



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Urbaanin rahdinkuljetuksen haasteet ja kehitysmahdollisuudet

Toimitusketjujen johtamisen
kandidaatintutkielma

Laatija:
Elias Kaskinen

Ohjaaja:
KTT Sini Laari

21.12.2024

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidutkielma

Oppiaine: Toimitusketjujen johtaminen

Tekijä: Elias Kaskinen

Otsikko: Urbanin rahdinkuljetuksen haasteet ja kehitysmahdollisuudet

Ohjaaja: KTT Sini Laari

Sivumäärä: 41

Päivämäärä: 21.12.2024

Verkkokaupan räjähdysmäinen kasvu ja kuluttajakäyttäytymisen muutokset 2010- ja 2020-luvuilla ovat muokanneet rahdinkuljetuksen globaalia pelikenttää rajulla tavalla. Yli 80 % koko maailman BKT:sta luodaan kaupungeissa, ja näin ollen suurin osa kuljetettavasta rahdista vähintäänkin lastataan ja puretaan urbaaneilla alueilla. Jatkovasti kasvussa oleva kysyntä urbaanille rahdinkuljetukselle on asettanut alan toimijat vaikean paikan eteen. Miten vähentää rahdinkuljetuksen aiheuttamia ongelmia kaupungeissa, mutta samalla säilyttää toiminnan taloudellinen kestävyys? Urbanin rahdinkuljetukseen liittyy merkittäviä haasteita, jotka jatkavat vain pahenemistaan toiminnan volyymin kasvaessa ympäri maailmaa. Tietoisuus toiminnan ongelmista on alkanut kuitenkin vähitellen lisääntyä ja aihe on ruvennut saamaan entistä enemmän huomiota tutkijoilta sekä muilta urbanin rahdin kehittämisen kannalta olennaisilta tahoilta.

Tämän tutkielman tavoitteena on käsitellä urbanin rahdinkuljetuksen erityispiirteitä sekä nykytilaa, ja samalla tarkastella toiminnan kannalta olennaisimpia haasteita ja ongelmia. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella keskeisimmiksi osoittautuneiden haasteiden olemusta ja vaikutuksia arvioidaan ennen kaikkea taloudellisen, ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta. Samalla pyritään selvittämään, millaisia keinoja urbanin rahdinkuljetuksen kehittämiseen voitaisiin käyttää nyt ja tulevaisuudessa. Kehitysmahdollisuuksien yhteydessä keskitytään esimerkiksi erilaisiin uusiin ja kestäviin teknologioihin, joiden avulla kyettäisiin parantamaan rahdinkuljetuksen toimintaedellytyksiä kaupungeissa.

Avainsanat: urbaani rahdinkuljetus, urbaani logistiikka, last-mile, kestävyys

SISÄLLYS

1	Johdanto	6
2	Urbaani rahdinkuljetus	8
3	Urbanin rahdinkuljetuksen haasteet	11
	3.1 Ympäristölliset haasteet	12
	3.2 Liikenteen ja infrastruktuurin haasteet	15
	3.3 Taloudelliset ja toiminnalliset haasteet	16
	3.4 Teknologiset haasteet	18
	3.5 Sidosryhmien välisen yhteistyön ja sääntelyn haasteet	20
	3.6 Sosiaaliset ja yhteisölliset haasteet	23
4	Urbanin rahdinkuljetuksen kehitysmahdollisuudet	26
	4.1 Kestävät ratkaisut	26
	4.2 Teknologiat ja innovaatiot	30
	4.3 Infrastruktuuri ja poliittiset toimet	32
5	Johtopäätökset	35
	Lähteet	37

KUVIOT

Kuvio 1. Pienen pakettiauton TCO-laskelma 10 vuoden ajalta 60 km päivittäisellä ajolla
(Quak ym., 2017)

28

TAULUKOT

Taulukko 1. Urbaanin rahdinkuljetuksen keskeiset haasteet

24

1 Johdanto

Rahdinkuljetuksen rooli tehokkaan kaupankäynnin mahdollistajana on kiistaton. Maailmankauppa kasvoi vuodesta 1950 vuoteen 2004 hyvin nopeaa tahtia, tarkemmin ottaen 5,9 % vuodessa. Yhtenä voimakasta kasvua selittävänä tekijänä voidaan pitää laskeneita kuljetuskustannuksia. (Hummels, 2007.) Samalla Hummels arvioi, että noin 4 % koko maailman BKT:sta muodostuisi erilaisista kuljetuskustannuksista. Näin ollen kuljettamisen hinnalla on olennainen vaikutus myös tuotteiden ja palveluiden myyntihintoihin, joka taas vaikuttaa ihmisten kulutuskäyttäytymiseen.

Kaupankäynnin kasvuun liittyy keskeisiä ongelmia etenkin ympäristövaikutusten näkökulmasta. Kaupungit ovat nykyään entistä tärkeämpiä talouden ajureita, sillä yli 80 % maailman BKT:sta luodaan kaupungeissa. (Maailmanpankki, 2023.) Tuotanto sekä kulutus ovat keskittyneet voimakkaasti kaupunkeihin, ja tämän vuoksi suurin osa niin henkilö-, kuin tavarankuljetuksesta alkaa ja loppuu urbaaneilla alueilla. Lisäksi monet rahdinkuljetuksen solmukohdat kuten satamat, lentokentät, varastot ja jakelukeskukset sijaitsevat kaupunkien välittömässä läheisyydessä. (Lindholm ja Behrends, 2012.) Tämä taas on osaltaan johtanut siihen, että hyvin huomattava osuus kaupunkien kasvihuonepäästöistä syntyy rahdinkuljetuksesta. Esimerkiksi Oslon kaupungin toteuttaman selvityksen mukaan noin 30 % kaupungin kaikista tieliikenteen päästöistä johtuu rahdinkuljetuksesta. (Oslon kaupunki, 2020.)

Syitä kaupungeissa tapahtuvan tavarankuljetuksen kysynnän jyrkälle kasvulle on useita. Esimerkiksi verkkokaupan räjähdysmäinen kasvu sekä muutokset ihmisten kulutustottumuksissa ovat ohjanneet tätä kehitystä. Lisäksi erilaiset muutokset toimitusketjuissa, kuten kotiinkuljetusten ja just-in-time (JIT) -toimitusten lisääntyminen ovat osaltaan kasvattaneet kuljetusten määrää kaupungeissa. Samalla tavarankuljetuksen kysynnän on arvioitu ainoastaan nousevan tulevaisuudessa, joten kaupungit ovat kasvavan ongelman edessä. (Larsen ja Van Woensel, 2019.)

Verkkokaupan toimitusketjuille tyypilliset epäonnistuneet toimitukset ja palautukset sekä niihin liittyvä jäte nostavat urbaanien alueiden toimitusketjuihin kohdistuvaa painetta entisestään. Myös lyhyet etukuljetukset ja niin kutsutut last mile -jakelukuljetukset asettavat kuljetusalan toimijoille merkittäviä tehokkuushaasteita. Tällaiset esimerkiksi verkkokaupan loppuasiakkaan kotiovelle tehtävät kuljetukset ovat hyvin haastavia optimoinnin näkökulmasta, joten jakeluautot joutuvat ajamaan usein ylimääräisiä lenkkejä ja yleensä vielä huomattavan pienellä täyttöasteella. Tämä taas johtaa suhteettoman korkeisiin kustannuksiin ja päästöihin verrattuna tyypillisiin runkokuljetuksiin. (Björge ja Ryghaug, 2022.)

Tämän tutkielman tarkoituksena on käsitellä urbaanin rahtikuljetuksen nykytilaa ja selvittää mahdollisia ratkaisu- ja toimintamalleja sen kehittämiseksi. Tutkielmassa tarkastellaan kaupunkiympäristössä tapahtuvan rahtikuljetuksen erityispiirteitä, jonka lisäksi käsitellään merkittävimpiä siihen kohdistuvia haasteita. Havaittujen ongelmien vaikutuksia arvioidaan esimerkiksi taloudellisesta, ekologisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta. Tutkielman tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millaisia haasteita urbaaniin rahtikuljetukseen liittyy?
2. Millaisilla keinoilla urbaania rahtikuljetusta voitaisiin kehittää?

Näihin tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan kirjallisuuskatsauksen avulla, johon on valikoitunut kattavasti aihetta käsitteleviä tieteellisiä artikkeleita. Lähdeaineistona hyödynnetään lisäksi erilaisia julkishallinnon, viranomaisten ja järjestöjen julkaisemia raportteja, joista on löydettävissä tietoa erityisesti kuljettamisen ilmastovaikutuksista. Aihetta on tutkittu tähän mennessä sen merkittävydestä huolimatta nähdäkseni varsin vähän, mutta kiinnostus sitä kohtaan on selkeästi lisääntynyt viime vuosina. Lähteiden valinnassa onkin pyritty keskittymään lähteiden tuoreuteen, jotta on voitu varmistua teorioiden ja tiedon oikeellisuudesta niiden nykytulkintojen mukaan.

2 Urbaani rahdinkuljetus

Rahdinkuljetuksella (*engl. freight transport*) tarkoitetaan tavaroiden ja tuotteiden kuljetusta paikasta toiseen esimerkiksi meritse, rautateillä, maanteillä tai ilmassa. (Correa ym., 2019, Hesse ja Rodrigue, 2004.) Urbaanilla rahdinkuljetuksella (*engl. urban freight transport*) ei ole yhtä vakiintunutta määritelmää, vaan sille on löydettävissä toisistaan eriäviä määritelmiä pienillä merkityseroilla. Selkein määritelmiä jakava näkökulmaero on siinä, että sisältääkö määritelmä kaiken tavarankuljetuksen urbaaneilla alueilla, vai rajataanko se käsittämään ainoastaan kaupallisten toimijoiden kuljetukset. Osa määritelmistä sisällyttää urbaaniin rahdinkuljetukseen myös yksityishenkilöiden toimesta tehtävän tavarankuljetuksen, jollaista tapahtuu esimerkiksi kauppareissujen ja nettikauppatilausten noutojen yhteydessä. (Dablanc, 2009.)

Tässä tutkielmassa käytetään ilmiöstä Laetitia Dablancin Maailmanpankille laatimasta raportissa esiintyvää määritelmää vuodelta 2009, jonka mukaan urbaanilla rahdinkuljetuksella tarkoitetaan rahdinkuljetusta, joka tapahtuu nimensä mukaisesti urbaanissa ympäristössä. Tarkennuksena urbaanilla rahdilla viitataan tavaroiden kuljetukseen kaupallisten entiteettien toimesta tai niille toimitettuna urbaaneilla alueilla. Tämä määritelmä siis sisältää kaikki sellaiset tavaroiden siirrot, joiden tarve syntyy paikallisesta liiketoiminnasta. Näitä kuljetustarpeita syntyy esimerkiksi raaka-aineiden sekä myytävien tavaroiden toimituksista ja noudoista. Lisäksi yritysten postiliikenne ja asiakkaiden kotiinkuljetukset lisäävät tarvetta kuljetuksille. (Dablanc, 2009.)

Nykyinen kuljetusinfrastruktuuri on maailmanlaajuisestikin tarkasteltuna suurten haasteiden edessä. Liikenneruuhkat, melu, ilmansaasteet ja liikenneonnettomuudet aiheuttavat merkittäviä taloudellisia sekä inhimillisiä kustannuksia yhteiskunnalle (Larsen ja Van Woensel, 2019). Globalisaation sekä kuljetusmarkkinoiden keskittymisen myötä kaupunkeihin tai niiden läheisyyteen syntyneet hubit palvelevat enenemissä määrin kaukaisia kuljetusliikkeitä ja loppuasiakkaita. Logistiikassa hubilla tarkoitetaan aluetta, jolla tapahtuu suhteellisesti huomattava määrä logistisia operaatioita. Se on siis eräänlainen logististen aktiviteettien keskittymä. (Shahparvari ym., 2020.) Tämä kehitys on johtanut siihen, että yhä harvemmin urbaanista rahdinkuljetuksesta saatavat hyödyt realisoituvat kovinkaan hyvin paikallisesti. (Lindholm ja Behrends, 2012.) Tässä on selkeä ristiriita sen kanssa, että näiden edellä mainittujen kaupunkeihin kohdistuvien negatiivisten vaikutusten määrä on edelleen kasvussa. (Larsen ja Van Woensel, 2019.)

Historiallisesti tarkasteltuna urbaaniin rahdinkuljetukseen ja sen kehittämiseen sekä suunnitteluun on keskitytty varsin vähän ottaen huomioon sen, kuinka paljon henkilöliikenteen kehittämiseen on

panostettu jo edeltävällä vuosisadalla. Tämä sanottuna, on trendi kuitenkin alkanut muuttua lyhyin harppauksin. Etsimäni kirjallisuuden perusteella kiinnostus aihetta kohtaan on selkeästi kasvanut tultaessa 1990-luvulta 2000-luvulle. Esimerkiksi hakemalla Google Scholarista hakusanalla *urban freight transport* on löytyvistä julkaisuista lähes kaikki 2000-luvulta, joista silmämääräisesti suuri enemmistö on julkaistu vuoden 2010 jälkeen. Myös julkisen vallan piirissä on ollut nähtävillä aktivoitumista urbaanin rahdinkuljetuksen ongelmien ratkaisemiseksi. Tämän takia lukuisat suuret kaupungit ovat alkaneet kiinnittämään entistä enemmän huomiota rahdinkuljetukseen omissa liikenne- ja kuljetusstrategioissaan. Eräänlaisina suunnannäyttäjinä ovat toimineet muun muassa Lontoo ja Pariisi, jotka ovat etunenässä alkaneet ajamaan muutosta urbaanin rahdinkuljettamisen kehittämiseksi. (Browne ym., 2007.)

Tätä kehitystä vauhdittaakseen Euroopan komissio on jo pidemmän aikaa kannustanut kaupunkeja luomaan kuljetusratkaisuja, jotka vastaisivat niin asukkaiden, kuin muidenkin sidosryhmien tarpeisiin. Esimerkiksi vuonna 2007 komissio julkaisi niin kutsutun Green Paper-dokumentin, jossa se kannusti EU-maiden viranomaisia kehittämään ja implementoimaan kestäviä urbaanin rahdinkuljetuksen suunnitelmia. (Euroopan komissio, 2007.) Sittenkin lukuisien eurooppalaisten kaupunkien päättäjät ja viranomaiset ovat ottaneet rahdinkuljetuksen paremmin huomioon omassa toiminnassaan. Tämä on näkynyt muun muassa komission aiemmin esittelemien *sustainable urban mobility planien* (SUMP:ien) laatimisten muodossa. (Euroopan komissio, 2013.) SUMP on strateginen suunnitelma, jolla pyritään täyttämään ihmisten ja yritysten liikkumistarpeet kaupungeissa ja niiden lähiympäristöissä paremman elämänlaadun varmistamiseksi (Euroopan komissio, 2024).

Urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyy monia sellaisia erityispiirteitä ja ilmiöitä, jotka vaikuttavat voimakkaasti sen taloudelliseen, ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN. Rahdinkuljetus on yksi merkittävimmistä urbaanien alueiden käyttäjistä, jonka vuoksi sen pitäisi olla keskeisessä roolissa urbaanien tilojen liikkuvuuden ja saavutettavuuden suunnittelussa. (Björger ja Ryghaug, 2022.) Tavaroiden ja ihmisten kuljettamisen malleihin kaupunkitilassa vaikuttavat erilaiset tekijät, kuten väestökehitys ja muutokset maankäytössä. Lisäksi kaupunkien logistiseen systeemiin vaikuttaa suuri joukko yksityisiä ja julkisia sidosryhmiä (Russo ym., 2016). Kyseinen systeemi sisältää julkiset viranomaiset, jotka edustavat valtion sekä kaupunkien virastoja. Tämän lisäksi systeemiin kuuluvat myös yksityiset sidosryhmät, joihin lukeutuvat esimerkiksi logistiikkayritykset ja loppuasiakkaat. (Björger ja Ryghaug, 2022.)

Systeemin kompleksisuutta lisää myös se tosiasia, että rahdinkuljetukseen ja logistisiin operaatioihin käytetään samaa infrastruktuuria henkilöliikenteen kanssa. Uudet toimitusketjuratkaisut ja kuluttajapohjaiset taloudet haastavat liikenteen toimivuutta, ympäristöä ja tieturvallisuutta. (Hesse, 2016.) Etenkin verkkokaupan tarpeisiin kehitetyt ratkaisut ovat muuttaneet last-mile-operaatioita merkittävästi. Last-mile-termillä viitataan toimitusprosessin viimeiseen osuuteen (*engl. leg*), jonka on huomattu olevan tyypillisesti kaikista kallein, tehottomin ja ympäristölle haitallisin osa toimitusketjussa. (Gevaers ym., 2011.) Kotiinkuljetusten kysyntä on noussut räjähdysmäisesti, mikä on synnyttänyt tarpeen keksiä uusia tapoja saada tuotteet toimitettua loppuasiakkaille. Tämän myötä esimerkiksi pakettiautomaattien käyttö on yleistynyt kaupungeissa. Samalla kotiinkuljetukset synnyttävät suuria paluuvirtoja tuotepalautusten muodossa, joka vaikeuttaa entisestään logistiikkayritysten mahdollisuuksia optimoida omia toimintojaan kaupungeissa. Paluuvirrat ovat omiaan aiheuttamaan haasteita ajosuunnitteluun, joka näkyy muun muassa ylimääräisinä ajokilometreinä ja heikkoina täyttöasteina. (Bjørgen ja Ryghaug, 2022.)

Nämä muutokset toimitusketjuissa ovat johtaneet kuljetusten kysynnän nousuun kaupungeissa, joka näkyy urbaanin rahdinkuljetuksen määrien kasvuna. (Larsen ja Van Woensel, 2019, Bjørgen ja Ryghaug, 2022.) Rahdinkuljetuksen on arvioitu käsittävän noin 20–30 % kaupunkien tieliikenteestä, mutta tieliikenteen ilmansaasteista sen on arvioitu tuottavan pahimmillaan jopa 50 % (Dablanc, 2007). Tämän kasvutrendin on arvioitu jatkuvan tulevaisuudessa, joten vaikuttavia ratkaisuja kaivataan kipeästi. Kuljetusten kysynnän nousua selittää pitkälti verkkokaupan voimakas kasvu. Esimerkiksi Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa verkkokaupan kasvu on ollut vuositasolla huimaa, jopa noin 12–14 %. (Larsen ja Van Woensel, 2019.) Tämä tarjoaa kuljetusalan toimijoille hyvän kasvumahdollisuuden, mutta samalla tarpeen jatkuvaan toiminnan kehittämiseen.

3 Urbaanin rahdinkuljetuksen haasteet

Nykyisellään urbaaniin rahdinkuljetukseen kohdistuu lukuisia haasteita ja ongelmia, joiden ratkaisemiseksi kaivataan nopeita toimia. Tähän päivään asti paikalliset päätöksentekijät ja viranomaiset ovat pitkälti sivuuttaneet rahdin ja logistiikan kaupunkiensa suunnittelussa. (Bjørgen ym., 2019.) Olisikin äärimmäisen tärkeää, että näihin asioihin kiinnitettäisiin jatkossa entistä enemmän huomiota. Rahdinkuljetuksen sujuvoittamiseksi kaupungeissa tarvitaan akuutisti lisää sitä tukevaa tietoa sekä poliittisia päätöksiä. (Bjørgen ym., 2019, Lindholm ja Behrends, 2012.)

Urbaanin rahdinkuljetuksen vaikutukset eivät kohdistu ainoastaan alueensa julkisiin ja yksityisiin sidosryhmiin, vaan lisäksi myös asukkaisiin, jotka käyttävät arjessaan samoja tiloja sekä palveluita. Siksi siihen pitäisikin suhtautua tärkeänä julkisen suunnittelun osana, jolla voidaan saavuttaa huomattavia vaikutuksia kaupunkien elinvoimaisuuden parantamiseksi. (Bjørgen ym., 2019.) Historiallisesti tarkasteltuna poliittiset päätöksentekijät ja viranomaiset ovat tyypillisesti pyrkineet vähentämään urbaanin rahdinkuljetuksen negatiivisia vaikutuksia sääntelyn kautta. Esimerkiksi rajoitukset ajoneuvojen kokoon ja painoon, toiminta-aikoihin ja -alueisiin ovat olleet tavanomaisia keinoja hallita rahdinkuljetuksen vaikutuksia. (Bjørgen ja Ryghaug, 2022.)

Urbaania rahdinkuljetusta koskeva sääntely tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa etenkin Euroopassa. Euroopan unionin tavoite CO₂-päästöttömästä kaupunkilogistiikasta vuoteen 2030 mennessä pakottaa unionia ja sen jäsenmaita toimimaan kestävämmän rahdinkuljetuksen saavuttamiseksi. (Euroopan komissio, 2013.) Muuallakin maailmassa on alettu pikkuhiljaa heräämään muutoksen tarpeellisuuteen ja esimerkiksi myös Yhdysvalloissa on otettu askelia puhtaamman rahdinkuljetuksen mahdollistamiseksi. Kuljetussektori on Yhdysvaltojen talouden merkittävin saastuttaja ja vuonna 2019 peräti 33 % maan kasvihuonepäästöistä syntyi kuljettamisesta. Tilasto ei ota edes huomioon kaikkia kuljettamisen välillisiä päästöjä, jotka johtuvat esimerkiksi tieverkon ja kuljetusinfrastruktuurin rakentamisesta. (U.S. DOT, 2023.) Yhdysvaltain liikenneministeriö (*engl. The United States Department of Transportation*) on sitoutunut toimillaan presidentti Bidenin hallinnon käynnistämään ilmasto-ohjelmaan, jolla pyritään 50–52 % päästövähennyksiin vuoteen 2030 mennessä. Ministeriön mukaan kuljetussektorilla tulee olla suuri rooli ilmastonmuutoksen torjumiseksi. (U.S. DOT, 2023.)

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan laaja-alaisesti erilaisia urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyviä haasteita. Merkittävimmistä ja ajankohtaisimmista haasteista pyritään muodostamaan ymmärrettävä ja kattava kuvaus jäsentämällä ne eri otsikoiden alle. Lisäksi haasteiden mahdollisia vaikutuksia

analysoidaan tutkielmassa erityisesti kestävän kehityksen konsepteja hyödyntämällä. Monet urbaaniin rahtiin liittyvät ongelmat ovat luonteeltaan sellaisia, että ne vaikuttavat olennaisesti useampaan suorituskyvyn ulottuvuuteen, kuten talouteen ja ekologisuuteen yhtä aikaa. (Bosona, 2020.)

Klassisen määritelmän mukaan kestävä kehitys huomioi nykyhetken tarpeet siten, että se ei estä tulevaisuuden sukupolvia täyttämästä omia tarpeitansa (WCED, 1987). Kestävä kehitys jaetaan tyypillisesti kolmeen osa-alueeseen, jolloin kestävyyttä voidaan tarkastella erikseen talouden, ekologisuuden tai sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta. Usein kestävä kehitys esitetäänkin pyrkimyksenä edistää kaikkia kolmea sektoria tasapainossa välttämällä niiden keskinäisiä konflikteja. Kyseisen mallin ongelmaksi on muodostunut rajallinen ymmärrys eri osa-alueiden vuorovaikutussuhteista, sillä malli kannustaa keskittymään vain yhteen sektoriin kerrallaan. Tämä voi johtaa harhaanjohtavaan ajatukseen sektoreiden autonomiasta, jonka takia eri sektoreihin saatetaan suhtautua epätasa-arvoisesti. (Giddings ym., 2002.) Heidän mukaansa varsinkin poliittisessa päätöksenteossa talouden tarpeet ohittavat ympäristöhuolet sekä sosiaaliset tarpeet lähes poikkeuksetta.

Tämä epätasa-arvoinen suhtautuminen kestävän kehityksen ulottuvuuksiin näkyy myös urbaania rahtia käsittelevässä kirjallisuudessa. Bosonan (2020) mukaan monet urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyvät tutkimukset keskittyvät kyllä taloudellisuuteen ja ekologisuuteen, mutta sosiaalisen kestävyuden osuus jää usein täysin huomiotta. Hän ehdottaakin, että jatkossa urbaanin rahdin kompleksisia haasteita tulisi tarkastella ennen kaikkea kokonaisvaltaisesti kestävän kehityksen huomioivalla otteella.

3.1 Ympäristölliset haasteet

Urbaanin rahdinkuljetuksen aiheuttamat ympäristövaikutukset voivat olla paikoin hyvinkin merkittäviä. Rahdinkuljetuksesta syntyy huomattavasti ilmansaasteita ja melua, jonka lisäksi toiminta kuluttaa kaupunkien tiestöjä. (Euroopan komissio, 2013.) Rahdinkuljetuksesta aiheutuu myös maaperän tärinää, jolla on negatiivisia vaikutuksia ympäristöön ja sen asukkaisiin (Lindholm, 2013, Browne ym., 2007). Huomionarvoista on se, että näiden urbaanin rahdin kestävämmien ympäristövaikutusten on nähty kasvavan suhteessa matkustajaliikenteen vaikutuksiin (Lindholm ja Behrends, 2012). Tämä on tietysti suuri ongelma, jonka ratkaisemiseksi tarvitaan kunnianhimoisia toimia kaikilta urbaaniin rahdinkuljetukseen vaikuttavilta tahoilta.

Noin 23 % EU-jäsenmaiden liikenteestä aiheutuvista päästöistä syntyy urbaaneilla alueilla (Euroopan unioni, 2024). Dablancin (2007) mukaan 16–50 % kuljettamisen aiheuttamista ilmansaasteista eurooppalaisissa kaupungeissa johtuu rahdinkuljetuksesta ja osuus riippuu tarkasteltavasta saastuksesta. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöistä jopa 40 % ja muista päästöistä 70 % syntyy urbaanista liikenteestä (Euroopan komissio, 2007, Euroopan komissio, 2013). Lindholmin (2013) mukaan urbaanien alueiden kohdalla olisikin järkevää keskittyä CO₂-päästöjen lisäksi myös muihin päästötyyppeihin, kuten typpioksideihin (NO_x) ja ilmanlaatua heikentäviin pienhiukkasiin. Nämä päästöt ovat hyvin paikallisia, joten niiden negatiiviset vaikutukset kohdistuvat erityisesti kaupunkien ympäristöihin sekä niiden asukkaisiin ja käyttäjiin.

Typin oksidit aiheuttavat monenlaisia oireita ihmisille. Korkeat typpioksidikeskittymät voivat esimerkiksi pidentää ja pahentaa infektioita sekä aiheuttaa vakavia keuhkovaurioita. Useat tutkimukset ovat osoittaneet yhteyden typpioksideille altistumisen ja sairaalahoitoon hakeutumisen välillä, joissa potilailla on havaittu hengityselinoireita ja kuolleisuutta. (de Vries, 2021.) Lisäksi varsin hiljattain on huomattu, että typpioksidipäästöt aiheuttavat vuosittain arviolta 4 miljoonaa uutta astmatapausta lapsilla, mikä vastaa noin 13 % globaalista ilmaantuvuudesta (P. Achakulwisut ym., 2019). Liian korkeat typpioksidipitoisuudet vaikuttavat negatiivisesti myös ympäröivään luontoon heikentämällä luonnonkasvien sekä viljelykasvien elinvoimaisuutta ja kasvumahdollisuuksia. Ylipäätänsä typen liiallinen määrä maaperässä heikentää luonnon biodiversiteettiä merkittävästi. (de Vries, 2021.)

Lisäksi liikenteen typpioksidipäästöillä on keskeinen rooli toisen haitallisen ilmansaasteen, eli otsonin muodostumisessa. Liiallinen altistuminen otsonille on suuri terveysriski, sillä lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet päivittäisten altistumisten kasvattavan kuolleisuuden ja hengityselinsairauksien esiintyvyyttä väestössä. (WHO, 2008.) Korkeaotsonisilla alueilla asuvilla lapsilla on 40 % suurempi todennäköisyys saada astma verrattuna lapsiin, jotka asuvat alueilla ilman suuria otsonipäästöjä. EU-jäsenmaissa tapahtuviin ennenaikaisiin kuolemiin arviolta 13 600 tapauksessa vuodessa kuolemaan liittyy sallitun päivittäisen otsonialtistuksen ylittyminen. (de Vries, 2021.) Otsonilla on negatiivisia vaikutuksia myös ympäristöön, mikä ilmenee esimerkiksi sadonmenetyksinä, puukatona ja kasvien heikentyneenä siementuotantona. Tämä uhkaa maailmanlaajuisesti elintarvikehuoltoa ja aiheuttaa taloudellisia tappioita maanviljelijöille. (Emberson, 2020.)

Kaupunkialueiden liikenne ja sen osana urbaani rahdinkuljetus päästävät ilmaan suuren määrän pienhiukkasia, joilla on haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. Etenkin halkaisijaltaan alle 2,5

mikrometriä olevien hiukkasten on huomattu aiheuttavan hengitys- ja verenkiertoelimistön sairauksia (Kelly ja Fussell, 2020). On myöskin arvioitu, että ihmisten altistumista alle 2,5 mikrometrin pienhiukkasille voitaisiin vähentää globaalisti jopa 75 % verrattuna vuoteen 2015 pelkästään energiantuotantoa ja maanviljelyä koskevan sääntelyn avulla. Tällä voitaisiin merkittävästi vähentää pienhiukkasaltistukseen liittyviä ennenaikaisia kuolemantapauksia. (de Vries, 2021.)

Tieliikenteestä syntyvät pienhiukaspäästöt voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään syntymekanismiensa perusteella. Osa pienhiukaspäästöistä aiheutuu pakokaasuista ja loput jotenkin muuten, kuten renkaiden sekä teiden kulumisesta. Englanninkielisessä alan kirjallisuudessa näistä käytetään usein termejä *exhaust emissions* ja *non-exhaust emissions*. (Timmers ja Achten, 2016.) Pienhiukkasista puhuttaessa *non-exhaust*- tyyppisillä päästöillä on selkeästi pakokaasuja suurempi rooli, sillä esimerkiksi Tanskassa ja Norjassa yli 50 % maiden mikromuovipäästöistä on arvioitu syntyvän renkaiden kulumisesta (Baensch-Baltruschat ym., 2020). Lisäksi Timmersin ja Achtenin (2016) mukaan *non-exhaust*- päästöt ovat vastuussa 90 % liikenteen PM₁₀ ja 85 % PM_{2,5}-päästöistä.

Kuten todettu, monet kaupunkialueet kärsivät myös liiallisesta melusta ja tärinästä, jotka vaikuttavat etenkin ihmisten hyvinvointiin. Tämä ei ole ongelmana suinkaan merkityksetön, sillä negatiivisten terveysvaikutuksiensa vuoksi melusaaste on luokiteltu kahden pahimman sairauksia aiheuttavan ympäristötekijän joukkoon yhdessä ilmansaasteiden kanssa (Hänninen ym., 2014). Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että liiallinen melualtistus nostaa verenpainetta ja stressihormonitasoja. Melu voi vaikuttaa suoraan myös unen laatuun, mikä pahentaa oireita entisestään. (Münzel ym., 2021.) Euroopan ympäristökeskuksen (2024) mukaan tieliikenne on selkeästi suurin melusaasteen aiheuttaja.

Ympäristön näkökulmasta urbaanin yhdinkuljetuksen suurimmat haasteet liittyvät kuitenkin ennen muuta kestävämmän suurin hiilidioksidipäästöihin. Hiilidioksidi eli CO₂ on kasvihuonekaasu, jonka määrän lisääntyminen ilmakehässä johtaa kasvihuoneilmiön voimistumiseen.

Kasvihuoneilmiö vaikuttaa infrapunaenergian vapautumiseen ulos Maan ilmakehästä takaisin avaruuteen, joten mitä voimakkaampi ilmiö on, sitä vähemmän energiaa pääsee vapautumaan. Toisin sanoen hiilidioksidin lisääntyminen ilmakehässä johtaa ilmaston lämpenemiseen. (Schneider, 1989.)

Mietittäessä ratkaisuja näihin urbaanin yhdinkuljetuksen ympäristöhaasteisiin on hyvä huomata, että CO₂-päästöjen madaltamiseen johtavat toimet vähentävät jo itsessään muita edellä mainittuja

haitallisia päästöjä (Euroopan komissio, 2013). Tämän vuoksi hiilidioksidipäästöt toimivat varsin hyvin rahdinkuljetuksen ympäristövaikutuksien mittarina, vaikka toiminnasta aiheutuu myös muita päästöjä. Osa pienhiukkaspäästöistä ovat kuitenkin sellaisia, ettei CO₂-päästöjen vähentämisellä ole välttämättä kovinkaan suoraa yhteyttä niiden vähenemiseen. Esimerkiksi renkaiden kulumisesta johtuvien päästöjen kohdalla tilanne on usein tällainen, sillä vähentämällä hiilidioksidipäästöjä vaihtamalla fossiilista polttoainetta käyttävästä ajoneuvosta sähköiseen ei välttämättä vähennetä renkaiden kulumista – jopa päinvastoin (Timmers ja Achten, 2016).

3.2 Liikenteen ja infrastruktuurin haasteet

Kaupunkien liikenneinfrastruktuuri on monin paikoin kovan paineen alla, mikä näkyy esimerkiksi tiettyjen tieosuuksien ja alueiden ruuhkautumisina. Ruuhkien onkin nähty olevan yksi merkittävimmistä urbaanin rahdinkuljetuksen haasteista (Bjørgen ja Ryghaug, 2022, Larsen ja Van Woensel, 2019, Euroopan komissio 2007). Ruuhkat aiheuttavat ylimääräisiä viivästyksiä ja siten sotkevat lastaus- ja purkuaikatauluja. Tämä taas on omiaan heikentämään toiminnan tehokkuutta, mikä voi nostaa huomattavasti urbaanin rahdinkuljetuksen suoria- ja epäsuoria kustannuksia. (Euroopan komissio, 2013.) Urbaanin liikkuvuuden tehottomuus sekä ruuhkat maksavat EU:lle arviolta noin 110 miljardia euroa vuodessa, mikä on yli 1 % EU:n bruttokansantuotteesta. (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2019.)

Ruuhkien negatiiviset vaikutukset eivät rajoitu ainoastaan talouteen, vaan ne aiheuttavat ongelmia myös ympäristölle sekä kaupunkien asukkaille ja alueiden muille käyttäjille. Ruuhkat vaikuttavat merkittävästi kaupunkien asukkaiden ja käyttäjien viihtyvyyteen ja elämisen sujuvuuteen. Larsenin ja Van Woenselin (2019) mukaan kuluttajat ovat kiinnostuneita asumaan ja oleskelemaan kaupungeissa, joissa liikkuminen on vaivatonta ja mukavaa. Tämä harvemmin kuitenkaan toteutuu kovinkaan hyvin nykypäivän suurkaupungeissa, joissa ihmiset joutuvat uhraamaan viikoittain jopa useita tunteja ruuhkissa seisomiseen. Esimerkiksi Bostonissa keskimääräinen autoilija tai motoristi menetti vuonna 2018 peräti 164 tuntia liikeneruuhkien takia. Washingtonissa tämä vastaava luku oli 155 ja Chicagossa 138. (WEF, 2019.) Tämä on melko varmasti sellainen ongelma, jonka korjaamiseksi suurkaupunkien asukkaat olisivat valmiita jopa maksamaan.

Varsinaisen tiekapasiteetin lisäksi kaupunkien liikenneinfrastruktuureissa on usein muitakin puutteita, jotka vaikeuttavat urbaania rahdinkuljetusta. Monille kaupungeille tunnuksenomaiset kapeat kadut ja olemattomat parkkitilat hankaloittavat tiettyjen alueiden tai määränpäiden saavuttamista sekä purku- ja lastausoperaatioita (Lindholm, 2013, Dablanc, 2007). Kaupunkitilan kehittämiseksi tarvitaankin nykyisen tie- ja rahti-infrastruktuurin laajentamista, jotta voitaisiin

vastata paremmin urbaanin rahdinkuljetuksen kasvavaan kysyntään (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023).

Kaupunkien riittämättömät parkkitilat johtavat rahtia kuljettaville ajoneuvoille tarkoitettujen lastauspaikkojen väärinkäyttöön, mikä vaikeuttaa urbaanin rahdinkuljetuksen operaatioita entisestään (Dablanc, 2007, Browne ym., 2007). Vuonna 2006 Pariisissa tehdyn tutkimuksen mukaan kaupungin lastaus- ja purkupaikat olivat laittomasti parkkeerausten ajoneuvojen valtaamina peräti 47 % ajasta, tyhjinä 47 % ajasta ja tarkoituksenmukaisessa käytössä ainoastaan loput 6 % ajasta. Sitten kaupunki on tehnyt toimia ongelmien kitkemiseksi muun muassa lisäämällä paikkojen valvontaa ja asettamalla 30 minuutin aikarajan lastauspaikkojen käytölle. Lisäksi rahdinkuljetuksen tueksi varattujen lastauspaikkojen määrää on lisätty merkittävästi. (Browne ym., 2007.)

Aiemman kirjallisuuden perusteella parkkipaikkojen puutteesta on muodostunut merkittävä ongelma varsinkin isommissa kaupungeissa, sillä se lisää ruuhkia, laitonta parkkeerausta ja heikentää saavutettavuutta. Uraanin rahdinkuljetuksen parkkeeraustapoja ja -tarpeita olisi syytä ymmärtää paremmin, jotta voitaisiin vähentää liikenteen ruuhkaantumista ja toimeenpanna tehokkaampaa parkkivalvontaa. (Yu ym., 2024.) Lastauspaikkojen laittoman parkkeeraamisen takia kaupungit ovat joutuneet lisäämään niiden valvontaa. Esimerkiksi Barcelonassa kaupunki on onnistunut aiemmin vähentämään laitonta parkkeerausta valvomalla 5000 lastauspaikkaansa 40 hengen moottoripyörillä liikkuvalla tarkastajajoukolla (Dablanc, 2007).

3.3 Taloudelliset ja toiminnalliset haasteet

Urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyy myös taloudellisia ja toiminnallisia haasteita, jotka vaikuttavat toiminnan kannattavuuteen sekä operatiiviseen tehokkuuteen. Kaupunkialueilla tapahtuvat toimitukset ovat tyypillisesti verrattain kalliita ja monimutkaisia (Bosona, 2020). Kuljetusketjun viimeisen osuuden (*engl. last mile*) on huomattu olevan kaikista kallein osuus sen tehottomuuden takia (Lindholm, 2013). Tehottomuutta ja kustannuksien nousua aiheuttavat esimerkiksi epäonnistuneet ensimmäiset toimitukset, joiden takia toimituksia joudutaan yrittämään uudestaan. Kotiinkuljetuksissa on usein vaatimus vastaanottajan läsnäolosta, joten tavoittamattomissa olevat asiakkaat ovat kuljetusliikkeille yleinen riesa. (Bosona, 2020.)

Ylipäättänsä kulutustottumusten muutokset ja verkkokaupan yleistymisen ovat tehneet urbaanista rahdinkuljetuksesta entistä hankalampaa sen harjoittajille. Nykyisessä hyvin kuluttajavetoisessa verkkokaupassa asiakkaat odottavat entistä korkeampaa palvelutasoa ja nopeampia toimitusaikoja.

Toimitusaikojen kestolla sekä ilmaisilla toimituksilla kilpailu on pakottanut yritykset parantamaan tehokkuuttaan jatkuvasti, koska verkkokaupassa on jo valmiiksi matalat voittomarginaalit. (Frederick ym., 2018, Bosona, 2020.) Täyttääkseen kuljetusasiakkaidensa uudistuneet tarpeet, ovat monet kuljetusyrietykset päätyneet investoimaan erilaisiin urbaanien alueiden toimituksia helpottaviin järjestelmiin, kuten automatisoituihin jakelu- ja noutokeskuksiin (Frederick ym., 2018).

Urbaanin rahdinkuljetuksen tehokkuutta ja siten myös taloudellista puolta haastavat lisäksi kuljetussuunnittelun kannalta epäedulliset materiaalivirrat. Urbaaneille alueille toimitetaan paljon tavaraa, mutta samalla kysyntä tavarankuljetukselle kaupungeista poispäin on huomattavasti matalampi. Etenkin tavanomaisille jakeluautoille löytyy hyvin vähän tarkoituksenmukaista paluulastia urbaaneilta alueilta ulos. (Lindholm, 2013.) Kuljetussuunnittelua vaikeuttavat myös lyhyet toimitusikkunat ja pienten tilausten suuri määrä, jotka liittyvät verkkokaupan tarpeisiin. Pienet lähetyskoot sekä muutenkin laajalle pirstaloituneet toimitusosoitteet johtavat heikompiin täyttöasteisiin ja kasvaviin hiilidioksidipäästöihin. (Bosona, 2020, Bjørgen ja Ryghaug, 2022.) Kuljetussuunnittelun haasteellisuutta lisäävät niin ikään rajoitukset kuljetuskapasiteetin, kuskien ajotuntien ja ajoneuvojen akunkeston suhteen (Bosona, 2020).

Vastauksena verkkokaupan tarpeisiin on muodostunut uusi valitettava ilmiö, mikä lisää entisestään rahdinkuljetusta ja sen päästöjä. Yhä useampi verkkokaupan loppuasiakas saa tilaamansa tuotteet useammassa erässä toimitettuna. Tämä johtuu monesti siitä, että asiakastilauksen tuotteet joudutaan toimittamaan eri varastoilta pyrkien samalla minimaalisiin toimitusaikoihin. (Larsen ja Van Woensel, 2019, Zhang ym., 2019.) Lisäksi yhdelle asiakkaalle saatetaan toimittaa useampia lähetyksiä hyvin lyhyen ajan sisään, vaikka kaikki tilaukset olisi tehty samasta verkkokaupasta ja näin ollen tilausten konsolidointi yhdeksi lähetykseksi olisi teoriassa mahdollista. Tätä tapahtuu jatkuvasti, kun kuluttajat tilaavat samasta verkkokaupasta useampia tilauksia erikseen. (Zhang ym., 2019.)

Tilausten tehokasta yhdistämistä vaikeuttavat hajautettujen varastojen lisäksi verkkokauppojen prosessien nopeutuminen. Nykyään konsolidoinnille ei jätetä juuri aikaa, koska aika tilauksesta toimituksen lähtöön varastolta on niin lyhyt. Esimerkiksi Amazonilla erilliset tilaukset tulisi tehdä 30 minuutin konsolidoinnille varatun aikaikkunan sisällä, jotta ne toimitettaisiin jo heti varastolta yhdessä. (Zhang ym., 2019.) Larsenin ja Van Woenselin (2019) mukaan ilmiön syntyyn on vaikuttanut osaltaan suhteellisen matalat rahtihinnat, jonka vuoksi ylimääräisestä kuljettamisesta aiheutuvien lisäkustannusten on ajateltu olevan pienempi haitta verrattuna mahdolliseen asiakastyytyväisyyden heikkenemiseen pidempien toimitusaikojen takia.

Frederick ym. (2018) mukaan pitkällä aikavälillä tarkasteltuna kiristyvällä hintakilpailulla ja verkkokaupan toimitusten kasvavalla kompleksisuudella voi olla kestävämpiä vaikutuksia last mile-logistiikan kannattavuuteen ja toimintaan. Heidän mukaansa ongelmia pahentaa vähittäiskauppojen jatkuvat vaikeudet löytää oikea tasapaino hinnoittelun, asiakkaiden odotusten ja palvelutason välillä. Logistiikkayritykset ovat tässä kehityksessä kovan paineen alla, koska asiakkaiden vaatimukset muuttuvat kovaa vauhtia entistä vaikeammiksi saavuttaa. Jos urbaanin rahdinkuljetuksen kustannukset halutaan pitää tulevaisuudessa kurissa, täytyy kuljetusyritysten löytää uusia ratkaisuja tehostaa toimintaansa. (Zhang ym., 2019, Bosona, 2020.)

3.4 Teknologiset haasteet

Urbaanin rahdinkuljetuksen kehittämiseen ei ole toistaiseksi hyödynnetty kaikkia saatavilla olevia teknologioita parhaalla mahdollisella tavalla. Itseasiassa uusien teknologioiden ja innovaatioiden käyttöä urbaanin rahdin kestävyuden parantamiseen on tutkittu vasta varsin vähän. (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023, He ja Haasis, 2019.) Tämä on kuitenkin ollut pikkuhiljaa muuttumassa, sillä esimerkiksi urbaanin rahdinkuljetuksen kannalta hyödyllisiä jakeluinnovaatioita käsittelevä kirjallisuus on selkeästi yleistynyt vuodesta 2016 alkaen (He ja Haasis, 2019).

Uusien teknologioiden käyttöönottoa vauhdittaakseen julkiset organisaatiot ovat tehneet erilaisia aloitteita. Näissä pyrkimyksissä Euroopan komissio käynnisti vuonna 2013 *FREVUE - Freight Electric Vehicles in Urban Europe* – nimeä kantavan projektin. Projektin puitteissa logistiikan alan toimijat pääsivät testaamaan sähköisiä ajoneuvoja omien päivittäisten operaatioidensa hoitamisessa kahdeksassa Euroopan suurkaupungissa (Euroopan komissio, 2013, Quak ym., 2017.) Sähköisten ajoneuvojen käytöstä urbaanin rahdinkuljetuksen kontekstissa saatiin projektin aikana hyvin kattavasti dataa ja käytännön kokemuksia. Projektin jälkeen teetetty loppuraportti osoittaa, että fossiilisia polttoaineita käyttävät ajoneuvot voitaisiin korvata sähköisillä ajoneuvoilla kaupunkilogistiikassa ilman, että se vaikuttaisi negatiivisesti kuljetusoperaatioiden toimintaan. Samalla raportista kuitenkin ilmenee, että polttomoottoriajoneuvojen korvaaminen suurimmaksi osaksi sähköisillä ajoneuvoilla ei olisi mahdollista ainakaan vielä taloudellisten syiden vuoksi. (Quak ym., 2017.)

Teknologioita, joilla voisivat parantaa urbaanin rahdinkuljetuksen taloudellista, ekologista ja sosiaalista kestävyyttä, on monia. Useat näistä teknologioista ovat olleet käytössä ja näin ollen mahdollisia hyödynnettäviksi jo pidemmän aikaa, mutta siitä huolimatta niiden käyttö on ollut toistaiseksi vähäistä. (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023, Bosona 2020, He ja Haasis, 2019.) Sähköiset ajoneuvot, rahdinkuljetukseen tarkoitettut pyörät ja lähettidronet sekä robotit ovat

esimerkkejä tällaisista teknologioista, joilla voitaisiin siirtyä kohti ympäristöystävällisempiä kuljetusmuotoja (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023).

Aikaisemman kirjallisuuden perusteella näiden teknologioiden toistaiseksi vähäiseen implementointiin ovat vaikuttaneet monet eri tekijät. Sähköisten ajoneuvojen kohdalla käyttöönottoa ovat hidastaneet ennen kaikkea edelleen polttomoottoriajoneuvoihin verrattuna korkeat kustannukset sekä infrastruktuuriin liittyvät rajoitteet kuten puutteelliset latausverkot. Myös teknisillä ongelmilla kuten akkukapasiteetin rajallisuudella on ollut osansa asiassa. (Quak ym., 2017, Bosona, 2020.) Erialaisten robottien ja lähettidroonien vähäinen suosio on selitetty niin ikään korkeilla kustannuksilla, mutta huolenaiheina ovat olleet lisäksi ulkoiset vaikuttimet, joiksi on tunnistettu muun muassa vaikeat sääolosuhteet sekä ilkeä ilmastointi (He ja Haasis, 2019).

Monien potentiaalisten teknologioiden laajamittainen implementointi ja hyödyntäminen urbaanissa logistiikassa muuttuu onneksi päivä päivältä houkuttelevammaksi alan toimijoiden näkökulmasta. Myös sähköiset ajoneuvot kuuluvat ehdottomasti tähän kategoriaan, ja FREVUE:n kaltaiset projektit ja tutkimushankkeet ovat osaltaan edistäneet tätä kehitystä. (Lindholm, 2013, Bosona, 2020.) Muuttuneiden asenteiden sekä paremmin toimivien uusien teknologiaratkaisujen ansiosta konkreettisiakin toimia on alkanut jo näkymään. Useat logistiikkayritykset kuten DHL ovat ruvenneet käyttämään viime vuosina esimerkiksi sähköisiä ajoneuvoja ja polkupyöriä rahdinkuljetukseen. (He ja Haasis, 2019.)

He ja Haasis (2019) peräänkuuluttavat yrityksiltä aktiivista työskentelyä uusien teknologioiden implementoinnin edistämiseksi logistiikan alalla. Samalla he toivovat akateemikoilta lisää tutkimusta, jonka avulla voitaisiin arvioida ja ymmärtää näihin teknologioihin liittyviä mahdollisuuksia ja riskejä. Lisääntyneen tutkimustiedon pohjalta voisi muodostaa tehokkaampia ja kestävämpiä käytänteitä yritysten ja julkisen sektorin toimijoiden tueksi. Golinska-Dawson ja Sethanan (2023) mukaan tutkimuksessa tulisi keskittyä ennen muuta uusien kustannusmallien muodostamiseen, jotta innovatiivisten teknologioiden mahdollisista käyttökustannuksista voitaisiin tehdä jatkossa realistisempia arvioita. Näin esimerkiksi sähkörekkojen ja tavanomaisten dieselrekkojen todellisia kustannuksia pystyttäisiin vertaamaan keskenään entistä tarkemmin. Lisääntynyt tietämys ja paremmin todellisuutta vastaavat mallinnukset eri ratkaisujen hyödyistä ja haitoista voisivat lopulta kannustaa urbaanin logistiikan toimijoita implementoimaan uusia teknologioita osaksi toimintaansa (Bjørger ja Ryghaug, 2022).

3.5 Sidosryhmien välisen yhteistyön ja sääntelyn haasteet

Useat alan tutkijat ovat esittäneet huolensa siitä, että julkisten ja yksityisten sidosryhmien yhteistyö urbaanin rahdinkuljetuksen kehittämiseksi on aivan liian vähäistä (Lindholm, 2013, Bjørgen ja Ryghaug, 2022). Lindholmin ja Behrendsin (2012) mukaan yhteistyön puute johtuu osittain siitä, että paikallisista kaupunkien virastoista ja poliittisista elimistä ei löydy tarpeeksi logistiikan ymmärrystä ja osaamista. Tämän vuoksi rahdinkuljetus on jäänyt hyvin vähälle huomiolle myös poliittisen päätöksenteon yhteydessä, mikä näkyy toiminnan kannalta epäedullisena sääntelynä ja päätöksinä. Ylipäättänsä logistiikan osaamista pitäisi pyrkiä lisäämään julkishallinnon kaikilla eri tasoilla, sillä tällä hetkellä päättäjien fokus ja julkisen sektorin resurssit ovat suunnattu ylikorostetusti matkustajaliikenteeseen. (Bjørgen ym., 2019.)

Joissain Euroopan kaupungeissa tilanne on ollut hieman parempi jo pidemmän aikaa, sillä esimerkiksi Lontoo ja Pariisi ovat alkaneet keskittyä rahdinkuljetukseen osana kuljetusstrategioitaan jo 2000-luvun alussa (Browne ym., 2007). Lontoossa rahdinkuljetuksen ja logistiikan ammattilaisilla on ollut jo pitkään hyödyllinen keskusteluyhteys kaupungin viranomaisten kanssa. Tahot ovat kokoontuneet säännöllisesti saman pöydän ääreen keskustelemaan Lontoon rahdinkuljetuksesta ja sen kehittämisestä. Keskustelut ovat usein edenneet oikeiksi neuvotteluiksi, joissa on tehty alueen rahdinkuljetukseen vaikuttavia päätöksiä. (Dablanc, 2007.)

Myös Euroopan komissio on vuonna 2013 julkaisemassaan työskentelydokumentissa peräänkuuluttanut urbaanin logistiikan sidosryhmiltä tiiviimpää yhteistyötä (Euroopan komissio, 2013). Komission mukaan suurin osa urbaaneista logistisista operaatioista tehdään yksityisten entiteettien toimesta säännöllisesti samoissa kaupungeissa ilman merkittävää dialogia kaupunkien viranomaisten kanssa. Lisäksi raportin mukaan logistiikkayritykset ovat osoittaneet mielenkiintoa julkisten sidosryhmien kanssa tehtävää yhteistyötä kohtaan, koska tehottomat operaatiot aiheuttavat turhia kustannuksia. Tämä ei ole ollut suinkaan komission ensimmäinen kannanotto aiheen tiimoilta, vaan jo 2007 julkaistussa Green Paper-raportissa vedotaan satsaamaan sidosryhmien yhteistyöhön (Euroopan komissio, 2007).

Vuonna 2013 julkaistussa työskentelydokumentissa komissio nostaa esille kolme keskeistä urbaanin logistiikan haastetta, jotka liittyvät ennen kaikkea julkisten sidosryhmien panokseen. Nimetyt haasteet ovat: 1. keskittymisen ja strategian puute, ainoastaan harvoilla kaupungeilla on joku urbaanista logistiikasta vastuullinen henkilö, 2. logistiikan toimitusketjujen osallisten puutteellinen yhteistyö, kaupunkien viranomaisten ja yksityisten logistiikkayritysten välinen dialogi tehotonta ja 3. urbaanin logistiikan datan ja tiedon puute. (Euroopan komissio, 2013.) Nämä puutteet tekevät

operaatioiden tehokkuuden parantamisesta ja pitkän aikavälin suunnittelusta hyvin vaikeaa. Kaupunkien tasolta tarvitaan systemaattisempi ja kattavampi lähestymistapa urbaanin logistiikan suunnittelun kehittämiseksi ja edellä mainittujen ongelmien ratkaisemiseksi. (Bjørgen ym., 2019.)

Bjørgenin ja Ryghaugin (2022) mukaan rahdinkuljetuksen ja sen sidosryhmien aikainen integraatio osaksi kaupunkisuunnittelun prosessia on kriittistä kestävämpien ja tehokkaampien kuljetusjärjestelmien kehittämiseksi. Ilman sidosryhmien yhteistyötä kaupunkisuunnittelijoiden ja päätöksentekijöiden on mahdotonta hahmottaa ja arvioida eri ratkaisujen mahdollisia vaikutuksia rahdinkuljetukseen riittävällä tarkkuudella. Yhteistyö ja ymmärrys eri sidosryhmien välillä mahdollistavat pitkäaikaisten ratkaisujen implementoinnin urbaanin logistiikan ongelmien ratkaisemiseksi (Euroopan komissio, 2013).

Sidosryhmien heikko yhteistyö voi johtaa vaikeuksiin niin ikään uusien käytäntöjen implementoinnissa. On huomattu, että tiiviimpi keskusteluyhteys logistiikan yksityisten toimijoiden ja julkishallinnon välillä vahvistaa rahdinkuljetusta koskevan regulaation hyväksyntää yksityisten tahojen keskuudessa. (Bjørgen ym., 2021.) Rahdinkuljetusta koskevien käytänteiden ja sääntelyn kohdalla tämän on nähty olevan ensiarvoisen tärkeää, sillä ilman sidosryhmien vankkaa tukea ne harvemmin toimivat toivotulla tavalla (Dablanc, 2011, Banister, 2011, Bjørgen ym., 2019). Yksi keino varmistaa uusien linjausten vahvempi hyväksyntä sidosryhmien keskuudessa on ottaa kaikki olennaiset tahot mukaan jo suunnitteluvaiheessa, jonka myötä asianosaiset pääsevät tuomaan ajatuksensa esille riittävän aikaisessa vaiheessa. Sidosryhmien osallistuminen suunnitteluun lisää julkisen päätöksenteon läpinäkyvyyttä ja samalla johtaa yleensä parempiin lopputuloksiin niin päätösten, kuin niiden implementoinnin osalta. (Morfoulaki ym., 2016.)

Puutteellisen kompetenssin lisäksi yksi syy julkisten organisaatioiden passiivisuudelle saattaa olla se, että rahdinkuljetukseen on suhtauduttu pitkään puhtaasti liiketoiminnallisena ongelmana, eli vastuu sen kehittamisestä on ulkoistettu alan yrityksille. Toisaalta myös logistiikkayritysten suunnalta on nähty tietynlaista aloitteellisuuden puutetta, sillä he ovat odottaneet kaupungeilta ja niiden päättäjiltä toimia urbaanin rahdinkuljetuksen ongelmien korjaamiseksi. (Dablanc, 2007.) Kaupunkien hallitukset ovat tahoillaan odottaneet yrityksiltä ratkaisuja ja palveluita asiakkaiden ja vähittäiskauppojen uudistuneisiin tarpeisiin, mutta samalla yritykset ovat odottaneet kaupunki- tai kuntatason päätöksiä, jotka tukisivat uusien toimintojen käynnistämistä liiketoiminnallisten riskien vähentämiseksi.

Myös urbaanin rahdin yksityisten toimijoiden yhteistyössä olisi parantamisen varaa. Kaupungeissa operoivia kuljetusyrityksiä on suuri joukko, mikä johtaa siihen, että samaan tai hyvin lähellä

toisiaan sijaitseviin osoitteisiin voidaan toimittaa saman päivän aikana tavaraa useampien kuljetusliikkeiden toimesta. Käytännössä lastien konsolidointi yritysten välillä on edelleen hyvin vähäistä, mikä on monella tapaa huono asia. (Larsen ja Van Woensel, 2019.) Viime kädessä tämä johtaa esimerkiksi jakelukuljetusten ja ympäristösaasteiden lisääntymiseen (Lindholm, 2013, Larsen ja Van Woensel, 2019, Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023). Yhteiskäyttöisiä logistiikkaterminaaleja on kokeiltu toimitusten konsolidoinnin helpottamiseksi ympäri Eurooppaa, mutta suurin osa niistä on lakkautettu liian korkeiden kustannuksiensa takia (Dablanc, 2007). Haasteena on ollut erityisesti pienempien terminaalien taloudellinen kannattamattomuus (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023).

Kuten todettua, on rahtikuljetusta ja urbaania logistiikkaa koskevassa regulaatiossa sekä päätöksenteossa selviä puutteita. Päätöksentekijöiden ratkaisuista paistaa paikoitellen tietämättömyys kaupunkilogistiikan haasteista, jotka voivat olla hyvinkin monimutkaisia. (Björge ym., 2021.) Tämän ongelman korjaamiseksi olisikin tärkeää, että tietoisuus kestävästä urbaania logistiikkaa tukevasta sääntelystä ja politiikasta lisääntyisi etenkin päätöksentekijöiden keskuudessa. Aihetta pitäisi lisäksi tutkia selvästi aikaisempaa enemmän, sillä tähän mennessä aihetta käsittelevä tutkimus ja kirjallisuus on ollut verrattain vähäistä. (Browne ym., 2019.)

Vastatakseen urbaanin rahtikuljetuksen ongelmiin kaupunkitilasta vastuulliset poliitikot ja päättäjät ovat tyypillisesti pyrkineet vähentämään urbaanin rahtikuljetuksen negatiivisia vaikutuksia. Tähän asti yleisimpiä keinoja ovat olleet erilaiset rajoitukset liittyen esimerkiksi ajoneuvojen kokoon ja painoon, toimitusaikoihin, matalapäästöalueisiin ja parkkeeraukseen. (Björge ja Ryghaug, 2022.) Monissa Pohjois-Euroopan kaupungeissa kuten Kööpenhaminassa, Tukholmassa ja Göteborgissa on rajoitettu rekkojen liikkumista ympäristöllisten kriteerien pohjalta. Näissä kaupungeissa ainoastaan uudemmat ja ympäristöystävällisemmät tai täyteen lastatut rekat saavat ajaa aivan keskustassa. (Dablanc, 2007.) Vastaavat, toimintaa rajoittavat säännöt ja menettelyt tulevat todennäköisesti vain lisääntymään tulevaisuudessa varsinkin Euroopassa, jossa jäsenmaat ovat sitoutuneet Euroopan unionin yhteisiin ilmastotavoitteisiin muun muassa CO₂-päästöttömästä kaupunkilogistiikasta vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio, 2013.)

Konkreettisia esimerkkejä toimivasta ja vähemmän toimivasta regulaatiosta suhteessa urbaaniin rahtikuljetukseen löytyy ympäri maailmaa. Barcelonassa urbaania rahtia käsittelevällä sääntelyllä on jo varsin pitkä historia, ja kaupunki on ehtinyt toimeenpanna monia erilaisia rahtikuljetukseen vaikuttavia linjauksia. Barcelonan ruuhkaisimmilla alueilla on pyritty rajaamaan toimitukset ruuhkatuntien ulkopuolelle ja yöaikaan, jonka lisäksi kaikki uudet avattavat baarit ja ravintolat ovat

velvoitettuja rakentamaan pinta-alaltaan vähintään 5 neliömetrin kokoisen varastotilan. Tällaisilla toimilla on pystytty hillitsemään rahtia kuljettavien ajoneuvojen määrää liikenteessä etenkin ruuhka-aikoina. (Dablanc, 2007.) Myös monissa muissa Euroopan suurimmissa kaupungeissa on nähty vastaavia toimia. Lontoossa ja Pariisissa on sovellettu jo pitkään suurten ajoneuvojen käyttöön liittyviä rajoituksia, jotka on sidottu joko aikaan tai alueeseen. Lisäksi Lontoossa ja Pariisissa on panostettu Barcelonan tavoin yhteiskäyttöisten lastaus- ja purkupaikkojen määrän lisäämiseen. (Browne ym., 2007, Dablanc, 2007.)

3.6 Sosiaaliset ja yhteisölliset haasteet

Urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyy myös muutamia sellaisia haasteita, jotka vaikuttavat olennaisesti sen sosiaaliseen kestävyYTEEN. Tällaisia ongelmia ovat esimerkiksi liikenneonnettomuudet sekä asukkaiden terveyttä ja hyvinvointia uhkaavat ilmansaasteet, melu ja tärinä. (Münzel ym., 2021, Lindholm, 2013, Browne ym., 2007.) Myös urbaanin rahdin aiheuttamat ruuhkat ja liikkumisen esteet voidaan nähdä sosiaalisina haasteina, koska ne vaikeuttavat asukkaiden liikkumista (Bosona, 2020). Tarkasteltaessa urbaanin rahdin ulkoisia vaikutuksia on melko selvää, että sen päästöistä aiheutuvat sosiaaliset kustannukset nousevat korkeiksi ottaen huomioon sen, kuinka monet ihmiset altistuvat näille vaikutuksille. EU-maiden kansalaisista peräti neljä viidestä asuu urbaaneilla alueilla, jonka lisäksi 96 % tällaisten alueiden asukkaista altistuvat ilmansaasteille siinä määrin, että WHO näkee sen terveydelle haitalliseksi. (Euroopan komissio, 2013, Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2019).

Sosiaalinen kestävyys on monella tapaa hyvin tärkeä osa kestävästä kehityksestä. Ilman yhteisöä ihmiset eivät yksinkertaisesti selviä, sillä pohjimmiltaan ihmiskunnan selviytyminen on aina perustunut sosiaaliseen kanssakäymiseen. Ihmisen toiminta tapahtuu ympäristön puitteissa ja lähes kaikilla ihmisten teoilla on myös vaikutus ympäristöön. Toisaalta ihmiselämä itsessään riippuu hyvin pitkälti ympäristöstä. (Giddings ym., 2002.) Samaan aikaan urbaanin rahdinkuljetuksen päästöjä voidaan tarkastella myös sosiaalisena ongelmana, sillä ekologisella kestävyydellä on varsin selvä yhteys järjestelmän sosiaaliseen ja taloudelliseen kestävyYTEEN (Schneider, 1989, Giddings ym., 2002).

Urbaanin rahdinkuljetuksen aiheuttamat häiriötekijät kuten melu, tärinä ja ruuhkat aiheuttavat ihmisille stressiä ja heikentävät ylipäättänsä elämänlaatua (Kumar ja Anbanandam, 2019, Browne ym., 2007). Lisäksi urbaani rahdinkuljetus kuluttaa ja vahingoittaa kaupunkien rakennettua ympäristöä ja tieinfrastruktuuria, mikä on omiaan heikentämään urbaanien alueiden viihtyvyyttä (Lindholm, 2013, Euroopan komissio, 2013). Koska elinympäristöllä ja elämänlaadulla on

huomattu olevan merkittävä vaikutus ihmisen terveyteen, voidaan näitä vaikutuksia pitää varsin vakavana ongelmana (Giddings ym., 2002).

Kaupungeissa asuvat ja työskentelevät ihmiset kyllä hyötyvät urbaanin rahdinkuljetuksen palveluista, mutta joutuvat samalla kärsimään rahdinkuljetuksen negatiivisista vaikutuksista. Rahdinkuljetuksen saasteilla on ongelmallisia vaikutuksia kansanterveyteen, jonka lisäksi liikenneonnettomuudet aiheuttavat loukkaantumisia ja kuolemia. (Browne ym., 2007, Lindholm, 2013.) Ihmishenkiä vaatineiden liikenneonnettomuuksien määrä urbaaneilla alueilla on ollut onneksi laskussa. Siitä huolimatta EU:ssa vuonna 2020 kaupunkialueilla tapahtuneet tieliikenneonnettomuudet vaativat 7461 kuolonuhria. Tämä vastasi noin 40 % kaikista EU-jäsenmaiden liikennekuolemista sinä vuonna. (Euroopan komissio, 2022.)

Taulukko 1. Urbaanin rahdinkuljetuksen keskeiset haasteet

	Välittömät ongelmat	Pitkän aikavälin seuraukset
Ympäristölliset haasteet	Ilmansaasteet esim. CO ₂ , ja NOX, pienhiukkaset, otsoni, melu, tärinä	Kasvihuoneilmiön voimistuminen, ilmaston lämpeneminen, ilmanlaadun heikkeneminen
Liikenteen ja infrastruktuurin haasteet	Tiekapasiteetin puutteet, riittämättömät lastaus- ja parkkitilat, latauspisteiden vähyyys	Ruuhkat, laittoman parkkeerauksen yleistymisen, myöhästyneet toimitukset
Taloudelliset ja toiminnalliset haasteet	Lisääntyvä volyymi, konsolidoinnin puute, epäsymmetriset materiaalivirrat	Last-mile-kuljetusten tehottomuus, voittomarginaalien lasku, rahdinkuljetuksen kannattavuuden heikkeneminen
Teknologiset haasteet	Sähköajoneuvojen implementoinnin vaikeudet, uusien teknologioiden korkeat kustannukset	Kyvyttömyys vastata kasvavaan volyymiin ja vähentää samalla toiminnan ympäristövaikutuksia
Sidosryhmien yhteistyön ja sääntelyn haasteet	Logistiikan osaamisen puutteet julkishallinnossa, sidosryhmien heikko yhteistyö	Rahdinkuljetuksen sivuuttaminen investoinneissa ja poliittisissa päätöksissä, epäedullinen sääntely
Sosiaaliset haasteet	Liikenneonnettomuudet, melu ja saasteet	Liikenteen ympäristövaikutuksista aiheutuvien sairauksien yleistymisen, julkisen terveydenhuollon kustannuksien nousu

Urbaanin rahdinkuljetuksen haasteet ovat siis hyvin monipuolisia ja ne vaikuttavat laaja-alaisesti toiminnan kannattavuuteen, ekologisuuteen sekä sosiaaliseen kestävyys. Taulukossa 1 esitettyihin haasteisiin vastaamalla alan toimijat ja sidosryhmät voisivat parantaa urbaanin rahdin toimintaedellytyksiä muuttuneessa toimintaympäristössä, joka haastaa toimitusketjujen kyvykkyyksiä entistä voimakkaammin. Kaupunkiympäristössä operoivilta kuljetus- ja logistiikkayrityksiltä vaaditaan jatkossa tehokkaampia toimintatapoja ja prosesseja, joilla vastata esimerkiksi urbaanin rahdin kasvaviin tavaramääriin ja epäsymmetrisiin materiaalivirtoihin. Samalla yritysten pitäisi kyetä implementoimaan uusia teknologioita ympäristövaikutusten minimoimiseksi.

4 Urbaanin rahdinkuljetuksen kehitysmahdollisuudet

Tässä luvussa keskitytään erityisesti urbaanin rahdinkuljetuksen kehitysmahdollisuuksiin. Lukuun on pyritty keräämään laaja valikoima erilaisia ratkaisuja, mutta pääfokus on ehdottomasti aikaisemman kirjallisuuden mukaan tärkeimmissä kehityskohteissa. Kehitysmahdollisuudet on jaoteltu kolmeen pääkategoriaan, jotka perustuvat aiemmassa kirjallisuudessa tehtyihin havaintoihin. Tällaisella jaottelulla pyritään välttämään havaittujen ratkaisujen turhaa toistoa ja helpottamaan yksittäisten kehityskohteiden jäsentämistä osaksi laajempaa kokonaisuutta.

Urbaani rahdinkuljetus ei ole nykymuodossaan kestävä, joten sen kehittämiseksi tarvitaan innovatiivisia ratkaisuja (Bosona, 2020, Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023, Lindholm, 2013). Jo olemassa olevilla teknologioilla ja tietyillä hyviksi havaituilla toimintatavoilla olisi mahdollista parantaa urbaanin rahdin kestävyttä huomattavasti. Näiden ratkaisujen implementoimiseksi tarvitaan kuitenkin laajaa sitoutumista, jollaista ei olla vielä toistaiseksi nähty rahdinkuljetuksen sidosryhmiltä. Varsinkin sääntelyyn ja julkisen sektorin toimiin liittyvissä kysymyksissä kaivattaisiin poliittista sitoutumista aiempaa enemmän. (Bjørgen ja Ryghaug, 2022.)

Kuten monen muunkin asian kohdalla, myös urbaanin rahdinkuljetuksen kestävyteen liittyvät parannukset joko syntyvät tai kaatuvat ihmisten sitoutumiseen. Sidoryhmien keskenään eriävät intressit luovat konflikteja, jotka tekevät urbaanin rahdin kehittämisestä entistäkin vaikeampaa. Esimerkiksi kaupunkien päättäjät, asukkaat, kauppiat ja rahdinkuljettajat tavoittelevat kaikki hieman erilaisia asioita, mikä luonnollisesti vaikeuttaa yhteisen linjan löytämistä. (Bosona, 2020.) Monien mielestä kenties keskeisin kehitysmahdollisuus liittyikin sidoryhmien yhteistyön parantamiseen, jonka kautta voitaisiin saavuttaa monia käytännön hyötyjä (Bjørgen ja Ryghaug, 2022, Lindholm ja Behrends, 2012).

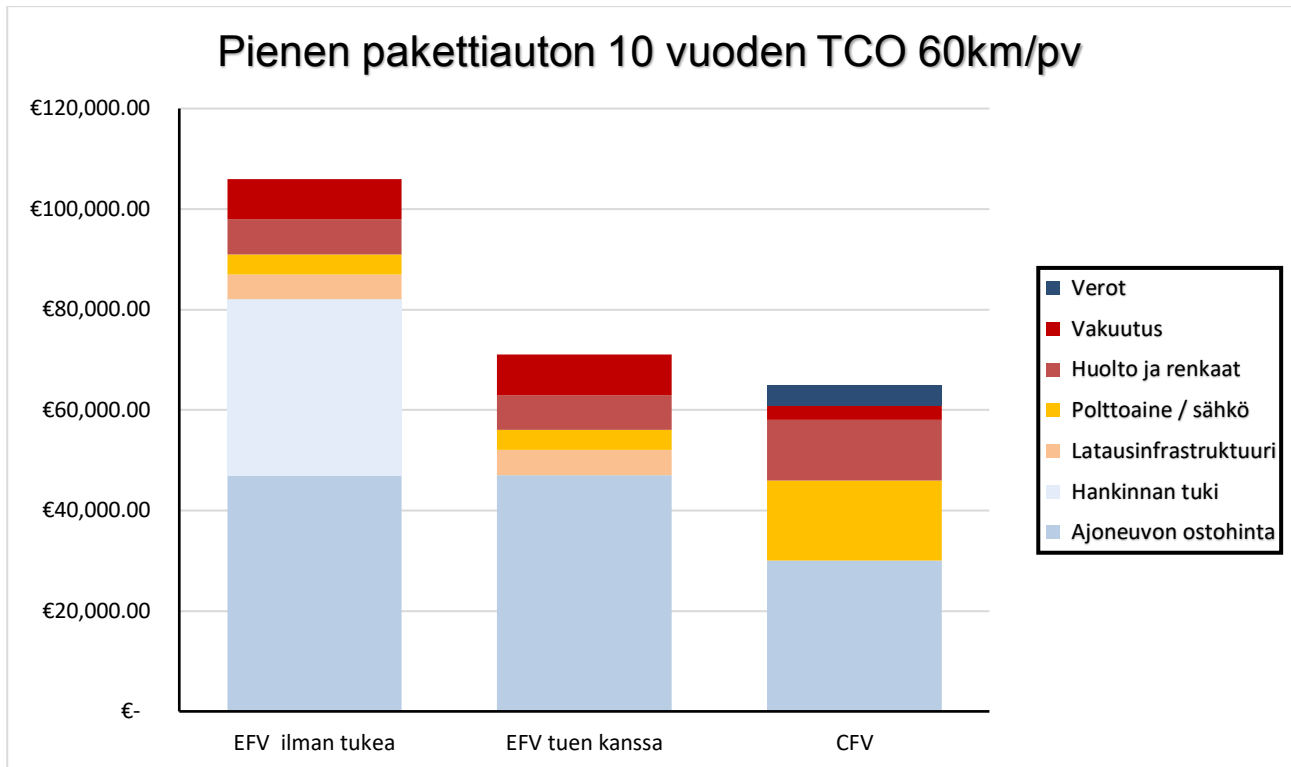
4.1 Kestävät ratkaisut

Ensimmäisenä kehitysmahdollisuuksien joukkona tarkastellaan erilaisia kestäviä ratkaisuja. Tällaisiksi on nimetty esimerkiksi siirtyminen sähköisiin ja matalapäästöisempiin ajoneuvoihin, urbaanit konsolidointikeskukset ja mikroliikkuminen (Bosona, 2020, He ja Haasis, 2019). Niiden avulla voitaisiin kehittää ennen kaikkea urbaanin rahdinkuljetuksen ekologista kestävyttä parantaen samalla toiminnan tehokkuutta. Ottaen huomioon kestävyden osa-alueiden keskinäisen yhteyden ja esiteltävien toimien luonteen, parantaisi niiden käyttöönotto hyvin todennäköisesti myös urbaanin rahdin taloudellista sekä sosiaalista kestävyttä (Giddings ym., 2002).

Sähköisiin ajoneuvoihin siirtymisen on nähty olevan jo pitkään mahdollinen keino parantaa etenkin urbaanin rahdinkuljetuksen ekologista kestävyyttä. Vaihtamalla nykyiset bensiini- ja dieselkäyttöiset ajoneuvot sähköisiin voitaisiin vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja näin ollen myös urbaanin rahdin ympäristöpäästöjä merkittävästi. (Larsen ja Van Woensel, 2019, Quak ym., 2017.) Siirtyminen sähköisiin ajoneuvoihin ei vain ainoastaan vähentäisi kasvihuonepäästöjä, vaan se laskisi samalla liikenteestä aiheutuvia typpioksidi- ja pienhiukkaspäästöjä, joiden tiedetään olevan varsinkin ihmisten terveydelle haitaksi (Euroopan komissio, 2013, de Vries, 2021).

Vaikka sähköisten ajoneuvojen käyttö urbaanin rahdinkuljetuksen kontekstissa on yleistymässä, liittyy niiden laajempaan käyttöönottoon edelleen määrättyjä esteitä. Rajallinen toimintamatka, säännöllinen lataustarve ja verrattain kallis hinta ovat tyypillisimpiä syitä logistiikkayrityksille olla hankkimatta sähköisiä ajoneuvoja. (Larsen ja Van Woensel, 2019, Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023.) Muita tärkeitä hankintapäätökseen liittyviä seikkoja ovat esimerkiksi ostamisen tai leasing-sopimuksen hinta, tarvittava infrastruktuuri ja käyttökustannukset. Myös mahdolliset verokevennykset sekä yhteiskunnan asennemuutokset voivat vaikuttaa sähköajoneuvojen hankintaan. (Quak ym., 2017.)

Kuten sanottu, siirtymä dieselvetoisesta urbaanista rahdista lähes täysin sähköiseen on osoittautunut käytännössä hyvin vaikeaksi (Kin ym., 2021). FREVUE-projektista laaditusta raportista ilmenee, että omistamisen kokonaiskustannukset (*engl. total cost of ownership, TCO*) jäävät sähköajoneuvoja käytettäessä lähes poikkeuksetta tavanomaisia polttomoottoriajoneuvoja korkeammiksi. Rohkaisevaa on kuitenkin se, että pidentämällä käyttöikää sekä kuljettua matkaa on TCO mahdollista kääntää sähköajoneuvojen kannalta positiiviseksi. Toisaalta pidemmät päivittäiset ajomatkat vaativat tehokkaampia akkuja, mikä taas nostaa ostettavan ajoneuvon hintaa huomattavasti. Tämä taas pidentää sähköisen ajoneuvon takaisinmaksuaikaa suhteessa tavanomaiseen ajoneuvoon. (Quak ym., 2017.)



Kuvio 1. Pienen pakettiauton TCO-laskelma 10 vuoden ajalta 60 km päivittäisellä ajolla (Quak ym., 2017) EFV = sähköinen pakettiauto, CFV = polttoainekäyttöinen pakettiauto.

Kuvio 1 havainnollistaa tavanomaisen polttoainekäyttöisen pakettiauton ja sähköisen pakettiauton omistamisen kokonaiskustannuksia 10 vuoden ajalta. Kuten huomataan, on tavallisen pakettiauton omistaminen toistaiseksi merkittävästi edullisempaa. Huomattava ero ajoneuvotyyppien hankintahinnassa tekee sähköajoneuvon ostamisesta monille toimijoille toistaiseksi mahdottomaksi. Teknologiakehitys ja valtion tukien sekä verotuksen muutokset voivat kuitenkin muuttaa kulurakennetta tulevaisuudessa sähköajoneuvojen kannalta parempaan suuntaan.

Varsinkin pitkällä ja keskipitkällä aikavälillä tarkasteltuna käyttökustannusten vertailuun sähköajoneuvojen ja polttomoottoriajoneuvojen välillä liittyy epävarmuutta, sillä myös energiahintojen muutokset voivat vaikuttaa asetelmaan. Tämä on suuri ongelma, koska se vaikeuttaa olennaisesti luotettavien TCO laskelmien laatimista. Lisäksi sähköajoneuvojen akkutekniikan kestoan liittyy huolestuttavia arvioita, ja asiakkaille tarjottavat takuuajat ovat verrattain lyhyitä. Näiden epävarmuuksien vallitessa yritysten on vaikea sitoutua investointeihin, jotka vaikuttavat lyhyellä tähtäimellä taloudellisesti kannattamattomilta. (Kin ym., 2021, Quak ym., 2017.)

Urbaaneja konsolidointikeskuksia on esitetty niin ikään yhtenä ratkaisuna urbaanin rahdin kestävyysongelmiin. Urbanilla konsolidointikeskuksella (*engl. urban consolidation centre, UCC*) tarkoitetaan yleensä kaupungin reunamilla sijaitsevaa varastotilaa, jossa eri toimittajilta tuleva rahti

voidaan jakaa tarkoituksenmukaisesti omiksi kaupunkiin toimitettaviksi eriksi (Browne ym., 2005). Oikein toimiessaan UCC voisi vähentää kaupunkiin menevien jakeluajoneuvojen määrää ja helpottaa siirtymistä sähköisiin ajoneuvoihin. Tätä kautta urbaanin rahdinkuljetuksen aiheuttamat ruuhkat, päästöt ja turvallisuusongelmat mitä todennäköisimmin vähenisivät samalla. (Dreischerf ja Buijs, 2022.) Grazissa Itävallassa toteutetussa tapaustutkimuksessa kävi ilmi, että parhaimmillaan UCC:n käytöllä voitaisiin vähentää peräti 80 % tarvittavien ajoneuvojen määrää. Lisäksi voitaisiin saavuttaa jopa 70 % pudotukset toimitusajoissa sekä ajetuissa matkoissa. (Browne ym., 2005.)

UCC:n tyypisillä ratkaisulla on nähty olevan keskeinen rooli sähköisten jakeluautojen käytön lisäämiseksi. Quak ym. (2017) mukaan konsolidointikeskusten tai muiden vastaavaa tarkoitusta palvelevien tilojen käytöllä voitaisiin sähköisten jakeluautojen käytöstä tehdä nykyistä houkuttelevampaa. Eri toimittajilta tulevat tavarat voitaisiin toimittaa näihin konsolidointikeskuksiin konventionaalisilla ajoneuvoilla kuten dieselrekoilla, jonka jälkeen tavarat lastattaisiin keskuksissa sähköisiin ajoneuvoihin toimitusta varten. Urbaanin rahdin konsolidoinnin hyödyiksi on nähty esimerkiksi loppuasiakkaiden läheinen etäisyys, lastaus- ja purkutoimien tehokkuuden paraneminen sekä mahdollisuus käyttää ympäristöystävällisempiä ajoneuvoja jakeluissa (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023, van Duin ym., 2010).

Vaikka monet matemaattiseen mallinukseen perustuvat tutkimukset ovat osoittaneet konsolidointikeskusten potentiaalin lyhyempien reittien ja matalampien päästöjen mahdollistajana, vain harvat UCC:t ovat osoittautuneet toimiviksi myös käytännössä. Myöskään empiirinen tutkimus ei ole kovinkaan yksimielisesti vahvistanut edellä mainittujen hyötyjen olemassaoloa. (Dreischerf ja Buijs, 2022.) Ylipäättänsä kokemuksia ja tutkimuksia konsolidointikeskusten käytöstä on vielä varsin vähän. Aihetta olisikin syytä tutkia lisää, jotta UCC:n rooli mahdollisena urbaanin rahdin kehittäjänä voitaisiin ymmärtää paremmin. (Björklund ym., 2017, Quak ym., 2017, van Duin ym., 2010.)

Myös mikroliikkumisen lisäämisellä on ajateltu olevan positiivisia vaikutuksia urbaanin rahdin kestävyteen. Mikroliikkumisella (*engl. micro-mobility*) on urbaanin ympäristön innovatiivinen kuljetus- tai liikkumismuoto, mikä perustuu erilaisiin kevyisiin laitteisiin tai miniajoneuvoihin, joilla liikutaan tyypillisesti alle 45 kilometrin tuntinopeudella. Näihin laitteisiin lukeutuvat esimerkiksi polkupyörät, potkulaudat, skeittilaudat, segwayt ja tasapainoskootterit, jotka voivat olla joko sähköisiä tai ihmisvoimalla toimivia. Lisäksi nämä laitteet voivat olla yksityisomistuksessa tai jaettavia. (Abduljabbar ym., 2021.)

Tutkijat ja asiantuntijat ovat olleet erityisen vakuuttuneita rahdinkuljetukseen soveltuvien sähköpyörien tuomista mahdollisuuksista (He ja Haasis, 2019, Kin ym., 2021). Sähköpyörien soveltuvuus pienien ja kevyiden lastien kuljettamiseen kaupungeissa on täysin ilmeinen. Verrattain edulliset kustannukset, päästöttömyys ja helppokäyttöisyys tekevät sähköpyöristä erittäin soveltuvan kuljetusmuodon last-mile-operaatioihin. (Bosona, 2020, He ja Haasis, 2019.) Sähköpyörien käyttö ja kokeilut ovatkin jatkuvasti lisääntyneet urbaanin rahdin kentässä. Golinska-Dawson ja Sethanan (2023) mukaan sähköpyörien tehokkaan käytön varmistamiseksi tarvittaisiin rahdin konsolidointia, mikä voisi tapahtua tavanomaisia konsolidointikeskuksia pienemmissä tiloissa. Tällaisten pienten ”kaupunkihubien” käyttöä sähköpyöräjakelun tueksi on kokeiltu jo useamman logistiikkayrityksen toimesta ympäri Eurooppaa. Vuonna 2017 DHL pilotoi konseptin Frankfurtissa ja Utrechtissa. Myös TNT Express kokeili vastaavaa Brysselissä 2013, jolloin se kuljetti valmiiksi konsolidoituja lähetyksiä lähemmäs loppuasiakkaita keskeisille paikoille kaupungissa, josta varsinaiset last-mile-osuudet hoidettiin sähköpyörillä. (He ja Haasis, 2019.)

4.2 Teknologiat ja innovaatiot

Kuten todettua, jo olemassa olevien teknologioiden laajemmalla ja tarkoituksenmukaisemmalla käytöllä voitaisiin tehostaa urbaanin rahdin operaatioita merkittävästi (Bjørgen ja Ryghaug, 2022). Erilaisia teknologioita ja innovaatioita hyödyntämällä voidaan esimerkiksi optimoida kuljetusreittejä, seurata toimintaa reaaliajassa, käyttää autonomisia ajoneuvoja ja jakaa dataa muiden toimijoiden käytettäväksi (He ja Haasis, 2019). Tehokkaammat operaatiot johtaisivat edelleen muihin positiivisiin muutoskehityksiin, kuten parempaan taloudelliseen kannattavuuteen ja pienempiin päästöihin (Lindholm ja Behrends, 2012, Euroopan komissio, 2013). Näin ollen voidaan sanoa, että hyödyllisten teknologioiden käytöllä tai käyttämättä jättämisellä voi olla suuri vaikutus urbaanin rahdinkuljetuksen kestävyyyteen niin taloudellisesta, ekologisesta, kuin sosiaalisesta näkökulmasta tarkasteltuna (Bosona, 2020).

AI-pohjaisten työkalujen käyttö sekä GPS mahdollistavat kuljetusreittien tehokkaamman suunnittelun jopa reaaliajassa. Optimoiduilla reittivalinnoilla voidaan päästä huomattaviin aika- ja polttoainesäästöihin, jotka madaltavat toimintakustannuksia sekä vähentävät viivästyksiä. Järkevämmällä ja tietoon perustuvalla reittisuunnittelulla kyettäisiin lisäksi helpottamaan liikenneuhkia, joita urbaani rahdinkuljetus aiheuttaa. (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023.) Varsinkin tekoälyyn perustuvat työkalut ovat edelleen pitkälti teorian tasolla, mutta onnistuneita kokeiluja on jo nähty. Pariisissa toteutetussa pilottihankkeessa UCC:n täydennyksiä ja sieltä lähteviä toimituksia optimoitiin reaaliajassa AI- ja GPS-pohjaisen älykkään

reittisuunnitteluohjelmiston avulla. Paremmilla reittivalinnoilla CO₂-päästöt laskivat peräti 82 % (Bosona, 2020.)

Myös erilaisia IoT-teknologioita eli esineiden internetiin perustuvia ratkaisuja käyttämällä voidaan jo tänä päivänä parantaa logististen virtojen läpinäkyvyyttä ja urbaanin rahdin turvallisuutta kaupungeissa. Näiden avulla voidaan seurata vaikkapa ajoneuvoja sekä niiden kuljettajien liikkeitä jatkuvasti. Samalla IoT-laitteiden on huomattu vähentävän ruuhkia ja myöhästymisiä sekä auttavan sääntelyssä asetettuihin vaatimuksiin pääsemisessä. Näihin käytettävissä oleviin teknologioihin lukeutuvat muun muassa hyttikamerat, langattomat sensorit, RFID-tunnisteet ja GPS. (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023.) Esineiden internet koostuu älykkäiden teknisten laitteiden verkostosta, joilla on kyky jakaa ja organisoida tietoa, dataa ja resursseja automaattisesti ja samalla reagoida tilanteisiin ja muutoksiin ympäristössä (Madakam ym., 2015).

Teknologia ei voi kuitenkaan yksin ratkaista urbaanin rahdin kompleksisia kestävyysaasteita, vaan sen tueksi tarvitaan kestäviä ja innovatiivisia uusia toimintamalleja. Esimerkiksi rahdinkuljetuksen toimijoiden välisellä yhteistyöllä, tiedonjaolla, jakamistaloudella ja pakettiautomaattien käytöllä voitaisiin saavuttaa merkittäviä taloudellisia ja ympäristöllisiä edistysaskeleita. (Bosona, 2020.) Toimijoiden välinen tiedonjako ja yhteistyö on osoittautunut kuitenkin usein vaikeaksi tai vähäiseksi, koska yritykset pitävät mieluummin kiinni omasta kilpailuedustaan asiantuntijuuden ja systeemiensä jakamisen sijasta (Browne ym., 2005).

Golinska-Dawson ja Sethanan (2023) mukaan urbaanin rahdin kestävyttä voitaisiin parantaa innovatiivisen CaaS-mallin avulla. CaaS (*Consumer as a Service Provider*) perustuu ajatukselle, että kuluttajat voisivat ottaa osan logistisista operaatioista kontolleen uusien teknologioiden avulla. Toimintamallilla pyrittäisiin vähentämään last-mile-operaatioiden aiheuttamia haittoja. Heidän mukaansa mallin toteutusvaiheessa kuljetusmuotoina voitaisiin käyttää tulevaisuudessa drooneja, autonomisia ajoneuvoja, rahdinkuljetukseen tarkoitettuja pyöriä, sähköisiä ajoneuvoja sekä yhdistettyä henkilöiden- ja rahdinkuljetusta.

Viimeisimpänä mainittu yhdistetty henkilöiden ja rahdin kuljetus on alati kasvava tutkimusaihe (He ja Haasis, 2019). Jakamistaloudella ja sidosryhmien yhteistyöllä on uskottu pääsevän tilanteeseen, jossa henkilöliikenteeseen käytettyjä resursseja sekä infrastruktuuria voitaisiin hyödyntää myös rahdinkuljetukseen. Olisi kaikille edullista, että esimerkiksi joka tapauksessa ihmisiä kuljettava juna- ja bussiliikenne valjastettaisiin tukemaan urbaania rahdinkuljetusta. (Golinska-Dawson ja Sethanan, 2023.) Ylipäätensä lisäämällä jakamistaloutta sekä yhteistyötä eri sidosryhmien välillä voitaisiin parantaa tehokkuutta ja resurssien käyttöastetta. Rahdinkuljetusta voitaisiin suorittaa

jakamistalouden hengessä esimerkiksi henkilöliikenteeseen tarkoitetuilla ajoneuvoilla. (Bosona, 2020.)

4.3 Infrastrukturi ja poliittiset toimet

Loput kehitysmahdollisuudet liittyvät infrastruktuurin parantamiseen ja poliittisiin työkaluihin, jotka on tunnistettu aikaisemmassa kirjallisuudessa potentiaalisiksi keinoiksi kehittää urbaania rahdinkuljetusta. Nykyisessä logistiikkaa palvelevassa rakennetussa infrastruktuurissa on selkeitä puutteita monissa kaupungeissa. (Björger ja Ryghaug, 2022.) Alati kasvava rahdinkuljetuksen kysyntä sekä liikennevirtojen kasvu ovat omiaan luomaan ongelmia kaupunkien liikenneinfrastruktuureille, sillä kapasiteetin puutteesta on tullut yleinen haaste (Lindholm ja Behrends, 2012).

Infrastruktuurin osalta tärkeimmät kehityskohteet liittyvät monelta osin kapasiteetin lisäämiseen ja sitä kautta operaatioiden sujuvuuden parantamiseen. Puutteellinen liikenneinfrastrukturi johtaa erilaisiin häiriöihin kuten ruuhkiin ja myöhästyneisiin toimituksiin. Kenties keskeisin kapasiteettiongelma liittyy lastauspaikkojen vähyyteen, mikä synnyttää monenlaisia ongelmia toimituksille. Lastauspaikkojen määrää lisäämällä kyettäisiin tehostamaan toimitusoperaatioita sekä vähentämään rahdinkuljetuksen aiheuttamaa häiriötä henkilöliikenteelle. (Lindholm ja Behrends, 2012, Bosona, 2020, Browne ym., 2007.)

Parannuksia kaivattaisiin niin ikään sähköisten ajoneuvojen latausverkostoon. Lisäämällä latauspisteiden määrää voitaisiin sähköisiin ajoneuvoihin siirtymisestä tehdä nykyistä houkuttelevampi vaihtoehto. (He ja Haasis, 2019.) Latauspisteiden lukumäärä ja sijoittelu tietyllä alueella vaikuttaa olennaisesti sähköisten ajoneuvojen operointikykyyn etenkin ajallista tehokkuutta tarkasteltaessa. Mitä enemmän latauspisteitä on, sitä helpommaksi ja nopeammaksi niin kutsutun *opportunity charging*-strategian käyttö muuttuu. Kyseistä latausstrategiaa käytettäessä ajoneuvojen akkuja ladataan nimensä mukaisesti mahdollisuuksien mukaan kuljetusoperaatioiden lomassa. Tyypillisesti latausmahdollisuuksiksi nähdään erilaiset pakolliset tauot ajamisessa, joita tulee esimerkiksi toimitusten, noutojen ja työntekijöiden lakisääteisten taukojen yhteydessä. (Quak ym., 2017, Kin ym., 2021.) Latauspisteiden rakentamista erilaisten pysähdyspaikkojen yhteyteen onkin pidetty hyvin toimivana ratkaisuna tällaisia ”opportunisteja” silmällä pitäen (Kin ym., 2021).

Yksi vastaus paheneviin tiekapasiteettiongelmiin saattaisi löytyä raiteilta. Raidekuljetusten osuus koko urbaanin rahdinkuljetuksen volyymistä on edelleen häviävän pieni, joten monien tutkijoiden mielestä ainakin osittainen tavaravirtojen siirtäminen raiteille voisi huomattavasti vähentää

tiekapasiteetista aiheutuvia ongelmia. (Lindholm ja Behrends, 2012.) Vuonna 2022 EU-maiden sisämaarahdista ainoastaan noin 17 % kuljetettiin raiteilla. Samana vuonna lähes 78 % sisämaarahdista kuljetettiin teitä pitkin. (Eurostat, 2024.) Kaupunkialueilla raidekuljetukset ovat vielä tätäkin harvinaisempia (Kumar ja Anbanandam, 2019). Raidekuljetusten lisääminen olisi myös hyvä keino vähentää urbaanin raidekuljetuksen päästöjä, joita syntyy maantiekuljetuksissa huomattavasti enemmän. (Euroopan komissio, 2007, U.S. DOT, 2023.)

Raidekuljetusten pieneksi jääneelle roolille urbaanissa raidekuljetuksessa on löydettävissä muutamia hyvin perusteltuja syitä. Ensinnäkin lyhyillä matkoilla raidekuljetukset häviävät tehokkuudessa selvästi yleisimmälle urbaanin raidekuljetusmuodolle eli maantiekuljetuksille. Toisekseen raidekuljetus ei raidekuljetuksia käytettäessä onnistu tiekuljetusten tapaan ovelta-ovelle-periaatteella, vaan last-mile-osuuden hoitamiseksi tarvitaan lisäksi lähes aina jokin toinen kuljetusmuoto. (Paulauskas ym., 2022.) Useampien kuljetusmuotojen käyttö aiheuttaa tarvetta ylimääräiselle lastinkäsittelylle, mikä nostaa kuluja sekä johtaa lisääntyneeseen kompleksisuuteen ja inhimillisten virheiden riskiin toimitusketjussa (Larsen ja Van Woensel, 2019, Browne ym., 2005.) Jotkut ovat kritisoinet junaliikenteen lisäämistä myös sen aiheuttaman meluhaitan vuoksi, mikä on koettu joillain urbaaneilla alueilla erittäin häiritseväksi (Münzel ym., 2021).

Raidekuljetusten vaatiman lastinkäsittelyn suoraviivaistamiseksi ja tehostamiseksi on ehdotettu intermodaalikuljetusten lisäämistä (Paulauskas ym., 2022, He ja Haasis, 2019). Intermodaalisella kuljetuksella tarkoitetaan ihmisten tai raidekuljetusta määränpäähänsä vähintään kahta eri kuljetusmuotoa käyttäen siten, että kuljettavat henkilöt tai tavarat ovat koko kuljetuksen ajan samassa kuljetusyksikössä kuten kontissa. Intermodaalikuljetuksissa voidaan hyödyntää monenlaisia käyttötarkoitukseen sopivia kuljetusyksiköitä. (Crainic ja Kim, 2007.) Kuljetusmuodon vaihdot esimerkiksi raiteilta pyörille tai pyöriltä laivaan tehdään tyypillisesti niin sanotuissa intermodaaliterminaaleissa (Paulauskas ym., 2022).

Tulevaisuudessa intermodaalikuljetuksista voitaisiin tehdä entistä tehokkaampia erilaisia uusia teknologioita ja innovaatioita hyödyntämällä. He ja Haasis (2019) mukaan intermodaalisia kuljetuksia voitaisiin jatkossa toteuttaa urbaanissa ympäristössä muun muassa busseja, ratikkoja ja raidekuljetukseen soveltuvia pyöriä käyttäen. Heidän mukaansa intermodaalisuuden lisäämiseksi tarvittaisiin kuitenkin uusia kaupunkiympäristössä tapahtuvaan kuljettamiseen paremmin soveltuvia kuljetusyksiköitä, sillä nykyiset innovaatiot palvelevat suurimmaksi osaksi pidempien runkokuljetusten tarpeita.

Kaikki edellä esitetyt mahdolliset logistiikkainfrastruktuurin parannukset tarvitsevat toteutuakseen valtavia investointeja ja poliittisia päätöksiä, jollaisia yksityinen sektori ei pysty yksin tekemään. Julkinen sektori sekä poliittiset päätöksentekijät lopulta määrittävät sen suunnan, johon urbaani ympäristö ja sitä kautta urbaani rahdinkuljetus todellisuudessa kehittyvät. (Bjørger ja Ryghaug, 2022.) Esimerkiksi raidekuljetusten kilpailukyky suhteessa tiekuljetuksiin on heikentynyt monin paikoin entisestään sen takia, että suurin osa kuljettamisen infrastruktuuriin tehdyistä julkisista investoinneista on kohdennettu nimenomaisesti tiekuljetusten kehittämiseen (Lindholm ja Behrends, 2012).

Kuten todettu, infrastruktuuria kehittävien hankkeiden ja kestävämpien toimintatapojen implementoimiseksi tarvitaan kaikkien urbaanin rahdin sidosryhmien vahvaa yhteistyötä (Bjørger ja Ryghaug, 2022, Browne ym., 2007). Samaan aikaan on ymmärrettävä, että eri toimijoilla on keskenään täysin erilaisia intressejä, ja näin ollen yhteisymmärryksen löytäminen tärkeissä kysymyksissä voi olla vaikeaa. Tämän haasteen taklaamiseksi tarvitaan edistyksellistä ja tarkoituksenmukaista politiikkaa, sillä viime kädessä lait ja regulaatio ovat ne keinot, joilla eri tahot saadaan toimimaan sovitulla tavalla – halusivat he sitä tai eivät. (Dreischerf ja Buijs, 2022, Lindholm, 2013.)

Pakottavien lakien käyttö urbaanin rahdin kehittämiseksi on kuitenkin varsin ei toivottu ja äärimmäinen keino, joten suurimmaksi osaksi uudistuksia on pyritty edistämään erilaisten hankkeiden ja tutkimusprojektien avulla. Lisäksi monet julkisorganisaatiot sekä liittoumat kuten Euroopan Unioni ovat sitoutuneet edistämään urbaanin rahdin kestävyyttä. Konkreettisia esimerkkejä tällaisista toimista ovat Euroopan Unionin FREVUE-hanke ja aloitteet kaupunkien omien SUMP:ien laatimisesta. (Euroopan komissio, 2007, Euroopan komissio, 2013, Quak ym., 2017.) Myös monissa kaupungeissa toteutetut rahdin yöllisiin toimituksiin liittyvät hankkeet ja kokeilut ovat osoittautuneet arvokkaiksi ja niiden avulla on onnistuttu lisäämään kestäviä toimintatapoja rahdinkuljettajien keskuudessa (Bosona, 2020, Browne ym., 2007.)

5 Johtopäätökset

Tutkielmassa käsiteltiin urbaanin rahdinkuljetuksen nykytilaa ja siihen liittyviä haasteita, joita oli nostettu esille aikaisemmassa tieteellisessä kirjallisuudessa. Keskittyminen pyrittiin pitämään aiheen kannalta merkittävimmissä ja ajankohtaisimmissa haasteissa ja kehitysmahdollisuuksissa. Lisäksi tutkielmassa vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millaisia haasteita urbaaniin rahdinkuljetukseen liittyy?
2. Millaisilla keinoilla urbaania rahdinkuljetusta voitaisiin kehittää?

Aluksi käsiteltiin urbaanin rahdinkuljetuksen erityispiirteitä sekä tulevaisuuden näkymiä, jonka jälkeen tarkasteltiin urbaanin rahdin keskeisimpiä haasteita. Näiden haasteiden ongelmallisuutta tarkasteltiin tutkielmassa ennen kaikkea taloudellisen, ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden kautta. Lopuksi neljännessä luvussa keskityttiin alan kirjallisuudessa esitettyihin keinoihin, joiden avulla urbaania rahdinkuljetusta voitaisiin kehittää nyt ja tulevaisuudessa.

Kuten tutkielmasta käy ilmi, urbaanin rahdin vakavimmat ja ajankohtaisimmat haasteet liittyvät ennen kaikkea toiminnan ekologiseen kestävyteen ja kohtuuttoman suuriin ulkoisiin haittavaikutuksiin. Toisaalta verkkokaupan räjähdysmäinen kasvu ja kuluttajakäyttäytymisen muutokset vaativat entistä suorituskykyisempiä toimitusketjuja, joilta odotetaan ennenakematöntä nopeutta ja ketteryyttä. Nämä tekijät ovat omiaan uhkaamaan myös urbaanin rahdin taloudellista kestävyttä. Kilpailun kovetessa katteet ovat laskeneet, mutta samalla kuljetusyrittäjiltä vaaditaan enenemissä määrin esimerkiksi CO₂-päästöjen vähentämiseen keskittyviä kalliita investointeja.

Rohkaisevaa on se, että urbaanin rahdinkuljetuksen kehittämiseen on jo olemassa varsin kattava keinovalikoima. Keskisimmät kehitysmahdollisuudet liittyvät erityisesti kestävämpien toimintatapojen sekä teknologisten ratkaisujen implementointiin. Uusien teknologioiden ja hyväksi havaittujen toimintatapamallien käytön yleistymiseksi tarvitaan kuitenkin jatkuvaa yhteistyötä ja ponnistelua urbaanin rahdin eri sidosryhmiltä. Pelkällä sääntelyn ja regulaation lisäämisellä ei tulla pääsemään toivottuihin lopputuloksiin, vaan kokonaisvaltaisen kestävyuden saavuttamiseksi kaivataan yksityisten toimijoiden aikaisempaa integrointia osaksi kaupunkisuunnittelua sekä poliittisia päätöksentekoprosesseja.

Merkittäviä kehitysaskleita olisi suotavaa alkaa ottamaan nyt, sillä ilman muutoksia urbaanin rahdinkuljetuksen haasteet tulevat ainoastaan kasvamaan tulevaisuudessa. Urbaanin rahdinkuljetuksen volyymin jatkuva kasvu on alkanut aiheuttaa ongelmia jo monissa kaupungeissa.

Ongelmien ratkaiseminen olisi tärkeää, koska rahdinkuljetusta todella tarvitaan kaupunkien hyvinvoinnin ja toimivuuden takaamiseksi. Toisaalta rahdinkuljetus aiheuttaa paikallisesti suuria päästöjä ja häiritsee kaupunkilaisten jokapäiväistä elämää.

Suurin osa aiheen tieteellisestä tutkimuksesta on peräisin 2000-luvulta, joten sitä ei ole ehtinyt kerääntyä määrällisesti vielä kovinkaan paljon. Varsinkin uudempien teknologioiden kuten IoT:n sekä tekoälyn hyödyntämisestä urbaanin rahdin kontekstissa tarvittaisiin lisää tietoa, jotta näiden teknologioiden käyttö voisi mahdollisesti yleistyä. Lisäksi todella käytännöllisten ongelmien, kuten logistiikan osaamisen lisäämisestä ja urbaanin rahdin eri sidosryhmien välisestä yhteistyöstä ja kommunikaatiosta olisi tarpeellista tehdä lisää tutkimusta.

Lähteet

- Abduljabbar, Rusul L. – Liyanage, Sohani – Dia, Hussein (2021) The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol 92.
- Achakulwisut, Pattanun – Brauer, Michael – Hystad, Perry – Anenberg, Susan C (2019) Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO₂ pollution: estimates from global datasets. *The Lancet Planetary Health*, Vol 3 (4), 166–178.
- Baensch-Baltruschat, Beate – Kocher, Birgit – Stock, Frederike – Reifferscheid (2020) Tyre and road wear particles (TRWP) – A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment. *Science of The Total Environment*, Vol 733.
- Banister, David (2011) Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography*, Vol 19 (6), 1538–1546.
- Björklund, Maria – Abrahamsson, Mats – Johansson, Henrik (2017) Critical factors for viable business models for urban consolidation centres. *Research in Transportation Economics*, Vol 64, 36–47.
- Bjørger, Astrid – Fossheim, Karin – Macharis, Kathy (2021) How to build stakeholder participation in collaborative urban freight planning. *Cities*, Vol 112.
- Bjørger, Astrid – Ryghaug, Marianne (2022) Integration of urban freight transport in city planning: Lesson learned. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol 107.
- Bjørger, Astrid – Seter, Hanne – Kristersen, Terje – Pitera, Kelly (2019) The potential for coordinated logistics planning at the local level: A Norwegian in-depth study of public and private stakeholders. *Journal of Transport Geography*, Vol 76, 34–41.
- Bosona, Techane (2020) Urban Freight Last Mile Logistics – Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability*, Vol 12 (21).
- Browne, Michael – Allen, Julian – Atlassy, Mahmoud (2007) Comparing freight transport strategies and measures in London and Paris. *International Journal of Logistics*, Vol 10 (3), 205-219.
- Browne, Michael – Behrends, Sönke – Woxenius, Johan – Giuliano, Genevieve – Holguín-Veras, José (2019) *Urban Logistics: Management, Policy and Innovation in Rapidly Changing Environment*. Kogan Page Limited.
- Browne, Michael – Sweet, Michael – Woodburn, Allan – Allen, Julian (2005) Urban Freight Consolidation Centres Final Report. *Transport Studies Group, University of Westminster*.

- Correa, Juan P. – Montalvo-Navarrete, Juan M. – Hidalgo-Salazar, Miguel A. (2019) Carbon footprint considerations for biocomposite materials for sustainable products: A review. *Journal of Cleaner Production*, Vol 208, 785–794.
- Crainic, Theodor – Kim, Kap (2007) Chapter 8 Intermodal Transportation. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol 14, 467–537.
- Dablanc, Laetitia (2011) *City Distribution, a Key Element of the Urban Economy: Guidelines for Practitioners*, chapter 1, Edward Elgar Publishing.
- Dablanc, Laetitia (2007) Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol 41 (3), 280–285.
- De Vries, Wim (2021) Impacts of nitrogen emissions on ecosystem and human health: A mini review. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, Vol 21.
- Dreischerf, Anna J. – Buijs, Paul (2022) How Urban Consolidation Centres affect distribution networks: An empirical investigation from the perspective of suppliers. *Case Studies on Transport Policy*, Vol 10 (1), 518–528.
- Emberson, Lisa (2020) Effects of ozone on agriculture, forests and grasslands. *Philos Trans A Math Phys Eng. Sci*, 378(2183).
- Euroopan komissio 2022 European Road Safety Observatory. <https://road-safety.transport.ec.europa.eu/document/download/9650635a-2982-4391-9d3b-62bed93aadd0_en?filename=ff_roads_inside_urban_areas_20220707.pdf>, haettu 5.12.2024.
- Euroopan komissio 17.12.2013 COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT A call to action on urban logistics. <<https://smartcities.at/wp-content/uploads/sites/3/A-call-to-action-on-urban-logistics.pdf>>, haettu 24.9.2024.
- Euroopan komissio 25.9.2007 GREEN PAPER Towards a new culture for urban mobility. <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0551:FIN:EN:PDF>>, haettu 24.9.2024.
- Euroopan komissio 2024 Sustainable urban mobility planning and monitoring. <https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/urban-transport/sustainable-urban-mobility-planning-and-monitoring_en>, haettu 12.11.2024.
- Euroopan tilintarkistustuomioistuin huhtikuu 2019 Audit preview: Urban mobility in the EU. <https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/ap19_07/ap_urban_mobility_en.pdf>, haettu 24.10.2024.
- Euroopan unioni 2024 Sustainable Urban Mobility. <https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/urban-transport_en>, haettu 17.12.2024.

Euroopan ympäristökeskus 10.10.2024 Transport noise.

<<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems/transport-noise>>, haettu 20.11.2024.

Eurostat 15.4.2024 Modal split of inland freight transport.

<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TRAN_HV_FRMOD/default/table?lang=en>, haettu 15.12.2024.

FREVUE, Quak ym. 2017 Economics of EVs for City Logistics – Report.

<https://crossriverpartnership.org/wp-content/uploads/2019/03/FREVUE_D3.2-Final-Report_2.0_submitted.pdf>, haettu 8.12.2024.

Frederick, Stanley – Lim, W.T. – Jin, Xin – Srari, Jagjit S. (2018) Consumer-driven e-commerce.

International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol 48 (3), 308–322.

Giddings, Bob – Hopwood, Bill – O’Brien, Geoff (2002)

ENVIRONMENT, ECONOMY AND SOCIETY: FITTING THEM TOGETHER INTO SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Sustainable Development*, Vol 10, 187–196.

Golinska-Dawson, Paulina – Sethanan, Kanchana (2023) Sustainable Urban Freight for Energy-Efficient Smart Cities – Systematic Literature Review. *Energies*, Vol 16 (6).

Gevaers, Roel – Van de Voorde, Eddy – Vandeslander, Thierry (2011) Chapter 3 Characteristics and Typology of Last-mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context. In *City Distribution and Urban Freight Transport*.

He, Zhangyuan – Haasis, Hans-Dietrich (2019) Integration of Urban Freight Innovations: Sustainable Inner-Urban Intermodal Transportation in the Retail/Postal Industry. *Sustainability*, Vol 11 (6).

Hesse, Markus (2016) *The City as a Terminal: The Urban Context of Logistics and Freight Transport*. 1. Painos. Routledge, Lontoo.

Hesse, Markus – Rodrigue, Jean-Paul (2004) The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, Vol 12 (3), 171–184.

Hummels, David (2007) Transportation Costs and International Trade in the Second Era of Globalization. *Journal of Economic Perspectives*, Vol 21 (3), 131–154.

Hänninen, Otto ym. (2014) Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. *Environmental Health Perspectives*, Vol 122 (5), 439–446.

Kelly, Frank J. – Fussell, Julia (2020) Toxicity of airborne particles – established evidence, knowledge gaps and emerging areas of importance. *Philosophical Transactions A*, 378(2183).

- Kin, Bram – Hopman, Meike – Quak, Hans (2021) Different Charging Strategies for Electric Vehicle Fleets in Urban Freight Transport. *Sustainability*, Vol 13 (23).
- Kumar, Aalok – Anbanandam, Ramesh (2019) Development of social sustainability index for freight transportation system. *Journal of Cleaner Production*, Vol 210, 77–92.
- Larsen, Allan – Van Woensel, Tom (2019) Freight, logistics and the delivery of goods in cities. In DTU International Energy Report 2019: Transforming Urban Mobility, 62–71.
- Lindholm, Maria – Behrends, Sönke (2012) Challenges in urban freight transport planning – a review in the Baltic Sea Region. *Journal of Transport Geography*, Vol 22, 129–136.
- Lindholm, Maria (2013) Urban freight transport from a local authority perspective – a literature review. *European Transport \ Trasporti Europei*, Vol 54 (3).
- Maailmanpankki, Laetitia Dablanc 2009 Freight transport for development toolkit – urban transport. <<https://documents1.worldbank.org/curated/ru/863741468333611288/pdf/579710WP0urban0Box353787B01PUBLIC1.pdf>>, haettu 22.9.2024.
- Maailmanpankki 4.3.2023 Urban development. <<https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>>, haettu 22.9.2024.
- Madakam, Somayya – Ramaswamy, R. – Tripathi Siddharth (2015) Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, Vol 3 (5).
- Morfoulaki ym. (2016) Evaluation of Specific Policy Measures to Promote Sustainable Urban Logistics in Small-medium Sized Cities: The Case of Serres, Greece. *Transportation Research Procedia*, Vol 12, 667–678.
- Münzel, Thomas – Sørensen, Mette – Daiber, Andreas (2021) Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, Vol 18, 619–636.
- Oslo kaupunki 2020 Climate Strategy for Oslo towards 2030. <<https://www.klimaoslo.no/rapport/climate-strategy-for-oslo-towards-2030/>>, haettu 22.9.2024.
- Paulauskas, Vytautas ym. (2022) Optimizing Transportation between Sea Ports and Regions by Road Transport and Rail and Inland Waterway Transport Means Including “Last Mile” Solutions. *Applied Sciences*, Vol 12 (20).
- Russo, Francesco – Rindone, Corrado – Panuccio, Paola (2016) European plans for the smart city: from theories and rules to logistics test case. *European Planning Studies*, Vol 24 (9), 1709–1726.
- Schneider, Stephen H. (1989) The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science*, 243, 771–781.

- Shahparvari, Shahrooz – Nasirian, Araz – Mohammadi, Alireza – Noori, Sepideh – Chhetri, Prem (2020) A GIS-LP integrated approach for the logistics hub location problem. *Computers & Industrial Engineering*, Vol 146.
- Timmers, Victor R.J.H., Achten, Peter A.J. (2016) Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, Vol 134, 10–17.
- Van Duin, J.H.R – Quak, Hans – Muñuzuri, Jesus (2010) New challenges for urban consolidation centres: A case study in The Hague. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol 2 (3), 6177–6188.
- WCED lokakuu 1987 Our Common Future.
<<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>, haettu 4.10.2024.
- WEF 7.3.2019 Traffic congestion and US economy.
<<https://www.weforum.org/stories/2019/03/traffic-congestion-cost-the-us-economy-nearly-87-billion-in-2018/>>, haettu 27.10.2024.
- WHO 2008 Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution.
<<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/326496/9789289042895-eng.pdf?sequence=1>>, haettu 6.10.2024.
- Yhdysvaltain liikenneministeriö 13.1.2023 Climate action.
<<https://www.transportation.gov/priorities/climate-and-sustainability/climate-action>>, haettu 4.10.2024.
- Yu, Zidong – Wang, Haotian, Liu, Xintao (2024) Unraveling intra-urban freight parking patterns: A data-driven geospatial study of shared logistics sector in Hong Kong. *Journal of Transport Geography*, Vol 117.
- Zhang, Yankai – Sun, Lijun – Hu, Xiangpei – Zhao, Chen (2019) Order consolidation for the last-mile split delivery in online retailing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol 122, 309–327.