



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KALKIN VAIKUTUS SAVU- KAASUIHIN

TE - Janica Jäntti
KIJÄ/T:

| | |
|---|-----------------------------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma | |
| Työn tekijä(t) Janica Jäntti | |
| Työn nimi Kalkin vaikutus savukaasuihin | |
| Päiväys 20.01.2020 | Sivumäärä/Liitteet 23/18 |
| Ohjaaja(t) Lehtori Ari Mikkonen ja laboratoriomestari Janne Ylönen | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Hauhalan Hanhifarmi ja Savonia-Ammattikorkeakoulu | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia kalkin lisäyksen vaikutusta rikkidioksidipäästöjen määrään ja väheneekö rikkidioksidipäästöt kalkin avulla.</p> <p>Testi/koepoltto tehtiin Hauhalan Hanhifarmilla Anttolassa. Siellä on omat jalostustilat, jossa he teurastavat hanhet syksyllä ja jalostavat lihatuotteet itse tilalla kauppoihin myytäväksi tuotteiksi. Syksyksi he palkkaavat lisää väkeä apuun.</p> <p>Koepoltto tehtiin puun, kalkin sekä teurasjätteen avulla. Teurasjätteen määrä oli ensin 9,5 kg ja kalkin 0,5 kg. Sen jälkeen oli teurasjätettä 19,5 kg ja kalkin määrä oli 0,5 kg. Päästöt mitattiin tilalla ja analysoitiin myöhemmin.</p> <p>Rikkidioksidipäästöt olivat huomattavasti alemmat kalkilla kuin ilman kalkkia, joten tätä aihetta olisi syytä tutkia tarkemmin.</p> | |
| Avainsanat rikkidioksidi, päästöt, kalkki | |
| | |

| | | | |
|--|-----------------|------------------|-------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering | | | |
| Author(s) Janica Jääntti | | | |
| Title of Thesis Influence of Calcium on Emissions | | | |
| Date | 20 January 2020 | Pages/Appendices | 23/18 |
| Supervisor(s) Lecturer Ari Mikkonen, Chief Laboratory Technician Janne Ylönen | | | |
| Client Organisation /Partners Hauhala`s Hanhifarmi and Savonia University of Applied Sciences | | | |
| <p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to research the influence of adding calcium to the fuel and to find out whether sulfur dioxide emissions get lower by using calcium. The study was commissioned by Savonia University of Applied Sciences.</p> <p>The test burning was made on Hauhala`s farm in Anttola. They are growing geese on the farm and they have production rooms where they butcher the geese in the autumn and then they process the meat themselves on the farm and then they sell the products to the shops. They employ a few people in the autumn season as seasonal help.</p> <p>The incineration was made with wood, carcass and calcium mixed fuel. The amount of carcass was 9,5 kg and the amount of calcium 0,5 kg in the first mixed fuel incineration and after that there were 19,5 kg of carcass and 0,5 of calcium. The emissions were measured on the farm and analyzed afterwards.</p> <p>The sulfur dioxide emissions were lower with calcium than without calcium. That should be researched more carefully</p> | | | |
| Keywords sulfur dioxide, emissions, calcium | | | |
| | | | |

ESIPUHE

Tein keväällä 2019 pienen esiselvityksen liittyen kyseiseen aiheeseen ja tutustuin pienpolttolaitoksia koskeviin laki-asioiden. Otin suoran lainauksen omasta tekstistäni tähän opinnäytetyöhöni.

”Sivutuoteasetuksen mukaan polttolaitokset jaotellaan kahteen luokkaan pienen alle 50 kg/h laitoksiin ja suuriin yli 50 kg/h laitoksiin. Näistä ensimmäinen pienen kapasiteetin laitos riittää yleensä maatalolle. Mikäli polttolaitoksessa syntyy lämpöenergiaa käytetään esimerkiksi lämmityksessä, laitos on tällöin rinnakkaispolttolaitos. (Ruokavirasto, viljelijät, eläintenpito, kuolleet eläimet, polttolaitosten hyväksyntä, 05.05.2019)

Polttolaitoksen toimintaa säätelee jätelaki, ympäristönsuojelulaki- ja asetus, toimintaan tarvitaan ympäristölupa, jos polttolaitos on tilalla yleensä tilan oma ympäristölupa kattaa sen. Kokonaisille ruhoille ei sovelleta ympäristöministeriön jätteenpoltoasetusta ja niitä ei hyväksytä sivutuoteasetuksen mukaisiksi laitoksiksi.”

Kiitokset opinnäytetyön ohjaajille Ari Mikkoselle ja Janne Ylöselle sekä Hauhalan Hanhifarmin yrittäjäpariskunnalle Virpi ja Antti Rantalaiselle.

14.02.2019 JANICA JÄNTTI

SELITESIVU

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| CO ₂ | Hiilidioksidi |
| CO | Hiilimonoksidi |
| SO ₂ | Rikkidioksidi |
| NO _x | Typen oksidit NO ja NO ₂ |
| FTIR | Fourier Transmitter InfraRed |

SISÄLTÖ

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 8 |
| 1.1 | Hauhalan hanhifarmi | 8 |
| 1.2 | Työn tarkoitus | 9 |
| 2 | PÄÄSTÖT | 10 |
| 2.1 | Rikkidioksidi (SO ₂)..... | 10 |
| 2.2 | Typen oksidit (NO _x)..... | 11 |
| 2.3 | Hiilimonoksidi (CO) | 11 |
| 3 | AMINOHAPOT | 12 |
| 4 | KOEPOLTTO HANHIFARMILLA | 14 |
| 4.1 | Yleistä | 14 |
| 4.2 | Polttoaineen syöttö | 14 |
| 4.3 | Kalkin syöttö..... | 14 |
| 4.4 | Testiajo | 15 |
| 5 | SAVUKAASUJEN MITTAUS | 16 |
| 6 | SAVUKAASUPÄÄSTÖJEN VERTAILU AIKAISEMPAAN KOEPOLTTOON KALKILLA | 17 |
| 7 | PÄÄSTÖJEN LÄHEMPÄÄ TARKASTELUA | 17 |
| 8 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 20 |
| | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 22 |
| | LIITE 1: TRENDIIVAT VESIPITOISUUDESTA, HIILIDIOKSIDISTA JA JÄÄNNÖSHAPESTA SEKÄHÄKÄPITOISUUS (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019 | 24 |
| | LIITE 2: TYPENOKSIDIT YKSIKÖSSÄ (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA JA RIKKIDIOKSIDI YKSIKÖSSÄ (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019 | 25 |
| | LIITE 3: MUUT TYPENYHDISTEET JA ORGAANISETYHDISTEET KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019 | 26 |
| | LIITE 4: HÄKÄPITOISUUS JA TYPEN OKSIDIT KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019..... | 27 |
| | LIITE 5: RIKKIDIOKSIDI JA MUUT TYPENYHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019..... | 28 |
| | LIITE 6: ORGAANISET YHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA JA HÄKÄPITOISUUS KUIVISSA KAASUISSA HAPPIREDUSOITUARVO 15.10.2019 | 29 |
| | LIITE 7: HAPPIREDUSOITUARVO TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019 | 30 |

| | |
|--|----|
| LIITE 8: HAPPIREDUSOIDUT ARVOT TYPENYHDISTEISTÄ JA ORGAANISISTA YHDISTEISTÄ KUIVISSA KAASUISSA..... | 31 |
| LIITE 9: VESIPITOISUUS, HIILIDIOKSIDI JA JÄÄNNÖHAPPI SEKÄ HÄKÄPITOISUUS PROSENTTEINA 16.10.2019 | 32 |
| LIITE 10: TYPENOKSIDIT JA RIKKIDIOKSIDI KOSTEISSA KAASUISSA..... | 33 |
| LIITE 11: TYPENYHDISTEET JA ORGAANISET YHDISTEET KOSTEISSA KAASUISSA 16.10.2019 .. | 34 |
| LIITE 12: HÄKÄPITOISUUS TYPENOKSIDIT KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019 | 35 |
| LIITE 13: RIKKIDIOKSIDI JA MUUT TYPENYHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019 | 36 |
| LIITE 14: ORGAANISET YHDISTEET JA HÄKÄPITOISUUS KUIVISSA KAASUISSA | 37 |
| LIITE 15: HAPPIREDUSOITU ARVO TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019 | 38 |
| LIITE 16: HAPPIREDUSOITU ARVO MUISTA TYPENOKSIDEISTA JA ORGAANISISTAYHDISTEISTÄ KUIVISSA KAASUISSA..... | 39 |
| LIITE 17: TAULUKKO PÄÄSTÖARVOISTA | 40 |
| LIITE 18: TUTKIMUSTODISTUS HAUHALAN HANHIFARMIN HAKKEESTA..... | 41 |

1 JOHDANTO

1.1 Hauhalan hanhifarmi

Hauhalan Hanhifarmi on vuonna 1997 perustettu yritys, jonka omistaa yrittäjäpariskunta Virpi ja Antti Rantalainen. Hauhalan Hanhifarmi sijaitsee Anttolan entisessä kunnassa, joka on vuodesta 2001 kuulunut Mikkeliin. Kysyntätutkimuksen perusteella he alkoivat kasvattamaan kotimaisia hanhia ja jalostamaan niiden lihaa erilaisiin tuotteisiin. (Hauhalan Hanhifarmi, Esittely 2015.) Kuvassa 1 on kattilarakennuksen vierestä otettu valokuva, jossa sadat hanhet laiduntavat Hauhalan hanhifarmin pelloilla.



KUVA 1. Tilan maisemia (Jäntti 2019-10-16)

Aluksi hanhet vietiin muualle teurastettavaksi, mutta vuonna 1999 hanhifarmille rakennettiin oma teurastamorakennus. Rakennusta on laajennettu ja nyt sieltä löytyvät omat tilat teurastukseen, lihan leikkuuseen, jatkojalostukseen, kylmäsäilytykseen ja pakastukseen. Siellä on myös oma lähettämö. Tilalle rakennettiin oma jäteveden puhdistamo keväällä 2007 ja nykyisin teurasjätteet hävitetään omassa polttolaitoksessa. (Hauhalan Hanhifarmi, Esittely 2015.)

Tilalla on kaksi laumanvartijakoiraa, rodultaan maremmano-abruzzes, jotka pitävät huolen, että petoeläimet eivät pääse käsiksi hanhiin. Kettu, minkki ja supikoira ovat todellisia uhkia hanhille, koska hanhet kasvavat vapaasti pelloilla. (Hauhalan Hanhifarmi, Esittely 2015.)

Hauhalan hanhifarmilla hyödynnetään koko hanhi. Lihat jalostetaan tilalla erilaisiksi tuotteiksi. Hanhien höyhenet hyödynnetään Hauhalan tilan omassa Saimaa -tyynyssä. Myös hanhen veri ja luut hyödynnetään. (Hauhalan Hanhifarmi, Esittely 2015.)

1.2 Työn tarkoitus

Hanhet kasvatetaan, käsitellään ja jalostetaan tuotteiksi tilalla alusta loppuun. Tilalla on oma jätteenpolttolaitos, jossa teurasjätteet poltetaan hakkeen kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, kuinka teurasjätteenpoltossa syntyneet rikkipäästöt saadaan poistettua savukaasuista ja kuinka tämä vaikuttaa typpipäästöihin oletuksena on että teurasjäte sisältää virtsahappoa. Rikkipäästöjä pyritään vähentämään lisäämällä kalkkia teurasjätteeseen, joka syötetään raatoruuvilla tulipesään. Kuvassa 2 on kattilarakennuksessa sijaitseva raatoruuvi, jossa on eläinperäisen polttoaineen ja kalkin seos.



KUVA 2. Raatoruuvi (Jäntti 2019-10-16)

Kuvassa 3 on Hauhalan hanhifarmin arinakattila. Kattila on Ala-Talkkarit Oy valmistama VETO-keskuslämpökattila. Teholtaan kattila 200 kW. Polttoaineena kattilaan voidaan syöttää haketta ja toisena polttoaineena teurasjätettä. Ruuvit sijaitsevat kattilan eri puolilla. Teurasruuvi on poiskytkevä ja pääpolttoaineena toimii hake. Kuvassa 3 näkyy kattilan tulipesä, tiiliseinän takana on teurasruuvi ja kuvassa vasemmalla näkyy osittain hakkeen syötön puoli. Ruuvien tarkoitus on syöttää polttoaine tulipesään.



KUVA 3. Arinakattila (Jäntti 2019-10-16)

Keväällä 2019 Mika Monola teki aiheeseen liittyen opinnäytetyönsä. Hänen työssään lakiteksti on melko laajasti käsitelty, joten tässä työssä siihen ei paneuduttu.

2 PÄÄSTÖT

2.1 Rikkidioksidi (SO₂)

Palaessaan rikki (S) muodostaa rikkidioksidia (SO₂), joka muodostaa happamia yhdisteitä, kun rikkidioksidi reagoi veden ja hapen kanssa ilmakehässä. Tästä johtuvat happamat sateet ja ympäristön happamoituminen. Kalkin lisäyksellä pyritään rikkidioksidi muuntamaan kipsiksi (CaSO₄ · H₂O). Mikäli käytetään kalkkikiveä reaktiossa rikkidioksidin kanssa, reaktio on seuraavanlainen (Kukkonen, 2017, 41-42):



Kipsin muodostumisessa syntyy myös hiilidioksidia (CO₂), joka on kasvihuonekaasu, mutta ei niin haitallinen ympäristölle kuin rikkidioksidi (SO₂). Kalkkikiven rikinsidontakyky on riippuvainen savukaasujen lämpötilasta, optimi lämpötila on 800°C - 850°C. Mikäli kalkkikivellä on suurempi partikkeli-koke, se huonontaa rikin sidontakykyä. (Kukkonen, 2017, 41-42):

Rikkidioksidi on haitallinen hapen kaasu, jota pääsee ilmakehään, kun rikkipitoiset polttoaineet palaavat erilaisissa teollisuusprosesseissa tai energiantuotannossa. Rikkidioksidipitoisuuksille on annettu raja-arvot. (Rikkidioksidi, Ilmatieteenlaitos.)

Rikkidioksidin, typpidioksidin ja muiden päästöjen pitoisuuksien osalta on määritelty raja-arvot, jotka ovat Euroopan Unionin sitovimmat ilmanlaatu-normit. (Raja-arvot, Ilmatieteenlaitos.)

Näiden raja-arvojen ylittyessä on viranomaisten ryhdyttävä toimiin pitoisuuksien alentamiseksi. Ekosysteemin ja kasvillisuuden suojelemiselle on myös annettu omat raja-arvonsa ja ne ovat rikkidioksidille $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja typen oksideille $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Ilmansuojelun raja- ja ohjearvot, Ilmansuojelu.)

2.2 Typen oksidit (NO_x)

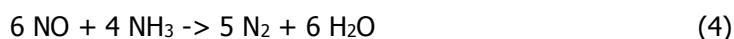
Ympäriämme oleva ilma sisältää typpeä, joten kaikki typpi ei ole peräisin poltettavasta polttoaineesta. Palamisreaktiossa syntyy typpioksidia NO ja myös typpidioksidia NO_2 . Typen oksideista typpidioksidi on terveydelle haitallinen. Ilmakehän otsonin reagoidessa ilmakemiallisesti typpimonoksidin kanssa syntyy typpidioksidia. Typen oksidien muodostuminen on seuraava:



Isommissa voimalaitoksissa typpipäästöjä hillitään ammoniakkin syötöllä tai muokkaamalla palamisreaktiota, jossa alennetaan huippulämpötilaa, korkean lämpötilan happipitoisuutta sekä korkean lämpötilan viipymäaika (Kukkonen, 2017, 40):

Hauhalan hanhifarmilla jätteenpolton yhteydessä otetuissa savukaasunmittauksissa näkyi trendeissä ammoniakkaa, joka on mahdollisesti peräisin hanhien virtsahapoista.

Ammoniakin reaktio typelle on seuraava:



2.3 Hiilimonoksidi (CO)

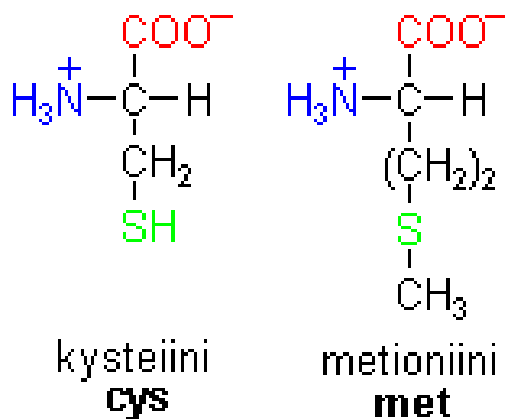
Hiilimonoksidipäästöillä on vaikutusta enemmän ihmisten terveydelle kuin ympäristölle. Hiilimonoksidi (CO) eli häkä estää veren hapen kuljetuksen reagoimalla hemoglobiinin kanssa. Oireina voivat olla päänsärky, pahoinvointi tai jopa kuolema. Hiilimonoksidia syntyy yleensä epätäydellisessä palamisessa. Palamishyötysuhdetta voidaan kuvastaa esimerkiksi hiilimonoksidin muodostumisen perusteella. Hiilimonoksidin muodostumista voidaan hillitä esimerkiksi suuremmalla ilmakeimillä ja parantamalla ilman ja polttoaineen sekoitusta (Kukkonen, 2017, 42):

Polttoprosesseissa joudutaan tasapainoilemaan häkäkaasun eli hiilimonoksidin (CO) ja typpimonoksidin (NO) kanssa. Ne muodostuvat vastakkaisissa olosuhteissa. Hiilimonoksidia syntyy epätäydellisessä palamisessa tai lämpötilan ollessa kovin matala, kun taas typpimonoksidia muodostuu enemmän yli-ilmaisessa poltossa ja lämpötilan ollessa korkealla (Tuomisto, 2019.)

3 AMINOHAPOT

Savukaasujen rikki on peräisin solujen rakenneosasista. Solujen yksi rakenne osanen on proteiinit eli valkuuaisaineet ja valkuuaisaineet muodostuvat aminohapoista. Aminohapoista kaksi sisältää rikkiä.

Poltettaessa eläinperäistä polttoainetta palamisreaktion rikki muodostuu kahdesta rikkiä sisältävästä aminohaposta, kysteiinistä ja metioniinistä. Metioniinin kemiallinen kaava on $C_5H_{11}NO_2S$ ja kysteiinin $C_3H_7NO_2S$. Ne toimivat proteiinien rakennusaineena. Kuvassa 4 on metioniinin ja kysteiinin kemialliset kaavat. (Solunetti, solubiologia, aminohappojen lyhenteet).



KUVA 4. Kysteiini ja metioniini (Solunetti 2019)

Taulukossa 1 on laskettu metioniinin ja kysteiinin moolimassat sekä rikin osuus niissä.

Moolimassat kysteiinille ja metioniinille on laskettu, jotta saadaan selville rikin osuus prosentteina näissä yhdisteissä.

Metioniinin moolimassa

$$M(C_5H_{11}NO_2S) = (12,01 \cdot 5 + 1,008 \cdot 11 + 14,01 + 16,0 \cdot 2 + 32,07) = 149,218 \text{ g/mol.}$$

$$\text{Rikin osuus prosentteina metioniinissa on } 32,07/149,218 \cdot 100 \% = 21,5 \%.$$

Kysteiinin moolimassa

$$M(C_3H_7NO_2S) = (12,01 \cdot 3 + 1,008 \cdot 7 + 14,01 + 16,00 \cdot 2 + 32,07) = 121,166 \text{ g/mol.}$$

$$\text{Rikin osuus kysteiinissä on } 32,07/121,166 \cdot 100 = 26,5 \%.$$

TAULUKKO 1. Rikin osuus metioniiniinissa ja kysteiinissa (Jäntti 2019-10-11).

| | | Moolimassa (g/mol) | |
|---|------------------|--------------------|-------|
| | Hiili C | 12,01 | |
| | Vety H | 1,008 | |
| | Typpi N | 14,01 | |
| | Happi O | 16 | |
| | Rikki R | 32,07 | |
| | | | |
| Metioniini | $C_5H_{11}NO_2S$ | 149,218 | g/mol |
| Kysteiini | $C_3H_7NO_2S$ | 121,166 | g/mol |
| | | | |
| Rikin osuus metioniin moolimassassa prosentteina | | | |
| | | 21,4920452 | % |
| | | | |
| Rikin osuus kysteiinin moolimassassa prosentteina | | | |
| | | 26,46782101 | % |
| | | | |

Proteiinien aminohapot jaetaan seuraaviin:

- Glysiini
- Alaniini
- Leusiini
- Isoleusiini
- Prolini
- Fenyyialaniini
- Tyrosiini
- Tryptofaani
- Seriini
- Treoniini
- Kysteiini
- Metioniini
- Arginiini
- Histidiini
- Lysiini
- Asparagiinihappo
- Glutamiinihappo
- Asparagiini
- Glutamiini

4 KOEPOLTTO HANHIFARMILLA

4.1 Yleistä

Hauhalan tilalla on Ala-Talkkarit Oy:n valmistama keskuslämpökattila, jonka teho 200 kW. Kattilaan voidaan syöttää polttoainetta kahdella eri ruuvilla joko hake- tai raatoruuvilla. Jäännöshappi on lambdaohjattu. Jäännöshapen asetusarvona on 10 %. Kattila tuottaa tilan lämpimän veden.

Koepoltto tapahtui hanhien teurastusaikaan eli syksyllä 2019. Teurasjätteiden poltto tilalla vähentää Honkajoelle vietävän eläinperäisen teurasjätteen määrää.

4.2 Polttoaineen syöttö

Tulipesään meni polttoainetta kahdella eri ruuvilla. Toinen ruuvi syötti haketta ja toinen hanhen teurasjätettä, joka oli pääasiassa suolia, eikä se sisältänyt luita. Raatoruuvi lähti käyntiin, kun veden lämpötila laski alle 75°C. Tämän jälkeen paneeliin kytkeytyi virta ja kuuden minuutin päästä teurasruuvi pyörähti 30 sekunnin ajan. Paneelista sammui vihreä valo, kun veden lämpötila ylitti 80°C:sta. Raatoruuvi ehti pyörähtää keskimäärin kolme kertaa, jonka jälkeen raatoruuville tuli useamman minuutin tauko ennen kuin veden lämpötila laski alle 75°C.

Ulkona oli noin seitsemän astetta lämmintä, joten ruuvien toiminta ei ollut säännöllistä vaan riippui lämmitettävän veden lämpötilasta. Veden lämpötila oli riippuvainen siitä, kuinka paljon sitä käytettiin tilalla mm. lämmitykseen. Hakkeen ja teurasjätteen suhde oli 2/3 haketta ja 1/3 teurasjätettä.

Hakkeen kalorimetrinen lämpöarvo on 20,41 MJ/kg ja tehollinen lämpöarvo on 19,10 MJ/kg. Tulokset ovat nähtävissä Liitteestä 18.

4.3 Kalkin syöttö

Polton yhteydessä kokeiltiin, voidaanko kalkin avulla vähentää rikkipäästöjä. Ari Mikkonen ja Janne Ylönen olivat asentaneet savukaasuanalysaattorin edellisenä päivänä (2019-10-15). Yön aikana, jolloin kalkkia ei vielä ollut sekoitettu teurasjätteeseen, oli mitattu eri savukaasujen pitoisuuksia poltossa.

Kalkin lisäys polttoaineeseen tapahtui sekoittamalla kalkkia astiassa teurasjätteeseen. Ensimmäinen erä oli 9,5 kg teurasjätettä ja 0,5 kg kalkkia. Kalkki ja polttoaine mitattiin vaakavälikäsen avulla. Viimeisessä erässä tehtiin muutos polttoaineen ja kalkin suhteeseen. Suhde oli 19,5 kg teurasjätettä ja 0,5 kg kalkkia.

4.4 Testiajo

Aamulla 16.10.2019 saavuttiin Hauhalan Hanhifarmille noin kello kahdeksan aikaan ja alettiin seuraamaan polttoaineen syöttöä ja savukaasujen mittauslaitteiston toimintaa. Kalkki sekoitettiin polttoaineeseen saaveissa, jotka punnittiin vaa'alla ja seos sekoitettiin hyvin. Polttoaineseokset tehtiin ajon aikana, jolloin pystyttiin muuttamaan seossuhdetta. Mittauslaitteisto oli asennettu paikalle aikaisemmin edellisenä päivänä. Tilalla seurattiin raatoruuvien ja hakeruuvien toimintaa. Polttoaineseosta lisättiin altaaseen, tasaisin väliajoin.

Ruuvien toiminnassa pyrittiin selvittämään, kuinka usein se pyörähtää ja kuinka kauan se pyörii. Seurannan avulla saatiin selville mihin aikaan kalkkipitoista polttoainetta meni arinakattilaan, kun ajotapahtumia verrattiin savukaasumittausdataan. Kalkin seoksia oli kaksi eri vahvuutta.

Seurannan aikana tutkittiin savukaasumittauksen rikin, hään ja typen oksidien pitoisuuksia. Samalla tutustuttiin kattilan toimintaan ja seurattiin veden lämpötilaa. Päivä alkoi kello 8.00 ja savukaasumittaus päättyi kello 14.41. Mittauslaitteiston purkaminen ja pakkaaminen autoon kesti noin 20 minuuttia.

5 SAVUKAASUJEN MITTAUS

Savukaasujen mittaus suoritettiin Gasmets GX-4000 savukaasuanalysointilaitteella. Laite mittaa absorboituneen säteilyn määrän infrapuna-aallon avulla. Siinä käytetään FTIR-tekniikkaa. Kosteista savukaasuista mittaus tulokset ovat yksikössä ppm (parts per million), kuivien kaasujen osalta ne joudutaan muuttamaan muotoon mg/Nm³. Tulokset ilmoitetaan yleensä johonkin happiredusoituun arvoon, koska jätteenpolttorajat on redusoitu 11 %.

Laitteet mittasivat 15.10.2019 kello 14.20 ja 16.10.2019 14.41 väliseltä ajalta. Kalkkia meni kattilaan noin kello 8.00 alkaen kello 14.41 asti. Kuvissa 5 ja 6 ovat mittauslaitteiston osat näkyvillä.



KUVA 5. Mittaussondi (Jäntti 2019-10-16).



KUVA 6. Mittauslaitteisto (Jäntti 2019-10-16).

6 SAVUKAASUPÄÄSTÖJEN VERTAILU AIKAISEMPAAN KOEPOLTTOON KALKILLA

Hauhalan savukaasumittauksista näkyi rikkidioksidin (SO_2) trendiviiva yksikössä (mg/Nm^3) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo. Alemman kuvan trendiviivan arvot on saatu aikavälillä 16.10.2019 00.00-14.41 (LIITE 15 alempi kuva) Kalkkipitoisen polttoaineen syöttö alkoi aamulla noin kello 8. Vastaavasti toisessa rikkidioksiditrendissä aikaväliltä 15.10.2019 14.20-23.59. (LIITE 7 alempi kuva) jolloin ei kattilaan mennyt kalkkipitoista ainetta.

Liitteiden 7 ja 15 ylempät kuvat ovat typen päästöistä tehdyt trendiviivat. Kuvissa on nähtävissä, kuinka rikkipitoisuus laskee lähelle nollaa tai nollaan.

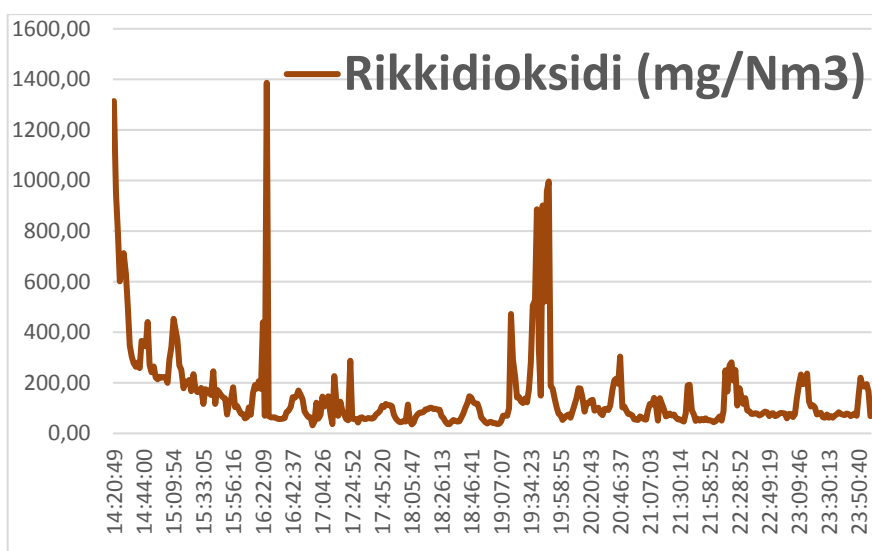
Typen päästöihin vaikuttaa mahdollisesti teurasjätteen sisältämä virtsahappo, koska lintujen virtsan erityis poikkeaa nisäkkäiden virtsaamisesta, linnuilla virtsa erittyy kiinteämpänä virtsahappona. (Mikkonen, 2019)

Eli savukaasujen analysoinnin avulla voimme todeta, että kalkin syötöllä on todella vaikutusta rikkipäästöihin. Todetaan vielä, että aihetta olisi syytä tutkia enemmän, jotta optimaalinen kalkin määrä voidaan selvittää. Myös vaikutuksien määrä voitaisiin täten laskea.

Monolan, 2019 opinnäytetyössä oli myös kokeiltu kalkin syöttöä haapahakkeen sekaan, mutta ilmeisesti kalkkia oli laitettu reilusti, jolloin häkäpitoisuus kasvoi.

7 PÄÄSTÖJEN LÄHEMPÄÄ TARKASTELUA

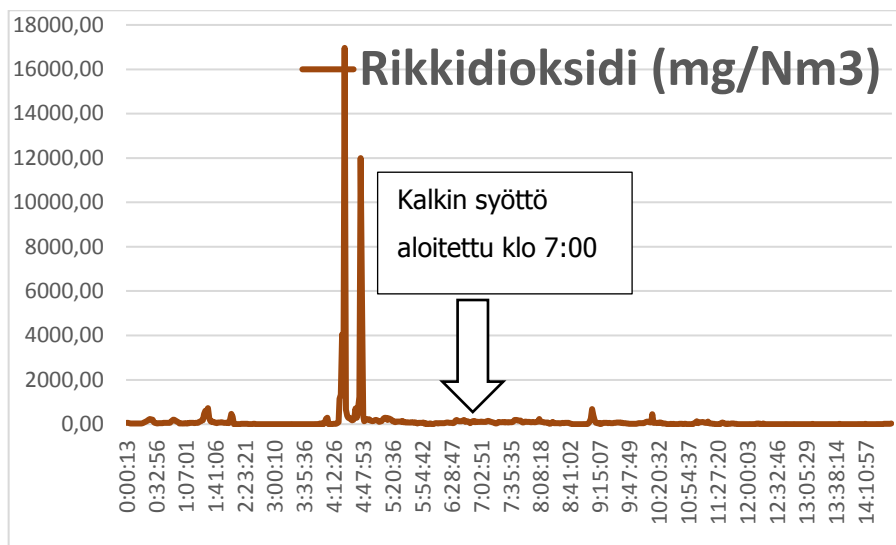
Trendiviiva rikkidioksidista (SO_2) yksikössä (mg/Nm^3) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo
Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59



Kuva 7. Rikkidioksidi (Mikkonen 2019-10-15)

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo

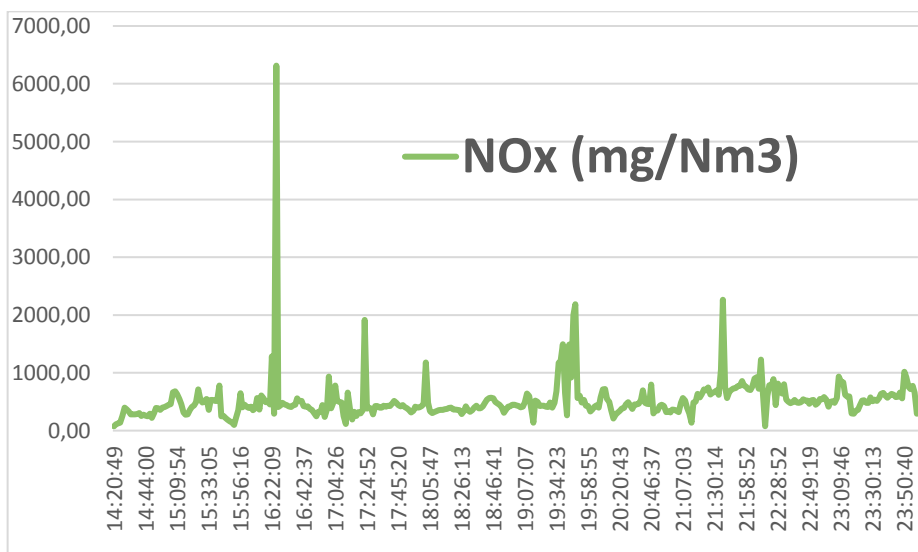


Kuva 8. Rikkidioksidi kalkilla (Mikkonen 2019-10-16)

Yllä olevissa kuvissa voidaan suoraan nähdä kuinka kalkki vaikuttaa rikkipäästöihin, kun kalkkipitoisen polttoaineen syöttö on aloitettu kello 7.00 jälkeen aamulla. Kuva 7 esittää rikkidioksidipäästöjä, kun kalkkia ei ole syötetty, ja kuva 8, kun kalkkia on syötetty polttoaineen mukana.

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

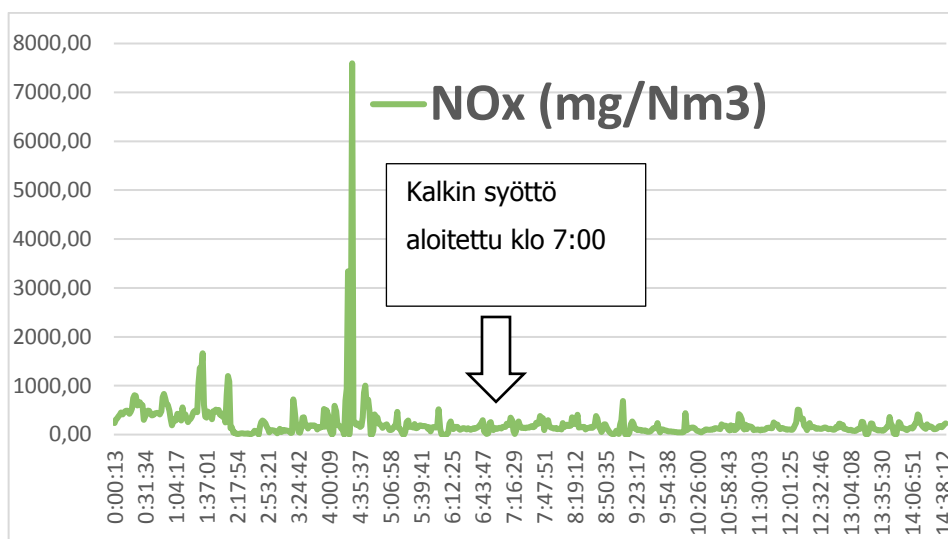
Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo.



Kuva 9. Typen oksidit (Mikkonen 2019-10-15)

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo.

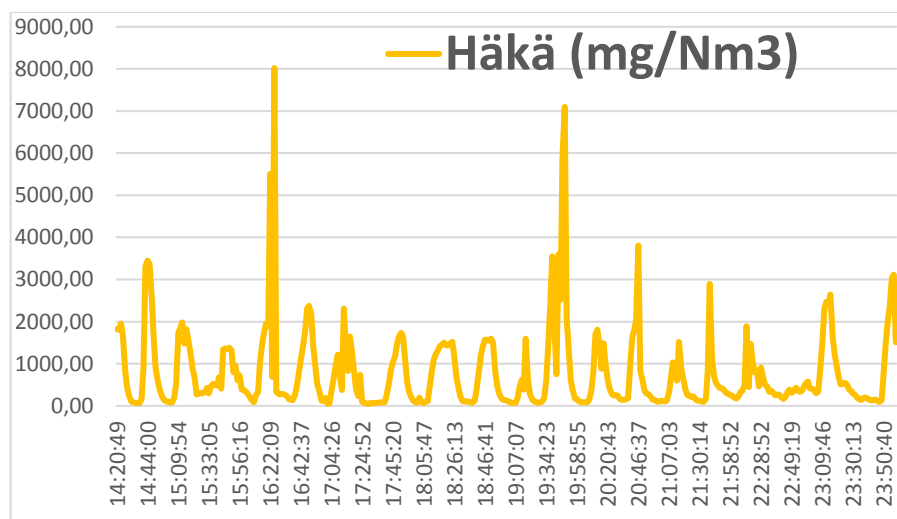


Kuva 10. Typen oksidit kalkilla (Mikkonen 2019-10-16)

Typen oksideihin vaikuttaa mahdollisesti teurasjätteen sisältämä rikkihappo. Kuva 9 esittää typenoksidin päästöjä ilman kalkkia ja kuva 10 kuvaa typen oksidit kalkin kanssa kello 7.00 jälkeen.

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

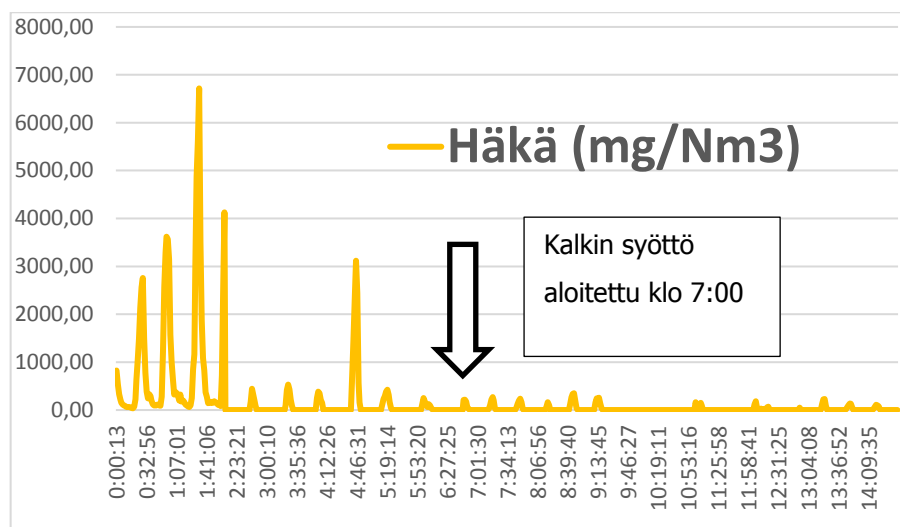
Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (mg/nm³) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo.



Kuva 11. Häkäpäästö (Mikkonen 2019-10-15)

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksikössä (mg/Nm^3) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo.



Kuva 12. Häkäpäästö kalkilla (Mikkonen 2019-10-16)

Kuvassa 11 on häkäpäästöt ennen kalkin syötön aloitusta ja kuva 12 esittää häkäpäästöjä kalkin syötön jälkeen, kalkin syöttö alkoi kello 7:00.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Savukaasumittausten perusteella hä'än määrä savukaasuissa pienenee kalkin lisäyksen jälkeen eli polttoaine palaa paremmin. Hä'än trendi on lähes nollassa.

Liitteet 1-3 esittävät päästöt kosteissa kaasuissa yksikössä (ppm), liitteet 4-6 dokumentoivat savukaasupäästöt kuivissa kaasuissa yksikössä (mg/Nm^3) ja liitteistä 7-8 nähdään happiredusoidut arvot kuivissa kaasuissa yksikössä (mg/Nm^3). Edellä mainitut savukaasupäästöt ovat ilman kalkin lisäystä.

Liitteet 9-11 kuvaavat päästöt kosteissa kaasuissa yksikössä (ppm), liitteissä 12-14 on dokumentoitu savukaasupäästöt kuivissa kaasuissa yksikössä (mg/Nm^3), liitteet 15-16 esittelevät happiredusoidut arvot kuivissa kaasuissa yksikössä (mg/Nm^3). Kappaleessa mainitut kuvaajat ovat kalkin lisäyksen aikana otettuja savukaasupäästöjen trendi viivoja.

Koepoltossa tutkittiin kalkin lisäyksen vaikutusta rikkipäästöihin ensin isommalla suhteella ja tämän jälkeen pienemmällä. Havaittiin selkeitä muutoksia, joten tätä olisi syytä tutkia enemmän. Kun HAPPIREDUSOITUA ARVOA TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019 (Liite 15) vertaillaan HAPPIREDUSOITUARVOON TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019 (Liite 7). Voidaan havaita selkeät muutokset rikkidioksidin trendiviivoissa. Liitteessä 15 rikkidioksidi on lähellä nollassa tai nolla. Liitteessä 7 on selviä piikkejä

enemmän havaittavissa ja rikkidioksidi on selkeästi koholla. Typen oksideihin mahdollisesti vaikuttaa polttoaineen eli teurasjätteen sisältämä virtsahappo.

Koepolton avulla voitiin huomata rikkidioksidin väheneminen. Tällä hetkellä lainsäädäntö ei anna päästörajoja pienille polttolaitoksille. Tulevaisuudessa saattaa tilanne muuttua. Kalkin avulla tehtävä päästöjen vähentäminen on edullinen vaihtoehto. Pienen mittakaavan polttolaitoksille voi olla haastavaa investoida esimerkiksi savukaasupesuria. LIITE 17 750/2013 PIPO-asetus taulukosta, valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiatuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista, jonka mukaan polttoaineteholtaan alle 1 megawatin polttolaitoksille ei ole annettu raja-arvoja päästöihin.

Koepolton avulla tutkittiin olisiko mahdollista kalkin avulla alentaa haitallisia rikkidioksidipäästöjä pientiloilla edullisemmin ja saada lisättävän kalkin oikeasta määrästä enemmän tietoa. Liika kalkki haittaa polttoprosessia, jolloin polttoaine ei pala kunnolla, härtän muodostus kasvaa.

Todettiin että kalkin lisäys todella vaikuttaa rikkidioksidipäästöihin, asia voidaan todeta kuvaajista, kun vertaillaan rikkidioksidin happiredusoitujen arvojen trendiviivoja. Aihetta on syytä tutkia enemmän, jotta löytyy oikea kalkin määrä suhteessa käytettävän polttoaineen määrään.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HAUHALAN HANHIFARMI, Esittely, 2015. [viitattu 2019-10-22] Saatavissa:

<http://hanhifarmi.fi/hanhifarmi/yrityksen-tarina/>

ILMASTO JA ILMA, Ilmansuojelun raja- ja ohjearvot. Ilmansuojelu. [viitattu 2019-11-13] Saatavissa:

[_https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohjearvot](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohjearvot)

ILMATIETEENLAITOS, 2019. Raja-arvot. [viitattu 2019-11-13] Saatavissa:

<https://ilmatieteenlaitos.fi/raja-arvot>

ILMATIETEENLAITOS, Rikkidioksidi. [viitattu 2019-11-13] Saatavissa:

<https://ilmatieteenlaitos.fi/rikkidioksidi>

KUKKONEN, Ville, Haastavien polttoaineiden palaminen pienen kokoluokan kattiloissa, 2017, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Sivut 40-42. [viitattu 2019-11-20] Saatavissa:

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/143259/Diplomity%C3%B6_Ville_Kukkonen.pdf?sequence=2

MIKKONEN, Ari [2019-10-26] Hauhalan hanhifarmin hakenäyte [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Janica Jännti. Saatavissa: Varkaus: AM:n kokealmat.

MIKKONEN, Ari [2019-10-30] Hauhalan savukaasujen trendit [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Janica Jännti. Saatavissa: Varkaus: AM:n kokealmat.

MIKKONEN, Ari [2020-01-26] Lintujen aineenvaihdunta [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Janica Jännti. Saatavissa: Varkaus: AM:n kokealmat.

MONOLA, Mika Eläinperäisten sivutuotteiden poltto, 2019, Savonia-Ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019-11-13] Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201902172411>

SOLUNETTI, Rikkipitoiset aminohapot, kemialliset kaavat. [viitattu 2019-11-25] Saatavissa:

http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/rikkipitoiset_aminohapot/2/

SOLUNETTI, Solubiologia, Aminohappojen lyhenteet, [viitattu 2019-11-17] Saatavissa:

http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/aminohappojen_lyhenteet/2/

TUOMISTO, Jouko 2019. Arsenikista öljyyn, voiko ilma palaa. Kuopio: Kustannus Oy Duodecim, [viitattu 2019-10-22] Saatavissa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=asy00001&p_teos=asy

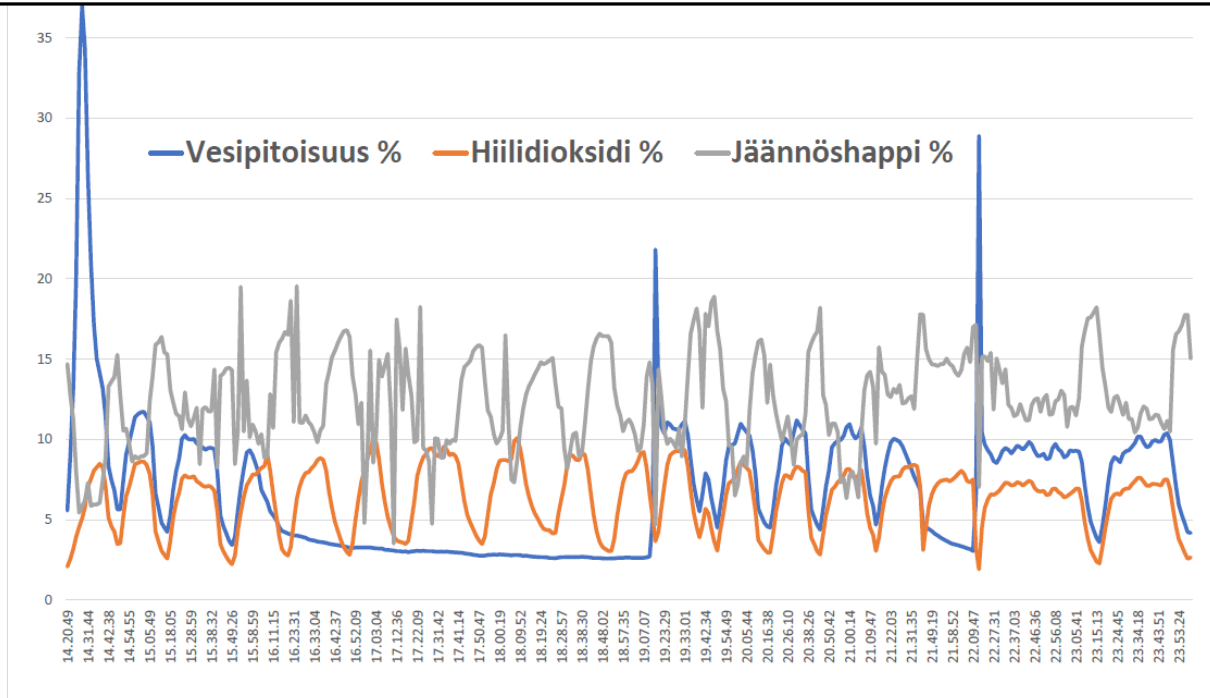
750/2013 PIPO-ASETUS. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista, [viitattu 2019-12-04], Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130750>

LIITE 1: TRENDIIVIVAT VESIPITOISUUDESTA, HIILIDIOKSIDISTA JA JÄÄNNÖSHAPESTA SEKÄHÄKÄPITOISUUS (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

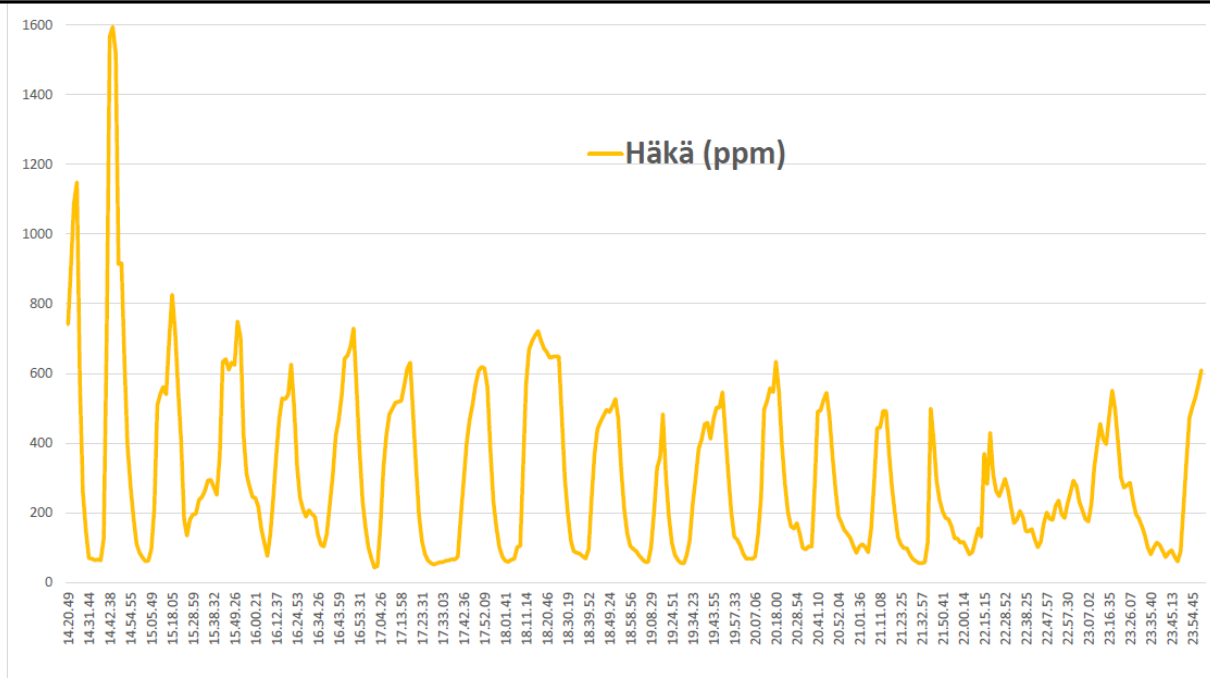
Trendiivivat vesipitoisuudesta, hiilidioksidista ja jäännöshapesta yksiköissä %.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiiviva häkäpitoisuudesta yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.

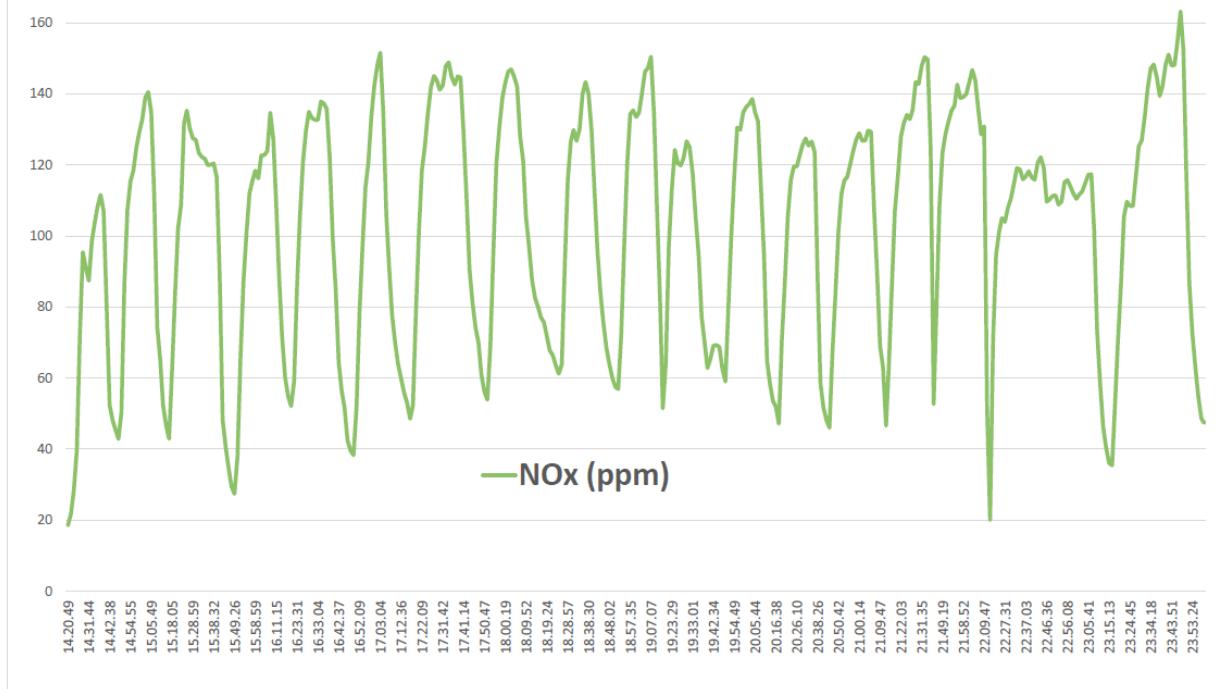


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 2: TYPENOKSIDIT YKSIKÖSSÄ (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA JA RIKKIDIOKSIDI YKSIKÖSSÄ (PPM) KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

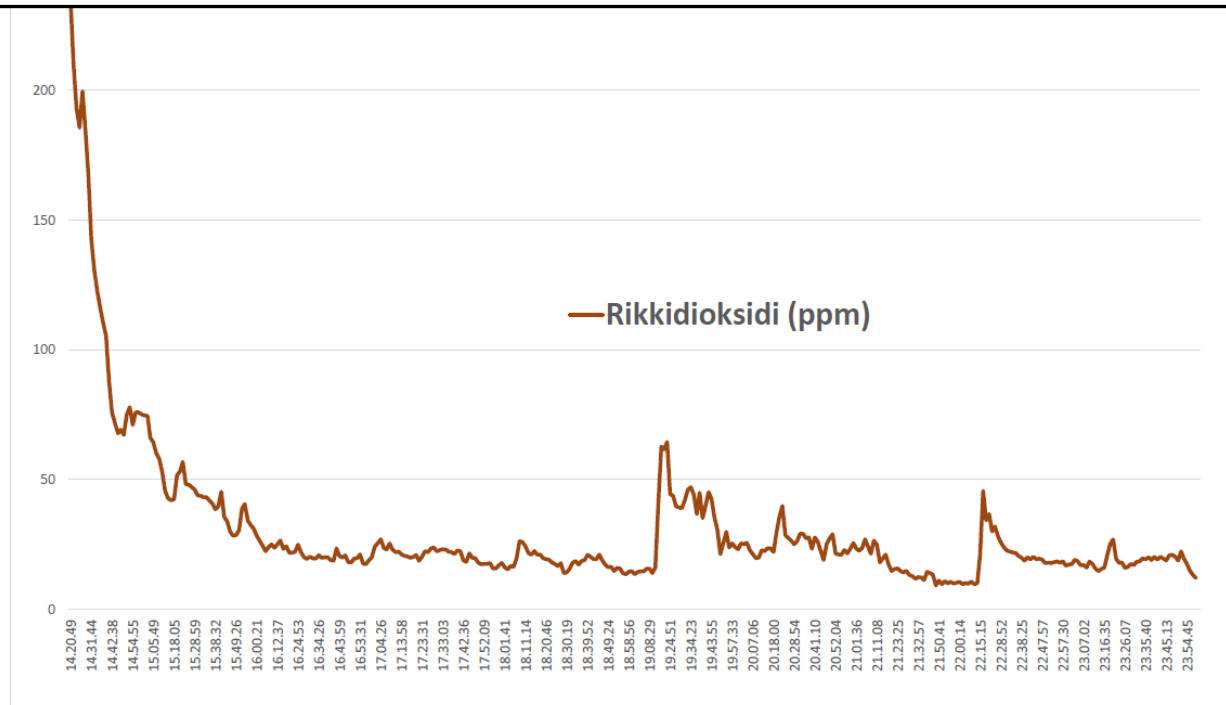
Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuisissa.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

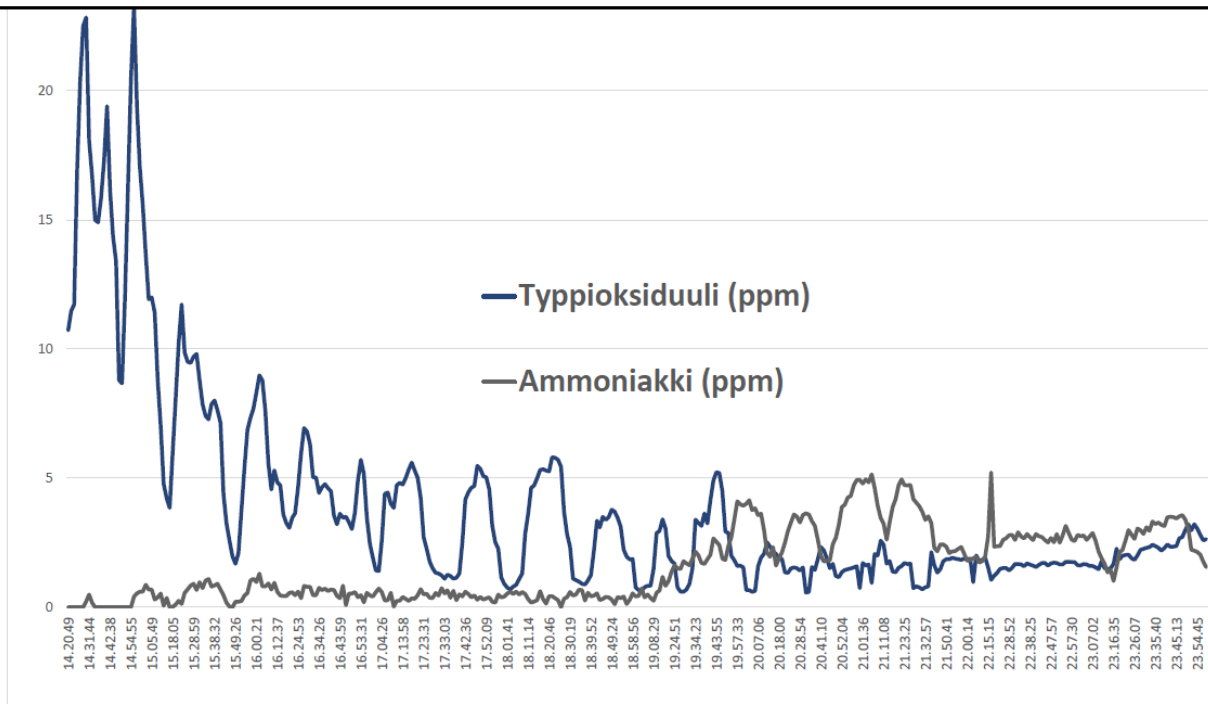
Trendiviiva rikkidioksidista (SO₂) yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuisissa.



Ari Mikkonen, Savonia

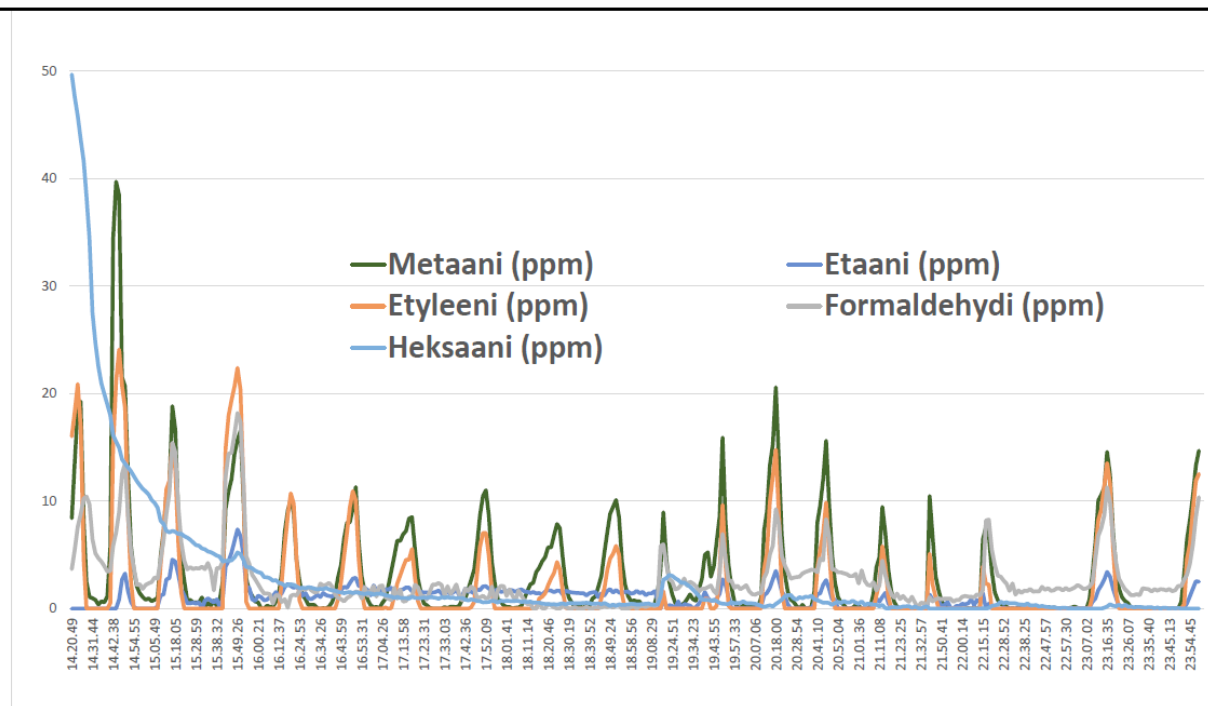
LIITE 3: MUUT TYPENYHDISTEET JA ORGAANISETYHDISTEET KOSTEISSA KAASUISSA 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59
Trendiviivat muista typenyhdisteistä yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

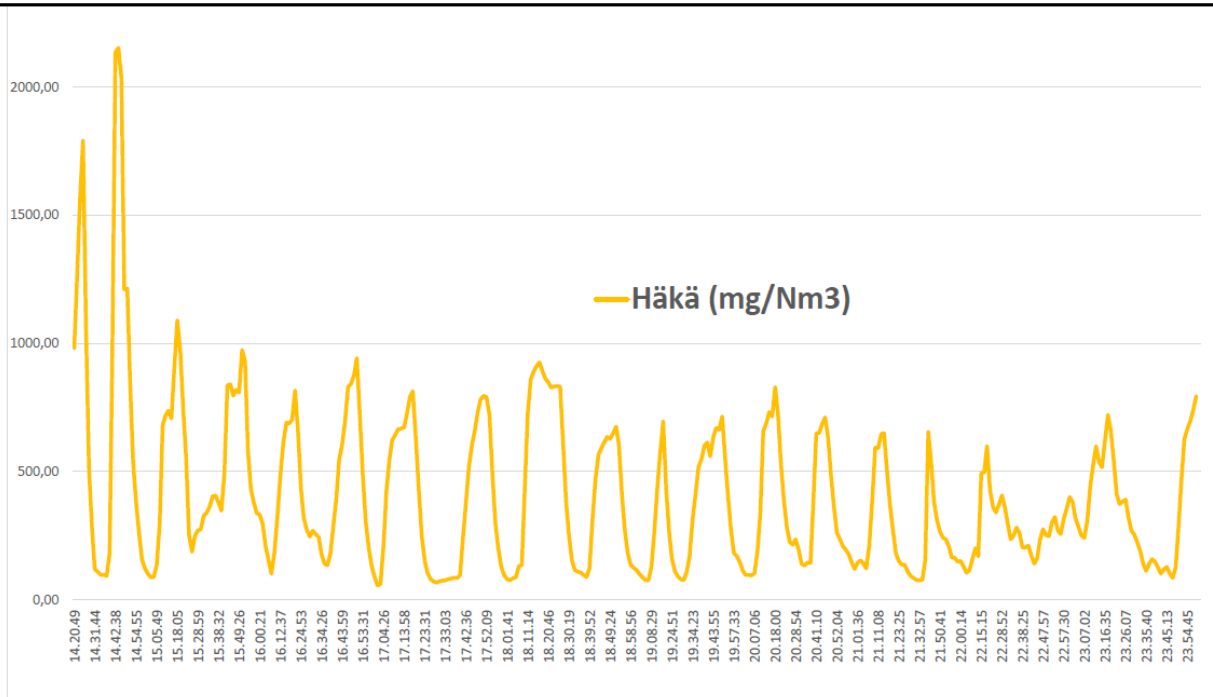
Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59
Trendiviivat orgaanisista yhdisteistä yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

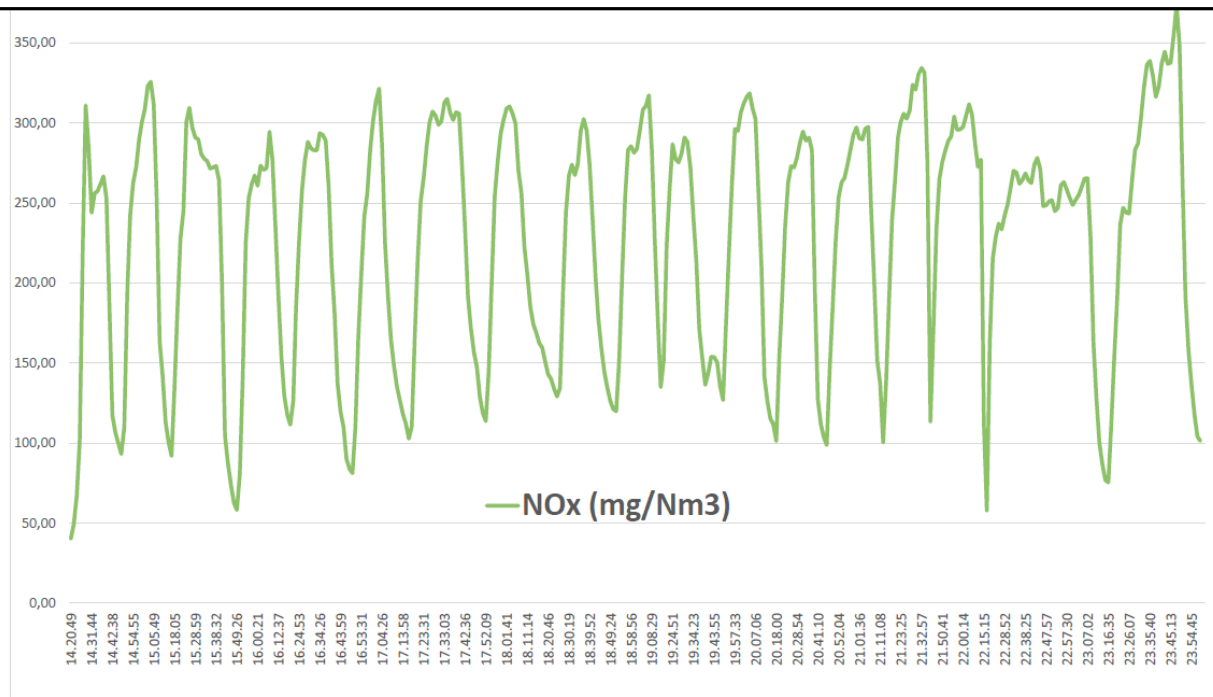
LIITE 4: HÄKÄPITOISUUS JA TYPEN OKSIDIT KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin.

Ari Mikkonen, Savonia

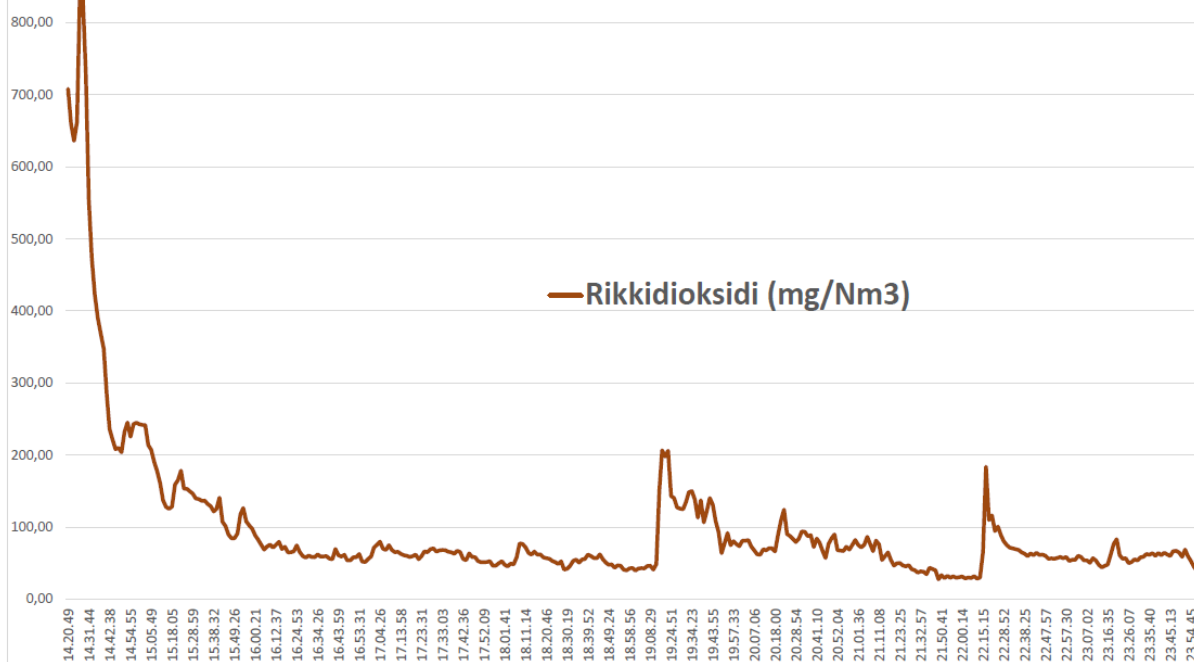
Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin.

Ari Mikkonen, Savonia

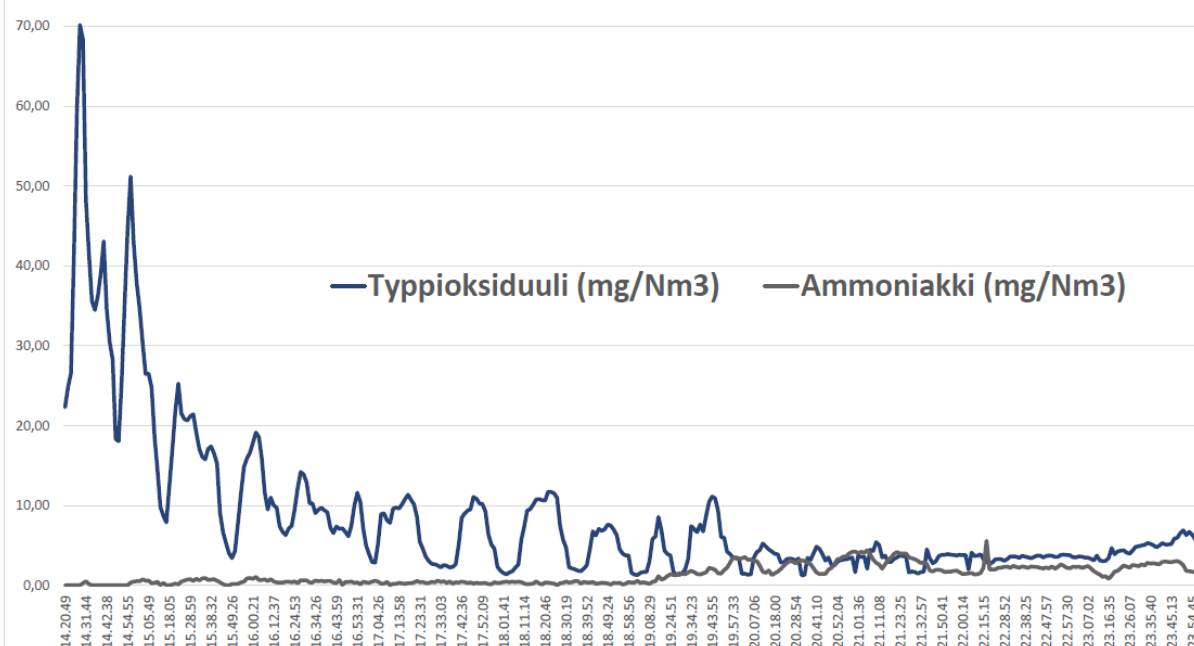
LIITE 5: RIKKIDIOKSIDI JA MUUT TYPENYHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviiva rikkidioksidista (SO₂) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa.

Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

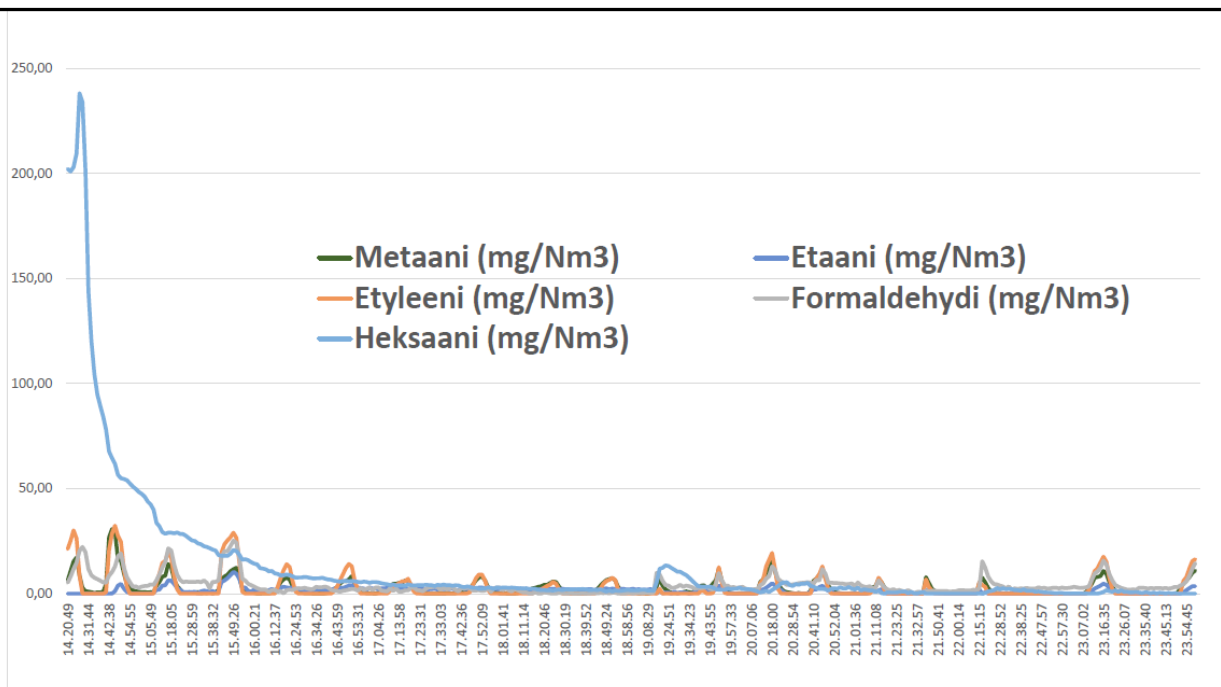
Trendiviivat muista typenyhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa.

Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 6: ORGAANISET YHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA JA HÄKÄPITOISUUS KUIVISSA KAA-SUISSA HAPPIREDUSOITUARVO 15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

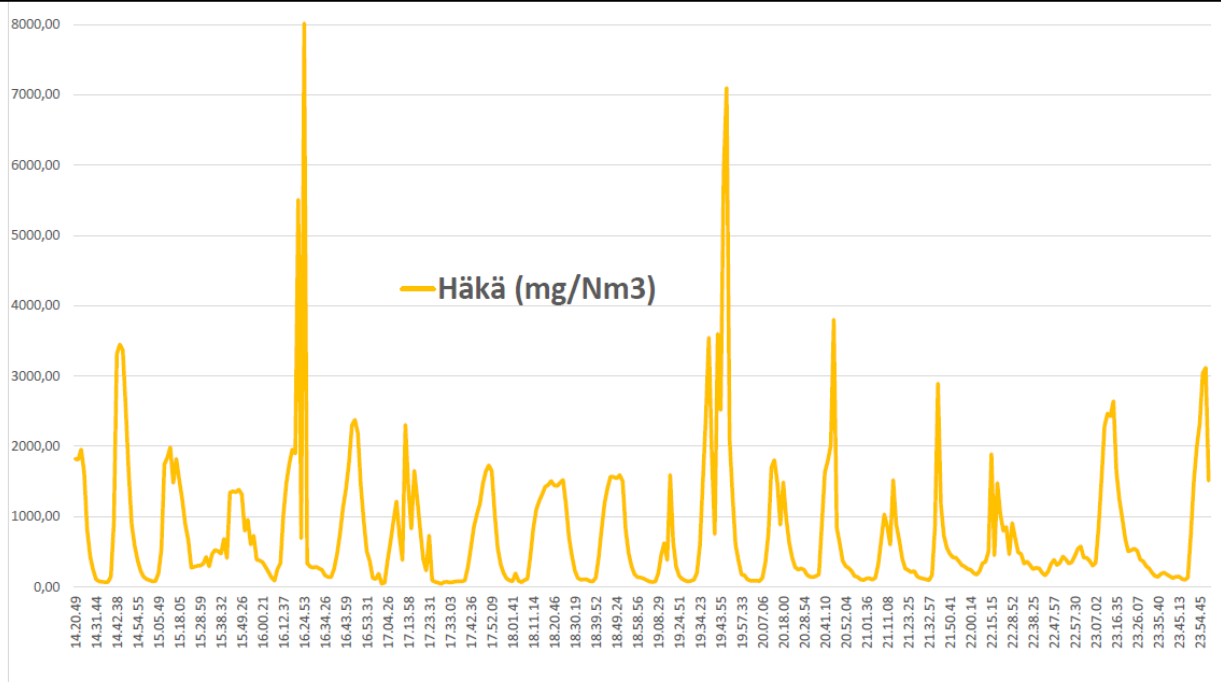
Trendiiviivat orgaanisista yhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuissa happiredusoitu arvo.

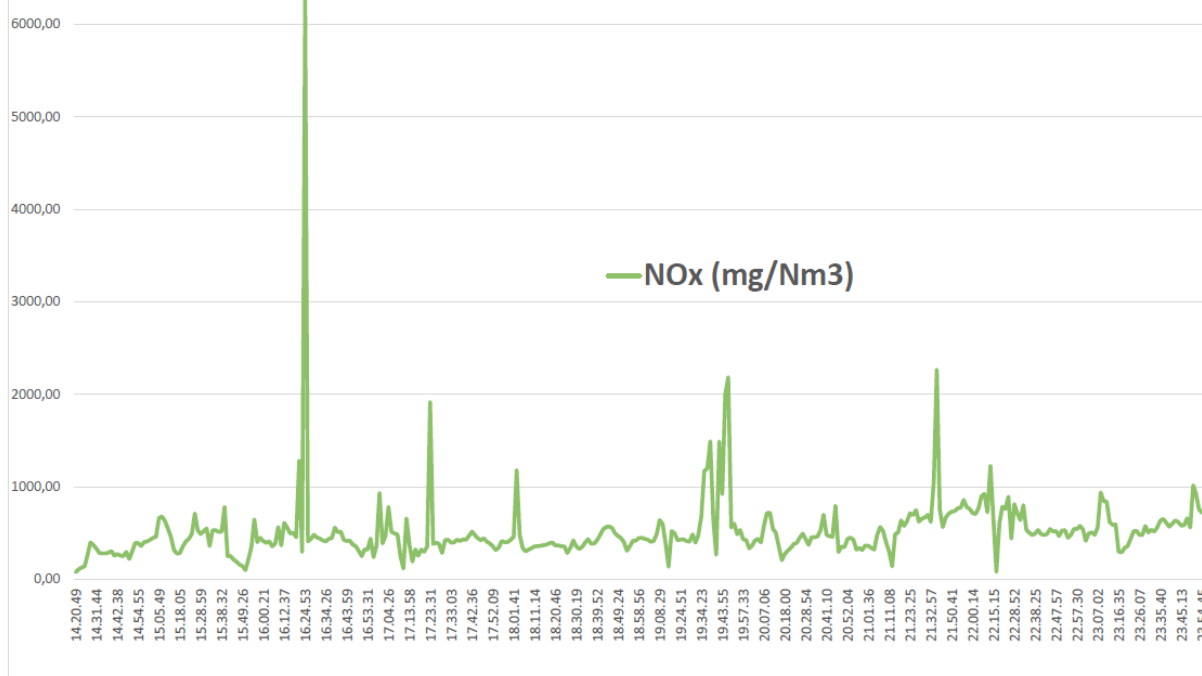


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 7: HAPPIREDUSOITUARVO TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA
15.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

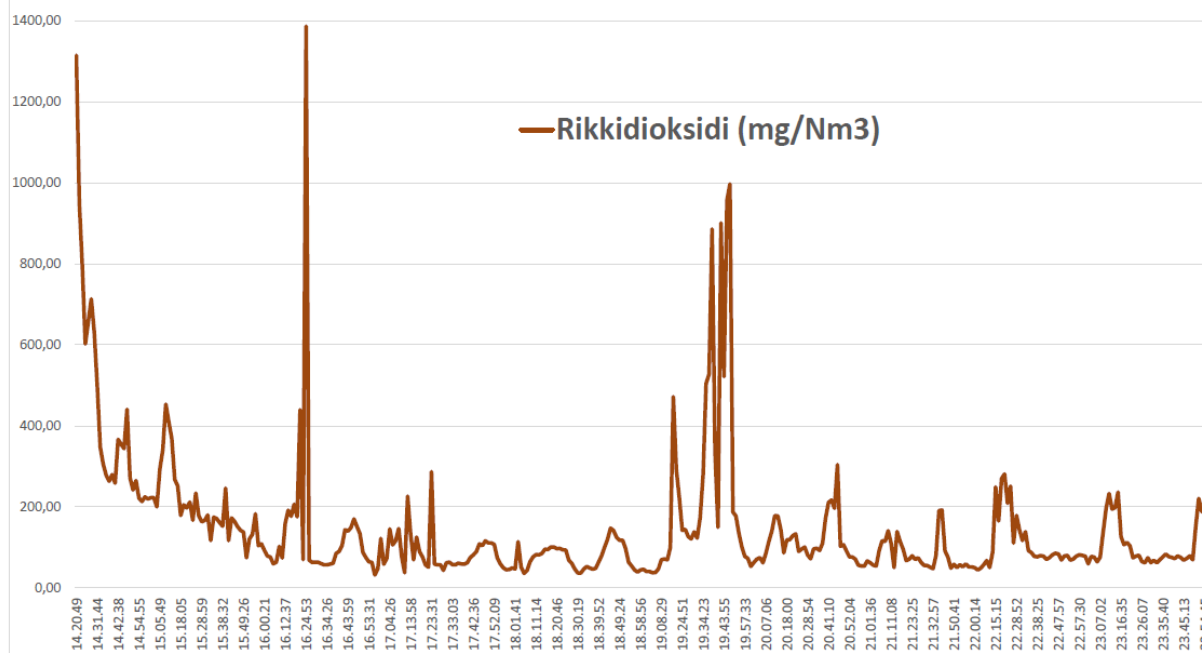
Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasussa happiredusoitu arvo.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviiva rikkidioksidista (SO₂) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasussa happiredusoitu arvo.

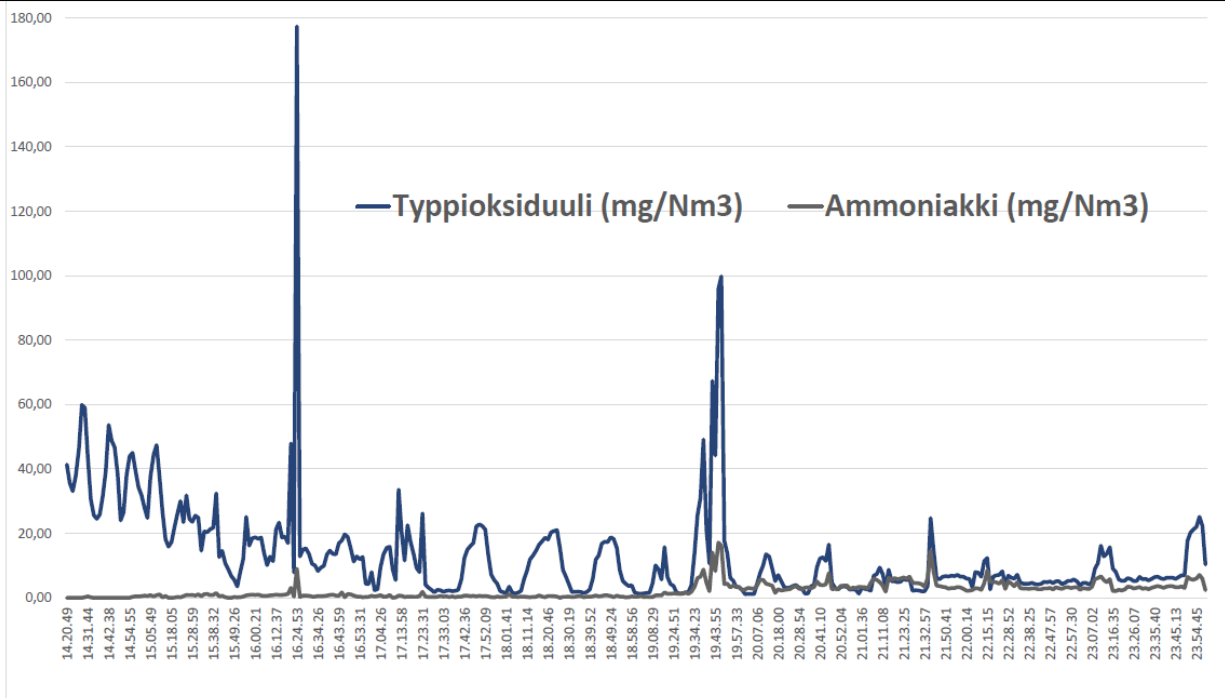


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 8: HAPPIREDUSOIDUT ARVOT TYPENYHDISTEISTÄ JA ORGAANISISTA YHDISTEISTÄ KUI-
VISSA KAASUISSA

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

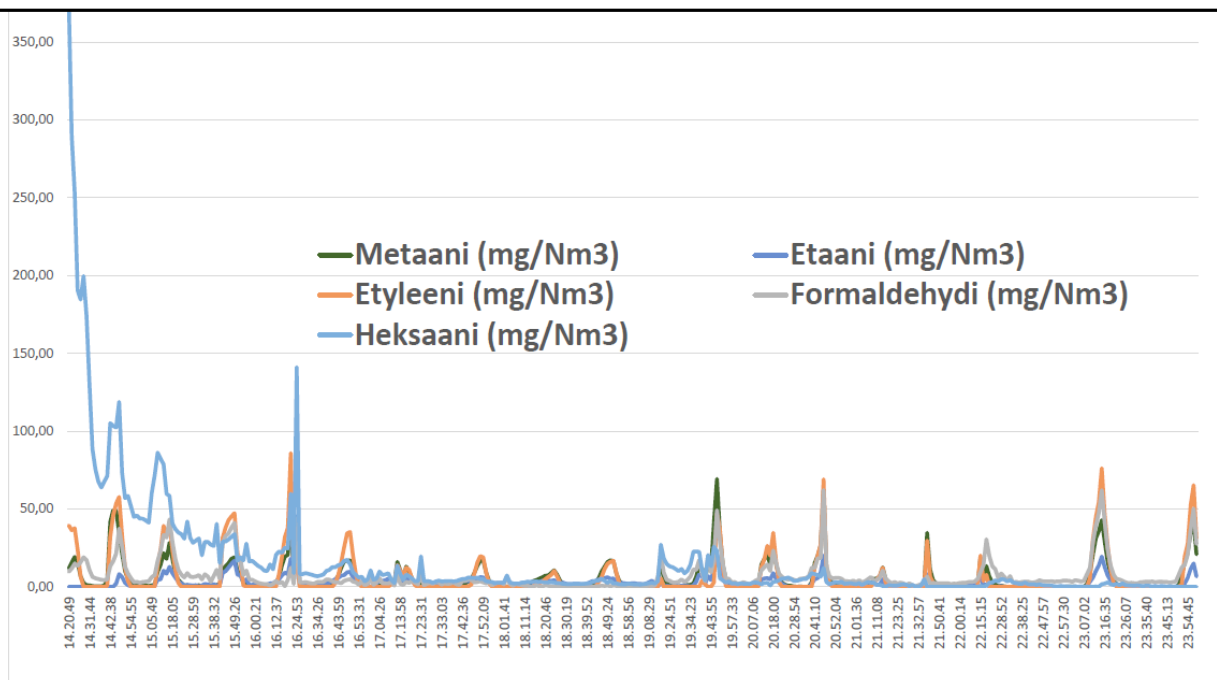
Trendiviivat muista typenyhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin happiredusoidut arvot.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 15.10.2019 klo 14.20 – 23.59

Trendiviivat orgaanisista yhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin happiredusoidut arvot.

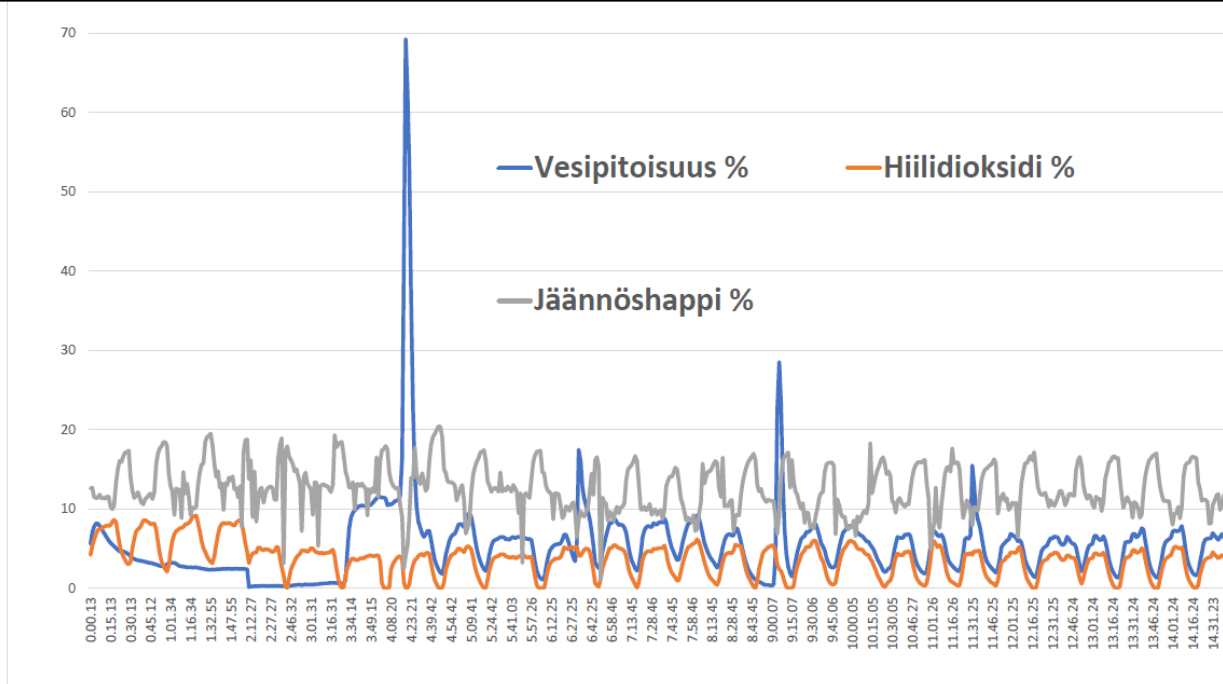


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 9: VESIPIITOISUUS, HIILIDIOKSIDI JA JÄÄNNÖSHAPPI SEKÄ HÄKÄPITOISUUS PROSENTTEINA 16.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

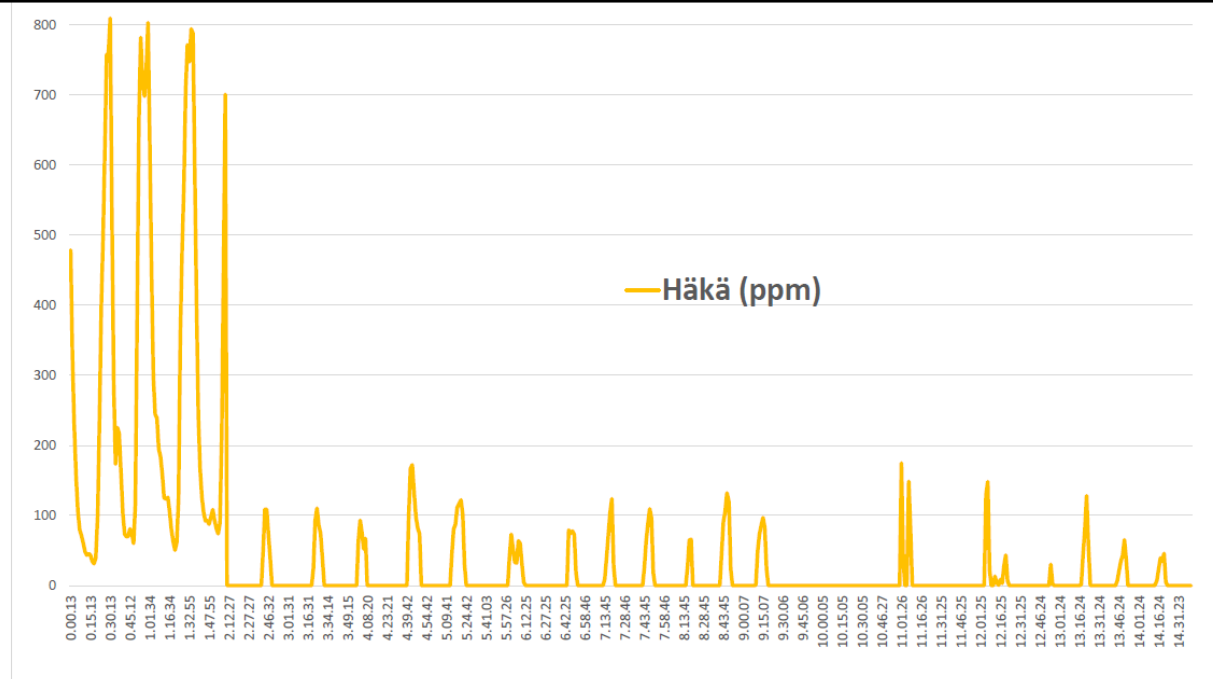
Trendiviivat vesipitoisuudesta, hiilidioksidista ja jäännöshapesta yksiköissä %.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

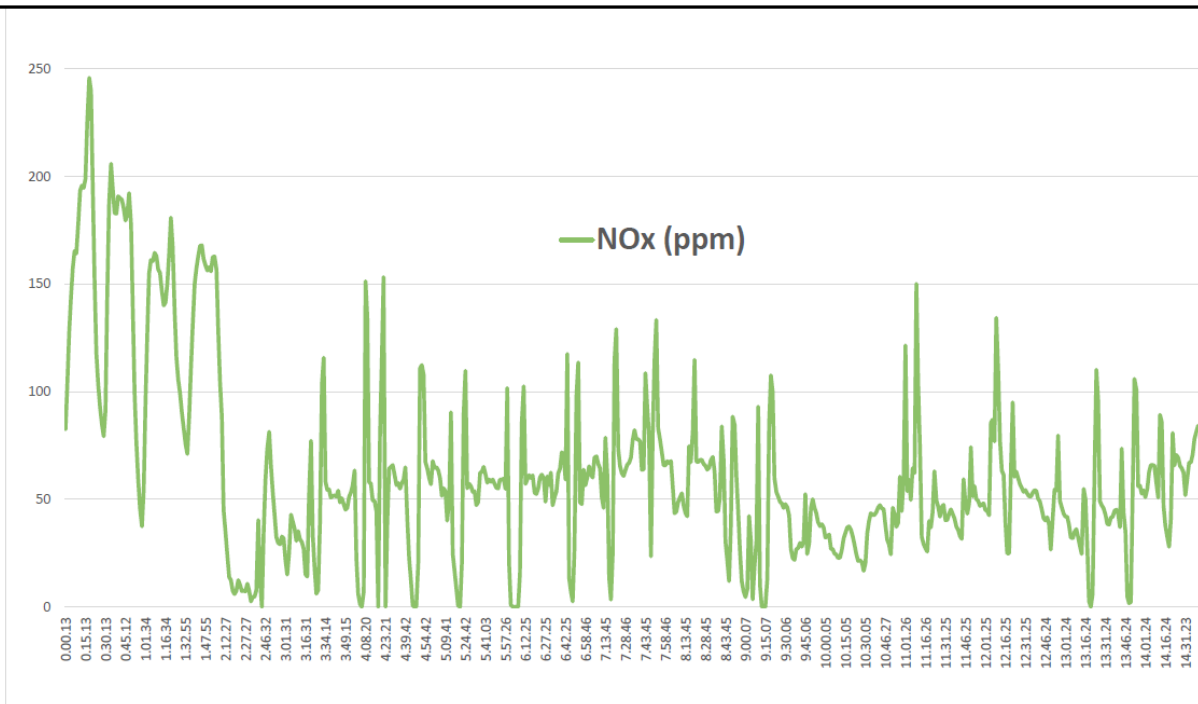
Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

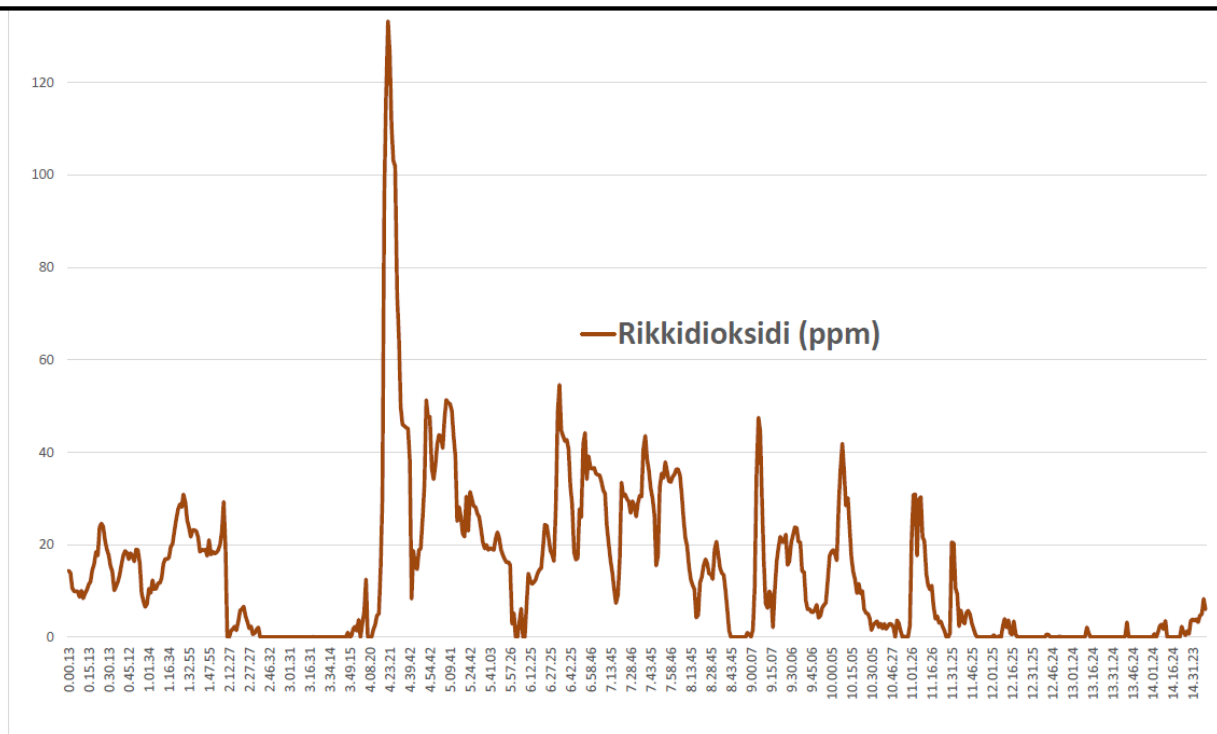
LIITE 10: TYPENOKSIDIT JA RIKKIDIOKSIDI KOSTEISSA KAASUISSA

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuiissa.



Ari Mikkonen, Savonia

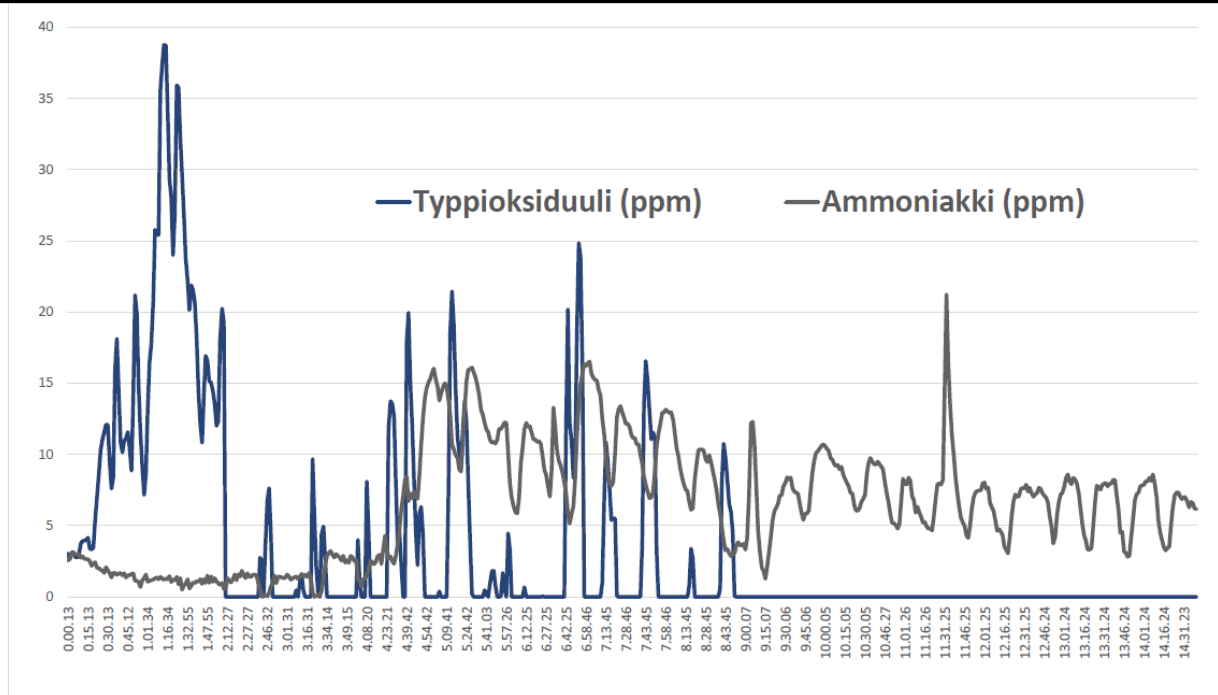
Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviiva rikkidioksidista (SO₂) yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuiissa.



Ari Mikkonen, Savonia

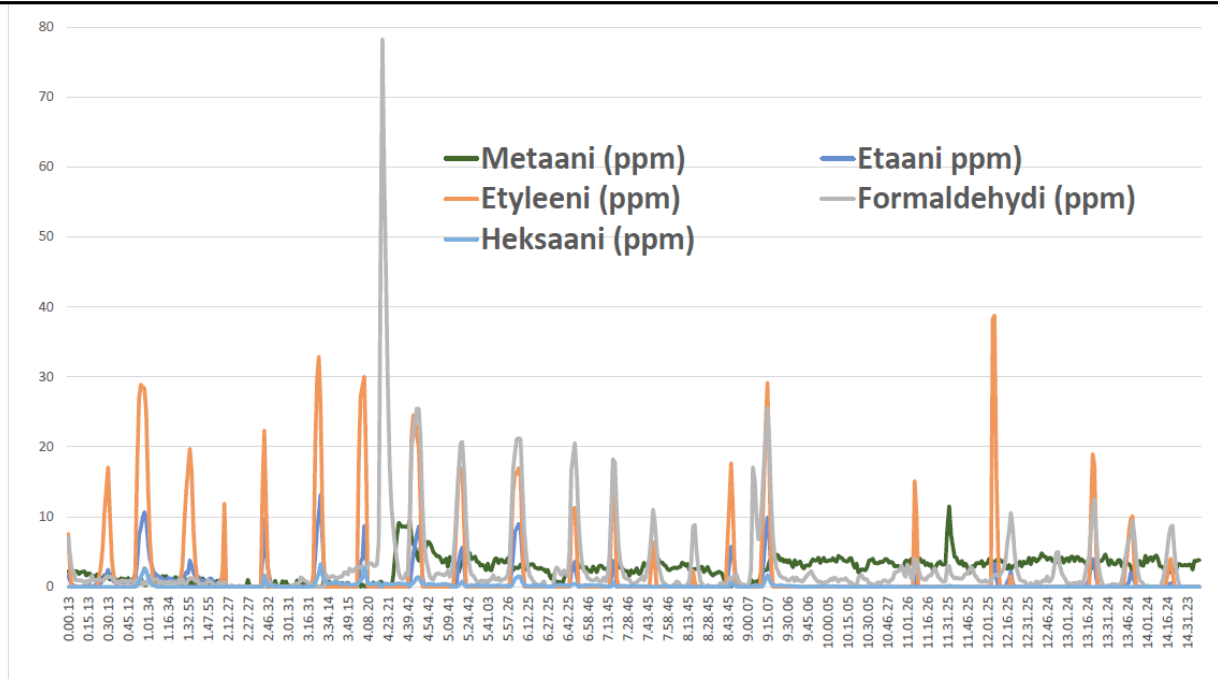
LIITE 11: TYPENYHDISTEET JA ORGAANISET YHDISTEET KOSTEISSA KAASUISSA 16.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviivat muista typenyhdisteistä yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

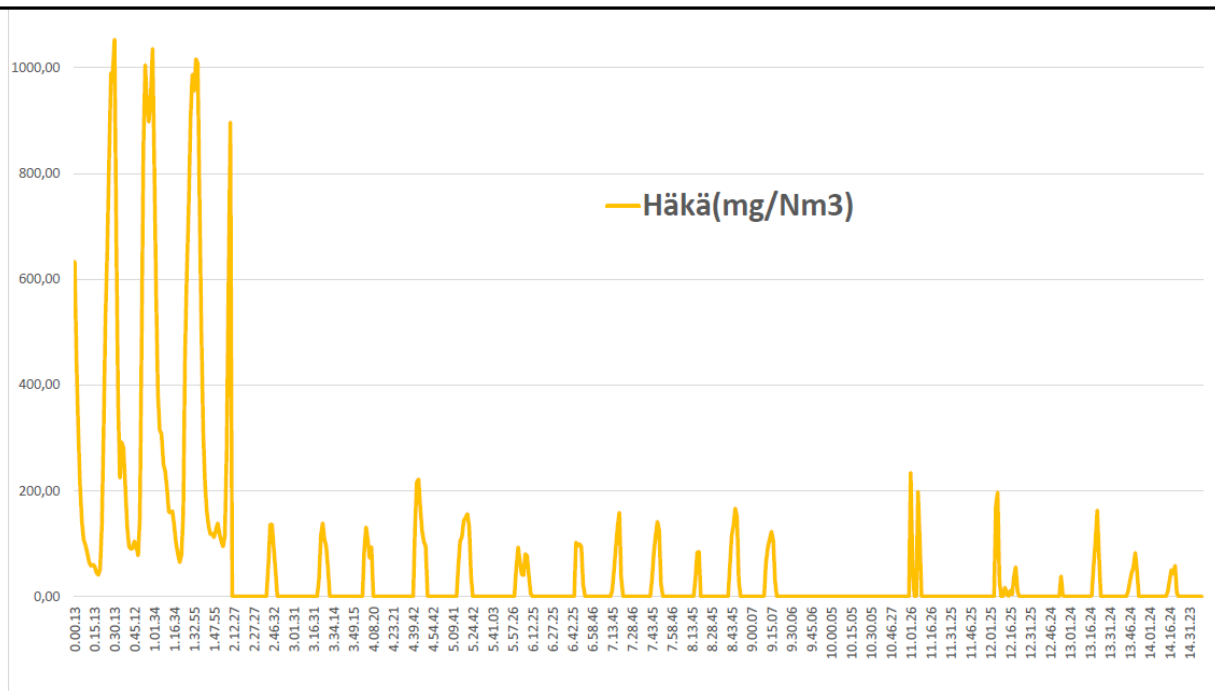
Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviivat orgaanisista yhdisteistä yksiköissä (ppm) kosteissa kaasuissa.



Ari Mikkonen, Savonia

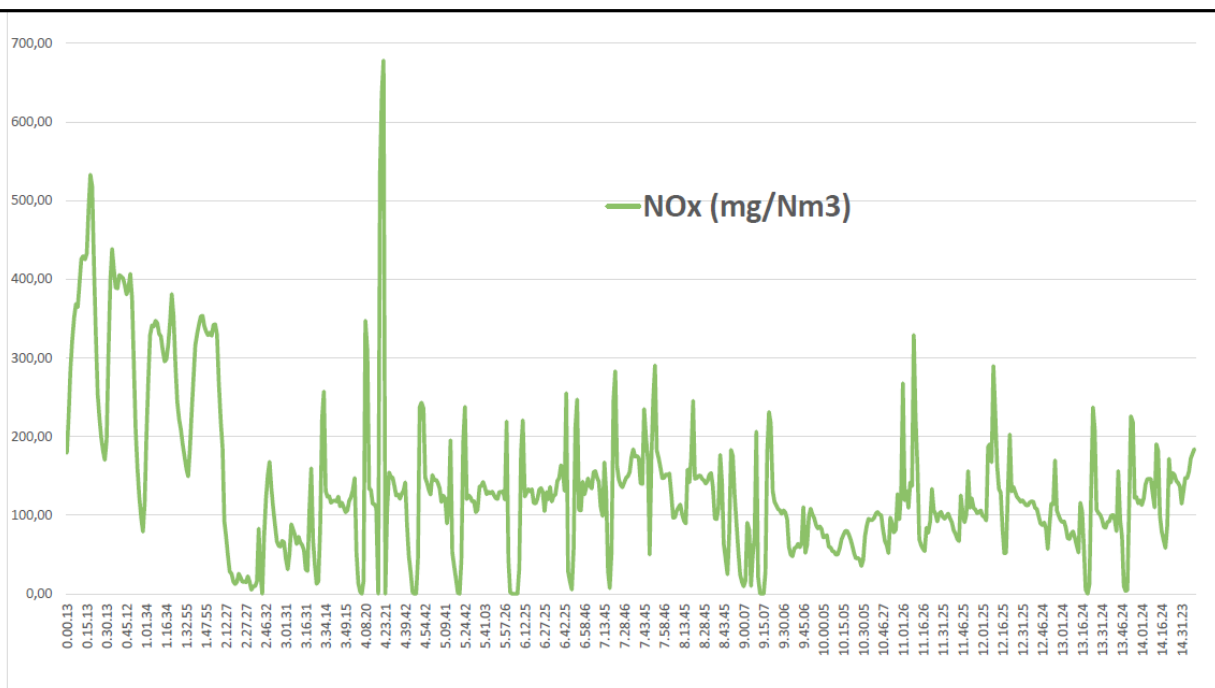
LIITE 12: HÄKÄPITOISUUS TYPENOKSIDIT KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin.

Ari Mikkonen, Savonia

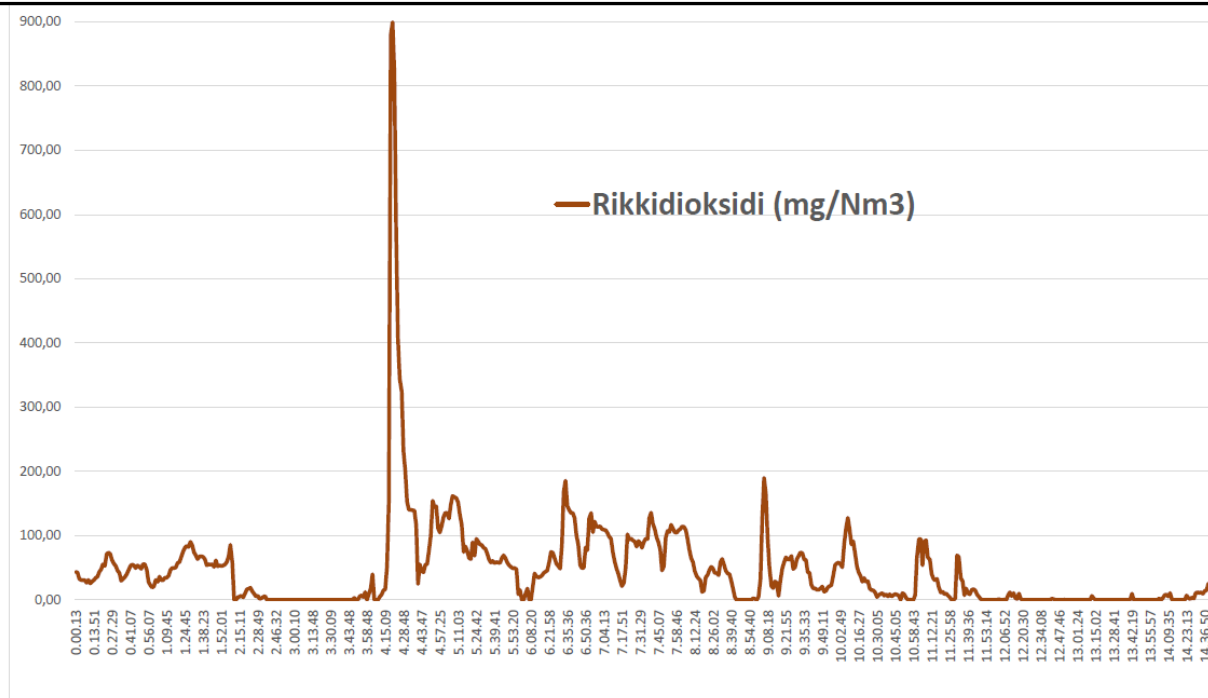
Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuihin.

Ari Mikkonen, Savonia

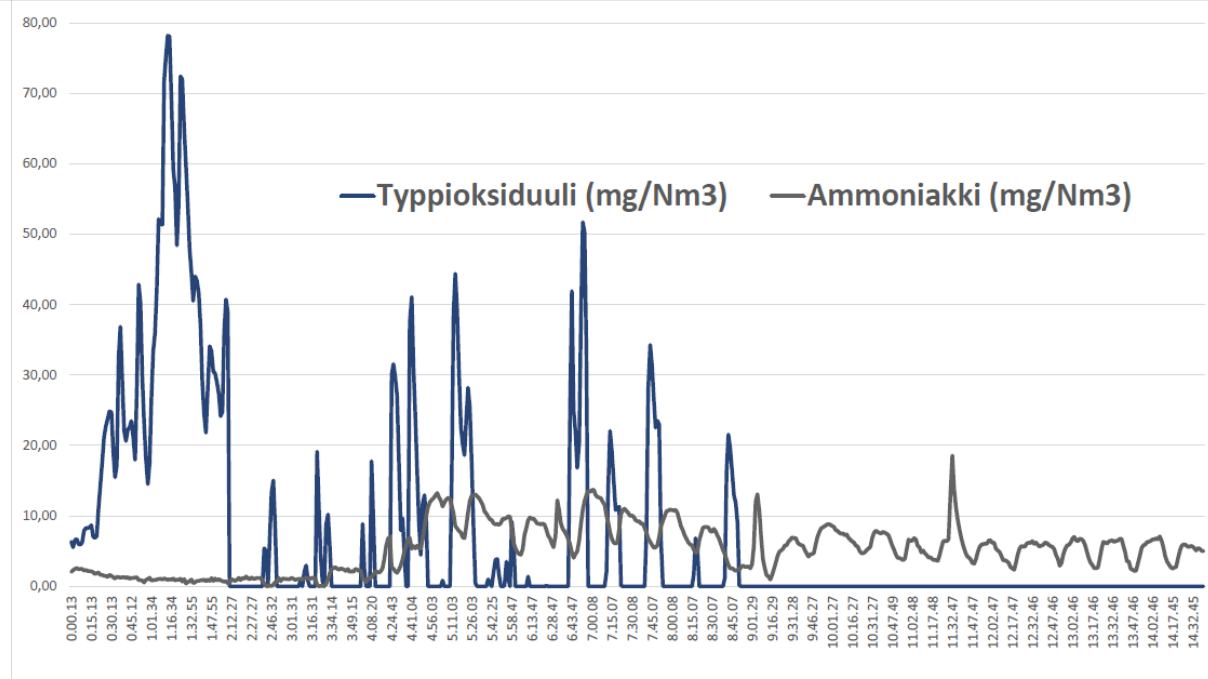
LIITE 13: RIKKIDIOKSIDI JA MUUT TYPENYHDISTEET KUIVISSA KAASUISSA 16.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva rikkidioksidista (SO₂) yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa.

Ari Mikkonen, Savonia

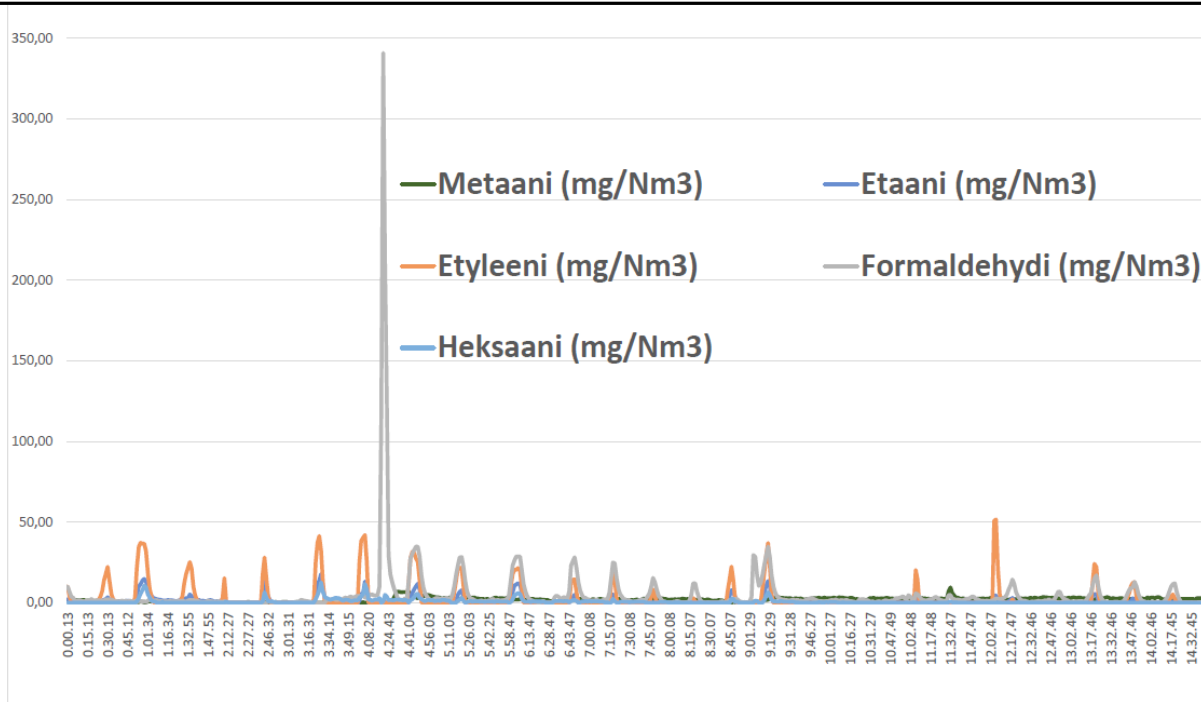
Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviivat muista typenyhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa.

Ari Mikkonen, Savonia

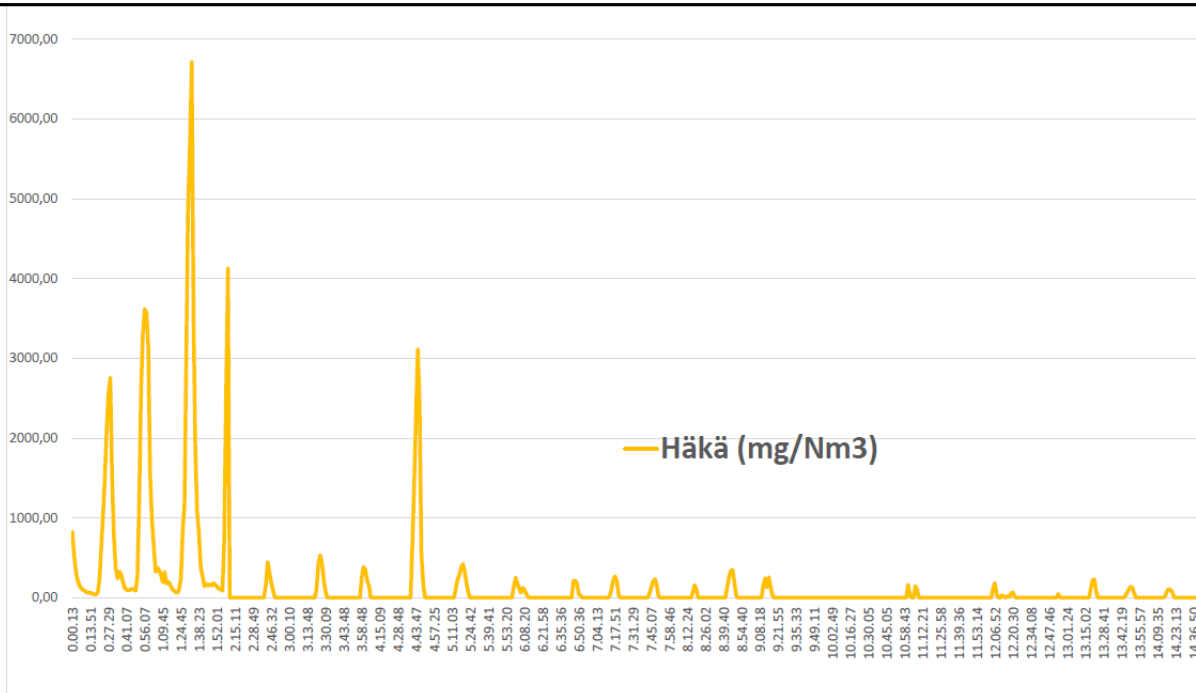
LIITE 14: ORGAANISET YHDISTEET JA HÄKÄPITOISUUS KUIVISSA KAASUISSA

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviivat orgaanisista yhdisteistä yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa.



Ari Mikkonen, Savonia

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41
Trendiviiva häkäpitoisuudesta yksiköissä (mg/Nm³) kuivissa kaasuiissa happiredusoitu arvo.

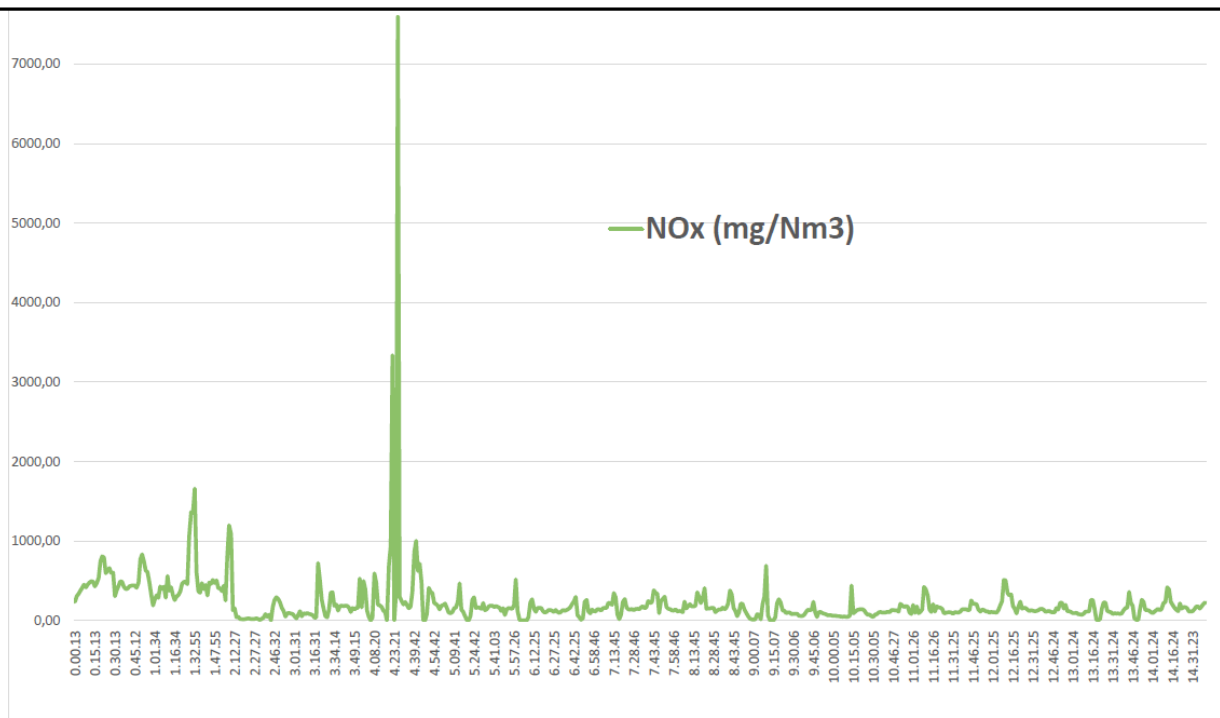


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 15: HAPPIREDUSOITU ARVO TYPENOKSIDEISTA JA RIKKIDIOKSIDISTA KUIVISSA KAASUISSA
16.10.2019

Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

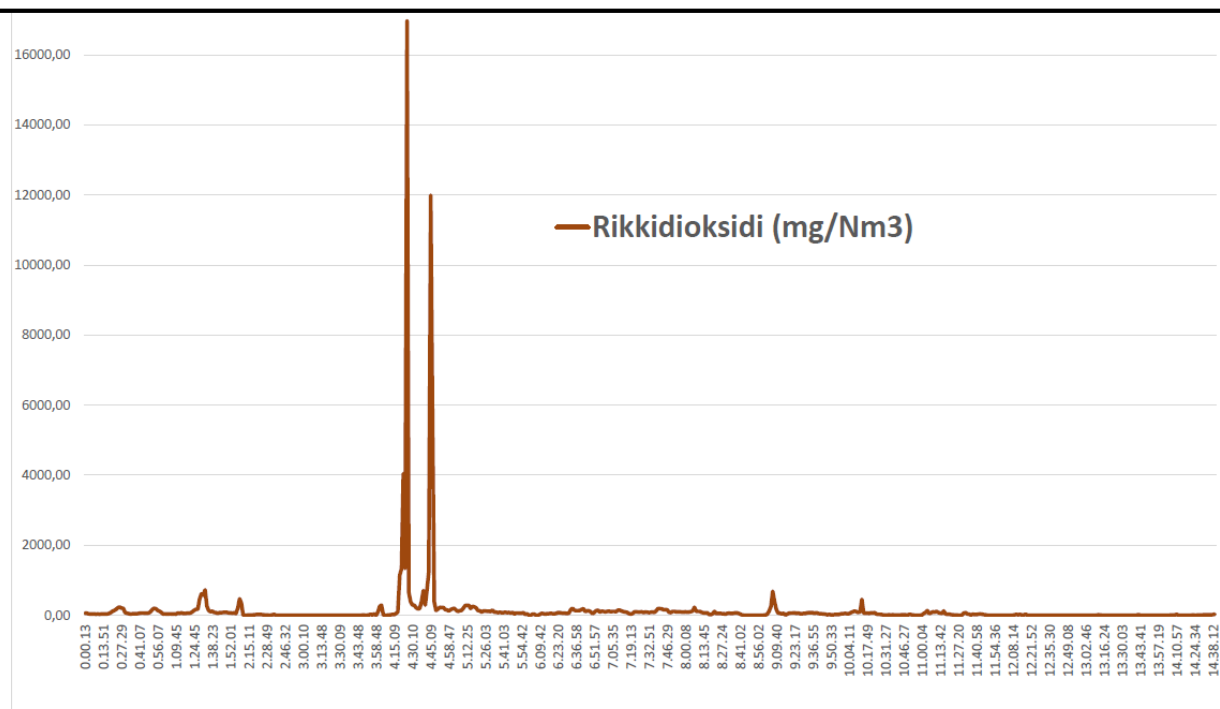
Trendiviiva typenoksideista (NO_x) yksiköissä (mg/Nm^3) kuivissa kaasuisa happiredusoitu arvo.



Ari Mikkonen, Savonia

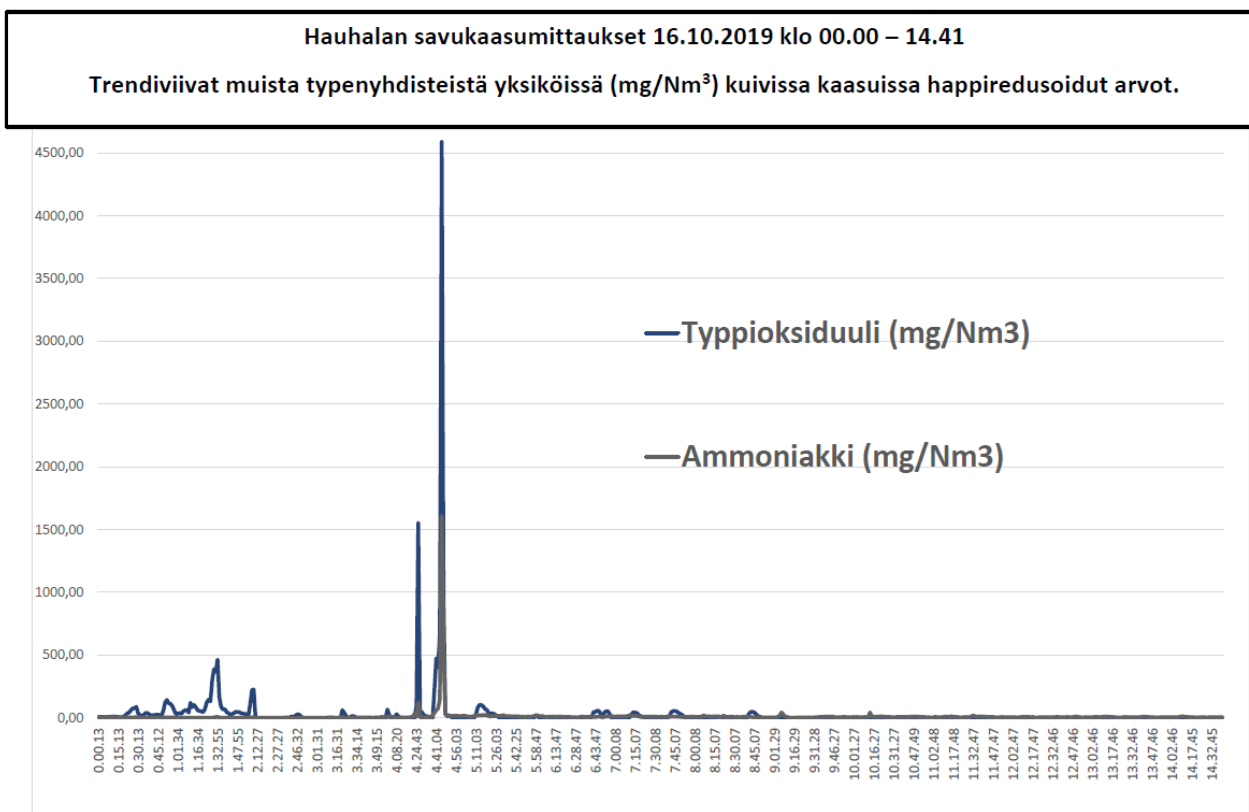
Hauhalan savukaasumittaukset 16.10.2019 klo 00.00 – 14.41

Trendiviiva rikkidioksidista (SO_2) yksiköissä (mg/Nm^3) kuivissa kaasuisa happiredusoitu arvo.

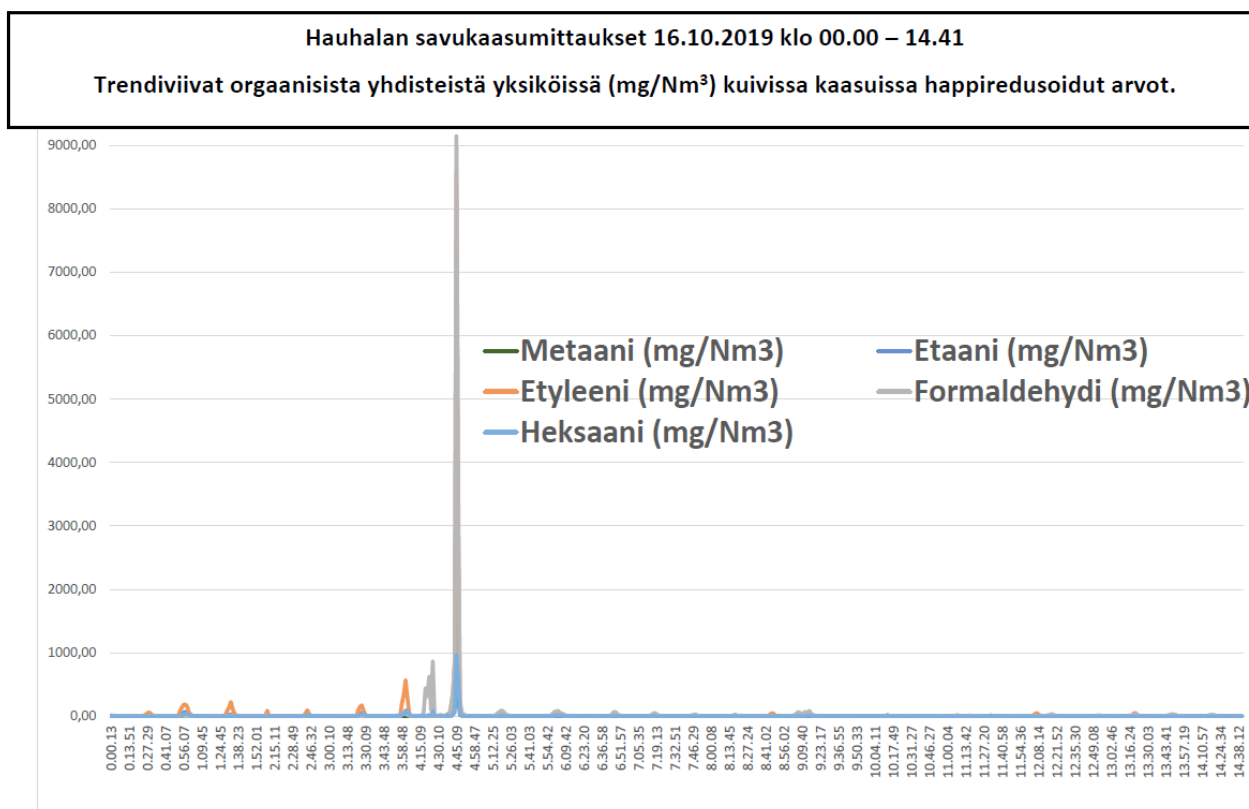


Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 16: HAPPIREDUSOITU ARVO MUISTA TYPENOKSIDEISTA JA ORGAANISISTAYHDISTEISTÄ KUIVISSA KAASUISSA



Ari Mikkonen, Savonia



Ari Mikkonen, Savonia

LIITE 17: TAULUKKO PÄÄSTÖARVOISTA

- Taulukko 1. Uusien energiantuotantoyksiköiden (kattilat), joiden polttoaineteho on vähintään yksi mutta alle 50 megawattia, päästöraja-arvot

| Kattilan polttoaineteho (P) | Hiukkaset mg/m ³ n | NO _x (laskettuna NO ₂) mg/m ³ n | SO ₂ mg/m ³ n |
|---|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| Nestemäiset polttoaineet ¹ | O ₂ = 3 % | O ₂ = 3 % | O ₂ = 3 % |
| 1≤P≤15 MW | 50 ² | 800 | 350 ⁴ |
| 15<P<50 MW | 50 ³ | 500 | 350 ⁴ |
| Kaasumaiset polttoaineet | | O ₂ = 3 % | |
| 1≤P≤15 MW | | 340 | |
| 15<P<50 MW | | 200 | |
| Puu ja muut kiinteät biopolttoaineet ⁴ | O ₂ = 6 % | O ₂ = 6 % | |
| 1≤P≤5 MW | 200 | 375 | 200 |
| 5<P≤10 MW | 50 | 375 | 200 |
| 10<P<50 MW | 40 | 375 | 200 |
| Turve | O ₂ = 6 % | O ₂ = 6 % | O ₂ = 6 % |
| 1≤P≤5 MW | 200 | 500 | 500 |
| 5<P≤10 MW | 50 | 500 | 500 |
| 10<P<50 MW | 40 | 500 | 500 |
| Hiili | O ₂ = 6 % | O ₂ = 6 % | O ₂ = 6 % |
| 1≤P≤10 MW | 50 | 270 | 850 |
| 10<P<50 MW | 40 | 270 | 850 |

LIITE 18: TUTKIMUSTODISTUS HAUHALAN HANHIFARMIN HAKKEESTA



SAVONIA

Tutkimustodistus

Opiskelijankatu 3

78211 Varkaus

Janne Ylönen/Tutkimushalli

Opiskelijankatu 3

78211 Varkaus



Asiakas vastaa näytteenotosta, säilytyksestä sekä toimituksesta laboratorioon.

Asiakkaan näytetunnus: Hauhalan Hanhifarmin hakenäyte

Näyte saapui laboratorioon: 16.10.2019

Näytteen analysointi pvm 21-22.10 ja 25-26.10.2019

Tutkimusnumero: ENE19-Tutkimushalli-24

Näytteen kuvaus: Hake

Näytteen massa, g: 1160

| Määrittys | Tulos | Yksikkö |
|--------------------------------------|-------|---------|
| Kalorimetrinen lämpöarvo | 20,41 | MJ/kg |
| Tehollinen lämpöarvo | 19,10 | MJ/kg |
| Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa | 13,59 | MJ/kg |
| Kokonaiskosteus | 25,6 | m- % |
| Kuiva-aineen tuhkapitoisuus | 0,1 | m- % |

| Määrittys | Analysointi pvm | Menetelmä |
|------------------|---------------------------|----------------------|
| Lämpöarvo | 21-22.10 ja 25-26.10.2019 | SFS-EN 15400* |
| Kosteuspitoisuus | 21-22.10 ja 25-26.10.2019 | SFS-EN ISO 18134-2** |
| Tuhkapitoisuus | 21-22.10 ja 25-26.10.2019 | SFS-EN ISO 18122*** |

*Tehollisen lämpöarvon laskemisessa näytteen vetypitoisuutena käytetty arvoa 6,00 %.

Jauhetun näytteen partikkelikoko < 1 mm.

**Kosteusmäärittäksessä käytetään vakuuminenettelmä ENEMEN-001.

*** Tuhkamäärittäksessä lämpötilat ISO 1171:n mukaiset.

Savonia-ammattikorkeakoulu Varkaus

Ari Mikkonen

ari.mikkonen@savonia.fi

Matemaattisten aineiden lehtori

Puh. 044 785 6780

WU19SP opiskelijaryhmä

Olli Eskelinen