

Sisällysluettelo

JOUKLIK, 16.6.2020 16:00, Pöytäkirja

§ -3 Pöytäkirjan kansilehti (läsnäolijat)	1
§ -1 Pöytäkirjan kansilehti (vakiopykälät)	3
§ 27 Käteisen rahan palauttaminen käyttöön	4
Liite: Koiviston Auto Oy:n lausunto	7
Liite: Lehtimäen Liikenne Oy:n lausunto	8
§ 28 Lahden seudun linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivitys	9
Liite: Lahden linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivitys	11
§ 29 Tiedoksi merkittävät asiat	81
§ 30 Muut asiat	82
§ 9998 Oikaisuvaatimusohjeet ja valitusosoitus	83

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Pöytäkirja

n:o 5/2020

Aika: 16.06.2020 klo 16.00–17.46

Paikka: Askonkatu 2 Lahti 4. krs/Salpausselkä / sähköinen kokous

(* Paikalla Teams-etäyhteyden kautta

Läsnä:

Varsinaiset jäsenet:

Ulla Vaara, puheenjohtaja

Matti Airikka

Lasse Järvinen (*)

Sari Airamo

Olavi Kopo

Piia Uotinen (*)

Kimmo Huvinen (*, saapui klo 16.15
asiantuntijaesittelyn aikana

Liisa Korpela (*)

Jouko Aartolahti (*)

Mira Vilkmán (*)

Petri Koivula, poistui klo 16.10
asiantuntijaesittelyn alkaessa

Mika Järvinen

Toni Putula

Esittelijät:

Olli Alho

Jukka Lindfors, saapui klo 16.14
asiantuntijaesittelyn aikana

Varajäsenet:

Kristiina Mattila-Nousiainen (*)

Padasjoen kunnanjohtaja

Sysmän kunnanvaltuuston puheenjohtaja
Lahden kaupunginhallituksen edustaja

kaupunkikehitysjohtaja
kaupungininsinööri

Poissa:

Saara Kantanen

Ritva-Maija Kuuskoski

Marko Mikkola

Saija Hakonen

jäsen

jäsen

jäsen

jäsen

Asiantuntijat:

Katja Suhonen

Milja Kemppainen (*)

Jukka Järvinen (*)

Maria Niemi (*)

Sanna Suokas (*)

Anna Huttunen (*)

joukkoliikennepäällikkö

joukkoliikennesuunnittelija

joukkoliikennesuunnittelija

joukkoliikennesuunnittelija

yleiskaavoittaja, asiantuntijaesittely klo 16.10–
16.30, Lahden suunta -ehdotus

projektipäällikkö, asiantuntijaesittely klo 16.10–
16.30, Lahden suunta -ehdotus

Pöytäkirjanpitäjä:

Jaana Hovatov (*)

valmistelusihteeri

Lahden seudun joukkoliikennelautakunnan puolesta:

Ulla Vaara

Jaana Hovatov

Pöytäkirja tarkastettu ja hyväksytty Lahdessa kesäkuun 17. päivänä 2020

Sari Airamo

Jouko Aartolahti

Pöytäkirja on ollut nähtävillä yleisessä tietoverkossa osoitteessa <http://www.lahti.fi> Heinolan, Lahden ja Orimattilan kaupunkien sekä Asikkalan, Hartolan, Hollolan, Kärkölän, Padasjoen ja Sysmän kuntien osalta kesäkuun 18. päivänä 2020.

todistaa;

Jaana Hovatov

valmistelusihteeri

Kokouksen laillisuus ja päätösvaltaisuus

Päätös: Puheenjohtaja totesi kokouksen lailliseksi ja päätösvaltaiseksi.

Pöytäkirjan tarkastajien valinta

Puheenjohtajan ehdotuksesta tämän pöytäkirjan tarkastajiksi valittiin jäsenet Sari Airamo ja Jouko Aartolahti.

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 27

Käteisen rahan palauttaminen käyttöön

D/307/08.01.00.00/2020

Asian valmistelija /
Lisätietojen antaja

Joukkoliikennepäällikkö Katja Suhonen, p. 044 416 4658

Päätös

Päätösehdotus hyväksyttiin.

Päätösehdotus

Kaupungininsinööri Jukka Lindfors

Lautakunta päättää ottaa käteisen takaisin käyttöön 29.6. alkaen.

Perusteluosa

Joukkoliikennelautakunta päätti kokouksessaan 31.3.2020 § 18 lopettaa käteisen rahan käytön Lahden seudun liikenteen busseissa valmiuslain ajaksi. Päätös tuli voimaan 2.4.2020. Yhteiskunnan toimintojen palautuessa vähitellen normaaliksi, tarve käteisen käytön luopumiselle tulee arvioida uudelleen.

Perusteluna käteisen käytöstä luopumiselle oli kontaktien vähentäminen kuljettajan ja matkustajan välillä ja sitä kautta molempien terveyden turvaaminen koronaepidemian aikana. Asiakkailta on tullut palautetta pääosin käteisen käyttöön palauttamisen puolesta. Palautteita asiasta on saapunut 8.6. mennessä 36 kappaletta. On myös huomioitava, että suuri osa asiaa koskevista palautteista ei tule LSL:n palautejärjestelmiin, vaan kerrotaan suullisesti kuljettajalle tai kunnan edustajalle.

Erityisesti palautteissa on oltu huolissaan ikäihmisten mahdollisuuksista hankkia lippu muilla tavoin. Lisäksi palautetta on tullut siitä, että asiakas ei ole tiennyt, että käteinen ei käy maksutapana, ennen bussin kyytiin nousemista. Käteisen käytöstä luopumisesta on kuitenkin tiedotettu paikallislehdissä (Etelä-Suomen Sanomat, Itä-Häme, Omalähiö, Orimattilan aluelehti, Nastola-lehti, Hollolan Sanomat, Päijät-Häme, Orimattilan Sanomat), LSL:n nettisivuilla ja someissa, pysäkinäytöillä ja osalla pysäkeistä sekä busseissa.

Kiitoksia on tullut siitä, että bussilla kulkeminen on nyt nopeampaa ja sujuvampaa, kun kuljettajan ei tarvitse myydä erikseen lippua. Moni asiakas, joka on ennen käyttänyt kertalippua, on nyt löytänyt vaihtoehtoisia tapoja lipun hankkimiseen. Mobiililippuja myytiin huhtikuussa noin puolet helmikuuhun verrattuna, mikä osoittaa, että

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 27

mobiililipun käyttäjämäärät eivät ole laskeneet samassa suhteessa kuin joukkoliikenteen käyttäjämäärät.

THL on julkaissut ohjeen joukkoliikenteeseen COVID-19-tartuntojen ehkäisemiseksi 25.5. Ohjeen mukaan tärkein suojautumistoimenpide on se, että sairaana ei matkusteta eikä kuljettaja tule sairaana tai oireisena töihin. Tärkeää on myös etäisyyden pitäminen niin paljon kuin kulkuneuvon luonne käytännön toiminnan järkevän toteuttamisen kannalta sallii. Lisäksi kuljettajan ja matkustajien väliset kontaktit tulee pyrkiä minimoimaan suosimalla matkojen tilaamista ja maksamista verkossa tai erilaisten puhelinsovellusten avulla. Lisäksi kuljettajaa voidaan suojata erilaisilla turvaohjaamo- tai suojalevyratkaisuilla. Ohjeessa ei oteta kantaa käteisen käyttöön.

Turun seudun joukkoliikenteessä on otettu käteinen uudelleen käyttöön 1.6. alkaen.

Liikennöitsijöiltä pyydettiin lausuntoa käteisen palauttamisesta käyttöön. Koiviston Auto Oy:n mukaan käteisen rahan vastaanottamattomuutta tulisi jatkaa ainakin syyskuun loppuun asti. Perusteluina on epävarma koronavirustilanne, kuljettajien työn turvallisuus ja terveellisyys sekä mahdollinen sairauspoissaolojen kasvu ja sitä kautta työkykyisten kuljettajien riittämättömyys.

Lisäksi Koiviston Auton mukaan tilanne tarjoaa mahdollisuuden poistaa lippujen myynti linja-autoista pysyvästi. Rahankuljetus- ja käsittelykustannusten vuoksi jatkuvasti pienenevän käteisen rahan määrän käsittely voi osoittautua taloudellisesti kannattamattomaksi. Myös suurin osa kuljettajiin kohdistuvista väkivalta- ja uhkatilanteista käynnistyy lipunmyyntitilanteesta. Koiviston Auton lausunnon mukaan liikennöitsijä tarvitsee noin viikon valmistautumisaikaa ennen kuin lipunmyynti autoissa taas käynnistetään.

Myös Lehtimäen Liikenne Oy esittää, että käteistä rahaa ei tule palauttaa maksuvälineeksi LSL liikenteessä vielä lähitulevaisuudessa epidemian nykytila ja tarttumisriskit huomioiden. Lehtimäen Liikenteen mukaan kuljettajilta saadun palautteen perusteella linjojen aikataulussa pysyminen on ollut nyt aikaisempaa luotettavampaa. Lisäksi käteisestä rahasta luopumista puoltaa myös turvallisuuskäytäntö, jolloin kuljettajien riski joutua varkauden kohteeksi häviäisi. Myös Lehtimäen Liikenne esittää, että olisi harkittava kokonaan käteisestä luopumista, koska muut maksuvälineet ovat osoittautuneet toimiviksi vaihtoehdoiksi kaikenikäisille.

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 27

Pitkällä aikavälillä on edelleen tavoitteena, että käteisen käyttöä busseissa vähennetään ja että siitä voitaisiin jopa luopua tunniste pohjaisen lippujärjestelmän myötä. Näiden kokemusten myötä vaikuttaa siltä, että suurin osa käteisellä maksavista matkustajista on löytänyt vaihtoehtoisen tavan ostaa lippu, mutta toistaiseksi haasteena on ollut ikäihmisten lipunoston mahdollisuudet. Tulevaisuudessa tärkeää on huomioida tiedottaminen, pidempi siirtymäaika ja riittävän laajat vaihtoehtoiset mahdollisuudet ostaa matkalippu.

Mikäli käteistä ei palauteta käyttöön, tulee lipun saatavuutta parantaa muuten tiheimmin asutuilla alueilla. On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi itsepalveluautomaatti ei todennäköisesti helpota ikäihmisten tarpeita.

Muutoksenhaku

Oikaisuvaatimus

Toimenpiteet

Ote: toimivalta-alueen kunnat, Lehtimäen Liikenne Oy, Koiviston Auto Oy

Liitteenä

Koiviston Auto Oy:n lausunto
Lehtimäen Liikenne Oy:n lausunto

Yhtiömme mielestä käteisen rahan vastaanottamattomuutta tulisi jatkaa ainakin syyskuun loppuun asti.

Näkemyksemme perustelut ovat:

- Koronavirustilanne on hyvin epävarma ja asiantuntijat pitävät viruksen toisen aallon saapumista hyvin mahdollisena loppukesällä tai syksyllä.
- Työnantajana tehtävämme on vastata työpaikan turvallisuudesta ja terveellisyydestä. Käteisen rahan käyttöönotto heikentäisi oleellisesti mahdollisuuksiamme suojata henkilöstöämme ja huolehtia hygieniasta, koska suurin osa linja-autossa tapahtuvista lähikontakteista tapahtuu matkalippujen myynnin yhteydessä.
- Viruksen mahdollisesta uudesta leviämisestä aiheutuva sairauspoissaolojen kasvu johtaa liikenteen hoitamisen epävarmuuteen, jos työkykyisiä kuljettajia ei ole riittävästi.

Käsillä oleva tilanne tarjoaa myös mahdollisuuden poistaa lippujen myynti linja-autoista pysyvästi. LSL:n mobiilisovellus, nettilipunmyynti, lippuautomaatit ja nykyinen tilapäinen lipunmyyntikielto vähentävät joka tapauksessa voimakkaasti matkustajien tarvetta lipunostoon autoissa. Rahankuljetus- ja käsittelykustannusten vuoksi jatkuvasti pienenevän käteisen rahan määrän käsittely voi jo piankin osoittautua taloudellisesti kannattamattomaksi. Työturvallisuuskulmasta on myös huomioitava, että suurin osa kuljettajiin kohdistuvista väkivalta- ja uhkatilanteista käynnistyy lipunmyyntitilanteesta.

Tietojemme mukaan henkilöstömme jakaa kanssamme tässä esitetyt näkemykset.

Käteisen rahan palauttamiseen autoihin tarvitsemme valmistautumisaikaa noin viikon ennen lipunmyynnin käynnistymistä autoissa uudelleen.

Lahdessa 7.6.2020

Mikko Markkula
toimitusjohtaja
Koiviston Auto Oy

Lahden kaupunki, Katja Suhonen / Joukkoliikennelautakunta

”Lausunto – käteisen rahan palauttaminen käyttöön”

Lehtimäen Liikenne Oy lausuu pyynnöstä oman näkemyksen käteisen rahan palauttamisesta LSL liikenteessä :

- Epidemian nykytila ja tarttumisriskit huomioiden näemme että käteistä rahaa ei tule palauttaa maksuvälineeksi LSL liikenteessä vielä lähitulevaisuudessa – ja mielestämme olisi harkittavaa kokonaan käteisestä luopumisesta koska muut maksuvälineet on osoittautuneet varsin toimiviksi vaihtoehtoiksi kaikenikäisille. (mobiililippu, automaatit ym.)
- Kuljettajilta saadun palautteen perusteella linjojen aikataulussa pysyminen on käteisen rahan luopumisen jälkeen ollut aikaisempaa luotettavampaa – tämä huomioiden asiakasmäärien palautuminen normaalitasolle edesauttaisi myös jatkossa täsmällisempää liikennöintiä.
- Käteisestä rahasta luopumista puoltaa myös turvallisuuskäytäntö jolloin kuljettajien riski joutua varkauden kohteeksi häviäisi.

Lahdessa 8.6.2020

Terveisin

Mikko Lehtimäki
toimitusjohtaja
email: Mikko.Lehtimaki@LehtimakiGroup.fi

Lehtimäen Liikenne Oy
Kukkastie 5, 15560 Nastola

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 28

Lahden seudun linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivitys

D/2358/08.01.00.00/2017

Asian valmistelija /
Lisätietojen antaja

Joukkoliikennepäällikkö Katja Suhonen p. 044 4164658

Päätös

Päätösehdotus hyväksyttiin.

Päätösehdotus

Kaupungininsinööri Jukka Lindfors

Lautakunta merkitsee tiedoksi Lahden seudun linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivityksen. Seudullisen joukkoliikenteen tarkemmat käyttövoimatavoitteet määritellään, kun kansallinen lainsäädäntö on valmistunut.

Perusteluosa

Lahden seudun joukkoliikenteeseen on laadittu käyttövoimaselvitys vuonna 2016. Selvityksen jälkeen on tullut kuitenkin uusia tietoja eri käyttövoimavaihtoehtojen soveltuvuudesta linja-autoliikenteeseen. Lisäksi Lahden seudulla linjasto uudistuu runkolinjastosuunnitelman myötä ja nykyisten liikennöintisopimusten päättyessä 2019-2021.

Tämän vuoksi seudulliseen joukkoliikenteeseen laadittu käyttövoimaselvitys päivitettiin syksyllä 2019. Päivityksen laati WSP Finland Oy.

Lahden seudun liikenteen (LSL) tilaama liikenne koostuu pääosin torin ja matkakeskuksen kautta liikennöivistä heilurilinoista. Lahden kaupunkiliikennettä liikennöidään 92 bussilla, joilla liikennöidään yhteensä noin 8 milj. linjakm/v.

Uusiutuvaa biodieseliä valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta selluloosasta sekä jätteistä ja ruoantähteistä. Hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin fossiilisen dieselin. Dieseliä 10 % kalliimpaa uusiutuvaa biodieseliä voidaan käyttää kaikissa dieselbussissa. Julkisessa keskustelussa on noussut esille epävarmuus uusiutuvan biodieselin riittävydestä ja hintatason kehittymisestä. Toisaalta tutantomäärät ja jakelijoiden määrä todennäköisesti kasvavat markkinan kasvaessa.

Biokaasubussien (CBG) hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin dieselbussien. Typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöt ovat samalla tasolla kuin dieselbussissa. Merkittävä hyöty on, että

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 28

raaka-biokaasua (metaania) muodostuu yhdyskuntajätteiden ja jätevedenpuhdistamoiden lietteiden mädätyksessä joka tapauksessa. Biokaasun polttaminen ehkäisee kasvihuoneilmiötä, koska palamisreaktiossa metaani muuttuu vähemmän haitalliseksi hiilidioksidiksi. Lahden Kujalassa Labio on Suomen suurin biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitos. Kaasun jakelusta vastaa Gasum.

Sähkö on merkittävässä määrin yleistymässä kaupunkien linja-autoliikenteessä. Sähköbussit voivat olla pikaladattavia sähköbusseja, joissa on pienet 50–150 kWh akut tai hidasladattavia nk. akkubusseja, joissa on suuret 300–450 kWh akut. Akkujen hintataso on viime vuosina alentunut merkittävästi, minkä vuoksi akkubussit ovat vähitellen todennäköisin vaihtoehto kaupunkien linja-autoliikenteeseen. Akkubusseja ladataan standardoidulla lataustavalla, kun taas pikalatauksessa ei ole vielä standardia. Akkubussien latausteho on myös parantunut, mikä mahdollistaa melko nopean latauksen. Akkubusseilla yleisimmin lataus tapahtuu varikoilla ja ajosuorite on noin 200–300 km. Sähköbussien merkittävimpiä etuja ovat lähipäästöttömyys, hiljaisuus ja pienet käyttökustannukset.

EU:n puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivi on tullut voimaan 2.8.2019 ja sitä sovelletaan 2.8.2021 alkaen tehtävissä hankintasopimuksissa. Direktiivissä edellytetään, että vuosina 2021–2025 tehtävissä hankintasopimuksissa on vähintään 41 % puhtaita ajoneuvoja. Näistä käytännössä vähintään puolet täytyy olla sähköbusseja ja toinen puoli joko biokaasua tai uusiutuvaa dieseliä käyttäviä busseja. Toinen puoli voi olla myös sähköbusseja. Vuosina 2026–2030 solmittavissa hankintasopimuksissa vastaava vaatimus on 59 %.

Käyttövoimaselvityksen päivityksessä on tehty ehdotuksia eri linjoille sopivista käyttövoimista. Kansallinen lainsäädäntö direktiiviin liittyen on kuitenkin vasta tekeillä. Paikallisen joukkoliikenteen tarkempia käyttövoimasuunnitelmia ei ole syytä tehdä, ennen kuin tiedetään kansallisen lainsäädännön vaatimukset Lahden seudulle sekä se hyväksytäänkö kesällä 2021 alkava sähköbussiliikenne mukaan kansallisen lainsäädännön kiintiöihin.

Muutoksenhaku

Muutoksenhakukielto

Toimenpiteet

Ote: toimivalta-alueen kunnat

Liitteenä

Lahden seudun linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivitys

Lahden linja-autoliikenteen käyttövoimaselvityksen päivitys

Raportti



2.10.2019

TIIVISTELMÄ

Lahden kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2025 mennessä. Käytännössä tavoitteena on CO₂-ekvivalenttipäästön vähenemä 80 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2025 mennessä. Liikenteen osalta tavoitteena on päästöjen väheneminen noin 50 %. EU:n puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivi on tullut voimaan 2.8.2019 ja sitä sovelletaan 2.8.2021 alkaen tehtävissä hankintasopimuksissa. Direktiivissä edellytetään, että vuosina 2021–2025 tehtävissä hankintasopimuksissa on vähintään 41 % puhtaita ajoneuvoja. Näistä käytännössä vähintään puolet täytyy olla sähköbusseja ja toinen puoli joko biokaasua tai uusiutuvaa dieseliä käyttäviä busseja. Toinen puoli voi olla myös sähköbusseja. Vuosina 2026–2030 solmittavissa hankintasopimuksissa vastaava vaatimus on 59 %.

Lahden seudun liikenteen (LSL) tilaama liikenne koostuu pääosin torin ja matkakeskuksen kautta liikennöivistä heilurilinjoista. Lahden kaupunkiliikennettä liikennöidään 92 bussilla, joilla liikennöidään yhteensä noin 8 milj. linjakm/v.

Uusiutuvaa biodieseliä valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta selluloosasta sekä jätteistä ja ruoantähteistä. Hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin fossiilisen dieselin. Dieseliä 10 % kalliimpaa uusiutuvaa biodieseliä voidaan käyttää kaikissa dieselbusseissa. Julkisessa keskustelussa on noussut esille epävarmuus uusiutuvan biodieselin riittävydestä ja hintatason kehittymisestä. Toisaalta tuotantomäärät ja jakelijoiden määrä todennäköisesti kasvavat markkinan kasvaessa.

Biokaasubussien (CBG) hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin dieselbussien. Typenoksi- ja pienhiukkaspäästöt ovat samalla tasolla kuin dieselbusseissa. Merkittävä hyöty on, että raaka-biokaasua (metaania) muodostuu yhdyskuntajätteiden ja jätevedenpuhdistamoiden lietteiden mädätyksessä joka tapauksessa. Biokaasun polttaminen ehkäisee kasvihuoneilmiötä, koska palamisreaktiossa metaani muuttuu vähemmän haitalliseksi hiilidioksidiksi. Lahden Kujalassa Labio on Suomen suurin biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitos. Kaasun jakelusta vastaa Gasum. Myös Jokimaalle on suunnitteilla biokaasuvoimalaitos.

Sähkö on merkittävässä määrin yleistymässä kaupunkien linja-autoliikenteessä. Sähköbussit voivat olla pikaladattavia sähköbusseja, joissa on pienet 50–150 kWh akut tai hidasladattavia nk. akkubusseja, joissa on suuret 300–450 kWh akut. Akkujen hintataso on viime vuosina alentunut merkittävästi, minkä vuoksi akkubussit ovat vähitellen todennäköisin vaihtoehto kaupunkien linja-autoliikenteeseen. Akkubusseja ladataan standardoidulla lataustavalla, kun taas pikalatauksessa ei ole vielä standardia. Akkubussien latausteho on myös parantunut, mikä mahdollistaa melko nopean latauksen. Akkubusseilla yleisimmin lataus tapahtuu varikoilla ja ajosuorite on noin 200–300 km. Sähköbussien merkittävimpiä etuja ovat lähipäästöttömyys, hiljaisuus ja pienet käyttökustannukset.

Uusiutuvan biodieselin etuna on, että hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää noin 80–90 % nykyistä kalustoa käyttäen. Biokaasubussiliikenteeseen siirryttäessä isoimmat kustannukset aiheutuvat tankkausaseman rakentamisesta. Lahdessa nykyiset varikot sijaitsevat kaasuputkiverkoston läheisyydessä, mikä antaa hyvät mahdollisuudet kaasun tankkaukseen. Kaasun tankkausaseman hinta on yli 1,0 milj. eur, mitä lisää jonkin verran mahdollisten hidastankkauspaikkojen rakentaminen. Sähköbussiliikenteessä isoimmat kustannukset aiheutuvat korkeasta kaluston hankintahinnasta (noin 400 000 euroa) ja latausinfrastruktuurin rakentamisesta. Mahdolliset pikalatausasemat ovat kalliita, noin 250 000 eur/latausasema. Hidaslatauspaikkojen investointi on edullisempi alkaen noin 60 000 eurosta ja riippuen paikkojen määrästä. Uuteen käyttövoimaan siirryttäessä olisi luontevaa pidentää liikennöintisopimusten kestoja noin 10 vuoteen suurempien investointikustannusten vuoksi. Eri käyttövoimia arvioitaessa tärkeä näkökulma on myös linja-autoliikenteen käytettävyyden poikkeustilanteissa eri käyttötarkoituksissa.

Liikennettä kilpailutettaessa on huomioitava direktiivin edellyttämät puhtaiden ajoneuvojen vähimmäismäärät. Muussa liikenteessä voidaan antaa linjakilometrien suhteessa lisäpisteitä tai edetä käyttäen päästökattoa, jolloin päästökaton alittamisesta maksetaan bonusta.



ESIPUHE

Valtioneuvosto on asettanut tavoitteeksi liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisen 50 prosentilla vuodesta 2005 vuoteen 2030. Kansainvälisesti päästöjen vähentämistavoitteita linjaa Pariisin ilmastopöytäkirja. Euroopan unionin tasolla ilmastopolitiikkaa ohjaavat energia- ja ilmastopaketti sekä ilmastopolitiikka vuoteen 2050.

EU:n puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivin päivitys (CVD) edellyttää, että jatkossa merkittävä osa liikenteestä on sähköistä ja biopolttoaineita hyödyntävää. Vuosien 2021–2025 aikana tehtävissä hankintasopimuksissa 41 % busseista täytyy olla vähäpäästöisiä. Näistä ainakin puolet täytyy olla sähkökäyttöisiä. Toinen puolikas voi olla sähköbussien lisäksi kaasu- tai uusiutuvia polttoaineita käyttäviä busseja. Vuonna 2026–2030 tehtävissä hankintasopimuksissa vastaava osuus on 59 %.

Lahden kaupunki on strategiassaan ottanut tavoitteekseen edistää kestävästä kehityksestä mukaista yhdyskuntarakennetta ja liikkumista. Lahti on Green City, jonka tavoitteena on, että vuonna 2030 busiliikenne hoidetaan uusiutuvalla dieselillä, biokaasulla tai sähköllä. Lahden tavoitteena on olla hiili-neutraali vuoteen 2025 mennessä, mikä tarkoittaa kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂-ekvivalentti) vähentämistä 80 prosentilla vuoden 1990 tasoon verrattuna. Suurimmat päästövähennykset kohdistuvat kuitenkin muille tuotantoaloille kuin liikenteelle. Liikenteen päästöjen vähennystavoite vuoden 1990 tasosta vuoteen 2025 on noin 50 %.

Työtä on ohjannut projektiryhmä, johon ovat kuuluneet:

Katja Suhonen	Lahden kaupunki
Jukka Järvinen	Lahden kaupunki
Eira Rosberg-Airaksinen	Lahden kaupunki
Päivi Sieppi	Lahden kaupunki
Saara Vauramo	Lahden kaupunki

Konsulttina työssä on toiminut WSP, jossa työstä ovat vastanneet Simo Airaksinen, Ari Tuomainen, Antti Kataja, Henri Miettinen ja Ilmari Pyykkö.

Työ on alkanut toukokuussa 2019 ja on valmistunut lokakuussa 2019.

Työssä on haastateltu liikennöitsijöistä Nobinaa, Pohjolan Liikennettä ja Reissu-Ruotia. Lisäksi muiden töiden haastatteluista on hyödynnetty Koiviston Auton, Länsilinjojen, Savonlinjan ja Soisalon Liikenteen edustajien haastatteluita. Aiemmista töistä on hyödynnetty myös Scanian, Solariksen, VDL:n ja Volvon edustajien haastatteluita. Haastatteluilla on selvitetty, millä edellytyksillä liikennöitsijät voivat aloittaa liikennöinnin uudella käyttövoimalla ja minkälaiset näkemykset kalustovalmistajilla on kilpailukokonaisuuden järjestämisestä. Lisäksi työssä on haastateltu Paikallisliikenneliiton, Kuntaliiton, Nesteen edustajia ja Suomen Kaasuverkko edustajia.



KÄSITTEITÄ

Akkubussi	Nimitys ei ole täysin vakiintunut, mutta useimmiten akkubussilla tarkoitetaan sähköbussia, jota ei ole tarpeen ladata pikalatauksella pantografin avulla. Lataus tapahtuu yleisimmin hidaslatauksena varikolla.
Biodiesel	Ensimmäisen sukupolven biodieseliä valmistetaan öljypitoisista kasveista ja bioraaka-aineista. Ensimmäisen sukupolven biodieseliä ei välttämättä voi käyttää moottorissa muuten kuin fossiiliseen dieselpolttoaineeseen sekoitettuna. Toisen sukupolven biodiesel (ks. uusiutuva biodiesel).
Biokaasu	Liikennepolttoaineeksi jalostettua raakabiokaasua. Biokaasu on uusiutuva energianlähde. Biokaasua pidetään uusiutuvana energianlähteenä, koska se syntyy yhdyskuntajätteen (mm. kotitalouksien biojäte) ja jätevedenpuhdistamoiden lietteiden mädätyksessä muodostuvasta raakabiokaasusta.
CO ₂ -e	CO ₂ -ekvivalentti eli hiilidioksidiekvivalentti kuvaa eri kasvihuonepäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
CVD	Clean Vehicle Directive eli EU:n ns. Puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivi.
EEV	Kevytrakenteinen Euro 5-päästöluokan dieselbussi
HVO	Kts. uusiutuva biodiesel
Hybridibussi	Bussi, jonka käyttövoimana on sekä sähkö että dieselpolttoaine ja energiavara- rastona akut
Kaasubussi	Bussi, joka käyttää polttoaineena biokaasua (CBG) tai maakaasua (CNG)
Latausoperaattori	Lataussovelluksen ja/tai latauspalvelun toimittaja. Latauspalveluun voi sisäl- tyä mm. lataustapahtumien seuranta ja raportointi sekä latauslaitteiden tek- ninen valvonta ja huoltotoimenpiteiden koordinointi.
Maakaasu	Maakaasu on fossiilinen polttoaine. Maakaasusta jalostetaan liikennekaasua kaasuautojen polttoaineeksi. Liikennepolttoaineesta käytetään lyhennettä CNG (paineistettu maakaasu).
Nesteytetty kaasu	Liikennepolttoaineena nesteytettyä kaasua käytetään pääsääntöisesti ras- kaassa liikenteessä. Nesteytetyn kaasun lämpötila on -163 °C ja paine 1 bar. Nesteytetty kaasu voi olla alkuperän mukaan joko maakaasua (LNG) tai bio- kaasua (LBG).
Paineistettu kaasu	Liikennepolttoaineena paineistettua kaasua käytetään henkilöautoissa ja kaupunkibusseissa. Paineistetun kaasun lämpötila on 15 °C ja paine 200 bar. Paineistettu kaasu voi olla alkuperän mukaan joko maakaasua (CNG) tai bio- kaasua (CBG).
Pantografi	Sähköbussin katolle tai vaihtoehtoisesti latauslaitteeseen asennettava kom- ponentti, joka välittää sähkövirtaa bussiin sitä ladattaessa. Ks. myös virroitin- lataus.
Pikalataus	Bussilinjan varrella suoritettava lyhytkestoinen sähköbussin lataus (esimer- kiksi virroitinlataus)



Plug-in-hybridi	Hybridibussi, jossa on sekä polttomoottori (diesel) että sähköbussi. Tavanomainen hybridi kerää sähköä vain jarrutusenergiasta. Plug-in-hybrididiä ladataan joko varikolla tai linjan varrella, pääsääntöisesti pääte pysäkeillä.
Polttokenno	Hybridibussi, jossa on vedystä saatavan sähkön avulla käytettävä sähkömoottori. Sähköä tuotetaan polttokennossa tapahtuvan sähkökemiallisen reaktion avulla vedystä. Polttokennobussissa on useimmiten lisäksi akku tai superkondensaattori.
Pääte pysäkkilataus	Sähköbussiliikenteen järjestämistapa, jossa sähköbussuja ladataan päivän aikana linjan varrella ja lähtökohtaisesti myös bussivarikolla yön aikana
Raakabiokaasu	Yhdyskuntajätteen (mm. kotitalouksien biojäte) ja jätevedenpuhdistamon lietteiden mädätyksessä muodostuva kaasu
Rinnakkaishybridi	Hybridibussi, jossa on sekä poltto- että sähkömoottorilla mekaaninen yhteys vetäviin pyöriin. Voimanlähteenä voi toimia joko poltto- tai sähkömoottori tai molemmat yhdessä.
Sarjahybridi	Hybridibussi, jossa ei ole mekaanista yhteyttä polttomoottorin ja vetävien pyörien välillä. Polttomoottori pyörittää generaattoria, jonka tuottama sähkö ohjataan sähkömoottoriin tai varastoidaan akkuihin. Voimanlähteenä toimii sähkömoottori.
Sähköbussi	Bussi, jonka käyttövoimana on sähkö ja energiavarastona akut
Uusiutuva biodiesel	Toisen sukupolven biodieseliä eli uusiutuvaa biodieseliä voidaan käyttää tavallisissa dieselmoottoreissa sellaisenaan tai yhdessä fossiilisen dieselin kanssa. Uusiutuvaa biodieseliä valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta sellulosaasta sekä jätteistä ja ruoantähteistä. Uusiutuva biodiesel tarkoittaa samaa kuin uusiutuva diesel (HVO)
Varikkolataus	Bussivarikolla suoritettava sähköbussin lataus. Sähköbussiliikenne voi perustua myös pelkkään varikkolataukseen, jolloin se on toinen sähköbussiliikenteen järjestämistapa pääte pysäkkilatauksen ohella.
Vetybussi	kts. polttokenno
Virroitinlataus	Sähköbussin yläpuolelta tapahtuva automaattinen ja suuritehoinen latausmenetelmä, jossa käytetään pantografia eli virroitinta.
Well-to-wheel päästöt	Hiilidioksidipäästöt, kun huomioidaan energiantuotanto ja bussiliikenteen käytön aikaiset päästöt



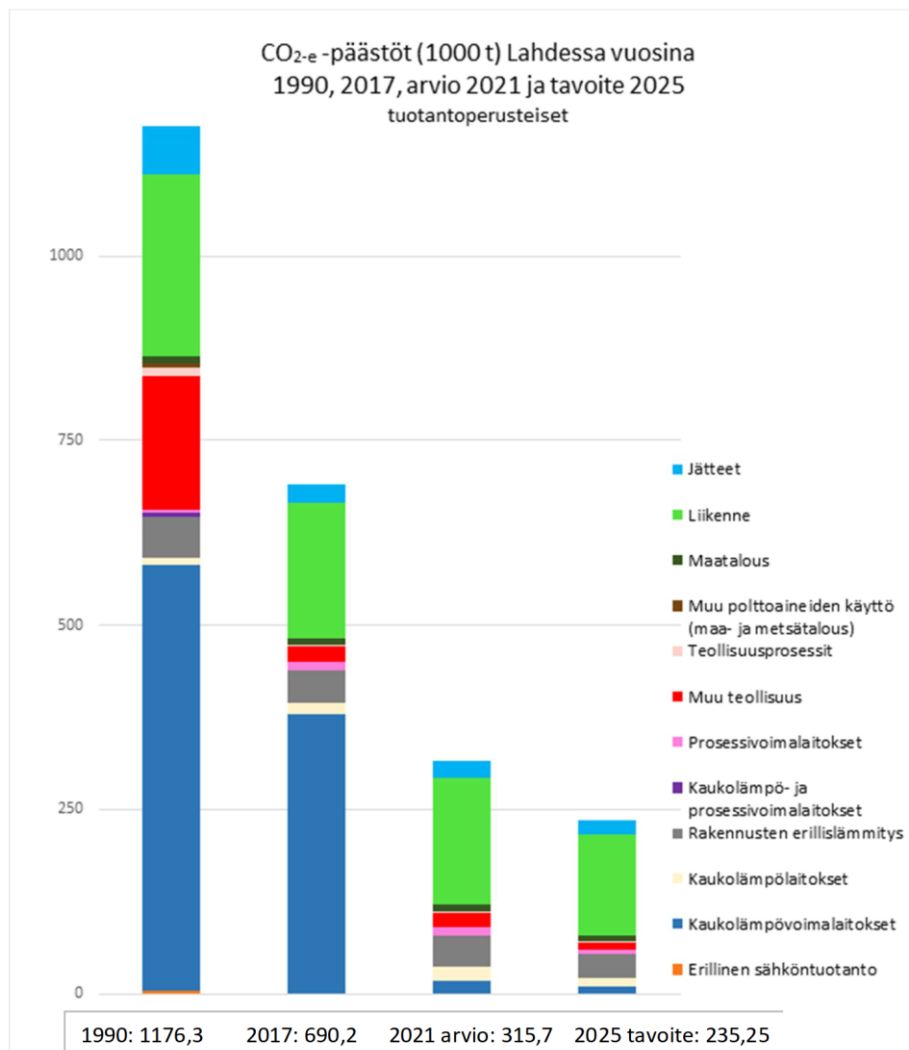
SISÄLTÖ

1.	Työn lähtökohdat ja tavoitteet.....	7
1.1.	Työn tausta ja tavoitteet.....	7
1.2.	EU:n puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskeva direktiivi.....	9
1.3.	Joukkoliikenne Lahdessa.....	11
1.4.	Helsingin, Tukholman ja Oslon tavoitteet.....	14
2.	Käyttövoimavaihtoehtojen kuvaus ja vaikutukset liikenteeseen ja kilpailutukseen.....	16
2.1.	Diesel.....	16
2.2.	Biokaasu.....	21
2.3.	Sähkö.....	28
2.4.	Yleiset vaikutukset.....	43
2.5.	Huomioitavia asiat poikkeusoloissa.....	46
3.	Käyttövoimavaihtoehtojen vertailu.....	48
3.1.	Päästöt ja kustannukset.....	48
3.2.	Roolit kaluston ja niiden vaatiman infran hankinnoissa.....	54
3.3.	Kooste käyttövoimien eduista ja haasteista.....	56
3.4.	Kokonaiskustannusten vertailu.....	58
4.	Suositukset ja etenemispolut Lahdessa.....	62
4.1.	Lähtökohdat.....	62
4.2.	Etenemispolku.....	67
	Lähteet.....	68
	Liite – Muita tarkasteltuja kilpailutusmalleja.....	69

1. TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

1.1. Työn tausta ja tavoitteet

Lahti on Green City, jonka tavoitteena on, että vuonna 2030 bussiliikenne hoidetaan biokaasulla tai sähköllä. Uusiutuvaa dieseliä ei ole kuitenkaan rajattu pois. Lahden tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2025 mennessä, kun valtakunnallinen valtioneuvoston asettama tavoite on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Kokonaispäästöinä CO₂-ekvivalenttien vähenemätavoite on 80 % vuoteen 2025 mennessä (vuoden 1990 tasoon verrattuna). 80 % vähenemä tarkoittaa hiilineutraaliutta, sillä hiilineutraaliuden idean katsotaan kuuluvan, että 20 % päästöistä uppoaa alueen hiilinieluihin tai kompensoidaan tai poistetaan muuten esim. teknologioiden avulla. Liikenteen osalta tavoitteeksi on asetettu CO₂-e päästöjen väheneminen 50 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2025 mennessä. CO₂-e -päästöt Lahdessa vuosina 1990 ja 2017 sekä arvio vuosille 2021 ja tavoite vuodelle 2025 on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 1. Lahti-Nastolan maantieteellisen alueen tuotantoperusteiset päästöt 1990 ja 2017, arvio vuodelle 2021 ja tavoite 2025 (Lahden kestävän energian ja ilmastomuutoksen toimenpidesuunnitelma vuoteen 2030, Lahti, SECAP 2019 – 2030, Eira Rosberg).



Lahden tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2025.

Lahti tavoittelee 80 % päästövähennystä vuonna 2025 vuoteen 1990 mennessä.

Loppu 20 % kompensoituu hiilinieluilla tai muilla kompensatioilla.

Liikenteen osalta vastaavan ajanjakson päästövähennätavoite on 50 %.

Lahden seudun joukkoliikenteen ja raskaan liikenteen tarpeisiin on laadittu käyttövoimaselvitys vuonna 2016. Tekniikka on kehittynyt vuoden 2016 jälkeen merkittävästi, minkä vuoksi on katsottu hyväksi päivittää käyttövoimaselvitystä. Markkinoille on tullut esimerkiksi jätteistä valmistettua uusiutuvaa biodieseliä ja lisäksi kaasubussitekniikka on kehittynyt. Sähköbussien osalta parhaimmaksi katsottiin vuonna 2016 ladattavat hybridit (plug-in hybridi). Nämä olisivat soveltuneet Lahden linjastoon, jolloin ruuhka-aikaan ei olisi ollut haitaksi, mikäli busseja ei olisi ehditty ladata. Ladattavat hybridit eivät ole kuitenkaan yleistymässä markkinoille ja niitä valmistaa ainoastaan yksi Suomessa yleinen kalustovalmistaja, Volvo. Lisäksi sähköbussien akkujen koot ovat kasvaneet, minkä myötä pikaladattavilla sähköbusseilla voidaan liikennöidä laajemmin, vaikka niitä ei ehdittäisi ladata kaikilla kerroilla linjan varrella. Aivan viime aikoina akkubussit ovat olleet selkeästi yleistymässä akkujen hintatason alennuttua, minkä myötä busseilla voidaan liikennöidä pidempiä matkoja yhdellä latauksella.

Lahdessa linjasto on uudistumassa runkolinjastosuunnitelman myötä. Liikennettä ollaan kilpailuttamassa vuonna 2019 siten, että uusien liikennöintisopimusten mukainen liikenne alkaa elokuussa 2020. Runkolinjastoon siirrytään vaiheittain vuosina 2019–2022 alkavissa liikennöintisopimuksissa. Mikäli uusia käyttövoimia otetaan käyttöön, on tarve ratkaista kilpailutukset mieluiten vuotta aiemmin.

Käyttövoimaselvityksessä tavoitteena on ollut tutkia yleisellä tasolla eri käyttövoimavaihtoehtojen (sähkö, kaasu, biodiesel, vety) soveltuvuus kaupunkiliikenteen bussien käyttövoimana. Lisäksi tavoitteena on ollut vertailla eri käyttövoimavaihtoehtoja päästöjen ja kokonaiskustannusten näkökulmasta. Työssä on selvitetty myös yleinen käytäntö joukkoliikennetoimijoiden rooleista eri käyttövoimavaihtoehtoisissa ja kustannusten kohdentumisesta eri osapuolille sekä kaluston saatavuus tällä hetkellä ja lähivuosina. Keskeisenä tarkasteltavana asiana on ollut eri käyttövoimien soveltuvuus Lahden seudun joukkoliikenteeseen sekä millä tavoin Lahden seudulla olisi liikennettä kilpailutettaessa hyvä edetä.



1.2. EU:n puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskeva direktiivi

Euroopan unionin (EU) komissio on antanut 20.6.2019 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2019/1161 puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämisestä annetun direktiivin 2009/33/EY muuttamisesta. Direktiivin muutos tuli voimaan 2.8.2019, 20 päivää sen julkaisemista EU:n virallisessa lehdessä.

Direktiivin muutoksen taustalla on komission 22.1.2014 antama tiedonanto Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020–2030, jossa vahvistetaan unionin sitoutuminen toimiin, joilla on tarkoitus vähentää kasvihuonepäästöjä vuoteen 2030 mennessä ainakin 40 % vuoden 1990 tasosta. EU-parlamentin ja neuvoston direktiivissä (EU) 2018/2001 (uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä) on asetettu tavoitteeksi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuuden nostaminen vähintään 32 prosenttiin energian kokonaisloppukulutuksesta unionissa vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi direktiivissä (EU) 2018/2002 (energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta) on asetettu unionille uusi vähintään 32,5 prosentin energiatehokkuustavoite vuodeksi 2030.

EU:n puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskeva direktiivi (CVD) edellyttää, että vuosina 2021–2025 tehtävissä uusissa hankintasopimuksissa 41 % on joko sähköbusseja tai muita puhtaita ajoneuvoja (uusiutuva diesel tai biokaasu). Osuudesta vähintään puolet täytyy olla kuitenkin sähköbusseja. Vuosina 2026–2030 tehtävissä hankintasopimuksissa vastaava osuus on 59 %.

Joukkoliikenteen kehittäminen on tärkeää puhtaiden ajoneuvojen edistämisen ohella. Joukkoliikenteen kehittäminen on keino vähentää liikenneuhkia ja siten myös päästöjä ja ilmanlaatua. Lisäksi liikkuvuutta ja kaupunkisuunnittelua on tarpeen koordinoita entistä paremmin esimerkiksi kestävien kaupunkiliikenteen suunnitelmien avulla. Joukkoliikenteen kehittämistä puhtaiden ajoneuvojen edistämisen ohella on korostettu EU-komission 31.5.2017 antamassa tiedonannossa ”Eurooppa liikkeellä – Puhdas, kilpailukykyinen ja verkotettu liikenne ja liikkuvuus kaikille sosiaalisesti oikeudenmukaisella tavalla”.

Puhtaiden ajoneuvojen edistämisen tärkeimpiä tavoitteita ovat hiilidioksidipäästöjen (CO₂) vähentyminen sekä ilman epäpuhtauksien (typenoksidit NO_x ja pienhiukkaset PM) ja melusaasteen vähentyminen. Puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskevassa direktiivissä katsotaan myös, että kiertotalouden periaatteet edellyttävät lisäksi tuotteiden käyttöiän pidentämistä. Sen vuoksi, mikäli ajoneuvot täyttävät jälkiasentamisen myötä puhtaille ja päästöttömille ajoneuvoille asetetut vaatimukset, olisi nämä otettava huomioon hankintojen vähimmäistavoitteiden saavuttamisessa.

Direktiivi koskee vain kaupunkiliikenteen linja-autoja. Direktiivi ei koske seutuliikenteen ja pitkämatkaisen liikenteen korkealattiaisia linja-autoja, joissa on vain vähän tai ei lainkaan seisomapaikkoja. Seutuliikenteen ja pitkämatkaisen liikenteen linja-autot on jätetty direktiivin ulkopuolelle, koska näissä julkisten hankintojen rooli on vähäisempi ja näiden markkinat eivät ole vielä riittävän kehittyneet.

Jäsenvaltiot voivat jakaa vastuuta kansallisesti siten, että direktiivissä olevat kokonaistavoitteet saavutetaan. Vastuun jakaminen voidaan tehdä liikennepoliittisten tavoitteiden mukaisesti ja huomioiden esimerkiksi eri alueiden taloudelliset erot, ilmanlaatu, väestötiheys, liikennejärjestelmän erityispiirteet tai esimerkiksi toimet ilman epäpuhtauksien vähentämiseksi. Suurin vaikutus puhtailta ajoneuvoilla voidaan saada alueilla, joilla ilma on eniten saastunutta ja melua on paljon. Käytännössä tämä painottaa kaupunkien keskusta-alueita. Koska kansallisesta soveltamisesta ei ole tarkempaa tietoa, on perusteltua, että esimerkiksi Lahdessa tavoitellaan direktiivissä esitettyjä vähimmäistavoitteita.



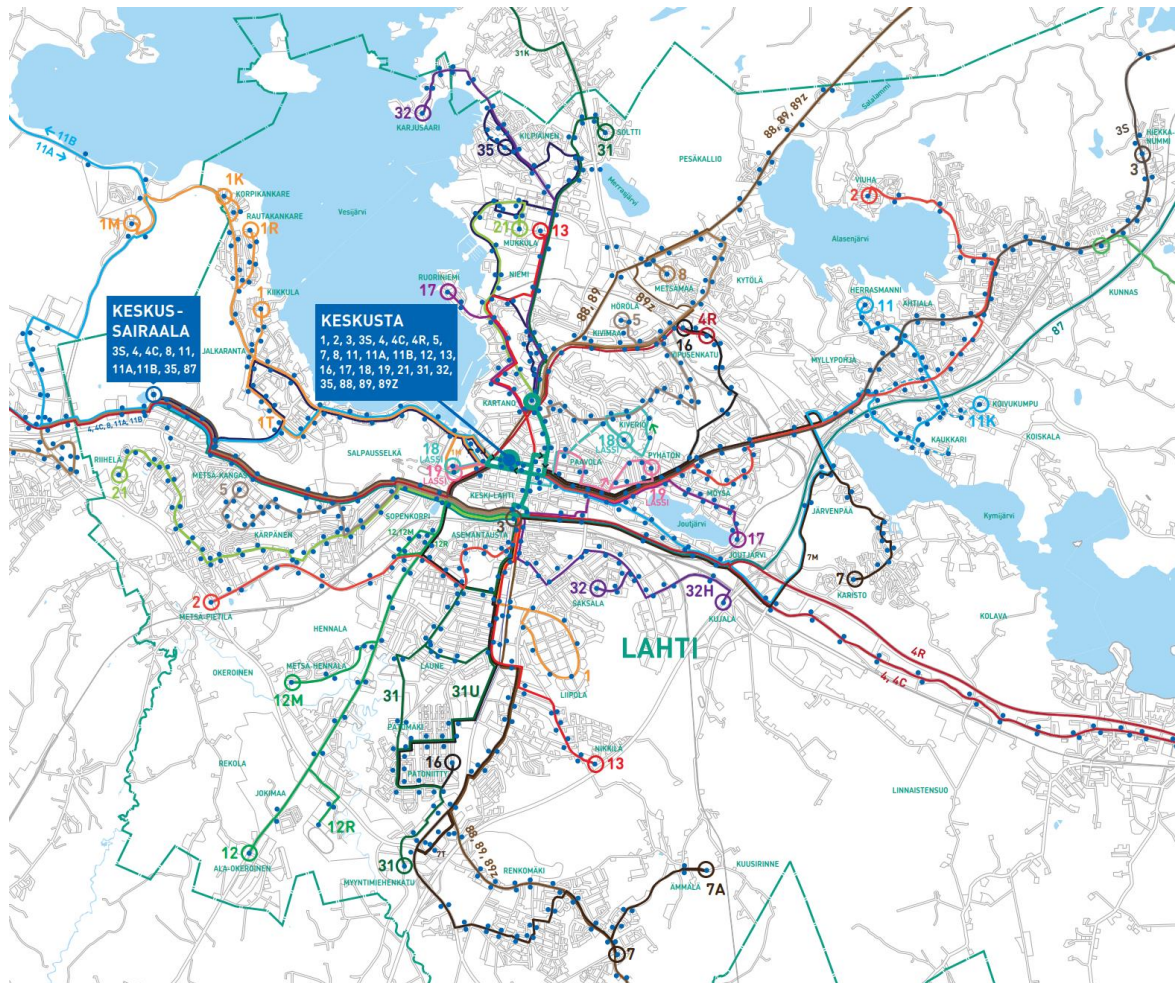
Direktiivissä on esitetty jäsenvaltioittain vähimmäistavoitteet kevyille ajoneuvoille sekä raskaille kuorma-autoille ja linja-autoille puhtaiden ajoneuvojen osuudesta. Suomea koskevaksi tavoitteeksi linja-autoille (M3-ajoneuvoluokka) on asetettu, että vuoden 2025 loppuun mennessä 41 % on puhtaita ajoneuvoja ja vuoden 2030 loppuun mennessä 59 % on puhtaita ajoneuvoja. Ensimmäistä kautta kevyä tavoite alkaa 2.8.2021 ja on voimassa vuoden 2025 loppuun. Jälkimmäisen kauden tavoite on voimassa vuosina 2026–2030. Direktiiviä sovelletaan ko. kausien aikana tehtävissä hankintasopimuksissa, joiden mukainen liikenne alkaa käytännössä 6–12 kk hankintasopimuksen tekemisen jälkeen. Puolet puhtaiden linja-autojen osuutta koskevasta vähimmäistavoitteesta on täytettävä hankkimalla päästöttömiä linja-autoja eli käytännössä sähköbusseja. Loppuosa voi olla sähköbussien sijasta vaihtoehtoisesti myös uusiutuvalla biodieselillä tai biokaasulla liikennöiviä linja-autoja. Direktiivin vaatimukset täyttäviä uusiutuvia biodieseleitä ovat mm. Nesteen MY, Teboilin Green+ ja UPM:n BioVerno. Harkittaessa tavoite voidaan saavuttaa myös käyttäen pelkästään sähköbusseja. Vähimmäistavoitteet lasketaan hankintasopimuksissa hankittavien ajoneuvojen kokonaismäärästä. Osuuksien ei siis ole tarve olla kaikissa sopimuksissa samansuuruinen, vaan osuus lasketaan aina kunkin hankintayksikön osalta.

Direktiiviä sovelletaan sopimukseen, joiden hankintasopimus on tehty direktiivin voimassaoloaikana. Kalustovaatimuksissa on kuitenkin hyvä huomioida tavoitteiden kiristyminen jälkimmäisellä kaudella ja tavoite, että alueelle hankittu kalusto on käytettävissä koko elinkaarensa ajan Lahden seudulla.

Kevyitä ajoneuvoja koskevana vaatimuksena on Suomen osalta, että sekä ensimmäisellä (2.8.2021–31.12.2025) että toisella kaudella (vuosina 2026–2030) 38,5 % on päästöttömiä ajoneuvoja eli käytännössä sähköajoneuvoja. Tämä koskee esimerkiksi Lahden seudun osalta kuntien hankkimia koululaiskuljetuksia ja sosiaali- ja vammaispalvelulain mukaisia matkoja. Tavoite on haasteellinen, koska tässä ajoneuvoluokassa sopivan sähkökaluston osuus on toistaiseksi vähäinen. Direktiivin mukaan jäsenvaltioiden on voitava kuitenkin vapauttaa pyörätuolin käyttäjille tarkoitetut M1-ajoneuvoluokkaan kuuluvat ajoneuvot vaatimuksista.

1.3. Joukkoliikenne Lahdessa

Lahden kaupunkiseudun linja-autoliikenteen linjat on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 2. Lahden linjakartta.

Lahden seudun liikenteessä on 18 paikallisliikenteen linjaa, joista useassa on erilaisia kirjain-/reitti-variaatioita. Linjastoon kuuluvat myös Hollolan suunnan linjat, joilla reitin toinen pää on Lahden kaupungin alueella sekä Orimattilan ja Heinolan väliset seutulijat.

Lahden seudun liikenne kilpailutettiin kahdeksana sopimuskohteena vuonna 2014 alkaneessa liikenteessä. Vanhoista sopimuksista kaksi on vielä voimassa, kolmessa kohteessa on käytössä kahden vuoden optiokausi, jotka päättyvät kesällä 2021 ja kolme kohteista on kilpailutettu uudelleen. Kaikkiaan kaupunkiliikenteen liikennöintiä hoidetaan 92 autolla, jotka ajavat yhteensä noin 8 miljoonaa linjakilometriä vuosittain. Seuraavassa taulukossa on esitetty Lahden liikenteen jakautuminen kohteittain.

Lahden linjasto koostuu pääosin torin ja matkakakeskuksen kautta liikennöivistä heilurilinjoista. Lahden kaupunkiliikennettä liikennöidään 92 bussilla, joilla liikennöidään yhteensä noin 8 milj. linjakm/v.



Taulukko 1. Lahden kaupunkiseudun bussiliikenteen sopimuskohteet. Lihavoinnilla on merkitty kohteet, joissa on optiokausi käytössä (tilanne heinäkuussa 2019).

SOPIMUSKOHDE	LINJAT	KALUSTO- MÄÄRÄ	SOPIMUS ALKAA	SOPIMUS PÄÄTTY	OPTIOKAUDEN PITUUS
Kohde 1	1, 1K, 1M, 1R, 1T, 16, 35	8	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 2	2, 3	12	1.7.2014	30.6.2020	2 v
Kohde 3	5, 21	10	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 4	7	6	1.7.2018	30.6.2020	-
Kohde 5	12, 13, 17, L1, L2	6	1.7.2018	30.6.2020	-
Kohde 6	6, 31, 32	10	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 7	86-94	15	1.7.2014	30.6.2020	2 v
Kohde 8	4, 8-11, 51, 52, 54-56, 62, 63, 98	25	1.7.2019	31.5.2026	2 v

Näiden lisäksi Lahden seudun toimivaltaisen viranomaisen alueella on muuta seutuliikennettä, joka on jätetty tämän työn tarkastelun ulkopuolelle. EU:n puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskeva direktiivi ei myöskään koske tätä liikennettä, jossa liikennöidään korkealattiaisella kalustolla.

Uusien käyttövoimavaihtoehtojen pohdinta on tärkeää ympäristönäkökohdista. Lisäksi joukkoliikenteen imago paranee ja hyvin markkinoituna uusi käyttövoima voi kasvattaa myös joukkoliikenteen kulkutapaosuutta. Matkustajan kokemus joukkoliikenteestä on kokonaisvaltainen, ja siihen vaikuttaa käyttövoiman lisäksi moni muukin tärkeä osatekijä. Tarkoituksenmukainen ja selkeä linjasto, riittävän lyhyet vuorovälit ja odotusajat, liikennöinnin nopeus ja luotettavuus, bussien ja pysäkkien siisti yleisilme sekä ystävällinen ja asiantunteva asiakaspalvelu luovat houkuttelevuutta joukkoliikenteeseen. Näiden lisäksi matkaketjujen toimivuus ja ”first ja last mile”-ongelman, eli sujuvien yhteyksien pysäkillä ja pysäkiltä matkan lopulliseen kohteeseen, huomioiminen.

Runkolinjasto

Runkolinjastosuunnitelma on osa Lahden kaupungin talouden tasapainottamisohjelmaa. Tavoitteena on matkustajamääriä kasvattamalla ja kustannustehokkuutta parantamalla pienentää Lahden kaupungin vuotuista subventiota miljoona euroa vuodesta 2022 eteenpäin.

Liikennöintisopimusten päättyessä liikenne tullaan kilpailuttamaan uudelleen vuosien 2019–2022 aikana ja uudet runkolinjat otetaan käyttöön vaiheittain kilpailutusten edetessä. Runkolinjastosuunnitelman tarkoituksena on nopeuttaa joukkoliikenteen matka-aikoja, parantaa keskustan reuna-alueiden saavutettavuutta sekä tarjota parempaa palvelutasoa niillä alueilla, joilla asuu runsaasti potentiaalisia joukkoliikenteen käyttäjiä.



Kuva 3. Runkolinjasto, luonnosversio 1 (LSL: Runkolinjastosuunnitelma, raportti).

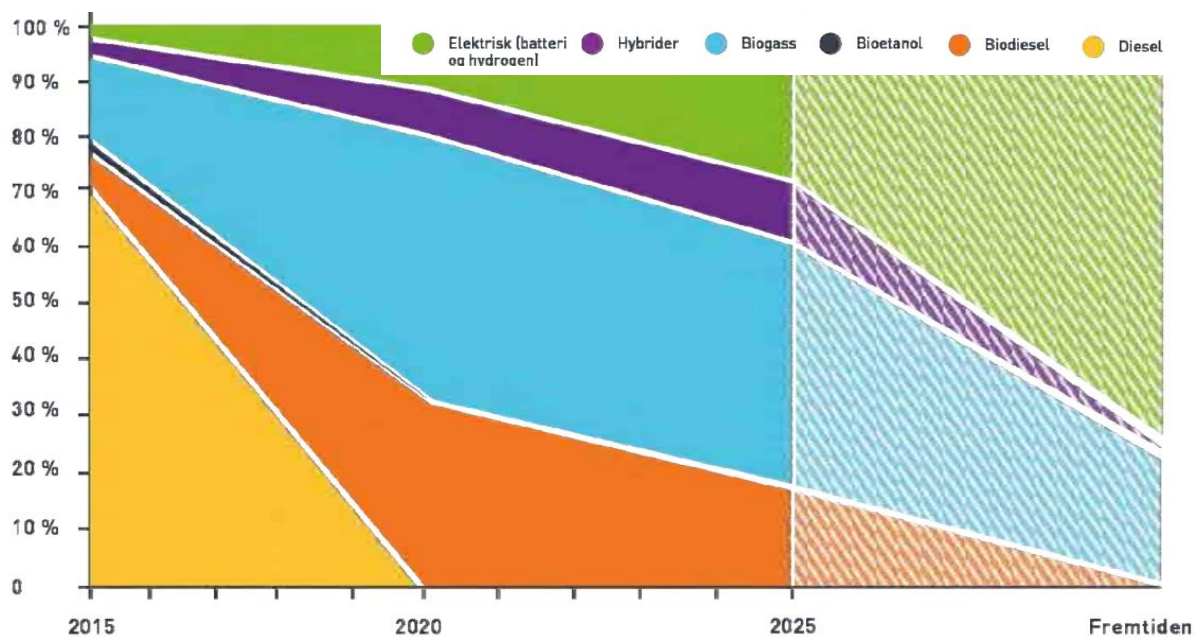


Kuva 4. Runkolinjasto ja täydentävät linjat, luonnosversio 1 (LSL: Runkolinjastosuunnitelma, raportti).

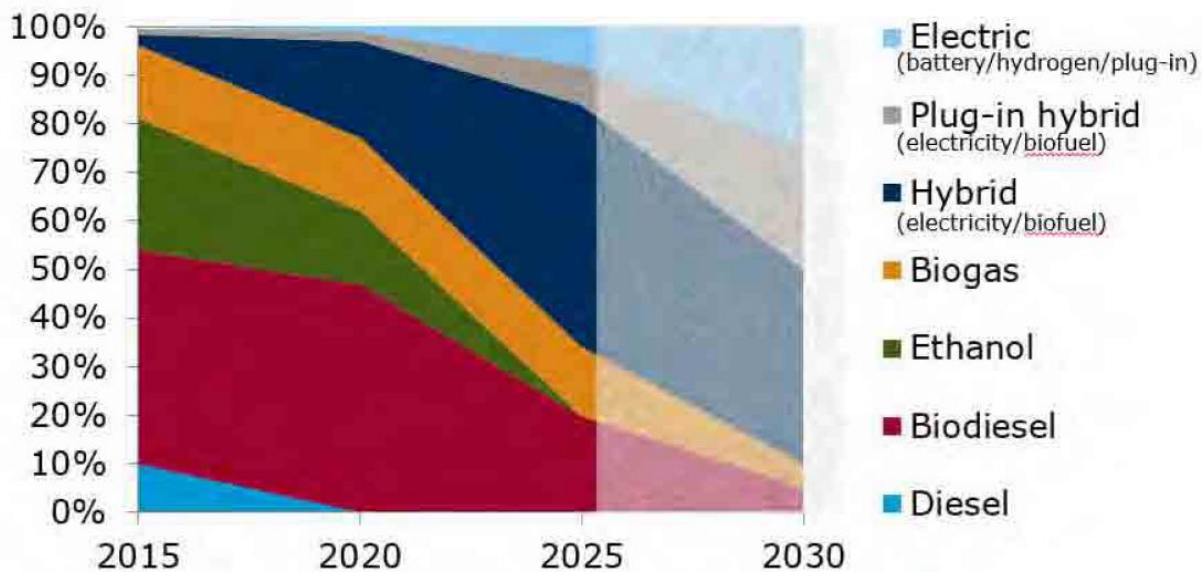
1.4. Helsingin, Tukholman ja Oslon tavoitteet

Helsingin seudun (Helsingin seudun liikenne, HSL), Tukholman seudun (SL) ja Oslon seudun (Ruter) joukkoliikenteen toimivaltaisten viranomaisten tavoitteet bussiliikenteen käyttövoimavaihtoehtojen kehitykselle on esitetty seuraavissa kuvissa. Kaikilla seuduilla on tavoitteena fossiilisen dieselin käytön vähentäminen.

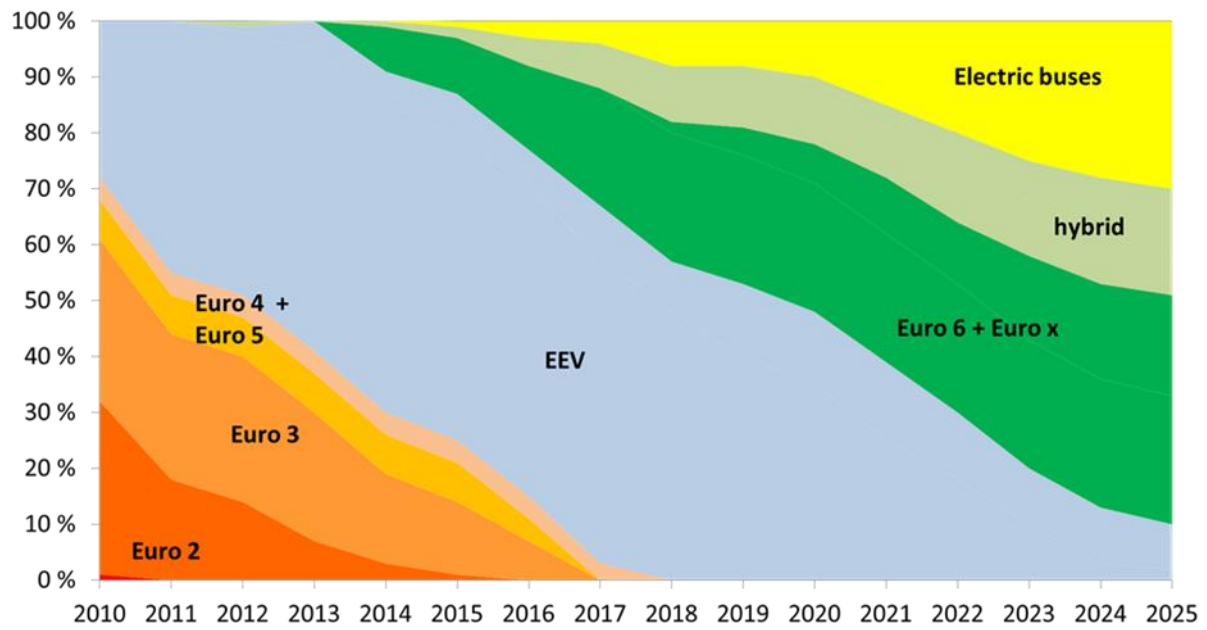
HSL:n tavoitteena on leikata joukkoliikenteen lähipäästöjä sekä hiilidioksidipäästöjä yli 90 prosenttia vuodesta 2010 vuoteen 2025. Tavoitteeseen pääseminen ei onnistu ilman uusinta ajoneuvoteknologiaa, parhaimpia polttoaineita ja sähköbussien käyttöönottoa.



Kuva 5. Ruterin tavoitteet bussiliikenteen käyttövoimavaihtoehtojen kehittämisestä Oslon seudulla



Kuva 6. SL:n tavoitteet bussiliikenteen käyttövoimavaihtoehtojen kehittämisestä Tukholman seudulla



Kuva 7. HSL:n tavoitteet bussiliikenteen käyttövoimavaihtoehtojen kehittymisestä pääkaupunkiseudulla

2. KÄYTTÖVOIMAVAIHTOEHTOJEN KUVAUS JA VAIKUTUKSET LIIKENTEeseen JA KILPAILUTUKSEEN

2.1. Diesel

2.1.1. Fossiilinen diesel

Diesel on bussiliikenteen perinteisin käyttövoima ja useimmat Suomessa käytössä olevista busseista on varustettu dieselmotorilla. Dieselöljy on fossiilinen polttoaine, jonka saatavuus maailmanlaajuisesti on hyvin pitkällä aikavälillä rajallista. Lähivuosikymmenten aikana dieselöljyn saatavuus on kuitenkin erinomainen.



Kuva 8. Volvon dieselkäyttöinen telibussi

Dieselbusseja valmistetaan 2-akselisina busseina (pituus noin 11–13 m), 3-akselisina telibusseina (pituus noin 15 m) sekä nivel- ja tuplanivelbusseina (pituudet 18 m/24 m). Suomessa eri kaupunkiseuduilla liikennöidään pääasiassa 12–13 metrin pituisilla 2-akselisilla busseilla ja 15 metrin pituisilla telibusseilla. 2-akselisessa dieselbussissa on noin 30–40 istumapaikkaa ja telibussissa noin 50 istumapaikkaa.

Suomen markkinoilla dieselbusseja on saatavana useilta kalustotoimittajilta, kuten Irisbus, Iveco, Mercedes-Benz, Scania, Solaris, VDL ja Volvo. Dieselbussin käyttöikä on Suomessa kaupunkiliikenteessä noin 15 vuotta. Dieselbussien jälkimarkkinat ovat melko vakiintuneita ja ennustettavia, joten dieselbussille voidaan arvioida jälleenmyyntiarvo.

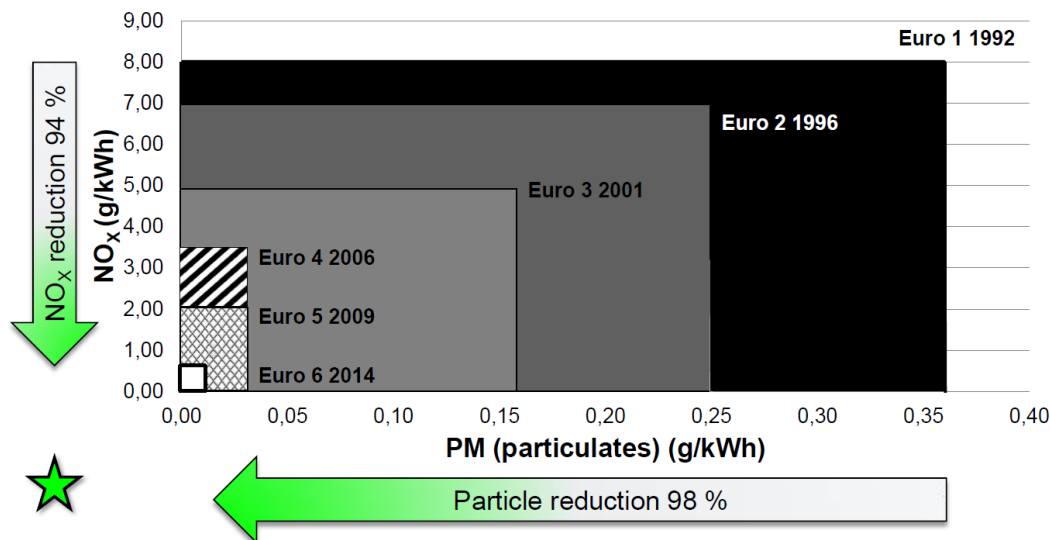


Kuva 9. Dieselbussi liikenteessä HSL-alueella (Kuva: VDL)

Kaupunkidieselbussin toimintasäde on noin 600 kilometriä. Kaupunkiajossa 2-akselinen dieselbussi kuluttaa noin 33 l/100 km. Modernissa dieselbussissa käytetään myös AdBlue -lisäainetta, joka vähentää typpioksidipäästöjä. AdBlue-aineen kulutus on noin 1,4 l/100 km. Dieselmoottorien kehitys on viime vuosina kulkenut kohti pienempiä ja tehokkaampia moottoreita, minkä avulla polttoaineen kulutusta on saatu jonkin verran laskettua.

Dieselpolttoaineen saatavuus ja toimitusvarmuus ovat Suomessa erinomainen. Bussien tankkaus voidaan järjestää varikolla tai varikon ulkopuolisella tankkausasemalla. Polttoaineen tankkaamiseen menee aikaa joitakin minuutteja. Dieselmoottori tuottaa vain vähän hukkalämpöä, joten bussin moottorin ja sisätilojen lämmittämiseksi talvella tulee bussit varustaa dieselkäyttöisellä lisälämmittimellä. Lisälämmittimen polttoaineenkulutus on noin 3 litraa/tunti.

Dieselbussi aiheuttaa erityisesti typpioksidi-, pienhiukkas- ja kasviuonekaasupäästöjä. Nykyisissä EURO 6 -päästöluokan dieselbussissa typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöt ovat vanhempiin dieselbussisiin verrattuna selkeästi vähäisempiä (Kuva 10).



Kuva 10. Euro -päästöluokkien päästöt (Kuva: Scania).

Dieselbussit aiheuttavat myös liikennemelua, joka koostuu moottorimelusta sekä ajoneuvon vierintämelusta. Kaupunkiliikenteessä moottorin aiheuttama melu on hallitsevassa asemassa aina taajama-nopeuksilla ajettaessa. Vasta yli 50 km/h nopeuksilla vierintämelu on hallitsevampaa. Kaupunkiliikenteessä toistuvat kiihdytykset, jarrutukset sekä tyhjäkäynti lisäävät dieselbussin aiheuttamaa melua ja päästöjä.

Dieselbussiliikenteen kilpailuttaminen on jo vakiintunutta Suomessa. Pääsääntöisesti pyritään sopimuskausiin, joiden pituudet ovat 5–7 vuotta + 1–3 vuoden optiot. Vähintään viiden vuoden sopimus mahdollistaa kaluston takaisinmaksun sopimusaikana ilman liikennöintikustannusten merkittävää kasvua.

Dieselbussiliikenne on liikennöitsijöille tuttua, joten he huolehtivat itse kaluston hankinnasta tilaajan määrittämien kalustovaatimusten mukaisesti. Pääsääntöisesti liikennöitsijät vastaavat myös varikon järjestämisestä. Joissain kilpailutuksissa tilaaja on tarjonnut varikkoa tai varikkopaikkaa, mitä liikennöitsijä voi halutessaan hyödyntää. Kaluston tankkaus voidaan järjestää huoltoasemalla tai varikolla. Liikennöitsijät huolehtivat itse tankkauksen järjestämisestä ja tarvittavista sopimuksista.

2.1.2. Biodiesel

Dieselpolttoainetta voidaan valmistaa myös eloperäisistä ja uusiutuvista raaka-aineista, jolloin yleisesti käytetään nimitystä biodiesel. Biodieseliä voidaan valmistaa esimerkiksi erilaisista viljelyskasveista, ruokajätteistä, palmuöljystä ja puusta. Biodiesel ei sisällä lainkaan rikkiä ja se vähentää hiilidioksidipäästöjä verrattuna fossiilisen dieselin käyttöön.

Biodieselistä puhuttaessa tulee erottaa ensimmäisen ja toisen sukupolven biodiesel toisistaan. **Ensimmäisen sukupolven biodieseliä** valmistetaan öljypitoisista kasveista ja bioraaka-aineista. Ensimmäisen sukupolven biodieseliä ei välttämättä voi käyttää ajoneuvon moottorissa muuten, kuin fossiiliseen dieselpolttoaineeseen sekoitettuna.

Ensimmäisen sukupolven biodieseliä voidaan pääsääntöisesti käyttää vain fossiiliseen dieseliin sekoitettuna. Toisen sukupolven biodiesel valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista ja sitä voidaan käyttää sellaisenaan.



Tässä raportissa on tarkasteltu käyttövoimavaihtoehtojen yhteydessä vain toisen sukupolven uusiutuvaa biodieseliä, jota voidaan käyttää tavallisissa dieselmoottoreissa sellaisenaan tai yhdessä fossiilisen dieselin kanssa. Uusiutuvaa biodieseliä valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta selluloosasta sekä jätteistä ja ruoantähteistä, joita ovat mm. elintarviketeollisuuden eläinrasvajäte ja kalarasvajäte, kasviöljytuotannon jätteet ja tähteet, käytetty paistorasva ja tekninen maissiöljy (etanolituotannon tähde) (Neste 2019). Uusiutuvan biodieselin käyttö on kestävämpää ja sen valmistus ei kilpaile ruoka-tuotannon kanssa. Uusiutuva biodiesel myös vähentää tehokkaammin päästöjä kuin ensimmäisen sukupolven biodiesel. Uusiutuvaa biodieseliä valmistavat Suomessa Neste (Neste MY) ja UPM (BioVerno). UPM:llä ei ole omaa jakeluverkostoa, vaan BioVernoa myyvät muut jakelutoimittajat joko fossiiliseen dieselpolttoaineeseen sekoitettuna tai sekoittamattomana erillisenä tuotteena. Lisäksi Ruotsissa uusiutuvaa biodieseliä tuottavat Preem ja St1. Suomessa uusiutuvaa biodieseliä myyvät Neste (Neste MY) ja Teboil (Green+).

Uusiutuvan biodieselin jakelu on laajentumassa ja Lahdessa Neste MY uusiutuvaa biodieseliä on saatavilla Neste Lahti Taukokuulesta. Hyvinkään Liikenne on maaliskuusta 2017 alkaen hoitanut koko liikenteensä Nesteen MY uusiutuvalla biodieselillä. Hyvinkään paikallisliikennettä liikennöidään 7 bussilla ja 3 vara-autolla. Härmän Liikenne Seinäjoella on siirtynyt syksyllä 2018 kokonaan uusiutuvan biodieselin käyttöön. Porin Linjat on puolestaan helmikuusta 2019 alkaen käyttänyt Teboilin Green+ uusiutuvaa biodieseliä. Uusiutuvan biodieselin hinta on noin 10–12 prosenttia fossiilista dieseliä kalliimpaa. Uusiutuvan biodieselin energiasisältö on jonkin verran fossiilista dieseliä alhaisempi, minkä vuoksi kulutus on suurempi. Uusiutuvan biodieselin kulutus on fossiilisen dieselin talvilaadun suuruista. Uusiutuva biodiesel palaa jonkin verran puhtaammin, minkä myötä typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöt alenevat. Päästövähennys on suurempi alemmilla ja vanhemmilla Euro-päästöluokilla ja pienempi uusissa Euro 6 -luokan ajoneuvoissa. Uusiutuva biodiesel ei sisällä myöskään lainkaan ilma-kehän happamoitumista ja hengitysteiden ärsytystä lisäävää rikkiä.

Uusiutuvan biodieselin well-to-wheel hiilidioksidipäästöt ovat noin 80–90 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Uusiutuva biodiesel palaa perinteistä dieseliä puhtaammin, minkä myötä lähipäästöt alenevat varsinkin vanhemmassa, alemman Euro -päästöluokkien busseissa.

Uusiutuvan biodieselin käyttöön siirtymisen haasteeksi on esitetty raaka-aineiden riittävyys ja epävarmuus hintatason kehittymisestä. Uusiutuvan biodieselin vuosittaisen tuotannon on ennakoitu kasvavan EU-alueella 20 milj. tonniin vuoteen 2030 mennessä. Uusiutuvaa biodieseliä tuottavat yritykset ovat tarvittaessa halukkaita vastaamaan kysynnän kasvamiseen. Kysynnän kasvaessa todennäköisesti jakelu laajenee. Lisäksi jakelijoiden määrä todennäköisesti kasvaa kysynnän kasvaessa, mikä vaikuttanee hintatason pysymiseen maltillisena. Osa liikennöitsijöistä on kuitenkin tunnistanut, että uusiutuvasta biodieselista pyydetty lisähinta fossiiliseen dieseliin nähden on kasvanut. Uusiutuvassa dieselissä ei käytetä fossiilista dieseliä, joten hinnan ei pitäisi periaatteessa olla riippuvainen fossiilisen dieselin kysynnästä. Käytännössä hinnat seuraavat kuitenkin toisiaan, koska muutoin hintavaihtelut saattaisivat aiheuttaa merkittäviä siirtymiä kysynnässä.

Suomen jakeluvuolovelvoite (446/2007) edellyttää, että biopolttoaineiden laskennallinen osuus liikennepolttonesteiden jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä tulee olla vähintään 20 prosenttia vuonna 2020. Pääkaupunkiseudulla HSL:n kilpailuttamassa bussiliikenteessä osa liikenteestä ajetaan biodieselillä.

Biopolttoaineiden edistämiseksi HSL maksaa liikennöitsijöille ympäristöbonuksia päästöjen vähentämisestä. Bonukset maksetaan normaalien liikennöintikorvausten päälle. Vuonna 2019 HSL-liikenteessä neljälle liikennöitsijälle maksetaan noin miljoona euroa ympäristöbonuksia biodieselin käytöstä. Uusiutuvaa biodieseliä voidaan käyttää myös lisälämmittimessä ympäristöhaittojen vähentämiseksi.



Uusiutuvaa biodieseliä käyttävän bussiliikenteen kilpailuttaminen ei eroa merkittävästi perinteisestä dieselbussiliikenteen kilpailutuksesta, koska sama kalusto ja varikot soveltuvat molemmille käyttövoimavaihtoehdoille.

Uusiutuvan biodieselin tankkaus järjestetään varikolla, koska ulkoisilla tankkausasemilla ei pääsääntöisesti ole uusiutuvaa biodieseliä tarjolla. Liikennöitsijät huolehtivat itse tarvittavien polttoainepimusten tekemisestä. Liikenteen tilaajan tulee valvoa liikennöitsijän toimittamista dokumenteista, että busseja on tosiasiaa ajettu biodieselillä.

CVD:n mukaan uusiutuvaa dieseliä tulee käyttää ko. hankintakohteessa käytettävässä kalustossa ja hankintayksiköiden on varmistettava tämä. Mikäli on mahdollista, voidaan sallia liikennöitsijän ostavan vain ko. kohteen kulutuksen verran uusiutuvaa biodieseliä. Tällöin liikennöitsijä todentaa, minkä verran polttoainetta kuluu ko. kohteen liikennöintiin ja osoittaa tilaajalle tilaavansa vuoden aikana ko. kohteen kulutuksen verran uusiutuvaa biodieseliä. Tämä mahdollistaa sen, ettei varikolle tarvitse ostaa useampia polttoainelaitteistoja. Liikennöitsijä voi ostaa vuoden aikana muutaman erän uusiutuvaa biodieseliä ja liikennöi muuna aikana käyttäen fossiilista dieseliä. Tätä mallia puoltaa se, että tilaajan edellyttämä panos hiilidioksidipäästöjen vähenemiseksi täyttyy. Hiilidioksidipäästöt ovat globaali ongelma kasvihuonepäästöjen ja ilmastonmuutoksen kannalta. Uusiutuva biodiesel kuitenkin palaa puhtaammin ja vähentää myös jonkin verran typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjä. Mikäli uusiutuvaa dieseliä ei käytettäisi juuri ko. kohteen liikenteessä, tulisi se CVD:n täyttymiseksi kuitenkin käyttää saman toimivalta-alueen liikenteessä.

Kilpailutuksessa on hyvä huomioida tilanne, että uusiutuvan biodieselin saatavuus heikkenee tai hinta kasvaa. Tämä nostaa liikennöitsijälle aiheutuvia riskejä, jotka hinnoitellaan tarjouksessa. Uusiutuvan biodieselin käytöstä voi olla hyvä maksaa liikennöitsijälle korvaus, joka perustuu uusiutuvan biodieselin hintaan. Linjakilometrin yksikkökustannuksesta voisi periaatteessa erottaa polttoainekustannuksen eur/km, joka seuraa esimerkiksi Suomessa uusiutuvaa biodieseliä tarjoavien yritysten hintakehitystä. Jos liikennöitsijä joutuu siirtymään uusiutuvasta biodieselistä fossiiliseen dieseliin, voidaan eur/km hintaa alentaa tai vaihtoehtoisesti kokonaiskorvausta alentaa.



2.2. Biokaasu

2.2.1. Biokaasun tuotanto ja kaasubussien ominaisuudet

Kaasubussit ovat maailmanlaajuisesti yleisiä ja niitä on käytössä Euroopassa noin 17 000 bussia. Esimerkiksi Ruotsissa on yli 2 000 kaasubussia. Kaasubussien toimintavarmuus on hyvä ja käyttöikä yhtä pitkä kuin perinteisillä dieselbusseilla.

Kaasubussit voivat käyttää polttoaineena sekä biokaasua (CBG) että maakaasua (CNG). Liikennepolttoaineeksi jalostettu biokaasu ei juurikaan eroa maakaasusta kemiallisesti, sillä molemmissa kaasuissa on pääkomponenttina metaani. Tästä syystä niitä voidaan myös sekoittaa keskenään. Ruotsissa kaasubusseissa käytetään polttoaineena biokaasua, mutta muualla Euroopassa yleisesti maakaasua. Tässä työssä keskitytään biokaasubusseihin.

Kaasuverkostossa oleva kaasu on sekoitus biokaasua ja maakaasua. Kun asiakas ostaa tankkausasemalta biokaasua, hän maksaa siitä biokaasun tuottajalle. Bio- ja maakaasun suhteen kaasuverkostossa käytetään taseperiaatetta: Biokaasutaseeseen syötetään sama määrä biokaasua kuin sitä kulutetaan tankkausasemilla ja myyty biokaasu tilitetään biokaasun verkkoon syöttäjälle. Periaate on sama kuin sähkömarkkinoilla, jossa tuulisähköä ostettaessa sähköenergia ei välttämättä ole tarkalleen peräisin tuulivoimasta, mutta kokonaisuutena taseeseen syötetään sama määrä tuulisähköä kuin sitä kulutetaan.

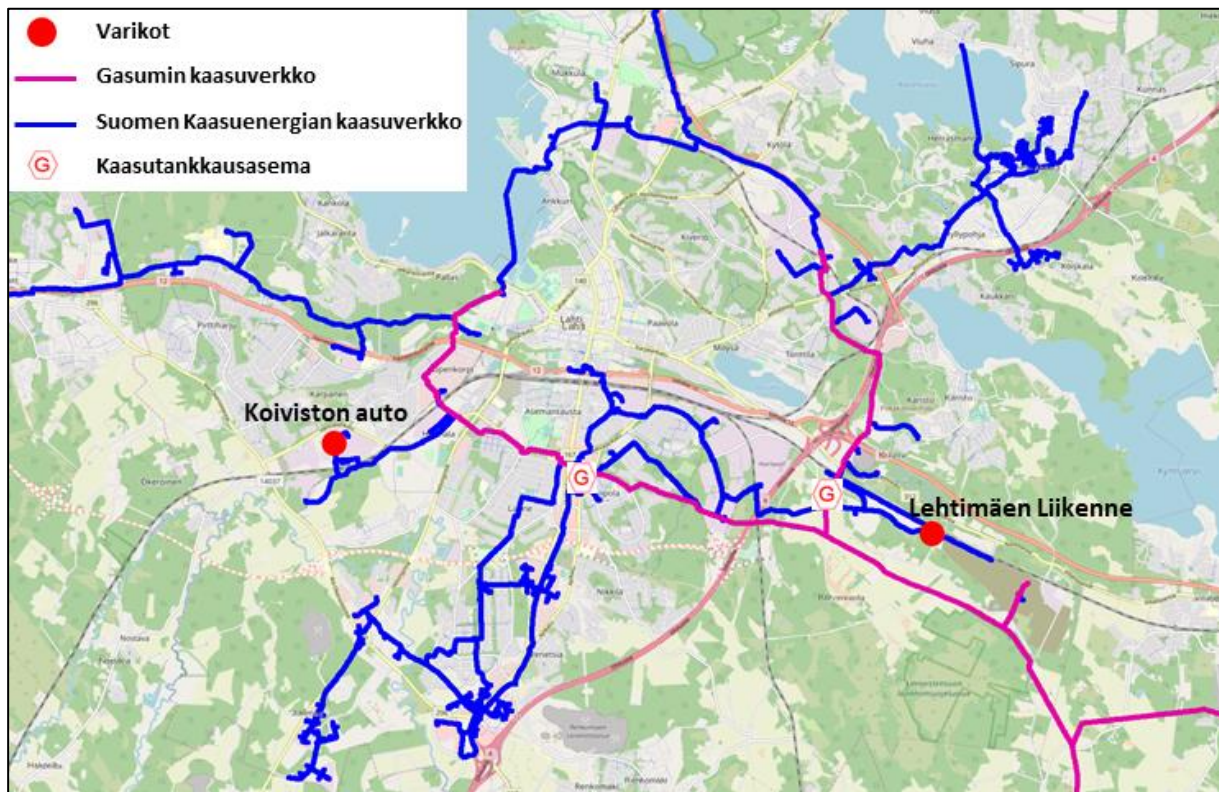
Yhdyskuntajätteiden (mm. kotitalouksien biojäte) ja jätevedenpuhdistamon lietteiden mädätyksessä muodostuu raakabiokaasua. Jotta kaasua voidaan hyödyntää bussiliikenteen käyttövoimana, jalostetaan mädätyslaitoksen tuottama raakabiokaasu tuotantolaitoksessa liikennepolttoaineeksi. Liikennekäyttöön jalostettaessa raakabiokaasusta poistetaan hiilidioksidi ja epäpuhtaudet. Puhdistamisen jälkeen biokaasu voidaan paineistaa (CBG) tai nesteyttää (LBG) jakelua varten. Tällä hetkellä Suomessa käytetään liikennepolttoaineena ainoastaan paineistettua biokaasua (CBG) ja paineistettua maakaasua (CNG).

Lahdessa on omaa biokaasutuotantoa. Kujalassa sijaitseva Labio on Suomen suurin biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitos, jossa tuotetaan jätteistä kotimaista, uusiutuvaa biokaasua. Laitos tuottaa jopa 50 GWh biokaasua vuodessa. Vuosittainen biokaasun tuotantomäärä vastaa noin 130 kaupunkiliikenteen bussin vuotuista polttoaineen kulutusta, jos busseilla ajetaan 80 000 km/v. Kaasun jakelusta vastaa Gasum. Myös Jokimaalle on suunnitteilla biokaasulaitos, jossa voitaisiin hyödyntää läheisen raviradan hevosenlannan lisäksi mm. viljankuoria sekä elintarvike- ja panimoteollisuuden sivutuotteita. Tuotanto riittäisi noin 20 kaupunkiliikenteen bussille vuodeksi.

Lahdessa on kattava kaasuputkiverkosto. Seudulle etelän suunnalta tuleva kaasun runkoverkko on Gasumin omistuksessa ja jatkossa valtion kaasuverkkoyhtiön omistuksessa. Lahden lähistöllä suurin osa kaasuputkiverkosta on Suomen Kaasuenergian omistuksessa.

Kaasuputkiverkosto Lahdessa on esitetty seuraavassa kartassa. Molempien nykyisten sopimusliikennöitsijöiden varikot sijaitsevat kaasuverkon välittömässä läheisyydessä. Varikon sijoittumisesta kaasuputkiverkoston lähelle on etua, koska pitkällä tähtäimellä on kustannustehokkaampaa ostaa kaasua kiinteän verkoston kautta. Vuoden 2020 alkaessa liikennöitsijä voi kilpailuttaa biokaasun toimittajan. Varikolle voidaan kuitenkin toteuttaa myös kaasun tankkausasema, jonne kaasu tuodaan erillisinä kuljetuksina konteissa.

Lahden omaa biokaasutuotantoa on niin paljon, että se riittäisi tarvittaessa kaikkien kaupunkiliikenteen bussien tarpeisiin, vaikka koko Lahden bussikalusto olisi kaasubusseja.



Kuva 11. Kaasuputkiverkosto ja varikkojen sijainnit Lahden seudulla.

Suomen maakaasu- ja biokaasumarkkinat muuttuvat vuoden 2020 alusta, kun perustetaan erillinen kaasuverkkoyhtiö. Nykyisin kaasun runkoverkosto on Gasumilla, joka on myös kaasun tuottaja. Suomen ja Viron yhdistävä Baltic Connector –kaasuputki valmistuu vuoden 2019 loppuun mennessä. Baltic Connectorin ja siihen liittyvien hankkeiden myötä Baltian maat ja Suomi yhdistyvät Euroopan kaasumarkkinoihin. Koska jatkossa maakaasua on saatavissa useammasta suunnasta, on perusteltua erottaa kaasuverkosto ja kaasun tuotanto erillisiksi yhtiöiksi. Jatkossa kaasumarkkinat ovat aiempaa enemmän sähkömarkkinoiden kaltaisia, kun kaasuputkisto ja tuotanto ovat erillään. Sähköverkoston tavoin paikallisverkosto on alueellisilla yhtiöillä. Mikäli biokaasuvoimalat ovat kaasuverkoston yhteydessä, on jatkossa mahdollista ostaa biokaasua aiempaa helpommin useampaa tuottajaa kilpailuttamalla.



Kuva 12. Kaasubussi liikenteessä Vaasassa

Vaasassa kaasubussien energiankulutus on noin 0,35 kg/km ja opeointisäde noin 500–700 km, joten busseja tankataan pääasiassa yöllä varikolla. Tankkausta varten tulee varikolla olla biokaasun hidastankkauslaitteet. Biokaasun jakeluun voidaan käyttää samoja siirto-, varastointi ja tankkausmenetelmiä kuin maakaasulle. Biokaasun siirtoon voidaan käyttää putkistoa tai säiliökuljetusta. Biokaasun saatavuus alueella on siten hyvä.

Bussiliikenteen toimintavarmuuden takaamiseksi kaasubussivarikolla tulee varautua mahdollisiin biokaasun jakelun häiriötilanteisiin. Biokaasun jakelun varajärjestelmänä voidaan kaasubussivarikolle hankkia säiliö nesteytettyä maakaasua (LNG). Esimerkiksi Vaasan kaasubussivarikolla on myös maakaasusäiliö mahdollisten biokaasun jakeluhäiriöiden varalle.

Kaasubussien pikatankkaus kestää noin 10–15 minuuttia ja hidastankkaus noin 15–30 minuuttia bussia kohden. Varikolla hidastankkauksessa voidaan tankata aina vain yhtä kaasubussia kerrallaan, joten hidastankkauksen kokonaiskesto varikolla riippuu kaasubussien määrästä.



Kuva 13. Kaasubussi pikatankkauksessa kaasubussivarikolla



Kuva 14. Kaasubussin hidastankkauslaite

Talviolosuhteissa kaasubussin moottorin ja sisätilojen lämmittämiseen tarvitaan polttoainekäyttöistä lisälämmittintä. Lisälämmitin voi olla kaasu- tai dieselkäyttöinen. Siten lisälämmittimeen soveltuu myös joko biokaasu tai biodiesel. Lisälämmittimen polttoainekulutus on noin 3 litraa/tunti. Koska kaasumootorin käyttölämpötila on jonkin verran dieselmoottoria korkeampi, on kaasubussin lisälämmittämisen tarve vähäisempää verrattuna dieselbussiin.

Kaasubussikalusto ei moottoritekniikkaa lukuun ottamatta poikkea perinteisestä dieselbussikalustosta ja sen operoinnista. Kaasubusseista on saatavana ainakin 2-akselisia busseja, telibusseja ja nivelbusseja. Kaasubussissa (2-akselinen kaupunkibussi) on noin 30–40 istumapaikkaa ja matkustajakapasiteetti on yhteensä noin 70–80 paikkaa. Kaasubusseja on saatavana useilta kalustotoimittajilta, kuten Iveco, MAN, Mercedes-Benz, Scania ja Solaris.



Kuva 15. Kaasubussin sisätilat

Merkittävin ero maakaasun ja biokaasun välillä on, että maakaasu on fossiilinen polttoaine, kun taas biokaasu on uusiutuva energianlähde. Molemmat ovat kuitenkin metaania ja soveltuvat siksi yhtä hyvin kaasubussin polttoaineeksi. Tankatessa kaasun alkuperää ei voi valita, ellei kaasua ole tuotu kontissa tankkausasemalle. Biokaasua hankkiessaan asiakas kuitenkin vaikuttaa biokaasutaseeseen siten, että biokaasua voi ostaa enintään määrän, jota sitä syötetään kaasuverkkoon. Ostettu biokaasu tiliteään biokaasua verkkoon syöttäneelle. Maakaasun käyttäminen kaasubussin polttoaineena jopa lisää bussiliikenteen hiilidioksidipäästöjä dieselbussiliikenteeseen verrattuna, kun huomioidaan tuotanto ja bussiliikenteen käytön aikaiset päästöt (well-to-wheel).

Biokaasu on uusiutuva energianlähde, jonka hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin dieselpolttoaineella, kun huomioidaan tuotanto ja bussiliikenteen käytön aikaiset päästöt (well-to-wheel). Kaasubussit eivät ole lähipäästöttömiä ja dieselbussiliikenteeseen verrattuna lähipäästöt ovat suurin piirtein samalla tasolla. Kaasua käyttövoimanaan käyttävillä busseilla on dieselbusseja jonkin verran alhaisemmat melupäästöt.

Biokaasun hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä.

Lisäksi melupäästöt ovat fossiilista dieseliä jonkin verran pienemmät.

Kaasubussit ovat yleisiä maailmassa.

Kaasubussien merkittävä hyöty on se, että raakabiokaasua (metaania) muodostuu mädätyksessä joka tapauksessa, sen hyödyntämisestä riippumatta. Siten sen lisäksi, että biokaasun käyttö bussiliikenteessä korvaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä, se vähentää myös muilta sektoreilta aiheutuvia metaanipäästöjä. Biokaasun polttaminen ehkäisee kasvihuoneilmiötä, koska palamisreaktiossa voimakas kasvihuonekaasu, metaani, muuttuu vähemmän haitalliseksi hiilidioksidiksi.



2.2.2. Kaasubussit Suomessa

Vaasassa on ollut alkuvuodesta 2017 alkaen liikenteessä 12 Scanian kaasubussia. Vaasan kaupungin lähtökohta kaasubussien hankinnalle on ollut yhdyskuntajätteestä ja jätevedenpuhdistamon lietteistä tuotetun biokaasun hyötykäyttö sekä fossiilisten polttoaineiden korvaaminen. Tämän mahdollistamiseksi Vaasan kaupunki on investoinut raakabiokaasun polttoainejalostamoon sekä kaasubussikalustoon. Kaupungin omistamat kaasubussit on luovutettu bussiliikenteen tarjouskilpailun voittaneen liikennöitsijän käyttöön. Vaasan runkobussiliikenne hoidetaan pääasiassa 12 kaasubussin liikenteellä, mutta bussiliikenteen ruuhkavuorot hoidetaan edelleen perinteisillä dieselbusseilla.

Vaasan kaupunki on hankkinut Scanian kaasubussit 10 vuoden leasing-sopimuksella. Lisäksi kaupunki vastaa kaasubussikaluston huolto- ja energiakustannuksista. Vaasan kaupunki on tehnyt sopimuksen paikallisen biokaasun tuotantolaitoksen kanssa siitä, että kaupunki ostaa tuotantolaitokselta vähintään 700 000 linjakilometriä vastaavan määrän biokaasua vuosittain. Vaasan kaupungin maksamat energiakustannukset sisältävät myös kaasubussivarikon sekä kaasubussien hidas- ja pikatankkausasemien kustannukset. Vaasassa kaasubussivarikko tankkausasemineen sijaitsee paikallisen biokaasun tuotantolaitoksen välittömässä läheisyydessä.

Vaasan kaupungin mukaan kaasubussit ovat olleet toimintavarmoja. Vaasassa tavoitteena oli, että jokaisella kaasubussilla liikennöidään keskimäärin 60 000 linjakilometriä vuodessa. Kaasubusseilla liikennöidään kuitenkin koko kokopäiväinen liikenne siten, että kaikki ilta- ja viikonloppuliikenne liikennöidään kaasubusseilla. Tällöin kaasubusseille kertyy noin 75 000 linjakilometriä vuodessa. Dieselbusseilla liikennöidään arkipäivien täydentävää liikennettä ruuhka- ja koulumatka-aikoina. Myös kaasubussien matkustajat ja liikennöitsijä ovat olleet tyytyväisiä kaasubussiliikenteeseen. Kaasubussien hankinnan kilpailutus sujui Vaasassa erinomaisesti. Liikennöinnin aloittamisessa viivettä aiheutti kuitenkin hidastankkausaseman toteutuksesta tehdyt valitukset ensin markkinaoikeuteen ja sitten korkeimpaan hallinto-oikeuteen, joissa valitukset kaatuivat. Vaasa on saanut biokaasubussi-projektistaan Motivan kunniamaininnan.

Jyväskylä on kilpailuttanut kohteensa 5 liikennöinnin syksyllä 2018. Kohteessa liikennöidään yksittäistä linjaa 5 ja täydentävää reittiä 5K kaikkiaan 4 autolla. Jyväskylä on edellyttänyt liikennettä tarjottavan 4 kaasubussilla, joita tankataan biokaasulla. Vara-autot voivat olla dieselkäyttöisiä. Liikennöitsijä vastaa itse biokaasun tankkauksesta. Kohteen sopimuskauden pituus on 8 vuotta + 2 vuoden optio. Biokaasua on saatavissa esimerkiksi Mustankorkean kaatopaikan kaasuntankkausasemalta tai Gasumin Kanavuoren tankkausasemalta. Uudessa kilpailussa kohteen liikennöintikustannukset kasvoivat noin 90 000 eur/v (alv 0 %), mikä on noin 17 prosenttia aiempaa korkeampi.

Savonlinja on hankkinut kaksi Scanian kaasubussia, joilla se liikennöi **Lappeenrannan** paikallisliikenteessä. Bussit toimitettiin joulukuussa 2018. Gasum, Savonlinja ja Lappeenrannan kaupunki ovat jakaneet biokaasun ja maakaasun hintaerosta aiheutuvat kustannukset keskenään. Savonlinja on tehnyt leasing-sopimuksen kaasubusseista ja uudessa tarjouskilpailussa ehtona on, että leasing-sopimus siirtyy tarjouskilpailun voittajalle. Muiden bussien osalta kalustovaatimukset ovat kuitenkin melko alhaiset, joten on todennäköistä, ettei Lappeenrantaan tule enempää kaasubusseja.

Oulu on kilpailuttanut linjan 10 liikennöinnin siten, että liikenne hoidetaan kokonaisuudessaan biokaasulla. Linjalla käytettävä varakalusto voi olla kuitenkin dieselkäyttöistä. Linjaa 10 liikennöidään talviarkipäivisin 4 autolla ja viikonloppuisin sekä kesällä 2 autolla. Kilpailutus onnistui hyvin, sillä kohteen hintataso oli yli 20 % ennakoitua pienempi. Viimeaikaisiin muihin dieselbussien kilpailutuksiin nähden hintataso aleni noin 15 %.

HSL-alueella Helsingin Bussiliikenne on hankkinut 2 uutta Scanian kaasubussia kerätäkseen kokemuksia Euro 6 -päästöluokan kaasubusseilla liikennöinnistä. Lisäksi Helsingin Bussiliikenteellä on 15 vuosina 2007–2009 hankittuja MAN Lion's City -kaasubusseja. HSL-alueella kaasubussien käytettyä heikentää se, etteivät pelastusviranomaiset ole sallineet kaasubusseilla liikennöintiä maanalaisissa terminaaleissa, kuten Kampissa. HSL-alueen kaasubusseja on liikennöity pääasiassa maakaasulla,

mutta ympäristöbonuskilpailussa voitettuaan Helsingin Bussiliikenne on hankkinut biokaasua. Tällä hetkellä Helsingin Bussiliikenteellä on 16 MAN Lion's City -kaasubussia. Volvon ja Mercedes-Benzin kaasubussit ovat jo poistuneet liikenteestä. Aiemmin seudulla on ollut kaasubusseja myös Concordia Busilla (nyk. Nobina) ja Tammelundin Liikenteellä.



Kuva 16. Helsingin Bussiliikenteen vuonna 2019 käyttöönotettu kaasubussi.

HSL-liikennettä kilpailutettaessa annetaan lisäpisteitä kaluston Euro-päästöluokkien mukaan. Lähtökohtana on, ettei pisteytetä teknologiaa sinänsä, vaan päästövähennyksiä, joita teknologialla saavutetaan. Helsingin Bussiliikenne on saanut HSL:ltä ympäristöbonusta biokaasun käyttämisestä kaasubusseissa. Ympäristöbonusta maksetaan yhteensä miljoonaa euroa/vuosi ja ympäristöbonuksen saajat kilpailutetaan. Vuodelle 2019 Helsingin Bussiliikenne on saanut ympäristöbonusta biokaasun hankkimiseksi.

2.2.3. Kaasubussit Ruotsissa

Vuonna 2015 Ruotsissa tuotettiin 282 tuotantolaitoksella yhteensä noin 1,9 TWh biokaasua, josta liikennepolttoaineena käytettiin noin 1,6 TWh. Vuonna 2013 Ruotsissa oli käytössä noin 2 300 kaasubussia, joiden käyttövoimana oli biokaasu, mikä on noin 17 % kaikista Ruotsissa liikennöivistä busseista. Näillä kaasubusseilla ajettiin vuonna 2013 keskimäärin noin 61 000 km/vuosi/bussi. Esimerkiksi Ruotsin eteläisimmässä läänissä, Skånessa, alueen koko bussiliikenne muutamaa sähköbussia lukuun ottamatta hoidetaan biokaasua käyttövoimanaan käyttävillä kaasubusseilla.

Ruotsissa monessa kaupungissa liikennöidään paikallisesti tuotetulla biokaasulla. Monin paikoin kaasua otetaan myös kaasuverkosta, mutta tällöin liikenteen tilaaja valvoo, että liikennöitsijä on ostanut kaasutoimittajalta biokaasua.

Tukholman seudulla alueen 2 200 bussista yli 25 % eli noin 550 bussia käyttää polttoaineena biokaasua. Tukholmassa ensimmäiset 21 biokaasua käyttävää kaasubussia otettiin käyttöön vuonna 2004 ja alueen kaasubussiliikenne on siitä lähtien kasvanut tasaisesti. Linköpingin alueella ensimmäiset bioka-



sua käyttävät kaasubussit otettiin käyttöön jo yli vuosikymmen aiemmin vuonna 1991, kun pilottiliikenne aloitettiin viidellä kaasubussilla. Jo vuonna 2002 kaikki Linköpingin alueen bussit käyttivät polttoaineena biokaasua.

Kaasubussien haasteeksi mainitaan moottorien energiatehokkuus, mikä tosin on jonkin verran parantunut viimeisimmän moottoritekniikan myötä. Monissa kaupungeissa liikennöintikustannukset ovat alentuneet biokaasua käyttävien kaasubussien käyttöönoton myötä. Esimerkiksi Kalmarin alueella Kaakkois-Ruotsissa liikennöintikustannukset laskivat 2 % kaasubussien myötä, vaikka ennen kilpailutusta kustannusten odotettiin nousevan.

2.2.4. Kaasubussien vaikutukset kilpailutukseen

Kaasubussiliikenteessä vaaditaan investointeja tankkausinfrastruktuuriin bussivarikolle tai muuhun liikennöinnin kannalta tarkoituksenmukaiseen sijaintiin.

Kaasun ei saa olla mahdollista kerääntyä rakennusten sisälle tai rakenteisiin. Ilmanvaihdon lisäksi hallit tulee varustaa automaattisella kaasuilmaisimella ja kytkeä kaasuhälytyslaitteisto sähköjärjestelmään niin, että tila menee virrattomaksi, jos tulee kaasuvuoto.

Kaasubussiliikenteessä tulee bussivarikolla tankkausinfrastruktuurin investointien ja tilantarpeen lisäksi huomioida hallien ilmanvaihto.

Kaasubussiliikenteessä joukkoliikennetoimijat ja niiden roolit ovat pääosin samat kuin perinteisessä dieselbussiliikenteessä. Tilaajana toimii kaupunki tai joukkoliikenteen toimivaltainen viranomaisen ja tilaajan suuntaan tarjoajina toimivat liikennöitsijät. Bussikalusto sekä tankkausjärjestelmät kannattaa kilpailuttaa yhtenä kokonaisuutena, jolloin tarjoaja kantaa vastuun kaluston ja järjestelmien yhteensopivuudesta.

Liikennöitsijät hankkivat bussikaluston ja vastaavat tarvittavista varikkotoiminnoista. Liikennöitsijä tai varikon omistaja hankkii varikolle sijoitettavat tankkauslaitteet. Bussikalustoon sekä tankkausjärjestelmiin liittyvä huolto ja koulutus kilpailutetaan osana kaluston ja tankkauslaitteiden hankintaa. Tällöin huolto ja koulutus ovat liikennöitsijän sekä kalusto- ja laitevalmistajien vastuulla.

Kaasubussiliikennettä kilpailutettaessa tulee tarjouspyyntöasiakirjoihin lisätä vaatimus vaihtoehtoisesta käyttövoimasta tai tarjouskilpailun pisteytystä on muutettava nykyisestä. Lisäksi tulee huomioida perinteistä dieselbussiliikennettä pidempi hankintaprosessi sekä riittävä sopimuskauden pituus.

2.3. Sähkö

2.3.1. Täyssähkö

Sähköbussin käyttövoimana on sähkö ja energiavarastona akut. Sähköbussien voimanlähteenä toimii sähkömoottori. Sähköbussiliikenne voidaan järjestää joko päätepusäkkilatausta tai pelkkää varikkolatausta käyttäen. Sähköbussiliikenne vaatii investointeja latausinfrastruktuuriin linjan varrelle ja/tai bussivarikolle. Päätepusäkkilatauksella tarkoitetaan tässä yleisnimitystä bussin reitin varrella tai päätepusäkillä tapahtuvalle pikalataukselle. Lataus tapahtuu useimmiten päätepusäkeillä, mutta Lahdessa latauslaitteet on mahdollista sijoittaa esimerkiksi torin yhteyteen ajantasauspusäkeille.

Päätepusäkkilatausta käytettäessä sähköbussikalustossa on kohtuullisen pieni akkukapasiteetti (noin 50–150 kWh) ja lyhyt operointisäde. Sähköbussikaluston akkukapasiteetti voidaan mitoittaa tapauskohtaisesti bussilinjan tarpeita vastaavaksi. Päätepusäkkilatausta käytettäessä sähköbusseja ladataan

päivän aikana bussilinjan varrella suuritehoisella (noin 300–450 kW) pikalatauslaitteella sekä yöllä bussivarikolla pienitehoisella (noin 20–50 kW) hidaslatauslaitteella. Sähköbussiliikenteen järjestäminen päätepuskikilatausta käyttäen vaatii suuret latausinfrastruktuuri-investoinnit sekä aiheuttaa rajoitteita sähköbussin linjasivun pituudelle. Kiinteän sähköbussien latausaseman haittana on mahdollinen tarve latausaseman siirrolle reittimuutosten myötä. Mm. Espoossa on Länsimetron myötä jouduttu siirtämään latausasemien paikkaa. Seuraavassa kuvassa on esitetty täyssähköbussi pikalatauksessa Helsingissä Ruskeasuon päätepuskilla.

Sähköbussien määrä maailmalla on voimakkaassa kasvussa. Täyssähköbussien hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä Suomen keskimääräisellä sähkön tuotantotavalla. Sähköbussista ei synny lähipäästöjä.



Kuva 17. Täyssähköbussi pikalatauksessa Helsingin Ruskeasuon päätepuskilla.

Varikkolatausta käytettäessä sähköbussikalustossa on suuri akkukapasiteetti (noin 250 kWh, mutta esim. Yutongin busseissa Espoon Leppävaarassa yli 300 kWh) ja kohtuullisen pitkä operointisäde. Tällöin sähköbusseja ladataan ainoastaan bussivarikolla pienitehoisella (noin 20–50 kW) hidaslatauslaitteella. Sähköbusseja ladataan bussivarikolla pääsääntöisesti yöllä, mutta lataus päivällä esimerkiksi sähköbussikaluston käyttötaun aikana on myös mahdollinen. Sähköbussiliikenteen järjestäminen ainoastaan varikkolatausta käyttäen mahdollistaa pienemmät latausinfrastruktuuri-investoinnit, eikä aseta rajoitteita sähköbussin linjasivun pituudelle. Seuraavassa kuvassa on esitetty täyssähköbussi hidaslatauksessa Tampereella Nekalan bussivarikolla.



Kuva 18. Täyssähköbussi hidaslatauksessa Tampereella

Sähköbusseina on saatavissa tavanomaista eurooppalaista 2-akselista bussia sekä akkubusseina että pikaladattavina. Samoin on saatavissa sekä teli- että nivelbusseja. Suomessa tavanomaista pidemmän 2-akselisen matalalattiaisen bussin saatavuus on kuitenkin heikompaa, sillä sitä valmistaa ainoastaan Linkker.

Sähköbussit eivät poikkea pituudeltaan, leveydeltään tai painoltaan dieselbusseista. Akkubussien paino on kuitenkin dieselbusseja suurempi suurten akkujen vuoksi. Sähköbussissa (2-akselinen kaupunkibussi) on noin 30–40 istumapaikkaa ja matkustajakapasiteettia on yhteensä noin 70–80 paikkaa. Pidempää 2-akselista hidasladataavaa akkubussia ei voida käytännössä valmistaa akkujen tuoman lisämäärän vuoksi. Massa ylittäisi taka-akselille sallitun enimmäismäärän 11,5 tonnia. Ruotsissa ja Tanskassa on myönnetty poikkeamispäätös, joka sallii Tanskassa 13 tonnin määrän taka-akselille. Tämä kasvattaa akkubussin kapasiteettia muutamilla paikoilla. Suomessa poikkeamispäätöstä ei ole kuitenkaan ainakaan vielä hyväksytty. Toinen vaihtoehto on toteuttaa akkubussi telibussina, jolloin massa jakautuu takana kahdelle akselille.

Sähköbusseja on saatavana useilta kalustotoimittajilta, kuten BYD, Yutong, Ebusco, Linkker, Solaris, VDL ja Volvo. Lisäksi Mercedes-Benz ja Scania ovat tulossa lähivuosina mukaan sähköbussimarkkinoille. Osa kalustovalmistajista on aloittamassa myös telisähköbussien valmistamisen. Myös pienkalustoa on saatavissa sähkökäyttöisinä. Pienkaluston ja tavanomaisten bussien välillä ei ole saavutettavissa synergiaetuja, sillä pienkaluston lataus tapahtuu samalla tavoin kuin sähkökäyttöisten henkilöautojen lataus.



Kuva 19. Pohjolan Liikenne on hankkinut 30 täyssähköbussia HSL-liikenteeseen vuonna 2019. Kuva: Simo Airaksinen.



Kuva 20. Täyssähköbussin sisätilat

Espoossa on ollut monen vuoden aikana useampia sähköbussuja kokeiltavana. Espoon kokemusten perusteella sähköbussien (2-akselinen kaupunkibussi) energiankulutus on keskimäärin noin 1 kWh/km. Sähköenergian saatavuus on erinomainen, mutta vaatii investointeja sähköbussien latausinfrastruktuuriin. Jos käytetään pikalatausta, on sen kesto bussilinjan varrella keskimäärin noin



5 min/20 km. Latauksen keston bussilinjan varrella vaikuttaa mm. linjapituus, latausteho ja sähköbussin energiankulutus. Hidaslatauksen kesto bussivarikolla on noin 2–12 tuntia. Latauksen keston bussivarikolla vaikuttaa mm. sähköbussin akkukapasiteetti ja latausteho.

Sähköbusseja voidaan lämmittää viileillä ilmoilla ja kevyillä pakkasilla sähkökäyttöisillä ilmalämpöpumpuilla. Lämmitys voi kasvattaa sähkön kulutusta lähes kaksinkertaiseksi. Kovilla pakkasilla on tarve polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöön. Sähköbussissa lämmitystarve on diesel- ja kaasubusseja suurempi, koska moottori ei tuota vastaavassa määrin hukkalämpöä, jota voisi hyödyntää lämmityksessä. Lisälämmitin on yleensä dieselkäyttöinen ja sen polttoaineenkulutus on noin 3 litraa/tunti. Ympäristöhaittojen vähentämiseksi lisälämmitintä voidaan käyttää myös biodieselillä.

Sähköbussikaluston, akkujen ja latauslaitteiden käyttöikä riippuu niiden käyttöasteesta (mm. liikennöintisuorite, energiankulutus ja latausten määrä), ei kuluneesta ajasta. Voidaan kuitenkin arvioida, että sähköbussikaluston käyttöikä on noin 15 vuotta, akkujen käyttöikä noin 5 vuotta ja latauslaitteiden käyttöikä noin 10–15 vuotta.

Sähköbussien hiilidioksidipäästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta. Suomen keskimääräisellä sähkön tuotantotavalla liikennöitäessä bussiliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin perinteisessä dieselbussiliikenteessä, kun huomioidaan sähkön tuotanto ja bussiliikenteen käytön aikaiset päästöt (well-to-wheel). Keskimääräinen sähköntuotannon CO₂-päästökerroin Suomessa on 164 g CO₂/kWh.

Sähköbussiliikenne on lähipäästötöntä, hiljaista ja käyttäjäystävällistä. Sähköbussien käyttäjäystävällisyys perustuu hiljaisuuden lisäksi sähköisen ja vaihteistottoman voimalinjan mahdollistamaan pehmeään kiihdytykseen ja jarrutukseen sekä tasaiseen liikennöintiin.

Taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta sähköbussiliikenteen suurin hyöty on pienet käyttökustannukset. Sähköbussissa on vähäinen huollon tarve ja energiakustannukset ovat noin 25 % dieselbussin energiakustannuksista.

2.3.2. Sähköbussien yleisyys

Ensimmäiset sähköbussit liikennöivät Pekingin kesäolympialaisissa vuonna 2008. Tämän jälkeen sähköbussiliikenne on yleistynyt vauhdilla Kiinassa sekä pienemmin askelin Euroopassa ja Yhdysvalloissa erilaisten kokeilujen ja paikallisten projektien kautta. Vuonna 2009 Shenzhenin kaupungissa Kiinassa aloitettiin sähköbussikokeilu ja vuonna 2011 ensimmäinen bussilinja sähköistettiin. Vuonna 2015 sähkö- ja hybridibussien määrän maailmalla arvioitiin olevan noin 173 000 bussia, joista Kiinassa noin 170 000 bussia. Vuonna 2017 Kiinassa oli jopa 99 % kaikista maailman 385 000 sähkö- ja hybridibussista. Tänä päivänä esimerkiksi kaikki Shenzhenin kaupungin noin 16 000 bussia ovat sähköisiä.

Vuonna 2017 Euroopassa oli yli 1 300 sähköbussia. Lisäksi liikenteessä on arvioiden mukaan tuhansia hybridibusseja. Suurin osa sähköbussista liikennöi Iso-Britanniassa, Saksassa, Alankomaissa, Liettuassa ja Sveitsissä. Sähköbussiliikenteestä noin 35 % oli järjestetty päätepyssäkilatausta (pikalatauslaitteet bussilinjan varrella ja hidaslatauslaitteet varikolla) käyttäen ja noin 65 % varikkolatausta käyttäen. Noin puolet sähköbussista oli 2-akselisia busseja, noin neljäsosa nivelbusseja ja loput sähköbussista minibusseja. Pohjoismaista Ruotsissa oli noin 40 sähköbussia, Suomessa noin 20 sähköbussia ja Norjassa noin 5 sähköbussia. Lisäksi Yhdysvalloissa oli vuonna 2017 noin 200 sähköbussia.

Sähköbussit ovat yleistymässä nopeasti Euroopassa. Esimerkiksi Pariisi ja Lontoo ovat sitoutuneet ostamaan vuodesta 2025 eteenpäin ainoastaan päästötöntä bussikalustoa.



Tahtotila sähköbussiliikenteen lisäämiseen on olemassa ja uskotaan, että muutaman vuoden päästä sähköbusseja on jo paljon enemmän Euroopassa ja muissa Pohjoismaissa. Esimerkiksi huhtikuussa 2018 Amsterdamissa aloitettiin 100 sähkönivelbussin liikenne ja vuonna 2019 Oslon 40 sähköbussin liikenne. Amsterdamissa sähköbussiliikenne on järjestetty päätepyssäkilatausta käyttäen. Oslon tilatuista sähköbusseista 75 % on nivelbusseja ja 25 % 2-akselisia sähköbusseja.

Ruotsissa liikennöi yli 200 sähköbussia. Tänä vuonna on aloittanut liikennöinnin ainakin 42 sähköbussia, joista Uumajassa (25 sähköbussia), Helsingborgissa (13 sähkönivelbussia) ja Karlstadissa (4 sähkönivelbussia). Helsingborgissa ja Uumajassa liikennöitsijät vastaavat latausinfrastruktuurin toteuttamisesta. Tarjouskilpailuja on jatkuvasti käynnissä. Euroopan kaupunkien ja joukkoliikenteen toimivaltaisten viranomaisten tavoitteiden ja suunnitelmien mukaisesti Euroopan busseista yli 40 % olisi sähkö- tai hybridibusseja vuonna 2025, kun kyseinen luku vuonna 2013 oli ainoastaan 1,2 %.

Pariisi ja Lontoo ovat sitoutuneet ostamaan vuodesta 2025 eteenpäin ainoastaan päästöttöntä bussikalustoa. Lontoon tavoitteena on, että kaupungin kaikki bussit ovat päästöttömiä vuoteen 2037 mennessä.

2.3.3. Täyssähköbussit Suomessa

Nykytilanteessa sähköbussiliikennettä on HSL-alueella Espoossa, Helsingissä, Keravalla ja jonkin verran Sipoossa sekä Tuusulassa. Lisäksi sähköbussiliikennettä on Tampereella ja Turussa. Vuoteen 2019 asti sähköbussiliikenne on järjestetty käyttäen päätepyssäkilatausta (pikalatauslaitteet bussilinjan varrella ja hidaslatauslaitteet varikolla). Sähköbusseja on sijoitettu kohtuullisen lyhyille linjoille, joissa liikennöinti on mahdollista pienellä akkukapasiteetilla. Bussilinjan varrella sähköbussit ladataan automaattisella ja suuritehoisella virroitinlatauksella.

HSL kilpailutti täyssähköbussiliikennettä syksyllä 2018. Leppävaaran kohdetta varten tilaaja on rakentanut lähtölaitureille 4 pikalatausasemaa sekä yhden pikalatausaseman varalle bussien pikapysäköintialueelle. HSL edellytti vähintään viittä (5) täyssähköbussia, joita ladataan pikalatausasemilla. Tarjouskilpailun voitti Pohjolan Liikenne, joka tarjosi viisi pikaladattavaa VDL:n täyssähköbussia sekä 20 kiinalaisen Yutongin hidasladataavaa täyssähköbussia. Leppävaaran terminaaliin rakennetaan busseja varten kuitenkin myös hidaslatauspaikkoja. Liikennöitsijä vastaa hidasladatavien sähköbussien latausinfrastruktuurin rakentamisesta. Kohteen hintataso ei noussut sähköbussiliikenteeseen siirryttäessä.

HSL antoi sähköbusseista lisäpisteistä myös muissa kohteissa. Pohjolan Liikenne voitti myös Keravan, Sipoon ja Tuusulan alueen kohteen, johon se tarjosi 10 täyssähköbussia. Kohteen hintataso ei noussut ennakkoidusta. Hintatasoon on voinut vaikuttaa sekä Leppävaaran että Keravan kohteissa Yutongin halu päästä Euroopan markkinoille.

HSL on hyväksynyt 21.8.2018 hallituksen kokouksessa myös Tammelundin Liikenne Oy:n liikennöintisopimuksen option, jonka ehtona on ollut kahden sähköbussin käyttöönotto. Tammelundin Liikenne liikennöi sähköbusseilla samoilla yksikkökustannuksilla kuin dieselbussiliikennettä (tilaaja vastaa ko. liikenteen latausasemien toteuttamisesta).

Pikaladattavien bussien osalta suomalaisilla kaupunkiseuduilla on kuitenkin käytössä erilaisia virroitinlataustekniikoita. HSL-alueella pantografi on sijoitettu etuakselin kohdalle bussiin, Tampereella taka-akselin kohdalle bussiin ja Turussa etuakselin kohdalle latauslaitteeseen. Suomessa eri kaupunkien sähköbusseja voidaan kuitenkin muutoin käyttää eri alueilla, mutta käytettävyyttä heikentää pantografin eri sijainti bussissa.

Espoossa on liikennöinyt kaksi sähköbussia vuoden 2016 alusta lähtien. Sähköbussiliikennettä varten linjan toiselle päätepyssäkilalle on asennettu sähköbussin pikalatauslaitte. Sähköbussien päivittäinen liikennöintisuorite ollut keskimäärin noin 200 km. Sähköbusseilla oli liikennöity puolentoista vuoden aikana (2016–2017) yhteensä lähes 80 000 km ja sähköbussikaluston keskimääräinen käyttöaste oli



noin 60 %. Käyttöaste on ollut alhainen, koska kyse on ollut uuden käyttövoiman kokeiluista ja liikennettä on hoidettu tuotantonsa aloittaneen Linkkerin sähköbussilla. Ongelmat ovat liittyneet kalustoon, latausasemiin ja lataukseen.

Helsingissä sähköbussiliikenne aloitettiin vuoden 2017 alussa. Helsingissä sähköbussia on liikennöity kolmella eri linjalla. Sähköbussiliikennettä varten linjojen molemmille päätepysäkeille on asennettu sähköbussin pikalatauslaitteet (yhteensä 6 pikalatauslaitetta). Liikenteessä on noin 10 sähköbussia.

Tampereella ensimmäinen sähköbussi aloitti liikennöinnin loppuvuonna 2016. Linjalla liikennöi neljä sähköbussia. Sähköbussiliikennettä varten linjan toiselle päätepysäkeille on asennettu sähköbussin pikalatauslaitteet. Sähköbussien käyttöaste on ollut noin 70 %. Suurimmat haasteet ovat liittyneet lataukseen ja siihen, että linjalla on vain yksi latausasema. Siten latausaseman ollessa poissa käytöstä, ei sähköbussilla voida liikennöidä. Kalustoon liittyvät ongelmat ovat olleet vähäisempiä.

Turussa on liikennöinyt kuusi sähköbussia vuoden 2016 syksystä lähtien. Sähköbussiliikennettä varten linjan molemmille päätepysäkeille on asennettu sähköbussin pikalatauslaitteet. Sähköbussien päivittäinen liikennöintisuorite on pisimmillään yli 350 km. Turussa sähköbussilla oli liikennöity reilun puolen vuoden aikana (2017) yhteensä yli 240 000 km.

HSL-alueen, Tampereen ja Turun sähköbussikokemusten perusteella sähköbussit ja latauslaitteet ovat toimineet pääosin hyvin. Sähköbussit ovat selviytyneet varsin hyvin liikennöinnistä ja kaupunkien kokemukset ovat olleet odotettua positiivisempia. Sähköbussiliikenteen ympäristöimago on koettu suomalaisilla kaupunkiseuduilla merkittäväksi ja matkustajat ovat ottaneet sähköbussit positiivisesti vastaan. Aiemmin sähköbussien käyttöasteet ovat olleet talvella alhaisemmat kuin kesällä. Pohjan Liikenteen uusien Yutong-sähköbussien käyttöaste on ollut ainakin alkuvaiheessa vastaavan kaltainen kuin dieselbussilla.

Sähköbussiliikenteessä on kuitenkin ollut myös vikatilanteita. Vikatilanteet ovat johtuneet sekä sähköbussikalustosta että pikalatauslaitteista. Lisäksi on ollut vikatilanteita bussinkuljettajien kokemattomuuteen liittyen. Osa sähköbussikaluston vikatilanteista on ollut sähköbussiteknologiasta riippumattomia bussikaluston aiheuttamia vikatilanteita (mm. akselit, ovet). Bussinkuljettajien kokemattomuudesta johtuen vikatilanteita on aiheutunut mm. silloin kun sähköbussi on unohdettu kokonaan ladata pikalatauslaitteella tai silloin kun on varikolla unohdettu täyttää lisälämmittimen dieselsäiliö. Kokemattomuudesta johtuen on ollut myös ongelmia tiedonkulussa mm. bussikuljettajien ja ajojärjestelijöiden tai huoltohenkilökunnan välillä.

Sähköbussiliikenteen vikatilanteiden lisäksi sähköbussien latausjärjestelmän standardoinnin ja sähköbussikaluston jälkimarkkinoiden puutetta pidetään toistaiseksi yhtenä merkittävimpana sähköbussiliikenteen haasteena. Hidasladattavien bussien käytössä on kuitenkin standardisoidut latauslaitteet.

HSL:n ja Turun kaupungin tavoitteena on kasvattaa tulevaisuudessa sähköbussien määrää voimakkaasti kaupunkiseuduilla. Kalustostrategian mukaan HSL-alueella liikennöi vuonna 2025 noin 400 täyssähköbussia, mikä on 30 % HSL-alueen bussikalustosta. HSL:n toiminta- ja taloussuunnitelmassa tavoitteena on, että vuonna 2025 metro- ja junaliikenteen liityntälinjat ajetaan sähköbussilla, joiden käyttämä sähkö on kestävästi tuotettua. Lisäksi liikenteessä on noin 250 hybridi- tai plug-in-hybridibussia. Turun kaupungin sisäisessä liikenteessä käytetystä bussikalustosta vision mukaan 50 % on sähköistetty vuonna 2025. Tämä tarkoittaisi noin 100 täyssähköbussia Turussa vuonna 2025.

Suomessa on ajateltu vuoteen 2019 asti, että sähköbussiliikenne perustuu linjan varrella tehtäviin pikalatauksiin. Tällä hetkellä vaikuttaa, että akkuteknologian kehittyä ja tultua edullisemmaksi, painopiste tulee jatkossa olemaan hidaslatautavissa akkubusseissa.



2.3.4. Täyssähköbussien vaikutukset kilpailutukseen

Sähköbussiliikenteessä yksi merkittävimmistä eroista perinteiseen dieselbussiliikenteeseen verrattuna on investointitarve latausinfrastruktuuriin. Investointeja latausinfrastruktuuriin vaaditaan vähintään bussivarikolle. Sähköbussiliikenteessä päätepysäkkilatausta käytettäessä tarvitaan lisäksi investointeja latausinfrastruktuuriin bussilinjan varrelle. Infrastruktuuri vaikuttaa tilantarpeisiin ja sähköbussiliikenteen tapauksessa myös sähköverkkoon. Bussilinjan varrelle sijoitettavat latauslaitteet vaikuttavat myös kaupunkikuvaan.

Latausajan tarve on huomioitava autokiertosuunnittelussa mahdollistamalla riittävät tasaus- ja kääntöajat linjan varrella. Latausajan tarpeeseen vaikuttaa linjapituus, sähköbussin energiankulutus ja latauslaitteen pikalatausteho. Karkeasti voidaan arvioida, että linjapituudeltaan 5 kilometrin bussilinjalla on latausajan tarve korkeintaan 3 min/kierto ja linjapituudeltaan 10 kilometrin bussilinjalla korkeintaan 5 min/kierto (5 min/20 km). Latausajan tarpeessa on huomioitu latauksen valmisteluun ja latauksen lopetukseen kuluva aika (30–60 sekuntia). Pikaladattavat sähköbussit eivät sovellu linjoille, joilla ei ole riittävästi latausaikaa liikennöintikustannusten kasvun vuoksi. Varikkoladattavat akkubussit soveltuvat kuitenkin myös pidemmille linjoille eikä niille ole tarvetta latausaikaa päätepysäkeillä. Pidempiä autokiertoja varten busseja on kuitenkin tarpeen ladata myös päivän aikana.

Sähköbussiliikenteessä myös energian hankinnassa tapahtuu muutoksia. Nykyisessä dieselbussiliikenteessä liikennöitsijä vastaa itse polttoainehankinnoista ja polttoaineen kilpailutuksesta. Liikennöitsijät voivat yrityskohtaisesti sopia polttoaineen hinnasta sekä valita itselleen sopivan polttoaineen jakeluyhtiön ja jakelupaikat. Sähköbussiliikenteessä tilanne on toinen. Mikäli sähköbussien latausinfrastruktuurin (bussilinjan varrella sijaitsevat pikalatauslaitteet) omistaa kaupunki, ovat liikennöitsijät riippuvaisia kaupungin tarjoamasta latausinfrastruktuurista ja kaupungin kilpailuttaman sähköhinnasta. Akkubusseja ladataan kuitenkin varikoilla ja liikennöitsijät voivat kilpailuttaa sähköhankinnan. Kun akkubusseja ladataan öisin, voidaan latausta optimoida myös yön tunneille, joilla sähköhankinta on alhaisinta ja siten myös hinta on edullisin.

Sähköbussiliikenteessä joukkoliikennetoimijat ja niiden roolit ovat pääosin samat kuin perinteisessä dieselbussiliikenteessä. Tilaajana toimii kaupunki tai joukkoliikenteen toimivaltainen viranomaisen ja tilaajan suuntaan tarjoajina toimivat liikennöitsijät. Bussikalusto sekä latausjärjestelmät kannattaa kilpailuttaa yhtenä kokonaisuutena, jolloin tarjoaja kantaa vastuun kaluston ja järjestelmien yhteensopivuudesta.

Liikennöitsijät hankkivat bussikaluston ja vastaavat tarvittavista varikkotoiminnoista. Liikennöitsijä tai varikon omistaja hankkii varikolle sijoitettavat lataus- tai tankkauslaitteet. Bussikalustoon sekä latausjärjestelmiin liittyvä huolto ja koulutus kilpailutetaan osana kaluston ja latauslaitteiden hankintaa. Tällöin huolto ja koulutus ovat liikennöitsijän sekä kalusto- ja laitevalmistajien vastuulla.

Sähköbussiliikenteessä investointeja latausinfrastruktuuriin vaaditaan vähintään bussivarikolle. Lisäksi päätepysäkkilatausta käytettäessä on huomioitava bussilinjalle tulevan latausinfrastruktuurin tarpeen lisäksi latausajan tarve linjalla.

Sähköbussiliikenteessä päätepysäkkilatausta käytettäessä erityispiirteen muodostaa bussilinjan varrelle sijoitettavien pikalatauslaitteiden hankinta. Mahdolliset bussilinjan varrelle sijoitettavat latauslaitteet hankkii tilaaja tai vaihtoehtoisesti tarjouskilpailussa voidaan edellyttää liikennöitsijän vastaavan latauksesta. Jos liikennöitsijä hankkii bussilinjan varrelle sijoitettavat pikalatauslaitteet, se saattaa tuottaa haasteita latauslaitteiden yhteiskäytölle (useampi liikennöitsijä käyttää samaa latauslaitetta). Ratkaisuna voi olla, että sähköbussit keskitetään samaan sopimukseen. Jos kaupunki hankkii bussilinjan varrelle sijoitettavat pikalatauslaitteet, haasteeksi voi muodostua latauslaitteiden ja bussikaluston yhteensopivuus. Myös saman latauslaitteen käyttäminen usean eri liikennöitsijän toimesta voi tuottaa haasteita, kun mahdollisia ongelmia esimerkiksi bussien latausjärjestyksestä tai -ajoista ei



voi ratkaista vain yhden liikennöitsijän kuljettajien ja työnjohdon kesken. Tällöin tarvittaisiin erillinen liikenteen tilaajan järjestämä työnjohto/päivystäjä, joka ratkaisisi mahdolliset latauksiin liittyvät häiriö- ja ongelmatilanteet.

Latauslaitteille hankitaan latausoperaattori, joka on sähköbussien latauslaitteiden lataussovelluksen ja/tai latauspalvelun toimittaja. Latauspalveluun voi sisältyä mm. lataustapahtumien seuranta ja raportointi, energiankulutuksen seuranta ja laskutus sekä latauslaitteiden tekninen valvonta ja huolto-toimenpiteiden koordinointi. Mahdollinen latausoperaattori kannattaa kilpailuttaa osana latauslaitteiden hankintaa.

Mikäli liikenteen tilaaja edellyttää sähköbussiliikenteessä käytettäväksi esimerkiksi aurinko- tuuli- tai vesivoimalla tuotettua sähköä, tulee tilaajan valvoa liikennöitsijän toimittamista dokumenteista, että bussien latausta varten on ostettu sopimusten mukaista sähköä. Samaan tapaan myös biokaasuliikenteessä täytyy liikenteen tilaajan valvoa, että busseihin ei ole tankattu edullisempaa maakaasua biokaasun sijasta.

Sähköbussiliikennettä kilpailutettaessa tulee tarjouspyyntöasiakirjoihin lisätä vaatimus vaihtoehtoisesta käyttövoimasta tai tarjouskilpailun pisteytystä on muutettava nykyisestä. Lisäksi tulee huomioida perinteistä dieselbussiliikennettä pidempi hankintaprosessi sekä riittävä sopimuskauden pituus.

2.3.5. Hybridi

Hybridibussin käyttövoimana on sekä sähkö että dieselpolttoaine ja energiavarastona akut. Hybridibussit voidaan jakaa sarja- ja rinnakkaishybrideihin. Sarjahybridissä ei ole mekaanista yhteyttä polttomoottorin ja vetävien pyörien välillä. Polttomoottori pyörittää generaattoria, jonka tuottama sähkö ohjataan sähkömoottoriin tai varastoidaan akkuihin. Sarjahybridibussin voimanlähteenä toimii sähkömoottori.

Rinnakkaishybridissä sekä poltto- että sähkömoottorilla on mekaaninen yhteys vetäviin pyöriin. Voimanlähteenä voi toimia joko poltto- tai sähkömoottori tai molemmat yhdessä. Sähkömoottori toimii myös jarrutuksen generaattorina tuottamalla akkuihin varastoitavaa sähköä. Bussi käyttää liikkeelle lähtiessä vain sähkömoottoria. Nopeuden kasvaessa käynnistyy polttomoottori automaattisesti.

Rinnakkaishybridibussi on kevyempi kuin sarjahybridibussi. Rinnakkaishybridijärjestelmän ohjaus on kuitenkin monimutkaisempaa ja jarrutusenergian generointi ei ole yhtä tehokasta. Siten sarjahybridibussit ovat parempia hitailla bussilinjoilla, mutta nopeuden kasvaessa rinnakkaishybridibussien hyödyt kasvavat.



Kuva 21. Volvon hybridibussi

Hybridibussikalusto ei moottoritekniikkaa lukuun ottamatta poikkea perinteisestä dieselbussikalustosta ja sen operoinnista. Hybridibussiliikenne on toimintavarmaa, eikä vaadi investointeja infrastruktuuriin. Hybridibussikaluston operointisäde on noin 600 km, polttoaineen saatavuus on erinomainen ja tankkausaika bussivarikolla muutaman minuutin. Hybridibusseja on saatavana useilta kalustotoimittajilta, kuten Hess, Irisbus, Iveco, MAN, Scania, Solaris, Van Hool, VDL ja Volvo. Hybridibussiliikenteessä käytetään pääasiassa 2-akselista bussikalustoa.

Hybridibussin polttoaineenkulutus on 15-35 % pienempi kuin vastaavasti liikennöidyssä dieselbussissa. Merkittävä hyöty syntyy talteen otettavasta jarrutusenergiasta, jota voidaan käyttää liikkeellelähtöihin. Eniten hyötyä hybridibusseista saadaan kaupunkiliikenteestä, jossa on paljon pysähdyksiä.

Hybridibussien etuna perinteisiin dieselbusseihin verrattuna on sähkön käyttö dieselin rinnalla. Perinteisissä dieselbusseissa jarrutusenergia menee hukkaan. Hybridibusseissa generoitu jarrutusenergia hyödynnetään seuraavassa kiihdytyksessä. Hybridibussin polttoaineenkulutus on siten 15-35 % pienempi kuin vastaavissa olosuhteissa liikennöidyllä dieselbussilla. Toisaalta kaksi moottoria (polttomoottori ja sähkömoottori) lisäävät hybridibussikaluston hintaa ja painoa.

Suurin hyöty hybridibussikalustosta saadaan kaupunkiliikenteessä, jossa on paljon pysähdyksiä (mm. bussipysäkit, liikennevalot) ja kiihdytyksiä. Hybridibussit tulee sijoittaa mahdollisimman hitaalle linjalle, jolloin niiden ominaisuudet saadaan hyödynnettyä parhaiten ja säästö polttoaineenkulutuksessa saadaan maksimoitua.

Hybridibussiliikenne on ympäristöystävällisempää, hiljaisempaa ja käyttäjäystävällisempää kuin perinteinen dieselbussiliikenne. Hybridibussien hiilidioksidipäästöt alentuvat samassa suhteessa kuin



polttoaineenkulutus. Lisäksi hybridibussien hiukkas- ja typpioksidipäästöt ovat noin 40–50 % perinteistä dieselbussia pienemmät. Hiljaisuuden suhteen hybridibussilla ei saavuteta merkittävää etua dieselbussiin verrattuna. Hybridibussit ovat jonkin verran hiljaisempia, sillä hybridibussissa on pienempi polttomoottori, joka ei ole jatkuvasti käynnissä eikä sen tarvitse käydä yhtä suurella kierrosnopeudella kuin dieselbussissa. Merkittävintä on hiljainen ja päästötön liikkeellelähtö sähkömoottorin käytöstä johtuen.

2.3.6. Ladattava hybridi

Ladattavan hybridibussin käyttövoimana on sekä sähkö että dieselpolttoaine ja energiavarastona akut. Ladattavat hybridibussit toimivat täyssähköbussien tapaan ja niiden voimanlähde on sähkömoottori aina, kun akkukapasiteettia on riittävästi käytettävissä. Muutoin ladattavat hybridibussit toimivat hybridibussien tapaan. Ladattavalla hybridibussilla voidaan esimerkiksi liikennöidä sähkömoottorin voimin kaupunkiliikenteessä ja polttomoottorin voimin kaupunkikeskustojen ulkopuolella. Ladattava hybridibussi voidaan ladata täyssähköbussien latausinfrastruktuuria käyttäen.

Ladattavien hybridibussien etuna täyssähköbussisiin verrattuna on, että bussiliikenne ei ole riippuvainen latauksesta. Matka ei katkea, vaikka yksittäinen lataustapahtuma jäisi suorittamatta, eikä ladattava hybridibussikalusto aseta rajoitteita bussin linjasivun pituudelle tai päivittäiselle operointisäteelle. Hybridibussiliikenne voidaan järjestää täyssähköbussiliikenteen tapaan joko päätepyssäkilatausta tai pelkkää varikkolatausta käyttäen. Ladattavilla hybridibusseilla toteutettava liikenne vaatii siten myös investointeja latausinfrastruktuuriin linjan varrelle ja/tai bussivarikolle. Lisäksi kaksi moottoria (polttomoottori ja sähkömoottori) lisäävät ladattavan hybridibussikaluston hintaa ja painoa.

Ladattavassa hybridissä yhdistyvät perinteisen diesel- ja täyssähköbussin edut. Päästöjen merkittävä vähennys edellyttää uusiutuvan biodieselin käyttöä. Ladattavia hybridejä valmistaa ainoastaan yksi toimittaja. Kalustovalmistajat ovat keskittyneet täyssähköbussien kehittämiseen ja tuotantoon.

Sähköenergian ja polttoaineen saatavuus on erinomainen, mutta sähköenergian saatavuus vaatii investointeja latausinfrastruktuuriin. Pikalatauksen kesto bussilinjan varrella on keskimäärin noin 5min/20km, hidaslatauksen kesto bussivarikolla noin 2–12 tuntia ja tankkausaika bussivarikolla muutamain minuutin. Ladattavia hybridibusseja on saatavana kalustotoimittajista ainakin Scania ja Volta.

Ladattavan hybridibussin energiankulutus ja päästöt riippuvat sähkömoottorin ja polttomoottorin käyttösuhteesta. Voimanlähteenä sähkömoottoria käytettäessä ladattavan hybridibussikaluston energiankulutus ja päästöt ovat verrattavissa täyssähköbussiliikenteeseen ja polttomoottoria käytettäessä polttoaineenkulutus ja päästöt ovat verrattavissa hybridibussiliikenteeseen. Ladattavan hybridibussin hiilidioksidipäästöt ovat noin 35–70 % pienemmät kuin perinteisellä dieselbussilla, kun huomioidaan tuotanto ja bussiliikenteen käytön aikaiset päästöt (well-to-wheel). Seuraavassa kuvassa on esitetty ladattava hybridibussi pikalatauksessa Hampurissa Saksassa.



Kuva 22. Ladattava hybridibussi pikalatauksessa Saksan Hampurissa.



2.3.7. Polttokenno

Polttokennobussin käyttövoimana toimii vety, josta tuotetaan polttokennossa tapahtuvan sähkökemiallisen reaktion avulla sähköä, jolla käytetään bussin sähkömoottoria. *Vety on moneen sopiva energian kantaja, jonka avulla voidaan parantaa sähköä ja kemiallista energiaa hyödyntävien konversioketjujen hyötysuhdetta, varastoida energiaa ja pienentää päästöjä* (VTT vetytiekartta 2013).

Useimmiten polttokennobussit ovat käytännössä sähköhybridejä, sillä niissä on lisäksi joko akku(ja) tai superkondensaattori, joita käytetään tuottamaan lisävirtaa kiihdytyksiin ja nousuihin ja vastavasti myös ottamaan talteen jarrutuksista syntyvää energiaa. Vedyn suurempi energiatiheys verrattuna esimerkiksi akkuihin mahdollistaa suuremman toimintasäteen kuin akkusähköbusseilla. Ballard, yksi isoimmista polttokennojen valmistajista, lupaa polttokennobussille jopa 450 kilometrin toimintasäteen latausten välillä. Polttokennoilla varustetut bussit ovat huomattavasti kevyempiä kuin isolla akustolla varustetut perinteisemmät sähköbussit. Polttokennobussin tankkaaminen vie noin 6–10 minuuttia, eivätkä polttokennobussit vaadi erillistä infraa varikolle sijoitettavan tankkausaseman lisäksi.

Polttokennobussit ovat täysin lähipäästöttömiä, sillä sähkökemiallisen reaktion lopputuotteena syntyy ainoastaan vettä. Suurin osa teolliseen käyttöön tarkoitettua vedystä tuotetaan kuitenkin fossiilista energianlähteistä (pääasiassa maakaasusta), jolloin vety ei kokonaisuudessaan ole päästötöntä. Vetyä voidaan kuitenkin tuottaa useilla vähähiilisillä tai hiilidioksidivapailta tavoilla, kuten uusiutuvien energianlähteiden avulla. Tällöin polttokennobussi tarjoaa täysin hiilettömän ratkaisun liikenteeseen. Vedyn saatavuus Suomessa on haaste, vaikka Kokkolassa onkin Euroopan suurin elektrolyysimenetelmällä vetyä tuottava Woikosken laitos (<http://www.woikoski.fi/fi/vedyn-valmistus-ja-jakelukanavat>). Kemira Chemicalsilla on Sastamalassa ja Joutsenossa pienemmät sivutuotevetylaitokset. LVM:n selvityksessä vuodelta 2015 on todettu, että Suomessa riittäisi nykyisellään vetyä liikennekäyttöön noin 2 milj. kiloa vuodessa. Selvityksen mukaan tällä määrällä voitaisiin tankata 830 busssia.

Lisäksi polttokennobussien osalta rajoittavia tekijöitä ovat kaluston hankintahinta ja vedyn jakeluverkoston vähyys. Nykyisellään 12-metrinen polttokennobussin hinta on n. 650 000€. Vuoden 2020 jälkeen, kysynnän mahdollisesti kasvaessa, hinnan on arvioitu laskevan jopa tasolle 450 000€/bussi (lähde: Fuel Cell Buses – An attractive value proposition for Zero-Emission buses in Scandinavia, Ballard 9/2017). Polttokennobusseja valmistavat mm. Solaris ja Van Hool.

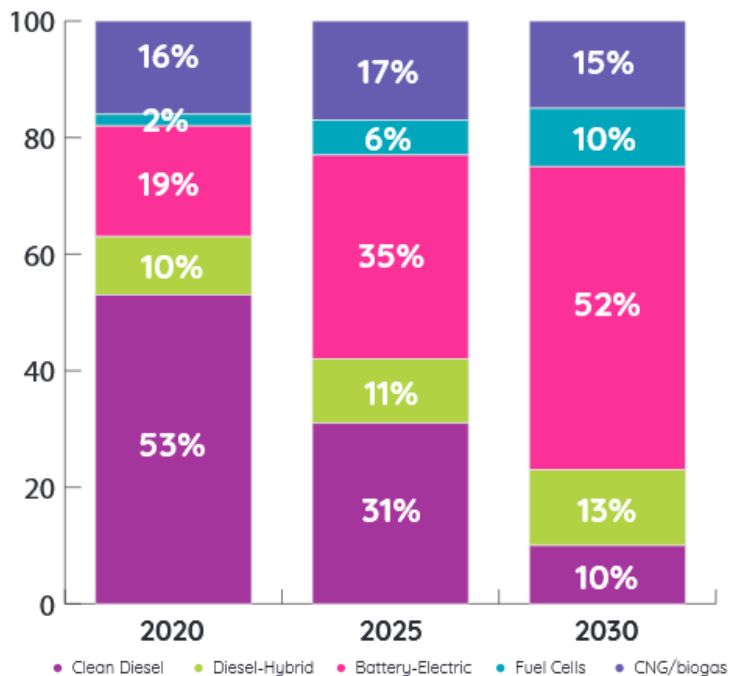
Tällä hetkellä Suomessa ei ole lainkaan käytössä olevia vetytankkausasemia. Vielä vuonna 2018 niitä oli kaksi: yksi Vuosaaren satamassa ja yksi Voikoskella. VTT:n v. 2013 laatimassa selvityksessä on luonnosteltu 20 aseman tankkausasemaverkosto, joka riittäisi kattamaan Suomen tarpeen. Lahtea lähin tankkausasema on kaavailtu Heinolaan. Vetytankkausaseman kustannuksen on arvioitu olevan aseman tyyppistä riippuen 0,5–1,5 milj. eur. Vedyn kustannustavoite vuonna 2015 oli 10 eur/kg, mutta tavoite 2020–2023 mennessä on noin 6–8 eur/kg (lähde: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78461/Julkaisu_4-2015.pdf).

Vetyyn polttoaineena liittyy riskejä, sillä vety on herkästi syttyvää, ja se palaa hapettimen (esim. happi) läsnä ollessa jopa räjähdysmäisesti. Vety palaa huomattavasti bensiiniä helpommin ja jopa käsissä oleva staattinen sähkö voi sytyttää vedyn. Palava vety on lähes näkymätöntä, joten vetyä on hankala välttää ja sitä vastaan on hankala taistella. Lisäksi ihminen voi tukehtua puhtaan vedyn hengittämiseen, sillä vety korvaa hapen.

Vety on hajutonta, mautonta ja väritöntä, joten sitä on vaikea havaita. Tätä voidaan torjua jossain määrin lisäämällä jokin hajuaine vetyyn. Riski on kuitenkin todellinen suljetuissa tiloissa, josta vety ei pääse pakenemaan. Avoimessa ilmassa vety haihtuu keveytensä vuoksi nopeasti ja tämä vähentää myös tulipalon riskiä ulkona.

Nykyisellään polttokennobussit ovat hyvin marginaalisessa roolissa, mutta sen markkinaosuuden ennustetaan kasvavan Euroopan kaupunkiliikenteessä vuoteen 2030 mennessä 10 prosenttiin (UITP, kuva 16). Polttokennoteknologia ei ole vielä kovin varteenotettava vaihtoehto Suomessa, mutta sitä kannattaa pitää silmällä tulevaisuutta ajatellen.

Vetytankit ovat pienempiä kuin vastaavan energiakapasiteetin omaavat akkujärjestelmät, minkä takia polttokennobussit ovat sähköbussuja huomattavasti kevyempiä ja niillä on suurempi toimintasäde. Vedyn saatavuus Suomessa on haaste, ja vetyyn polttoaineena liittyy riskejä. Polttokennobussin hiilidioksidipäästöt riippuvat vedyn tuotantotavasta.



Kuva 23. Euroopan kaupunkibussiliikenteen markkinoiden kehittyminen (lähde: <https://www.sustainable-bus.com/wp-content/uploads/2018/06/zeeus-ebus-report-2.pdf>)



Kuva 24. Van Hoolin polttokennobussi (lähde: <https://www.fuelcellbuses.eu>).



Kuva 25. Polttokennobussi tankkausasemalla Aberdeenissa Skotlannissa. (lähde: <https://www.fuelcellbuses.eu>).



2.4. Yleiset vaikutukset

Bussiliikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien kilpailuttaminen toimii pääperiaatteiltaan samalla tavalla kuin nykyinen dieselbussiliikenteen kilpailutus. Tilaajana toimii joukkoliikenteen toimivaltainen viranomaisen ja tarjoajia ovat liikennöitsijät. **Kilpailutuksessa kannattaa sallia bussiliikenteen ruuhkavuorojen ajaminen tulevaisuudessakin dieselbusseilla, joita mahdollisesti liikennöidään uusiutuvalla biodieselillä.** Tässä työssä on tunnistettu seuraavat vaihtoehdot bussiliikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien kilpailutukseen.

Vaihtoehdot liikenteen hankintaan, kun liikennöitsijän vastuulla on myös infra ja kalusto:

Lähtökohtana on, että tilaaja edellyttää käyttövoimia siten, että EU:n Puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen -direktiivin vähimmäisvaatimukset täyttyvät. Muussa liikenteessä voidaan tavoitella uusia käyttövoimia jommallakummalla seuraavalla tavalla:

- 1) vaihtoehtoisista käyttövoimista annetaan päästöjen mukaan lisäpisteitä ja varsinainen käyttövoiman valinta on liikennöitsijällä tai
- 2) tilaaja asettaa kohteeseen päästökaton, jonka alittamisesta maksetaan bonus.

Sopimuskautta voidaan pidentää korkeiden investointien vuoksi, esim.

- 8 + 0-2 v optio
- 10 + 0-5 v optio on PSA:n mukaan mahdollinen, jos liikennöitsijän investoinnit ovat merkittäviä

Jos liikennöitsijä ei vastaa infrasta (ja kalustosta), ei tavanomaista pidempi sopimuskausi ole perusteltua.



2.4.1. VE 1 – Tilaaaja antaa kalustopisteitä käyttövoimien ja päästöjen mukaan

EU:n puhtaita ja energiatehokkaita ajoneuvoja koskevan direktiivin täyttämiseksi tilaajan on luontevaa vaatia tietty määrä puhdasta kalustoa, jotta direktiivin vähimmäisvaatimukset täyttyvät. Muulle kalustolle voidaan antaa lisäpisteitä. On kuitenkin mahdollista, että puhtaita ajoneuvoja ja esimerkiksi sähköbussseja vaaditaan vain tietyissä kohteissa. Kohteen muun kaluston ja muiden kohteiden kaluston osalta voidaan antaa lisäpisteitä.

Lahdessa on vuodesta 2013 alkaen annettu kilpailutuksissa lisäpisteitä myös kaasun ja sähkön käytöstä. Lisäpisteiden määrä on ollut kuitenkin melko pieni, minkä vuoksi kaasu- ja sähköbussikalustolla ei ole voitettu liikennettä. Lisäksi kohteet ja esimerkiksi sopimusajat eivät ole välttämättä tukeneet uusien vaihtoehtojen käyttöönottoa.

Suomessa on pitkäaikaisesti käytetty menestyksellisesti kalustopisteitä kaluston päästötason ja muiden ominaisuuksien osalta. Kalustosta on annettu lisäpisteitä linjakilometrien suhteessa. Lahdessa on annettu lisäpisteitä dieselkaluston Euro -päästoluokkien mukaan. Lisäksi on annettu lisäpisteitä kaasun tai sähkön käytöstä. Lisäpisteet ovat kuitenkin olleet sen verran alhaisia, ettei kaasu- tai sähköbussilla ole vielä voitettu tarjouskilpailuja. Lisäksi heikkoutena on ollut, että kaasun osalta on annettu lisäpisteitä, mutta tilaaaja on antanut samat lisäpisteet sekä maakaasun että biokaasun käytöstä. Maakaasulla ei kuitenkaan saavuteta merkittäviä well-to-wheel päästövähennyksiä. Siten kaasun osalta olisi luontevaa edellyttää biokaasun käyttöä.

HSL:n linja-autoliikenteen kilpailutuksissa on mahdollista saada lisäpisteitä esimerkiksi Euro-päästoluokkien, CO₂-päästöjen ja melun mukaan. Pisteytyksen on hyvä perustua päästoluokkiin ja elinkaaren aikaisten päästöjen vähenemään. Lisäpisteitä voidaan antaa pohjautuen esimerkiksi elinkaaren aikaisten päästöjen hiilidioksidipäästöjen vähentymiseen (well-to-wheel), typenoksidien (NO_x) ja pienhiukkaspäästöjen (PM) vähenemiseen. Koska nämä vähenevät eri käyttövoimilla eri tavoin, voidaan eri käyttövoimia pisteyttää eri tavoin. Tarjoajan päätettäväksi hinnan lisäksi, minkä käyttövoiman kalustoa tarjoaa liikenteeseen.

Esimerkiksi Ruotsin kilpailutuksissa laadun painoarvo on suurempi. Tilaajan suunnitteluvastuu on pienempi ja tarjousvertailussa otetaan vahvasti huomioon bussiliikenteen ympäristö-, laatu- ja matkustajanäkökulmat. Tilaaja määrittää reunaehdot ja tavoitteet bussiliikenteelle (mm. päästöt, melu, palvelutaso) ja tarjoajan suunniteltavaksi jätetään bussiliikenteen käyttövoima, kalustoratkaisut ja mahdolliset lataus- tai tankkausjärjestelmät.

2.4.2. VE 2 – Päästökatto

Päästökaton osalta tilaaaja asettaa kohteittain päästökaton ainakin well-to-wheel CO₂-päästöille. Lisäksi voidaan asettaa katto typenoksideille (NO_x) ja pienhiukkasille (PM). Päästökattoa asetettaessa huomioidaan, mikäli kohteessa osan kalustosta edellytetään täyttävän EU-direktiivin vähimmäisvaatimukset. Jos liikennöitsijä alittaa päästökaton, maksaa tilaaaja bonusta. Sopiva hinta CO₂-päästökaton alittamisesta on 250 eur/CO₂-tonni.

Päästökaton haasteena on, että tilaajan on tarve seurata tarkemmin energian hankintasopimuksia. Lisäksi tilaajan on tarve seurata well-to-wheel -päästöjä eli kuinka paljon liikennöitsijän hankkima energia on aiheuttanut elinkaaren aikaisia päästöjä. Tämä on tarpeellista, koska uusiutuvan dieselin ja biokaasun osalta olennainen asia on energiantuotannosta aiheutuvat päästövähennykset, koska nämä valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista. Osin heikkoutena on myös, että päästökatoilla ei ole aiemmin kilpailutettu linja-autoliikennettä Suomessa.



2.4.3. Muita linja-autoliikenteen hankinnassa huomioitavia seikkoja

Kun liikennöitsijän vastuulla on tankkaus- ja latausinfrastruktuurin toteuttaminen ja kaluston hankinta, on sopimuskauden pidentäminen perusteltua. Tällöin tarjouskilpailussa voidaan pyytää myös kiinteä osuus, jota maksetaan perussopimuskauteina (eur/kk, vertailuperusteena eur/v) eikä siihen vaikuta suoritteiden muutokset. Tällä huomioidaan kiinteiden investointien hankinta, kuten tankkaus- ja latausinfrastruktuurin toteuttaminen ja sähköbussien hankinta. Sopimuskauden on hyvä olla vähintään 8 vuotta, kun liikennöitsijän vastuulla on merkittävien investointien tekeminen. Sopimuskausi voi olla myös 10 vuotta, minkä lisäksi on 0–3 vuoden optio. Esimerkiksi HSL kilpailutti syksyllä 2018 sähköbussiliikennettä siten, että perussopimuskausi on 6 vuotta, minkä lisäksi on mahdollisuus 5 vuoden optioon, mikäli sähköbussien osuus liikenteessä kasvaa.

Joukkoliikenteen hankintaa ohjaa EU:n palvelusopimusasetus (1370/2007). Linja-autoliikenteessä sopimuskauden enimmäispituus voi olla 10 vuotta. Palvelusopimusasetus mahdollistaa kuitenkin 50 prosenttia pidemmät eli 15 vuoden sopimuskaudet, jos liikenteenharjoittaja investoi omaisuuteen, jonka poistoaika on poikkeuksellisen pitkä. EU:n komission 29.3.2014 antaman tiedonannon mukaan: ”Kaikkiin päätöksiin pidentää julkisia palveluhankintoja koskevan sopimuksen voimassaoloaika 50 prosentilla olisi näin ollen sovellettava seuraavia edellytyksiä: julkisia palveluhankintoja koskevan sopimuksen on veloitettava liikenteenharjoittaja investoimaan omaisuuteen, kuten liikkuvaan kalustoon, huoltolaitteistoon tai infrastruktuuriin, jonka hankintamenon poistoaika on poikkeuksellisen pitkä.” Jos liikennöitsijän vastuulla ei ole tankkaus- tai latausinfrastruktuurin toteuttamista biokaasu- tai sähköbussiliikenteessä tai sähköbussikaluston hankintaa, ei sopimuskauden pidentäminen tavanomaisesta ole perusteltua eikä yli 10 vuoden sopimuskausi ole sallittua.

Edellä mainittujen keinojen (vaatimus vaihtoehtoisesta käyttövoimasta, tarjouskilpailun pisteytyksen muuttaminen) lisäksi bussiliikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymistä voidaan edesauttaa yhtenäistämällä bussiliikenteen kalustovaatimukset ja luomalla yhtenäiset toimintamallit bussiliikenteen kilpailutukseen. Kalustovaatimusten ja toimintamallien yhtenäistämässä tärkeää on tilaaja- ja tuottajayhteistyö (kaupunkien, joukkoliikenteen toimivaltaisten viranomaisten ja liikennöitsijöiden välinen yhteistyö). Yhteistyötä voidaan lisätä mm. markkinavuoropuhelutilaisuuksien avulla sekä käyttämällä avoimen hankintamenettelyn sijasta neuvottelumenettelyä bussiliikenteen hankinnassa. Kaupunkikohtaisten kalustovaatimusten poistaminen ja kalustotoimittajien standardikaluston käyttäminen mahdollistaisi nopeammat toimitusajat ja pienemmät kalustokustannukset.

Bussiliikenteen vaihtoehtoisia käyttövoimia kilpailutettaessa tulee myös huomioida perinteistä dieselbussiliikennettä pidempi hankintaprosessi sekä riittävä sopimuskauden pituus. Hankintaprosessia pidentää mahdollinen lisääntynyt viranomais- ja toimijayhteistyö sekä kaluston ja infrastruktuurin pidemmät toimitusajat. **Karkeasti voidaan arvioida, että bussiliikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien kilpailutus kannattaa aloittaa puolitoista vuotta ennen bussiliikenteen aloittamista.**

Lisäksi bussiliikenteen vaihtoehtoisia käyttövoimia kannattaa kilpailuttaa riittävän isoina kokonaisuuksina. **Karkean arvion mukaan riittävän isona kokonaisuutena voidaan pitää vähintään 10 bussin (biokaasulla 15–20 bussin) liikennettä vaihtoehtoisella käyttövoimalla.** Riittävän isot kilpailutuskokonaisuudet mahdollistavat tehokkaan ja taloudellisen bussiliikenteen järjestämisen. Kilpailutuskokonaisuus voi muodostua yhdestä tai useammasta linjasta. Kilpailutuskokonaisuuksia muodostettaessa on kuitenkin huomattava, että kohteen koon lisäksi kohteen linjojen alueellisella sijoittumisella ja mahdollisilla yhteisillä pääte pysäkeillä on suuri vaikutus esimerkiksi kalusto- ja autokiertojen sekä mahdollisten latausjärjestelmien suunnitteluun ja tätä kautta myös bussiliikenteen kustannuksiin.



Vaihtoehtoisia käyttövoimia kilpailutettaessa sopimuskausi voi olla pidempi, jos liikennöitsijän vastuulla on tankkaus- ja latausinfrastruktuurin toteuttaminen. Kilpailutuksessa tulee myös huomioida perinteistä dieselbussiliikennettä pidempi hankintaprosessi: kilpailutus kannattaa aloittaa noin puolitoista vuotta ennen bussiliikenteen aloittamista.

Alueen ulkopuoliset suuret liikennöitsijät eivät herkästi lähde uusille toiminta-alueille aivan pienten liikennöintikohteiden perässä, koska uusille alueille levittäytyminen vaatii aina merkittäviä investointeja. Toisaalta pienet liikennöitsijät suosivat usein pienempiä kilpailutuskohteita. Jotta kilpailutuksesta saadaan kaiken kokoisia yrityksiä kiinnostavia, tulee kilpailutuksissa tapauskohtaisesti harvita yhdistelmätarjousten hyväksymistä. Tällöin liikennöitsijä voi tarjota eri hinnan yhdestä kohteesta tai kahden/kolmen kohteen yhdistelmästä.

Uusien liikennöitsijöiden kannalta olisi eduksi, jos kaupungilla olisi tiedossa liikenteeseen nähden keskeisellä sijainnilla oleva varikkotontti, josta olisi saatavissa myös maaperätietoja ja tieto sähköverkon riittävydestä.

2.5. Huomioitavia asioita poikkeusoloissa

Linja-autokalustolla on merkittävä tehtävä myös väestön turvallisuuden ja yhteiskunnan toimivuuden varmistamisessa poikkeusoloissa. Valmiuslain (29.12.2011/1552) mukaan poikkeusoloja ovat mm. Suomeen kohdistuva aseellinen hyökkäys tai sen uhka, väestön toimentuloon tai maan talouselämän perusteisiin kohdistuva erityisen vakava tapahtuma tai uhka, erityisen vakava suuronnettomuus tai hyvin laajalle levinnyt vaarallinen tartuntatauti. Valmiuslaissa on säädetty, että tiekuljetusviranomaiset voivat muuttaa luvanvaraisen henkilöliikenteen aikatauluja ja reittejä sekä ohjata joukkoliikenteessä käytettävää kalustoa tilanteen edellyttämällä tavalla (75 §). Lisäksi valmiuslaissa on säädetty, että luvanvaraista liikennettä harjoittava liikenteenharjoittaja on poikkeusoloissa velvollinen suorittamaan tiekuljetusviranomaisen määräämiä kuljetuksia (77 §) ja että moottoriajoneuvon omistajan tai haltijan on tarvittaessa luovutettava moottoriajoneuvonsa tiekuljetusviranomaisen käyttöön (78 §). Liikenne- ja viestintäministeriö voi poikkeusoloissa määrätä luvanvaraista liikennettä harjoittavan liikenteenharjoittajan hoitamaan henkilöiden tai omaisuuden evakuointikuljetuksia (84 §).

Valmiuslakiin kuuluu myös varautumisvelvollisuus: *Valtioneuvoston, valtion hallintoviranomaisten, valtion itsenäisten julkisoikeudellisten laitosten, muiden valtion viranomaisten ja valtion liikelaitosten sekä kuntien, kuntayhtymien ja muiden kuntien yhteenliittymien tulee valmiussuunnitelmin ja poikkeusoloissa tapahtuvan toiminnan etukäteisvalmisteluun sekä muilla toimenpiteillä varmistaa tehtäviensä mahdollisimman hyvä hoitaminen myös poikkeusoloissa (12 §). Varautumisvelvollisuuden hoitamiseksi on joukkoliikenneviranomaisen varmistettava, että liikenne voidaan hoitaa mahdollisimman hyvin myös poikkeustilanteessa ja että kalustoa on käytettävissä poikkeusolojen tehtäviin. Kaluston käyttövoima saattaa vaikuttaa toimintaan poikkeusoloissa, sillä esimerkiksi isoimmassa poikkeusoloissa sähköverkon toimivuus saattaa vaarantua samoin kuin polttoaineiden saanti. Uusien käyttövoimien osalta haasteeksi voi muodostua se, että kalusto saattaa tyypistä riippuen olla yhteensopiva vain paikallisen lataus- tai tankkausinfra kanssa. Tämä rajoittaa merkittävästi kaluston toimintasädetä esimerkiksi evakuointitehtävissä.*

Viranomaisilla on oltava varautumissuunnitelma, jolla varmistetaan, että linja-autoliikenteen kalustoa on voitava käyttää myös poikkeustilanteissa ja mahdollisesti poikkeusolojen tehtäviin.



Maakuljetuspooli on Huoltovarmuuskeskuksen hallituksen ja Logistiikkasektorin ohjauksessa toimiva valtakunnallinen varautumisorganisaatio, johon mm. Linja-autoliitto kuuluu. Pooli on toiminut vuodesta 1987 alkaen. Poolin piirissä on noin 130 huoltovarmuuskriittistä yritystä. Pooli muodostaa oman toimialansa huoltovarmuuden tilannekuvan ja tämän perusteella tekee esityksiä tarvittavien kehittämishankkeiden toimeenpanosta ja osallistuu toimeenpanoon.

Maakuljetuspoolin toimialat ovat maantie- ja rautatiekuljetuksiin liittyvät kuljetuspalvelut ja logistiikkatoiminnot. Poolin tehtävänä on

- määrittää toimialansa huoltovarmuuskriittiset yritykset ja tukea näiden yritysten varautumista häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin
- osallistua yhdessä alansa järjestöjen ja viranomaisten kanssa Suomessa toimivien maantie- ja rautatiekuljetusoperaattoreiden toimintaedellytysten turvaamiseen
- edistää varautumisen yhteistoimintaa kuljetus- ja logistiikka-alan yritysten ja viranomaisten kesken
- osallistua kuljetus- ja logistiikka-alan huoltovarmuuden tilannekuvan ylläpitämiseen ja huoltovarmuutta edistävien toimenpiteiden toteuttamiseen.

Sähköbussien suhteen sähkönjakelun ongelmiin on jossain määrin mahdollista varautua esim. dieselgeneraattoreilla. Generaattorilla voi poikkeustilanteissa muuntaa fossiilisen polttoaineen energiaa sähköksi. Oslon satamassa on sähköbussiliikennettä, mutta ei riittävää bussien latausmahdollisuutta. Siellä asia on ratkaistu tuottamalla sähköä dieselgeneraattorin avulla.

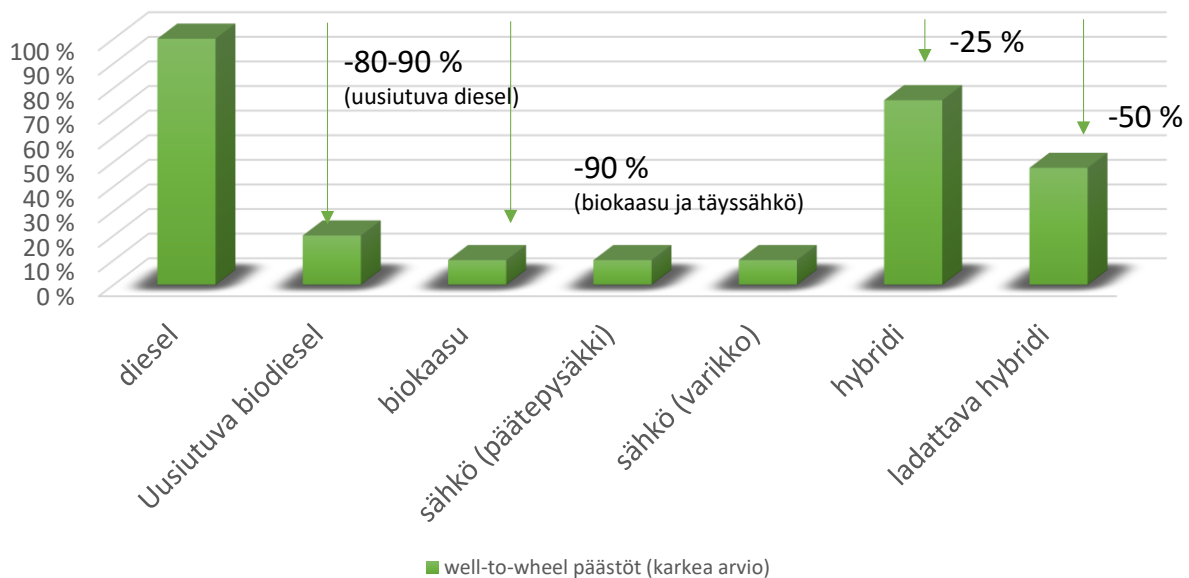
Dieselbussiliikenteessä varautuminen poikkeustilanteisiin voi edellyttää generaattoria tankkauspaikoilla, koska sähköä tarvitaan jonkin verran tankkauksen hoitamiseksi. Kaasu- ja sähköbussiliikenteessä tankkauksen ja latauksen onnistuminen poikkeustilanteissa tehdään yhteistyössä kaasun- ja sähköverkkoyhtiön kanssa. Tällöin kaasun tankkaus onnistuu myös poikkeustilanteissa. Poikkeustilanteita varten voi olla tarpeen erillinen kaasukontti kaasun jakeluhäiriöiden varalle. Sähkön saanti edellyttää varageneraattoreita.

3. KÄYTTÖVOIMAVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

3.1. Päästöt

Päästöjä on tarkasteltu eri käyttövoimavaihtoehtojen välillä käytön aikaisten lähipäästöjen sekä well-to-wheel päästöjen näkökulmasta. Käyttövoimavaihtoehtoista ympäristöystävällisimpiä ovat edellisistä näkökulmista tarkasteltuna uusiutuva biodiesel, biokaasu ja täyssähkö.

Uusiutuva biodiesel ja biokaasu eivät ole lähipäästöttömiä, mutta fossiiliseen dieseliin verrattuna lähipäästöt ovat alhaisemmat. Uusiutuva biodiesel palaa puhtaammin ja sen typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöt ovat fossiilisen dieselin käyttöön nähden edullisempia. Esimerkiksi uusiutuva biodiesel ei sisällä lainkaan rikkiä. Uusiutuvan biodieselin puhtaammalla palamisella on suurempi vaikutus vanhalla kalustolla, jolla on alempi Euro-päästöluokitus kuin uudella Euro 6 -päästöluokan busseissa. Biokaasun typenoksidipäästöt ovat puolestaan noin 40 % ja pienhiukkaspäästöt noin 70 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Täyssähkö on täysin lähipäästöttömiä.



Kuva 26. Käyttövoimavaihtoehtojen well-to-wheel päästöt (karkea arvio) suhteessa Euro 6 -päästöluokan dieselbussiliikenteeseen (Kettunen 2015, Edward 2011, Nylund ym. 2015, Mikkonen 2016, Neste 2018 ja UPM 2018).

Yllä olevasta kuvasta selviää, että biokaasun ja täyssähkön (Suomen keskimääräinen sähkön tuotantotapa) well-to-wheel hiilidioksidipäästöt ovat noin 90 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Biokaasun osalta voidaan päästä parempaan alenemaan, mutta tuotanto ja logistiikka tuottavat jonkin verran päästöjä. Sähkön hiilidioksidipäästöt ovat myös selvästi alemmat, jos sähkö tuotetaan uusiutuvasta energiasta tai ydinvoimalla. Uusiutuvan biodieselin well-to-wheel hiilidioksidipäästöt ovat noin 80–90 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Neste ilmoittaa uusiutuvan biodieselin well-to-wheel päästökseen 90 % ja UPM 80 % pienemmäksi kuin fossiilisen dieselin. Biokaasun tavoin uusiutuvalla biodieselillä voidaan päästä parempaan alenemaan, mutta tuotanto ja logistiikka aiheuttavat päästöjä.

Hybridibussiliikenne on myös ympäristöystävällisempää kuin perinteinen dieselbussiliikenne. Hybridibussit ja ladattavat hybridibussit eivät kuitenkaan ole lähipäästöttömiä. Hybridibussien hiukkas- ja



typpioksidipäästöt ovat noin 40-50 % perinteistä dieselbussia pienemmät. Hybridin well-to-wheel hiilidioksidipäästöt ovat noin 15-35 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Uusiutuvaa biodieseliä käytettäessä hybridinkin hiilidioksidipäästöt alenevat merkittävästi.

Ladattavan hybridibussin päästöt riippuvat sähkömoottorin ja polttomoottorin käyttösuhteesta. Voimanlähteenä sähkömoottoria käytettäessä ladattavan hybridibussikaluston päästöt ovat verrattavissa täyssähköbussiliikenteeseen ja polttomoottoria käytettäessä hybridibussiliikenteeseen. Ladattavan hybridin well-to-wheel hiilidioksidipäästöt ovat noin 35-70 % pienemmät kuin fossiilisella dieselillä. Uusiutuvaa biodieseliä käytettäessä ladattavaan hybridinkin hiilidioksidipäästöt alenevat merkittävästi.

3.2. Kustannukset

Kustannusten osalta on tarkasteltu investointikustannuksista kalusto- ja infrakustannuksia sekä käytön aikaisista kustannuksista energia- ja huoltokustannuksia. Käyttövoimavaihtoehdoista pienimmät investointikustannukset ovat dieselillä, uusiutuvalla biodieselillä ja hybridibusseilla. Näissä ei ole tarvetta infrastruktuuri-investointeihin. Dieseltankkausasemat ylläpitokustannukset ovat erittäin edulliset.

Kaasubussikaluston investointikustannus on hieman suurempi kuin dieselbussikalustolla noin 270 000 euroa. Lisäksi on investoitava kaasubussien tankkausinfrastruktuuriin. Pikatankkausasema maksaa noin 1,0 miljoonaa euroa. Liikennöitsijän voi olla perusteltua investoida myös hidastankkaukseen, koska pikatankkaukseen sitoutuu työaika, mikä pitkällä aikavälillä lisää merkittävästi kustannuksia. Hidastankkauspaikan lisäkustannus pikatankkausaseman toteuttamisen jälkeen on noin 10 000 euroa/paikka. Lisäksi aiheutuu ylläpitokustannuksia noin 7 %/vuosi investointikustannuksiin nähden. Lisätankkauspaikkojen rakentaminen hidastankkauspaikalle on melko edullista. Liikennöitsijät voivat käyttää myös raskaalle liikenteelle tarkoitettuja julkisia asemia. Jos julkinen tankkausasema sijaitsee kaukana, liikennöitsijälle voi syntyä merkittäviäkin lisäkustannuksia tankkauksesta aiheutuvista siirtokilometreistä. Henkilöautojen julkisilla tankkausasemilla heikkoutena on puolestaan alhaisempi teho, minkä vuoksi bussin tankkaus kestää noin puoli tuntia.

Molemmat nykyisistä Lahden seudun liikenteen sopimusliikennöitsijäyritysten bussivarikoista sijaitsee Suomen Kaasuenergia Oy:n jakeluverkon varrella. Liittäminen kaasuverkkoon on mahdollista kohtuullisin kustannuksin. Suomen Kaasuenergia voi tarjota liitokset omaan paikallisjakeluverkkoonsa. Liitos kaasuputkeen on suositeltavaa, silloin kun se on mahdollista.

Liikennöitsijä voi valita tapauskohtaisesti, mikä kaasun tankkaustapa on kokonaistaloudellisesti edullisin:

- a) Julkisen kaasun tankkausaseman käyttö (hintaa liikennöitsijälle on arvioitu olevan noin 1,05 eur/kg + alv)
- b) Kaasun tankkausaseman rakentaminen varikolle ja tankkaus kaasusäiliöstä. Jos liikennöitsijä maksaa infran kaasun hinnassa, on biokaasun kustannus noin 1,05 eur/kg. Gasum on esittänyt, että voi toteuttaa kaasun tankkausaseman varikolle, mikäli kaasubusseja on noin 15-20.
- c) Liikennöitsijä investoi kaasun tankkausasemaan ja maksaa vain käyttämästään kaasusta 0,80 eur/kg + alv
- d) Liikennöitsijä liittyy kaasuverkkoon ja investoi kaasun tankkausasemaan. Kaasun siirrosta maksetaan Auris kaasuverkolle ja biokaasu ostetaan esimerkiksi Suomen Kaasuenergialta. Varsinkin suurilla määrillä on mahdollista päästä jopa nykyistä dieselbussiliikennettä edullisempiin kustannuksiin.



Käyttövoimavaihtoehtoista korkeat investointikustannukset ovat myös täyssähköllä ja ladattavalla hybridillä. Täyssähköbussikaluston ja ladattavan hybridibussikaluston investointikustannus on noin 400 000 € /bussi. Lisäksi on investoitava sähköbussien latausinfrastruktuuriin (hidas- ja pikatankkauslaitteet) satoja tuhansia euroja. Sähköverkkoon liittymismaksu on pikalatausasemalle 23 000 eur. Pikalatausaseman kokonaiskustannuksiksi on arvioitu 250 000 eur sisältäen liittymismaksun. Varikkolatausinvestoinnin on arvioitu olevan noin 60 000 eur, minkä lisäksi lisäpaikat ovat noin 10 000 eur/hidaslatauspaikka. Summat sisältävät liittymismaksun. Investoinnit eivät kuitenkaan kasva lineaarisesti hidaslatauspaikkojen suhteessa, vaan jonkin verran hyppäyksittäin lisämuuntajatarpeen mukaan. Latauslaitteiden ylläpitokustannuksiksi on arvioitu 10 %.

Sähköbussien latausinfrastruktuurin hankinnassa vaihtoehtona on latauspalvelun hankkiminen erilliseltä toimittajalta. Esimerkiksi HSL on hankkinut Leppävaaran terminaalin pikalatauspalvelun kuukausiveloitteisena kokonaispalveluna, joka sisältää viiden pikalatauspaikkojen (pantografilataus) toteutuksen sekä kunnossa- ja ylläpidon. Latauspalvelun toimittaja laskuttaa palvelun järjestämisestä HSL:ltä kiinteään kuukausimaksun (70 000 €/kk) ja ladatun sähköön bussioperaattorilta. Toimittaja lisää sähköön hintaan tarjouksessaan antamansa kiinteään kateprosentin (5 %). Latauspalvelusta on tehty kuuden vuoden mittainen sopimus, joten palvelun kiinteät kustannukset HSL:lle ovat sopimuskauden aikana yhteensä 5,04 milj. €. Hinnassa on huomioitu myös Sellon laajennuksen rakennustyömaan aikainen tarve väliaikaisille pikalatauspaikoille. Kokonaiskustannus on samalla tasolla kuin mitä seuraavassa taulukossa on mainittu pääteypäskin latauspaikkaa kohden.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien huoltokustannuksista ei ole tarkkaa tietoa. Uusiutuvan dieselin, biokaasun ja sähköön hintaan ei ole hyvä indeksiä, jolloin näillä käyttövoimilla operoimiseen sisältyy hintatariski.

Kaikkien käyttövoimavaihtoehtojen energiakustannuksiin vaikuttaa myös kaluston lisälämmittimen polttoaineen kulutus. Kaikilla käyttövoimavaihtoehtoilla lisälämmittimen polttoaineen kulutus on noin 3 l/h. Käyttövoimavaihtoehtojen välillä on eroja lisälämmittimen käyttötarpeessa: vähiten lisälämmintä on tarve käyttää kaasubusseilla, joiden moottorin lämpötila on korkein ja eniten sähköbusseilla, joissa moottori ei tuota vastaavassa määrin lämpöä. Sähköbusseilla lämmittämiseen käytetään myös sähköenergiaa lämmittämällä sähkövastuksia ja ilmalämpöpumpulla. Lisälämmittimen polttoaineen kulutuksen vaikutus kokonaiskustannuksiin on kuitenkin vähäinen. Laskelmissa on oletettu, että biokaasun osalta lisälämmittintä käytetään 2 kk ja dieselillä 4 kk. Sähköbussien sähkönkulutus on 1,0 kWh/km. Sähköbusseja lämmitetään ilmalämpöpumpuilla viileillä ilmoilla ja kevyessä pakkasessa. Lämmityksen aiheuttama kulutus on enimmillään 0,9 kWh/km. Kovilla pakkasilla on tarve lisäksi polttoainekäyttöiselle lisälämmittimelle, jonka kulutus on noin 3 l/h. Kaasubussien lisälämmittintä käytetään laskelmassa biokaasussa ja sähköbussin uusiutuvalla biodieselillä.

Sähköön hinta muodostuu sähkönsiirrosta, energiasta sekä sähköverosta. Sähkönsiirto ja sähkövero ovat kiinteitä maksuja, mutta sähköenergian hinta on kilpailutettavissa. Seuraavassa taulukossa on esitetty käyttövoimavaihtoehtojen vertailu eri näkökulmista.



Taulukko 2. Käyttövoimavaihtoehtojen vertailu ominaisuuksien, päästöjen ja kustannusten näkökulmasta

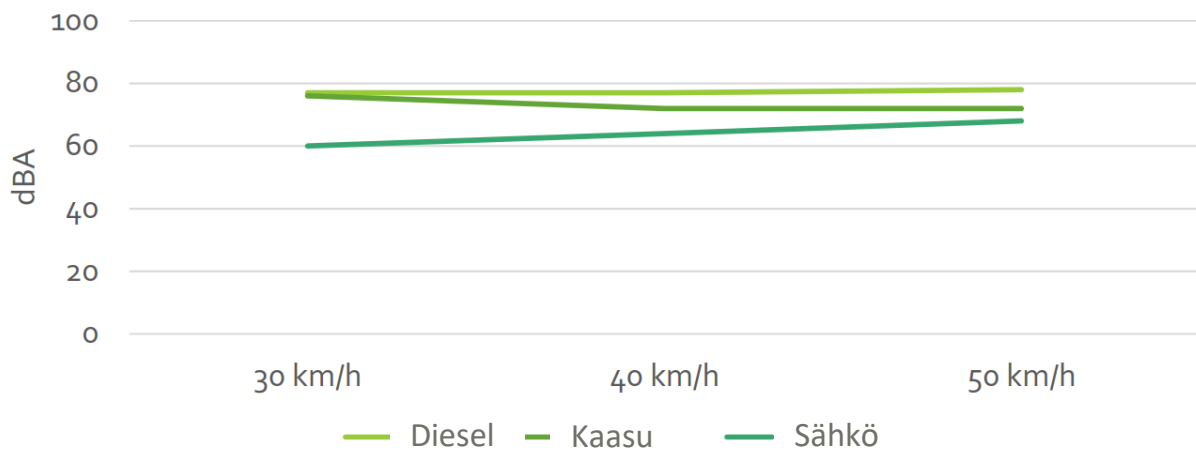
	DIESEL	BIOKAASU	TÄYSSÄHKÖ	HYBRIDI	LADATTAVA HYBRIDI
KALUSTON SAATAVUUS	ERINOMAINEN (minibussit, 2-akseliset bussit, telibussit, nivelbussit)	HYVÄ (2-akseliset bussit, telibussit, nivelbussit)	HYVÄ (minibussit, 2-akseliset bussit, telibussit, nivelbussit)	HYVÄ (pääosin käytössä 2-akseliset bussit)	KOHTALAINEN
KALUSTOTOIMITTAJAT SUOMEN MARKKINOILLA	Irisbus, Iveco, MAN, Mercedes-Benz, Scania, Solaris, VDL ja Volvo	Iveco, MAN, Mercedes-Benz, Scania ja Solaris	BYD, Ebusco, Linkker, Mercedes-Benz, Scania, Solaris, VDL ja Volvo	Hess, Irisbus, Iveco, MAN, Scania, Solaris, Van Hool, VDL ja Volvo	Volvo
KALUSTOKUSTANNUS (alv 0%)	240 000 €	270 000 €	400 000 €	300 000 €	420 000 €
JÄLKIMARKKINAT	Olemassa olevat ja ennustettavat. Uutta kalustoa voimakkaasti painottavat pisteytykset saattavat kuitenkin heikentää jälkimarkkinoita.	Ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin.	Ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin.	Ennustettavat, mutta tavanomaista dieseliä vähäisemmät.	Ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin. Todennäköisesti markkinaosuus voi jäädä vähäiseksi.
MATKUSTAJAKAPASITEETTI (2-akselinen bussi)	Istumapaikat noin 30-40 paikkaa Yht. noin 70-80 paikkaa				
TOIMINTAMATKA	600 km	500-700 km (riippuu kaasusäiliöiden koosta)	Päätepusäkkilataus, akut 50-150 kWh, toimintamatka 50-100 km. Varikkolataus, akut 300-450 kWh, toimintamatka noin 200-300 km	600 km	600 km
TANKKAUS/LA-TAUS	Tankkaus yö- tai päivätauolla varikolla tai ulkoisella tankkausasemalla	Tankkaus varikolla liikennöinnin päätyttyä joko hidastai pikatankkauksella	Päätepusäkkilataus päivän aikana linjalla sekä varikkolataus yöllä varikolla	Tankkaus varikolla	Päätepusäkkilataus päivän aikana linjalla sekä varikkolataus yöllä varikolla



	DIESEL	BIOKAASU	TÄYSSÄHKÖ	HYBRIDI	LADATTAVA HYBRIDI
TANKKAUS-/LA-TAUSAIKA	5-10 minuuttia	Pikatankkaus 10-15 min, Hidastankkaus noin 15-30 min/bussi	Pikalataus 5min/20km, Hidaslataus 2-12 h	Muutaman minuutin	Pikalataus 5min /20km, Hidaslataus 2-12 h
POLTTOAINEEN KULUTUS	33 l /100 km	35 kg/100 km	100 kWh/100 km	noin 25 l /100 km (polttoaineenkulutus on 15-35 % pienempi kuin dieselbussilla)	50 kWh/100 km + noin 12,5 l/100 km (riippuvat sähkömoottorin ja polttomoottorin käyttösuhteesta, oletus 50/50)
POLTTOAINEEN TOIMITUSVARMUUS	ERINOMAINEN	HYVÄ	ERINOMAINEN	ERINOMAINEN	ERINOMAINEN
POLTTOAINEEN HINTA	1,0 €/l, (uusiutuvan biodieselin hinta +0,10 snt/l)	0,79 €/kg tai kaasuverkosta noin 0,35 eur/kg + siirto 0,2-0,4 eur/kg	noin 0,10 €/kWh	1,00 €/l	noin 0,10 €/kWh 1,00 €/l
ENERGIAKUSTANNUKSET	noin 33 €/100 km, uusiutuva biodiesel noin 36 €/100 km	noin 25-30 €/100 km	noin 8-12 €/100 km	noin 25 €/100 km	noin 20 €/100 km
LISÄLÄMMITTIMEN POLTTOAINEEN KULUTUS	3 l/h, käyttöaika-arvio yhtäjaksoisesti 4 kk/v)	3 eur/kg käyttöaika-arvio yhtäjaksoisesti 2 kk/v)	Polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöarvio yhtäjaksoisesti 2 kk/v), minkä lisäksi 4kk/v sähkölämmitys	3 l/h, käyttöaika-arvio yhtäjaksoisesti 4 kk/v)	Polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöarvio yhtäjaksoisesti 2 kk/v), minkä lisäksi 4kk/v sähkölämmitys
LISÄLÄMMITTIMEN KÄYTTÖTARVE	Euro 6 -moottorin lämpötila alhainen, joten tarvetta melko paljon	Moottorin lämpötila korkein, käyttötarve vähäisin.	Suurin tarve	Euro 6 -moottorin lämpötila alhainen, joten tarvetta melko paljon	Suuri tarve
TOIMINTAVARMUUS	ERINOMAINEN	HYVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN	HYVÄ
KÄYTTÖIKÄ	Kalusto noin 15 vuotta	Kalusto noin 15 vuotta	Kalusto noin 15 vuotta Akut noin 5 vuotta Latauslaitteet noin 10 vuotta	Kalusto noin 15 vuotta Akut noin 5 vuotta	Kalusto noin 15 vuotta Akut noin 5 vuotta Latauslaitteet noin 10 vuotta

	DIESEL	BIOKAASU	TÄYSSÄHKÖ	HYBRIDI	LADATTAVA HYBRIDI
PÄÄSTÖT	Biodiesel: Ei lähipäästötön, CO2 (well-to-wheel) noin -80-90 %	Ei lähipäästötön, CO2 (well-to-wheel) noin -90 %	Lähipäästötön, CO2 (well-to-wheel) noin -90 % (Suomen keskimääräinen sähkön tuotantotapa)	Ei lähipäästötön, CO2 (well-to-wheel) noin -15-35 %	Ei lähipäästötön, CO2 (well-to-wheel) noin -35-70 %
INFRAKUSTANUS nykyisille toimijoille (alv 0%)	Ei investointeja infrastruktuuriin	Pikatankauslaitteet 1,0 milj. €. Lisäksi mahdolliset hidastankkauslaitteet esim. 0,1-0,3 milj.€ (6-20 bussille, riippuu bussien määrästä)	Pikalatauslaitteet (300-450 kW) 70 000 € Hidaslatauslaitteet (20-50 kW) 20 000-50 000 €	Ei investointeja infrastruktuuriin	Pikalatauslaitteet (300-450 kW) 70 000 € Hidaslatauslaitteet (20-50 kW) 20 000-50 000 €
HUOLTOKUSTANNUKSET	20 €/100 km	22 €/100 km	20 €/100 km	25 €/100 km	25 €/100 km

Seuraavassa kuvassa on esitetty diesel-, kaasu- ja sähköbussien melupäästöt. Melu koostuu moottorimelusta sekä ajoneuvon vierintämelusta. Kaupunkiliikenteessä moottorin aiheuttama melu on hallitsevassa asemassa aina taajamanopeuksilla ajettaessa. Vasta yli 50 km/h nopeuksilla vierintämelu on hallitsemisempää. Kaupunkiliikenteessä toistuvat kiihdytykset, jarrutukset sekä tyhjäkäynti lisäävät melua ja päästöjä. Kaasubussien moottorien aiheuttama melu on jonkin verran dieselbussia pienempi. Sähköbussit ovat alhaisilla nopeuksilla kaikkein hiljaisimpia.



Kuva 27. Diesel-, kaasu- ja sähköbussien melu eri nopeuksilla (Oulun joukkoliikenteen ympäristöpäästöt eri käyttövoimille, Micropolis, 2018).



3.3. Roolit kaluston ja niiden vaatiman infran hankinnoissa

Tavanomaisesti bruttomallilla linja-autoliikennettä kilpailutettaessa tilaaja määrittelee vaadittavan palvelutason (linjasto, aikataulut, autokierrot) ja muut laatuvaatimukset, kuten kalustovaatimukset. Liikennöitsijän vastuulla on liikennöintipalvelun tuottaminen sisältäen myös varikon ja tankkauksen toteuttamisen. Kaasu- ja sähköbussiliikenteeseen siirryttäessä voi olla perusteltua, että tilaaja ottaa osan tavanomaisesti liikennöitsijöille kuuluneista asioista vastuulleen, koska investoinnit ovat merkittäviä. Seuraavassa taulukossa on tarkasteltu biokaasun ja sähkön osalta etuja ja haittoja, joita syntyy, jos ko. osapuoli ottaisiin toiminnon vastuulleen.

Taulukko 3. Etuja ja haittoja, jos tilaaja/liikennöitsijä ottaisi toiminnon vastuulleen biokaasu-/sähköliikenteeseen siirryttäessä. + tarkoittaa etuja, jos ko. osapuoli vastaa asiasta. - tarkoittaa huonoja puolia, jos ko. osapuoli vastaa asiasta.

	BIOKAASU		SÄHKÖ	
	Tilaaja ottaa vastuun	Liikennöitsijän vastuulla	Tilaaja ottaa vastuun	Liikennöitsijän vastuulla
Tankkaus-/latausasema	<ul style="list-style-type: none"> + Tankkausasema kallis, 1,0 milj. eur. + Käyttöikä sopimuskautta pidempi 20-30 v. + Tukee alueen pienten yritysten mahdollisuuksia osallistua tarjouskilpailuihin. + Tilaaja voi tarjota biokaasun maksutta liikennöitsijän käyttöön, mikä kannustaa biokaasulla liikennöintiä. - Pitkällä aikavälillä ja suurilla kalustomäärillä kalliimpaa, kun liikennöitsijä maksaa kaasun hinnassa koko ajan myös infrasta. 	<ul style="list-style-type: none"> + Pitkällä aikavälillä ja suurilla liikennöintikokonaisuuksilla edullista, jos omistaa aseman ja maksaa vain kaasun käytöstä. + Liikennöitsijä voi valita, tankkaako autot kolmannen osapuolen tankkausasemalla vai hankkiiko varikolle tankkausaseman + Liikennöitsijä voi kilpailuttaa kaasuntoimittajan, jos alueella on useampia kaasuntoimittajia. 	<ul style="list-style-type: none"> + Latausasemat investoinneiltaan merkittävät. Voi lisätä kilpailua, jos kaupunki omistaa latausasemat. + Käyttöikä sopimuskautta pidempi 15 v. + Tukee alueen pienten yritysten mahdollisuuksia osallistua tarjouskilpailuihin. + Latausasemat tehdään katualueille ja keskustassa voivat vaikuttaa kaupunkikuvaan. + Samaa latausasemaa voi paikoin käyttää useamman liikennöitsijän bussit. Tilaaja voi määrittää latausaseman ominaisuudet tarjouspyynnössä ja liikennöitsijä vastaa soveltuvan kaluston hankinnasta. - Tilaaja voi tehdä hukainvestointeja, jos liikennöitsijä olisi valmis tarjoamaan liikenteen akkubusseilla eikä latausasemia tarvittaisi. 	<ul style="list-style-type: none"> + Liikennöitsijä voi valita konkreettisesti edullisimman ratkaisun: käyttääkö varikkolatausta vai/ja päätepyssäkkilatausta. + Liikennöitsijä voi kalustoa ja latausasemaa tilatessaan varmistua laitteiden yhteensopivuudesta (toistaiseksi ei standardia). + Liikennöitsijä voi kilpailuttaa sähköenergian. + Häiriötilanteissa on eduksi, jos liikennöitsijällä suora sopimussuhde toimittajaan ja huoltajaan. Muutoin tarve sopimuksin asettaa häiriöiden korjausajat ja sanktiot. + Käyttöikä sopimuskautta pidempi (latausasema voi siirtyä tilaajalle sopimuskauden päättyessä) - Voi olla riski, ettei kaupunki hyväksy haluttua latausaseman sijaintia (riskiä pienentää, jos mahd. paikat on tarjouspyynnössä määritelty)



	BIOKAASU		SÄHKÖ	
	Tilaaja ottaa vastuun	Liikennöitsijän vastuulla	Tilaaja ottaa vastuun	Liikennöitsijän vastuulla
Kalusto	<ul style="list-style-type: none"> + Jos tilaaja omistaa kaluston, se voi lisätä tarjoajien määrää, jos kaluston omistus koetaan riskiksi. - Kaluston hankinta yleisesti ottaen liikennöitsijän ydinosaamista. 	<ul style="list-style-type: none"> + Kaasubussien hinta ei ole merkittävästi dieseliä korkeampi, mikä puoltaa, että liikennöitsijä hankkii kaluston. + Jos kalusto ja sen huolto sekä ylläpito liikennöitsijällä, on kannuste huoltaa kalustoa paremmin. 	<ul style="list-style-type: none"> + Kaluston hankintahinta korkea. Jos tilaaja omistaa kaluston, voi kilpailua syntyä enemmän. + Lisäetua, jos tilaaja omistaa sekä kaluston että latausasemat. - Kaluston hankinta yleisesti ottaen liikennöitsijän ydinosaamista. 	<ul style="list-style-type: none"> + Kaluston hankinta yleisesti ottaen liikennöitsijän ydinosaamista. + Jos kalusto ja sen huolto sekä ylläpito liikennöitsijällä, on kannuste huoltaa kalustoa paremmin.

Kokonaisuudessaan voi olla eduksi, jos liikennöitsijä voi kilpailuttaa biokaasun hankinnan, mikäli alueella on useampia biokaasun toimittajia. Koska Lahdessa on kattava kaasuputkiverkosto, voi liikennöitsijä valita vapaammin keneltä ostaa biokaasun, mikäli biokaasun tuottajat johtavat kaasua kaasuputkiverkostoon. Pitkällä tähtäyksellä on myös edullisempää, jos liikennöitsijä ottaa kaasun tankkausaseman itselleen ja maksaa vain kaasusta. Toisaalta pitkällä tähtäyksellä kilpailutilanteeseen voi vaikuttaa, jos yhdellä liikennöitsijällä on kaasun tankkausasema ja muilla ei ole.

Isojen investointien vuoksi on hyvä arvioida, ottaako tilaaja tavanomaista isomman roolin liikenteen hankinnassa. Toisaalta isoja investointeja voidaan kompensoida sopimusaikaa pidemmänällä. Lisäksi tilaaja voi tehdä hukkainvestointeja, jos liikennöitsijä olisi valmis toteuttamaan liikenteen vähäpäästäisemmin ilman tilaajan merkittäviä investointeja.

Pääsääntöisesti sähköbussien latausasemia käyttää vain yhden liikennöitsijän linja-autot. Paikoin voi olla perusteltua muuttaa kohdejakoja siten, että kaikki saman latausaseman linjat kuuluvat samaan kohteeseen. Jos samaa latausasemaa käyttäisi useampi liikennöitsijä, olisi eduksi, jos latausasemasta vastaa tilaaja. Häiriötilanteiden kannalta on kuitenkin eduksi, jos liikennöitsijällä on sopimussuhde myös latausaseman ylläpitäjään. Sähköbussiliikenteen ongelmat Suomessa ovat liittyneet osin siihen, ettei liikennöitsijällä ole ollut sopimussuhdetta latausaseman huoltajaan ja korjausajat ovat olleet pitkiä. Liikenteen häiriötilanteissa voi tulla tilanteita, voiko latausasemaa käyttää aikataulun mukaan liikennöinyt auto vai myöhässä ollut auto, jos samaa latausasemaa käyttäisi useampi liikennöitsijä.

Sähköbussiliikenteeseen liittyvät investoinnit ovat korkeita. Sen vuoksi pienten liikennöitsijöiden kannalta voi olla eduksi ja pienten liikennöitsijöiden halukkuus tarjouskilpailuihin voi kasvaa, jos kaupunki vastaa latausasemien investoinneista. Toisaalta sähköbussikaluston hankintakustannukset ovat merkittävästi suuremmat kuin latausasemainvestointien. Jos sähköbussien latausasemat ja kalusto ovat liikennöitsijän vastuulla, voi liikennöitsijä valita, liikennöikö vain varikkolatausta käyttäen vai rakentaako myös pääpysäkkien latausasemat. Vaihtoehtojen kannattavuuteen vaikuttaa luonnollisesti varikon sijainti suhteessa linjan reittiin. Tarjouspyynnössä voidaan edellyttää myös, että sopimuskauden päättyessä päätepysäkkien sähkön latausasemat siirtyvät tilaajalle, mikä alentaa investointitarpeita seuraavilla kilpailuttamiskierroksilla.



3.4. Kooste käyttövoimien eduista ja haasteista

Seuraavaan taulukkoon on koottu eri käyttövoimien etuja ja haittoja fossiiliseen dieseliin nähden.

Taulukko 4. Eri käyttövoimien edut fossiiliseen dieseliin nähden.

Vertailtava tekijä	Uusiutuva biodiesel	Biokaasu	Sähkö	Hybridi	Ladattava Hybridi
Puoltavia tekijöitä	<ul style="list-style-type: none"> + Ei edellytä lisäinvestointeja nykyiseen kalustoon, koska uusiutuva biodieseliä voidaan käyttää sellaisenaan tai sekoitettuna fossiiliseen dieseliin. + Voidaan käyttää bussien vakiintunutta tekniikka. + Kaluston toimintavarmuus + Elinkaaren aikaiset päästöt (well-to-wheel) alenevat 80–90 %. + Valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta sellulosaasta sekä jätteistä ja ruoantähteistä. + Toimintasäde kuten nykyisin dieselillä. + Tukee joukkoliikenteen markkinointia ja ympäristöystävällistä imagoa. 	<ul style="list-style-type: none"> + Vakiintunut tekniikka. + Kaluston toimintavarmuus + Elinkaaren aikaiset päästöt (well-to-wheel) alenevat 90 %. + Biokaasun käyttö ehkäisee kasvihuoneilmiötä muilla sektoreilla. Metaania (biokaasua) syntyy biojätteistä ja jäteveden puhdistamon lietteiden mädätyksessä + Maakaasun käyttömahdollisuus varapolttoaineena (toimintavarmuus, mutta elinkaaren aikaiset päästöt voivat jopa kasvaa ja pienhiukkaspäästöt ovat fossiilista dieseliä suuremmat) + Toimintasäde pitkä, joten tankataan kerran päivässä. + Energia dieseliä edullisempaa -10 %. Suurilla määrillä kaasuputken kautta tilattuna kaasu voi olla selvästi edullisempaa. + Tukee joukkoliikenteen markkinointia ja ympäristöystävällistä imagoa. 	<ul style="list-style-type: none"> + EU:n puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivi edellyttää käytännössä sähköbussuja tulevaisuudessa. + Ei paikallispäästöjä ja hiljainen kaupunkiliikenteessä. + Pienet käyttökustannukset - 75 % + Elinkaaren aikaiset päästöt (well-to-wheel) alenevat 90 % (Suomen keskim. päästökerroin). Voidaan hankkia myös uusiutuvaa sähköä (vrt. uusiutuva biokaasu) + Tukee joukkoliikenteen markkinointia ja ympäristöystävällistä imagoa. + Akkujen ja siten akkubussien hintatason aleneminen mahdollistaa sen, etteivät kokonaiskustannukset pitkällä sopimuskaudella kasva merkittävästi. 	<ul style="list-style-type: none"> + Jarrutusenergian hyödyntäminen liikkeelle lähdettäessä. + Ei tarvitse erillistä latausinfraa. + Pienempi polttoaineen kulutus ja sitä kautta CO2 – päästöt. + Elinkaaren aikaiset päästöt (well-to-wheel) alenevat 25 % 	<ul style="list-style-type: none"> + Mahdollista liikennöidä pääsääntöisesti sähköllä, ladataan sähköbussin tarvoon. + Pidempi toimitusaste kuin sähköbussilla dieselmoottorin ansiosta. + Häiriötilanteissa dieselillä. + Latausaika sähköbussia lyhyempi, minkä vuoksi soveltuu useammille linjoille. + Tukee joukkoliikenteen markkinointia ja ympäristöystävällistä imagoa.



Taulukko 5. Eri käyttövoimien haittoja, riskejä ja heikkouksia fossiiliseen dieseliin nähden.

Vertailtava tekijä	Uusiutuva biodiesel	Biokaasu	Sähkö	Hybridi	Ladattava Hybridi
Haasteet /Riskit/Heikkoudet	<ul style="list-style-type: none"> - Dieseliä kalliimpaa +10 % - Käyttövoiman hintakehitys arvoitus - Jakeluverkko ja saatavuus. Jakeluverkko on vasta laajentumassa, mutta todennäköisesti kasvaa kysynnän kasvaessa. - Talvikäytettävyydestä ei kokemuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - Paikallinen saatavuus vaihtelee - Lähipäästöt samalla tasolla kuin dieselissä. - Kaasun tankkausasemainvestointi noin 1,0–1,3 Meur, jos varikon lähellä ei busseille soveltuvaa tankkausasemaa. - Tankkausasemaverkosto vasta kehittyneessä. - Kalusto +30 000 eur/bussi (12 %) dieseliä kalliimpi - Huoltokustannukset dieseliä jonkin verran kalliimmat - Muutokset varikon toimintoihin (huolto ja tankkaus, mikäli hoidetaan omalla varikolla) - Kaluston jälkimarkkinoita ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suuret investoinnit - Sähköbussi +75 % dieseliä kalliimpi - Päätepusäkkien mahdolliset pikalatauslaitteet 250 000 eur/kpl, varikkojen hidastauslaitteet 20 000–50 000 eur/kpl riippuen lataustehosta - Toimintasäde lyhyt (päätepusäkkilatauksella 50 km ja varikkolatauksella 250 km) - Järjestelmien toimintavarmuus - Päätepusäkkilatauksen edellyttämä aika rajoittaa sähköbussien soveltuvuutta linjoille - Lisälämmittimen käyttö talvella dieseliä ja biokaasua suurempaa (voidaan edellyttää uusiutuvaa biodieseliä) - Kaluston jälkimarkkinoita ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suuret investoinnit - Kalusto noin 25 % (60 000 eur/bussi) dieselbussia kalliimpi - Päästöt vähenevät vain 25 % dieseliin nähden (toisaalta voidaan edellyttää uusiutuvan biodieselin käyttöä) - Kaluston jälkimarkkinat ennustettavat, mutta melko vähäiset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suuret investoinnit - Kalusto yhtä kallista kuin sähköbussit - Edellyttää sähköbussien tavoin latausinfra - Vähemmän kalustovalmistajia - Kaluston jälkimarkkinoita ei ole Suomessa toistaiseksi, mutta kaupunkien päätökset vaadittavista käyttövoimista vaikuttavat jälkimarkkinoihin.



3.5. Kokonaiskustannusten vertailu

Kokonaiskustannusten vertailussa on huomioitu eri käyttövoimien investointikustannukset sisältäen infra- ja kalustokustannukset, käyttökustannukset sisältäen energia- ja huoltokustannukset ja mahdollisen akkujen vaihdon sekä palkka- ja yleiskustannukset. Lisäksi on huomioitu investoinneille korko (4 %) ja poistoajat. Palkkakustannusten osalta on oletettu, että palkkakustannukset ovat 60 % nykyisen dieseliikenteen kustannuksista. Palkka- ja yleiskustannukset ovat samat käyttövoimavaihtoehdosta riippumatta.

Kokonaiskustannusten vertailussa on lisäksi oletettu, että sähköbussissa ja ladattavassa hybridibussissa (päätepysäkkilataus) on 100 kWh akkukapasiteetti, sähköbussissa (varikkolataus) on 250 kWh akkukapasiteetti ja hybridibussissa on 15 kWh akkukapasiteetti. Kaikissa edellä mainituissa käyttövoimavaihtoehdoissa akut vaihdetaan kerran tarkastelujakson (10 vuotta) aikana ja akkujen hinta on 200 €/kWh. Kun akun tehosta on 80 % jäljellä, on laskennallisesti varauduttu akkujen vaihtamiseen. Akkuja voidaan käyttää muussa käytössä. Sähköbussiliikenteessä varikko- ja päätepysäkkilatausta käytettäessä infrakustannuksiin on sisällytetty varikolle hidaslatauslaite jokaiselle bussille. Päätepysäkkien latausasemien määrät vaihtelevat todellisuudessa päätepysäkkien määrän mukaan. Vertailutaulukossa sekä 29 että 35 bussin tapauksessa on oletuksena 6 latausasemaa.

Kaasubussiliikenteessä oletuksena on, että tankkausta varten rakennetaan varikolle kaasun pikatankkausasema sekä hidastankkauspaikat kaikille busseille (yhteensä noin 1,0–1,3 milj. euroa). Laskelmissa on oletuksena, että tankkausasemainvestoinnin maksaa liikennöitsijä, jolloin liikennöitsijä ostaa vain kaasua.

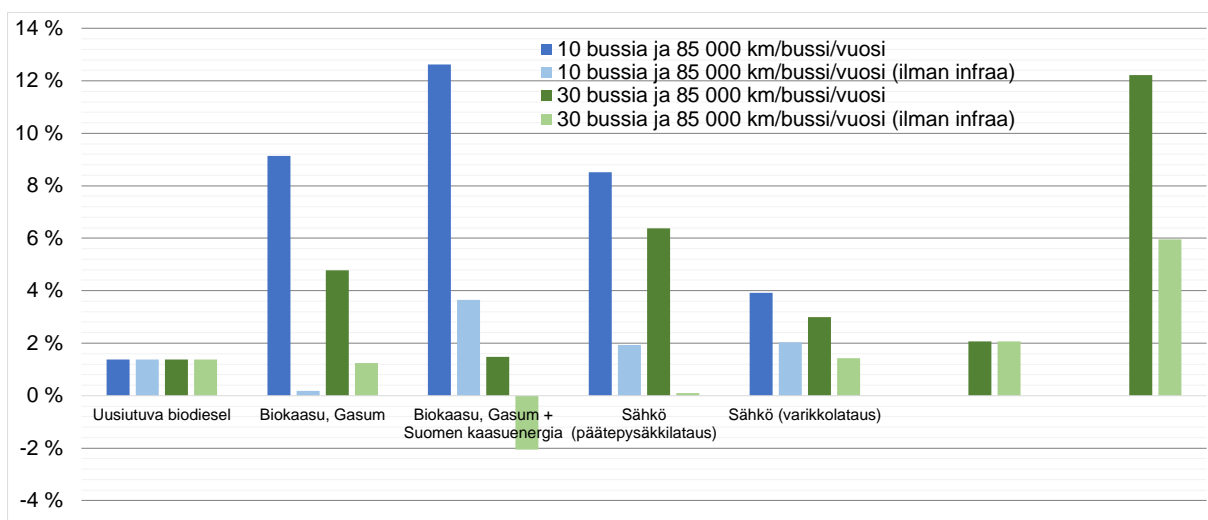
Seuraavissa taulukoissa ja kuvassa on esitetty käyttövoimavaihtoehtojen kokonaiskustannusten vertailu. Laskelmat ovat suuntaa-antavia eivätkä sisällä yksittäisten tai useamman linjan suoritteita. Dieselin ja uusiutuvan biodieselin osalta on oletuksena, että liikennöitsijöiden nykyisillä varikoilla on dieselin tankkausasema. Uudet liikennöitsijät voivat toteuttaa varikoilleen tankkauksen tai käyttää kaupungin alueen julkisia tankkausasemia, jotka ovat varikon, siirtoajoreitin tai linjan päätepysäkkien läheisyydessä.

Taulukko 6. Esimerkki 10 bussille, joilla ajetaan 85 000 km/bussi/vuosi). Käyttövoimavaihtoehtojen kokonaiskustannusten vertailu (tarkastelujakso 10 vuotta). Pääte pysäkkilatausta käyttäviä sähköbussseja varten oletuksena on kahden (2) latausaseman rakentamistarve.

	Investointi-kustannukset (€)		Käyttökustannukset (€/km)						Vuosi-kustannukset (€/v)	Kustannusten nousu (%)
	Infra	Kalusto	Energian hinta (+alv)	Energia	Huolto	Lisälämmitys	Akkujen vaihto	Infran ylläpito		
Diesel	0	2 400 000	1,0 eur/l	0,330	0,20	0,05	0,00	0,00	2 370 000	0 %
Uusiutuva biodiesel	0	2 400 000	1,1 eur/l	0,363	0,20	0,06	0,00	0,00	2 400 000	1 %
Biokaasu, Gasum	1 100 000	2 700 000	0,79 eur/kg	0,300	0,22	0,02	0,00	0,09	2 590 000	9 %
Biokaasu, Gasum + Suomen kaasuenergia	1 100 000	2 700 000	* ks. raportti	0,388	0,22	0,03	0,00	0,09	2 670 000	13 %
Sähkö (pääte pysäkkilataus)	700 000	4 000 000	* ks. raportti	0,117	0,20	0,06	0,02	0,08	2 570 000	9 %
Sähkö (varikkolataus)	200 000	4 000 000	* ks. raportti	0,083	0,20	0,05	0,07	0,02	2 460 000	4 %

Taulukko 7. Esimerkki 30 bussille, joilla ajetaan 85 000 km/bussi/vuosi). Käyttövoimavaihtoehtojen kokonaiskustannusten vertailu (tarkastelujakso 10 vuotta). Pääte pysäkkilatausta käyttäviä sähköbussseja varten oletuksena on kuuden (6) latausaseman rakentamistarve.

	Investointikustannukset		Käyttökustannukset (€/km)						Vuosi-kustannukset (€/v)	Kustannusten nousu (%)
	Infra	Kalusto	Energian hinta (+alv)	Energia	Huolto	Lisälämmitys	Akkujen vaihto	Infran ylläpito		
Diesel	0	7 200 000	1,0 eur/l	0,330	0,20	0,05	0,00	0,00	7 100 000	0 %
Biodiesel	0	7 200 000	1,1 eur/l	0,363	0,20	0,06	0,00	0,00	7 200 000	1 %
Biokaasu, Gasum	1 300 000	8 100 000	0,79 eur/kg	0,300	0,25	0,02	0,00	0,04	7 500 000	5 %
Biokaasu, Gasum + Suomen kaasuenergia	1 300 000	8 100 000	* ks. raportti	0,241	0,22	0,02	0,00	0,04	7 200 000	1 %
Sähkö (pääte pysäkkilataus)	2 000 000	12 000 000	* ks. raportti	0,100	0,20	0,03	0,02	0,08	7 600 000	6 %
Sähkö (varikkolataus)	500 000	12 000 000	* ks. raportti	0,092	0,20	0,03	0,07	0,02	7 300 000	3 %
Hybridi	0	9 000 000	1,0 eur/l	0,250	0,25	0,05	0,00	0,00	7 300 000	2 %
Ladattava hybridi (pääte pysäkkilataus)	2 000 000	12 600 000	eur/l ja 0,07 eur/k	0,177	0,25	0,04	0,02	0,08	8 000 000	12 %



Kuva 28. Käyttövoimavaihtoehtojen kokonaiskustannusten vertailu 10 ja 30 bussilla.



Uusiutuva biodiesel on edullinen vaihtoehto bussiliikenteen päästöjen vähentämiseksi. Uusiutuvan biodieselin heikkoutena on toistaiseksi heikko saatavuus ja jakeluverkko, joka todennäköisesti laajenee nopeastikin muiden logistiikkayritysten biodieselin käytön lisääntyessä alueella. On mahdollista, että kysynnän merkittävästi kasvaessa uusiutuvan biodieselin hinta nousee, koska tuotanto on toistaiseksi suhteellisen vähäistä. Uusiutuvaa biodieseliä on kuitenkin luontevaa käyttää vähintäänkin ympäristöissä, joilla sähkö- tai kaasubussiliikenne ei ole perusteltua.

Biokaasun osalta merkittävin lisäkustannus aiheutuu tankkausaseman rakentamisesta. Vaihtoehtoisesti voidaan tukeutua julkiseen tankkausasemaverkostoon, mutta siirtoajomatoista voi aiheutua merkittävät lisäkustannukset. Lisäksi julkisen tankkausasemaverkoston osalta on olennaista, että tankkausasemalla on mahdollista tankata riittävällä paineella myös raskasta kalustoa tankkauksen nopeuttamiseksi.

Isoilla noin 20–30 bussin liikennöintikokonaisuuksilla on perusteltua rakentaa tankkausasema varikolle. Lahdessa liikennöitsijöiden varikkojen läheisyydessä on kaasuputkiverkosto, joten pitkällä tähtäyksellä on eduksi liittyminen kaasuverkoston ja kaasun tankkausaseman rakentaminen varikolle. Laskelmissa on oletettu, että kaasua olisi ostettavissa pienellä teholla kaasuputkesta varikolla olevaan säiliöön, josta busseja ladataan joko pika- tai hidastankkauksella illan ja yön aikana. Auris Kaasunjakelulla siirto hinnoitellaan liittymän tehon mukaan, jolloin on eduksi, jos kaasua voidaan ostaa säiliöön pienellä teholla. Sekä Auris Kaasunjakelun siirtohinta että Suomen Kaasuenergian energianhinta on jonkin verran verrannollinen ostettavan kaasun määrään.

Jos liikennöitsijä vastaa biokaasun tankkauksesta, on liikennöitsijällä käytännössä seuraavat vaihtoehdot:

- 1) Käydä tankkaamassa julkisella jakeluasemalla, jolla voidaan tankata raskasta kalustoa (aiheutuu siirtoajoja). Julkisella Gasumin jakeluasemalla biokaasun hinta on 1,45 eur/kg (sis. alv 24 %). Oletuksena on ollut, että hinta liikennöitsijälle olisi edullisempi, 1,05 eur/kg (+alv).
- 2) Esim. Gasum rakentaa varikolle tankkausinfran vastaten investoinnista (liikennöitsijä maksaa kaasun hinnassa investoinnin, noin 1,05 eur/kg + alv). Jotta Gasum ottaa investoinnin vastataukseen, täytyy kaasubusseja olla riittävästi, 15–20 bussia tai tankkausaseman sijaita paikassa, joka on houkutteleva julkiseksi kaasun tankkausasemaksi,
- 3) Liikennöitsijä rakennuttaa varikolle tankkausinfran (esim. Gasum rakentaa) ja maksaa esim. Gasumille kaasusta 0,79 eur/kg + alv. Jos liikennöitsijä vastaa kaasun tankkausinvestoinneista, on sopimusajan oltava riittävän pitkä, minkä lisäksi liikennöitsijältä edellytetään luottamusta, että investoinnilla on arvoa vielä sopimuskauden jälkeenkin.
- 4) Liikennöitsijä rakennuttaa varikolle tankkausinfran ja liittymän kaasuputkiverkoston. Tällöin liikennöitsijä maksaa kaasun siirtohinnan Auris Kaasunjakelulle. Biokaasu hankintaan Suomen Kaasuenergialta, Gasumilta tai joltain muulta biokaasun myyjältä. Kaasuverkoston kautta on ostettavissa biokaasua Suomen Kaasuenergialta noin 0,26 eur/kg ja Auris kaasunjakelulle maksetaan siirtomaksua noin 0,23–0,46 eur/kg. Oletuksena on ollut, että kaasua ostetaan jatkuvasti säiliöön, mikä pienentää kaasuliittymän tehontarvetta ja siirtohintoja. Sekä kaasun energian että kaasun siirtohinnoissa on saatavissa selvää mittakaavaetua.

Biokaasun tankkausasemaan investointi voi olla myös pienemmällä bussien määrällä taloudellisesti kannattavampaa, mikäli varikon tankkausasema sijaitsee paikalla, joka houkuttelee myös muita kaasun käyttäjiä paljon eli tankkausaseman kannattavuus ei perustu pelkästään bussien tankkauksesta saatavaan tuloon. Suuremmilla liikennöintikokonaisuuksilla biokaasun käytön taloudellisuus kasvaa, koska voidaan tukeutua yhteen varikon tankkausasemaan. Käytännössä rajoitteita asettavat mielekkäät kohteiden koot, koska pitkällä tähtäimellä on eduksi, jos seudulla on useampia liikenteenharjoittajia.



Uusiutuvalla dieselillä voidaan kustannustehokkaimmin alentaa CO₂-päästöjä käyttäen myös vanhempaa kalustoa. Biokaasuun kannattaa siirtyä riittävän suuressa, noin 15 bussin kohteessa, jotta kustannustaso ei nouse yli 10 %. Erittäin suurilla määrillä kaasuverkostoon liityttäessä biokaasu voi jopa alentaa liikennöintikustannuksia. Sähköbussiliikenteessä on myös saatavissa mittakaavaetua. Pikalataukseen perustuva järjestelmä on jonkin verran kalliimpi kuin hidaslataukseen perustuva järjestelmä. Biokaasu- tai sähköbussiliikenteeseen siirtymistä ei kannata aloittaa pienistä kohteista.

Sähköbussiliikenteen investointikustannukset ovat suuret. Käyttökustannukset ovat kuitenkin edulliset. Sen vuoksi pääte pysäkkilatausta käytettäessä sähköbussiliikenne on sitä kannattavampaa, mitä tiheämpi vuoroväli linjalla on. Pääte pysäkkilataus soveltuu käytettäväksi erityisesti kaupunkien paikallisliikenteessä linjapituudeltaan kohtuullisen lyhyillä sekä liikennöintisuoritteeltaan ja kalustomäärältään suurilla bussilinjoilla. Pääte pysäkkilatausta käytettäessä on tarve lisäinvestoinneille pääte pysäkkilatausasemien rakentamiseen. Varikkolataus soveltuu pääte pysäkkilatausta paremmin käytettäväksi myös pienillä bussilinjoilla. Varikkolatausta käyttäen voidaan toteuttaa linjapituudeltaan sekä lyhyitä että pitkiä linjoja, koska järjestämistapa ei vaadi latausta linjan varrella. Taloudellinen kannattavuus edellyttää myös pidempää sopimuskautta. Viimeisen vuoden aikana varikkoladattavista busseista on tullut pikaladattavia busseja houkuttelevimpia, kun akkujen hintataso on alentunut ja akkukapasiteetti kasvanut.

Hybridin heikkoutena on kuitenkin se, että kustannusten kasvaessa elinkaaripäästöt eivät kuitenkaan vähene yhtä paljon kuin biokaasulla tai sähköllä liikennöitäessä, ellei käytetä uusiutuvaa biodieseliä. Ladattavalla hybridillä on saavutettavissa hybridiä suuremmat päästövähennykset, mutta kustannukset ovat hybridiä suuremmat. Ladattavat hybridit näyttävät kokonaiskustannuksiltaan kuitenkin kalleimpana vaihtoehtona. Ladattavat hybridit voivat tulla kuitenkin kyseeseen silloin, jos haluttaisiin sähköistää linjoja, joiden pääte pysäkkiajat ovat lyhyet eikä linjoilla ole välttämättä aina riittävästi latausaikaa. Tällöin kustannukset voivat olla kuitenkin edullisemmat siihen nähden, että liikenteeseen lisättäisiin autoja sähköbussiliikenteeseen siirtymisen vuoksi.

Kokonaiskustannusten vertailutulosten esittämisessä ja tulokinnassa on huomioitava, että vertailu on tehty tiettyjä oletuksia ja esimerkkejä käyttäen. Lisäksi vertailussa käytetyt investointi-, käyttö- ja palkkakustannukset ovat yksinkertaistettuja arvioita. Esimerkiksi sähköbussiliikenteessä latauslaitteiden kustannukset voivat vaihdella suuresti riippuen laitteen perustamiseksi tarvittavista rakennus- ja sähköverkollisista toimenpiteistä. Käyttökustannuksiin vaikuttavat merkittävästi bussien energiankulutus sekä dieselin, kaasun ja sähkön hinta. Pienetkin muutokset oletusarvoissa voivat aiheuttaa suuria muutoksia kokonaiskustannusten vertailuun.

4. SUOSITUKSET JA ETENEMISPOLUT LAHDESSA

4.1. Lähtökohdat

Uusia käyttövoimia kilpailutettaessa kilpailutuksen on hyvä alkaa riittävän varhain. Sekä tarjousten jättöajan että ajan tarjouskilpailun ratkaisusta liikenteen alkamiseen on oltava riittävä pitkä. Tarjousten jättöajan on oltava riittävän pitkä, jotta liikennöitsijät voivat selvittää mahdolliset vaihtoehtoisten käyttövoimien edellyttämät infrastruktuuri-investoinnit sekä pyytää alustavat tarjoukset kalustosta. Latausasemien sähköverkon edellyttämät toimet on tunnistettava jo ennen kilpailua yhteistyössä sähköverkkoyhtiön kanssa, jotta voidaan varmistua latausasemien rakentamismahdollisuuksista. Tarjousajan on oltava riittävän pitkä, jotta myös liikennöitsijät voivat varmistua sähköverkon kehittämistarpeista varikoille. Vastaavasti biokaasun osalta kilpailutuksen on oltava varhain, jotta tarjoajat voivat tehdä vertailuja ja valintoja, millä tavoin biokaasun tankkaus on perusteltua toteuttaa.

Uusia käyttövoimia kilpailutettaessa niin tarjousten jättöajan kuin ajan tarjouskilpailun ratkaisusta liikenteen alkamiseen on oltava riittävän pitkä. Aika tarjouskilpailun ratkaisusta liikenteen alkamiseen on oltava 12 kk.

Ajan tarjouskilpailun ratkaisusta liikenteen alkamiseen on oltava vähintään 12 kk, jotta kalusto ehditään toimittamaan ennen liikenteen alkua ja liikennöitsijä ehtii rakennuttamaan tarvittavat infrastruktuuri-investoinnit.

Lahden seudun liikenteen kaupunkiliikenteessä on keväällä 2019 käytössä 92 linja-autoa, jotka on jaettu kahdeksaan kohteeseen.

Taulukko 8. Lahden kaupunkiseudun bussiliikenteen sopimuskohteet. Lihavoiduissa tilanteissa on päätetty option käyttämisestä.

SOPIMUSKOHDE	LINJAT	KALUSTO-MÄÄRÄ	SOPIMUS ALKAA	SOPIMUS PÄÄTTY	OPTIOKAUDEN PITUUS
Kohde 1	1, 1K, 1M, 1R, 1T, 16, 35	8	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 2	2, 3	12	1.7.2014	30.6.2020	2 v
Kohde 3	5, 21	10	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 4	7	6	1.7.2018	30.6.2020	-
Kohde 5	12, 13, 17, L1, L2	6	1.7.2018	30.6.2020	-
Kohde 6	6, 31, 32	10	1.7.2014	30.6.2019	2 v
Kohde 7	86-94	15	1.7.2014	30.6.2020	2 v
Kohde 8	4, 8-11, 51, 52, 54-56, 62, 63, 98	25	1.7.2019	31.5.2026	??

Lahden kaupunki on kilpailuttamassa syksyllä 2019 Heinolan ja Orimattilan suunnan liikenteet sekä Lahden sisäiset linjat 7, 12, 13 ja 17 sekä Lassi-linjat 18 ja 19. Heinolan ja Orimattilan kohteet on oletettu alla olevassa taulukossa kohteiksi 6 ja 7. Lahden sisäisten linjojen sopimuskausi on 2 vuotta.



Seuraavassa taulukossa on esitys uusista kilpailuttamiskohteista, kun runkolinjastosuunnitelman mukaisen linjaston liikennöinti aloitetaan. Taulukossa on myös esitys vaadittavien sähköbussien määrästä kohteittain, jotta direktiivin kokonaismäärä täyttyy Lahden toimivaltaisen viranomaisen alueella. Lisäksi on esitetty direktiivissä esitetyn toisen puolikkaan kalustomäärät kohteittain eli kalusto, jota voidaan liikennöidä joko sähköllä, biokaasulla tai uusiutuvalla dieselillä. Kilpailuttamisvaihtoehtoja on kaksi. Taulukossa esitettyjen linjojen lisäksi osaan kohteista kuuluu koululaislinjoja. Direktiivissä ei kokonaisautomäärään sisällytetä autoja, jotka ovat korkealattaisia ja joissa on seisomapaikkoja. Sen vuoksi niitä ei ole tässä yhteydessä käsitelty tarkemmin.

Taulukko 9. Kilpailuttamiskohteet runkolinjaston toteutuessa. Vaihtoehto 1. CBG = biokaasu ja HVO = uusiutuva biodiesel.

Kohde	Runkolinjaston linjat	Bussia	Liikenne alkaa	2.8.2021-2025 tehtävät hankintasopimukset			2026-2030 tehtävät hankintasopimukset			
				Sähkö-busseja	Sähkö/CBG/HVO	Diesel-busseja	Liikenne alkaa	Sähkö-busseja	Sähkö/CBG/HVO	Diesel-busseja
1	1, 2	13	2021				2030	9	4	
2	4, 6 ja 9	12	2021				2030	12	4	
3	7, 10 ja Lassi-linjat 18 ja 19	8	2022	5	5		2032			
5	20-24 ja 26	8	2022			10	2028			10
6	70-73	6	2027				2029			7
7	80 ja 81	5	2027				2029			3
8	3, 5, 8 ja 25	19					2028		13	6
Yht		78		5 bussia (25 %)	5 bussia (25 %)	10 bussia (50 %)		21 bussia (30 %)	21 bussia (30 %)	27 bussia (39 %)

Kohteiden alkamisajankohdissa on huomioitu mahdollinen optioiden käyttö. Direktiivissä (CVD) on esitetty puhtaiden ajoneuvojen määrät kahdelle eri kaudelle: 2.8.2021-2025 ja 2026-2030. Optioiden käyttö vaikuttaa, kummalle tarkastelujaksolle osa kohteista ajoittuu.

Esityksenä on, että kohteista 1 ja 2 voi jättää myös yhdistelmätarjouksen eli yksittäistä kohdetta ei ole välttämätöntä tarjota. Isommat kohteet voivat houkutella seudulle uusia toimijoita, jotka eivät vielä liikennöi Lahden seudulla. Kilpailuttamisaikataulussa on haasteena, että sähköön, biokaasun ja/tai uusiutuvan dieselin käyttövaatimus olisi ensimmäisellä kaudella varsin pienessä kohteessa 5. Tämä voi olla pelkälle sähköbussiliikenteelle kuitenkin mielekkään kokoinen kohde ja liikenne voidaan aloittaa varsin pienessä mittakaavassa.

Seuraavassa vaihtoehdossa on esitetty kilpailuttamisvaihtoehto 2. Keskeisin ero on, että Hollolan kirkonkylän linjat ovat kohteessa 8. Tällöin linja 5 voi olla omana kohteenaan ja sillä voidaan vaatia sähköbussuja. Osa linjoista alkaisi kohteissa jonkin verran myöhemmin.



Taulukko 10. Kilpailuttamiskohteet runkolinjaston toteutuessa. Vaihtoehto 2. CBG = biokaasu ja HVO = uusiutuva biodiesel.

Kohde	Runkolinjaston linjat	Bussia	Liikenne alkaa	2.8.2021–2025 tehtävät hankintasopimukset			2026–2030 tehtävät hankintasopimukset			
				Sähkö-busseja	Sähkö/CBG/HVO	Diesel-busseja	Liikenne alkaa	Sähkö-busseja	Sähkö/CBG/HVO	Diesel-busseja
1	1, 2	13	2021				2030	11	2	
2	4, 7 ja 9	15	2021, 7: 2022				2030	10	5	
3	5 ja 25	10	2022, 5: 2026	4	4	2	2032			
4	6	6	2021				2030		6	
5	10, 24 ja Lassi 18 ja 19	7	2022			7	2030		7	
6	70-73	6	2027				2029			7
7	80 ja 81	5	2027				2029			3
8	3, 8, 20-23 ja 26	19					2028			16
Yht		78		4 bussia (24 %)	4 bussia (24 %)	9 bussia (53 %)		21 bussia (31 %)	21 bussia (31 %)	25 bussia (37 %)

Esityksenä on, että kohteista 1 ja 2 voi jättää myös yhdistelmätarjouksen eli yksittäistä kohdetta ei ole välttämätöntä tarjota. Kilpailuttamisaikataulussa on haasteena, että sähkön, biokaasun ja/tai uusiutuvan dieselin käyttövaatimus olisi ensimmäisellä kaudella varsin pienessä kohteessa 3. Tämä voi olla pelkälle sähköbussiliikenteelle kuitenkin mielekkään kokoinen kohde ja liikenne voidaan aloittaa varsin pienessä mittakaavassa.

Mahdollisesti voisi olla parempi, että kohteista 1, 2 ja 6 voi jättää yhteistarjouksen. Tämä mahdollistaisi myös muille puhtaille ajoneuvoille kuin sähkölle riittävän ison kokonaisuuden.

Uudet käyttövoimat edellyttävät merkittäviä investointeja. Sen vuoksi olisi luontevaa keskittää uutta käyttövoimaa oleva liikenne yksittäiseen yhdistelmäkohteeseen tai vastaaviin yksittäisiin kohteisiin. Näissä kohteissa on lisäksi merkittävin osa Lahden sisäisestä liikenteestä ja kohteet sisältävät linjat, joiden suoritteet ovat suuret. Esimerkiksi Nastolan, Hollolan, Orimattilan ja Heinolan linjoilla ei vastaavassa määrin ole hyötyä lähipäästöjen alenemisesta kuin keskusta-alueilla.

Direktiivin mukaiset minimimäärät vaaditaan sähköbusseja. Toisen puolikkaan edellytetään olevan joko sähköllä, uusiutuvalla dieselillä tai biokaasulla liikennöitävää. Muussa liikenteessä voidaan antaa lisäpisteitä uusiutuvan dieselin, biokaasun tai sähkön käytöstä. Vaihtoehtoisesti voidaan laskea kohteittain päästökatto ja maksaa vuosittain bonuksia CO₂- ja mahdollisesti myös NO_x ja PM-päästöjen alenemisesta.

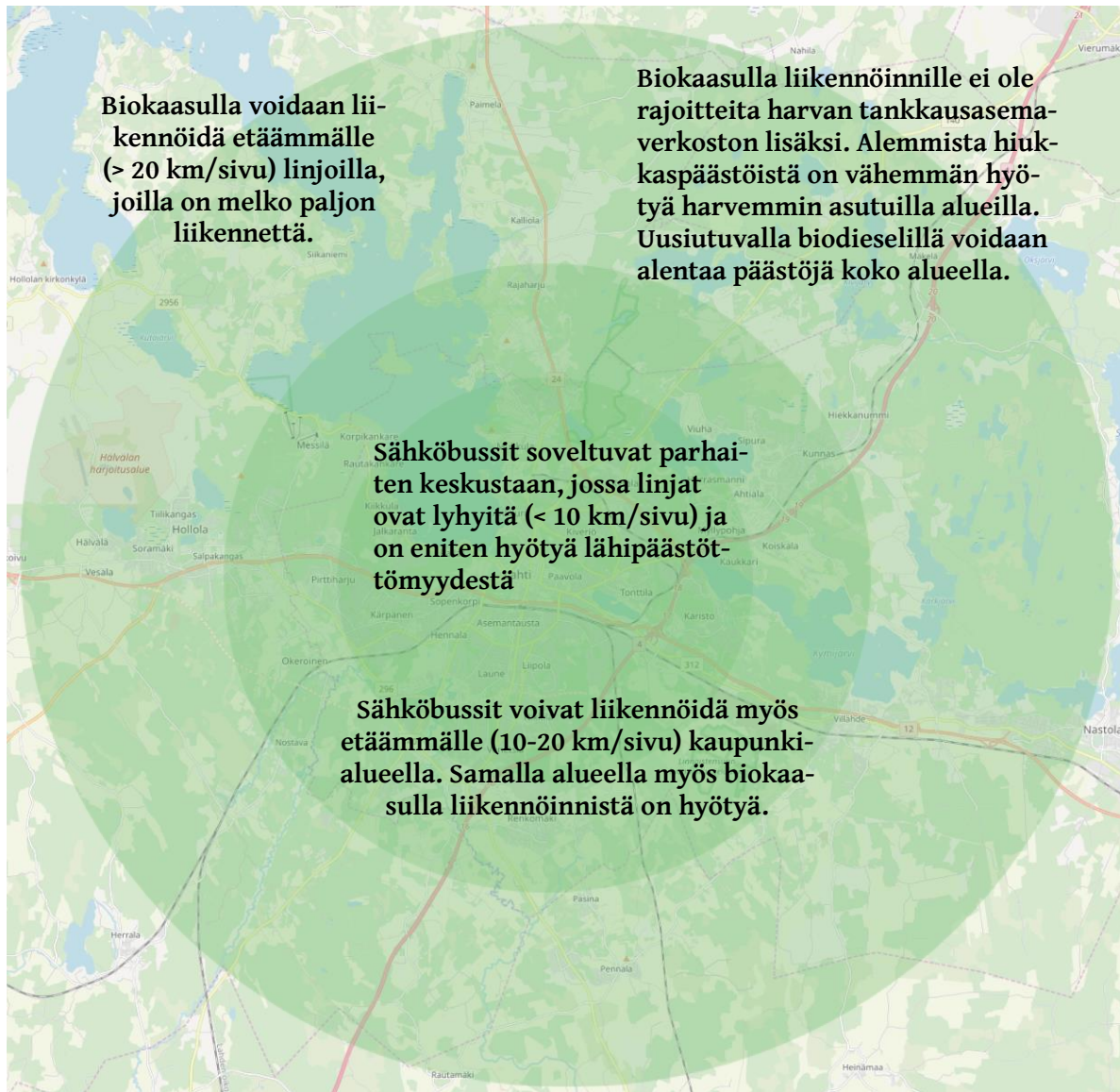
Jos kilpailutuksessa hinnan paino olisi 92 pistettä, uusiutuvalla dieselillä olisi mahdollista voittaa kohde, jos siitä annettaisiin 3 lisäpistettä. Koska uusiutuvalla dieselillä ja biokaasulla päästään samoihin CO₂:n well-to-wheel päästövähennyksiin, olisi perusteltua antaa biokaasusta saman verran eli 3 lisäpistettä kuin uusiutuvasta dieselistä. Biokaasu on kuitenkin korkeampien investointikustannusten vuoksi kalliimpi vaihtoehto, minkä vuoksi kilpailussa on mahdollista menestyä paremmin uusiutuvaa biodieseliä käyttäen. Toisaalta biokaasun saatavuuteen ja hinnan kehitykseen liittyy todennäköisesti



vähemmän epävarmuutta kuin uusiutuvaan dieseliin, mikä voi kannustaa biokaasuun investoimiseen. Sähköllä on mahdollista voittaa kilpailu, mikäli annetaan 7–8 lisäpistettä. Lisäpisteet annetaan kalustolla ajettavien linjakilometrien suhteessa. Sähköstä uusiutuvaa biodieseliä tai biokaasua korkeampaa pistemäärää puoltavat lähipäästöttömyys ja alhaisempi melutaso. Varsinkin biokaasun ja sähkön osalta on suositeltavaa korkeampien investointien vuoksi, että sopimuskausi olisi nykyistä pidempi eli noin 8 vuotta + 0–2 vuoden optio, jotta kustannustaso ei nouse kohtuuttomasti. Hinnan osuus voi olla myös pienempi, jos tarjouskilpailussa annetaan muita laatupisteitä esimerkiksi laatuun liittyen.

Vaihtoehtoisesti voidaan asettaa päästökatto kohteittain, mikäli liikennöitsijä liikennöi vaadittua paremmalla kalustolla. Bonuksen tulisi olla noin 260 eur/CO₂-tonni, jotta sähköbussiliikenne olisi taloudellisesti kannattavaa. Päästökatto edellyttää, että kohteiden kaluston käyttöä ja energian hankinta-sopimuksia seurataan. Kokonaispäästöjen kannalta on olennaista, että tankataan uusiutuvaa dieseliä tai biokaasua ja mitä sähköä tilataan. Dieselbusseilla merkittävin päästövähennys syntyy siitä, että käytetään uusiutuvaa dieseliä fossiilisen dieselin sijasta. Kaasubusseilla puolestaan olennainen ero syntyy siitä, että tankataan biokaasua maakaasun sijasta. Myös sähkön osalta on merkitystä, millaista sähköä hankitaan. Mielenkiintoinen kysymys on, että kuinka tarkasti päästökatoissa huomioitaisiin yksittäisten uusiutuvan dieselin ja biokaasun hankintaerien päästöjä. Biokaasun osalta voi olla suurempi investointi liittyminen kiinteään kaasuverkkoon kuin biokaasun tilaaminen kontissa. Toisaalta konttikuljetuksista syntyy enemmän päästöjä kuin kaasun hankinta kaasuputkesta.

Seuraavassa kuvassa on hahmotettu alueet, joille eri käyttövoimat soveltuvat parhaiten. Suurimmat hyödyt uusista käyttövoimista saadaan pääosin kaupunkimaisessa ympäristössä ja lähiöissä liikennöitävistä linjoista, joilla kertyy paljon linjakilometrejä ja joilla on hyötyä alhaisemmista paikallispäästöistä. Kuvan karttaan on merkitty sähköbusseille soveltuvien alueiden Lahden kaupunkiliikenteen alueella. Sähköbussit soveltuvat parhaiten kaupunkimaiseen ympäristöön, jossa lähipäästöttömyydestä on suurimmat hyödyt. Ympyrän sisällä kulkevat linjat kulkevat kaupunkimaisimmassa ympäristössä ja ovat suotuisia linjojen pituuden kannalta. Tummimman vihreän ympyrän ulkopuolelle ulottuvilla linjoillakin voidaan liikennöidä sähköbusseilla, mutta pidempien sivujen pituuksien vuoksi myös lautasajat ovat pidempiä. Ympyrän ulkopuolella kaupunkimaisen asumisen määrä on pienempi ja linjat ajavat pääosin rivi- ja omakotialueilla alueellisia keskuksia lukuun ottamatta.



Kuva 29. Eri käyttövoimille parhaiten soveltuvat vyöhykkeet. Sähköbussien lähipäästötyydydestä suurimmat hyödyt saadaan sisimmän ympyrän alueella. Lisäksi toisen ympyrän kaupunkilinjoilla sähköbussien lähipäästötyydydestä saadaan suuret hyödyt. Biokaasubussien alemmista lähipäästöistä on hyötyä kaupunkimaisilla ja jonkin verran kaupunkialueen ulkopuolella ulottuvilla linjoilla. Alempien elinkaaren aikaisten CO₂-päästöjen puolesta biokaasun käytöstä on hyötyä koko kaupunkiseudun linjastossa. (Pohjakartta: OpenStreetMap)



4.2. Etenemispolku

Lahden runkolinjaston ja täydentävien linjojen hankinnoissa noudatetaan seuraavia periaatteita:

2.8.2021–2025 tehtävät hankintasopimukset:

EU:n puhtaita ja energiatehokkaita hankintoja koskevan direktiivin (CVD) mukaisesti vuosina 2021–2025 tehtävissä hankintasopimuksissa vähintään 20,5 % busseista on sähköbusseja ja 20,5 % busseista joko sähkö-, biokaasu- ja uusiutuvalla dieselillä liikennöitäviä busseja. Sähköä, biokaasua ja uusiutuvaa dieseliä vaaditaan vain yksittäisissä kohteissa, jotta koko toimivalta-alueella direktiivin vaatimukset täyttyvät.

Muun kaluston osalta ja muissa kohteissa annetaan linjakilometrien suhteessa lisäpisteitä. Uusiutuvasta dieselistä ja biokaasusta annetaan 3 lisäpistettä ja sähköstä 8 lisäpistettä.

Sopimuskausi on 8 v + 0–2 v optio korkeampien investointikustannusten vuoksi

Vuosina 2025–2030 tehtävät hankintasopimukset

Hankinnoissa noudatetaan vastaavia periaatteita kuin aiemmin. CVD edellyttää kuitenkin, että hankintasopimuksissa vähintään 29,5 % busseista on sähköbusseja ja 29,5 % busseista joko sähkö-, biokaasu- ja uusiutuvalla dieselillä liikennöitäviä busseja. Sähköä, biokaasua ja uusiutuvaa dieseliä vaaditaan vain yksittäisissä kohteissa, jotta koko toimivalta-alueella direktiivin vaatimukset täyttyvät.

Kilpailutusaikataulun muodostaminen on keskeistä, että uusiutuvaa dieseliä, kaasu- tai sähköbusseja ei olisi tarvetta vaatia esimerkiksi Heinolan ja Orimattilan linjoille heikomman tankkausasemaverkoston vuoksi. Näillä alueilla myös sähköbussien lähipäästöistä on vähemmän hyötyä.

Etenemispolkuja tarkennetaan tarvittaessa uusilla tiedoilla.

Kilpailuttamisvaiheessa on tärkeää käydä riittävää markkinavuoropuhelua liikennöitsijöiden kanssa.

LÄHTEET

- Selvitys sähköbussien edistämiseksi suomalaisilla kaupunkiseuduilla, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2017
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-21_selvitys_sahkobussien_web.pdf
- Jatkoselvitys sähköbussien edistämiseksi suomalaisilla kaupunkiseuduilla - Toimijoiden näkemykset, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2018
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2018-23_jatkoselvitys_sahkobussien_web.pdf
- Espoon sähköbussikokemukset, Linja 11 Tapionaukio–Friisilänaukio
- Käyttövoimaselvitys Lahden hyötyajoneuvoliikenteen tarpeisiin, Lahden kaupunki, 2015
- Tieliikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttöpotentiaali Kuopion seudulla, Tapio Kettunen
- Hybridibussit - kokemuksia käyttöönotosta, liikennöinnistä ja energiankulutuksesta
- ZeEUS eBus Report – An overview of electric buses in Europe
<http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-internet.pdf>
- Neste (2018). Neste MY uusiutuva diesel™ – Sinun panoksesi ilmastotalkoisiin (viitattu 4.10.2018): <https://www.neste.fi/artikkeli/neste-my-uusiutuva-dieseltm-sinun-panoksesi-ilmastotalkoisiin>
- Neste (2019). Uusiutuvat raaka-aineet (viitattu 26.4.2019): <https://www.neste.com/fi/puh-taammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/uusiutuvat-raaka-aineet>
- Well-to-Wheel analysis of fossil energy use and greenhouse gas emissions for conventional, hybrid-electric and plug-in hybrid-electric city buses in the BRT system in Curitiba, Brazil
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920917300214>
- Fuel and Technology Alternatives for Buses - Overall Energy Efficiency and Emission Performance
<https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T46.pdf>
- UPM (2018). Hyviä tuloksia UPM:n puupohjaisen dieselin käytöstä bussiliikenteessä (viitattu 4.10.2018):
<https://www.upmbiofuels.com/fi/ajankohtaista/uutiset/2016/11/hyvia-tuloksia-upmn-puupohjaisen-dieselin-kaytosta-bussiliikenteessa/>
- Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Käyttövoimavaihtoehdot ja niiden kansantaloudelliset vaikutukset
http://www.transsmart.fi/files/297/Tieliikenteen_40_hiilidioksidipaastojen_vahentaminen_vuoteen_2030_Kayttovoimavaihtoehdot_ja_niiden_kansantaloudelliset_vaikutukset_VTT-R-00752-15.pdf

LIITE – MUITA TARKASTELTUJA KILPAILUTUSMALLEJA

Tilaaaja määrittelee päästötavoitteet ja liikennöitsijä määrittelee millä tavoin tavoitteet saavutetaan

Vaihtoehdossa tilaaaja asettaa kohdekohtaisesti ja mahdollisesti päästölajeittain päästötavoitteet. Liikennöitsijöiden tehtävä on tarjota tilaaajan tavoitteita ja reunaehtoja vastaavaa, kyseiselle kaupunkiseudulle ja kilpailutetuille linjoille soveltuvaa sekä taloudellisesti kannattavaa bussiliikennettä. **Vertailuperusteena voi olla hinta ja ehtona päästötavoitteiden toteutuminen.** Sopimuskauden aikana tilaaajan on tarve seurata ja valvoa päästötavoitteiden saavuttamista. Haastavimpana asiana on, millä tavoin todennetaan eri ajoneuvojen päästöt ja käytettävän energian well-to-wheel CO₂-päästöt.

Tilaaaja pyytää vaihtoehtoisia tarjouksia eri käyttövoimista

Tilaaaja voi kilpailuttaa liikennettä myös pyytämällä vaihtoehtoisia tarjouksia ja/tai tarjoaja voi jättää tarjouskilpailussa useampia tarjouksia. Jos tilaaaja kilpailuttaa hankinnan pyytämällä vaihtoehtoisia tarjouksia, voi tilaaaja valita lopulta tarjouksista kokonaistaloudellisesti edullisimman tai muulla tavoin parhaaksi katsomansa tarjouksen eri vaihtoehdoista. Tilaaaja voisi kilpailuttaa liikenteen edellyttäen esimerkiksi, että uudessa kalustossa käytetään käyttövoimana biodieseliä, biokaasua tai sähköä. Liikennöitsijät voivat jättää erilliset tarjoukset tällöin joko yhdestä tai useammasta käyttövoimasta. Tilaaajan etuna on tällöin, että mikäli kustannustaso nousee ennakoimattomasti, voidaan pitäytyä dieselbussiliikenteessä. Esimerkiksi YTV ja HSL ovat pyytäneet vaihtoehtoisia tarjouksia linjan 550 liikennöinnistä: vuonna 2005 YTV pyysi tarjouksia kahdesta linjan reittivaihtoehdosta ja 2012 HSL pyysi tarjouksia linjan liikennöimisestä telibusseilla ja vaihtoehtoisesti nivelbusseilla.

Vaihtoehtoisesti voidaan sallia, että tarjoajat voivat jättää useampia tarjouksia. Tällöin tarjoajat voivat jättää tarjoukset eri käyttövoimilla tai näiden yhdistelmillä. Erona edellä kuvatuissa vaihtoehtoisissa menetelmissä on, että jos tilaaaja pyytää tarjouksia eri käyttövoimista, ei eri käyttövoimien käyttöä ole tarpeen välttämättä pisteyttää, vaan tilaaaja voi tehdä päätöksen tarjosten kustannustason perusteella.

”Ranskalainen urakka”, tilaaaja ilmoittaa kiinteän hinnan

Ns. ranskalaisessa urakassa tilaaaja ilmoittaa kiinteän hinnan ja liikennöitsijä määrittelee, minkälaista palvelua tarjoaa tällä summalla. Mallin etuna on se, että liikennöitsijän ammattitaito ja vahvuudet voidaan saada paremmin hyödynnettyä, kun kilpailutusvaatimuksia ei ole liian tarkkaan määritelty. Malli vaatii kuitenkin huolellista kilpailutuksen valmistelua ja kilpailutusosaamista tilaajalta.

Kilpailutusta kiinteällä hinnalla ja laadullisilla perusteilla on Suomessa käytetty sekä onnistuneesti että heikommalla lopputuloksella, mutta linja-autoliikenteen operoinnin kilpailutukseen malli ei ole vielä yleistynyt. Hollannin Eindhovenissa käytettiin linja-autoliikenteen operoinnin kilpailutuksessa kiinteän hinnan kilpailutusta. Tilaaaja oli tyytyväinen käyttöoikeussopimuksena kilpailutetun tarjouskilpailun lopputulokseen, jossa liikenteeseen tuli 43 sähköbussia.

Tarjouskilpailun voittaja valitaan laadun perusteella. Tämän vuoksi on tärkeää kuvata, millä tavoin laatu pisteytetään. Jos laatua arvioidaan käyttövoiman perusteella, on tarve edellä kuvattujen mallien



tavoin pisteyttää eri käyttövoimat ja käytettävät energiat (fossiilinen diesel ja uusiutuva biodiesel). Uusiutuvan biodieselin riittämättömyys voidaan huomioida esimerkiksi siten, että linjakilometrin hintaa alennetaan tietyllä prosentilla, mikäli liikennöitsijä liikennöi uusiutuvan biodieselin sijasta fossiilisella dieselillä. Käyttövoiman lisäksi laadun arvioinnissa voidaan pisteyttää esimerkiksi palvelutasoon liittyviä tekijöitä.

Allianssi

Allianssimallissa edellytetään liikennöitsijältä erillistä kirjanpitoa, jotta voidaan seurata kohteen kustannusten kehitystä. Tällöin kulurakenne avataan tilaajalle. Kohteen liikennöintiä varten muodostetaan tilaajan ja liikennöitsijän yhteinen organisaatio.

Hintatason sijasta tarjouskilpailussa pisteytetään tarjoajan edellyttämää kateprosenttia. Lisäksi on tarve pisteyttää eri käyttövoimat esimerkiksi ranskalaisen urakan tavoin. Allianssimallin etuna on, että riskit uuteen käyttövoimaan siirryttäessä ovat liikennöitsijän kannalta pienemmät. Mahdollinen kustannusten ennakoimaton kehitys siirtyy tilaajalle ja yhteistyössä tilaajan kanssa voidaan miettiä keinoja kustannusten ylitysten vähentämiseksi.

**Lahden kaupunki**

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 29

Tiedoksi merkittävät asiat

D/26/07.01.03.00.02/2020

Asian valmistelija /
Lisätietojen antaja

Joukkoliikennelogistikko Katja Suhonen p. p. 044 416 4658

Päätös

Päätösehdotus hyväksyttiin.

Päätösehdotus

Kaupunkikehitysjohtaja Olli Alho

Lautakunta merkitsee asiat tiedoksi.

Perusteluosa

Lautakunnalle tuodaan tiedoksi seuraavat asiat:

Kaupungininsinöörin päätös 25/2020: Kohteiden 7 ja 9 liikennöinnin
hankinta / Lehtimäen Liikenne OyKaupungininsinöörin päätös 26/2020: Kohteen Asikkala liikennöinnin
hankinta / Lehtimäen Liikenne OyKaupungininsinöörin päätös 27/2020: Kohteen Padasjoki
liikennöinnin hankinta / Koiviston Auto Oy

Asiakirjat ovat nähtävänä luottamushenkilöiden extranetissä.

Muutoksenhaku

Muutoksenhakukielto

Toimenpiteet

-



1 (1)

Lahden kaupunki

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

Päätöspäivämäärä

16.06.2020 § 30

Muut asiat

D/32/00.02.03.00.00/2020

Asian valmistelija /
Lisätietojen antaja

Joukkoliikennepäällikkö Katja Suhonen p. 044 416 4658

Päätös

Päätösehdotus hyväksyttiin.

Päätösehdotus

Kaupungininsinööri Jukka Lindfors

Lautakunta merkitsee asiat tiedoksi.

Perusteluosa

Tilannekatsaus Lahden seudun joukkoliikennelautakunnan
ajankohtaisista asioista

Asiakaspalautteet

Muutoksenhaku

Muutoksenhakukielto

Toimenpiteet

-

OIKAISUVAATIMUSOHJEET JA VALITUSOSOITUS

Liitetään pöytäkirjaan

Lahden kaupunki

Kunnallisasiat

Toimielin:

Kokouspäivämäärä:

Lahden seudun joukkoliikennelautakunta

16.06.2020

MUUTOKSENHAKUKIELLOT

Kieltojen perusteet	Seuraavista päätöksistä ei saa tehdä kuntalain 136 §:n mukaan oikaisuvaatimusta eikä kunnallisvalitusta, koska päätös koskee vain valmistelua tai täytäntöönpanoa. Pykälät: 28, 29, 30
	Hallintolainkäyttölaki 5 § 1 mom. /muun lainsäädännön mukaan seuraaviin päätöksiin ei saa hakea muutosta valittamalla. Pykälät ja valituskieltojen perusteet Pöytäkirjan §:n osalta muutoksenhakuoikeus on siten rajoitettu, että kunnallisen virkaehtosopimuksen 26 §:n mukaan viranhaltija ei saa valittamalla hakea muutosta viranomaisen päätökseen tai saattaa sitä oikaisuvaatimuksin tai hallintovalitusasiassa käsiteltäväksi siltä osin kuin päätös koskee viranhaltijan palvelussuhteen ehtoja, jos hänellä tai viranhaltijayhdistyksellä on oikeus panna asia vireille työtuomioistuimessa.

OIKAISUVAATIMUSOHJEET

Oikaisuvaatimusviranomaisen ja -aika	Laki liikenteen palveluista 256 §:n mukaan päätökseen haetaan oikaisua siltä viranomaiselta, joka päätöksen on tehnyt, siten kuin hallintolaissa säädetään. Seuraaviin päätöksiin tyytymätön voi tehdä kirjallisen oikaisuvaatimuksen.
	Viranomaisen, jolle oikaisuvaatimus tehdään, ja sen yhteystiedot: Toimielin: Lahden seudun joukkoliikennelautakunta Postiosoite: PL 202, 15101 Lahti Käyntiosoite: Lahden Palvelutori, Lahti-Piste, Kauppakeskus Trio, 2. krs, Aleksanterinkatu 18 Puh.: 03 814 2214 Sähköpostiosoite: kirjaamo@lahti.fi Aukioloaika: 9–18 Pykälät: 27 Oikaisuvaatimus on tehtävä 30 päivän kuluessa päätöksen tiedoksisaannista.
Oikaisuvaatimuksen sisältö	Oikaisuvaatimuksesta on käytävä ilmi vaatimus perusteluineen sekä sen tekijä ja yhteystiedot.

VALITUSOSOITUS

Valitusviranomaisen ja valitusaika	Seuraaviin päätöksiin voidaan hakea muutosta kirjallisella valituksella. Oikaisuvaatimuksen johdosta annettuun päätökseen saa hakea muutosta kunnallisvalituksin vain se, joka on tehnyt oikaisuvaatimuksen. Mikäli päätös on oikaisuvaatimuksen johdosta muuttunut, saa päätökseen hakea muutosta kunnallisvalituksin myös asianosainen sekä kunnan jäsen.
	Valitusviranomaisen ja sen yhteystiedot Hämeenlinnan hallinto-oikeus www.oikeus.fi/hallintooikeudet/hameenlinnanhallinto-oikeus Raatihuoneenkatu 1 13100 Hämeenlinna 029 56 42210 faksi 029 56 42269
	Valitusaika: 30 päivää

	<p>hameenlinna.hao(at)oikeus.fi <i>Valituksen voi tehdä myös hallinto- ja erityistuomioistuinten asiointipalvelussa osoitteessa</i> https://asiointi2.oikeus.fi/hallintotuomioistuimet</p> <p>Kunnallisvalitus, pykälät:</p>	
	<p>Valitusviranomainen ja sen yhteystiedot:</p> <p>Hämeenlinnan hallinto-oikeus www.oikeus.fi/hallintooikeudet/hameenlinnanhallinto-oikeus Raatihuoneenkatu 1 13100 Hämeenlinna 029 56 42210 faksi 029 56 42269 hameenlinna.hao(at)oikeus.fi <i>Valituksen voi tehdä myös hallinto- ja erityistuomioistuinten asiointipalvelussa osoitteessa</i> https://asiointi2.oikeus.fi/hallintotuomioistuimet</p> <p>Hallintovalitus, pykälät:</p>	<p>Valitusaika: 30 päivää</p>
<p>Valitusaika alkaa päätöksen tiedoksisaannista. Valitusaikaa laskettaessa tiedoksisaantipäivää ei oteta lukuun.</p>		
<p>Valituskirjelmä</p>	<p>Valitus tehdään kirjallisesti. Valituskirjelmässä, joka on osoitettava valitusviranomaiselle, on ilmoitettava</p> <ul style="list-style-type: none"> - päätös, johon haetaan muutosta - miltä kohdin päätökseen haetaan muutosta ja mitä muutoksia siihen vaaditaan tehtäväksi; sekä - perusteet, joilla muutosta vaaditaan. <p>Valituskirjelmässä on ilmoitettava valittajan tai kirjelmän muun laatijan nimi ja kotikunta sekä postiosoite ja puhelinnumero, joihin asiaa koskevat ilmoitukset valittajalle voidaan toimittaa.</p> <p>Valittajan, laillisen edustajan tai asiamiehen on allekirjoitettava valituskirjelmä.</p> <p>Valituskirjelmään on liitettävä</p> <ul style="list-style-type: none"> - päätös, johon haetaan muutosta, alkuperäisenä tai jäljennöksenä - todistus siitä, minä päivänä päätös on annettu tiedoksi tai muu selvitys valitusajan alkamisen ajankohdasta - asiakirjat, joihin valittaja vetoaa vaatimuksensa tueksi, jollei niitä ole jo aikaisemmin toimitettu viranomaiselle. <p>Asiamiehen on tarvittaessa esitettävä valtakirja (HLL 21 §).</p>	
<p>Valitusasiakirjojen toimittaminen</p>	<p>Valitusasiakirjat on toimitettava valitusviranomaiselle valitusajan kuluessa ennen sen viimeisen päivän virka-ajan päättymistä. Jos valitusajan viimeinen päivä on pyhäpäivä, itsenäisyyspäivä, vapunpäivä, joului- tai juhannusaatto tai arkilauantai, saa valitusasiakirjat toimittaa ensimmäisenä sen jälkeisenä arkipäivänä.</p> <p>Omalla vastuulla valitusasiakirjat voi lähettää postitse tai lähetin välityksellä. Postiin valitusasiakirjat on jätettävä niin ajoissa, että ne ehtivät perille valitusajan viimeisenä päivänä ennen viraston aukioloajan päättymistä.</p>	
<p>Oikeudenkäyntimaksu</p>	<p>Tuomioistuinmaksulain (1455/2015) 2 §:n mukaan peritään hallinto-oikeudessa ja markkinaoikeudessa oikeudenkäyntimaksuja ja hakemusmaksuja korvauksena asian käsittelystä ja suoritetuista toimenpiteistä tuomioistuimissa 4 ja 5 §:n poikkeuksia lukuun ottamatta. Valituksen käsittelyn maksullisuudesta saa tietoja valitusviranomaiselta.</p>	
<p>Lisätiedot</p>	<p>Yksityiskohtainen oikaisuvaatimusohje / valitusosoitus liitetään pöytäkirjanotteeseen.</p> <p>Hankinta-asioita (pykälät) koskeva oikaisuohje ja valitusosoitus on pöytäkirjan erillisenä liitteenä.</p>	