

Kuljetuspakkausten määrittely, las- taus ja sidonta

Case: Puula Hirsitalo Oy

Niko Kemppinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Kempainen, Niko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2020
	Sivumäärä 77	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kuljetuspakkausten määrittely, lastaus ja sidonta		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Mikko Somerla, Juha Pesonen		
Toimeksiantaja(t) Puula Hirsitalo Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja Puula Hirsitalo Oy on kangasniemeläinen hirsirakennuksia valmistava hirsiveistämö. Hirsirakennusmallisto kattaa hirsiaitat ja -saunat, vierasmajat, loma-asunnot sekä yhdistelmärakennukset.</p> <p>Aiemmin yritys höyläsi hirret veistämön tiloissa ja varsinainen rakennuksen kokoaminen toteutettiin rakennuspaikalla. Rakennustarvikkeet ja hirret toimitettiin työmaalle puutavaraniipuissa. Yritys halusi nostaa jalostusastettaan ja aloittaa rakennusten valmistamisen tehtaalla niin valmiiksi kuin mahdollista. Tätä varten yritys investoi uuteen tuotantohalliin, joka mahdollistaa rakennusten kokoamisen valmiiksi säältä suojassa. Halli valmistui keväällä 2020.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää soveltuvat menetelmät valmiiden rakennusten pakkaamiseen, lastaamiseen ja sidontaan. Isompien hirsirakennusten kohdalla tavoitteena oli määrittää, miten rakennus kannattaa jakaa tilaelementeiksi kuljetusta varten.</p> <p>Tutkimus toteutettiin haastattelemalla asiantuntijoita, hyödyntämällä kirjallisuudesta hankittuja tietoja, tutkimalla yrityksen dokumentteja sekä havainnoimalla toimintaa hirsiveistämön tiloissa Kangasniemellä. Havainnointia tehtiin myös emoyhtiö Muurametalot Oy:n talotehtaalla Torniossa.</p> <p>Tutkimusaineiston ja kirjallisuuden pohjalta tehtiin kehitysehdotukset pakkaamista, lastaamista ja sidontaa koskien. Kehitysehdotukset kohdistettiin Puula Hirsitalojen kahteen malliin, Lumpeeseen ja Puulaveteen. Pakkaamiseen kannattaa käyttää Muurametalot Oy:n pakkaustapaa. Lastaaminen ja sidonta tulee toteuttaa vallitsevan lainsäädännön vaatimalla tavalla. Puula Hirsitalo Oy voi käyttää tutkimuksen tuloksia aloittaessaan kyseisten rakennusmallien kuljettamisen. Tuloksia voidaan hyödyntää muun malliston osalta soveltuvien osin ja kehittää toimintaa yhä edelleen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Pakkaaminen, erikoiskuljetus, sidonta, kuorman varmistaminen, nostojen työturvallisuus, hirsirakentaminen		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Description

Author(s) Kemppinen, Niko	Type of publication Bachelor's thesis	Date April, 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 77	Permission for web publication: X
Title of publication Defining transportation packages, loading and binding		
Degree programme Bachelor's Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Somerla, Mikko & Pesonen, Juha		
Assigned by Puula Hirsitalo Oy		
Abstract <p>Puula Hirsitalo Ltd, the assignor of the thesis, is a woodworking yard that produces log houses in Kangasniemi, Finland. Their selection of log houses includes outbuildings, saunas, vacation housing and combined buildings.</p> <p>Previously, the company planed the logs in the factory and did not assemble the houses until at the building sites. The building materials and the logs were delivered to the building sites as bunches. The company wanted to rise its degree of processing and start to build log houses as complete as possible already at the factory. To make this possible, the company invested in a new production hall in spring 2020 that enables to finish the buildings in the hall in weatherproof conditions.</p> <p>The aim of the thesis was to define applicable methods for packing, loading and binding the finished buildings. The aim with bigger log houses was to define how the building could be best divided into modular units for the transport.</p> <p>The study was conducted by interviewing experts, utilizing literature, inspecting the company's documents and by observing the operations in the factory. Observations were also carried out in the parent company Muurametalot Ltd's Tornio-based house factory.</p> <p>Development proposals were prepared based on the data and literature. The proposals were focused on two log house models of Puula Hirsitalo Ltd, namely, Lumme and Puulavesi. For packaging, the proposal was to use Muurametalot Ltd's way of packaging. The current legislation decrees how loading and binding must be carried out. Puula Hirsitalo Ltd can use the findings when starting to transport these models. Where applicable, the findings can also be utilized with other models and, thus, still develop the business.</p>		
Keywords/tags (subjects) Packaging, special transport, binding, load securing, safety at work, lifting safety, log house construction		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön taustat ja -tavoitteet	5
1.2	Toimeksiantaja Puula Hirsitalo Oy	6
2	Tutkimusasetelma	6
3	Maantiekuljetukset	9
3.1	Liikennejärjestelmä.....	11
3.2	Suomen tieverkosto ja tavaraliikenne	12
3.3	Lainsäädännölliset seikat	13
3.3.1	Tiekuljetussopimuslaki.....	14
3.3.2	Laki liikenteen palveluista.....	14
3.4	Mitat ja massat	14
3.5	Erikoiskuljetukset.....	16
4	Kuorman tuenta ja sitominen	21
4.1	Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/92	21
4.1.1	Tavarankuljetus	22
4.1.2	Kuorman sijoittaminen	22
4.1.3	Kuorman varmistaminen	22
4.1.4	Kuorman sitominen	23
4.1.5	Kuorman merkitseminen	24
4.2	Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä 940/82	25
4.2.1	Määritelmiä.....	25
4.2.2	Kiinnityspisteet.....	25
5	Lastin käsittely- ja kuormauslaitteet sekä työturvallisuus	27
5.1	Nostolaitteet.....	28
5.1.1	Kuormausnostimet	28
5.2	Nostojen työturvallisuus	30
5.2.1	Nostolaitteita koskevat täydentävät vaatimukset	32

	2
5.2.2 Nostoapuvälineet	34
6 Kuljetuspakkaus.....	38
6.1 Kuivaketju rakentamisessa.....	39
6.2 Moduulin tai rakennuksen pakkaaminen	39
6.2.1 Tilaelementtirakentaminen	40
6.2.2 Tilaelementin kuljetussuojaus.....	41
7 Tutkimustulokset	48
8 Nykytilanne ja johtopäätökset.....	52
9 Pohdinta	60
Lähteet	63
Liitteet	66
Liite 1. Kuorma-autojen, perävaunujen ja yhdistelmien sallitut massat.	66
Liite 2. Milloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita.....	70
Liite 3. Rakennusmalliston hirsikehikkojen mitat ja massat hirsityypin mukaan.	71
Liite 4. Rakennusmalliston kuljetusmitat ja -massat hirsityypin mukaan.....	71
Liite 5. Kettinkiraksien haarakertoimista riippuva nimelliskuorma kuormituksen ollessa symmetrinen.	72
Liite 6. Kuitusydämisten, puristusholkkiliitoksella varustettujen luokkien 6x19 ja 6x36 raksien nimelliskuormat.	73
Liite 7. Päälysteraksien kuormitustaulukko.....	74
Liite 8. Nostovöiden kuormitustaulukko.	74

Kuviot

Kuvio 1. Tutkimusotteen määrittämisprosessi. (Kananen 2015, 63.).....	7
Kuvio 2. Liikennejärjestelmän jako neljään toisistaan riippuvaan osaan. (Tapaninen 2018, 13.).....	12
Kuvio 8. Erikoiskuljetuksiin liittyvät keskeiset poikkileikkausmitat. (Laitinen, Keskisaari, Rajava & Kulonen 2019, 9.)	17
Kuvio 9. Esimerkkikuva tunnuskilvistä. (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019 2019; 29.)	18
Kuvio 10. Kuvassa ylileveän kuljetuksen tunnusvalaisimet. Ruskeankeltaiset osoittavat eteenpäin ja punaiset taaksepäin.	19
Kuvio 11. Tunnusvalaisimet varoittamassa muuta liikennettä kuljetuksen leveydestä. (Kuva: Suur-Keuruu 2020)	19
Kuvio 12. Eräs tapa jaotella ajoneuvossa mukana kulkevat kuormankäsittelylaitteet (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 322.)	28
Kuvio 13. Kaltevuuskulma β ja standardeista poistunut haarakulma α . (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 15.).....	35
Kuvio 14. Kaltevuuskulmien ja haarakertoimien vaikutus raksien nostokykyyn kuormituksen ollessa symmetrinen. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 18.)	35
Kuvio 15. Nostopalkkeja. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 40)	37
Kuvio 16. Nostosilmukkaruuveja. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 42.).....	38
Kuvio 17. Alusmuovi moduulin alla, joka pingotetaan kireälle aumamuovin kiristykseen yhteydessä. (Kuva: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy).....	44
Kuvio 18. Ulokkeiden, kuten esim. ikkunapeltien suojaamiseksi käytetään sopivia puukappaleita. Kulmien suojaamiseen voi käyttää vaahtomuovia (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy).....	44
Kuvio 19. Kirkasmuovin asennus moduulin päälle. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)	45
Kuvio 20. Aumamuovin asennus siltanosturiin kiinnitetyn koukkupalkin avulla. Lopuksi muovi repäistään alas koukuista. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)	46
Kuvio 21. Aumamuovi kiristetään moduulin seinää vasten käyttäen apuna rimaa, jonka ympärille muovi on kääritty. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)..	47

Kuvio 22. Valmiita pakkauksia. Sivuseinään on mahdollisuuksien mukaan kiinnitetty lisärimoja vähentämään muovin lepattamista. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)	47
Kuvio 23. Markkinoinnin näkökulma pakkauksessa. Mainos hillitsee paitsi lepattamista, toimii se myös työmaatauluna toimituskohteessa. Kuvassa nähtävissä myös kiskot, joiden päällä moduuli liikkuu käsivoimin. (Kuva: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)	48
Kuvio 24. Nostoliinujen asettelu. Nostoraksien kaltevuuskulma ei saa ylittää 60 astetta. (Kuva: Muurametalot Oy:n mainosvideo)	48
Kuvio 25. Saunamökki Lumme.....	53
Kuvio 26. Pohjakuva Lumpeesta	53
Kuvio 27. Lumpeen sidontapisteet.	56
Kuvio 28. Loma-asunto Puulavesi	57
Kuvio 29. Pohjakuva Puulavedestä	58

Taulukot

Taulukko 1. Varoitusautojen lukumäärän riippuvuus kuljetuksen leveydestä ja pituudesta. (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019)	20
Taulukko 2. Eri pintojen välisiä kitkakertoimen arvoja. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328.)	23
Taulukko 3. Suositus sidontavälineiden mitoitukseen yli 60°:n kulmilla. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328.)	24
Taulukko 4. Kuormakorissa olevien kiinnityspisteiden nimellisljuuksien vähimmäisvaatimukset. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 331.)	27
Taulukko 5. Raksin nimelliskuorman pieneneminen käytettyjen haarojen lukumäärän mukaan. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 18.)	36

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustat ja -tavoitteet

Pientalon rakentamisessa käytetään Suomessa pääsääntöisesti kahta tapaa: rakentaminen tapahtuu suoraan rakennuspaikalla tai se kootaan muualla rakennetuista elementeistä. Nykyään talotehtaat tarjoavat talopakettejaan hyvin erilaisin valmiusastein. Tämä tarkoittaa, että suurin osa työstä voidaan tehdä itse tai vaihtoehtoisesti koko toteutus voidaan ostaa. (Nissinen & Koskenvesa 2004, 26.)

Tämä opinnäytetyö tehtiin Puula Hirsitalo Oy:n toimeksiantona keväällä 2020. Aiemmin yritys toteutti erilaisia ja -kokoisia hirsirakennuksia suoraan rakennuspaikalle kappaletavarasta, eli kansankielisesti ”pitkästä tavarasta” rakentaen. Yrityksen visiona on nykyään tarjota asiakkaille hirsirakennuksia täysin valmiiksi hirsiveistämöllä säänsuojassa tuotettuna ja rakennuspaikalle toimitettuna. Pienemmät rakennukset valmistetaan täysin valmiiksi veistämöllä. Tämä tarkoittaa sitä, että valmiit hirsirakennukset ovat käyttövalmiudessa parhaimmillaan jo toimituspäivänä. Suuremmat rakennukset koostuvat moduuleista eli tilaelementeistä. Ne valmistetaan veistämöllä niin valmiiksi kuin mahdollista. Rakennuspaikalla moduulit yhdistetään toisiinsa perustuksille nostamisen yhteydessä. Samalla moduuleihin yhdistetään loput rakenteet kuten vesikatto ja varusteet, mitä ei aiemmin ole asennettu tehtaalla katon puuttumisen takia. Moduuleista koostuvien suurempien rakennusten valmistumisaika tontilla on 1-2 viikkoa hirsirakennuksen koosta ja katosten- ja terassien lukumäärästä riippuen. (Näin Puulan hirsirakennukset valmistetaan n.d.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää Puula Hirsitalo Oy:n hirsirakennusmallistolle soveltuvat kuljetuspakkaukset ja ohjeistukset pakkausten lastausta ja sidontaa varten. Lisäksi kiinnitettiin huomiota soveltuvaan kalustoon. Toimeksiantaja tarvitsi konkreettisia ratkaisuja valmiiden rakennusten kuljettamiseen, koska se ei ollut kuljettanut aiemmin rakennuksia valmiina. Suurempien rakennusten kohdalla ratkaistavana oli myös soveltuvien moduulien määrittäminen. Aihetta tarkasteltiin seuraavan

pääkysymyksen pohjalta: Miten rakennukset voidaan pakata tarkoituksenmukaisesti ja luotettavasti kuljetuksen ajaksi? Lisäkysymyksinä olivat:

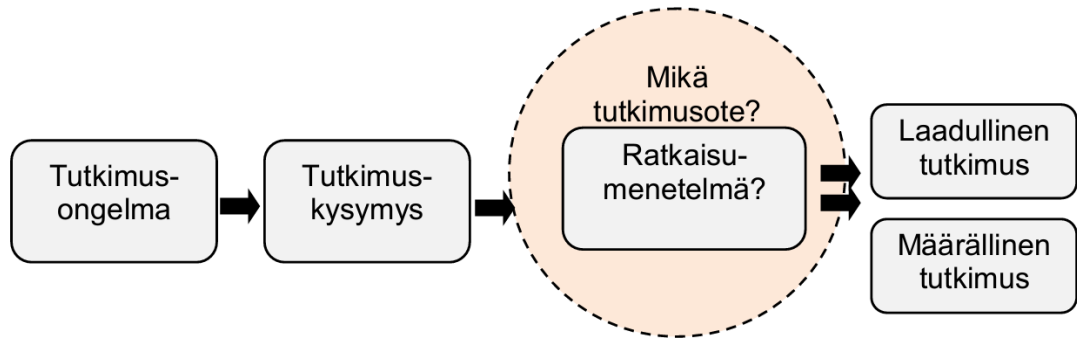
- Minkä kokoisia pakkauksia voidaan kuljettaa maantiellä ja millaisella kalustolla?
- Mitä tulee ottaa huomioon nostettaessa rakennuksia tai niiden osia ja millaista kalustoa ja apuvälineistöä siihen tarvitaan?
- Miten pakkaus sijoitetaan ja sidotaan kuljetuksen ajaksi?

1.2 Toimeksiantaja Puula Hirsitalo Oy

Puula Hirsitalo Oy, lyhyemmin Puula, on kangasniemeläinen vuonna 1973 perustettu hirsirakennusvalmistaja. Puula suunnittelee ja valmistaa rakennukset itse. Mallisto kattaa valmiit hirrestä valmistetut aitat, loma-asunnot, saunat, vierasmajat ja yhdistelmärakennukset. Yhdistelmärakennukset ovat yhdistelmiä edellä mainituista rakennuksista. (Mallisto n.d.) Puula Hirsitalo Oy:n valmiit pohjaratkaisut on suunniteltu monipuoliseen, tarvittaessa myös ympärivuotiseen käyttöön (Yksilölliset ja laadukkaat hirsirakennukset! n.d.). Puula käyttää hirren raaka-aineena hitaasti pohjoisessa kasvanutta tiukkasyistä mäntyä. Puula ei käytä alle 92 mm paksuista hirttä ollenkaan, vaan yritys suosii vahvaa ja pitkäikäistä puumateriaalia. Tämä takaa rakennuksille pitkän käyttöiän ja korkean laadun. (Kunnon hirttä n.d.) Syksyn 2019 ja kevään 2020 aikana Puula Hirsitalo Oy investoi uusiin tuotanto- ja varastohalleihin, jotta rakennusten valmistaminen valmiiksi asti säänsuojassa tuli mahdolliseksi. Aiemmin hirret oli työstetty vanhassa tuotantohallissa ja pakattu ”pitkänä tavarana” odottamaan kuljetusta rakennuspaikalle. Uusien hallien myötä valmistus- ja varastointitilat kasvoivat, jonka myötä pystyttiin aloittamaan rakennusten tekeminen valmiiksi asti veistämöllä.

2 Tutkimusasetelma

Tutkimusongelmat ratkaistaan erilaisten tutkimusmenetelmien avulla, jotka pitävät sisällään monia aineistonkeruu- ja analyysimenetelmiä. Menetelmiä on paljon ja jokainen niistä muodostaa tietyn tutkimusotteen. Tutkimusote voi olla laadullinen eli kvalitatiivinen tai määrällinen eli kvantitatiivinen. (Kananen 2015, 63.)



Kuvio 1. Tutkimusotteen määrittämisprosessi. (Kananen 2015, 63.)

Tämä opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena. Tutkimusotteena käytettiin kvalitatiivista eli laadullista lähestymistapaa. Tutkimusaineisto kerättiin kvalitatiivisen metodologian menetelmiä noudattaen asiantuntijoita haastatellen sekä havainnoimalla toimintoja hirsiveistämön tiloissa. Näiden lisäksi tutkittavana oli yrityksen dataa ja dokumentteja hirsirakennusmalliston mitoista ja massoista. Tutkimuksen tarkoituksena oli käsillä olevan ilmiön kartoittaminen. Tällaisissa tilanteissa on useimmiten käytössä kvalitatiivinen tapaustutkimus. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 130-134.)

Hirsjärvi ja muut erittelevät kolme perinteistä tutkimusstrategiaa. Tapaustutkimus on yksi näistä. Tapaustutkimuksen tavoitteena on kuvata jotakin yksittäistä ilmiötä tai pientä joukkoa toisiinsa suhteessa olevia tapauksia intensiivisesti ja yksityiskohtaisesti. (Hirsjärvi ym. 2007, 130.) Tapaustutkimuksessa halutaan saada monipuolinen ja syvällinen kuva tutkittavana olevasta ilmiöstä. Aineiston keruussa ja analysoinnissa käytetään joko kvalitatiivisen tai kvantitatiivisen metodologian menetelmiä, tai molempia, tutkittavasta ilmiön mukaan. Tutkimuskohteena on useimmin yksi tapaus. (Kananen 2015, 76.)

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on yksi tutkimusotteista. Siinä tavoitteena on tutkittavan ilmiön ymmärtäminen. Pääperiaatteena on, että mitä vähemmän tutkittavasta ilmiöstä tiedetään entuudestaan, sitä suuremmalla todennäköisyydellä kysymykseen tulee vain kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivisen tutkimuksen on todettu soveltuvan parhaiten tilanteisiin, joissa ilmiöstä ei ole tietoa, teorioita tai tutkimusta, eli toisin sanoen ilmiötä ei tunneta. Samaan aikaan ilmiöstä halutaan saada syvällinen

näkemyks. Niin ikään laadullinen tutkimus soveltuu tilanteisiin, joissa ilmiöstä halutaan saada hyvä kuvaus. (Kananen 2015, 70-71.) Kananen (2015) mukaan laadullista eli kvalitatiivista kuvausta tutkittavasta ilmiöstä pidetään aina parempana luvuilla ilmaistuun eli kvantitatiiviseen kuvaukseen verrattuna. Osa asioista on kuvailtavissa vain tekstin muodossa. Ihmisten asenteiden kuvaaminen on esimerkki tilanteesta, jossa lähes ainoa kuvailukeino on teksti. Sama pätee monissa prosesseissa: Niiden kaikenkattava ymmärtäminen vaatii useimmiten kvalitatiivista kuvausta. (Mts. 71.)

Aineistoa kerättiin asiantuntijahaastattelujen, havainnoinnin ja dokumenttien muodossa. Nämä ovat laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiä. Haastattelu soveltuu käytettäväksi varsinkin, kun tutkittavasta aiheesta ei tiedetä kovin tarkasti. Haastattelut mielletään kuuluvan lähinnä kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruun päämenetelmiksi. Avoin haastattelu on yksi aineistonkeru- ja haastattelumenetelmä. Siinä selvitetään haastateltavan ajatuksia, mielipiteitä, tunteita ja käsityksiä siitä mukaa, kun ne tulevat vastaan keskustelun edetessä. Avoin haastattelu on lähellä keskustelua. Vaikka avoimessa haastattelussa ei ole varsinaista runkoa, jää haastateltavan ohjailu silti haastattelijan vastuulle, jotta haastattelusta saadaan tarkoituksenmukaista tietoa tutkimusta varten. Tiedolla pyritään saamaan vastauksia tutkimusongelmaan ja sen avulla yritetään kartuttaa tietämystä ja ymmärrystä tutkittavasta aiheesta. Tässä opinnäytetyössä haastateltiin tutkimukseen liittyvien alojen ammattilaisia. Haastattelujen aiheena oli mahdollisuudet ja hyväksi todetut keinot moduulien pakkaamiseen ja pakkausmateriaaleihin liittyen. Lisäksi haastatteluissa hankittiin tietoa rakennusten nostotavoista. (Hirsjärvi ym. 2007, 200-204; Kananen 2015, 143-148.)

Havainnoinnilla tarkoitetaan, että tutkija seuraa tutkittavan ilmiön toimintaa. Havainnointi on pätevä keino tutkimustilanteissa, joissa ilmiöstä oleva tieto on vähäistä tai sitä ei ole ollenkaan. Etuna havainnoinnissa on ilmiön tosiasiallinen reaaliaikainen tapahtuminen sen luonnollisessa ympäristössään ja asiayhteydessään. Menetelmällä saadaan tutkittavasta ilmiöstä tietoa monipuolisesti, mutta ilmiön pitää olla sellainen, jota on mahdollista havainnoida. Katsomalla ihmistä ei esimerkiksi saa tietoa siitä mitä hän ajattelee. (Kananen 2015, 135-136.) Tässä opinnäytetyössä havainnoinnin muotona oli osallistuva havainnointi. Osallistuvalla havainnoinnilla tarkoitetaan

sitä, että tutkija on fyysisesti läsnä tutkimustilanteessa. Havainnointi tapahtui hirsiveistämön alueella ja tiloissa yrityksen prosesseja seuraten. Havainnointia tehtiin myös Puula Hirsitalo Oy:n jyväsäilylaitoksen emoyhtiön Muurametalot Oy:n talotehtaalla Torniossa. (Mts. 137.)

Dokumentit ovat tutkittavaan ilmiöön liittyviä asiakirjoja, joilla pyritään löytämään ratkaisu tutkimusongelmiin. Tekstien lisäksi dokumentteja ovat esim. muistiot, tilastot, pöytäkirjat, valokuvat ja äänteet sekä mitkä tahansa muut kirjalliset tuotokset, joilla voi olla merkitystä tutkimukseen ja jotka liittyvät tutkittavaan ilmiöön. (Mts. 81.) Tässä opinnäytetyössä käytettyjä dokumentteja olivat Puulan hirsirakennusmalliston esitelehtinen ja Excel-taulu, jossa oli dataa, kuten mittoja ja massoja rakenteista.

3 Maantiekuljetukset

Kuljetuksella tarkoitetaan materiaalin siirtoa kahden pisteen välillä. Maantiekuljetukset ovat kuljetuksia, jotka suoritetaan käyttämällä tiekulkuneuvoa, kuten autoa tai traktoria. Myös mopot ja polkupyörät ovat käytössä esimerkiksi lähettipalveluissa taajamissa. Paketti- ja kuorma-autot sekä ajoneuvoyhdistelmät, jotka muodostuvat vetoautosta ja yhdestä tai useammasta perävaunusta ovat kuitenkin yleisimmin käytössä tavarankuljetuksissa. Maantiekuljetuksesta käytetäänkin usein autokuljetusnimitystä. Kuorma-autolle on tyypillistä rungon päälle rakennettu lava, kontti tai muu rahdin kuljetukseen käytetty tila. Ajoneuvoyhdistelmiä ovat puoliperävaunu-, täysperävaunu- ja moduuliyhdistelmät. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2011, 82; Maantiekuljetusten kalusto n.d.)

Tavarankuljetukseen tarkoitettut autot jaetaan paketti- ja kuorma-autoihin ajoneuvolain (L 11.12.2002/1090, 10 §.) määrittelemällä tavalla seuraavasti: Pakettiauto on ensisijaisesti tavarankuljettamiseen suunniteltu ja rakennettu ajoneuvo, jonka kokonaismassa on enintään 3500 kg ja luokka N₁. Kuorma-autot ovat niin ikään ensisijai-

sesti tavaran kuljettamiseen suunniteltuja ja rakennettuja ajoneuvoja, joiden kokonaismassat ovat yli 3500 kg. Kuorma-autot luokitellaan kahteen osaan kokonaismassan mukaan: N₂-luokan kuorma-auton kokonaismassa voi olla enintään 12000 kg ja N₃-luokan massa on yli 12000kg. (L 11.12.2002/1090.) Perävaunut kuuluvat O-luokkaan. O1 kevytperävaunut ovat kokonaismassaltaan enintään 0,75 tonnin ajoneuvoja ja O2-luokituksen perävaunut ovat enintään 3,5 tonnin kokonaismassallisia jarrullisia ajoneuvoja. Näitä tavataan usein kytkettynä henkilö- ja pakettiautoihin. Raskaassa liikenteessä tavataan O3-luoka perävaunuja, joiden kokonaismassa on maksimissaan 10 tonnia ja O4-luokan raskaita perävaunuja, joiden kokonaismassat ovat yli 10 tonnia. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 283.)

Maantiekuljetus on yksi peruskuljetusmuodoista vesi-, rautatie- ja lentokuljetuksien ohella. Näiden lisäksi on olemassa yhdistetyt kuljetukset eli monen eri kuljetusmuodon yhdistelmät. Maantiekuljetukset voidaan jakaa säännöllisiin reittikuljetuksiin, runko- ja siirtokuljetuksiin, keruu- ja jakelukuljetuksiin, paluukuljetuksiin sekä satunnaisiin kuljetuksiin. Jokainen näistä omaa hieman erilaisen ohjauslogiikan, joten ei voida määrittää yhtä ainoaa tapaa suunnitella eikä arvioida maantiekuljetuksia. Tieverkosto ja sen käyttöön liittyvät rajoitukset, kaluston koko- ja painorajoitukset sekä kuljetuskapasiteetin ja kysynnän rakenne muodostavat maantiekuljetuksille erityisvaatimuksia. Lisäksi lainsäädäntö asettaa yleiset vaatimukset kuljetuskalustolle, henkilöstölle ja toimiluvulle. Ostetaanko kuljetuspalvelut kokonaisuudessaan ulkopuolelta, toteutetaanko alihankintana vaiko omistetaan itse kuljetuskapasiteettia? Nämä kysymykset ovat keskiössä, kun yritykset miettivät kumipyöräkaluston hallintaa. Yleinen suuntaus on pois kuljetuskaluston omistamisesta. Tällöin mahdolliseksi ongelmaksi saattaa nousta ostokaluston sopimattomuus kuljetustehtävään. (Karrus 2001, 114-115.)

Tapanisen (2018) mukaan tiekuljetukset on Suomessa eniten käytetty kuljetusmuoto. Syitä tiekuljetusten suosioon ovat monet edut suhteessa muihin kuljetusmuotoihin: Kaluston investointikustannukset ovat verrattain pienet. Tämä tarkoittaa, että markkinat saavat jatkuvasti uusia yrittäjiä. Uudet yrittäjät ylläpitää kilpailua ja se pitää kustannukset kurissa. Toinen etu on kuljetusnopeus, joka on verrattain suuri. Kuljetusten riippumattomuus liikenneverkostosta on myös etuus: tiekuljetuksilla voidaan palvella

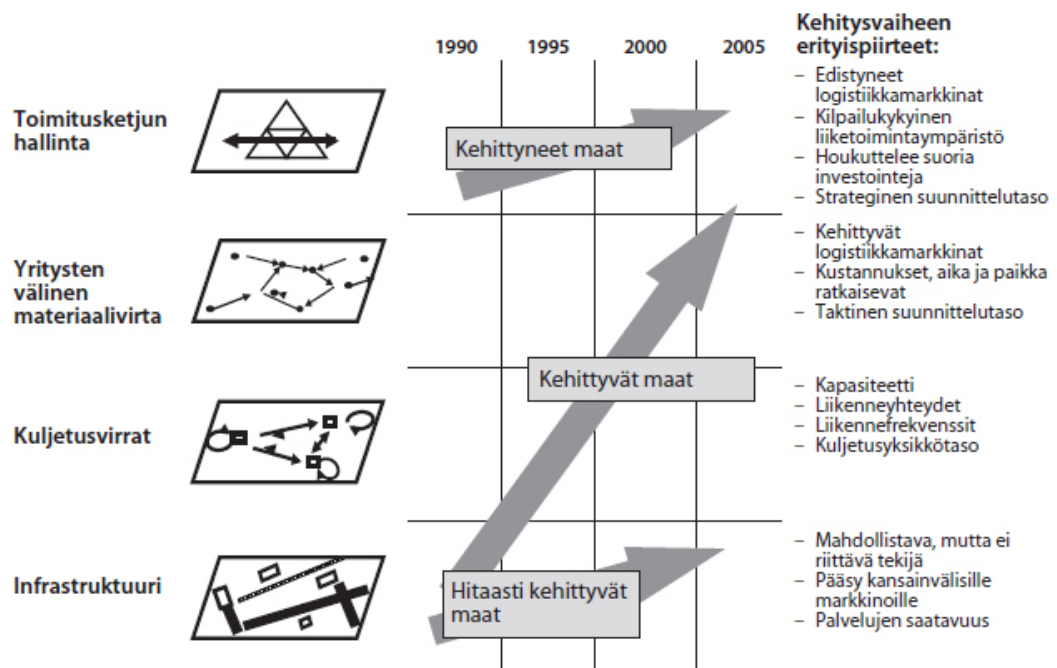
melkein missä tahansa ovelta ovelle -periaatteella. Lisäksi reittivalintojen joustavuus esimerkiksi olosuhteiden muuttuessa mielletään tiekuljetuksen eduksi. Tiekuljetukset mahdollistavat sekä painavan irtotavaran että kevyen arvotavaran kuljetukseen. Kuljetusmuoto sopii niin pitkän matkan runkokuljetuksiin kuin lyhemmän matkan jakelu-toimintaan. Tiekuljetukset palvelevat elinkeinoelämää laidasta laitaan sekä myös koko yhteiskuntaa. (Tapaninen 2018, 42-45.)

3.1 Liikennejärjestelmä

Maantiekuljetukset tapahtuvat liikennejärjestelmässä. Toisin sanoen liikennejärjestelmän kokonaisuus mahdollistaa osaltaan maantiekuljetukset. Liikenneväylät yhdessä muun kuljetus-, käsittely- ja tietoliikenneinfrastruktuurin, liikennevälineiden ja -palvelujen, lastaustilojen ja asemien, tiedon ja säädösten kanssa muodostaa liikennejärjestelmän. Lisäksi liikennejärjestelmään kuuluu organisaatiot, eli yritykset, käyttäjät ja viranomaiset. Liikennejärjestelmää on kehitettävä ja ylläpidettävä jatkuvasti, koska se liittyy läheisesti yhteiskunnan toimintoihin. Liikennejärjestelmällä on vaikutusta ihmisten hyvinvointiin, elinkeinoelämän toimintaedellytyksiin, talouteen ja työllisyyteen sekä puolustus- ja turvallisuuspolitiikkaan. Vaikutusta alueiden kehittämiseen ei pidä myöskään unohtaa. Näitä päätöksiä, jotka vaikuttavat liikennejärjestelmän kehittämiseen, kutsutaan liikennepolitiikaksi. Liikennepolitiikan tavoite on turvallisten ja sujuvien matkojen ja kuljetusten turvaaminen, joista hyötyvät niin asukkaat kuin elinkeinoelämän toimijat. Viime vuosina yhdeksi tavoitteeksi on noussut lisäksi liikenteen päästöjen vähentäminen ja sitä kautta ilmastonmuutoksen hillitsemisen. Suomessa liikennejärjestelmän ylläpidon ja hoidon merkitys on erityisen tärkeää, koska Suomi on pinta-alaltaan verrattain laaja ja kuljetusetäisyydet ovat pitkiä. Teollisuutta sekä asutusta on joka puolella maata. Keskeisimmän tieverkoston kunto on kriittinen tekijä tavaraliikenteen kustannustehokkuudelle. Niin ikään henkilöliikenteen pitää toimia myös jouheasti työvoiman liikkuvuuden turvaamiseksi. (Tapaninen 2018, 13-23.)

Tapaninen (2018) jakaa liikennejärjestelmän neljään eri liikennejärjestelmän kehittämisen tasoon (ks. kuvio 2). Tapanisen (2018) mukaan ylempi taso voi toimia vain, jos

alempi taso toimii ja päinvastoin. Tasot ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa nähden. Käytännössä tämä tarkoittaa, että alempi taso on oltava olemassa ja sitä on ylläpidettävä, jotta voidaan toimia ylemmillä tasoilla. Alimmalla tasolla kuvataan kuljetusinfrastruktuuria, esimerkiksi tiestöä ja varastotiloja. Seuraava taso merkitsee tavaravirtoja ja kolmannella tasolla on kuvattu organisaatioiden välinen kuljetustoiminta. Ylimmällä tasolla esitetään tavarantoimitusketjujen ja ihmisten matkustusketjujen ohjaaminen yhtenäisiä tavoitteita kohti. (Mts. 13.)



Kuvio 2. Liikennejärjestelmän jako neljään toisistaan riippuvaan osaan. (Tapaninen 2018, 13.)

3.2 Suomen tieverkosto ja tavaraliikenne

Suomen tieverkoston muodostaa maantiet, kunnalliset katuverkot ja yksityistiet. Suomen tieverkoston kokonaispituus on noin 454 000 kilometriä. Määrään sisältyy yksityis- ja metsäautoteitä noin 350 000 kilometriä. Kuntien katuverkostojen osuus koko määrästä on noin 26 000 kilometriä. Valtion tiestöä on yhteensä 78 000 kilometriä ja Väylävirasto huolehtii yhteistyössä alueellisten ELY-keskusten kanssa sen ylläpidosta ja kehittämisestä. Yksityis- ja metsäautoteillä ylläpito on tieosakkaiden vastuulla. (Tieverkko n.d.; Yksitystien hoito ja ylläpito n.d.)

Tavaratonneilla mitattuna tavaraliikenteestämme 86 prosenttia kulkee maassamme kumipyöräkuljetuksina maanteitse. Muiden liikennemuotojen osuus Suomessa on paljon pienempi: Rautateitse kulkee noin 12 prosenttia, vesiteitse noin 2 prosenttia ja lentoteitse ainoastaan alle prosentti tavaratonneista. Logistiikan osuus teollisuuden ja kaupan liikevaihdosta on noin 14 prosenttia ja hieman yli 12 prosenttia maamme bruttokansantuotteesta. Tavaraliikenne on merkittävä toimiala ja työllistäjä Suomen kilpailukyvyyn kannalta. Vuonna 2018 kotimaan liikenteen kuorma- ja paketti-autoilla maanteitse kuljetetun tavarán määrä oli noin 271 miljoonaa tonnia. Kuljetusmatkoja kertyi vastaavana aikana lähes 1,9 miljardia kilometriä ja kuljetussuoritetta tuli lähes 26 miljardia tonnikilometriä. Tonnikilometri on tilastollinen suure, joka kuvaa tehtyä kuljetustyötä. Tonnikilometrit saadaan laskemalla tavarán painon (t) ja kuljetusmatkan (km) tulo. (Maanteiden tavaraliikenne Suomessa 2019; Logistiikan maailma – Termisanasto n.d.)

3.3 Lainsäädännölliset seikat

Maantieliikenteen säännöt ovat hyvin kansainvälisiä. Kansainvälisissä sopimuksissa on sovittu lähes jokainen tärkeimmistä säännöistä ja säädöksistä. On tavallista, että sopimuksia solmitaan useiden valtioiden välillä ja mikäli ne ovat avoimia kaikille, puhutaan yleissopimuksista. Myös kahden maan välisillä sopimuksilla on merkitystä varsinkin maantieliikenteessä. Sopimuksilla sovitaan mm. vieraan maan ajoneuvoa koskevista menettelytavoista ja ehdoista, joilla se voi kulkea toisessa maassa. Lisäksi sopimuksilla pyritään yhtenäistämään alan lainsäädäntöä, josta konkreettinen esimerkki on liikennesääntöjen harmonisointi. Erityisesti Euroopan alue kuuluu tiheään sopimusverkoston piiriin. Sopimuksissa määrätään mm. liikennesäännöistä, kuljettajista, ajoneuvoista ja tavarán kuljettamisesta. Euroopan Unionin (EU) säädökset ovat nykyään usein sopimuksien taustana. Todettakoon, että EU:n jäsenvaltio saa edelleen itsenäisesti päättää suhteistaan muihin EU:n ulkopuolella oleviin valtioihin puhuttaessa tavarankuljetuksista. Laskutavasta riippuen Suomi on n. 60-80 kansainvälisen sopimuksen piirissä, jotka sisältävät määräyksiä maanteillä suoritettuun tavaraliikenteeseen. Sopimuksissa sovitaan mm. tavaraan-, ajoneuvoon-, kuljettajaan- ja kuljetuksen suorittamisoikeuteen liittyviä asioita. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 6-8.)

3.3.1 Tiekuljetussopimuslaki

Vastikkeelliseen sopimukseen moottoriajoneuvolla tapahtuvasta tavarankuljetuksesta Suomessa taikka Suomen ja vieraan valtion välillä tai sellaisten vieraiden valtioiden välillä, joista ainakin toinen on tavarankansainvälisessä tiekuljetuksessa käytettävästä rahtisopimuksesta tehdyn yleissopimuksen (CMR; SopS 48-50/73) osapuoli, sovelletaan tiekuljetussopimuslakia. Tiekuljetussopimuksissa määritellään sopimusosapuolten vastuut, oikeudet ja velvollisuudet. Sopimusosapuolia ovat rahdinantaja ja rahdinkuljettaja. (L 23.3.1979/345.)

3.3.2 Laki liikenteen palveluista

Suomen tieliikenteessä tapahtuva ammattimainen henkilöiden tai tavarankuljettaminen tulonhankkimistarkoituksessa on luvanvaraista toimintaa ja siihen tarvitaan lupa. Tämän määrittelee 2018 voimaan tullut laki liikenteen palveluista, joka korvasi lain kaupallisista tavarankuljetuksista tiellä. Tätä lakia sovelletaan liikenteen palveluihin ja niihin liittyviin henkilölupiin sekä liikenneasioiden rekisteriin. Lakia sovelletaan sellaiseen palveluntarjoajaan, jolla on toimipaikka Suomessa tai joka on muulla tavoin Suomen oikeudenkäytön piirissä. Myös sellainen kuljetuspalvelun tarjoaja kuuluu lain piiriin, jonka liikennöimän palvelun alku- tai loppupää on Suomessa tai palvelu kulkee Suomen kautta. Laissa liikenteen palveluista määritellään myös tavarankuljetuksen tilaajan selvitysvelvollisuudesta: Tavarankuljetuksen tilaavan elinkeinonharjoittajan, joka on kaupparekisterilain (129/1979) 3 §:n 1 momentin mukaan velvollinen tekemään perusilmoituksen kaupparekisteriin, on ennen kuljetuksesta sopimista selvitettävä, että kuljetuksen suorittajalla on tarvittava lupa ja oikeus suorittaa kuljetus EU:n tavaraliikennelupa-asetuksessa tarkoitettuna kabotaasiliikenteenä ja että kuljetuksen suorittaja on merkitty arvonlisäverolain (1501/1993) mukaiseen arvonlisäverovelvollisten rekisteriin, jos se on siihen velvollinen kyseisestä myynnistä. (L 24.5.2017/320.)

3.4 Mitat ja massat

Ajoneuvoja koskevat tekniset vaatimukset ovat pääosin peräisin EU-lainsäädännöstä, mutta myös kansalliset säädökset ovat merkittävässä roolissa. Kansalliset säädökset

koskevat mm. ajoneuvojen käyttöä tiellä, rekisteröintejä, katsastuksia ja verotusta. Valtioneuvoston asetuksessa 31/2019 on kuvattu raskaiden tavarankuljetusajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien suurimmat sallitut mitat ja massat. Asetuksessa määritellään yksityiskohtaisesti enimmäismassat, joihin tapauskohtaisesti vaikuttaa mm. ajoneuvon akselimäärä, akselien keskinäinen etäisyys, jousitus ja yhdistelmän koostumus. Tämä asetus tuli voimaan 21.1.2019, jolloin suurimmat sallitut mitat kasvoivat ja massoihin tuli muutoksia.

Tavallisilla kuormatiloilla varustetut kuorma-autot ja perävaunut saavat olla 2,60 metriä leveitä. Jos yhdistelmä on yli 22 metriä pitkä moduuliyhdistelmä, sallittu leveys on 2,55 metriä. Lämpöeristetyllä kuormakorilla varustettu moduuliyhdistelmä saa kuitenkin olla 2,60 m leveä. Auton ja perävaunun suurin sallittu korkeus kuormineen on 4,40 metriä. Tätä korkeutta ei saa ylittää, vaikka ajoneuvo olisi kuormaamaton tai mahdollinen akselinnostolaite olisi yläasennossa. Jos ajoneuvon korkeus on yli 4,20 metriä, kuljetuksen suorittajan ja kuljettajan on varmistettava, että kuljetuksen suorittaminen käytettävällä kuljetusreitillä on mahdollista ilman riskiä osumisesta tien yläpuolisiin rakenteisiin. Kuorma-auto saa olla 13,0 m pitkä kuormineen. Ajoneuvoyhdistelmän, eli vetoauton ja perävaunu yhdistelmän pituudet eivät saa ylittää seuraavaksi esitettyjä mittoja (Tavaraliikenneyleyrittäjä 2019, 283-284; L 4.12.1992/1257; L 31/2019):

1. Henkilö-, linja- ja pakettiauton (luokat M1, M2, M3 & N1) ja muun kuin puoli-perävaunun yhdistelmän pituus ei saa ylittää **18,75 metriä**.
2. Henkilö-, paketti- tai kevytkuorma-auton (luokat M1, N1 & N2) ja puoliperävaunun yhdistelmän pituus ei saa ylittää **16,5 metriä**. Em. lisäksi ajoneuvoyhdistelmät, jotka eivät lukeudu kohtiin 1, 3, 4 tai 5, eivät myöskään saa olla yli **16,5 m** pitkiä.
3. N3 luokan kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmä saa olla **23 m** pitkä.
4. Muu kuin kohdassa 1 tarkoitettu ajoneuvo ja siihen liitetty keskiakseliperävaunu saavat olla yhteensä **20,75 m** pitkiä.
5. Sellaisen muun N2 tai N3 luokan kuorma-auton ja yhden tai useamman perävaunun yhdistelmän, joka ei lukeudu kohtiin 2, 3 tai 4, maksimipituus on **34,5 m**. Ohjaamon takana olevien kuormatilojen sisäpituuksien summa saa olla **29,24 m**.

25,25 metrin pituisen yhdistelmän perässä pitää olla kilpi, johon on merkittyä ”PITKÄ”, ”LÅNG” TAI ”LONG”. Sallitut massat vaihtelevat paljon erilaisissa vetoautojen ja perävaunujen yhdistelmissä. Liite 1:n (ks. liite 1) on kerätty taulukoksi yhteenveto ajoneuvojen, perävaunujen ja niiden eri yhdistelmien sallituista massoista.

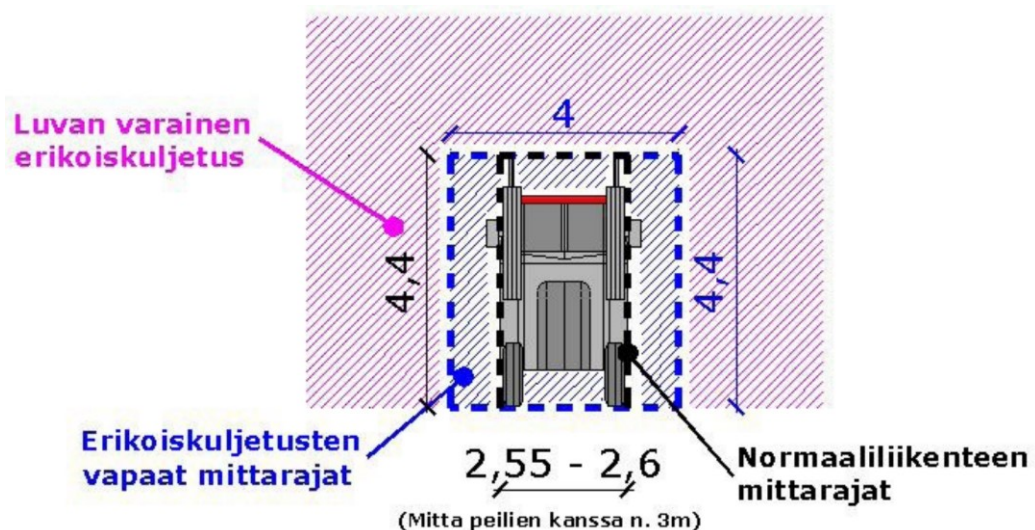
3.5 Erikoiskuljetukset

ELY-keskuksen määritelmän mukaan erikoiskuljetukset ovat kuljetuksia, joissa jokin normaaliliikenteelle sallittu mitta- tai massaraja ylittyy. Jakamattomat esineet, kuten koneet, elementit, rakennukset, nosturit ja isot tuotteet ovat tyypillisiä erikoiskuljetuksien kuljetettavia tuotteita. Erikoiskuljetuksia käytetään tilanteissa, jossa jakamatonta kuormaa (esineitä) ei ole mahdollista jakaa useampiin kuljetuksiin kohtuullisin kustannuksin tai aiheuttamatta vaurioitumisriskiä tuotteelle. Erikoiskuljetusta suoritavalle EU- tai ETA-valtioon rekisteröidylle ajoneuvolle tai ajoneuvoyhdistelmälle pitää hakea erikoiskuljetuslupa, jos vapaat mittarajat ylittyvät ja/tai normaaliliikenteelle sallitut akseli-, teli- tai kokonaismassarajat ylittyvät. Lupa ylimassaiselle kuljetukselle ylimassan osalta on mahdollista myöntää ainoastaan ajoneuvon tai -yhdistelmän rekisteriin merkittyjen sallittujen massojen rajoissa. Ylimassa ei saa myöskään muodostua kuljettamalla kahta tai useampaa jakamatonta esinettä samassa kuljetuksessa. (Erikoiskuljetukset 2020; Erikoiskuljetusluvan tarve 2017)

Erikoiskuljetuksissa jakamattoman esineen kuormaamisen pääperiaatteena tulee ensisijaisesti pyrkiä välttämään kuljetuksen ylileveyttä ja toisena korkeutta. Jos kuljetettavana on pitkä esine, jota ei ole mahdollista kuljettaa yleisesti sallittujen pituusrajojen raameissa, tulee se kuljettaa ensisijaisesti puoliperävaunussa. Niin ikään korkeat esineet tulee kuljettaa ensisijaisesti matalarakenteisissa- tai syväkuormausperävaunuissa. Leveät esineet on mahdollisuuksien mukaan lastattava vinopukkien päälle, jotta välttyttäisiin ylileveydeltä. Useampi jakamaton esine on luovallista kuljettaa samassa kuljetuksessa ainoastaan siinä tapauksessa, että kuljetettavat jakamattomat esineet aiheuttaisivat yksinäänkin kuljetukselle sallitun maksimi pituuden, -leveyden tai -korkeuden ylittymisen. Useamman esineen sijoittamisesta päällekkäin, rinnak-

kain tai peräkkäin ei saa kuitenkaan aiheutua tiellä yleisesti sallitun mitta- tai massa- rajan ylittymistä. Erikoiskuljetukset pitää lisäksi merkitä erikoiskuljetuksia koskevien määräysten mukaan. Merkinnät toteutetaan valojen ja heijastimien avulla. Vaadittuihin merkintöihin vaikuttaa erikoiskuljetuksen mitat. (Kuormaus ja merkinnät 2017)

Tällä hetkellä erikoiskuljetuksien vapaat mittarajat Suomessa ovat maksimissaan korkeuden osalta 4,4 m ja leveyden osalta 4,0 m. Pituuden osalta vapaarajat määräytyvät käytettävän kaluston mukaan. Kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmän pituuden vapaaraja on 40,0 m. Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun- tai kuorma-auton ja usean perävaunun yhdistelmän tapauksessa vapaa mittaraja riippuu kuljetuksen leveydestä. Silloin, kun tällaisen em. yhdistelmän leveys on kuormineen enintään 3,50 m, pituuden vapaa mittaraja on 34,50 m. Vastaavasti silloin, kun yhdistelmän leveys kuormineen ylittää 3,50 m, pituuden vapaa mittaraja on 30,0 m. Muunlaisten kalustokombinaatioiden vapaat mittarajat on esitetty liitteessä 2. Nämä normaaliliikenteen mittarajat ylittävät kuormat saavat aiheutua ainoastaan jakamattomasta kuormasta. Jos erikoiskuljetus ylittää vapaat mittarajat, tarvitaan kuljetukselle aina erikoiskuljetuslupa ja kyseessä on luvan varainen erikoiskuljetus (ks. kuvio 8). (Milloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita EU- ja ETA-valtiossa rekisteröidylle ajoneuvolle 2019)



Kuvio 3. Erikoiskuljetuksiin liittyvät keskeiset poikkileikkausmitat. (Laitinen, Keski- saari, Rajava & Kulonen 2019, 9.)

Siitä huolimatta, että erikoiskuljetus ei tarvitse mittojensa puolesta erikoiskuljetuslupaa (vapaiden mittarajojen erikoiskuljetus), tulee kaikissa tilanteissa noudattaa erikoiskuljetuksen merkitsemiseen ja varoitustoimenpiteisiin liittyviä määräyksiä, jotka on esitetty liikenne- ja viestintäministeriön antamassa erikoiskuljetusmääräyksessä. Erikoiskuljetuksessa kuorma pitää merkitä tunnusvalaisimin ja -kilvin, jos **1)** kuorma ylittää tiellä yleisesti sallitun leveyden 0,10 m molemmilla tai vaan toiselta puolelta; jos **2)** kuorman leveys toiselta tai molemmilta puolilta on yli 0,10 m leveämpi kuin ajoneuvon leveys; tai jos **3)** kuorma ylittää ajoneuvon edessä 1,0 m verran tai takana 2,0 m verran. Ylileveydestä kertovat tunnuskilvet ja -valaisimet pitää suunnata niin, että ne näkyvät eteen ja taaksepäin. Merkinnät (kilvet ja valot) pitää sijoittaa merkitsemään enintään 4,40 m korkeudella olevan kuorman leveintä kohtaa. Merkintöjen täytyy olla leveimmän kohdan etupuolella eteenpäin osoittaen ja vastaavasti leveimmän kohdan takana taaksepäin osoittaen. Merkintöjen etäisyydet saavat poiketa kuorman leveimmästä kohdasta enimmillään 100 mm. Tunnuskilven pitää olla neliön tai suorakaiteen muotoinen ja pinta-alaltaan minimissään 0,15 m². Neliön muotoisen tunnuskilven sivun mitta pitää olla minimissään 400 mm ja suorakaiteessa vastaavasti 140 mm. Tunnuskilvessä tulee olla punakeltainen tai punavalkea raidoitus (ks. kuvio 9). Raidoitus tulee olla 45 ± 15 °:n kulmassa ja raidanleveys pitää olla välillä 70-100 mm. Tunnuskilpien yhteenlasketun pinta-alan pitää olla 0,30 m² eteenpäin ja 0,30 m² taaksepäin.



Kuvio 4. Esimerkkikuva tunnuskilvistä. (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019 2019; 29.)

Mikäli lastin uloimpien tunnusvalaisimien ja ajoneuvon reunimmaisten valaisimien väli on leveyssuunnassa isompi kuin 1,0 m, tulee tunnusvalaisimia sijoittaa niin, että vierekkäisten valaisimien väli on maksimissaan 1,0 m. Jos liikenneturvallisuuden varmistaminen sitä edellyttää, tulee kuorma lisäksi merkitä ylimääräisillä tunnusvalai-

similla. Tunnusvalaisimia pitää olla kaksi kappaletta per puoli merkitsemässä kuorman leveintä kohtaa. Valaisimet pitää olla sijoitettu päällekkäin tai kuorman leveimmän kohdan ulkomuodon mukaan. Kahden valaisimen sijasta on mahdollista käyttää yhtä pinta-alaltaan vähintään 80 cm²:n valaisinta. Tunnusvalaisimien pitää näyttää yhtäjaksoista valoa. Tunnusvalaisimien pitää olla teholtaan kirkkaampi kuin auton takavalaisin, mutta kuitenkin auton jarruvaloa himmeämpi. Valaisimen valaiseva pinta-ala täytyy olla minimissään 40 cm². Tunnusvalaisimet tulee olla väriltään ruskeankeltaisia eteenpäin ja punaisia taaksepäin (ks. kuvio 10). Kuviossa 11 nähdään tunnusvalaisimet tositoimissa.



Kuvio 5. Kuvassa ylileveän kuljetuksen tunnusvalaisimet. Ruskeankeltaiset osoittavat eteenpäin ja punaiset taaksepäin.



Kuvio 6. Tunnusvalaisimet varoittamassa muuta liikennettä kuljetuksen leveydestä. (Kuva: Suur-Keuruu 2020)

Erikoiskuljetusta toteutettaessa tulee käyttää varoitus- tai EKL-autoa, mikäli:

- pituussuuntainen etäisyys ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän takimmaisesta akselistajoneuvon tai kuorman takimmaiseen kohtaan on yli 6,00 metriä; varoitusautoa ei kuitenkaan tarvitse käyttää takaylityksestä johtuen, jos ajoneuvon ja ajoneuvoyhdistelmän osoitetaan kuljetuksessa käytettävillä mitoilla täyttävän Traficomien erikoiskuljetusmääräyksen (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019) kohdassa 3.3.5 tarkoitetut kääntyvyysvaatimukset;
- ajetaan liikenteen suuntaa vastaan;
- käännetään liikennemerkkin osoittaman kääntymissuunnan vastaisesti;
- ajoneuvo tai ajoneuvoyhdistelmä kuormaamattomana ei täytä Traficomien em. erikoiskuljetusmääräyksen kohdan 3.2.1 tai 3.3.5 kääntyvyysvaatimusta;
- erikoiskuljetukselle sallittu ajonopeus on pienempi kuin 40 km/h;
- kuljetuksen leveys tai pituus edellyttää taulukon 1 mukaan varoitusauton käyttämistä;
- erikoiskuljetuksen mitta ylittää leveyden 4,00 metriä, korkeuden 5,00 metriä tai pituuden 40,00 metriä, jolloin varoitusautoina on käytettävä pelkästään EKL-autoja; kuljetuksessa voi kuitenkin käyttää muuta varoitusautoa kuin EKL-autoa silloin, kun ei ylitetä muita tiellä yleisesti sallittuja mittoja kuin korkeus ja kuljetuksen korkeus on enintään 5,50 metriä.

Varoitusautojen vähimmäismäärävaatimus vaihtelee erikoiskuljetuksen leveyden ja pituuden mukaan. Varoitusautojen vaaditut määrät ilmenevät alta (ks. taulukko 1). EKL- tai varoitusauto voidaan korvata hälytysajoneuvoksi varustetulla poliisiautolla.

Taulukko 1. Varoitusautojen lukumäärän riippuvuus kuljetuksen leveydestä ja pituudesta. (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019)

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

Yhteenvetona todettakoon, että kyseessä on erikoiskuljetus, kun normaaliliikenteen massa- tai mittarajat ylittyvät. Erikoiskuljetus on luvanvaraista, kun erikoiskuljetuk-

sen vapaat mittarajat tai normaaliliikenteen massarajat ylittyvät. Em. rajojen ylittyessä tarvittava lupa on ELY-keskukselta haettava erikoiskuljetuslupa. Erikoiskuljetukset, niin luvanvaraiset kuin ei-luvanvaraisetkin, tarvitsevat mukaansa varoitusauton tai EKL-auton pääsääntöisesti tilanteissa, joissa kuljetuksen korkeus on yli 5 m, leveys yli 3,5 m tai pituus yli 30 m. (TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019)

4 Kuorman tuenta ja sitominen

Kuorma ei saa päästä liikkumaan kuormatilassa kuljetustapahtuman aikana, jotta välttään mahdollisilta kuljetusvahingoilta. Varsinkin maantiekuljetuksissa kuorman on pysyttävä paikoillaan myös muiden tienkäyttäjien turvallisuuden takia. Joissain pitkissä kuljetusketjuissa kuljetusyksiköitä voidaan kuljettaa useilla eri kuljetusmuodoilla. Lasti kuormatilassa on tuettava ja/tai sidottava niin, että se täyttää jokaiselle eri kuljetusmuodolle asetetut vaatimukset. Maantiekuljetuksissa kuormana oleviin yksiköihin muodostuu rasituksia, joiden vaikutuksesta yksiköt pyrkivät liikkumaan. Nämä rasitukset aiheutuvat yllättävien liikennetilanteiden aiheuttamista jarrutuksista ja väistöliikkeistä. Lisäksi maantiekuljetuksille tavanomaista on tärinä. Tärinästä johtuen lastissa tapahtuu ”eloa” ja sidonnan löystymiseen on mahdollisuus. Tästä syystä monissa kuljetustilanteissa kuorman tarkastus määrävälein on perusteltua. Suomen tavaraliikennettä ohjaavat kansalliset määräykset perustuvat asetukseen ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/1992 ja liikenneministeriön päätökseen ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä 940/1982. Edellä mainittujen säädöksiin keskeisimmät pykälät tämän opinnäytetyön kannalta on esitetty seuraavaksi. (Tavaraliikenneyritystä 2019, 327.)

4.1 Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/92

Asetuksessa ajoneuvojen käytöstä tiellä määritetään tavarankuljetuksesta (4.1.1), kuorman sijoittamisesta (4.1.2), -varmistamisesta (4.1.3), -sitomisesta (4.1.4) ja -merkitsemisestä (4.1.5) seuraavaa:

4.1.1 Tavarankuljetus

Ajoneuvo on kuormattava siten, että kuorma ei sivusuunnassa ylitä ajoneuvon korin tai kuormatilan ääri rajoja. Mikäli ajoneuvossa ei ole kuormakoria, saa kuormatilassa oleva kuorma ylittää ajoneuvon etuakselin kohdalta mitatun leveyden 0,35 metrillä. Edellä mainittua ei sovelleta veneen kuljetukseen. Tämän lisäksi kuorma saa enimmillään ylittää ajoneuvon uloimman osan edestä 1m ja takaa 2m verran, kuitenkin niin, että pysytään ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän maksimipituuden rajoissa. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 327.)

4.1.2 Kuorman sijoittaminen

Kuormaa tehtäessä siitä on pyrittävä tekemään niin matala yhtenäinen kokonaisuus kuin mahdollista. Pääperiaatteena on, että kuorman painopisteen on oltava mahdollisimman lähellä ajoneuvon pitkittäistä keskiviivaa ja sen on sijaittava mahdollisimman alhaalla. Silloin ajoneuvo on vakaimmillaan eli mahdollisimman stabiili. Kuorma on pyrittävä tukemaan tavaratilan etupäätyä vasten mikäli mahdollista ja mahdollisten terävien kärkien tulee olla taaksepäin kulkusuuntaan nähden. Mikäli kokonaisuusmassaltaan yli 3,5 tonnin vetoajoneuvoon on kytketty keskiakseliperävaunu, täytyy perävaunu olla kuormattu niin, että vetoaisan vetoautoon kohdistama pystysuuntainen kuormitus on maksimissaan 10 prosenttia perävaunun kytkentämassasta tai 1000 kg. Näistä arvoista pätee se, kumpi on arvoltaan pienempi. Vastaavat arvot kokonaisuusmassaltaan alle 3,5 tonnin vetoajoneuvoon kohdistuvalle perävaunun aiheuttamalle pystysuuntaiselle rasitukselle ovat 4 prosenttia tai 25 kg. Lisäksi asetus määrää, että pystykuormitus, joka kohdistuu joko vetoautoon tai vetävään perävaunuun, ei saa ylittää auton, perävaunun tai vetolaitteen hyväksytyä arvoa. Mikäli esimerkiksi autolle ja vetolaitteelle on määritetty eri arvot, alempi näistä on rajoittava ja määräävä tekijä. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 327.)

4.1.3 Kuorman varmistaminen

Kuorma tulee varmistaa niin, että se ei pääse liikkumaan kuormakorissa tai -tilassa haitaten ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä. Kuorman pitää pysyä paikoillaan, kun

siihen vaikuttaa 10 m/s^2 kiihtyvyyttä vastaava voima eteenpäin. Sivusuuntiin ja taaksepäin kuorman on pysyttävä sijoillaan siihen vaikuttavan voiman ollessa 5 m/s^2 kiihtyvyyttä vastaava. Kuorma varmistetaan käyttämällä sidontaa, tuentaa, lukitsemista ja/tai peittämistä. Mikäli on olemassa riski ajoviiman aiheuttamasta kuorman varisemisesta tai pölyämisestä tielle, täytyy kuorma suojata kuormapeitteellä. Määritettäessä kuorman varmistamisen lujuutta kitkasta aiheutuvan lisän saa ottaa huomioon. Kitkan positiivista vaikutusta kuorman varmistamisen kannalta ei pidä yliarvioida. Taulukossa 2 on esitetty joidenkin materiaaliparien välisiä kitkakertoimen arvoja. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328.)

Taulukko 2. Eri pintojen välisiä kitkakertoimen arvoja. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328.)

Materiaalipari	kuiva, puhdas	kostea, likainen	luminen, jäinen
metalli - metalli	0,30	0,20	0,10
puu – puu	0,30	0,30	0,20
puu – metalli	0,30	0,30	0,10
puu – kivi/betoni	0,40	0,40	0,30
puu – kitkavaneri	0,40	0,40	0,30
metalli – betoni	0,30	0,20	0,10
puu – kumi	0,40	0,30	0,20
metalli – kumi	0,40	0,20	0,10

4.1.4 Kuorman sitominen

Sitomisväline ei saa olla yli 60 asteen kulmassa vaakatasoon nähden eikä se saa vastata kuorman tai ajoneuvon teräviä reunoja tai kulmia vasten. Sellaisen sitomisvälineen täytyy olla mahdollisimman vaakasuorassa asennossa, jolla pyritään estämään kuorman liikkumista eteenpäin. Sidonta on suoritettava niin, että sidontavälineet ovat kunnolla jännitettynä ja jännitys on tarvittaessa tarkistettava pitkissä kuljetuksissa. Kuorman sidonta ei saa heikentyä, vaikka yksittäinen side tai kiinnike irtoaa, löystyy tai vaurioituu. Ajoneuvon leveys ei saa lisääntyä sitomisvälineistä johtuen. Mikäli kuljetettavana on raakapuuta tai muuta vastaavaa pitkää tavaraa, on kuorma sidottava ajoneuvon alustaan tai kuormakoriin vähintään yhdellä sidoksella. Kuljetettavan tavarana ollessa yli kolme metriä pitkä on käytettävä vähintään kahta sidosta.

Sellaisessa tilanteessa, jossa kuljetettava tavara tai tavaraniippu nojaa kuljetusvälineen sivutolppia vasten, pitää sen nojata vähintään kahteen saman sivun tolppista. Jos kuljetettavana on kontti, jota ei ole mahdollista lukita ajoneuvoon konttilukoilla, pitää se sitoa vähintään neljällä ala- tai yläkulmakiinnittimeen kohdistuvalla sidoksella. Sidontavälineiden valmistajat määrittävät sidontavälineilleen nimellisljuudet. Tämä pitää huomioida sidonnoissa. Sidosten nimellisljuuksien summan tulee olla vähintään kuorman painon suuruinen eteenpäin ja vähintään puolet sivuille ja taaksepäin, jollei kuorman tuennan tai kitkan takia voida sallia pienempää ljuutta sidonnalle. Sidontavälineissä esiintyviin nimellisljuuksia voidaan pitää pätevinä sidontavälineen kulmien ollessa 60° tai pienempiä. Suuremmilla sidontavälineen kulmilla suositus on laskea ljuudelle vain tietty prosentti nimellisljuudesta (ks. taulukko 3). (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328)

Taulukko 3. Suositus sidontavälineiden mitoitukseen yli 60°:n kulmilla. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 328.)

Sidontavälineen kulma (astetta)	Sidontavoima (%:a nimellisljuudesta)
0 – 60	100 %
61 – 70	70 %
71 – 80	35 %
81 –	25 %

4.1.5 Kuorman merkitseminen

Kuljetettavana oleva kuorma pitää merkitä selvästi, jos se ulottuu etupuoella yhtään ajoneuvon ääriiviivan ulkopuolelle. Taaksepäin kuorma saa ylittää ajoneuvon ääriiviivan kahdella metrillä, mutta yli metrin ylitykset tulee merkitä. Merkintä on suoritettava käyttämällä vähintään 300 mm x 300 mm kokoista punaista tai punakeltaista merkkilippua. Kuormanulokkeet täytyy merkitä heijastimin ja valoin suoritettaessa kuljetusta pimeällä tai hämärällä tai muiden vastaavien sääolosuhteiden ja syiden niin vaatiessa. Valon ja heijastimen väri pitää olla eteenpäin valkoinen ja taaksepäin punainen. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 329.)

4.2 Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä 940/82

Liikenneministeriön päätöksessä ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä määritellään vaatimuksia kuorma-autojen ja niihin kytkettyjen yli 3,5 tonnin perävaunujen kuormakoreille. Samassa päätöksessä on määräyksiä ja ohjeistuksia edellä mainittujen ajoneuvojen kuormaamista ja kuorman kiinnittämistä varten. (L 14.12.1982/940.)

4.2.1 Määritelmiä

Kuormakori on ajoneuvoon kiinteästi asennettu tai helposti irrotettava umpinainen kori tai avonainen kuormalava tai säiliö, kontti tai muu vastaava kori, johon kuljetettava tavara tai materiaali asetetaan. **Umpinainen kuormakori** on suljettavilla tai umpinaisilla sivuseinillä, päädyillä ja katolla varustettu kuormakori. **Avonaisesta kuormakorista** on kyse puhuttaessa kokonaan avonaisesta tai ainoastaan pääty- ja sivulaidat sisältävästä lavasta. Ajoneuvon alustaan pysyvästi kytketty kuormakori on **kiinteä kuormakori**. Sellainen ajoneuvosta erillinen kontti tai muu kuormakori, joka on suunniteltu vaihdeltavaksi eri kuljetusvälineiden välillä ja joka voi olla varustettu seisontajaloilla, on **vaihtokuormakori**. **Kuormatila** on kuormakorin se osa tai alue, jolle kuorma välittömästi sijoitetaan. Kuormakoreissa kuljetettavan tavaran luonteen niin vaatiessa kuorma on sidottava. **Sitomisvälineitä** voivat olla vyöt, vaijerit, kettingit, köydet, verkot tai muut vastaavat kuormanvarmistusvälineet. Sitomisvälineet sisältävät usein tarkoituksenmukaiset kiinnitysluokitimet tai -lukot. Sellaista laitetta, jolla sitomisväline saadaan kiristettyä, kutsutaan **kiristyslaitteeksi**. Melko yleinen sitomisväline on **sitomisvyö**. Se on nauhamainen sitomisväline, jossa on kiinnitysluokitimet tai -lukot ja kiristyslaite. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 329.)

4.2.2 Kiinnityspisteet

Liikenneministeriön päätöksen (L 14.12.1982/940.) mukaan kuormakorista täytyy löytyä kiinnityspisteet kuormalle. Kiinnityspisteitä ei kuitenkaan edellytetä säiliöissä,

maa-ainesten ja vastaavien massatavaroiden kuljetukseen tarkoitetuissa kuormakoreissa, eläintenkuljetuskuormakoreissa eikä pelkät puutavarapankot ja sivutolpat sisältävissä ajoneuvossa. Niin ikään kiinnityspisteitä ei tarvita kuormakorissa, joka on suunniteltu vain tietyn tapaisen kuorman kuljetusta varten, ja jonka kuorma ei vaadi kiinnittämistä. Esimerkki tällaisesta kuormakorista voi olla erilaiset messukontit, jotka voivat olla valmiiksi sisustettuja. Kiinnityspisteitä ei vaadita myöskään ISO- tai sitä vastaavien kansallisten standardien mukaisissa konteissa. Ei ole itsestään selvää, kuinka kestäviä kiinnityspisteiden tulee olla. Liikenneministeriön päätös säätelee myös sitä. Vaadittuihin nimellislujuuksiin vaikuttaa ajoneuvon tai kuormakorin kantavuus ja kiinnityspisteen sijainti kuormakorissa (ks. taulukko 4). Kiinnityspisteiden pitää kestää kaksinkertainen kuormitus nimellislujuuteen nähden murtumatta. Seinässä olevan kiinnityspisteen tulee kestää tuo kaksinkertainen kuormitus pisteiden nimellislujuuteen nähden voiman suunnan poiketessa seinän tasosta enintään 30°:n verran. Kuormakorissa olevien kiinnityspisteiden nimellislujuuksien yhteenlasketun summan pitää olla vähintään ajoneuvon tai kuormakorin kantavuuden suuruinen. Jos kyseessä on kuitenkin umpinainen kuormakori, kiinnityspisteiden nimellislujuuksien summan pitää olla vähintään puolet kuormakorin kantavuudesta. Nimellislujuuksien lisäksi kiinnityspisteiden lukumäärä, sijainti ja muoto ovat laissa säädeltyjä. Kiinnityspisteiden lukumäärän tulee olla vähintään kuusi. Ne pitää olla sijoitettu symmetrisesti kuormatilan reunoille niin, että niitä hyödyntäen kuorma on mahdollista sitoa turvalisesti ja tarkoituksenmukaisesti kiinni. Kuormatilan pituussuunnassa kiinnityspisteiden välinen etäisyys saa olla 1,2 metriä. Poikkeuksena kuitenkin erityinen syy, jolloin pituussuuntainen etäisyys saa olla 1,5 metriä. Etummaisat ja takimmaisat kiinnityspisteet saavat olla maksimissaan 25 senttimetrin päässä kuormatilan etu- ja takapäätyjen sisäseinistä. Kun kyseessä on umpinainen kuormakori, saavat seinään kiinnitetyt alimmat kiinnityspisteet olla enintään 1,0 metrin korkeudella kuormatilan lattiasta mitattuna ja erillisten kiinnityspisteiden on sijaittava minimissään 60 senttimetrin päässä toisistaan. Sellaisiin kiinteällä umpinaisella kuormakorilla varustettuihin tehdasvalmisteisiin kuorma-autoihin ei sovelleta edellä mainittuja symmetria- ja etäisyysvaatimuksia, joissa erityinen rakenteellinen syy edellyttää näistä poikkeamista. Kiinnityspisteiden muodosta on määritetty, että sidontaväline pitää voida kiinnittää

siihen helposti ja luotettavalla tavalla. Kiinnityspiste on luvallista korvata nimellislujuukseltaan vastaavan suuruisella sitomisvälineen kiristysvintturilla. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 330-331; L 14.12.1982/940.)

Taulukko 4. Kuormakorissa olevien kiinnityspisteiden nimellislujuuksien vähimmäisvaatimukset. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 331.)

Ajoneuvon tai kuormakorin kantavuus	Kiinnityspiste lattiarakenteessa	Kiinnityspiste umpinaisen kuormakorin seinärakenteessa
< 3,5 tonnia	5 kN	2,5 kN
3,5 – 6,0 tonnia	10 kN	5 kN
> 6,0 tonnia	20 kN	5 kN

5 Lastin käsittely- ja kuormauslaitteet sekä työturvallisuus

On monia erilaisia tapoja, menetelmiä ja laitteita, joilla purkaa ja käsitellä kuormaa. Seuraavaksi (ks. kuvio 12) on esitetty yhdenlainen tapa jaotella ajoneuvossa mukana kulkevat lastin käsittelyyn- ja kuormaamiseen tarkoitetut tavanomaisimmat laitteet. Tämän opinnäytetyön kannalta kuitenkin kuormausnostimet ovat merkittävimmissä roolissa.



Kuvio 7. Eräs tapa jaotella ajoneuvossa mukana kulkevat kuormankäsittelylaitteet (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 322.)

5.1 Nostolaitteet

Nostolaitteet on kehitetty lastauksesta ja purusta aiheutuneen lihastyön pienentämiseksi. Lisäksi osa nostolaitteista mahdollistaa taakkojen siirtämisen rajallisilla alueilla. Nostolaitteista yleisimmin tavataan kuormausnostimia ja takalaitanostimia. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 323.)

5.1.1 Kuormausnostimet

Kuormausnostimia voidaan luokitella ja ryhmittää koon ja rakenteen perusteella eri ryhmiin. Ryhmiä ovat kevytnostimet, puutavaranostimet, kappaletavaranostimet ja järeät kappaletavaranostimet. Kevytnostimille on tyypillistä sähköhydraulinen toimintaperiaate ja jäykkäpuominen rakenne. Kevytnostimien nostokyky vaihtelee 2-25 kilonewtonmetrin (kNm) välillä. Kevytnostimet ovat pääsääntöisesti käytössä kevyessä kuljetuskalustossa, kuten pienissä kuormureissa tai pakettiautoissa. Kevytnostin on usein asennettu lavan etulaitaan. Kevytnostin voi olla varustettuna yhdellä tukijalalla. Kappaletavaranostimet ovat puolestaan täysin hydraulilla toimivia. Käyttövoimansa ne saavat ajoneuvon moottorista vaihteistossa sijaitsevan voiman ulosoton

kautta. Toisin kuin kevytnostimissa, kappaletavaranostimien puomit ovat nivelpuomeja. Puomistoon kuuluu nostopuomi, taitto- eli siirtopuomi ja hydraulikalla ja/tai mekaanisesti toimivat puomin jatkeet. Kappaletavaranostimien nostokyvyt vaihtelevat 25-250 kNm:n välillä ja nostimien omamassa 500-1700 kilogramman välillä. Kappalevaranostimissa on yleensä kaksi tukijalkaa, yksi kummallakin puolella ajoneuvoa nosturin kohdalla. Yleisimmin kappaletavaranostureita tavataan kuorma-auton hytin takana, mutta myös asennus ajoneuvon perään on mahdollinen. Perään asennettavat kappaletavaranostimet ovat tarvittaessa irrotettavia. Kappaletavaranostin on mahdollista varustella monella eri tavalla riippuen tehtävästä työsuoritteesta. Lisävarusteita ovat esimerkiksi kauko-ohjaus, henkilönostokori, kahmari, kourat ja kourankääntäjät. Puutavaranostimien nostokyvyt vaihtelevat 80-120 kNm:n välillä. Vaikka nostokyky asettuukin samalle akselille kappaletavaranostimiin verrattuna, on puutavaranostimissa hieman eroa. Puutavaranostimien rakenne poikkeaa jonkin verran kappaletavaranostimista: nostopuomin pituus suhteessa siirtopuomin pituuteen on huomattavan paljon suurempi verrattuna kappaletavaranostimen vastaaviin. Puutavaranostimissa ei myöskään tavata niin monia puomin jatkeita kuin kappaletavaranostimissa. Puutavaranostimet on optimoitu nosturin nopeisiin liikkeisiin, joten nosturin ottoteho on suurempi ja samalla rakenteen täytyy olla järeämpää. Nostokyvyiltään 250-1100 kNm:n välille asettuvat kappaletavaranostimet ovat järeitä. Myös järeät kappaletavaranostimet on sijoitettu yleensä auton hytin taakse akselivälille. Suurten nostomomenttien takia tällaisella järeällä kappaletavaranostimella varustetun ajoneuvon päätoiminen käyttö on monesti lähellä työkonemaista käyttöä. Samalla varsinainen kuljetustehtävä alkaa jäämään toissijaiseksi. Oikean kuormausnostimen valintaan vaikuttaa se, mitä nosturilla täytyy nostaa, jotta kuljetus tulee mahdolliseksi. Kuljetusyrittäjien pitää miettiä, mikä on heidän yleisin nostettava esine, asia, massa ja niin edelleen. On järjetöntä panostaa ylisuureen nosturiin ja toisaalta liian pienellä nosturilla on omat rajansa, joita ei voi ylittää. Myös kuljetuksen tilaajan on tunnettava kuljetettavan tuotteensa ominaisuudet (esim. massa, muoto) niin hyvin, jotta kuljetusta tilattaessa kuljetuksen suorittaja osaa tarjota soveltuvaa kalustoa kuljetustehtävään. Jokaisella kuormausnostimella on oma mallikohtainen nostokaavio, josta selviää nostokyvyt erilaisilla etäisyyksillä ja puomien eri asennoissa. Nostokaaviot ovat kuitenkin siinä mielessä teoreettisia, että niissä kuormat

jossain tietyssä pisteessä on ajateltu olevan pistemäisiä. Autoon asennuksen yhteydessä nosturin- ja ajoneuvon alustan valmistajilta pitää hankkia mallikohtaiset tiedot kiinnitystapaa, apurunkoa ja hydraulikkajärjestelmää koskien. Kun nostimen asennus on suoritettu, pitää suorittaa käyttöönottotarkistus missä selvitetään, onko asennus toteutettu asianmukaisesti. Käyttöönottotarkastuksessa tehdään myös vakavuustarkastelu ja nostimen koekäyttö. Nosturin käytön aikana tulee suorittaa määräaikaistarkastukset minimissään kerran vuodessa valmistajana ohjeistuksen mukaan. Lisäksi huoltotarkastuksilla täytyy valvoa nosturin kuntoa säännöllisesti. Kun nostimen käyttöönotosta on kulunut aikaa 10 vuotta, täytyy nostimelle suorittaa perusteellinen määräaikaistarkistus. Se tehdään ainetta rikkomattomin menetelmin tai purkamalla nosturi osiin. Tarkastukset pitää olla merkittynä pöytäkirjaan. Pöytäkirjoista pitää löytyä kaikki tarkastukset koko nostimen käyttöajalta. Viimeisimmän pöytäkirjan täytyy olla noston suorittajan työpaikalla. Myös itse nostimessa pitää olla merkittynä viimeisin tarkistus. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 323-324.)

5.2 Nostojen työturvallisuus

Työturvallisuuslaissa säädettävillä asioilla pyritään parantamaan työympäristöä ja työolosuhteita, jotta työntekijöiden työkyky voidaan ylläpitää ja turvata. Työturvallisuuslain tarkoituksena on myös ennaltaehkäistä ja pyrkiä torjumaan työtapaturmat, ammattitaudit ja muut vastaavat työntekijän fyysisen ja henkisen terveyden haitat. Lakia sovelletaan sellaiseen työhön, jota tehdään työsopimuksen perusteella tai virkasuhteessa tai siihen rinnastuvassa julkisoikeudellisessa palvelussuhteessa tehtävään työhön. (L 23.8.2002/738)

Nostotöihin, varsinkin sellaisiin, joissa käytetään apuna koneita, sisältyy tapaturmariskejä. Nostotyöt pitää olla ennalta suunniteltuja, valvottuja ja turvallisesti toteutettuja. Nostojen toteuttajan pitää olla asiantunteva ja pätevä. Työvälineisiin, joita käytetään kuormien nostamiseen ja laskemiseen sekä trukkeihin ja etukuormaimella varustettuja traktoreihin ja muihin vastaaviin laitteisiin, liittyy kansallisia asetuksia ja määräyksiä. Asetuksissa otetaan kantaa nostovälineiden voimakkuuteen ja tasapai-

noon, henkilönostimien turvallisuuteen, nostovälineen asennukseen ja sijoittamiseen, nostovälineen ja nostoapuvälineiden tarvittaviin merkintöihin ja leimauksiin ja nostoja suorittavan yrityksen lakisääteisiin velvoitteisiin. (Lowe & Pidgeon 2019, 502.)

Suomessa nostojen työturvallisuudesta on säädetty valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (A 403/2008). Asetusta sovelletaan koneiden, välineiden ja muiden teknisten laitteiden sekä niiden yhdistelmien käyttöön ja tarkastamiseen työturvallisuuslaissa 738/2002 tarkoitetussa työssä. Työnantajan vastuulla on tarjota työntekijän käyttöön kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin parhaiten sopiva ja turvallinen työväline. Välineen mitoituksen ja lujuuden tulee vastata suoritettavan työn vaatimuksia. Välineitä ei tule rasittaa tai ylikuormittaa vaaraa aiheuttaen. Työntekijän työskentelypaikka pitää ottaa huomioon hänen käyttäessään työvälinettä. Väline pitää sijoittaa niin, että sitä on mahdollista käyttää turvallisesti. Välineen käyttämiseen tulee olla tarpeeksi tilaa ja mahdollista vaaraa aiheuttavat välineen kaatumiset, putoamiset tai liikahtamiset on estettävä. Niin ikään työnantajan vastuulla on varmistua, että työväline asennetaan ja sitä käytetään, kunnossapidetään ja tarkastukset suoritetaan välineen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ohjeiden pitää olla sellaisten henkilöiden saatavilla ja ymmärrettävissä, jotka ovat välineen kanssa tekemisissä. Myös työvälineisiin liittyvien vaarojen arviointi ja poistaminen ovat työnantajan vastuulla. Työnantajan pitää selvittää ja arvioida järjestelmällisesti työvälineen turvallisuus. Tämä on tehtävä varsinkin työmenetelmien muutosten yhteydessä. Arvioinnissa pitää kiinnittää huomiota työvälineiden ja liikkuvien osien aiheuttamiin vaaroihin. Myös ulkoisesta rakenteesta, fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, automaattisista toiminnoista, sähköstä sekä muista kyseisen työn ja käyttöolosuhteiden aiheuttamista vaaroista ja haitoista pitää olla tietoinen ja ne on pyrittävä poistamaan. Työnantajan pitää välittömästi ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin vaaran poistamiseksi, jos sellainen havaitaan työvälinettä käytettäessä. Vaara tulee poistaa ensisijaisesti työvälineen rakenteellisilla tai sen ympäristöön vaikuttavilla teknisillä toimilla. Esimerkkinä tällaisista toimii vaara-alueellepääsyn estävät tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-aluetta pysäyttävät laitteet. Sellaisessa tilanteessa, jossa vaaraa ei voida poistaa teknisiä toimia hyödyntäen, työvälineen turvalli-

nen käyttö pitää varmistaa opastuksilla, varoituslaitteilla, turvamerkinnoilla ja henkilönsuojaimilla. Myös työvälineen toimintakuntoa on tarkkailtava. Tämä toteutuu säännöllisillä huolloilla ja kunnossapidolla koko välineen elinkaaren. Jos työväline vaurioituu, kuluu tai vikaantuu vaaraa aiheuttaen, tulee kyseinen haitta poistaa. Mahdollinen välineen huoltokirja pitää olla ajan tasalla. Työnantajan vastuulla on työvälineen toimintakunnon jatkuva seuraaminen tarkastuksin, testauksin ja mittauksin. Nämä toimet saa tehdä pätevä henkilö, joka on perehtynyt välineen käyttöön ja rakenteeseen. Jos tällaista henkilöä ei ole saatavilla, on käytettävä ulkopuolista asiantuntijaa. Yli 5 tonnin nostokyvyn omaavalla ajoneuvonosturin kuljettajalla tulee olla asianmukainen ammattitutkinto tai sen soveltuva osa. Samoin asianmukainen ammattitutkinto tai sen soveltuva osa on oltava sellaisen kuormausnosturin kuljettajalla, joka kuljettaa ja käyttää kuormamomentiltaan yli 25 tonnimetrin nosturia ja mikä on tarkoitettu pääsääntöisesti muuhun kuin ajoneuvon kuormauskäyttöön. Työnantajalle on erityisistä syistä mahdollista myöntää työmaakohtainen lupa käyttää tietyn nosturin kuljettajana henkilöä, jolla ei ole em. pätevyyskysymyksiä, mikäli työntekijä omaa muutoin kykyä ja taitoa käyttää nosturia ja turvallisuus on varmistettu. Luvan myöntää asianomaisen työsuojelupiirin työsuojelutoimisto. Myös trukkia ja henkilönostinta kuljettavalla henkilöllä on oltava kyseisen laitteen käyttöä varten työnantajan antama kirjallinen lupa. Luvan antamiseksi, työnantajan tulee varmistua työntekijän kyvyistä ja taidoista käyttää työvälinettä. (A 12.6.2008/403)

5.2.1 Nostolaitteita koskevat täydentävät vaatimukset

Nostotyöt pitää olla ennalta huolellisesti suunniteltuja, jotta nostot on mahdollista suorittaa vaarantamatta henkilöstön turvallisuutta. On erittäin tärkeää huomioida, ettei nostettavan taakan alla tai vaara-alueella liikuta ilman pakottavaa syytä noston aikana. Jos taakan alle on kuitenkin pakottavasta syystä mentävä, tulee työntekijöiden turvallisuus taata luotettavalla tavalla. Nostotyöhön tulee valita tarkoituksenmukainen ja kaikilta suoritusarvoiltaan tarpeeksi tehokas nostolaite. Nostolaitteen nostokyky olisi hyvä olla vähintään 10-15% suurempi kuin nostettavan taakan paino. Nostoympäristö pitää tarkistaa, jotta varmistutaan nostotyöhön tarvittavasta tilasta. Nostolaite on kyettävä sijoittamaan turvallisesti tasaiselle ja kantavalle alustalle siten, ettei laite pääse kaatumaan tai liikkumaan holtittomasti. Jos nostolaite itsessään

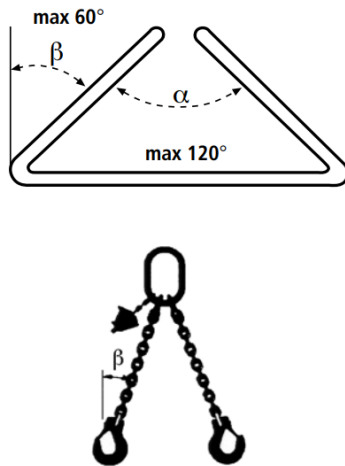
ei ole riittävä varustelultaan noston suorittamiseksi, tulee valita taakan nostoon tarkoituksen mukaiset nostoapuvälineet. Nostolaitetta käyttävän henkilön paikalta on oltava riittävä näkyvyys noston kohteeseen. Mikäli näin ei ole, työnantajan pitää varmistua, että nostolaite on varustettu katvealueen liikkeistä varoittavalla merkinantojärjestelmällä. Nostotyöstä tulee aina laatia nostotyösuunnitelma, jossa käydään läpi tuleva nostotyö ja arvioidaan riskit. Nostolaitetta käytettäessä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta ja huolellisuutta. Nostotyö pitää tehdä suunnitelman mukaan turvallisesti. Nostolaite pitää olla valmistajan suunnitteluperusteita vastaavassa käytössä ja käyttöolosuhteissa. Laitteen suurinta sallittua kuormitusta ei saa ylittää. Nostolaitteen lujuus ja vakavuus tulee varmistaa erityisesti taakkojen noston yhteydessä, kun rasitukset muuttuvat. Nostolaite pitää olla varustettu ylikuormituksen estolaitteilla, jos sen suurin sallittu kuormitus on 1000 kg tai enemmän tai jonka kaatumismomentti on 40 kNm tai enemmän. Jos nostovälineellä nostetaan pakkauksia, pitää ottaa huomioon pakkauksiin merkityt mahdolliset merkinnät mahdollisista nostopisteistä. Jos niitä ei ole, on muutoin varmistuttava noston turvallisuudesta ennen sen aloittamista. Nostolaitteessa pitää olla selvästi merkitty sille suurin sallittu kuorma. Jos nostolaitteessa on eri toimintavaiheita, esimerkiksi eri puomin pituuksia, pitää laite olla tarvittaessa varustettu kilvellä, josta selviää eri vaiheiden suurimmat sallitut kuormitukset. Jos on olemassa riski, että nostolaitetta käytetään vahingossa henkilönostoihin, vaikka se ei ole siihen tarkoitettu, pitää nostovälineessä olla selkeä kielto asiaa koskien. Henkilöiden nostaminen on sallittu ainoastaan siihen tarkoitettulla ja valmistetulla nostolaitteella, mikäli muualla ei toisin säädetä. Nosturilla nostettava taakka tai kuorma pitää muodostaa huolellisesti siten, että pyritään estämään taakan putoaminen tai hajoaminen. Jos työntekijä joutuu kiinnittämään tai irrottamaan taakka, pitää hänellä olla suora tai välillinen hallinta nosturiin, jotta vältetään laitteen vahinkoliikkeiltä ja onnettomuusriski pienenee. Nosturi on sijoitettava turvallisesti niin, että työalueelle on tarvittava näkyvyys. Jos taakkaa ei voida seurata tarpeeksi noston aikana, pitää käyttää tarkoitukseen soveltuvaa apuvälineistöä tai merkinantajia. Nostolaitteisiin liittyvän sääntelyn lisäksi myös nostoapuvälineiden kunto ja merkinnät tulee varmistaa ennen kuin niitä käytetään. Tässäkin tapauksessa nostokalusto on yhtä vahva kuin sen heikoin lenkki. Sellaisen nostoapuvälineen käyttö on kielletty, josta ei löydy suurimman sallitun kuorman merkintää. Vaurioituneen nostoapuvälineen käyttö ei myöskään ole sallittua. Nostoapuvälineitä on säilytettävä siten, että

ne eivät vahingoitu tai mene rikki. Nostoapuvälineitä käytettäessä kiinnitys taakkaan pitää toteuttaa suunniteltuja nostopisteitä käyttäen tai vaihtoehtoisesti muutoin varmistua taakan turvallisesta nostamisesta. (A 12.6.2008/403)

5.2.2 Nostoapuvälineet

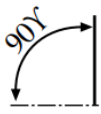
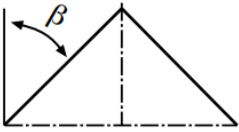
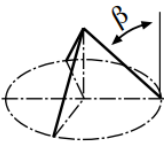
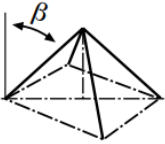
Nostoapuväline on komponentti tai laite, jolla tartutaan kuormaan ja joka on sijoitettu nostolaitteen ja kuorman väliin. Nostoapuvälineet eivät kuulu kiinteästi nostolaitteeseen ja ne on saatettu markkinoille erillisesti. Nostoapuvälineitä ovat esimerkiksi nostoraksit ja nostovyöt. Nostoapuvälineellä on ominainen varmuuskerroin. Sen tarkoituksena on taata, ettei yllättävässä nostotilanteessa jouduta heti vaaraan. Varmuuskerroin ei tarkoita, että sallittu kuorma on lupa ylittää, vaan lisävarmuus on tarpeellista tavallisissa nostotilanteissakin nostoapuvälineen vanhenemisen ja kuluminen aiheuttaman heikkenemisen takia. Varmuuskerroin auttaa myös tilanteissa, joissa taakka arvioidaan liian kevyeksi tai noston aikana tapahtuu nykäyksiä. Kaikissa yksittäisissä nostoketjuissa, -köysissä ja -vöissä pitää olla merkintä, josta selviää valmistajan ja tarvittaessa tämän valtuuttaman edustajan nimi ja osoite, ketjun tai köyden nimelliskoko, rakenne, valmistusmateriaali ja mikä tahansa materiaalille tehty metallurginen erikoiskäsittely. Näiden lisäksi merkinnöistä pitää selvittää käytetty testausmenetelmä ja ketjun tai köyden tarkoitettu suurin sallittu kuormitus. Koneasetuksen (400/2008) mukaan kaikkien nostoapuvälineiden merkinnöistä pitää löytyä tiedot valmistajasta ja materiaalista, jos materiaalitietoa tarvitaan turvallisen käytön takaamiseksi, suurin sallittu työkuorma, valmistusvuosi ja CE-merkintä. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 9-10.)

Nostotehtävään pitää valita sopiva nostoraksityyppi. Kuormitusohjeita pitää noudattaa. Nostoraksi sallii sitä suuremman kuorman, mitä pienempi on raksin haarojen kaltevuuskulma. Kuormitustaulukoihin on kerätty erilaisien raksityyppien sallittuja kuormituksia. Niiden käyttö on tunnettava suoritettaessa nostotöitä. Taulukoissa ja standardeissa esiintyvät kaltevuuskulmat tarkoittavat raksin haaran ja pystysuoran välistä kulmaa β (ks. kuvio 13). Kaltevuuskulma β ei saa ylittää nostotilanteissa 60° .



Kuvio 8. Kaltevuuskulma β ja standardeista poistunut haarakulma α . (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 15.)

Monihaaraisten raksien sallitut kuormat riippuvat haarojen lukumäärästä ja kaltevuuskulmien sekä kiinnitystapojen mukaan määräytyvästä muotokertoimesta. Monihaarisissa rakseissa sallittu nostokyky kaltevuuskulmille $0^\circ \dots 45^\circ$ ja $45^\circ \dots 60^\circ$ on ilmoitettu niissä olevassa kilvessä. Esimerkiksi kaltevuuskulman ollessa $0^\circ \dots 45^\circ$ on suurin sallittu kuormitus 2-haaraiselle raksille 1,4 kertaa niin suuri kuin suuremmalla kulmalla (ks. kuvio 14).

Yksihaarainen raksi	Kaksihaarainen raksi		3- ja 4-haarainen raksi	
Kaltevuuskulma 0°	Kaltevuuskulma $0^\circ \dots 45^\circ$	Kaltevuuskulma yli $45^\circ \dots 60^\circ$	Kaltevuuskulma $0^\circ \dots 45^\circ$	Kaltevuuskulma yli $45^\circ \dots 60^\circ$
				
Haarakerroin 1	Haarakerroin 1,4	Haarakerroin 1	Haarakerroin 2,1	Haarakerroin 1,5

Kuvio 9. Kaltevuuskulmien ja haarakertoimien vaikutus raksien nostokykyyn kuormituksen ollessa symmetrinen. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 18.)

Haarakertoimia ei ole tarpeen juurikaan miettiä normaalitilanteissa. Haarakertoimet ovat tarpeellisia esimerkiksi, jos nelihaaranosto toteutetaan käyttämällä samassa nostokoukussa kahta kaksihaarasta raksia. Em. tilanteessa kahden kaksihaaraisen raksin nostokyky ei olekaan kaksi kertaa yhden kaksihaararaksin nostokyky, vaan se

on 1,5-kertaa yhden kaksihaararaksin nostokyky. Tulos selviää jakamalla 3- ja 4-haaraisen raksin haarakerroin 2-haaraisen raksin vastaavalla, eli $\frac{2,1}{1,4} = 1,5$. Lisäksi pitää huomioida, että käytettäessä kahta raksia samassa koukussa ei saa käyttää yli 45 asteen kaltevuuskulmaa, koska nostolaitteen koukku ei kuormitu tasaisesti ja raksi saattaa luiskahtaa irti nostokoukusta. Nostorakseja pitää lähtökohtaisesti käyttää ainoastaan niiden alkuperäiseen käyttötarkoitukseen. Kuitenkin käytännössä nostotöissä saatetaan törmätä tilanteisiin, joissa nosto pitää tehdä niin, ettei kaikkia raksin haaroja voida käyttää. Tällaisissa tilanteissa nostoraksin nimelliskuormasta saa käyttää nostoon vain taulukon 5 mukaista määrää. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 15-18)

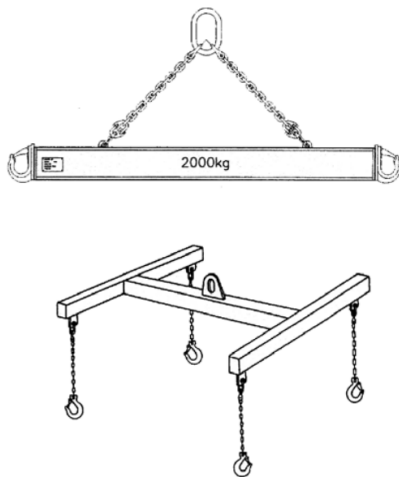
Taulukko 5. Raksin nimelliskuorman pieneneminen käytettyjen haarojen lukumäärän mukaan. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 18.)

Raksityyppi	Käytössä olevien haarojen lkm	Raksin nimelliskuormasta saa käyttää nostoon
Kaksihaarainen	1	1/2
Kolmi- ja nelihääräinen	2	2/3
Kolmi- ja nelihääräinen	1	1/3

Nostoraksi voi olla valmistettu kettingistä, teräsköydestä tai tekokuituisten päällysteraksien ja nostovöiden tapauksessa synteettisistä kuitulangoista. Synteettisten kuitujen materiaalina käytetään polyesteriä, polyamidia tai polypropeenaa. Tekokuidusta valmistetut raksit ovat helpompia käsiteltäviä verrattuna esim. kettinkiin kevyen painonsa takia, mutta ne ovat toisaalta herkempiä vaurioitumaan osuessaan esimerkiksi teräviin kulmiin. Eri nostoraksityypeille on laadittu kuormitustaulukot, jotka on esitetty liitteissä 5-8. Kuormitustaulukoista selviää sallitut nimelliskuormat eri raksityypeille eri haarakulmilla. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 21-33.)

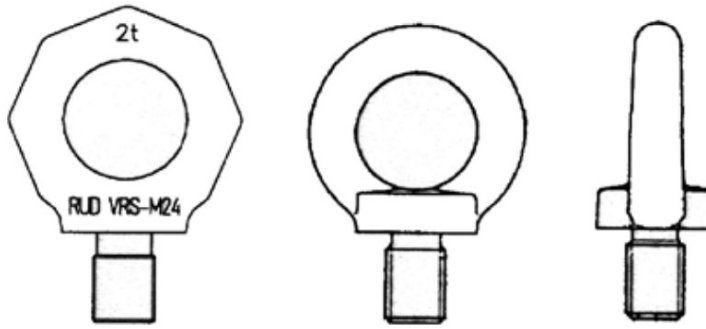
Nostopalkit tai levittäjät ovat nostoapuvälineitä (ks. kuvio 15), joilla raksiin tai taakkaan kohdistuvia rasituksia voidaan pienentää huomattavasti. Nostopalkit ovat käteviä myös tilanteissa, joissa työtila on matala ja haararaksien käyttö ei ole mahdollista.

Erilaisia nostopalkkeja on olemassa hyvin paljon. Kantavuus, muoto ja pituus vaihtelevat. Lisäksi nostopalkkien varustelu ja komponentit pitää suunnitella tarkoituksenmukaisiksi tiettyä nostotehtävää varten. Nostopalkkien valmistajien ja suunnittelijoiden pitää olla asiantuntevia ja heillä tulee olla tarvittavat tiedot rakenteellisista vaatimuksista ja lujuusopista. Nostopalkissa pitää olla merkinnät sallitusta kuormasta eri kuormitustilanteissa, omapainosta nosturin hyötykuorman määrittämistä varten, valmistajan tunnistetiedot ja CE-merkintä. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 40.) Esimerkiksi tilaelementtiä nostaessa nostopalkkeilla voidaan pienentää elementtiin kohdistuvia rasituksia, koska nostoraksien suunta ja niihin kohdistuva voima saadaan levitettyä.



Kuvio 10. Nostopalkkeja. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 40)

Nostosilmukkaruuvit ja -mutterit ovat irtaimia nostoapuvälineitä (ks. kuvio 16). Myös niistä tulee löytyä merkinnät suurimmasta sallitusta kuormasta tai toimituksen yhteydessä on saatava käyttöohje, jossa on selvitetty sallitut kuormat ja mahdolliset käyttörajoitteet. Nykyäänkin on vielä paljon käytössä nostosilmukkaruuvityyppi, jota saa kuormittaa vain pystysuoraan tai enintään 45 asteen kulmassa silmukan suunnassa. Sellainen nostosilmukkaruuvityyppi on turvallinen, jossa on merkitty suurin sallittu kuorma riittävällä varmuudella jokaiseen kuormitussuuntaan. Tällaisissa nostosilmukkaruuveissa silmukkaosa pääsee kääntymään kiinnityksen jälkeenkin, jolloin varsinainen kiinnitysruuvi ei pääse siihen kohdistuvan rasituksen takia avautumaan tai kiristymään liian tiukkaan. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 42.)



Kuvio 11. Nostosilmukkaruuveja. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 2010, 42.)

6 Kuljetuspakkaus

Suurin osa tuotteista, jotka hankimme, on pakattu jonkinlaiseen pakkaukseen. Pakkaus on tuotteen päällysyksiä muodossa kuin se tuotteen sisältää. Pakkauksien tehtävänä on tuotteen fysikaalinen-, kemiallinen- ja/tai biologinen suojaaminen. Suojaimisen lisäksi pakkauksella on markkinointiin ja logistiikkaan liittyviä tehtäviä. Pakkaus voi suojata tuotetta pilaantumislta, mekaaniselta kulumislta, vuotamislta, näpistelyltä tai hajuhaitoilta. Se voi toimia markkinointitarkoituksessa ja informaation välittäjänä. Lisäksi pakkauksella voi olla tuotteen käsittelyä helpottava vaikutus ja se voi alentaa jakelukustannuksia. Siksi pakkaus onkin monesti tuotteen oleellinen osa. Itse tuote, kuljetettava matka ja kuljetustapa, jälleenmyyjät, kuluttajat, lainsäädäntö ja ympäristö asettavat vaatimuksia kuljetuspakkauksille. Kuljetuspakkausten materiaalit vaihtelevat kuljetettavan tavaran luonteen mukaan. Pakkaukset voi olla paperista, kartongista, pahvista, kuitumassasta tai muusta kuitupohjaisesta valmistettu. Niin ikään ne voi olla valmistettu kerta- tai kestmuovista tai metallisista materiaaleista, kuten esimerkiksi tinapellistä, mustasta- tai galvanoidusta teräksestä, alumiinista tai alumiinifoliosta. Myös lasi ja puu ovat merkittäviä pakkausmateriaaleja. Pääperiaatteena on löytää tuotteelle tarpeeksi luja pakkaus, joka suojaa sitä kuljetuksen aiheuttamilta rasitteilta ottaen huomioon inhimilliset pakkauskustannukset ja pakkauksen jälkikäsitteilytarpeet. (Hokkanen ym. 2011, 151; Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 113.)

6.1 Kuivaketju rakentamisessa

Asianmukaisella rakennustarvikkeiden ja tilaelementtien pakkaamisella ja säänsuojauksella on suuri merkitys onnistuneeseen kosteusriskin hallintaan. Kosteusriski pitää saada minimoitua koko rakennuksen elinkaaren ajalta, jotta pystytään välttämään kosteusvaurioista aiheutuneita seurannaisia, kuten esimerkiksi sisäilmaongelmia. Hyvän rakentamistavan mukaista on varmistaa koko kuivaketjun toimivuus niin valmistus-, kuljetus-, varastointi-, asennus- kuin käyttövaiheessakin. Materiaalit tulee suojata sade- ja valumavesiltä sekä rakennekosteudelta. Työmailla täytyy kiinnittää huomiota erityisesti kosteudelle kaikkein arimpien materiaalien, kuten puupohjaisten rakennustarvikkeiden ja lämmöneristeiden suojaamiseen sateelta sekä muilta kosteusrasituksilta. On tärkeää suunnitella tilaelementtien kuljetus niin, että ne kestävät säärasitteet ja ajoittaa toimitukset siten, että rakennus päästään kokoamaan nopeasti toimituksen jälkeen, jottei maakosteus pääse rasittamaan rakenteita. Mikäli rakennusta ei päästä kasaamaan nopeasti toimituksen jälkeen, pitää harkita sopivin sääsuojin varustettua varastointialuetta toimituspaikalle tai varata riittävä määrä materiaalien suojaukseen tarkoitettuja sääsuojia. Kuivaketjun pitää toteutua myös tilanteissa, joissa rakennuksen kasaaminen jää kesken. Kyseisissä tilanteissa keskeneräiset rakenteet on suojattava. Materiaalitoimittajan pitää varmistua ennen kuljetusta, että tuotteet on suojattu riittävällä ja ehjällä säänsuojauksella sekä siitä, että käytetty pakkaustapa mahdollistaa tuotteiden toimittamisen kuivana määräpaikkaan. Käytännössä tilaelementit ja rakennustarvikkeet kuljetetaan työmaalle suojattuna säältä tai katetulla kuormatilalla varustetulla rekalla. (Materiaalien toimitukset ja varastointi n.d.)

6.2 Moduulin tai rakennuksen pakkaaminen

Tässä vaiheessa on esitelty tarkemmin mitä moduuli eli tilaelementti ja tilaelementtirakentaminen oikeastaan tarkoittaa. Lisäksi tutustutaan esimerkin omaisesti jyväsyläläisen Muurametalot Oy:n Tornion talotehtaan tapaan toteuttaa tilaelementtien kuljetuksen aikainen suojaus. Puula Hirsitalo Oy on Muurametalot Oy:n tytäryhtiö.

6.2.1 Tilaelementtirakentaminen

Elementtirakentaminen on rakennustapa, jossa rakennus tai rakennuksen osa on tuotettu tehdasvalmisteisista elementeistä. Elementtirakentaminen jaetaan tehdastuotantovaiheeksi ja työmaavaiheeksi. Elementit valmistetaan tehtaalla halutun esivalmiusasteen mukaiselle tasolle, jonka jälkeen valmiit elementit kuljetetaan rakennuspaikalle ja asennetaan paikoilleen. Ennen elementtien kuljetusta työmaalle siellä on suoritettu tarvittavat maanrakennus- ja perustustyöt, jotta elementit on mahdollista asettaa perustuksille. Asetuksen jälkeen työmaalla suoritetaan jäljellä olevat tarvittavat rakennus- ja LVISA-työt. Pienelementti-, suurelementti ja tilaelementtirakentaminen ovat erilaisia elementtirakentamisen tapoja. Eri tavoissa mm. elementtien koko, esivalmiusaste ja käytettävyys vaihtelee. Tässä opinnäytetyössä tilaelementtirakentaminen tulee kyseeseen suurempien rakennusten kohdalla, joten seuraavana on kerrottu siitä. Tilaelementit rakentuvat ala- ja yläpohjasta sekä minimissään päätyseinistä. Tehdasvaiheessa tilaelementit muodostetaan yhdistelemällä eri tasoelementtejä toisiinsa. Tasoelementtejä ovat esim. seinät, ala- ja yläpohjat. Kun tasoelementit on yhdistetty toisiinsa, muodostuu tilaelementti. Tilaelementtirakentamisessa eli moduulirakentamisessa kokonainen rakennus koostuu viipaleista. Nämä viipaleet eli tilaelementit ovat rakennuksen tiloja tai niiden osia. Tilaelementtirakentaminen on rakennuksen esivalmiusasteen kannalta pisimmälle viety rakentamistapa. Jopa 90 %:n esivalmiusaste on mahdollinen. Tämä korkea esivalmiusaste perustuu tehdastyövaiheeseen, jossa moduulit saatetaan hyvin valmiiksi asti. Moduulit saattavat sisältää jo elementtitehtaalta lähtiessään kantavan rungon, ulkoverhoukset, eristykset, sisäpuolen levytykset, listoitukset, lattiamateriaalin, ikkunat ja ovet sekä jopa kalusteet, pintakäsittelyt ja LVISA-tekniikan. (Säyriö 2016, 11-13.) Moduulirakentaminen on relevantti rakennustapa varsinkin, jos: **a)** rakennus koostuu useista keskenään samanlaisista moduuleista; **b)** rakennustyömaa sijaitsee todella syrjäisessä paikassa, tai hyvin vilkkaalla tai tiheään rakennetulla kaupunkialueella; **c)** on suorituskykyinen ja toimiva tuotantolaitos ja infrastruktuuri sinne; **d)** työmaasuunnitelman laatiminen on vaivalloista esimerkiksi tilan- ja ajanpuutteesta johtuen; **e)** rakennustyömaalla ei ole mahdollista työskennellä kauaa esimerkiksi vallitsevan ilmaston takia. Elementtirakentamisen hyötyjä on rakennuksen nopea valmistuminen, kustannusten helpompi ennus-

tettavuus, pienentynyt rakennusjätteen ja kuljetuksen hiilipäästöjen taso ja työntekijöiden korkeampi työturvallisuus, verrattuna rakennuspaikalla rakentamiseen. Moduulirakentamisessa on haasteitakin: Pohjasuunnittelu saattaa olla jollain tapaa rajoitettua valmistajan valinnoista riippuen. Kuljetuksille on monia rajoitteita, joista keskeisimpiä ovat mittarajoitteet, joihin pitää tähdätä moduulien suunnittelussa tai vaihtoehtoisesti olla valmis kohonneisiin kuljetuskustannuksiin erikoiskuljetuksen takia. Moduulirakenteisen talon joustavuus ja muutettavuus tulevaisuuden remonttien kannalta voi myös olla haastavampaa. (Smith 2016)

6.2.2 Tilaelementin kuljetussuojaus

On tärkeää varmistua, että kuljetuksen aikana sääräsate ei pääse vaikuttamaan tilaelementtiin. Tämä on tärkeää, koska moduuleissa ei yleensä ole vesikattoa päällä, joten moduuliin pääsevä vesi aiheuttaa välittömän kosteusvaurioriskin. Rakenteisiin päässyt vesi mahdollistaa bakteerien ja homeen kasvun rakenteissa. Home ja sienimyrkyt aiheuttavat ihmisille monia terveydellisiä ongelmia, kuten sienisinueettia, neuropatiaa, astmaa, sarkoidoosia, hengitystieinfektioita ja kroonista väsymystä. Ontavattu henkilöitä, jotka ovat sairastuneet kroonisesti vietettyään useita vuosia homeisessa ympäristössä. Kroonistuminen on todettu virtsatestein useita vuosia homeisesta ympäristöstä poistumisen jälkeen. (Malhotra 2017)

Veden pääsyn torjuminen moduuliin on tilaelementtikuljetuspakkausten tärkein tehtävä. Elementtien suojaus toteutetaan yleensä käyttämällä muoveja. Pakkauksen ei tarvitse kestää kovin suuria iskuja tai muita vastaavia ulkopuolisia voimia, mutta riittävä vedenpitävyys on keskeinen vaatimus. Sidonta- ja nostovälineiden pakkaukseen aiheuttamat rasitteet on kuitenkin hyvä huomioida käyttämällä asianmukaisia suojausjauksia, esim. kulmasuojia. Moduulit pakataan yleensä erilaisiin muoveihin samalla periaatteella kuin vaikkapa rautakauppojen puutavaraniputkin.

Muurametalot Oy:n tilaelementit valmistuu kuivassa ja lämpimässä tuotantohallissa. Hallissa valmistettu tilaelementin pohjarakenne on nostettu junanraiteen kaltaisille kiskoille, jotta moduulia on mahdollista siirtää työpisteeltä toiselle. Kiskojen ja pohjarakenteen väliin on asetettu muovi, joka tulee suojaamaan tilaelementtiä alapäin

vaikuttavalta kosteudelta ja vesiroiskeilta (ks. kuvio 17). Alusmuovi on järkevää laittaa elementin pohjan alle heti tuotannon alkuvaiheessa, koska muuten painava elementti pitäisi nostaa kiskoilta, jotta muovi saataisiin ujutettua väliin. Kun alusmuovi on lattiarakenteen alla, voidaan tilaelementti rakentaa valmiiksi lisäämällä lattiarakenteeseen seinät, ikkunat, ovet ja muut halutun valmiusasteen vaatimat rakenteet eri työvaiheissa. Kun tilaelementti on muuten valmis, se viimeistellään pakkaamista varten. Viimeistely tarkoittaa, että kaikkiin moduulin ulokkeisiin, kuten esimerkiksi ikkunapelteihin asennetaan suojaukset, jotta moduulin päälle levitettävä muovitus ei repeäisi niiden kohdalta ajoviimassa. Myös moduulin kulmat suojataan käyttäen apuna esimerkiksi vaahtomuovia (ks. kuvio 18). Kun tarvittavat suojaukset on tehty, alkaa varsinainen muovittaminen kuljetusta varten. Muurametalloilla muovituksessa käytetään apuna siltanosturia, jolla valmiin tilaelementin päälle nostetaan kirkasmuovi (ks. kuvio 19) ja sen jälkeen lopuksi aumamuovi. Siltanosturi on hyvä väline, koska yksi työntekijä saa muovitettua sen avulla moduulin tehokkaasti. Koko moduulia ei vuorata umpeen kirkasmuovilla, vaan sillä peitetään ainoastaan moduulin yläosa, siten että kirkasmuovin helmat laskeutuvat kuitenkin moduulin seinälle noin metrin verran. Kun kirkasmuovi on asetettu, nostetaan moduulin päälle seuraavaksi koko moduulin (päälliosa, seinät) peittävä aumamuovi (ks. kuvio 20), joka jää lopulliseksi suojaksi moduulin ympärille. Aumamuovin alla olevalla kirkasmuovilla on kolme tehtävää. Se toimii toissijaisena suojauksena, mikäli päällimmäisenä oleva aumamuovi vaurioituu. Toinen tehtävä liittyy aumamuovin asennusvaiheeseen: aumamuovin asemointia moduuliin nähden on helpompi siirrellä, kun se liukuu paremmin kirkasmuovin päällä verrattuna puurakenteisiin. Kolmas tehtävä liittyy työmaavaiheeseen: kun moduulit on tuotu työmaalle ja alkaa talon kasaustyöt, voi olla mahdollista, että vesikaton kasaaminen viivästyy tai siihen tulee tauko. Silloin kirkasmuovia voidaan pitää suojana ja ottaa pois sitä mukaa, kun vesikattoa saadaan rakennetuksi. Päällimmäisenä oleva aumamuovi täytyy kiinnittää hyvin paikoilleen, jottei se pääse irtoamaan kuljetuksen aikana. Kokemuksen kautta hyväksi todettu keino kiinnittämiseen on aumamuovin pingottaminen kireälle moduulin ympärille. Aumamuovi on kooltaan sellainen, että moduulin päälle laskemisen jälkeen aumamuovin helmat roikkuvat lattialla. Helmat kääritään rimojen avulla (ks. kuvio 21). Käärminen tehdään siten, että muovi pingottuu kireälle moduulin sivuseinää vasten ja rimat kiinnitetään seinä- ja lattiarakenteisiin 30-40 mm mittaisilla niiteillä.

Vaikka muovin kireälle pingottaminen minimoi kuljetuksen aikaisen lepatusilmiön, asennetaan sivuseinään lisäksi rimoja varmistamaan, että muovi ei pääse pussittamaan ja lepattamaan (ks. kuvio 22). Pakattu tilaelementti nostetaan nostoliinoilla rekan kyytiin. Nostoliinat kannattaa asettaa nurkista hieman keskeemmälle moduulin pitemmän sivun suunnassa, jotta liina on mahdollisimman yhdensuuntainen nostosuunnan kanssa (ks. kuvio 24). Räystäiden vaurioitumisriskiä ei ole, koska tilaelementissä ei ole kattoa eikä räystäitä. Kun suojattu elementti nostetaan rekan lavalle, pitää sidonta olla niin tiheä, että myöskään moduulin päällä oleva muovi ei pääse pussittamaan ilmapirrassa. Jos sidonta on liian harva, on mahdollista, että pussittamaan päässyt muovi ottaa kiinni tien yläpuolisiin rakenteisiin. Talopakettikuljetuksissa pakkaus voi toimia myös markkinointivälineenä eli pakkauksessa voi olla esimerkiksi talotehtaan logo (ks. kuvio 23). (Huhta 2020; Pannimaa 2020) Muurametalloilla moduulit kuljetetaan ”laatikkoina”, eli kattorakenteet eivät kuulu moduuliin, vaan ne kuljetetaan rakennuspaikalle irrallaan. Tämä eroaa Puulan visiosta kuljettaa hirsirakennukset määränpähän hyvin valmiina sisältäen myös kattorakenteet. Huhtan (2020) mielestä tätä kannattaisi vielä harkita uudestaan. Hänen mielestään valmiiksi elementeiksi hirsiveistämöllä kannattaa tehdä ”laatikko” eli moduuli, katon päätykolmiot, päätyräystäselementit, terassitaso ja mahdolliset portaat. Hän jatkaa, että on todettu hyväksi kuljettaa irtotavarana kattotuolit, terassin katosta kannattavat liimapuupalkit, katoksen esivalmistellut lankut, irtolaudoitukset, aluslaudat, kattoruoteet, villat ja muut katonrakennustarpeet. Huhta (2020) toteaa, että katon tekemistä varsinaisella työmaalla ei kannata sinällään vierastaa, Muurametalloilla vesikatto on ollut päällä jo toimituspäivän iltana, joten toimenpiteenä se on melko nopea toteuttaa. Muurametallojen moduulin rungon leveys on 3,342 m. Jos katto tehtäisiin päälle jo talotehtaalla, räystäiden takia leveys kasvaa helposti yli 3,5 m:n. Se tarkoittaa, että erikoiskuljetus vaatii etuauton, jolloin myös kuljetuskustannus kasvaa. (Huhta 2020)



Kuvio 12. Alusmuovi moduulin alla, joka pingotetaan kireälle aumamuovin kiristyksen yhteydessä. (Kuva: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 13. Ulokkeiden, kuten esim. ikkunapeltien suojaamiseksi käytetään sopivia puukappaleita. Kulmien suojaamiseen voi käyttää vaahtomuovia (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 14. Kirkasmuovin asennus moduulin päälle. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muura-
metallot Oy)



Kuvio 15. Aumamuovin asennus siltanosturiin kiinnitetyn koukkupalkin avulla. Lopuksi muovi repäistään alas koukuista. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 16. Aumamuovi kiristetään moduulin seinää vasten käyttäen apuna rimaa, jonka ympärille muovi on käärittö. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 17. Valmiita pakkauksia. Sivuseinään on mahdollisuuksien mukaan kiinnitetty lisärimoja vähentämään muovin lepattamista. (Kuvat: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 18. Markkinoinnin näkökulma pakkauksessa. Mainos hillitsee paitsi lepattamista, toimii se myös työmaatauluna toimituskohteessa. Kuvassa nähtävissä myös kiskot, joiden päällä moduuli liikkuu käsivoimin. (Kuva: Tornion talotehdas, Muurametalot Oy)



Kuvio 19. Nostoliinon asettelu. Nostoraksien kaltevuuskulma ei saa ylittää 60 astetta. (Kuva: Muurametalot Oy:n mainosvideo)

7 Tutkimustulokset

Miten rakennukset voidaan pakata tarkoituksenmukaisesti ja luotettavasti?

Kun on kyseessä rakennus, jossa ihmisten on tarkoitus asua, pitää rakennuksen koko elinkaaren aikaisen kuivaketjun olla pitävä, jotta välttyään kosteusvaurioilta. Tämä pitää ottaa huomioon varsinkin rakennusten kuljetuksia suunniteltaessa, jolloin ajo- viiman vaikutuksesta kuljetuksen aikainen suojaus saattaa pettää ja rakennus altistua sääolosuhteille. Tarkoituksenmukainen taloelementtipakkaus on sellainen, jossa kuivaketjuvaatimus täyttyy. Yleisesti puusta valmistettujen rakennusten ja rakennustarvikkeiden suojaamiseen käytetään eri vahvuisia muoveja tiukasti sidottuna rakennuksen ympärille, tarvittaessa useita kerroksia. Ennen rakennuksen muovittamista on syytä lisätä suoja terävien kulmien ja muiden ulokkeiden kohdille, jotta muovi säilyy ehjänä kuljetuksen aiheuttamista rasituksista. Tuotantolaitoksessa on hyvä olla sellainen välineistö, jolla muovi voidaan siirtää tehokkaasti rakennuksen päälle, josta sen levittäminen on kätevää. Pakkauksen luotettavuus tulee olla sellaisella tasolla, että se ei normaaleissa kuljetustilanteissa pääse purkautumaan. Tavarantoimittajan vastuulla on pakkaaminen luotettavalla tavalla. Lähtökohtaisesti pakkaamisessa ei kannata juuri oikoa, sillä säästöt siinä kostautuvat nopeasti, mikäli kuljetuksen aikana pakkaus pettää.

Minkä kokoisia pakkauksia voidaan kuljettaa maantiellä ja millaisella kalustolla?

Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (L 31/2019) määrittää ns. normaaliliikenteelle suurimmat sallitut mitat ja massat, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti riippuen käytetystä kalustosta. Normaaliliikenteen suurimmat sallitut päämitat ovat korkeuden osalta 4,4 m (4,2 m ylittyessä kuljetuksen suorittajan on varmistuttava, ettei kuljetus osu kuljetusreitillä oleviin tien yläpuolisiin rakenteisiin), leveyden osalta 2,6 m alle 22,00 m pituisilla yhdistelmillä ja lämpöeristetyillä yli 22,00 m:n pituisilla yhdistelmillä. Muutoin yli 22,00 m:n (moduuli)yhdistelmä saa olla leveydeltään 2,55 m. Maksimimassa yhdistelmälle Suomen normaaliliikenteessä on tällä hetkellä 76 t. Maksimimassoihin vaikuttaa yhdistelmän akselistorakenteet ja yhdistelmän koostumus. Erilaiset yhdistelmäkombinaatiot ja niiden tarkemmat maksimimassaerittelyt on esitetty liitteessä 1. Jos tuotetta ei voida kuljettaa normaaliliikenteen mittojen ja massojen rajoissa, eli yksikin normaalin tieliikenteen sallittu mitta tai massa ylittyy, on kyseessä erikoiskuljetus. Erikoiskuljetus voi olla luvanvarainen tai ei-

luvanvarainen, riippuen kuljetettavan tuotteen mitoista ja/tai massasta. Erikoiskuljetus on luvanvaraista, kun erikoiskuljetuksen vapaat mittarajat tai normaaliliikenteen massarajat ylittyy jakamattomasta kuormasta aiheutuen. Tällä hetkellä erikoiskuljetuksien vapaat mittarajat Suomessa ovat maksimissaan korkeuden osalta 4,4 m ja leveyden osalta 4,0 m. Pituuden osalta vapaarajat määräytyvät käytettävän kaluston mukaan. Kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmän pituuden vapaaraja on 40,0 m. Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun- tai kuorma-auton ja usean perävaunun yhdistelmän tapauksessa pituuden vapaa mittaraja riippuu kuljetuksen leveydestä. Silloin, kun tällaisen em. yhdistelmän leveys on kuormineen enintään 3,50 m, pituuden vapaa mittaraja on 34,50 m. Vastaavasti silloin, kun yhdistelmän leveys kuormineen ylittää 3,50 m, pituuden vapaa mittaraja on 30,0 m. Muunlaisten kalustokombinaatioiden vapaat mittarajat on esitetty liitteessä 2. Huomionarvoista on, että vaikka kuljetus ei tarvitsisikaan erikoiskuljetuslupaa eli kyseessä olisi ei-luvanvarainen erikoiskuljetus, saattaa liikenteenohjaukselle ja varoitusautoille olla tarvetta. Varoitusautojen vähimmäismäärät on esitetty taulukossa 1. Kokonaiset rakennukset tai moduulit ovat ulkomitoiltaan ja massaltaan sellaisia, että ne vaativat kuljetuskalustoksi kuorma-auton ja yleensä siihen kytketyn perävaunun muita tarvittavia rakennusmateriaaleja varten. Suuremmat rakennukset tai tilaelementit vaativat erikoiskuljetuksia, jos yksikin normaaliliikenteen mitta tai massa ylittyy.

Mitä tulee ottaa huomioon nostettaessa rakennuksia tai niiden osia ja millaista kalustoa ja apuvälineistöä siihen tarvitaan?

Lainsäädäntö (L 23.8.2002/738; A 403/2008) velvoittaa työnantajan ottamaan huomioon työturvallisuuseikat töissä, joihin sisältyy tapaturmariski. Nostotilanteet tulee olla ennalta suunniteltuja. Nostotöissä tulee käyttää asianmukaisia työvälineitä ja nostoapuvälineitä, jotka pitää olla tarkastettu lainsäädännön edellyttämällä tavalla. Mittauspöytäkirjat tulee säilyttää työmaalla. Nostovälineiden tulee olla kaikilta suoritusarvoiltaan nostotehtävään riittäviä. Jos nostolaite ei itsessään takaa riittävän turvallista tapaa suorittaa nostoa, tulee hyödyntää tarkoituksenmukaisia ja riittävän suorituskykyisiä nostoapuvälineitä. Nostorakseja ei saa käyttää yli 60° kaltevuuskulmilla. Nostoväline on sijoitettava siten, että se ei noston aikana pääse holtittomasti liikkumaan. Nostotöitä saa suorittaa soveltuvan koulutuksen omaava henkilö tai

muutoin työnantajan myöntämän kirjallisen luvan saanut työntekijä. Nostettavan tuotteen tulee itsessään olla sellainen, että se on turvallista nostaa ilman riskiä mahdollisesta hajoamisesta. Nostettavan rakennuksen valmistajan rakennesuunnittelun pitää varmistua rakennuksen riittävästä lujuudesta nostoa ajatellen. Nostettavan taakan alle ei tule mennä kuin pakottavasta syystä ja silloinkin pitää varmistua luotettavalla tavalla, ettei nostettava esine pääse putoamaan tai romahtamaan.

Miten pakkaus sijoitetaan ja sidotaan kuljetuksen ajaksi?

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/92 määrittelee raamit kuorman sijoittamiselle, -varmistamiselle ja -sitomiselle, joita kuljetustoiminnassa pitää noudattaa. Kuorman sijoittaminen tulee tehdä seuraavia pääpiirteitä noudattaen: Kuorman tulee olla mahdollisimman matala yhtenäinen kokonaisuus ja sen painopiste pitää olla sijoitettu mahdollisimman keskelle kuormatilaa sivusuunnassa. Kuorma pitää tukea mahdollisuuksien mukaan kuormatilan etuseinään ja kuorman mahdolliset terävät osat pitää suunnata taaksepäin ajoneuvon kulkusuuntaan nähden. Kuorman varmistamisesta asetus määrää, että kuorma ei saa kuormakorissa siirtyä haitaten ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei kuorma saa liikkua oleellisesti kuormatilassa. Kuorman on pysyttävä sijoillaan, kun kuormaan vaikuttaa eteenpäin 10 m/s^2 kiihtyvyyden suuruinen voima ja muihin suuntiin 5 m/s^2 kiihtyvyyttä vastaava voima. Kuorman varmistustapoja voivat olla tuenta, sitominen, lukitseminen ja peittäminen ja niistä tarkoituksenmukaista tapaa tai tapoja tulee käyttää. Kuorman varmistuksen lujuuden määrittämisessä saa ottaa huomioon kitkan tuoman lisän. Asetus määrää, että kuorman liikkumista eteenpäin estävän sidontavälineen tulee olla mahdollisimman vaakasuorassa, eikä se saa olla yli 60° :n kulmassa vaakatasoon nähden ilman erityistä syytä. Sitomisväline ei saa olla myöskään ajoneuvon tai kuorman terävää reunaa vasten ja ne pitää olla kunnolla jännitettynä. Kuljetuksen kestäessä sidontavälineiden riittävä jännitys tulee tarvittaessa tarkastaa pitkin kuljetusmatkaa. Mikäli yksittäinen side tai kiinnityspiste pettää, ei löystyminen saa heikentää muun kuorman sidontaa. Sidontavälineiden valmistajat määrittävät sidontavälineilleen nimellisljuudet. Tämä pitää huomioida sidonnoissa. Sidosten nimellisljuuksien summan tulee olla vähintään kuorman painon suuruinen eteenpäin ja vähintään puolet painosta sivuille ja taaksepäin, jollei kuorman tuennan tai kitkan takia

voida sallia pienempää lujuutta sidonnalle. Sidontavälineissä esiintyviin nimellislujuuksia voidaan pitää pätevinä sidontavälineen kulmien ollessa 60° tai pienempiä. Suuremmilla sidontavälineen kulmilla suositus on laskea lujuudelle vain tietty prosenttiosuus nimellislujuudesta. Prosenttiosuudet sidontavälineen kulmien kasvaessa on esitetty taulukossa 3.

8 Nykytilanne ja johtopäätökset

Toimeksiantajayritys Puula Hirsitalo Oy on aiemmin toimittanut hirsirakennuksiin tarvittavan puutavaran ja muun rakennustarvikkeen muovitetuissa nipuissa rakennuspaikalle, jossa varsinainen pystytys on aloitettu ja saatettu loppuun. Yritys halusi nostaa jalostusastetta ja aloittaa hirsirakennuksien valmistamisen niin valmiiksi kuin mahdollista hirsiveistämön tiloissa. Tämän opinnäytetyön tekoaikaan, keväällä 2020 yritykselle valmistui kokoonpanohalli, joka mahdollistaa hirsirakennusten kasaamisen kuivassa ja lämpimässä, mikä on osaltaan vaatimuksena kuivaketjunkin toteutumiselle. Koska yritys ei ollut aiemmin kuljettanut valmiita rakennuksia tai tilaelementtejä, tuli tarve suunnitella ja selvittää pakkaamiseen, lastaamiseen ja sitomiseen liittyviä asioita. Aikaisemmin puutavaraniput on nostettu yhdistelmän kyytiin kuorma-auton kappaletavaranostimella. Myös moduulit on tarkoitettu nostaa ajoneuvon kyytiin vastaavalla nostimella. Pienempien rakennusten kohdalla nostot eivät vaadi erityistä suunnittelua, koska ne voidaan nostaa nostoliinon avulla samalla periaatteella kuin puutavaraniputkin. Suurempien rakennusten paino ja suuri koko aiheuttavat haasteita onnistuneelle nostolle, joten niihin pureudutaan johtopäätöksissä.

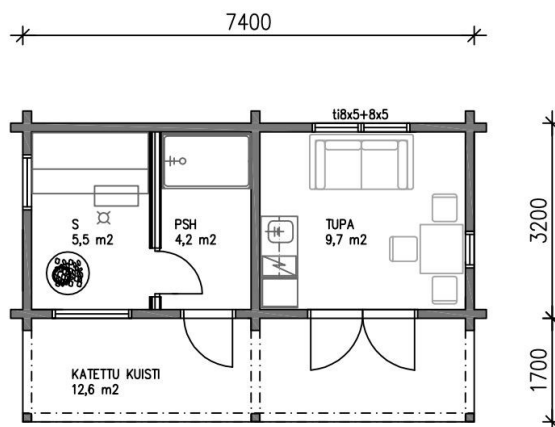
Johtopäätökset on esitetty Puulan kahden eri mallin avulla. Johtopäätökset toimivat samalla yritystoiminnan kehitysehdotuksina, miten pakkaus, lastaus ja sidonta voitaisiin toteuttaa. Mallit ovat nimeltään Lumme ja Puulavesi. Erityisesti Puulavesi edustaa hieman suuremman kokoista rakennusta Puulan mallistossa. Mallisto käsittää myös pienempiä aitta- ja saunarakennuksia ja suurempia yhdistelmärakennuksia,

mutta niitä ei ole käsitelty tässä johtopäätökset osiossa erikseen, koska niiden suojaaminen ja sidonta tapahtuu samalla periaatteella kuin kahdessa esimerkkitapauksessa.

Lumme:



Kuvio 20. Saunamökki Lumme



Kuvio 21. Pohjakuva Lumpeesta

Lumme on pulpettikattoinen pinta-alaltaan $23,7 \text{ m}^2$ saunamökki katetulla kuistilla. Rungon leveys on $3,44 \text{ m}$ ja pituus $7,84 \text{ m}$. Mitat eroavat kuviossa 26 esitetyistä mitoista salvoksien tuomasta lisästä johtuen. Tämä selviää Puulan Excel dokumentista Hirsikehikko -erittelystä (ks. liite 3). Puulan tarkoituksena on rakentaa katto valmiiksi tehtaalla, mikä lisää lopullisen kuljetuspakkauksen leveyttä ja pituutta. Lopullinen pakkauksen leveys on $4,2 \text{ m}$ ja pituus $8,4 \text{ m}$ katon tuomasta lisästä johtuen. Rakennuksen massa vaihtelee $4190 - 7118 \text{ kg}$ välillä valitun hirsivahvuuden mukaan (ks. liite 4).

Lumme on mitoiltaan niin suuri, että nostoliinat alta kiertäen ja niiden avulla nostaan räystäisiin kohdistuu suuri voima aiheuttaen vaurioita. Tämä ongelma voidaan ratkaista tuomalla nostopisteet katon yläpuolelle. Tämä on mahdollista toteuttaa tuomalla kierretanko hirsiseinän sisällä aina katon läpi saakka vähintään neljästä kohdasta. Hirsien höyläysvaiheessa porataan reiät hirsiiin kierretankoa varten. Vaikka katto muuten tehdään valmiiksi, pitää kierretangon läpivientikohtiin kattoon jättää reiät kierretankoa varten. Kierretangot mitoitetaan pituussuunnassa niin, että niihin on mahdollista kiertää luotettavasti nostosilmukkamutterit, joita hyödyntäen nosto aikanaan suoritetaan. Nostosilmukkamuttereista pitää löytyä merkinnät suurimmasta sallitusta massasta ja ne pitää mitoittaa riittävän vahvoiksi, huomioiden kulloinkin nostettavana olevan rakennuksen massa valitun hirsivahvuuden mukaan. Turvallisinta olisi käyttää nostosilmukkamutteria, jossa silmukka pääsee kääntymään kiinnityksen jälkeenkin, jotta kiinnitys ei pääse löystymään tai kiristymään itseksensä. Jos käytetään perinteistä nostosilmukkaruuvia, saa nostokuormitus kohdistua vain pystysuoraan tai maksimissaan 45 asteen kulmassa silmukan suuntaisesti. Kierretangon pituussuuntaisessa mitoituksessa huomioidaan myös, että katon rakennus reikäkohtiin on mahdollista siten, ettei tangot jää kantamaan. Kierretankojen ja alimman hirsikerroksen alla olevien metallilätkien tulee olla tarpeeksi vahvoja, jotta nosto voidaan suorittaa turvallisesti. Kuljetusliikkeen vastuulla on huolehtia nostokaluston ja nostoapuvälineiden riittävästä suorituskyvystä ja varmistua em. välineiden toimintakunnosta ja seurannasta. Nostoapuvälineenä kannattaa käyttää nostopalkkia, jolla raskit saadaan neljään nostopisteeseen mahdollisimman pystysuoraan, eli mahdollisimman pieneen kaltevuuskulmaan. Terassia ja sen katosta ei ole järkevää asentaa paikalleen tehtaalla. Kuljetusleveys lisääntyisi merkittävästi ja terassi katoksineen pitäisi saada tuettua hyvin kuljetuksen ajaksi. Terassi ja katos pystypalkkeineen voidaan valmistaa elementeiksi tehtaalla ja kuljettaa suojattuina irrallaan. Toinen vaihtoehto on sitoa terassi ja katos varsinaisen rakennuksen seiniin ”yhdeksi paketiksi” esimerkiksi sidontaliinoilla kehikon ympäri kiertäen tai pitkillä ruuveilla ruuvaten. Kun elementit nostopisteineen ovat valmiina, alkaa pakkausvaihe. Lumpeen pakkauksessa kannattaa käyttää aiemmin esiteltyä Muurametalot Oy:n pakkaustapaa. Lumpeen pakkaus eroaa Muurametalojen tavasta nostopisteiden kohdalla, jotka on tuotava muovista läpi. Läpivientikohdat tiivistetään esimerkiksi höyrynsulkuteipillä, jotta kuivaketjuvaa-

timus täyttyy. Toinen ero Lumpeen kohdalla on tuotteen muoto verrattuna Muura-metalojen ”laatikkoon”. Koska Lumpeessa on katto päällä, pitää aumamuovin asennuksessa kiinnittää huomiota, että muovi pingotetaan kireälle ”pintoja nuollen”. Muovi kannattaa taittaa terävästi heti räystäältä seinäpintaan, sitoa siihen esimerkiksi laudalla ja vetää sieltä alas asti, jossa käyttää rimaa apuna muovin käärimisessä ja kiristämisessä. Kehitysehdotuksina kannattaa miettiä, olisiko tuotantohalliin järkevää investoida jonkinlaista nosturia, joka helpottaisi suurten aumamuovien käsittelemistä levitysvaiheessa. Toisaalta kannattaa vielä harkita, onko katon rakentaminen valmiiksi tehtaalla sittenkään kannattavaa. Jos katto rakennettaisiin vasta työmaalla, kuljetettavan hirsikehikon eli moduulin leveys jäisi alle 3,5 metriin, joka mahdollistaisi Lumpeen tapauksessa erikoiskuljetuksen ilman varoitusautoa. Erään yrityksen hinnastossa liikenteenohjaus on tuntiveloituksella tehtävää työtä hintaan 54€/h, joten kustannuksia syntyy varsinkin pidemmällä matkoilla. (Palveluhinnasto n.d.) Erikoiskuljetuslupaa ei kuitenkaan tarvita, mikäli kuljetuksen leveys jää alle 4,0 metriin. Kattotuolit, päätykolmiot, päätyräystäselementit, terassin ja katoksen voisi lastata paketoituina perävaunuun. Kustannusero valmiin katon ja varoitusauton käyttämisen sekä työmaalla tapahtuvan katon rakentamisen ja ilman varoitusautoa tapahtuvan erikoiskuljetuksen välillä kannattaa selvittää ja harkita vielä uudestaan, kumpi tapa on kannattavampi. Jos kattoa ei olisi, moduulin nostot voisi suorittaa nostoliinoja apuna käyttäen, joten myös kierretankojen ja aputarvikkeiden aiheuttamat kustannukset pienenisivät. Lumme voidaan sitoa kuljetuksen ajaksi pujottamalla sidontaliinat ylimpien hirsien pääty-ylityksien kautta ja sitomalla kiinni lavaan (ks. kuvio 27). Sidonnoissa tulee huomioida kuorman varmistamisen periaatteet ja lainsäädännön täyttävät sidontavälineet ja sidonnan lujuus. Kuorman varmistamisesta huolehtiminen on sekä kuljetusliikkeen, että tavarantoimittajan vastuulla. Vaikka kuljetusliike ja kuljettaja vastaavat sidonnan toteutuksesta, tulee tavarantoimittajan osoittaa soveltuvat sitomispisteet ja mahdolliset sidontaa rajoittavat tekijät. Lumme painaa järeimmällä hirsivahvuudella 7118 kg, joten kuormanvarmistusperiaatteen mukaisesti sen tulee pysyä paikallaan, kun siihen vaikuttaa 10 m/s^2 kiihtyvyyttä vastaava voima eteenpäin ja 5 m/s^2 kiihtyvyyttä vastaava voima muihin suuntiin. Vastaavat voimat voidaan laskea kaavan $F = m * a$ avulla, jossa F on voima, a on kiihtyvyys ja m on massa. Lumpeen tulee pysyä sijoillaan, kun siihen vaikuttaa eteenpäin 71 180 N suuruinen voima ja muihin suuntiin 35 590 N suuruinen voima. Eli käytännössä kuorman

tulee pysyä paikoillaan, kun siihen vaikuttaa kuorman massa eteenpäin ja puolet kuorman massasta taakse ja sivuille. Jos rakennusta ei voida tukea kuormatilan etupäätyyn, varmistetaan rakennuksen paikallaan pysyminen eteenpäin mahdollisimman vaakasuorassa olevalla sidontaliinalla. Sidontojen lujuutta määritettäessä kuorman liikkumista eteenpäin estävien sidosten nimellisljuuksien summan kuormatilan molemmilta puolilta yhteenlaskettuna on oltava vähintään kuorman painon suuruinen sekä sivulle ja taakse päin vähintään puolet kuorman painosta, jollei kuorman tuenta ja kitka kuorman ja kuormatilanpohjan välillä tai kuorman laatu salli pienempää sidonnan lujuutta. Kuviossa 27 esitettyjen sidontojen kohdalla pitää huomioida, että sidonnan kulma vaakatasoon nähden on hyvin lähellä 90 astetta, joten kyseisten liinojen nimellisljuudesta voidaan ottaa huomioon vain 25 prosenttia (ks. taulukko 3). Jos kulmissa sekä vaakatasossa olevien liinojen yhteenlaskettu nimellisljuus ei ole riittävä (7118 kg - kitkan vaikutus) on sidontojen määrää lisättävä esimerkiksi katon yli sitoen niin kauan, että kuorman liikkumista eteenpäin estävien sidontojen yhteenlaskettu nimellisljuus on vähintään kuorman painon suuruinen.

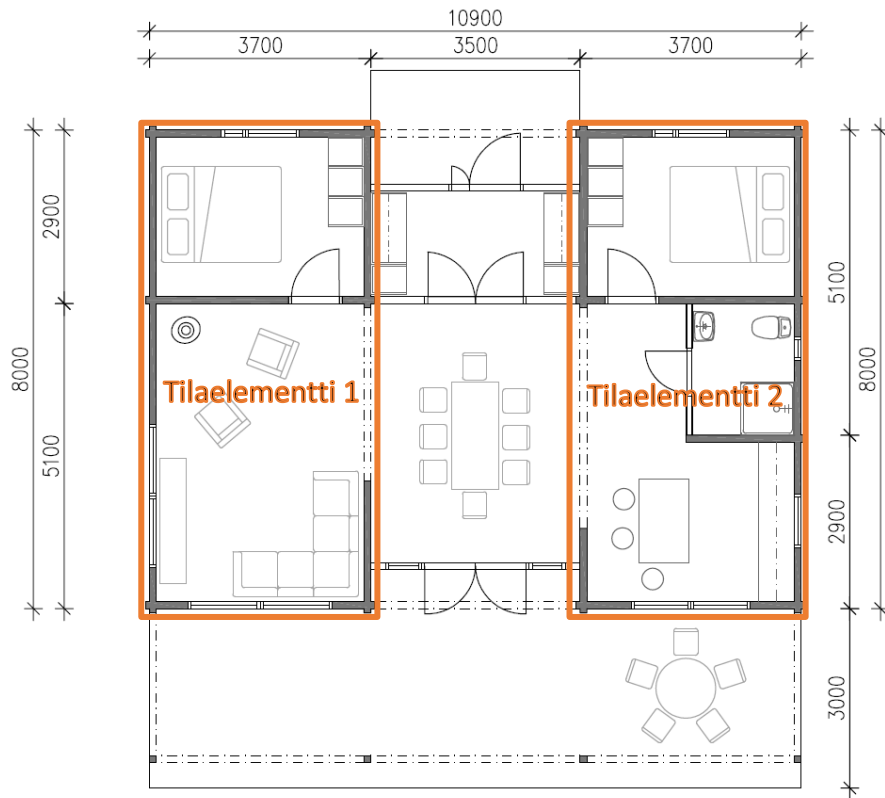


Kuvio 22. Lumpeen sidontapisteet.

Puulavesi:

Kuvio 23. Loma-asunto Puulavesi

Puulavesi on pulpettikattoinen pinta-alaltaan 82 m² loma-asunto 34,8 m² katetulla kuistilla. Rakennus on kokonaisuudessaan valmiina 10,9 m pitkä ja 8 m leveä. Katettu kuisti jatkaa leveyttä vielä kolmella metrillä. Rakennuksen kuljetusmassa vaihtelee 7595 – 12639 kg välillä valitun hirsivahvuuden mukaan (ks. liite 4). Mitat ovat sellaiset, että kuljetus ja varsinkin nostot kokonaisena ei ole järkevää. Puulavesi on järkevämpää kuljettaa tilaelementteinä. Erikoiskuljetuksien lastausperiaatteen mukaan ensisijaisesti tulee välttää kuljetuksen ylileveyttä. Tämän takia Puulavesi pitäisi yrittää jakaa mahdollisimman kapeiksi moduuleiksi. Jakamista ei voi tehdä mielivaltaisesti, vaan käytännössä hirsikehikko sanelee mahdollisuudet moduuleiksi jakoon, kuten näemme kuvioista 29. Yhden tilaelementin massa vaihtelee 3448 – 5970 kg välillä valitun hirsivahvuuden mukaan (ks. liite 4).



Kuvio 24. Pohjakuva Puulavedestä

Puulaveden kohdalla kannattaa valmistaa tehtaalla valmiiksi kahta 3,7 m x 8,0 m kokoista tilaelementtiä, jotka on ympäröity kuviossa 29. Näiden lisäksi tilaelementtien väliin tulevat lattiarakenteet ja pystyseinät voidaan rakentaa tehtaalla elementeiksi ja liittää paikalleen kasausvaiheessa. Myös Puulaveden kohdalla valmistaisiin kuistin ja sen katoksen elementeiksi tehtaalla. Puulaveden kattorakenteiden osalta valmistaisiin tehtaalla elementeiksi päätykolmiot ja päätyräystäselementit, muuten katto tehtäisiin valmiiksi työmaalla Muurametalojen tapaan, eli irtotavarana työmaalle menee kattotuolit, katoksen pystytolpat ja -lankut, irtolaudoitus, kattoruoteet ja villat. Tilaelementit 1 ja 2 ovat ”laatikon” mallisia ja ne voidaan pakata muoviin samalla tavalla kuin Muurametalot pakkaa tilaelementtinsä. Muurametalojen pakkausprosessi on esitettyä aiemmin tässä työssä. Muut elementit, kuten osa kattorakenteista, välitilaelementit, kuisti ja kuistin katos voidaan muovittaa ja kuljettaa erillään. Toinen vaihtoehto on sitoa kuisti ja sen katos tilaelementtien kylkeen ”yhdeksi paketiksi”, jolloin niiden muovittaminen tapahtuisi samalla, kun varsinaisten tilaelementtienkin, jolloin ”tilaelementtilaatikko 1:n” sisältyisi kuisti ja ”tilaelementtilaatikko 2:n” katos. Tässä ongelmaksi muodostuu kuistin ja katoksen pituudet, jotka ovat n. 11m pitkiä.

Yksi vaihtoehto on katkaista kuisti ja katos puoliksi, jolloin pituutta jäisi n. 5,5m ja niiden nostaminen ja sitominen tilaelementin kylkeen ”yhdeksi paketiksi” olisi kätevämpää, sillä tilaelementtien pidempien sivujen pituus on n. 8 metriä, jolloin pituussuunnassa puolitettu terassi mahtuisi seinustalle. Tulevaisuudessa kannattaa vielä miettiä, kumpi tapa on tehokkaampi ja taloudellisempi.

Tilaelementit 1 ja 2 voidaan nostaa nostoliinon avulla, koska räystäät eivät ole tiellä vaurioitumassa. Nostopalkkia kannattaa käyttää apuvälineenä, jotta liinat eivät purista liikaa moduulin yläosia. Nostoliinoja ei kannata asettaa aivan nurkkiin vaan tuoda 1-2 metriä pitkän seinän suunnassa keskemälle Muurametalojen tapaan, jotta nostoliinat ovat mahdollisimman pystysuorassa. Nostoliinoja tai -rakseja käytettäessä yli 60° haarakulmia ei saa käyttää. Huomionarvoista on kasata tilaelementit esim. kelkan päällä tai muulla tavoin huolehtia, että nostoliinat on mahdollista pujottaa tilaelementin ali. Liinon ja raksin kanssa käytetään tarvittaessa reunasuojia, jos vaarana on liinon leikkaantuminen. Kun tilaelementit on pakattu huolellisesti muoveihin, ne nostetaan auton kyytiin Muurametalojen tapaan (ks. kuvio 24). Puulaveden tilaelementtejä 1 ja 2 koskien tulevaisuudessa kannattaa varmistaa vielä seuraava asia: Molemmissa on melko pitkä seinän avoin osa, josta hirsikehikko puuttuu. Rakennesuunnittelulla pitää varmistua, että tilaelementit kestävät noston aikaisen rasitteen eikä haitallista kiertymistä pääse tapahtumaan.

Tilaelementit ovat pakattuna kuljetuskuntoon yli 3,7 metriä leveitä, joten kuljetus tulee olemaan erikoiskuljetus. 3,5 metrin leveys ylittyy, joten erikoiskuljetus vaatii mukaan yhden varoitusauton (ks. taulukko 1). Leveyden ylittäessä 4 m erikoiskuljetus muuttuu luvanvaraiseksi ja sille pitää hakea lupa (ks. liite 2). Samalla varoitusautojen tarvittava lukumäärä on kaksi, mikä selviää taulukosta 1.

Puulaveden tilaelementit ovat pakattuna muodoltaan ”laatikoita”, joten ne voidaan sitoa kuljetuksen ajaksi heittämällä riittävä määrä sidontavöitä tilaelementin päälle ja kiristämällä huolellisesti. Riittävä määrä sidontavöitä on sellainen, että pakkauksen aumamuovi ei pääse lepattamaan tai pussittamaan moduulin päällä. Sidontavöitä pitää olla riittävän tiheässä, esim. 1 - 1,5 m välein. Pussittava muovi saattaa osua tien

yläpuolisiin rakenteisiin, jolloin kuljetus hidastuu, koska suojaus pitää toteuttaa uudelleen. Sidonnoissa tulee huomioida kuorman varmistamisen periaatteet ja lainsäädännön täyttävät sidontavälineet ja sidonnan lujuus. Kuorman varmistamisesta huolehtiminen on sekä kuljetusliikkeen, että tavarantoimittajan vastuulla. Vaikka kuljetusliike ja kuljettaja vastaavat sidonnan toteutuksesta, tulee tavarantoimittajan osoittaa soveltuvat sitomispisteet ja mahdolliset sidontaa rajoittavat tekijät. Puulaveden tilaelementtien sidontojen riittävän lujuuden määrittäminen menee samalla lailla, kun Lumpeen kohdalla, tosin eri massoilla. Periaatteessa sitomisvälineet kannattaa mitoitaa järkeimmän tai yleisimmän hirsivahvuuden mukaan sen sijaan, että joka hirsivahvuudelle olisi omat välineet. Välineet, jotka riittävät suurilla massoilla, kestävät myös pienemmillä massoilla.

9 Pohdinta

Tämä opinnäytetyö tehtiin tapaustutkimuksena, jossa ratkottiin yksittäisen yrityksen ongelmia. Työssä onnistuttiin tuottamaan tuloksia tutkimusta ohjaaviin tutkimuskysymyksiin. Tulokset auttavat toimeksiantajaa kehittämään toimintaansa haluttuun suuntaan. Tulokset vastaavat ensisijaisesti toimeksiantajayrityksen tarpeeseen, joten muut yritykset eivät pysty suoraan käyttämään tuloksia omissa liiketoiminnoissaan, ellei kyseessä ole täysin samanlainen tilanne ja toiminta. Teoriaosuus sisältää perustietoa elementtirakentamisesta, nostovälineistä, kuorman varmistamisesta, erikoiskuljetuksista ja kuljetuksista yleensäkin, jotta lukijan on mahdollista muodostaa tyydyttävä kokonaiskäsitys tutkittavasta aiheesta ja toimintaympäristöstä. Silti lukijan on suotavaa omata edes pienet lähtötiedot hirsirakennuksista, erikoiskuljettamisesta ja kappaletavaranoista, jotta johtopäätökset ja kehitysehdotukset ovat helpommin ymmärrettävissä. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusote toimi tässä opinnäytetyössä mielestäni paremmin, mitä kvantitatiivinen olisi toiminut. Tutkittavasta aiheesta ei ollut paljon ennakkotietoja, joten haastattelujen ja teoriaosuuden pohjalta pyrittiin muodostamaan mahdollisimman objektiivisesti lopputulokset ja kehitysehdotukset. Kvantitatiivinen tutkimusote toimisi esimerkiksi tilanteessa, jossa haluttai-

siin selvittää hyvin suuren ihmisjoukon mielipiteitä. Tässä työssä suuren asiantuntijajoukon kokoaminen olisi saattanut olla haastavaa ja esimerkiksi pakkaamisen osalta ei ollut mielestäni tarpeellista hankkia satoja mielipiteitä. Tuloksien luotettavuuteen suurella haastattelumäärällä olisi ollut kuitenkin positiivinen vaikutus.

Tutkimukseen kerättiin tietoa eri teorialähteistä, kuten kirjallisuudesta, artikkeleista ja internetlähteistä sekä haastatellen asiantuntijoita ja suorittamalla havainnointia toimeksiantajayrityksessä. Haastattelu on tiedonkeruun muoto, jossa haastateltavan henkilökohtaiset mielipiteet ja asenteet saattavat vaikuttaa paljonkin saataviin vastauksiin. Näin jälkepäin ajateltuna olisi kannattanut haastatella hieman suurempaa joukkoa alan asiantuntijoita, jotta olisi ollut mahdollista saada monipuolisempaa tietoa ja mahdollisesti eriäviäkin mielipiteitä ja ajatuksia. Teoriaosuudessa olisi voinut mennä vielä syvemmälle rakennustekniikan osalta liittyen erityisesti nostojen aiheuttamaan rasitteeseen ja pohtia vielä tarkemmin riittävää jäykkyyttä nostoja ajatellen. Lisäksi nostoihin liittyen esimerkiksi nostoapuvälineiden, kuten nostosilmukkamuttereiden ja kierretangon alapuolisen metallilätkän mitoittamiset olisi voinut periaatteessa laskea. Toisaalta työmäärä olisi ollut hyvin suuri, jos jokaiselle rakennusmallille olisi eri hirsivahvuuksien mukaan laskettu mallikohtaiset mitoitusmitat. Lisäksi mitoittaminen olisi mennyt syvästi materiaalitekniikan seikkojen puolelle, joita ei ollut nimetty alkuperäiseksi tutkimusongelmaksi. Teoria perustuu monin osin lainsäädäntöön ja tulokset kehottavat toimeksiantajaa ottamaan asioita huomioon kertoen raamit jollekin toiminnolle. Tuloksissa ei suoraviivaisesti kerrota, että tee asia x tällä tavalla, vaan raamien y sisällä.

Toimeksiantajayritys on suuren muutoksen edessä nostaessaan jalostusastettaan aloittaessaan hirsirakennusten kasaamisen valmiiksi sääsuojassa ja kuljettamalla ne valmiina toimituskohteeseen. Kahden esimerkimmallin, Lumpeen ja Puulaveden, pakkaus, lastaus ja sidonta voidaan teoriassa toteuttaa tässä työssä esiteltyin menetelmin. Teoriassa siksi, että yhtään kokonaista Lummetta tai Puulavettä ei ole vielä nostettu ja lastattu ajoneuvoon. Tulevaisuus opettaa, mitkä ovat käytännössä toimivimmat prosessit pakkaukseen, lastaamiseen ja sidontaan ja siksi kehittämistä kannattaa jatkaa yhä edelleen avoimin silmin.

Tieteellisen tutkimuksen tekeminen ja koko opinnäytetyöprosessi oli tutkimuksen tekijälle täysin uutta ja vei jonkin verran energiaa ja panosta varsinaisesta sisällöstä. Ongelmaksi muodostui välillä myös alkuperäisessä aikataulusuunnitelmassa pysyminen. Välillä työn teosta oli taukoja, jonka jälkeen työn pariin pureutuminen tuntui haastavalta ja vaati paljon keskittymistä muistella, mitä nyt ollaankaan tekemässä.

Lähteet

- A 12.6.2008/403. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Viitattu 26.2.2020.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=nostoty%C3%B6>
- Erikoiskuljetukset. 2020. Erikoiskuljetuksen määrittely ELY-keskuksen sivustolla. Viitattu 18.3.2020. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset>
- Erikoiskuljetusluvan tarve. 2017. Tietoisku erikoiskuljetusluvan tarpeellisuudesta ELY-keskuksen sivustolla. Viitattu 18.3.2020. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetusluvan-tarve>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. osin uud. p. Helsinki: Tammi.
- Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uud. p. Kangasniemi: Sho Business Development.
- Huhta, M. 2020. Tehtaanjohtaja. Muurametalot Oy. Haastattelu 24.3.2020.
- Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 202. Jyväskylä: Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. E-kirja.
- Karrus, K. E. 2001. Logistiikka. 3.-4. p. Helsinki: WSOY.
- Kunnon hirttä. N.d. Raaka-aineen esittely Puula Hirsitalo Oy:n sivustolla. Viitattu 26.1.2020. <https://www.puulahirsitalo.com/rakentaminen/miksi-valita-puula>
- Kuormaus ja merkinnät. 2017. Kuormauksen ja merkintöjen pääperiaatteet ELY-keskuksen sivustolla. Viitattu 18.3.2020. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kuormaus-ja-merkinta>
- L 11.12.2002/1090. Ajoneuvolaki. Viitattu 6.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090#L2>
- L 14.12.1982/940. Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä. Viitattu 17.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1982/19820940>
- L 23.3.1979/345. Tiekuljetussopimuslaki. Viitattu 5.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1979/19790345>
- L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki. Viitattu 26.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- L 24.5.2017/320. Laki liikenteen palveluista. Viitattu 14.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170320#O2L1P14>

L 31/2019. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta. Viitattu 20.2.2020.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190031#Pidp446993440>

L 4.12.1992/1257. Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä. Viitattu 20.2.2020.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19921257#L4aP30g>

Laitinen, K., Keskisaari, V., Rajava, S. & Kulonen, O. 2019. Erikoiskuljetukset suunnittelussa. Opas erikoiskuljetusten suunnittelun tueksi. Helsinki: Suomen Kuntaliitto ja kirjoittajat. Viitattu 19.3.2020. Saantitapa:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf9/kuntaliitto_erikoiskuljetukset_ebook.pdf

Logistiikan maailma – Termisanasto. N.d. Logistiikan termisanasto Logistiikan Maailma sivustolla. Viitattu 5.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/sanas-tot/logistiikan-maailma-termisanasto/>

Lowe, D. & Pidgeon C. 2019. Lowe's transport manager's & operator's handbook 2019. Iso-Britannia: KoganPage.

Maanteiden tavaraliikenne Suomessa. 2019. Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry:n toimialakatsaus SKAL:n sivustolla. Viitattu 5.2.2020. https://www.skal.fi/sites/default/files/sisaltosivujen_tiedostot/skal_toimialakatsaus_2019_web.pdf

Maantiekuljetusten kalusto. N.d. Tavarankuljetuksissa yleisimmin tavattu kalusto Logistiikan maailma sivustolla. Viitattu 6.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/kalusto/>

Malhotra, M. 2017. Mold illness from water damage – Myth or reality? Artikkelin Anchor Wellness Center -sivustolla. Viitattu 17.4.2020.

<https://anchorwellnesscenter.com/mold-illness-water-damage-myth-reality/>

Mallisto. N.d. Puulan hirsirakennusmallisto Puula Hirsitalo Oy:n sivustolla. Viitattu 26.1.2020. <https://www.puulahirsitalo.com/mallisto>

Materiaalien toimitukset ja varastointi. N.d. Kosteudenhallinnan huomioiminen Rakentamisen kosteudenhallinta -sivustolla. Viitattu 26.3.2020.

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/materiaalien-toimitukset-ja-varastointi>

Milloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita EU- ja ETA-valtiossa rekisteröidylle ajoneuvolle. 2019. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Taulukko ELY-keskuksen sivuilla, josta selviää ajoneuvolle tai yhdistelmälle suurimmat sallitut mitat, joille ei tarvita erikoiskuljetuslupaa. Viitattu 19.3.2020. http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/37657186/vapaat_mittarajat_2019_05042019.pdf/53ab3559-dc5a-446e-af72-13cb5f574c2b

Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. Opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto, liikenne- ja kuljetustekniikan laitos.

Nissinen, S. & Koskenvesa, A. 2004. Pientalon kustannukset. 2. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Näin Puulan hirsirakennukset valmistetaan. N.d. Tietoa Puulan hirsirakentamisesta Puula Hirsitalo Oy:n sivustolla. Viitattu 26.1.2020. <https://www.puulahirsitalo.com/rakentaminen>

Palveluhinnasto. N.d. Palveluhinnasto 24/7 Pilot & route survey service Finland Oy -sivustolla. Viitattu 1.5.2020. <https://www.juhamattila.com/>

Pannimaa, M. 2020. Lastaus- ja pakkaustyöntekijä. Muurametalot Oy. Haastattelu 24.3.2020.

Piilemä M. 2020. Pituutta 40 metriä ja leveyttä kuutisen metriä – erikoiskuljetus tukki VT 23:n kierto liittymät Keuruulla. Uutinen Suur-Keuruu lehden nettisivulla. Viitattu 19.3.2020. <https://www.suurkeuruu.fi/a/105274b1-6f51-4584-8536-8c418ffa1592>

Smith, R. E. 2016. Off-site and modular construction explained. Artikkelin Whole building design guide -sivustolla. Viitattu 1.4.2020. <https://www.wbdg.org/resources/site-and-modular-construction-explained#ar>

Säyriö, J. 2016. Tilaelementtirakentamisen vertaaminen paikalla rakentamiseen. Tuotannolliset näkökulmat. Opinnäytetyö, AMK. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 27.3.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107594/Sayrio_Jere.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tapaninen, U. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Helsinki: Gaudeamus.

Tavaraliikenneyrittäjä. 2017. 52. painos. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Tieverkko. N.d. Tieverkon esittely Väyläviraston sivustolla. Viitattu 4.2.2020. <https://vayla.fi/tieverkko#.XjlfpGgzY2w>

TRAFICOM/94450/03.04.03.00/2019. 2019. Erikoiskuljetusmääräys. Liikenne- ja viestintäministeriön määräys erikoiskuljetuksia ja erikoiskuljetusajoneuvoja koskien. Viitattu 18.3.2020. https://www.finlex.fi/data/normit/45074/TRAFICOM_94450_03.04.03.00_2019_FI_Erikoiskuljetukset_ja_erikoiskuljetusajoneuvot.pdf

Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12. 2010. Nostoapuvälineet – Turvallisuus. Tampere: Työsuojeluhallinto. Viitattu 13.4.2020. Saantitapa: https://nostokonepalvelu.fi/sites/nostokonepalvelu.fi/files/Nostoapuvalineet_turvallisuus.pdf

Yksilölliset ja laadukkaat hirsirakennukset! N.d. Yritysesittely Puula Hirsitalo Oy:n sivustolla. Viitattu 26.1.2020. <https://www.puulahirsitalo.com/yritys>

Yksitystien hoito ja ylläpito. N.d. Tietoa yksityisteiden hoidon ja ylläpidon järjestämisestä Maanmittauslaitoksen sivustolla. Viitattu 4.2.2020. <https://www.maanmittauslaitos.fi/huoneistot-ja-kiinteistot/kiinteistot-ja-kiinteistokauppa/yksitystien-hoito-ja-yllapito>

Liitteet

Liite 1. Kuorma-autojen, perävaunujen ja yhdistelmien sallitut massat.

Akselimassat		
10 t	Yleinen akselimassaraja, jota saattaa rajoittaa alemmaksi rengas-, jousitus ja akselistorakenteet lähinnä etuakselin osalta.	
11,5 t	Sallittu auton vetävälle akselille	
Auton telimassat		
Telityyppi	Sallittu massa	Erityisehdot
2-aks.	11,5 t	telin akseliväli pienempi kuin 1,0 metriä
2-aks.	16 t	telin akseliväli 1,0 - 1,3 m
2-aks.	18 t	yleisin massa nousutelille 1,3 - 1,8 m:n telivälillä
2-aks.	19 t	1,3 - 1,8 m:n telivälillä ja kukin vetävistä akseleista on varustettu paripyörin eikä yhdellekään akselille kohdistuva massa ylitä 9,5 t.
2-aks.	20 t	1,3 - 1,8 m:n telivälillä ja kukin vetävistä akseleista on varustettu paripyörin ja ilmajousituksella tai sitä vastaavalla.
2-aks.	21 t	1,3 - 1,8 m:n telivälillä, jos telin kumpikin akseli on varustettu ilmajousituksella tai sitä vastaavalla ja paripyörin taikka jos telin molemmat akselit ovat vetäviä ja varustettu paripyörin eikä yhdellekään akselille kohdistuva massa ylitä 10,5 t.
3-aks.	21 t	Telin akselivälit enintään 1,3 m.
3-aks.	24 t	Telin akselivälit vähintään 1,3 m.
3-aks.	27 t	Telin akselivälit väh. 1,3 m ja väh. kaksi telin akseleista paripyörin varustettu.
Perävaunun telimassat		
Telityyppi	Sallittu massa	Erityisehdot
2-aks.	11 t	telin akseliväli alle 1,0 m
2-aks.	16 t	telin akseliväli alle 1,0 - 1,3 m
2-aks.	18 t	telin akseliväli alle 1,3 - 1,8 m
2-aks.	20 t	telin akseliväli väh. 1,8 m
3-aks.	21 t	telin akseliväli enintään 1,3 m
3-aks.	24 t	telin akseliväli suurempi kuin 1,3 m
4-aks. tai enemmän	24 t	4- tai useampiakselinen teli
4-aks. tai enemmän	27 t	4- tai useampiakselinen teli, telin akselivälit väh. 1,3 m.

4-aks. tai enemmän	30 t	4- tai useampiakselinen teli, telin akselivälit väh. 1,3 m. Telin ääriakseliväli väh. 4,7 m.
5-aks. Tai enemmän	36 t	5- tai useampiakselinen teli, telin akselivälit väh. 1,3 m. Telin ääriakseliväli väh. 6,7 m.

Ajoneuvomassat		
Auton tyyppi	Sallittu kokonaismassa	Eritisehdot
2-aks.	18 t	muu kaksiakselinen auto kuin linja-auto
3-aks.	25 t	
3-aks.	26 t	Jos vetävä akseli on varustettu paripyörin ja ilmajousituksella tai sitä vastaavalla taikka mikäli kukin vetävä taka-akseli on varustettu paripyörin eikä yksikään akselille kohdistuva massa ylitä 10,5 t.
3-aks.	28 t	Akseleista 2 varustettu paripyörin tai toinen taka-akseleista on ohjaava/ohjautuva ja varustettu väh. 385 mm leveillä renkailla ja vetävä akseli on varustettu paripyörin ja ilmajousituksella tai vastaavalla.
4-aks.	31 t	
4-aks.	35 t	Jos vetävä akseli on varustettu paripyörin ja ilmajousituksella tai sitä vastaavalla taikka mikäli kukin vetävä taka-akseli on varustettu paripyörin eikä yksikään akselille kohdistuva massa ylitä 10,5 t.
5-aks.	42 t	

Siltasääntö

Ajoneuvon ääriakseliväli vaikuttaa sallittuun kokonaismassaan. Alla esitetyillä kaavoilla on mahdollista laskea sallitut kokonaismassat eri ääriakseliväleille. HUOM. Ajoneuvoille säädetty kokonaismassat saattavat kuitenkin olla rajoittava tekijä.

Siltasääntö (t) 4-aks. autolle

=

$$20 t + \frac{e - 1,8m}{0,1m} * 0,32 t$$

Siltasääntö (t) 5-aks. autolle =

=

$$20 t + \frac{e - 1,8m}{0,1m} * 0,35 t$$

e = ääriakselivälin etäisyys

Siltasääntö 4-akseliselle autolle

Ääriakseliväli (e) metriä	Sallittu massa kg
5,2	30880
5,3	31000
5,4	31520
5,5	31840

5,6	32160				
5,7	32480				
5,8	32800				
5,9	33120				
6	33440				
6,1	33760				
6,2	34080				
6,3	34400				
6,4	34720				
6,5	35000				
Siltasääntö 5-akseliselle autolle					
Ääriakseliväli (e) metriä	Sallittu massa kg				
7,5	39950				
7,6	40300				
7,7	40650				
7,8	41000				
7,9	41350				
8	41700				
8,1	42000				
Yhdistelmien maksimimassat					
Ääriakseliväli metriä	Sallittu massa (kg)	Ääriakseliväli metriä	Sallittu massa (kg)	Ääriakseliväli metriä	Sallittu massa (kg)
9,3	44000	13,7	58080	18,1	72160
9,4	44320	13,8	58400	18,2	72480
9,5	44640	13,9	58720	18,3	72800
9,6	44960	14	59040	18,4	73120
9,7	45280	14,1	59360	18,5	73440
9,8	45600	14,2	59680	18,6	73760
9,9	45920	14,3	60000	18,7	74080
10	46240	14,4	60320	18,8	74400
10,1	46560	14,5	60640	18,9	74720
10,2	46880	14,6	60960	19	75040
10,3	47200	14,7	61280	19,1	75360
10,4	47520	14,8	61600	19,2	75680
10,5	47840	14,9	61920	19,3	76000
10,6	48160	15	62240		
10,7	48480	15,1	62560		
10,8	48800	15,2	62880		
10,9	49120	15,3	63200		
11	49440	15,4	63520		
11,1	49760	15,5	63840		
11,2	50080	15,6	64160		
11,3	50400	15,7	64480		
11,4	50720	15,8	64800		

Siltasääntö saattaa rajoittaa yli 44 tonnin yhdistelmien massoja.

11,5	51040	15,9	65120
11,6	51360	16	65440
11,7	51680	16,1	65760
11,8	52000	16,2	66080
11,9	52320	16,3	66400
12	52640	16,4	66720
12,1	52960	16,5	67040
12,2	53280	16,6	67360
12,3	53600	16,7	67680
12,4	53920	16,8	68000
12,5	54240	16,9	68320
12,6	54560	17	68640
12,7	54880	17,1	68960
12,8	55200	17,2	69280
12,9	55520	17,3	69600
13	55840	17,4	69920
13,1	56160	17,5	70240
13,2	56480	17,6	70560
13,3	56800	17,7	70880
13,4	57120	17,8	71200
13,5	57440	17,9	71520
13,6	57760	18	71840

(Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 285-288; L 31/2019.)

Liite 2. Milloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita.



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

**MILLOIN ERIKOISKULJETUSLUPAA EI
TARVITA EU- JA ETA-VALTIOSSA
REKISTERÖIDYLLE AJONEUVOLLE**
5.4.2019

Erikoiskuljetuksen suurimmat mitat ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien määräyksen mukaan, joille **ei tarvita kuljetuslupaa**. Vaikka erikoiskuljetus ei tarvitsisikaan mittojensa perusteella lupaa, on **aina** noudatettava erikoiskuljetuksen merkitsemisestä ja varoitustoimenpiteistä annettuja määräyksiä.

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

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

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

¹⁾ Tielle yleisesti sallittua tai ajoneuvoa suurempi mitta saa tulla vain jakamattomasta kuormasta.

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

³⁾ Luvan saa enintään leveydelle 4,00 metriä ja enintään pituudelle 18,00 metriä.

⁴⁾ Luvan saa enintään leveydelle 4,00 metriä.

⁵⁾ Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmän tai kuorma-auton ja usean perävaunun yhdistelmän leveyden ollessa enintään 3,50 metriä, pituuden vapaa mittaraja on 34,50 metriä. Leveyden ylittäessä 3,50 metriä, pituuden vapaa mittaraja on 30,00 metriä.

⁶⁾ Pituuden tulee kuormaamattomana ylittää tiellä yleisesti sallittu mitta.

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

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

(Milloin erikoiskuljetuslupaa ei tarvita EU- ja ETA-valtiossa rekisteröidylle ajoneuvolle
2019)


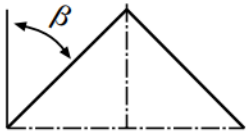
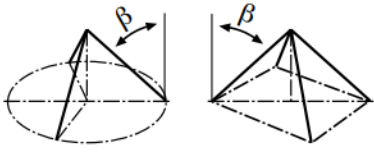
Liite 3. Rakennusmalliston hirsikehikkojen mitat ja massat hirsityypin mukaan.

3		Puula Hirsitalo mallisto		Hirsikehikko							
4	Malli	Tyyppi	Pituus [mm]	Leveys [mm]	Korkeus [mm]	4-massiivi	5-massiivi	5-lamelli	6-lamelli	165-lamelli	
5	Neva	Sauna - harja	4520	2840		1351	1591	1628	1887	2590	
6	Neva	Sauna - pulpetti	4520	2840		1351	1591	1628	1887	2590	
7	Kaisla	SaunaPkh - pulpetti	5440	2840		2095	2468	2526	2927	4018	
8	Vehka	SaunaTupa - pulpetti	6140	2840		2278	2683	2746	3182	4368	
9	Vehka B	SaunaTupa - pulpetti	6140	2840		2278	2683	2746	3182	4368	
10	Sara	SaunaPkhTupa - pulpetti	7440	2840		2862	3371	3450	3998	5488	
11	Lumme	SaunaPhTupa - pulpetti	7840	3440		3190	3758	3846	4457	6118	
12	Höyhen A	Pariaitta - pulpetti	6140	2840		2234	2632	2693	3121	4284	
13	Höyhen B	Pariaitta - pulpetti	6140	2840		2234	2632	2693	3121	4284	
14	Sulka	Pariaitta - harja	6140	2840		2234	2632	2693	3121	4284	
15	Töyhtö	Pariaitta - harja	6440	3440		2657	3130	3203	3713	5096	
16	Untuva A	Aitta - pulpetti	3340	2840		1431	1686	1725	1999	2744	
17	Untuva B	Aitta - harja	3440	3340		1511	1780	1822	2111	2898	
18	Koivikko A	Mökki - ei kattoa	7140	3940	2880	2336	2752	2816	3264	4480	
19	Koivikko B	Mökki - ei kattoa	7140	3940	2880	2336	2752	2816	3264	4480	
20	Koivikko B	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
21	Männikkö A	Mökki - ei kattoa	8340	3940	2880	3022	3560	3643	4223	5796	
22	Männikkö B	Mökki - ei kattoa	8340	3940	2880	3022	3560	3643	4223	5796	
23	Ratamo	SaunaPkh - pulpetti	4440	3340		2012	2370	2425	2811	3858	
24	Ratamo	Tupa - pulpetti	3440	3340		1559	1836	1879	2178	2989	
25	Ratamo	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
26	Lieko	SaunaPkh	4540	2840		1752	2064	2112	2448	3360	
27	Lieko	Tupa - pulpetti	4840	2840		1752	2064	2112	2448	3360	
28	Lieko	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
29	Jalava	Tupa - ei kattoa	6440	3340	2880	2504	2950	3018	3499	4802	
30	Jalava	SaunaPkh - pulpetti	5240	2840		2095	2468	2526	2927	4018	
31	Jalava	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
32	Viilukko	Tupa - ei kattoa	5440	3440	2520	2599	3062	3133	3631	4984	
33	Viilukko	Mh - ei kattoa	3940	3440	2520	1752	2064	2112	2448	3360	
34	Viilukko	SaunaPkh - pulpetti	5040	2840		2095	2468	2526	2927	4018	
35	Viilukko	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
36	Pielinen	Oh - ei kattoa	7640	3940	2837	2859	3369	3447	3995	5484	
37	Pielinen	MhWc - ei kattoa	7640	3940	2837	2859	3369	3447	3995	5484	
38	Pielinen	EteinenMh ja puutavara				0	0	0	0	0	
39	Inari	Oh - ei kattoa	8140	3940	2837	3062	3607	3691	4278	5872	
40	Inari	MhWc - ei kattoa	8140	3940	2837	3062	3607	3691	4278	5872	
41	Inari	Terassi ja ja puutavara				0	0	0	0	0	
42	Puulavesi	TupaMh - ei kattoa	8140	3840	2837	2748	3237	3312	3839	5270	
43	Puulavesi	MhWc - ei kattoa	8140	3840	2837	2748	3237	3312	3839	5270	
44	Puulavesi	RH ja puutavara				0	0	0	0	0	

Liite 4. Rakennusmalliston kuljetusmitat ja -massat hirsityypin mukaan.



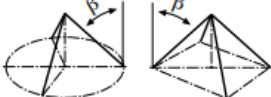

3		Puula Hirsitalo mallisto		Kuljetusmitat							
4	Malli	Tyyppi	Pituus kuljetus [mm]	Leveys kuljetus [mm]	Korkeus kuljetus [mm]	4-massiivi massa [kg]	5-massiivi massa [kg]	5-lamelli massa [kg]	6-lamelli massa [kg]	165-lamelli massa [kg]	Hirsi [m]
5	Neva	Sauna - harja	5300	3401	3019	2351	2591	2628	2887	3590	185
6	Neva	Sauna - pulpetti	5300	3401	3019	2351	2591	2628	2887	3590	185
7	Kaisla	SaunaPkh - pulpetti	6000	3401	3019	3095	3468	3526	3927	5018	287
8	Vehka	SaunaTupa - pulpetti	6700	3401	3019	3278	3683	3746	4182	5368	312
9	Vehka B	SaunaTupa - pulpetti	6700	3401	3019	3278	3683	3746	4182	5368	312
10	Sara	SaunaPkhTupa - pulpetti	8000	3401	3019	3862	4371	4450	4998	6488	392
11	Lumme	SaunaPhTupa - pulpetti	8400	4200	3400	4190	4758	4846	5457	7118	437
12	Höyhen A	Pariaitta - pulpetti	6700	3401	3019	3234	3632	3693	4121	5284	306
13	Höyhen B	Pariaitta - pulpetti	6700	3401	3019	3234	3632	3693	4121	5284	306
14	Sulka	Pariaitta - harja	6700	3401	3019	3234	3632	3693	4121	5284	306
15	Töyhtö	Pariaitta - harja	7000	4000	3019	3657	4130	4203	4713	6096	364
16	Untuva A	Aitta - pulpetti	3900	3401	3019	2451	2686	2725	2999	3744	196
17	Untuva B	Aitta - harja	4000	3401	3019	2511	2780	2822	3111	3898	207
18	Koivikko A	Mökki - ei kattoa	7140	3940	2880	3336	3752	3816	4264	5480	320
19	Koivikko B	Mökki - ei kattoa	7140	3940	2880	3336	3752	3816	4264	5480	320
20	Koivikko B	Terassi ja ja puutavara	7140	2500	1500	1000	1000	1000	1000	1000	0
21	Männikkö A	Mökki - ei kattoa	8340	3940	2880	4222	4760	4843	5423	6996	414
22	Männikkö B	Mökki - ei kattoa	8340	3940	2880	4222	4760	4843	5423	6996	414
23	Ratamo	SaunaPkh - pulpetti	4720	3800	3019	2612	2970	3025	3411	4458	275,6
24	Ratamo	Tupa - pulpetti	3720	3800	3019	2159	2436	2479	2778	3589	213,5
25	Ratamo	Terassi ja ja puutavara	3340	2500	1000	600	600	600	600	600	0
26	Lieko	SaunaPkh	4820	3401	3019	2352	2664	2712	3048	3960	240
27	Lieko	Tupa - pulpetti	5400	3300	3019	2352	2664	2712	3048	3960	240
28	Lieko	Terassi ja ja puutavara	3000	2500	1000	600	600	600	600	600	0
29	Jalava	Tupa - ei kattoa	6440	3340	2880	3304	3750	3818	4299	5602	343
30	Jalava	SaunaPkh - pulpetti	5520	3401	3019	2895	3268	3326	3727	4818	287
31	Jalava	Terassi ja ja puutavara	6000	2500	1000	800	800	800	800	800	0
32	Viilukko	Tupa - ei kattoa	5440	3440	2520	3299	3762	3833	4331	5684	356
33	Viilukko	Mh - ei kattoa	3940	3440	2520	2452	2764	2812	3148	4060	240
34	Viilukko	SaunaPkh - pulpetti	5600	3401	3019	2795	3168	3226	3627	4718	287
35	Viilukko	Terassi ja ja puutavara	3000	2500	1000	700	700	700	700	700	0
36	Pielinen	Oh - ei kattoa	7640	3940	2837	3459	3969	4047	4595	6084	391,7
37	Pielinen	MhWc - ei kattoa	7640	3940	2837	3459	3969	4047	4595	6084	391,7
38	Pielinen	EteinenMh ja puutavara	6000	2500	1000	600	600	600	600	600	0
39	Inari	Oh - ei kattoa	8140	3940	2837	3862	4407	4491	5078	6672	419,4
40	Inari	MhWc - ei kattoa	8140	3940	2837	3862	4407	4491	5078	6672	419,4
41	Inari	Terassi ja ja puutavara	6800	3500	1000	800	800	800	800	800	0
42	Puulavesi	TupaMh - ei kattoa	8140	3840	2837	3448	3937	4012	4539	5970	376,4
43	Puulavesi	MhWc - ei kattoa	8140	3840	2837	3448	3937	4012	4539	5970	376,4
44	Puulavesi	RH ja puutavara	8000	2500	1000	700	700	700	700	700	0

Liite 5. Kettinkiraksien haarakertoimista riippuva nimelliskuorma kuormituksen ollessa symmetrinen.

Nimelliskuormat, t				
 Yksihaaraiset raksit	 Kaksihaaraiset raksit		 Kolmi- ja neliharaiset raksit	
	$0^\circ < \beta \leq 45^\circ$	$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$	$0^\circ < \beta \leq 45^\circ$	$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$
	Kerroin 1,4	Kerroin 1,0	Kerroin 2,1	Kerroin 1,5
0,5	0,71	0,5	1,06	0,75
0,8	1,12	0,8	1,6	1,18
1,12	1,6	1,12	2,36	1,7
1,5	2,12	1,5	3,15	2,24
2	2,8	2	4,25	3
3,15	4,25	3,15	6,7	4,75
5,3	7,5	5,3	11,2	8
8	11,2	8	17	11,8
10	14	10	21,2	15
11,2	16	11,2	23,6	17
12,5	17	12,5	26,5	19
15	21,2	15	31,5	22,4
16	23,6	16	35,5	25
20	28	20	40	30

Pohjautuu SFS-EN 818-4 standardiin.

Liite 6. Kuitusydämisten, puristusholkkiitoksella varustettujen luokkien 6x19 ja 6x36 raksien nimelliskuormat.

	Yksihaarainen raksi	Kaksihaarainen raksi		Kolmi- ja nelihaarainen raksi		Päätön raksi
Kulma pystysuoraan nähden (kaltevuuskulma)	0°	0° ... 45°	yli 45° ... 60°	0° ... 45°	yli 45° ... 60°	0°
						
	Suora	Suora	Suora	Suora	Suora	Kiristävä silmukka
Köydennimellis-halkaisija mm	Nimelliskuormat t					
8	0,700	0,950	0,700	1,50	1,05	1,10
9	0,850	1,20	0,850	1,80	1,30	1,40
10	1,05	1,50	1,05	2,25	1,60	1,70
11	1,30	1,80	1,30	2,70	1,95	2,12
12	1,55	2,12	1,55	3,30	2,30	2,50
13	1,80	2,50	1,80	3,85	2,70	2,90
14	2,12	3,00	2,12	4,35	3,15	3,30
16	2,70	3,85	2,70	5,65	4,20	4,35
18	3,40	4,80	3,40	7,20	5,20	5,65
20	4,35	6,00	4,35	9,00	6,50	6,90
22	5,20	7,20	5,20	11,0	7,80	8,40
24	6,30	8,80	6,30	13,5	9,40	10,0
26	7,20	10,0	7,20	15,0	11,0	11,8
28	8,40	11,8	8,40	18,0	12,5	13,5
32	11,0	15,0	11,0	23,5	16,5	18,0
36	14,0	19,0	14,0	29,0	21,0	22,5
40	17,0	23,5	17,0	36,0	26,0	28,0
44	21,0	29,0	21,0	44,0	31,5	33,5
48	25,0	35,0	25,0	52,0	37,0	40,0
52	29,0	40,0	29,0	62,0	44,0	47,0
56	33,5	47,0	33,5	71,0	50,0	54,0
60	39,0	54,0	39,0	81,0	58,0	63,0
Haarakerroin K_L	1	1,4	1	2,1	1,5	1,6

Terässydämisillä köysirakseilla nimelliskuorma on hiukan suurempi kuin vastaavalla kuitusydämisellä köysiraksilla. Nimelliskuormat (WLL) perustuvat oletukseen, että yksihaaraisen raksin pehmeän silmukan kantopisteiden halkaisija on vähintään kaksi kertaa köyden halkaisija. Mikäli köysiraksin nostolenkissä ei ole koussia, on sakkelin halkaisijan oltava vähintään kaksi kertaa köyden halkaisija.

