

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), konetekniikka

2021

Aino Isoniemi

# ASFALTTIASEMAN SAVUKAASUJEN PÄÄSTÖMITTAUS

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri (AMK), konetekniikka

Huhtikuu 2021 | 36 sivua, 2 liitesivua

Aino Isoniemi

# ASFALTTIASEMAN SAVUKAASUJEN PÄÄSTÖMITTAUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää toimeksiantajalle Amomatic Oy:lle käyttöön sopiva mittausjärjestelmä tai anturi mittaamaan asfalttiasemalla syntyviä päästöjä. Opinnäytetyössä tutkitaan ja etsitään erilaisia mittausjärjestelmä kokonaisuuksia ja antureita, jotka soveltuvat savukaasujen päästömittaukseen.

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui päästömittausjärjestelmän kartoittaminen, koska vanha järjestelmä oli yli kymmenen vuotta vanha ja haluttiin päivittää nykyistä mittausjärjestelmää sekä laskea mittausjärjestelmän kustannuksia. Tämänhetkisen järjestelmän kustannukset ovat liian korkeat, eikä se tämän takia kiinnosta nykyisiä asiakkaita. Ongelmana oli mittausjärjestelmien korkea hintataso, joten haluttiin etsiä, löytyykö markkinoilta edullisia yksittäisiä antureita mittaamaan päästöjä. Anturien saatavuus ja hintataso tuli selvittää, jotta pystytään toteamaan työlle luotettava lopputulos.

Opinnäytetyö tehtiin tiedonhakuja ja saatuja tarjouspyyntöjä hyödyntäen. Olennaisena osana oli asfalttiaseman toiminnan ymmärtäminen ja paneutuminen erilaisiin menetelmiin päästömittauksessa. Tiedonhaun avulla perehdyttiin anturien toimintaan, jotta osattiin etsiä sopivat anturit mittamaan kutakin kaasukomponenttia. Tarjouspyyntöjen kautta todettiin mittausjärjestelmien hintatason olevan haluttua korkeampi. Saatujen tarjouspyyntöjen jälkeen työ keskittyi löytämään rajaehdot täyttäviä antureita jokaiselle kaasukomponentille.

Yksittäiset anturit todettiin vertailun kautta olevan edullisempi ratkaisu päästömittaukseen. Lopullisen valinnan myötä toimeksiantaja saa käyttöön sopivia vaihtoehtoja, mistä on helppo valita lopulliseen järjestelmään sopivat anturit. Edullisen päästömittaukseen soveltuvan järjestelmän menekki on kohtuullisen hyvä tulevaisuudessa.

ASIASANAT:

Savukaasu, päästömittaus, asfalttiasema, mittari, anturi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical Engineering

April 2021 | 36 pages, 2 pages in appendices

Aino Isoniemi

# FLUE GAS EMISSIONS MEASUREMENT AT AN ASPHALT PLANT

The aim of the thesis was to find a suitable measurement system or sensor for Amomatic Oy. The task was to investigate and seek for different measurement system and sensors that are suitable for flue gas emission measurement at an asphalt plant. The thesis was done because the old measurement system was more than ten years old and there was a desire to update and lower the cost of the measurement system.

The thesis was done using internet search and received invitation for tenders. The important part was understanding the operation of the asphalt plant and focusing on different methods for measuring emissions. The cost of the current measurement system is too high and that will not interest the current customers. The problem of the measurement system was the high price, so the objective was to find if there was a cheaper system or sensors on the market. The sensors' availability and price level had to be researched to find the result.

At a result of internet search, information on the sensors was found that it possible to find suitable sensors for each gas. The invitations to tender revealed that, it was found that the price level of the measurement system was higher than desired. Because of this, the work focused on finding suitable sensors. The sensors were found to be a less expensive solution for emission measurement and Amomatic can build a system around the sensors.

## KEYWORDS:

Flue gas, emissions measurement, an asphalt plant, sensor

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 AMOMATIC OY</b>	<b>8</b>
2.1 Yritysesittely	8
2.2 Asfaltin valmistusprosessi ja käyttö	9
<b>3 ASFALTTIASEMAN PÄÄSTÖT</b>	<b>11</b>
3.1 Päästöjen raja-arvot	11
3.2 Ympäristöolosuhteet	14
<b>4 VANHA PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄ</b>	<b>16</b>
<b>5 PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET</b>	<b>18</b>
5.1 Rajaehdot	19
5.2 Järjestelmävaatimukset	20
5.2.1 Mittausperiaatteet	20
5.2.2 Näytteenottotavat	23
<b>6 PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄN VALINTA</b>	<b>26</b>
6.1 Päästöjen pitoisuudet	26
6.2 Mittausjärjestelmän sijoitus	27
6.3 Mittausjärjestelmien kartoittaminen ja valinta	28
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>32</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>

## LIITTEET

Liite 1. Näytteenotto ja analysointi taulukko päästöistä.  
Liite 2. Opinnäytetyön prosessikaavio.

## KUVAT

Kuva 1. Asfalttiasema (Amomatic Oy 2013).	8
Kuva 2. AmoCEMS päästömittausjärjestelmä (Amomatic Oy 2021).	16
Kuva 3. IR-tekniikka analysaattorin toimintakuva (Päästömittauksen käsikirja 1, 29).	22
Kuva 4. Ekstraktiivinen näytteenottolinja (Päästömittauksen käsikirja 1, 24).	24
Kuva 5. Mittapisteiden sijainti savukanavassa (Päästömittauksen käsikirja 1, 10).	28

## KUVIOT

Kuvio 1. Rajaehdot järjestelmän valintaan.	18
--	----

## TAULUKOT

Taulukko 1. Päästöjen raja-arvot polttoaineen mukaan (Tanskan ympäristölainsäädäntö 2019).	12
Taulukko 2. 16 yleisintä PAH-yhdistettä (Työterveyslaitos tavoitetaso 2010, 4).	13
Taulukko 3. Komponenttien mittausperiaatteet.	20
Taulukko 4. Hiukkasmenetelmien käyttö eri tilanteissa (Päästömittauksen käsikirja 1, 23).	23
Taulukko 5. Päästöjen pitoisuudet.	27
Taulukko 6. Anturi kokonaisuudet.	29
Taulukko 7. Esimerkki 1 antureista.	30
Taulukko 8. Esimerkki 2 antureista.	30
Taulukko 9. Esimerkki 3 antureista.	30
Taulukko 10. Pölypitoisuus anturit.	31

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
Amiini	Amiinit ovat ammoniakkin kaltaisia yhdisteitä, jonka vetyatomi on korvattu orgaanisella ryhmällä
Bitumi	Bitumi on raskaista hiilivedyistä koostuva seos
Cd	Raskasmetalli, kadmium
CO	Hiilimonoksidi, häkä
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
Hg	Raskasmetalli, elohopea
NO <sub>x</sub>	Typen oksidit ilmassa
O <sub>2</sub>	Happi
SO <sub>x</sub>	Rikin oksidipäästö
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
ppm	Mittayksikkö, joka on prosentin ja promillen kaltainen suhteellinen suhdeyksikkö, joka ilmaisee, kuinka monta miljoonasosa jokin on jostakin
RC	Rouhetta, joka on vanhaa kierrätettyä asfalttia

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää päästömittausjärjestelmä, joka mittaa vaadittuja savukaasun päästöjä asfalttiasemalla. Työssä kartoitetaan toimittajien tarjoamia mittausjärjestelmiä ja pelkkiä yksittäisiä antureita. Työssä pyritään vastaamaan siihen, että löytyykö tämänhetkisiltä markkinoilta sopiva mittausjärjestelmä edullisesti. Toinen tutkimuskysymys on, että riittääkö pelkkä anturi vastaamaan vaatimuksia ja löytyykö markkinoilta päästömittaukseen sopivia antureita. Mittausjärjestelmien valintaan on annettu rajaehdot ja kriteerit, jotka tulee täyttyä valmiissa mittausjärjestelmässä.

Päästömittausjärjestelmää kehitetään, koska vanha järjestelmä on vanhentunut. Teknologia on kehittynyt kymmenessä vuodessa paljon ja voidaan olettaa, että tässä ajassa myös mittari- ja anturitekniikka on mennyt paljon eteenpäin, markkinoilla olisi enemmän vaihtoehtoja ja kilpailu olisi pudottanut hintatasoa alaspäin. Tämänhetkistä vanhaa järjestelmää on koekäytetty asfalttiasemalla, mutta varsinaisessa jatkuvassa käytössä tämä ei ole ollut.

Opinnäytetyössä otetaan huomioon kokonaiset valmiit mittausjärjestelmät sekä pelkät anturit. Anturit ovat otettu vaihtoehdoksi järjestelmään, koska opinnäytetyön toimeksiantajalla on kyky tehdä anturien ympärille mittausjärjestelmä. Opinnäytetyössä ilmenevän lopputuloksen ja lopullisen valinnan jälkeen Amomatic tilaa toimittajalta käyttöönsä järjestelmän tai tekee löydettyjen yksittäisten anturien ympärille mittausjärjestelmän.

Opinnäytetyössä esitellään ja tarkastellaan asfalttiaseman päästöjä, Tanskan ympäristölainsäädäntöä ja valtioneuvoston asetusta asfalttiasemien ympäristövaatimuksista. Nykypäivänä tulee olla jatkuvasti enemmän tietoisempi asfalttiasemalta syntyvistä päästöistä ja osattava ehkäistä näitä tarpeiden mukaisesti.

## 2 AMOMATIC OY

### 2.1 Yritysesittely

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Amomatic Oy. Amomatic sijaitsee Paimiossa ja valmistaa asfalttiasemia. Yritys on perustettu vuonna 1919 ja se on aloittanut aikoinaan toiminnan Vähäsilta nimisenä konepajana. Yrityksen historia on monipuolinen, koska tuotantoon on kuulunut ajansaatossa rautatankojen kuin sukellusveneen rungon valmistaminen. Amomatic on nykyään keskittynyt asfalttiasemien (kuva 1) valmistukseen ja tällä hetkellä yritys valmistaa viittä erilaista asfalttiasemaa. Asfalttiasemat valmistetaan teholuokittain 120–300 t/h. Teholuokat perustuvat, kuinka monta tuhatta kiloa tunnissa asfalttiasema tuottaa asfalttia. (Amomatic Oy 2021.)

Asfalttiasemat:

- Amomatic SM
- Amomatic CM
- Amomatic H
- Amomatic S
- Amomatic M



Kuva 1. Asfalttiasema (Amomatic Oy 2013).

Asfalttiasemien tuotannossa pyritään huomioimaan modulaarisuus, siirrettävyys, ekologisuus ja digitalisaatio. Asfalttiaseman ovat rakenteeltaan modulaarisia, mikä tekee niiden tuotannosta tehokkaan. Modulaarinen rakenne vähentää myös tarvetta irto-osien käsittelyyn. Ne ovat helposti siirrettävissä ja helposti koottavia. Asfalttiasemien moduulit siirretään trailerien avulla kohteesta toiseen. (Amomatic 2021.)

Amomatic pyrkii tekemään asfaltin valmistuksesta ympäristöystävällistä ja tarkkailemaan niistä syntyviä kuormia, mitkä kohdistuvat ympäristöön. Käytössä ovat uudet LTA-valmistustekniikat ja innovaatiot biopolttoaineissa, energiantehokkuudessa ja päästövalvonnassa. Asfalttiasemien ohjausjärjestelmä on yhdistettynä uusiin sovelluksiin, jotka tuovat tuotantoon tehoa ja luotettavuutta. (Amomatic 2021.)

## 2.2 Asfaltin valmistusprosessi ja käyttö

Lyhyesti selostettuna asfaltin valmistusprosessi lähtee liikkeelle siitä, kun kivimateriaalia syötetään siloihin. Silloista kivimateriaali kulkee hihnaa pitkin kuivausrumpuun, missä kiviaines kuivuu ja lämpenee oikeaan lämpötilaan. Oikea lämpötila on noin 140–250 astetta, mikä on tärkeää jatkokäsittelyä ajatellen. Jatkokäsittelyssä palamatonta polttoainetta ei saa jäädä kiviaineen sekaan.

Savukaasuimuri imee samalla lämmityksestä tulevat savukaasut ja kiviälyt suodattimeen. Suodattimen tehtävänä savukanavassa on erotella savukaasu ja kiviäly toisistaan. Tämä on tärkeä vaihe, koska kiviälyä käytetään myöhemmin asfaltin täyteaineena. Kuivaamisen jälkeen kiviaines siirtyy seulaan, joka on sekoitintornin ylimpänä osana. Seulassa erotetaan kiviainekset toisistaan viiteen eri lokerikkoon ja lokeroista kiviaines annostellaan sekoittimeen. Sekoittimessa kiviaineen sekaan lisätään bitumi ja muut sideaineet. Sekoituksen jälkeen massa on valmista ja tämä voidaan tyhjentää pohjaluukun kautta kuorma-auton lavalle tai varastoon.

Asfaltti on erinomainen pinnoite tielle, kaduille, piha-alueille ja kenttien päällystysmateriaaliksi. Asfaltti tekee huolitellun ja pitkäikäisen pinnana sekä se kestää kovaa rasitusta. Asfaltti materiaalina ei ole kovin herkkä kemikaaleille, koska se kestää lieviä happoja ja emäksiä sekä haitta-aineita kuten raskasmetalleja. Talven kylmä lämpötila tekee asfaltista joustamattoman ja tämä saattaa rikkoa asfaltin päällysrakenteen. Raskaat ajoneuvot ja useasti toistuva liikerata rasittaa asfaltin pintaa tai alusrakenteita. (NCC 2021.)

Asfaltin pinnan sileyttä ja kestävyyttä pystytään säätämään kiviaineen rakeisuudella ja bitumin määrällä. Pienemmällä kiviaineksen maksimirakekolla asfaltti on pinnaltaan sileämpää, mutta tämän kulutuskestävyys on huonompi. Hienojakoinen asfaltti sopii parhaiten jalankulkukäytävälle ja muille kevytväylille sekä piha-alueille, jossa ei ole raskasta liikennettä. Jos halutaan kulutusta kestävää pintaa, käytetään kiviaineeltaan karkeampaa asfalttia. (NCC 2021.)

### 3 ASFALTTIASEMAN PÄÄSTÖT

Asfalttiasemalla syntyy erilaisia päästöjä ja tämän työn tapauksessa tarkkaillaan CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, pölypäästöjä ja PAH-yhdisteitä. Pääpaino työssä oli löytää sopiva järjestelmä tai anturit kaasukomponenteille ja pölypäästöille. PAH-yhdisteitä mittaavien anturien etsiminen oli taka-alalla, koska nämä ovat haastavampia komponentteja ja mitauskohteita.

EU ja WHO on asettanut raja-arvot ilman epäpuhtauksille. Nämä raja-arvot perustuvat tieteelliseen näyttöön ilman pilaantumisen terveysvaikutuksista. Hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> raja-arvo on 40 mg/m<sup>3</sup>, WHO:n ohjearvo 20 mg/m<sup>3</sup> ja sallittujen ylityksien määrä kalenterivuodessa on 35 kertaa. Pienhiukkasten PM<sub>2.5</sub> raja-arvo on 25 mg/m<sup>3</sup>, WHO:n ohjearvo 10 mg/m<sup>3</sup> ja sallittuja ylityksien määriä ei ole määritetty. Kansallinen altistumisen pitoisuuskatto on ollut 31.12.2015 alkaen 20 mg/m<sup>3</sup>. (Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030, 22).

Asfalttiasemasta tulee laatia aseman tuotannon kuvaus, mistä tulee ilmi tuotantokapasiteetti, tiedot käytetyistä kivimateriaaleista, RC, fillerien ja muiden lisäaineiden käytöstä, kulutuksesta sekä varastoinnista. RC:n tiedot koostuvat siitä, miten tätä kuumennetaan. Tulee määrittää jokaiselle varastoitavalle tuotteelle enimmäismäärät ja tiedot aseman koko energiankulutuksesta. Lisäksi tulee tehdä selvitys pölytyypeistä ja valvontalaitteista. (Tanskalainen lainsäädäntö 2019).

#### 3.1 Päästöjen raja-arvot

Asfalttiasemia koskee Tanskan ympäristösuojelulaki ja valtioneuvoston asetus asfalttiasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista, joka on annettu 27 toukokuuta 2010. Tanskan ympäristönsuojelulaki on säädetty 25.11.2019 ja se tuli voimaan 1.1.2020. Tanskan ympäristönsuojelulaissa tulee ilmi päästöjen raja-arvot polttoaineiden mukaan (taulukko 1). Asfalttiasemalla syntyy erilaisissa ympäristöolosuhteissa päästöjä, jotka tulee nykypäivänä todentaa ja selvittää, paljonko niitä syntyy sekä miten niitä voidaan ehkäistä.

Taulukko 1. Päästöjen raja-arvot polttoaineen mukaan (Tanskan ympäristölainsäädäntö 2019).

Polttoaine	Päästöjen raja-arvo mg / normaali * m <sup>3</sup> 17 % O <sub>2</sub> :lla						
	Pöly	CO	NO <sub>x</sub> **	Hg	Cd	Raskasmetallien Ni, V, Cr, Cu ja Pb päästöjen summa	PAH***
Maakaasu, nestekaasu ja kaasuöljy	10	350	400				0,002
Polttoöljy****	10	500	400	0,1	0,1	2	0,002

\* normaali = vertailuolosuhteet (0 astetta, 101,3 kPa, kuiva savukaasu)

\*\* NO<sub>x</sub> laskettuna NO<sub>2</sub>

\*\*\* PAH lasketaan bentso(a)pyreeni ekvivalentit / normaali m<sup>3</sup>

\*\*\*\* Polttoöljyllä poltetuissa laitoksissa raskasmetalleja ei tarvitse mitata, jos toimittaja takaa polttoöljyn koostumuksen perusteella päästöjen raja-arvojen noudattamisen

Asfalttiasemalla syntyy pölypäästöjä ja asfalttiaseman tulee olla varustettu suodatinpölynpoistolaitteella. Tässä tapauksessa on käytössä imulaite, joka imee savukanavassa olevan kivipölyn suodattimen läpi. Pölypäästöjä mittaavan anturin pääasiallinen tarkoitus on tarkkailla suodattimen kuntoa. Tanskan lainsäädännössä savukaasun pölypäästön raja-arvo on 10 mg/m<sup>3</sup>.

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat haitta-aineryhmä, mitä on tutkittu pitkään ja niitä esiintyy meidän elinympäristössämme maaperässä, ilmassa ja vesistöissä. PAH-yhdisteet sisältävät usein kemikaalin, joka on todettu olevan ympäristölle ja ihmisille haitallista. PAH-yhdisteet ovat tasomaisesti asettautuneita, kahdessa tai useammassa aromaattisesta bentseenirenkaasta koostuva yhdiste. (Työterveyslaitos tavoitetaso 2010, 4).

PAH-yhdisteitä syntyy yleensä epätäydellisen palamisen yhteydessä. Heikon haihtuvuutensa vuoksi useat PAH-yhdisteet esiintyvät ilmassa pölyyn tai muuhun hiukkaseen sitoutuneena. Jakautuminen höyry- ja hiukkasjakeeseen on huomioitava

ilmanäytteenkeräysmenetelmässä. Jakautumiseen vaikuttaa yhdisteen höyrynpaine, lämpötila ja hiukkasten pinta-alakonsentraatio. (Työterveyslaitos tavoitetaso 2010, 4).

PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreeni on viisirenkainen yhdiste ja se on tiukasti sitoutuneena hiukkaspertikkeleihin, joten sen liikkuvuus ympäristössä on vähäistä ja haihtuvuus heikkoa. Bentso(a)pyreeni on tutkituin yhdiste, mutta oletettavasti myös haitallisin, koska se luokitellaan toimivan indikaattoriaineena syöpää aiheuttaville PAH-yhdisteille. Kahdelle PAH-yhdisteelle on asetettu haitalliseksi todettu pitoisuus rajat. Näitä on naftaleeni ja bentso(a)pyreeni. Naftaleenin haitalliseksi todettu pitoisuus raja on 5000 µg/m<sup>3</sup> ja bentso(a)pyreenin haitalliseksi todettu pitoisuus raja on 10 µg/m<sup>3</sup>. (Työterveyslaitos tavoitetaso 2010, 3.)

Erilaisia PAH-yhdisteitä on olemassa lähes lukematon määrä ja alla olevassa taulukossa tulee ilmi Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto (EPA) niistä 16 yleisintä PAH-yhdistettä (taulukko 2).

Taulukko 2. 16 yleisintä PAH-yhdistettä (Työterveyslaitos tavoitetaso 2010, 4).

Yhdiste	Molekyyli- kaava	Mooli- massa (g/mol)	Sulamis- piste (°C)	Kiehumis- piste (°C)	Höyrynpaine 25 °C (Pa)	log Kow
Naftaleeni <sup>1</sup>	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128	81	218	10	3.4
Asenaftyleeni <sup>1</sup>	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>	152	92	280	0,89	4.0
Asenafteeni <sup>1</sup>	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154	95	279	0,29	3.9
Fluoreeni <sup>1</sup>	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166	115	295	0,080	4.2
Fenantreeni <sup>1</sup>	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178	101	340	0,016	4.6
Antraseeni <sup>1</sup>	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178	216	342	8,0 x 10 <sup>-4</sup>	4.5
Fluoranteeni <sup>1</sup>	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202	109	375	1,3 x 10 <sup>-3</sup>	5.2
Pyreeni <sup>1</sup>	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202	150	393	6,0 x 10 <sup>-4</sup>	5.2
Bentso[a]antraseeni <sup>1</sup>	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228	161	400	2,8 x 10 <sup>-5</sup>	5.6
Kryseeni <sup>1</sup>	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228	253	448	8,4 x 10 <sup>-5</sup>	5.9
Bentso[b]fluoranteeni <sup>1</sup>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	168	481	7,6 x 10 <sup>-5</sup>	6.1
Bentso[k]fluoranteeni <sup>1</sup>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	215	480	1,3 x 10 <sup>-8</sup>	6.8
Bentso[a]pyreeni <sup>1</sup>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252	178	496	7,3 x 10 <sup>-7</sup>	6.5
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni <sup>1</sup>	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276	164	536	1,3 x 10 <sup>-8</sup>	6.9
Bentso[g,h,i]peryleeni <sup>1</sup>	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276	278	545	1,4 x 10 <sup>-8</sup>	7.1
Dibentso[a,h]antraseeni <sup>1</sup>	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	278	267	524	1,3 x 10 <sup>-8</sup>	6.5
Koroneeni	C <sub>24</sub> H <sub>12</sub>	300	439	525	2,9 x 10 <sup>-10</sup>	-
Dibentso[a,l]pyreeni	C <sub>24</sub> H <sub>14</sub>	302	na	595	-	-

<sup>1</sup> Ns. "EPA-PAH 16" -yhdisteet eli yleisimmin määritetyt PAH-yhdisteet.

### 3.2 Ympäristöolosuhteet

Valtioneuvoston asetuksessa ympäristönsuojeluvaatimuksista tulee ilmi, että asfalttiasemaa ei saa sijoittaa alle 150 metrin päähän asumiskiinteistöön tai loma-asumisesta käytettävään rakennukseen tai sen välittömään läheisyydessä sijaitsevaan oleskeluun tarkoitettuun piha-alueeseen tai muuhun häiriölle alttiiseen kohteeseen. Tulee toimia ympäristön kannalta parhaan käytännön mukaisesti käyttämällä pöly- ja hiukkaspäästöjä vähentäviä menetelmiä. Pöly- ja hiukkaspäästöjä vähentäviä menetelmiä ovat suodattimet, pölyn erottamiseen sopiva laitteistot ja muu päästöjä vähentävä tekniikka. (Valtioneuvoston asetus 2010.)

Asfalttiasemalla syntyy erilaisia ilmansaasteita, melua, tärinää, jätteitä ja jätevetä. Asfalttiaseman läheisyydessä olevan maaperän ja pohjavesien saastumisriski on myös olemassa. Kaasupolttimella toimivalla asemalla syntyy pöly, CO ja NO<sub>x</sub> päästöjä. PAH-yhdisteitä syntyy erityisesti kierrätysasfaltin käytöstä. Öljypolttimella toimivasta asemasta syntyy pöly, CO, NO<sub>x</sub>, PAH, raskasmetallit Hg, Cd, V, Cr, Cu ja Pd päästöjä. Ilmansaasteita ovat myös hajut, jotka syntyvät asfalttiaseman bitumisäiliössä. Lisäksi hajuhaittoja syntyy sekoitustornista, epätäydellisestä palamisesta ja asfaltin lastaamisesta ajoneuvoihin. (Tanskan ympäristölainsäädäntö 2019.)

Asfalttiaseman kuivausrummusta, sekoittimesta, polttimesta, sekoitustornista, kylmäsyöttimestä, hihnakuljettimesta ja suodattimesta syntyy meluhaittoja. Melua ja tärinää syntyy myös kiviaineksen murskaustoiminnasta, asfalttiaseman ympärillä tapahtuvasta ajoneuvojen ajotoiminnasta ja ajoneuvojen täyttämisestä.

Asfalttiasemalla syntyy erilaisia hiekkalietteitä ja jäteöljyä. Asfalttiasemalla hyödyntämiskelpoiset jätteet pyritään pitämään muista jätteistä erilleen ja hyödyntämään parhaat mukaan. Muut jätteet toimitetaan jätelaitokseen hyödynnettäväksi tai käsiteltäväksi.

Asfalttiaseman toiminnassa tulee selvittää, miten pintavesien poisto tapahtuu. Tulee kuvata RC kasojen valumavesien hallinta, koska tämä voi sisältää erilaisia raskasmetalleja. Tulee myös selvittää, miten ehkäistään säiliöiden ja polttoainetankkien täytössä, tyhjenyksessä ja vuodoissa esiintyvät riskit. Polttoainetta asfalttiasemalla säilytetään kaksoisvaippasäiliössä, joka on suljettu ja varustettu estämään ylitäyttämistä. Lisäksi tulee huomioida myös mahdolliset vuodot öljynerottimissa ja muissa järjestelmissä. (Valtioneuvoston asetus 2010.)

Asfalttiasemalla tulee myös varautua poikkeuksellisiin tilanteisiin, jotka voivat olla esimerkiksi komponenttien rikkoutuminen tai tulipalo. Poikkeustilanteita varten on oltava riittävä alkusammutus- ja vuotojen torjuntakalusto. Laitteiden läheisyydessä tulee sijaita hätäkytkimet ja toimintaohjeet näissä tapauksissa. Komponenttien huollosta ja kunnossapidosta tulee huolehtia, etteivät ne vaurioidu ja muutu siten, että ympäristö- ja terveyshaittojen riski lisääntyy. (Valtioneuvoston asetus 2010.)

## 4 VANHA PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Amomatic:lla on olemassa vanha päästömittausjärjestelmä AmoCEMS (continuous emission measuring system). AmoCEMS järjestelmä on tehty soveltuvaksi liikkuviin ja kiinteisiin asfalttiasemiin (kuva 2). Päästömittausjärjestelmä tarjoaa asfaltinvalmistajille turvallisuutta, energiatehokkuutta ja se tekee koko tuotannosta ympäristöystävällisempää. Järjestelmä toimii siten, että sen automaattinen valvontajärjestelmä sulkee tuotannon, jos jokin tuotannossa menee vikaan ja näin pystytään minimoimaan mahdolliset syntyvät vahingot. (Amomatic 2021.)



Kuva 2. AmoCEMS päästömittausjärjestelmä (Amomatic Oy 2021).

AmoCEMS-järjestelmän PTFE-näytelinja on lämmitetty ja sisältää mahdollisuuden lämmönsäätelyyn sekä hälytyksien asettamiseen. Tällä varmistetaan, että näytteet pysyvät kaasuna näytteenottoyksikössä. Linjan lämpötila on säädettävissä 0–200 asteen välillä tehon ollessa 100 W/m. (Amomatic 2021.)

Analysointiyksikkö sisältää itsenäisesti toimivan kaasunvalvontajärjestelmän, joka mittaa jatkuvasti viiden eri kaasun pitoisuuksia. Järjestelmä mittaa CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ja SO<sub>2</sub> kaasukomponentteja. Järjestelmä käyttää mittauksissa NDIR-teknologiaa ja paramagnetismia hyödynnetään hapen mittaamiseen. Järjestelmän näytteenottoyksikkö toimittaa kuivat ja pienhiukkasista vapaat näytteet analysoitavaksi. Yksikön huoltovaatimukset

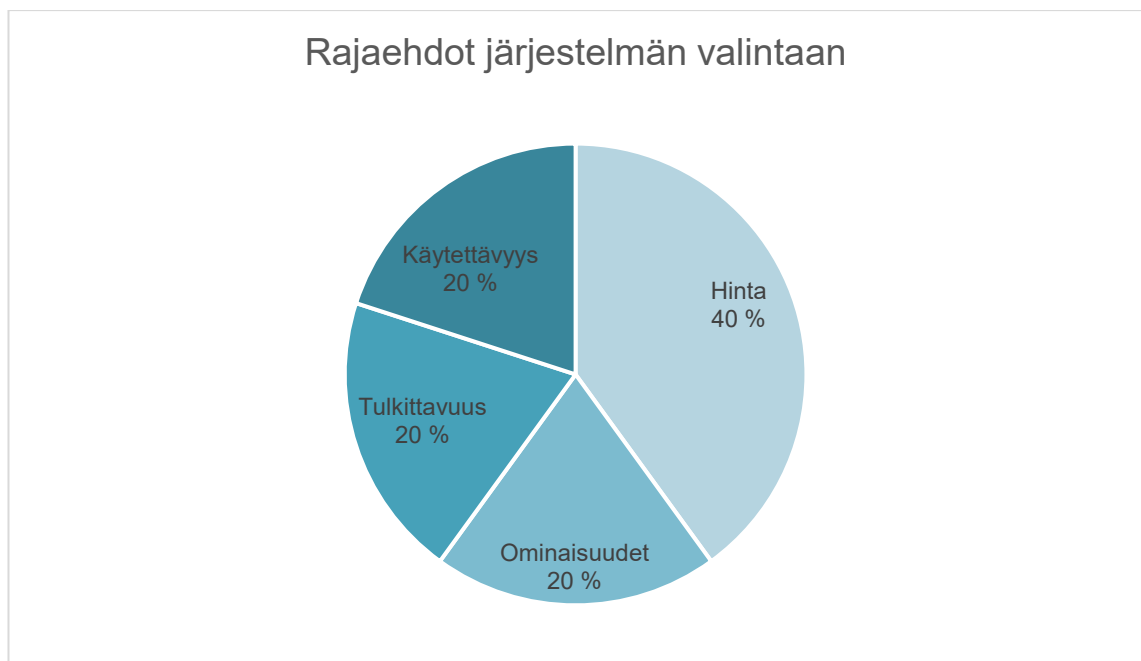
ovat matalat ja se sisältää valvontajärjestelmän, joka huomioi kosteuden ja virtauksen. (Amomatic 2021.)

Päästömittausjärjestelmään kuuluu 1,3 metriä pitkä näyteluotain, joka on varustettu sintratulla filterillä ja DN65PN6 prosessiyhteydellä. AmoCEMS järjestelmä on QAL1 hyväksytty pienhiukkasten valvontajärjestelmä, joka toimii patentoidulla ja huoltovapaalla elektrodynaamisella mittausperiaatteella. Järjestelmän sertifioitu mittausalue on 0–15 mg/m<sup>2</sup> ja se ylittää myös 0–100 mg/m<sup>2</sup> alueeseen. Prosessin maksimilämpötila on 400 astetta. (Amomatic 2021.)

## 5 PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

Opinnäytetyössä tulee vastata kysymykseen, minkälainen on uusi rajaehtojen mukainen päästömittausjärjestelmä. Työssä tulee ottaa huomioon riittääkö tässä tapauksessa pelkästään anturin valinta ja se, että lopullisen valitun järjestelmän kustannukset ovat edulliset. Työssä tulee ottaa huomioon kokonaisvaltaisesti edellä mainitut asiat ja rajata potentiaaliset vaihtoehdot, jotka esitellään toimeksiantajalle. Toimeksiantaja valitsee löydettyjen vaihtoehtojen pohjalta itselleen sopivimmat järjestelmät ja anturit jatkojalostukseen.

Amomatic tarvitsee nykypäiväisen ja edullisemmän järjestelmän mittamaan asfalttiaseman päästöjä. Mittausjärjestelmän valinnassa tulee ottaa huomioon hinta, ominaisuudet, tulkittavuus ja käytettävyys. Hinta on merkittävimmissä asemassa rajaehdoissa ja muut jäljelle jääneet jakavat toisen osan tasaisesti keskenään (kuvio 1). Tulevaisuudessa järjestelmän valinnassa tulee ottaa huomioon asentaminen käyttökohteeseen, käyttö ja huoltotoimenpiteet. Nämä edellä mainitut eivät ole vielä tässä vaiheessa merkittävässä asemassa, koska tällä hetkellä valitaan vasta järjestelmää tai analysointiyksikön anturi komponentteja.



Kuvio 1. Rajaehdot järjestelmän valintaan.

Vuosikymmenessä mittari- ja anturitekniikan voidaan olettaa menneen valtavasti eteenpäin ja voidaan myös olettaa, että tässä ajassa markkinoilla olevien mittausjärjestelmien hinnat ovat pudonneet alaspäin. Markkinoilla on nykyään enemmän vaihtoehtoja ja kilpailua, joten työn alkuoletukset olivat, että saadut tarjouspyynnöt mittajärjestelmistä olisivat nykyistä järjestelmää edullisimpia. Antureita ei ole aikaisemmin kartoitettu, mutta oletuksena oli, ettei hintataso yksittäisillä antureilla ole muutamaa sataa euroa enempää.

Tällä hetkellä markkinoilla kehitetään erilaisia mittareita ja antureita jatkuvasti nykypäivän sekä tulevaisuuden tarpeisiin. Tällä hetkellä kehitetään ihmisen fysiologian mittaamiseen tarkoitettuja henkilökohtaisia laitteita esimerkiksi glukosisensoreita ja hemoglobiinitasoja silmäluomen kännykkäkuvasta mittaavia mittareita. VTT on kehittänyt materiaalitutka tekniikkaa Suomessa, joka toimii heijastuvan säteilyn avulla. Materiaalitutka tekniikan avulla voidaan esimerkiksi skannata ruokaa ja mittaa ruuan sisältämiä hiilihydraatteja. Tulevaisuudessa voidaan olettaa anturitekniikan menevät valtavasti eteenpäin nykyhetkestä ja markkinoille tulee mittausmenetelmiltään jatkuvasti toistaan kehittyneimpiä laitteita. (YLE 2016).

## 5.1 Rajaehdot

Päästömittausjärjestelmän tulee olla jatkuvatoiminen. Järjestelmällä mitataan sen käytön aikana pölyn määrää  $\text{mg}/\text{m}^3$  ja saadut arvot kirjataan. Anturit sijaitsevat savukanavassa suodattimen jälkeen. Saatuja arvoja tulee pystyä seuraamaan keskuksessa, valvomosta käsin. Mittausjärjestelmään kohdistuu käytössä kivipölyä, kosteutta ja 90–150 asteen lämpötilaa. Varsinainen mittausjärjestelmän kaappi sijaitsee pääkeskuksessa, jossa on normaali sisälämpötila noin 19–25 astetta.

Saatujen arvojen absoluuttinen tarkkuus ei ole merkittävä, koska halutaan tarkkailla muutoksia. Muutoksilla tarkoitetaan esimerkiksi mitattujen arvojen äkillistä kaksinkertaisumista. Mittausjärjestelmään asetetaan hälytysraja ja hälytyksessä tulee huomioida, että järjestelmä rakennetaan niin, että kondenssiveden aiheuttamat haitat on eliminoitu. Hälytysrajaksi asetetaan esimerkiksi  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ , jolloin ylittyessä tämän arvon järjestelmä alkaa hälyttämään. Hälytyksessä keskitytään tutkimaan, mistä äkillinen arvojen nousu on johtunut ja hälytykset kirjataan ylös. Pyritään myös tutkimaan, oliko hälytys vain hetkellistä vai toistuuko tämä useaan otteeseen. Tarvittavat toimenpiteet tehdään tämän mukaisesti. Jos hälytyksiä tulee jatkuvasti, selvitetään esimerkiksi pölysuodattimessa olevat vuodot ja viat korjataan.

Päästömittaukset tulee suorittaa asfalttiaseman normaaleissa käyttöolosuhteissa. Asennuksen jälkeen tulee tehdä kalibrointi ja kalibrointikäyrä standardin SFS- EN 13284-2 periaatteiden mukaisesti vähintään viidellä mittauksella. Pölymittari tulee tarkistaa rinnakkaismittauksella vähintään joka kolmas vuosi.

## 5.2 Järjestelmävaatimukset

Päästömittausjärjestelmän tulee täyttää tietyt järjestelmävaatimukset, jotka on niille asetettu. Järjestelmävaatimukset olivat, että mittausjärjestelmän tulee olla jatkuvatoiminen ja mittausjärjestelmän tulee mitata vaaditut säädöksiä omaavat kaasupitoisuudet. Kaasujen lisäksi mittausjärjestelmän tulee mitata pölypäästöjä ja PAH päästöjä.

Jatkuvatoiminen mittaus on tärkeä vaatimus lopullista päästömittausjärjestelmää ajatellen. Jatkuvatoiminen mittaus sopii tulevaan järjestelmään, koska tämän täytyy päästä jatkuvasti kiinni kaasujen arvoihin. Ihannetilanteessa jatkuvatoimisilla mittareilla saadaan yhtenäisiä mittauksia sarjana. Mittausten avulla voidaan tarkkailla ja todeta arvot, mutta tärkein ominaisuus arvojen tarkkailussa on se, jos kaasujen arvo ylittää syötetyn hälytysrajan. Hälytysrajan ylitykseen tulee päästä kiinni ja pystyä selvittämään, mistä tämä johtui.

### 5.2.1 Mittausperiaatteet

Eri kaasukomponenteille on olemassa erilaisia mittausperiaatteita (taulukko 3). Tässä tapauksessa keskitytään tarkastelemaan IR-tekniikkaa ja FTIR-analysaattoria työn kaikkiin kaasukomponentteihin paitsi O<sub>2</sub> komponenttiin. O<sub>2</sub> komponenttiin käytetään mittausmenetelmänä zirkoniumoksidikennoa, paramagnetismiin perustuvaa menetelmää tai sähkökemiallisia kennoja. Näistä edellä mainituista mittausmenetelmistä keskitytään paramagnetismiin perustuvaa menetelmiin.

Taulukko 3. Komponenttien mittausperiaatteet.

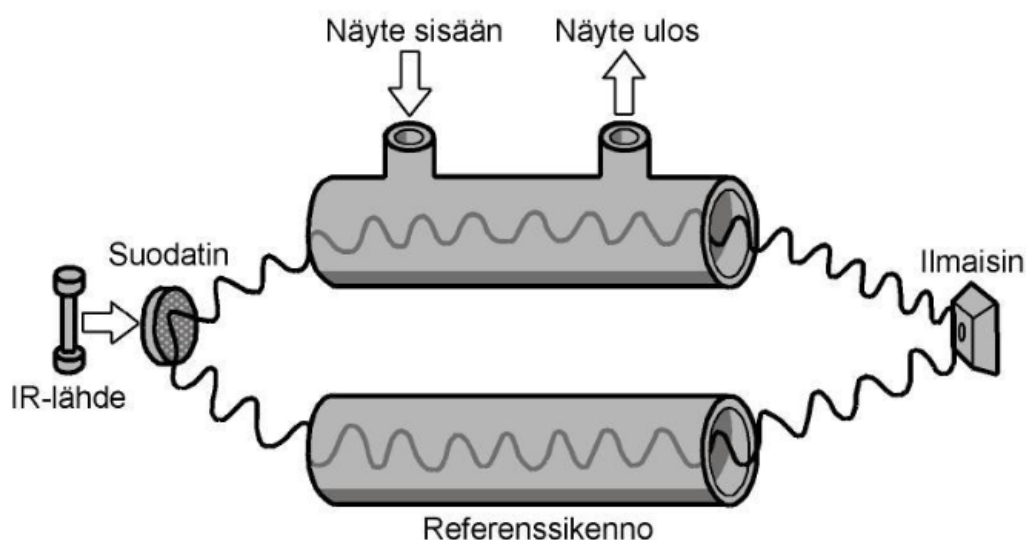
Komponentti	Mittausmenetelmä
CO	IR, FTIR, sähkökemialliset kennot, puolijohdeanturit, palavan kaasun detektorit

CO <sub>2</sub>	IR, FTIR, lämmönjohtavuusdetektorit
O <sub>2</sub>	Zirkoniumoksidikennon, paramagnetismiin perustuvat menetelmät, sähkökemialliset kennot
NO <sub>x</sub>	Kemiluminesenssi, IR, FTIR, UV, sähkökemialliset kennot
SO <sub>x</sub>	IR, FTIR, UV, UV-fluoresenssi, sähkökemialliset kennot

Komponentin O<sub>2</sub> mittaamenetelmäksi sopii paramagnetismiin perustuvat menetelmät. Paramagnetismiin perustuva menetelmän toimintaperiaate on se, että magneettikenttä vetää puoleensa molekyylejä tai sitten lievästi hylkii niitä. Happi on erikoistapaus, koska siinä on parillinen määrä elektroneja, mutta ne ovat järjestäytyneet molekyylissä siten, että muodostuu kaksi paritonta elektronia. Tämä kyseinen ominaisuus tekee hapesta voimakkaasti paramagneettisen aineen. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 32–33).

IR-tekniikka eli infrapunaspektrometria perustuu siihen, että kaasut absorboivat infrapunasäteilyä kullekin kaasulle spesifisillä aallonpitoisuuksilla. IR-tekniikalla mitataan esimerkiksi CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ja NO kaasujen päästöjä. Tässä käytetyt mittalaitteet voidaan jakaa ei dispersiivisiin ja dispersiivisiin analysointilaitteisiin. Ei dispersiivisissä analysointilaitteissa aallonpituuskaista valitaan optista suodatinta käyttäen mittaavalle kaasulle sopivaksi. Laitteet ovat pääsääntöisesti yksikomponenttianalysointilaitteita. Dispersiivisissä analysointilaitteissa puolestaan analysoidaan laajempi aallonpituuskaista ja tällainen analysointilaitte on esimerkiksi FTIR-analysointilaitte. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 28.)

IR-tekniikka hyödyntävän analysointilaitteen toimintaperiaate on sellainen, missä säteilylähteestä lähtevä valo kulkee sekä vertailukennon että näytekennon läpi ilmaisimille (kuva 3). Vertailukennon sisältää kaasua, joka ei absorboi valoa. Kun valo kulkee vertailukennon läpi, sen energia ei muutu sinä aikana. Valon kulkiessa tutkittavaa kaasua sisältävän näytekennon läpi valo absorboituu tähän kaasuun, jolloin kennon läpäisevän valon määrä kokonaisuudessaan pienenee. Ilmaisimilla tunnistetaan energiatason, josta kaasun pitoisuudet voidaan määrittää. IR-tekniikassa kaasun absorptioon vaikuttaa lämpötila ja paine, mikä tosin on nykyisissä analysointilaitteissa otettu huomioon sitä valmistettaessa. IR-tekniikassa ongelmana on, että jotkut kaasut absorboivat valoa samalla aallonpitoisuusalueilla kuin itse mitattava kaasua. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 29.)



Kuva 3. IR-tekniikka analysaattorin toimintakuva (Päästömittauksen käsikirja 1, 29).

FTIR-tekniikan avulla voidaan määrittää yhdellä analysaattorilla jatkuvatoimisesti useita eri yhdisteitä samanaikaisesti. Kehitys laitetekniikan ja tietokoneissa on mahdollistanut FTIR-tekniikan laitteiden käytön vaatimissa päästömittaussovelluksissa. Mittauksen tuloksena on spektri, josta voidaan määrittää kvalitatiivisesti, mitä komponentteja näytekaasussa esiintyy. Kvantitatiivinen analyysi tehdään absorptioviivojen voimakkuuksien perusteella. FTIR-tekniikkaa käyttäessä etuna on se, että useat kertaanäytteenottoon perustuvat analyysit voidaan korvata jatkuvatoimisella menetelmällä. Lisäksi etuna on vielä se, että analysointi tapahtuu kosteista kaasuista, jolloin mahdolliset riskit poistuvat. FTIR-tekniikalla mitataan komponenttien CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ja SO<sub>2</sub> lisäksi erilaisia orgaanisia yhdisteitä. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 29.)

Pölypäästöjen hiukkasmittaukseen käytetään in-stack- ja out-stack-menetelmiä. In-stack-menetelmä sopii silloin, kun kaasun lämpötila on veden tai hapon tai minkä tahansa muun hiukkaspitoisuuden merkittävästi vaikuttavan komponentin kastepisteen yläpuolella eli mitattaessa kylläisiä kaasuja. Out-stack-menetelmää käytetään aina mitattaessa ei kylläisiä savukaasuja ja etenkin silloin, kun savukaasuissa on lauhtumisriski. Out-stack-menetelmän laitteiston sondi ja suodatinkotelo pitää pystyä lämmittämään siten, että standardissa määritetyt näytteenottolämpötilat voidaan saavuttaa. Kaasun

lämpötila mitataan heti suodattimen jälkeen. Seuraavaksi on taulukko hiukkasmenetelmien käytöstä eri tilanteissa (taulukko 4). (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 21–22.)

Taulukko 4. Hiukkasmenetelmien käyttö eri tilanteissa (Päästömittauksen käsikirja 1, 23).

Menetelmä	Savukaasun tila	Savukaasun lämpötila	Näytteenotolämpötila	Esikäsittelylämpötila	Jälkikäsittelylämpötila
In-stack	Ei kylläinen	Mikä tahansa	Savukaasun lämpötila	Aina savukaasun lämpötila + 20 astetta kuitenkin vähintään 180 astetta	160 astetta
Out-stack	Ei kylläinen	Mikä tahansa	Savukaasun lämpötila	Aina savukaasun lämpötila + 20 astetta kuitenkin vähintään 180 astetta	160 astetta
Out-stack	Kylläinen	< 160 astetta	160 astetta	180 astetta	160 astetta
Out-stack	Kylläinen	< 160 astetta	Savukaasun lämpötila	Aina savukaasun lämpötila + 20 astetta	160 astetta

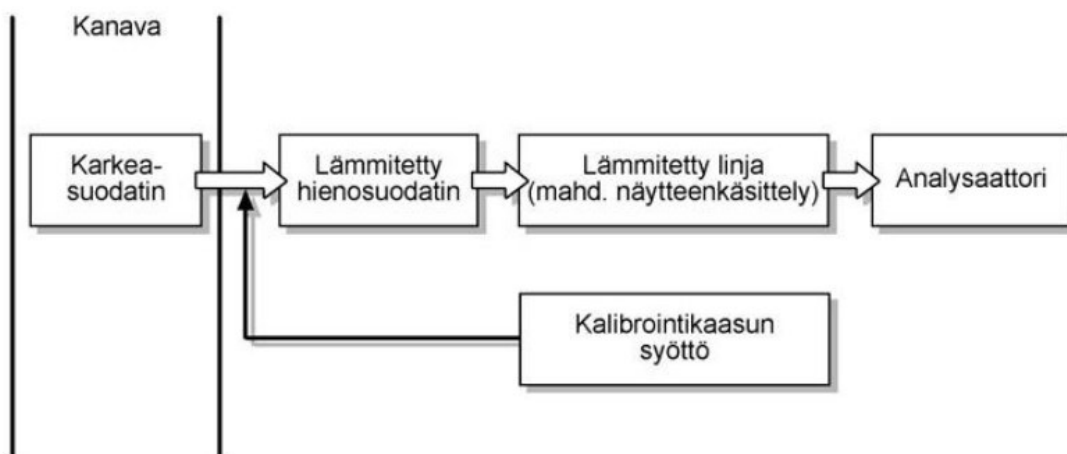
### 5.2.2 Näytteenottotavat

Jatkuvatoimiset menetelmät voidaan jakaa eri luokkiin näytteenottotavasta riippuen ekstraktiivinen menetelmiin, in-situ-menetelmiin ja kaukoilmaisimiin (remote sensors). Mitattava näytekaasu on kosteaa ja kuuma sekä se sisältää paljon hiukkasia. Jotta kosteus ei kondensoituisi linjoihin, käytetään näytteenotossa lämmitettäviä koteloita sekä

lämmitettäviä linjoja. Liite 1 on esimerkki asfalttiaseman näytteenotto ja analysointi taukosta. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 24.)

Yksinkertaisin ja suositeltavin näytteenkäsittelytapa on johtaa kaasu suoraan kuumana ja kosteana lämmitettyyn analysaattoriin. Tällä menetelmällä tutkittavia komponentteja ei poistu kondenssin mukana. Osa käytössä olevista analysaattoreista kuitenkin vaativat näytekaasun kuivaamista. Näytekaasu voidaan kuivata kondensointiin perustuvalla laitteella. Kondensointiperiaatteella toimivia laitteita on jääkaappiperiaatteella toimiva kuivain, suihkuvirtauskuivain ja permeaatiokuivain. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 25–26.)

Savukanavassa on savukaasuja, mitä halutaan mitata ja nämä savukaasut kulkeutuvat savukanavaa pitkin näytteenottolinjalle. Savukanavassa oleva savukaasu menee karkeasuodattimen ja lämmitetyn hienosuodattimen läpi lämmitettyyn linjaan, jossa tapahtuu mahdollinen näytteenkäsittely. Näytteenottolinjan jälkeen käsitelty savukaasu menee analysaattorille ja analysaattori mittaa kaasun pitoisuudet. Kalibrointikaasun syöttö tarkoittaa, että näytteenottolinja puhdistetaan säännöllisesti mittavirheiden minimoimiseksi. Seuraavassa on esimerkki ekstraktiivisesta näytteenottolinjasta (kuva 4).



Kuva 4. Ekstraktiivinen näytteenottolinja (Päästömittauksen käsikirja 1, 24).

Jatkuvatoimisen mittauksen analysaattorin mittausepävarmuuteen vaikuttavat tekijät ovat toistettavuus, lineaarisuus, ryömintä, kohina, likaantuminen, ympäristöolosuhteet, häiritsevät komponentit ja kalibrointi. Mittausta suorittavan on tiedettävä kaikkien edellä

mainittujen tekijöiden yhteisvaikutus mittaustuloksiin, jotta pystytään antamaan luotettavaa tietoa mittauksien laadusta. Yleensä laitevalmistajat ilmoittavat laitteidensa toistettavuuden, lineaarisuuden, ryöminän ja kohinan vaikutuksen mittaustuloksiin. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 39.)

Analysaattorin kalibrointi on yksi tärkeimmistä asioista, jolla voidaan varmistaa mittausten luotettavuus. Kalibroinnin tehtävänä on tuoda esiin näytön ja näytekaasupitoisuuden välinen yhteys. Tämä voidaan kalibroida syöttämällä siihen yhtä pitoisuutta sisältävää kaasua ja nollakaasua. Nollakaasu on yleensä typpeä tai synteettistä ilmaa. Kalibrointi suoritetaan mittaustaikalla, joka tarkoittaa, että kalibrointikaasut ovat analysaattorin mukana. Analysaattori tulee kalibroida riittävät usein ja tälle tulee asettaa sallitut hyväksymisrajat sekä toimintaohjeet tilanteeseen, jossa kalibrointi on muuttunut mittauksen aikana. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 37.)

Päästömittauksen epävarmuuden toteamiseksi valmistui vuonna 2004 standardi SFS-EN 14181, joka on kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvalmistus standardi. Tässä esitetään, miten vertailumittauksin voidaan osoittaa päästömittauslaitteiden toimivan asetusten esittämien vaatimusten mukaisesti sekä kuinka mittausten laatu varmistetaan myös vertailumittausten välillä. Standardissa laadunvarmistus on jaettu neljään osaan:

- QAL 1: Mittausmenetelmän soveltuvuuskäyttökohteeseen (SFS-EN ISO 14956)
- QAL 2: Kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän avulla
- QAL 3: Käytönaikainen laadunvarmistus
- AST: Vuosittainen valvonta

(Tutkimusraportti 2009, 2).

Päästömittauksen mittauspöytäkirjat, tulosten laskennat ja raportit tulee raportoida asianmukaisesti ja jäljittävyuden takaamiseksi säilyttää vähintään kolme vuotta. Mittausjärjestelmän tulee mitata vaadittuja päästöjä, koska nämä on kirjattu ympäristönsuojelulakiin, jota asfalttiasemien tulee noudattaa. Toiminnanharjoittajien on vuosittain tehdä edellistä vuotta koskeva vuosiraportti, mikä toimitetaan kunnan ympäristösuojeluviranomaisille.

## 6 PÄÄSTÖMITTAUSJÄRJESTELMÄN VALINTA

Neuvottelut ja tarjouspyyntöjen kysely aloitettiin ensin valmiiden mittausjärjestelmien toimittajilta, koska halutaan tietää heidän hintatasonsa järjestelmistä. Valmis mittausjärjestelmä suoraan sen toimittajalta olisi vaihtoehtona helppo toimeksiantajalle. Valmiit järjestelmäkokonaisuudet kuitenkin maksavat huomattavasti enemmän, kuin yksittäisten anturien kokonaisuus mittausjärjestelmässä.

Opinnäytetyössä tulee tarkkailla, kumpi vaihtoehto on parempi annettuihin rajaehtoihin nähden. Saatujen tarjouspyyntöjen perusteella voidaan todeta kannattaako jatkaa neuvotteluja järjestelmistä vai siirtää pääpaino antureihin.

Erilliset anturit ovat tässä työssä täysin varteenotettava vaihtoehto, koska Amomatic:lla on kyky tehdä pelkän anturin ympärille toimiva järjestelmä. Tiedonhaun yhteydessä tuli esille, että markkinoilla on paljon anturi vaihtoehtoja mittamaan tässä työssä vaadittuja kaasukomponentteja.

Komponentit, joille halutaan löytää sopivat anturit ovat:

- CO
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>x</sub>
- Pölypäästöt

### 6.1 Päästöjen pitoisuudet

Kaasukomponenttien päästöjen arvot tuli selvittää, jotta mittaustoimittajat osaavat tarjota sopivaa järjestelmää tai laitteistoa päästömittaukseen. Päästöjen arvot vaikuttavat myös anturien valintaan ja sopivuuteen käyttökohteessa. Päästöjen pitoisuuksien arvot löytyivät Amomatic:in asfalttiasemalla suoritetuista päästömittauksista vuonna 2013 ja sen pohjalta piirretyistä diagrammeista pystyttiin hahmottamaan, minkä raja-arvon sisällä oli jokaisen kaasukomponentin arvot.

Aikaisempien päästömittausten diagrammien pohjalta voitiin huomata, että kaasukomponentit CO ja O<sub>2</sub> olivat korkeita arvoja, kun taas CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ja SO<sub>x</sub> arvot olivat alhaisempia lukemia (taulukko 5). Pölypitoisuus pitää säädösten mukaan jäädä Suomessa alle 20 mg/m<sup>3</sup>, kun taas Tanskan lainsäädännössä pölypitoisuuden määrä pitää jäädä alle 10 mg/m<sup>3</sup>.

Taulukko 5. Päästöjen pitoisuudet.

Päästö	Pitoisuus ppm
CO	50–2000 ppm
CO <sub>2</sub>	0–700 ppm
O <sub>2</sub>	50–2800 ppm
NO <sub>x</sub>	0–1500 ppm
SO <sub>x</sub>	20–250 ppm

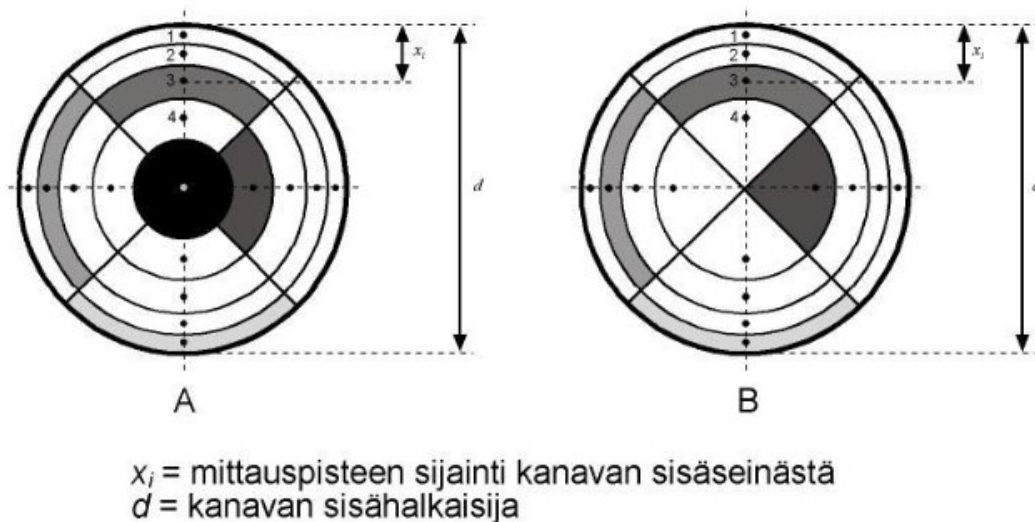
## 6.2 Mittausjärjestelmän sijoitus

Päästöjen mittaustaso tulee valita siten, että kaasun virtaus on tässä kohdassa mahdollisimman häiriötöntä. Hiukkasmittauksissa mittaustason tulee sijaita kanavan pystysuoralla osalla ja tässä tapauksessa ne sijaitsevat savukanavassa. Hiukkasmittaussondi on tällöin vaakasuorassa, eikä mahdollisesti sondissa lauhtuvat näytekaasun komponentin pääse pilamaan suodattimelle kerääntyvää hiukkasnäytettä. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 6–7.)

Hiukkasmittauksen minivaatimukset mittaustasolle on esitetty standardissa SFS-EN 13284-1. Standardi on alun perin tarkoitettu jätteenpolton päästömittauksiin pienissä hiukkaspitoisuuksissa, mutta se soveltuu myös muihin päästökohteisiin ja suurempiin hiukkaspitoisuuksiin, mikäli hiukkasten keräyskapasiteettia kasvatetaan käyttämällä isompaa suodatinta. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 17.)

Pyöreässä kanavassa mittauspisteiden sijainti määritetään standardin SFS-EN 13284-1 mukaisesti. Pyöreään kanavaan on olemassa kaksi erilaista tapaa valita mittauspisteet. Ensimmäisessä tapauksessa yksi mittauspiste A (kuva 5) sijaitsee kanavan keskellä ja toisessa tapauksessa B (kuva 5) kanavan keskellä ei ole mittauspistettä. Molemmissa

edellä mainituissa tapauksissa mittauspisteen valinta perustuu siihen, että piste sijaitsee yhtä suurien osapinta-alojen painopisteessä. (Päästömittauksen käsikirja 1 2007, 10.)



Kuva 5. Mittapisteiden sijainti savukanavassa (Päästömittauksen käsikirja 1, 10).

Päästömittausjärjestelmän anturit sijoitetaan savukanavaan, minkä halkaisija on noin metrin luokkaa. Staattinen paine savukanavassa vaihtelee -590 Pa:sta +180 Pa:iin mitauskohdassa noin 0–200 Pa absoluuttisen ilmanpaineen ollessa 101,3 kPa. Mittausalue savukanavassa voidaan ajatella olevan esimerkiksi 5–50 mg/m<sup>3</sup>. Analysaattori sijoitetaan pääkeskukseen tai sähkökeskukseen, jotka sijaitsevat noin 20 metrin päässä mitauskohteesta. Pääkeskuksessa ja sähkökeskuksessa on normaali sisälämpötila. Analysaattori voidaan myös tarvittaessa sijoittaa mittauspisteen välittömään läheisyyteen.

### 6.3 Mittausjärjestelmien kartoittaminen ja valinta

Tiedonhaun jälkeen etsin mittausjärjestelmän toimittajia ja yksittäisiä antureita, jotka kirjasin ylös omiin tiedostoihin. Pyrin löytämään anturien alle vähintään kolme eri vaihtoehtoa, mutta kuitenkin enintään kymmenen. Potentiaalisia kokonaisten mittausjärjestelmien toimittajia löysin yhteensä neljä kappaletta. Aloitin kyselyt järjestelmistä ja antureista rinnakkain sulkematta kumpaakaan pois. Kommunikointi tapahtui sähköpostin ja puhelimen välityksellä toimittajien kanssa.

Suurin osa mittausjärjestelmien toimittajista vastasi tarjouskyselyihin nopealla aikataululla ja sain heti vertailukelpoiset tarjoukset järjestelmistä. Jotta saadut tarjoukset ovat vertailukelpoiset, lähtötiedot järjestelmää varten olivat yhteneväiset jokaiselle.

Valitut mittausjärjestelmä toimittajat olivat SICK Oy, Oy Anatec Instruments AB, Gasmot Oy ja Sintrol Oy. Heidän arvionsa mittausjärjestelmän kustannuksista olivat korkeammat, kuin mitä nykyinen järjestelmä on. Tarjouspyyntöjen pohjalta mittausjärjestelmien hinnat vaihtelivat 30 000–92 000 euron välillä. Vaihtoehdot koottiin yhteen tiedostoon, jotka esiteltiin toimeksiantajalle. Toimeksiantajan näkemys oli, että neuvotteluja mittausjärjestelmästä ei kannata jatkaa näiden toimittajien kanssa, koska järjestelmien hintataso on liian korkea.

Kokonaisten mittausjärjestelmien jäädessä pois pääpaino siirtyi pelkästään löytämään sopivia antureita. Markkinoilla oli paljon vaihtoehtoja mittaamaan kaasukomponentteja, mutta rajaehdot täyttäviä antureita oli huomattavasti vähemmän. Huomasin, että suurin ongelma löytäessä sopivaa anturia oli se, että anturien tulee mitata tietyn päästöjen arvojen sisällä tuloksia. Usein anturit alkoivat mittamaan yli haluttujen arvojen eikä siten toimisi tässä käyttökohteessa.

Anturi kokonaisuudet ovat komponentti, joka sisältää useamman anturin ja mittaa useampaa pitoisuutta kerralla. Markkinoilta oli muutamia tällaisia kokonaisuuksia, mitkä soveltuisivat tähän käyttötarkoitukseen. Kaikki sopivat kokonaisuudet koottiin yksittäisten anturien rinnalle, koska ne ovat hyvä vaihtoehto lopulliseen järjestelmään kattamaan muutamien pitoisuuksien mittaamista. Alla olevassa taulukossa on muutama käyttötarkoitukseen soveltuva kokonaisuus (taulukko 6).

Taulukko 6. Anturi kokonaisuudet.

Nimi	Toimittaja	Pitoisuus sensorit	Hinta
Digital gas sensor developer kit: digital SDK	SPEC CENSOR	CO, H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , ETOH, Air quality, respiratory irritants	294,50 €
CARBONOX CO <sub>2</sub> and O <sub>2</sub> gas sensor module	Pewatron	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	-
Gas electrochemical sensor transmitter module	Ebay	O <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , NO, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub>	154,64 €

Jotta pystyttiin toteamaan anturien olevan edullisempi vaihtoehto kuin mittausjärjestelmät, tuli laskea löydetyistä antureista esimerkiksi muutama erilainen kokonaisuus (taulukko 7, taulukko 8 ja taulukko 9). Kootuista kokonaisuuksista voitiin todeta lopullinen hintataso antureille sekä todentaa anturien edullinen hintataso lopullisessa järjestelmässä.

Taulukko 7. Esimerkki 1 antureista.

Komponentti	Toimittaja	Nimi	Hinta
CO	SGX	EC4-2000-CO	49,60 €
CO <sub>2</sub>	Senseair	Senseair K30	59,48 €
O <sub>2</sub>	SGX	EC410	50,83 €
NO <sub>x</sub>	SGX	EC4-2000-NO	86,71 €
SO <sub>x</sub>	SGX	EC4-2000-SO	78,89 €
			= 325,51 €

Taulukko 8. Esimerkki 2 antureista.

Komponentti	Toimittaja	Nimi	Hinta
CO	Ebay	MH-Z19	16,45 €
CO <sub>2</sub>	Amphenol sensor	T6615	83,14 €
O <sub>2</sub>	SGX	EC410	50,83 €
NO <sub>x</sub>	Spec sensor	ULPSM-NO	42,03 €
SO <sub>x</sub>	Ebay	ZE03-SO	125,40 €
			= 317,85 €

Taulukko 9. Esimerkki 3 antureista.

Komponentti	Toimittaja	Nimi	Hinta
CO	Spec Sensor	DGS-CO	62,99 €
CO <sub>2</sub>	Ebay	MG811	27,36 €
O <sub>2</sub>	SGX	EC410	50,83 €

NO <sub>x</sub>	SGX	EC4-2000-NO	86,71 €
SO <sub>x</sub>	Spec sensor	ULPSM-SO	41,98 €
			= 269,87 €

Pölypitoisuus antureita oli paljon markkinoilla, mutta ongelmaksi muodostui, että suurin osa yksittäisistä edullisista antureista on suunniteltu tarkastelemaan huoneen sisäilmaa ja anturi kestää maksimissaan 60 asteen lämpötilaa. Tämän vuoksi keskityttiin löytämään muutaman eri vaihtoehto pölypitoisuuksien mittaamiseen, vaikka kyseessä ei ole anturi vaan valmis laitteisto (taulukko 10).

Taulukko 10. Pölypitoisuus anturit.

Komponentti	Toimittaja	Nimi	Hinta
Pöly	Beup Automation	Lammet LT2 LS2/KS1D	-
Pöly	SICK	DHSP30	Noin 4000 €
Pöly	Fuji Electric	OPASTOP GP4000H	-

Edellä koottujen esimerkkien kautta voidaan todeta yksittäisten anturien olevan edullinen ja lopulliseen järjestelmään sopivin vaihtoehto. Hintahaarukka kootuissa esimerkeissä asettuu 269,87–325,51 euron välille, mutta lopullinen anturien kokonaishinta tulee muuttamaan toimeksiantajan valitessa itselleen sopivimmat anturit lopulliseen järjestelmään. Hintaan ei ole laskettu mukaan pölypitoisuus antureita, koska sain vain yhdeltä toimittajalta arvioidut kustannukset laitteistosta.

Lisäksi järjestelmän kustannuksiin tulee vaikuttamaan järjestelmään hankittavat komponentit esimerkiksi suodattimet, lämmitetty linja, näytejäähdytin, näytepumppu ja järjestelmän runko. Edellä mainittujen komponenttien hinnat vaihtelevat merkin, sopivuuden ja toimittajan mukaan. Koko järjestelmän komponenteista analysaattoriyksikkö on usein kallein komponentti, kun muut komponentit ovat sitä edullisempia. Tämän takia työn pääpaino oli löytää analysaattoriin sopivat kaasukomponenttien anturit, jotta valmiin järjestelmän kustannuksen olisivat edullisemmat.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteet olivat löytää toimeksiantajalle sopiva mittausjärjestelmä tai anturi mittamaan asfalttiasemalla syntyviä päästöjä. Työssä oli perehdyttävä asfalttiaseman toimintaan ja siitä syntyneisiin päästöihin sekä selvittää päästöjen raja-arvot ja asetukset. Tavoitteena oli löytää sopiva ja edullinen mittausjärjestelmä tai anturit mittamaan syntyneitä päästöjä. Löytyneitä vaihtoehtoja vertailtiin keskenään ja näiden pohjalta todettiin, mikä on paras vaihtoehto lopulliseen järjestelmään.

Markkinoilta oli paljon erilaisia vaihtoehtoja mittamaan päästöjä, mutta ensimmäisenä keskityttiin enemmän mittausjärjestelmiin. Mittausjärjestelmien kustannusarvioiden jälkeen yhdessä toimeksiantajan kanssa todettiin niiden olevan liian kallis vaihtoehto. Tämän vuoksi siitä eteenpäin keskityttiin anturi kokonaisuuksiin ja yksittäisiin antureihin. Sopivia anturi kokonaisuuksia löytyi kolme kappaletta ja yksittäisiä antureita enemmän. Yksittäiset anturit koottiin kolmeksi erilaiseksi esimerkiksi, jotta pystyttiin toteamaan näiden olevan edullinen ratkaisu lopulliseen järjestelmään.

Opinnäytetyössä onnistuttiin pysymään laaditussa aikataulussa ja löytämään sopiva määrä vaihtoehtoja, jotta voitiin todeta, mikä järjestelmä sopii parhaiten toimeksiantajan asettamiin kriteereihin. Ennen työn aloittamista laadittiin gantt-kaavio, johon luotiin viikkokohtainen aikataulu opinnäytetyölle. Gantt-kaaviota päivitettiin aktiivisesti viikoittain ja sen pohjalta luotiin opinnäytetyön liitteeksi prosessikaavio (liite 2). Prosessikaavio on opinnäytetyön toteutussuunnitelma käytännön tasolla.

Opinnäytetyössä haasteita tuotti aikataulussa pysyminen mittausjärjestelmä toimittajien kanssa, koska kommunikointi sähköpostin välityksellä toimittajan kanssa venyi usean viikon pituisiksi. Kaikkiin kyselyihin en saanut vastausta ja aikaraja tuli tässä vastaan. Lisäksi löydettyjen vaihtoehtojen lopulliseen sopivuuteen rajoituksia aiheutti opinnäytetyön tuoma ajallinen rajoite, mikä toi tähän sen, etten päässyt näkemään tulevan päästöjärjestelmän lopullista kokoonpanoa.

Opinnäytetyössä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää toimeksiantajan tehdessä lopullista päätöstä, mitä antureita valitaan järjestelmään. Tämän työn johdosta toimeksiantajalle on helpompaa lähteä rakentamaan anturien ympärille järjestelmää. Tuloksista ja suoritetuista vertailuista voidaan todeta, ettei ole kannattavaa ostaa valmista kokonaista mittausjärjestelmää.

Tulevaisuudessa valitun päästömittausjärjestelmän menekki on täysin verrannollinen järjestelmän hintaan. Mikäli järjestelmän kokonaiskustannus on kohtuullinen niin toimeksiantaja näkee, että järjestelmälle on kohtuullisen hyvät markkinat tulevaisuudessa. Tällöin järjestelmä voidaan asentaa kaikkiin uusiin asfalttiasemiin sekä jo olemassa oleviin asfalttiasemiin. Määrällisesti arvioituna mittausjärjestelmien menekki on muutamia satoja, vuositasolla kymmeniä.

## LÄHTEET

Amomatic Oy 2010. Päästömittaus projektikansio.

Amomatic Oy 2021. Viitattu 7.3.2021 <https://www.amomatic.com/fi/etusivu>

Finlex 2000. Valtioneuvoston asetus asfalttiasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista.

Viitattu 18.2.2021. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100448#Pidp445165488>

NCC 2021. Tietoa asfaltista. Viitattu 7.3.2021. Saatavissa: <https://www.ncc.fi/tarjontamme/asfaltti/tietoa-asfaltista/>

Retsinformation 2021. Tanskan ympäristösuojelulaki. Viitattu 18.2.2021. Saatavissa:

<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1537>

SFS- EN 13284-2. Stationary source emissions. Determination of low range mass concentration of dust. Part 2: Quality assurance of automated measuring systems. Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 13284-1. Stationary source emissions. Determination of low range mass concentration of dust. Part 1: Manual gravimetric method. Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 14181 Stationary source emissions. Quality assurance of automated measuring systems. Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 14956 Air quality. Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty (ISO 14956:2002). Suomen standardoimisliitto SFS.

Työterveyslaitos 2010. PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuuisto. Viitattu 22.3.2021.

Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/pah-yhdisteet-tavoitetaso.pdf>

VTT 2007. Päästömittauksen käsikirja osa 1. Viitattu 11.3.2021. Saatavissa: <https://ilmansuojeluyhdistys.files.wordpress.com/2015/05/osa1.pdf>.

YLE 2016. Nämä muuttavat eniten elämäämme – tulevaisuuden 10 tärkeintä teknologiaa. Viitattu 17.2.2021. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9144228>

Ympäristöministeriö 2019. Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030. Viitattu 29.3.2021.

Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161467/Kansallinen%20ilmansuojeluohjelma%202030.pdf>

# LIITE 1. NÄYTTEENOTTO JA ANALYSOINTI TAULUKKO.

Näytteenotto ja analysointi on suoritettava taulukossa mainittujen menetelmien mukaisesti

Nimi	Parametri	Menetelmä-lehti *
Hiukkasten kokonaispitoisuuden määrittäminen virtaavassa kaasussa	pöly	MEL-02
Typpioksidipitoisuuksien (NOx) pitoisuuksien määrittäminen virtaavassa kaasussa	NOx	MEL-03
Hiilimonoksidin (CO) määrittäminen virtaavassa kaasussa	CO	MEL-06
Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuuksien määrittäminen virtaavassa kaasussa	PAH	MEL-10
Metallipitoisuuksien määrittäminen virtaavassa kaasussa (manuaalinen keruu suodattimien ja pesupullojen avulla)	Cd, Ni, V, Cr, Cu ja Pb	MEL-08A
Elohopeapitoisuuksien määrittäminen virtaavassa kaasussa (manuaalinen keruu suodattimien ja pesupullojen avulla)	Hg	MEL-08B
Hajujen pitoisuuden määrittäminen virtaavassa kaasussa	haju	MEL-13

\* Katso ilmapäästöjen mittaamisesta Tanskan ympäristönsuojeluviraston vertailulaboratorion verkkosivut: [www.ref-lab.dk](http://www.ref-lab.dk)

Asemalla on pidettävä käyttöpäiväkirjaa, ja siinä on ilmoitettava:

- Pölypitoisuus 5 minuutin keskiarvoina sekä hälytysten päivämäärä ja aika. Ilmoitettava aika hälytyksestä tuotannon pysäytyksen. Hälytyksen syy ja mitä tehdään hälytysten välttämiseksi tulevaisuudessa. Suodattimen mahdolliset vuodot tai muut virheet, mukaan lukien toimenpiteet niiden korjaamiseksi
- Suodattimen tarkastuspäivämäärä ja tiedot suodattimen katkoksista ja suodatinmateriaalin vaihtamisesta.
- Pölymittarin kalibrointi, huolto ja kunnossapito (mukaan lukien puhdistus), mukaan lukien tiedot havaituista korjauksista ja virheistä.
- Poltinten huolto-, säätö- ja tarkistuspäivät. Raportti huolloista ja säädöistä on säilytettävä yhdessä käyttötietojen (käyttölokien) kanssa.
- Bitumiemulsiosäiliöiden tarkastuspäivä ja tarkastustuloksen, mukaan lukien mahdolliset toimenpiteet.
- Vuodot bitumi-, amin- ja muita nestemäisiä kemikaaleja, vaarallisia jätteitä ja muita öljytuotteita sisältävistä säiliöistä, ja mahdollisen korjaukset
- Kaivojen, keräysastioiden, säiliökaivojen ja altaan vuotuisen tarkastuksen päivämäärä ja tulos
- Kaikkien merkittävien kemiallisten jätteiden, öljytuotteiden ja vaarallisten jätteiden arvioidut määrät ja puhdistusmenetelmät

Tietoja on säilytettävä asemalla vähintään viiden vuoden ajan, ja niiden on oltava valvontaviranomaisen saatavilla.

## LIITE 2. OPINNÄYTETYÖN PROSESSIKAAVIO.

