



Biokaasun hyödyntämismahdollisuudet Pohjanmaalla
Raskaan kaluston kestävyys ja huollon tarpeen selvitys biokaasukäytössä

Simo Välimäki

2.2.2021



Österbottens förbund
Pohjanmaan liitto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Biokaasu polttoaineena	10
2.1	Biometaanin ominaisuudet	11
2.2	Biometaani polttomoottorissa	13
2.3	Biometaanin päästöt	14
2.4	Biokaasun turvallisuus	16
3	Biokaasun ajoneuvokäyttö	18
3.1	Polttoainekaasun tankkaaminen	18
3.2	Kaasukäyttöisen ajoneuvon tekniikka	20
4	Biokaasukäyttöisen raskaan kaluston huolto- ja korjaustoimet	23
4.1	Mercedes-Benz Econic -keräysautot	23
4.1.1	Kaasukaluston huoltojen sisällöt	25
4.1.2	Kaasukaluston huoltotarve	26
4.1.3	Kaasukaluston vikatapaukset	35
4.1.4	Kaasukaluston rikkoutumistapaukset	37
4.2	Scania Citywide -kaupunkibussit	39
4.2.1	Kaasubussien huoltaminen	42
4.2.2	Vuoden 2018 vikatapaukset	44
4.2.3	Vuoden 2019 vikatapaukset	53
5	Raskaan biokaasukaluston käyttäjien kokemukset	61
5.1	Biokaasukaluston tankkaus sekä toimintamatka	62
5.2	Biokaasukaluston käyttötuntuma	63
5.3	Biokaasukaluston kehitystarpeet	64
6	Pohdinta	66
7	Johtopäätökset	70
	Lähteet	74
	Liitteet	78
	Liite 1. Käyttäjäkokemusten kysymykset sekä saadut vastaukset	78

Taulukot

Taulukko 1.	Metaanin ominaisuuksia eri olosuhteissa	11
Taulukko 2.	Metaanin sekä fossiilisten polttoaineiden palamiseen liittyviä ominaisuuksia ..	12
Taulukko 3.	Metaanin sekä bensiinin vaarallisuusluokitusten vertailua asetuksen STMA 509/2005 mukaisesti.....	16
Taulukko 4.	Remeon kaasukäyttöisten keräysautojen malli- sekä käyttötietoja.....	24
Taulukko 5.	Mercedes-Benzin M 936 G -kaasumootorin teknisiä ominaisuuksia...	25
Taulukko 6.	Tavanomaisesti suoritettavat huoltotoimenpiteet biokaasukäyttöisten keräysautojen huolloissa	26
Taulukko 7.	Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton huoltoyhteenvedo.....	27
Taulukko 8.	Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton moottoriöljyn vaihtotapahtumien yhteenvedo.....	29
Taulukko 9.	Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton sytytystulppien vaihtotapahtumien yhteenvedo.	32
Taulukko 10.	Biokaasukaluston muita yleisiä huoltotoimenpiteitä.....	33
Taulukko 11.	Biokaasukaluston tavallisesta poikkeavia huoltotoimenpiteitä.	34
Taulukko 12.	Biokaasukäyttöisen jätekeräyskaluston huoltotapahtumien ulkopuolella suoritettuja huolto- ja korjausmerkintöjä.	36
Taulukko 13.	Biokaasukäyttöisten jätekeräysautojen hinausta vaatineet rikkoutumiset sekä tämän aiheuttaneet komponentit	37
Taulukko 14.	Scanian OC09-kaasumootorin teknisiä ominaisuuksia..	42
Taulukko 15.	Biokaasubussien vuosien 2018 ja 2019 yhteisajomäärät, kokonaisajomatkat, huoltotapahtumien lukumäärät sekä keskimääräiset huoltovälit..	43

Taulukko 16. Vaasan biokaasukäyttöisten kaupunkibussien huolto- ja vikamerkinntät sekä niiden esiintymiset vuoden 2018 aikana	46
Taulukko 17. Biokaasun puutteesta aiheutuneet korvaavan kaluston käyttötarpeet vuoden 2018 aikana	47
Taulukko 18. Moottorin toimintaan liittyvien vikojen ilmenemiset vuonna 2018.....	50
Taulukko 19. Vaasan biokaasukäyttöisten kaupunkibussien huolto- ja vikamerkinntät sekä niiden esiintymiset vuoden 2019 aikana	55
Taulukko 20. Moottorin toimintaan liittyvien vikojen ilmenemiset vuonna 2019.....	57

Tiivistelmä

Liikennesektori on yksi haastavimmista ilmastonmuutosta kiihdyttävien kasvihuonekaasupäästöjen tekijöistä, sillä lähes koko Suomen tieliikenne on riippuvainen fossiilista polttoaineista. Suomen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä noin 40 prosenttia on peräisin raskaasta liikenteestä, joka on suurista kuormamassoista johtuen myös vaikeimmin sähköistettävissä. Haitallisten ilmastovaikutusten minimoimiseksi erityisesti raskaan liikenteen tulisi nojautua entistä enemmän uusiutuviin ja vähäpäästöisiin polttoaineisiin, kuten biokaasuun.

Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää raskaan kaluston kestävyttä sekä huollon tarvetta biokaasukäytössä. Tutkimuksen tavoitteena on lisätä raskaan kaluston liikennöitsijöiden tietoutta biometaanin mahdollisuuksista ja pienentää dieselillä operoivien raskaan liikenteen toimijoiden hankintakynnystä biokaasukäyttöiseen kalustoon.

Työssä nostetaan kirjallisuuskatsauksen avulla esiin biokaasun polttoaineominaisuuksia, käyttötekniikkaa sekä turvallisuusseikkoja. Työn varsinaisessa tutkimusosiossa hyödynnetään biokaasukäyttöisellä kalustolla operoivien yritysten ja toimijoiden tarjoamia huoltotietoja sekä kerätään biokaasukalustoa käyttävien ammattikuljettajien käyttäjäkokemuksia. Kaluston huoltohistorian avulla analysoidaan kaluston eri komponenttien huoltovälejä sekä näiden kohtaamia komponenttirikkoja, joiden pohjalta arvioidaan kaluston huollon tarvetta sekä kestävyttä. Käyttäjäkokeuksista saaduilla tuloksilla tuodaan esiin biokaasukäyttöisen kaluston käytettävyyttä ruohonjuuritasolla.

Työssä saavutetuista tuloksista havaitaan, että biokaasu on polttoaineena täysin turvallinen ja valmis raskaan liikenteen sovelluksiin. Myös kerätyt käyttäjäkokemukset osoittivat biokaasukäyttöisen kaluston olevan käytettävyyden suhteen pitkälti dieselkäyttöisten ajoneuvojen tasolla. Biokaasukäyttöinen raskas kalusto on kuitenkin markkinoilla yhä melko uutta, joten käyttäjäkokemuksissakin tuotiin esiin kehitystarpeita. Myös valmistajien erot nousivat kuljettajien keskuudessa esiin.

Biokaasukäyttöiset raskaan kaluston ajoneuvot havaittiin huoltotietojen pohjalta kestäviksi, eikä näiden huoltohistoriassa havaittu käytettyyn polttoaineeseen yhdistettävissä olevia toistuvia epäkohtia. Ajoneuvojen huollon tarpeen ei havaittu olevan poikkeuksellista eivätkä näiden huoltovälit olleet erityisen tiheät. Biokaasukaluston käyttämä moottoritekniikka ei käytännössä eroakaan perinteisten, fossiilisten polttoaineiden käyttötekniikoista, joten kalustoa voidaan pitää täysin kestäväenä ja käyttökelpoisena perinteisiä polttoaineita käyttävien raskaiden ajoneuvojen rinnalla.

Abstract

The transport sector is one of the most challenging drivers of greenhouse gas emissions contributing to global warming. This is because Finland's road traffic is almost completely dependent on fossil fuels, and almost 40 % of Finnish road traffic's greenhouse gas emissions originate from heavy transport. Heavy-duty vehicles are also the most difficult ones to electrify due to large carried burdens. To minimize the harmful climate impacts, especially heavy transports should lean more towards renewable and low-emission fuels such as biogas.

The purpose of this research is to examine the durability and need for maintenance of biogas-powered heavy-duty vehicles. This research aims to increase the knowledge about the possibilities of biomethane as a fuel and lower the threshold to purchase biogas-powered vehicles for heavy transport operators who still are relying on diesel fuel.

This paper describes biogas' fuel properties, operating techniques and safety aspects found in the literature. In the actual research part of the work, the real maintenance data provided by companies and operators operating heavy-duty biogas vehicles are utilized. Also, operational experiences from these kinds of vehicles are collected from drivers who use biogas-powered vehicles professionally. The maintenance history of the vehicles is used to analyze the service intervals of different components and the component failures encountered. The results of these aspects are used to determine the maintenance needs and the durability of biogas-powered vehicles. The user experiences are used to demonstrate the usability of biogas-powered vehicles at the grass-root level.

Based on the detected results, it can be concluded that biogas is perfectly safe and ready fuel for heavy-duty transport applications. Also, the collected user experiences show that the usability of biogas-powered vehicles is at the same level as with diesel-powered vehicles. However, biogas-powered heavy-duty vehicles are still relatively new on the markets; therefore, user experiences brought up some development needs. Also, the differences between manufacturers were highlighted by the drivers.

Based on the maintenance data, the biogas-powered heavy-duty vehicles were found to be durable, and the maintenance history did not indicate recurring faults that could have been linked to the fuel used. The need for service was not reported to be exceptional, and the intervals between services were not particularly frequent. The engine technology of biogas-powered vehicles does not really differ from traditional fossil fuel vehicles. Thus biogas-powered vehicles can be considered completely reliable alongside conventional fuels.

1 Johdanto

Tarve vastata energiantuotannosta sekä -kulutuksesta aiheutuvaan ympäristön ja ilmastoon saastumiseen on ympäri maailman akuutti, ja näihin ongelmiin on nopeasti löydettävä tehokkaita ratkaisuja. Yksi kriittisimmistä ilmastomuutosta kiihdyttävistä energian hyödyntämisen osa-alueista on liikennesektori, joka on lähes täydellisen riippuvainen fossiilisista polttoaineista. Erityisesti riippuvuus kohdistuu öljyyn, josta lähes kaikki maailmassa käytettävät liikennepolttoaineet jalostetaan. Liikennesektorin on mahdollisimman nopealla aikataululla tultava entistä energiatehokkaammaksi ja sen on perustuttava merkittävästi enemmän uusiutuviin polttoaineisiin jo lähitulevaisuudessa (Baxter ja muut, 2013, s. 428).

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaiseman energia- ja ilmastostrategian mukaan nopein keino liikennesektorin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on korvata nykyisin käytettäviä fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla tai vähäpäästöisemmällä polttoaineilla. Suomen valtioneuvoston tavoitteena on tehdä pitkällä aikavälillä Suomen koko liikennejärjestelmästä erittäin vähäpäästöinen, sillä nykyisin liikennesektori tuottaa noin viidennesen Suomen kasvihuonepäästöistä. Tästä noin 90 % syntyy varsinaisesta tieliikenteestä, joten tieliikenteen päästövähennyspotentialiaali on myös suurin. Valtioneuvoston tavoitteena onkin vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä 50 % verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen ja nostaa liikenteen biopolttoaineiden osuus 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017, s. 54–58).

Merkittävän potentiaalinen omaava biopolttoaine on biokaasu, joka on monipuolinen ja uusiutuva energiamuoto ja jota voidaan tuottaa orgaanisesta jätteestä kiertotalouden periaatteita noudattaen. Biokaasun käytöllä voidaan vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, koko elinkaaren ajalta tarkasteltuna jopa 90 % fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna (Gasum, 2020). Biokaasua käytettäessä ajoneuvon pakoputken päästä tuleva hiilidioksidi on peräisin normaalista luonnon kiertokulusta eikä täten hiilidioksidin määrä ilmakehässä lisääny. Käytännössä biokaasun ilmastonmuutosvaikutukset voivat parhaimmillaan olla jopa negatiiviset sellaisissa tapauksissa, jolloin biokaasuksi

muutetut raaka-aineet olisi ilman hyödyntämistä vapauttaneet hajotessaan ilmakehään metaania, moninkertaisesti hiilidioksidia haitallisempaa kasvihuonekaasua. Lisäksi biokaasukäytössä muodostuvat terveydelle haitalliset pienhiukkaspäästöt ovat erittäin alhaiset.

Suomen liikennesektorin kasvihuonekaasupäästöistä noin kolmannes on peräisin raskaasta liikenteestä. Raskas liikenne onkin yksi merkittävimmistä biokaasun hyödyntämisen kohteista, sillä erityisesti kaikkein raskaimmat ajoneuvoyhdistelmät tuottavat suurimman osan kuorma-autojen päästöistä. Nämä ovat myös valtavista kuljetettavista massoista johtuen kaikista vaikeimmin sähköistettävissä olevia ajoneuvoja, eikä näiden sähköistäminen ole nykytiedon valossa mahdollista vielä lähitulevaisuudessa. Biokaasu sen sijaan tarjoaa vaihtoehdoisen uusiutuvan polttoaineen myös kaikista raskaimpiin maantiekuljetuksiin. (Andersson ja muut, 2020, s. 15, 44, 45.)

Biometaanilla on loistavat lähtökohdat ja ominaisuudet raskaan liikenteen polttoaineeksi. Lisäksi verrattuna muihin toisen sukupolven biopolttoaineisiin, biometaani on vähemmän riippuvainen erityispiirteisistä teknisistä kehitysaskelista ja tuotannon mittakaavasta sekä omaa laajemman raaka-aineiden joustavuuden. Myös biometaanin elinkaaripäästöt ovat yhdessä hiilijalanjäljen kanssa alhaisemmat kuin millään muulla polttoaineella. (Baxter ja muut, 2013, s. 429.) Jo olemassa oleva tekniikka sekä Suomen biokaasutuotannon potentiaali mahdollistavat nopeinkin siirtymisen kohti biokaasukäyttöistä raskaasta liikennettä. Tämän mahdollistaminen kuitenkin vaatii muun muassa biokaasuliiketoiminnan kehittämistä, biokaasun tankkausverkoston laajentamista, poliittista edistämistä sekä alan tutkimus- ja kehitystyötä. (Aro ja muut, 2018, s. 9.)

Biokaasun mahdollisuudet raskaan liikenteen polttoaineena ovatkin yhä heikosti tunnettuja. Biokaasun käyttö voi herättää kysymyksiä muun muassa tekniikan kestävyden, käytettävyyden ja turvallisuuden osalta, eikä välttämättä osa mahdollisista toimijoista edes tiedä biokaasun mahdollisuudesta raskaan kaluston voimanlähteenä. Tämän selvitystyön tavoitteena oli lisätä raskaan kaluston liikennöitsijöiden tietoutta biokaasun käytöstä polttoaineena ja madaltaa yhä dieselkalustolla operoivien toimijoiden kynnyksiä biokaas-

sukäyttöisen kaluston hankintaan. Tähän pyrittiin tuomalla esiin biokaasun ominaisuuksia, turvallisuusseikkoja sekä käytettävyyttä raskaan kaluston sovelluksissa, joiden lisäksi työssä kartoitettiin biokaasukäyttöisellä raskaalla kalustolla toimivien ammattikuljettajien käyttökokemuksia ruohonjuuritason näkökulmien selvittämiseksi. Työn varsinaisena tutkimuskysymyksenä oli raskaan kaluston huollon tarve ja kestävyys biokaasukäytössä, joihin paneuduttiin käsittelemällä eri liikennöitsijöiden raskaan biokaasukaluston huoltotietoja.

2 Biokaasu polttoaineena

Jalostettu biokaasu eli biometaani on jo valmis polttoaine valloittamaan merkittävänkin osuuden liikennesektorilta niin ominaisuuksien kuin hyödyntämisteknologioidensakin puolesta. Biometaani vastaa ominaisuuksiltaan hyvin pitkälti liikennemaakaasua, jonka infrastruktuuriin, hyödyntämiseen sekä varastointiin liittyviä teknologioita on käytetty jo pitkään eri puolilla maailmaa. Tämän hetken hidasteena Suomen liikennebiokaasun markkinaosuuden kasvamisessa on erityisesti potentiaaliin nähden maltillinen raaka-ainneiden hyödyntäminen sekä tuotannon ja tarjonnan infrastruktuurin rajallisuus.

Toisin kuin muut biopolttoaineet keskenään, biometaani on täysin sekoittuva ja järjestelmistä riippumatta myös täysin vaihtelukelpoinen muiden kaasulajien kanssa. Ollessaan tarpeeksi puhdasta, biometaanilla ei ole lainkaan sekoitusrajoitteita muiden kaasujen kanssa. (Baxter ja muut, 2013, s. 428.) Biometaanin etuna on sen kokoonpuristuvuus ja mahdollisuus paineistaa kaasu pienempiin tilavuuksiin. Tämä itsessään mahdollistaa biokaasun liikennekäytön, sillä kulkuneuvojen rajallinen polttoaineen varastointitila ei riitä normaalipaineisen kaasun säilytykseen ja useimmiten kaasu puristetaan noin 200–250 barin paineeseen. Biometaani voidaan myös nesteyttää jäähdyttämällä höyrystyslämpötilansa $-161,5$ °C alapuolelle. Nesteytetyn biometaanin tilantarve on noin 1/600 normaalipaineessa olevan kaasun tilavuudesta, ja paineistettuunkin nähden tämän energiasisältö voi paineesta riippuen olla jopa noin kolminkertainen. (Alakangas ja muut, 2016, s. 187; Andersson ja muut, 2020, s. 26.)

Taulukossa 1 on esitetty metaanin eri säilytysolosuhteiden ominaisuuksia. Biometaanissa esiintyy metaanin lisäksi myös muutamia tilavuusprosentteja muita aineita, joten tämän lämpöarvo on hieman taulukossa ilmoitettuja puhtaan metaanin arvoja alempi, usein noin $34\text{--}36$ MJ/m³ (Lampinen & Rautio, 2015, s. 128).

Taulukko 1. Metaanin ominaisuuksia eri olosuhteissa. Muokattu alkuperäisestä lähteestä (Söderena ja muut, 2019, s. 19).

Ominaisuus	Yksikkö	Normaalitila	Paineistettu metaani	Nesteytetty metaani
Paine	bar	1	250	1
Lämpötila	°C	0	15	-161,5
Tiheys	kg/m ³	0,72	180	423
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	50	50	50
	MJ/m ³	36	9000	21150

Taulukosta havaitaan puhtaan metaanin ja täten myös biometaanin tilantarve eri olosuhteissa. Erityisesti alimmalla rivillä esitetyn polttoaineen sisältämän energian määrä tilavuusyksikköä kohden kasvaa huomattavasti paineen noustessa tai säilöntälämpötilan pienentyessä. Taulukon olosuhteissa normaalitilaan verrattuna paineistettuun biometaaniiin sisältyy tilavuusyksikköä kohden 250-kertainen energiamäärä, ja paineistettuun nähden nesteyttämällä samaan tilavuuteen saadaan mahdutettua yli kaksinkertainen määrä energiaa.

2.1 Biometaanin ominaisuudet

Kaikille kaasumaisille polttoaineille on yhteistä korkea syttymislämpötila, suuri palamisnopeus sekä kapea syttymisalue (Alakangas ja muut 2016, s. 182). Biometaanin oktaaniluku on korkeampi kuin millään muulla polttoaineella, jolloin kipinäsytytteen polttomoottorin tehoa sekä hyötysuhdetta voidaan perinteisiin polttoaineisiin nähden nostaa. Biometaanii soveltuu sellaisenaan kaasukäyttöisten ajoneuvojen polttoaineeksi, ja kaasumaisuudestaan johtuen aineen sekoittuminen ilman kanssa on nestemäisiä polttoaineita parempaa. Tällöin ajoneuvopolttomoottorin hyötysuhteella lähes koko metaanin energiasisältö saadaan hyödynnettyä, ja samalla epätäydellisestä palamisesta syntyvät päästöt ovat matalammat ja hyötysuhde sekä teho suuremmat. Biometaanilla on myös korkeampi energiatiheys massayksikköä kohti kuin nestemäisillä polttoaineilla. (Lampinen & Rautio, 2015, s. 129; Kinnunen & Rintala, 2015, s. 17).

Taulukossa 2 on esitetty biometaanin sekä nykyisin käytettävien fossiilisten polttoaineiden ominaisuuksia. Biometaanin koostumus voi eri laitoksien välillä vaihdella, joten taulukossa on yleiskuvan antamiseksi esitetty metaanin palamisominaisuuksia. Biometaani koostuu kuitenkin käytännössä ainoastaan metaanista sekä muutamista tilavuusprosentteista hiilidioksidia, joten taulukon arvot antavat hyvän käsityksen biometaanin ominaisuuksista. Hiilidioksidin esiintyminen vaikuttaa käytännössä ainoastaan nostamalla aiheen oktaanilukua sekä laskemalla hieman polttoaineen lämpöarvoa. Taulukossa esitetyt perinteisten polttoaineiden arvot voivat todellisuudessa myös vaihdella, sillä esimerkiksi dieselpolttoaineen koostumus vaihtelee muun muassa talvi- ja kesälaatuojen välillä.

Taulukko 2. Metaanin sekä fossiilisten polttoaineiden palamiseen liittyviä ominaisuuksia. (Alakangas ja muut, 2016, s. 182; Lampinen, 2009, s. 431–433; Suomen Kaasuyhdistys, 2014, s. 9; Khan ja muut, 2015, s. 786.)

Ominaisuus	Yksikkö	Metaani	Bensiini	Diesel
Paine	bar	1	1	1
Lämpötila	°C	0	15	15
Tiheys	kg/m ³	0,72	750	835
Höyrystymislämpötila	°C	-161,5	80	270
Itsesyttymislämpötila	°C	650	260	316
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	50	42,7	43
	MJ/m ³	36	32	35,9
Stoikiometrinen ilman- tarve	kg/kg	17,2	14,7	14,6
Oktaaniluku/setaaniluku	-	140	95	54
Leimahduspiste	°C	-188	-45	63
Syttymisraja ilmassa	til-%	5–15	1–8	0,6–6,5

Taulukosta on luettavissa polttomoottorikäytön kannalta oleellisimpia näkökulmia eri polttoaineiden välillä. Biometaanin käytön kannalta edullisia seikkoja ovat muun muassa korkea itsesyttymislämpötila sekä oktaaniluku, joiden avulla kipinäsytytteisen moottorin

hyötysuhdetta voidaan merkittävästi parantaa. Lisäksi metaanin korkea höyrynpaine sekä alhainen jäätymispiste luovat biometaanille hyvät kylmäkäyttöominaisuudet. Varsinaisen liikennekäyttöön jalostetun biometaanin oktaaniluku on todellisuudessa hieman alle 140, mutta tämäkin on selvästi suurempi kuin bensiinillä. Myös maakaasuun nähden biometaanin puristuskestävyys on hieman korkeampi, sillä maakaasu koostuu metaanin lisäksi myös muista palavista aineista, kuten propaanista ja butaanista. (Lampinen & Rautio, 2015, s. 130, 156).

2.2 Biometaani polttomoottorissa

Kaasumaiset polttoaineet soveltuvat hyvin polttomoottoreihin, eikä näiden hyödyntäminen vaadi merkittäviä rakenteellisia muutoksia verrattuna perinteisillä polttoaineilla toimiviin moottoreihin. Suurin osa markkinoilla olevista kaasumoottoreista toimii kipinäsytytteisinä, sillä biometaanin korkea puristuskestävyys estää polttoaineen käytön sellaisenaan puristussytytteisissä moottoreissa. Metaanipolttoaineen itsesytyminen polttomoottorissa vaatisi noin 38:1 puristussuhteen (Khan ja muut, 2015, s. 788.).

Markkinoilla kuitenkin on myös puristussytytteisiä kaasumoottoreita, mutta nämä perustuvat niin sanottuun dual fuel -tekniikkaan. DF-moottoreissa polttoaineen ja ilman seos sytytetään palotilaan ruiskutettavalla toisella, herkästi syttyvällä nestemäisellä polttoaineella, jonka määrä vaihtelee moottorin kuormituksen mukaan. Usein tyhjäkäynnillä moottorit käyvät pelkästään sytyttävällä polttoaineella, mutta täydellä kuormalla kaasun osuus nousee ajoneuvomoottorien kokoluokassa maksimissaan noin 90 prosenttiin. Sytyttävänä polttoaineena käytetään useimmiten dieseliä, joka voi valmistusperältään olla myös uusiutuvaa. (Khan ja muut, 2015, s. 788.)

Kipinäsytytteiset bensiinimoottorit ovat dieselkäyttöisiä noin 15 % heikompia hyötysuhteeltaan (Baxter ja muut, 2013, s. 416). Tämä johtuu muun muassa polttoaineseoksen sytytykseen tarvittavasta ulkoisesta energiasta sekä bensiinin huonosta puristuskestävyydestä, jonka vuoksi perinteisillä polttoaineilla toimivien kipinäsytytteisten poltto-

moottorien puristussuhde on rajoittunut nakutusvaaran vuoksi. Puristussuhde on kuitenkin yksi merkittävimmistä polttomoottorin hyötysuhteeseen vaikuttavista parametreista, ja korotettu puristussuhde näkyisi moottorin sekä parempana teoreettisena että todellisena hyötysuhteena (Khan ja muut, 2015, s. 789.).

Korkean oktaanilukunsa vuoksi biometaani on moottoriteknisesti paras polttoaine kipinäsytytteisiin moottoreihin, sillä tämän puristussuhdetta voidaan kasvattaa ja moottorin tehoa sekä hyötysuhdetta merkittävästi parantaa (Lampinen & Rautio, 2015, s. 156, 159). Tavallisesti bensiinikäyttöiset ajoneuvopolttomoottorit toimivat hieman alle 100-oktaanisella polttoaineella ja keskimäärin noin 10:1–12:1 puristussuhteella. Pelkällä kaasulla toimivissa ajoneuvoissa käytettävä puristussuhde voitaisiin metaanipolttoaineiden 130–140 oktaaniluvun ansiosta nostaa noin arvoon 16:1 ilman pelkoa nakutuksesta. Korotettu puristussuhde kaasupolttoaineella mahdollistaa bensiinimoottoreiden hyötysuhteen kohottamisen noin 25 prosentista 35 prosenttiin, eli lähes dieselmoottorien tasolle. (Khan ja muut, 2015, s. 789.)

Normaali-ilmanpaineessa kaasumaisen polttoaineen avulla voidaan saavuttaa myös tehokkaasti nestemäisiä polttoaineita homogeenisempi ilman ja polttoaineen seos kaikissa moottorityypeissä, sillä perinteiset polttoaineet vaativat aikaa täydelliseen atomisoitumiseen ja höyrystymiseen samaan homogeenisyyteen yltämiseksi. Kaasumaisilla polttoaineilla on luontainen taipumus korkeatasoiseen sekoittumiseen sekä hajautumiseen palotilassa, johtaen palamistapahtuman tehostumiseen ja täydellisempään polttoaineen palamiseen. (Khan ja muut, 2015, s. 789.)

2.3 Biometaanin päästöt

Suomen energiajärjestelmän kannalta biokaasun merkitys korostuu, kun sitä käytetään liikennepolttoaineiden tuotantoon. Tieliikenne aiheuttaa monia kaikista vaikeimmin alennettavissa olevia ilman epäpuhtauksia, ja kotimaisella biokaasualalla on Suomessa erittäin suuri kasvupotentiaali sekä määrällisesti että laadullisesti. Biokaasun valjastamisella liikennesektorin käyttöön voidaankin merkittävästi vähentää raakaöljyn tuontia

sekä lisätä Suomen energiaomavaraisuutta, sillä lähes täydellinen liikennesektorin riipuvuus raakaöljystä aiheuttaa tämän käytön ympäristövaikutusten lisäksi suuren energian huoltovarmuusongelman. (Lampinen, 2015, s. 191, 192.)

Kaasumaisten polttoaineiden etuna on niiden hyvä sekoittuminen ilman kanssa, jolloin erityisesti polttomoottoreissa tapahtuva palaminen on nestemäisiä polttoaineita täydellisempää. Tämä näkyy muun muassa hiukkaspäästöissä, jotka pääosin muodostuvat epätäydellisen palamisen seurauksena muodostuvien nokihiukkasten ympärille. Polttoaineen yksihiihisyys ja pieni molekyylipaino johtavat alhaisiin päästöihin sekä pieniin päästökomponenttien määrään, jonka lisäksi raskaat eli kaikista myrkyllisimmät päästökomponentit puuttuvat kokonaan (Lampinen & Rautio, 2015, s. 129).

Biokaasun käsittelyssä ja polttoainekäytössä tärkein huomioitava päästökomponentti on itse metaani, jonka pääsy ympäristöön on estettävä kaikissa käsittelyvaiheissa. Metaanin vuotaminen ympäristöön lisää polttoaineen kasvihuonevaikutusta merkittävästi jo pienissä vuotomäärissä, sillä metaanilla on tarkastelujaksosta riippuen 28–84 kertaa voimakkaampi kasvihuonevaikutus kuin hiilidioksidilla. Kyseinen GWP-arvo (Global Warming Potential) kuvastaa hiilidioksidiin suhteutettuna kaasun kykyä vangita ilmakehän lämpöenergiaa 20 ja 100 vuoden tarkastelujaksolta. Metaanivuodon ylittäessä 10 %, tuotetun biometaanin kasvihuonepäästöt ylittävät jopa bensiinin tai dieselin polttoainekäytön elinkaaren ympäristövaikutukset. (Lampinen & Rautio, 2015, s. 136; Stocker ja muut, 2013, s. 714.)

Tietyissä tapauksissa on myös mahdollista, että biokaasun elinkaaripäästöt voivat saavuttaa myös negatiivisia arvoja. Esimerkiksi erilliskerätyn biojätteen tai maatalouden lietalantaperäisten raaka-aineiden mädättämöiden tuottaman kaasun elinkaaripäästöt voidaan nähdä negatiivisena, mikäli niissä käytetyistä raaka-aineista muodostuneet metaanipäästöt olisivat ilman biokaasuhyödyntämistä joutuneet ilmakehään. Liikennekäyttöön jalostettu metaanikaasu muuttuu ajoneuvon moottorissa hiilidioksidiksi, eli merkittävästi metaania heikommaksi kasvihuonekaasuksi. (Lampinen, 2008, s. 11.)

2.4 Biokaasun turvallisuus

Biokaasu on polttoaineena erittäin turvallinen sekä terveydelle että ympäristölle. Metaanilla on korkea itsesyttymislämpötila, 650 °C, kun bensiinillä se on 260 °C ja dieselöljyllä 250 °C, minkä lisäksi syttymistä onnettomuus- tai tulipalotilanteessa vaikeuttaa kaipa syttymisalue sekä metaanin kaasumainen olomuoto. Kaasumainen polttoaine karkaa vuodon sattuessa nopeasti ylös ilmaan, kun nestemäiset bensiini ja diesel jäävät valumaan vuotokohtaan aiheuttaen tulipalon ja ympäristön saastumisen riskin. Myös ilmassa bensiini- ja dieselhöyryt syttyvät metaanikaasua paljon pienemmissä pitoisuuksissa (bensiini 1 %, dieselöljy 0,6 %), kun taas metaanipitoisuuden on ilmassa oltava vähintään 5 % sen syttymiseksi siihen tuodusta kipinästä. Biometaani on siis onnettomuustilanteen sattuessa selvästi fossiilisia bensiini- ja dieselpolttoaineita turvallisempi polttoaine. (Lampinen, 2008, s. 144.)

Myös ympäristö- ja terveysriskit pienenevät siirryttäessä fossiilisista polttoaineista biometaanin käyttöön. Raakabiokaasussa olevien haitallisten aineiden osuus on hyvin pieni, ja ne saadaan puhdistuksessa sekä jalostuksessa lähes täydellisesti poistettua. Biometaanin sisältämät mikro-organismit eivät hengitettynä ole ihmiselle vaarallisia. Taulukossa 4 on esitettyä Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta (STMA 509/2005), jossa vertaillaan metaanin sekä bensiinin haitallisuusluokituksia. Taulukosta nähdään, ettei metaani täytä suurta osaa samoista vaarallisuusluokituksista kuin esimerkiksi bensiini.

Taulukko 3. Metaanin sekä bensiinin vaarallisuusluokitusten vertailua asetuksen STMA 509/2005 mukaisesti (Lampinen, 2008, s. 144).

Vaarallisuusluokitus	Selitys	Metaani	Bensiini
T	Myrkyllinen	Ei	Kyllä
Carc	Karsinogeeninen	Ei	Kyllä
Xn	Haitallinen	Ei	Kyllä
R45	Karsinogeeninen	Ei	Kyllä
R65	Keuhkovaurion riski nieltäessä	Ei	Kyllä
F+	Erittäin helposti syttyvä	Kyllä	Kyllä
N	Ympäristölle vaarallinen	Ei	Kyllä

Määrä, joka biometaania tulisi hengittää sairastuakseen, on niin suuri, että todellista terveysriskiä vuodon sattuessa ei ole. Käytännössä liikennemetaani voi olla haitallista ainoastaan silloin, mikäli sitä on ilmassa niin paljon, että ilman happipitoisuus ei riitä hengittämiseen. Ilmaa kevyempänä kaasuna metaani kuitenkin haihtuu avoimessa tilassa välittömästi ylös ilmaan. Myös tankatessa ympäristöön vapautuu hyvin pieni määrä biometaania, keskimäärin noin 5 cm³ (0,005 l). Mikäli kaasussa olisi minkäänlaisia taudinaiheuttajia, on mahdollisesti tankkaustilanteessa absorboitunut määrä liian pieni luodakseen todellista riskiä. (Baxter ja muut, 2013, s. 430; Lampinen, 2008, s. 144.)

Paineistetulla kaasulla toimivien ajoneuvojen korkeat säilöntäpaineet voivat myös aiheuttaa huolta, sillä esimerkiksi mediassa on tuotu esiin tapauksia, joissa kaasujoneuvojen kaasusäiliöt ovat räjähtäneet. Vastaavat tapaukset ovat kuitenkin hyvin epätodennäköisiä erityisesti tehdasvalmistetuissa kaasujoneuvoissa, sillä näiden käyttö vaatii hyvin tarkkojen standardien ja vaatimusten täyttämisen.

Kaasujoneuvojen korkeapainesäiliöt noudattavat Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntöä numero 110, joka määrää tarkasti sallittujen painekaasusäiliöiden vaatimukset. Sääntö luo standardit muun muassa ajoneuvojen polttoainesäiliöiden käyttöolosuhteet, käyttöiän, määräaikaisten tarkistukset sekä esimerkiksi törmäyksessä tai tulipalossa olleiden säiliöiden tarkistukset. Sääntö myös edellyttää säiliöiden erilaiset turvajärjestelmät, joita ovat muun muassa käsikäyttöinen venttiili, auto-maattinen kaasupullonventtiili, lämpötilan ja paineen vaikutuksesta aktivoituva paineenrajoituslaite, ylivirtausventtiili, paineensäädin sekä elektroninen ohjauslaite. (UN/ECE, 2015, s. 16–18, 51, 52.)

Vaatimukset kaasukäyttöisten ajoneuvojen painekaasusäiliöille ovat siis erittäin tarkat turvallisen käytön saavuttamiseksi. Mediassa esillä olleet räjähdykset ovatkin usein aiheutuneet tarkastamattomista ja iän myötä heikentyneistä tai ylitäytetyistä kaasusäiliöistä, usein konvertoiduissa kaasuautoissa. Tehdasvalmisteiset kaasujoneuvot myös törmäystestataan tarkasti perinteisten ajoneuvojen tapaan ja näiden turvallisuuteen kiinnitetään suuresti huomiota. Todellisuudessa kaasujoneuvojen painesäiliöt eivät siis luo suoranaista turvallisuusuhkaa, kunhan näiden kunto tarkastetaan ajoittain.

3 Biokaasun ajoneuvokäyttö

Kaasumaisen polttoaineen hyödyntäminen polttomoottorissa perustuu samoihin periaatteisiin kuin perinteistenkin polttoaineiden. Suurimmat muutokset johtuvat kuitenkin polttoaineen kaasumaisuudesta, joka luo erilaisia vaatimuksia muun muassa polttoaineen tankkaamiseen, säilömiseen sekä polttoainejärjestelmään. Tässä luvussa käydään yleisellä tasolla läpi polttoainekaasun tankkaamiseen sekä ajoneuvon polttoainejärjestelmään liittyvät periaatteet.

3.1 Polttoainekaasun tankkaaminen

Kaasun tankkaaminen eroaa nestemäisten polttoaineiden tankkaamisesta vain vähän, vaikka tankkausasemien järjestelmät ovatkin pinnan alla melko erilaiset johtuen kaasun ajoneuvokäytön vaatimasta korkeasta paineesta. Tarve paineistaa kaasu polttoainesäiliöihin mahdollistaakin kaksi erilaista tankkausmenetelmää, joista käytetään prosessiin kuluvan ajan perusteella nimityksiä hidas- ja nopeatankkaus.

Kaasun tankkausjärjestelmästä käytetään termiä nopeatankkaus, kun tankattavaa kaasua säilötään tankkausasemalla jo valmiiksi lopullisessa korkeapaineessa ja kaasu siirtyy sellaisenaan polttoainetankkiin. Tässä tapauksessa tankkauksessa kuluva aika ei eroa juurikaan nestemäisten polttoaineiden tankkauksen kestosta. Kaikki julkiset polttoainekaasun tankkausasemat Suomessa ovat nopeatankkausasemia.

Sen sijaan hidastankkauksessa kaasua säilytetään matalassa paineessa, ja paineistus tapahtuu tankkaamisen yhteydessä hiljalleen. Hidastankkausasemat ovat nopeatankkausasemia halvempia, ja niitä käytetään tyypillisesti sovelluksissa, joissa kulkuneuvot palaavat päivittäin omalle varikolleen. Esimerkiksi kaasukäyttöisiä kaupunkibusseja sekä jakelu- ja keräysautoja tankataan usein yritysten omilla hidastankkausvarikoillaan yön yli ennen seuraavan päivän ajovuoroja. Kuvassa 1 on esitettyä Vaasan kaupungin biokaasubussien hidastankkausvarikko sekä hidastankkausjärjestelmään kytkettynä olevia biokaasubusseja.



Kuva 1. Vaasan kaupungin biokaasubussien tankkausvarikko, jossa busseja kytketään hidastankkausjärjestelmään (Scania, 2017a).

Varsinainen ajoneuvon tankkaus on hyvin yksinkertaista, ja se perustuu samaan toimenteisiin sekä nopea- että hidastankkauksen tapauksessa. Kaasun julkiset pikatankkausasemat muistuttavat ulkoiselta rakenteeltaan perinteisten polttoaineiden tankkausasemia, ja niiden välinen ulkoinen ero on käytännössä ainoastaan varsinaisessa tankkauspistoolissa.

Kaasumainen polttoaine vaatii tankatessa hyvän tiivistyksen, jottei polttoainetta pääse karkaamaan ulkoilmaan. Kaasuautoa tankatessa tankkausliitin liitetään auton polttoainetankkiin liittimessä olevan lukituskahvan avulla, jolloin tankkausletku ja -liitin tiivistyy

kiinteästi auton tankkausjärjestelmään kiinni. Tämän jälkeen tankkaus aloitetaan painamalla tankkausaseman täyttönappia, jonka jälkeen tankkausjärjestelmä tankkaa auton kaasusäiliön automaattisesti. Kuvassa 2 biokaasun tankkausliitin kiinnitettynä Vaasan biokaasubussin tankkausjärjestelmään.



Kuva 2. Polttoainekaasun tankkausliitin kiinnitettynä kaasubussin tankkausjärjestelmään (Scania, 2017a).

3.2 Kaasukäyttöisen ajoneuvon tekniikka

Kaasukäyttöisten ajoneuvojen polttomoottorien tekniikka perustuu täysin samoihin periaatteisiin kuin perinteisten, nestemäisten polttoaineiden. Kaasumaisuus normaali-ilmanpaineessa ja tämän johdosta korkeasti paineistettu polttoaine tuo kuitenkin erilaisia komponenttitarpeita verrattuna perinteisiin nestepolttoaineisiin. Suurimmat eroavaisuudet nestemäisen ja kaasumaisen polttoaineen ajoneuvokäytön välillä ovat kuitenkin polttoaineen säilömisessä sekä polttoainelinjassa. Varsinainen moottorin sytytys- tai

suihkutustekniikka ei vaadi kehittyneitä tekniikkaa, ja myös vanhoja, alun perin perinteisilläkin polttoaineilla toimivia ajoneuvoja on mahdollista konvertoida sellaisenaan kaasukäyttöisiksi.

Käytännössä kaikki nykyiset raskaan liikenteen kulkuneuvot toimivat dieselpolttoaineella johtuen sen korkeasta hyötysuhteesta. Valtaosa markkinoilla olevista kaasukäyttöisistä raskaan kaluston kulkuneuvoista sen sijaan toimii kipinäsytytteisinä, mutta osa valmistajista tarjoaa myös dual fuel -dieselsytytyksellä toimivia kaksoispolttoainemoottoreita.

Kaasusäiliö

Sekä henkilöautoissa että raskaassa kalustossa käytettävä biokaasu säilötään nykyisin pääasiassa paineistettuna kaasuna 200–250 bar paineessa. Korkeapaineisen kaasun säilyttäminen ajoneuvossa vaatii tavanomaista suurempaa huomiota, ja kaasusäiliöille on asetettu monia vaatimuksia muun muassa Euroopan sekä Suomen lainsäädäntöjen ja ohjeistusten nojalla. Lainsäädännöllisestä näkökulmasta biometaani ja biokaasu rinnastetaan maakaasuun. (Söderena ja muut, 2019, s. 7.) Tulevaisuudessa erityisesti raskaimmat kuljetusajoneuvot tulevat hyödyntämään jäähdyttämällä nesteytettyä kaasua, jonka polttoainetankki perustuu korkean paineen sijasta hyvin alhaisen lämpötilan ylläpitämiseen.

Painekaasusäiliöiden valmistukseen sopii monet eri materiaalit, ja nämä vaikuttavat lähihinä säiliön kustannuksiin sekä massaan. Halvimmat sekä painavimmat säiliöt on valmistettu täysin teräksestä, ja näiden painoa voidaan vähentää käyttämällä teräksen ohella esimerkiksi hiili- tai lasikuitua. Eri materiaalien käyttö kuitenkin lisää valmistuskustannuksia. Myös polymeerien ja hiilikuitujen yhdistelmistä tehtyjä säiliöitä valmistetaan, ja kaikista kevyimmät säiliöt on valmistettu komposiitista. Komposiittisäiliöiden massa on vain noin neljännes verrattuna vastaavaan terästankkiin. (Söderena ja muut, 2019, s. 34)

Paineensäädin

Kaasu kulkeutuu polttoainesäiliöstä korkeapaineisena polttoainelinjaa pitkin moottorin lähetyvillä olevaan paineensäätimeen. Paineensäädin laskee kaasun paineen huomattavasti pienemmäksi, muutaman barin paineeseen. Noin 2–4 barin paineessa oleva kaasu voidaan kuljettaa seuraaville komponenteille ja tässä paineessa myös syöttää moottoriin. (Oulun ammattikorkeakoulu, 2019.)

Moottorin ohjausyksikkö

Moottorin sähköinen ohjausyksikkö (Electronic Control Unit, ECU) on yksi polttomoottorijärjestelmän tärkeimmistä komponenteista käytettäessä niin bensiini-, diesel- kuin kaasupolttoainettakin. Kaasujärjestelmässä se vastaa samoista asioista kuin muillakin polttoaineilla, eli eri sensorisignaalien avulla ohjausyksikkö muun muassa määrittää eri tehoaluiden polttoaineseoksen ja sytytyksen ajoituksen sekä valvoo moottorin toimintaa ongelmien varalta. Moottorin ohjausyksikkö ohjaa kaasun määrää, joka paineensäätimeltä jatkaa polttoaineen jakoputkeen sekä siitä suuttimille.

4 Biokaasukäyttöisen raskaan kaluston huolto- ja korjaustoimet

Tämän työn tarkoituksena on selvittää biokaasukäyttöisen raskaan kaluston kestävyyttä sekä huollon tarvetta. Näiden näkökulmien selvittämiseksi eri biokaasukalustolla operoivat raskaan kaluston toimijat ovat selvitystyötä varten tarjonneet kalustonsa elinkaaren aikaisiin huoltoihin liittyviä tietoja. Näiden tietojen avulla biokaasukäyttöisen raskaan kaluston huoltotoimien sisällöistä sekä niiden kohtaamista ongelmista saadaan tarkkaa tietoa ja kaluston huollon tarvetta sekä kestävyyttä voidaan analysoida.

Biokaasukäyttöisen kaluston huoltoihin liittyvää tietoa ovat tarjonneet ympäristöhuoltoalan yritys Remeo viidestä biokaasukäyttöisestä jätekeräysautostaan sekä Vaasan kaupunki kahdestatoista biokaasukäyttöisestä kaupunkilinja-autostaan. Selvitystyöhön tarjotut huoltotiedot ovat hieman erityyppisiä ja niiden käsittelyssä keskitytään eri näkökulmiin saatujen tietojen sisältöjen mukaan. Remeon tarjoamat tiedot keräysautoista antavat tarkan kuvan varsinaisten kalustoa ylläpitävien huoltojen sisällöistä, kun taas Vaasan kaupungin bussien huoltodatasta ilmenee selkeämmin kaluston kohtaamien vikatapauksen kirjo.

4.1 Mercedes-Benz Econic -keräysautot

Remeo Oy on suomalainen jätelogistiikka- ja ympäristöhuoltoalan yritys, jonka toiminta ja tavoitteet perustuvat kiertotalouden ratkaisujen kehittämiseen. Yrityksen toiminnan tavoitteena on haitallisten ympäristövaikutusten minimointi sekä kestävä kehityksen periaatteisiin nojautuminen. Yritys on myös toiminnassaan sitoutunut energiatehokkuuteen sekä fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen uusiutuvilla polttoaineilla, ja näiden johdosta yritys on kuljetuskalustoratkaisuissaan aloittanut biokaasukäyttöisten jätekeräysautoja sekä taloudellista ajamista tukevien ajotapaseurantamittareiden käyttöön. (Remeo, 2020a; Remeo, 2020b.)

Remeon myyntijohtaja Ville Pitkänen on tätä selvitystyötä varten tarjonnut viidestä bio-kaasukäyttöisestä jätekeräysautostaan niiden huoltoon liittyvää dataa autojen aina ajoneuvojen käyttöönotosta alkaen. Yrityksen tarjoama biokaasukaluston on otettu käyttöön eri aikoina, joten saatu huoltodata kuvastaa hyvin eri elinkaaren vaiheissa olevien ajoneuvojen huoltotarpeita sekä näiden kehitystä. Ajoneuvoista ensimmäiset kaksi on otettu käyttöön vuoden 2018 alussa, ja niillä on syksyyn 2020 mennessä ajettu yli 80 000 kilometriä. Nämä ovat myös mittarilukemaltaan eniten käytetyt ajoneuvot. Taulukkoon 4 on koottu selvitystyöhön tarjottujen ajoneuvojen käyttöönotto- sekä matkamittaritiedot. Ajoneuvojen matkamittarilukema on luettu huoltotiedoista viimeisimmän huoltomerkinnän kohdalta ja käyttöönottopäivä on merkitty huoltosopimuksen aloituspäivän perusteella. Ajoneuvojen viimeisimmät huoltomerkinnät ajoittuvat aikavälille 28.8.2020–12.10.2020.

Taulukko 4. Remeon kaasukäyttöisten keräysautojen malli- sekä käyttötietoja.

Mercedes-Benz Econic -keräysautot			
Ajoneuvo	Auton malli	Käyttöönotto	Ajomäärä [km]
B1	1830G L	2.1.2018	88 144
B2	2630G L ENA	4.1.2018	80 888
B3	2630 L	29.11.2018	47 356
B4	2630G L ENA	5.12.2018	47 004
B5	2630G L ENA	30.8.2019	39 459

Kaluston valmistaja on Mercedes-Benz. Viidestä autosta neljä on malliltaan Mercedes-Benz Econic 2630G ja yksi Econic 1830G, joista jälkimmäinen on hieman raskaampi. Moilemmat kalustomallit käyttävät kuitenkin voimanlähteenään samaa Mercedes-Benzin kaasumootoria M 936 G. Taulukossa 5 on käytetyn moottorin teknisiä ominaisuuksia.

Taulukko 5. Mercedes-Benzin M 936 G -kaasumoottorin teknisiä ominaisuuksia. (Mercedes-Benz, 2019, s. 36).

Mercedes-Benz M 936 G	
Moottorin tyyppi	Rivimoottori
Iskutilavuus	7,7 litraa
Sylinterien lkm	6
Venttiileitä per sylinteri	4
Sylinterin halkaisija	110 mm
Iskun pituus	135 mm
Maksimiteho	222 kW
Maksimiteho	302 hv
Maksimivääntömomenti	1200 Nm

Käsiteltävistä huoltotiedoista nostetaan esiin työn tarkastelun kannalta oleellimmat seikat, joita ovat muun muassa huolloissa suoritettavat toimenpiteet sekä erilaiset kaluston moottorin toimintaan ja kaasupolttoaineeseen yhdistettävissä olevat viat. Sen sijaan kalustoon liittyvät muut huoltotoimenpiteet, kuten jarrupalojen vaihdot, jätetään huomioimatta. Selvitystyön tarkastelun kohteena ovat huoltojen sisältöjen lisäksi näiden sisältämien toimenpiteiden välillä kuluneet ajat sekä ajatut kilometrit.

4.1.1 Kaasukaluston huoltojen sisällöt

Remeon kaasukäyttöisten keräysautojen huolloista toimitetut kattavat huoltotiedot sisältävät kaikki korjaus- ja huoltokäynnit sekä niissä tehdyt toimenpiteet ja tarvittavat varaosat. Viiden eri kaasukäyttöisen kaluston huoltotiedoista nähdään hyvin, mitä tavantomaiset huoltotoimenpiteet pitävät sisällään ja millaiset huoltovälit niillä on. Lisäksi useamman eri ajoneuvon tietojen pohjalta on helppo havaita, mitkä toimenpiteet ovat olleet tavallisesta poikkeavia ja minkälaisia poikkeustapauksia kalustolla on esiintynyt.

Yleisimmät huoltotoimenpiteet ovat olleet moottoriöljyn ja tämän suodattimen, sytytystulppien sekä venttiilikoneiston kannen tiivisteen vaihdot. Näistä ensimmäinen on toteutettu autojen elinkaaren aikana muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta jokaisessa huollossa. Muita huolloissa usein toistuvia toimenpiteitä ovat muun muassa voitelutyöt, polttoainesuodattimien vaihdot sekä erilaiset komponenttitarkastukset. Taulukkoon 6 on koottu satunnaisessa järjestyksessä biokaasukaluston huoltojen yleisimpiä toimenpiteitä.

Taulukko 6. Tavanomaisesti suoritettavat huoltotoimenpiteet biokaasukäyttöisten keräysautojen huolloissa.

Yleisimmät huoltotoimenpiteet
Sytytystulppien vaihto
Moottoriöljyn ja suodattimen vaihto
Akkujen nestemäärän tarkastus, akkunesteen lisäys
Moniurahihnan tarkastus, tarvittaessa vaihto
Venttiilikoneiston kannen tiivisteen vaihto
Venttiilivälysten säätäminen
Lambdatunnistimen vaihto ennen katalysaattoria
Lambdatunnistimen vaihto katalysaattorin jälkeen
Paineilmakuivaimen raepanoksen vaihto
Voitelutyöt

Lisäksi huoltotapahtumiin on usein merkitty myös ennen varsinaisia huoltotoimenpiteitä kaasuputkien tyhjennys sekä painekaasusäiliöiden kaikkien sulkuventtiilien sulkeminen. Huoltotapahtumat sisältävät myös muita tässä työssä huomiotta jätettäviä toimenpiteitä, koska niihin liittyvät komponentit eivät ole suorassa yhteydessä käytettyyn polttoaineeseen ja jotka ovat samat myös perinteisillä polttoaineilla toimivassa kalustossa. Näitä ovat esimerkiksi jarrupalojen ja raitisilmasuodattimien vaihdot sekä vaihteistoon liittyvät huoltotoimet.

4.1.2 Kaasukaluston huoltotarve

Selvitystyöhön tarjottujen Remeon viiden biokaasukäyttöisen jätekeräysautojen huoltotiedoista ilmenee tiedot ajoneuvojen käyttöönotoista, suoritetuista huolloista, niiden sisällöistä sekä jokaiseen korjaamokäyntiin liittyvät matkamittarilukemat. Huoltotiedoista on eroteltavissa varsinaiset kaluston ylläpitoon liittyvät huollot sekä erilaisista komponenttirikoista aiheutuneet korjaustoimenpiteet.

Näiden tietojen avulla selvitystyössä arvioidaan kaluston eri huoltotoimien välejä niin aika- kuin kilometrimääräisestikin tarkasteltuna, jonka lisäksi tarkastellaan yleisimpien

komponenttien huolto- ja vaihtovälejä. Myös kaluston komponentteihin liittyviä rikkoutumisia arvioidaan varsinaisten huoltojen ulkopuolella tapahtuneiden yksittäisten korjaussuoritteiden pohjalta.

Työssä käsitellään ensin varsinaisten, useampien toimenpiteiden huoltotapahtumien välejä, jonka jälkeen arvioidaan yksittäisien komponenttien huoltokirjauksia. Näiden selvitystyössä käsiteltävien näkökulmien avulla voidaan arvioida biokaasukäyttöisen kalustoon liittyvää huollon tarvetta sekä kestävyyttä.

4.1.2.1 Huoltovälit

Taulukossa 7 on yhteenveto Remeon kaasukäyttöisten keräysautojen huoltojen lukumäärästä sekä näiden keskimääräisistä väleistä. Taulukossa esitellyiksi huoltokerroiksi on määriteltä ainoastaan huoltotiedoissa esiintyneet korjaamokäynnit, joiden toimenpiteet on erikseen merkitty huolloiksi ja jotka ovat sisältäneet useampia taulukossa 6 mainittuja huoltotoimenpiteitä. Näiden lisäksi saaduissa huoltotiedoissa on muitakin yksittäisiä korjaus- ja huoltotoimenpiteitä, joita ei ole luokiteltu tässä aluvussa käsiteltäviksi varsinaisiksi huolloiksi. Osaa näistä, esimerkiksi tiettyjä komponenttirikkoja, käsitellään selvitystyössä myöhemmin.

Taulukko 7. Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton huoltoyhteenveto.

Ajoneuvo	B1	B2	B3	B4	B5
Ajomäärä	88144 km	80888 km	47356 km	47004 km	39459 km
Käyttöönotto	2.1.2018	4.1.2018	29.11.2018	5.12.2018	30.8.2019
Huoltojen lkm	7	6	4	5	2
Huoltoväli [kk]	4,5 kk	5 kk	5 kk	4 kk	6 kk
Huoltoväli [km]	11920 km	12780 km	11770 km	9400 km	19730 km

Yrityksen viiden kaasukäyttöisten keräysauton keskimääräinen huoltoväli on noin viisi kuukautta tai noin 13100 kilometriä. Kilometriperusteisesti lasketut keskimääräiset huoltovälit on pyöristetty kymmenen kilometrin tarkkuudella, kun taas ajallisesti lasketut huoltovälit on pyöristetty puolen kuukauden tarkkuuteen.

Taulukossa esitetyistä keskimääräisistä huoltoväleistä nähdään, että kilometripohjaiset huoltojen välit vaihtelevat hyvin suuresti, jopa yli kymmenellä tuhannella kilometrillä. Sen sijaan ajallisen tarkastelun perusteella eri ajoneuvojen huoltovälien erot pienenevät oleellisesti niin yksittäisten huoltojen kuin myös keskimääräisten huoltovälienkin välillä. Remeon kaasukäyttöisen keräyskaluston huoltomäärien sekä -välien yhteenvedosta voidaan päätellä, että käytetyn kaluston huoltotapahtumien suunnittelu ja toteuttaminen määräytyy ajallisen tarkastelun perusteella enemmän kuin kilometriperusteisesti.

Aikaperusteinen huoltosuunnittelu onkin toimiva ratkaisu kalustossa, jonka suunniteltu käyttökuormitus on tasainen ja tarkasti ennakoitavissa. Esimerkiksi juuri tiettyjä reittejä viikoittain kulkevien keräysautojen ajomäärä ja käyttötaso voidaan tarkasti arvioida eteenpäin, ja huoltojen ajankohdat ja näiden sisältämät toimenpiteet voidaan suunnitella hyvissä ajoin.

Tässä työssä kaluston huollon tarvetta arvioidessa eri huoltotoimenpiteiden välejä tarkastellessa otetaan huomioon sekä ajallinen että kilometrimääräinen tarkastelu.

4.1.2.2 Moottoriöljyn vaihtoväli

Kaikkien tässä työssä käsiteltyjen kaasukäyttöisten keräysautojen yleisin huoltotoimenpide on moottoriöljyn sekä suodattimen vaihtaminen. Huoltotoimenpide on tehty muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kaikkien ajoneuvojen jokaisen huollon yhteydessä. Taulukossa 8 on esitetty käytettyjen viiden biokaasukäyttöisen jätekeräysauton moottoriöljyn ja suodattimen vaihtojen yhteenveto. Yhteenvedosta ilmenee toimenpiteen toistuvuuden ja vaihtovälien lisäksi ajoneuvon käyttöikä sekä kokonaisajomäärä vuoden 2020 syksyyn mennessä.

Taulukko 8. Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton moottoriöljyn vaihtotapahtumien yhteenveto.

Ajoneuvo	B1	B2	B3	B4	B5
Ajomäärä	88144 km	80888 km	47356 km	47004 km	39459 km
Käyttöönotto	2.1.2018	4.1.2018	29.11.2018	5.12.2018	30.8.2019
Vaihtojen lkm	6	6	4	4	2
Vaihtoväli [kk]	5 kk	5 kk	5,5 kk	5 kk	6 kk
Vaihtoväli [km]	13900	12780	11770	11750	19730

Taulukosta 8 on luettavissa kunkin ajoneuvon moottoriöljyn vaihtosuoritteiden väliset kilometrimäärät sekä aikavälit. Varsinaisten huoltotapahtumien tapaan myös öljynvaihtojen väliset kilometrimäärät vaihtelevat hyvin suuresti keskenään. Ajomatkoja tarkastellessa erot olivat autokohtaisestikin hyvin suuria, ja esimerkiksi eniten ajetun keräysauton B1 tapauksessa suurin ajomatka öljynvaihtojen välillä oli noin 23800 kilometriä ja pienin noin 6000 kilometriä.

Ajallisesti tarkasteltuna öljynvaihdot kuitenkin suoritetaan keskimäärin tasaisin väliajoin, eli noin viiden kuukauden välein. Lähes kaikki ajoneuvot pysyvät öljynvaihtoväleiltään lähellä noin viiden kuukauden keskiarvoa, ja vaihtelut tähän nähden ovat lähes poikkeuksetta noin kuukauden luokkaa. Ainoa poikkeava ajoneuvo on keräysautoista vanhin eli B1, jonka öljynvaihtovälit vaihtelevat paljon myös ajallisesti, kahdesta kuukaudesta yhdeksään kuukauteen. Keräysautojen huoltohistorioissa esiintyviä lyhyempiä öljynvaihtovälejä voidaan kuitenkin selittää toimenpiteen yksinkertaisuudella ja merkityksellä ajoneuvon moitteettoman toiminnan kannalta, eli öljyjä on voitu vaihtaa muiden toimenpiteiden ohella, vaikka sille ei välttämättä olisi suoranaista tarvetta vielä ollut.

Huoltotietojen tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että moottoriöljyn vaihtaminen määrittelee ensisijaisesti kaasukäyttöisen kaluston huoltomäärän tarpeen. Tämä voidaan perustella sillä, että huoltotapahtumat saattavat muuten erota toisistaan toimenpiteiden mukaan, mutta käytännössä näille kaikille yhteistä on moottoriöljyn ja suodattimen vaihtaminen. Öljynvaihtovälit ovat myös myöhemmin käsiteltäviin muihin toimenpiteisiin nähden ainoat, jotka toteutetaan keskimäärin tasaisin väliajoin.

Biokaasukaluston öljynkulutushäiriöt

Keräysautojen huoltotiedoista nousee kuitenkin kolmen vanhimman ajoneuvon tapauksessa esiin moottorin voiteluöljyjärjestelmään liittyvä häiriö, jonka huoltotehtäväksi merkitty kuvaus on *moottorin öljymäärän korjaus oikeaksi*. Kyseessä on todennäköisesti öljyn kulutukseen liittyvä häiriö, sillä öljyä on jokaisen merkinnän kohdalla myös lisätty. Huoltokirjauksista ilmenee myös näiden ajoneuvojen kohdalla yksittäisiä merkintöjä, joissa on mainittu ainoastaan moottoriöljylaatu. Koska nämä merkinnät esiintyvät öljymäärän häiriöiden ohella, on todennäköistä, että myös nämä öljynlisäystä koskevat merkinnät johtuvat samasta häiriöstä. Öljymäärän korjaamiseen liittyvää toimenpidettä ei juurikaan ole enää vuoden 2020 puolella merkitty, vaan suoritetta on kirjattu pääosin ajoneuvojen ensimmäisen käyttövuoden aikana paikoin hyvinkin tiheästi.

Eniten merkintöjä öljymäärän korjauksesta sekä öljyn lisäyksestä on ajoneuvolla B1, jolla vuoden 2018 aikana näitä merkintöjä on kirjattu yhteensä yhdeksän. Ensimmäinen merkintä on kirjattu, kun ajoneuvolla on ajettu noin 3900 kilometriä. Tämän merkinnän jälkeen öljymäärään liittyviä tehtäviä on kirjattu vaihtelevasti, mutta keskimäärin noin 3500 kilometrin tai alle kahden kuukauden välein. Pienin ajettu matka näiden merkintöjen välillä on ollut ainoastaan 287 kilometriä, jolloin öljymäärää on vuoden 2019 alussa korjattu 15 vuorokauden erolla. Merkintöjen määrä vuonna 2019 on kääntynyt laskuun, ja tältä vuodelta moottoriöljyn määrän korjaukseen liittyviä merkintöjä on kuusi kappaletta. Vuoden 2020 syksyyn mennessä merkintöjä on ainoastaan yksi, eli ongelmaan on oletettavasti löydetty ratkaisu.

Ajoneuvoilla B2 sekä B3 samainen ongelma on esiintynyt edellistä hieman harvemmin. B2-keräysauton kohdalla ongelma on kuitenkin ilmennyt vasta ensimmäisen käyttövuoden loppupuolella, kun ajoneuvolla on ajettu jo yli 24000 kilometriä. Tämän jälkeen ongelman esiintyvyys on kuitenkin ollut samalla tasolla kuin ajoneuvolla B1 tämän ensimmäisenä käyttövuotena, eli noin yhden ja kahden kuukauden välein. Ongelman esiintyminen on harventunut, mutta tapauksia on vuonna 2020 vuoden syksyyn mennessä ollut kolme. Näiden tapausten välillä ajoa on kertynyt noin 8300 ja 5700 kilometriä.

Vuoden 2018 lopussa käyttöön otetulla ajoneuvolla B3 kirjattuja tapauksia on viisi, ja ne kaikki ovat esiintyneet vuoden 2019 aikana, muutama kuukausi auton käyttöönoton jälkeen. Tapausten toistuvuus on noudattanut ajomäärältään pääosin samaa kaavaa kuin muidenkin ajoneuvojen.

Moottorin voiteluöljyn kulumisen vakavuudesta on huoltotietojen perusteella vaikea tehdä arvioita, sillä ongelman esiintyminen vaihtelee ajoneuvokohtaisestikin paljon. Huoltomerkinnöistä ei myöskään löydy lainkaan vian korjaamiseen yhdistettäviä toimenpiteitä. Vaikka ongelmaa on pääosin kirjattu muutamien tuhansien ajokilometrien välein, niiden ohessa esiintyy tapauksia, jolloin ongelman esiintyvyyden välillä on lähes kymmentuhatta kilometriä. On kuitenkin mahdollista, että keräysautojen kuljettajat ovat paikoin itse lisäilleet ajoneuvoihin öljyä tarvittaessa, kun öljyn määrä on laskenut. Tapaukset kuitenkin ovat selvästi vähentyneet vuoden 2020 syksyyn mennessä, eli ongelmiin on mitä todennäköisemmin löydetty jonkinlainen ratkaisu. Ongelmaa ei myöskään ole todettu kahdella uusimmalla ajoneuvolla, kun niillä on ajettu yli 39000 sekä 47000 kilometriä.

Öljynkulutusongelmasta huolimatta ajoneuvojen öljynvaihtovälit ovat tasaiset, eikä huoltotietojen perusteella ole havaittavissa ongelman vaikuttamisesta öljynvaihtoväleihin tai -tarpeisiin.

4.1.2.3 Sytytystulppien vaihtoväli

Toiseksi yleisin biokaasukäyttöisen kaluston huoltotoimenpide on ollut sytytystulppien vaihto, joka on selvitystyöhön tarjottujen ajoneuvojen tapauksessa suoritettu keskimäärin useammin kuin kahdessa kolmesta huollosta. Kipinäsytytteisessä moottorissa sytytystulpat ovatkin yksi nopeimmin kuluvista komponenteista, jotka öljynvaihtojen mukaan määrittävät osaltaan kaluston huoltokertojen tarvetta. Taulukkoon 9 on koottu yhteenveto viiden biokaasukäyttöisen keräysauton sytytystulppien vaihtotoimenpiteistä niiden elinkaaren ajalta vuoden 2020 syksyyn mennessä.

Taulukko 9. Jätelogistiikkayhtiö Remeon viiden biokaasukäyttöisen keräysauton sytytystulppien vaihtotapahtumien yhteenveto.

Ajoneuvo	B1	B2	B3	B4	B5
Ajomäärä	88144 km	80888 km	47356 km	47004 km	39459 km
Käyttöönotto	2.1.2018	4.1.2018	29.11.2018	5.12.2018	30.8.2019
Vaihtojen lkm	3	4	4	3	2
Vaihtoväli [kk]	10 kk	7,5 kk	5 kk	7 kk	6 kk
Vaihtoväli [km]	27810	19170	11770	15670	19730

Taulukosta 9 nähdään, että kaluston sytytystulppien vaihtovälit ovat sekä kilometrimääräisesti että myös ajallisestikin hyvin erimittaisia. Tämä poikkeaa edellä esitetystä huoltojen sekä öljynvaihtojen keskimääräisistä suoritusväleistä, jotka olivat ajallisesti tarkasteltuna hyvin saman tasoisia.

Taulukosta 9 nousee esiin erityisesti ajoneuvo B1, jonka huoltomerkintöjen mukaan sytytystulpat on tämän lähes kolmen vuoden elinkaaren aikana vaihdettu ainoastaan kolme kertaa. Ajoneuvon huoltotiedoista ilmenee myös, että ensimmäisen ja toisen tulppien vaihtosuorituksen välillä on yli 15 kuukautta ja lähes 43000 ajettua kilometriä. Koska ajoneuvoista on tehty erillinen huoltosopimus ja tulppien vaihtovälin aikana on tehty muita huoltoja, ei myöskään ole oletettavissa, että sytytystulppia olisi vaihdettu varsin naisten huoltojen ulkopuolella. On kuitenkin myös mahdollista, että toimenpide on jäänyt jonkin huollon yhteydessä kirjaamatta. Huoltotietoihin nojaten kalustossa käytetyt sytytystulpat ovat kuitenkin äärimmilleen vietyinä erittäin pitkäaikaisia ja kestäviä, vaikkakin neljän muun ajoneuvojen keskimääräinen tulppien vaihtoväli on noin 16500 kilometriä. Tasaisiin öljynvaihtoväleihin nähden sytytystulppien vaihtotoimenpiteet suoritetaan joka tapauksessa selvästi epätasaisemmin.

Komponentin tärkeästä roolista sekä pitkistä vaihtoväleistä huolimatta kaluston huoltotiedoissa ei ole havaittavissa, että kuluneet tai vikaantuneet sytytystulpat olisivat aiheuttaneet kalustolle moottorin sytytykseen liittyviä toimintahäiriöitä. Sytytystulppien hajanaisista vaihtoväleistä voidaankin todeta, että vaihtotoimenpiteen suorittamistarve on hyvin joustava. Näin ollen toimenpiteen ei katsota määrittävän kaluston huollon tarvetta,

vaan sytytystulppien vaihto voidaan suorittaa pääsääntöisesti muiden huoltosuoritteiden ohella. Ajoneuvon B1 pitkien vaihtovälien perusteella voidaan olettaa, että käytetyt sytytystulpat ovat erityisen pitkäaikaisia, mutta näitä on kaluston toiminnan varmistamiseksi muiden ajoneuvojen kohdalla vaihdettu useammin kuin niiden käyttöikä velvoittaisi.

4.1.2.4 Muut huolloissa toistuvat toimenpiteet

Kaluston huoltotapahtumissa toistuu myös useita muita toimenpiteitä, mutta joita on suoritettu edellisiä hieman harvemmin. Näistä yleisimpiä ovat venttiilikoneiston kannen tiivisteiden vaihto sekä usein tämän yhteydessä venttiilivälysten säätö, voitelutyöt, lambdatunnistimien vaihdot sekä paineilmakuivaimen raepanoksen vaihto. Näiden huoltotoimenpiteiden esiintyvyyden yhteenveto sekä biokaasukaluston elinkaaren sen astiset huoltolukumäärät syksyyn 2020 mennessä on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Biokaasukaluston muita yleisiä huoltotoimenpiteitä.

Ajoneuvo	B1	B2	B3	B4	B5
Huollot yhteensä	7	6	4	5	2
Venttiilik. tiivisteiden vaihto	3	5	4	3	0
Venttiilien säätö	3	5	4	3	2
Voitelutyöt	2	3	4	4	0
Paineilmakuivaimen raepanos	2	3	3	2	0
Lambdatunnistimien vaihto	2	2	2	3	0

Taulukossa on numeroin kuvattu kerrat, joina mainittu toimenpide on huoltojen yhteydessä tehty. Osa toimenpiteistä on tietyissä ajoneuvoissa tehty jokaisen huollon kohdalla, kun taas osassa ajoneuvoista sama huoltosuorite on toteutettu harvemmin kuin joka toisessa tai kolmannessa. Esimerkiksi venttiilikoneiston kannen tiiviste ja venttiilivälysten säätäminen on suoritettu ajoneuvon B3 jokaisessa huollossa, kun taas vanhimman ajoneuvon kohdalla nämä toimenpiteet on suoritettu harvemmin kuin joka toisessa huoli-

matta siitä, että tällä on mittarissaan lähes kaksinkertainen ajomäärä. Taulukon toimenpiteet ovat kuitenkin pitkälti tavanomaisia kaluston toimintakykyä ylläpitäviä huoltotehtäviä, ja niihin liittyvien komponenttien kuntoa ja vaihtotarpeita seurataan huoltojen ohessa.

4.1.2.5 Huoltotapahtumien poikkeavuudet

Ajoneuvojen käyttöhistoriaan sisältyy luonnollisesti myös tavanomaisesta poikkeavia huolto- ja korjaustarpeita, joihin on paikoin mahdoton varautua etukäteen. Remeon tarjoamien huoltotietojen kattamassa biokaasukalustossa huoltotapahtumissa suoritettavat poikkeavat toimenpiteet ovat tästä huolimatta pitkälti tavanomaisia, ja ne pitävät sisällään lähinnä eri suodattimien tai yksittäisten komponenttien vaihtoja. Taulukossa 11 on esitetty kooste kaluston huolloissa esiintyneistä toimenpiteistä, joita on esiintynyt osassa ajoneuvoista ainoastaan kerran, mutta jotka ovat työn näkökulmasta kiinnostusta herättäviä.

Taulukko 11. Biokaasukaluston tavallisesta poikkeavia huoltotoimenpiteitä.

Ajoneuvo	Ajomäärä	Kuvaus toimenpiteestä
B1	66726 km	Kaasujärjestelmän kaasusuodattimen irrotus ja asennus
B3	26317 km	Kaasujärjestelmän kaasusuodattimen vaihto
	47083 km	Pakokaasulaitteiston kunnan ja tiiviiden tarkastus
	47083 km	Esikatalysaattorin tarkistus ja vaihto
	47083 km	EGR-tarkastus, EGR-jäähdyttimen irrotus ja asennus
B4	47004 km	Pakokaasulaitteiston kunnan ja tiiviiden tarkastus
	47004 km	Pakoputken kunnan ja tiiviiden tarkastus
B5	20686 km	Moniurahihnan vaihto
	39459 km	Korkeapainesuodattimen vaihto

Taulukosta nähdään, että harvemmin huolloissa tehtävät komponenttihuollot ja -vaihdot ovat monimuotoisia ja niitä on ilmentynyt kalustossa vasta useiden kymmenen tuhansien ajokilometrien kohdilla. Taulukossa toistuvat elementit liittyvät pakokaasujärjestelmän komponenttien huoltamiseen sekä kaasujärjestelmän suodatinten vaihtamisiin, joita kuitenkin yksittäisissä ajoneuvoissa esiintyy vain kertaalleen.

Kaikille ajoneuvoille on täysin normaalia, että ne kohtaavat elinkaarensa aikana mahdollisesti yllättävienkin komponenttien kohdalla huolto- tai vaihtotarpeita. Taulukossa esitetyistä poikkeavista toimenpiteistä ei kuitenkaan ole havaittavissa ajoneuvojen välistä jatkuvuutta esimerkiksi yllättävistä komponenttien huoltotarpeista.

4.1.3 Kaasukaluston vikatapaukset

Biokaasukaluston huoltotietoihin on kirjattu myös kaikki muut korjaustoimenpiteet, jotka on toteutettu varsinaisten huoltojen ulkopuolella. Osa näistä huoltomerkinnöistä on suoraan luettavissa komponenttien rikkoutumisina, ja osa on vaatinut jopa ajoneuvon hinausta tai mekaanikon käynnin rikkoutumispaikalla.

Huoltojen ulkopuoliset toimenpiteet erottuvat komponenttien vikoina tai rikkoutumisina siten, että näiden kirjaukset huoltotiedoissa usein sisältävät eri tarkastus- ja testaustoimenpiteitä sekä jonkin komponentin vaihto- tai huoltosuoritteen. Taulukossa 12 on kootuna biokaasukäyttöisen kaluston huoltotiedoissa esiintyneet poikkeustapaukset, jotka ovat luettavissa kaluston joidenkin komponenttien toimintahäiriöinä tai rikkoutumisina.

Taulukkoon 12 on kirjattu ainoastaan vikatapauksen todellinen syy, vaikka huoltotiedoissa näiden oheen olisikin kirjattu myös muita tarkastus- tai huoltosuorituksia. Vian aiheuttanut komponentti tai tarvittu korjaussuorite on huoltotiedoista selkeästi havaittavissa. Huoltojen ulkopuolella tehtyjä voiteluöljyjen tai muiden nesteiden lisäyksiä ei taulukkoon ole kirjattu. Taulukkoon ei ole kirjattu myöskään hinausta vaatineita kaluston rikkoutumisia, vaan näitä käsitellään alaluvussa 4.1.4.

Taulukko 12. Biokaasukäyttöisen jätekeräyskaluston huoltotapahtumien ulkopuolella suoritettuja huolto- ja korjausmerkintöjä.

Ajoneuvo	Päivämäärä	Ajomäärä	Korjaussuorite
B1	28.1.2019	33008	Johtosarjatarkastus
	5.2.2020	68431	Jäähdytysjärjestelmän tasoanturin vaihto
	21.4.2020	75343	Elektronisen tasonsäädön liikematkatunnistimen vaihto
	20.5.2020	77355	Pakokaasun jälkikäsittely-yksikön sekä pako-putken vaihto
B2	24.7.2020	76683	Jäähdytysjärjestelmän tasoanturin vaihto
	13.8.2020	77559	Johtosarjatarkastus
	23.9.2020	76718	Automaattivaihteiston johtosarjan kunnostus
	8.10.2020	80888	Käsivaihteiston toiminnan tarkastus
B3	30.4.2020	37948	Venttiilikoneiston kannen tiivisteiden vaihto
B4	9.3.2020	36374	Venttiilikoneiston kannen tiivisteiden vaihto

Suurin osa taulukossa 12 esitetyistä poikkeustapauksista ja vioista on suoraviivaisia ja niistä ilmenee suoraan varsinainen vioittunut komponentti. Huoltotiedoista on myös useimmiten luettavissa vian ilmeneminen. Esimerkiksi venttiilikoneiston kannen tiivisteiden vaihdolla on korjattu moottorin öljyvuoto kahden ajoneuvon tapauksessa ja pako-putken sekä pakokaasun jälkikäsittely-yksikön viat on havaittu ajoneuvosta kuuluneiden häiriöäänien johdosta.

Sen sijaan ajoneuvojen sähköisten järjestelmien vioista ja niiden korjausmenetelmistä ei monessa tapauksessa ole tarkempia merkintöjä. Monet näistä ovat kuitenkin sisältäneet mekaanikon tekemän pikatestin suorittamisen tai johtosarjatarkastuksen, jolla mahdollinen vikatilanne on paikannettu tai korjattu. Taulukossa on myös useampi tapaus, jossa jokin ajoneuvon antureista tai tunnistimista on vaihdettu. Todennäköisimmin nämä tapaukset ovat ilmenneet jonakin kuljettajan käyttöliittymän häiriönä, esimerkiksi mittaritaulun tavallisesta poikkeavana lukemana tai vilkkuvana varoitusvalona.

Taulukossa 12 ei kuitenkaan esiinny vakavia tai toistuvia komponenttien rikkoutumisia, vaan luetellut viat ovat olleet pahimmillaan öljyvuotoja tai pakoputken ja pakokaasujen jälkikäsitelyjärjestelmän häiriöitä. Useimmin esiintyvät viat ovat olleet ajoneuvojen sähköisten komponenttien häiriöitä, lähinnä anturien tai tunnistimien vikaantumisia.

Varsinaisia vikoja on kuitenkin kauttaaltaan melko vähän ja niissä ei esiinny toistuvia piirteitä, vaikka kaluston huoltodata kattaa yhteensä yli 300 000 ajokilometrin elinkaaren. Erialaisten vikojen ilmeneminen on siis saatu minimoitua, eli kaluston huoltosuunnitelmien ja huoltotoimenpiteiden suorittamisten voidaan todeta toimivan kuten kuuluukin.

4.1.4 Kaasukaluston rikkoutumistapaukset

Hinausta vaativia rikkoutumisia on sattunut useimmille biokaasukaluston ajoneuvoille. Huoltotietoihin ei ole kuitenkaan suoraan eritelty rikkoutumisen tai hinaustarpeen syytä, mutta useimmissa tapauksissa hinauksen kanssa samaan korjaamokäyntiin on kirjattu joko uusi komponentti tai tämän asennussuorite. Näiden pohjalta on päätelty hinaustarpeen johtuneen ajoneuvon ajon estävästä rikkoutumisesta, ja rikkoutumisen syy kyseisen hinaussuoritteen oheen kirjatun komponentin maininnasta. Taulukkoon 13 on kerätty kaikki kaluston huoltotietoihin kirjatut tapaukset, joissa on mainittu ajoneuvon hinnaus sekä rikkoutumiseen liittyvä komponentti.

Taulukko 13. Biokaasukäyttöisten jätekeräysautojen hinausta vaatineet rikkoutumiset sekä tämän aiheuttaneet komponentit.

Ajoneuvo	Päivämäärä	Ajomäärä	Komponentti
B1	3.1.2019	31627	Nivelakseli
	10.7.2019	49090	Moniurahihna
	4.1.2020	65229	Nivelakseli
B2	5.11.2019	55013	Nivelakseli
	29.7.2020	76718	Moottorijarrun magneettiventtiili
B3	28.9.2020	47355	Nivelakseli
	12.10.2020	47356	Moniurahihna
B4	22.5.2020	41829	Ei mainintaa

Taulukosta nähdään, että eri ajoneuvojen hinaustarpeet ovat aiheutuneet pääosin samojen voimansiirtokomponenttien rikkoutumisista. Taulukon ainoat poikkeustapaukset ovat ajoneuvon B2 moottorijarrun magneettiventtiilin häiriö sekä B4-keräysauton tapaus, jonka oheen ei ole kirjattu lainkaan mainintaa mahdollisesti rikkoutuneesta komponentista tai asennustehtävistä. Ajoneuvon B2 hinauksen oheen merkitty korjaustoimenpide on moottorijarrun magneettiventtiilin vaiheen 1 vaihtaminen moottori- sekä johtosarjatarjastuksen ja pikatestin suorittamisen jälkeen.

Yleisimmät ajoneuvojen rikkoutumisen aiheuttaneet komponentit ovat kuitenkin olleet joko moniurahihna tai kardaani- eli nivelakseli. Vaikka moniurahihna ei nivelakselista poiketen ole varsinaisesti voimansiirtoon käytettävä komponentti, sen rikkoutuminen tekee kuitenkin ajoneuvosta käytännössä ajokelvottoman hihnan ohjatesa suurta osaa moottorin ja ajoneuvon apulaitteistosta.

Moniurahihnan rikkoutumisia on kirjattu kahdelle ajoneuville, joiden ajomäärät rikkoutumisen sattuessa olivat saman tasoiset: noin 49000 ja 47000 kilometriä. Moniurahihnojen rikkoutumisista tekee poikkeuksellista se, että useimpiin kaluston huoltotapahtumiin on kirjattu moniurahihnan kunnan tarkastaminen. Huoltotapahtumia tarkastellessa kuitenkin ilmenee, että koko kalustolla moniurahihnan ensimmäinen tarkastus huoltojen osana on tehty ajoneuville B3 vasta huhtikuussa 2019, jonka jälkeen tarkastusta on suoritettu lähes jokaisessa huollossa. Ajoneuvon B1 kohdalla moniurahihnan tarkastusta ei siis huoltomerkintöjen mukaan oltu vielä otettu käyttöön ennen hihnan rikkoutumista, tai siitä ei oltu vielä aloitettu pitämään kirjaa.

Sen sijaan keräysauton B3 kohdalla yllättävää on, että huoltotietoihin on kirjattu moniurahihnan tarkastus huollon yhteydessä juuri ennen tämän rikkoutumista. Tarkastuksen ja rikkoutumisen välillä on ainoastaan alle 300 kilometrin ajomäärä. Taulukosta 13 myös huomataan, että kahden hinauskerran välillä on kahden viikon aikaerosta huolimatta ainoastaan yhden kilometrin ajomäärä. Huoltotietojen perusteella ajoneuvosta on siis ensin rikkoutunut nivelakseli, jonka jälkeen välittömästi huollon jälkeen ajoneuvon

moniurahihna on niin ikään rikkoutunut. Ajoneuvon kohtaama epäonninen tapahtumasarja, ottaen huomioon suoritettun moniurahihnan tarkastuksen sekä rikkoutumisten väliset ajomäärät, vaikuttaa poikkeukselliselta mutta on kuitenkin täysin mahdollinen.

Taulukosta 13 ei kuitenkaan ole havaittavissa varsinaisia käytettyyn kaasumaiseen polttoaineeseen tai moottoriin liittyviä häiriöitä, vaan viat ovat pääasiassa voimansiirtoon liittyvien mekaanisten komponenttien kulumisesta aiheutuvia rikkoutumisia. Näistä molemmat komponentit ovat ajoneuvon käytön kannalta oleellisia, ja moniurahihnan kulumista myös tarkkaillaan huoltojen yhteydessä. Tarkastukset tai mahdollisesti vain niiden kirjaamiset on kuitenkin aloitettu vasta yli vuoden ensimmäisten kaasujoneuvojen hankkimisen jälkeen, ja ensimmäisessä rikkoutumistapauksessa hihnan kuntoa ei ole merkitysti tarkastettu lainkaan ajoneuvon elinkaaren aikana. Toisen rikkoutumisen tapauksessa tarkastus on huoltomerkinnästä huolimatta jäänyt joko tekemättä tai tehty vajavaisesti. Ajoneuvon käytön estävät moniurahihnan rikkoutumiset on kuitenkin estetävissä huolloissa tehtävissä tarkastuksissa, vaikkakin ajoneuvon B3 tapauksessa tältä ei tarkastuksista huolimatta vältytty. Kardaani- eli nivelakseli sen sijaan ei ole varsinainen ajoneuvon kuluva osa, vaikkakin komponentin kohtaama rasitus on hyvin suurta. Akselin rikkoutumiset ovat mahdollisia esimerkiksi käytettyjen materiaalien tai akselin liitosten heikon laadun vuoksi.

4.2 Scania Citywide -kaupunkibussit

Vaasan kaupungin tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius Suomen ensimmäisenä kaupunkina, ja osana tätä tavoitetta kaupunki aloitti alkuvuodesta 2017 liikennöinnin kahdellatoista biokaasukäyttöisellä kaupunkibussilla. Bussien käyttämä biokaasu tuotetaan paikallisesti alueella toimivalla Stormossenin jätteenkäsittelylaitoksella, jonka yhteyteen on sijoitettu biokaasun jalostuslaitos, bussien varikko sekä hidas- ja nopeatankkaus- asema. Biokaasun raaka-aineena hyödynnetään alueelta kerättyä biojätettä sekä jätevesilietettä, ja raaka-ainekapasiteetti kykenee tuottamaan biokaasua kaupunkibussien vuodessa kuluttaman määrän lisäksi yli tuhannelle henkilöautolle. (Scania, 2017b.)

Vaasan kaupunki hankki Scanian valmistamat biokaasubussit korvaamaan puolet 24:stä dieselbussistaan ja määrittä biokaasubussit toimimaan vilkkaimmin liikennöidyillä reiteillä. Vaasan kaupunki teki biokaasubusseja liikennöivän Wasa Citybusin kanssa kaasubussien liikennöimisestä sopimuksen, jossa liikenteenharjoittaja sitoutuu liikennöimään kaasubusseja 700 000 vuosittaisen linjakilometrin edestä. Sopimuksen mukainen ajo-suorite pohjautuu Stormossenin laitoksen tuottaman biokaasun minimimäärän kuluttamiseksi, ja kaupunki on myös sitoutunut hankkimaan liikennemetaania yritykseltä vähintään tämän verran. Lisäksi Vaasan kaupunki solmi bussien valmistajan kanssa kymmenen vuoden täyshuoltosopimuksen, joka edellyttää kunkin biokaasubussin vuosittaisen ajo-suoritteiden olevan vähintään 65 000 linjakilometriä. Täyshuoltosopimus sisältää huoltojen toteutuksen lisäksi kaikki varaosat ja komponenttirikkojen korjauskulut. (Hällilä, 2017; Puikkonen, 2017.)

Kaasubussien valmistajan kanssa tehtiin myös vuoden kestävä sopimus kuljettajien kestävän ajon koulutuksesta, joka piti sisällään sekä taloudellisen että turvallisen ajamisen koulutusta. Kuljettajavalmennuksen tarkoituksena on parantaa asiakkaiden matkustusmukavuutta sekä pienentää polttoaineenkulutusta ja lisätä kaluston kestävyttä. Myös onnettomuusriskiä pyritään ennakoivan ajon koulutuksen avulla pienentämään. (Scania, 2020a.)

Vaasan kaupungin liikennesuunnittelupäällikkö Pertti Hällilä on tätä selvitystyötä varten toimittanut kaasubussien huoltoon liittyvää dataa vuosilta 2018 sekä 2019. Toimitetuista huoltotiedoista on luettavissa muun muassa bussikohtaisten huoltojen sekä vikakorjausten ajankohdat sekä ajovuorojen määrä, jonka huolto- tai korjaustoimet ovat vieneet ja jolloin biokaasubusseja on jouduttu pitämään poissa liikenteestä. Kuvassa 3 on Vaasan kaupungin kaksiakselinen biokaasubussi kuvattuna Vaasan torilla.



Kuva 3. Vaasan kaupungin kaksiakselinen Scania Citywide -lähiliikennebussi (Lehtimäki, 2017).

Kahdestatoista biokaasubussista kaksi on kolmeakselisia telibusseja ja loput kymmenen ovat kaksiakselisia. Kolmeakseliset bussit sisältävät yhteensä 116 paikkaa ja kaksiakseliset 75. Bussien polttoainesäilöt on sijoitettu autojen katoille, jossa yhteensä 1280 litraa polttoainekaasua säilötään neljään eri kaasutankkiin. Bussien voimanlähteenä toimii Scanian 9-litrainen kipinäsytytteinen kaasumoottori, joka tuottaa 280 hevosvoimaa. (Scania, 2017b.) Taulukossa 14 on esitettyä moottorin teknisiä ominaisuuksia.

Taulukko 14. Scanian OC09-kaasumootorin teknisiä ominaisuuksia (Scania, 2018).

Scania OC09 104	
Mootorin tyyppi	Rivimootori
Iskutilavuus	9,3 litraa
Sylinterien lkm	5
Venttiileitä per sylinteri	4
Sylinterin halkaisija	130 mm
Iskun pituus	140 mm
Puristussuhde	12,6:1
Maksimiteho	206 kW
Maksimiteho	280 hv
Maksimivääntömometti	1360 Nm

Tämän selvitystyön tarkoituksena on keskittyä kaasukaluston huollon tarpeen sekä keskeytyksen arvioimiseen. Tämän johdosta huoltotiedoissa keskitytään arvioimaan bussien huoltotapahtumien esiintyvyyttä sekä erityisesti moottoriin ja polttoainejärjestelmään liittyviä vikoja. Vaasan kaupungin tarjoamien biokaasubussien huoltotiedoista ei kuitenkaan ilmene varsinaisten huoltotapahtumien sisältöjä, joten saatujen tietojen pohjalta työssä keskitytään kaluston kohtaamien vika- ja rikkoutumistilanteiden käsittelyyn. Saatujen tietojen pohjalta voidaan kuitenkin tehdä laskelmat bussien huoltoväleistä.

4.2.1 Kaasubussien huoltaminen

Suurin yksittäinen syy bussien poissaoloon omilta liikennöintivuoroiltaan on ollut niiden huoltamiset. Esimerkiksi vuonna 2018 bussien huollot kattoivat 34 % kaikista tapauksista, jolloin bussia ei oltu voitu käyttää liikenteessä. Vuonna 2019 osuus oli noin 38 %.

Jotta huoltojen aiheuttamat häiriöt bussien liikennöintiin saataisiin minimoitua, suoritetaan niiden huoltoja hajautetusti ja hieman eri tahdissa toisiinsa nähden. Tämä on huomattavissa, kun tarkastellaan huoltokertojen esiintymistä vuoden 2018 aikana. Tämän yksittäisen vuoden aikana eri ajoneuvojen väliset huoltovälit ja huoltojen lukumäärät vaihtelevat suuresti, vaikka niiden ajomatkat ovatkin samaa luokkaa. Tästä johtuen biokaasubussien huollon tarvetta sekä huoltovälejä ei voida arvioida vain yhden kalenterivuoden ajalta, vaan tarkastelujakson on oltava pidempi. Näin ollen tässä selvitystyössä

huoltokertojen lukumäärää sekä näiden pohjalta laskettavia keskimääräisiä huoltovälejä analysoidaan annettujen kahden kalenterivuoden ajalta, vuosilta 2018 sekä 2019.

Taulukossa 15 on esitetty kaasubussien vuosien 2018 sekä 2019 yhteensä ajama matka, bussien kokonaisajomatkat vuoden 2019 jälkeen sekä toteutettujen huoltojen lukumäärät tältä ajalta. Näiden pohjalta on laskettu keskimääräinen huoltoväli kilometreinä. Kuu-kausiperusteisten huoltovälien taulukossa esitetty keskiarvo on laskettu huoltotietoihin merkittyjen huoltojen toteutuspäivämäärien välillä kuluneiden aikojen perusteella. Bussit on yksilöity nimillä A1–A12, joista A1 ja A2 ovat kolmeakselisiä ja bussit A3–A12 kaksiakselisiä.

Taulukko 15. Biokaasubussien vuosien 2018 ja 2019 yhteisajomäärät, kokonaisajomatkat, huoltotapahtumien lukumäärät sekä keskimääräiset huoltovälit.

Ajoneuvo	Ajomatka	Matkamittari	Huoltojen lkm	Huoltoväli [km]	Huoltoväli [kk]
A1	149077	192682	6	24846	2,5
A2	147500	201437	6	24583	4,5
A3	137249	198320	7	19607	3,5
A4	156939	219734	5	31388	4
A5	146518	213847	9	16280	3
A6	152092	205051	7	21727	3,5
A7	131571	185272	6	21929	4,5
A8	144913	205272	8	18114	3
A9	149578	214086	7	21368	3,5
A10	149375	212195	7	21339	3,5
A11	154972	212507	8	19372	3
A12	156145	219924	7	22306	3,5
Keskiarvo	147994	206694	6,92	21905	3,5

Kahden vuoden ajalta huoltotietoja tarkastellessa keskimääräiset huoltomäärät sekä huoltovälit ovat paljon yksittäistä tarkasteluvuotta tasaisemmat. Esimerkiksi pelkkää

vuotta 2018 tarkastellessa keskimääräinen huoltoväli ajoneuvoille vaihteli kahdesta kahdeksaan kuukautta. Kahdelle vuodelle jaettuna vuosittainen huoltokertojen lukumäärä oli reilu kolme vuodessa, eli noin kolmen ja puolen kuukauden väliajoin.

Huoltovälejä arvioidessa on kuitenkin otettava huomioon tarkastelujakson alkamisen sijoittuminen vasta bussien käyttöönotosta seuraavalle vuodelle, eikä bussien elinkaaren alkuun. Näin ollen saatujen tietojen perusteella tehdyt arviot bussien huoltotarpeista eivät ole täysin tarkat johtuen eri bussien huoltojen hajauttamisesta.

Huoltojen hajauttamisella on oletettavasti vaikutusta taulukossa esitettyihin arvioihin, sillä esimerkiksi mahdollisesti vuoden 2017 lopulla suoritettujen huoltojen siirtäminen ajoneuvojen huoltotarvetta myöhemmälle vuodelle 2018 sekä vuoden 2019 puolelle. Esimerkiksi bussin A1 tapauksessa tarkastelujakson ensimmäinen huolto on toteutettu vasta lokakuussa 2018, jolloin tämän edellisestä huollosta on kulunut vähintään yli 10 kuukautta. Tätä ja muita vastaavanlaisia huoltovälejä ei ole voitu ottaa huomioon taulukon 15 arvioissa, koska vuoden 2017 huoltotietoja ei ole ollut käytettävissä. Osa kaasubusseista taas on huollettu heti tammikuussa 2018, jolloin näiden kohdalla tarkastelujaksolle on osunut enemmän huoltokertoja. Vaikka vuoden 2017 huoltotietojen avulla huoltoväleistä ja huollon tarpeesta olisi saatu vakaampi tulos, on taulukossa 15 esitetyt bussikohtaiset huoltovälit ajallisesti tarkasteltuna melko lähellä toisiaan. Erot keskiarvoon nähden ovat suurimmillaan vain kuukauden.

Kalustojen huollot ovat pääasiassa hyvissä ajoin ennalta suunniteltuja, ja toisin kuin yllättäviin rikkoutumisiin, niihin voidaan tehokkaasti varautua. Näin ollen bussien suunniteltujen huoltojen tulisikin olla niiden suurin liikenteestä poissapitäjä.

4.2.2 Vuoden 2018 vikatapaukset

Vuosi 2018 oli ensimmäinen täysimittainen biokaasubussien käyttövuosi, ja tältä ajalta on aloitettu keräämään dataa liittyen bussien poissaoloihin liikenteestä. Biokaasubussien liikennöinnin estäviä syitä oli ensisijaisesti huolto- ja korjaustarpeet, mutta näiden lisäksi ajoa estäneitä syitä on ollut muun muassa polttoaineen puute sekä bussien esitetyt erilaisissa markkinointitapahtumissa. Eniten biokaasubussien liikennekäyttöä ovat

estäneet kuitenkin erilaiset huolto- ja korjaustoimet, joiden syyt vaihtelevat perushuolloista aina moottorin toimintahäiriöihin sekä matkustamon kalusteiden kiinnityksiin.

Taulukossa 16 on esitetty yhteenveto Vaasan kaupungin kahdentoista biokaasubussin liikennöintivuorojen menetyksistä vuoden 2018 aikana. Taulukkoon on lueteltu kaikki esiintyneet syyt, jotka ovat vuoden aikana estäneet bussien käytön normaalilla liikennöintivuorollaan. Alkuperäiseen taulukkoon on kirjattu kunkin vikatyypin esiintyvyys sekä vuorokausien lukumäärä, jonka bussi on korjaustarpeesta johtuen ollut poissa käytöstä. Taulukko on alun perin koottu seuraamaan biokaasubussien korvaamiseen käytettyjen sijaisautojen tarvetta ja näiden kustannuksia.

Alkuperäisessä taulukossa esiintyvät luvut eivät kuitenkaan suoraan kuvastaneet vikojen esiintyvyyttä, vaan ajovuorojen lukumäärää, jolloin biokaasubussi on jouduttu korvaamaan vaihtoehtoisella kalustolla. Monissa tapauksissa yksittäinen vika on aiheuttanut ajoneuvolle useiden vuorokausien poissaolon liikenteestä, joten tästä johtuen alkupeleistä taulukkoa on muunnettu kuvaamaan paremmin erillisten vikatapausten esiintyvyyttä. Saatujen huoltotietojen sekä alkuperäisen vikayhteenvedon pohjalta taulukko on koottu uudestaan siten, että peräkkäisille tai lähellä toisiaan oleville päiville merkityt samat vikatilanteiden kuvaukset on laskettu yksittäiseksi viaksi tarkemman yleiskuvan saamiseksi.

Taulukosta 16 on bussikohtaisesti luettavissa kaikkien kaluston kohtaamien vikojen esiintymiset. Taulukossa on myös eri värein korostettu tässä työssä erityisesti kiinnostavia seikkoja. Työn tarkastelussa kiinnostus kohdistuu varsinaisiin huoltotapahtumiin, kaasun saantiin sekä moottoritekniisiin näkökulmiin. Eri värein korostettuja kokonaisuuksia käsitellään selvitystyössä seuraavaksi.

Taulukko 16. Vaasan biokaasukäyttöisten kaupunkibussien huolto- ja vikamerkinnot sekä niiden esiintymiset vuoden 2018 aikana.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12		
Kaupungin markkinointiajaja			1			1							2	2,0 %
Huolto	2	2	2	2	3	3	3	4	3	4	3	3	34	34,0 %
Ei kaasua		1	1		2			2				1	7	7,0 %
Moottorin toimintahäiriö		2											2	2,0 %
EGR-venttiili		2	1	1		1	1				1		7	7,0 %
Turbon imuputki					1								1	1,0 %
Kaasun ohjausyksikkö						1						1	2	2,0 %
Vaihdelaatikko		1					1						2	2,0 %
Jarrupalat		1			1		1	1	1			1	6	6,0 %
Ilmatyynyvika	1	1	1			1	1		1			1	7	7,0 %
Autom. sensori							1						1	1,0 %
Käsijarru							1						1	1,0 %
Telin vikailmoitus	1												1	1,0 %
Tasapainoakseli											1		1	1,0 %
Vesivuoto		1			1								2	2,0 %
Vesisäiliö												1	1	1,0 %
Ovivika		1	2									2	5	5,0 %
Ilmaisinvika									1	1			2	2,0 %
Ilmavuoto	1		1								1	1	4	4,0 %
Lämmityslaittevika				1		1					1	1	4	4,0 %
Ilmastointi					1		1	1					3	3,0 %
Sisäkaluste vika					2				1	1			4	4,0 %
Linjakilven lasi					1								1	1,0 %
	5	12	9	4	12	8	10	8	7	6	7	12	100	
	5,0%	12,0%	9,0%	4,0%	12,0%	8,0%	10,0%	8,0%	7,0%	6,0%	7,0%	12,0%		

4.2.2.1 Polttoainekaasun puutteet

Huoltotiedoista ilmenee, että tyypillisesti kaasun puutetta on esiintynyt useampia tapauksia pienen aikavälin aikana, mutta myös yksittäisiä tapauksia on esiintynyt. Taulukossa 17 on esitetty vuonna 2018 esiintyneet polttoainekaasun puutteen esiintymiset sekä niihin liittyvät tapahtumakuvaukset aikajärjestyksessä.

Taulukko 17. Biokaasun puutteesta aiheutuneet korvaavan kaluston käyttötarpeet vuoden 2018 aikana.

Ajankohta		Bussi	Kuvaus
Helmikuu	7.2.	A8	Kaasu ei toimi
Helmikuu	12.2.	A3	Kaasu ei toimi
Helmikuu	15.2.	A3	Kaasu ei toimi
Helmikuu	16.2.	A3	Kaasu ei toimi
Maaliskuu	15.3.	A2	Kaasua ei tullut
Maaliskuu	15.3.	A5	Kaasua ei tullut
Maaliskuu	15.3.	A8	Kaasua ei tullut
Syyskuu	25.9.	A6	Ei tankkoutunut yöllä eikä pikatankkaus täyttänyt tarpeeksi
Syyskuu	25.9.	A5	Ei tankkoutunut yöllä eikä pikatankkaus täyttänyt tarpeeksi
Syyskuu	28.9.	A5	Ei tankkoutunut yöllä eikä pikatankkaus täyttänyt tarpeeksi
Lokakuu	26.10.	A12	Kaasu loppu, pikatankkaus suljettu

Taulukosta havaitaan, että kaasun puutetta on ilmennyt usein muutamien päivien aikakunassa muutamina tapauksina joko yhdelle tai useammalle autolle. Esimerkiksi helmikuussa kaasun puutteet ovat kohdanneet kolmena päivänä peräkkäin samaa autoa, jolloin tapahtumat on kirjattu ylös kuvauksella *kaasu ei toimi*. Koska kaasun puutetta ei näiltä kolmelta päivältä ole ilmennyt kuin ainoastaan yhden bussin kohdalla, voidaan tapaukset yhdessä tapahtumakuvausten kanssa yhdistää häiriöön tankkausjärjestelmässä

joko bussin tai tankkausliittimen laitteistossa. Näitä tapauksia muutamaa päivää aiemmin on myös vastaava merkintä, mutta auton A8 kohdalla. Vika on yksittäinen, mutta se saattaa olla yhteydessä A3:n kohtaamiin häiriöihin, esimerkiksi mikäli ajoneuvot ovat käyttäneet samaa varikkopaikkaa ja täten samaa tankkausliitintä.

Sen sijaan maaliskuussa ilmenneet kolme kaasun puuttumistapausta ovat sattuneet samalle päivälle mutta kolmelle eri bussille, ja tällöin tapaukset on kirjattu merkinnällä *kaasua ei tullut*. Koska puutokset ovat ilmenneet samana päivänä useammalle autolle, on syy yhdistettävissä enemmän kaasun tankkausjärjestelmään liittyvään häiriöön kuin autokohtaisten laitteistojen vikoihin.

Myös syyskuussa on esiintynyt kolme tapausta, jolloin bussit eivät ole tankkautuneet. Kirjausten mukaan yöllinen hidastankkaus ei ole tankannut autoja, ja vuoron alkaessa myöskään pikatankkaus ei ole tankannut autoja tarpeeksi. Tapaukset ovat ilmenneet kahdelle bussille kahtena eri päivänä muutaman päivän aikaerolla. Tapausten selityksen perusteella myös tässä tapauksessa todennäköinen syy on edellisen tapaan kaasun tankkausjärjestelmään liittyvä häiriö.

Viimeisin taulukon merkintä viittaa siihen, että varikon tankkausjärjestelmästä ei olisi ollut saatavissa polttoainetta. Biokaasubussien huoltotiedot tarjonneen Vaasan kaupungin liikennesuunnittelupäällikkö Pertti Hällilän kanssa käydystä sähköpostikeskustelusta (2.11.2020) kuitenkin ilmenee, että vaikka polttoaineen saanti on paikoin estänyt bussien käytön liikenteessä, ei biokaasun tuotannossa olisi esiintynyt tämän aiheuttanutta vajetta. Sen sijaan tankkausvarikon automatiikassa on ollut erityisesti tämän käyttöönoton alkuvaiheessa ajoittaisia ongelmia, jotka ovat vaikuttaneet bussien liikennöintiin. Ongelmia on esiintynyt eniten alkuvuodesta 2017, jolloin tankkausvarikko sekä bussit on otettu käyttöön. Tällöin biometaania tuottavan Stormossenin sekä muiden kaasun jakeluun liittyvien yhtiöiden tietojärjestelmät on muokattu toimimaan yhdessä ja erilaisia häiriöitä on paikoin esiintynyt. Varsinaiset tankkausaseman häiriöt sen sijaan ovat Hällilän mukaan olleet automaattiventtiileissä, jotka kytkevät LNG-polttoaineen varmuusvaraston tankkausputkistoon. LNG-varapolttoainetta käytetään polttoaineena ajoittain johtuen erilaisten ylläpitävien huoltojen tarpeesta.

Taulukosta 17 nähdään, että bussien liikennöintiin vaikuttaneita kaasupuutoksia on esiintynyt vuoden 2018 aikana 11 kertaa. Näitä aiheuttaneita tekijöitä on oletettavasti tätä vähemmän, sillä monessa tapauksessa tankkaamiseen liittyviä ongelmia on esiintynyt joko yhden vuorokauden aikana useammalle autolle tai tietyille ajoneuvoille useampana päivänä. Kaiken kaikkiaan kaasun tankkaukseen liittyvät tapaukset kattavat 7 % vuoden 2018 liikennöinnin estäneistä vikatapauksista. Polttoaineen tankkausongelmat ovat kuitenkin olleet pitkälti yksittäisiä, eivätkä esiintyneet tapaukset ole vaikuttaneet koko kaluston liikennöintiin.

4.2.2.2 Moottorin toimintahäiriöt

Varsinaisten huoltojen jälkeen eniten biokaasubusseja poissa liikenteestä on pitänyt moottorin toimintaan liittyvien komponenttien viat. Yksittäisiä vikoja on esiintynyt kaasun ohjausyksikössä, turbon imuputkessa, moottorin sytytykseen liittyvissä komponenteissa sekä pakokaasun takaisinkierrätysventtiilissä (EGR, Exhaust Gas Recirculation).

Taulukossa 18 on esitetty näihin komponentteihin liittyvien vikatilanteiden esiintyminen vuoden 2018 aikana. Taulukon arvot kuvaavat vikatapauksien lukumäärää. Taulukossa oikealla on esitetty ajoneuvo kohtaisesti kaikkien vikojen yhteislukumäärä ja alhaalla kunkin vikatapauksen yhteismäärä. Alimmaisesta rivin lukuarvot kuvaavat kuinka monessa ajoneuvossa vikatyyppejä on esiintynyt ja tämän rivin viimeinen sarake sitä, kuinka moni ajoneuvo on kohdannut vähintään yhdenlaisen vikatapauksen.

Taulukko 18. Moottorin toimintaan liittyvien vikojen ilmenemiset vuonna 2018.

	Moottorin toimintahäiriö	EGR-venttiili	Turbon imuputki	Kaasun ohjausyksikkö	Yht.
A1					0
A2	2	2			4
A3		2			2
A4		1			1
A5			1		1
A6		1		1	2
A7		1			1
A8					0
A9					0
A10					0
A11		1			1
A12				1	1
Yhteensä	2	8	1	2	13
Esiintyvyys	1	6	1	2	8

Taulukon alimmaiselta riviltä havaitaan, että yhteensä kahdeksan biokaasubussia on vuoden 2018 aikana kohdannut jonkinlaisen liikennöinnin estäneen moottorin toimintaan liittyvän vikatapauksen. Jotkin ajoneuvot ovat kohdanneet tietyn vian kahdesti, ja jotkin useamman erityyppisen vian. Kaikkien kahdentoista biokaasubussin vikatapaukset yhteen lukien liikennöinnin estäviä, moottorin toimintaan yhdistettäviä tapauksia on ollut 13 kappaletta kahdeksassa biokaasubussissa. Ainoastaan kaksi bussia on kohdannut useamman kuin yhdenlaisen vikatapauksen.

Taulukossa moottorin toimintahäiriöt, turbon imuputken sekä kaasun ohjausyksikön viat ovat pääosin eri ajoneuvojen yksittäisiä tapauksia, vaikkakin ajoneuvo A2 on kohdannut moottorin toimintahäiriötä kahdesti vuoden aikana. Sen sijaan pakokaasun takaisinkierätysventtiiliin liittyvät häiriöt ovat poikkeuksellisen laajat, ja vikaa on esiintynyt kudessa kahdestatoista biokaasubussista.

Näitä vikatapauksia käsitellään työssä tarkemmin seuraavaksi. Vikatapauksia käsitellessä pyritään ottamaan huomioon huoltotietoihin tehtyjen merkintöjen kuvaukset, jotka kuitenkin tyypillisesti sisältävät ainoastaan vikaantuneen komponentin maininnan. Varsinaisista vikoja aiheuttaneista syistä huoltotietoihin ei ole muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kirjattu kuvauksia. Myöskään vikojen korjauksista ei ole tehty juurikaan merkintöjä. Ainoat poikkeukset ovat yksittäiset huoltomerkinnot, jolloin biokaasubussin liikenteestä poissaolon syyksi on kirjattu jonkin komponentin korjaussuorite.

Tästä syystä selvitystyössä ei voida käsitellä vikojen perimmäisiä tekijöitä. Eri komponenttien kohtaamat viat voivat olla paikoin erittäin moniulotteisia, joten vikamerkintöjä käsitellessä esitellään yleisellä tasolla vikojen vaikutuksia sekä joitain näiden mahdollisia aiheuttajia.

Moottorin toimintahäiriö

Vuoden 2018 aikana moottorin toimintahäiriötä on esiintynyt ainoastaan bussin A2 kohdalla, jolla eri tapauksia on ollut kaksi. Näistä vikamerkinnöistä ensimmäisen kuvaus on *moottorin toimintahäiriö sekä kaasuvuodon ilmoitus* ja toisen *käyntihäiriö*.

Moottorin toiminta- tai käyntihäiriön ilmetessä sylinterin palamistapahtuma on häiriintynyt eikä polttoaine pala suunnitellun mukaisesti. Tällöin saattaa esiintyä esimerkiksi nakutusta, epätäydellistä palamista tai misfiring-ilmiötä. Käyntihäiriötä aiheuttavia syitä on monia, ja ne voivat liittyä polttoaineen tai ilman määrän säätelyyn, sylinterin tiiveyteen tai sytytyksen kipinän tai ajoituksen häiriöihin. Todennäköisimmät tämän aiheuttavat vikaantuvat komponentit ovat kuitenkin varsinaisessa sytytysjärjestelmässä, eli sytytystulppien tai puolien rikkoutumiset. Kuitenkin myös moottorin ohjausjärjestelmän häiriö saattaa aiheuttaa moottorin käyntihäiriötä, sillä järjestelmä säätelee muun muassa sytytystä sekä sylinterin seossuhdetta.

Kaasun ohjausyksikkö

Moottorin ohjausyksikkö on nykyaikaisten polttomoottoriajoneuvojen tärkeimpiä komponentteja, sillä se ohjaa käytännössä täysin moottorin toimintaa. Ohjausyksikkö määrittää muun muassa kunkin toimintapisteen polttoaineen ja ilman seossuhteen sekä kipinän ajoituksen kipinäsytytteisissä moottoreissa.

Huoltotiedoissa kaasun ohjausyksikölle merkittyjen vikatapausten kuvaukseksi on kirjoitettu *kaasun ohjausyksikkö ei toimi*. Moottorin ohjausyksikkö on sähköinen apulaite, jonka kohdalla tapahtuvia häiriöitä voidaan korjata esimerkiksi tietokoneohjelmistoilla tehtävien vianmääritysten avulla. Biokaasukaluston kohdalla ohjausyksikköön liittyviä vikakirjauksia ei ole merkitty vuodelle 2018 kuin kaksi, eivätkä myöskään niiden vaikutukset liikennöintivuoroihin ole tätä suurempia. Esiintyneet häiriöt ovat olleet siis helposti sekä selvitettävissä että korjattavissa.

Turbon imuputki

Turbon imuputkeen liittyviä ongelmia on esiintynyt vuonna 2018 ainoastaan yhdessä kaasubussissa. Huoltomerkintöjen mukaan turbon imuputken on huomattu huollossa olevan halki, jonka jälkeen bussi on jätetty noin viikoksi huoltoon odottamaan uutta varaosaa. Turboon tai imuilmaputkeen liittyvistä muista vioista ei ole merkintöjä. Imuilmaputken halkeamisen saattaa aiheuttaa heikkolaatuinen, esimerkiksi huokoinen valmistusmateriaali, joka ahtopaineiden vaikutuksesta saattaa aiheuttaa halkeaman tai repeämän.

EGR-venttiili

EGR-venttiili on ollut biokaasubussien moottorin toimintaan liittyvistä vikatekijöistä selvästi yleisin. Pakokaasun takaisinkierätykseen liittyviä toimintahäiriöitä on esiintynyt vuoden aikana puolessa biokaasubusseista, kun muita taulukon vikoja on esiintynyt korkeintaan kahdessa eri autossa.

Kuten useimmissa muissakin vikakirjauksissa, joissa EGR-venttiili on ollut syyllinen ajo-vuoron peruuntumiseen, vian perimmäistä syytä ei ole kirjattu. Pakokaasun takaisinkier-rätysventtiilin komponentit kuitenkin kokevat suurta termistä rasitusta, sillä venttiilien ohjaamat pakokaasut ovat hyvin kuumia erityisesti ennen niiden jäähtymistä ja varsinaista takaisinkieräytystä. Kuitenkin kahdessa huoltokirjausten EGR-venttiilin vikamerkinnän tapauksessa on kirjattu korjaustoimenpiteeksi *EGR-venttiilin hitsaus*. EGR-venttiilien häiriöt ovat siis ainakin muutamassa tapauksista olleet venttiilien jonkin asteisia halkeamisia.

Muita mahdollisia pakokaasun takaisinkierätykseen liittyviä ongelmia ovat venttiilin tukkeutumiset niiden täyttyessä pakokaasujen tuhalla ja karstalla. Tukkeutuminen voi myös johtaa venttiilin halkeamiseen. Myös venttiiliä ohjaavien sähköisten tai mekaanisten komponenttien vikaantumiset ovat mahdollisia, jolloin venttiilit eivät esimerkiksi päästä pakokaasuja kulkemaan lävitseen suunniteltuun tapaan.

4.2.3 Vuoden 2019 vikatapaukset

Taulukkoon 19 on kirjattu vuoden 2019 Vaasan kaupungin biokaasubussien huolto- ja vikamerkinnät vuoden 2018 tapaan. Taulukon sisältö on pitkälti samankaltainen kuin vuoden 2018 tapauksessa, mutta joihinkin kirjausmenetelmiin on tehty pieniä muutoksia ja myös uudenlaisia vikatyyppejä on kirjattu.

Suurimmat eroavaisuudet vuoden 2018 ja 2019 merkintöjen välillä ovat varsinaisten huoltotapahtumien kirjausten tarkentuminen. Vuonna 2019 huoltoja on alettu merkitsemään joko isoksi tai pieneksi huolloseksi tämän keston ja siihen käytetyn ajan perusteella. Selvitystyössä aiemmin käsiteltyjen huoltomäärien ja -välien tapauksessa huoltojen sisältöjä tai niiden kestoa ei kuitenkaan ole huomioitu, joten vuodelle 2019 vaihtunut merkintätapa ei ole vaikuttanut tehtyihin arvioihin.

Vuonna 2019 huoltokertoja on ollut yhteensä 15 kappaletta enemmän kuin vuonna 2018, eli yhteensä 49. Kuitenkin kuten aiemmin biokaasubussien huoltoja käsittelevässä alaluovassa todettiin, kahden vuoden tarkastelujaksoa käytettiin tarkemman huoltotarpeen ar-

vion saamiseksi. Lisääntyneen huoltokertojen määrän ei siis oleteta johtuvan kasva-
neesta huollon tarpeesta, vaan aiheutuvan suuren kalustomäärän vaatimasta huoltojen
hajauttamisesta.

Taulukko 19. Vaasan biokaasukäyttöisten kaupunkibussien huolto- ja vikamerkinnot sekä niiden esiintymiset vuoden 2019 aikana.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12		
Kaupungin markkinointiajaja										1			1	0,8%
Iso huolto	2	2	2	3	3	2	2	2	3	1	1	2	25	19,7%
Pieni huolto	2	2	3		3	2	1	2	1	2	4	2	24	18,9%
Ei kaasua													0	0,0%
Moottorin toimintahäiriö					2			2				1	5	3,9%
EGR-venttiili			1		1								2	1,6%
Turbon imuputki	1						1					1	3	2,4%
Puolat								1					1	0,8%
Kannentiiviste					1								1	0,8%
Öljynpainevaroitin								1					1	0,8%
Vaihdelaatikko			1						1				2	1,6%
Moniurarahihna												1	1	0,8%
Jarrupalat	1	2						1		1	2		7	5,5%
Ilmatyynyvika	1		3	3	1	1	2	3	3	1	2		20	15,7%
Käsijarru				1									1	0,8%
Vesivuoto/vesipumppu		2		1		1							4	3,1%
Ovivika	1	2				1		2	1	1	1	1	10	7,9%
Ilmaisinvika												1	1	0,8%
Ilmavuoto									1				1	0,8%
Lämmityslaittevika				1						1			2	1,6%
Ilmastointi				1	1		2					2	6	4,7%
Linjakilpi					1	1							2	1,6%
Tuulilasin puhallin				1	1					1			3	2,4%
Jousitus			1										1	0,8%
Kallistuksenvakaaja		1											1	0,8%
Tasosäätoanturi		2											2	1,6%
	8	13	11	11	14	8	8	14	10	9	10	11	127	
	6,3%	10,2%	8,7%	8,7%	11,0%	6,3%	6,3%	11,0%	7,9%	7,1%	7,9%	8,7%		

Huomioitavaa on, että vuonna 2019 polttoainekaasun saantiin liittyen ei ole ollut ainutkukaan tapausta, jolloin biokaasubussin ajovuoro olisi jouduttu korvaamaan vaihtoehtoisella kalustolla. Vuonna 2018 enimmäkseen prosessiautomaatiikan häiriöistä johtuneet ja bussien liikennöintiin vaikuttaneet kaasun tankkausongelmat on siis saatu hallintaan. Tästä on myös pääteltävissä, että bussien tankkausvarikon oheen liitetty LNG-varapolttoainesäiliö on toiminut suunnitellusti esimerkiksi biokaasujärjestelmien huoltotoimien aikana.

4.2.3.1 Moottorin toimintahäiriöt

Vuosi 2019 on ollut moottoriin liittyvien vikojen kannalta määrällisesti saman tasoinen kuin vuosi 2018. Taulukossa 20 on esitetty biokaasubussien eri moottoriin yhdistettävien vikojen tai komponenttien kohtaamien rikkoutumisten yhteenveto vuodelta 2019.

Vuoteen 2018 nähden taulukossa on muutama lisäys: kaasubussien liikennöintiin vaikuttaneiksi syiksi on kirjattu edellisvuoden lisäksi myös puolat, sylinterikannen tiiviste sekä öljynpainevaroitin. Vuoteen 2018 nähden kuitenkin kaasun tai moottorin ohjauksikkoon liittyviä vikamerkintöjä ei ole kirjattu. Edellisenä vuonna näitä kirjauksia oli kaksi kappaletta.

Taulukko 20. Moottorin toimintaan liittyvien vikojen ilmenemiset vuonna 2019.

	Moottorin toimintahäiriö	EGR-venttiili	Turbon imuputki	Puolat	Kannentiiviste	Öljynpainevaroitus	Yht.
A1			1				1
A2							0
A3		1					1
A4							0
A5	2	1			1		4
A6							0
A7			1				1
A8	2			1		1	4
A9							0
A10							0
A11							0
A12	1		1				2
Yhteensä	5	2	3	1	1	1	13
Esiintyvyys	3	2	3	1	1	1	6

Vuoden 2018 vastaavan taulukon tapaan taulukossa oikealla on bussikohtaisesti kaikkien tämän kohtaamien vikojen yhteismäärä, toiseksi alimmalla rivillä tietyn vikatyypin esiintyminen kaikkien bussien tapauksessa ja alimmalla rivillä kuinka monessa eri bussissa vikaa on esiintynyt. Taulukossa mainittuja vikatapauksia käsitellään ottaen huomioon myös edellisvuoden merkinnät.

Moottorin toimintahäiriöt

Taulukkoon 20 kirjatut vikamerkinnot, jotka liittyvät puoliin sekä kannentiivisteeseen, on yhdistettävissä moottorin toimintahäiriöihin. Esimerkiksi kaasubussin A8 vikamerkintä *puolat* kuvaa huoltotoimenpidettä, ja tämän huoltomerkinnotöihin kirjattu kuvaus on *3-pyтын puola vaihdettu*. Lisäksi saman ajoneuvon merkintä moottorin toimintahäiriölle on

esiintynyt tästä kuuden vuorokauden päästä, eli todennäköisesti moottorin puolaan liittyvä merkintä on ollut korjaava toimenpide moottorin käyntihäiriölle, jota on esiintynyt jo ennen kuin häiriöstä on tehty varsinaista merkintää.

Niin ikään ajoneuvolle A5 merkitty sylinterikannen tiivisteiden vaihto on todennäköisemmin suoritettu osana moottorin toimintahäiriön korjauksesta, sillä tästä toimenpiteestä seuranneet kolme huolto- ja korjausmerkintää ovat olleet sekä puolien että sytytystulppien vaihtosuoritteita. Vaihdettu kannentiiviste on ollut sylinterin numero viisi, ja kaksi tästä seurannutta toimenpidettä ovat olleet niin ikään sylinterin 5 puolan vaihtamisia.

Todellisuudessa taulukossa 20 esitetyt moottorin toimintahäiriöt ovat todennäköisesti siis muutamaa tapausta esitettyä yleisemmät johtuen huoltotiedoissa olevista puolien sekä sylinterikannen tiivisteiden merkinnöistä. Nämä merkinnöiltään poikkeavat tapaukset ovat osa samoja ajoneuvoja, joilla samana vuonna on esiintynyt moottorin toiminta- tai käyntihäiriöitä. Vuonna 2018 ainoat moottorin toimintahäiriöksi luokitellut tapaukset olivat ajoneuvolle A2, eli vuoden 2019 tapaukset laajentavat esiintynyttä häiriötä siis useamman ajoneuvon kohdalle.

Moottorin toiminta- ja käyntihäiriöiden juuret ovatkin yleisimmin juuri sytytystulppien tai puolien toimintahäiriöissä, ja näiden vaihtotoimenpiteitä on vuonna 2019 kirjattu monesti toimintahäiriötä kohdanneiden ajoneuvojen tapauksessa. Vaikka huoltotiedoista ei ilmene biokaasubussien huoltojen sisältöjä, on mitä todennäköisimmin sytytystulppien vaihdot oleellinen osa linja-autojen huoltosuunnitelmia. Moottorin toimintahäiriöiden välttämiseksi sekä sytytystulppien että puolien vaihtoja tulisikin tehdä säännöllisesti erityisesti, kun ajoneuvojen huoltohistoria pitää sisällään useita moottorin toimintahäiriöön viittaavia tapauksia.

EGR-venttiili

Vuoden 2018 moottorin toimintaan liittyvistä vikatilanteista pakokaasujen takaisinkierätysventtiilin viat olivat esiintyvyydeltään sekä vaikutuksiltaan laajimmat. Vuoden 2019

aikana biokaasubussin poissaolon liikenteestä aiheuttaneita EGR-venttiiliin liittyviä kirjauksia oli kuitenkin ainoastaan kahden bussin tapauksessa, eikä tähän liittyviä vikoja oltu huoltomerkinnöissä mainittu myöskään oheisvioiksi.

Vuoden 2019 EGR-venttiilin vikojen syitä ei ole kirjattu kuten joissain vuoden 2018 tapauksissa. EGR-venttiilin viat kohdistuivat busseihin A3 sekä A5, joista myös A3 oli jo edellisenä vuonna kohdannut vastaavan vian. Tällöin vikaa oli kommentoitu korjatuksi hitsaamalla, josta oletettiin vian olevan EGR-venttiilin halkeaminen rasituksesta johtuen. Bussin A3 vuoden 2018 viimeisimmän ja 2019 ainoan EGR-venttiilivikojen merkintöjen välillä on aikaa viisi kuukautta. Vuonna 2019 ilmentynyt vika on saattanut olla erilainen, mutta on myös mahdollista, että vuoden 2018 puolella tehty korjaus hitsaamalla ei ole kestänyt.

Turbon imuputki

Turbon imuilmaputken liittyviä vikatapauksia raportoitiin vuoden 2018 aikana ainoastaan yhden kerran, jolloin putken kuvattiin haljenneen. Sen sijaan vuoden 2019 kyseiseen komponenttiin liittyviä vikatapauksia on kirjattu useampia. Ajon estäneitä imuilmaputken vikoja on kirjattu kolmessa eri kaasubussissa, ja näiden lisäksi autoissa A3 sekä A8 on muiden toimenpiteiden yhteydessä mainittu imuilmaputken liittyvästä viasta. Vuoden 2019 imuilmaputken vioista ei kuitenkaan ole huoltotiedoissa annettu komponenttia tarkempaa kuvausta. Putken voidaan olettaa olevan myös vuoden 2019 tapauksissa haljenneen tämän kohtaamasta paineesta johtuen, sillä varsinaiseen imuilmaputkeen kulkeutuu ainoastaan epäpuhtauksista suodatettua ilmaa.

Liikennöintivuorojen menetysten kannalta vuosi 2019 on ollut moottorin ja -tekniikan kannalta hyvä, sillä vuoteen 2018 nähden busseihin on ilmentynyt ainoastaan yksittäisiä vikoja, jotka on saatu nopeasti korjattua. Yksikään auto ei ole kohdannut useita päivän vieviä rikkoutumisia, ja moottorin toimintaan liittyviä vikoja on kirjattu ainoastaan kuudessa kaasubussissa. Molemmat tarkasteluvuodet ovat myös melko samanlaisia sisällöltään ja lukumääriltään erilaisia vikatapauksia tarkastellessa, ja jonkinlaisia ongelmia ai-

heuttaneet komponentit ovat pitkälti samoja. EGR-venttiilit, imuilmapiutket sekä moottorin toimintahäiriöt voidaankin käsiteltyjen tietojen pohjalta nostaa oleellisimmiksi bio-kaasukäyttöisen kaluston toiminnan kannalta oleviksi komponenteiksi. Nämä komponentit ovat myös täysin samoja kuin perinteisillä polttoaineilla toimivassa kalustossa.

5 Raskaan biokaasukaluston käyttäjien kokemukset

Selvitystyön tavoitteisiin sisältyi myös biokaasulla operoivien raskaan kaluston kuljettajien käyttäjäkokemusten kerääminen. Käyttäjäkokemusten tarkoituksena on nostaa esiin kuljettajien arkipäiväisiä toimenpiteitä sekä kuvastaa raskaan biokaasukaluston käytävyyttä ruohonjuuritasolla. Kuljettajilta kerättiin käyttäjäkokemuksia liittyen muun muassa kaluston käyttötuntumaan, kehitystarpeisiin sekä kaasumaisen polttoaineen tuomiin muutoksiin.

Käyttäjäkokemuksia kerättiin Niemi Palvelut Oy:n kuljettajilta yrityksen liiketoimintapäällikkö Ville Häyrysen avustuksella. Niemi Palvelut on Suomen johtava muutto- ja logistiikka-alan palveluyritys, joka palveluinaan tarjoaa koti-, yritys- ja ulkomaanmuuttoja sekä tapahtuma-, logistiikka-, kierrätys- ja varastointipalveluita. Yrityksen kalustosta 100 % käy uusiutuvilla polttoaineilla, ja noin 25 % on biokaasukäyttöisiä (Niemi Palvelut Oy, 2020). Kuvassa 4 Scanian valmistama yrityksen käyttämä biokaasukäyttöinen muuttoauto.



Kuva 4. Niemi Palvelut Oy:n biokaasukäyttöinen muuttoauto (Scania, 2020b).

Niemen kuljettajilta kerättiin käyttäjäkokemuksia Google Forms -verkkoalustan avulla, ja palveluun oli kirjattu kuljettajille yhteensä 16 kysymystä. Kuljettajille osoitetut kysymykset liittyivät pitkälti heidän arkipäiväisiin toimintoihinsa biokaasukalustolla operoimisesta, kuten kaluston ajotuntumaan, käyttömukavuuteen, tankkaamiseen, toimintatäteeseen sekä mahdollisesti esiin tulleisiin epäkohtiin. Jokaiseen kysymykseen ei vaadittu vastauksia ja vastauskenttä asetettiin rajoittamattomaksi, joten kuljettajat saivat vastata haluamiinsa kysymyksiin tahtomallaan tavalla. Lista kysymyksistä sekä saaduista vastauksista on esitetty liitteessä 1.

Kuljettajien käyttäjäkokemuksiin saatiin lopulta kaksi vastausta. Vastaukset olivat kokonaisuudessaan kattavia ja hyvin kirjoitettuja, ja ne tarjoavat työn tavoitteita hyvin tukevia näkökulmia biokaasukäyttöisestä raskaasta kalustosta ammattikuljettajien näkökulmasta. Saadut vastaukset olivat pitkälti kaasupolttoainetta tukevia ja niissä tuotiin hyvin esiin myös parannusehdotuksia. Vastanneilla kuljettajilla oli kokemusta biokaasukäyttöisellä kalustolla toimimisesta noin vuodesta kahteen vuoteen, eli vastaajille kalusto oli tullut jo tutuksi.

5.1 Biokaasukaluston tankkaus sekä toimintamatka

Perinteisestä poikkeava tankkausrutiini on kuljettajien keskuudessa koettu helpommaksi kuin perinteisillä polttoaineilla, ja erityisesti tankkauksen siisteys ja ylitäytöroiskeiden poissaolo on lisännyt käyttömukavuutta. Biokaasun tankkaamiseen kuitenkin liittyy vielä parannettavaa erityisesti tankkausasemien kohdalla. Raskaan kaluston näkökulmasta tankkausasemat vaatisivat kehittämistä, sillä yleiset kaasuasemat on suunniteltu henkilöautojen tarpeisiin. Tällöin kaikkina kellonaikoina kaasuasemilta saatu tankkauspaine ei ole riittänyt kuorma-auton tarpeisiin ja on esiintynyt vajaatankkausta, jolloin ajoneuvo on mahdollisesti ajettava kauemmas toiselle tankkausasemalle. Tämä sai osakseen kritiikkiä, sillä tarve vaihtaa tankkausasemaa lisää suuresti biokaasukaluston tankkaukseen kuluvaa aikaa. Biokaasukaluston tankkaamiseen kuluu enemmän aikaa myös siitä näkökulmasta, että dieselkäyttöiset ajoneuvot saadaan tankattua yrityksen omassa pihassa.

Pääkaupunkiseudulla biokaasun tankkausasemat sijaitsevat kuitenkin lähellä yrityksen toimistoa.

Varsinainen biokaasun tankkaus on myös nestepolttoainetta pitkäkestoisempaa ja lähes tyhjän tankin täyteen tankkaamiseen kuluu arviolta 10–15 minuuttia, kun dieselkaluston tapauksessa kuluva aika on noin viisi minuuttia. Biokaasun tankkaamisen mainitaan kuitenkin olevan pidemmästä kestoista huolimatta helpompaa, sillä kuluvan ajan voi käyttää muiden työasioiden tai työpuheluiden hoitamiseen. Lisäksi tankkauksen ajan voi istua lämpimässä autossa tankkausaseman hoitaessa tankin täytön automaattisesti.

Käyttäjäkokemuksiin vastanneet kuljettajat toteavat myös polttoaineen kulutuksen olevan huomattavasti dieselkalustoa pienempää. Ajoneuvojen toimintaetäisyys yhdellä tankillisella on kuitenkin dieseleitä lyhyempi, arviolta 300–400 kilometriä vähemmän. Yritys kuitenkin käyttää kaasukalustoa vain lähialueiden ajossa, joten lyhyempi kantama ei ole aiheuttanut ongelmia. Myöskään tankkausasemien esiintyminen ei ole tuonut haasteita yrityksen toiminnalle, sillä ajot hoidetaan pidemmillä, yli 200 kilometrin matkoilla käyttäen dieselkalustoa.

5.2 Biokaasukaluston käyttötuntuma

Käyttäjäkokemuksissa tiedusteltiin myös kuljettajien ennakoajatuksia kaasukaluston käyttöönotosta. Kaasuajoneuvojen odotettiin olevan hiljaisia sekä ajo-ominaisuuksiltaan rauhallisia, ja vastaajalle nämä odotukset myös toteutuivat. Toinen vastaajista ei alun perin pitänyt kaasuautojen ajatuksesta, mutta toteaa ajoneuvojen olevan käytännössä varsin toimivia. Vastaajat mainitsevat sekä kaasu- että dieselajoneuvojen olevan hyviä ja viihtyvänsä molempien ajoneuvotyyppien ratissa lähes yhtä hyvin. Toinen vastaajista kuitenkin toteaa ainoaksi ajoneuvojen välillä olevaksi eroksi tankkaamisen helppouden.

Biokaasukäyttöisen kaluston ajotuntumassa ei vastaajien mukaan ole juurikaan eroa verrattuna dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin, mutta eri valmistajien kaasukalustoa yhdistää kui-

tenkin väännön puute. Heikko vääntö mainitaan jopa kaasukaluston suurimmaksi ongelmaksi, ja esimerkiksi jyrkkien ylämäkien kohdalla dieselajoneuvojen paremmat vääntöominaisuudet koetaan tärkeäksi. Kuitenkin kaluston kiihtyvyyden todetaan olevan parempi kaasujoneuvoissa, ja joissain ajoneuvoissa vaihteiston kehutaan olevan erittäin nopea. Tämä ei kuitenkaan ole aina esimerkiksi ahtaissa paikoissa ideaalinen.

Biokaasukalustosta usein esiin nostettava hiljainen käyntiääni ei käyttäjäkokemusten perusteella ole huomattavan erilainen verrattuna dieselkäyttöiseen kalustoon. Kaasukalusto mainitaan hieman hiljaisemmaksi, mutta ei merkittävällä tavalla. Kuljettajien mukaan käyntiäänessä on kuitenkin valmistajien välisiä eroja, ja Scanian valmistamat ajoneuvot mainitaan tässä yhteydessä sekä laadukkaammiksi että hiljaisemmiksi.

5.3 Biokaasukaluston kehitystarpeet

Käyttäjäkokemuksia kerätessä useassa kohdassa vastaajat toivat esiin eri valmistajien väliset erot kalustossa. Yrityksen käyttämät raskaat biokaasujoneuvot ovat Volvon sekä Scanian valmistamia, ja näistä Scanian ajoneuvot saivat useassa kohdassa kuljettajien kehu. Scanian kaasukäyttöiset kuorma-autot mainitaan laadukkaammiksi sekä hiljaisemmiksi, huomattavasti paremmaksi matka-ajossa sekä kaiken kaikkiaan todella hyviksi ja käyttökelpoisiksi kuorma-autoiksi, joissa monet ongelmakohdat on korjattu tai paranneltu.

Volvon kaasukuorma-autot mainittiin olevan parempia kaupunkiajossa, vaikkakin myös Scanian tuotteiden kerrottiin olevan liikenteessä hyviä. Volvon valmistamat kaasuatot kuitenkin saivat enemmän mainintoja ongelmista ja kehitystarpeista. Eräässä vastauksessa mainittiin eräs Volvon valmistama kaasukuorma-auto, jonka moottori jarruttaa voimakkaasti kaasupoljinta hellittäessä tuloksenaan hyvin negatiivinen ajokokemus. Scanian kaasuautojen käyttämien vaihteistojen mainittiin muistuttavan enemmän dieselkuorma-autojen vaihteistoa. Volvojen ongelmiksi lueteltiin myös yleisesti esiintyvät moottorin jäähdytysnesteen ylikuumentumiset sekä kylmäkäytön yhteydessä esiintyvä

moottorin tyhjäkäynnin epätasaisuus ja hyppiminen, joka aiheuttaa paikoin epävarmuutta käytettävyyteen. Tämä kyseinen ongelma mainitaan Scania ajoneuvojen tapauksessa olevan korjattu paremmalla tuotekehityksellä. Eri valmistajien kulkuneuvojen yhteisiksi ongelmakohdiksi mainitaan satunnaiset anturiviat.

Kuljettajat toteavat tuntevansa kaasukäyttöisen kaluston turvalliseksi sekä riskittömäksi kaiken toimiessa normaalisti, ja ainoaksi turvallisuushuoleksi mainitaan kaasusäiliöt mahdollisessa kylkitörmäystilanteessa. Kuljettajat myös toteavat kaasuautojen olevan parempia kuin he olivat ensin odottaneet, mutta tankkausasemien vähyyden on vielä haittaava tekijä. Vastaajat myös toteavat, että voisivat tulevaisuudessa hankkia itselleen kaasukäyttöisen henkilöauton pienin varauksin. Tankkausasemien esiintyvyyden lisäksi ajoneuvossa tulisi olla tarpeeksi vääntöä sekä tehoa.

6 Pohdinta

Tämän selvitystyön tarkoituksena oli arvioida biokaasukäyttöisen raskaan kaluston keskeytävyyttä sekä huollon tarvetta. Selvitystyö perustui biokaasukäyttöistä kalustoa käyttävien yritysten tarjoamiin huoltotietoihin, joita tarkastelemalla tutkittiin kaluston huoltajien määrää, huolloissa tehtäviä toimenpiteitä sekä kaluston kohtaamia vikoja ja rikkoutumisia. Myös biokaasukalustolla operoivien ammattikuljettajien käyttäjäkokemuksia kerättiin eri käyttökohteiden toimijoilta biokaasukäyttöisen kaluston käytettävyyden arvioimiseksi. Lisäksi työssä selvitettiin kirjallisuuskatsauksen avulla biokaasun polttoaineminaisuuksiin, käyttötekniikkaan sekä turvallisuuteen liittyviä seikkoja.

Selvitystyöhön osallistuneita raskaan biokaasukaluston toimijoita oli yhteensä kolme. Näistä yksi, muutto- ja logistiikkayhtiö Niemi Palvelut Oy, tarjosi kuljettajien käyttökokeuksia ja loput kaksi kaluston huoltotietoja. Huoltotietoja tarjonneet toimijat olivat jäte-logistiikkayhtiö Remeo, jonka tarjoamat tiedot perustuivat viiteen biokaasukäyttöiseen jätekeräysautoon, sekä Vaasan kaupunki, jonka tiedot kattoivat 12 biokaasukäyttöistä lähiliikennebussia.

Näiden toimijoiden tarjoamat huoltotiedot olivat keskenään erityyppisiä. Remeon tarjoamat yksityiskohtaiset huoltotiedot olivat peräisin suoraan kalustoa huoltavan yrityksen tietokannasta ja kattoivat jokaisen ajoneuvon koko sen hetkisen elinkaaren kaikki huolto- ja korjaustoimenpiteet sekä käytetyt varaosat. Käytettävissä olleet tiedot kattoivat viisi melko uutta biokaasukäyttöistä jätekeräysautoa, joiden yhteenlaskettu käyttömäärä oli yli 300 000 ajokilometriä. Näistä vanhin oli otettu käyttöön alkuvuodesta 2018 ja uusin vuoden 2019 loppupuoliskolla.

Remeon tarjoamat huoltotiedot antoivat hyvän kuvan biokaasukäyttöisten ajoneuvojen huoltojen sisällöistä näiden ensimmäisiltä käyttövuosilta, ja tätä dataa käytettiin arvioimaan biokaasukäyttöisen kaluston huollon tarvetta. Koska työssä oli tarkasteltavana useamman ajoneuvon huoltohistoria, tiedoista oli helppo poimia huoltoihin kuulumattomat toimenpiteet sekä muut, joidenkin komponenttien rikkoutumisista aiheutuneet korjaa-

mokäynnit kaluston kestävyuden arviointia varten. Huoltotapahtumiin kirjattujen toimien avulla työssä päästiin arvioimaan kaluston eri huoltotoimenpiteiden tarvetta, ja tältä osin työn tavoitteisiin lukeutuvia tuloksia saatiin työssä esitettyä.

Remeon tiedoista poiketen Vaasan kaupungin tarjoama data ei ollut peräisin varsinaisista huoltopalveluista, vaan tiedot tarjonneen kaupungin liikennesuunnittelupäällikön omista muistiinpanoista. Tarjotut huoltotiedot oli alun perin luotu kartoittamaan bussien poissaolopäiviä liikenteestä näiden korvaamiseen tarvittavien sijaisautojen kustannusten seuraamiseksi. Sijaisautojen seuraamiseksi luodut taulukot olivat kuitenkin oletettavasti luotu kaluston todellisten huoltotietojen pohjalta, mutta selvitystyössä näihin tietoihin ei päästy kiinni.

Vaasan kaupungin tarjoamat kaluston seurantatiedot pitivät sisällään merkinnät muun muassa huollettavasta ajoneuvosta, tämän liikennöintipoissaolon ajankohdan, sijaiskalustolla ajatut kilometrit, liikennöintilinjan sekä poissaolosyyn kuvauksen. Näiden tietojen pohjalta työssä muodostettiin taulukot, joihin kirjattiin bussikohtaisesti huoltojen sekä vikatapausten ajankohdat, lukumäärät sekä tunnetut tapahtumakuvaukset. Koska tarjotut tiedot oli luotu korvaavan kaluston kustannusten seuraamiseen, oltiin tiedoissa esitetty ainoastaan ajoneuvojen poissaolon perimmäinen syy. Alkuperäisissä tapahtumakuvauksissa ei täten aina oltu kuvattu esimerkiksi huoltojen sisältöjä tai syitä komponenttien rikkoutumisille.

Vaikka saadut huoltotiedot eivät pääosin sisältäneet vika- ja rikkoutumistapausten varsinaisia syitä, saatiin työhön tarjotuista huoltotiedoista koottua ajoneuvoikohtaisesti huoltojen sekä erilaisten vikatapausten koosteet. Näitä hyödyntämällä työssä kyettiin esittämään varsinaisten huoltojen toteutuksia sekä erilaisten komponenttirikkojen esiintymisiä kahden vuoden aikajaksolta. Vaikka työssä kyettiin erilaisten kohdattujen vikatilanteiden taustatekijöistä nostamaan esiin ainoastaan potentiaalisia tekijöitä, saatiin annettuja tietoja hyödyntämällä työssä kuitenkin hyvä kuva todellisten biokaasukäyttöisten raskaiden ajoneuvojen mahdollisten vikatapausten kirjosta. Näitä tietoja hyödyntämällä kyettiin arvioimaan biokaasukäyttöisen kaluston kestävyyttä.

Eri toimijoilta saatuja huoltotietoja käytettiin selvitystyössä eri tarkoituksiin johtuen näiden sisältöjen eriävistä painopisteistä. Saaduissa tuloksissa oli myös eroja eri kalustojen välillä, sillä Remeon jätekeräysautojen huoltotiedoissa ei juurikaan havaittu vikoja, kun taas Vaasan kaupunkibussien kohdalla niitä oli raportoitu kuukausittain. Eroja ei voida selittää erilaatuisten tietojen avulla, sillä varsinkin viat oli molempien yritysten tarjoamissa tiedoissa tuotu esiin. Vaikkakin molempien kalustotyyppien käytölle yhteistä on toistuvien pysähdysten ja liikkeellelähtöjen tuomat kuormitukset, oli näillä kuitenkin täysin erilaiset käyttökuormitukset, ja yksittäisten kaupunkibussien suunniteltu käyttömäärä oli vuosittain lähes kaksinkertainen verrattuna keräysautoihin. Lisäksi tarkastelujaksona keräysautojen yhteenlaskettu ajomäärä oli hieman yli 300 000 kilometriä, kun taas biokaasubussien yhteisajomäärä ylsi lähes kahteen ja puoleen miljoonaan ajokilometriin. Bussien kokema kuormitus ja täten myös niiden huollon tarve on suurempi, ja lisäksi eri valmistajien väliset erot vaikuttavat kestävyysarviointiin.

Remeon keräysautojen kestävyttä tarkastellessa havaittiin, että ne ovat kohdanneet vähän erilaisia rikkoutumisia. Tämän pohjalta todettiin, että kaluston huoltosuunnitelmat sekä huoltojen toteutus toimii suunnitellusti, ja ajoneuvojen kohtaamat yllättävät rikkoutumiset on saatu minimoitua. Kaupunkibussien kohdalla samaa ei voida todeta johtuen erilaisista komponenttirikoista, joita on kirjattu melko usein. Tätä tullaan kuitenkin tulevaisuudessa varmasti kehittämään, sillä juuri Scanian valmistamat kuorma-autot saivat käyttäjäkokemuksissa kehuja hyvin toteutetusta tuotekehityksestä.

Selvitystyössä kerättiin myös raskaan biokaasukalustonkuljettajien käyttökokemuksia. Vastauksia käyttäjäkysymyksiin saatiin odotettua vähemmän, mutta vastausten laatu oli hyvä. Vaikka suurempi vastausten määrä olisi luonut tälle työn osuudelle vakaamman arviontipohjan, työhön saatiin uusia näkökulmia käyttäjätason kokemuksista. Saatujen vastausten pohjalta saatiin nostettua esiin muun muassa eri valmistajien eroavaisuuksista kalustoissa sekä kuljettajien omaa suhtautumista uudenlaisen polttoaineen kalustoon.

Työssä saatiin hyvin työn tavoitteita koskevia tuloksia käsitellessä paineistetulla biokaasulla toimivien raskaan kaluston huoltotietoja. Biokaasukäyttöinen raskas kalusto on

markkinoilla melko uutta ja vasta yleistymässä, joten vanhemman ja suuremman käyttömäärän kalustoa ei vielä tätä selvitystyötä tehdessä ollut saatavissa. Työssä saatuja tuloksia saisi jatkotutkimuksissa syvennettyä hyödyntämällä kaluston huoltosuunnitelmia sekä tekemällä vertailua vastaavien käyttökohteiden dieselkalustoihin.

Markkinoilla on lisäksi hiljalleen yleistymässä myös nesteytetyn biokaasun raskaat ajoneuvot, joiden uskotaan tulevaisuudessa lisääntyvän pitkän matkan kuljetuksissa sekä erityisesti kaikista suurempien maantiekuljetusten vetojuhtina. Tässä työssä saadut tulokset ovat täysin hyödynnettävissä myös nesteytetyn biokaasun raskaaseen liikenteeseen, sillä moottoriin syötettäessä kaasun säilöntäteknikalla ei ole merkitystä. Käytännössä paineistetun ja nesteytetyn kaasun käyttö ei polttomoottoriin syötettynä eroa toisistaan, vaan erot ovat näiden säilöntäteknikassa sekä polttoainelinjassa. Tulevaisuudessa kuitenkin myös tämänkaltaisten ajoneuvojen toimintaa tulisi osaltaan tutkia tämän työn tavoitteita vastaavasta näkökulmasta.

7 Johtopäätökset

Päästötavoitteisiin nähden nykytahdilla liian hitaasti pienenevät liikennesektorin kasvihuonekaasupäästöt ovat vähähiilisen tulevaisuuden tavoittelun kannalta merkittävässä roolissa. Erityisesti raskas liikenne on avainasemassa, sillä raskas kalusto tuottaa noin kolmanneksen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä ja on lisäksi kaikista vaikeimmin sähköistettävissä. Tulevaisuudessa raskaan kaluston tulisikin nojautua entistä enemmän vähähiilisiin sekä uusiutuviin energianlähteisiin, kuten kotimaiseen biokaasuun.

Tämän selvitystyön tarkoituksena oli selvittää biokaasukäyttöisen raskaan kaluston kestävyttä sekä tuoda esiin näiden huollon tarvetta tavoitteena lisätä yhä dieselillä operoivien raskaan liikenteen toimijoiden tietoutta biokaasun mahdollisuuksista. Työssä saatiin tuotua kattavasti tietoa yhteen tämänkaltaisten toimijoiden tueksi nostamalla esiin biokaasukäyttöisen raskaan kaluston toimintaperiaatteita, polttoaineen ominaisuuksia ja turvallisuusnäkökulmia sekä kaasukäyttöisellä kalustolla jo operoivien ammattikuljettajien omakohtaisia näkökulmia. Työn varsinaisessa analyysiosiossa käsiteltiin todellisten biokaasukäyttöisten raskaan kaluston ajoneuvojen huoltotietoja, joiden pohjalta saatiin työssä selvitettyä näiden huoltotapahtumiin ja kestävyteen liittyviä asioita.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella esitetään seuraavat johtopäätökset:

- Biometaani on täysin turvallinen polttoaine liikennekäyttöön. Biometaani ei ole terveydelle haitallista eikä aiheuta ympäristön saastumisen tai tulipalon riskiä vuodon sattuessa.
- Kaasumaisen polttoaineen käyttäminen polttomoottorissa ei vaadi uutta tekniikkaa, vaan polttoainetta voidaan hyödyntää täysin olemassa olevien polttomoottoritekniikoiden avulla. Ajoneuvokäytön erot ovat käytännössä ainoastaan polttoainetankissa sekä polttoainelinjassa ennen moottoriin syöttämistä.

Raskaan biokaasukaluston toimijoiden tarjoamien huoltotietojen perusteella tehtiin seuraavat johtopäätökset:

- Biokaasukäyttöisen kaluston yleisimmin tarvittaviksi huoltotoimenpiteiksi havaittiin moottoriöljyn ja suodattimen sekä sytytystulppien vaihdot. Kaluston ylläpitoa varten suoritettavissa huolloissa tehtävät toimenpiteet ovat siis hyvin pitkälti samoihin komponentteihin liittyviä kuin dieselkäyttöisissäkin ajoneuvoissa. Poikkeuksena dieselkalustoon ovat ainoastaan sytytystulppien vaihdot, jotka eivät kuitenkaan aiheuta merkittävää lisätyötä biokaasukäyttöisen kaluston huolloissa.
- Varsinaiseen kaasujärjestelmään liittyvien komponenttien huoltotarpeen ei havaittu lisäävän huoltokertojen määrää. Kaasujärjestelmään liittyvät toimenpiteet olivat pääasiassa satunnaisesti tehtyjä kaasusuodattimien vaihtoja. Kaasumainen polttoaine kuitenkin luo tarpeen huoltokertojen yhteydessä kaasulinjaston tyhjentämiseksi sekä painekaasusäiliöiden kaikkien sulkuventtiilien sulkemiselle, jottei polttoainekaasua pääse huollon yhteydessä vuotamaan ulkoilmaan.
- Keräysautojen huoltotiedoista ei ilmennyt merkittäviä vika- tai rikkoutumistapauksia, joita olisi voinut yhdistää käytettyyn polttoaineeseen. Esiintyneet viat olivat lähinnä sähköisten järjestelmien häiriöitä tai yksittäisiä öljyvuotoja, ja pahimmillaan hinaustakin vaatineet rikkoutumiset johtuivat enimmäkseen voimansiirron komponenttien pettämisistä.
- Kaupunkibussikaluston käyttämään polttomoottoriin ja tämän järjestelmiin liittyvät vikatilanteet aiheuttivat kahden vuoden tarkastelujakson aikana noin kymmenen prosenttia kaasubussien poissaoloista liikenteestä. Biokaasubussien moottoriin liittyvät viat kohdistuivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta moottorin käyntihäiriöihin, turbon imuputkeen sekä pakokaasujen takaisinkierätysventtiiliin. Esiintyneet viat kohdistuivat samoihin komponentteihin, joita perinteisiäkin polttoaineita käytettäessä hyödynnetään, eikä kaasumaiseen poltto-

aineeseen yhdistettäviä vikoja ollut kuin yksittäisiä moottorin ohjaukseen tai syytykseen liittyvissä häiriötapauksissa. Vikatilanteet eivät kuitenkaan antaneet aihetta epäillä, että kaasumainen polttoaine olisi vikojen syynä.

- Kaasumaisen polttoaineen käyttö ei tarkasteltujen huoltotietojen perusteella lisää ajoneuvon huollon tarvetta. Biokaasun polttoaineominaisuudet ovat kuitenkin erilaiset kuin perinteisillä polttoaineilla, joten biokaasun käyttö perinteisille polttoaineille optimoituja komponentteja hyödyntäen voi tuoda esiin ongelma-kohtia. Biokaasukäyttöisiä ajoneuvoja kuitenkin kehitetään erityisesti raskaan kaluston puolella jatkuvasti, joten yhä paremmin biokaasukäytölle optimoituja kalustoja on markkinoilla odotettavissa.

Käyttäjäkokemuskyselyyn saatujen vastausten mukaan todetaan:

- Biokaasukäyttöinen raskas kalusto on ajotuntumaltaan pitkälti dieselkäyttöisten ajoneuvojen tasolla, mutta kehitystarvetta on vielä kaluston heikommassa vääntömomentin tuotossa.
- Kehitystarvetta on myös kaasuntankkausasemien käytettävyydessä sekä jakeluverkoston tiheydessä.
- Biokaasukäyttöisen kaluston eri valmistajien välillä on yhä paljon eroavaisuuksia. Kaasukalusto on markkinoilla vielä melko uutta, joten valmistajien eritasoiset panostukset tuotekehitykseen näkyvät lopputuotteissa.

Kaiken kaikkiaan selvitystyössä käsiteltyjen viiden jätekeräysauton sekä kahdentoista lähiliikennebussin huolto- ja vikakirjausten pohjalta biokaasukäyttöinen kalusto todetaan kestäväksi sekä täysin käyttökelpoiseksi raskaan liikenteen kalustoksi. Myös kirjallisuuskatsauksessa todettu väite siitä, että biokaasu on jo nyt valmis polttoaine raskaaseen liikenteeseen, voidaan allekirjoittaa työssä saatujen tulosten nojalla. Kaluston käytettävyyttä puolsivat myös biokaasukäyttöisellä kalustolla jo operoivat kuljettajat.

Biokaasukalusto ei myöskään vaadi poikkeuksellisen tiuhaa huoltamista ja niihin liittyvät viat sekä ongelmat ovat tarkasteltavissa ajoneuvoissa olleet vain harvassa tapauksista yhdistettävissä käytettyyn kaasupolttoaineeseen. Lisäksi hyvällä huoltosuunnitelmalla sekä tarkalla huoltojen toteutuksella ja kaluston seurannalla yllättäviä rikkoutumisia voidaan merkittävästi vähentää. Työssä saatuja tuloksia saisi jatkotutkimuksissa syvennettyä tekemällä vertailua vastaavien käyttökohteiden dieselkalustoihin.

Uusiutuvalla ja erittäin puhtaalla biokaasulla toimivaa raskasta kalustoa kehitetään jatkuvasti ja myös biokaasun tankkausverkostoa Suomessa laajennetaan aktiivisesti, joten biokaasu raskaan kaluston polttoaineena tulee jo lähitulevaisuudessa olemaan entistä kannattavampaa. Vaikka paineistetun ja nesteytetyn kaasun käyttö ei polttomoottoriin syötettynä eroa toisistaan – käytännössä erot löytyvät säilöntätekniikassa ja polttoainelinjassa – jatkossa myös nesteytettyä biokaasua käyttävän raskaan kaluston toimintaa tulisi tutkia tämän työn tavoitteita vastaavasta näkökulmasta.

Lähteet

- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J., & Korhonen, J. (2016). *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology, No. 258 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Andersson, A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari, J. & Hokkanen, E. (2020). *Fossiilitoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti*. Liikenne- ja viestintäministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-598-9>
- Aro, K., Rautiainen, A., Talus, K., Pääkkönen, A., Aalto, P., Kojo, M. & Rönkkö, T. (2018). *Voiko raskas tieliikenne siirtyä biokaasuun?* EL-TRAN konsortio. <http://www.urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0879-7>
- Baxter, D., Murphy, J. & Wellinger, A. (2013). *The biogas handbook: Science, production and applications*. Woodhead Publishing.
- UN/ECE (2015, 30. kesäkuuta). *Sääntö nro 110 – Yhdenmukaiset määräykset, jotka koskevat seuraavien hyväksyntää: I. Paineistettua maakaasua (CNG) ja/tai nesteytettyä maakaasua (LNG) moottorin polttoaineena käytävien ajoneuvojen erityisosat; II. Tyyppihyväksytyillä erityisosilla varustetut, paineistettua maakaasua (CNG) ja/tai nesteytettyä maakaasua (LNG) moottorin polttoaineena käyttävät ajoneuvot tällaisten erityisosien asennuksen osalta*. Euroopan unionin virallinen lehti. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=OJ:L:2015:166:TOC#document1>
- Gasum (2020). *Uusiutuvalla biokaasulla voidaan tehokkaasti vähentää päästöjä*. Gasum. Haettu 20.1.2021 osoitteesta <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasun-paastot/>.

- Hällilä, P. (2017, 22. syyskuuta). *Vaasan biokaasubussit – tilaajan kokemukset*. [Diaesitys]. <https://docplayer.fi/66184840-Vaasan-biokaasubussit-tilaajan-kokemukset-suunnittelupaallikko-pertti-hallila.html>.
- Khan, M., I., Yasmin, T. & Shakoor, A. (2015). Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 51, 785–797. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.053>
- Kinnunen, V. & Rintala, J. (2015). Biokaasualan monet mahdollisuudet. Teoksessa: *Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*, 9–19. Toim. Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. Suomen Biokaasuyhdistys ry.
- Lampinen, A. (2008). *Liikennebiokaasulainsäädäntö*. Vaasan yliopisto, Levón-instituutti.
- Lampinen, A. (2009). *Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta*. Toim. Westman, A. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-604-101-1>
- Lampinen, A. (2015). Biokaasualan historia ja tulevaisuus. Teoksessa: *Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*, 190–196. Toim. Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. Suomen Biokaasuyhdistys ry.
- Lampinen, A. & Rautio, E. (2015). Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa: *Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*, 124–171. Toim. Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. Suomen Biokaasuyhdistys ry.
- Lehtimäki, M. (2017). Vaasan kaupungin Scania-kaasubussit. <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/news-and-events/News/vaasaan-12-scania-kaasubussia.html#image=440076539>
- Mercedes-Benz (2019). *BlueEFFICIENCY Power Engines. Mercedes-Benz Buses and Coaches*. https://www.mercedes-benz-bus.com/content/dam/mbo/markets/common/buy/services-online/download-technical-brochures/images/content/special-brochures/blue-efficiency-power-engines-08-19/1047_MB_BR_Motoren_2019_EN.pdf

- Niemi Palvelut Oy (2020). *Ympäristöpolitiikka*. Niemi Palvelut Oy. Haettu 21.12.2020 osoitteesta <https://www.niemi.fi/yritys/ymparistopolitiikka>.
- Oulun ammattikorkeakoulu (2019, 8. syyskuuta). *Bensiinisyöpön maasturin muunnos kaasuautoksi*. YouTube. [Video]. <https://youtu.be/5-NANyxKi-l>
- Puikkonen, H. (2017, 13. helmikuuta). *Biobussit liikkuvat ruoantähteistä ja jätevedestä tehdyllä kaasulla*. Yle. Haettu 27.10.2020 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-9457192>
- Remeo Oy (2020a). *Vastuullisuus on liiketoimintamme ytimessä*. Remeo Oy. Haettu 14.12.2020 osoitteesta <https://remeo.fi/yritys/vastuullisuus>.
- Remeo Oy (2020b). *Remeo yleisesite 2020*. Remeo Oy. https://remeo.fi/wp-content/uploads/2020/03/Remeo_yleisesite_2020.pdf
- Scania (2017a). *Miksi biokaasubussit?* Scania Suomi. Haettu 27.10.2020 osoitteesta <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/features/miksi-biokaasubussit.html#image=640365663>
- Scania (2017b). *Vaasan kaupunki satsaa joukkoliikenteessään biokaasuun*. Scania Suomi. Haettu 27.10.2020 osoitteesta <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/features/vaasan-kaupunki-satsaa-joukkoliikenteessaan-biokaasuun.html>
- Scania (2018). *Scanian EURO 6 -moottorivalikoima tarjoaa tehoa tarpeen tullen*. Scania Suomi. Haettu 27.10.2020 osoitteesta <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/news-and-events/events/iaa-2018/lehdistoetiedotteet/scanian-euro-6--moottorivalikoima-tarjoaa-tehoa-tarpeen-mukaan.html>
- Scania (2020a). *Vaasan biokaasubussit osoittautuneet ennakoitua taloudellisemmiksi*. Scania Suomi. Haettu 22.7.2020 osoitteesta <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/news-and-events/News/vaasan-biokaasubussit-osoittautuneet-ennakoitua-taloudellisimmik.html>.

- Scania (2020b, 7. helmikuuta). *Biokaasu puristaa muuttoauton päästöt minimiin – yhdellä tankkauksella ajaa jopa 600 kilometriä*. Helsingin Sanomat. Haettu 8.1.2020 osoitteesta <https://www.hs.fi/mainos/art-2000006398934.html>.
- Suomen Kaasuyhdistys ry (2014). *Maakaasukäsikirja*. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/maakaasun-kasikirja/>.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Söderena, P., Suomalainen, M., Kajolinna, T., & Melin, K. (2019). *Biometaanin välivarastointi ja varastointi ajoneuvossa: Tulevaisuuden mahdollisuudet*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti, No. VTT-R-06978-18
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2017, 31. tammikuuta). *Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030*. Työ- ja elinkeinoministeriö. ISBN: 978-952-327-190-6.

Liitteet

Liite 1. Käyttäjäkokemusten kysymykset sekä saadut vastaukset

1. Kuinka pitkä kokemus sinulla on kaasukäyttöisellä kalustolla operoimisesta?

Vastaus 1: Noin vuosi

Vastaus 2: 2 vuotta

2. Kaasukuorma-autojen sanotaan olevan hiljaisempia kuin dieselmootoreilla kulkevien. Onko hiljaisempi käynti selkeästi huomattavissa ja onko se vaikuttanut käytettävyyteen tai ajomukavuuteen?

Vastaus 1: Hiukan hiljaisempi, ei merkittävää vaikutusta

Vastaus 2: Kaasukuorma-autot ovat hiljaisempia muttei kuitenkaan loppujen lopuksi niin merkittävää eroa dieselihin. Tosin riippuu myös mallista ja merkistä. Esimerkiksi Scanian kaasumallit ovat Volvon malleja laadukkaampia ja samalla hyvin hiljaisia verrattuna Volvoon.

3. Onko pidemmillä matkoilla kaasua ollut aina asemilta saatavilla vai onko saatavuuden kanssa ollut ongelmia?

Vastaus 1: En ole ajanut kaasautolla kauas

Vastaus 2: Pääasiassa ajot on firmassamme hoidettu niin, että pidemmille matkoille (yli 200 km) on valittu diesel-käyttövoimainen kuorma-auto, joten isompia ongelmia kaasun tankkausasemien löytämisessä on ollut oman kokemukseni mukaan todella vähän. Pk-seudulla kaasuasemat sijaitsevat lähellä toimistamme.

4. Onko uudenlainen tankkausrutiini ollut helppo omaksua?

Vastaus 1: Ei ole, kaasuasemat ovat suunniteltu lähinnä henkilöautoja ajatellen, paine ei välttämättä riitä kaikkiin kellonaikoihin kuorma-autolle ja saattaa joutua ajamaan kauemmas tankkaamaan isommalle asemalle. Firman dieselautot tankataan firman pihassa ja siihen kuluu noin 10 min ylimääräistä, kaasun tankkauksessa menee yli 30 min.

Vastaus 2: On hyvinkin, tankkaus on monin kerroin helpompaa ja lisäksi siistimpää, kun ei tarvitse koskea kuin tankkauspistooliin sitä asetettaessa auton venttiiliin kiinnittäessä ja poistaessa (riskiä ylitäyttöroiskeille ei ole). Tankkauksen aikana voi hoitaa vaikka työpuhelun tai muita työasioita

5. Onko kaasukaluston tankkaamisessa eroja perinteisiin polttoaineisiin esimerkiksi tankkauksen keston tiimoilta?

Vastaus 1: Helppoa, kunhan tottuu. Kestää pidempään, mutta ajan voi istua lämpimässä autossa.

Vastaus 2: On, sillä kaasun tankkaukseen kuluu yleensä noin 10-15 min melkein tyhjästä tai 1/4 täytöstä. Verrattuna taas dieselin tankkauksen noin 5 minuuttiin.

6. Henkilöautojen kohdalla pikatankkausasemilla on monesti esiintynyt vajaatankkausta. Onko vastaavaa osunut omalle kohdalle?

Vastaus 1: Kyllä, sekä henkilö -että kuorma-autolla.

Vastaus 2: Ei ole.

7. Onko toimintasäteen tai polttoaineen kulutuksen kanssa tullut yllätyksiä tai vaikeuksia?

Vastaus 1: Ei ole, olen ajanut kaasuautoilla lähinnä PKS-alueella

Vastaus 2: Polttoaineen kulutus kaasulla ajettaessa huomattavasti pienempää kuin diesel-versiossa. Kantama on jonkun verran lyhyempi kuin diesel-autoilla eli ehkä noin 300-400 km vähemmän.

8. Onko kaasukaluston ajettavuudessa tai ajotuntumassa eroa dieselkalustoon?

Vastaus 1: Kiihtyvyys on kaasuautoissa parempi kuin dieselautoissa keskimäärin kokemuksen mukaan. Ajotuntuma on hyvä, käytännössä ei poikkea dieselautosta liikenteessä. Vaihteisto on joissain (automaatti) autoissa todella nopea, auto lähtee välittömästi liikkeelle jarrun päästäessä, ei ole ideaalinen ahtaissa paikoissa ajettaessa, kuitenkin toimiva.

Vastaus 2: Väännön puute isoin ongelma ja ehkä jopa omasta mielestä isoin puute!

9. Onko kaluston valmistajien välillä huomattavia eroja? (Scania, Volvo)

Vastaus 1: Vaihteisto on erilainen. Scanian vaihteisto muistuttaa dieselautoa enemmän kuin Volvon ja sitä on helpompi hallita ryömittäessä. Liikenteessä molemmat ovat hyviä.

Vastaus 2: On, Scania-malli on huomattavasti parempi ajettava matka-ajossa, mutta myös kaupungissa. Volvo sopii parhaiten kaupunkiajossa.

10. Onko kaasuautoissa tullut esiin yksittäisiä tai toistuvia epäkohtia tai ongelmia?

Vastaus 1: Eräässä Volvon autossa moottori jarruttaa voimakkaasti kaasun päästäessä, vaikuttaa merkittävästi ajoon negatiivisella tavalla. Kaasuhenkilöautoissa (Volkswagen Caddy) kiihtyvyys on hyvä noin 80km/h saakka, tämän jälkeen todella hidasta, vaikeuttaa liittymistä.

Vastaus 2: Volvoissa ongelmana on moottorin jäähdytysnesteen ylikuumeneminen usein. Myös jotkin anturiviat, joita havaittu myös Scaniaissa.

11. Onko kaasuautojen kylmäkäytössä tullut esiin ongelmia, esimerkiksi kylmäkäynnistyksessä?

Vastaus 1: Ei ole.

Vastaus 2: On ollut, Volvoissa ongelmakohta on käynnistysvaiheessa ja noin ensimmäisen minuutin ajan moottorin tyhjäkäynnin epätasaisuus ja hyppiminen. Tämä aiheuttaa joskus hieman epävarmuutta käytettävyyteen varsinkin pakkaskeleillä. Scaniaissa tämä ongelma on korjattu paremmalla tuotekehityksellä

12. Koetko kaasulla ajamisen turvalliseksi ja riskittömäksi kaikissa tilanteissa?

Vastaus 1: Kaiken toimiessa normaalisti kuorma-autossa, kyllä. Henkilöautolla hidas kiihtyvyys on yllättänyt liittymässä.

Vastaus 2: Kyllä yleisesti ottaen, vaikka kaasusäiliöt aiheuttavat turvallisuusriskin kylkitörmäystilanteessa

13. Millaiset ennakkajatukset kaasuautoilla ajamisesta oli ennen niiden käyttöönottoa? Oliko ennakkoluuloja ja millainen ensivaikutelma lopulta muodostui?

Vastaus 1: En pitänyt ideasta. Käytännössä varsin toimiva tankkausta lukuun ottamatta.

Vastaus 2: Positiiviset, odotin kaasuautoilla ajamista, sillä oletin ne hiljaisiksi ja rauhallisiksi ajo-ominaisuuksiltaan. Nämä kuvitelmat toteutuivat ainakin omalla kohdallani

14. Suositko ajotehtävissä mieluummin diesel- vai kaasuautoa? Miksi?

Vastaus 1: Ainoa ero on tankkauksen helppous. Keikan jälkeen menen mieluummin kotiin kuin lähden vielä tankkaamaan, ellei päivä ole liian lyhyt muutenkin. Tässä mielessä kaasuauto on hyvä.

Vastaus 2: Molemmat ovat hyviä, mutta dieselin vääntöominaisuudet ovat usein tärkeitä jos päästävä vaikka jyrkkä mäki varmasti ja tehokkaasti ylös. Kaasuauton ratissa kuitenkin viihdyn melkein yhtä hyvin.

15. Onko kaasukaluston käyttö muuttanut suhtautumistasi kaasukäyttöisiin kulkuneuvoihin? Voisitko esimerkiksi kuvitella hankkivasi kaasukäyttöisen henkilöauton itsellesi?

Vastaus 1: Voisin kuvitella, kunhan auto on riittävän tehokas.

Vastaus 2: Varauksin, isoin ongelmakohta on mainitsemani puute moottorin väännössä.

16. Loppuun voi kuvailla omin sanoin kokemuksiaan liittyen kaasukalustolla operointiin, esimerkiksi kehuja, haasteita, ongelmia tai kehitettävää.

Vastaus 1: Parempia kuin luulin, tankkausasemia pitäisi olla enemmän. Voisin hankkia itselleni kaasuauton tulevaisuudessa.

Vastaus 2: Scanian kaasukuorma-autossa on otettu huomioon monet ongelmakohdat ja korjattu/parannettu niitä, täten tuotteena on todella hyvä ja käyttökelpoinen kuorma-auto.