

Sähköinen kylmäketjulogistiikka

Tutkimustulosten yhteenveto KooRuoKo -projektille

Kirjoittaja: Anita Safavi, suomenkielinen käännös: Päivi Haapalainen

(English text starts at page 6)

1. Tutkimuksen tarkoitus

Siirtyminen kohti vähäpäästöistä logistiikkaa on noussut tärkeäksi tavoitteeksi yrityksille, alueille ja tutkimushankkeille, kuten KooRuoKo-projektille. Vaikka sähköajoneuvoja käytetään yhä enemmän logistiikan eri osa-alueilla, niiden käyttö elintarvikeketjujen loppujakelussa (esim. keskusvarastolta kauppoihin) on edelleen vähäistä – erityisesti kylmäketjuissa. Kylmäketju vaatii tarkkaa lämpötilan hallintaa, luotettavia toimitusaikatauluja ja riittävää energiansaantia, mikä tekee sähköistämisestä monimutkaisempaa kuin tavallisissa paketti- tai rahtikuljetuksissa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli ymmärtää, miksi sähköajoneuvojen käyttöönotto kylmäketjulogistiikassa on haastavaa, tunnistaa realistiset keinot siirtymän mahdollistamiseksi sekä selittää, miten yritykset tekevät käyttöönottoon liittyviä päätöksiä käytännössä. Sen sijaan että esteitä ja mahdollisuuksia tarkasteltaisiin erikseen, tutkimuksessa pyrittiin luomaan kokonaiskuva, joka heijastaa elintarvikelogistiikan toimijoiden todellisia olosuhteita – erityisesti Suomen ja Pohjoismaiden kontekstissa.

Tämä tiivistelmä tarjoaa ytimekkään ja käytännönläheisen katsauksen tutkimustuloksiin, keskittyen erityisesti näkökulmiin, jotka ovat suoraan merkityksellisiä KooRuoKo-hankkeelle ja sen alueellisille sidosryhmille.

2. Tutkimusmenetelmät

Tässä raportissa esitetyt tulokset perustuvat

- Kirjallisuuskatsaukseen, joka käsittelee sähköajoneuvojen käyttöönottoa elintarvikelogistiikassa
- Puolistrukturoituihin haastatteluihin elintarvikelogistiikan ja kylmäketjukuljetusten ammattilaisten kanssa
- Täydentävään materiaaliin, joka tuki tulosten tulkintaa

Tutkimuksessa käytettiin laadullista teema-analyysia, jonka avulla tunnistettiin haasteisiin, mahdollistajiin ja tulevaisuuden näkymiin liittyviä kehityskulkuja. Analyysin painopiste oli paitsi haasteiden tunnistamisessa, myös siinä, miten eri tekijät vaikuttavat toisiinsa käytännön päätöksenteossa.

3. Pääasialliset haasteet liittyen sähköisten ajoneuvojen käyttöönottoon kylmäkuljetuksissa

Tutkimus osoittaa, että sähköajoneuvojen käyttöönottoa kylmäketjulongistiikassa ei estä mikään yksittäinen tekijä, vaan toisiinsa kytkeytyvien esteiden kokonaisuus. Näistä tekijöistä tekniset rajoitteet nousevat esiin merkittävimpinä, ja taloudelliset ja poliittiset esteet liittyvät tiiviisti näihin teknisiin haasteisiin.

Taulukko 1. Pääasialliset haasteet

Kategoria	Tärkeimmät tekijät	Merkitys kylmäketjulongistiikalle
Tekniset haasteet	Rajoitettu toimintasäde (erityisesti talvella), raskaat akut vähentävät kuormakapasiteettia, kylmäyksiköiden suuri energiankulutus, ennakoimattomat monipysähdyksiset reitit	Vähentää suoraan toiminnan joustavuutta ja lisää suunnittelun riskiä
Taloudelliset haasteet	Suuri alkuinvestointi, epävarma kokonaiskustannus, matala / epäselvä jälleenmyyntiarvo, tarve investoida varikkolataukseen	Tekee sähköajoneuvoihin investoimisen taloudellisesti riskialttiiksi elintarvikelogistiikan toimijoille
Infrastruktuuri ja toiminnalliset tekijät	Sopivien latausratkaisujen puute raskaalle kalustolle, ei latausmahdollisuutta asiakaskohteissa, pitkät latausajat	Rajoittaa reittien toteutettavuutta ja vaikeuttaa päivittäistä toimintaa
Politiikkaan liittyvät haasteet	Sopivien taloudellisten kannustimien puute, kannustimien heikko yhteensopivuus raskaan kylmäkuljetuskaluston tarpeiden kanssa, sääntelyn epävarmuus	Vähentää investointihalukkuutta ja viivästyttää käyttöönottoa koskevia päätöksiä

Keskeinen havainto on, että kylmäketjulongistiikassa tekniset rajoitteet muuttuvat nopeasti taloudelliseksi riskiksi, eikä politiikkaan perustuvilla tukitoimilla useinkaan onnistuta paikkaamaan tätä kuilua. Tämän seurauksena yritykset epäröivät ottaa sähköajoneuvoja käyttöön, vaikka niitä motivoikin kestävä kehityksen tavoitteet.

4. Pääasialliset kannustimet ja mahdollisuudet liittyen sähköisten ajoneuvojen käyttöönottoon kylmäkuljetuksissa

Haasteista huolimatta voidaan tunnistaa selkeästi kaksi vahvaa ja toisiinsa liittyvää mahdollistajaa, jotka voivat tukea sähköajoneuvojen käyttöönottoa, kun niitä hyödynnetään oikein: pyrkimys kestäväan kehitykseen ja digitaaliset innovaatiot.

Taulukko 2. Pääasialliset kannustimet

Kategoria	Käytännön esimerkkejä	Vaikutus
Kestävä kehitys	Yritysten ilmastotavoitteet, asiakkaiden odotukset, ympäristövastuu	Luo motivaatiota testata sähköajoneuvoja, vaikka taloudelliset riskit ovat edelleen ratkaisematta
Digitaaliset innovaatiot	IoT-seuranta, tekoälypohjainen reittioptimointi, reaaliaikainen energiadata, älykäs varikkolataus	Vähentää toiminnan epävarmuutta ja parantaa suunnittelun tarkkuutta
Liiketoiminta- ja markkinatekijät	Brändäys, edelläkävijyys, lyhyet vakioreitit	Luo mahdollisuuksia sähköajoneuvojen pilottihankkeille

Keskeinen havainto on, että digitaaliset työkalut eivät enää ole ”valinnaisia” sähköisessä kylmäketjutoiminnassa, vaan niillä on merkittävä rooli auttaa yrityksiä hallitsemaan energiankulutusta, ylläpitämään kylmäketjun tavoitelämpötilaa ja vähentämään toimintasäteen sekä latauksen riskejä - erityisesti Pohjoismaiden kylmissä talviolosuhteissa. Kestävyys puolestaan toimii paitsi ulkoisena paineena myös sisäisenä strategisena ajurina, joka kannustaa yrityksiä kokeilemaan sähköajoneuvoja, vaikka täydellistä taloudellista varmuutta ei ole vielä saavutettu.

5. Kokonaiskuva: Miten sähköajoneuvojen käyttöönottoa koskevat päätökset syntyvät

Yksi tämän tutkimuksen keskeisistä havainnoista on, että sähköautojen käyttöönotto on moniulotteinen päätös – ei pelkästään tekninen tai taloudellinen. Yritykset eivät arvioi sähköautojen käyttöönottoa yhden kriteerin perusteella, vaan ne tarkastelevat samanaikaisesti teknistä suorituskykyä, taloudellisia riskejä, poliittisia signaaleja, kestävän kehityksen tavoitteita ja digitaalista valmiutta.

Taulukko 3. Integroitu viitekehys sähköautojen käyttöönotolle kylmäkuljetuksissa

Haasteet	Kannustimet	Mahdollisuudet
Tekniset haasteet: rajallinen toimintamatka, maksimikuorman pieneneminen, kylmälaitteiden energiantarve, reittien epävarmuus Taloudelliset haasteet: korkea hankintahinta, epävarmat kokonaiskustannukset, alhainen jälleenmyyntiarvo Politiikkaan liittyvät haasteet: sopivien taloudellisten kannustimien puute, sääntelyn epävarmuus	Kestävä kehitys: ilmastotavoitteet, asiakkaiden vaatimukset, vihreä brändäys Digitaaliset innovaatiot: IoT-seuranta, tekoälypohjainen reititys, älykäs lataus, reaaliaikainen data.	Parantunut luotettavuus (digitaalisen tuen avulla), päästöjen vähentäminen, melun vähentäminen Tehokkaampi suunnittelu, parempi energianhallinta Yhteistyöhankkeet, jaettu infrastruktuuri, pk-yritysten mukaanotto Monimuotoisen kaluston hyödyntäminen ja sähköajoneuvojen asteittainen laajentaminen teknologian kehittyessä

Tämä viitekehys esittää sähköautojen käyttöönoton moniulotteisena ja dynaamisena järjestelmänä. Haasteet yhdellä osa-alueella voivat voimistaa haasteita muualla, kun taas kestävä kehityksen tavoitteet ja digitalisaatio toimivat vähentäen epävarmuutta ja parantaen toteutettavuutta koko järjestelmässä.

6. Käytännön vinkkejä

Tämän tutkimuksen tulokset tarjoavat useita käytännön näkökulmia, jotka voivat ovat suoraan merkityksellisiä KooRuoKo-hankkeen tavoitteille:

- Sähköautojen käyttöönottoa tulisi lähestyä asteittaisena ja oppimiseen perustuvana siirtymänä, ei nopeana tai kertaluonteisena muutoksena.
- Pilottihankkeet lyhyillä vakioiteilla ovat turvallisien lähtökohta kokeiluille ja tiedon keräämiselle.
- Digitaalinen valmius on sähköisessä kylmäketjulongistiikassa edellytys, ei myöhemmin lisättävä ominaisuus.
- Yhteistyö on ratkaisevaa, erityisesti pk-yrityksille. Jaettu latausinfrastruktuuri ja yhteiset pilottihankkeet voivat madaltaa esteitä.
- Odotusten tulee olla realistisia: sekakalustot, joissa yhdistyvät sähkö-, vety-, biopolttoaine- ja dieselajoneuvot, säilyvät todennäköisesti hallitsevana mallina lähitulevaisuudessa.

7. Future Outlook Based on the Research

Tulosten perusteella sähköisen kylmäketjun logistiikan tulevaisuutta voidaan kuvata seuraavasti:

- Asteittainen, ei kerralla tapahtuva
- Reittikohtainen, ei universaali
- Oppimiseen suuntautunut, ei täysin ennustettava
- Perustuu sekakalustostrategioihin, ei täyteen sähköistämiseen

Sähköautot soveltuvat tällä hetkellä parhaiten lyhyille ja helposti ennustettaville kaupunki- tai alueellisille reiteille, kun taas muut teknologiat ovat edelleen tarpeen pidemmällä ja energiasäästävillä kuljetuksilla. Kun teknologia, digitaaliset työkalut ja poliittiset linjaukset kehittyvät, sähköautojen roolin odotetaan laajenevan asteittain.

Loppusanat

Tämä tiivistelmä tarjoaa selkeän ja käytäntölähtöisen katsauksen tutkimukseen, joka keskittyi sähköajoneuvojen käyttöönottoon elintarvikeketjun loppupään kuljetuksissa. Tutkimus tuo sekä selkeyttä että suuntaa alueelliselle kehittämiselle yhdistämällä empiiriset havainnot ja integroidun analyysiviitekehyksen.

Tulokset korostavat, että merkittävä edistys kohti vähäpäästöistä ruokalogistiikkaa edellyttää koordinoitua toimintaa teknisten, taloudellisten, poliittisten, kestävyysliittymien ja digitaalisten ulottuvuuksien välillä. Kun näiden tekijöiden tuomia haasteita ja mahdollisuuksia käsitellään kokonaisuutena, sähköinen kylmäketjulongistiikka voi siirtyä yksittäisistä piloteista kohti skaalautuvia ja kestäviä ratkaisuja.

Electric Cold-Chain Logistics

Executive Summary of Research Findings for the KooRuoKo Project

Prepared by: Anita Safavi, Finnish translation by Päivi Haapalainen

1. Purpose and context

The transition toward low-emission logistics has become an important priority for companies, regions, and research initiatives such as the KooRuoKo project. While electric vehicles (EVs) are increasingly used in several logistics segments, their adoption in last-mile food distribution remains limited, particularly in cold-chain operations. These operations require strict temperature control, reliable delivery schedules, and high energy availability, which makes electrification more complex than in standard parcel or general freight delivery.

The purpose of this research was to understand why EV adoption in cold-chain logistics is challenging, identify what can realistically enable this transition, and explain how companies actually make adoption decisions in practice. Rather than treating barriers and opportunities separately, the study aimed to develop an integrated view that reflects the real conditions faced by food logistics operators, especially in the Finnish and Nordic context.

This Executive Summary presents a concise and practice-oriented synthesis of the research findings, with a particular focus on insights that are directly relevant to the KooRuoKo project and its regional stakeholders.

2. Research basis (Brief overview)

The findings presented here are based on:

- A thematic review of academic literature on EV adoption in food logistics.
- Semi-structured interviews with professionals working in food logistics and cold-chain transport.
- Supplementary contextual inputs to support interpretation.

A qualitative thematic analysis approach was used to identify patterns related to barriers, enablers, and future pathways. The emphasis of the analysis was not only on what the challenges are, but on how different factors interact in real operational decision-making.

3. Key barriers to EV adoption in cold-chain logistics

The research shows that EV adoption in cold-chain logistics is not blocked by a single factor, but by a combination of interlinked barriers. Among these, technical constraints emerge as the most immediate, while economic and policy barriers are closely tied to these technical realities.

Table 1. Key Barriers Identified in the Research

Barriers Category	Main Issues Identified	Why This Matters in Cold-Chain Logistics
Technical	Limited effective range (especially in winter), heavy batteries reducing payload, high energy use of refrigeration units, unpredictable multi-stop routes	Directly reduces operational flexibility and increases planning risk
Economic	High upfront investment, uncertain total cost of ownership, low and unclear resale value, need for depot charging investments	Makes EV investment financially risky for food logistics operators
Infrastructure & Operational	Lack of suitable charging for heavy vehicles, no charging at customer sites, long charging times	Limits route feasibility and disrupts daily operations
Policy	Generic or short-term incentives, weak alignment with refrigerated heavy-vehicle needs, regulatory uncertainty	Reduces confidence to invest and delays adoption decisions

Key insight:

In cold-chain logistics, technical limitations quickly translate into economic risk, and policy tools often fail to compensate for this gap. As a result, companies hesitate to adopt EVs even when they are motivated by sustainability goals.

4. Key enablers and opportunities

Despite these challenges, the research clearly identifies two strong and interrelated enablers that can support EV adoption when applied appropriately: sustainability drivers and digital innovations.

Table 2. Enablers That Support EV Adoption

Enabler Category	Role in Practice	Contribution to Feasibility
Sustainability Drivers	Corporate climate targets, customer expectations, environmental responsibility	Create motivation to test EVs despite unresolved financial risks
Digital Innovations	IoT monitoring, AI-based route optimisation, real-time energy data, smart depot charging	Reduce operational uncertainty and improve planning accuracy
Business & Market Factors	Green branding, early-mover learning, stable short routes	Create practical entry points for EV pilots

A key finding is that digital tools are no longer optional in electric cold-chain operations. They play a structural role by helping companies manage energy use, maintain temperature integrity, and reduce range and charging risks—especially under Nordic winter conditions.

Sustainability, in turn, acts not only as an external pressure but also as an internal strategic driver, encouraging companies to experiment with EVs even when full economic certainty is not yet achieved.

5. Integrated view: How adoption decisions are made

One of the central contributions of this research is the finding that EV adoption is a system-level decision, not a purely technical or financial one. Companies do not evaluate EVs based on a single criterion. Instead, they consider technical performance, economic risk, policy signals, sustainability goals, and digital readiness simultaneously.

Table 3. Integrated Framework of EV Adoption in Cold-Chain Logistics

Barriers	Cross-Cutting Enablers	Opportunities and Outcomes
Technical: limited range, payload loss, refrigeration energy demand, route uncertainty	Sustainability Drivers: climate targets, customer demand, green branding	Improved reliability (with digital support), emission reduction, noise reduction
Economic: high purchase cost, uncertain TCO, low resale value	Digital Innovations: IoT monitoring, AI routing, smart charging, real-time data	More efficient planning, better energy management
Policy: generic incentives, weak sector fit, regulatory uncertainty		Collaborative pilots, shared infrastructure, SME inclusion
		Mixed-fleet strategies and gradual scaling as technology matures

This framework shows EV adoption as a dynamic and interdependent system. Barriers in one area intensify challenges in others, while sustainability goals and digitalisation operate across the system to reduce uncertainty and improve feasibility.

6. Implications for the KooRuoKo Project

The findings of this research offer several practical insights that are directly relevant for the KooRuoKo project:

- EV adoption should be approached as a **gradual and learning-based transition**, not as a rapid or one-time shift.

- **Pilot projects on stable, short routes** provide the safest starting point for experimentation and knowledge building.
 - **Digital readiness is a prerequisite**, not a later add-on, for electric cold-chain logistics.
 - **Collaboration matters**, especially for SMEs. Shared charging infrastructure and joint pilot initiatives can lower barriers.
 - Expectations should be realistic: **mixed fleets** combining electric, hydrogen, biofuel, and diesel vehicles are likely to remain the dominant model in the near future.
-

7. Future Outlook Based on the Research

Based on the synthesis of the findings, the future of electric cold-chain logistics can be described as:

- **Gradual rather than disruptive**
- **Route-specific rather than universal**
- **Learning-oriented rather than fully predictable**
- **Based on mixed-fleet strategies rather than full electrification**

EVs are currently best suited for **short, predictable urban or regional routes**, while other technologies remain necessary for longer and more energy-intensive operations. As technology, digital tools, and policy alignment improve, the role of EVs is expected to expand incrementally.

Final Remarks

This Executive Summary presents a clear and practice-oriented overview of a six-month research effort focused on electric vehicle adoption in last-mile food logistics. By combining empirical insights with an integrated analytical framework, the study provides both clarity and direction for regional projects such as KooRuoKo.

The findings highlight that meaningful progress toward low-emission food logistics depends on coordinated action across technical, economic, policy, sustainability, and digital dimensions. When these elements are addressed together, electric cold-chain logistics can move from isolated pilots toward scalable and resilient solutions.