



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Eemeli Nieminen  
Juuso Halonen

## Katupölymittaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

6.11.2019

Tekijät Otsikko	Eemeli Nieminen, Juuso Halonen Katupölymittaukset
Sivumäärä Aika	26 sivua 6.11.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Tuotetekniikka
Ohjaajat	Projekti-insinööri Aleksi Malinen Lehtori Heikki Parviainen
<p>Työn tavoitteena oli kerätä ja analysoida tienpinnasta irtoavaa katupölyä. Työ tehtiin osana laajempaa selvitystä Oulun seudun ennenaikaisesti rikkoutuneista jakohihnoista. Työssä kerättiin tienpinnasta irtoavaa katupölyä Metropolian tutkimusauto Nuuskijalla.</p> <p>Mittauksia suoritettiin Oulun seudulla ja pääkaupunkiseudulla sekä talvi- että kesärengaskaudella. Tämä mahdollisti kesä- ja talvirenkaiden nostattaman katupölymäärien vertailun. Kerätyt näytteet lähetettiin Geologian tutkimuskeskukselle analysoitavaksi.</p> <p>Työssä kuvataan yleisesti tutkimusauton laitteisto ja analysoidut mittaustulokset. Mittaustulokset taulukoitiin ja näytteiden sisältämät aineet selvitettiin.</p> <p>Mittaustuloksista ei ole havaittavissa selkeää yksittäistä tekijää, joka selittäisi Oulun seudun jakopäiden ennenaikaisen vikaantumisen.</p> <p>Lähdemateriaalina käytettiin verkkomateriaaleja, GTK:n analyysejä sekä laskemalla saatuja mittaustuloksia.</p>	
Avainsanat	Nuuskija, jakohihna, katupöly

Author Title	Eemeli Nieminen, Juuso Halonen Road Dust Survey
Number of Pages Date	26 pages 06 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Aleksi Malinen, Project Engineer Heikki Parviainen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to collect and analyze road dust from the surface of the road. The work was carried out as part of a larger study of prematurely failed timing belts in the region of Oulu. The road dust was collected by using Metropolia research vehicle, Nuuskija.</p> <p>The surveys were carried out in Oulu area and Helsinki area in summer and in winter tyre season. This made it possible to compare the amount of road dust between summer and winter tyres. The collected samples were sent to Geological Survey of Finland for analysis.</p> <p>This thesis describes the hardware of the research vehicle in general and analyzes survey samples. The results of the survey were tabulated and the materials of the samples were clarified.</p> <p>There is no single explicit cause for prematurely failure timing belts in the region of Oulu.</p> <p>Online materials, analyses carried out by Geological Survey of Finland and the results of calculating the data were used as reference material in this thesis.</p>	
Keywords	Nuuskija, timing belt, road dust

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Nuuskija	2
3	Mittalaitteisto	3
3.1	TEOM	3
3.2	DustTrak	4
4	Mittausreitit	5
5	Näytteistä löytyneet aineet	8
6	Näytteiden analysointi	12
6.1	Kantatie 88	14
6.2	Valtatie 4 – Valtatie 8	14
6.3	Valtatie 20	15
6.4	Valtatie 4 Kemi	15
6.5	Kehä III	16
6.6	Ilmanäyte Kehä III	16
6.7	Ilmanäyte Raahe–Oulu	17
6.8	Ilmanäyte Oulu–Kemi	17
7	Mittaustulosten diagrammit	18
8	Tiekohtaiset kuvaajat	21
9	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

## Lyhenteet

GTK Geologian tutkimuskeskus.

TKHJ Tietokannan hallintajärjestelmä. Ohjelmisto, jonka avulla hallinnoidaan tietokantoja.

## 1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on toimia jatkotutkimuksena jo aiemmin tutkittuun jakopäiden ennenaikaisen kulumiseen Oulun seudulla. Tässä työssä keskitytään tien pinnasta nousevaan katupölyyn. Tavoitteena on selvittää, eroavatko Oulun seudulla kerätyt näytteet pääkaupunkiseudulla kerätyistä katupölynäytteistä. Kerätyt katupölynäytteet lähetettiin analysoitavaksi Geologian tutkimuskeskukselle (GTK). Analysoiduista näytteistä koottiin taulukot. Taulukoista pystyy vertailemaan paikka- ja vuodenaikakohtaisia eroavaisuuksia.

Aihetta on aiemmin tutkittu Metropolian toimesta jo kahdessa, Henrikssonin (2016) ja Ville Väänäsen (2017), opinnäytetyössä Anton [1; 2].

Työn tilaajana toimi K Auto Oy (ent. VV-Auto Group Oy). K Auto on erikoistunut Suomessa Volkswagen-konsernin autojen maahantuontiin ja jälkimarkkinointiin.

## 2 Nuuskija

Nuuskija (kuva 1) on Volkswagen LT 35:n pohjalle rakennettu ajoneuvo. Nuuskija on suunniteltu ja toteutettu alun perin Helsingin Ammattikorkeakoulu Stadian projektina. Projektin tavoitteena oli valmistaa ajoneuvon, jonka avulla voidaan mm. mitata ilmassa olevia pienhiukkasia. Nuuskijalla voidaan suorittaa mittauksia myös talvella, sillä auton tavaratilaan rakennettu mittauskeskus on eristetty. Auton oma virrantuotto ei riitä kaikille mittauslaitteille, joten autoon on lisätty kapasiteettia lisäämällä akuston kokoa. Autossa on GPS-järjestelmä, jonka avulla saadaan reaaliaikaista dataa mm. ajoneuvon nopeudesta ja sijainnista. Lisäksi auton takatilassa olevat mittalaitteiden kellot on myös kalibroitu samaan gps-aikaan. Myös mittausdataan käsittelevä tietokone on kalibroitu samaan aikaan. Tällöin koko mittausprosessista saadaan dataa reaaliaikaisesti. Tämä helpottaa datan käsittelyä, koska kellonajat ovat verrattavissa yksi yhteen.

Kyseissä ajoneuvossa käytettävät mittalaitteet ovat mm. ELPI (Electrical Low Pressure Impactor), TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) sekä DustTrak. Nuuskijalla pystytään mittaamaan renkaan nostattamaa katupölyä, jonka keräys tapahtuu takarenkaan taakse sijoitetun suutinkappaleen avulla. Ilmassa oleva katupöly saadaan kerättyä talteen ajoneuvon keulaan sijoitetuilla keräysputkilla. Nuuskijan rakentaminen on kuvattu Juha Seppälän insinööriyössä ja jatkokehitys Zoran Bozicin työssä [3; 4].



Kuva 1. Metropolian tutkimusauto [5]

### 3 Mittalaitteisto

#### 3.1 TEOM

TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) on mittalaite, jolla pystytään mittaamaan hiukkaspitoisuuksia (kuva 2). TEOMi:lla pystytään mittaamaan eri hiukkaskokoja, mm.  $PM_{10}$  ja  $PM_{2,5}$ . Mittauksen aikana ilmaa imetään ennalta määritetyllä virtausnopeudella joka on 3 l/min. Imetty ilma kulkee suodattimen läpi, ja suodatinta punnitaan jatkuvasti, jolloin saadaan tutkittavan aineen massapitoisuudet. Massapitoisuudet pystytään laskemaan lähes reaaliaikaisesti suodattimen massaeroista. Imetty ilma kulkee ensin karkeamman suodattimen läpi ( $PM_{10}$ ). Ilmamassa päädyttyä massa-anturille se kulkeutuu teflonpäällysteisen boorilasikuitusuodattimen lävitse. Tätä suodatinlaite punnitsee noin 2 sekunnin välein.

Laite vertailee senhetkisen suodattimen sekä tyhjän suodattimen alkumassoja. Tästä saatu erotus on laitteen keräämän aineksen kokonaismassa. Näytteen kohinaa pienennetään tasoittamalla näytteen kokonaismassa lukemat eksponentiaalisesti [4].



Kuva 2. Mittalaite TEOM [6]



### 3.2 DustTrak

DustTrak (kuva 3) pystyy mittaamaan samanaikaisesti sekä hiukkasten massan sekä hiukkasten pinta-alan. Vastaavilla ei samoja ominaisuuksia. DustTrakilla pystytään mittaamaan mm.  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  hiukkaskokoja. Tällä pystytään erottelemaan aerosolin epäpuhtauksia kuten esimerkiksi pöly, savu, höyryt ja sumu.

Mittausten aikana hiukkasmassojen massakeskittymislukemia pystytään seuraamaan reaaliajassa, jolloin mittauksen suunnittelu ja valvonta mittausprosessin aikana on helppoa.



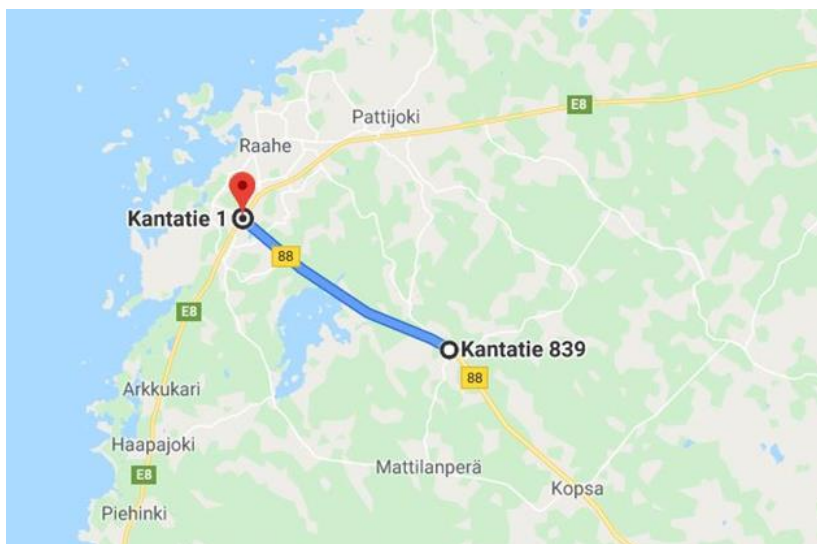
Kuva 3. Mittalaite DustTrak [7]

#### 4 Mittausreitit

Mittauksiin käytetyt reitit valittiin liikennemäärien perusteella. Oulun seudun reitit (kuvat 4–8) olivat valtaväylillä ja pääkaupunkiseudulla mittaukset suoritettiin Kehä III:lla. Kyseisillä reittiosuuksilla on paljon liikennettä, minkä vuoksi mittaukset suoritettiin ruuhka-aikojen ulkopuolella. Tämän johdosta saatiin mitattua realistinen altistuminen pölymäärälle. Ruuhka-aikoja vältettiin jotta esimerkiksi edessä ajavan auton päästöt eivät vääristäneet mittaustuloksia.

Mittaukset suoritettiin sekä kesä- että talvikaudella. Samat reitit ajettiin uudelleen, jotta pystyttäisiin vertailemaan kesärenkaiden ja nastarenkaiden eroa tienpinnasta nousevassa pölymäärässä. Nastarengaskaudesta haluttiin selvittää, kasvattaako se tiestä nousevaa pölymäärää kesärengaskauteen verrattuna.

Nastarengaskauden mittaukset sijoitettiin loppupalveen. Mittausten vaatimuksena oli sula ja kuiva tienpinta. Tällöin saatiin minimoitua esimerkiksi tiesuolan liiallinen esiintyminen näytteissä. Suolauksen jälkeen otettu pölynäyte vääristäisi mittaustulosta ja muiden aineiden osuutta tienpinnasta nousevissa mineraaleissa.



Kuva 4. Mittausreitti Kantatie 88



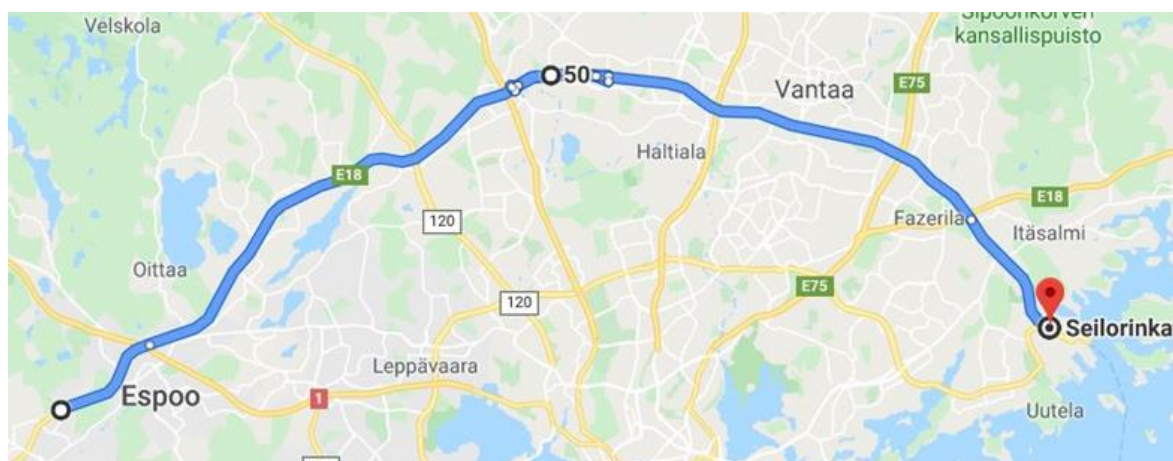
Kuva 5. Mittausreitti VT4–VT8



Kuva 6. Mittausreitti VT20



Kuva 7. Mittausreitti VT4 Kemi



Kuva 8. Mittausreitti Kehä III

## 5 Näytteistä löytyneet aineet

Mittauksissa esiintyi yli kolmeakymmentä erilaista mineraalilajia. Suurin osa näistä on ihan tavallisesta kallioperästä peräisin olevia mineraaleja. Tässä työssä tarkastellaan kymmentä näytteissä eniten esiintyvää mineraalia. Nämä yleisimmät mineraalit toistuivat suurimmalta osin jokaisessa näytteessä mittauspaikasta riippumatta. Eroavaisuuksia havaittiin lähinnä mineraalien prosentuaalisessa määrässä eri näytteissä.

Vertailukohdaksi valittiin Oulun seudun alueelta kerätty näyte (kuva 9). Tästä näytteestä valittiin kymmenen eniten esiintyvää mineraalia. Muista näytteistä rajattiin näiden kymmenen ulkopuolelle jäävät mineraalit pois. Näin pystyttiin suoraan vertailemaan eri mineraalien esiintymiä eri mittauspaikkojen välillä

NaCl	_____
Albite	_____
Quartz	_____
K-feldspar	_____
Mg-biotite	_____
CrMgAlSi	_____
Plagioclase	_____
Dolomite	_____
Biotite	_____
Mg-Hornblende	_____
Fe-oxide (göthite/limonite)	_____
Olivine_Fa	_____
CrFeAlSi	_____
Cr-chlorite	_____
Fe-oxide (magnetite/hematite)	_____

Kuva 9. Vertailunäytteen yleisimmät aineet

### *Albiitti*

Albiitti on plagioklaasimineraali. Plagioklaasissa on kahta eri maasälpää, albittia sekä anortiittia. Albiittia saatetaan myös kutsua natriummaasälväksi, sillä se sisältää paljon natriumia. Albiittia löytyy luonnosta mm. graniiteista ja gneisseistä. Väriltään albiitti on tavallisesti valkoinen tai vihertävä. Mohsin asteikolla albiitin kovuus on 6–6,5. [8]

### *Kvartsi*

Kvartsi on maankuoressa yleisesti esiintyvä hohkasilikaattimineraali. Kvartsia löytyy lisäksi lähes kaikista kivilajeista. Kivilajeissa kvartsi esiintyy vierasmuotoisina rakeina. Kvartsin alhainen tiheys ja väljä rakenne antavat sille suuren kovuuden. Mohsin asteikolla kvartsin kovuus on 7. [8]

### *Kalimaansälpä*

Kalimaasälpä on yleinen kivilajimineraali. Sitä esiintyy mm. graniitissa ja gneississä. Kalimaasälpää käytetään teollisuudessa, mm. laseissa. Sitä esiintyy useassa eri väreissä ja värittömänä. Aineen kovuus Mohsin asteikolla on 6. [9]

### *Biotiitti*

Biotiitti on silikaattimineraali. Biotiittia kutsutaan myös nimellä tumma kiille. Se on hyvin yleinen lähes kaikissa kivilajeissa. Sitä esiintyy mm. graniiteissa ja gneisseissä. Väriltään biotiitti on mustaa tai tummanruskeaa. Se on lisäksi läpinäkymätöntä. Aineen kovuus Mohsin asteikolla on 2.5–3. [9]

### *Magnesium biotiitti*

Biotiittiä joka on todella magnesium rikasta ja muutoin samat ominaisuudet kuin tavallisella biotiitilla.

### *Rautaoksidi(götiitti/limoniitti)*

Rautaoksidiseos sisältää götiittiä sekä limoniittiä. Götiittiä on rautahydroksimineraali, jolla on useita ilmenemismuotoja. Se saattaa esiintyä massoina, levyinä tai kiteinä. Götiittiä esiintyy väriltään kellertävänä, punertavana tai tummana. Götiitin kovuus on 5–5,5 Mohsin asteikolla. [9]

Limoniitti on rautaoksidimineraalien yhdistelmä. Siinä on rautaa 20–47%. Väriltään limoniitti on keltaista, oranssia, punaruskeaa tai ruskeanmustaa. Suurin rautapitoisuus on lähes mustaan taittavassa esiintymässä. Limoniitti esiintyy pyöreinä, litteinä tai herneenmuotoisina palasina tai suurina levyinä. Tiiviin limoniitin kovuus Mohnsin asteikolla on 5–5,5. [9]

### *Oliviini*

Oliviini(fayaliitti) on rautapitoinen silikaattimineraali. Oliviinia on myös magnesiumipitoisena forsteriittina. Sitä esiintyy vihreän kaikissa eri sävyissä. Oliviini voi olla samea, läpinäkyvä tai kasikiiltainen. Oliviinilla on korkea sulamispiste, joten sitä käytetään kiuaskivenä. Oliviinin kovuus on 6,5–7. [10]

### *Plagioklaasi*

Plagioklaasi on yksi yleisimmistä kivimineraaleista ja kuuluu maasälpälajiin. Sille on ominaista lasimainen pintakiilto, sillä se on läpikuultavaa. Väriltään plagioklaasi on harmaa. Kovuus Mohsin asteikolla 6. [9]

### *Magnesium rikas sarvivälke*

Magnesiumilla rikastunut sarvivälke. Itse sarvivälke on yksi yleisimmistä tummista mineraaleista kallioperässämme. Sitä esiintyy myös muiden kivien ainesosana. Mineraalin värit vaihtelet mustan, himmeänvihertävän tai vihertävän ruskean välillä. Kovuus Mohnsin asteikolla on 5–6. [9]

### *Rautaoksidi (magnetiitti/hematiitti)*

Magnetiitti kuuluu oksidimineraaleihin ja on tärkeä rautamalmimineraali. Puhtaimmissa magnetiiteissa on rautaa jopa 72 %. Magnetiitti saattaa sisältää hyvin pieniä määriä titania tai vanadiinia. Kuten magnetiitin nimestä saattaa arvata, se on vahvasti magneettista. Väritään magnetiitti on harmaanmustaa tai raudanmustaa. Kovuus Mohnsin asteikolla on 5,5–6. [9]

Hematiitti on rautamalmi peräinen kivi, joka tunnetaan myös verikivenä. Se on varsin yleinen mineraali jossa yhdistyy rauta sekä happi. Hematiittia esiintyy yleensä suurissa esiintymissä. Perusväritään hematiitti on teräksenharmaa, mutta rapautuminen muuttaa sen värin verenpunaiseksi. Hematiittia louhitaan myös magnetiitin korvaavana mineraalina. Hematiitin kovuus Mohnsin asteikolla 5–6 [9].

### *Natriumkloridi*

Natriumkloridi on tiesuolan ainesosa. Tullut tiesuolauksen mukana näytteeseen kevään näytteisiin.

### *Dolomiitti*

Dolomiitti on kalsiummagnesiumkarbonaatti. Väritään se on usein ruskehtavaa tai kellertävää, mutta myös todella harvoin puhtaan valkoista. Jos dolomiitti on väritään voi-



makasta, niin se johtuu epäpuhtauksista. On myös ääritapauksia, joissa dolomiitti on tiilenpunainen, vihreä tai musta. Dolomiittia käytetään maanparannusaineissa, joissa dolomiitti vähentää maan happamuutta ja lisää maan kalsium- ja magnesiumpitoisuutta. Kovuus Mohsin asteikolla on 3,5–4. [9]

### *CrFeAlSi*

CrFeAlSi on kuona-aine joka sisältää kromia, rautaa, alumiinia sekä piitä.

### *Cr-kloriiti*

Cr-kloriittia löytyy kromirikkaasta ympäristöstä esim. kromikaivoksen kivissä ja kromiesiintymissä yleensä.

## **6 Näytteiden analysointi**

Mitatut tulokset lähetettiin analysoitavaksi GTK:lle. Näytteet analysoitiin Schottky-pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (FE-SEM), johon on liitetty Oxford Instrumentsin energiadispersiivinen spektrometri (EDS). Laitteistoa käytetään INCA- ja Aztec-ohjelmistoilla.

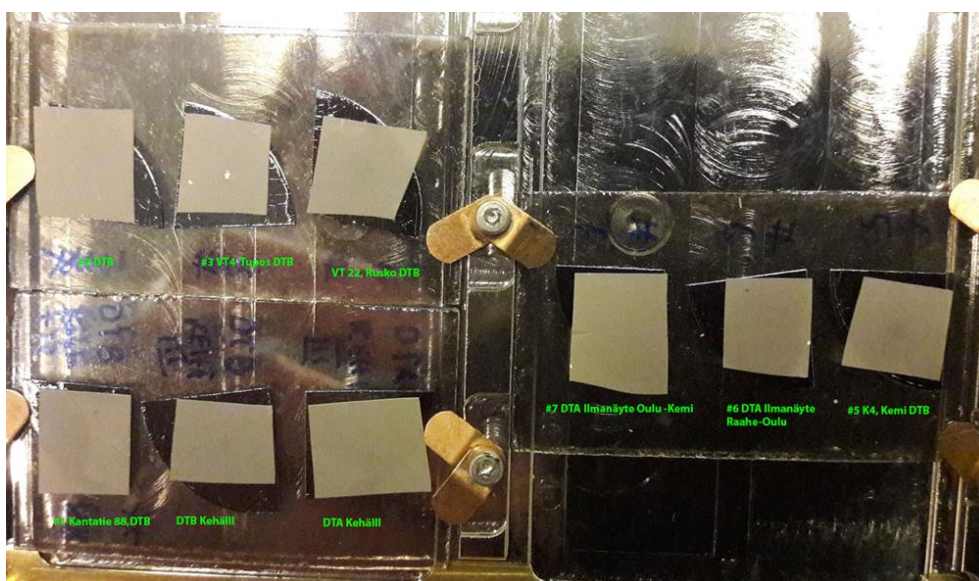
Analyysiparametrit olivat kiihdytysjännite 20 kV, elektronisäteen virran voimakkuus 0,5 nA, elektronisäteen ns emissiotilavuus noin 3  $\mu\text{m}^3$ .

Analyysissä leikattiin näytealustan keskiosasta noin 1 x 1 cm:n palat, minkä jälkeen ne kiinnitettiin hielasiin grafiittietiketeille. Sähköjohtavuuden parantamiseksi näytteet päällystettiin hiilellä. (Kuva 10.)

Kustakin näytteestä analysoitiin automaattianalytiikalla n. 5 000 yksittäistä analyysipistettä modaalikoostumuksen selvittämiseksi, mutta kaikissa näytteissä ei ollut niin montaa analysoitavaa rautaa.

Faasien tarkka määrittäminen EDS-spektrin perusteella ei ole mahdollista erityisesti mineraaleilla, jotka sisältävät hiiltä, OH- ja H<sub>2</sub>O-ryhmiä. Berylliumia (Be) ja sitä kevyempiä alkuaineita ei voida analysoida. Epävarmuustekijät tulee huomioida tarkasteltaessa esitettyjä tuloksia.

Näytemateriaalien analysointi oli haastavaa sen heterogeenisuudesta ja pienen rakekoostaan johtuen. Myös rakeiden koostumus haittaa analyysitulosten luotettavuutta jonkun verran. Tutkimuksessa kuitenkin analysoitiin riittävästi rakeita, niin että tuloksia voidaan pitää luotettavana, vaikka näytteet sisälsivät runsaasti ei-luokiteltuja rakeita.



Kuva 10. Hiilipäällystetyt näytepaperit

## 6.1 Kantatie 88

### *Kevät*

Näytteessä olivat päämineraaleina albiitti, kvartsi, kalimaasälpä ja Mg biotiitti. Näyte sisälsi CrMgAl-silikaattia CrFeAl-silikaattia, Cr-kloriittia sekä kromiittia. Näytteestä löytyi yksi Zn-metallirae.

### *Kesä*

Näytteen päämineraalit olivat albiitti, kvartsi, kalimaasälpä ja biotiitti. Kromiittia oli 0,7 % ja muita kromipitoisia faaseja on yhteensä 0,5 %. Muita erikoisia faaseja olivat NaCl (hie-man), MnFe-oksidi ja sinkkimetalli. [11]

## 6.2 Valtatie 4 – Valtatie 8

### *Kevät*

Tämä näyte sisälsi runsaasti NaCl:a. Pääalkuaineina olivat kvartsi, albiitti, Mg-sarvivälke, plagioklaasi ja kalimaasälpä sekä biotiitti. Tästäkin näytteestä löytyi samat kromi-pitoiset faasit kuin edellisestä näytteestä.

### *Kesä*

Näytteen päämineraalit olivat albiitti, kvartsi, plagioklaasi, sarvivälke ja biotiitti. Karbonaatteja oli suhteellisen paljon sekä dolomiittia että kalsiittia. Kromipitoisia faaseja oli lähes 1 %. Näytteessä oli myös metallista rautaa ja sinkkiä sekä magneettikiisua. [11]

### 6.3 Valtatie 20

#### *Kevät*

Päämineraaleina olivat albiitti, kvartsi, kalimaasälpä, sideriitti sekä Mg-biotiitti. Näyte sisäsi NaCl noin viidesosan. Kromipitoisia faaseja olivat CrMgAl silikaatti, kromiitti, CrFeAl silikaatti, Cr-kloriitti ja kromiitti.

#### *Kesä*

Näyte sisälsi götiittiä ja Fe-oksiedeja lähes puolet (45 %) näytteen kokonaismäärästä. Muita ainesosia olivat mm. albiitti, kvartsi, biotiitti ja kalimaasälpä. Kromipitoisia faaseja löytyi vähän. Tästä näytteestä löytyi myös messinkiä ja sinkkimetallia [11].

### 6.4 Valtatie 4 Kemi

#### *Kevät*

Tämä näyte oli, kuten edellinen näyte, Cr-pitoinen ja sisälsi yhteensä noin 5,6 % Cr-pitoisia faaseja. NaCl:a oli vähän eli 4,6 %. Pääalkuaineina oli albiitti ja kvartsi.

#### *Kesä*

Päämineraalit olivat götiitti ja Fe-oksidit, albiitti, kvartsi ja kalimaasälpä. Kromipitoisia faaseja oli suhteellisen paljon eli 2,7 %. Metallista sinkkia löytyi pari rautta. [11]

## 6.5 Kehä III

### *Kevät*

Päämineraalit olivat samoja kuin edellisissä näytteissä. NaCl:a löytyi 25 %. Tästä näytteestä löytyi kaksi sinkkimetalliraetta, yksi kromi-rauta-alumiinisilikaattirae ja yksi kromiitirae.

### *Kesä*

Näytteen päämineraalit olivat kvartsi, albiitti ja kalimaasälpä. Näytteessä oli vain vähän kromipitoista faasia, yhteensä noin 0,2 %, ja vain vähän NaCl:a. Sinkkiä tuli vastaan kaksi raetta. [11]

## 6.6 Ilmanäyte Kehä III

### *Kevät*

Näytteessä esiintyi hyvin vähän rakeita. Päämineraaleina olivat kvartsi, albiitti ja kalimaasälpä. NaCl:a esiintyi myös mutta vähemmän kuin edellisessä näytteessä. Kromipitoisia faaseja ei löytynyt.

### *Kesä*

Näytteen päämineraalit ovat götiitti ja Fe-oksidi, natriumkloridi, albiitti, kvartsi ja kalimaasälpä. Kromipitoisia faaseja löytyi alle prosentti. Verrattuna kahteen aikaisempaan kevään näytteeseen selvästi enemmän götiittia (46,9 %) ja NaCl:a (13,6 %). Lisäksi näytteessä oli sinkkiä ja messinkiä. [11]

## 6.7 Ilmanäyte Raahe–Oulu

### *Kevät*

Myös tämä näyte sisälsi runsaasti NaCl:a, noin 21 %. Pääsilikaatit olivat kvartsi, albiitti ja kalimaasälpä sekä Mg-biotiitti. Kromipitoiset faasit runsausjärjestyksessä ovat CrMgAl silikaatti, Cr-kloriitti ja CrFeAl-silikaatti.

### *Kesä*

Päämineraalit olivat kvartsi, albiitti, kalimaasälpä, biotiitti ja götiitti sekä raudan oksidit. Kromipitoisia faaseja oli yhteensä 1,3 %. [11]

## 6.8 Ilmanäyte Oulu–Kemi

### *Kevät*

Pääfaaseina olivat albiitti ja kvartsikalimaasälpä ja Mg-biotiitti. Tässä näytteessä löytyi hyvin vähän NaCl:a, noin 2 %. Cr-pitoisia faaseja tässä näytteessä oli suhteellisen runsaasti. CrMgAl-silikaattia oli yli 3,4 %.

### *Kesä*

Päämineraalit olivat albiitti, kvartsi, götiitti ja Fe-oksidit, kalimaasälpä ja biotiitti. Kromipitoisia faaseja oli yhteensä 1,3 %. NaCl:a löytyi suhteellisen vähän, 3,6 %. Tämä näyte sisälsi vähän rakeita, minkä vuoksi jäi tulos epävarmaksi. [11]

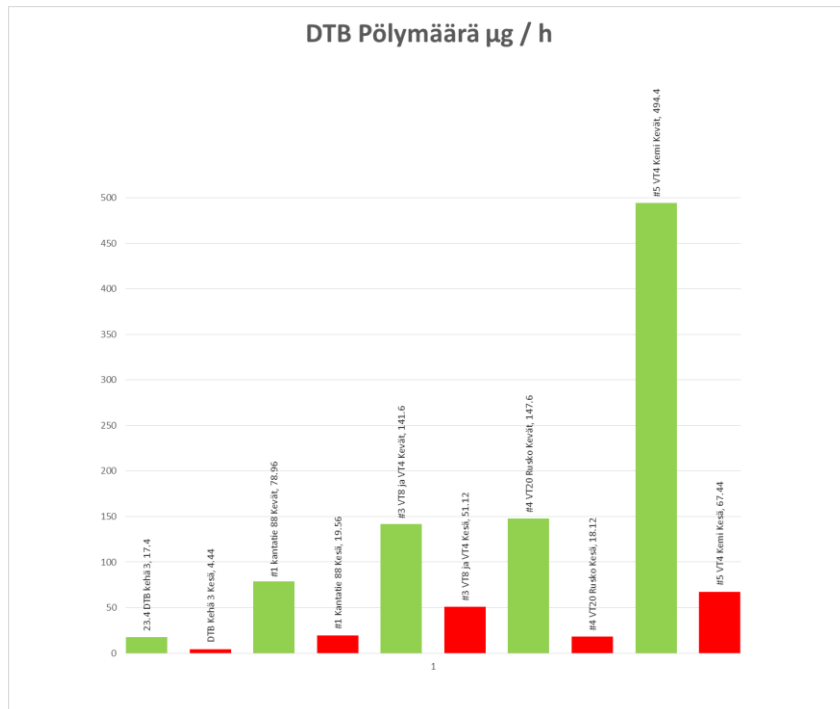
## 7 Mittaustulosten diagrammit

Näytteenotto lenkkiä ajettiin noin 4–6 kertaa, jotta kerättävää pölymassaa saatiin kerättyä tarpeeksi näytteen analysointia varten. Lenkkien lukumäärä riippui tienpinnasta nousevasta pölymäärästä. Joillakin tieosuuksilla pölyä nousi tienpinnasta enemmän, ja tällöin tarvittava massa saatiin nopeammin kerättyä. Toisilla tieosuuksilla pölyä irtosi huomattavasti vähemmän, jolloin mittaustapahtuma kesti kauemmin.

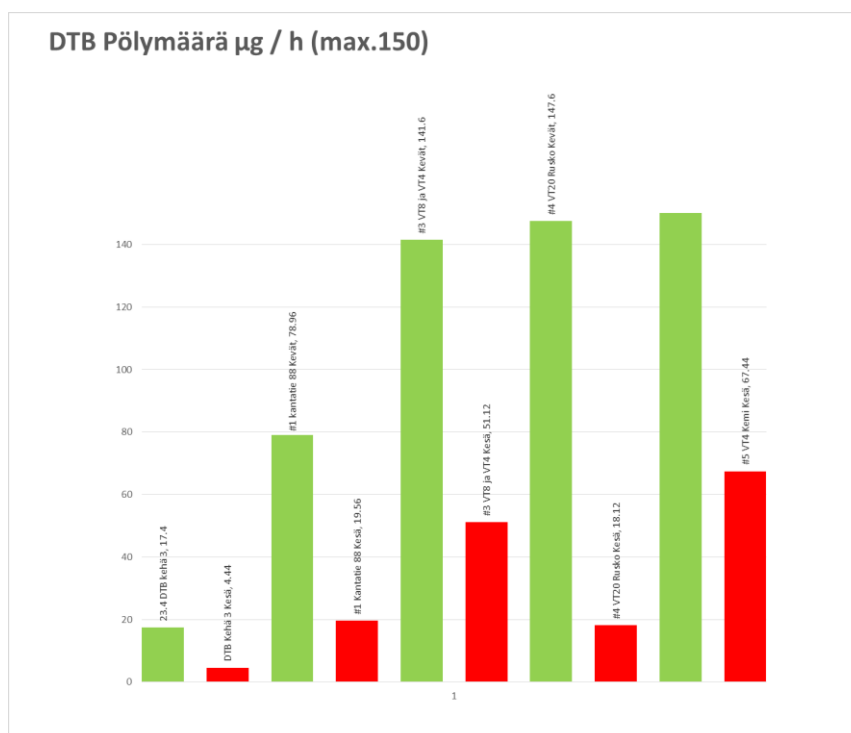
Mittauksiin valittujen tieosuuksien välillä havaittiin eroavaisuuksia tienpinnasta nousevien pölymäärien välillä. Tämä käy ilmi vertailemalla mittausaikoja eri tieosuuksien välillä. Esimerkiksi Kemissä mitattaessa tarvittava pölymäärä saatiin kerättyä nopeimmillaan alle 20 minuutissa. Vastaavasti Kehä III:lla mitattaessa mittaus kesti pisimmillään yli 6,5 tuntia.

Kuvaajista (kuvat 11–13) ilmenee eri tieosuuksien pölymäärä suhteutettuna tunnin keräysaikaan. Aika määritettiin, jotta taulukoista saatiin vertailukelpoisia keskenään ja tarkasteltua eri tieosuuksien välisiä eroja kerätyssä pölymäärässä. Laskettu pölymäärä tuntia kohden on hypoteettinen arvo. Suhteellinen pölymäärä saatiin laskettua keräysajan, DustTrakin läpi virtaavan ilmassan sekä pölymäärän keskiarvona (per kuutiometri ilmaa).

Kuviin 11–13 on vihreällä piirretyt pylväät osoittavat kerätyn pölymäärän nastarengaskauden osalta. Punaiset pylväät vuorostaan kuvaavat pölymäärää kesärengaskauden osalta. Kuvassa 11 on esitetty kokonaiskuvaa pölymäärästä. Kuvassa 12 on rajattu pölymääräksi maksimi 150 mikrogrammaa, jolloin pienempien pitoisuuksien hahmottaminen on helpompaa. Kuva 13 kuvastaa ilmasta kerätyn pölymäärään suhteellisia osuuksia.

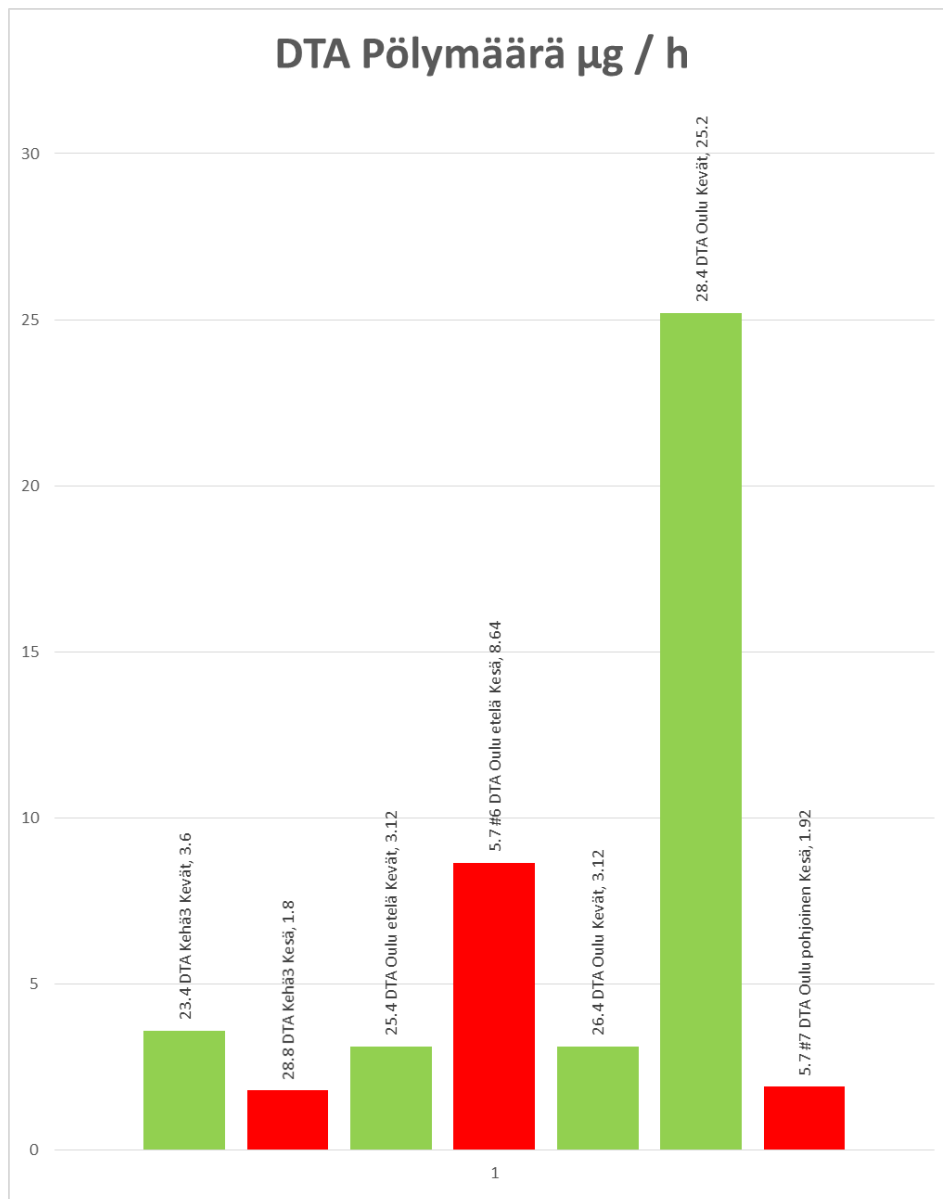


Kuva 11. Pölymäärien kokonaiskuva



Kuva 12. Pölymäärän rajaus 150 mikrogrammaa



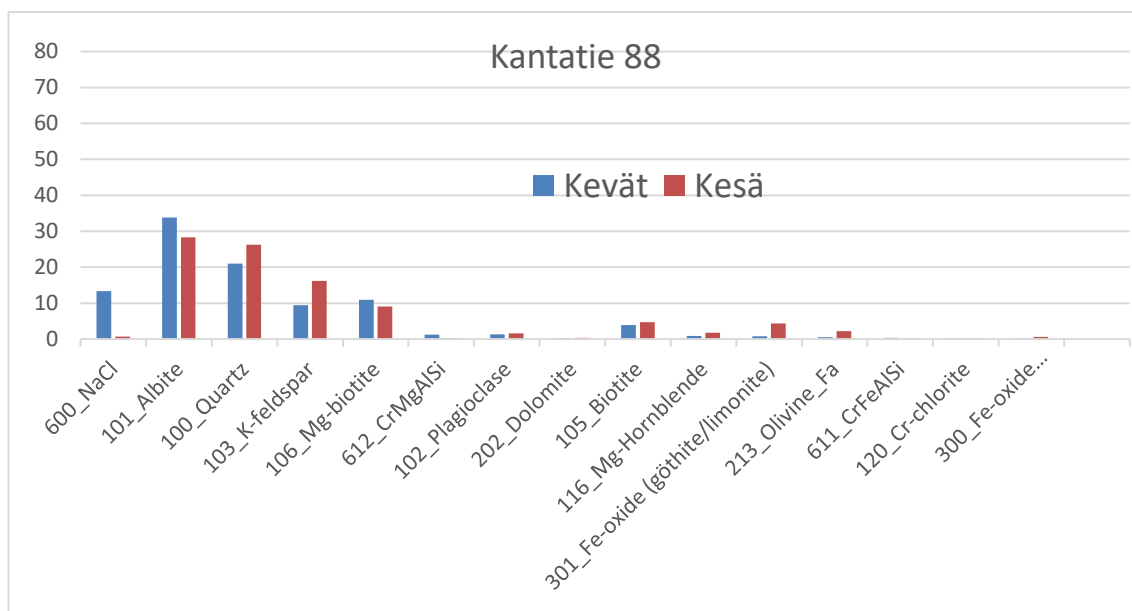


Kuva 13. Ilmanäytteiden pölymäärien kokonaiskuva

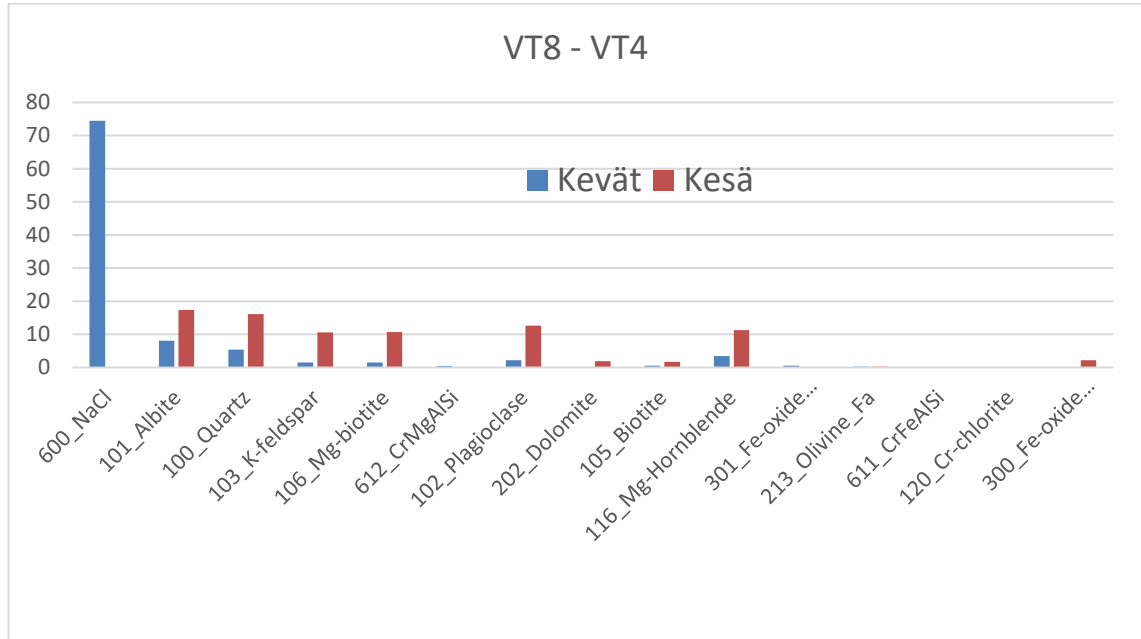
## 8 Tiekohtaiset kuvaajat

Mittaustulokset on esitetty tiekohtaisesti kevään ja kesään osalta kuvissa 14–20. Diagrammeissa on esitetty näytteissä kymmenen eniten esiintyvää mineraalia. Tulokset on ilmoitettu mineraalipitoisuuksien prosenttiosuuksina. Diagrammeihin valittu mineraalien prosentuaalinen esitysmuoto antaa selkeän kuvan eri mineraalien määrien välisistä eroista näytteissä.

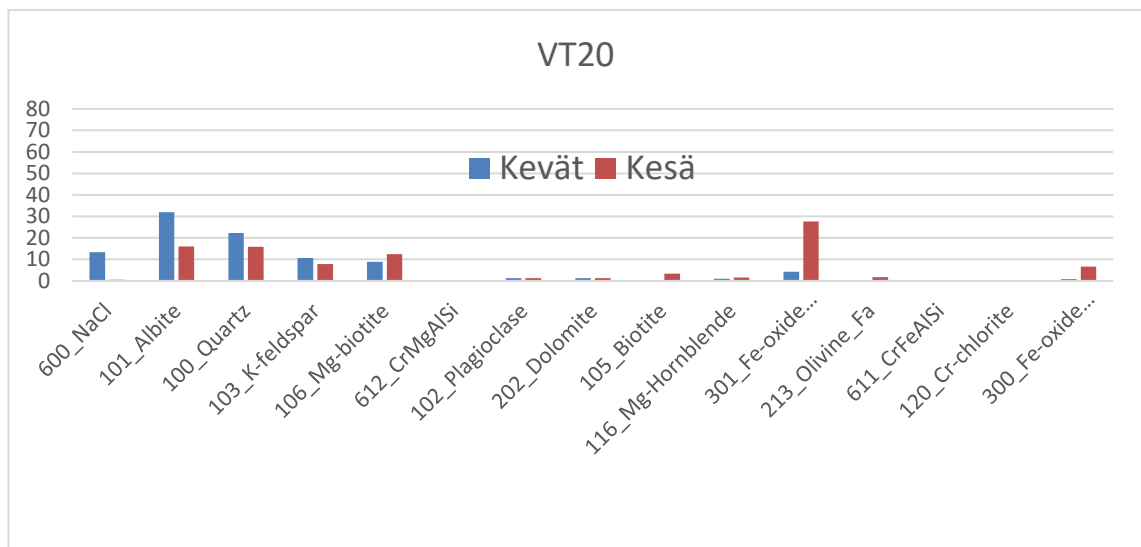
Siniset pylväät kuvastavat taulukoissa mineraalien prosentuaalisia osuuksia kevään näytteiden osalta. Oranssit pylväät kertovat puolestaan kesän mittausten tuloksista.



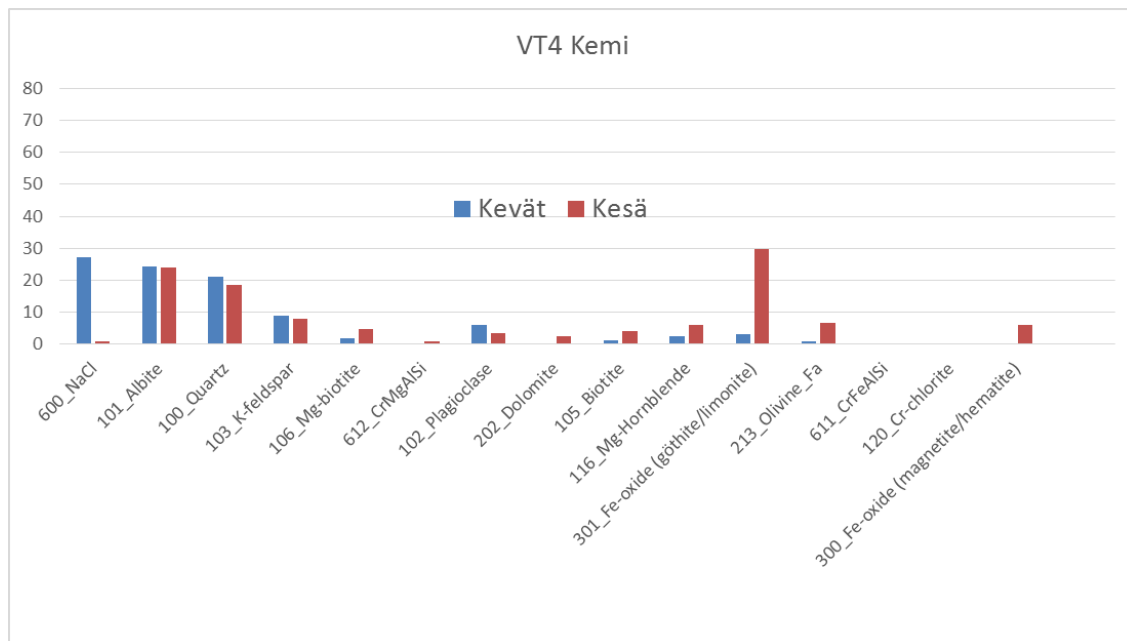
Kuva 14. Kantatie 88:n tulokset



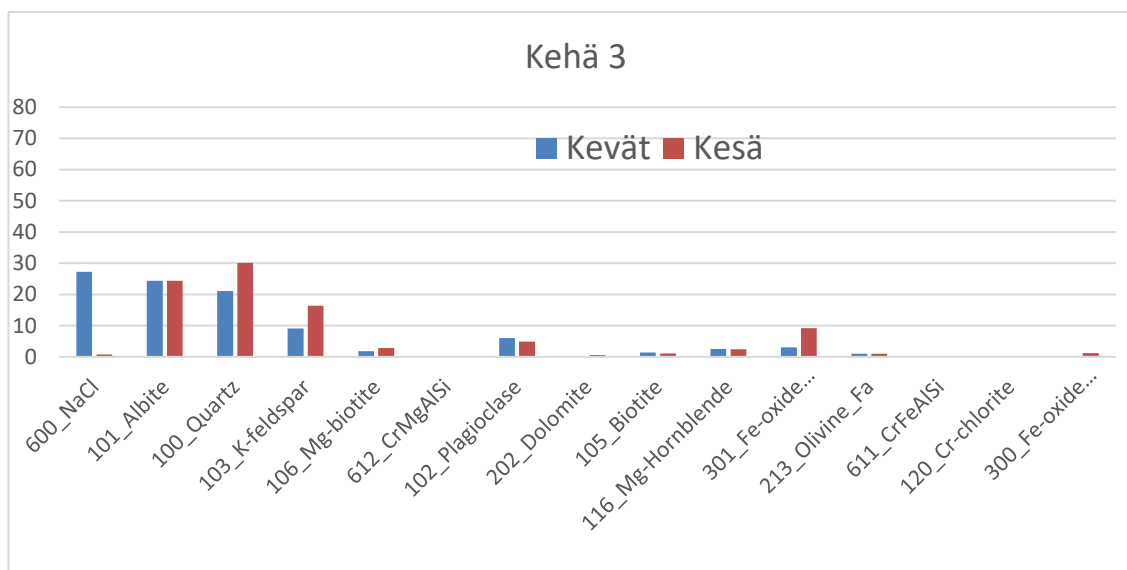
Kuva 15. VT8–VT4:n tulokset



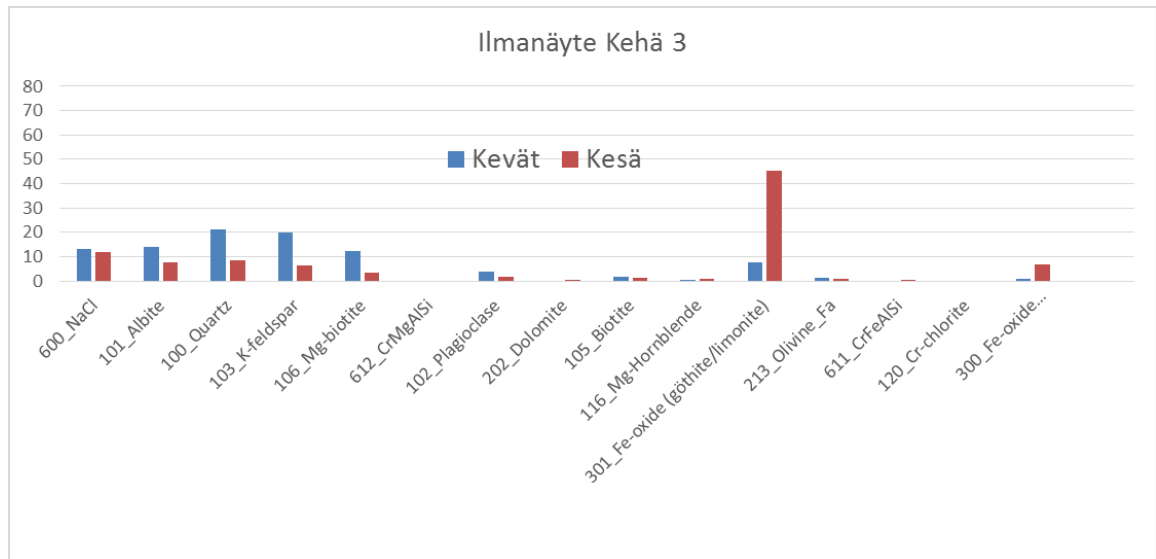
Kuva 16. VT20:n tulokset



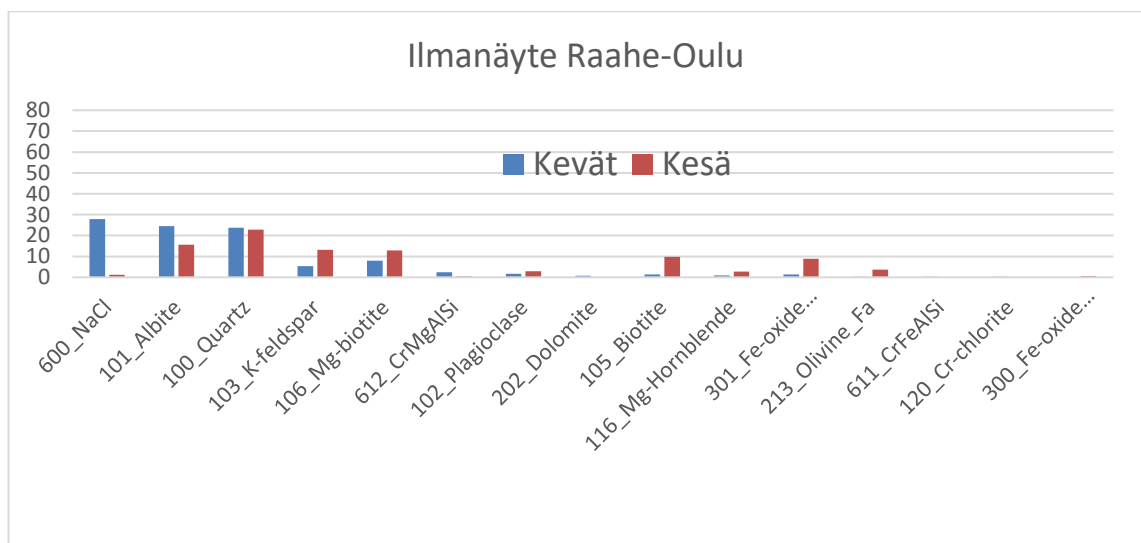
Kuva 17. VT4 Kemin tulokset



Kuva 18. Kehä III:n tulokset



Kuva 19. Kehä III:n ilmanäytetulokset



Kuva 20. Raah-Oulu-välin ilmanäytetulokset

## 9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin katupölyn mahdollisia vaikutuksia enneaikaisesti rikkoutuviin jakopäihin. Kyseinen ongelma on paikallistettu Oulun seudulle. Ongelmasta on aikaisemmin tehty jo muutama tutkimustyö. Tässä työssä keskityttiin tutkimaan tiestöstä nousevaa katupölyä. Samalla tarkasteltiin katupölyn sisältämiä ainesosia ja esiintyykö näytteissä sellaisia aineita, jotka voitaisiin yhdistää jakopäiden enneaikaisiin hajoamiin.

Mittauksista saadun datan perusteella ei voida yksiselitteisesti osoittaa yhtä ainutta ainetta, joka korostuisi Oulun seudulla kerätyissä näytteissä verrattuna pääkaupunkiseudulla kerättyihin näytteisiin. Kevään ja kesän näytteissä tiettyjen ainesosien pitoisuudet laskevat samassa suhteessa Oulun ja pääkaupunkiseudun välillä.

Tulevaisuudessa ongelmaa voitaisiin lähteä ratkaisemaan kemian näkökulmasta. Mikäli jakohihnakotelossa syntyy kemiallisia reaktioita tiettyjen aineiden ja sopivan lämpötilan vaikutuksen alaisena, ne voisivat aiheuttaa osan jakopäiden ongelmista.

## Lähteet

- 1 Henriksson, Anton. 2016. Jakohihnan ennenaikainen kuluminen. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Väänänen, Ville. 2017. Jakopäiden ennenaikaisen kulumisen alueellinen esiintyminen ja mahdolliset syyt. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 Seppälä Juha 2003. Liikenteen Pakokaasupäästöjä tutkiva ajoneuvo. Insinööri-työ. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka.
- 4 Bozic, Zoran. 2007. Liikkuva mittauslaboratorio Nuuskijan katupölyjärjestelmän jatkokehitys. Insinööri-työ. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Auto- ja kuljetustekniikka.
- 5 Auto & laitteisto. 2008. Verkkoaineisto. Metropolia.<[www.nuuskija.metropolia.fi/auto.htm](http://www.nuuskija.metropolia.fi/auto.htm)>. Luettu 13.10.2019.
- 6 Particulate Monitors. 2019. Industracom Australia. <[www.industrysearch.com.au/teom-1405d-dichotomous-continuous-ambient-particulate-monitoring/p/76729](http://www.industrysearch.com.au/teom-1405d-dichotomous-continuous-ambient-particulate-monitoring/p/76729)>. Luettu 14.10.2019.
- 7 Dust Monitors. 2019. TSI. <[www.tsi.com/products/aerosol-and-dust-monitors/dust-monitors](http://www.tsi.com/products/aerosol-and-dust-monitors/dust-monitors)>. Luettu 14.10.2019.
- 8 Mindat.org. 2019. Hudson Institute of Mineralogy. <[www.mindat.org](http://www.mindat.org)>. Luettu 15.10.2019.
- 9 Kalimaansälpä. 2019. WorldPress. <[www.geologia.fi/index.php/glossary/kalimaansalpa/](http://www.geologia.fi/index.php/glossary/kalimaansalpa/)>. Luettu 15.10.2019.
- 10 Oliviini. 2019. WorldPress. <[www.geologia.fi/index.php/glossary/oliviini/](http://www.geologia.fi/index.php/glossary/oliviini/)>. Luettu 15.10.2019.
- 11 Johanson, Bo. 2018. RAPORTTI EMA-2018\_75\_S. Geologian tutkimuskeskus. Mineralogian laboratorio. 15.11.2018