



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Konetekniikka

# Metsäperävaunun kuljetuksen optimointi

Juho Ratilainen

Opinnäytetyö, helmikuu 2025

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



OPINNÄYTETYÖ  
Helmikuu 2025  
Konetekniikka koulutus

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Juho Ratilainen

Nimeke  
Metsäperävaunun kuljetuksen optimointi.  
Toimeksiantaja  
Kesla Oyj

#### Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tehtävä oli metsäperävaunun kuljetus koon optimointi, jotta Kesla Oyj:n metsäperävaunu saataisiin kuljetettua asiakkaalle standardi kuljetuksessa. Kuljetusta valmistelevan prosessin optimoinnin tarkoituksena on helpottaa työntekijöiden työtä. Toiminnallisessa osassa työ tullaan suorittamaan opinnäytetyössä kuvatulla tavalla.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kehittämistyön ja tuotekehitysprosessien menetelmiä sekä Suomen tieliikennelainsäädännön vaatimuksia. Opinnäytetyön aikana tuotekehitykselle luotiin suunnitteluprosessi, joka pohjautui tietoperustassa esiteltyihin menetelmiin. Suunnittelua ohjasivat niin kehitysprosessit kuin myös kuljetuskoolle asetetut erityisvaatimukset ja tavoitteet. Työn edetessä kehitettiin vaatimusten mukainen ratkaisuvaihtoehto, joka visualisoitiin 3D-malliksi.

Opinnäytetyössä kehitettiin asetettujen vaatimusten mukainen kuljetuskokonaisuus, joka on suunniteltu Suomen tieliikennelain ja sen rajoitteiden mukaisesti.

Kieli  
suomi

Sivuja 33  
Liitteet 6  
Liitesivumäärä 6

Asiasanat  
Optimointi, tuotekehitys, prosessi



THESIS  
February 2025  
Degree Programme in Bachelor of Engineering

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)  
Juho Ratilainen

Title  
Optimizing forest trailer transportation  
Kesla Oyj

#### Abstract

The task of this thesis was to optimize the transport size of a forest trailer so that Kesla Oyj's forest trailer could be transported to customers using standard transportation. The purpose of optimizing the transport preparation process is to facilitate the work of employees. In the functional part, the work will be carried out as described in the thesis.

The thesis examined development work and product development process methods as well as the requirements of Finnish road traffic legislation. During the thesis work, a design process was created for product development, which was based on the methods presented in the theoretical foundation. The design was guided by both development processes and the special requirements and objectives set for transport size. As the work progressed, an alternative solution that met the requirements was developed and visualized as a 3D model.

The thesis developed a transport solution that meets the set requirements and is designed in accordance with Finnish road traffic law and its restrictions.

Language  
Finnish

Pages 33  
Appendices 6  
Pages of Appendices 6

Keywords  
optimization, product development, process

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Opinnäytetyön aihe .....	5
1.2	Kesla Oyj .....	5
1.3	Toimeksianto .....	8
1.4	Rajaus .....	8
1.5	Tavoitteet .....	9
2	Kehittämistyö .....	9
2.1	Lähestyminen kehitystyössä .....	9
2.2	Lähestymistavan valitseminen .....	13
2.3	Toimintatutkimus .....	13
2.4	Soveltuvuus, prosessin vaiheet ja menetelmät .....	14
2.5	Konstrukttiivinen tutkimus .....	16
2.6	Soveltuvuus, prosessin vaiheet ja menetelmät .....	16
3	Tuotekehitys .....	18
3.1	Tuotekehitystoiminta .....	18
3.2	Asiakastarpeen tunnistaminen .....	19
3.3	Vaatimuslistan kehittäminen .....	20
3.4	Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin ja pois sulkeminen .....	23
3.5	Vaihtoehtojen yhdistäminen, arviointi ja parhaan valinta .....	24
4	Erikoiskuljetukset .....	25
5	Nykytilan selvitys .....	27
5.1	Nykytila .....	27
6	Vaatimuslista .....	29
7	Vaihtoehtojen luominen .....	29
8	Vaihtoehtojen yhdistäminen ja vertailu .....	29
9	Läpikäynti .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
10	Tulokset .....	32
	Lähteet .....	33

## Liitteet

Liite 1	ELY- keskus erikoiskuljetus
Liite 2a	ELY- keskus
Liite 2b	ELY- keskus
Liite 3	Vaatimuslista
Liite 4a	Morfologinen laatikko
Liite 4b	Vaihtoehtojen yhdistäminen morfologisessa laatikossa

## Termit

Prosessi	Toistuva ja strukturoitu toimintojen tai tapahtumien sarja, joka tähtää tiettyyn lopputulokseen, esimerkiksi tuotteenvalmistus.
Optimointi	Prosessi, jossa pyritään löytämään paras mahdollinen ratkaisu johonkin ongelmaan tai tavoitteeseen.
Tuotekehitys	Uusien tuotteiden kehittämistä tai nykyisten tuotteiden parantamista.
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusta. ELY-keskukset ovat Suomen valtion aluehallintoviranomaisia, jotka hoitavat elinkeinoihin, liikenteeseen, ympäristöön ja muihin alueellisiin asioihin liittyviä tehtäviä.

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön aihe

Suuremman metsäperävaunun tarkoitus on tuoda käyttäjälleen joustavuutta ja kykyä siirtää sama määrä suurempina erinä hakkuualueilta pinoille. Näin pystytään säästämään metsänomistajan tai urakoitsijan aikaa ja rahaa, jolloin ajallisesti jää metsänomistajalle tai urakoitsijalle aikaa johonkin muuhun.

Tämä opinnäytetyö käsittelee Kesla Oyj:n metsäperävaunua ja sen kuljetukseen liittyviä haasteita. Ongelmaksi on kulminoitunut tuotteen koko kuljetuksen näkökohdasta, joka on johtanut erikoiskuljetuksen tarpeeseen. Huomioiden Kesla Oyj:llä käydyissä keskusteluissa, Kesla Oyj:llä ei ole otettu huomioon tuotesuunnittelussa pakkaukseen tai kuljetukseen liittyviä dokumentteja, joista tulisi ilmetä oleelliset tiedot pakkaus tavasta, tuotteen pukittamisesta, tuotteen keskipiste, nosto- ja sidontapisteistä.

Opinnäytetyön tilaajana ja toimeksiantajana toimi Kesla Oyj. Työ tehtiin yrityksen omiin tarpeisiin. Opinnäytetyössäni panostin huomattavan määrän aikaa tiedon etsimiseen ja analysoimiseen, jotta opinnäytetyöstä tuli mahdollisimman selkeä ja laadukas. Työn toteutusvaiheessa sovelletaan tietoperustassa esitetyä Eppinger, Ulrich & Yang, M. C.-tuotekehitysprosessimallien menetelmiä. Kuljetuksen koon suunnittelussa tullaan huomioimaan Suomen tieliikennelainsäädäntö, opinnäytetyön tilaajan vaatimukset, sekä turvallisuuteen liittyvät asiat.

## 1.2 Kesla Oyj

Keslan tarina alkaa 1950-luvun rantasalmelaiselta pelloilta, jossa Antti Kärkkäinen mietti, kuinka hän selättäisi peltojen vitsauksen, kivet. Kekseliäs Antti loi mietteistään oman kivenraivauskoneensa (kuvassa 1), joka tunnettiin nimellä Kivi- Antti, joka myöhemmin esiteltiin suurelle yleisölle Mäntyharjun maatalousnäyttelyssä 1956. 1960-luvulle tultaessa, Antti perusti oman tilansa, jonka hän nimesi yrityksen mukaan Rantasalmen raivausväline. Keksintöjensä myynnistä huolehti itse isäntä, joka toi markkinoille monien muiden keksintöjen ohessa

PATU- äkeen, joka esiteltiin Vääkssä 1968. Keksintöjen myötä yrityksen toiminta kasvoi. 1969 perheen ja yrityksen epäonneksi koitui Antti Kärkkäisen äkillinen menehtyminen kesken kartoituksen. (Kesla 2025.)



Kuva 1. Kivenraivauskone Kivi-Antti (Kesla 2025).

1970- luvulle tultaessa Antti Kärkkäisen poika Seppo jatkoi yrityksen toimintaa laajentamalla ja rakentaen yritykselle 1800 neliön tuotantotilat, joihin yritys muutti 1974. Samana vuonna yritys muutti nimensä Keslaksi mukailleen uuden kotipaikkansa nimeä, joka työllisti jo parisen kymmentä työntekijää. Vuosikymmenen lopussa työntekijämäärä ja tuotanto olivat kasvaneet huomattavasti, kiitos Hankkijan kanssa luodun yhteistyön. 1970-luvun lopulla, Kesla teki merkittävimmän päätöksen yrityksen historiassa siirtyä maatalouskoneiden valmistajasta, metsätalouskoneiden valmistajaksi. (Kesla 2025.)

1980-luvun aikana, Keslasta oli tullut metsäkoneiden valmistajana merkittävä vientiyritys Pohjois- Karjalan alueella. Vuosikymmenen puolivälissä, Kesla laajensi toimintaansa ostamalla itselleen koneistamon Ilomantsista, Kartekki Ky:n, jonka he fuusioivat itseensä. 1980-luvun lopussa tapahtui paljon, Kesla osti Joensuusta S.A.Tervolta Karjalan Rautarakenteen konepajan ja Foresteri Oy:n osake- enemmistön ja Kesla listautui pörssiin 1988. 1980- luvun lopussa yrityksen liikevaihto lähenteli 80 miljoonaa markkaa. (Kesla 2025.)

2000- luvun aikana, Kesla Oyj muodostui konserni yhtiön yhtiöittäessä Ilomantsin tehtaan toiminnot itsenäiseksi kokonais omisteiseksi tytäryhtiöksi, Kesla Components Oy:ksi. Samaan aikaan markkinoille lanseerattiin 2000- autonosturit, 200- ja 300- sarjan metsäkuormaimet ja uusi harvesterikorien sukupolvi. (Kesla 2025.)

2012 Kesla rekisteröi Kesla GmbH:n Saksan kaupparekisteriin, jonka tuesta ja myynnistä vastaa tytäryhtiö saksalaisille jälleenmyyjilleen ja asiakkailleen. Saman vuosikymmenen aikana Kesla lanseerasi uudet tuotteet: 21-sarjan nosturit, toisen sukupolven harvesterikourat, proG- kahmarit ja uudistuneet metsäperävaunut. Kesla luopui kolme vuosikymmentä kestäneestä Hankkija- yhteistyöstä ja aloittaen uuden kumppanuuden AGCO Internationalin kanssa. (Kesla 2025.)



Kuva 2. Uusi metsäperävaunumalli- 165 ja kahmari. (Kesla Oyj)

2023 Keslan liikevaihto oli 55 miljoonaa euroa ja työllisti 255 henkilöä.

15.10.2024 Kesla esitteli uuden sukupolven metsäperävaunumallin 165. (Kesla Oyj 2025.) Kuvassa 2, Kesla Oyj:n uusin perävaunumalli.

### 1.3 Toimeksianto

Opinnäytetyön toimeksiannon sain Kesla Oyj:n tuotekehityspäälliköltä tammi-kuussa 2025. Tarve opinnäytetyössä suunniteltavalle dokumentaatiolle ja kuljetuskoon optimoinnille on ollut toimeksiantajan tiedossa jo aiemmin. Työ aloitettiin 9.2.2025 ja sen valmistumisen tavoitteeksi asetettiin kesäkuu 2025.

Opinnäytetyön toimeksiantona oli luoda ohjeistus, minkälaisiin kokonaisuuksiin tuote tulisi purkaa, pakata ja mitä tuotesuunnittelussa tulisi ottaa huomioon tuotteen kuljetuksen suunnittelussa. Ohjeistuksen tarkoituksena on tuoda selkeyttä purkuun ja pakkaukseen, sekä päästä tuotteen osalta standardi kuljetuksiin. Tällä hetkellä tuote puretaan ja pakataan hiljaisen tiedon varaisesti ilman ohjeistusta ja kuljetuskuvia.

### 1.4 Rajaus

Opinnäytetyön aiheen ollessa laaja, Kesla Oyj:n kanssa käydyissä keskusteluissa on päädytty rajaamaan pois opinnäytetyöstä kaikki muut metsäperäkärriymallit. Opinnäytetyössä tullaan käymään läpi vain tietyn metsäperäkärriymän. Myös mahdolliset kustannukset, joita syntyy muun muassa kuljetuksesta, valmistuksesta, suunnittelusta on rajattu pois opinnäytetyöstä. Opinnäytetyön selkeyttämiseksi myös mahdolliset laivarahdit on rajattu työn ulkopuolelle.

Opinnäytetyön kattavuuden kannalta on tarpeetonta käsitellä henkilötietoja, joten ne ovat jätetty pois opinnäytetyöstä. Tällä tarkoitetaan, että valmistukseen osallistuvat henkilöt, asiakkaat, sekä erinäiset kuljetusfirmat eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön.

Opinnäytetyössä ei oteta myöskään huomioon logistiikasta yleisesti syntyviä rajoitteita, kuten logistiikkaketjujen tiedonjako, kuljetusten hinnat, sekä varastoon sitoutuneen pääoman määrä.

Kuten Ojasalo, Moilanen ja Ritalahti (2014, 11.) kertovat katkelmassa: ”Jotta kehittämistehtävän rajaaminen onnistuu, pitää hallita keskeisimmät käsitteet ja tuntea aiheeseen liittyvä olemassa oleva tieto.”.

## **1.5 Tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa toimeksiannon mukainen ohjeistus tuotesuunnittelu- osastolle ja tuotantoon. Tavoitteena oli, että annettujen ja tutkittujen tietojen pohjalta, yritys pääsisi haluttuun lopputulokseen tuotteen osalta, jota voitaisiin soveltaa myös muissa tuoteperheen malleissa.

Tavoitteena on yhdenmukaistaa tuotteen pakkaaminen, sekä purkaminen. Tuotteelle oli tarkoitus luoda dokumentaatio kuljetukseen valmisteleavasta pukituksesta, sidonnasta, sekä pyrkiä vähentämään pakkaamiseen ja purkamiseen kuluva aikaa. Myös yksi tavoitteista on saada jaettua painoa tasaisemmin kuljetusrekan lavetille.

Tuotteen kuljetuskoon optimoinnin tarkoituksena oli päästä kuljetusten osalta yritykselle suotuisampaan lopputulokseen, standardikuljetuksiin.

## **2 Kehittämistyö**

### **2.1 Lähestyminen kehitystyössä**

Tässä opinnäytetyön osiossa avasin, millä ajatuksin lähdin lähestymään toimeksiantajani ongelmaa ja minkälaisia lähestymistapoja valitsin heidän liiketoimintansa ja prosessin kehittämiseksi.

Ojasalo ym. (2014) kertovat, että päämäärien tulee olla kehittämistyön näkökulmasta korkean etiikan mukaisia, rehellisiä, nuhteettomia ja käyttökelpoisia, niin kuin yhteiskunnassa ja sosiaalisissa tilanteissa. (Ojasalo ym. 2014, 48–50.)

Yritykset ja muut organisaatiot pyrkivät kehittämistyöllä luomaan uusia menetelmiä, tuotteita, toimintatapoja tai palveluja ympäristön ja omien tarpeidensa pohjalta. (Ojasalo ym. 2014, 11.)

Ojasalon ym. (2014) mukaan oppimisen todellinen lähtökohta on kehittämistyö, jolloin voidaan puhua kehittämispohjaisesta oppimisesta. Kehittämispohjaisen oppimisen lähtökohta voi olla työelämän. Sen päämäärä voi olla tuottaa uusia toimintatapoja, palveluja, tuotteita tai organisaatiokulttuuria.

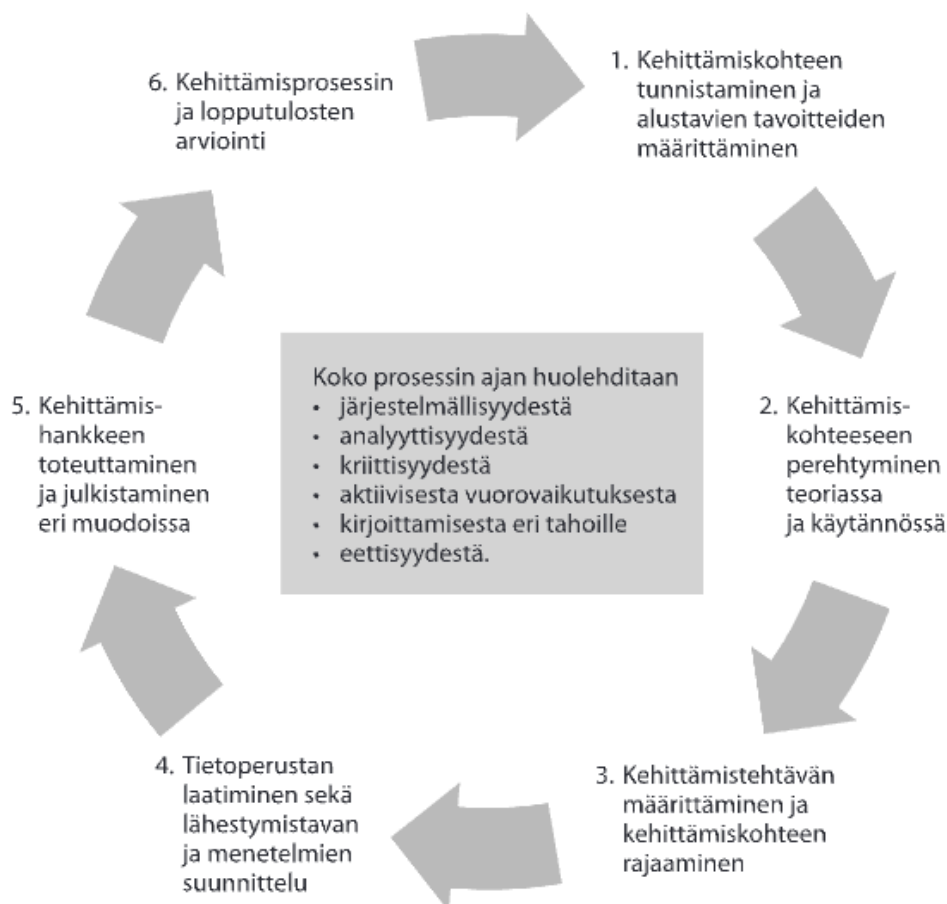
Kehittämistyö vaatii yhteistyötä vastuun ottamista yhdessä kaikista toimista. Kehittämispohjaisen oppimisen tärkeimpiä piirteitä ovatkin yhdessä kokeminen, yhteistyö, tutkimuksellisuus ja innovointi. (Ojasalo ym. 2014,15.)



Kuvio 1. Tutkimuksellisen kehittämistyön luonne (Ojasalo ym. 2014, 18.)

Kuviossa 1. tutkimuksellinen kehittämistyö on asetettu keskelle jatkumoon, jonka toisessa ääripäässä on tieteellinen tutkimus ja toisessa kritiikin omiin näkemyksiin pohjautuva kehittämistyö, josta tässä kirjassa käytetään käsitettä arki ajatteluun perustuva kehittäminen. (Ojasalo ym. 2014, 17.)

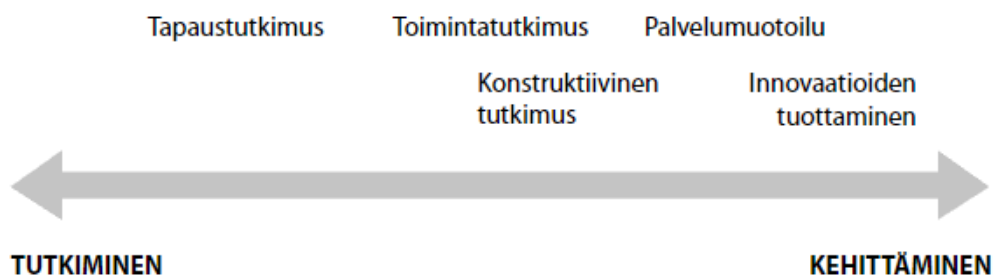
Kuviossa 2. tyypillinen malli tutkimuksellisen kehittämistyön prosessista. Tällaiset prosessimallit ovat hyödyllisiä, koska ne tarjoavat kokonaiskuvan kehittämistyön eri vaiheista. Prosessi ei kuitenkaan ole aina selkeästi jaettavissa vaiheisiin, ja niiden erottaminen toisistaan on usein haastavaa. Tutkimuksellista kehittämishanketta aloittaessa on syytä ymmärtää siihen liittyvät tekijät. (Ojasalo ym. 2014, 23.)



Kuvio 2. Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessi. (Ojasalo ym. 2014, 24.)

Ojasalo ym. (2014) korostavat kirjassaan, että tutkimuksellisuus ymmärretään usein liian kapeasti. Se ei rajoitu pelkästään kysely- tai haastattelumenetelmien käyttöön, vaan on laajempi ja merkittävämpi lähestymistapa. Tutkimuksellisuus on keskeinen osaamisalue, jota tarvitaan työelämässä, ja se ilmenee kehittämistyössä järjestelmällisenä, analyyttisenä ja kriittisenä etenemisenä. (Ojasalo ym. 2014, 21.)

Ojasalo ym. (2014) kirjassaan esittelevät kuinka erilaiset lähestymistavat asettuvat tutkimisen ja kehittämisen jatkumossa (kuvio 3). (Ojasalo ym. 2014, 36.)



Kuvio 3. Lähestymistavat tutkimisen- kehittämisen jatkumolla. (Ojasalo ym. 2014, 36.)

Kaikenlainen kehittämistyö voidaan jäsentää yksinkertaiseksi muutostyön prosessiksi (kuvio 4). Muutostyön prosessi koostuu 3 eri vaiheesta. Ensimmäinen askel on kehittämishaasteiden selvittäminen, tavoitteiden asettaminen ja ajatus siitä kuinka niihin päästään, suunnitteluvaihe. Toisessa vaiheessa toimitaan suunnitteluvaiheessa tunnistetun ongelmien kautta kohti päämäärää. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan muutostyön onnistuminen ja sen pohjalta käydään uutta keskustelua, ei haluttujen tai toivottujen tulosten uudelleen ohjaaminen suunnitteluun, prosessin uudelleen käynnistäminen. (Ojasalo ym. 2014, 22.)



Kuvio 4. Muutostyön prosessi (S= suunnittelu, T= toteutus, A= arviointi). (Ojasalo ym. 2014, 23.)

Ojasalo (ym. 2014) huomauttaa kirjassaan, että kehittämistyössä voidaan soveltaa useampaa lähestymistapaa. Esimerkiksi yrityksen laatu järjestelmän kehittäminen, jossa on sovellettu kolmea erilaista lähestymistapaa, on tapaus, toiminta ja konstruktiiivisesta tutkimuksesta. On hyvä tunnistaa oman tutkimustyön piirteet ja poimia kustakin lähestymistavasta soveliaimmat menetelmät ja keinot. (Ojasalo ym. 2014, 51.) Kehittämistyötä usein verrataan prosessina eli toisiaan seuraavina vaiheina, joita ei voi aloittaa ennen kuin edellinen vaihe on valmis.

Prosessitoiminta auttaa tunnistamaan kriittiset vaiheet, joka auttaa tekijäänsä toimimaan johdonmukaisesti, mitkäkin asiat täytyy olla tehtynä, ennen kuin voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen. (Ojasalo ym. 2014, 22.)

## **2.2 Lähestymistavan valitseminen**

Opinnäytetyössä tulin käyttämään kahta erilaista tapaa tai niiden soveltavaa yh-teen sovittamista.

Ennen varsinaisen menetelmän tai menetelmien valintaa on hyvä miettiä ja suunnitella aloittaessa kehittämistyötä. Lähestymistavan valitsemiseen vaikuttaa minkälaisesta tutkimusstrategiasta aikoo työssään käyttää. (Ojasalo ym. 2014, 51.)

## **2.3 Toimintatutkimus**

Toimintatutkimuksella tarkoitetaan useimmiten tutkimusta, jonka tarkoituksena on pyrkiä ratkaisemaan erinäisiä ongelmia, aikaansaaden muutoksia prosesseihin tai toimintamalleihin. Useimmiten siinä esitetään erinäisiä ratkaisuja käytännön ongelmiin, jotka voivat liittyä muun muassa teknologiaan tai sosiaalisiin tilanteisiin. Tavoitteena on ratkaista yrityksessä havaittuja käytännön ongelmia keräten samalla tietoa taustalla vaikuttavista ilmiöistä. Toimintatutkimuksesta käytetään myös nimitystä kehittävä työntutkimus. Tämän tarkoituksena on toimia hyvin ongelmakeskeisenä sekä sisällyttää käytännön esimerkkejä. Vaatimuksena tässä voidaan pitää siis käytännönläheisyyttä ja sen tulisi koskettaa työntekijöiden jokapäiväisiä toimintamalleja. Tyypillisinä piirteinä ovat muun muassa ongelmakeskeisyys osallistavien ihmisten rooli ja osallistuvien yhteistyö. Tutkimuksessa tulee kiinnittää huomiota siihen osallistuviin työntekijöihin ja heidän seurantaansa. Tarkoituksena on tavoittaa työntekijät, jotka työskentelevät mahdollisen ongelman vaikutuspiirissä. (Ojasalo ym. 2014, 58.)

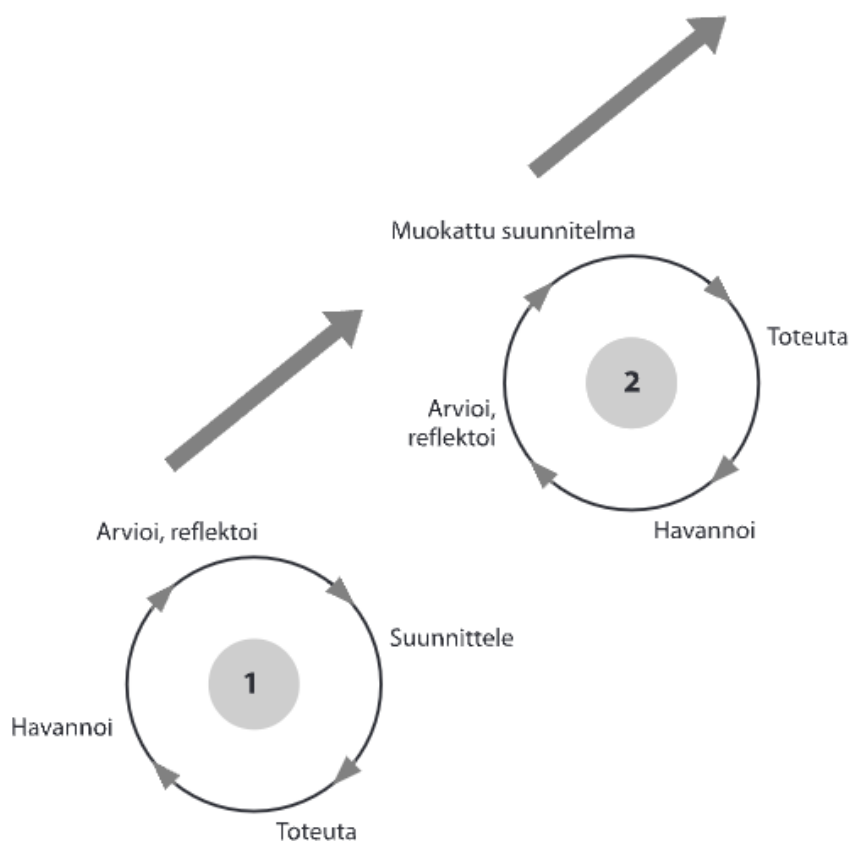
Osallistava kehittäminen tarjoaa yritykselle monia etuja. Yrityksen sisältä tulleet ratkaisut ongelmaan ovat yleensä lähtökohtaisesti realistisempia kuin yrityksen

ulkopuolelta saadut ajatukset. Prosessia hoitavat työntekijät tuntevat haasteet paremmin kuin muut, jos he ovat valmiita muutokseen. Yrityksen ulkopuolelta tulleisiin ideoihin suhtaudutaan pienemmällä kynnyksellä kielteisesti kuin yrityksen sisäisiin ehdotuksiin. (Ojasalo ym. 2014, 59.) Ojasalo ym. (2014) toteaa, että haasteena toimintatutkimuksessa on se, että tutkimuskohde on aina sidottu tilanteeseen, jolloin aikaisempia tuloksia on vaikea tutkimuksessa hyödyntää. (Ojasalo ym. 2014, 59.)

## **2.4 Soveltuvuus, prosessin vaiheet ja menetelmät**

Toimintatutkimus keskittyy käytäntöjen ja toimintojen muuttamiseen, joka tekee siitä sopivan apuvälineen tutkimukselliseen kehittämistyöhön. Se voi käsitellä mitä tahansa ilmiöitä, joka liittyy arkielämään. Erityisesti toimintatutkimus on hyödyllinen sosiaalisten ja työkäytänteiden sekä työmenetelmien kehittämisessä, sillä sen tavoitteena on ymmärtää ja kehittää uusia tai uudenlaisia toimintatapoja. Sen avulla voidaan myös tuoda uusia näkökulmia työskentelyyn, parantaa kommunikaatiota tutkijoiden ja työntekijöiden välillä sekä tarjota uusia tapoja ongelmien ratkaisemiseksi. Toimintatutkimuksessa ei tyydytä pelkästään nykytilan tarkasteluun, vaan pyritään muuttamaan todellisuutta vuorovaikutuksessa käytännön toiminnan ja teoreettisen tutkimuksen kanssa. (Ojasalo ym. 2014, 59–60.)

”Toiminta (kuvio 5.) etenee toimintatutkimuksessa suunnittelun, havainnoinnin ja arvioinnin kehänä, jossa tutkimuksen jokaista vaihetta toteutetaan ja suhteutetaan toisiinsa järjestelmällisesti ja kriittisesti.” (Ojasalo ym. 2014, 60–61.)



Kuvio 5. Toimintatutkimuksen spiraalimainen eteneminen (Ojasalo 2014, 60.)

Tutkimus- ja kehitysprosessi on itseään toistava, jota voidaan kuvata myös spiraalina. Varsinaista työtä ei aloiteta ennen, kuin aineistoon on perehdytty tarpeeksi ja on täsmennetty kehitystehtävä ja tavoitteet sekä vahvistettu projekti-suunnitelma. Työ aloitetaan tutkimalla ja arvioimalla toimintatapoja, onko ryhmällä edellytyksiä saavuttaa haluttu päämäärä, jonka jälkeen analysoidaan saadut tulokset ja tarkennetaan haluttua päämäärää. Tutkimusprosessissa vuorottelevat suunnittelu, toiminta ja toiminnan arviointi. (Ojasalo ym. 2014, 61.)

Ojasalo (ym. 2014) muistuttavat kirjassaan, että kaikki osallistujat ovat tasa-arvoisia, heidän hierarkkisesta asemastaan huolimatta, sekä toimintatutkimus voi viedä aikaa, koska on kyse asenteenmuuttamisesta, jossa organisaation työntekijät ovat aktiivisesti mukana kehityksessä. (Ojasalo ym. 2014, 61.)

Toimintatutkimus katsotaan yleensä laadulliseksi, kvalitatiiviseksi lähestymistavaksi, mutta siinä voidaan hyödyntää myös määrällisiä menetelmiä ja niiden tulee olla osallistavia. Näin päästään käsiksi toimihenkilöiden ja työntekijöiden käytännön ymmärrykseen ja ammattiosaamiseen, jolloin myös kehittämistyön

näkökulma laajenee eikä nojaudu ainoastaan teoreettiseen tietoon. Havainnointia pidetään yhtenä tehokkaimmista aineistonkeruutavoista toimintatutkimuksessa. Tutkimusaineistoiksi kelpaavat myös asiakirjat ja muut kirjalliset aineistot, joista on mahdollista löytää yksittäisten tapahtumien ja toimintojen kuvauksia kohdeorganisaatiosta. Mahdollisia menetelmiä voivat olla yhteiset keskustelut, diskurssi, jota on mahdollista kuvata yhteisesti hyväksytyihin näkemyksiin tai mielipiteisiin hakeutuvaksi keskusteluksi, sekä erilaiset ajankäyttöä esittävät diagrammit. Menetelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä usein ovat yrityksen koko, kehittämiskohteen laajuus, tutkimushenkilöstö ja sen rooli sekä kohdehenkilöstö. (Ojasalo ym. 2014, 61–62).

## **2.5 Konstruktiivinen tutkimus**

Tarkoituksena on saada aikaan fyysinen tuotos tai suunnitelma, on hyvä valita menetelmäksi konstruktiivinen tutkimus. Konstruktiivinen toiminta on käytännönläheistä ongelmanratkaisua luomalla uusi rakenne, jonka toteuttamiseen tarvitaan empiiristä tietoa. Konstruktiivisen tutkimuksen tarkoitus on saada perusteltu ratkaisu, joka tuo liiketoimintaan uutta tietoa. Tällainen tekee lähestymistavasta haastavan, koska on tärkeää kahlita käytännön ongelma ja sen ratkaisu teoriaan. Konstruktion toimivuuden osoittaminen vaativat lisätyötä ja joudutaan pohtimaan, kuinka selvä näyttö rakenteen toimivuudesta tarvitaan. Konstruktiivinen tutkimus vaatii organisaation johdon aktiivista osallistumista ratkaisujen laatimisessa ja samalla korostaa hyödyntäjien ja toteuttajien välistä vuorovaikutusta ja kommunikointia. (Ojasalo ym. 2014, 65.)

## **2.6 Soveltuvuus, prosessin vaiheet ja menetelmät**

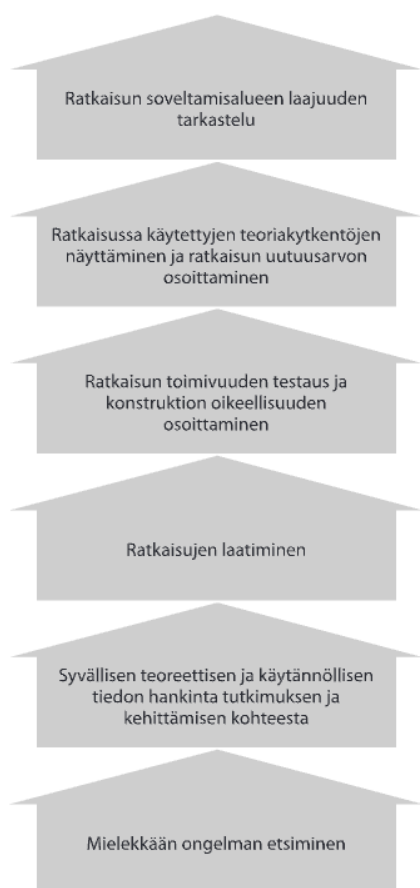
Konstruktiivisen tutkimuksen soveltuu hyvin, kun on tarkoitus luoda suunnitelma, uusi tuote tai malli eli konkreettinen tuotos, jolla ratkaistaan aito käytännön ongelma. Merkitys piilee kehittämisen yhteys aikaisempaan teoriaan ja ongelman ja ratkaisun käytännön merkitys. Näin saadaan merkityksellisesti käyttökelpoinen rakenne, joka on edeltäjäänsä parempi ratkaisu ongelmaan.

Konstruktiivinen tutkimus on paikallaan, kun ongelman ratkaisuun tarvitaan teoreettista tietämystä. Tämän tyyppinen tutkimus antaa organisaatiolle puolueettoman ja teoreettiseen tietämykseen perustuvan ratkaisun ongelmaan.

Toimeksiantajan on sitouduttava kehittämiseen, koska se ei ole vain avaintyöntekijän tai johtajan ajatus. Tämän tyyppinen tutkimus mahdollistaa projektin pilkkomisen, jaettavaksi osaprojekteihin ja annettavaksi alihankkijoille.

Tämä pienentää tutkimuksen ja käytännön kehitystyön välistä kuilua, mikä kehittää yrityksen omaa osaamista tulevaisuuden hankkeissa. Tällä lähestymistavalla on pragmaattinen tai käytännöllinen totuus käsitys, jossa totta on se, mikä toimii. Konsultaation ja konstruktiivisen tutkimuksen ero on, että konstruktiossa tukeudutaan vahvasti teoriaan. (Ojasalo ym. 2014, 66.)

Konstruktiivisen tutkimuksen prosessissa (kuvio 6) ratkaisun laatiminen vaatii teoreettisia perusteluita. Koska on kyse uusista ideoista ja innovoinnista, kannattaa testata esikokein ennen varsinaista prototyyppiä. (Ojasalo ym. 2014, 67.)



Kuvio 6. Konstruktiivisen tutkimuksen prosessi. (Ojasalo ym. 2014, 67.)

Konstruktiiivinen tutkimus vaatii pitkäjänteisyyttä ja huolellista dokumentointia kaikilta osapuolilta. Tutkimusprosessissa on tärkeää perustella käytettävät metodit ja esittää, arvioida sekä perustella valitut ratkaisuvaihtoehdot. Ratkaisun toimivuutta testataan kolmen eritasoisen markkinatestin avulla. Alimman markkinatestin läpäiseminen vaatii, että se toimii organisaatiossa osana sen toimintaa. Keskitason markkinatestin läpäiseminen vaatii ratkaisun käyttöönottoa useassa organisaatiossa, ja korkein markkinatesti puolestaan edellyttää, että käyttöönoton seurauksena organisaatiot menestyvät paremmin kuin ne, jotka eivät sitä käytä. Ratkaisun toimivuutta voidaan arvioida myöhemmin, joten opinnäytteissä kokeilu voi jäädä vajanaiseksi, niissä tilanteissa, jos aikataulutukset liittyvät muihin organisaatioihin. Konstruktiiivisessa tutkimuksessa käytetyt menetelmät voivat olla moninaisia, ja tyypillisesti käytetään havainnointia ja ryhmäkeskusteluja, kuten tapaustutkimuksessakin. (Ojasalo ym. 2014, 67–68.)

Ojasalo ym. (2014) painottavat, että yhteistyö on avain menestykseen, sekä oleellista on tuntee tuotosten käyttäjien tarpeet ja ottaa tulevat käyttäjät mukaan kehittämisprosessiin jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Konstruktiiivisessa tutkimuksessa tutkija ja kehittäjä ovat samaan aikaan muutosagentti ja oppimisprosessin tukihenkilö ja oppimisen edistäjä. (Ojasalo ym. 2014, 68.)

### **3 Tuotekehitys**

#### **3.1 Tuotekehitystoiminta**

Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger ja Maria C. Yang (2020) kuvailevat prosessia sarjaksi vaiheita, jossa panokset muutetaan tuotoksiksi. Tuotekehitys prosessi on sarja vaiheita tai tehtäviä, joista yrityksen työntekijät luovat mallin yrityksen markkinoitavaksi. Jokainen yritys on omanlaisensa, yritys voi seurata toisessa projektissa toisenlaista prosessimenetelmää ja toisessa projektissa toista. Ulrich ym. (2020) toteavat, että hyvin määritelty kehitysprosessi on hyödyllinen monestakin eri syystä:

**Laatutakuu:** Kehitysprosessi tarkoittaa kehitysprojektin vaiheet ja välitapit, kun nämä ovat valittu oikein, tuotteen lopputuloksen laatu on varmistettu.

**Koordinointi:** Selkeästi artikuloitu kehitysprosessi toimii pääsuunnitelmana, joka määrittää jokaisen kehitystiimin jäsenen roolin, ajankohdan, jolloin heidän osallistumisensa on enemmän kuin suotavaa ja kenen kanssa heidän täytyy vaihtaa tietoja.

**Suunnittelu:** Kehitysprosessi sisältää virstapylväitä jokaisen kehitysvaiheen loppuun asti. Näiden ajoitus lyö lukkoon kehitysprojektin keston.

**Hallinta:** Kehitysprosessi on suorituskykymittaus arvioidessa kehitys toiminnan kyvykkyyttä.

**Parannus:** Huolellinen dokumentointi ja arviointi meneillä olevasta organisaation kehitysprosessista ja sen tuloksista voi auttaa löytämään tilaa kehittymiselle.

(Ulrich ym. 2020, 12–13.)

Jokinen (2010) kuvailee tuotekehitystä monivaiheisena toimintana, jonka tavoitteena on kehittää uusi tuote tai parantaa nykyisiä tuotteita. Monivaiheinen prosessi käsittää markkinoinnin, uusien materiaalien etsimisen, kehitysnäkymien analysoimisen, jonka käynnistämiseen tarvitaan paljon tietoja esimerkiksi luonnostelua, yksityiskohtaista suunnittelua, käyttöohjeiden laatimista ja tuotantomenetelmien kehittäminen. (Jokinen 2010, 9.)

### **3.2 Asiakastarpeen tunnistaminen**

Asiakkaan vaatimukset ilmaisevat suunnittelijalle selkeät ongelma- ja parannuskohdat, mitä valmiin tuotteen tulisi tarjota kuluttajalle, jotta hän olisi tyytyväinen tuotteeseen. Yleensä tällainen jättää paljon tulkinnan varaa, mitä asiakas oikeasti haluaa. Tästä syystä kehitystiimit kokoavat listan vaatimuksia, jotka lausuvat tarkat toiminnot, jotka tuotteen on täytettävä. Vaatimukset koostuvat

metrisistä arvoista, jotka ilmoitetaan asiaan kuuluvina määreinä esimerkiksi ki-  
loina, sekunteina, milleinä ja niin edelleen. (Ulrich ym. 2020, 96–97.)

Teknologia keskeisissä tuotteissa on harvoin mahdollista täyttää kaikki asiakas-  
tarpeet. Tällaisille tuotteille asetetaan alussa korkeat odotukset, jotka luovat ke-  
hitystiimille toiveen ideaalisesta tuotteesta. Kehityksen aikana asetetut vaati-  
mukset muuttuvat tuotekehityksen edetessä, kunnes ryhmä tunnistaa tuotteen  
asettamien rajoitteet, jotka määräävät saavutettavat toiminnot tuotteelle.

Jotta voidaan koota lopullinen vaatimuslista, tiimin on tehtävä valintoja toivottu-  
jen toimintojen välillä tuotteen osalta. (Ulrich ym. 2020, 97–98.)

Esa Hietikko (2021) esittelee kirjassaan taulukon, jonka avulla asiakkaan tar-  
peita voidaan selvittää (taulukko 2.). (Hietikko, E. 2021. 4. Asiakas tarpeen tun-  
nistaminen, tarpeen selvittäminen.)

<b>Menetelmä</b>	<b>Informaation tyyppi</b>	<b>Edut</b>	<b>Haitat</b>
Olemalla käyttäjä	Konkreettinen, henkilökohtainen tieto	Tiedon syvällisyys	Tieto hankalasti siirrettävissä
Tarkkailemalla käyttäjiä	Tietämys prosessista	Asiakkaan oppiminen kielen	Aika ja raha
Haastatteleamalla käyttäjiä	Suuri määrä yksityiskohtia	Nopea tapa kerätä tietoa	Konkreettinen ja prosessiin liittyvä tieto ei tule esiin

Taulukko 1. Asiakkaan tarpeiden selvitys- menetelmät. (Hietikko, E. 2021.)

### 3.3 Vaatimuslistan kehittäminen

Tuomaala Jorma (1995) kertoo kirjassaan, että tuotteeseen perehtymisen jäl-  
keen laaditaan vaatimuslista (Taulukko 3). Vaatimuslista toimii luettelona toi-  
veista ja vaatimuksista, joiden toivotaan toteutuvan tuotteen kohdalla. Se on sa-  
malla perusta myöhemmin suoritettavalle päätöksenteolle. (Tuomaala, J. 1995,  
80).

Vaatimusluokkia on kolme. Kiinteät vaatimukset (KV) tilanteesta huolimatta on täytettävä kokonaisuudessaan. Vähimmäisvaatimus on täytettävä vähimmäisarvoonsa saakka, voidaan mennä myös yli rajan, mutta ei koskaan alittaa. Viimeisimpänä toivomukset (T) huomioidaan mahdollisuuksien mukaan, sallitaan pienet lisäkustannukset. (Tuomaala, J. 1995, 80)

Tuomaala, J. (1995) esimerkissä esitellään auton mekaanisen energian hyödyntämistä, kun auto ajetaan rampille ja auton pakokaasusta paine-energian hyödyntämistä painesäkissä. Tehtäväni on hieman erilainen verraten äskeiseen esimerkkiin. Sovellan kyseistä vaatimuslistaa (Liite 3) tunnistaakseni rajoitteet ja huomiota vaativat seikat metsäperäkärin kuljetusta edeltävässä prosessissa.

Muutos pvm	KV VV T	VAATIMUS	Tärkeys
		<b>1. GEOMETRIA</b>	
	KV	Nosturin on mitoiltaan sovelluttava autotallikäyttöön (auton sivuilla on tilaa yhteensä n. 1,5 m).	
	KV	Nosturin on ulottuvuuksiltaan sovelluttava kuvan 6.4 mukaisten autokokojen käsittelyyn.	
	KV	Nosturin on oltava helposti varastoitavissa ilman suurta tilan tarvetta.	
		<b>2. KINEMATIikka</b>	
	VV	Jokin kuvan 6.2 nostotavoista on oltava toteutettavissa.	
		<b>3. VOIMAT</b>	
	VV	Nosturin on kyettävä nostamaan 1300 kg painava auto.	
	T	Nostamiseen tarvittava käsivoima $\leq 150$ N.	
		<b>4. ENERGIA</b>	
	KV	Käyttöenergiana lihasenergia.	
		<b>5. AINE</b>	
	KV	Raaka-aineena teräs	
		<b>6. TURVALLISUUS</b>	
	KV	Kohotetun auton alla työskentelyn on oltava turvallista:	
		- ylhäälläpysyminen varmistettu	
		- kiinnitys autoon pitävä	
		- tuenta maahan riittävän laaja	
		- kohotettuna olevaan autoon sisäänpääsy mahdollinen (tulivartiointi hitsattaessa)	
		<b>7. VALMISTUS</b>	
	KV	Ei hiontaa vaativia osia	
	T	Puristimia voidaan käyttää	
	KV	Käytettävän levyn vahvuus $\leq 8$ mm.	
	T	Yksinkertainen rakenne.	
		<b>8. TARKASTUS</b>	
	KV	Nosturi testattava 2000 kg painavaa autoa nostaen.	
		<b>9. KULJETUS</b>	
	T	Nosturin kuljettaminen henkilöauton sisätiloissa mahdollista.	
		<b>10. KÄYTTÖ</b>	
	VV	Nosturin paino $\leq 50$ kg.	
	VV	Yksittäisten osien paino $\leq 20$ kg.	
	VV	Valmisteluihin ja nostoon kuluva aika $\leq 5$ min.	
		<b>11. KUNNOSSAPITO</b>	
	KV	Huoltoa ei tarvita.	
		<b>12. KUSTANNUKSET</b>	
	VV	Valmistuskustannukset $< 4$ 250 mk (oletettu valmistusmäärä 2000 kpl/vuosi)	
	T	Ei työstökone- eikä rakennusinvestointeja.	
		<b>13. TOIMITUSAIKA</b>	
	KV	Konstruktio valmis ..... mennessä.	
		KV = Kiinteä vaatimus VV = vähimmäisvaatimus T = toivomus	

Taulukko 2. Vaatimuslista. (Tuomaala, J. 1995.)







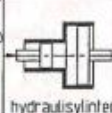













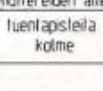
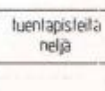


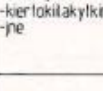
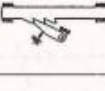

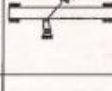
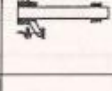



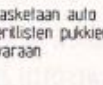
Tuomaala, J. (1995) huomauttaa, että vaatimuslistan liiallinen korostaminen takaa suunnitteluprojektille huonon lopputuloksen. Siinä tehdään suunnittelutyön kommunikoinnin suurin virhe, ja suunnittelijoilta vaaditaan todella voimakasta luonnetta ja taitoa, jotta he kykenisivät siitä huolimatta kunnolliseen työhön. Lisäksi vaatimuslista voidaan vetää esiin aina silloin, kun sitä vähiten tarvitaan. Sen avulla omakohtaista suunnittelutaitoa ja kokemusta vailla oleva johto

ajattelee pitävänsä kuria ryhmässä ja kykenevänsä puristamaan työn aikataulussa läpi. (Tuomaala, J. 1995, 82).

Vaatimuslistan haittapuolia pyritään torjumaan laatimalla tehtävälle selkeä määrittely. Systemaattisessa metodissa se laaditaan vaatimuslistan pohjalta unohtaen toivomukset ja pelkistämällä vaatimuksista niiden olennaisin sisältö. (Tuomaala, J. 1995, 82).

### 3.4 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin ja poissulkeminen

Tuomaala, J. (1995) kirjassa on kuvattuna, kuinka kokonaistoiminto tässä tapauksessa auton nostaminen eli kokonaistoiminto saadaan toteutettua osatoiminnolla hydraulilla tai askelvivulla. Jäsentelytaulukosta käytetään myös nimitystä morfologinen laatikko. Morfologinen taulukko kuvassa auttaa kehittäjää löytämään vaihtoehdot, jotka arvioidaan vaatimuslistaa apuna käyttäen ja tuotteen rajoitteet huomioon ottamalla.

Ratkaisuperiaate		1	2	3	4	5	6	7	8
Osa	Toiminto								
1	Vahvistaa käyttövoima nostovoimaksi	 ruuvi ja mutteri	 askelvipu	 hammaspyörästo	 hammastanko	 vakioyö-rästo	 telapyörä	 hydraulisylinteri	-----
2	Johdtaa nostovoima ja -liike auton nostokohtiin								
3	Kiinnittää autoon	 pohjaan nojaaval-lyyryt	 vierintäesteet-pyörin	 kipinäys pyörin-muttereiden alle	-----	-----	-----	-----	-----
4	Tukee maahan	 tuentapisteitä yksi	 tuentapisteitä kaksi	 tuentapisteitä kolme	 tuentapisteitä neljä	-----	-----	-----	-----
5	Pidattaa	 käyttövoiman vahvistava laite on itsepidättävä	 jousi säppipyörä	 -ruutakylkin -kiertokilakylkin- -ne					 vastaventiili hydraulisessa laitteessa
6	Lukitaa	 maahan nojaava tuki	 sokkalappi	 lasketaan auto erillisten pukkien varaan	-----	-----	-----	-----	-----
		lukitaan muutosluokkeisesti nostovoiman ohittava mekanismi							







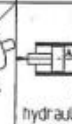








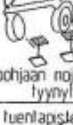


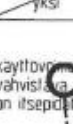

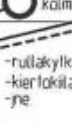

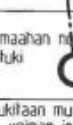

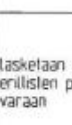

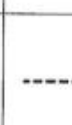
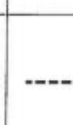


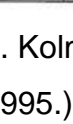
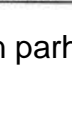
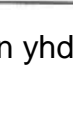
Taulukko 3. Autonostimen morfologinen laatikko. (Tuomaala, J. 1995.)

Jäsentelykaaviossa osafunktiot ja niiden ratkaisut esitellään omilla riveillään. Rivinumero kertoo osafunktion numeron. Kaikille osafunktioille ei löydy yhtä monta ratkaisuvaihtoehtoa, joten rivien loppupäässä on niiden kohdalla tyhjää. Aluksi kaaviosta on syytä karsia pois turhat vaihtoehdot. (Tuomaala, J. 1995, 89).

Luonnostelemassani morfologisessa taulukossa ei ole suoritettu osatoimintojen pois sulkemista, koska metsäperäkärryn rakenne ja turhaan purkamisen käytettävä aika rajoittaa vaihtoehtoja.

### 3.5 Vaihtoehtojen yhdistäminen, arviointi ja parhaan valinta

Tuomaala, J. (1995) kirjassaan esittää kuinka yhdistelmien laadinnassa on edetty osafunktiosta toiseen ja valinnut niistä mielenkiintoisimmat.

Ratkaisuperiaate Osa- toiminto	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Vahvistaa käyttövoima nostovoimaksi	 ruuvi ja mutteri	 askelvipu	 hammaspyörästö	 hammastanko	 vakipyörästä	 telapyörä	 hydraulisylinteri	-----
2 Johtaa nostovoima ja -liike auton nostokohtiin								
3 Kiinnittää autoon	 pohjaan nojaava lyynyli	 vierinäesteeli pyörin	 kiinnitys pyörän- mutterien alle	-----	-----	-----	-----	-----
4 Tukea maahan	 tuentapisteitä yksi	 tuentapisteitä kaksi	 tuentapisteitä kolme	 tuentapisteitä neljä	-----	-----	-----	-----
5 Pidättää	 käyttövoima vahvistava on itsepidätävä	 jousi	 -rullakylkin -kierlakylkin- -ne					 vastaventiili hydraulisessa laitteessa
6 Lukitsee	 maahan nojaava huki	 sokkatappi	 lasketaan auto erillisten pukkien varaan	-----	-----	-----	-----	-----

Taulukko 4. Kolmen parhaan yhdistelmän sijainti jäsentelykaaviossa (Tuomaala, J. 1995.)

Mukailin Tuomaala, J. (1995) jäsentelykaavion mukaista taulukkoa (Liite 4). Loimme yhdessä Kesla Oyj:n kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta jäsentelytaulukon.

Valintakriteerit: (+) kyllä (-) ei (?) tiedon puute (!) vaatimustista tarkistettava		Päätökset: (+) kehitetään eteenpäin (-) karsitaan (?) hankitaan lisää tietoa (!) muutetaan vaatimustalista						
Ratkaisuvaihtoehdot	Tehtävän asetusta vastaava		Huomautukset, perustelut					
	Toteutuskelpoisuus hyvä							
	Täyttää kiinteät vaatimukset							
	Kustannukset sallituissa rajoissa							
	Valittomat turvallisuusvaatimukset täyttävä							
	Helppo käyttää							
	A B C D E F							
V1	+	+	+	?	+	+		+
V2	+	+	+	?	+	+		+
V3	+	+	+	+	+	+		+
V4	+	?	+	+	?	-	Nostovaihe vaikea ja aikaa vievä	-
V5	+	-	+	?	+	+	Tarvittava nostovoima alkuvaiheessa suuri (-> järeä rakenne -> tilaongelmia)	-
V6	+	-	+	-	+	+		-

Taulukko 5. Autonosturin valintataulukko

Tuomaala, J. (1995) esittelee myös valintataulukon, johon on koottu vaatimustilan tärkeimmät kriteerit ja varustettu eri ratkaisuvaihtoehdot niiden mukaisilla arvomerkeillä.

#### 4 Erikoiskuljetukset

Erikoiskuljetuksia ovat tiekuljetukset, joissa vähintään yksi tiellä yleisesti sallittu mitta tai massa-arvo ylittyy. Erikoiskuljetuksilla ei ole yhtenäistä kansainvälistä lainsäädäntöä, kuten tavaraliikenteen kuljetuksissa yleisesti. Kansallinen lainsäädäntö ja erikoiskuljetuslupakäytäntö ovat vaihtelevia. (JAMK Logistiikka. 2021, 347.)

Liitteessä 1. on ilmoitettu suurimmat mitat tieliikennelain sekä liikenne- ja viestintävirasto Traficomien määräyksen mukaan, joille ei tarvitse erikoiskuljetusluvaa eri ajoneuvoille tai yhdistelmille, jotka on rekisteröity EU- tai ETA- valtiossa. Suomessa vapaat mittarajat koskevat erikoiskuljetuksia EU- tai ETA- valtioissa rekisteröidyillä tai käyttöön otetulla ajoneuvolla tai yhdistelmällä. Kuorma- autoilla tai niiden yhdistelmillä vapaat mittarajat ovat yleensä enintään korkeus 4,4 metriä, leveys 4,0 metriä ja pituus puoliperävaunun yhdistelmällä 40 metriä. (JAMK Logistiikka. 2021, 349–350). Suurin sallittu leveys puoliperävaunulle lain puitteissa on 2,55 metriä.

<b>Varoitusautojen vähimmäismäärä erikoiskuljetuksessa</b>						
	<b>Leveys (m)</b>					
<b>Pituus (m)</b>	enintään 3,00	yli 3,00	yli 3,50	yli 4,00	yli 5,00	yli 7,00
enintään 30,00			1	2	3	4
yli 30,00	*)	1	1	2	3	4
yli 35,00	1	2	2	3	3	4
yli 40,00	2	2	3	3	3	4
yli 45,00	2	3	3	3	3	4
yli 50,00	3	3	3	3	3	4

Taulukko 6. Varoitusautojen vähimmäismäärä erikoiskuljetuksessa. (Traficom 2020)

Seuraava katkelma on suoralainaus Traficomien PDF- tiedostosta, joka käsittelee mittoja, jolloin on käytettävä ainoastaan erikoiskuljetusautoiksi merkittyjä ajoneuvoja.

Erikoiskuljetuksen mitta ylittää leveyden 4,00 metriä, korkeuden 5,00 metriä tai pituuden 40,00 metriä, jolloin varoitusautoina on käytettävä pelkästään EKL-autoja; kuljetuksessa voi kuitenkin käyttää muuta varoitusautoa kuin EKL-autoa silloin, kun ei ylitetä muita tiellä yleisesti sallittuja mittoja kuin korkeus ja kuljetuksen korkeus on enintään 5,50 metriä. (Traficom 2025, 23–24).

## 5 Nykytilan selvitys

### 5.1 Nykytila

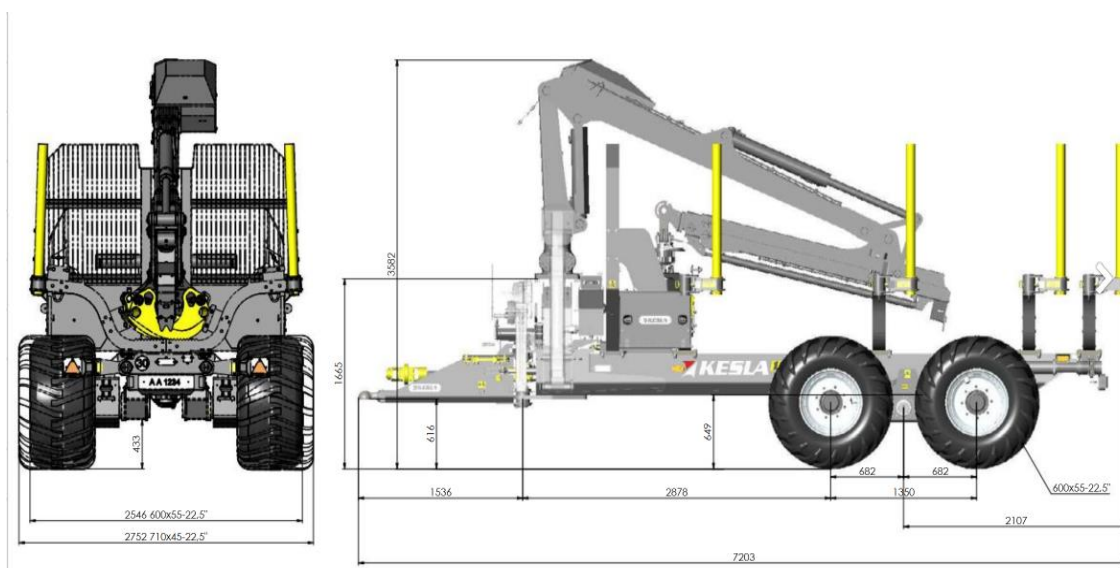
Kesla Oyj on järjestänyt metsäperävaunujen kuljetuksen kuvan 3 mukaisella pressuperävaunulla tai kuvan 4 mukaisella megatrailerilla, joissa molempien sisäkorkeus on 3 metriä, leveys 2.5 metriä ja pituus 13.6 metriä.



Kuva 3. Kapelliperävaunu. (Toplift Finland Oy 2019)



Kuva 4. Mega traileri. (Flexitrans Ltd. 2020)



Kuvio 5. Kesla Oyj:n Metsäperävaunu ja kahmari geometria (Issuu 2024)

Liitteeseen 3. on listattu tehtävän onnistumisen kannalta tärkeimmät asiat, jotka tulee ottaa purkamisessa huomioon. Tuotteen mittoja oli saatava kavennettua leveydessä sekä korkeudessa vaatimuslistassa esitettyihin maksimi mittoihin. Opinnäytetyössä käsiteltävän metsäperäkärin mitat ovat kasattuna suurimmillaan leveydessä 2752 millimetriä, korkeudessa 3582 millimetriä ja syvyys 7203 millimetriä. Suomen tieliikennelain puitteissa ainoaksi ratkaistavaksi mitaksi olisi jäänyt tuotteen leveys, mutta kyseinen tuote on myyty Eurooppaan, jossa tieinfrastrukturi on erilainen kuin Suomessa, joka on asettanut kyseiset rajoitteet kuljetus geometrialle.

## 6 Vaatimuslista

Vaatimuslistaa (liite 3.) lähdettiin kehittämään yhdessä Kesla Oyj:n Joensuun tehtaan tuotekehityspäällikön, Keslan Oyj:n Kesälahden tehtaan tuotantopäällikön ja suunnittelijan kanssa. Vaatimuslistassa on esitelty prosessin kannalta muita tärkeitä toimintoja, joita ei ole esitetty morfologisessa taulukossa. Nämä kyseiset toiminnot eivät vaikuta tuotteen kokoon esimerkiksi vaatimuslistan turvallisuus osiossa esitelty sidontaliinujen suojaus.

## 7 Vaihtoehtojen luominen

Mukailimme Tuomaala, J:n kirjassa esiteltyä (liite 4a) morfologisentaulukkoa. Tuote oli minulle ennestään tuntematon, jonka vuoksi pyysin apua sen täyttämässä. Taulukon luonnostelemisessa minua avustivat Kesla Oyj:n Joensuun tehtaan tuotekehityspäällikkö, Keslan Oyj:n Kesälahden tehtaan tuotantopäällikkö ja suunnittelija.

## 8 Vaihtoehtojen yhdistäminen ja vertailu

Morfologisentaulukon (Liite 4b) täyttämässä tarvitsin apua, koska tuote oli minulle ennestään tuntematon. Taulukon kanssa minua avustivat Kesla Oyj:n Joensuun tehtaan tuotekehityspäällikkö, Keslan Oyj:n Kesälahden tehtaan tuotantopäällikkö ja suunnittelija. Vertailimme ja pisteytimme sanallisesti vaihtoehdot, joista muodostui seuraavanlaiset konstruktiot. Vaihtoehdot on merkattu taulukon omilla väreillään, jotka määräytyivät sanallisen pisteytyksen tuloksena.

### Vaihtoehto 1. Hopea

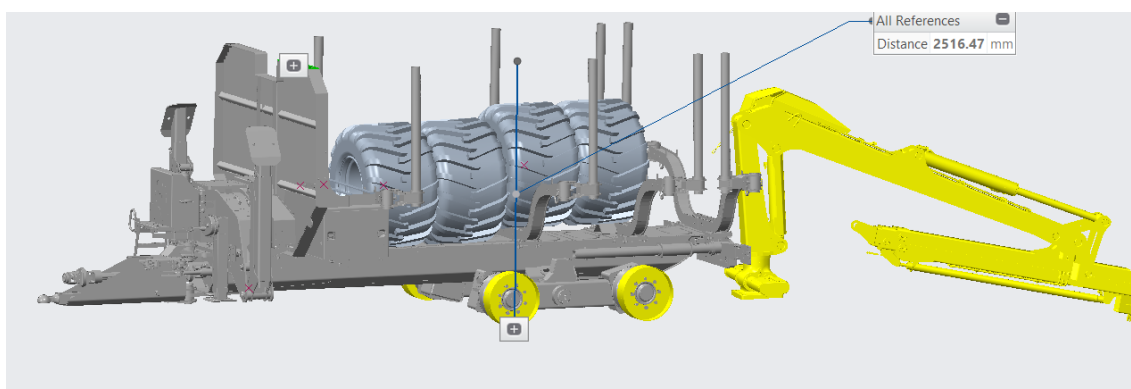
Vaihtoehto ei sovi lopputoimituksen näkökohdasta, koska kone on saatava pois rekan kyydistä asiakkaan luona. Konstruktio vaatisi järeää kalustoa asiakkaan päässä, joka tuo lisäkuluja.

### Vaihtoehto 2. Pronssi

Vaihtoehto ei sovellu vaatimuslistan kriteereihin, jos renkaat ovat paikallaan ylittyy, tuolloin vaatimuslistaan kiinteän vaatimuksen leveys. Korkeus ei muutu kahmarin poistamisen myötä.

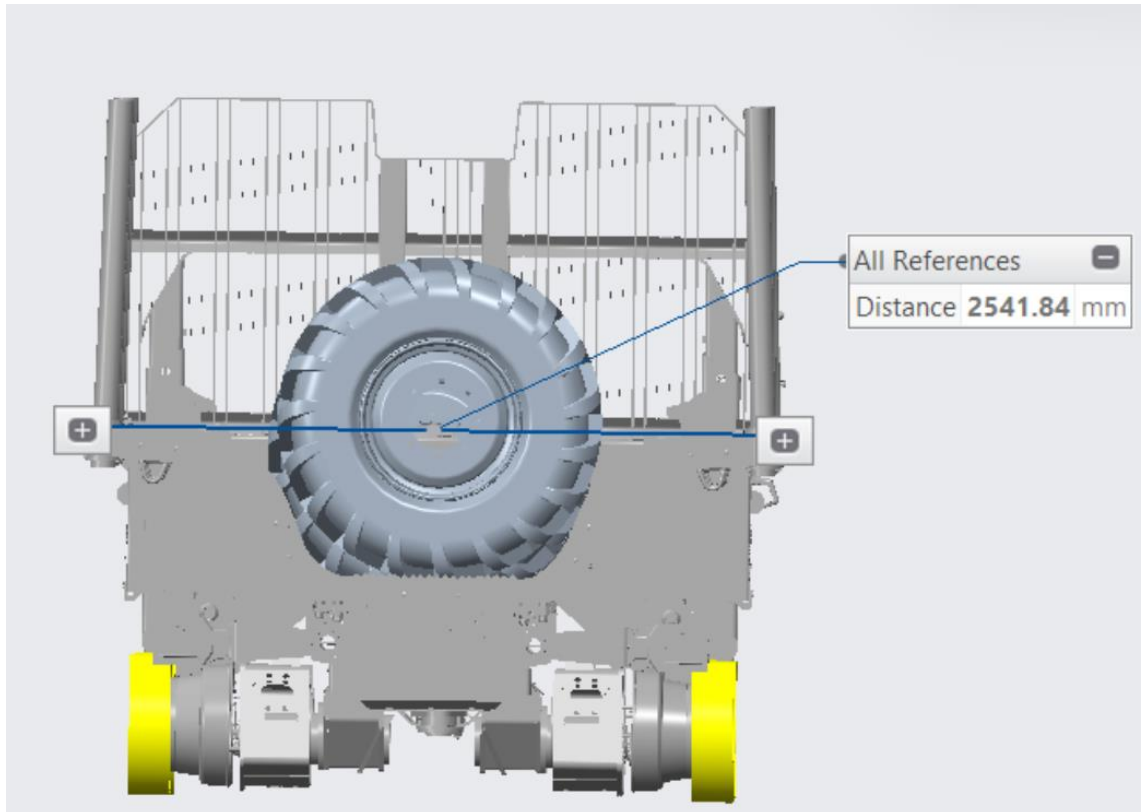
### Vaihtoehto 3. Kulta

Vaihtoehto kuulostaa järkevältä irrottaa nosturi kokonaisuudessaan, koska perävaunu paketti mataloituu huomattavasti ja suuret renkaat korvataan matalimilla ja kapeimmilla siirtopyörillä, jolloin korkeutta saadaan entisestään mataloitettua ja leveyttä kavennettua. Pankojen poistaminen ei vaikuta oleellisesti perävaunupaketin korkeuteen.



Kuvio 6a. Kesla Oyj:n metsäperävaunu purettu kokonaisuus. (Creo 6, 2025)

Kuvioista 6a ja 6b on nähtävillä, kuinka tuote aiotaan pakata kuljetusta varten ja oleelliset mitat kuljetukseen vaikuttavat mitat.



Kuvio 6b. Kesla Oyj:n metsäperävaunu purettu kokonaisuus. (Creo 6, 2025)

Tuotteen leveydeksi tulee purkamisen jälkeen 2541 millimetriä ja korkeudeksi 2516 millimetriä.

## 9 Katselmus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa selvää Kesla Oyj:n metsäperävaunun kuljetuskoon optimointi siten, että tuote kyettäisiin kuljettamaan standardi kuljetuksessa asiakkaalle.

Ensimmäisissä keskusteluissa kävimme läpi opinnäytetyön rajausta ja minkälaisella aikataululla se tulisi valmistumaan. Keskustelujen myötä rupesin kokoamaan teoriaa kasaan. Kun olin saanut teorian kirjoitettua esittelin sen Keslan Oyj:n tehtaalla Joensuussa.

Esittelyn jälkeen aloitin kirjoittamaan yrityksen nykytilasta ja kalustosta, jolla Kesla Oyj on aikaisemmin hoitanut kuljetukset asiakkaille.

Teoriassa käsittelin kehittämistyön menetelmiä, joista sain suuren avun kirjoittamiseen ja millä menetelmillä lähestyn aihetta ja kuinka sitä tutkisin. Tuotekehittämistyössä hyödynsin Eppingerin, Ulrich ja Yangin teosta tuotesuunnittelusta ja kehityksestä, kuin myös Tuomaalan teosta luovasta koneenrakennuksesta.

Tuomaalan kirjasta sain arvokasta tietoa, kuinka vaatimuslista ja morfologinen taulukko tehdään ja pisteytetään. Pisteytystä ei ole opinnäytetyössä työssä käsitelty kuin vain teoriassa, koska pisteytys on tehty sanallisesti Kesla Oyj:n toimihenkilöiden kanssa vierailun yhteydessä.

## **10 Tulokset ja pohdinta**

Työn onnistumisesta voisi mainita, että se on osittainen. Metsäperävaunu, jota käsittelin työn aikana, oli myyty Etelä-Eurooppaan, jossa tieinfrastruktuuri on huomattavasti perinteistä suomalaista tieinfrastruktuuria suppeammaksi suunniteltu.

Kuljetusmitat täyttyvät Suomessa standardi kuljetuksen mitat, kun otetaan huomioon vielä trailerin lavetin korkeus maasta. Kesla Oyj:ltä saatujen tietojen perusteella kuljetuksia Etelä-Eurooppaan pitäisi vielä saada hiottua, kun otetaan huomioon mega- trailerin lavetin korkeus maasta.

Kesla Oyj:llä käytyjen keskustelujen pohjalta voitiin todeta, että suunnittelussa täytyisi ottaa enemmän huomioon kuljetusta koskeva dokumentaatiota. Esimerkiksi suunnittelu ei ole huomionnut tuotesuunnittelussa kuljetusta koskevia kuljetuskuvia, joista tulisi ilmetä sidonta, paino- ja nostopisteet.

## Lähteet

- Ajoneuvolaki (1090/2002)  
 Laki liikenteen palveluista (320/2017)  
 Tieliikennelaki (729/2018)  
 Traficom liikenne- ja viestintävirasto. 2020. Erikoiskuljetukset ja erikoiskuljetusajoneuvot.  
[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Erikoiskuljetusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys\\_FI.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Erikoiskuljetusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys_FI.pdf). 5.3.2025.
- Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. Erikoiskuljetukset.  
<https://www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset>. 5.3.2025.
- Eppinger, S. D., Ulrich, K. T. & Yang, M. C. 2020.  
 Product Design and Development. 7. Painos. New York: McGraw-Hill.
- Flexitrans LTD. 2020. Mega trailers.  
<https://www.flexitrans.co.uk/services/mega-trailers/>. 11.4.2025.
- Hietikko, E. 2021. Tuotekehitystoiminta.  
 4. Painos. Helsinki: Book on Demand GmbH  
<https://www.ellibslibrary.com/fi/bookshelf>. 18.3.2025
- JAMK Logistiikka. 2021. Tavaraliikenneyrittäjä. 56. Painos.  
 Jyväskylä: Grano Oy. Päivitetty 14.4.2021.
- Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Aalto Yliopisto.  
<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>.  
 18.3.2025.
- Kesla Oyj. 2025. Pörssitiedote, sisäpiiritieto: Kesla Oyj vahvistaa asemaansa puolustusteollisuudessa.  
<https://kesla.com/fi/ajankohtaista/uutinen/porssitiedote-sisapiiritieto-kesla-oyj-vahvistaa-asemaansa-puolustusteollisuudessa-2025-01-28>. 12.2.2025.
- Kesla Oyj. 2024. Uusi levyrunkovaunu  
[https://issuu.com/keslaoyj/docs/2024\\_10\\_kesla\\_165\\_fin\\_interactiv](https://issuu.com/keslaoyj/docs/2024_10_kesla_165_fin_interactiv)
- Kesla Oyj. 2025. Kesla-60 luvulta nykypäivään.  
<https://kesla.com/fi/yritys/kesla-60-luvulta-nykypaevaaen>.  
 11.2.2025.
- Ojasalo, K., Moilanen, T., & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät.  
 3. Uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy. <https://www.ellibslibrary.com/fi/bookshelf>. 27.2.2025.
- Toplift Finland Oy. 2019. Millainen pressukapelli palvelee ajotarvettasi parhaiten?  
<https://toplift.fi/kapelli/millainen-pressukapelli-palvelee-ajotarvettasi-parhaiten/>. 11.4.2025.
- Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu.  
 1.Painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 17.4.2025

## Tekstiä täydentävät lisäykset

### Liite 1.



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

**MILLOIN ERIKOISKULJETUSLUPAA EI  
TARVITA EU- JA ETA-VALTIOS-  
SA REKISTERÖIDYLLE AJONEUVOLLE**  
1.6.2020

Erikoiskuljetuksen suurimmat mitat Tieliikennelain sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in määräyksen mukaan, joille **ei tarvita kuljetuslupaa**. Vaikka erikoiskuljetus ei tarvitsisikaan mittojensa perusteella lupaa, on **aina** noudatettava erikoiskuljetuksen merkitsemisestä ja varoitustoimenpiteistä annettuja määräyksiä.

Tiellä yleisesti sallittu **korkeus 4,40 m** koskee kaikkia tämän taulukon ajoneuvoja. Tätä korkeammalle kuljetukselle on oltava erikoiskuljetuslupa.

Ajoneuvo tai yhdistelmä, joka on rekisteröity EU- tai ETA- valtiossa	Leveys m <sup>1)</sup>	Pituus m <sup>1)</sup>	Suuremmalle mitalle saa kuljetusluvan
Kuorma-auto	4,00	13,00	Kyllä Ei <sup>2)</sup>
Kuorma-auto, jossa kuormaukseen soveltuva nosturi ja tuentalaitteet, kun kuormana on vene	4,00	16,00	Kyllä
Ajoneuvonkuljetusauto	3,50	16,00	Kyllä <sup>3)</sup>
Omalla voimakoneella liikkuva ajoneuvo, jota ei ole tarkoitettu kuorman kuljettamiseen	4,00	20,00	Kyllä
Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmä tai kuorma-auton ja usean perävaunun yhdistelmä	4,00	30,00 34,50	Kyllä Kyllä <sup>4)</sup> Ei
Kuorma-auto ja varsinainen erikoiskuljetusperävaunu	4,00	30,00 34,50	Kyllä Kyllä <sup>4,5)</sup> Kyllä <sup>5)</sup>
Kuorma-auto ja puoliperävaunu	4,00	40,00	Kyllä
Traktori ja ajoneuvonkuljetusperävaunu	3,50	20,00	Kyllä <sup>6)</sup> Ei
Traktori ja veneen kuljettamiseen rakennettu perävaunu	4,00	20,00	Kyllä
Traktori ja kuormaamaton (turvetuotanto)perävaunu tai traktori ja hinattava laite	4,00	30,00	Kyllä
Pakettiauto	3,50	12,00	Ei
Kuorma-, henkilö- tai pakettiauto ja keskiakseliperävaunu	3,50	20,75	Kyllä <sup>7)</sup> Ei <sup>8)</sup>

Kuorman ylityksellä ei ole merkitystä luvan myöntämiselle edellä mainittujen vapaiden mittarajojen puitteissa. Kuorman ylitykset vaikuttavat varoitustoimenpiteisiin. Tarkemmat tiedot Traficom in erikoiskuljetusmääräyksen kohdissa 5.1 ja 7.2.

<sup>1)</sup> Tielle yleisesti sallittua tai ajoneuvoa suurempi mitta saa tulla vain jakamattomasta kuormasta.

<sup>2)</sup> Pituuden ylitys on sallittu kuorman lastauksen tai purkamisen yhteydessä, jos purettava kuorma on kuljettu perävaunussa.

<sup>3)</sup> Luvan saa enintään leveydelle 4,00 metriä ja enintään pituudelle 18,00 metriä.

<sup>4)</sup> Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmän tai kuorma-auton ja usean perävaunun yhdistelmän leveyden ollessa enintään 3,50 metriä, pituuden vapaa mittaraja on 34,50 metriä. Leveyden ylittäessä 3,50 metriä, pituuden vapaa mittaraja on 30,00 metriä.

<sup>5)</sup> Pituuden tulee kuormaamattomana ylittää tiellä yleisesti sallittu mitta.

<sup>6)</sup> Luvan saa enintään leveydelle 4,00 metriä.

<sup>7)</sup> Luvan saa enintään leveydelle 4,00 metriä, jos perävaunun leveys on yli 2,60 metriä eikä kuorma ole 1 metriä perävaunua leveämpi.

<sup>8)</sup> Kuorma-auton ja hinattavan laitteen yhdistelmän vapaa pituus on 30,00 metriä.

## Liite. 2a



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

**SUURIMMAT SALLITUT MITAT  
KULJETETTAESSA AJONEUVOA  
NORMAALILIIKENTEESSÄ SUOMESSA**  
1.6.2020

Alla olevassa taulukossa on esitetty tiellä yleisesti sallitut suurimmat normaaliliikenteen mitat (Tieliikennelaki 729/2018 muutoksineen). Kuljetuksen korkeus, leveys tai pituus saa ylittää taulukossa mainitut mitat vain kuljetettaessa **jakamatonta esinettä**.

Suomessa on sallittu kaikkien muiden EU- ja ETA-valtioiden ajoneuvoille samat mitat kuin suomalaisille ajoneuvoille (EU- ja ETA-valtiot -kohta taulukossa). EU- ja ETA-valtioiden ajoneuvolla suoritettaviin jakamattomien esineiden kuljetuksiin sovelletaan ns. vapaita mittarajoja. Tällöin kuljetus ei tarvitse erikoiskuljetuslupaa, mutta kaikki muut erikoiskuljetuksia koskevat säännöt ja määräykset, kuten esim. kuljetuksen merkitseminen ja varoitusautojen käyttö, koskevat kuljetusta. Suurimmat sallitut mitat, jolloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita, on esitetty erillisessä liitteessä (Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin erikoiskuljetukset ja erikoiskuljetusajoneuvot -määräys TRAFICOM/420073/03.04.03.00/2019).

EU- ja ETA-valtioiden ulkopuolisille (esim. Sveitsi, Turkki, Venäjä) ajoneuvoille ja ajoneuvoyhdistelmille Suomessa sovelletaan kansainvälisessä liikenteessä sallittuja korkeus-, leveys- ja pituusarvoja (Muut valtiot -kohta taulukossa). EU- ja ETA-valtioiden ulkopuoliset ajoneuvot tarvitsevat kuljetusluvan, kun alla olevassa taulukossa mainitut mitat ylittyvät.

	EU- ja ETA-valtiot	Muut valtiot
<b>KORKEUS</b>		
Kaikki ajoneuvot .....	4,40 m	4,00 m
<b>LEVEYS</b>		
Yli 22 metrin pituisessa yhdistelmässä käytetty muu kuin lämpöeristetty ajoneuvo sekä linja-auto (poikkeuksena museolinja-autot) .....	2,55 m	-----
Henkilöauto .....	2,50 m	2,50 m
Muut ajoneuvot .....	<b>2,60 m</b>	2,55 m
<b>PITUUS</b>		
<b>Kuorma-auto</b> .....	13,00 m	12,00 m
<b>Perävaunu</b>		
Puoliperävaunu		
• Vetotapista perään .....	18,00 m	12,00 m
• Vetotapista eteenpäin .....	2,04 m	2,04 m
Varsinainen perävaunu, jota käytetään yli 22,00 m pitkässä ajoneuvoyhdistelmässä		
• Etuakseliston kääntöpisteestä perään .....	16,00 m	-----
• Etuakseliston kääntöpisteestä eteenpäin (pituus ilman vetoaisaa) .....	2,04 m	-----
Muut perävaunut (pituus ilman vetoaisaa) .....	12,50 m	-----
Varsinainen- tai keskiakseliperävaunu kytkinlaitteen .....	-----	12,00 m

## Liite. 2b



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

**SUURIMMAT SALLITUT MITAT  
KULJETETTAESSA AJONEUVOA  
NORMAALILIIKENTEESSÄ SUOMESSA**  
1.6.2020

PITUUS	EU- ja ETA-valtiot	Muut valtiot
<b>Ajoneuvoyhdistelmä</b>		
Kuorma-auto (N <sub>3</sub> -luokka) ja puoliperävaunu .....	23,00 m	16,50 m
Kuorma-auto (N <sub>2</sub> -luokka) ja puoliperävaunu .....	16,50 m	16,50 m
Kuorma-auto ja keskiakseliperävaunu		
• Kokonaispituus .....	20,75 m	18,75 m
• Kuormatilojen yhteispituus .....	-----	15,65 m
• Etäisyys vetoauton kuormatilan etupäästä kuormatilan takapäähän .....	-----	16,40 m
Muut kuin edellä mainitut kuorma-auton ja yhden tai useamman perävaunun yhdistelmä		
• Kokonaispituus .....	34,50 m	-----
• Kuormatilojen yhteispituus .....	29,24 m	-----
Henkilö- tai pakettiauto ja puoliperävaunu .....	16,50 m	16,50 m
Henkilö- tai pakettiauto ja muu kuin puoliperävaunu .	18,75 m	16,50 m
Muu ajoneuvoyhdistelmä .....	16,50 m	16,50 m

N<sub>2</sub>-luokan kuorma-auto: kokonaismassa enintään 12 tonnia

N<sub>3</sub>-luokan kuorma-auto: kokonaismassa yli 12 tonnia

## Liite 3.

Muutos pvm.	KV, VV, T	VAATIMUS PURKUUN	Tär ke ys
18.3.2025		GEOMETRIA	
19.3.2025	KV	Pituus alle 23 metriä	
	KV	Korkeus maksimissaan 2.5 metriä (lastaustasolta mitattu)	
	KV	Leveys maksimissaan 2.50 metriä	
19.3.2025		VOIMAT	
	VV	Sidontaliinojen vähimmäis- kapasiteetti 2000 kg	
19.3.2025		TURVALLISUUS	
	KV	Irrotettujen komponenttien huolellinen pakkaus.	
	VV	Perävaunu lastattu mahdollisimman keskelle, lavetin takaosasta katsottuna.	
	KK KK	Irrotettujen komponenttien huolellinen sitominen Sidontaliinojen suojaus	
19.3.2025		TARKASTUS	
	KK	Tarkastetaan sidontojen kireys	
	T	Otetaan kuvat lastatusta tuotteesta	
	VV	Tarkastetaan irrotettujen komponenttien kunto vaurioiden tai vuotojen varalta.	
	T	Naarmujen paikkaus kaksikomponentti maalilla.	
	KK	Helposti ruostuvien pintojen suojaus <u>CRC:n</u> SP 350 tai 400	
	KK	Irrotettujen osien merkkkaus	
19.3.2025		AINE	
	VV T	Vaunun kontakti pintojen suojaus kumia Vaunun tuenta kuljetuksen ajaksi puuta	

KV = kiinteä vaatimus, VV = vähimmäisvaatimus, T = toivomus

## Liite 4a.

Ratkaisu periaate →					
↓ osat oiminto	1	2	3	4	5
<u>Nosturi</u>	<u>Nosturi</u> <u>irrotetaan</u> <u>kokonaan</u> <u>metsäperäv</u> <u>aunusta</u>	<u>Nosturi</u> <u>puretaan</u> <u>taitto- ja</u> <u>nostopuomin</u> <u>liitoksesta</u>	<u>Nosturista</u> <u>irrotetaan</u> <u>ainoastaan</u> <u>koura</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Renkaat</u>	<u>Renkaat</u> <u>irrotetaan</u> <u>kokonaan</u>	<u>Renkaat</u> <u>jätetään</u> <u>paikalleen</u>	<u>Renkaat</u> <u>korvataan</u> <u>pienemmillä</u> <u>siirron</u> <u>mahdollistavi</u> <u>lla renkailla</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Hydrauliikka</u> <u>letkut</u>	<u>Pultataan</u> <u>kuormaimen</u> <u>letkut irti</u> <u>jakotukista.</u>	<u>Jätetään</u> <u>kuormaimen</u> <u>letkut</u> <u>paikalleen</u>	<u>Kuormaimen</u> <u>letkujen</u> <u>irrotus</u> <u>puomin</u> <u>tyvestä</u>	<u>Kuormaimen</u> <u>letkujen</u> <u>irrotus</u> <u>kahmarista</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Pangot</u>	<u>Jätetään</u> <u>paikalleen</u>	<u>Irrotetaan</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Sähköjohdot</u>	<u>Sähköjohdot</u> <u>irrotetaan</u>	<u>Sähköjohdot</u> <u>annetaan</u> <u>olla</u> <u>paikallaan</u>	<u>Taittopuomien</u> <u>menevät</u> <u>johdot</u> <u>irrotetaan</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>

## Liite 4b.

Ratkaisu periaate →					
↓ osat oimi nto	1	2	3	4	5
<u>Nosturi</u>	<u>Nosturi</u> <u>irrotetaan</u> <u>kokonaan</u> <u>metsäperäv</u> <u>aunusta</u>	<u>Nosturi</u> <u>puretaan</u> <u>taitto- ja</u> <u>nostopuomin</u> <u>liitoksesta</u>	<u>Nosturista</u> <u>irrotetaan</u> <u>ainoastaan</u> <u>koura</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Renkaat</u>	<u>Renkaat</u> <u>irrotetaan</u> <u>kokonaan</u>	<u>Renkaat</u> <u>jätetään</u> <u>paikalleen</u>	<u>Renkaat</u> <u>korvataan</u> <u>pienemmillä</u> <u>siirron</u> <u>mahdollistavi</u> <u>lla renkailla</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Hydrauliikka</u> <u>letkut</u>	<u>Pultataan</u> <u>kuormaimen</u> <u>letkut irti</u> <u>jakotukista.</u>	<u>Jätetään</u> <u>kuormaimen</u> <u>letkut</u> <u>paikalleen</u>	<u>Kuormaimen</u> <u>letkujen</u> <u>irrotus</u> <u>puomin</u> <u>tyvestä</u>	<u>Kuormaimen</u> <u>letkuje</u> <u>n</u> <u>irrotus</u> <u>kahma</u> <u>rista</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Pangot</u>	<u>Jätetään</u> <u>paikalleen</u>	<u>Irrotetaan</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>
<u>Sähköjohdot</u>	<u>Sähköjohdot</u> <u>irrotetaan</u>	<u>Sähköjohdot</u> <u>annetaan</u> <u>olla</u> <u>paikallaan</u>	<u>Taittopuomii</u> <u>n menevät</u> <u>johdot</u> <u>irrotetaan</u>	<u>Tyhjä</u>	<u>Tyhjä</u>