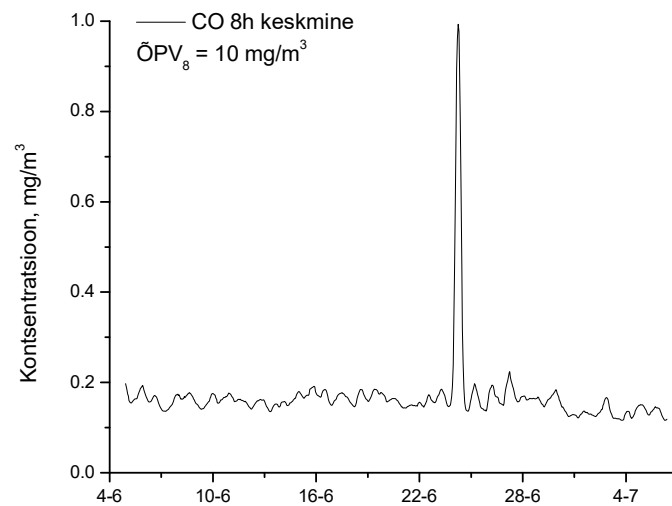
Joonis 24 NO ja NO₂ 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



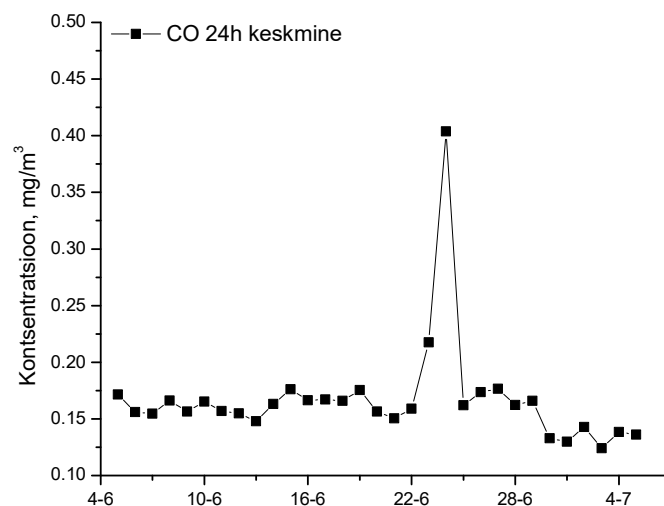
Joonis 25 NO ja NO₂ 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



Mõõteperioodil registreeritud CO saastetasemed jäid oluliselt madalamaks kui kehtiv piirväärtus, Maksimaalne CO 8 h libisev keskmine kontsentratsioon mõõdeti 24.06.20 vastavalt $1,0 \text{ mg/m}^3$, kõrgeim tunni- ja ööpäevkeskmine sisaldus mõõdeti samuti 24.06.20 vastavalt $1,5 \text{ mg/m}^3$ ja $0,4 \text{ mg/m}^3$ (Joonis 26, Joonis 27). Mõõteperioodi keskmine CO sisaldus oli $0,2 \text{ mg/m}^3$.



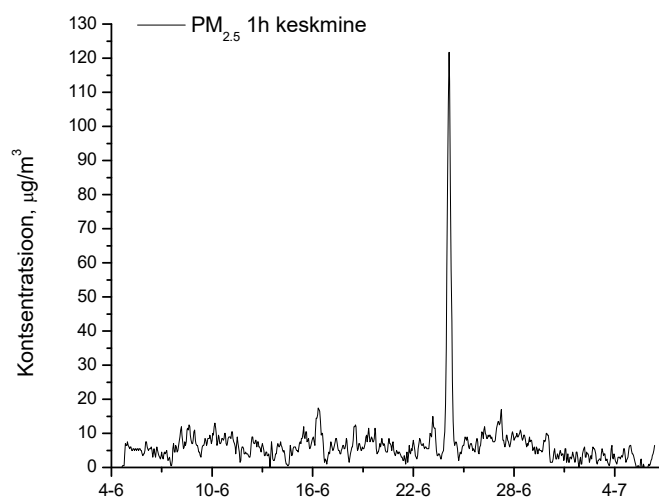
Joonis 26 CO 8 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



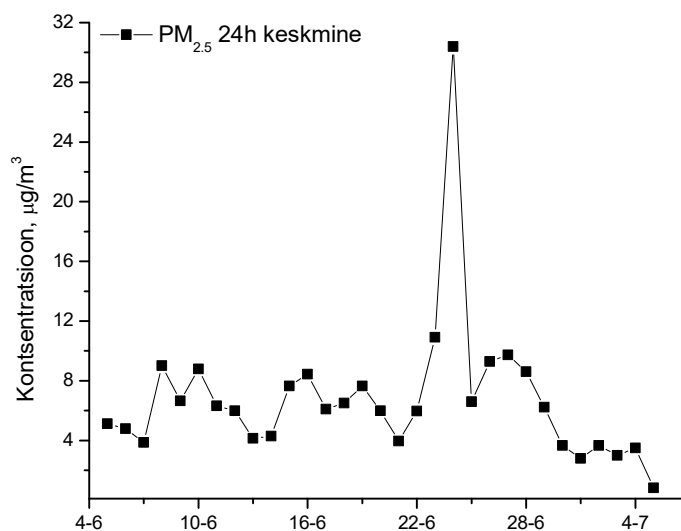
Joonis 27 CO 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



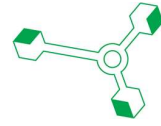
II mõõtekampaania raames esines mõõteperioodil episood, kui eriti peente osakeste sisaldus õhus oli tavapärasest märgatavalt kõrgem. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine $PM_{2.5}$ sisaldus õhus mõõdeti 24.06.20 vastavalt $121,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $30,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 28, Joonis 29). Perioodikeskmine $PM_{2.5}$ sisaldus oli $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



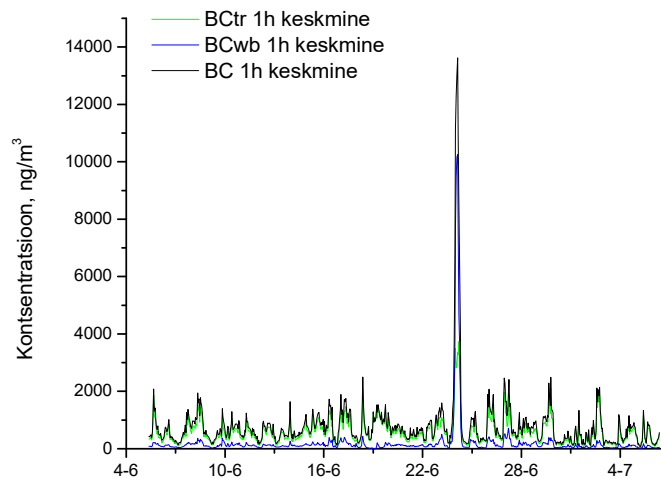
Joonis 28 $PM_{2.5}$ 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



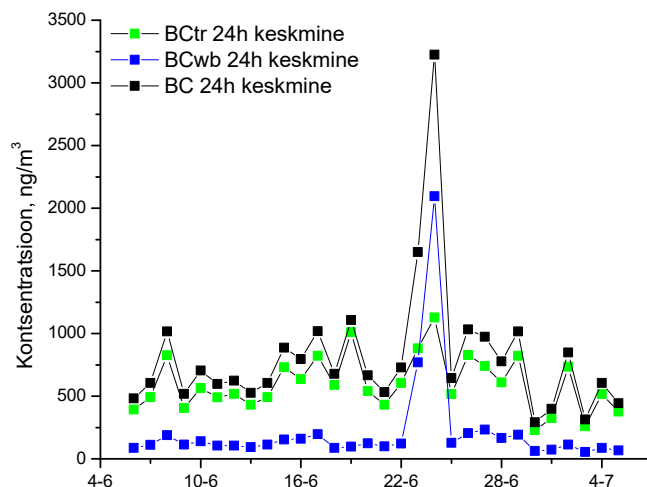
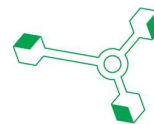
Joonis 29 $PM_{2.5}$ 24 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampaania



Sarnaselt I mõõtekampaniale määrati tahma sisaldust õhus, sh transpordist (BCtr) ning puidu ja biomassi põletamisest (BCwb) pärineva tahma osakaalu. Maksimaalne 1 h keskmine tahma sisaldus õhus mõõdeti 24.06.20 vastavalt 13621 ng/m³, ööpäevakeskmine tahma sisaldus õhus oli kõrgeim samuti 24.6.20 vastavalt 3225 ng/m³. Mõõteperioodi keskmine tahma sisaldus õhus oli 804 ng/m³. Liiklusest pärineva tahma maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon oli 3736 ng/m³ (24.06.20) ja 1128 ng/m³ (24.06.20) ning perioodikeskmine sisaldus 595 ng/m³. Puidu ja biomassi põletamisega kaasneva tahma maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon oli 10254 ng/m³ (24.06.20) ja 2096 ng/m³ (24.06.20) ning perioodikeskmine sisaldus 207 ng/m³ (Joonis 30, Joonis 31).

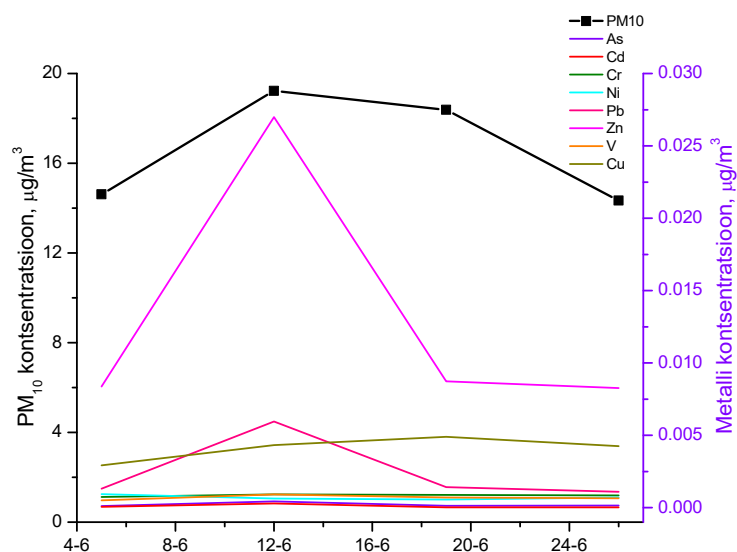
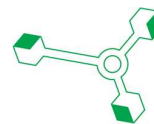


Joonis 30 Musta süsiniku 1 h keskmine kontsentratsioon, II mõõtekampania



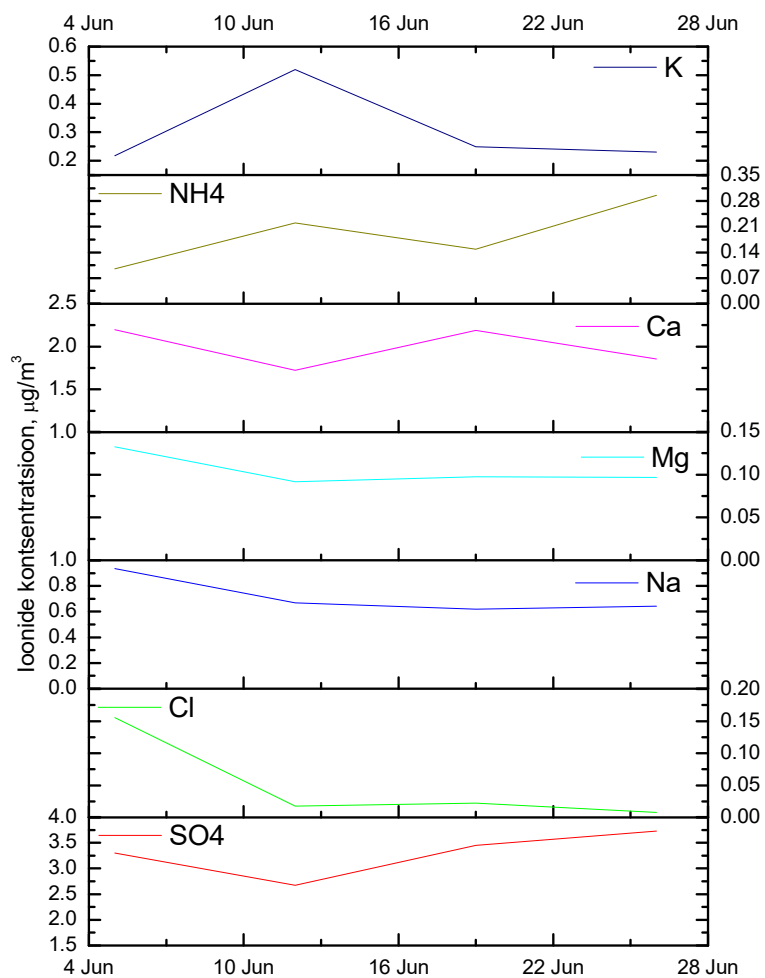
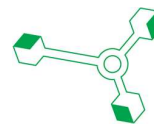
Joonis 31 Musta süsiniku 24 h keskmine kontsentratsioon, II kampaania

Lisaks määrati peente osakeste sisaldust õhus gravimeetriliselt, sh teostati PM₁₀ fraktsioonist keemilised analüüsid ioonilise koostise ning raskmetallide sisalduse suhtes. II mõõtekampaania jooksul koguti nädalaste mõõtetetsüklitena 4 PM₁₀ filtrit, mis tähendab, analüüsitud tulemused kajastavad nädalakeskmisi sisaldusi. Peenosakeste proovid koguti ajavahemikel 05.06 – 12.06.20, 12.06 – 19.06.20, 19.06 – 26.06.20 ja 26.06 – 03.07.20. Sarnaselt esimesele mõõtekampaaniale oli määratud metallidest PM₁₀ fraktsioonis kõrgeim Zn sisaldus, samuti näitasid ülejäänud metallidest kõrgemaid tulemusi Cu ja Pb kontsentratsioonid. Ühtlaselt madalad olid mõõteperioodi jooksul As, Cd, Cr, Ni ja V sisaldused. Mõõteperioodi kõrgeimad As, Cd, Cr, Pb, Zn, ja V kontsentratsioonid määrati perioodil 12.06 – 19.06.20 kogutud peenosakeste proovist. Ni sisaldus oli kõrgeim ajavahemikul 05.06 – 12.06.20 ning Cu sisaldus 19.06 – 26.06.20 (Joonis 32).



Joonis 32 Raskmetallide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampaania

Ioonidest määrati PM₁₀ fraktsioonist järgmised katioonid ja anioonid: Mg²⁺, Na⁺, Ca²⁺, K⁺, NH₄⁺ ja Cl⁻, SO₄²⁻. Määratud ionidest olid mõõteperioodil kõrgeimad Ca²⁺ ja SO₄²⁻ sisaldused, võrreldes eelmise kampaaniaga oli oluliselt langenud Cl⁻ ja Na⁺ sisaldus (Joonis 33).



Joonis 33 Ioonide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampania

PM₁₀ fraktsioonist määratud nädalakeskmise EC/OC sisaldus on esitatud alljärgnevalt. Kõrgeim tulemus mõõdeti 12.06.20 – 19.06.20 kogutud peenosakeste proovist (Tabel 4).

**Tabel 4** EC/OC sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, II mõõtekampaania

Kuupäev	OC	EC	TC
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
05.06.20	3.48	0.45	3.93
12.06.20	5.76	0.54	6.30
19.06.20	4.16	0.57	4.73
26.06.20	3.71	0.36	4.08

5.4 Saasteainete päritolu analüüs

Mõõtepunkti mõjutavate saasteallikate tuvastamiseks kasutati suundanalüüsi, mille kaudu on võimalik tuvastada mõõtepunkti enim mõjutanud suund ning võimalikud saasteallikad. Suundanalüüsi aluseks on summeeritud saastevoog, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa mõõtebussis mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskmiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi. Saasteainete pärinemise ja võimalike heiteallikate täpsemaks tuvastamiseks on järevalt esitatud saastevoogudel arvestatud vaid tuule suunaga, mille puhul tuule kiirus oli samal ajal vähemalt 2 m/s, kuna väiksem tuulekiirus on ebasoodne saasteainete hajumiseks.

Kui I mõõtekampaania ajal kandusid saastetasemed mõõtepunktini lisaks ida suunale peamiselt lõuna ja läänekaartest, siis II mõõtekampaania saastevoo graafikutelt ilmneb, et summaarselt kandus enim saastet mõõtepunktini valdavalt idakaartest. Ka tuulteroosilt nähtub, et mõõteperioodil domineerivad lisaks edela tuulele ka ida ja kirde tuuled. Seega, II mõõtekampaania raames mõõdetud saastetasemed on ilmselt enamjaolt seotud Tallinn-Pärnu-Ikla maantee liiklustegevusega ning mõõtepunktist lääne suunda jääv tootmishoone ning loode suunas asuv Jälgimäe tee mõjutavad kujunenud saastetasemeid mõõteperioodil vaid vähesel määral (Joonis 34, Joonis 35, Joonis 36, Joonis 37, Joonis 38, Joonis 39).

Eraldi võiks välja tuua NO₂, CO, PM_{2.5} ja musta süsiniku saastetasemete kõrgenemise 23. ja 24. juunil. Aegridade analüüsimisel ilmnas, et saastetasemed hakkasid kõrgenema 23. juuni õhtul alates 22:00, saavutasid oma tipu 24. juunil ajavahemikul 02:00 – 04:00 ning pärast seda hakkasid uuesti langema. Episoodi alguses esinesid valdavalt loodetuuled ning episoodi teises pooles lääne- ja edelatuuled. Kuna episoodi ajal kõrgenes oluliselt ka biomassi põletamisel tekkiva tahma kontsentratsioon, võib saastetasemete kõrgenemist seostada peamiselt inimtegevusega, st öise biomassi põletamise ja lahtise tule tegemisega.



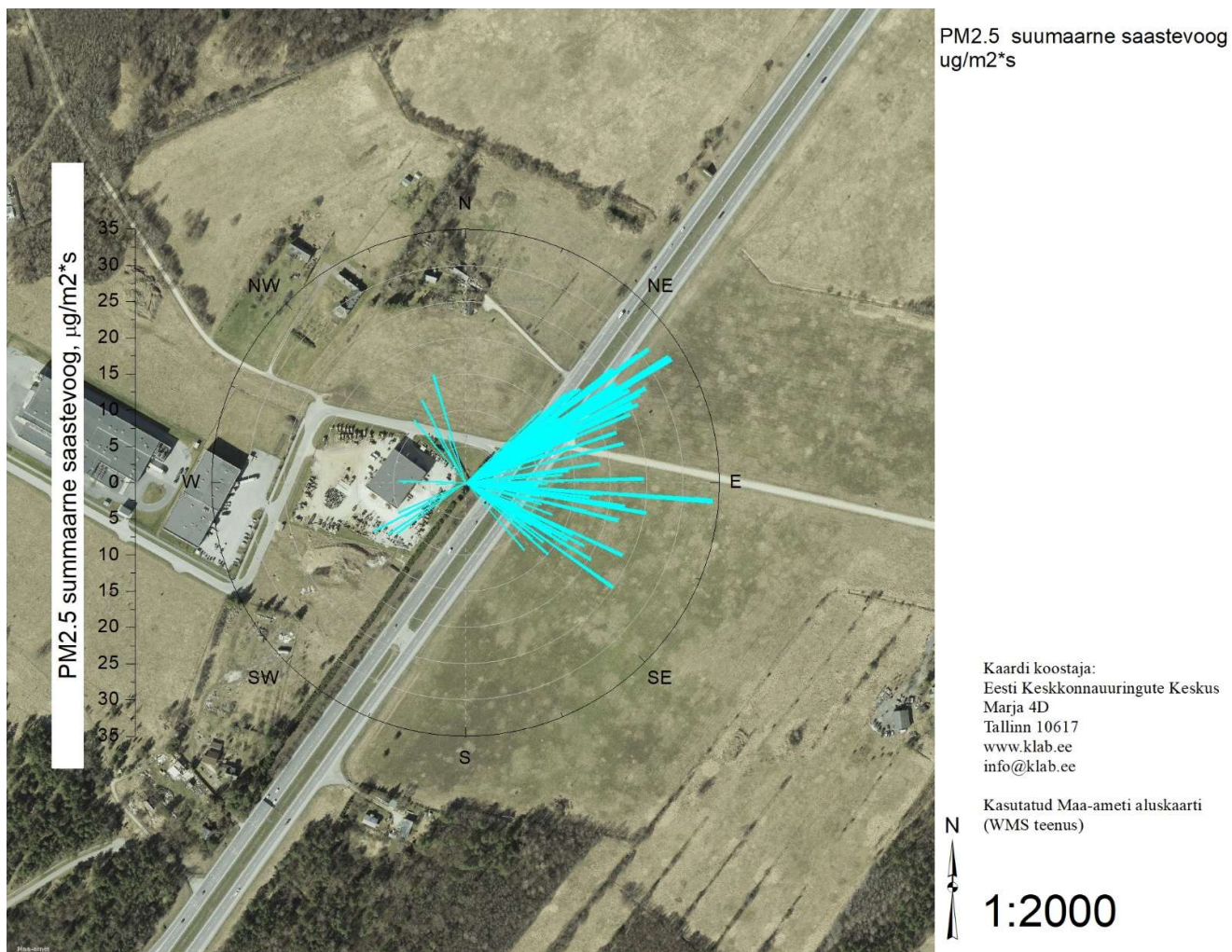
Joonis 34 NO₂ summaarne saastevoog, II mõõtekampaania



Joonis 35 SO₂ summaarne saastevoog, II mõõtekampaania



Joonis 36 CO summaarne saastevoog, II mõõtekampaania



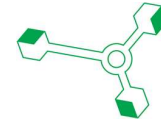
Joonis 37 PM_{2.5} suumaarne saastevoog, II mõõtekampaania



Joonis 38 BCtr summaarne saastevoog, II mõõtekampaania



Joonis 39 BCwb summaarne saastevoog, II mõõtekampaania

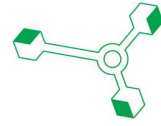


6 Kokkuvõte

Käesoleva töö raames hinnati maanteel tekkiva ja leviva õhusaaste päritolu ning liiklusest pärineva õhusaaste osakaalu üldise õhu saastatuse taseme kujunemisel. Hinnangu andmiseks teostati põhimaanteel 4 Topi - Kanama lõigul mobiilse mõõtejaamaga õhukvaliteedi pidevmõõtmisi SO_2 , NO_x , CO ja $\text{PM}_{2,5}$ kontsentratsioonide ning meteoroloogiliste parameetrite osas. Lisaks pidevmõõtmistele koguti nädalaste mõõtettsükklitena PM_{10} proovid, millelt määrati raskmetallide nagu As, Cd, Ni, Pb, Cr, Cu, Zn, V ja ionide SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+} sisaldus. Lisaks määrati PM_{10} fraktsioonist EC/OC sisaldus. Töid teostati kahes etapis, vastavalt talvine mõõtekampaania, mis leidis aset 31.01.20 – 02.03.20 ja suvine mõõtekampaania, mis toimus ajavahemikul 04.06.20 – 06.07.20.

I mõõtekampaania ajal esinesid valdavalt edela tuuled keskmise kiirusega 2,1 m/s, puhanguti kuni 5,3 m/s. Suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 91 % ning välisõhu temperatuur 1,9 °C. Õhu saastatuse seisukohalt olid saasteainete kontsentratsioonid mõõtepunktis üldiselt madalad, seda nii gaasiliste saasteainete kui ka raskmetallide, ionide ja EC/OC osas. Välisõhu saastatuse tasemele kehtestatud piirväärtuste ületamisi I mõõtekampaania ajal ei esinenud. Raskmetallidest olid mõõteperioodil kõrgeimad Zn, Cu ja Pb kontsentratsioonid ning ionidest SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ sisaldus. Saasteainete päritolu analüüsist nähtus, et lisaks Tallinn-Pärnu-Ikla maantee olulisele mõjule, pärines NO_2 , SO_2 , CO ja $\text{PM}_{2,5}$ saaste ka põhja ja loode suunas asuvatest heiteallikatest, lähimad neist Jälgimäe tee ning Kungla tänaval asuv pagaritööstus. Kuna saastetasemed piirkonnas olid üldiselt madalad, siis võib pagaritööstuse osaluse mõõdetud saastetasemete kujunemisel pigem marginaalseks lugeda.

II mõõtekampaania ajal esinesid valdavalt edela, kirde ja ida tuuled keskmise kiirusega 1,4 m/s, puhanguti kuni 4,5 m/s. Suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 76 % ning välisõhu temperatuur 18,4 °C. Sarnaselt I mõõtekampaaniale olid mõõdetud saastetasemed piirkonnas üldiselt madalad, v.a 23.06 – 24.06.20 esinenud episood, kui mõõtejaama analüsaatorid registreerisid saastetasemete olulise tõusu, samas raskmetallide ja ionide sisalduses samaaegselt kõrgenemist ei esinenud. Saasteainete päritolu analüüsist järeldus, et II mõõtekampaania raames mõõdetud saastetasemed olid enamjaolt seotud Tallinn-Pärnu-Ikla maantee liiklustegevusega ning mõõtepunkti lääne suunda jääv tootmishoone ning loode suunas asuv Jälgimäe tee mõjutasid kujunenud saastetasemeid mõõteperioodil vähesel määral. Nimetatud episoodi ajal, kui esines üldise saastetaseme tõus, puhusid nii loode- kui ka lääne- ja edelatuuled, mis viitab mõõtepunktile lähedal asuvatele eramajade tegevusele. Kuna episoodi ajal kõrgenes oluliselt ka puidu ja biomassi põletamisel tekkiva tahma kontsentratsioon, võib



saastetasemete järsku kõrgenemist seostada peamiselt inimtegevusega, st öise biomassi põletamise ja lahtise tule tegemisega.

Kui võrrelda I ja II mõõtekampaania tulemusi, siis perioodikeskmised saasteainete sisaldused gaasiliste saasteainete osas oluliselt ei erinenud, SO_2 ja CO keskmine sisaldus püsis mõlema mõõtekampaania ajal samal tasemel, NO_2 keskmine sisaldus suvisel perioodil langes. Talvise perioodiga võrreldes tõusis II mõõtekampaania ajal $\text{PM}_{2.5}$ ja musta süsiniku, sh transpordist pärineva tahma keskmine sisaldus. Samuti olid suvise mõõtekampaania ajal mõnevõrra kõrgemad Zn, Cu ja Pb keskmised kontsentratsioonid. Talvise mõõtekampaania ajal näitasid kõrgemaid tulemusi peenosakeste fraktsioonist määratud ionide nagu SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ sisaldus, suvise kampaania ajal oli Cl^- , Na^+ ionide sisaldus märgatavalt langenud. Saasteainete päritolu osas saab öelda, et oluliseks saastetasemete kujundaks piirkonnas mõlema mõõtekampaania ajal oli Tallinn-Pärnu-Ikla maantee, vähesel määral ka mõõtepunkti läheduses asuv kõrvaltee ning tootmishoone, samuti eramajade tegevuse mõju suvise episoodi ajal.

Mõõtmistulemuste põhjal võib õhukvaliteedi saastatuse taseme piirkonnas lugeda heaks, kuna mõõdetud saastetasemed kehtestatud õhukvaliteedi piirväärtuseid ei ohustanud, mistõttu puudus võimalus ebasoodsa mõju tekkele inimese tervisele ja keskkonnale.