



KOTIMAAN KULJETUSTEN KEHITTÄMINEN JA OPTIMOINTI

Case: Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Liiketalouden ala
Liiketoiminnan logistiikan koulutusoh-
jelma
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Nina Kaukiainen

Lahden ammattikorkeakoulu
Liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelma

KAUKIAINEN NINA: Kotimaan kuljetusten kehittäminen ja optimointi
Case: Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti

Liiketoiminnan logistiikan opinnäytetyö, 79 sivua, 6 liitesivua

Syksy 2011

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee kuljetusten suunnittelua ja optimointia. Työssä karotetaan Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahden ja alihankkijoiden välisten säännöllisten kotimaan reittikuljetusten nykytilaa ja ongelma- sekä kehittämiskohteita. Työn tarkoituksena on löytää Sandvikille keinoja kuljetuskustannusten seurantaan ja logistiikan kehittämiseen. Tavoitteena on luoda erilaisia, mahdollisimman optimaalisia vakioreittivaihtoehtoja, joista yritys valitsee toimivimman vaihtoehdon kuljetustensa pohjaksi.

Työn teoreettinen osuus keskittyy kuljetusten suunnitteluun ja reitinoptimointiin. Kvalitatiivisen opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytettiin avointa haastattelua ja osallistuvaa havainnointia. Opinnäytetyön empiirinen osuus koostuu case-yritykselle tehdystä tutkimuksesta. Tutkimuksessa selvitettiin erilaisia reittivaihtoehtoja Google Maps -ohjelmalla huomioiden muun muassa matkan, ajan ja kuljetuskaluston karkean täyttöasteen, työaikalainsäädännön sekä lastaus- ja purkupaikkojen aukiolot.

Tutkimuksessa selvisi, että Sandvikin määrittämät alihankkijoiden viikoittaiset käyntikerrat erosivat tutkimusajankohdan toteutuneista käynneistä. Alihankkijat sijaitsevat eri puolilla Suomea, jolloin yksittäisellä alihankkijalla ei ole taloudellisesti kannattavaa käydä useammin kuin muilla saman alueen alihankkijoilla, jollei kuljetuksia ulkoisteta toiselle kuljetusyritykselle. Lastaus- ja purkuajoissa oli suuria vaihteluja niin alihankkijoittain kuin samalla alihankkijalla käytäessä.

Kuljetusten rationalisointi onnistuu vain, kun kaikki toimitusketjun osapuolet osallistuvat toiminnan kehittämiseen. Toimittajayhteistyötä syventämällä alihankkijat sitoutetaan aikatauluihin aiempaa paremmin. Mikäli alihankkijat vastaavat kuljetuskustannuksista, paranee aikataulussa pysyminen ja lastaus- sekä purkuajat pienenevät. Lastaus- ja purkuajoihin voidaan vaikuttaa myös porrastamalla kuljettajien työpäivän alkamisaikaa. Jotta kuljetukset vastaavat toiminnan todellista tarvetta, on alihankkijoilla käyntitarve määritettävä säännöllisesti.

Avainsanat: kuljetukset, kuljetusten suunnittelu, reitinoptimointi, alihankkija, toimitusketju ja Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Business Logistics

KAUKIAINEN NINA:

Development and optimization of domestic transportation
Case: Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti

Bachelor's Thesis in Business Logistics 79 pages, 6 appendices

Autumn 2011

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with transportation planning and optimization. The study explores the present state functions and problems as well as developing areas of cyclic domestic route transportation between Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti and subcontractors. The purpose of this thesis was to investigate ways how to follow up transportation costs and to develop logistics. The aim was to create different, as optimal cyclic route options as possible. The company will pick out the most functioning option as a basis of their transportation.

The theoretical frame of this thesis focuses especially on transportation planning and route optimization. Open interviews and participant observation were used as research methods in this qualitative study. The empirical section consists of the research made for the case company. The different route options were found out by Google Maps software. Distance, time, rough capacity of transport equipment, working time legislation as well as opening hours of loading and unloading places were observed.

This study found that demand for visiting subcontractors differed from time of research. The subcontractors are located in different parts of Finland. There is no point visiting a single subcontractor more than the other subcontractors in the same area if transportations are not outsourced to another carrier. The results indicate that there were big differences in loading and unloading times of different subcontractors but also with the same subcontractor.

The rationalization of transportation succeeds only when every part of supply chain takes part in the development. It is possible to engage subcontractors in schedules better than earlier by making co-operation of suppliers deeper. If subcontractors took care of transportation costs, this would help to stick to the schedule better and loading and unloading times would be shorter. If drivers start their working days at different times, this will affect loading and unloading times. It is also worthwhile to check demand for visiting subcontractors periodically.

Key words: transportation, transportation planning, route optimization, subcontractor, supply chain, Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tavoite, ongelmat ja rajaukset	5
1.2	Tutkimusmenetelmät	7
1.3	Opinnäytetyön rakenne	9
2	KULJETUKSET	10
2.1	Maantiekuljetukset	12
2.1.1	Ajoneuvoluokitus	14
2.1.2	Ajoneuvon rakenne ja varusteet	16
2.2	Tavaralajit ja käsittely-yksiköt	16
2.3	Työaikalainsäädäntö	19
2.3.1	Työ- ja ajoaika	20
2.3.2	Lepoaika	21
2.3.3	Säännöllinen työaika ja sen ylittäminen	22
2.3.4	Ajopiirturi	23
3	KULJETUSKUSTANNUKSET	25
3.1	Taloudellisuus	27
3.2	Kuljetusten kapasiteetti ja toiminta-aste	29
3.3	Hyötykuorma ja kuormausaste	30
4	KULJETUSTEN SUUNNITTELU JA OHJAUS	32
4.1	Kuljetusongelmat	32
4.2	Reitinoptimointi	35
4.2.1	Reitinoptimointiohjelmistot	38
4.2.2	Tulevaisuuden näkymät	41
5	CASE: SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OY BREAKERS LAHTI	45
5.1	Yritysesittely	46
5.2	Tutkimuksen toteutus	48
5.3	Kuljetusten nykytila	51
5.4	Reittivaihtoehdot ja kehittämiskohteet	57
5.5	Johtopäätökset	67
6	YHTEENVETO	71

LÄHTEET

74

LIITTEET

80

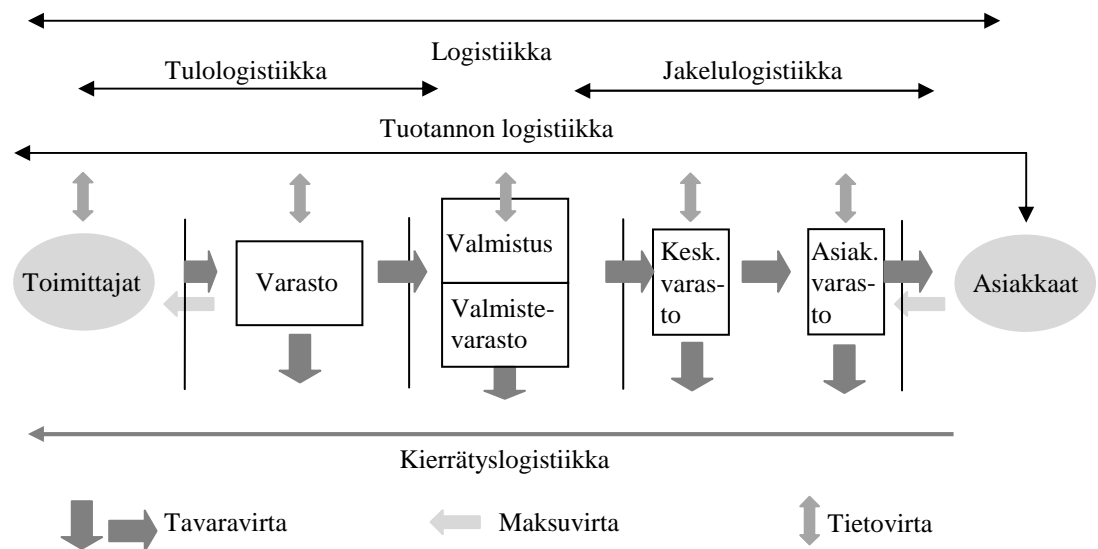
1 JOHDANTO

Korkeat kuljetuskustannukset ovat erityinen ongelma suomalaisille yrityksille, koska Suomi on maantieteellisesti suuri alue, jossa yritysten ja väestön tiheys on pieni verrattuna Eurooppaan (Sakki 2003, 59). Kustannusten suuruuteen vaikuttavat pitkien välimatkojen lisäksi osakuormien jakelu sekä korkeat työ-, pääoma- ja energiakustannukset. Myös maantieteelliset syyt, kuten syrjäinen sijainti, vuodenaajat ja vesistöjen rikkoma maa vaikuttavat kustannuksiin. (Oksanen 2004, 18, 20.) Logistiikkakustannusten osuus suomalaisten yritysten liikevaihdosta oli keskimäärin 11,9 % vuonna 2009. Kuljetuskustannukset muodostivat suurimman yksittäisen logistiikkakustannuserän, sillä niiden osuus oli 4,4 % yritysten liikevaihdosta. Logistiset kustannukset ovat laskeneet tuntuvasti vuoden 2005 13,1 %:sta ja vuoden 2008 14,2 %:sta, mutta niiden osuus on kuitenkin yrityksille merkittävä. (Solakivi, Ojala, Töyli, Hälinen, Lorentz, Rantasila, Huolila & Laari 2010, 15, 73.) Oksanen (2004, 20) mukaan suomalaisten yritysten logistiikkakustannukset liikevaihtoon suhteutettuna ovat keskieuropalaisiin maihin verrattuna miltei kaksinkertaiset.

Logistiikkakustannuksia on mahdollista pienentää Pullin, Kajanderin ja Tapanisen (2008, 12) mielestä tehostamalla logistiikan palveluyritysten ja erityisesti kuljetusketjun yritysten toimintaa ja tiedonkulkua. Inkiläinen (2009, 120) painottaa, että samassa jakeluketjussa toimivilla tulee olla yhteneväiset tavoitteet. Toimittajavälilinnän kriteereinä tulee käyttää laatua ja toimitusvarmuutta, ei alhaisempaa markkinahintaa. Toimittaja voidaan sitouttaa toimintaan kumppanuussopimuksen avulla, jolloin toimittajalta saadaan lisäkapasiteettia ja sivustatukea aiempaa paremmin. Inkiläisen (Kapiainen-Heiskanen 2008, 18) mielestä yrityksissä olisi syytä miettiä, mikä osa tilauksista on todella kiireellisiä, sillä kiire maksaa. Hänen yritysesimerkissään pikatilauksista siirryttiin täsmätoimituksiin, jolloin kiireellisten tilausten määrä laski prosenttiin ja samalla pikatoimituslisien maksaminen loppui käytännössä miltei kokonaan.

Logistiikka on hyvin laaja kokonaisuus ja sen tehtävänä on tukea liiketoiminnan ydinprosessin toteutumista. Sakin (2003, 24–25) mukaan logistiikka on tavaravir-

ran ja siihen liittyvän tieto- ja rahavirran ohjaamista ja toteuttamista. Koska logistiikka on tärkeä osa asiakaspalvelua, tulee logistiset toimenpiteet suunnitella asiakkaiden tarpeiden pohjalta. Logistiikan ulkoisena tavoitteena on toiminnan jatkuva parantaminen asiakkaan kannalta ja sisäisenä tavoitteena on kustannustehokkuuden jatkuva parantaminen. Inkiläinen (2009, 110–111) määrittelee logistisen joustavuuden tilanneherkkyydeksi ja mahdollisten varajärjestelmien käyttöönotoksi ennalta arvaamattomissa tilanteissa. Joustavuuden määrittävät asiakkaiden tarpeet. Kuvio 1 havainnollistaa, että logistiikalla on merkittävä rooli yrityksen toiminnassa, sillä logistiikka liittyy miltei kaikkiin yrityksen toimintoihin aina osto-toiminnasta toimitukseen asiakkaalle.

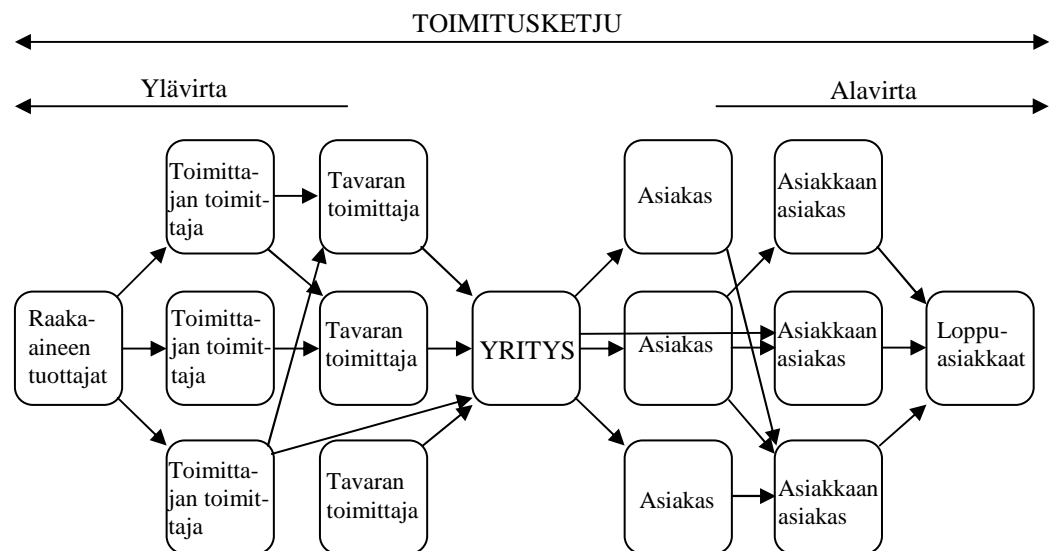


KUVIO 1. Logistiikka (Sakki 2003, 24)

Logistisista toiminnoista aiheutuu kustannuksia, ne vaikuttavat läpimenoaikaan ja siten sitoutuvan pääoman määrään. Yritykset pyrkivät huolehtimaan logistiikastaan asiakkaan haluamalla palvelutasolla mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja vähäisellä pääomalla. Kuljetusten kustannustehokkuutta pyritään parantamaan alentamalla kuljetuksiin liittyviä muuttuvia kustannuksia vertailemalla vaihtoehtoisia toimintatapoja, kuten kuljetusmuotoja. Tuotteen tai palvelun kokonaisläpimenoaikaan kuuluvista toimenpiteistä vain osa luo lisäarvoa asiakkaalle. On erittäin tärkeää huolehtia logistisista suorituksista, sillä ne vaikuttavat yrityksen kannattavuuteen, toiminnan laatuun, kilpailukykyyn ja myyntituottoihin. Logistiikkaketjun kilpailukykyyn vaikuttavat osapuolten yhteistyö sekä kyky päästä eroon pääl-

lekkäisestä ja tarpeettomasta työstä. Yritykset tavoittelevat logistiikkastrategialaan kustannusten alentamista, sitoutuneen pääoman pienentämistä ja palvelun parantamista. Kilpailukyvyyn parantaminen edellyttää mahdollisimman suurta kannattavuutta ja kustannustehokkuutta. Kaikista turhista toiminnoista on luovuttava ajan ja rahan säästämiseksi. Kuljetusmuodon vaihtoehtoisia toimintatapoja vertaamalla on mahdollista saavuttaa yrityksen kannalta paras strategia. (Ritvanen & Koivisto 2007, 9, 14–16.)

Ritvanen ja Koivisto (2007, 18) määrittelevät toimitusketjun verkostoksi, joka koostuu moninaisista yrityksistä ja niiden välisistä suhteista ja jonka rakenteeseen vaikuttavat yrityksen tuotteet ja asiakkaat. Oksasen (2004, 22–23) mukaan toimitusketju perustuu tarjontaan, tavarankierron siirtymiseen toimittajilta asiakkaille. Ketjun aloittaa raaka-aineiden ja/tai komponenttien toimitus ja päättyy valmistettujen ja jalostettujen tuotteiden toimitus asiakkaille. Asiakkailta toimittajille siirtyvä informaatio muodostaa toimitusketjulle vastakkaisuuntaisen kysyntäketjun. Kuviossa 2 kuvataan muutaman toimitusketjun jäsenen välisiä suhteita pelkistetyksi huomioimalla vain osa mahdollisista ketjun jäsenistä. Toimitusketjussa tieto kulkee alavirrasta, loppuasiakkaalta ylävirtaan ja materiaalit päinvastaiseen suuntaan, eli ylävirtasta, raaka-aineen tuottajalta alavirtaan. (Ritvanen & Koivisto 2007, 19.)



KUVIO 2. Toimitusketjun osapuolten väliset suhteet (Ritvanen & Koivisto 2007, 19)

Toimitusketjun hallinnalla tarkoitetaan koko toimitusketjun tavara- ja tietovirtojen koordinoitua ohjausta raaka-ainetoimittajalta loppuasiakkaalle (Oksanen 2004, 23). Siinä eri yritysten arvoketjut muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden, jonka tavoitteena on tehostaa toimintaa ja sitä kautta saavuttaa parempi tuottavuus (Pastinen, Mäntynen & Koskinen 2003, 41, 45). Toimitusketjuajattelun kulmaki- viä ovat tehokkuus, asiakkaista lähtevä kysyntä ja siihen vastaaminen sekä lisäar- von tuottaminen asiakkaalle (Ritvanen & Koivisto 2007, 18). Lisäarvoa logistinen prosessi tuottaa siirtämällä tavaroita ja varastoja kulloinkin tarvittavaan paikkaan (Oksanen 2004, 22). Toimitusketjun menestykseen vaikuttavat toimitusketjun kyky kerätä, järjestää ja analysoida tietoa sekä välittää sitä asianosaisille nopeasti ja tehokkaasti. Toimitusketjun hallinnalla on mahdollista lisätä asiakastytyväi- syyttä ja vähentää varastomääriä. Ketjua hallitaan siten, että asiakkaalle tuotetaan mahdollisimman suurta arvoa mahdollisimman pienin kustannuksin. Hallinnan tärkeimpiä tekijöitä ovat aika, luottamus ja läpinäkyvyys. Toimitusketjun toimin- tojen tulee olla mahdollisimman läpinäkyviä ketjun osapuolille, mikä osaltaan parantaa osapuolten välistä luottamusta. (Ritvanen & Koivisto 2007, 18–22.)

Toimitusten hallinnan avulla pyritään siis tarjoamaan asiakkaalle oikea määrä oi- keita tuotteita, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan ja mahdollisimman tehokkaasti. Jotta tähän päästäisiin, tarvitaan täsmällistä ja oikea-aikaista informaatiovirtaa. (Oksanen 2004, 23.) Inkiläisen (2009, 111) mukaan tiedon siirtämistä osapuolten kesken voidaan pitää myös kustannustehokkaimpana koordinoinnin työkaluna. Koska toimintojen ulkoistaminen edellyttää toimitusketjun tehokasta hallintaa ja kehittämistä, on toimintojaan ulkoistavissa yrityksissä toimitusketjun hallinnan merkitys kasvanut. (Oksanen 2004, 23).

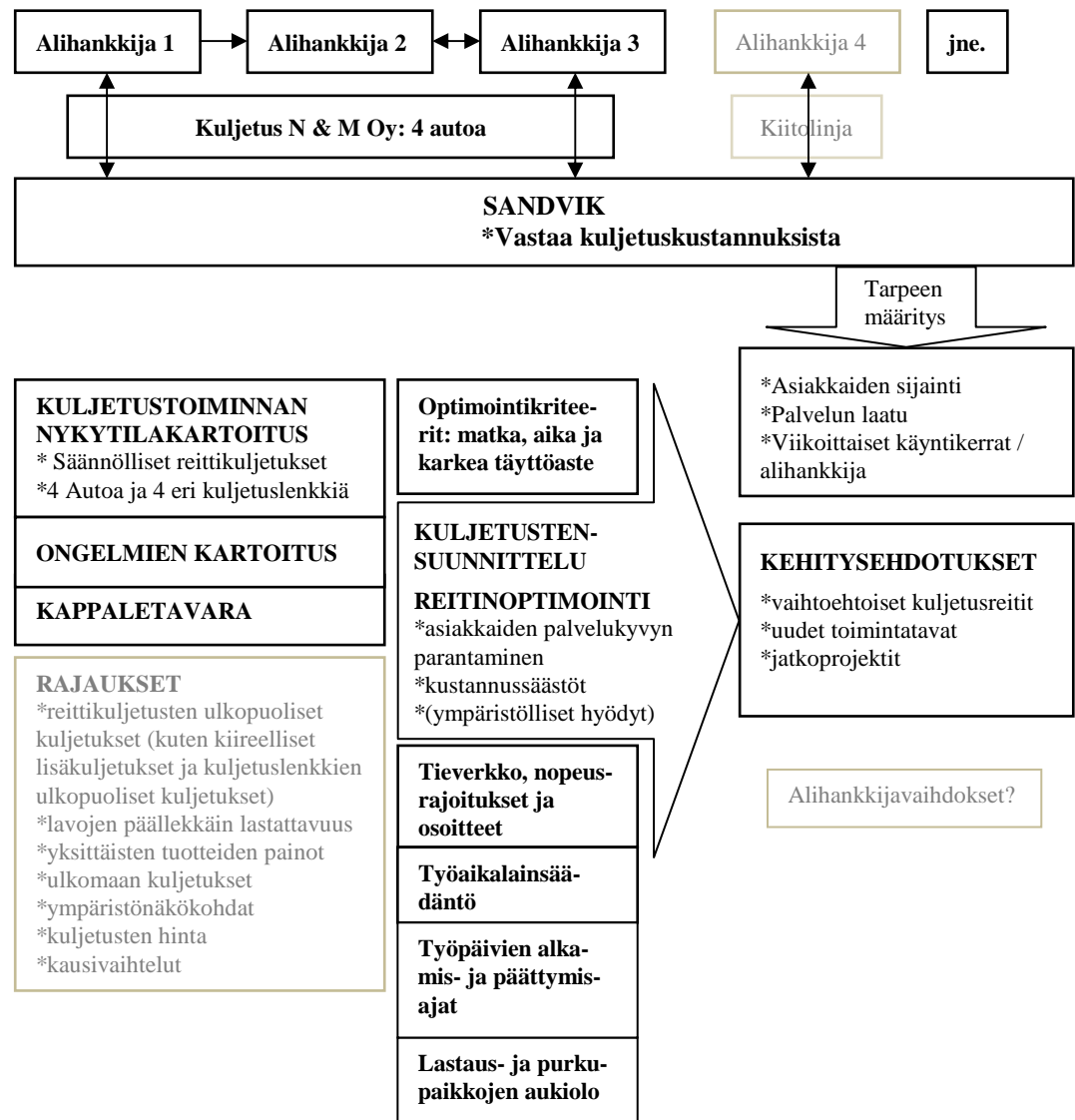
Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Sandvik Mining and Construction Oy Brea- kers Lahden ja alihankkijoiden välisiä kuljetusprosesseja (jatkossa yrityksestä käy- tetään nimitystä Sandvik). Yritys sijaitsee Lahdessa, Taivalkadulla. Sandvik val- mistaa pääasiassa kaivinkoneilla käytettäviä hydraulisia iskuvasaroita. Kuljetus- toiminnan nykytilaa kartoittamalla kuljetusprosessille luodaan eri reittivaihtoehto- ja pohjautuen erilaisiin kuljetusten suunnittelumalleihin.

Theseus on verkkokirjasto, joka sisältää ammattikorkeakoulujen opinnäytteitä ja julkaisuja (Theseus 2011). Sieltä ei löytynyt montaa kuljetusten optimointia tutkivaa opinnäytetyötä viimeisen viiden vuoden ajalta. Opinnäytetöissä selvitetään kuljetusten optimointia yleisesti, tietyllä teollisuuden alalla tai kuljetusten optimointia yksittäisen yrityksen kannalta. Esimerkiksi Kaisa-Maria Tähtinen Tampereen ammattikorkeakoulusta on tehnyt Meno-paluukuljetuspotentiaalin kartoittaminen Koskitukku Oy:ssä -nimisen opinnäytetyön vuonna 2008.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietotekniikan koulutusohjelman Teemu Niemelä on puolestaan tehnyt Kuljetusten suunnittelujärjestelmän toteutus -nimisen diplomityön Kuusakoski Oy:lle. Hän keskittyy työssään yrityksen kuljetusten suunnittelujärjestelmän toteutukseen, eli ohjelmistoarkkitehtuuriin, karttapalvelujen, ajoneuvopäätteen ja toimistosovellusten väliseen rajapintaan sekä järjestelmän toimintaan tietokannan ja käyttöliittymän näkökulmasta. Yksittäisen yrityksen kuljetusten optimointi palvelee ainoastaan kyseistä yritystä, sillä esimerkiksi kuljetettavat tuotteet, reitit ja käytetty kuljetuskalusto eroavat toisistaan. Jokaiselle yritykselle tulee siten luoda oma vakioreittityksensä. Optimaalisten vakioreittien luominen on haasteellinen, joskin usein kannattava prosessi, sillä yritys voi saavuttaa huomattavia säästöjä kuljetuskustannuksissaan optimoimalla kuljetuksensa.

1.1 Tutkimuksen tavoite, ongelmat ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja analysoida Sandvikin Lahden tehtaan ja alihankkijoiden välisiä, säännöllisiä reittikuljetuksia, jotka on ulkoistettu lahtelaiselle kuljetusliikkeelle. Opinnäytetyön aihe on saatu toimeksiantona case-yritykseltä, Sandvikilta. Yrityksessä koetaan, että heillä tulisi olla kattavampi kokonaiskäsitys ulkoistetusta kuljetustoiminnasta. Työllä haetaan yritykselle keinoja kuljetuskustannusten seurantaan ja logistiikan kehittämiseen. Tavoitteena on luoda erilaisia, mahdollisimman optimaalisia vakioreittivaihtoehtoja, joista yritys valitsee toimivimman vaihtoehdon kuljetustensa pohjaksi. Käytännön kokemuksen myötä reittejä kehitetään toimivammaksi. Työssä kartoitetaan myös jatko projektien tarvetta. Kuviossa 3 on esitetty tutkimusprosessin pääkohdat ja tavoitteet mustalla sekä rajaukset ja mahdolliset alihankkijavaihdokset harmaalla.



KUVIO 3. Tutkimusprosessin pääkohdat ja tavoitteet

Teoriaosuudessa pääpaino on kuljetusten suunnittelussa ja reitinoptimoinnissa. Siinä esitellään kuljetusten suunnittelussa huomioitavat asiat, kuten kuljetettavat tuotteet, kuljetuskalusto, työaikalainsäädäntö ja kuljetusten taloudellisuus. Teoriaosuudessa käydään läpi myös kuljetuksia ja kuljetuskustannuksia. Tutkimuksella haetaan vastausta miten Sandvikin Lahden tehtaan ja alihankkijoiden väliset kuljetukset tulisi suunnitella, jotta ne olisivat mahdollisimman optimaalisia. Tutkimusprosessin aloittaa nykytilakartoitus, jolla selvitetään:

- Kuinka kuljetustoiminta hoidetaan?
- Mitä ongelmia kuljetustoiminnassa on havaittavissa?
- Miten kuljetustoimintaa voidaan kehittää?

Opinnäytetyö rajataan käsittämään Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahden tehtaan ja alihankkijoiden väliset säännölliset reittikuljetukset, jotka on ulkoistettu Kuljetus N & M Oy:lle. Reittikuljetuksessa tuote kuljetetaan joko Sandvikilta alihankkijoille, alihankkijalta alihankkijalle tai alihankkijoilta Sandvikille. Kuljetuskustannuksista vastaa Sandvik. Kuljetukset hoidetaan tutkimusajan kohtana osittain kolmella ja osittain neljällä viikoittaisella kuljetuslenkillä ja autolla. Sandvik määritti opinnäytetyötä varten, kuinka monta kertaa viikossa kullakin alihankkijalla oli tarve käydä.

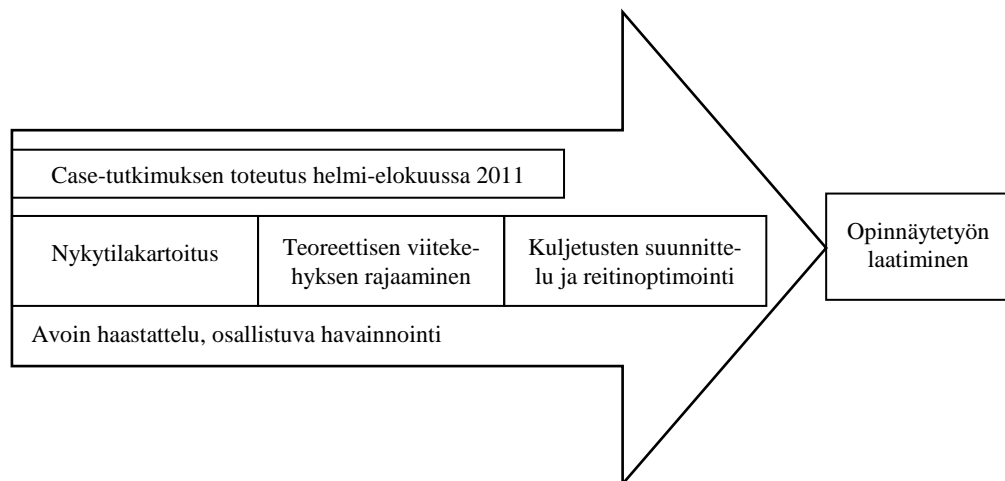
Työn ulkopuolelle rajataan säännöllisten reittikuljetusten ulkopuolelle jäävät kuljetukset, kuten kiireelliset lisäkuljetukset tai kuljetuslenkkien ulkopuoliset kuljetukset, joihin etäisyys on niin pitkä, että liikennöinti työpäivän puitteissa ei ole mahdollinen. Kiireelliset kuljetukset hoidetaan joko pienemmällä autolla tai peruskuljetuskalustolla varsinaisen peruskuljetuslenkkien lisäksi. Pitkän matkan kohteet on ulkoistettu toiselle kuljetusyhtiölle. Työssä ei ole mahdollista huomioida yksittäisten tuotteiden painoja tai erikoislavoja, joita ei voida lastata päällekkäin. Kuljetusyrittäjältä saadaan tieto ainoastaan autojen karkeasta täyttöasteesta, jota käytetään kuljetusreittien suunnittelun pohjana. Täyttöasteella tarkoitetaan käytetyn kuljetuskapasiteetin suhdetta ajoneuvon koko kuljetuskapasiteettiin. (Interaction-toimenpideselvitys 2007, 17.) Tarkastelun ulkopuolelle rajataan myös ulkomaille suuntautuvat kuljetukset ja kuljetuksiin liittyvät ympäristöasiat sekä kuljetusten hinta. Kausivaihteluita ei voida myöskään huomioida niiden vaikean ennustettavuuden vuoksi.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään laadullista, eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä sopii tähän aiheeseen ja tutkimuskysymykseen parhaiten, koska sillä saadaan yksityiskohtaista, intensiivistä tietoa yksittäisestä tapauksesta. Tutkimusaineisto on valittu siten, että sillä saadaan mahdollisimman kattava informaatio tutkimusongelman kannalta (Koskinen, Alasuutari & Peltonen 2005, 273). Tämän opinnäytetyön toteutustavaksi on valittu case- eli tapaustutkimus. Case-tutkimuksessa tutkitaan yksi tai useampi tapaus ja analysoidaan

daan sitä tai niitä. Tutkimuksen kohteena on yleensä yritys tai yrityksen osa: prosessi, toiminto, osasto, tapahtumasarja tai historia. Aineiston keruumenetelmän tulisi olla mahdollisimman tarkoituksenmukainen. (Koskinen, Alasuutari & Peltosen 2005, 154, 157.)

Kuvioon 4 on koottu opinnäytetyön päätoiminnot ja tutkimusmenetelmät. Case-tutkimus aloitettiin kuljetustoiminnan nykytilakartoituksella helmikuun lopussa 2011. Teoreettisen viitekehyksen tehtävänä on määrittää tutkittavan kohdeilmion keskeiset käsitteet ja niiden vuorovaikutussuhteet. Viitekehys rajautui kartoituksen edistyessä. Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella kuljetusliikkeen hoitamia kuljetusreittejä ja luoda vaihtoehtoisia reittejä. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys pohjautuu kuljetusten suunnittelua ja optimointia käsittelevään kirjallisuuteen.



KUVIO 4. Opinnäytetyön päätoiminnot ja käytetyt tutkimusmenetelmät

Koskisen, Alasuutarin & Peltosen (2005, 157) määrittämistä laadullisista aineistoista opinnäytetyössä käytetään kirjallisia aineistoja, haastatteluja ja osallistuvaa havainnointia. Tutkimusaineisto on kerätty haastattelemalla Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahden ja kuljetusliike N & M Oy:n henkilöitä kevään 2011 aikana. Sandvikilta haastateltiin tuotantopäällikkö Hannu Jokista ja logistiikkainsinööri Jaakko Marttilaa. Kuljetusliike N & M Oy:ltä haastateltiin toimitusjohtaja Jussi Marvailaa. Haastatteluissa käytettiin avointa haastattelua. Havainnointia suoritettiin kuljetuslenkeillä helmi-maaliskuussa 2011. Samalla haastateltiin kuljettaja Pertti Parosta. Osallistuva havainnointi suoritettiin siten, että ha-

vainnoija oli ensisijaisesti tutkijan roolissa (Metsämuuronen 2006, 115, 117).

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyön tutkimusongelmia käsitellään sekä teoreettisessa että empiirisessä osuudessa. Näiden pohjalta laaditaan mahdollisimman optimaalisia kuljetusreittivaihtoehtoja. Opinnäytetyö koostuu kuudesta pääluvusta: johdanto, kuljetukset, kuljetuskustannukset, kuljetusten suunnittelu ja ohjaus, case: Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti sekä yhteenveto.

Johdannossa selvitetään tutkimuksen taustaa ja esitellään tutkimuksen toimeksiantaja. Johdannossa selvitetään myös opinnäytetyön tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaus sekä tutkimusmenetelmät. Opinnäytetyön rakenne selvittää opinnäytetyöprosessin kuvauksen. Toisessa luvussa käsitellään kuljetuksia keskittyen maantiekuljetuksiin. Luvussa käydään läpi ajoneuvoluokitus ja kuljetuksiin liittyvää työaikalainsäädäntöä, kuten työ-, ajo- sekä lepoajat, säännöllinen työaika ja sen ylittäminen sekä perehdytään ajopiirturiin ja tavaralajeihin sekä käsittely-yksiköihin. Kolmannessa luvussa käsitellään kuljetuskustannuksia, taloudellisuutta, kuljetusten kapasiteettia ja toiminta-astetta sekä hyötykuormaa ja kuormausastetta.

Neljännessä luvussa käydään läpi kuljetusten suunnittelua ja ohjausta, reitinoptimointia ja reitinoptimointiohjelmistoja. Viidennessä luvussa esitellään yritys, selvitetään tutkimuksen toteutus ja käydään läpi kuljetusten nykytila. Lisäksi siinä esitetään kehittämissuhteita ja johtopäätöksiä. Viimeisessä luvussa kootaan yhteen tutkimustyö esittämällä tutkimuksen ongelmia, niiden ratkaisuja ja saatuja tuloksia. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen hyötyä toimeksiantajalle ja ehdotetaan aiheita jatkotutkimuksille.

2 KULJETUKSET

Tässä luvussa tarkastellaan kuljetuksia, keskittyen maantiekuljetuksiin. Maantiekuljetukset ovat erittäin tärkeitä valtaosalle suomalaisia yrityksiä, kuten myös case-yritykselle, Sandvikille. Kuljetettavat tavaralajit ja käsittely-yksiköt vaikuttavat kuljetuskaluston valintaan sekä asettavat vaatimuksensa ajoneuvojen kuormakori-
en rakenteelle ja varusteille. Kuljetuksissa on huomioitava kalustoa, henkilöstöä ja toimilupia koskeva lainsäädäntö, kuten tekniset määräykset, liikennöintiä rajoittavat määräykset ja ammattiliikenteen luvanvaraisuus. Työaikalainsäädännöllä on myös suuri vaikutus kuljetustoimintaan, sillä siinä määritetään työ-, ajo- ja lepoajat sekä tauot.

Kuljetuksella tarkoitetaan palvelua, jossa tavaraa siirretään paikasta toiseen. Sisäisessä kuljetuksessa tavaraa siirretään tuotantolaitoksessa tai työmaalla, ulkoisessa kuljetuksessa käytetään yleisiä kuljetusvälineitä ja -väyliä. Kuljetukset ovat keskeisiä osia logistisen ketjun eri vaiheissa. Yritysten pyrkimyksenä on pienentää varastoja siten, että kuljetus- ja varastointikustannukset ovat mahdollisimman pienet. (Ritvanen & Koivisto 2007, 53–54.) On huomioitava, että pienempien varastojen myötä toimituserä koko pienenee, jolloin toimitustiheys ja -nopeus lisääntyvät. Tämä puolestaan aiheuttaa kuljetuskustannusten nousun. (Oksanen 2004, 18.) Kuljetuksia voidaan kehittää parantamalla palvelutasoa, muodostamalla integroituja kuljetusketjuja sekä kehittämällä kuljetuksen ohjausta ja tavarankäsittelyä. Kuljetusten palvelutason parantamisella luodaan lisäarvoa asiakkaalle ja toimitusvarmuus sekä -täsmällisyys paranevat. (Ritvanen & Koivisto 2007, 54.)

Kuljetuksia ryhmitellään eri perustein. Tavallisimmin kuljetukset ryhmitellään joko kuljetusetäisyyden mukaisesti kauko- ja lähikuljetuksiin tai kuljetuspaikan mukaisesti ulkoisiin ja sisäisiin kuljetuksiin. Kaukokuljetuksen matka on yli 1 km ja siinä ammattikuljetusliike käyttää yleistä väylää. Lähikuljetuksen matka on puolestaan alle 1 km ja laitoksen oma osasto käyttää yksityistä väylää. Ulkoisissa kuljetuksissa poiketaan yleiselle tie- tai vesialueelle siirrettäessä materiaalia toimittajalta asiakkaalle tai yrityksen eri toimipisteiden välillä. Sisäisissä kuljetuksissa kuljetukset tapahtuvat laitoksen alueella ilman, että käytetään yleisiä tie- tai vesi-

alueita. Sisäiset kuljetukset voidaan jakaa osastojen välisiin, sisäisiin tai valmistuspaikkojen välisiin kuljetuksiin. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 101.)

Kuljetukset ryhmitellään liikennelajeittain tilaus-, linja- ja sopimusliikenteeseen sekä yksityiseen liikenteeseen (Oksanen 2004, 47). Tilausliikenteessä kuljetustarve määrittää suoritettavan kuljetuksen. Tilausliikenne voi olla kausittaista tai säännöllistä tai se voi olla yhden asiakkaan tilaama yksittäinen kuljetuspalvelu. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 53.) Tällöin kuljetusvälineen käytön määräsvalta on tilaajalla, eli kuljetusväline on tilaajan yksinomaisessa käytössä. Linjaliikenteessä kuljetuskapasiteetti on kaikkien kuljetusta tarvitsevien käytettävissä, kun kuljetusvälineellä suoritetaan kuljetusta määrätyllä reitillä, säännöllisesti ja yleensä määrättyä aikataulua noudattaen. Sopimusliikenteessä kuljetusväline on vuokrattu pitkäaikaisella sopimuksella vuokralle ottajan kuljetustarpeita varten. Yksityisellä liikenteellä tarkoitetaan erilaisten yhteisöjen ja yksityisten henkilöiden suorittamaa omaa kuljetusta. Eri liikennemuotojen kustannusrakenteessa on eroavaisuuksia muun muassa hyötykuorman suuruuden ja kuormausasteen vaihtelun vuoksi sekä kuljetusmatkan, reittien ja ajosuoritteiden erilaisuuden vuoksi. (Oksanen 2004, 47.)

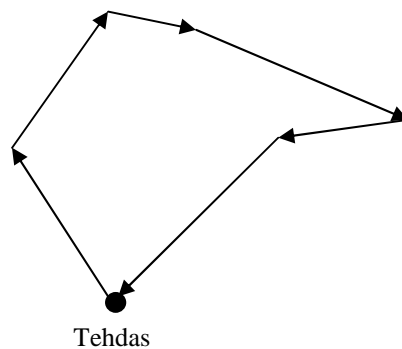
Karrus (2005, 114–119) jakaa kuljetukset perustyypeittäin maantiekuljetuksiin, kuljetuksiin aluksilla, rautatiekuljetuksiin, lentokuljetuksiin, yhdistettyihin kuljetuksiin sekä putkikuljetuksiin. Maantiekuljetus suoritetaan autolla tai traktorilla. Vesitiekuljetuksiin kuuluvat uitto, sisävesi-, rannikko- ja meriliikenne. Rautatiekuljetuksiin kuuluvat ainoastaan junalla suoritettavat kuljetukset ja lentokuljetuksiin lentokoneilla suoritettavat kuljetukset. Putkikuljetuksella siirretään putkessa tai johdossa esimerkiksi nesteitä, sähköä tai kaasuja. Yhdistetyllä eli intermodaalikuljetuksella tarkoitetaan useamman eri kuljetusmuodon yhdistelmää yksittäisessä kuljetusketjussa. Bloombergin, Lemayn & Hannan (2002, 100) mukaan jokaisella kuljetusmuodolla on selkeät ominaispiirteet, joilla ne erottautuvat toisistaan. Opinnäytetyössä keskitytään maantiekuljetuksiin huomioiden rajaukset.

Yhä harvemmillä yrityksellä on käytössään oma kuljetuskalusto, sillä kuljetukset ovat yksi yleisimmin ulkoistettuja toimintoja (Ritvanen & Koivisto 2007, 55). Kuljetusten ulkoistamispäätös on logistiikan kannalta erittäin tärkeä strateginen päätös (Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 64). On mietittävä ulkoistamisella saavutettavia hyötyjä ja haittoja. Ulkoistettaessa kuljetuksia solmitaan usein pitkäaikaisia sopimuksia liikennöitsijän kanssa. Yhteistyökumppanin auto varustetaan usein asiakasyrityksen logoilla ja henkilökunta noudattaa asiakasyrityksen toimintaperiaatteita. Valittaessa kuljetusmuotoa, on huomioitava yritys, lähetys ja kuljetusmuodon ominaisuudet. Yrityksen osalta on huomioitava toimiala, kuljetustarpeen säännöllisyys, toimitustiheys ja lähettäjän maantieteellinen sijainti. Lähetyksestä vaikuttavat kuljetusetäisyys, erä koko ja arvo. Kuljetusmuotojen hinnat, luotettavuus, nopeus ja saatavuus vaihtelevat. Metalliteollisuudelle kuljetusten täsmällisyydellä on suuri merkitys. Kuljetusvarmuus on tuotannon kannalta tärkeä, jotta tuote on tuotantolaitoksessa ehjänä, oikea-aikaisesti ja oikean kokoisena eränä. Kuljetusjärjestelmän ja -muodon valinnassa yhdistyvät hyvä palvelutaso, laatu ja kohtuulliset kustannukset. (Ritvanen & Koivisto 2007, 55.)

2.1 Maantiekuljetukset

Tiekuljetustoiminta elinkeinona on luvanvaraista ja se edellyttää liikenneyrittäjäkurssin suorittamista (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 49). Kuljetusmuodoittain tarkasteltuna maantiekuljetusten asema on kiistaton Suomessa, kuljetusmuoto on joustava ja nopea. Päätieverkkomme kattaa lähes koko valtakunnan, lukuun ottamatta joitakin järvialueita (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 48). Yleisiä teitä on 78 000 km, joista valta- ja kantateitä on 16 %, muita maanteitä 37 % ja paikallisteitä 47 %. Tämän lisäksi kaupunkien katuverkkoja on noin 25 000 km. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 108, 112.) Tavaraliikenteen määrät ovat tarkasteltavissa joko kuljetettujen tonnien tai kuljetussuoritteiden avulla (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 11). Tilastokeskus (2010) mukaan kuorma-autot kuljettivat vuonna 2010 yhteensä 397 miljoonaa tonnia tavaraa. Kuljetussuorite oli yhteensä 25 961 miljoonaa tonnikilometriä. Edelliseen vuoteen verrattuna tavaramäärä kasvoi 15 prosenttia ja kuljetussuorite 7 prosenttia.

Maantiekuljetukset jaetaan säännöllisiin reittikuljetuksiin, runko- ja siirtokuljetuksiin, keruu- ja jakelukuljetuksiin, paluukuljetuksiin sekä satunnaisiin kuljetuksiin. Näistä varsinaisten kuljetustehtävien perusmuotoja ovat keruu-, siirto-, runko-, jakelu- ja paluukuljetukset. Keräilykuljetuksessa (kuvio 5) yhdellä kuljetuksella kerätään säännöllisen aikataulun mukaisesti kaikilta reitin tuottajilta määräerät tuotteita, materiaaleja tai komponentteja seuraavaan tuotannon tai jakelun vaiheeseen. JIT-tuotantoa (juuri oikeaan aikaan) tarkastellen keruukuljetuksella kerätään usean eri tuottajan pienerät säännöllisesti. (Karrus 2005, 114, 122.)



KUVIO 5. Keräilykuljetus (Karrus 2005, 123)

Siirtokuljetuksessa tuotteita tai eriä siirretään saman organisaation varastojen tai tuotantopisteiden välillä. Runkokuljetuksessa tuotteita kuljetetaan peräkkäisten päävarastointipisteiden välillä siirtoetäisyyksien ollessa suuret. Runkokuljetuksia käytetään suurerien kuljetuksiin ja kuljetuksissa pyritään täyskuormiin. Jakelukuljetuksessa tuote viedään myyntipisteeseen markkinoiden lähelle tai jopa varsinaiselle asiakkaalle. Paluukuljetuksessa hyödynnetään tyhjänä palaavaa kuljetuskapasiteettia. (Karrus 2005, 122–123.)

Tieverkosto ja sen rajoitukset, kaluston koko- ja painorajoitukset sekä kuljetuskapasiteetti ja kysynnän rakenne luovat erityisvaatimuksia maantiekuljetuksille. Tämän lisäksi on huomioitava kalustoa, henkilöstöä ja toimilupia koskeva lainsäädäntö, kuten tekniset määräykset, liikennöintiä rajoittavat määräykset ja ammatti-liikenteen luvanvaraisuus. Lisäksi verotus ja tukirakenteet ohjaavat kuljetustoi-mialaa ja niillä on vaikutuksensa esimerkiksi kaluston rakenteeseen ja käyttöasteeseen sekä toiminnan taloudelliseen kannattavuuteen. Säädösten mukaan kotimaan

liikenteen kokonaispaino on maksimissaan 60 tonnia, ajoneuvon leveys 2,55 metriä ja moduuliyhdistelmien pituus 25,25 metriä. (Karrus 2005, 114, 121.)

2.1.1 Ajoneuvoluokitus

Kuljetettava tavara ja sen määrä vaikuttavat suurelta osin käytettävään kuljetuskalustoon. Paikalliset ja pienet kuljetukset hoidetaan usein kuorma- tai pakettiautolla. Suuret, pitkän matkan kuljetukset hoidetaan seitsemän- tai useampiakselisella perävaunuyhdistelmällä. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 52.) Maantiekuljetusten ajoneuvojen luokitus pohjautuu luokittelumuuttujiin, joita ovat muun muassa:

- ajoneuvo- ja yhdistelmätyyppi
- akselilukumäärä
- suurin sallittu kokonaismassa, kantavuus/tilavuus
- moottoriteho
- kuormatilarakenne/lämmöneristyskyky
- kuormankäsittelylaitteet
- käyttötarkoitus/kuljetettava tavaralaji.

Mäkelän, Mäntynen ja Vanhatalon (2005, 47) mukaan ajoneuvoyhdistelmällä tarkoitetaan ajoneuvoa, jonka vetoautoon on kytketty perävaunu tai -vaunuja. Vetoauto on suunniteltu ja rakennettu ensisijaisesti vetämään perävaunuja. Puoliperävaunu on vetoautoon tai apuvaunuun kiinnitettävä perävaunu, joka aiheuttaa pystysuuntaisen kohtisuoran kuormituksen kiinnityskohtaan. Varsinaisessa perävaunussa on vähintään 2-akselia eikä perävaunusta aiheudu pystysuuntaisia voimia vetävään ajoneuvoon. Keskiakseliperävaunu on nivelöimätön ja se on varustettu vetoaisalla. Keskiakseliperävaunun akselisto on sijoitettu painopisteeseensä. Moduuliyhdistelmällä tarkoitetaan Suomessa ja Ruotsissa toistaiseksi käytössä olevaa perävaunuyhdistelmää, jonka maksimipituus on 25,25 metriä ja kokonaismassa 60 tonnia. Ajoneuvoyhdistelmän pituudella tarkoitetaan moottoriajoneuvon ja sen taakse kytketyn perävaunun tai -vaunujen pituutta, pituusakseleiden ollessa samalla suoralla. Kokonaismassa on ajoneuvon valmistajan sallima, suurin kuormatun

ajoneuvon (ja vetoautoon kytketyn perävaunun tai -vaunujen) massa. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 47.)

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2002 toinen luku: ajoneuvojen perus- ja alaluokitus sekä eräät akselitorakenteet § 11 jakaa perävaunut alaluokkiin. Puoliperävaunu on vetoautoon tai apuvaunuun kiinnitettävä perävaunu, joka aiheuttaa pystysuuntaisen kohtisuoran kuormituksen kiinnityskohtaan. Varsinaisessa perävaunussa on vähintään 2-akselia ja sen etuakselistoa ohjaava vetolaite on nivelöity pystysuunnassa liikkuvaksi perävaunuun nähden eikä perävaunusta aiheudu siten pystysuuntaisia voimia vetävään ajoneuvoon. Keskiakseliperävaunu on nivelöimätön ja se on varustettu vetoaisalla. Keskiakseliperävaunun akselisto on sijoitettu perävaunun painopisteeseen tai sen lähelle siten, että vain vähäinen osa perävaunun kokonaismassasta kohdistuu kytkentäkohtaan.

Rakenteelliset ominaisuudet tai ajoneuvojen käytöstä tiellä annetut asetukset määrittävät ajoneuvo- ja yhdistelmätyyppien luokituksen äärimittojen ja kokonaismassojen rajat (Oksanen 2004, 50). Oksanen (2004, 50–51) liitteessä 1 esitetyn luokituksen mukaan A. luokkaan kuuluvat pakettiautot, B. luokkaan kuorma-autot ilman perävaunua, kokonaispituus ≤ 12 m, C. luokkaan puoliperävaunuyhdistelmät, kokonaispituus $\leq 16,5$ m, D. luokkaan keskiakseliperävaunuyhdistelmät, kokonaispituus $\leq 18,75$ m, E luokkaan varsinaiset perävaunuyhdistelmät, kokonaispituus ≤ 22 m, varsinaiset perävaunuyhdistelmät, kokonaispituus $22 \leq 25,25$ m ja G. luokkaan moduuliyhdistelmät, kokonaispituus $22 \leq 25,25$ m.

Ajoneuvoa tai -yhdistelmää tiellä kuljettaessa akselille tai telille kohdistuva massa tai ajoneuvon kokonaismassa eivät saa ylittää ajoneuvorekisteriin merkittyä arvoa. Niin ikään ajoneuvoyhdistelmän kokonaismassa ei saa ylittää yhdistelmälle sallittua kokonaismassaa tai vetoajoneuvon ja hinattavan ajoneuvon rekisteriin merkittyjen kokonaismassojen summaa. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 74.) Kuljettaessa autoa tai perävaunua tiellä, akselille kohdistuva massa ei saa ylittää vetävän akselin osalta 11,5 tonnia ja muun kuin vetävän akselin osalta 10

tonnia (Asetus 1257/1992). Liitteessä 2 on esitetty kuvia ajoneuvoluokituksen B-G – luokkien ajoneuvoista.

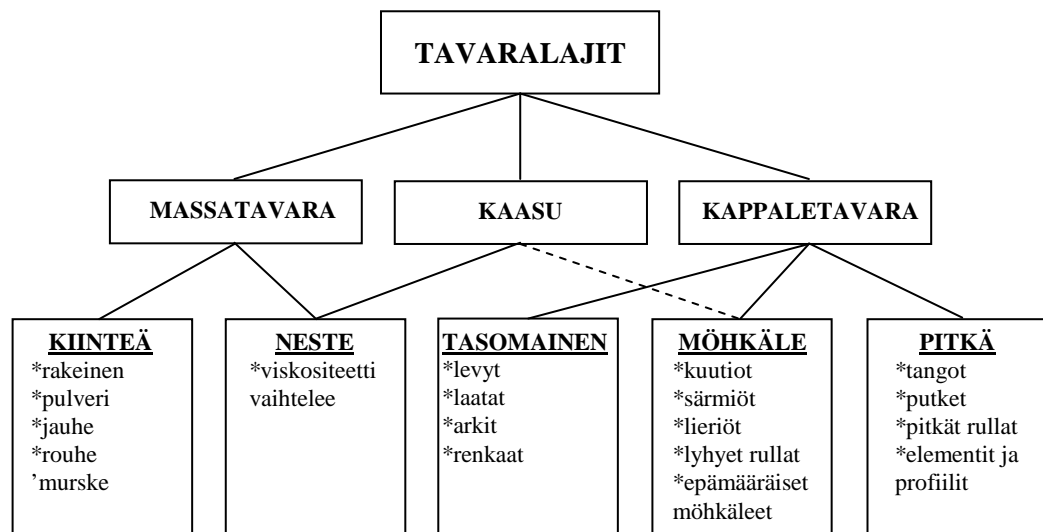
2.1.2 Ajoneuvon rakenne ja varusteet

Ajoneuvojen kuormakorien on täytettävä niiden rakenteelle ja kiinnitykselle asetetut vaatimukset. Kuormakorien on mahdollistettava kuorman kiinnittäminen ja niiden on lisäksi kestävä kuorman kiinnittämisestä syntyvät rasitukset. Onnettomuuksien ja vahinkojen välttämiseksi kuljetettava kuorma tulee tukea ja sitoa käytetyn kuljetusmuodon vaatimusten edellyttämällä tavalla. Myös sitomisvälineille on säädetty lujuusvaatimukset ja välineiden kunto on tarkastettava säännöllisesti. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 48.)

Maantiekuljetusten rasituksia ovat jarrutukset, kiihdytykset ja ohjausliikkeet. Esimerkiksi tiestön kunto, auton jousitus ja ajotapa vaikuttavat tärinään. Suurimmat poikittaiset liikkeet aiheutuvat kun auto kääntyy äkisti, ajetaan epätasaisella tiellä ja mahdollisissa onnettomuuksissa. Auton hätäjarrutukset aiheuttavat suurimmat pitkittäiset voimat. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 244.) Kuorma tulee sijoittaa kuormatilaan siten, että kuorma jakautuu mahdollisimman tasaisesti, siitä muodostuu mahdollisimman matala ja yhtenäinen kokonaisuus, sen painopiste on mahdollisimman alhaalla lähellä ajoneuvon keskiviivaa, kuormatilan etupääty ja laidat tukevat kuormaa sekä kuorman terävät esineet osoittavat taaksepäin. Kuorma ei saa liikkua merkittävästi, joten se tulee varmistaa joko sitomalla tai tukeamalla. Varmistamisessa on mahdollista huomioida kuorman ja kuormakorin lattian välinen kitka. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 48–49.)

2.2 Tavaralajit ja käsittely-yksiköt

Oksanen (2004, 55) jakaa kuljetettavat tavarat fyysisen olomuodon mukaan kolmeen pääryhmään, joita ovat massatavarat, kappaletavarat ja kaasut. Kuviossa 6 esitettyssä tavaralajien ryhmittelyssä pääryhmät jakautuvat viiteen alaryhmään: kiinteisiin, nesteisiin, tasomaisiin, möhkäleisiin sekä pitkiin tavaroihin.

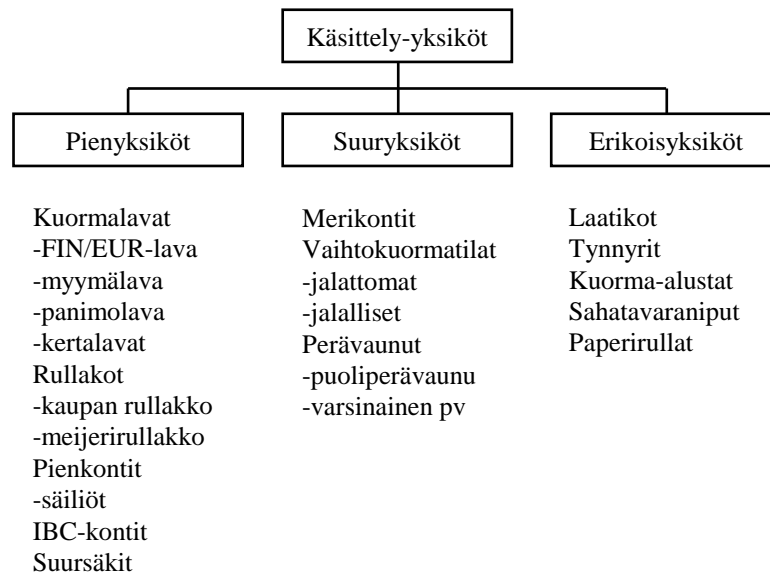


KUVIO 6. Tavaralajien ryhmittely fyysisen olomuodon mukaan (Oksanen 2004, 55)

Opinnäytetyö keskittyy kappaletavaroiden kuljetukseen. MOT Kielitoimiston sanakirja 2.0:n 2011 mukaan kappaletavaralla tarkoitetaan kappaleittain myytävää, käsiteltävää, tai muuta sellaista tavaraa. Tavaroiden fyysisen olomuodon lisäksi tavaroiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määrittävät kuljetuksessa käytettävät tekniset laitteet, kuten kuormatilarakenteet ja kuormankäsittelyvälineet. (Oksanen 2004, 55.)

Kun kuljetettavia tuotteita yksiköidään isommiksi kokonaisuuksiksi, vähennetään kuljetusvaurioita, nopeutetaan lastausta ja purkua sekä alennetaan kustannuksia apuvälineitä käyttämällä. Lisäksi standardisoitujen yksiköiden avulla on mahdollista parantaa täyttöastetta. Tuotteen ominaisuudet ja tilauserä koko vaikuttavat käsittely-yksiköiden valintaan. Käsittely-yksiköitä voidaan ryhmitellä monella eri tavalla. Kuviossa 7 on esitetty yksi tapa. Siinä käsittely-yksiköt on jaettu pien-, suur- ja erikoisyksiköihin. Pienyksikön massa on yleensä maksimissaan 1000–1500 kg ja tilavuus enintään 3 m³. Suuryksiköiden massa on useita tai kymmeniä tonneja ja tilavuus ulottuu 100 m³:iin asti. Suuryksikkö on usein lastattu pienyksiköillä. Erikoisyksiköillä tarkoitetaan vain tietyn materiaalin kuljettamiseen tarkoitettua käsittely-yksikköä tai yksikköä, joka muodostetaan kuljetettavasta materiaa-

lista. Pakkauksen perusmoduuli $400 \times 600 \text{ mm}^2$, sen kerrannaiset ja jako-osat ovat mitoituksen perustana. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 427, 431, 433.)



KUVIO 7. Käsittely-yksiköiden ryhmittely (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 427)

Kuormalava on alusta, jolle kuljetettavat tuotteet lastataan. Lastattua lavaa on mahdollista käsitellä haarukkavaunulla tai trukilla. Standardien mukaisia lavoja ovat FIN-lava ($1200 \times 1000 \text{ mm}$), EUR-lava (1200×800) ja kansallinen myymälälava ($600 \times 800 \text{ mm}$). Vain hyväksytyillä yrityksillä on lupa valmistaa ja korjata standardilavoja. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 428.) Standardilavojen rakenteen ja merkintöjen tulee olla standardien mukaisia ja lisäksi niiden on kestävä niille määrätty veto-lujuus- ja pudotustestit. Pusia tukirakenteita ja kehiä käytetään paljon kone- ja laiteoimituksissa. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 69.) Kuvassa 1 on edellä selostetut lavat ja lavakaulukset.



KUVA 1. Vasemmalta oikealle: EUR-lava, FIN-lava, kertalava 800×600 ja lavakauluksia edellisiin lavoihin (Kuormalavakeskus Oy 2011)

Kuljetettavat tavaralajit ja käsittely-yksiköt asettavat käytettävän ajoneuvon rakenteelle ja varusteille vaatimuksensa. Kuljetuksissa on lisäksi huomioitava työaikalainsäädäntö. Seuraavassa luvussa käydään läpi työaikalainsäädännön keskeiset kohdat.

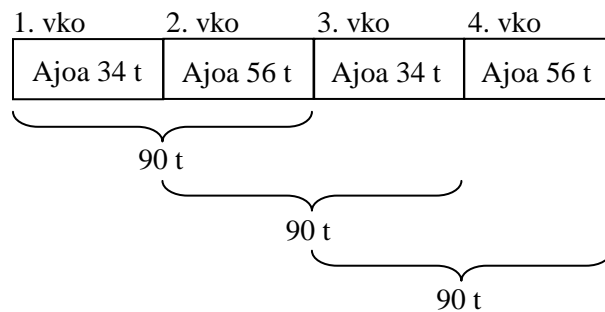
2.3 Työaikalainsäädäntö

Yleinen työaikalaki (9.8.1996/605), kuorma-autoalan työehtosopimukset sekä ajo- ja lepoaika-asetus EY 561/2006 säätelevät raskaiden ajoneuvojen kuljettajien työaikaa. On huomioitavaa, että työaikalaki ei määritä raskaiden ajoneuvojen kuljettajien ajo- ja lepoaikoja, vaan määrittäminen pohjautuu 11.4.2007 voimaan tulleeseen ajo- ja lepoaika-asetukseen (EY 561/2006) ja ajopiirturiasetukseen (ETY 3821/85 ja sen muutokset EY 2135/98 ja EY 561/2006) sekä kuorma-autoalan työehtosopimukseen. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 128.) Autoliikenteen Työntekijäliitto ry:n ja Auto- ja Kuljetusalan Työntekijäliitto AKT ry:n solmiman Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011, 11 § säännöllinen työaika mukaan vuorokautista enimmäistyöaikaa rajoittavat työehtosopimuksen määräykset, jotka koskevat vuorokautista lepoaikaa ja taukoja. Työehtosopimuksella kumotaan siten työaikalain moottoriajoneuvon kuljettajia koskevat vuorokautiset enimmäistyö- ja lepoajat.

Työaikalain 2. luvun 4:n § mukaan: ”Työajaksi luetaan työhön käytetty aika sekä aika, jonka työntekijä on velvollinen olemaan työpaikalla työnantajan käytettävissä.” Päivittäisiä lepoaikoja ei lasketa työaikaan, mikäli työntekijä saa esteettömästi poistua työpaikalta lepoaikoina. Matkaan käytetty aika on työaikaa ainoastaan siinä tapauksessa, että sitä pidetään työsuorituksena. (Työaikalaki 9.8.1996/605.) Autonkuljettajan työaika muodostuu varsinaisesta ajoajasta ja muusta työstä, kuten lastaus- ja purku- sekä huoltotyöstä, asiakirjojen selvittelystä ja muusta työnantajan määräyksestä tehtävästä työstä. Ajoaikaa ja työaikaa koskevat eri määräykset ja säännökset. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 128.)

2.3.1 Työ- ja ajoaika

EU:n ajo- ja lepoaikamääräyksiä noudatettaessa kuljettajan pisin vuorokautinen ajoaika voi olla maksimissaan yhdeksän tuntia. Ajoaikaa on mahdollista pidentää kalenteriviikon kuluessa kaksi kertaa kymmeneen tuntiin. Enimmäisajoaika kalenteriviikossa on 56 tuntia, mutta on huomioitava, että kahden perättäisen kalenteriviikon ajoaika ei saa ylittää 90 tuntia, kuvio 8. Ajoajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin ajoneuvo on liikkunut ajopiirturilevyn merkintöjen mukaisesti. Kuorman purkausta ja lastausta, huoltotöitä, kuormakirjojen selvittelyaikaa ja niin edelleen ei lueta ajoaikaan. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 130–131.)



KUVIO 8. Esimerkki viikoittaisista ajoajoista (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 131)

EU:n ajo- ja lepoaikamääräyksiä noudatettaessa kuljettajan pisin yhtämittäinen ajoaika saa olla enintään 4,5 tuntia. Jokaisen 4,5 tunnin jälkeen kuljettajan on pidettävä 45 minuutin mittainen tauko, ellei kuljettaja pidä lepoaikaa. Tauko on mahdollista pitää myös kahdessa osassa siten, että ensimmäinen osa on vähintään 15 minuuttia ja jälkimmäinen 30 minuuttia. 45 minuutin tauon jälkeen alkaa uusi taukolaskenta. Kuviossa 9 on kaksi esimerkkiä päivittäisistä ajoajoista ja tauoista. Ylimmäisessä esimerkissä kuljettaja pitää yhtäjaksoisen 45 minuutin tauon 4,5 tunnin ajon jälkeen, kokonaisajoajan ollessa 9 tuntia. Alemmassa esimerkissä kokonaisajoaika on 10 tuntia ja tauot on jaettu 15 ja 30 minuutin osiin siten, että kuljettaja pitää 30 minuutin tauon 4,5 tunnin ajon jälkeen. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 201, 131.)

Ajoa 4 t 30 min	Tauko 45 min	Ajoa 4 t 30 min
-----------------	--------------	-----------------

Ajoa 1 t	Tauko 15 min	Ajoa 3 t 30 min	Tauko 30 min	Ajoa 1 t	Tauko 15 min	Ajoa 3 t 30 min	Tauko 30 min	Ajoa 1 t
----------	--------------	-----------------	--------------	----------	--------------	-----------------	--------------	----------



KUVIO 9. Esimerkkejä päivittäisistä ajoajoista ja tauoista (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 201, 131)

Jos työntekijä voi vapaasti poistua auton luota, ei kuljettajan pitämää taukoa lueta työajaksi (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 131). Kuorma-autoalan työehtosopimuksen 11 §:n kohdan 5 mukaan työntekijällä on kuitenkin työn suorittamisen ohessa ja kuljetustehtävien kannalta sopivimpana ajankohtana mahdollisuus enintään kahteen palkalliseen virkistystaukoon, mikäli työpäivä on vähintään 8 tuntia. Nämä virkistystauot luetaan työaikaan, eli ei ajo- ja lepoaikamääräysten mukaiseen ajoaikaan. (Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011.) Työehtosopimuksen mukaan lyhyemmästä kuin 4 tunnin ja 30 minuutin työstä on maksettava täysi 4 tunnin ja 30 minuutin palkka ja se luetaan työaikaan. (1.12.2011 alkaen 4 tuntia 30 minuuttia muuttuu 4 tuntiin ja 45 minuuttiin.) (Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011.)

2.3.2 Lepoaika

Kuorma-autoalan työehtosopimuksessa on vuorokautista lepoaika koskevat määräykset, jotka pohjautuvat EU:n ajo- ja lepoaikamääräyksiin (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 132). Määräysten mukaan moottoriajoneuvon kuljettajalla on oltava jokaisen 24 tunnin jaksossa vähintään 11 tunnin yhtäjaksoinen vuorokautinen lepoaika. Vuorokautinen lepoaika on mahdollista lyhentää yhtäjaksoiseen, yhdeksään tunnin lepoaikaan kolmesti viikon aikana. Kuviossa 10 on esitetty molemmat, edellä selostetut vaihtoehdot. Lyhentämätön vuorokausilepo on mahdollista pitää kunkin 24 tunnin jakson aikana kahdessa erillisessä jaksossa, jolloin ensimmäisen yhtäjaksoisen lepoajan on oltava vähintään 3 tunnin ja jälkimmäisen vähintään 9 tunnin mittainen. (Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011.)

Kuljettajan kokonaistyöaika voi siten olla 15 tuntia vuorokaudessa, josta ajoaika on maksimissaan 10 tuntia.

Työtä ja taukoja 13 t	Vuorokausilepo 11 t
-----------------------	---------------------

Työtä ja taukoja 15 t	Vuorokausilepo 9 t
-----------------------	--------------------

KUVIO 10. Vuorokausilepo ja lyhennetty vuorokausilepo (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 132)

Kuorma-autoalan työehtosopimuksessa on viikoittaista lepoaikaa koskevat määräykset, jotka pohjautuvat EU:n ajo- ja lepoaika-asetuksen määräyksiin (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 201, 133). Määräysten mukaan työntekijälle on annettava yhtäjaksoinen, 45 tunnin mittainen viikoittainen lepoaika. Lepoaika on mahdollista lyhentää kerran kahden peräkkäisen viikon aikana vähintään 24 tunnin yhtäjaksoiseksi lepoajaksi, kuvio 11. Tämä lepoajan lyhennys tulee korvata lyhennystä vastaavalla yhtäjaksoisella lepoajalla ennen kyseistä viikkoa seuraavan kolmannen viikon loppua. Korvaava lepoaika tulee antaa yhtäjaksoisena muun vähintään 9 tunnin lepoajan yhteydessä. Viikoittaiset lepoajat tulee järjestää niin, että saman viikon kuluessa annetaan kaksi vapaapäivää (=kalenterivuorokausi). Yhden viikon aikana alkava viikoittainen lepoaika, joka päättyy toisen viikon aikana, on mahdollista laskea kuuluvaksi kumpaan kyseiseen viikkoon tahansa. (Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011.)

1. vko	2. vko	3. vko	4. vko
Viikkolepo 45 t	Viikkolepo 24 t	Viikkolepo 45 t	Viikkolepo 24 t

KUVIO 11. Viikkolepo (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 133)

2.3.3 Säännöllinen työaika ja sen ylittäminen

Työaikalain perusteella työaika on järjestettävissä autoliikenteessä joko 8 tuntia/vuorokausi ja 40 tuntia / viikko tai 80 tuntia / 2 viikkoa tai 120 tuntia / 3 viikkoa. Tarkasteltaessa kaksiviikkoisen jakson työtuntimäärää, on työtuntien yhteis-

määrällä merkitystä, ei yksittäisen työpäivän pituudella. 80 tunnin jakson ylittäviltä tunneilta maksetaan 12 ensimmäiseltä tunnilta 50 %:lla ja sen ylittäviltä 100 %:lla korotettu palkka. Ylityökorvaus on mahdollista pitää vapaana, työntekijän ja työnantajan keskenään siitä sopiessa. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 133.)

1.10.2006 voimaan astuneiden kuljetusketjun vastuusäännösten mukaan jokainen kuljetusketjun osapuoli on vastuussa omasta toiminnastaan kuljetustapahtuman aikana. Liikenneturvallisuuden varmistamiseksi tulee niin kuljetussopimus ja kuljetustapahtuma kuin kunkin osapuolen vastuut ja velvoitteet käydä läpi perinpohjaisesti etukäteen. (Similä 2007, 50.) Vastuu kuormauksesta on sillä, joka on sijoittanut ja kiinnittänyt kuorman tai antanut asiasta ohjeita asemansa vuoksi. Mikäli virhe aiheutuu tietojen virheellisyydestä tai puutteellisuudesta, jotka eivät ole kohtuudella havaittavissa, eivät edellä mainitut osapuolet ole vastuussa. Ajo- ja lepoaikojen noudattamisvastuu on kuljettajalla ja kuljetusyriyksellä. Myös kuljetusasiakasta ja kuljetusaikataulun laatijaa voidaan rangaista. Henkilö, joka ei ole laatinut aikataulua, mutta edellyttää muutoin määrättyä toimitusaikaa, tulkitaan aikataulun laatijaksi. Mikäli kuljetuksessa ei ole mahdollista noudattaa ajo- ja lepoaikamääräyksiä, mutta kuljetuksen edellytetään tapahtuvan määrättyllä toimitusajalla, rikotaan sosiaalilainsäädäntöä. (Similä 2007, 51.)

2.3.4 Ajopiirturi

Kuljettajan tulee käyttää ajoneuvoon asennettavaksi säädettyä ajopiirturia liikenteessä, joka on ajo- ja lepoaika-asetuksen alaista. Ajopiirturin avulla valvotaan ajo- ja lepoaikamääräysten sekä ajonopeuksien noudattamista. Vuoden 2006 toukokuun 1. päivän jälkeen uusina rekisteröitäviin kuorma-autoihin, jotka ovat ajo- ja lepoaika-asetuksen alaisia, tulee olla asennettu digitaalinen ajopiirturi. Tätä ennen rekisteröidyissä autoissa on käytössä mekaaninen ajopiirturi. Digitaaliseen ajopiirturilaitteeseen tallentuvat esimerkiksi ajo- ja lepoaika- sekä ajonopeustiedot että kuljetut matkat 365 päivän osalta. Jotta kuljettaja voi ajaa digitaalisella ajopiirturilaitteella varustettua ajoneuvoa, tulee hänellä olla henkilökohtainen, voimassa oleva kuljettajakortti. Korttiin tallentuvat kyseisen kuljettajan 28 vuorokau-

den ajo- ja lepoaikatiedot, ajettu matka sekä ajonopeus. Yrityksen on huolehdittava, että digitaalisesta ajopiirturista jäljennetään ja tallennetaan ajo- ja lepoaikatiedot aikataulujen mukaisesti. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 137–138, 373.)

Mekaaninen ajopiirturin levy on henkilökohtainen ja kuljettajalla on vastuu piirturin käytöstä ja levyn merkinnöistä. Ajopiirturin levy on oltava kaikilta ajopäiviltä ja levyn taakse on tehtävä merkinnät lomista ja viikkolevoista. Piirturin rikkoutuessa merkinnät tehdään käsin levyn takana olevaan aika-asteikkoon ja piirturi toimitetaan korjattavaksi viikon kuluessa. Työnantajan tulee säilyttää piirturilevyjä vähintään yksi vuosi. (Työsuojeluhallinto 2011.) Mikäli kuljettaja on ajanut 28 päivän aikana mekaanisella ajopiirturilla varustettua ajoneuvoa, tulee hänellä olla mukana kuluvan päivän ja edeltävien 28 päivän ajopiirturilevyt. (Hokkanen, Inkinen & Käenmäki 2010, 137–138.) Seuraavassa luvussa perehdytään kuljetuskustannuksiin ja kuljetusten taloudellisuuteen. Liiketoiminnan tärkein tavoite on taloudellisuus, vaikuttaahan se puolestaan muun muassa kannattavuuteen, hinnoitteluun, kilpailukykyyn, palvelutasoon ja kuljetusvarmuuteen.

3 KULJETUSKUSTANNUKSET

Logistiikkakustannukset jaetaan yleensä kuljetus- varasto- sekä varastoihin sitoutuneen pääoman korko- ja hallintokustannuksiin (Ritvanen & Koivisto 2007, 15). Oksanen (2005, 60) luokittelee kuljetusten kustannuslajit kuljetusmuodosta riippumatta viiteen pääryhmään: I kuljetustyökustannuksiin, II kuljetuskaluston kustannuksiin, III kuljetusorganisaation kustannuksiin, IV tavarankäsittelykustannuksiin ja V väyläkustannuksiin. Maantiekuljetusten kuljetustyökustannuksia ovat kuljettajien palkat, välilliset palkkakustannukset sekä muut miehistökustannukset. Kuljetuskaluston kustannukset jakautuvat kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteitä ovat pääomakustannukset, vakuutus- ja liikennöimismaksut, ylläpitokustannukset ja ajoneuvohallinnon kustannukset sekä hinnoittelulaskelmissa huomioitava korvaukseton ajo. Muuttuvia ovat polttoaine-, voiteluaine-, rengas- sekä korjaus- ja huoltokustannukset. (Oksanen 2004, 62–63.)

Kuljetusorganisaation kustannuksia ovat muun muassa kiinteät palkkakustannukset, toimitilojen kustannukset, puhelin- tele- ja tietohallintokulut, markkinointi ja suhdetoiminta, yrittäjän eläke- ja vastuuvakuutukset, tutkimus-, kehitys- ja koulutuskulut sekä taloushallinnon kulut. Tavarankäsittelykustannuksia aiheutuu kuljetusvakuutuksista, terminaali- ja käsittelykustannuksista sekä muista tavarankäsittelymaksuista. On huomioitava, että kuljetukseen sisältyvä tavarankuormaus kuljetusvälineeseen ja kuorman purku kuljetusvälineestä katsotaan kuljetustyökustannuksiksi, mikäli kuljettaja osallistuu siihen. Väyläkustannuksilla tarkoitetaan tie-, silta-, tunneli- ja lauttamaksuja. (Oksanen 2004, 62–63, 69.)

Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry on maanteiden tavaraliikenteen yrittäjien ja kuljetusyritysten sekä logistisia palveluja tarjoavien yritysten edunvalvontajärjestö. Järjestön (2011) Maanteiden tavaraliikenteen talous- ja suhdannekatsauksen mukaan kuorma-autoliikenteen suurimmat kustannustekijät ovat työvoima-, polttoaine- ja pääomakustannukset. Riippuu paljon ajojärjestelijästä, millaiseksi kustannuserän tuottavuus muodostuu. Kustannuserää voidaan kontrolloida laatimalla kuljetussuunnitelma hyvin, välttämällä kalliita ylitöitä, seuraamalla tunteja sekä minimoimalla apu- ym. tuottamattomat ajat. (Hokkanen, Inkinen & Käenmä-

ki 2010, 243.) Taulukossa 1 on ryhmitelty autokuljetusten kustannustekijät työ-
kustannuksiin, toimintaylijäämään ja muuttuviin sekä kiinteisiin kustannuksiin.

TAULUKKO 1. Kustannustekijöiden ryhmittely

Työkustannukset	*palkat *välilliset palkkakustannukset *päivärahat ja majoitukset
Muuttuvat kustannukset	*polttoainekustannukset *voiteluainekustannukset *korjaus- ja huoltokustannukset *rengaskustannukset
Kiinteät kustannukset	*pääomakustannukset (poistot ja korot) *vakuutusmaksut *liikennöimismaksut *ylläpitokustannukset *hallintokustannukset *korvaukseton ajo
Toimintaylijäämä	*otetaan huomioon hinnoittelulaskelmissa

(Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 100)

Kustannusten ryhmittely pohjautuu siihen, että tuotantopanosten käytöstä aiheutu-
vat kustannukset kohdistetaan aiheuttamisperiaatteen mukaisesti kuljetusvälineel-
le. Kustannukset voivat olla toiminta-asteen mukaisesti muuttuvia tai kiinteitä,
kohdistamisen syy-yhteyden mukaisesti välittömiä tai välillisiä ja aiheuttamisen
syy-yhteyden mukaisesti erillis- tai yhteiskustannuksia. Kiinteisiin kustannuksiin
ei vaikuta toiminta-asteen muutos tai muut toiminnon aiheuttajien vaihtelut eikä
toiminnon työmäärä. Muuttuvat kustannukset vaihtelevat niin toiminta-asteen
muutosten, toiminnon aiheuttajien vaihteluiden kuin toiminnon työmäärän mu-
kaan. (Oksanen 2004, 58, 60.)

Välittömät kustannukset ovat kohdistettavissa suoraan toiminnoille, tuotteille tai
asiakkaille, kun taas välilliset kustannukset eivät ole suoraan kohdistettavissa.
Erilliskustannuksilla tarkoitetaan sellaisia kustannuksia, jotka jäävät pois, kun
toimintoja ei suoriteta. Usealle laskentakohteelle, toiminnolle tai tuotteelle yhtei-
siä kustannuksia nimitetään yhteiskustannuksiksi. On huomioitava, että laskenta-

kohteet ja toiminnot vaikuttavat kustannusten luokitteluun. Sama kustannus voi siten olla muuttuva, välitön ja erilliskustannus laskentakohteen tai toiminnon mukaisesti katsottuna, tai samanaikaisesti kiinteä välillinen ja yhteiskustannus. Laskentakohteen muuttuessa sama kustannus voi olla myös joko välitön tai välillinen. (Oksanen 2004, 58, 60.)

Kuljetusmaksumuotoja ovat aikamaksu, kilometrimaksu, yhdistetty maksu ja yksikkömaksu. Aikamaksua käytetään kun seisonta-ajan osuus on suuri tai ajomatka on hyvin lyhyt. Kilometrimaksua käytetään yleensä pitkillä ajomatkoilla. Yhdistetyssä maksussa on yhdistelmä aika- ja kilometrimaksuista. Sitä käytetään kun ei etukäteen tiedetä seisonta- ja ajoajan osuutta kuljetuksesta. Lisäksi on mahdollista käyttää standardihintamaksua, joka perustuu työtehtävien standardihintoihin. (Karur 2005, 127.)

Kun yritys on ulkoistanut kuljetukset, suuri osa kuljetuskustannuksista muodostuu rahdinkuljettajan suorittamasta kuljetuspalvelusta (Ritvanen & Koivisto 2007, 15). Kuljettamisen kokonaiskustannukseen vaikuttavat huomattavasti enemmän tapahtumien lukumäärä kuin tavaran paino, tilavuus tai kuljetusetäisyys. Kuljettamisen kustannus nousee sitä korkeammaksi, mitä pienemmissä erissä ja mitä tiheämmällä toimitusrytmillä kuljetukset toteutetaan. Tehokkaimmin kuljetuskustannuksia on mahdollista alentaa yhdistämällä volyymeja. (Sakki 2003, 58–59.)

3.1 Taloudellisuus

Kuljetustoiminnan, kuten kaiken muunkin liiketoiminnan, tärkein tavoite on taloudellisuus. Se vaikuttaa moniin muihin toimintaedellytyksiin, kuten kannattavuuteen, hinnoitteluun, kilpailukykyyn, palvelutasoon ja kuljetusvarmuuteen. Kuljetuskustannuksella tarkoitetaan kuljetussuoritteiden tuottamiseen käytettyjen tuotantokelijöiden reaaliarvoa. Kuljetustoiminnan taloudellisuutta voidaan mitata monin eri tavoin. Taloudellisuuden laskemista varten on valittava sopiva kuljetussuoriteyksikkö ja mitattava suorite. (Oksanen 2004, 29–30.) Oksanen (2004, 30) määrittelee yleisesti kuljetuksen taloudellisuuden kuviossa 12 esitetyllä tavalla.

$$\text{Kuljetuksen taloudellisuus} = \frac{\text{Kuljetuskustannukset}}{\text{Kuljetussuoritteet}}$$

KUVIO 12. Kuljetusten taloudellisuus yleisesti (Oksanen 2004, 30)

Kuviossa 13 esitetään kuljettamisen taloudellisuutta kuvaavia tunnuslukuja. Kuljettamisen kustannuksia voidaan verrata kuljetetun tavarain painoon (€/kg), tilavuuteen (€/m³) tai ajokilometreihin (€/km). (Sakki 2003, 59–60).

$\frac{\text{kuljettamisen kustannukset}}{\text{kuljetetun tavarain paino}}$	(€/kg)
$\frac{\text{kuljettamisen kustannukset}}{\text{kuljetetun tavarain tilavuus}}$	(€/m ³)
$\frac{\text{kuljettamisen kustannukset}}{\text{ajokilometrit}}$	(€/km)

KUVIO 13. Kuljettamisen taloudellisuutta kuvaavia tunnuslukuja (Sakki 2003, 60)

Kuljetuksen tavara- ja ajosuoriteen vaihdellessa kuljetuksen tehokkuutta mitattaessa on kuljettamisen kustannuksia verrattava kuljetetun tavarain painon ja ajomatkan tuloon (€/tmk). Kuljetuskustannusten vertailu voi edellyttää kuljetettavien tavaraerien koon ja kuljetusetäisyyksien huomioimisen. Kuljetuskustannukset muodostavat ainoastaan osan kuljetustapahtuman rahtiarvosta ja siksi koko rahtiarvoa olisi syytä verrata myynti-/ostohintaan, jotta kuljetuksen tehokkuudesta saadaan oikea kuva. (Sakki 2003, 60.)

3.2 Kuljetusten kapasiteetti ja toiminta-aste

Kuorma-autokannan kokonaiskantavuus ja -tilavuus sekä kaluston täyttöaste muodostavat tiekuljetuskapasiteetin (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 49). Kuljetustuotannossa tehokkuutta mitataan vertaamalla toteutuneen suoritemäärän (tuotos) suhdetta tuotannontekijään (panos). Kapasiteetilla tarkoitetaan tavoitteellista enimmäissuoritemäärää tietyllä ajanjaksolla ja sen määrittävät tuotannontekijöiden perusrakenne. Jos tuotannontekijöiden perusrakennetta muutetaan, muuttuu samalla myös kapasiteetti. (Oksanen 2004, 37.) Kapasiteetti on tuotannon keskeinen käsite. Oksanen (2004, 38) määrittelee kapasiteetin kuviossa 14 esitetyllä tavalla.

$$\text{Kapasiteetti} = \frac{\text{Tavoitteellinen enimmäissuoritemäärä}}{\text{Aika [Jakso]}}$$

KUVIO 14. Kapasiteetti (Oksanen 2004, 38)

Kapasiteetti voidaan laskea tavara-, ajo- tai kuljetussuoritteena tarkoitukseen soveltuvaa aikayksikköä kohti, jolloin puhutaan tavara-, käyttö- tai kuljetuskapasiteetista. (Oksanen 2004, 38–39.) Kapasiteetit lasketaan kuvion 15 mukaisesti.

$$\begin{aligned} \text{Tavarakapasiteetti} &= \frac{\text{Tavoitteellinen tavarasuorite}}{\text{Aika [Jakso]}} \\ \text{Käyttökapasiteetti} &= \frac{\text{Tavoitteellinen ajosuorite tai käyttöaika}}{\text{Aika [Jakso]}} \\ \text{Kuljetuskapasiteetti} &= \frac{\text{Tavoitteellinen kuljetussuorite}}{\text{Aika [Jakso]}} \end{aligned}$$

KUVIO 15. Tavara-, käyttö- ja kuljetuskapasiteetit (Oksanen 2004, 38–39)

Tavarakapasiteetti soveltuu parhaiten käytettäväksi silloin, kun kuljetus suoritetaan etukäteen määritetyn ajo-ohjelman mukaisesti vakioreitillä. Käyttökapasiteetti soveltuu parhaiten kuljetuksiin, joissa on vakiokuormat ja joissa kuljetusvälineen käyttötuntimäärä on rajallinen. Kuljetuskapasiteetti huomioi kuljetettavan tavaramäärän ja ajosuoritteen. Mikäli tavaramäärä ja ajosuorite vaihtelevat, soveltuu kuljetuskapasiteetti parhaiten kuvaamaan kuljetuskapasiteettia. Toiminta-asteella puolestaan tarkoitetaan tiettyä ajanjaksona toteutunutta kuljetussuoritemäärää (Oksanen 2004, 38–39, 41). Toiminta-aste lasketaan kuviossa 16 esitetyllä tavalla.

$$\text{Toiminta-aste} = \frac{\text{Toteutunut kuljetussuoritemäärä}}{\text{Aika [Jakso]}}$$

KUVIO 16. Toiminta-aste (Oksanen 2004, 41)

3.3 Hyötykuorma ja kuormausaste

Hyötykuorma tarkoittaa ”ajoneuvon suurinta mahdollista kuljetettavan tavarankuormaa”. Ajoneuvon suurimmat sallitut mitat ja painot, eli käytännössä kuormatilan sisämitat ja ajoneuvon kantavuus, asettavat rajoituksia hyötykuormalle. Kuljetettavan tavarankuorman fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat hyötykuorman mittaamiseen. Painavat massa- ja kappaleet tavarat mitataan tonneina, kevyet, tilaa vievät tavarat kuutiometreinä, määrämittaiset käsittely-yksiköt kappaleina, rullakoina, kuormalavoina jne. sekä säiliökuljetusten nestemäiset aineet litroina. Ilmoitettaessa vetoauton ja perävaunun hyötykuormat erikseen, voi samalla ajoneuvolla olla erilaisia hyötykuormia kytkettäessä siihen erilaisia perävaunuja. (Oksanen 2004, 42–43.)

Parhaan hyötykuorman saavuttamiseksi tulee optimaalisesti mitoitetun kuljetusvälineen kantavuuden ja kuormatilan tilavuuden olla 100 prosenttisesti hyödynnetty. Hyötykuorman kasvattamiseksi kuljetusvälineet ja kuormatilat tulee mitoittaa oikein sekä valita kuljetustarpeen kannalta optimaalisin ajoneuvo. Hyötykuorman

suuruuteen vaikuttavat myös perävaunuyhdistelmien kytkentävaihtoehdot ja akselien lukumäärä. (Oksanen 2004, 43.)

Kuorma-autojen käytön tehokkuuden mittauksessa käytetään kuormausastetta ja kuormatilan täyttöastetta. Kuormausasteessa kuorman paino suhteutetaan kantavuuteen. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 49.) Täyttöasteella tarkoitetaan käytetyn kuljetuskapasiteetin suhdetta ajoneuvon koko kuljetuskapasiteettiin. Suhde lasketaan joko massoilla tai tilavuuksilla. Tilavuuksilla laskettaessa suurin täyttöaste on käytännössä usein 95 %. Täyttöasteen laskemiseksi tarvitaan kuljettavien tuotteiden massojen ja tilavuuksien tiedot yrityksen tietojärjestelmistä. Mikäli tuotteet eivät ole säännöllisesti lähetettäviä, suoritetaan mittauksia tai käytetään arviointia. Lavapaikkaperusteisen täyttöasteen seuraaminen voi kertoa lähes täydestä kapasiteetin käytöstä, vaikka tilavuus- tai massakapasiteettia olisi jäljellä. (Interaction-toimenpideselvitys 2007, 17–18.) On huomioitava, että auton kuormatilan tilavuus voi olla kokonaan käytössä, vaikka paino ei olisi lähellä kantavuuden sallimaa korkeinta kuormauspainoa. Maksimikuorman määrittävät siten joko kantavuus tai kuormatilan tilavuus. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 49.) Seuraavassa luvussa selvitetään kuljetusten suunnittelun ja ohjauksen suurta vaikutusta kuljetusten taloudellisuuteen.

4 KULJETUSTEN SUUNNITTELU JA OHJAUS

Monet haastavat osatehtävät muodostavat kuljetuskaluston hallinnan. Toimitukset ovat entistä pienempiä ja niiden on oltava aiempaa täsmällisempiä. Kapasiteetti asettaa rajoituksensa ja lisäksi kaluston vajaakäyttö tulisi minimoida. Kuljetettava lasti saattaa vaatia myös erikoiskalustoa. Tämän lisäksi on noudatettava työaikalainsäädäntöä ja minimoitava ympäristöhaitat. Tieliikennelaki määrittää ajoneuvon suurimmat sallitut mitat ja painot (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 208). Tieverkon kunto ja ruuhkat sekä vaihtelevat sääolosuhteet luovat omat haasteensa. Tilanteet voivat muuttua nopeasti ja tämä edellyttää suunnitelmien ja ajo-ohjeiden nopeaa ja kustannustehokasta päivitystä. (Bräysy & Porkka 2007, 38.)

Oksasen (2004, 20) määrittelemät logistiikan vaatimukset: oikea tuote, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan, oikealla palvelulla sekä oikealla kustannuksella ja hinnalla, ovat toteutettavissa onnistuneesti suoritetuilla kuljetustoiminnoilla. Sen lisäksi, että kuljetustenohjauksen tavoitteena on saada toimitus oikea-aikaisesti oikeaan osoitteeseen niin kustannustehokkaasti kuin mahdollista, taataan samalla asiakkaalle paras mahdollinen aika-, paikka- ja kustannushyöty (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 206). Jouni Sakin mukaan JOT-ajattelun (juuri oikeaan tarpeeseen) mukaan varastoja ei juurikaan enää tarvita, kun tuotteet tulevat oikeaan aikaan. Hänen mukaansa suomalaisissa yrityksissä varastointi ei kuitenkaan ole pelkästään huono asia. Toimituserien määrää kannattaa kuitenkin pyrkiä optimoimaan ja tasapainottamaan varasto- ja käsittelykustannuksia. (Tuisku 2008a, 13).

4.1 Kuljetusongelmat

Kuljetusten suunnittelujärjestelmän avulla pyritään strategisten, taktisten ja operatiivisten ongelmien ratkaisuun (Niemelä 2010, 9). Pölläsen, Mäntysen ja Laitisen (2007, 83–85) mukaan kuljetusten strateginen suunnittelu käsittää koko yrityksen kuljetustoiminnan, jolloin kuljetukset ovat osa logistiikkaketjua. Strategisella suunnittelulla on yleensä liitoksensa yrityksen vuosisuunnitteluun ja budjetointiin ja sen tavoitteena on esimerkiksi varastojen ja terminaalien sijaintipaikkojen, kul-

jetusalueiden ja kuljetusmuotojen välisen työnjaon sekä palvelutason määrittäminen. Toimipaikkojen lukumäärän ja sijainnin ongelmien ratkaisussa otetaan huomioon kysyntäpisteet ja haetaan toimintapisteille edullisimmat sijaintipisteet ja taloudellisin lukumäärä. (Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 66–68.) Strategian tulisi perustua kilpailutilanteeseen. Suunnittelu on jaettavissa lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin strategioihin. Lyhyet strategiat käsittävät yhden vuoden ajanjakson, keskipitkät 1-3 vuoden ajanjakson ja pitkän aikavälin strategiat 3-5 vuotta. Usein kuljetusyrityksen strategialla tähdätään yrityskohtaisen kysynnän turvaamiseen.

Taktisen tason ongelmia ovat kuljetuskustannuksia, kaluston määrää ja laatua sekä kaluston ja tilojen kapasiteettia koskevat ongelmat. Kuljetusongelmissa minimoidaan kuljetuskustannukset kiinteiden toimintapisteiden, kapasiteettien ja kuljetettävien tavaramäärien suhteen. Kapasiteetti-ongelmissa pyritään maksimoimaan toiminnan kapasiteetti kustannusten, ajan, palvelunopeuden, tehokkuuden ja tavaramäärän suhteen. Kaluston valintaongelmissa pyritään minimoimaan kuljetuskustannuksia kaluston määrän ja kapasiteetin valinnan avulla. (Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 67–68.)

Operatiivisen suunnitteluprosessin aikajänne on useilla toimialoilla lyhyt. Kuljetusten suunnitteluun kuuluu kuljetusreittien suunnittelu ja kuljetuskaluston huomioiva ja kaluston sitova kuormasuunnittelu. Suunnittelu on joko päivittäistä tai reaaliaikaista. Olemassa oleva kuljetustilaukanta on kuorma- ja reittiehdotusten pohjana ja suunnitelma muuttuu tilausten lisääntyessä, muuttuessa tai peruuntuesssa. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 85.) Operatiivisella suunnittelulla luodaan toimintasuunnitelma, jossa on esimerkiksi päiväkohtaiset kuormat ja ajoreitit. Suunnitelman toteuttamisen aloitus muodostaa ohjaustilanteen. (Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 66–68.) Kuljetusten ohjauksella toteutetaan yrityksen logistiikkastrategiaa. Käytännössä strategian määrittämät palvelutaso ja kustannustavoitteet ohjaavat kuljetusten suorittamisen toimitusaikoja, kuljetusvälineitä, henkilöresursseja ja kuljetusten laatukriteereitä. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 85.)

Operatiivisia ongelmia ovat jakelu- ja reitinvalintaongelmat sekä jakelutoiminnan ongelmat. Jakeluongelmassa pyritään minimoimaan kuljetuskustannuksia kiinteiden jakelupisteiden välillä käytettävän kaluston määrän ja kapasiteetin suhteen. Reitinvalintaongelmassa pyritään löytämään kuljetuspisteiden välille lyhin ja edullisin reitti. Jakelutoiminnan ongelmissa pyritään kustannusten minimointiin säätelällä kuormien kokoa ja ajokertoja, huomioiden työaikalainsäädäntö ja suunnitellut reitit. Kun jakelureittien optimointiin lisätään kuorman suunnittelu, osaerien laadulliset ja lastaukselliset rajoitukset vaikeuttavat ongelmaa. Yhdistettäessä osakeriä, on huomioitava yhteensopivat toimitusajat ja työaikaehdot sekä sopivan kaluston saatavuus. Mikäli osakuormilla on eri lähtö- ja päätepisteet, on lastaus- ja purkujärjestys myös huomioitava. Mikäli pysähdyspisteessä puolestaan lastataan ja puretaan tavaraa, on suoritettava tarvittaessa kuorman siirtelyä ja järjestelyä. (Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 67–68.) Taulukkoon 2 on kerätty edellä esitettyjä strategisia, taktisia ja operatiivisia ongelmia.

TAULUKKO 2. Strategisen, taktisen ja operatiivisen tason ongelmia

Strategiset ongelmat	Taktiset ongelmat	Operatiiviset ongelmat
*varastojen sijainti	*kuljetuskustannukset	*jakeluongelmat
*terminaalien sijainti	*kaluston määrä	*reitinvalintaongelmat
*kuljetusalueet	*kaluston laatu	*jakelutoiminnan ongelmat
*kuljetusmuotojen välinen	*kaluston kapasiteetti	*jne.
työnjako	*tilojen kapasiteetti	
*palvelutaso	*jne.	
*jne.		

(Reinikainen, Mäntynen & Rantala 1997, 66–68)

Maantiiliikenteessä kuljetuksenohjauksen painopiste on reitti- ja kuormasuunnittelussa ja tätä toimintaa kutsutaan ajojärjestelyksi. Asiakkaan kannalta on tärkeintä, että lähetys toimitetaan sovittuna aikana sovittuun paikkaan, käytetyllä reitillä ei ole asiakkaalle merkitystä. Tavarankuljettajalle paras reitti on sellainen, josta aiheutuu vähiten kustannuksia. Kuljettajan kannalta reitin tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja suora. Mikäli keräily- ja jakelureitit ovat samansuuntaisia, tulee reittien tarpeetonta risteämistä välttää. Kuljetuskaluston valinnalla on ratkaiseva

merkitys kuljetuskustannuksiin, sillä puolityhjänä kulkevasta autosta aiheutuu vain turhia kustannuksia. Lisäksi on huolehdittava, että kuormatilan kapasiteettia ei ylitetä missään vaiheessa reittiä. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 207.)

Kuljetuksiin liittyvien ongelmien ratkaisemiseksi on tarjolla suuri joukko operaatiotutkimuksen mallivalikoimiin perustuvia matemaattisia ratkaisumenetelmiä. Perusongelmatyyppejä ovat kuljetus-, kauttakuljetus- ja jakeluongelmat. Kaikissa ongelmatyypeissä pyritään minimoimaan kuljetusten kokonaiskustannukset. Kuljetusongelmassa kuljetukset tapahtuvat suorina tuotannosta kulutuspisteisiin mahdollisimman pienin kokonaiskustannuksin. Ongelman ratkaisua varten on tiedettävä tuotantomäärät ja kysynät sekä eri kuljetusvaihtoehtojen kustannukset. Kauttakuljetusongelmassa tarvittavia lähtötietoja ovat lähtö- ja päätepisteet sekä jokaisen reittipisteen tuotanto ja kulutus. (Karrus 2005, 124.)

Jakeluongelma on kuljetusongelman laajennus siten, että mukana ovat myös kuljetuskaluston määrä ja laatu. Lisäksi kuljetussuorite maksimoidaan kalustoresurssien rajoissa. Kuljetusreitit optimoinnilla tavoitellaan lyhintä kokonaisajomatkaa, kun tiedossa ovat käyntipaikat ja reittiverkko, eri paikkoihin toimitettavat tavaramäärät ja käytettävissä oleva kuljetuskapasiteetti. Kuljetussuunnitelmassa huomioidaan tavara- ja ajoneuvomäärät sekä aikataulut ja laaditaan kapasiteetin käyttösuunnitelma valitulle aikavälille. (Karrus 2005, 124–125.)

4.2 Reitinoptimointi

Reitityksellä tarkoitetaan reittiä, joka kulkee kahden tai useamman pisteen välillä. Reititykseen voidaan käyttää erilaisia parametreja, esimerkiksi tietyyppejä, reittiä ilman moottoriteitä, nopeinta tai lyhintä reittiä (Niemelä 2010, 39). Optimoinnilla tarkoitetaan Mattilan (2009, 32) mukaan parhaimman mahdollisen vaihtoehdon, kuten lyhimmän reitin löytämistä. Bräysy (2011) määrittelee optimoinnin parhaimman mahdollisen ratkaisun etsimiseksi annettujen kriteerien puitteissa. Algoritmilla tarkoitetaan laskentamenetelmää, jossa tiettyä laskutoimitusta toistetaan peräkkäin. Erilaisten ongelmien ratkaisemiseksi on luotu erilaisia, kulloiseenkin

ongelmaan soveltuvia ratkaisualgoritmeja. (Mäkelä & Mäntynen 1998, 143.) Optimointi tarjoaa mahdollisuuksia erilaisten logististen toimintojen tehostamiseen ja tuottavuuden kehittämiseen (Bräysy, 2011).

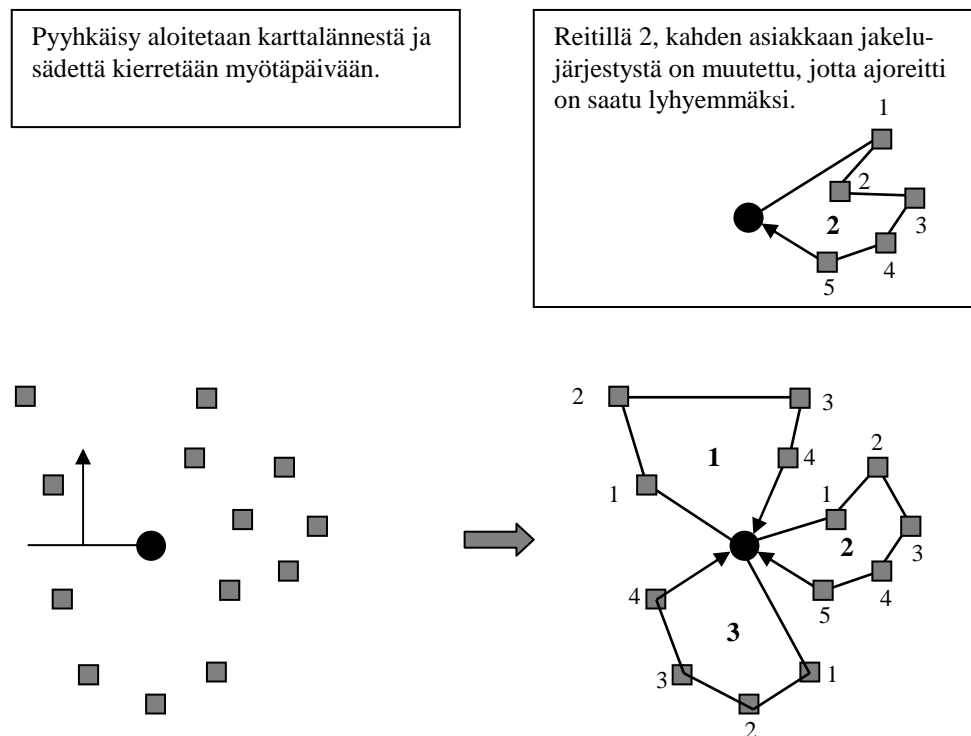
Heuristisella mallilla tarkoitetaan ongelman ratkaisemista joko kokeilemalla tai itse keksimällä. Siinä ei pyritä löytämään optimiratkaisua asetettuun ongelmaan, vaan tulokseksi riittää niin sanottu hyvä ratkaisu. Mallissa verrataan vaihtoehtoja yksittäisen kriteerin, kuten kustannusten suhteen, minkä perusteella suoritetaan valinta. Malleja sovelletaan esimerkiksi jakelu- ja nouto-ongelmiin, kuljetusreitin optimointiin ja kuljetussuunnitelmiin. Heuristiset mallit ovat halvempia ja niiden käyttö edellyttää suhteellisen pientä työmäärää verrattuna esimerkiksi simulointiin. Simuloinnilla jäljitellään todellisuuden ilmiötä tietokoneelle ohjelmoidun mallin perusteella. (Lumiaho 1990, 6–7.)

Reittioptimoinnissa tarkastelun kohteena on yhden tai monen kauppamatkustajan ongelma. Klassisessa kauppamatkustajan ongelmassa on yksi auto, jolle etsitään pienimpien kustannusten reittiä, joka käy vain kerran kussakin verkon solmupisteessä. Ongelman ratkaisun heuristiset mallit jaetaan kolmeen ryhmään: reitin rakentamisalgoritmit, reitin parantamisalgoritmit ja yhdistetyt rakentamis- ja parantamisalgoritmit. (Lumiaho 1990, 8.) Reinikaisen, Mäntynen ja Rantalan (1997, 68–71) mukaan kauppamatkustajan ongelman tarkoituksena on löytää lyhin mahdollinen reitti, joka lähtee yhdestä kaupungista, käy kerran kaikissa kaupungeissa ja palaa takaisin lähtökaupunkiin. Optimoitaessa kuorman ajojärjestystä, kuorman tilaukset vastaavat kauppamatkustajan kaupungeja. Kauppamatkustajan ongelman optimaalinen ratkaisu edellyttää lähes kaikkien eri vaihtoehtoja läpi käyntiä, jotta niistä voidaan valita paras. Ongelmissa minimoidaan ajon kestoaikaa ja lisäksi huomioidaan lakisääteiset tauot sekä mahdolliset aikavaatimukset, joilla on vaikutuksensa mahdolliseen ajojärjestykseen.

Monen kauppamatkustajan ongelma on klassinen kaluston reititysongelma. Siinä on yksi varasto ja monta autoa. Monen kauppamatkustajan ongelma on ratkaistavissa joko tarkasti optimiratkaisualgoritmeilla tai likimääräisesti heuristisilla ratkaisualgoritmeilla, kuten esimerkiksi säästö-algoritmeilla tai pyyhkäisyalgoritmeilla.

Tarkat algoritmit soveltuvat ainoastaan pieniin ongelmiin, jossa solmukohtia on maksimissaan 30 kappaletta. Moni-varasto-ongelmassa on monta varastoa ja autoa. Sen ratkaisu perustuu monen kauppamatkustajan ongelmanratkaisuun. (Lumiaho 1990, 9–10.)

Mikäli käytettävä kuljetuskalusto on samanlaista ja hajallaan olevat asiakkaat sijaitsevat pienen etäisyyden päässä, on mahdollista käyttää niin sanottua pyyhkäisymenetelmää. Siinä reitin muodostaminen aloitetaan joltakin jakelukeskuksesta lähtevältä säteeltä. Sädettä pyöritetään joko myötä- tai vastapäivään ja ensimmäiselle reitille kerätään ne säteeseen osuvat asiakkaat, joiden kuljetettavat tuotteet mahtuvat kyseiseen kuormaan. Tämän jälkeen muodostetaan seuraava reitti. Menetelmän tuloksena muodostuu kuviossa 17 esitetty, repaleista terälehtikuviota muistuttava jakelureititys. (Karrus 2005, 125.)



KUVIO 17. Asiakkaiden allokointi pyyhkäisymenetelmällä jakelureiteille (Karrus 2005, 125)

Pysähdysajat ja varsinainen kuljetusaika sekä työlainsäädäntö on huomioitava reittiä muodostettaessa. Mikäli asiakkaiden etäisyys jakelukeskukseen vaihtelee suuresti, voi pyyhkäisymenetelmällä muodostettu reitti olla keho. Mikäli käytävissä on puolestaan erityyppistä kalustoa, kannattaa kalustolle määrittää omat kuljetusalueet, joiden asiakkaat allokoidaan pyyhkäisemällä. (Karrus 2005, 125–126.)

Kaluston aikataulutuksessa reittiongelmaan lisätään kysyntäsolmuihin solmussa asioimisen aikarajat. Tällöin ongelmasta tulee erittäin monimutkainen. Ongelmana voi olla yhden varaston kaluston aikataulutus, aikataulutus joko aika- ja matkaraajoituksilla tai monella autotyypillä tai monella varastolla. Bodinin rinnakkaisaika- taulutusalgoritmi lienee yleisin käytössä olevista heuristisista algoritmeista. Helpon ohjelmitavuuden ansiosta sen avulla saadaan käyttökelpoisia alkuratkaisuja muille algoritmeille. (Lumiaho 1990, 10–11.)

4.2.1 Reitinoptimointiohjelmistot

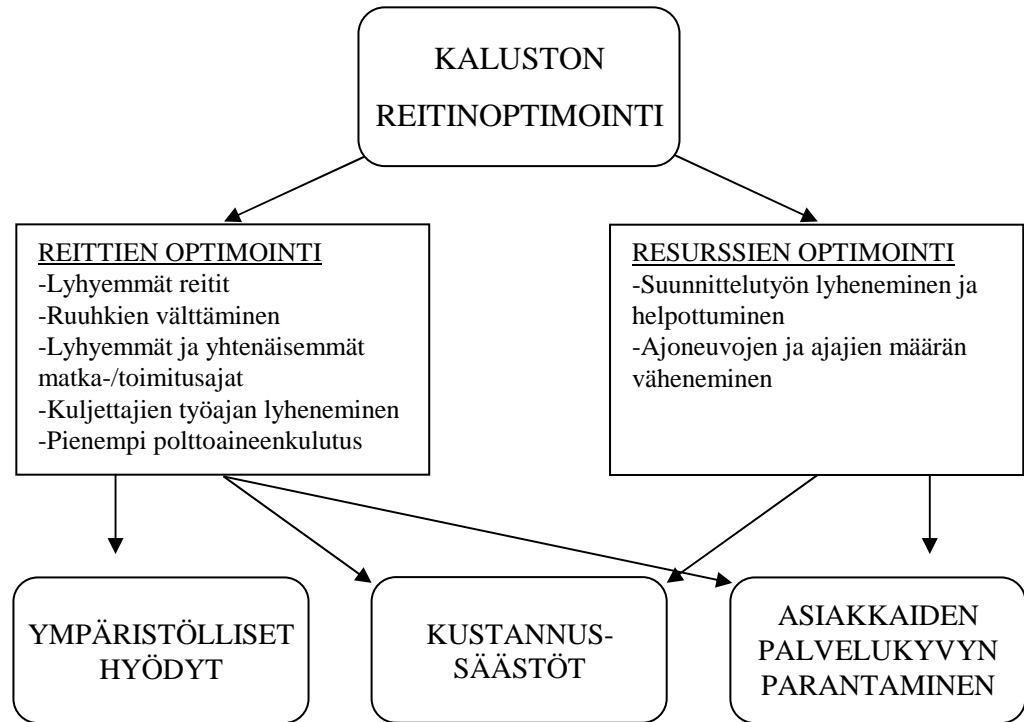
Pienissä kuljetusliikkeissä ajotilaukset vastaanotetaan usein puhelimitse. Mikäli asiakkaat ovat entuudestaan tuttuja, laatii kokenut autoilija reittisuunnitelman ilman apuvälineitä. Asiakasmäärän ja erilaisten tavaroiden määrän kasvaminen vaikeuttaa kuljetustensuunnittelua. Tällöin voi olla tarpeen hankkia PC-pohjainen kuljetusten suunnittelu- ja optimointiohjelmisto. Asiakkaista, kalustosta, kuljetusyksiköistä, kuljettajista jne. luodaan tietokantoja. Kun päivän aikana tulleet tilaukset yhdistetään perustietoihin, laskee tietokone optimaaliset kuljetusreitit kullekin ajoneuvolle. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 209.)

Bräysyn (2011) mukaan optimointi perustuu käytännössä tietokoneavusteiseen, eri ratkaisuvaihtoehtojen älykkääseen ja automaattiseen arviointiin. Kaluston reitinoptimointiohjelmistot helpottavat suunnittelua ja tehostavat resurssien käyttöä sekä tuovat säästöjä ja hyötyjä yritykselle. Säästöjen myötä ohjelmistot ovat yleistyneet ja niitä pidetään yhtenä merkittävimpänä toimitusketjun hallinnan ohjelmistotyyppinä. Bräysyn ja Porkan (2007, 39) mielestä reitinoptimointiohjelmistot ovat käytännössä välttämättömiä kilpailukyvyä ylläpitämiseksi. Kuljetusoptimointioh-

jelmistoilla hallitaan kokonaisvaltaisesti logistiikkaa. Ohjelmistot soveltuvat operatiiviseen reitinoptimointisuunnitteluun sekä avuksi pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnitteluun. Operatiivisessa suunnittelussa reitit ja niille kohdistettavat tilaukset ja ajoneuvot suunnitellaan mahdollisimman kustannustehokkaasti 1-7 päivää eteenpäin. Keskipitkän aikavälin päätöksiä ovat esimerkiksi toimitusten ajankohtien määrittäminen. Strateginen suunnittelu katsoo 1-3 vuoden päähän ja sillä määritetään esimerkiksi kaluston määrä, koko sijainti ja tyyppi. (Bräysy ja Porkka 2007, 38.) Kuljetusten suunniteltujärjestelmä on monesti ERP-järjestelmän osa. (Niemelä 2010, 9).

Reitinoptimointiohjelmiston avulla on mahdollista saavuttaa 5-60 prosentin kustannussäästöt (Bräysy & Porkka 2007, 39). Suurin yksittäinen säästöpotentiaali on työajanhallinnalla (50 %), toiseksi suurin terminaalien valinnalla (49 %) ja kolmanneksi suurin varastonhallinnalla (47 %) (Bräysy 2011). Kuljetusten osalta ajettun kokonaismatkan lyhentymisellä saavutetaan yleensä paras kustannussäästö. Kun ajettu kokonaismatka lyhenee, pienenevät polttoainekustannukset, kaluston käyttö ja kulutus, kuljettajien työaika ja jopa ajoneuvojen kuljettajien määrän tarve. Myös tarvittava suunnittelutyö ja hallinnon kustannukset pienenevät, ylityöt vähenevät ja ajoneuvojen käyttöasteet parantuvat. (Bräysy & Porkka 2007, 39.) Bräysin (2011) määrittelemät säästöpotentiaalit ovat reittien optimoinnin osalta 20–30 % ja optimaalisten toimitusten ajoituksen osalta 15 %.

Reitinoptimoinnilla on mahdollista vähentää merkittävästi ympäristökuormitusta: pakokaasupäästöjä, meluhaittoja ja ruuhkia (Bräysy & Porkka 2007, 39). Lisäksi optimoinnin avulla on parannettavissa asiakkaiden palvelukykyä, sillä se mahdollistaa nopeamman reagoinnin asiakkaiden toiveisiin ja tarjoaa yksilöllisempää ja luotettavampaa palvelua. Toimitusketjun osalta reitinoptimointi parantaa informaation kulkua ja läpinäkyvyyttä. Kuljettajien työskentelyolosuhteita optimointi parantaa yhtenäistämällä työaikoja. (Bräysy 2011.) Kuvioon 18 on koottu kaluston reitinoptimoinnilla saavutettavia hyötyjä.



KUVIO 18. Kaluston reitinoptimoinnilla saavutettavat hyödyt (Bräysy & Porkka 2007, 39)

Kaluston reitinoptimointiohjelmiston hankintaa suositellaan, kun ajoneuvoja on yli 10 ja / tai päivittäisiä toimituspisteitä on yli 100. Myös usein muuttuvat reitit, nopeiden ratkaisujen ja reittien päivittämisen tarve sekä eri toimipisteissä työskentelevien kuljetussuunnittelijoiden yhteistoiminnan parantaminen puoltavat ohjelmiston hankintaa. Jotta reitinoptimointiohjelmistosta saadaan paras mahdollinen hyöty, tulee ohjelmisto integroida muihin toimitusketjujen hallinnan ohjelmistoihin sekä yrityksen muihin tietojärjestelmiin. (Bräysy & Porkka 2007, 38.) Mikäli yritys ei halua investoida ohjelmistoihin ja paikkatieto-osaamiseen, on optimointi mahdollista ostaa konsultointityönä (Mattila 2009, 32).

Reitinoptimointiohjelmistoissa lähtökohdan muodostavat ongelman määrittävät syöttötiedot: maantieteellinen data, resurssit, asiakastiedot ja optimointiparametrit. Maantieteellistä dataa ovat tieverkko, nopeusrajoitukset, osoitteet, reaaliaikaiset tiedot ruuhkista ja nopeuksista. Resursseilla tarkoitetaan tietoja ajoneuvoista, toimipisteistä ja kuljettajista. Tarvittavien resurssien määrä on laskettavissa myös

optimoimalla. Asiakastiedot sisältävät sijainnin, palvelun laadun ja määritykset. Optimointiparametreja ovat esimerkiksi optimointikriteeri (matka, aika, kustannukset ja täyttöaste), etäisyys- ja nopeusyksiköt, ajajien työvuorojen ja taukojen pituudet, tunti- ja ylityökorvaukset, lastaus- ja purkupaikkojen aukioloajat, suunnitteluajanjakson pituus sekä työpäivien alkamis- ja päättymisajat. Syöttötietojen pohjalta ohjelmisto laatii automaattisesti ratkaisun ja tulosraportit. (Bräysy & Porkka 2007, 38.)

Reittiohjelmistot hyödyntävät useita algoritmeja ja ne yhdistävät erilaisia heuristiikkoja, joilla pyritään löytämään nopeasti, mahdollisimman optimia lähellä oleva hyvä ratkaisu. Kannattaa kuitenkin huomioida, että optimin löytäminen varmuudella on mahdotonta. (Bräysy & Porkka 2007, 38.) Ohjelmistojen välillä on suuria eroja niin tulosten laadussa kuin mallin tarkkuudessa (Bräysy 2011). Tällä puolestaan on suuri vaikutus siihen, kuinka nopea ja hyvä ratkaisu on. Ohjelmistoista on tulostettavissa erilaisia raportteja ja graafisia esityksiä. Reitit ja niihin liittyvät aikataulut esitetään yleensä digitaalisella karttapohjalla graafisesti. (Bräysy & Porkka 2007, 38.)

4.2.2 Tulevaisuuden näkymät

Mäkelä, Mäntynen ja Vanhatalo (2005, 128) määrittävät telematiikan tietotekniikan osaksi, joka sisältää sekä tele- eli tietoliikennetekniikkaa että tietojenkäsittelytekniikkaa. Karhusen, Pourin & Santalan (2004, 122, 124.) mukaan telematiikalla yhdistetään tietojenkäsittely ja tiedonsiirto. Tietotekniikka mahdollistaa tiekuljetusten taloudellisuuden, turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden kehittämisen. Liikennetelematiikka käsittää tekniset laitteet, tiedonsiirto- ja tietoverkot sekä tietoa käsittelevät ohjelmistot. Telematiikkaa voidaan hyödyntää monissa eri kuljetustoiminnan kohteissa, kuten kuljetusten ja tavaravirtoihin liittyvän tiedon hallinnassa, yritystaloudessa ja kuljetuspalvelujen markkinoinnissa, kaluston käytössä sekä tietosuojan ja -turvallisuuden kehittämisessä. Mäkelän, Mäntynen ja Vanhatalon (2005, 27) mukaan logistiikan telematiikan sekä kuljetus- ja käsittelyteknologian avulla on mahdollista parantaa toimitusketjun toimivuutta.

Reitinoptimointiohjelmistoja kehitetään yhä laajemmiksi, monipuolisemmin koko toimitusketjuun integroituviksi, jolloin kuljetuksia ja tilauksia on mahdollista hallita miltei reaaliaikaisesti (Bräysy & Porkka 2007, 39). Pelkästä reitinoptimoinnista ollaan siirtymässä kokonaisuuteen, jolla pyritään optimoimaan reittivalinta, kuljettajan ajankäyttö, polttoaineenkulutus ja ajoturvallisuus (Tompuri 2006a, 34). Telematiikan keinoin logistiikan hallinta on mahdollista saada prosessiteolliseen tuotannonohjaukseen verrattavalle tarkkuustasolle. Tietotekniikan avulla reitinoptimointi on mahdollista myös ajoneuvon ohjaamossa. Haasteena on, kuinka kaikki logistiset vaiheet ovat yhdistettävissä yhtenäiseksi, optimoivaksi tietojärjestelmäksi. (Tompuri 2006b, 47.)

Kun tietotekniikka tuodaan ajoneuvoihin, on mahdollista siirtää ja käsitellä suoritteiden tietoja reaaliaikaisesti, jolloin toiminta tehostuu. Reitinoptimoinnilla suoritettu ajoreititys voidaan lähettää ajoneuvoon sijoitetulle tietokoneelle omalla karttaohjelmalla, jolloin säästyy aikaa ja toiminta tehostuu. Laitteistoon on mahdollista lisätä GPS-navigointiyksikkö ja GPRS -kommunikointi, jolloin sekä ajoneuvossa että ajoseurannassa on mahdollista nähdä suoritteiden eteneminen. (Vilpponen 2008, 11.) Ajoneuvopäätteiden ja satelliittinavigointijärjestelmien (GPS) suurimpina etuina ovat nopeus ja tarkkuus. Kuljettaja saa mahdollisesta muutoksesta välittömästi tiedon ajoneuvopäätteelle ja GPS puolestaan helpottaa kuormauspisteen löytymisessä. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 209.) Järjestelmään on mahdollista liittää muun muassa kuormaustilan valvonta, ajopiirturin seuranta ja kuormapainojen taltiointi. Sähköisellä liitännällä varustetuista laitteista on saatavissa reaaliaikaista tietoa. (Vilpponen 2008, 11.)

Tamperelaisen PPCT Oy:n kehittämä satelliittipaikannukseen perustuva ohjelmisto seuraa auton liikkeitä ja kirjaa ne tiedostoksi (Lehtinen 2007, 28). PPCT paikanninta (2011) esittelevien Internet sivujen mukaan ohjelmiston käyttäjä voi luoda ajoista raportit, tulostaa ajopäiväkirjan ja piirtää kartalle ajoneuvon käyttämän reitin. Ajoneuvopaikannuksen avulla on mahdollista tehostaa yrityksen toimintaa, saavuttaa merkittäviä säästöjä sekä saada asiakkaat ja oma henkilökunta aiempaa tyytyväisemmiksi. Järjestelmään on mahdollista liittää esimerkiksi viivakoodin

lukija, jolloin kuormakirjojen lukeminen helpottuu huomattavasti. (PPCT Paikanin 2011.)

Investointia ICT-teknologiaan pidetään yhtenä kannattavimmista logistisista päätöksistä, joskin teknologiaa ei tule pitää itsetarkoituksena. Yhdistämällä logistiset ja ei-logistiset toiminnot saumattomaksi poistetaan turhat toiminnot ja toimijat jakeluketjusta. Saumattomuuden kasvattamisessa tietojärjestelmillä on suuri merkitys. Tietoteknisesti on mahdollista koko jakeluverkoston laajuinen, reaaliaikainen ja läpinäkyvä informaatiojärjestelmä. Järjestelmä on kuitenkin kallis eikä se ole kaikkien hankittavissa. Siksi puhelinta ja sähköpostia käytetään erityisesti kiireellisissä ja poikkeavissa tilanteissa reaaliaikaisen tiedonkulun varmistamiseksi. (Inkiläinen 2009, 112–113, 115, 122–123.)

Vuonna 2001 käynnistyneen ja joulukuussa 2004 valmistuneen Digiroad -hankkeen tuloksena Suomen tie- ja katuverkot saatettiin sähköiseen muotoon (Tompuri 2006a, 36). Digiroad on toistaiseksi kattavin Suomen tiestöstä laadittu tietokanta. Sähköisen järjestelmän tietojen ylläpidosta ja tietopalvelusta huolehtivat Maanmittauslaitos, Liikennevirasto ja kunnat. (Digiroad 2011.) Järjestelmä sisältää koko Suomen kokonaispituudeltaan noin 430 000 kilometrin tie- ja katuverkon tarkat sijainnit (Tompuri 2006a, 36), teiden ja katujen geometriat sekä ominaisuustiedot. Digiroadista on saatavissa tien virallinen nimi, numero ja sijainti sekä leveys ja päällyste, kaistojen lukumäärä, nopeusrajoitus, sillat ja tunnelit, pysäköintialot ja -alueet, kääntymis- ja ajokiellot, leveys-, korkeus- ja painorajoitukset, bussipysäkit, tavara- ja matkustajaliikenneterminaalit sekä talojen osoitteet. (Digiroad 2011.)

Digiroad tarjoaa viranomaisille ja kaupallisten palvelujen tarjoajille uusien palveluratkaisujen kehittämistä varten kattavan ja standardisoidun pohjan, jota päivitetään säännöllisesti. Tietojen siirto eri organisaatioiden ja viranomaisten välillä on mahdollista valtakunnallisen standardin myötä. Digiroadilla on lukuisia käyttökohteita. Se soveltuu reitinsuunnitteluun ja -optimointiin, logistiikan kehittämiseen ja liikenteen ohjailuun, joukkoliikenteeseen ja pelastustoimeen, liikenteen seuranta- ja hallintajärjestelmien sekä teiden ja katujen kunnossapitoon. Lisäksi

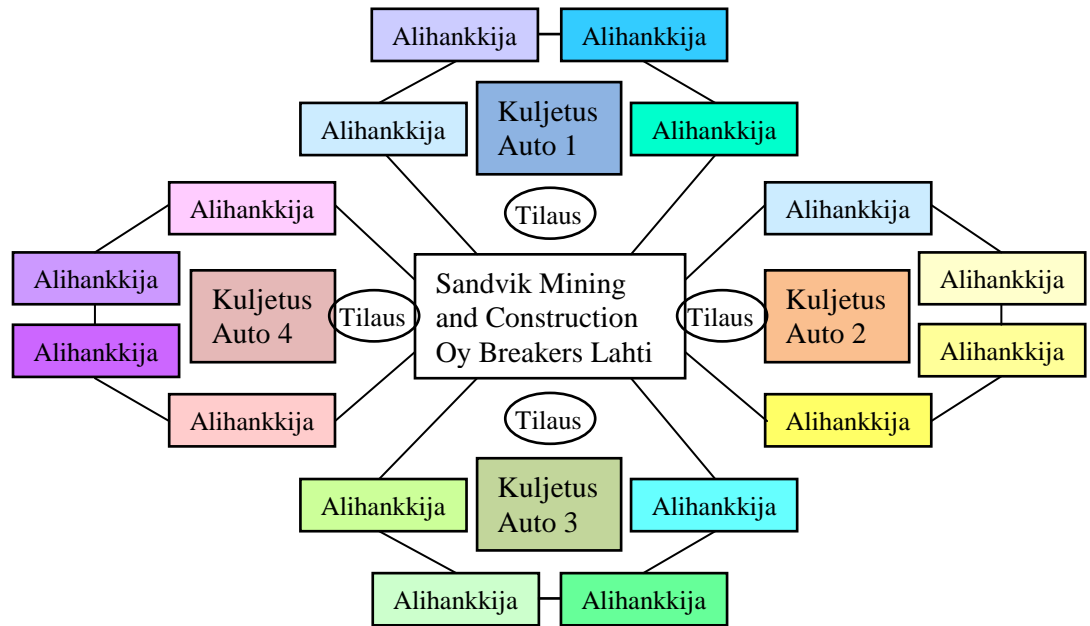
sitä on mahdollista hyödyntää paikkasidonnaisten ja mobiilipaikannusta hyödyntävien palvelusovellusten tuottamisessa. (Digiroad 2011.)

Kuopiolaisen tietojärjestelmäkehittäjä, Ecomond Oy:n mukaan TCS-Opti logistiikan optimointijärjestelmällä on mahdollista nostaa kuljetuslogistiikan tehokkuutta ja saavuttaa vähintään 10–30 prosentin säästöjä. TCS-Opti on kuljetuslogistiikan suunnittelun apuväline niin strategisella kuin operatiivisellakin tasolla. Ecomond Oy:n kehityspäällikkö Teemu Nuortion mukaan optimoinnin kohteita ovat muun muassa jakelu- ja keräilyreittien aikataulutus, vakioreittien määrittäminen, kaluston ja henkilöstön tehokas käyttö sekä logististen vaihtoehtojen vertailu. (Tuisku 2008b, 21.)

5 CASE: SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OY BREAKERS LAHTI

Tämä luku käsittää opinnäytetyön empiriaosuuden. Tutkimus perustuu Sandvikin tarpeeseen selvittää Lahden tehtaan ja alihankkijoiden välisiä kuljetuksia, jotta yrityksessä saataisiin kattavampi kokonaiskäsitys kuljetuksista ja kuljetustoimintaa voitaisiin kehittää. Sandvik on ulkoistanut suurimman osan tehtaan ja alihankkijoiden välisistä kuljetuksista N & M Oy nimiselle kuljetusyritykselle. Kaukaisimmat kohteet on ulkoistettu Kiitolinjalle. Tutkimuksessa selvitetään, kuinka usein alihankkijoilla on käytävä viikossa, voidaanko kuljetuksia yhdistää sekä mietitään vaihtoehtoisia kuljetusreittejä ja uusia toimintatapoja. Tavoitteena on luoda erilaisia, mahdollisimman optimaalisia vakioreitinvaihtoehtoja, joista yritys valitsee toimivimman vaihtoehdon kuljetusten pohjaksi ja kehittää sitä vastamaan kulloisiakin kuljetustarpeita. Logistiikan kehittäminen tarkoittaa käytännössä kuljetusten tehostamista eli ajokilometrien vähentämistä.

Tutkimuksen rakenne on kuvattu kuviossa 19. Kuljetuksen osapuolina ovat Sandvik, tutkimusajankohdan 31 alihankkijaa ja kuljetusliike N & M Oy. Sandvik ostaa alihankkijoilta tuotteen tai palvelun, kuten esimerkiksi lämpökäsittelyn valmis-teilla olevaan tuotteeseen. Tämä edellyttää tuotteen kuljettamista joko Sandvikilta alihankkijoille, alihankkijalta alihankkijalle tai alihankkijoilta Sandvikille. Sandvikin ja alihankkijoiden väliset säännölliset reittikuljetukset hoidetaan neljän viikkoittaisen kuljetuslenkin ja neljän auton avulla. Alihankkijalle tehdään ostotilaus, minkä jälkeen toiminnanohjausjärjestelmä ohjaa kuljetuksille päivät. Järjestelmässä on ylläpidettynä lenkit, minkä perusteella kuormitus ehdottaa lenkkiä, joka kulkee alihankkijan kautta. Jos kuljetus ei osu millekään neljästä ajolenkistä aikataulun edellyttämällä tavalla, hoidetaan kuljetus joko ohjaamalla lähin mahdollinen auto käymään kyseisellä alihankkijalla tai kuljetus hoidetaan ylimääräisellä ajolla. Kiireelliset lisäkuljetukset hoidetaan joko pienemmällä autolla tai kuljetuskalustolla varsinaisten kuljetuslenkkien lisäksi. Tutkimuksen kannalta on olennaista huomioda, että Sandvik maksaa kuljetukset.

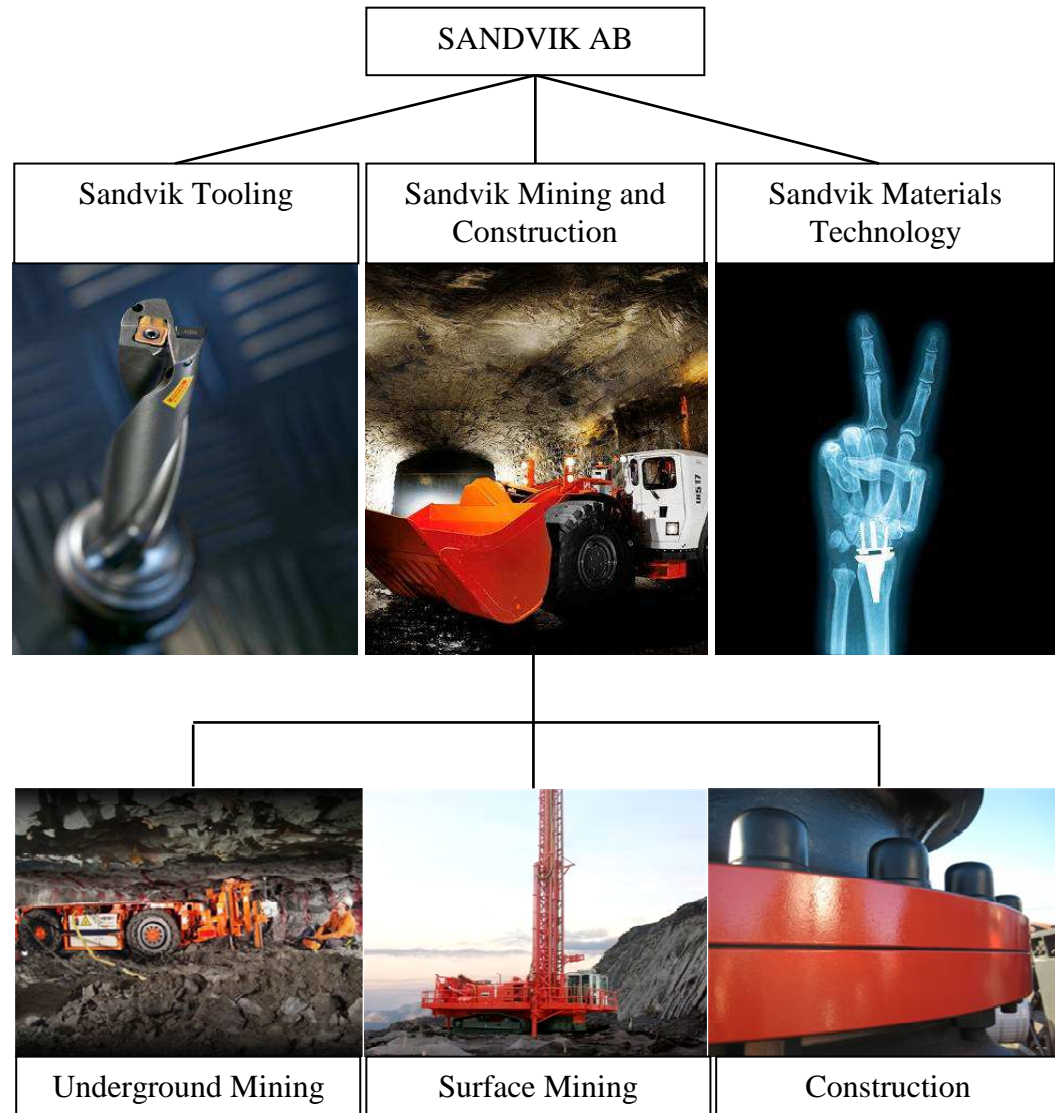


KUVIO 19. Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen haasteena on se, että kuljetus ei ole ainoastaan vientiä Lahdesta alihankkijoille ja tuontia alihankkijoilta Lahteen, vaan kuljetuksia on lisäksi alihankkijoiden välillä ja joitakin kuljetuksia menee Sandvikin Tampereen tehtaalle yhteisiltä alihankkijoilta. Sandvikilta ja N & M Oy:ltä saatujen tietojen pohjalta on tutkittu toteutuneita kuljetuksia 3,5 kuukauden sekä purku- ja lastausaikoja 2 kuukauden ajalta. Näiden pohjalta on laadittu erilaisia reitti- sekä muutosehdotuksia kuljetuksiin.

5.1 Yritysesittely

Vuonna 1862 perustettu Sandvik AB on kansainvälinen, korkeanteknologian teollisuuskonserni. Vuonna 2008 Sandvik AB työllisti 50 000 työntekijää ja toimintaa oli 130 maassa. Liikevaihto oli 93 miljardia Ruotsin kruunua. Yhtiön kolme liiketoiminta-alueita ovat kuviossa 20 esitetyt: Sandvik Tooling, Sandvik Mining and Construction ja Sandvik Materials Technology. Sandvik on markkinajohtaja kaikilla valituilla tuotealueilla. (Sandvik Mining and Construction 2011.)



KUVIO 20. Sandvik konserni (Sandvik Mining and Construction)

Sandvik Mining and Construction -liiketoiminta-alue jakautuu kuvion 20 mukaisesti Underground Mining, Surface Mining ja Construction asiakassegmentteihin (jatkossa yrityksestä käytetään nimitystä SMC). SMC on maailman johtavia kaivos- ja rakennusalan koneiden ja laitteiden, kuten louhinta- ja materiaalinkäsittelylaitteiden ja kovametallityökalujen valmistajia sekä niihin liittyvien palveluiden tuottajia. Vuonna 2008 liiketoiminta-alueen liikevaihto oli 38 651 miljoonaa Ruotsin kruunua ja se työllisti 16 796 henkilöä. (Sandvik Mining and Construction 2011 ja Sandvik 2011.) Huolto ja varaosamyyni muodostavat noin 40 prosenttia liikevaihdosta. SMC on laajentanut toimintaansa erityisesti Brasiliassa, Etelä-

Amerikassa, Kiinassa ja Venäjällä. Näissä maissa on laajan kaivosteollisuuden lisäksi tarve parantaa infrastruktuuria, kuten teitä. (Kauniskangas 2009, 32.)

SMC aloitti vuonna 2006 Logistics Control Tower -kehittämishankkeen. Hankkeen tavoitteena oli päästä eroon monimutkaisista logistisista verkostoista. Lisäksi rahdinsuunnitteluprosessin harmonisoinnilla pyrittiin saavuttamaan kustannushyötyjä ja parantamaan toimitusketjun läpinäkyvyyttä. Hankkeen myötä perustettiin kolme alueellista rahdin kontrollikeskusta, joiden kautta alueen rahti- ja rahtikulutiedot kulkevat. Esimerkiksi Euroopasta vastaa Alankomaiden Eindhovenin keskusvarasto. Control Tower tietokoneohjelmiston avulla SMC mittaa toimittajien ja alihankkijoiden toimintaa ja ohjelmisto auttaa myös niiden toimittajien valinnassa, joiden kanssa SMC haluaa toimia jatkossa. Hankkeen avulla SMC on säästänyt kokonaislogistiikkakuluissa 5–10 prosenttia. (Kauniskangas 2009, 32.)

5.2 Tutkimuksen toteutus

Koskisen, Alasuutarin & Peltosen (2005, 157) määrittämistä laadullisista aineistoista opinnäytetyössä käytetään kirjallisia aineistoja, haastatteluja ja osallistuvaa havainnointia. Lisäksi asioita on tarkennettu tutkimuksen edetessä sähköpostin avulla. Tutkimusaineistoa on kerätty haastattelemalla Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahden ja kuljetusliike N & M Oy:n henkilöitä. Sandvikilta haastateltiin tuotantopäällikkö Hannu Jokista ja logistiikkainsinööri Jaakko Marttilaa, Kuljetusliike N & M Oy:ltä toimitusjohtaja Jussi Marvailaa sekä kuljettaja Pertti Parosta.

Haastatteluissa käytettiin avoimia kysymyksiä, sillä tällöin haastateltava voi vastata omin sanoin (Koskinen, Alasuutari ja Peltonen 2005, 109) ja haastattelussa on mahdollista säädellä aineiston keruuta tilanteen edellyttämällä tavalla (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 205). Avointa haastattelua nimitetään myös vapaaksi haastatteluksi, sillä se voi muistuttaa keskustelua (Metsämuuronen 2006, 115). Keskustelussa aiheen muutos voi lähteä haastateltavasta itsestään (Metsämuuronen, Hirsjärven & Hurmeen 1985, 31 mukaan). Haastateltavilla on tuolloin mahdollisuus kertoa aiheesta niin paljon kuin tietää tai haluaa. Haastatteluista kirjoitet-

tiin haastatteluhetkellä muistiinpanot, jotka avattiin vielä tarkemmin heti haastattelutilanteiden jälkeen. Ryhmähaastattelut nauhoitettiin, jolloin paikalla olivat Hannu Jokinen, Jaakko Marttila ja Jussi Marvaila. Ryhmähaastattelua pidetään tehokkaana tiedonkeruun muotona, sillä samalla tietoja on saatavissa usealta henkilöltä yhtä aikaa (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 210). Yksilöhaastatteluja olivat ajolenkeillä suoritettujen kuljettajan haastattelut sekä Jaakko Marttilan haastattelut toukokuussa.

Tutkimusaineistoa on kerätty myös havainnoimalla osallistuttaessa kuljetuslenkeille helmi- ja maaliskuussa. Havainnoinnilla tarkoitetaan sitä, että tutkija tarkkailee tutkimuksen kohdetta ja tekee samanaikaisesti muistiinpanoja (Metsämuuronen 2006, 116). Havainnoinnin avulla on mahdollista saada välitöntä, suoraa tietoa luonnollisesta ympäristöstä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 213). Metsämuuronen (2006, 115, 117) mukaan havainnointi on jaettavissa neljään asteeseen riippuen osallistumisesta. Kuljetuslenkkien osallistuva havainnointi suoritettiin siten, että havainnoija oli ensisijaisesti tutkijan roolissa. Havainnointitutkimuksen kysymykset tarkentuivat tutkimuksen edetessä. Havainnoinnin ohessa haastateltiin kuljettaja Pertti Parosta käyttäen avoimia kysymyksiä. Havainnoimalla luonnollisia tilanteita, tässä tapauksessa kuljetuksia kahtena työpäivänä, saatiin käsitys mistä kaikesta Sandvikin kuljetuslenkki muodostuu.

Hannu Jokinen ja Jaakko Marttila määrittivät kuinka usein kullakin alihankkijalla on käytävä viikossa. Viikoittaiset käyntikerrat alihankkijoittain ovat liitteessä 3. Hannu Jokinen osallistui tutkimusaineiston keräämiseen tulostamalla kuljetusliikkeen laskutuksesta 3.1.–15.4.2011 välisenä ajanjaksona ajettujen päivittäisten kuljetuslenkkien kilometrit ja tunnit, karkean täyttöasteen sekä käytetyn kuljetuskaluston. Jaakko Marttila selvitti alihankkijoiden välistä tavaroiden liikkumista ja kommentoi reittiehdotuksia. Jussi Marvaila selvitti yksittäisten kohteiden väliset etäisyydet. Kuljetusliikkeeltä sain analysoitavaksi purku- ja lastausajat 2 kuukauden ajalta. Opinnäytetyössä hyödynnettiin Google Maps -reittihakua selvittäessä alihankkijoiden välisiä etäisyyksiä ja reittien pituuksia.

Sandvikilta saatujen alihankkijoiden osoitteiden perusteella sijoitin alihankkijat Suomen kartalle. Ryhmittelin maantieteellisen sijainnin mukaan keskenään lähellä olevat alihankkijat samalle lenkille, jolloin muodostui eteläinen, itäinen, läntinen ja pohjoinen sekä lounainen lenkki. Tämän jälkeen testasin erilaisia kuljetusreittivaihtoehtoja Google Maps -ohjelmalla, keskittyen minimoimaan reitin pituutta. Reitinsuunnittelussa on huomioitava työaikalainsäädäntö työpäivän pituuden ja taukojen osalta. Kuljettajan ajoaika voi olla 9 tuntia, maksimissaan 10 tuntia kaksi kertaa kalenteriviikossa. Kuljettajan kokonaistyöaika voi olla 13 tuntia, maksimissaan 15 tuntia kolme kertaa viikonaikana. Taukojen osalta on huomioitava, että kuljettajan on pidettävä 45 minuutin mittainen tauko jokaisen 4,5 tunnin jälkeen, ellei kuljettaja pidä lepoaikaa. Huomioimalla ajo- ja työajat, lastaukseen ja purkuun kuluvan ajan sekä kuljetuskaluston maksiminopeuden 80 km/h, ei käytännössä ole mahdollista liikennöidä yli 550 km päivässä.

Case-tutkimus toteutettiin helmi-elokuussa 2011. Tutkimusajankohdaksi kevään pitäisi olla sovelias, sillä kevät on yleensä tuotantopäällikkö, Hannu Jokisen mukaan toimitusten kannalta tasaisinta aikaa. Taulukosta 3 on nähtävissä tutkimuksen eteneminen. Helmikuussa kartoitettiin kuljetustoiminnot ja laadittiin alustava tutkimussuunnitelma sekä suoritettiin ensimmäiset haastattelut ja havainnointi. Maaliskuussa tutkimusongelma täsmentyi ja aloitettiin kuljetustoimintojen tarkempi kartoitus. Samalla jatkettiin haastatteluja ja havainnointia. Huhtikuussa perehdyttiin kuljetusten suunnitteluun ja ohjaukseen. Toukokuussa analysoitiin kuljetustoiminnot, testattiin erilaisia reittejä Google Maps -ohjelmalla ja jatkettiin avoimia haastatteluja. Kesäkuussa laadittiin kuljetusten kehitysehdotukset ja toimitettiin opinnäytetyö luettavaksi Sandvikille. Heinäkuussa muotoiltiin opinnäytetyön kieli- ja ulkoasu. Sandvikin kommenttien jälkeen opinnäytetyön kieli- ja ulkoasu viimeisteltiin elokuussa.

TAULUKKO 3. Tutkimuksen eteneminen

Aika	Toiminto
Helmikuu	Kuljetustoimintojen alkukartoitus Alustava tutkimussuunnitelma *osallistuva havainnointi *avoimet haastattelut
Maaliskuu	Tutkimusongelman määrittely Kuljetustoimintojen tarkempi kartoitus ja kirjaaminen *osallistuva havainnointi *avoimet haastattelut
Huhtikuu	Kuljetusten suunnitteluun ja ohjaukseen perehtyminen *avoimet haastattelut
Toukokuu	Kuljetustoimintojen analysointi *Google Maps reittihaku *avoimet haastattelut
Kesäkuu	Opinnäytetyö luettavaksi Sandvikille *kuljetusten kehitysehdotukset
Heinäkuu	Opinnäytetyön kieli- ja ulkoasun muotoilu
Elokuu	Opinnäytetyön kommentit Sandvikilta Opinnäytetyön kieli- ja ulkoasun viimeistely

5.3 Kuljetusten nykytila

Kilpailun kiristyessä yritysten on keskityttävä yhä enenevässä määrin omaan ydin-toimintaansa eli siihen mitä ne parhaiten osaavat. Tästä syystä Sandvik on ulkoistanut tehtaan ja alihankkijoiden väliset kuljetuksensa. Sandvikilla ei ole toistaiseksi suunnitelmissa ulkoistaa lisää logistisia toimintoja. Puskurivarastot pidetään mahdollisimman pieninä ja tavoitteena on vakiokiertonopeus. Koska varastot ovat pieniä eikä niitä kasvateta, on kuljetustiheyden oltava suurehko. Sandvikin Lahden tehtaalla on osin samoja alihankkijoita kuin Tampereen tehtaalla. Osa Tampereen tehtaan kuljetuksista hoidetaan samoilla Lahden tehtaan kuljetuksilla. Lisäksi Sandvikin toimesta hoidetaan alihankkijoiden välisiä kuljetuksia. Logistiikkainsinööri Jaakko Marttilan mukaan kuljetuksilla on suuri merkitys asiakaspalvelussa ja kuljetusten edellytetään tukevan tehtaan toimintaa parhaalla mahdollisella tavalla. Sandvikilla on noin 30 alihankkijaa, jotka toimittavat osia varaosiksi ja valmis-

tusta varten. Näistä alihankkijoista neljä on vakio toimittajia, joiden kanssa yhteistyö on syvällisempää kuin muiden alihankkijoiden kanssa.

Jotta kuljetuksille voidaan luoda vakio reittivaihtoehtoja, on perehdyttävä yrityksen nykyiseen kuljetusreititukseen. Valtaosa logistiikasta hoidetaan lahtelaisen kuljetusyrityksen, N & M Oy:n autoilla, jonka kanssa Sandvik on solminut vuosisopimuksen. Sopimuksessa on sovittu hinnoista/km käytetyn kaluston mukaisesti. Kuljetusten hintaan ei vaikuta rahdin paino, vaan ainoastaan käytetty kuljetuskalusto, eli ajetaanko kuljetukset kuorma-autolla vai perävaunuyhdistelmällä. Perävaunuyhdistelmällä on kaksi hintaa riippuen siitä, onko perävaunu täynnä vai puolillaan kuljetettavia tuotteita. Kaukaisimmat kuljetukset, kuten esimerkiksi Iisalmi, on ulkoistettu Kiitolinjalle, sillä niissä ei olisi mahdollista käydä työaikalainsäädännön puitteissa saman päivän aikana yhtä kuljettajaa käyttäen ja kuljetettavien tavaroiden kuljetuskustannukset muodostuisivat kohtuuttoman suuriksi.

Kuljetustapa on ollut käytössä yli kahdeksan vuotta. Tuona aikana kuljetuksia ei ole kilpailutettu, joten on mahdollista, että kuljetustapa saattaa olla osittain tehoton ja kallis. Kuljetussuunnittelu hoidetaan manuaalisesti. Kuljetusyrittäjä on luonut kuljetuslenkit yhdessä Sandvikin kanssa ja niitä päivitetään kulloistakin kuljetustarvetta vastaaviksi. Esimerkiksi vuonna 2010 lenkkejä päivitettiin 4 kertaa. Kuljetustapaa pidetään erittäin joustavana, sillä kuljetusreittejä voidaan päivittää tarpeen vaatiessa ajon aikana. Kuljetusyrittäjä lisää kohteen kulloinkin parhaiten sopivalle lenkille työaikalainsäädännön puitteissa. Tällaiset päivitykset hoidetaan puhelimitse ja ne ovat melko yleisiä. Kuljetusliike huomioi kuljetettavan tavaramäärän perusteella käytettävän kaluston, eli ajaako se lenkin kuorma-autolla vai perävaunuyhdistelmällä. Lisäksi kuljetusyrittäjä hoitaa tarvittaessa lenkkien ulkopuolisia lisäkuljetuksia. Esimerkiksi jos alihankkija ei ole pysynyt aikataulussa, ratkaisee kuljetusyrittäjä, kuinka kuljetus saadaan mahdollisimman oikea-aikaisesti haluttuun paikkaan.

N & M Oy:llä on käytössä 4 perävaunuyhdistelmää Sandvikin reittikuljetuksia varten viikosta 10 alkaen. Autot on varustettu Sandvikin tunnuksilla. Autot ovat vuosimallia: 2002, 2004, 2006 ja 2009. Kuvassa 2 on esimerkki käytössä olevasta

kuljetuskalustosta. Perävaunuyhdistelmän pituus on 24,5 m. Kuorma-auto on 3-akselinen, perävaunu 4-akselinen. Kaikkien neljän auton mitat ovat keskenään samat. Kuljetusyrittäjän mukaan vetoauton kantavuus eli vetoauton maksimikuorma on 14 000 kg ja perävaunun kanssa 39 000. Perävaunuun on siten lastattavissa 25 tonnia huomioiden akselipainot. Teoriassa nuppiin mahtuu 18 lavaa, mutta käytännössä 18 lavalla kuormasta tulee usein liian painava. Maksimipaino saattaa tulla vastaan jo 6 lavalla, sillä suurimmat kuljetettavat painavat vajaat 7 tonnia / lava. Kuljettajien tehtävänä on varmistaa, että autoon ei lastata ylikuormaa. Kuljetettavia tavaralajeja ovat kappaletavaroiden möhkäleet: kuutiot, särmiöt ja epämääräiset möhkäleet, tasomaisten sivulevyt ja pitkien tangot (=terät). Tuotteet ovat pääasiassa EUR-lavoilla, joskin muutaman alihankkijan tuotteet ovat pienempiä eikä niitä ole pakattu lavalle. Kuormauksen helpottamiseksi konttien sivut aukeavat kokonaan.



KUVA 2. Sandvikin tunnuksin varustettu perävaunuyhdistelmä

Viikkoon 10 asti lenkit ajettiin kolmella autolla, minkä vuoksi työpäivät venyivät pitkiksi ja ylitöitä oli liikaa. Uusien toimittajien ja toiminnan vilkastumisen myötä

kuljetuksiin varattiin 4 autoa. Liitteessä 4 ja 5 on esitetty kolmen ja neljän auton kuljetuslenkit. Lenkkikartta sisältää ainoastaan vakiolenkit, ei harvemmin käytäviä kohteita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että osalla alihankkijoita käydään tarvittaessa, alihankkijaa lähinnä liikennöivällä autolla. Esimerkiksi Tampereella liikennöivä auto käy tarvittaessa Tampereen alueen muilla alihankkijoilla. Taulukkoon 4 on laskettu viikoittaiset kilometrit vuoden 2011 viikkojen 1-15 ajalta. Liitteessä 5 esitetty neljän auton lenkkikartta otettiin käyttöön kuljetusten tarkasteluajanjakson päätyttyä, 2.5.2011. Toukokuun alkuun asti 4. auto oli hyvin vaihtelevasti ajossa. Neloslenkillä ei ole ajoja maanantaisin ja perjantaisin, vaan kyseisen lenkin kuljettajalla on tuolloin vapaata. Neljällä autolla ajetaan neljää eri lenkkiä, joskin osa autoista käy päivän mittaan samoissa toimipisteissä. Reittien itäisin paikka on Imatra ja läntisin Naantali. Suurin osa kuljetuksista ajetaan perävaunun kanssa ja vain pieni osa ilman perävaunua.

TAULUKKO 4. Viikoittaiset kilometrit vuonna 2011, viikot 1-15

Viikko	Kilometrit
1	3698
2	5545
3	5779
4	5643
5	5724
6	5818
7	5579
8	5839
9	5744
10	6088
11	5888
12	6134
13	6172
14	6526
15	5922

Lastauksessa on huomioitava useita seikkoja. Kuljetettavat tavarat asettavat omat rajoituksensa lastaukseen, sillä kaikkia lavoja tai kuljetusalustoja ei voida lastata päällekkäin. Esimerkiksi pitkiä teriä sisältävien terälavojen päälle ei voi lastata

tavaraa. Terien lastauksessa tulee huomioida lisäksi, että terävää päätä ei sijoiteta keulaa kohden. Päällekkäin lastattavissa ovat lähinnä reunalliset kuormalavat. Lastauksessa on huomioitava kuorman paino ja kuorman/painon vaihtelu kuljetuslenkkien sisällä sekä mikäli mahdollista, tavarantoimitajittain. Lajiteltaessa tavara toimitajittain vältetään tarpeetonta laivojen siirtelyä kuorman purkupaikalla. Liikennöitäessä perävaunuyhdistelmällä, kannattaa osa kuormasta sijoittaa perävaunuun ajettavuuden vuoksi, vaikka koko kuorma mahtuisikin nuppiin.

Kuorman purku- ja lastausajat vaihtelevat suuresti kuorman koon vuoksi. Lastauspaikalla voi myös olla jonoa ja jonotukseen saattaa kulua aikaa yli tunti. Lastaus- ja purkuajoissa oli yllättävän suuria yksittäisiä aikoja. Taulukkoon 5 on laskettu kahden kuukauden ajalta alihankkijoiden 1-3 keskimääräiset lastaus- ja purkuajat. Muiden alihankkijoiden osalta käytetään lastaus- ja purkuaikana 20 minuuttia. Sandvikilla lastaukseen kului keskimäärin 21 minuuttia ja purkamiseen 28 minuuttia. Lastauksessa on huomioitava myös, että osalla alihankkijoita työpäivä päättyy klo 15.30. Lastaus sisätiloissa on mahdollinen Lahden tehtaan lisäksi vain yhdellä alihankkijalla. Talviaikaan sääolosuhteet hidastavat lastausta ja lastaukseen voi kulua kovalla pakkasella jopa tunti enemmän aikaa. Kuljettajien on tarvittaessa hoidettava lastaus itse tai osallistuttava siihen siirtämällä lastattavat kuormalavat lähemmäksi autoa, josta alihankkijan työntekijä siirtää kuormalavat autoon. Rankalla lumisateella on myös vaikutuksensa ajonopeuteen, sillä ajonopeutta on säädeltävä sääolosuhteiden mukaisesti.

TAULUKKO 5. Lastaus- ja purkuaikojen keskiarvot

Alihankkija	Paikkakunta	min
1	Hattula	45
2	Tampere	40
3	Hyvinkää	49
	Muut	20

Aiemmin kuljettajat ajoivat kukin omaa reittiä. Kuljettajien ehdotuksesta siirryttiin kiertävään järjestelmään loppuvuodesta 2010. Muutoksen myötä kuljettajat ajavat vuoroviikoittain eri lenkkejä 1-4. Tästä on etuna se, että työnkuvaan saadaan vaihtelua ja kaikki kuljettajat tietävät kaikki lenkit, jolloin sijaisuuksia pys-

tyvät tekemään muutkin kuin kuljetusyrittäjä. Kuljettajien työpäivä alkaa kello 7 ja autot saapuvat Sandvikille lastaukseen vähän seitsemän jälkeen. Tarkasteluajan kohtana pisin työpäivä oli 12,5 tuntia ja pisin yksittäinen kuljetuslenkki 585 km. Tutkimusajankohtana kahdessa ajoneuvossa oli digitaalinen ja kahdessa mekaaninen ajopiirturi.

Kun alihankkijalle on tehty ostotilaus, ohjaa toiminnanohjausjärjestelmä, Logican V10 kuljetuksille päivät. Järjestelmässä on ylläpidettynä lenkit, minkä perusteella kuormitus ehdottaa lenkkiä, joka kulkee alihankkijan kautta. Huonoimmassa tapauksessa päivä ei ole sopiva, jolloin aikataulussa pysyminen edellyttää poikkeusjärjestelyjä kuljetuksiin. Poikkeusjärjestelyt ovat suhteellisen harvinaisia, joskin niiden aiheuttamat lisäkustannukset ovat suuret. Sandvikin strategian määrittämän palvelutason ylläpitämiseksi hyväksytään kokonaisuuden kannalta poikkeusjärjestelyjen aiheuttamat, moninkertaiset kuljetuskustannukset. Hannu Jokisen mukaan toiminnanohjausjärjestelmään voitaneen lisätä varoitusraportointi liian myöhäisestä kuljetuksesta, jolloin pystytään välttämään tai ainakin pienentämään kuljetuskustannuksia. Kuljetusyrittäjä hoitaa poikkeusjärjestelyn ohjauksen soittamalla asianosaiselle kuljettajalle. Kuljettaja käy vakiolenkin lisäksi ilmoitetulla alihankkijalla.

Kuljetusyrittäjältä saadaan tieto autojen karkeasta täyttöasteesta, eli ajetaanko kuljetukset kuorma-autolla, puolitäydellä vai täydellä perävaunuyhdistelmällä. Kuljetuskaluston täyttöaste voi vaihdella huomattavasti lenkin sisällä, mutta sitä ei pystytä huomioimaan nykyisellä mittaustavalla. Lähdettäessä Lahdesta kuljetettavana ei usein ole montaa lavaa, mutta kapasiteetti voi olla täyskäytössä ensimmäisen alihankkijalla käynnin myötä. Kun lenkillä käydään usealla alihankkijalla, on mahdollista, että kaikki alihankkijoilta tulevat kuormalavat eivät mahdu autoon, vaan osa jää odottamaan seuraavaa kuljetusta. Mikäli kuorma mahtuisi kuorma-autoon, mutta paremman ajettavuuden vuoksi se lastataan myös perävaunuun, täyttöaste määritetään kuorman mukaisesti, eli kuljetusyrittäjä laskuttaa kuorma-auton, ei perävaunuyhdistelmän mukaisesti. Opinnäytetyön kannalta on lisäksi huomioitava, että ainoastaan puolitäyden perävaunuyhdistelmän täyttöaste olisi sellaisenaan tehostettavissa.

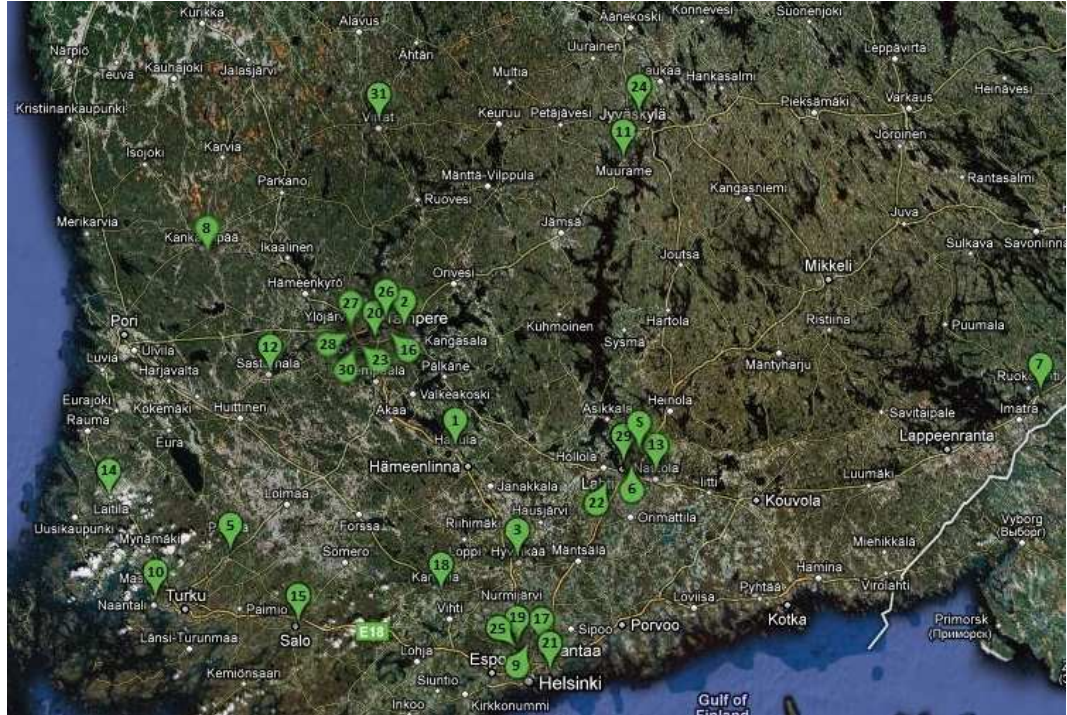
Kuljetusyrittäjä, Jussi Marvailan mukaan vakioreittien suunnittelu on vaikeaa ja hyvin haasteellista. Lisäksi työpäiville osuvat juhlapyhät vaikuttavat haitallisesti kyseisen viikon kokonaiskuljetuksiin ja tästä aiheutuu ylimääräistä suunnittelua. Sandvikin tuotantopäällikkö, Hannu Jokisen mukaan toiminnan ennustettavuus on huono, eli pidemmän tähtäimen tarkkoja suunnitelmia on mahdotonta laatia. Haasteensa kuljetuksiin tuo myös se, että alihankkijat eivät pysy sataprosenttisesti aikataulussa, mistä aiheutuu ylimääräisiä käyntejä alihankkijoilla. Alihankkijoiden toimitusvarmuutta mitataan toimittajakohtaisesti.

5.4 Reittivaihtoehdot ja kehittämiskohteet

Sandvik Mining and Constructionin Breakers Lahti on antanut tehtäväksi tutkia Sandvikin Lahden tehtaan ja alihankkijoiden välisiä, säännöllisiä reittikuljetuksia ja laatia erilaisia kuljetusreittivaihtoehtoja. Tutkimuksella haetaan yritykselle keinoja kuljetuskustannusten seurantaan ja logistiikan kehittämiseen, eli kuljetusten tehostamiseen ja kuljetuskustannusten pienentämiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa ajokilometrien vähentämistä. Tavoitteena on luoda erilaisia, mahdollisimman optimaalisia vakioreittivaihtoehtoja, joista yritys valitsee toimivimman vaihtoehdon kuljetusten pohjaksi. Tämän jälkeen yrityksessä aloitetaan reittien kehittäminen käytännön kokemuksen myötä toimivammaksi. Koska alihankkijavaihtoksia tulee silloin tällöin, on vakioreittejä muokattava muutosten myötä.

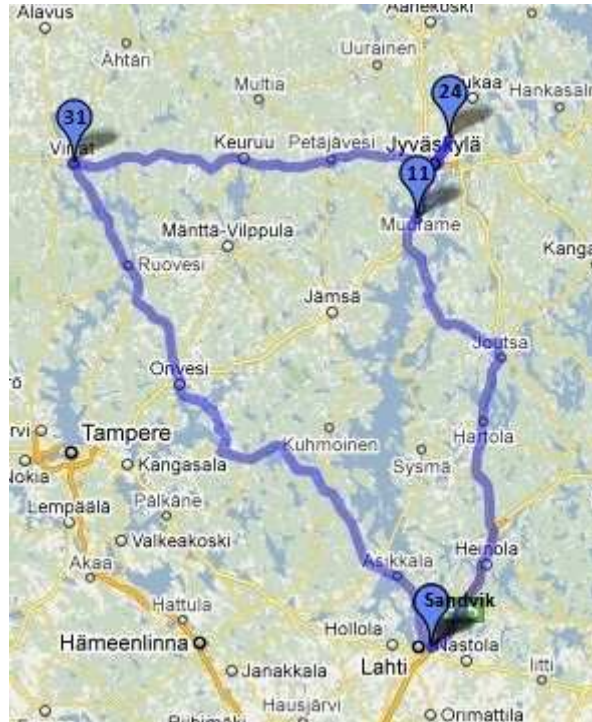
Sandvikin toimesta on määritelty, kuinka monta kertaa viikossa kullakin alihankkijalla tulisi käydä. Osan alihankkijoiden käyntikertojen lukumäärä eroaa tutkimusajankohdan kuljetuslenkkien käyntikerroista. Kuviossa 21 on esitetty 31 alihankkijan sijainnit Suomen kartalla, lukuun ottamatta Iisalmen alihankkija 4:ää. Liitteessä 3, alihankkijat ja viikoittainen käyntitarve, on lueteltu alihankkijat ja Sandvikin määrittämät viikoittaiset käyntikerrat. Alihankkijoista käytetään nimityksiä 1, 2, 3 ja niin edelleen. Liitteessä on lisäksi neljän kuljetuslenkin viikoittaiset käyntikerrat sekä suunnittelun pohjaksi määritetyt viikoittaiset käyntikerrat, jotka eroavat Sandvikin määrittämistä käyntikerroista. Mikäli kuljetukset halutaan hoitaa N&M:n autoilla, ei kauempana sijaitsevan, yksittäisen alihankkijan luona

ole taloudellisesti kannattavaa käydä useammin kuin mitä muilla saman alueen alihankkijoilla. Tutkimuksessa selvitetään voitaisiinko kuljetuksia yhdistää sekä mietitään vaihtoehtoisia kuljetusreittejä ja uusien toimintatapojen luomista. Työssä kartoitetaan myös jatkoprojektien tarvetta.



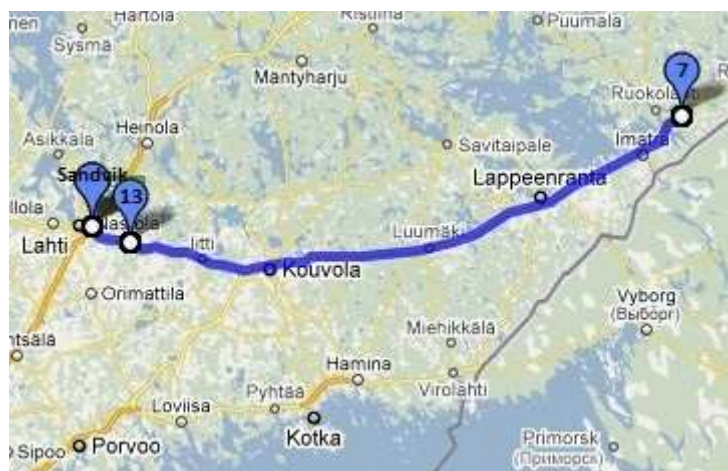
KUVIO 21. Alihankkijoiden sijainnit (lukuun ottamatta Iisalmea)

Sandvik on ulkoistanut kuvion 21 ja liitteen 3 kaukaisimpien alihankkijoiden kuljetukset Kiitolinjalle. Ulkoistettuja kuljetuskohteita ovat alihankkijat 4, 8, 11, 14, 19 ja 24. Näistä pohjoiseen lenkkiin kuuluvat 4 (Iisalme), 11 (Muurame) ja 24 (Leppävesi). Alihankkija 8 (Kankaanpää) kuuluu läntiseen lenkkiin ja 19 (Vantaa) eteläiseen. Pohjoisin kohde eli Iisalmi sijaitsee niin kaukana, että sinne ei ole järkevää liikennöidä N&M:n autoilla. Mikäli pohjoisen alihankkijat 11 ja 24 haluttaisiin lenkityksen piiriin, kannattaisi samalla käydä alihankkijalla 31 (Virrat), jolloin kokonaislenkin pituus Sandvikin Lahden tehtaalta olisi 524 km. Kuviossa 22 on esitetty pohjoinen lenkkikartta.



KUVIO 22. Pohjoinen lenkkikartta

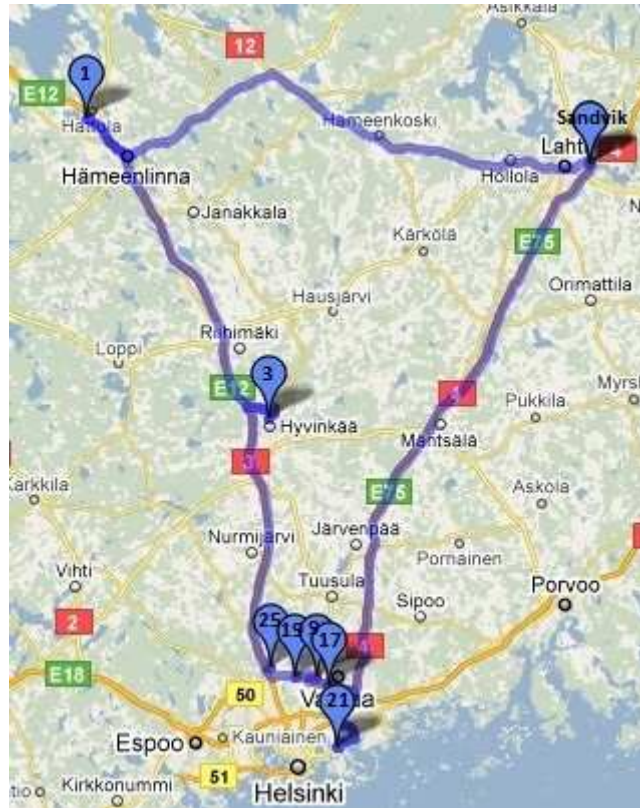
Itäiselle lenkille kuuluu 2 alihankkijaa: 7 (Puntala) ja 13 (Nastola). Alihankkijalla 7 on käyty 4 auton lenkkikartan mukaan kerran ja alihankkijalla 13 kaksi kertaa viikossa. Sandvikin määrittämä käyntikertojen lukumäärä on päinvastainen. Itäisen lenkin kokonaispituudeksi tulee 405 km. Kuviossa 23 esitetyn itäisen lenkin kohde 7 on sen verran kaukana, että lenkki kannattaisi ajaa vain kerran viikossa. Toinen vaihtoehto on kuljetuksen ulkoistaminen Kiitolinjalle.



KUVIO 23. Itäinen lenkkikartta

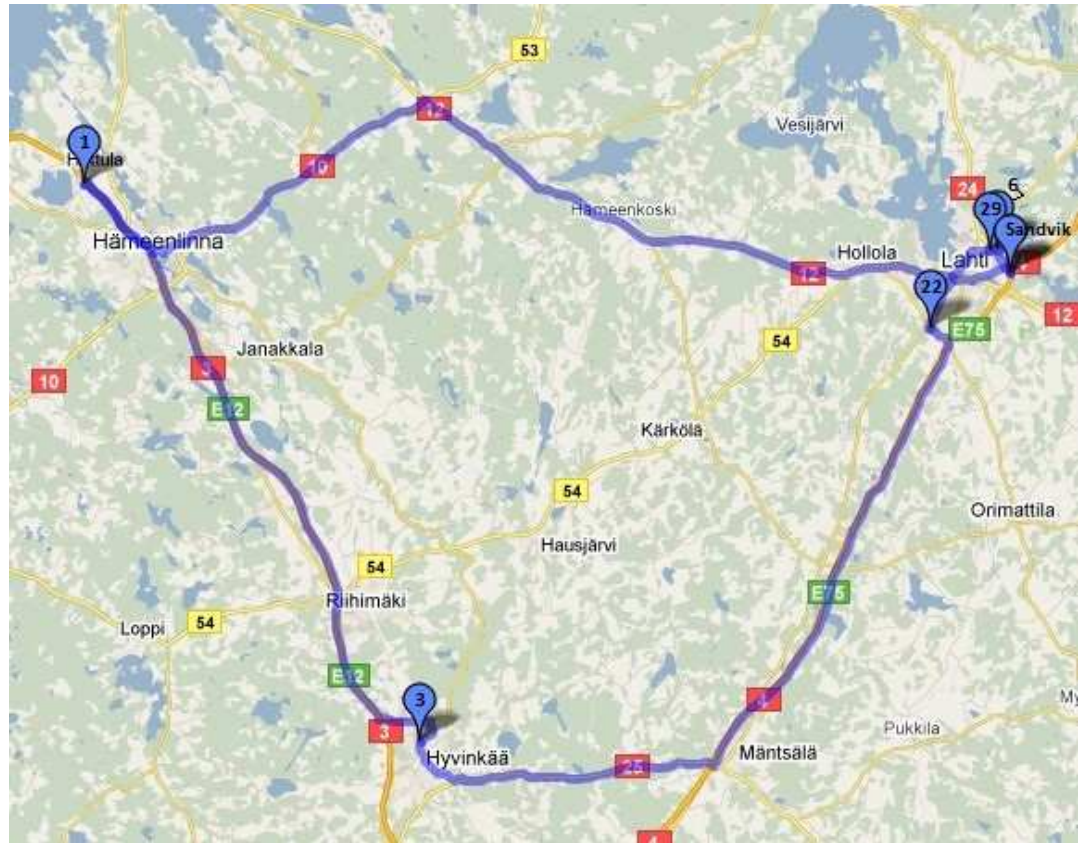
Eteläisen lenkin kohteita ovat alihankkijat 1, 3, 6, 9, 17, 19, 21, 22, 25 ja 29. Alihankkijoilla 1 (Hattula) ja 3 (Hyvinkää) on käytävä 4 kertaa viikossa ja suurimmalla osalla alihankkijoita kerran. Kuljetuslenkille osallistuessani havaitsin, että pääkaupunkiseudun alihankkijoiden kuljetukset ovat pienehköjä ja ruuhka-aikana liikkuminen vie paljon aikaa. Lisäksi alihankkijoiden pihat ovat hyvin ahtaita, joten pienten kuljetusten hoitaminen perävaunun yhdistelmällä ei ole toimivin vaihtoehto. Edellä kuvatusta johtuen jakaisin eteläisen lenkin kahdeksi eteläiseen ja eteläinen 2:een.

Eteläisellä lenkillä käytäisiin pääkaupunkiseudun alihankkijoiden 9, 17, 19, 21 ja 25 (Helsinki ja Vantaa) lisäksi alihankkijoilla 1 ja 3. Tämä lenkki ajettaisiin kuorma-autolla, mikäli kuljetettava kuorma sopisi siihen. Liikkuminen ahtailla tonteilla helpottuisi, mikä puolestaan nopeuttaisi kuljetuksia. Toinen vaihtoehto on ulkoistaa pääkaupunkiseudun pienet kuljetukset esimerkiksi Kiitolinjalle. Alihankkijalla 9 tarvitsisi käydä 2 kertaa viikossa, muilla pääkaupunkiseudun kohteilla kerran viikossa. Muiden pääkaupunkiseudun kohteiden mukaisesti alihankkijalla 9 käytäisiin vain kerran viikossa. Alihankkijalla 19 (Vantaa) ei tutkimusajan kohtana käydä N&M:n kuljetuskalustolla. Lisäisin kohteen eteläiselle pääkaupunkiseudun lenkille, sillä edelliseltä alihankkijalta alihankkija 19:lle on Google Mapsin mukaan matkaa vajaat 7 kilometriä. Eteläisen lenkin pituus on 343 km ja se on esitetty kuviossa 24.



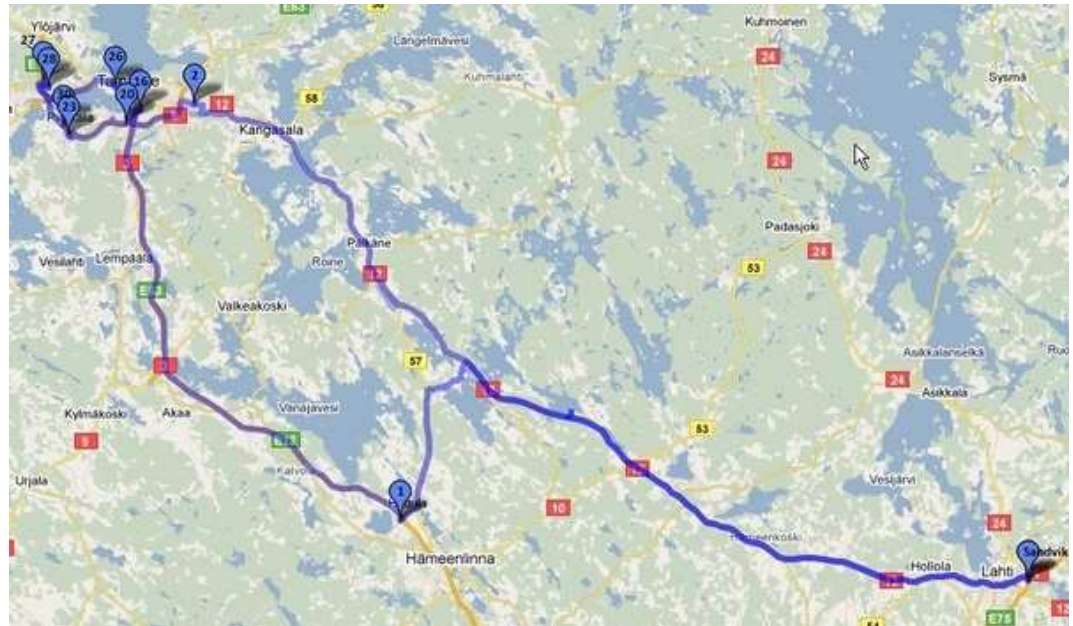
KUVIO 24. Eteläinen lenkkikartta

Kuviossa 25 esitetyn Eteläinen lenkkikartta 2, lenkin pituus on 239 kilometriä. Alihankkijoilla 1, 3 ja 6 (Lahti) tulisi käydä 3 kertaa, Lahdessa sijaitsevilla alihankkijoilla 22 ja 29 riittäisi todennäköisesti käynti kerran viikossa. Kokonaiskilometrimäärä olisi siten kahtena päivänä hieman lyhyempi kuin 239 km:ä. Lyhyen lenkin avulla varmistetaan, että Lahden alihankkijoilla ehditään käydä ennen klo 15.30, vaikka eteläinen lenkki 2:n auto lähtisi aamulla viimeisenä liikkeelle Sandvikilta. Tarvittaessa auto ehtisi ajaa alihankkija 3:lta alihankkija 1 kautta Lahden alihankkijoille, mikäli näiden kahden alihankkijan välisillä toimituksilla olisi kiire. Lyhyehköllä työpäivällä tasataan kahden viikon jakson tunteja, jolloin huomioidaan työaikalainsäädännön 80 tuntia kahdessa viikossa. Kuten työaikalainsäädäntöosiossa selostettiin, on kahden viikon jakson työtuntien yhteismäärällä merkitystä, ei yksittäisen työpäivän pituudella. Mikäli kahden viikon aikana 80 tuntia ylittyy, on kuljettajalle maksettava 12 ensimmäiseltä tunnilta 50 %:lla ja sen ylitäviltä 100 %:lla korotettu palkka.



KUVIO 25. Eteläinen lenkkikartta 2

Läntiselle lenkille kuuluvat Tampereella sijaitsevat alihankkijat 2, 16, 20, 26, 27, 28 sekä alihankkijat 8 (Kankaanpää), 12 (Sastamala), 23 (Pirkkala), 30 (Pirkkala) ja 31 (Virrat). Alihankkija 2:lla on käytävä päivittäin ja muilla 1-2 kertaa viikossa. Jakaisin lenkin kahdeksi läntiseen ja läntinen 2:een siten, että läntiseen kuuluvat 2, 16, 20, 23, 26, 27, 28 ja 30 läntinen 2:een alihankkijat 8, 12 ja 31. Läntisen lenkin pituus kaikilla alihankkijoilla käytäessä on 343 kilometriä. Lenkki on esitetty kuviossa 26. Koska ainoastaan alihankkija 2:lla käydään päivittäin ja muilla 1-2 kertaa viikossa, on päivittäin ajettava lenkki lyhyempi kuin 343 km:a. Työaikaa laskettaessa on huomioitava, että mitä useammalla alihankkijalla käydään yhden työpäivän aikana, sitä useampi lastaus- ja purku-aika kohdistuu lenkille.



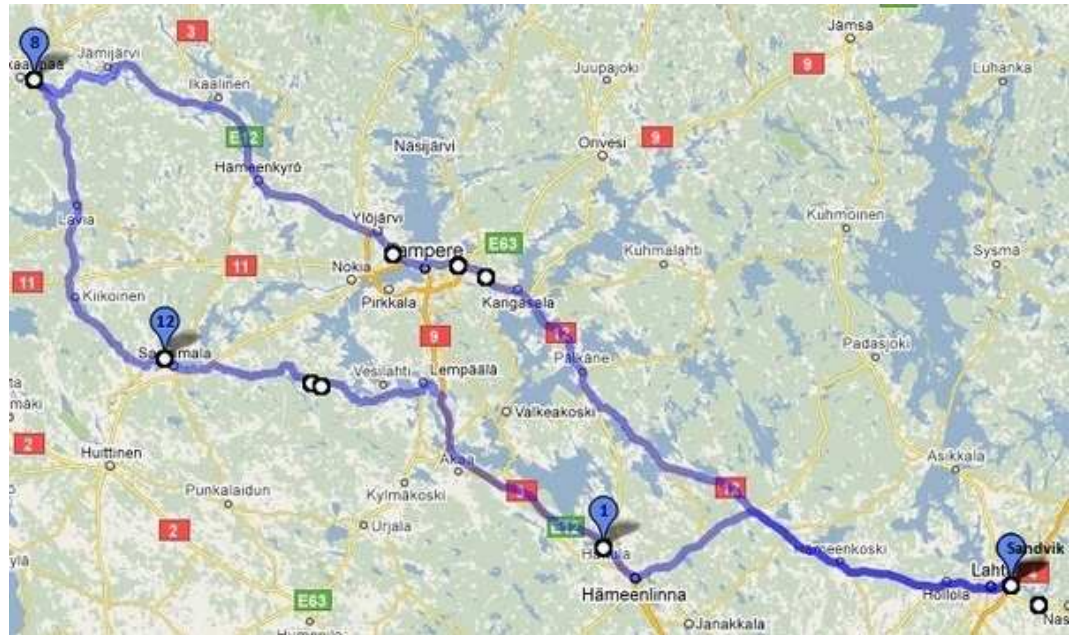
KUVIO 26. Läntinen lenkkikartta

Läntinen 2 lenkille kuuluvat alihankkijat 8 (Kankaanpää), 12 (Sastamala) ja 31 (Virrat). Näistä alihankkijan 8 kuljetukset on ulkoistettu tutkimushetkellä Kiitolinjalle. Alihankkija 31:llä käydään kerran pohjoisen lenkillä, mutta mikäli pohjoista lenkkiä ei ajettaisi tai alihankkijalla tulisi käydä useammin kuin kerran viikossa, voitaisiin lenkki hoitaa myös läntinen 2 lenkillä. Google Maps karttaohjelman mukaan kaikilla läntinen 2 lenkin alihankkijoilla käytäessä lenkin pituus on noin 600 km. Lenkki on siten liian pitkä hoidettavaksi yhdellä kertaa. Lisäksi Tampereen alueen alihankkijoiden kuljetuksiin ei riitä yksi auto/päivä. Näistä syistä läntinen 2 lenkki kannattaisi vielä jakaa kahdeksi lenkiksi. Kuviossa 27 on kuvattu läntinen lenkki 2A, jolla ei käydä alihankkijoilla 8 ja 12, vaan ainoastaan Tampereella ja alihankkija 31:llä. Kokonaislenkin pituus on 476 kilometriä.



KUVIO 27. Läntinen lenkkikartta 2A

Kuviossa 28 on läntinen lenkki 2B, joka käy alihankkijoilla 8 (Kankaanpää) ja 12 (Sastamala), mutta ei 31:llä. Lenkin paluureitti ajetaan Tampereen kautta, jolloin pystytään hoitamaan osa Tampereen alueen kuljetuksista. Lenkin kokonaispituus 497 kilometriä.



KUVIO 28. Läntinen lenkkikartta 2B

Lounaiselle kuljetuslenkille kuuluvat alihankkijat 5 (Aura), 10 (Naantali), 14 (Laitila), 15 (Salo) ja 18 (Karkkila). Sandvik määrittä alihankkija 5:lle käyntitarpeeksi 3 kertaa viikossa, kun taas muilla alihankkijoilla riittäisi käynti kerran viikossa. Tästä johtuen lenkitys on tehty yhdelle viikkokerralle. Mikäli tämä ei riitä alihankkijan 5 kuljetuksille, on kuljetusten ulkoistaminen varteenotettava vaihtoehto. Alihankkijan 14 kuljetuksia ei liikennöidä tutkimusajankohtana N & M Oy:n autoilla. Kuviossa 29 on lounainen kuljetuslenkki, sen pituus ilman alihankkija 14 (Laitila), on 545 km. Mikäli alihankkijalla käytäisiin, pitenisi lenkki 127 kilometrillä, eli 672 km:iin, jolloin päivittäinen ajoaika ylittyisi.



KUVIO 29. Lounainen lenkkikartta

Havainnoitaessa kuljetuslenkkejä selvisi, että N & M:n autot saapuivat aamulla samaan aikaan lastaukseen Sandvikille. Koska vain yksi auto mahtuu kerralla lastattavaksi, joutuvat tämän jälkeen tulevat autot odottamaan vuoroaan. Lisäksi havainnointireitin ensimmäisellä alihankkijalla (alihankkija 1) oli kummallakin havainnointikerralla kaksi Sandvikin autoa yhtä aikaa. Vaikka kyseiselle alihankkijalle mahtuu kaksi autoa kerralla lastaukseen, voi kuljettaja Pertti Parosen mukaan lastaukseen pääsyä joutua odottamaan jopa tunnin. Keskimääräinen lastausaika alihankkija 1:llä on kahden kuukauden tarkastelujaksolla miltei 50 minuuttia. Tämä pidentää työpäivää merkittävästi. Jotta odottamiseen kuluva aika saataisiin minimoitua, kuljettajien työajan alkua tulisi porrastaa siten, että pisimmille lenkeille lähtevät autot lähtisivät liikkeelle esimerkiksi kello 5.30 ja kello 6. Ja lyhyimmille lenkeille autot lähtisivät kello 6.30 ja kello 7.00. Koska osa alihankkijoista sulkee ovensa kello 15.30, ehdittäisiin näilläkin alihankkijoilla käydä.

Alihankkijoiden välisissä kuljetuksissa joudutaan osa tavaroista varastoimaan yön yli Sandvikin tehtaalla, mistä ne sitten kuljetaan seuraavalle alihankkijalle. Alihankkijoiden välisiä kuljetuksia ei ole taloudellisesti kannattavaa lisätä. Jotta kuljetuksia voidaan pikemminkin vähentää, tarkoittaa se käytännössä sitä, että aiempaa suurempi osa kuljetuksista varastoidaan Lahden Sandvikilla, mistä ne sitten kuljetetaan alihankkijalle seuraavalla mahdollisella kuljetuksella. Tavaroiden kä-

sittelyssä on aina omat riskinsä. Mitä enemmän tavaroita puretaan ja lastataan, sitä suurempi todennäköisyys niillä on vahingoittua.

5.5 Johtopäätökset

Reitinoptimointiohjelmistoissa lähtökohtana ovat ongelman määrittävät syöttötiedot: maantieteellinen data, resurssit, asiakastiedot ja optimointiparametrit. Tutkimuksessa huomioitiin maantieteellisestä datasta tieverkko, nopeusrajoitukset ja osoitteet. Reaalisia tietoja ruuhkista ja nopeuksista ei ollut mahdollista huomioida. Resurssit käsittävät tiedot ajoneuvoista, toimipisteistä ja kuljettajista. Sandvik määrittä viikoittaisen toimipisteissä käyntitarpeen, joka puolestaan määrittä osittain käytettävän kuljetuskaluston. Osittain käytettävän kuljetuskaluston määrittä jo olemassa olevat autot. Asiakastiedot: sijainti, palvelun laatu ja määriykset tulivat Sandvikilta.

Tutkimuksessa huomioitiin optimointiparametreista optimointikriteerit: matka, aika ja karkea täyttöaste. Kuljetusten hinta rajattiin työn ulkopuolelle. Lisäksi parametreista huomioitiin ajajien työvuorojen ja taukojen pituudet, tunti- ja ylityökorvaukset, lastaus- ja purkupaikkojen aukioloajat, suunnitteluajanjakson pituus sekä työpäivien alkamis- ja päättymisajat. Osalla alihankkijoita on käytävä ennen klo 15.30, mikä on huomioitava reittejä suunniteltaessa. Jotta kuljetuskustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä, on huolehdittava, että kahden viikon jakson tunnrit eivät ylity.

Yrityksen strategia määrittää palvelutason ja kustannustavoitteet. Sandvikin palvelutaso on korkealla, sillä kuten kuljetusten nykytila -luvussa kerrottiin, kuljetusten edellytetään tukevan tehtaan toimintaa parhaalla mahdollisella tavalla. Palvelutaso ja kustannustavoitteet puolestaan ohjaavat kuljetusten suorittamisen toimitusaikojia, kuljetusvälineitä, henkilöresursseja ja kuljetusten laatuksiteereitä. Vaikka kuljetustiheyden on oltava suurehko varastojen pienuuden vuoksi, ei kuljetustiheyttä kannata taloudellisista syistä kasvattaa entisestään, vaan pikemminkin kuljetustiheys olisi saatava vastaamaan Sandvikin määrittämiä kuljetustarpeita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että alihankkijat sitoutuvat noudattamaan Sandvikin tilaus-

ten aikatauluja aiempaa paremmin. Alihankkijat ovat tottuneet siihen, että kuljetus järjestyy tarvittaessa, jolloin aikatauluissa pysyminen ei ole ehdotonta. Vaikka Sandvikilla seurataan alihankkijoiden toimitusvarmuutta toimittajakohtaisesti, ei se kannusta alihankkijoita riittävästi. Mikäli kuljetuskustannukset siirrettäisiin alihankkijoiden maksettavaksi, tehostuisi kuljetustoiminta mitä todennäköisimmin.

Osalla alihankkijoista purku- ja lastausajat vaihtelevat paljon. Suurin yksittäinen lastaus- ja purkuaika oli 95 minuuttia. Kuorman koko ei yksin riitä selittämään eroavaisuuksia. Osalla alihankkijoita ongelman muodostaa se, että Sandvikin autot menevät samaan aikaan lastaukseen. Mikäli Sandvikin autot lähtisivät porrastetusti aamulla, vähennettäisiin jonotusta ainakin alihankkija 1:llä Hattulassa. Myös alihankkijoiden on kehitettävä purkua ja lastausta, jotta pitkiltä jonotuksilta vältytään. Kilpailutettaessa alihankkijoita, tulee varmistaa, että yrityksen lastausalueet ovat Sandvikin kuljetuksille soveltuvat. Kuljetuskustannusten siirto alihankkijoille voisi motivoida alihankkijoita kehittämään myös purkua ja lastausta.

Taulukkoon 6 on kerätty yhteen reittivaihtoehtoissa esitettyjen kuljetuslenkkien viikoittaiset kilometrit. Kuljetuslenkkien yhteenlaskettu kilometrimäärä on 5222 km. Viikoittaiset ajokilometrit (viikot 1-15) on laskettu taulukkoon 4. Ajalla 4.–8.4.11 ajokilometrejä oli 6526 ja ajalla 11.–15.4.11 5922 km. Neljän lenkin lenkkikarttaan verrattuna on huomioitava, että reittivaihtoehtojen pohjoinen lenkki on aiemmin liikennöity Kiitolinjan autolla. Lisäksi reittivaihtoehtoihin on lisätty alihankkijat 19 (Vantaa) ja 8 (Kankaanpää). Kiitolinjan kuljetettaviksi jäisivät alihankkijat 4 (Iisalmi) ja 14 (Laitila). Taulukon 6 lenkit olisi ajettavissa kolmella autolla, sillä viikoittaisia ajoja on 14. Jotta kahden viikon jakson työtunnit eivät ylity, on pisimpiä ja lyhimpiä lenkkejä vuoroteltava.

TAULUKKO 6. Kuljetuslenkkien yhteenveto

Lenkki	A	B	Käyntikerrat/vko	Valittu x km
Pohjoinen	524		1	524
Itäinen	405		1	405
Eteläinen	343		1	343
Eteläinen 2	239		3	717
Läntinen	343		5	1715
Läntinen 2	476	497	1+1	973
Lounainen	545		1	545
			14	5222

Pelkällä vakioreittien suunnittelulla ei saavuteta pitkäkestoista parannusta, sillä Sandvikilla on tulossa alihankkijavaihdoksia kilpailutuksen myötä. Kiireellisiä lisäkuljetuksia ei pystytä huomioimaan vakioreittiensuunnittelussa, sillä niiden tarve vaihtelee ja ennustettavuus on huono. Kiireellisiä kuljetuksia olisi pyrittävä vähentämään niistä aiheutuvien suurten kustannusten vuoksi. Myös vakioreittien kuljetustarve vaihtelee, joskin vaihtelu on verraten pientä. Sakin (2003, 58–59) mukaan kuljetuskustannukset ovat tehokkaimmin alennettavissa yhdistämällä volyymeja. Toimitusmäärät tulee optimoida, sillä yhden pienen toimituksen noutamisen tai toimittamisen kustannukset ovat suuret reittikuljetusten kustannuksiin verrattuna. Volyymien yhdistäminen mahdollistuisi, mikäli kuljetustoiminnan suunnittelua tukisi työkalu, jolla olisi mahdollista toiminnan jatkuva ohjaus. Kuljetusten optimointiohjelmiston integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään voisi olla yksi vaihtoehto. Mikäli Sandvikilla ei haluta investoida reitinoptimointiohjelmistoihin ja paikkatieto-osaamiseen, olisi optimointi ostettavissa konsultointityönä.

Tutkimuksen haasteena on se, että kuljetus ei ole ainoastaan vientiä Lahdesta alihankkijoille ja tuontia alihankkijoilta Lahteen, vaan kuljetuksia on lisäksi alihankkijoiden välillä ja joitakin kuljetuksia menee Sandvikin Tampereen tehtaalle yhteisiltä alihankkijoilta. Mikäli tuotteita kierrätettäisiin enemmän Lahden kautta, säästettäisiin kustannuksia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että alihankkijan tuotteet tulevat autolla Lahteen, kuorma varastoidaan yöksi tai kahdeksi Lahden tehtaalle

ja se kuljetetaan seuraavalla mahdollisella autolla eteenpäin. Lahden purku- ja lastausajat kasvaisivat muutoksen myötä, mutta kuljetuskustannusten aika- ja kustannussäästöt olisivat moninkertaisia aiempaan verrattuna. Tuotteiden käsittelyn lisääntymisessä on myös omat riskinsä. Mitä enemmän tuotteita käsitellään, sitä suurempi riski niillä on vahingoittua.

Osan pääkaupunkiseudun alihankkijoiden toimitukset ovat pieniä suoritettaviksi perävaunuyhdistelmällä. Mikäli kuljetukset halutaan hoitaa N & M:n kalustolla, kannattaisi pääkaupunkiseudulla käydä kuorma-autolla, jolloin liikkuminen ahtaila tonteilla helpottuisi ja nopeutuisi huomattavasti. Lisäksi pääkaupunkiseudulla on pyrittävä käymään ruuhka-aikojen ulkopuolella. Kuljetuksen kokoon ja/tai massaan suhteutettuna pääkaupunkiseudun kuljetusten kustannukset ovat korkeat, joten ulkoistaminen olisi kenties taloudellisin vaihtoehto.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia ja analysoida Sandvikin Lahden tehtaan ja alihankkijoiden välisiä, säännöllisiä reittikuljetuksia, jotka on ulkoistettu lahtelaiselle kuljetusliikkeelle. Voidakseen seurata kuljetuskustannuksia ja kehittää logistiikkaa, Sandvik tarvitsee kattavamman kokonaiskäsityksen ulkoistetusta kuljetustoiminnasta. Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella kuljetusliikkeen hoitamia kuljetusreittejä ja luoda erilaisia, mahdollisimman optimaalisia reittejä. Näistä reittivaihtoehdoista yritys valitsee parhaiten toimivimmat reittivaihtoehdot kuljetustensa pohjaksi ja alkaa kehittää reittejä käytännön kokemuksen myötä. Tutkimusmenetelmänä käytetään laadullista tapaustutkimusmenetelmää. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys pohjautuu kuljetusten suunnittelua ja optimointia sekä kuljetuksia ja kuljetuskustannuksia käsittelevään kirjallisuuteen. Opinnäytetyössä käytetään laadullisista aineistoista kirjallisia aineistoja, haastatteluja ja osallistuvaa havainnointia.

Viikoittaisten käyntikertojen lukumäärä tulisi tarkastella vähintään puolivuositain, sillä tarvittavien tuotteiden määrät vaihtelevat kysynnän muuttuessa, jolloin myös kuljetuslenkkien on muututtava vastaamaan kyseisiä kuljetustarpeita. Toimitus-aikojen ja -määrien optimoinnilla on vaikutusta toimitusten kustannuksiin. Asiakkaita on palveltava hyvin, mutta kustannukset eivät saa muodostua kohtuuttomiksi. Kilpailu vaikuttaa alihankkijasuhteisiin, joten on selvää, että alihankkijakenttä muuttuu koko ajan. Sandvikilla on oltava tarkasti tiedossa kuljetustoiminnan kustannukset, jotta kustannukset voidaan huomioida esimerkiksi uusien alihankintapaikkoja valittaessa.

Toimittajayhteistyötä tulisi syventää, sillä mitä syvällisempää yhteistyötä alihankkijoiden kanssa tehdään, sitä sitoutuneempia he ovat aikatauluihin. Tällä puolestaan on positiivinen vaikutus koko toimitusketjuun ja esimerkiksi kuljetustiheyttä voitaisiin pienentää. Kuljetusten optimoinnin kannalta on erittäin tärkeää, että alihankkijat noudattavat sovittuja aikatauluja. Mikäli toimitusketjun yritykset eivät noudata sovittuja aikatauluja, on selvää, että kuljetusjärjestelyiltä vaaditaan joustavuutta, joka maksaa paljon suhteessa vakiolenkkeihin. Kuljetuskapasiteetin täyt-

töaste voidaan pitää mahdollisimman suurena vain kun kuljetettavat tuotteet ovat ajallaan valmiita kuljetettaviksi. Kuljetustiheyden kasvattaminen alihankkijan aikataulussapysymättömyyden vuoksi ei saa olla ratkaisu kuin poikkeustapauksissa. Kuljetusten rationalisoinnin vuoksi toimitusketjun osapuolten on sitouduttava soveltuihin aikatauluihin. Mikäli alihankkijat maksaisivat osansa kuljetuksista, on oletettavaa, että aikatauluissa pysyminen paranisi tuntuvasti.

Kuljetustoiminnan tärkein ja keskeisin tavoite on taloudellisuus. Polttoainekustannukset muodostavat suuren osan niin kuorma-auton kuin perävaunuyhdistelmän kustannuksista. Koska polttoaine- ja rengaskulut tulevat mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa, on kustannusten hallinnalla tärkeä rooli. Reitinoptimoinnin avulla olisi mahdollista hallita kuljetuskustannuksia. Kuljetusten harventaminen edellyttää toiminnansuunnittelulta ja sitä palvelevalta toiminnanohjausjärjestelmältä aiempaa parempaa tuotannon ja kuljetusten palvelua. Varmuusvarastoja ei ole järkevää kasvattaa, vaan tilanteen seuraaminen, suunnittelu ja prosessin suuntainen yhteistyö ovat keinoja, joilla hallita tuotantoa ja varastojen suuruutta. Kuljetusten harventaminen vähentää ajettuja kilometrejä, mikä on myös ympäristön kannalta positiivinen asia.

Kuljetuskustannusten pienentämiseksi Sandvikin kannattaisi kilpailuttaa kuljetukset. Kuljetusten kilpailustrategia perustuu kuitenkin palvelutasoon, ei hintakilpailuun, jolloin hinnan ei tule olla ratkaiseva tekijä kuljetusliikettä valittaessa. Mikäli kuljetusten suorittamisen ratkaisisi hinta, palvelutaso laskisi todennäköisesti jyrkästi. Tällä olisi puolestaan negatiivinen vaikutus Sandvikin asiakaspalvelutasoon ja maineeseen. Palvelutason huomioiminen tarjouspyynnössä ja sen myötä hinnoittelussa on haasteellinen tehtävä.

Tutkimuksesta saatavaa hyötyä on vaikea arvioida ilman lenkkien testausta käytännössä. Jotta kuljetusten rationalisointi onnistuu, on kaikkien toimitusketjun osapuolten osallistuttava toiminnan kehittämiseen, olipa kyseessä sitten lastaus- ja purkuaikojen seuranta tai kuljetusten keskittäminen tietyille viikonpäiville. Jatkotutkimusaiheena kannattaisi selvittää, kuinka valittu lenkitys toimii esimerkiksi puolen vuoden kuluttua tutkimusajankohdasta. Jatkotutkimuksessa kannattaisi

käyttää reitinoptimointiohjelman. Siinä kuorman täyttöasteen mittaamisen tulisi perustua kuljetettavien tuotteiden painoihin. Tarkoitukseen soveltuisi esimerkiksi 4.2.2 luvussa esitelty PPCT paikannin, johon olisi liitetty viivakoodinlukija. Kun järjestelmään luettaisiin kuormakirjat, olisi täyttöasteen seuraaminen huomattavasti tarkempaa. Täyttöastetta olisi mahdollista seurata myös kuljetuskaluston sisälle laitettavalla kameralla, joka ottaisi kuvan jokaisesta kuorman purusta ja/tai lastauksesta.

Mittauksen tai tutkimuksen reliabiliudella tarkoitetaan mittaustulosten toistettavuutta, kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 231). Tutkimuksella tavoitellaan aina mahdollisimman korkeaa reliabiliteettiä. Tutkimuksen puutteellinen reliabiliteetti ei välttämättä kuitenkaan kaada tutkimusta (Uusitalo 1999, 84). On huomioitava, että tutkimuksessa ei pystytä huomioimaan kaikkia muuttuvia tekijöitä, kuten tuotteiden painoja, ei-päällekkäin lastattavia lavoja, Tampereen tehtaan alihankkijoille vientejä ja tuonteja. Tämä heikentää tutkimuksen luotettavuutta. Kuljetusten täyttöasteen määrittäminen arvioimalla heikentää myös tutkimuksen reliabiliutta. Mahdollinen epätarkkuus asettaa rajan täyttöasteen parantamiselle. Tutkimuksen reliabiliuteen vaikuttaa myös tutkimusajankohta, sillä alihankkijoiden vaihdokset muuttavat kuljetuslenkkejä, jolloin tutkimusta ei voitane toteuttaa täysin samanlaisena.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Bloomberg, D. J., Lemay, S. & Hanna, J. B. 2002. Logistics. Upper saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.

Bräysy, O. & Porkka, P. 2007. Tehokkuutta logistiikkaan kaluston reitinoiminnilla. Logistiikka 6/2007, 38–39. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15., uudistettu painos Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hokkanen, S., Inkinen, M. & Käenmäki, J. (toim.) 2010. Tavaraliikenneyrityksiä. 33. painos. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu Logistiikka.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. (toim.) 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Inkiläinen, A. 2009. Logistinen päätöksenteko. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Kapiainen-Heiskanen, P. 2008. Aimo Inkiläinen kouluttaa ja sparraa logistiikan ammattilaisia. Logistiikka 7/2008, 18. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Karrus, K. E. 2005. Logistiikka. 3.-5. painos. Helsinki: WSOY.

Kauniskangas, M. 2009. Keskittämällä tehoa logistiikan rahdinhallintaan. Logistiikka 3-4/2009, 32. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys.

Järvi-Kääriäinen, T. (toim.) & Ollila, M. (toim.) 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki:

Pakkausteknologia PTR ry.

Koskinen, I., Alasuutari, P. & Peltonen, T. 2005. Laadulliset menetelmät kauppateieteissä. Tampere: Vastapaino.

Lehtinen, L. 2007. Itsestään täyttyvä ajopäiväkirja. Logistiikka 4/2007, 28. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Lumiaho, A. 1990. ATK kuljetusten apuna: kuljetusten suunnittelun optimointimallit ja ATK-sovellukset. [Helsinki]: Suomen Kuljetustaloudellinen Yhdistys ry.

Mattila, J. T. 2009. Kuljetusten optimointi tuo merkittäviä säästöjä. Logistiikka 5/2009, 32. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys.

Metsämuuronen, J. (toim.) 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Helsinki: International Methelp Ky.

Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. 2. painos. Opetusmoniste 38. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos.

Niemelä, T. 2010. Kuljetusten suunnittelujärjestelmän toteutus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknistaloudellinen tiedekunta, Tietotekniikan koulutusohjelma.

Oksanen, R. 2004. Kuljetustuotannon toimintolaskenta. Kuljetustalouden perusteista moderniin toimintolaskentaan. Hyvinkää: Ekondata Oy.

Pastinen, I., Mäntynen, J. & Koskinen L. 2003. Kaupan ja teollisuuden logistiikka. Tampereen teknillinen yliopisto, liikenne- ja kuljetustekniikan laitos, opetusmoniste 34. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Pulli, H., Kajander, S. & Tapaninen, U. 2008. SCM unohtaa logistiikan palveluyritykset. *Logistiikka* 1/2008, 12. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Pöllänen, M., Mäntynen, J. & Laitinen, K. 2007. *Tiekuljetukset*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos. Opetusmoniste 43.

Reinikainen, P., Mäntynen, J. & Rantala, J. 1997. *Logistiikan perusteet*. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Liikenne- ja kuljetustekniikka Julkaisu 27. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Ritvanen, V. & Koivisto, E. 2007. *Logistiikka pk-yrityksissä*. Helsinki: WSOY.

Sakki, J. 2003. *Tilaus-toimitusketjun hallinta, logistinen B-to-B-prosessi*. 6., uudistettu painos. [Espoo]: Jouni Sakki Oy.

Similä, A. 2007. Lainmuutos on jo herättänyt kuljetusketjut osapuolet. *Logistiikka* 1/2007, 50–51. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Tompuri, V. 2006a. Euroopan telematiikkamarkkinat erikoistuvat ja kasvavat. Internet kohta kaikissa rekoissa. *Logistiikka* 1/2006, 34, 36. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Tompuri, V. 2006b. Global Track and Trace -seminaari: Logistisen ketjun hallinta vaatii uusia tiedonsiirtojärjestelmiä. *Logistiikka* 2/2006, 47. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Tuisku, T. 2008a. Tuloksellinen logistiikan ja oston kouluttaja. *Logistiikka* 2/2008, 13. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Tuisku, T. 2008b. Tehoa logistiikkaan langattomilla tiedonvälitysratkaisuilla. *Logistiikka* 6/2008, 21. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Vilpponen, M. 2008. Supply Chain Forum, Logistiikka lehden erikoisliite 1/2008, 11. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Uusitalo, H. 1999. Tiede, tutkimus ja tutkielma: johdatus tutkielman maailmaan. 1.-6. painos Helsinki: WSOY.

Elektroniset lähteet

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 [viitattu 15.4.11]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19921257>.

Digiroad 2011 [viitattu 25.4.11]. Saatavissa: <http://www.digiroad.fi/yleista/fi>.

Interaction-toimenpideselvitys 2007. Kuorma-autokuljetusten energia-, ympäristö- ja kustannustehokkuuden parantaminen [Viitattu 7.5.11]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/interaction-toimenpideselvitys.pdf?PHPSESSID=02958558746e0e813e727605590aac12>.

Kuorma-autoalan työehtosopimus 2010–2011 [viitattu 25.3.11]. Saatavissa http://www.akt.fi/easydata/customers/akt/files/1_Tessit_ja_palkkatau/kuorma-autoalan_tes_2010-2011_id_2857.pdf.

Kuormalavakeskus Oy 2011. Kuormalava [viitattu 8.4.11]. Saatavissa: <http://www.kuormalava.fi/tuotteet.html>.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2002 [Viitattu 12.4.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20021248>.

MOT Kielitoimiston sanakirja 2.0 2011 [viitattu 20.4.11]. Saatavissa: <http://mot.kielikone.fi.aineistot.phkk.fi/mot/phkk/netmot.exe?>

PPCT Paikannin 2011 [viitattu 21.3.11]. Saatavissa:

<http://web.mac.com/lampilagroup/Kauppahuone/Hinnat.html>.

Sandvik 2011 [viitattu 26.4.2011]. Saatavissa: <http://www2.sandvik.com/sandvik>.

Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009. Raskaan liikenteen ajoneuvojen nimitykset [viitattu 8.4.11]. Saatavissa:

http://www.skal.fi/files/5434/Autojen_nimitykset_2009.pdf.

Solakivi, T., Ojala, L., Töyli, J., Hälinen, H.-M., Lorentz, H., Rantasila, K., Huoli-
la, K. ja Laari, S 2010. Logistiikkaselvitys 2010. Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisuja 36/2010 [viitattu 5.3.11]. Saatavissa:

[http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964900&name=DLFE-11162.pdf&title=Julkaisuja 36-2010](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964900&name=DLFE-11162.pdf&title=Julkaisuja+36-2010).

Tilastokeskus 2010. Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankul-
jetukset [verkkajulkaisu]. ISSN=1798–2995. 4. vuosineljännes 2010. Helsinki:
Tilastokeskus [viitattu: 5.4.2011]. Saatavissa:

http://www.stat.fi/til/kttav/2010/04/kttav_2010_04_2011-02-11_tie_001_fi.html.

Theseus 2011 [viitattu 9.6.2011]. Saatavissa <https://publications.theseus.fi>.

Työaikalaki 9.8.1996/605 [viitattu 25.3.11]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960605>.

Työsuojeluhallinto 2011. Ajopiirturi [viitattu 8.4.11]. Saatavissa:

<http://www.tyosuojelu.fi/fi/ajopiirturi>.

Suulliset lähteet

Jokinen, H. 14.2.2011, 23.2.2011, 1.4.2011. Tuotantopäällikkö, Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti.

Marttila, J. 23.2.2011, 1.4.2011, 11.5.2011 ja 26.5.2011. Logistiikkainsinööri, Sandvik Mining and Construction Oy Breakers Lahti.

Marvaila, J. 23.2.2011, 1.4.2011. Toimitusjohtaja, N & M Oy Lahti.

Paronen, P. 28.2.2011 ja 3.3.2011. Kuljettaja, N & M Oy Lahti.

Muut lähteet

Bräysy, O. 2011. Optimointi logistiikassa: The State of the Art. Luentomateriaali 14.4.2011.

Sandvik Mining and Construction 2011. SMC Company presentation. PowerPoint esitys.

Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2011. Maanteiden tavaraliikenteen talous- ja suhdannekatsaus. PDF – tiedosto.

LIITTEET

LIITE 1

Ajoneuvoluokitus

A. Pakettiautot			
N ₁	kokonaismassa		≤ 1700 kg
N ₁	kokonaismassa		1700 < 2500 kg
N ₁	kokonaismassa		2500 ≤ 3500 kg
B. Kuorma-autot ilman perävaunua, kokonaispituus ≤ 12 m			
N ₂	2-akseliset,	kokonaismassa	3,5 < 7,5 t
N ₂	2-akseliset,	kokonaismassa	7,5 < 10 t
N ₂	2-akseliset,	kokonaismassa	10 ≤ 12 t
N ₃	2-akseliset,	kokonaismassa	12 < 16 t
N ₃	2-akseliset,	kokonaismassa	16 ≤ 18 t
N ₃	3-akseliset,	kokonaismassa	≤ 26 t
N ₃	4-akseliset,	kokonaismassa	≤ 32 t
N ₃	5-akseliset,	kokonaismassa	≤ 38 t
C. Puoliperävaunuyhdistelmät, kokonaispituus ≤ 16,5 m			
	3-akseliset,	kokonaismassa	≤ 28 t
	4-akseliset,	kokonaismassa	34 ≤ 38 t
	5-akseliset,	kokonaismassa	42 ≤ 46 t
	6-akseliset,	kokonaismassa	≤ 48 t
D. Keskiakseliperävaunuyhdistelmät, kokonaispituus ≤ 18,75 m			
	3-akseliset,	kokonaismassa	≤ 28 t
	4-akseliset,	kokonaismassa	34 ≤ 36 t
	5-akseliset,	kokonaismassa	≤ 44 t
E. Varsinaiset perävaunuyhdistelmät, kokonaispituus ≤ 22 m			
	4-akseliset,	kokonaismassa	≤ 36 t
	5-akseliset,	kokonaismassa	≤ 44 t
	6-akseliset,	kokonaismassa	≤ 53 t
	7-akseliset,	kokonaismassa	≤ 60 t
F. Varsinaiset perävaunuyhdistelmät, kokonaispituus 22 < 25,25 m			
kokonaismassat kuten edellä			
G. Moduuliyhdistelmät, kokonaispituus 22 ≤ 25,25 m			
	7- tai 8-akseliset, kokonaismassa ≤ 60 t (puoliperävaunuyhdistelmä + keskiakseliperävaunu)		
	7- tai 8-akseliset, kokonaismassa ≤ 60 t (kuorma-auto + apuvaunu + puoliperävaunu)		

(Oksanen 2004, 50–51.)

LIITE 2

Esimerkkikuvia ajoneuvoluokkien B-G autoista



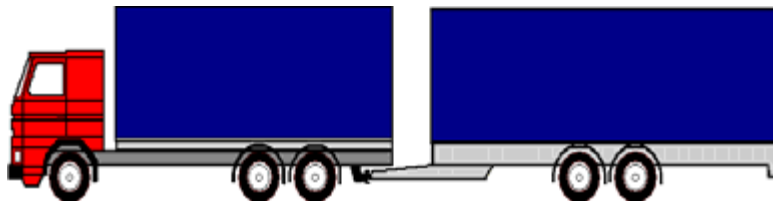
Pituus 12 m
Kokonaismassa 38 t

5-akselinen kuorma-auto. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



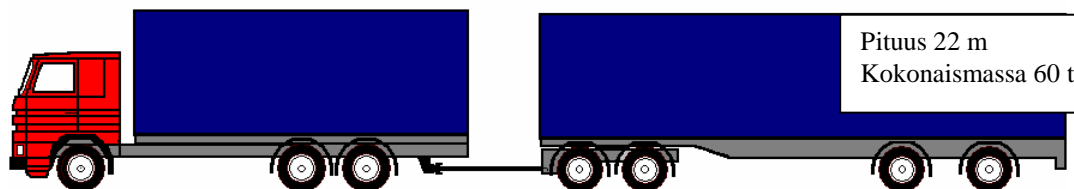
Pituus 16,5 m
Kokonaismassa 48 t

6-akselinen puoliperävaunuyhdistelmä. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



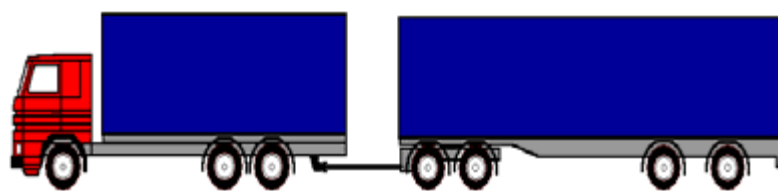
Pituus 18,75 m
Kokonaismassa 44 t

5-akselinen keskiakseliperävaunuyhdistelmä. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



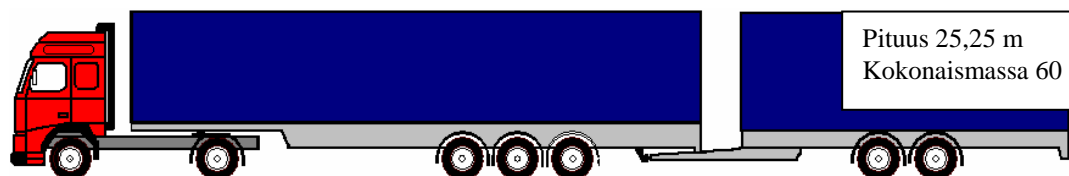
Pituus 22 m
Kokonaismassa 60 t

7-akselinen, varsinainen perävaunuyhdistelmä. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



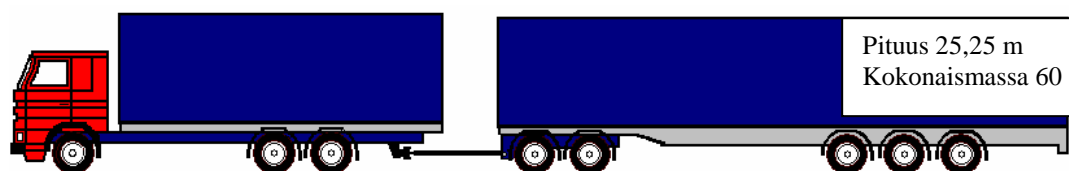
Pituus 25,25 m
Kokonaismassa 60 t

7-akselinen, varsinainen perävaunuyhdistelmä. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



Pituus 25,25 m
Kokonaismassa 60 t

Puoliperävaunuyhdistelmä+ keskiakseliperävaunu. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)



Pituus 25,25 m
Kokonaismassa 60 t

Kuorma-auto + apuvaunu + puoliperävaunu. (Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry 2009.)

LIITE 3

Alihankijat ja viikoittainen käyntitarve

Alihankkija		Lenkki	Viikoittaiset käyntikerrat (Sandvikilta)	Neljän lenkin viikoittaiset käyntikerrat	Suunnittelun käyntikerrat/viikko
1	Hattula	E/L/Lo	5		
2	Tampere	L	5	5	5
3	Hyvinkää	E/E2	4	6	4
4	Iisalmi	(P)	3		--
5	Aura	LO	3	1	1
6	Lahti	E2	3		3
7	Puntala	I	2	1	1
8	Kankaanpää	L2(B)	2		1
9	Vantaa	E	2	2	1
10	Naantali	LO	1	1	1
11	Muurame	P	1		1
12	Sastamala	L2	1		1
13	Nastola	I	1	2	1
14	Laitila	LO	1		--
15	Salo	LO	1	1	1
16	Tampere	L	1		1
17	Helsinki	E	1		1
18	Karkkila	LO	1	2	1
19	Vantaa	E	1		1
20	Tampere	L	1		1
21	Helsinki	E	1		1
22	Lahti	E2	1	2	1
23	Pirkkala	L	1	5	1
24	Leppävesi	P	1		1
25	Vantaa	E	satunnainen	2	1
26	Tampere	L	satunnainen		2
27	Tampere	L		2	2
28	Tampere	L			2
29	Lahti	E2		1	1
30	Pirkkala	L			1
31	Virrat	P/L2(A)		1	2

P Pohjoinen lenkki L Läntinen lenkki
 I Itäinen lenkki Lo Lounainen lenkki
 E Eteläinen lenkki Kiitolinjan autolla

LIITE 4

Sandvikin kolmen auton lenkkikartta, käytössä 1.5.2011 asti

	MAANANTAI	TIISTAI	KESKIVIIKKO	TORSTAI	PERJANTAI
LENKKI 1	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-(1)-5- 10-15-Sandvik Lahti N/PV	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-22-1- 3-Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti
LENKKI 2	Sandvik Lahti-(3)-1- 3-9/25 Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-13- Sandvik Lahti-1-3- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-3- 18-9/25- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-3- Sandvik Lahti
LENKKI 3	Sandvik Lahti-1-23- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-22-1- 2-Sandvik Lahti N	Sandvik Lahti-3-1- 23-Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-7-13- Sandvik Lahti N/PV	29-1-27-23-Sandvik Lahti N

N = nuppi

PV = perävaunu

LIITE 5

Sandvikin neljän auton lenkkikartta, käytössä 2.5.2011 alkaen

	MAANANTAI	TIISTAI	KESKIVIikko	TORSTAI	PERJANTAI
LENKKI 1	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-(1)-5- 10-15-Sandvik Lahti N/PV	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-22-1- 3-Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti
LENKKI 2	Sandvik Lahti-(3)-1- 3-9/25 Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-3- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-3- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-2- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-1-3- Sandvik Lahti
LENKKI 3	Sandvik Lahti-1-23- Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-22-1- 2-Sandvik Lahti N	Sandvik Lahti-3-1- 23-Sandvik Lahti	Sandvik Lahti-7-13- Sandvik Lahti N/PV	29-1-27-23-Sandvik Lahti N
LENKKI 4		Sandvik Lahti-13-1- 23-27-31-Sandvik Lahti N	Sandvik Lahti-1-18- 9/25- Sandvik Lahti N	Sandvik Lahti-1-23- 18- Sandvik Lahti N	

N = nuppi

PV = perävaunu