



# Teräsköydellä varustetun paloautojen keulavinssin turvallinen testaus

Aki-Petri Ahvenranta

Opinnäytetyö, AMK  
Syyskuu 2022  
Kone- ja tuotantotekniikka

**Ahvenranta, Aki-Petri**

### **Teräsköydellä varustetun paloautojen keulavinnin turvallinen testaus**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Syyskuu 2022**, 68 sivua

Kone ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

#### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli huolto- ja kunnossapitotoimintaan keskittyvä Millog Oy, joka tunnetaan puolustusvoimien strategisena kumppanina. Paloautojen keulavinski on eräs tarkastettava kohde muun palo- ja pelastus kaluston lisäksi mitä yrityksessä huolletaan. Vinnin testaus tehdään vetämällä teräs-vaijeria vinnin maksimikuormituksella. Vaijerin katkeaminen kuormituksen ollessa huipussaan aiheuttaa työturvallisuuden kannalta vaarallisen vaijerin hallitsemattoman sinkoilun.

Millog Oy halusi kehittää vinnin tarkastuksen ja testauksen työturvallisuutta sekä työn laatua. Työssä tutkittiin vaijerin ominaisuuksia sekä selvitettiin SFS-ISO 4309:2021 standardin, nosturien vaijerien tarkastamisesta, perusteella teräsvaijerin hylkäysperusteet. Lisäksi perehdyttiin nykyaikaisten pelastus- ja hinauskäytössä olevien vinnien toimintaperiaatteisiin. Kuormitustestiin liittyi myös luonnontieteellisiä ilmiöitä kuten jännitys- ja kitkavoimat. Näitä voimien suuruuksia laskettiin hyödyntämällä fysiikan kaavoja.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin benchmarking-menetelmää tutkimus menetelmänä. Tutkimusta varten käytiin seuraamassa Saurus Oy:n tapa tehdä vinnin kuormituskoe. Vertailuanalyysi kehitti opinnäytetyön luotettavuutta ja antoi työlle laajemman näkökulman teorian ja Millogin näkemyksen lisäksi.

Opinnäytetyön johtopäätös siitä miten työturvallisuutta voidaan Millogilla vinnin testauksen osalta kehittää, oli vinnin ja vaijeriin liittyvän huolto-ohjeistuksen ja tarkastuspöytäkirjan päivittäminen. Tarkastuspöytäkirjasta puuttuvat tarkastuskohdat vaijerin tarkastamisen tärkeimmistä asioista sekä testausolosuhteiden huomioon ottaminen. Opinnäytetyön tärkeimmät tutkimustulokset olivat, että kuormituksen kohdistaminen koko vaijerin poikkipinta-alalle ja auton paikallaan pysyminen maksimikuormituksen aikana vähentää vaijerin katkeamisen todennäköisyyttä vinnin kuormitustestissä.

#### **Avainsanat (asiasanat)**

Teräsköysi, vaijeri, vinski, vintturi, työturvallisuus, jännitysvoima, kitkavoima, lepokitkakerroin

#### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Ahvenranta, Aki-Petri**

### **Safety of testing wire rope winches of firetrucks**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2022, 68 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineer. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The client of the thesis was Millog Oy, a service and maintenance company known as a strategic partner of the Finnish Defense Forces. The winches of firetrucks are one of the inspecting targets of rescue equipment services in company. Winch testing runs by pulling the wire rope with the maximum force, which the winch creates. If the wire rope breaks when the force is maximum, the ejection of breaking wire rope causes a severe risk of a work accident.

Millog Oy wanted to develop the work safety of winch inspection and testing and increase the quality of winch service work. The thesis explored features of wire ropes and examined the inspection and discarding of wire ropes based on SFS-ISO 4309:2021: Cranes – Wire ropes – Care and maintenance, inspection, and discard. Also, modern winches were examined, which are used on breakdown- and firetrucks. The forces of natural science like tension force and friction force are involved in the load test. Magnitudes of those forces were calculated by using physics.

One research method in the thesis was benchmarking. For the research, there was a chance of following the winch testing by Saurus Oy. Benchmarking developed work and expanded its visual angle and reliability.

The conclusion of the thesis on how to develop work safety of winch testing in Millog are updating maintenance plans and refining inspection protocol. The missing things from the inspection protocol are checking the significant points of wire rope and inspecting the testing circumstances. The main results of the thesis were to ensure that maximum winch load targeting in the whole cross-sectional area in wire rope and keeping the truck steady decrease the possibility of wire rope breaking during the winch testing.

### **Keywords/tags (subjects)**

Wire rope, wire, work safety, tension force, friction force

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>8</b>
2.1	Kehittämistutkimus .....	8
2.2	Tutkimusmenetelmät .....	9
2.3	Tutkimuskysymykset .....	11
2.4	Kehittämistutkimuksen luotettavuus ja eettisyys .....	11
2.5	Tiedonhaku ja lähdeaineiston valinta .....	12
<b>3</b>	<b>Teräsköysi – langasta köydeksi</b> .....	<b>13</b>
3.1	Perusrakenne .....	13
3.2	Säierakenteet .....	13
3.3	Merkinnät.....	16
3.4	Vaijerin voitelu .....	17
3.5	Vaijerin kunnan tarkastus .....	18
3.6	Uuden vinssivaijerin käyttöönotto .....	24
3.7	Synteettinen köysi.....	26
<b>4</b>	<b>Vinssi</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Vinssin käytön työturvallisuus</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Vinssaukseen liittyvät fysikaaliset ilmiöt</b> .....	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Millog Oy:n vinssintestaus</b> .....	<b>38</b>
7.1	Nykytilan kartoitus .....	39
7.2	Varaosavaijerit ja niiden kulutus varastosta .....	43
<b>8</b>	<b>Saurus Oy:n vinssintestaus</b> .....	<b>45</b>
8.1	Vinssintestauksen jännitys- ja kitkavoimat sekä vaijerikulman merkitys .....	51
<b>9</b>	<b>Tulokset ja niiden analysointi</b> .....	<b>55</b>
9.1	Vaijeri .....	55
9.2	Vinssi.....	56
9.3	Testaustapa .....	57
9.4	Työturvallisuus .....	59
<b>10</b>	<b>Loppuyhteenvedo ja pohdinta</b> .....	<b>60</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>63</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>66</b>
	Liite 1. Vinssin tarkastuspöytäkirja, Millog Oy .....	66
	Liite 2. Vinssin testauspöytäkirja, Saurus Oy .....	67

Liite 3. Turvallisuusohjeet .....	68
-----------------------------------	----

## Kuviot

Kuvio 1. Luotettavan tutkimusprosessin vaiheet.....	9
Kuvio 2. Teemahaastattelun logiikkaa. ....	10
Kuvio 3. Vaijerin perusrakenne .....	13
Kuvio 4. Vaijerien säierakenteet. ....	14
Kuvio 5. Säikeenpunonta .....	15
Kuvio 6. Punonnan merkinnät.....	15
Kuvio 7. Vaijerityyppien merkintöjen tulkinta .....	16
Kuvio 8. SFS-EN 12385-2+A1 standardin (2008) mukainen vaijerimerkintä.....	17
Kuvio 9. Säikeiden välissä olevat katkenneet langat tulevat esiin vasta vaijeria taivuttaessa. ...	20
Kuvio 10. Oikeaoppinen vaijerin halkaisijan mittaustapa.....	21
Kuvio 11. Korroosion eri asteita vaijereissa. Vasemmalla alhaalla näkyy vaijerin sisäistä korroosiota joka johtaa yleensä vaijerin hylkäämiseen. ....	22
Kuvio 12. Erilaisia muodonmuutoksia vaijereissa .....	23
Kuvio 13. Aaltomaisuuden mittaaminen .....	24
Kuvio 14. Uuden vaijerin purkaminen kiepiltä.....	24
Kuvio 15. Vaijeri tulee asentaa rummulle punontasuunnan mukaisesti.....	25
Kuvio 16. Ohjauksrullien väärä paikoitus heikentää vaijerin lujuutta. ....	26
Kuvio 17. Käsikäyttöisellä yksinkertaisella vinssillä hallitaan purjeiden naruja.....	27
Kuvio 18. Nykyaikainen ammattikäytössä oleva vinssi. ....	27
Kuvio 19. Vinssin pääosat. ....	28
Kuvio 20. Planeettavaihteen osat. ....	28
Kuvio 21. Warn M12000 sähkövinssin 3-portainen planeettavaihteisto. ....	29
Kuvio 22. Painavan kappaleen vinssaukseen liittyy jännitys- ja kitkavoimia.....	32
Kuvio 23. Voimat vetotilanteessa .....	33
Kuvio 24. Jännitys-venymäpiirros. ....	35
Kuvio 25. Säikeiden epätasainen kuormitus kun kaksi vaijerin säiettä on poikki.....	36
Kuvio 26. Säikeiden katkeamisien vaikutus vaijerin jännitykseen. ....	36
Kuvio 27. Väkipyörän avulla voiman tarpeen voi puolittaa .....	37
Kuvio 28. Impulsiivisen voiman graafinen kuvaus .....	38
Kuvio 29. Ajatuskartta eli MindMap asioista joita opinnäytetyön tutkimusvaiheessa selvitettiin.38	
Kuvio 30. Vinssintestauksen teemahaastattelu runko. ....	39

Kuvio 31. Telttahallin lattiaan kiinnitetty lenkki ja vetokyky mittaava etäluettava vetovaaka..	40
Kuvio 32. Kumisilla turvamatoilla pyritään vaimentamaan sinkoilua vaijerin katketessa.....	41
Kuvio 33. Kiinnityslenkin päästä katkennut vaijeri on singonnut kohti autoa.....	42
Kuvio 34. Havainnekuva vinssin testauksesta Millog Oy:ssä. ....	43
Kuvio 35. Varaosavaijerista erottuu hyvin säikeet ja lankojen määrät. Lankojen eri paksuudet viitaavat vastaamaan 6x36WS+FC tyyppin vaijeria. Oikealla eristetystä säikeestä näkyy Warrington-Seale rakenteelle tyypillinen ohuiden lankojen limittyminen paksumpien lankojen väliin. ....	44
Kuvio 36. Vaijerin tarkastusta Sauruksella. ....	46
Kuvio 37. Kalliossa oleva vetolenkki ja kuormitusta mittaava vetovaaka. ....	46
Kuvio 38. Vaijerin ja koukun välissä on koussi suojaamassa vaijeria. Koukussa oleva lukitussalpa varmistaa ettei koukku irtoa lenkistä. ....	47
Kuvio 39. Järeä terässokka varmistaa vinssin pysymisen autossa vedon aikana kiinni.....	47
Kuvio 40. Testaustilanteessa vaijeri on keskellä rumpua. ....	48
Kuvio 41. Vetotestin alkaessa vaijeri on ilmassa. Kuvassa näkyy miten turvamatto on vaijerin keskellä ja alueen eristämiseksi on laitettu varoitusmerkit. ....	48
Kuvio 42. Testattava hydraulivinssin maksimi vetokyky tyhjäkäynnillä oli 4570kg.....	49
Kuvio 43. Vertaileva havainnekuva vetotestauksesta Millogin ja Sauruksen välillä. ....	50
Kuvio 44. Vetotestissä autoon kohdistuvat voimat. ....	51
Kuvio 55. Vaijerin kulman esitys. ....	53
Kuvio 46. Ohjausrullien asemoinnilla on merkitystä kun vaijerilla vedetään eri kulmissa.....	54
Kuvio 47. Metallilenkki joka ottaa katkenneen vaijerin sinkoilun vastaan.....	59

## Taulukot

Taulukko 1. Vaijerin heikentymiseen vaikuttajat tekijät ja arviointimenetelmät .....	18
Taulukko 2. Rikkoutuneiden lankojen lukumäärät vaijerin tarkastuksessa.....	19
Taulukko 3. Sallitut muutokset halkaisijoissa. ....	22
Taulukko 4. Sähkövirran ja hydraulijärjestelmän paineen määrän vertailu vinssin vetokykyyn nähden. ....	30
Taulukko 5. Lepo- ja kitkakertoimia pintapareille. ....	34
Taulukko 6. Varaosavaijerien kulutus vuosina 2015-2022. ....	45
Taulukko 7. Vaijerin jännitysvoiman ja paloauton lepokitkan maksimivoiman vertailutaulukko.	53
Taulukko 8. Teoreettinen havainnekuva vinssin vetokyvystä mahdollisessa vinssin häiriötilassa.	57

# 1 Johdanto

Köydellä tai teräsvaijerilla varustettu vinssi on laite, jolla voidaan siirtää vetämällä raskaita kappaleita kuten puunrunkoja, veneitä ja ajoneuvoja. Keksintönä vinssi on satoja vuosia vanha. Vinssin toimintaperiaate perustuu pyörivän rummun ympärille kelautuvaan köyteen tai vaijeriin. Ennen vinssin rumpua pyöritettiin lihasvoimalla kammen avulla ja vinssien koot olivat suhteessa siirrettäviin kappaleisiin – mitä isompi kappale, sitä suurempi vinssi. Tekniikan kehittyessä vinssien koot ovat pienentyneet ja voimanlähteet muuttuneet käsikäyttöisten lisäksi hydraulikka- ja sähkömoottorikäyttöiseksi. Nykyään vinssitekniikkaa on käytössä mm. nostureissa, hinausautoissa ja laivoissa. (Banner 2019.) Pelastusajoneuvoihin kuuluvissa paloautoissa vinssi kuuluu osana auton kiinteää pelastus- ja raivauskalustoa (Pelastusajoneuvojen opas 2011, 19).

Pelastustehtävissä vinssiä käytetään ajoneuvojen ja kaatuneiden puiden tms. siirtämiseen. Lisäksi vinssi on tärkeä työkalu pelastustyössä, jota tarvitaan ihmisen pelastamiseen esimerkiksi kolarissa rutistuneen auton sisältä. Autoon puristunut ihminen voidaan pelastaa vinssaamalla auton korirakenne takaisin muotoon ja saada sen avulla pelastusreitti potilaan ulos saamiseksi onnettomuusautosta (Savolainen 2011). Niin pelastustehtävissä kuin raskaissa nosto- tai vetotehtävissä on ensisijaisen tärkeää, että vinssi ja siinä käytetty vaijeri ovat työhön tarkoitettu sekä kapasiteetiltaan oikein mitoitettu ja toimintakunnossa. Nykyään EU-alueella uudet koneet ja laitteet tulee olla CE-merkittyjä (Koneet ja laitteet 2020). CE-hyväksytyille konedirektiivin (2006/42/EY) vaatimusten mukaiselle koneelle tai laitteelle on määritelty miten ja missä rajoissa sen tulee toimia. Koneita ja laitteita huoltavan kunnossapitotoimijan tehtävä on taata niiden toimintakyky sen elinkaaren aikana.

PSK 6201 (2022) määrittelee kunnossapidon toimintojen kokonaisuudeksi, jonka tehtävä on pitää huollettava kohde vaaditun mukaisessa toimintakunnossa tai palauttaa se siihen. Paloauton kaluston määräaikaishuollon yhteydessä tarkastetaan myös vinssi, sen vaijeri sekä testataan näiden yhteistoimivuus maksimisuorituksella. Kun vinssin maksimivetokykyä testataan, kohdistuu vaijeriin suuri jännitys. Mikäli ennen testausta tarkastettu vaijeri kuitenkin syystä tai toisesta katkeaa, aiheutuu jännityksen laukeamisesta vaijerin päiden hallitsematon sinkoilu. Paloautoissa käytettävissä vinsseissä vaijerin halkaisija on noin 10–13 millimetriä. Testauksessa on olemassa vakava työtapaturmariski, mikäli vaijeri katkeaa jännityksen ollessa suurimmillaan.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, mitä asioita tulee huomioida, kun paloauton keulavinnin toimintakyky testataan huollon yhteydessä. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Millog Oy:n Lieves- tuoreen toimipiste. Millog Oy on kunnossapitoon keskittynyt yritys ja puolustusvoimien strategi- nen kumppani, jossa huolletaan mm. puolustusvoimien palo- ja pelastusautojen kalustoa. Huollon yhteydessä tarkastetaan ja testataan myös paloautojen keulavinski. Yrityksellä oli tarve opinnäyte- työlle, koska testaustapaa on kyseenalaistettu useasti katkenneiden vaijerien ja katkeamisista joh- tuvan työturvallisuuden vaarantumisen vuoksi. Millogilla testattavat vinnit ovat teräsköydellä eli vaijerilla varustettuja. Työssä käsiteltiin perusteellisesti vaijerin ominaisuuksia ja sen toimintaky- vyn varmistamista. Millogilla on esitetty nykytilanteeseen verrattuna toisen tyyppistä testausta- paa. Myös testauksen työturvallisuuden kehittämiseksi on tehty ehdotus. Toimeksiantaja haluaa opinnäytetyön tutkimuksesta lisää tietoa vinsseistä ja niissä käytettävistä vaijereista varmistaak- seen ehdotusten käytettävyyden. Tarvittaessa yritys soveltaa opinnäytetyöstä saatua tietoa, mikäli esitettyjä ehdotuksia täytyy muokata. Opinnäytetyöstä rajattiin ehdotusten käsittely pois, jotta tutkimusote pysyi neutraalina eivätkä ne ohjanneet työn tuloksia. Lisäksi opinnäytetyön tavoit- teena oli kehittää ammatillisuutta vinnin ja vaijerin tarkastusta ja testausta tekevän huoltohenki- lökunnan keskuudessa.

## **2 Tutkimusasetelma**

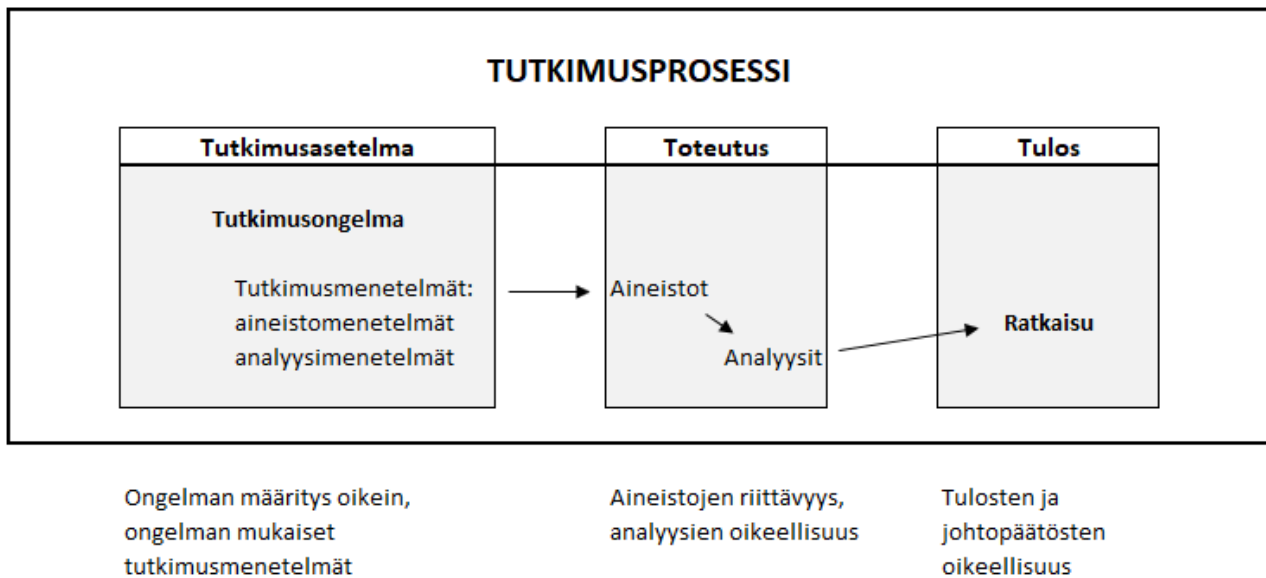
### **2.1 Kehittämistutkimus**

Opinnäytetyön tutkimusstrategiana oli kehittämistutkimus. Organisaatioissa tehdään paljon kehit- tämistyötä. Tämänkin opinnäytetyön aihe olisi voitu suorittaa kehitystyönä organisaation sisällä. Kun kehitystyöhön lisätään tutkimuksellinen ote, on silloin kyseessä kehittämistutkimus (Kananen 2012, 19). Kananen mukaan (2012, 20) kehittämistutkimus on yrityksen toimintaa kehittävää kehi- tystyötä tutkimusotteella. Opinnäytetyö sisältää aina tutkimusotteen ja pystyy tällöin antamaan toimeksiantajalle tietoa perusteellisemmin. Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin tutkimusotteena niin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta kuin kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Tämä on tyyppillistä kehittämistutkimuksessa, joka on monimenetelmätutkimus. Kehittämistutkimus pohjau- tuu aina ilmiöön liittyvään teorian tietoon (Kananen 2012, 20).

Kehittämistutkimuksen kohteita ovat tuote, menetelmä tai organisaatio (Kananen 2017, 18). Toi- sessa monimenetelmätutkimuksessa eli toimintatutkimuksessa, tutkimuksen kohteena on yleensä



ihmisten toiminta. Toimintatutkimuksessa tutkija on muutosprosessissa mukana. Kehittämistutkimuksessa tutkijan rooli on puolestaan tutkia ilmiötä ulkopuolisena ja nähdä käsiteltävä ongelma neutraalista näkökulmasta. Tämän opinnäytetyön tutkimusstrategiaa pohdittaessa kehittämiss tutkimus valikoitui parhaiten työssä sovellettavaksi tutkimukseksi. Opinnäytetyön tutkimusotteen ja luotettavuuden perustana oli tutkimusprosessi. Kuviossa 1 on esitetty tiivistetysti tutkimusprosessi Kanasen mukaan (2017, 71). Tutkimusprosessi varmistaa tutkimuksen luotettavuuden, kun kaikki siihen tarvittavat vaiheet on tehty.

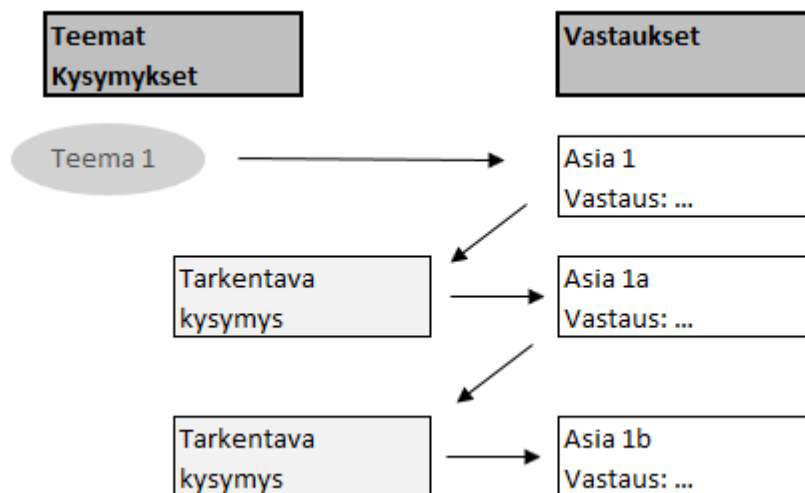


Kuvio 1. Luotettavan tutkimusprosessin vaiheet (Kananen 2017, 71 mukailtu).

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusta tehdessä on suunniteltava miten ja mitä aineistoa tarvitaan kyseessä olevan ilmiön tutkimiseen. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vinssin testaukseen liittyviä asioita. Näitä ovat sähkö- tai hydraulikäyttöinen vinssi, siinä käytetty teräsvaijeri sekä testaukseen liittyvä työturvallisuus. Tutkimuksen fokus tuli pitää testauksen turvallisuudessa. Kehittämiss tutkimus perustuu teorian tietoon, joka on laadullisen tutkimuksen yksi tiedonkeruumenetelmistä (Kananen 2012, 93). Kyseessä olevasta aiheesta selvitettiin teorian tietoa vaijerin ominaisuuksista, tarkastuksesta ja sen käsittelyyn liittyvistä asioista. Näitä tietoja oli hyvin saatavilla standardeista sekä valmistajien että maahan tuojien internet-sivustoilta. Myös vinssin toimintaperiaate ja siihen liittyvät turvallisuusohjeistus selvitettiin kirjallisuustiedon avulla.

Laadullista tutkimuksen muita tiedonkeruumenetelmiä ovat havainnointi ja teemahaastattelu (Kananen 2012, 93). Nämä molemmat kuuluivat vahvasti opinnäytetyön tutkimukseen. Havainnointi tapahtui tutustumalla nykyiseen testauspaikkaan ja sen olosuhteisiin. Haastattelut olivat pääosin vapaata vuoropuhelua ilmiöstä ryhmissä ja yksittäin. Haastattelussa hyödynnettiin teemahaastattelu menetelmää. Teemahaastattelulle tyypillistä onkin valittu aihealue, josta keskustellaan (Kananen 2012, 104). Kuviossa 2 on esitetty teemahaastattelun logiikka.



Kuvio 2. Teemahaastattelun logiikkaa (Kananen 2012, 104 mukailtu).

Opinnäytetyön tutkimukseen toi lisää näkökulmia ja luotettavuutta benchmarking-menetelmä. Benchmarking on menetelmä, jolla voidaan tehdä vertailevaa analysointia toisesta yrityksestä, jossa harjoitetaan samoja tai samankaltaisia toimintoja (What is benchmarking? n.d.). Vinssin testausta käytiin seuraamassa Saurus Oy:ssä, jossa tehdään myös vinssin tarkastusta ja kuormituksen testausta. Tätä kautta opinnäytetyö sai vertailevan näkökulman vinssintestauksesta Millog Oy:n ja Saurus Oy:n välillä. Yritysvierailussa toteutettiin Millogilla toteutettua teemahaastattelu ajatusta, jotta samojen kysymysten kautta käytyä keskustelua voitiin vertailla keskenään. Myös havainnoitavissa asioissa pyrittiin kiinnittämään samoihin asioihin huomiota yritysten välillä. Havainnoinnin apuvälineenä oli muistiinpanot sekä valo- ja videokuvaus mahdollisuus. Haastattelujen ja havainnoinnin pohjalta analysointi apuvälineinä toimivat Mind Mapping -tekniikka eli miellekartta sekä ongelman ratkaisua sekä syitä ja seurauksia analysoiva kalanruotokaavio.

Kehitystutkimukselle on tyypillistä, että laadullisen tutkimuksen lisäksi se sisältää myös määrällistä tutkimusta. Numeraalista mitattavuutta opinnäytetyöhön saatiin vinssintestaus pöytäkirjoista, työturvallisuushavaintojen määristä sekä varaosakulutuksista. Toimeksiantaja yrityksen tuotannonohjausjärjestelmänä on SAP. SAP:sta löytyi usean vuoden ajalta varaosakulutukset liittyen vajereihin ja vinsseihin. Vinssintestauksen aikana vaikuttavat voimat tunnistettiin ja laskettiin hyödyntäen fysiikkaa ja sen laskukaavoja.

### **2.3 Tutkimuskysymykset**

Opinnäytetyöhön kuuluu tutkittavaan ongelmaan liittyvät tutkimuskysymykset (Kananen 2012, 28). Näiden avulla työ rajautuu ja tutkimuksesta saadaan selville ne asiat mihin haetaan vastausta. Opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa yhdessä toimeksiantajan kanssa huolellisesti määritellyt tutkimuskysymykset antavat selkeän vision opinnäytetyölle. Tutkimuskysymykset kantavat opinnäytetyötä pitämällä asia sisällön tiiviisti määritellyssä ongelmassa. Tämän opinnäytetyön keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitkä tekijät nykyisessä testaustavassa voi aiheuttaa vajerien katkeamisen?
2. Mitkä ovat vaikuttavat voimat testauksen aikana?
3. Mitkä asiat kehittävät testauksen työturvallisuutta?

### **2.4 Kehittämistutkimuksen luotettavuus ja eettisyys**

Opinnäytetyö vaati perusteellisen tutkimuksen aiheeseen liittyvästä kirjallisuusmateriaalista, nykytilan kartoituksesta sekä lisäksi matemaattisia perusteita. Tällaisesta eri tietolähteiden, teorioiden ja haastattelujen yhdistämisestä tutkimuksessa käytetään termiä aineistotriangulaatio. Triangulaation avulla voidaan lisätä työn luotettavuutta. Perusteellisuuden lisäksi kriittisyys aineiston käsitteilyssä koko työn aikana on merkittävä osa luotettavaa ja eettisesti kestävästä tutkimustyötä. (Tutkimuksen toteuttaminen n.d.)

Työn aikana oli myös tärkeää huolehtia tarvittavista tutkimus- ja raportointiluvista. Kaikki työhön liittyvä kerätty aineisto koottiin omaan sähköiseen kansioon. Yritysluottamuksellista tietoa ei kerätty eikä tallennettu. Tutkimuksen aikana yritysluottamuksellisen tiedon käsittelyssä noudatettiin kunkin yrityksen vaatimaa menettelytapaa. Opinnäytetyön tekijän tuli allekirjoittaa toimeksiantajan velvoittama vaitiolovakuutus. Opinnäytetyö on kuitenkin julkinen, koska työn aihe perustui yksittäisen työvaiheen teknisen tapahtuman selvitykseen ja raportoinnissa huomioitiin sekä rajattiin pois toimeksiantajan sekä muiden työhön liittyvien yritysten, ihmisten ja asioiden luottamuksellisten tietojen jakaminen. Opinnäytetyön aiheeseen liittyviä vastaavia tutkimuksia ei julkisten opinnäytetöiden selauksen perusteella aikaisemmin ole tehty. Tämän vuoksi oli tärkeää noudattaa työssä hyvää tieteellistä käytäntöä.

## **2.5 Tiedonhaku ja lähdeaineiston valinta**

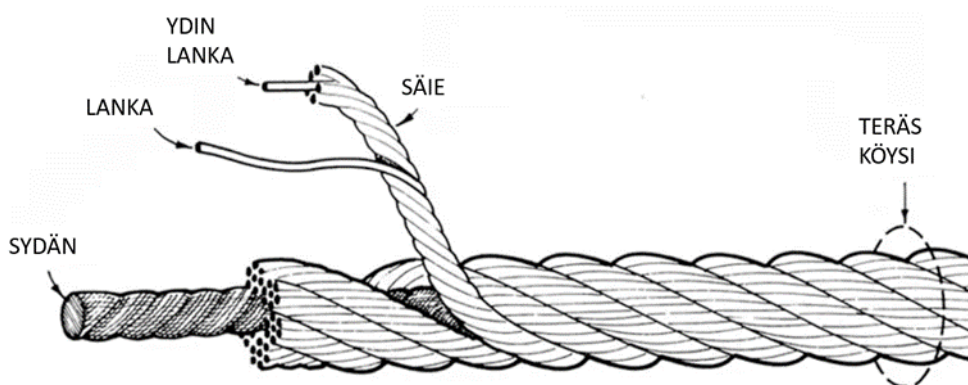
Työtä varten tiedonhakua ja lähdeaineiston valintaa tehtiin kriittisen arvioinnin kautta. Internetistä selvitetyn lähdeaineiston tyyppiä, julkaisun ikää ja mahdollisia lähteitä arvioitiin kriittisesti. Työssä pyrittiin käyttämään ensisijaisia lähteitä kuten standardeja ja valmistajan tuottamia dokumentteja. Lisäksi samasta aiheesta etsittiin vertailtavaa tietoa luotettavuuden varmistamiseksi. Sekundaari-lähteitä opinnäytetyön lähteinä vältettiin. Lisäksi nykyaikana globaali tiedonhaku on yksinkertaista, siksi opinnäytetyössä hyödynnettiin myös runsaasti ulkomaisia lähteitä. Internetistä etsityn tiedon lisäksi työssä hyödynnettiin myös kirjallisia lähteitä laajentamaan aineiston kirjoa.

Haastateltavien valinta perustui työntekijöihin ja asiantuntijoihin, joilla oli kokemusta vinssintestauksesta ja vaijereista. Haastateltavilta saadun aineiston kriittinen käsittely ja analysointi tuli ottaa huomioon koko tutkimuksen ajan. Työssä käytetyssä haastateltavien erikoisosaamiseen perustuvalla valinnalla voitiin aihetta tarkastella eri näkökulmista.

### 3 Teräsköysi – langasta köydeksi

#### 3.1 Perusrakenne

Teräsköysi eli kansankielellä vaijeri, on terässäikeistä koostuva köysi. Terminologian yksinkertaistamisen vuoksi, tässä opinnäytetyössä käytetään jatkossa teräsköydestä nimitystä vaijeri. Vaijerin pienimmän komponentin eli ydinlangan ympärille kierretyt teräslangat muodostavat säikeet, jotka puolestaan spiraalimaisesti kiertyvät vaijerin ytimeksi kutsutun sydämen ympärille. (Close 2018.) Kuvio 3 havainnollistaa erinomaisesti vaijerin rakenteen.



Kuvio 3. Vaijerin perusrakenne (Close 2018).

Vaijeri muodostuu toistuvasta punosrakenteesta, jossa teräslankojen määrä vaihtelee tyypistä ja tarpeesta riippuen yleisesti 42:n ja 245:n teräslangan välillä (Teräsköydet ja komponentit n.d.). Tällainen rakenne tekee vaijerista vahvan ja lujan. Vaijereita käytetään vetoköytenä koneissa ja laitteissa, kuten nostureissa ja vinsseissä. Myös siltarakenteissa, lossiköysinä ja mastojen haruksina ovat vaijerit varsin yleisessä käytössä. Yleisesti ottaen teräsvaijeria käytetään silloin kun vetoköydeltä vaaditaan suurta kulutus- ja lujuuskestävyyttä. (Close 2018.)

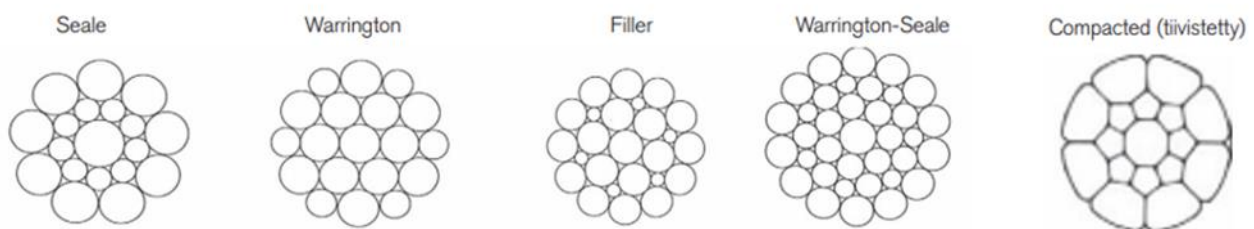
#### 3.2 Säierakenteet

Vaijerin säielangan metalli on yleensä runsas hiilinen, kylmänä vedetty teräs (Teräsköysi – tekninen määritelmä n.d.). Kuitenkin Closen (2018) mukaan langan materiaalina voidaan myös käyttää, riippuen vaijerille vaadituista ominaisuuksista, rautaa, ruostumatonta terästä ja pronssia. Niin Clo-

sen (2018) kuin vaijeritoimittaja Certex Finland Oy:n vaijeri oppaan, Teräsköysi – tekninen määritelmä (N.d.), mukaan eri laatuilla metalleilla ja langan paksuuksilla voidaan vaikuttaa vaijerille haluttuihin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, kulumis-, väsymis- ja korroosiokestävyyteen.

Vaijerinsäikeet koostuvat joko kahdesta tai useammasta langasta (Close 2018). Säikeet kierretään systemaattisesti sydämen ympärille. Vaijerin ominaisuuksia voidaan hyvin tarkasti määrittellä halutun käyttökohteen mukaan. Paksummilla langoilla säikeessä saadaan vaijerille parempi korroosio- ja kulutuksenkestävyys. Tämä kuitenkin lisää vaijerin painoa ja heikentää käytettävyyttä ja vaijerin joustavuutta. Näitä ominaisuuksia haettaessa ohuemmilla langoilla valmistettu vaijeri soveltuu siihen paremmin. (Teräsköysi – tekninen määritelmä n.d.)

Vaijereiden säierakenteita on useita, jolla voidaan vaikuttaa sekä vaijerin vetolujuuteen että käytettävyyteen. Yleisimmät rakennetyypit ovat Seale (S), Warrington (W), Filler (F), Warrington-Seale (WS) sekä tiivistetty säierakenne (K) (Teräsköyden rakenne n.d.). Kuviossa 4 nähdään rinnakkain, miten langat säikeessä sydänlangan ympäri ovat eri tyypeissä järjestetty.

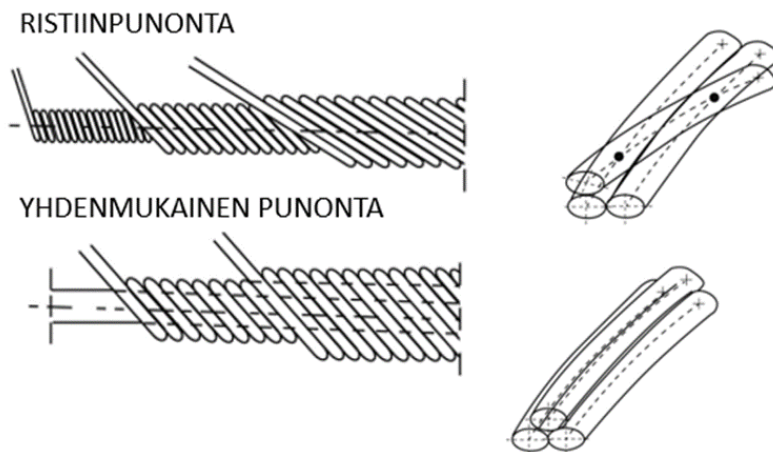


Kuvio 4. Vaijerien säierakenteet (Teräsköyden rakenne n.d.).

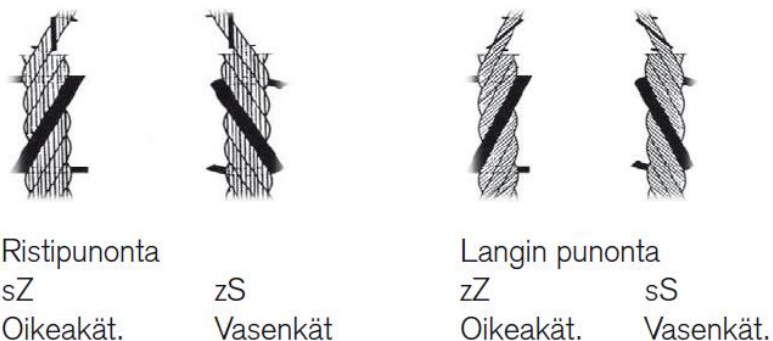
Yhdenmukaisesti järjestetty Seale-tyypissä on sama määrä lankoja molemmissa kerroksissa. Warrington tyyppin säierakenteessa eripaksuiset langan paksuudet vuorottelevat pintakerroksessa. Lisäksi Warrington tyyppisen rakenteen pintakerroksessa on kaksinkertainen määrä lankoja verrattuna sisempään kerrokseen. Filler tyyppissä on yhdenmukainen punonta ja niin ikään pintakerroksessa on tuplasti enemmän lankoja sisempään kerrokseen verrattuna, mutta sen lisäksi kerrosten välit on täytetty ohuemmilla täytelangoilla. Warrington-Seale tyyppi on nimensä mukai-

sesti yhdistelmä rakenne. Kompaktoitu (compacted) säierakenteelle on tehty tiivistys veto-, valsaus- tai tyssäysprosessilla. Säikeiden poikkipinta-ala on jäänyt ennalleen, mutta vaijeri on tiivistynyt ja lankojen muoto muuttuu. (Close 2018; Teräsköyden rakenne n.d.)

Säikeiden punonnassa sydämen ympärille on kahta tyyppiä; ristipunontaa, jossa kerrokset menevät päällekkäin osittain ristiin ja yhdensuuntainen punonta, jota kutsutaan myös Langin punonaksi. Langin punonnassa säikeet ovat punottu yhdensuuntaisesti. Vaijerien yleisimmät säierakenteet S, W, F ja WS ovat punottu yhdensuuntaisesti (Teräsköyden rakenne n.d.). Kuviossa 5 on kuvattu punonta tyyppit ja kuviossa 6 on esitetty näiden merkinnät punontasuunnan mukaan.



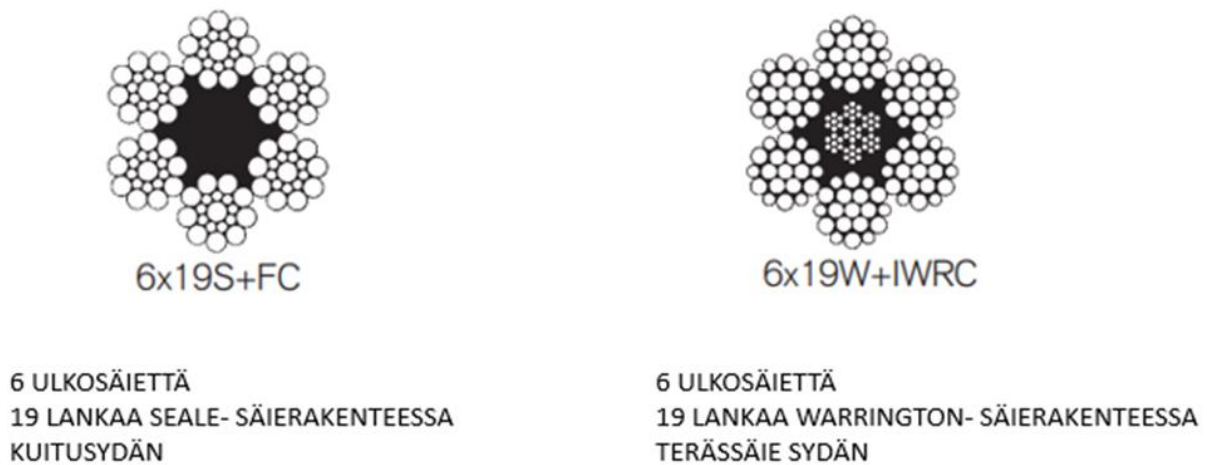
Kuvio 5. Säikeenpunonta (Teräsköyden rakenne n.d.).



Kuvio 6. Punonnan merkinnät (Teräsköyden rakenne n.d.).

### 3.3 Merkinnät

SFS-EN 12385-2+A1 standardi (2008) teräsköysien määritelmistä, merkinnöistä ja luokittelusta, määrittelee vaijerien merkintöjen vähimmäisvaatimukset. Halkaisijan, köysirakenteen ja punonnan suunnan lisäksi standardin mukaiseen merkintään kuuluvat vaijerin sydän, lujuusluokka ja lankojen pintakäsittely. Köysirakenteen ja punontasuunnan merkinnät esitettiin edellisissä kappaleissa. Vaijerien pintakäsittelyjä ovat kirkas (käsittelemätön), sinkitty tai ruostumaton. Näitä merkitään kirjaimilla pinnoittamaton eli kirkas (U), sinkitty luokka B (B) ja sinkitty luokka A (A). Sydän materiaali, jonka ympärille säierakenteet punotaan ovat joko kuitua – tai terästä. Kuitusydän merkitään FC ja kuidun materiaalin ollessa luonnonkuitua on sydämen merkintä NFC tai jos sydänkuitu on tekokuitua, merkitään se SFC. Teräksestä olevaa sydäntä merkataan kirjainyhdistelmällä WSC, jolloin sydän on terässäie tai IWRC kun sydän on teräsköysi. (Close 2018.) Kuviossa 7 esitetään merkintöjen tulkinta eri vaijerityypeittäin.



Kuvio 7. Vaijerityyppien merkintöjen tulkinta (Teräsköysien rakenne).

SFS-EN 12385-2+A1 standardi (2008) mukaan lujuusluokitus merkitään vaijerimerkintään  $N/mm^2$ , joka kertoo vaijerin vähimmäismurtokuormasta. Kuviossa 8 on esitetty kokonaisuudessaan esimerkki vaijerimerkinnästä standardin mukaan.



	22	6x36WS-IWRC	1770	B	sZ
	32	18x19S-WSC	1960	U	sZ
	95	1x127	1570	B	Z
<b>Selite</b>					
ominaisuus:					
a) mitta/mitat	_____				
b) köysirakenne	_____				
c) sydämen rakenne	_____				
d) köyden lujuusluokka, jos tarpeen	_____				
e) lankojen pintakäsittely	_____				
f) punonnan tyyppi ja suunta	_____				

Kuvio 8. SFS-EN 12385-2+A1 standardin (2008) mukainen vaijerimerkintä.

Lisäksi merkinnät IPS (Improved Plow Steel), EIPS (Extra Improved Plow Steel) ja EEIPS (Extra Extra Improved Plow) kertovat vaijerin lujuudesta. EIPS on 15 % lujempi kuin IPS ja EEIPS on 10 % lujempaa verrattuna EIPS laatuun. (Close 2018.)

### 3.4 Vaijerin voitelu

Vaijeria käytettäessä sen säikeet hankaavat toisiaan vasten. Siksi jo valmistusvaiheessa vaijerin säikeet ja sydän voidellaan (Teräsköyden rakenne n.d.). Määräajoin tehtävä käytönaikainen vaijerinvoitelu on myös tärkeää. Kuivana toisiaan vasten hankautuvat säikeet kuluvat nopeammin pienentäen vaijerin kokonaispinta-alaa ja tätä kautta heikentää vaijerin vetokykyä. Lisäksi vaijerinvoiteluun tarkoitettut voiteluaineet tunkeutuvat vaijerin sisään syrjäyttäen veden sekä muut epäpuhtaudet. Tämä vähentää korroosion vaikutusta sekä pitää vaijerin puhtaana, jolloin sen silmämääräinen tarkastus on helpompaa. (Close 2018.)

### 3.5 Vaijerin kunnan tarkastus

SFS-ISO 4309:2021 standardi nostureiden teräsköysien hoitamiseen, kunnossapitoon, tarkastamiseen ja hylkäämiseen (2021) määrittelee mitä asioita tulee ottaa huomioon vaijeria tarkastaessa. Vinssien vaijerien tarkastukseen ei ole olemassa omaa standardia, mutta SFS-ISO 4309 standardin (2021) määritelmät vaijerin tarkastuksesta antaa kattavan yleiskuvan minkälaisia virheitä vaijeissa voi olla ja miten ne vaikuttavat vaijerin lujuteen. Taulukossa 1 on esitetty vaijerin heikentymiseen vaikuttavat tekijät ja niiden arviointimenetelmät.

Taulukko 1. Vaijerin heikentymiseen vaikuttajat tekijät ja arviointimenetelmät (SFS-ISO 4309 2021, mukailtu).

Vaijerin heikentymiseen vaikuttavat tekijät	Arviointimenetelmä
Rikkoutuneiden lankojen lukumäärä säikeissä	Silmämääräinen tarkastus. Lasketaan rikkiäiset langat, esim. per säikeen kierros
Materiaalin vähentyminen vaijerissa rikkoutuneiden lankojen vuoksi	Silmämääräinen tarkastus, magneettitarkastus MRT
Materiaalin vähentyminen vaijerissa muista syistä kuten korroosio, kuluminen jne.	Silmämääräinen tarkastus, magneettitarkastus MRT
Halkaisijan pienentyminen	Mittaamalla halkaisija ja verrataan nimellismittaan
Säikeiden murtumat	Silmämääräinen tarkastus
Korroosio, ulkoinen ja sisäinen	Silmämääräinen tarkastus, magneettitarkastus MRT
Muodonmuutokset	Silmämääräinen tarkastus, aaltomaisuus voidaan mitata
Mekaaniset vauriot, kolhut	Silmämääräinen tarkastus
Lämpövauriot (värimuutokset)	Silmämääräinen tarkastus

Ennen tarkastamista on vaijerista tiedettävä sen kategoria numero (RCN), jolla viitataan vaijerin ulkosäikeiden lankojen lukumäärään. Lisäksi on tiedettävä vaijerin nimellishalkaisija sekä punontatyyppi. Rikkoutuneista langoista SFS-ISO 4309 standardi (2021) määrittelee tarkastamaan niiden lukumäärän joko 6 kertaa halkaisijan mitan tai 30 kertaa halkaisijan mitan matkalta. Näille mitoille

standardista löytyy viitearvot vaijerin RCN numeron perusteella. Esimerkiksi vinssivaijeriksi soveltuva 11 millimetriä halkaisijaltaan, oikeakätisesti ristiin punotun vaijerin RCN on 4 (Teräsköysi 6x19M-WSC n.d.). SFS-ISO 4309 standardi (2021) määrittelee, että kyseisessä vaijerissa saa olla 5 satunnaisesti katkennutta lankaa 66 millimetrin (6 x 11 mm) matkalla tai 10 satunnaisesti katkennutta lankaa 330 millimetrin (30 x 11 mm) matkalla. Taulukossa 2 on esitetty SFS-ISO 4309 standardin (2021) taulukko ulkosäikeillä olevien rikkoutuneiden lankojen sallituista määristä tietyllä matkalla. Lisäksi taulukkoon on korostettu esimerkin arvot.

Taulukko 2. Rikkoutuneiden lankojen lukumäärät vaijerin tarkastuksessa. (SFS-ISO 4398:2021)

Rope category number (RCN) (see <a href="#">Annex H</a> )	Total number of load-bearing wires in the outer layer of strands in the rope <sup>a</sup> $n$	Number of visible broken outer wires <sup>b</sup>					
		Sections of rope working in steel sheaves and/or spooling on a single-layer drum (wire breaks randomly distributed)				Sections of rope spooling on a multi-layer drum <sup>c</sup>	
		Classes M1 to M4 (ISO 4301-1:1986) or class unknown <sup>d</sup>				All classes	
		Ordinary lay		Lang lay		Ordinary and Lang lay	
Over a length of $6d$ <sup>e</sup>	Over a length of $30d$ <sup>e</sup>	Over a length of $6d$ <sup>e</sup>	Over a length of $30d$ <sup>e</sup>	Over a length of $6d$ <sup>e</sup>	Over a length of $30d$ <sup>e</sup>	Over a length of $6d$ <sup>e</sup>	Over a length of $30d$ <sup>e</sup>
01	$n \leq 50$	2	4	1	2	4	8
02	$51 \leq n \leq 75$	3	6	2	3	6	12
03	$76 \leq n \leq 100$	4	8	2	4	8	16
04	$101 \leq n \leq 120$	5	10	2	5	10	20
05	$121 \leq n \leq 140$	6	11	3	6	12	22
06	$141 \leq n \leq 160$	6	13	3	6	12	26
07	$161 \leq n \leq 180$	7	14	4	7	14	28
08	$181 \leq n \leq 200$	8	16	4	8	16	32
09	$201 \leq n \leq 220$	9	18	4	9	18	36
10	$221 \leq n \leq 240$	10	19	5	10	20	38
11	$241 \leq n \leq 260$	10	21	5	10	20	42
12	$261 \leq n \leq 280$	11	22	6	11	22	44
13	$281 \leq n \leq 300$	12	24	6	12	24	48

Rikkoutuneita lankoja voi olla säikeiden harjoilla, jotka ovat silmämääräisesti helppo havaita ja laskea standardin mukaan. Säikeiden välissä (Valley breaks) olevat lankojen murtumat ja katkeamiset ovat hankalampia todeta. Ne ovat kuitenkin vaijerin kestävyyskannalta kriittisimpiä. Päällisin puolin kunnossa olevan vaijerin säikeiden välissä ja sisällä olevat murtumat heikentävät vaijerin

murtolujuutta merkittävästi. Särkeiden välissä olevat murtumat ovat helpompi havaita, kun vaijeria hieman taivuttee. Kuviossa 9 on esitetty kuinka säikeiden välissä olevat katkenneet langat tulevat esiin, kun vaijeria hieman taivuttaa.



Kuvio 9. Särkeiden välissä olevat katkenneet langat tulevat esiin vasta vaijeria taivuttaessa (SFS-ISO 4309 2021).

Tarkastuksen yhteydessä yksittäiset katkenneet langat ja terävät langansäikeet poistetaan. Niitä ei katkaista leikkaamalla, vaan tarttumalla pihdeillä katkenneeseen langan päähän ja taivuttelemalla sitä edestakaisin, kunnes lanka katkeaa. Näin vaijeriin ei jää teräviä piikkejä vaan lanka katkeaa vaijerin rungon juuresta. (Teräsköysi – käsittely ja asennus n.d.) Rikkoutuneiden lankojen havainnointi tarkastuksessa silmämääräisesti voi olla haastavaa voi apuna käyttää *Wire Rope: Maintenance and Signs to Look Out For* – blogikirjoituksen (2016) mukaan kangasta tai liinaa. Kangasta vedetään vaijerin pinnalla, jolloin mahdolliset lankojen terävät säikeet tarttuvat siihen kiinni. Vaijerin säännöllisellä voitelulla sekä puhtaanapidolla voidaan vähentää lankojen rikkoutumista (Teräsköysi- käsittely ja asennus n.d.).

Rikkoutuneiden lankojen lisäksi on hyvä arvioida rikkoutuneiden lankojen määrästä vaikutus halkaisijan poikkipinta-alaan. Myös vaijerin sisäinen korroosio voi pienentää vaijerin halkaisijaa ja sitä kautta sen lujuutta. Vaijerityypistä riippuen vajetta saa olla 5–10 % välillä. Esimerkiksi vaijerissa,

jossa on teräsydän ja yksikerros säikeitä saa SFS-ISO 4309 standardin (2021) mukaan halkaisija enimmillään pienentyä 7,5 %. Prosentti lasketaan SFS-ISO 4309 standardin (2021) mukaan kaavalla 1.

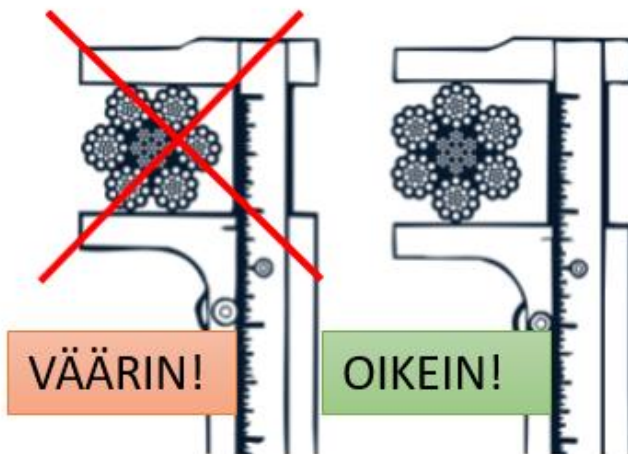
$$[(d_{\text{ref}} - d_{\text{m}})/d] \times 100 (\%) \quad (1)$$

$d_{\text{ref}}$  = referenssi halkaisija (esim. vaijerin halkaisija mitattu ennen käyttöönottoa)

$d_{\text{m}}$  = tarkastuksessa mitattu halkaisija

$d$  = valmistajan ilmoittama halkaisija

Erlarek Oy:n *Teräsköyden rakenne oppaan* (n.d.) mukaan käytännössä vaijerin mittaus tehdään kuormittamattomaan tai korkeintaan 5 prosentin kuormituksessa vaijerin vähimmäismurtolujuudesta olevalle vaijerille kahdesta kohtaan. Oppaan mukaan mittausvälin tulee olla vähintään metri ja mittaus tehdään kahteen kertaan eli yhteensä neljä mittausta. Vaijerin halkaisija mitataan aina kohtisuoraan säikeistä. Kuviossa 10 on esitetty oikeaoppinen vaijerin halkaisijan mittaustapa.



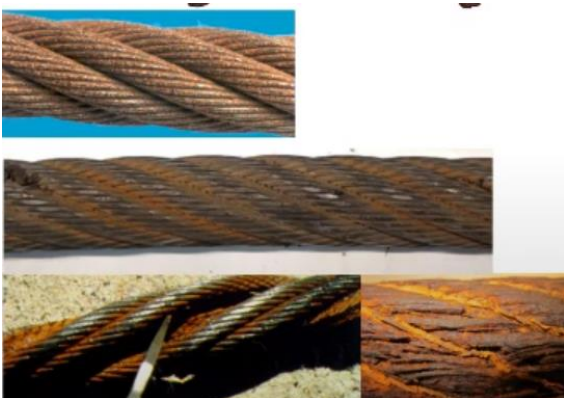
Kuvio 10. Oikeaoppinen vaijerin halkaisijan mittaustapa (Wire Rope: Maintenance and Signs to Look Out For 2016, mukailtu).

Kun vaijerin halkaisijat ovat mitattu, voidaan tulosten keskiarvoa verrata taulukossa 3 esitettyyn Certex Finland Oy:n teräsköysi – käsittely ja asennus dokumentin (n.d.) yleistaulukkoon.

Taulukko 3. Sallitut muutokset halkaisijoissa (Teräsköysi - käsittely ja asennus n.d.).

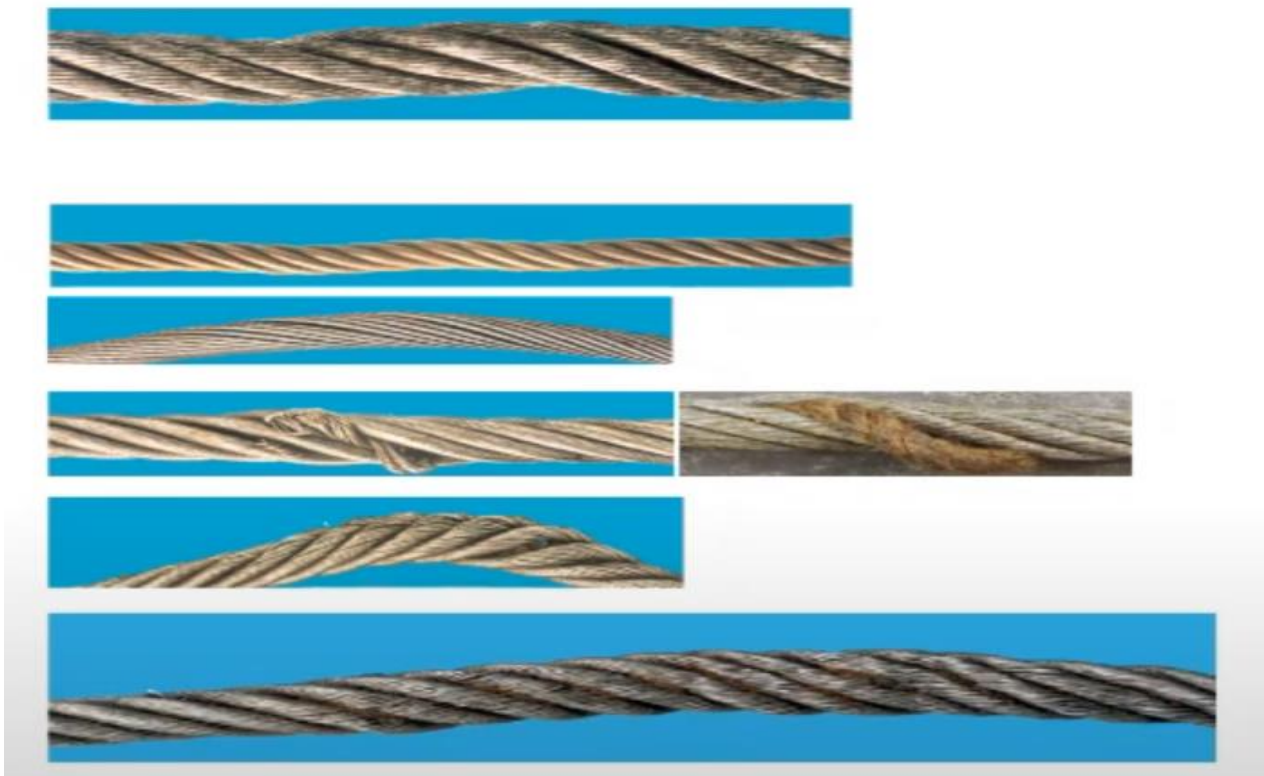
Nimellinen köyden Ø	Kuormittamattoman köyden nimellishalkaisijan toleranssi
mm	%
2 - <4	0 +8
4 - <6	0 +7
6 - <8	0 +6
8 ja suurempi	0 +5

Korroosion osalta tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota niin vaijerin pinnalla olevaan korroosion merkkeihin kuin mahdolliseen vaijerin sisällä olevaan ruosteeseen. Mikäli ruostumat ym. korroosion aiheuttamat jäljet ovat pyyhittävissä pois voi SFS-ISO 4309:2021 standardin (2021) puhdistamisen jälkeen vaijeria käyttää normaalisti. Mikäli vaijerin pinta on rosainen puhdistamisen jälkeen, on vaijerin kunto laskenut ja varsinkin jos syöpymää ja lankoja on katkennut runsaasti, on vaijeri syytä vaihtaa. Sisäinen korroosio aiheuttaa vaijerin hylkäämisen tarkastuksessa, mikäli vaijerin kuntoa ei voida todentaa muulla tavalla kuten magneettitestauksella (MRT) (SFS-ISO 4309:2021, 23). Kuviossa 11 esitetty erilaisia korroosioasteita vaijereissa.



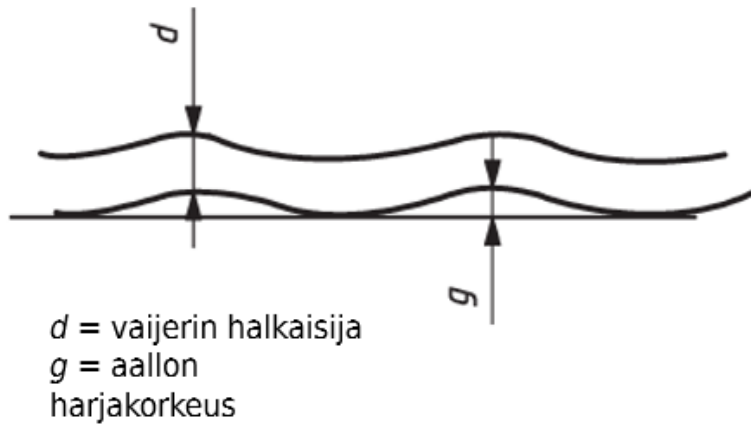
Kuvio 11. Korroosion eri asteita vaijereissa. Vasemmalla alhaalla näkyy vaijerin sisäistä korroosiota joka johtaa yleensä vaijerin hylkäämiseen. (Webinar Steel Wire Ropes 2021.)

Lisäksi tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota vaijerin muotoon kuten aaltomaisuuteen, palautumattomiin mutkiin ja kierteisyyteen. Myös kaikki mekaaniset viat kuten terävät viillot, kolhut ja hankaumat tulee huomioida. Kaikenlainen palautumaton muoto ja rikkoutunut pinta alentaa vaijerin lujuutta, jolloin se ei kestä enää sille tarkoitettua kuormaa. Nämä ovat kaikki visuaalisesti tehtäviä tarkastuksia ja arvioitava tilanteen mukaan. Kuviossa 12 on esitetty muutama erityyppinen muodonmuutos.



Kuvio 12. Erilaisia muodonmuutoksia vaijereissa (Webinar Steel Wire Ropes - Wire Rope Inspection 2021).

Aaltomaisuus on ainut mitattavissa oleva menetelmä muodonmuutoksille. SFS-ISO 4309 standardi (2021) antaa aaltomaisuudelle laskukaavan. Suorana käytettävän vaijerin aaltomaisuus saa olla 1/3 kertaa vaijerin halkaisijan mitta. Rumpukäytössä olevassa vaijerissa aaltomaisuutta sallitaan 1/10 kertaa halkaisijan mitta. Kuviossa 13 on tarkemmin esitetty aaltomaisuuden mittaaminen.

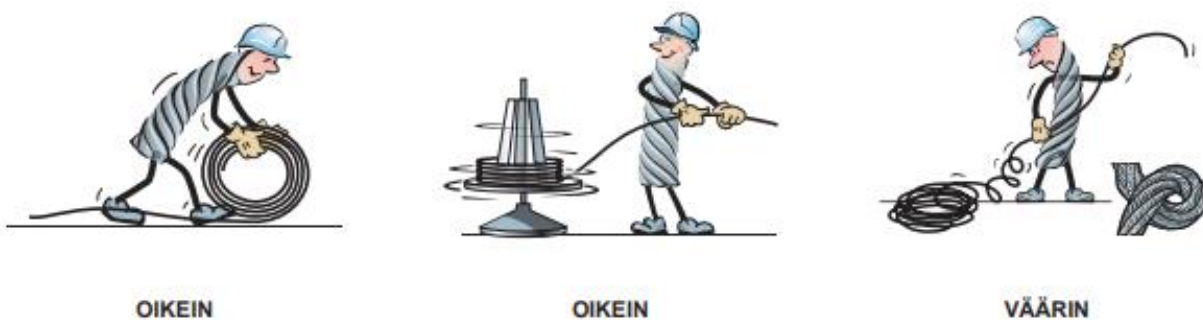


Kuvio 13. Aaltomaisuuden mittaaminen (mukailtu SFS-ISO 4309 2021).

Kuumuudesta johtuvat värimuutokset ovat merkki siitä, että kuumuus on aiheuttanut vaijerin materiaaliin pysyviä muutoksia. Mikäli tarkastuksessa näihin viittavia värimuutoksia on havaittavissa, tulee vaijeri vaihtaa (SFS-ISO 4309 2021, 27).

### 3.6 Uuden vinssivaijerin käyttöönotto

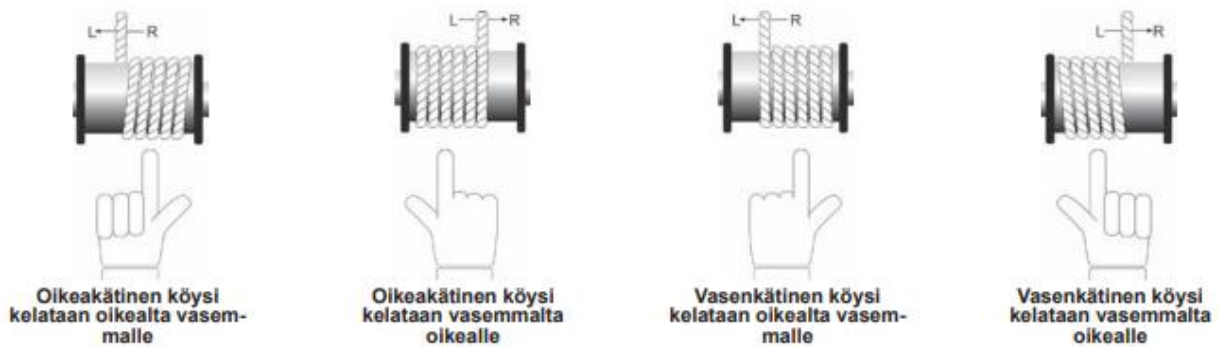
Mikäli vaijerin tarkastuksessa ilmenneneen vian tai katkeamisen vuoksi vaijeri joudutaan vinssiin vaihtamaan, liittyy uuden vaijerin käyttöönottoon muutama tärkeä seikka. Certex Finland Oy:n Langasta köydeksi oppaan (n.d.) mukaan uuden vaijeripakkauksen väärä purkamistapa voi vioittaa vaijeria ja johtaa jopa työtaturmiin. Uusi vaijeri tulee purkaa kiepiltä hallitusti kuvion 14 mukaan. (Langasta köydeksi n.d.)



Kuvio 14. Uuden vaijerin purkaminen kiepiltä (Langasta köydeksi n.d.).



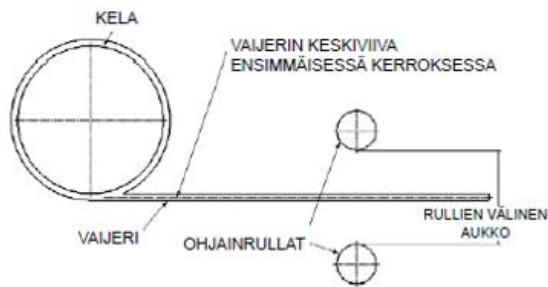
Kun vaijeri on purettu kiepiltä, tulee se kelata vinssin rummulle tiiviisti rumpua vasten. Vaijerin kierrokset ovat tiukasti vieretysten, ettei kerrokset mene rummulla sekaisin. Lisäksi vaijeri tulee asentaa rummulle vaijerin punonta suunnan mukaisesti, kuten kuviossa 15 on esitetty. (Langasta köydeksi. n.d.)



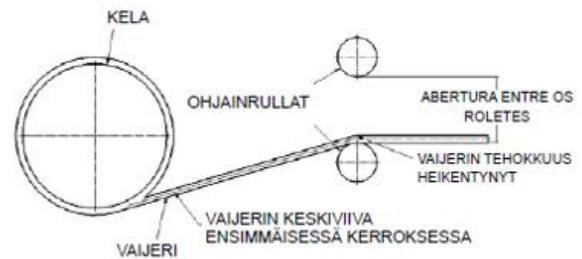
Kuvio 15. Vaijeri tulee asentaa rummulle punontasuunnan mukaisesti (Langasta köydeksi n.d.).

SFS-EN-12385-3 standardin mukaan (2020) uutta vaijeri ei saa kuormittaa ennen kuin se on alkuvenytetty hitaasti laitetta käyttäen alhaisella kuormituksella. Sopiva kuormitus vaijerin ”sisäänajoon” on noin 5 prosentin kuormitus vaijerin murtolujuudesta (Vinssaustekniikoiden perusopas n.d.). Vaijerin sisäänajossa kuten aina vaijeria käytettäessä, on rummulle jätävä vähintään 5 kierrosta vaijeria. Vaijerin kiinnitystä rumpuun ei ole tarkoitettu kestämään vaijerille tarkoitettua kuormaa. (Vinssaustekniikoiden perusopas n.d.). Vinsseissä käytetään vaijerin ohjainrullia. Vaijeria tarkastessa sekä uutta vaijeria asentaessa on hyvä tarkastaa myös että vaijeri on keskitetty oikein ohjainrullien väliin. Kuviossa 16 on esitetty miten väärin keskitetyt ohjainrullat painavat vaijeria. Standardin SFS-EN 12385-1+A1 teräsköysien turvallisuudesta (2008) mukaan tulee vaijerin lujuutta testatessa ottaa huomioon, että veto kohdistuu koko vaijerin poikkipinta-alaan ja kaikkiin lankoihin.

Vaijerin oikea keskitys:



Vaijerin väärä keskitys:



Kuvio 16. Ohjaurullien väärä paikoitus heikentää vaijerin lujuutta (Vaijerin ohjaimen asennusohje 2012).

### 3.7 Synteettinen köysi

Nykyään on tullut markkinoille kestäviä synteettisiä köysiä, joiden vetokyky riittää korvaamaan jo teräsvaijerin. Lisäksi synteettinen köysi on kevyt eikä aiheuta katketessaan läheskään samanlaista vaaraa kuin vaijeri. Kun synteettistä köyttä ja vaijeria vertaillaan ovat merkittävimmät erot kustannuksissa, painossa ja kulutuskestävyydessä. Vaijeri se synteettistä köyttä edullisempi vaihtoehto ja kestää se synteettistä köyttä paremmin hankausta, kulutusta sekä auringon UV-säteilyä. Kuitenkin synteettinen köysi on vaijeria kevyempi ja turvallisempi käyttää. (Kuinka valitset sinulle sopivan vinssin 2022.)

## 4 Vinssi

Vinssi on työkalu, jolla köyden tai vaijerin avulla voidaan siirtää raskaita esineitä, kuten autoja, puunrunkoja tai veneitä. Vicious Off-Road-sivustolle kirjoittava Justin Banner (2019) kertoo blogissaan, että varhaisimmat tiedot vinssin käytöstä löytyvät 480 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Tuolloin Kreikan alueella vinssiä hyödynnettiin siltojen kaapeliin kiristämiseksi. Vinssin idea perustuu rummulle kelautuvaan köyteen. Ennen teknologian kehittymistä vinssinrumpua kelattiin pääasiallisesti lihasvoimalla kahvan avulla. Tätä nykyä vinssit ovat suurimmaksi osaksi moottorikäyttöisiä. Käsin veivattavia vinssejäkin on käytössä edelleen mm. venetrailereissa, veneissä ja markiiseissa.

Kuviossa 17 on käsikäyttöinen purjeveneeseen vinssi, jota käytetään purjeiden hallintaan. (Banner 2019)



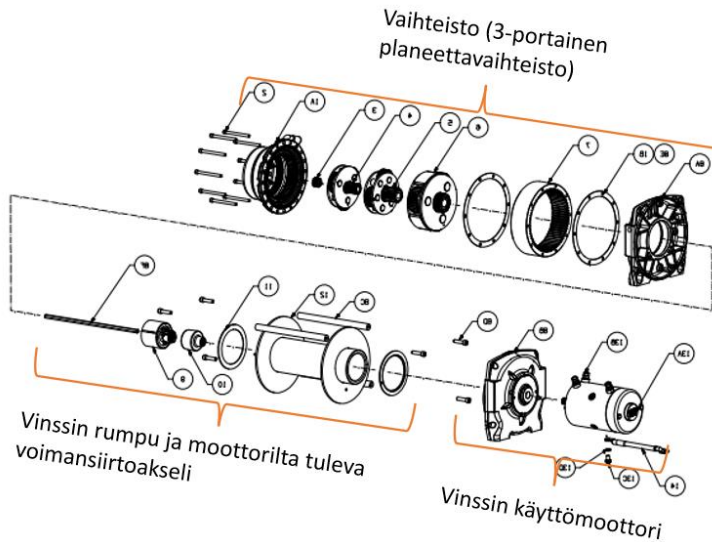
Kuvio 17. Käsikäyttöisellä yksinkertaisella vinnillä hallitaan purjeiden naruja. (kuva: Vinssi n.d.)

Vinssitekniikkaa on nykyään käytössä hyvin monimuotoisena nostureissa, laivoissa yms. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin hinaus- ja pelastusajoneuvoissa ammattikäytössä oleviin vinsseihin. Kuviossa 18 on esimerkki tyypillisestä modernista sähkökäyttöisestä vinnistä, jota käytetään mm. paloautojen keulavinninä.



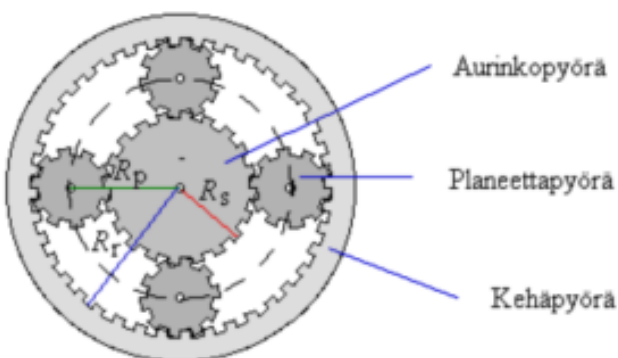
Kuvio 18. Nykyaikainen ammattikäytössä oleva vinssi (Warn M12000 sähkövinssi 24V- 5440KGF-vaijerilla 2020).

Vinssi koostuu vaihteistosta, rummusta ja moottorista, joka on sähkö- tai hydraulikäyttöinen. Vinsseissä on kartiojarru pitämässä vaijerirumpua vedossa paikallaan. Kuviossa 19 on esitetty räjäytyskuvassa vinssin pääosat.



Kuvio 19. Vinssin pääosat (Warn M12000 sähkövinssi 24V- 5440KGf- vaijerilla 2020, mukailtu).

Hinaus- ja pelastuskäytössä olevien vinssien voima perustuu siinä käytettyyn planeettavaihteistoon. Planeettavaihteisto koostuu aurinkopyörästä, planeettapyörästä sekä kehäpyörästä kuvion 20 mukaan.



Kuvio 20. Planeettavaihteen osat (Planeettavaihteet n.d.).

Vinssien planeettavaihteistossa moottorilta tuleva voimansiirtoakseli pyörittää aurinkopyörää, joka välittää liikkeen planeettapyörien kautta kehäpyörään (Planeettavaihteet n.d.) Vinsseissä voi

olla esimerkiksi kaksi- tai kolmiportainen planeettavaihteisto, kun vinssiltä halutaan suurta momenttivoimakkyä. Tällöin aurinkopyörän liike välittyy planeettapyörien kannattimien kautta tasojen kautta kehäpyörälle. Kuviossa 21 on aiemmin kuviossa esitetyn sähkökäyttöisen Warn M12000 vinssin kolmiportainen planeettavaihteisto ilman kehäpyörää.

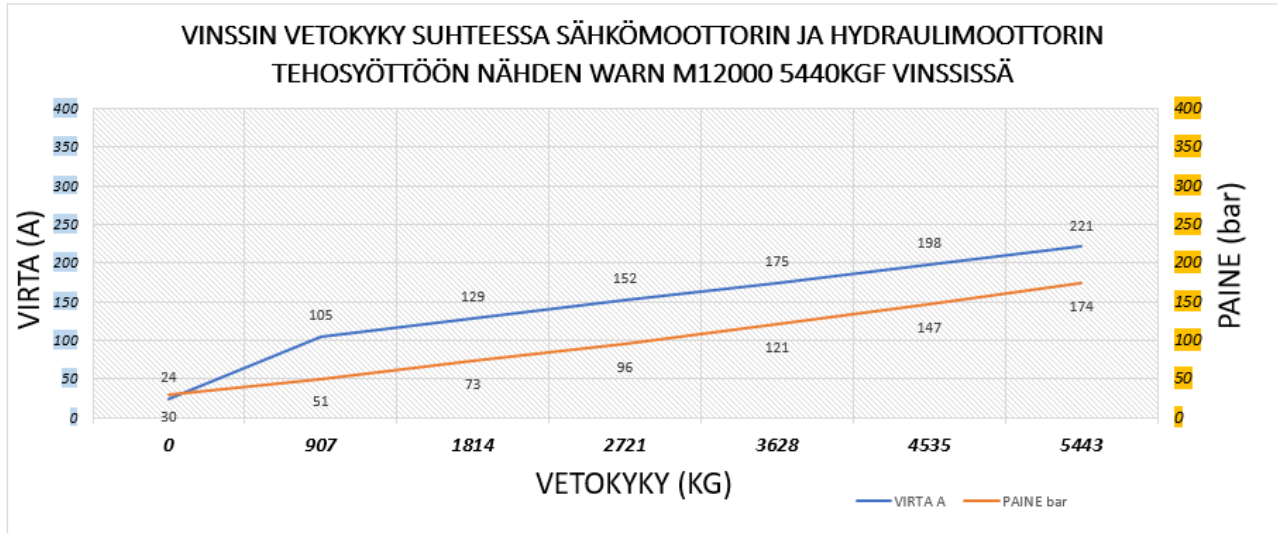


**WARN M12000**

Kuvio 21. Warn M12000 sähkövinssin 3-portainen planeettavaihteisto (Warn Large-Frame and Mid-Frame Winch Comparison 2015).

Planeettavaihteiston välityssuhde riippuu vinssin moottorin käyttövoimasta. Hydraulivinsseissä vaihteiston välityssuhde on huomattavasti pienempi verrattuna sähkövinsseihin. Vinssien moottorien koko huomioon ottaen hydraulimoottori pystyy kehittämään suurempia voimia pienemmässä koossa suhteessa sähkömoottoriin (Eroja hydraulikkamoottoreiden ja sähkömoottoreiden välillä 2022). Esimerkkinä käytettynä Warn M12000 vinssin välityssuhde on hydraulivinsissä 36:1, kun sähkövinssin välitys on 12 voltin järjestelmässä 315:1 ja 24 voltin järjestelmässä 261:1. Välityssuhteiden avulla on saatu kuitenkin kaikille moottorin vaihtoehdoilla Warn M12000 vinssin maksimivetokyyksi 5440 kg. (Warn M12000 sähkövinssi 24V- 5440KGF- vaijerilla 2020.) Taulukossa 4 on esitetty valmistajan ilmoittamien tietojen perusteella tehty kaavio siitä, miten Warn M12000 vinssin sähkömoottorin virran määrä sekä hydraulimoottorin paine kasvaa vetokyyyn nähden. Vinssin sallittu maksimivetokyyksi on 5443 kg. (Warn M12000 sähkövinssi 24V- 5440KGF- vaijerilla 2020.)

Taulukko 4. Sähkövirran ja hydraulijärjestelmän paineen määrän vertailu vinssin vetokykyyn nähden (Mukailtu kaavio valmistajan ilmoittamista arvoista, Warn M12000 24V -5440 KGF- Vaijerilla 2020).



Vinssille suunnitellun maksimi vetokykyyn ylittäminen on estetty sähkövinssissä virranrajoittimen avulla ja hydraulivinsseissä hydrauliiikan painetta rajoitetaan esimerkiksi varoventtiilin avulla vinssinmoottoria syöttävän järjestelmän kautta. Sähkövinssin vaijerin pyörintänopeus pienenee voiman kasvaessa. Valmistajan mukaan (2020) Warn M12000 24V- 5440KGF vinssin vaijerin nopeus on kuormittamattomana 9,57 metriä minuutissa ja maksimivedolla (5440 kg) nopeus putoaa 1,83 metriin minuutissa. Hydrauliselle vinssille nopeutta ei valmistaja ole ilmoittanut kuin kuormittamattomalle vaijerille eri kerrosten välille. Ensimmäisen kerroksen nopeus maksimi tilavuusvirralla on noin 6 metriä minuutissa. Hydraulivinsin pyörimisnopeuden muutokset ovat rauhallisemmat verrattuna sähkövinssiin.

Niin hydraulii- kuin sähkökäyttöisessä vinssissä on tiettyjä etuja ja haittoja. Hydraulivinssi on vaakaampi käyttää ja voimakkaampi. Sähkövinssin liike on nopeampi ja esimerkiksi auton keulalla olevaa sähkövinssiä voi käyttää jonkin aikaa ilman että auto on käynnissä. Sähkövinssin käyttöaika on rajallinen myös johtuen sen kuumentumisesta. Hydraulivinssi tarvitsee hydrauliiikkajärjestelmän toimiakseen, joten sen asennuksessa on korkeammat kustannukset verrattuna sähkövinssiin. Kuitenkin ammattikäyttöön suositellaan hydraulivinssiä varmempana vaihtoehtona. (Kuinka valitset sinulle sopivan vinssin? 2022.)

## 5 Vinssin käytön työturvallisuus

Työturvallisuuslaki velvoittaa työnantajan varmistamaan työntekijän turvallisuuden sen teettämissä työtehtävissä (Työturvallisuuslaki 738/2002). Työturvallisuuslaissa (738/2002, 8§) on säädetty, että työnantajan on huolehdittava työympäristön ja -menetelmien turvallisuudesta. Työnantajan tulee suunnitella työhön liittyvät turvallisuus elementit järjestelmällisesti riskien ja vaarojen arvioinnin avulla. Mikäli työnantajalle ei ole käytettävissä riittävää asiantuntijuutta varmistamaan työn turvallisuutta, on sen hyödynnettävä siinä asiantuntevaa ulkopuolista palvelua. Lisäksi työnantajan on perehdytettävä työntekijät tehtävään sekä huolehdittava siitä, että työntekijällä on kuhunkin tehtävään tarvittavat luvat ja kelpoisuudet ja suojaimet. (Työturvallisuuslaki 738/2002.)

Vinssaukseen liittyy paljon turvallisuus näkökohtia, jotka on otettava huomioon. Vinssauksen eri vaiheet aina valmisteluista työn päättämiseen vaativat perehtyneisyyttä ja harjoittelua, jotta työ voidaan turvallisesti suorittaa. Huomioon otettavia asioita ovat mm. vaijerin suuret jännitysvoimat, vinssiin liittyvät sormien ja raajojen puristumisvaarat sekä vaijerin käsittely. Lisäksi vinssaukseen käytettävän vinssivalmistajan käyttöohjeeseen tulee perehtyä ennen sen käyttöä. (Basic guide to truck winching 2014.)

Savolaisen (2011) sekä vinssivalmistaja Warnin käyttöoppaan, Basic guide to truck winching (2014), mukaan viiltosuojatut työkäsiineet ovat tärkeä henkilökohtainen suojavaikine vaijeria käsiteltäessä. Käytössä olevaan vaijeriin syntyy teräviä metallipiikkejä ja säikeitä, jotka lävistävät helposti normaalit vaatteet (Basic guide to truck winching 2014). Savolainen (2011) tähdentää toisena merkittävä suojavaikineenä koukkuliinan käyttöä aina vaijeria käsiteltäessä. Suoraan käsillä koukusta vedettäessä vaijeria, voi vinssin vikaantuessa tai muun takertumisen johdosta aiheutua käyttäjälle vakavia sormien tai raajojen puristus- tai leikkautumisvammoja.

Ennen vinssauksen aloittamista on tärkeää tarkastaa vaijerin kunto silmämääräisesti. Erilaiset poikkeamat vaijerissa kuten katkenneet yksittäiset säikeet, litistymät ja mahdolliset terävät kulmat säikeissä heikentävät vaijerin vetokykyä ja saattaa aiheuttaa vinssaustilanteessa katketessaan vakavan vaaran käyttäjille. Lisäksi vinssaustilanteessa tulee huomioida, ettei vaijeriin kohdistu hankausta tms. mikä voisi heikentää vaijerin kuntoa. (Savolainen 2011.)

Vinssi voi myös pitkäaikaisesta kuormituksesta lämmitä tai jopa kuumentua aiheuttaen vikaantumista vinssin toimintaan. Tämän vuoksi on tärkeää tuntea vinssin ja vaijerin luokitus, koska vetokyvyn ylikuormitus voi aiheuttaa juuri vinssin kuumenemisen, vaijerin katkeamisen tai muunlaisen toimintahäiriön vinssiin. (Savolainen 2011.)

## 6 Vinssaukseen liittyvät fysikaaliset ilmiöt

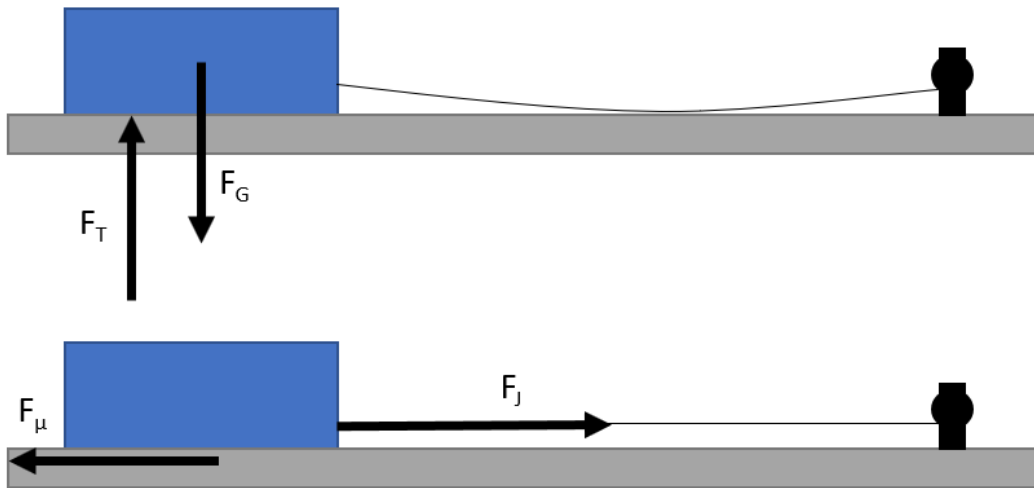
Vinssin käyttöön liittyy fysikaalisia ilmiöitä. Kun vinssiä kuormitetaan ja vaijeri kiristyy, kohdistuu vaijeriin köysivoimia (Suvanto 2018, 111). Vinssillä vedetään lähtökohtaisesti vaakatasossa kappaleita, siksi kitkavoimat liittyvät myös vetotilanteeseen. Suvannon mukaan (2018, 121) kitkavoiman tehtävä on pyrkiä estämään kahden pinnan liukumisen toistensa suhteen. Kuviossa 22 on havainnoinut painavan kappaleen vetämistä, jossa vaijereihin kohdistuu vetävää jännitysvoimaa ja hinausautojen massaa pitää paikallaan niiden renkaiden ja maan välinen kitkavoima.



Kuvio 22. Painavan kappaleen vinssaukseen liittyy jännitys- ja kitkavoimia. (Kuva: Winch Out Service n.d.)

Kuviossa 23 Suvanto (2018, 123) havainnollistaa hyvin mitkä voimat vaikuttaa vetotilanteessa.





Kuvio 23. Voimat vetotilanteessa (Suvanto 2018, 123, mukailtu).

Kuviossa langan ollessa löysällä vaikuttavat voimat ovat vedettävän kappaleen tukivoima  $F_T$  ja painovoima  $F_G$ . Tilanne muuttuu, kun kappaletta aletaan vetää. Silloin lankaan kohdistuu jännitysvoima  $F_J$  ja kappaleen liikettä vastustaa kitkavoima  $F_\mu$ . Kuten kuviosta on nähtävissä, kummassakin tilanteessa vaikuttaa voima ja vastavoima. Vetotilanteessa kappaleen tukivoima ei ole kadonnut. Tukivoima vaikuttaa langanjännitysvoimaan lepokitkavoiman  $F_{\mu 0}$  muodossa. Kun langan jännitysvoima ylittää lepokitkavoiman maksimiarvon  $F_{\mu; \max}$ , lähtee kappale liikkeelle. Lepokitkavoima riippuu kappaleen pintaparista ja kappaleen tukivoimasta. Lepokitkavoiman maksimivoima saadaan yhtälöllä 2. (Suvanto 2018, 123.)

$$F_{\mu; \max} = \mu_0 F_T \quad (2)$$

Kun kappale on lähtenyt liikkeelle vaikuttaa siihen yhä kitkavoima, mutta se on muuttunut ns. liukukitkaksi  $F_{\mu; \text{liuku}}$ . Liukukitkan voima lasketaan yhtälöllä 3. (Suvanto 2018, 124.)

$$F_{\mu; \text{liuku}} = \mu F_T \quad (3)$$

Erilaisille kappaleiden pintapareille löytyy taulukoituna kitkakertoimia. Taulukossa 5 on esitelty muutamien pintaparien lepo- ja liukukitkakertoimia.

Taulukko 5. Lepo- ja kitkakertoimia pintapareille (Suvanto 2018, 124, mukailtu).

<b>Lepo- ja liukukitkakertoimia</b>	$\mu_0$	$\mu$
teräs - teräs	0,74	0,57
kupari - teräs	0,53	0,36
lasi - lasi	0,94	0,4
teflon - teflon	0,04	0,04
kumi - asfaltti (kuiva)	0,9	0,8
kumi - betoni (kuiva)	1	0,8
teräs - jää (luistimet)		0,02...0,03
sukset - lumi		0,02...0,1

Jännitysvoima voi olla puristavaa tai venyttävää. Vaijerissa jännitysvoima pyrkii venyttämään vaijerin säikeitä ja niissä olevia lankoja. Ne pyrkivät liikkumaan asentoon, jossa ne parhaiten vastaavat kuormitusta. Varsinkin uuden vaijerin sisäänajo on tämän vuoksi tärkeää, että vaijerin säikeet sopeutuvat käyttökuormaan. Tätä kutsutaan rakennevenymäksi, joka on vaijerityypistä, käytöstä ja kuormasta riippuen 0,125 prosentista 1 prosenttiin vaijerin pituudesta. Puolestaan materiaalin venyminen eli kimmainen venyminen noudattaa Hooken lakia. Venyminen lasketaan yhtälöllä 4. (Langasta köydeksi n.d.; Suvanto 2018, 101.)

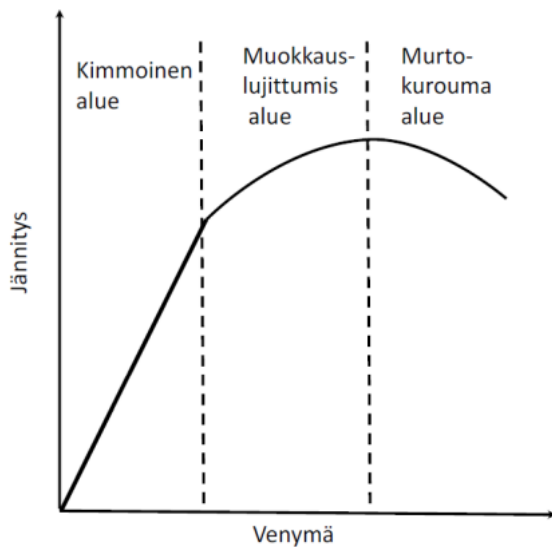
$$I = (F * L) / (A * E) \quad (4)$$

Yhtälössä  $I$  on köyden venymä (mm),  $F$  on köyteen kohdistuva vetokuormitus (kg),  $L$  on köyden pituus (mm),  $A$  on köyden poikkipinta-ala (mm<sup>2</sup>) ja  $E$  on köyden kimmokerroin (kg/mm<sup>2</sup>).

Vaijerin valmistajat ja toimittajat ilmoittamat vaijerin vähimmäismurtolujuuden yksikössä N/mm<sup>2</sup>. Vaijerin tulee kestää vetotestissä annettua vähimmäismurtolujuutta pienemmät voimat (langasta köydeksi n.d.). Murtolujuus kuvaa jännitystä vaijerin poikkipinta-alalla, jota kutsutaan normaalijännitykseksi. Yhtälössä 5 on normaalijännityksen yhtälö. (Suvanto 2018, 302.)

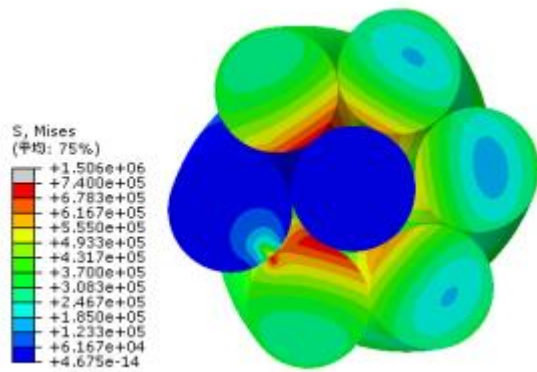
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{N}{m^2} = Pa \text{ (Pascal)} \quad (5)$$

Vaijerissa oleva materiaali käyttäytyy kuviossa 24 esitetyn jännitys-venymäpiirroksen mukaan. Kun jännitys pysyy tietyllä alueella, tapahtuu materiaalissa venymistä, joka palautuu jännityksen hävit-  
 tyä. Tätä kutsutaan kimmoiseksi alueeksi. Kun jännitys kasvaa tiettyyn pisteeseen, saavuttaa mate-  
 riaali myötörajan, jonka jälkeen tapahtuu pysyvää eli plastista muodonmuutosta. Myötörajan jäl-  
 keen venymä kiihtyy jännityksen kasvaessa, vaikka voima pysyy lähes samana. Materiaalin  
 saavuttaessa murtolujuuden, poikkipinta-ala alkaa pienentyä ja kuroutua. Lopulta materiaali mur-  
 tuu ja katkeaa. (Jokinen 2020.)



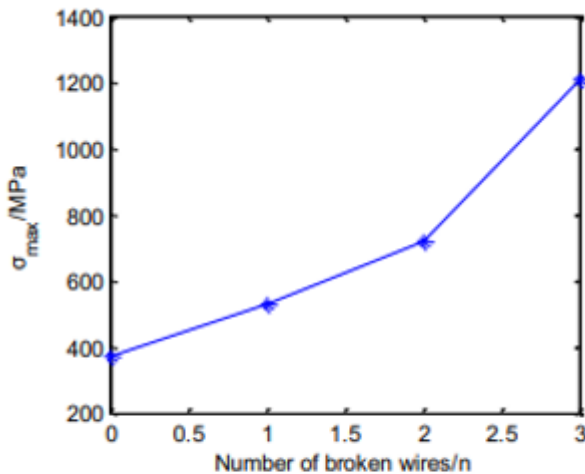
Kuvio 24. Jännitys-venymäpiirros (Jokinen 2020).

Vaijerissa kuorma jakaantuu symmetrisesti säikeiden ja lankojen kesken, kun veto kohdistuu koko poikkipinta-alaan. Mikäli vaijerissa on nirhaumia, kolhuja, lankoja poikki tai koko säie poikki, laskee vaijerin vetokyky merkittävästi. Kuviossa 25 on esitetty jännityksen määrää ja jakaantumista säikeiden välillä kuvaava simulaatio, kun kaksi säiettä on vaijerista poikki. Normaalisti kuorman jakautu-  
 essa tasan jakautuu symmetrian hajotessa kuormitus jakaantumaan epätasaisesti säikeille.



Kuvio 25. Säikeiden epätasainen kuormitus kun kaksi vaijerin säiettä on poikki (Finite element analysis on the wire breaking rule of 1×7IWS steel 2017).

Kiinalaisen teknillisen instituutin raportissa *Finite element analysis on the wire breaking rule of wire rope* (2017) esitetään kuvion 26 mukainen kaavio siitä, miten lukumäärällisesti säikeiden katkeaminen vaikuttaa vaijerin jännitykseen. Yhden säikeen katkeaminen 5000N vedolla nostaa vaijerin jännityksen 373,47MPa:sta 528,695Mpa:iin, jännitys kasvaa kiihtyen useampien säikeiden katkettua.



Number of broken wires n	0	1	2	3
Von-mises $\sigma_{max}$ /MPa	373.470	528.695	719.964	1207.99
Axial deformation $U_{max}$ /mm	0.0179	0.02654	0.04512	0.1078

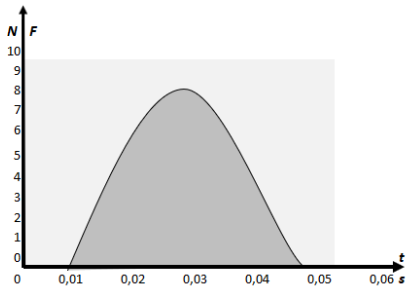
Kuvio 26. Säikeiden katkeamisen vaikutus vaijerin jännitykseen (Finite element analysis on the wire breaking rule of wire rope 2017).

Lähtökohtaisesti vinssillä tulisi vetää vaijerin olleessa suorassa kulmassa vinssirummun pituussuuntaan nähden. Erilaiset vinoista kulmista tehdyt vedot ovat haasteellisia vaijerin kuormituskyvyn suhteen. On myös tilanteita, joissa vinssinvetokyky ja tarvittava voima ovat liian pienet. Suvannon (2018) mukaan kun pyritään jollain järjestelyllä pienentämään vaadittua voimaa, sovelletaan silloin ns. insinöörin työperiaatetta. Tällaisia sovelluksia on vinseissä apuvälineinä käytetyt väkipyörät ts. taittopyörät. Niiden idea perustuu fysiikan köysivoimiin. Sen avulla kuorma jakaantuu yhdellä taittopyörällä kahdelle vaijerille ja näin tarvittava voima puolittuu vedettävän kappaleen massaan nähden (Työtä helpottavia koneita n.d.). Kuitenkin energian säilymislain vuoksi energia siirtyy eikä muutu toiseen muotoon. Suvannon (2018) mukaan se mikä voimassa voitetaan, se matkassa häviää. Tällä kuvataan sitä, että esimerkiksi momenttivoima vaatii pidemmän varren ja väkipyörä pidemmän köyden. Kuviossa 27 on hyvin havainnollistettu väkipyörän voiman jakaantumisesta.



Kuvio 27. Väkipyörän avulla voiman tarpeen voi puolittaa (Työtä helpottavia koneita n.d.; Vinssitekniikoiden perusopas n.d.).

Vinssiä käytettäessä tulee ottaa myös huomioon erilaiset shokkikuormitustilat, joista käytetään fysiikassa termiä impulsiiviset voimat (Suvanto 2018, 139). Tällaiset nopeat iskut ja nykäisyt voivat hetkellisesti kasvattaa voimat erittäin suuriksi. Yleensä tällaiset ”voimapiikit” ovat niin hetkellisiä, ettei muita voimia tarvitse ottaa huomioon. Kuviossa 28 on esitetty törmäävään kappaleeseen kohdistuva voima ja impulssin määrittäminen graafisella integroinnilla. Suvannon (2018, 139) mukaan tällaisen voimapiikin muoto riippuu kappaleen puskurista.



Kuvio 28. Impulsiivisen voiman graafinen kuvaus (Suvanto 2018, 139, mukailtu).

## 7 Millog Oy:n vinnintestaus

Siirryttäessä opinnäytetyön kehittämistutkimuksessa kenttätutkimus vaiheeseen, oli kartoitettava kaikki ne mahdolliset testaukseen liittyvät asiat. Kuviossa 29 on esitetty ajatuskartta minkä asioiden nykytila tuli selvittää, jotta pystyttiin tekemään opinnäytetyön johtopäätöksiä annettuun ongelmaan. Kuviossa 29 näkyy paksummilla viivoilla pääyhteydet ja ohuemilla löyhemmät yhteydet.



Kuvio 29. Ajatuskartta eli mindmap asioista joita opinnäytetyön tutkimusvaiheessa selvitettiin.

## 7.1 Nykytilan kartoitus

Opinnäytetyön tutkimustyö lähti liikkeelle nykytilan kartoituksesta eli siitä, miten vinnintestaus tehdään ja mitä ongelmia siihen liittyy. Vinnintarkastus ja testaus on siirretty alihankintaan eikä sitä voinut käytännössä Millogin tekemänä seurata. Tämän vuoksi kartoitus tehtiin haastattelujen ja havainnoinnin avulla. Haastattelu suoritettiin teemahaastatteluna. Vinnintestaukseen liittyvät asiat koottiin teemoiksi, joista muodostettiin haastattelukysymykset. Näiden kysymysten avulla pyrittiin luomaan mahdollisimman hyvä kuva siitä, miten testaus Millogilla tehdään, mitä asioita dokumentoidaan, mitä ongelmia siihen liittyy sekä mikä on työturvallisuuden nykytila. Teemoihin liittyvät kysymykset toimivat keskustelun aiheina. Kuviossa 30 on esitetty vinnintestaus ilmiöön liittyvät teemat ja niihin liittyvät kysymykset.



Kuvio 30. Vinnintestauksen teemahaastattelu runko.

Teemahaastattelujen (teema 1) perusteella Millogin huolto-ohjeen toimenpiteet vinssin osalta ovat sen toiminnan tarkastus, vaijerin tarkastus ja vetokokeen suorittaminen. Vetokoetta varten täytetään erillinen vinssin tarkastuspöytäkirja (liite 1). Pöytäkirjassa on erilliset tarkastuskohdat vinssityypille (sähkö/hydraulivinssi), vinssin kiinnitykselle, vinssin apurungon kunnolle, vaijerille, koukulle, taittopyörälle, vaijeriohjainten asemoinnille sekä virranrajoittimelle. Mikäli jokin kohdista aiheuttaa korjaamista, on pöytäkirjassa myös kohta erikseen korjauksen jälkeiselle uusintatarkastukselle. Mikäli vaijeri joudutaan vaihtamaan, on pöytäkirjassa tarkastuskohta, jolla varmistetaan vaijerinesijännitys. Kun tarkastuskohdat ovat kunnossa, on pöytäkirjassa vetokoetta varten toimintakoe kohta. Siihen merkitään kolmen vedon maksimilukemat, joiden keskiarvoa verrataan sallittuihin rajoihin. Huolto-ohjeeseen on annettu vetokyvyn hyväksymisrajaksi 5130–5670 kg. Mikäli tarkastuksessa ilmenee jotain huomioituja asioita, löytyy pöytäkirjasta huomautuskohta johon asiat voi kirjata. Pöytäkirjojen huomiokohtaan on merkitty vuosien aikana melko vähän huomiota. Mainintoja vuosien aikana sieltä löytyy vaijerien vaihdosta, koukusta puuttuvista lukitussalvoista sekä eräs maininta missä vaijeri oli kelattu väärinpäin vinssirummulle. Vinssitestin päätteeksi tarkastuksesta ja vetotestistä laitetaan vinssin tarkastusmerkintätarra, josta löytyy myös kuitattava kohta pöytäkirjasta.

Vetotesti suoritetaan huoltotilasta erillisessä paikassa. Testauspaikan maalattiassa on kiinteä piste, johon kiinnitetään kuormitusta mittaava laite. Kuviossa 31 on esitetty asfalttilattiassa oleva kiinnityspiste ja mittalaite eli etäluettava vetovaaka.



Kuvio 31. Telttahalhin lattiaan kiinnitetty lenkki ja vetokyky mittaava etäluettava vetovaaka. (kuva: Millog Oy.)



Ennen vetokoetta vaijeri vedetään vapaana vinssiltä suoraksi, jolloin samalla tarkastetaan vaijerin kunto silmämääräisesti. Vaijerin tarkastukseen ei ole huolto-ohjeessa tai pöytäkirjassa erillistä ohjetta. Vinssin rummulle jätetään 5–7 kierrosta vaijeria siten että se on keskellä rumpua. Vaijerin ohjaimet ja vinssi ja kiinnitykset tarkastetaan silmämääräisesti. Vaijerin koukku tarkastetaan ja kiinnitetään mittalaitteeseen. Vaijerin ja koukun ollessa kunnossa, asetetaan vaijerin päälle turvamatto estämään vaijerin katketessa vaijerin sinkoilua. Turvamatto on esitetty kuviossa 32.



Kuvio 32. Kumisilla turvamatoilla pyritään vaimentamaan sinkoilua vaijerin katketessa. (Kuva: Millog Oy.)

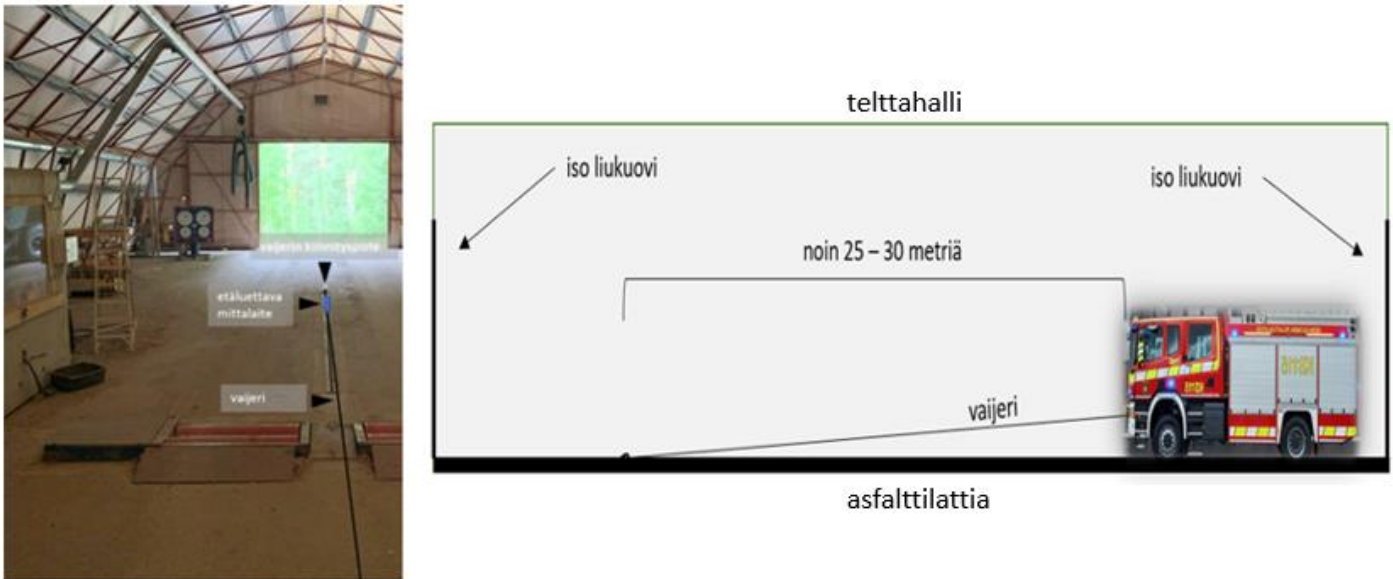
Ennen vetokoetta nostetaan vaijeri maasta ilmaan autoa peruuttamalla. Testin aikana auton sisällä toinen asentaja seuraa etäluettavan mittalaitteen lukemia ja kirjaa ne ylös toisen ohjatesa vinssiä kauko-ohjaimella. Vinssin maksimivetokyky vedetään kolmesti. Sallittuihin arvoihin verrattava testitulok on näiden kolmen vedon keskiarvo. Testi on onnistunut, mikäli testitulok on sallittujen rajojen 5130–5670 kg sisällä. Testin jälkeen vaijeri kelataan takaisin kahden laudan väliin puristettuna, jotta se saadaan tiukasti vinssin rummulle kerroksittain.

Teemahaastattelussa vaijerin osalta (teema 2) selvisi, että vaijereita on katkennut viime vuosina noin yksi per vuosi. Yleinen katkeamiskohta on vinssin päästä vaijeria. Alkuvuodesta 2022 vaijeri oli kuitenkin katkennut mittalaitteen päästä, jolloin vaijerin sinkoaminen kohdistui autoon päin. Kuviossa 33 on esitetty auton eteen myttyyn mennyt vaijeri sekä maassa lojuvat turvamatot.



Kuvio 33. Kiinnityslenkin päästä katkennut vaijeri on singonnut kohti autoa. (Kuva: Millog Oy)

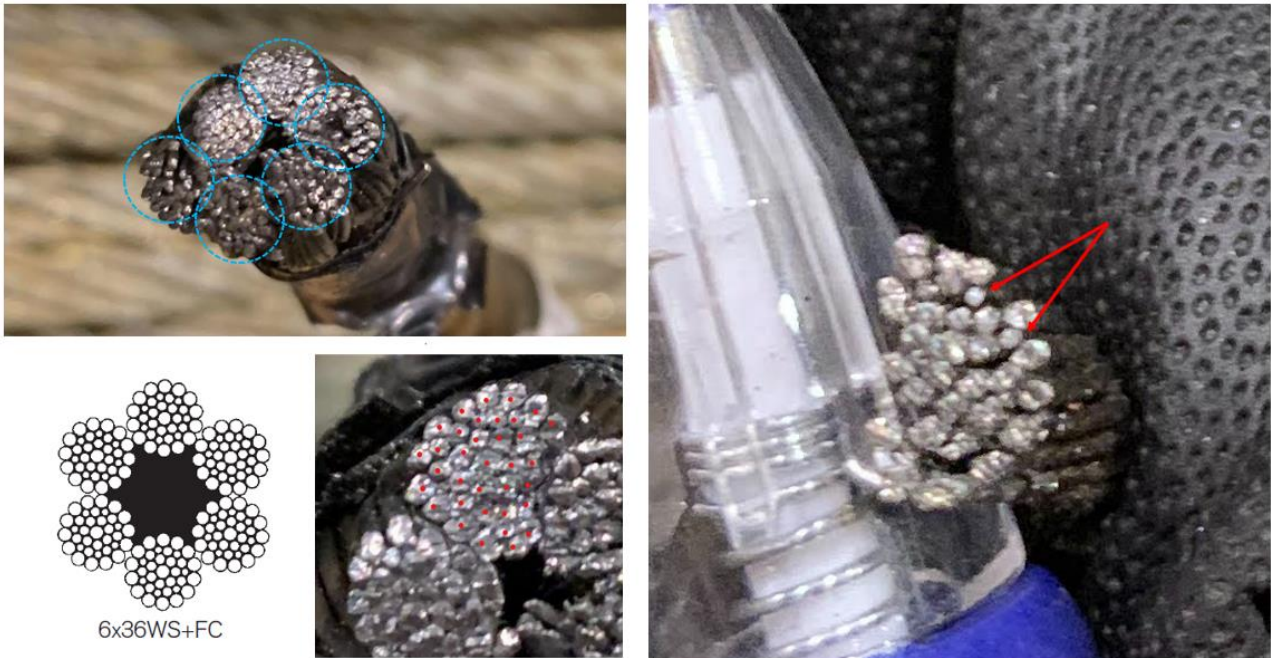
Huolto dokumentaation tutkimisen avulla selvisi, että huolto-ohjeessa on ohjeviittaus turvallisuusohjeisiin (liite 3) liittyen vinssin ja vaijerin käyttöön. Ohjeet ovat auton varustelijan laatimasta huoltokäsikirjasta. Testipaikkana vinssin kuormituskokeelle toimii telttahalli, jossa tehdään myös jarrutestejä. Kukaan ei päivittäin työskentele hallissa. Hallin katossa on loisteputkivalot. Valaistusta ei voi verrata hyvin valaistuihin muihin huoltotiloihin. Halliin pääsee molemmista hallin päistä kulkemaan vapaasti. Testauksen aikana aluetta ei ole eristetty, mikä nousi haastattelussa (teema 4) työturvallisuusriskiksi haastateltujen mielestä. Kuviossa 34 on esitetty havainnekuva testauksesta sekä kuljettajan puolella istuvan asentajan kuvakulmasta.



Kuvio 34. Havainnekuva vinssin testauksesta Millog Oy:ssä. (Paloauton kuva: [https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/.](https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/))

## 7.2 Varaosavaijerit ja niiden kulutus varastosta

Testattavien vinssien vaijerina käytetään Warnin varaosavaijereita. Varastosta löytyi malliksi Warnin vaijeri, jonka halkaisija oli 11 millimetriä ja pituus 27 metriä. Vaijeri on galvanoitua lentokone-nerästä, jonka maksimi kuormaksi on sallittu 16500 paunaa eli 7484 kilogrammaa (90'X7/16" Replacement Steel Rope – 61950 n.d.). Säierakennetta ei vaijerista ole ilmoitettu, mutta varastossa olevasta vaijerista selvisi tutkimalla sen olevan 6-säikeinen oikeakätisellä punonnalla. Säikeissä on 36 lankaa Warrington-Seale rakenteessa. Vaijerissa on kuitusydän. Kuviossa 35 on esitetty havainnot paloautojen vinsseihin vaihdettavasta varaosavaijerista ja sitä vastaava kirjallisuuden rakennetyyppi.



Kuvio 35. Varaosavaijerista erottuu hyvin säikeet ja lankojen määrät. Lankojen eri paksuudet viittaavat vastaamaan 6x36WS+FC tyyppin vaijeria. Oikealla eristetystä säikeestä näkyy Warrington-Seale rakenteelle tyypillinen ohuiden lankojen limittyminen paksumpien lankojen väliin. (Teräsköydet ja komponentit n.d., muokattu.)

Varastossa oli myös 10 mm halkaisijalla olevaa galvanoitua vaijeria minkä rakennetyyppi varaosatieoissa on 8x25. 10 mm varaosavaijerista tietoja löytyy ja niiden mukaan sillä on suurempi murtojuuus verrattuna Warnin alkuperäiseen varaosavaijeriin. Warnin vaijerin maksimikuormitus on 7484 kg, kun 10 mm vaijerilla on ilmoitettu 9780 kg. Lisäksi varastonimikkeenä löytyy 13 mm halkaisijalla olevaa vaijeria, mutta sitä ei ollut varastossa eikä nimiketiedoista löytynyt lisätietoja vaijerintyyppistä tms. Testattavissa vinsseissä alkuperäinen vaijerin halkaisija on sähkövinsseissä 9,5 mm ja hydraulivinsseissä suositus on 13 mm. Näiden maksimikuormitukset ovat 9,5 mm vaijerissa 5540 kg ja 13 mm vaijerissa 9253 kg.

Kun SAP-järjestelmästä tutkittiin varaosavaijerien kulutuksia, oli vaijereita vaihdettu sen mukaan paloautoihin vuosien 2015 ja 2022 välillä yhteensä 15 kappaletta. Taulukossa 6 on esitetty SAP-järjestelmästä Excel tiedostoon taulukoidut kulutetut vaijerinimikkeet sekä kulutusten päivämäärät.

Taulukko 6. Varaosavaijerien kulutus vuosina 2015-2022.

Tositepvm	Nimitys
17.2.2015	VAIJERI\WARN 27X11MM
23.3.2016	VAIJERI\WARN 27X11MM
23.3.2016	VAIJERI\WARN 27X11MM
29.3.2016	VAIJERI\VINSSIN D=10 P 27M
20.9.2016	VAIJERI\VINSSIN D=10 P 27M
26.9.2016	VAIJERI\VINSSIN D=10 P 27M
21.11.2016	VAIJERI\WARN 27X11MM
21.6.2017	VAIJERI\WARN 27X11MM
21.6.2017	VAIJERI\WARN 27X11MM
21.6.2017	VAIJERI, VINTTURIN\13 MM
22.11.2017	VAIJERI\WARN 27X11MM
24.11.2017	VAIJERI\VINSSIN D=10 P 27M
24.11.2017	VAIJERI\WARN 27X11MM
6.2.2019	VAIJERI\VINSSIN D=10 P 27M
7.2.2022	VAIJERI\WARN 27X11MM

Taulukosta 6 on nähtävissä, että vuosina 2016 ja 2017 vaijerin vaihtoja on ollut selkeästi enemmän. Testattavien paloautojen vinssit ovat pääosin Warnin 12-sarjan sähkö- tai hydraulivinssejä. Haastattelun (teema 3) perusteella sähkövinsien virranrajoittimissa oli ollut aiemmin ongelmia ja varsinkin silloin vaijereita katkesi normaalia useammin. Sähkövinsien säädön jälkeen katkeamistaajuus on pienentynyt.

## 8 Saurus Oy:n vinssintestaus

Millogin tavalle testata vinssi saatiin vertaileva näkökulma, kun vinssintestausta käytiin seuraamassa Saurus Oy:ssä. Jyväskylän Säynätsalossa sijaitseva Saurus Oy on tunnettu suomalainen pelastusajoneuvovalmistaja. Siellä testatun paloauton vinssi oli hydraulikäyttöinen, joka oli varustettu halkaisijaltaan 13 millimetrin vaijerilla. Pääperiaate testaustavassa Sauruksella oli sama kuin Millogilla eli vedetään vinssin maksimivetokyvällä vaijerilla kiinteää lenkkiä. Testaus alkoi vaijerin ja koukun tarkastuksella. Sauruksella testiä suorittava työntekijä tarkasti, ettei vaijerissa ollut palautumattomia mutkia, rispaantumista tai muuta yksittäistä tekijää, joka olisi heikentänyt vaijerin kuntoa. Yksittäiset katkenneet langat vaijerissa sallittiin. Säikeiden välissä olevia lankojen katkeamisten tutkiminen tapahtui kuvion 36 esittämällä tavalla taivuttamalla vaijeria, jolloin mahdolliset piikit olivat helpommin havaittavissa.



Kuvio 36. Vaijerin tarkastusta Sauruksella.

Millogilla testaus tapahtuu telttahallassa, jonka lattiaan on kiinnitetty lenkki, jota vasten vinssillä vaijeria vedetään. Sauruksella testaus tehdään ulkona ja kiinnityspistelenkki on kiinni kalliossa. Vetolenkki on suurin piirtein samalla korkeudella keulavinssin kanssa. Kuviossa 37 on esitetty Sauruksen kallioon kiinnitetty kiinnityslenkki sekä vetokykyä mittaava vetovaaka.



Kuvio 37. Kalliossa oleva vetolenkki ja kuormitusta mittaava vetovaaka.

Koukkua kiinnittäessä vetovaakaan, tarkastettiin vaijerin koukku. Edellytys vetotestille oli, että koukun salpa ja vaijerin koussi olivat paikallaan ja kunnossa. Koussi on kuviossa 38 näkyvä vaijerin ja koukun välissä oleva muotoiltu metallilevy, joka suojaa vaijeria kulumiselta.



Kuvio 38. Vaijerin ja koukun välissä on koussi suojaamassa vaijeria. Koukussa oleva lukitussalpa varmistaa ettei koukku irtoa lenkistä.

Vaijerin ja koukun tarkastuksen jälkeen siirryttiin tarkastamaan vaijerin kiinnitys vinssirumpuun. Vinssin kiinnitykset autoon tarkastettiin myös huolellisesti. Kuviossa 39 näkyy noin 50 millimetriä halkaisijaltaan oleva terässokka, jolla varmistetaan vinssin pysyminen tiukasti autossa kiinni. Sokassa oleva lukitusrenkas on tarkastettava, että se on paikallaan.



Kuvio 39. Järeä terässokka varmistaa vinssin pysymisen autossa vedon aikana kiinni.

Tämän jälkeen vaijeria kelattiin takaisin vinssin rummulle. Vetotestiä varten vaijeri kelattiin rumpulle niin että se asemoitui keskelle rumpua. Kuviossa 40 on rummulla 7 kierrosta vaijeria sen ollessa keskellä.



Kuvio 40. Testaustilanteessa vaijeri on keskellä rumpua.

Ennen kuormitustestiä laitettiin vaijerin päälle yksi turvamatto vaijerin katkeamisen varalta. Tämän jälkeen autoa peruutettiin sen verran että vaijeri nousi maasta ilmaan kuvion 41 mukaan.



Kuvio 41. Vetotestin alkaessa vaijeri on ilmassa. Kuvassa näkyy miten turvamatto on vaijerin keskellä ja alueen eristämiseksi on laitettu varoitusmerkit.



Testin ajaksi testaajat siirtyivät auton hyttiin, jossa kuten Millogilla, toinen seurasi etäluettavan mittalaitteen lukemaa ja kuljettajan paikalla oleva käytti vinssiä. Hydraulivinssiä ei voi käyttää, mikäli auto ei ole käynnissä, joten kuljettajan paikalla oleva testaaja huolehti myös auton käytöstä. Vinssin maksimiveto testattiin kerran auton ollessa tyhjäkäynnillä, jonka jälkeen toisen kerran nostamalla kierrokset 1000 RPM. Toisin kuin Millogilla Sauruksella ei vedetä kolmea peräkkäistä maksimivetoa. Normaalista poiketen testivedot tehtiin vielä uudestaan niin että, vetovaa'an lukemia voitiin seurata turvallisen matkan päästä auton ulkopuolella. Kuviossa 42 on etäluettavan mittarin lukulaite, josta näkee testattavan vinssin vetokyvyn tyhjäkäynnillä.



Kuvio 42. Testattava hydraulivinssin maksimi vetokyky tyhjäkäynnillä oli 4570kg.

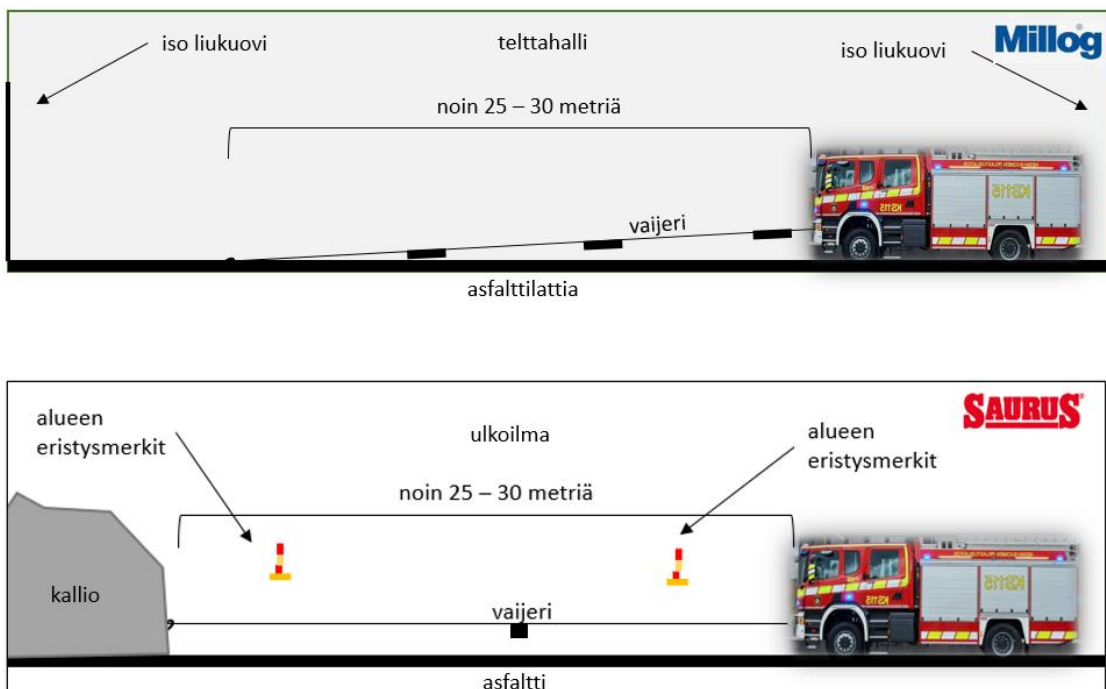
Kun testi oli suoritettu, vedettiin vaijeri takaisin vinssin rummulle vapaalla rullaavan auton painolla toisen työntekijän ohjatessa vaijeria rummulle. Vaijeri kelautui tiukasti takaisin rummulle vaijerin kuormituksen ollessa noin 200 kg. Tämä voitiin havainnoida koska, vaijeri oli takaisin kelauksen aikana vielä mittarissa kiinni.

Sauruksella täytetään testistä tarkastuspöytäkirja kuten Millogilla. Liitteessä 2 on Sauruksella tehdyn vinssitestauksen pöytäkirja. Sauruksen pöytäkirja on hieman yksityiskohtaisempi verrattuna Millogin vinssintarkastuspöytäkirjaan. Tarkastuspöytäkirja ohjaa vahvasti vinssintarkastusta, joten sillä on suuri merkitys työturvallisuuden näkökulmasta sekä laadukkaaseen tarkastustyöhön kannalta.

Merkittävimpiä eroja yritysten tarkastuspöytäkirjojen välillä oli Millogin pöytäkirjasta puuttuvat vaijerin halkaisijan mittaaminen, lämpötilan mittaus, vinssin sallittu maksimikuormitus, vaijerin-, koukun ja kiinnitysten yksityiskohtaisempi tarkastuslista. Sauruksella ei ole erillistä kuittaus kohtaa uuden vaijerin esijännitykselle.

Testin aikana työturvallisuus Sauruksella varmistettiin suojavaatetuksella, joihin kuuluivat työvaatteiden lisäksi turvakengät, hanskat, suojalasit ja kypärä. Lisäksi vaijerin päällä oli turvamatto ja testialue oli eristetty. Haastattelun perusteella Sauruksella katkeaa vaijereita noin yksi per vuosi. Katkeamiskohta on lähestulkoon aina vinssin päästä. Yleisen mielipiteen mukaan yksi vaijerin katkeamisen syy voisi olla vedon aikana vaijerin painuminen ohjainrullaan, jolloin vaijeri ei vastaanota kuormaa täydellä pinta-alalla. Vaijerin katkeamisen työturvallisuusriski tiedostetaan Sauruksella ja sen vuoksi testissä tehdyllä alkutarkastuksella ennen kuormituskoetta pyritään minimoimaan vaijerin katkeamisen riski.

Yhteenvedona vertailuanalyysistä muodostettiin kokonaisuutta visuaalisesti hahmottamaan kuvion 43 mukainen havainnekuva, jossa verrataan Millogin ja Sauruksen testitilannetta.

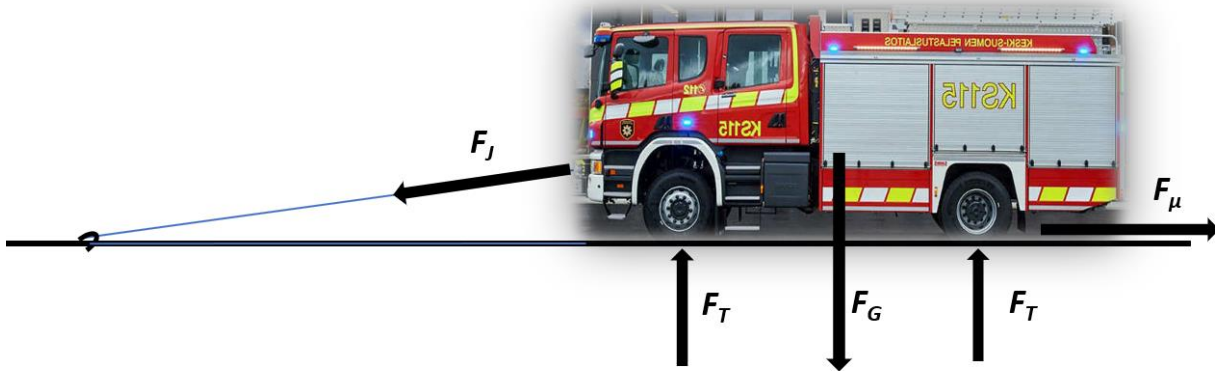


Kuvio 43. Vertaileva havainnekuva vetotestauksesta Millogin ja Sauruksen välillä. (Paloauton kuva: [https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/.](https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/))

Selkeä ero yritysten välillä on testipaikan olosuhteet. Millogilla telttahallissa on pääsääntöisesti kuiva asfaltti renkaiden alla pitämässä autoa paikallaan. Sauruksella testi tehdään ulkona, jolloin asfaltin pinta on välillä märkä ja talvella jässä. Sauruksella käytetään pitovaikeuksissa toista autoa pitämässä vinssiautoa paikallaan ja talvella vaijeria vedetään hallin ovelta auton ollessa sisällä. Näitä kitkavoimiin liittyviä asioita selvitetään seuraavassa kappaleessa.

### 8.1 Vinssintestauksen jännitys- ja kitkavoimat sekä vaijerikulman merkitys

Millogilla tehtävää vinssitarkastusta ja siihen liittyvää vetotestausta selvitetiin myös fysiikan avulla. Kuten tietoperustassa tuli selväksi liittyvä vetotestissä vaijeriin kohdistuvia jännitysvoimia sekä auton massan paikalla pitämiseen kitkavoimia. Testipaikkana olevan telttahallin lattia on asfalttia ja yleisesti ottaen lattia on kuiva. Paloauton omamassa on rekisteriotteen mukaan noin 13000 kg ja suurin sallittu kokonaismassa on 18000 kg. Vetotilanteessa autoon kohdistuu painovoima  $F_G$ , sitä vastustava tukivoima  $F_T$ , vaijerin jännitysvoima  $F_J$  sekä kitkavoima  $F_\mu$ . Kuviossa 44 on esitetty kuormituskokeessa autoon kohdistuvat voimat.



Kuvio 44. Vetotestissä autoon kohdistuvat voimat. (Paloauton kuva: <https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/>.)

Aiemmin taulukossa 5 esitettyjen kitkakertoimen mukaan kumin ja kuivan asfaltin lepokitkakerroin on 0,9. Paloauton liikuttamiseen vaijerin jännitysvoiman  $F_J$  on ylitettävä lepokitkan maksimivoima  $F_{\mu, \max}$ . Seuraavassa on laskettu yhtälön 2 mukaan lepokitkan maksimivoima pelkällä auton omalla massalla sekä suurimmalla sallitulla kokonaismassalla.

$$F_{\mu; \max} = F_{\mu 0} * F_T = 0,9 * (13000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) \text{ N} = 114777 \text{ N} = 114,8 \text{ kN}$$

$$F_{\mu; \max} = F_{\mu 0} * F_T = 0,9 * (18000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) \text{ N} = 158922 \text{ N} = 158,92 \text{ kN}$$

Testattavien vinssien maksimivetokyky on valmistajan mukaan 5443 kg, joka on Newtonina ilmoitettuna ( $5443 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$ ) N eli 53395,8N eli 53,4kN. Näin ollen olosuhteiden ollessa kuiva auton renkaat pitää auton paikallaan. On kuitenkin huomioitava, että testattava telta ei ole lämmitettävä, joten ilmankosteus ja lämpötila muuttuu ulkoilman mukaan. Tammertekniikan kaavastossa (Mäkelä ym. 2000, 180) on ilmoitettu kumin ja märän asfaltin lepokitkakertoimeksi 0,4. Mikäli testausvaiheessa vallitsee olosuhteet, jotka tiputtavat paloauton lepokitkakertoimen 0,4:ksi, tarvitaan sen liikuttamiseen voima;

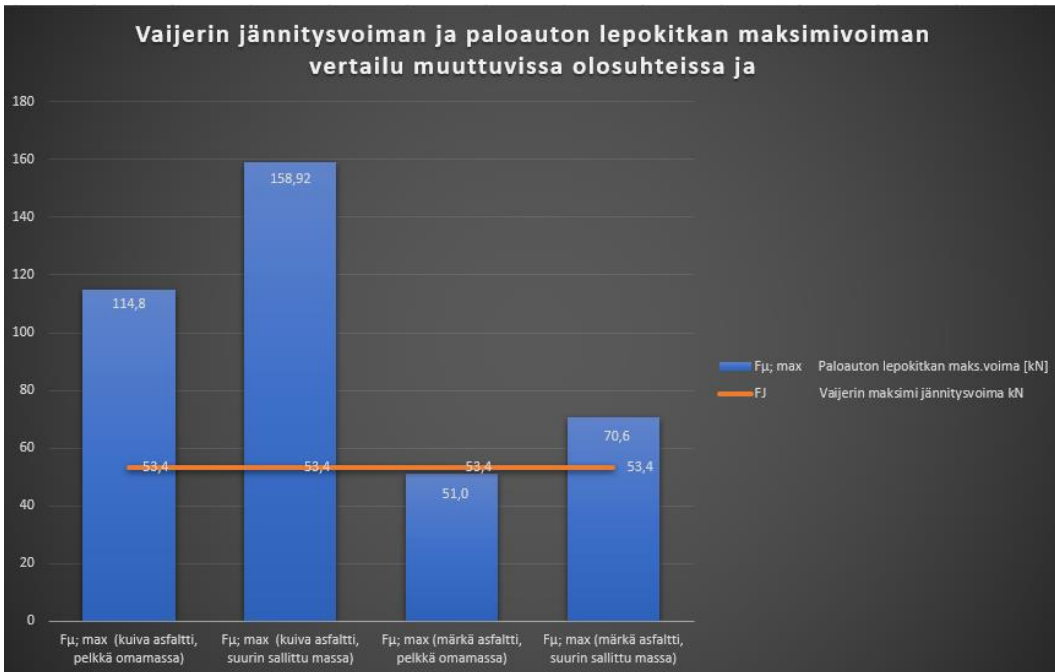
$$F_{\mu; \max} = F_{\mu 0} * F_T = 0,4 * (13000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) \text{ N} = 51012 \text{ N} = 51,0 \text{ kN}$$

Näin ollen tilanne muuttuu jo hankalammaksi pitää auto testausvaiheessa paikoillaan. Laskuissa on otettava huomioon, että auton massa testivaiheessa voi vaihdella. Testattavissa autoissa on lisäksi nastalliset renkaat, joten puhtaasti lepokitkakerrointa ei voida soveltaa taulukkoarvojen mukaan. Jos lasketaan suurimman kokonaismassan eli 18000 kg mukaan tarvittava voima märällä asfaltilla on;

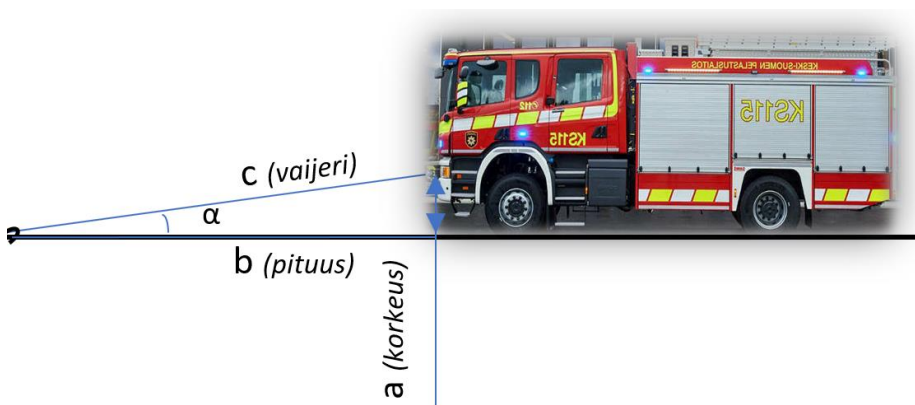
$$F_{\mu; \max} = F_{\mu 0} * F_T = 0,4 * (18000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) \text{ N} = 70632 \text{ N} = 70,6 \text{ kN}$$

Auton paikallaan pysyminen on tärkeää, koska pienetkin nykäykset voivat nostaa vaijerin jännityksen hetkellisesti varsin suuriksi kuten aiemmin tietoperustassa kerrottiin impulsiivisesta voimista. Sauruksella tehdyssä vetotestissä oli nähtävissä, miten auton jouset painuivat alaspäin, vaikka vaijeri oli suorassa linjassa vinssiin nähden. Auton jousituksessa ja alustassa vedon aikana tapahtuvat nytkähdykset voivat impulsiivisiin voimiin viitaten olla merkittävä tekijä, jotka lisäävät äkillistä kuormitusta vaijeriin. Vedon aikana vaijerissa on vaikuttaa vetävä jännitysvoima. Impulsiivisesta voimasta aiheutuva äkillinen vaijerin löystyminen ja takaisin kiristyminen voi aiheuttaa jännityksen kasvun yli myötörajan. Taulukossa 7 on koostettu lasketut tulokset kaavion muotoon.

Taulukko 7. Vaijerin jännitysvoiman ja paloauton lepokitkan maksimivoiman vertailutaulukko.



Millogilla kiinnityspiste sijaitsee lattiassa, jolloin vaijerin veto on hieman vinossa kuvion 45 mukaan. Jotta kulman tarkempaa merkitystä voitiin arvioida, oli laskettava mikä oli vaijerin kulma kiinnityspisteestä auton vinssille.



Kuvio 45. Vaijerin kulman esitys. (Paloauton kuva: <https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/>.)

Vinssi on noin 1,1 metrin korkeudella (a) ja vaijeria vinssiltä kiinnityspisteeseen (c) on 25 metriä. Pythagoraan yhtälöllä 5 auton etäisyys kiinnityspisteestä (b) on 24,976 metriä.

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (5)$$

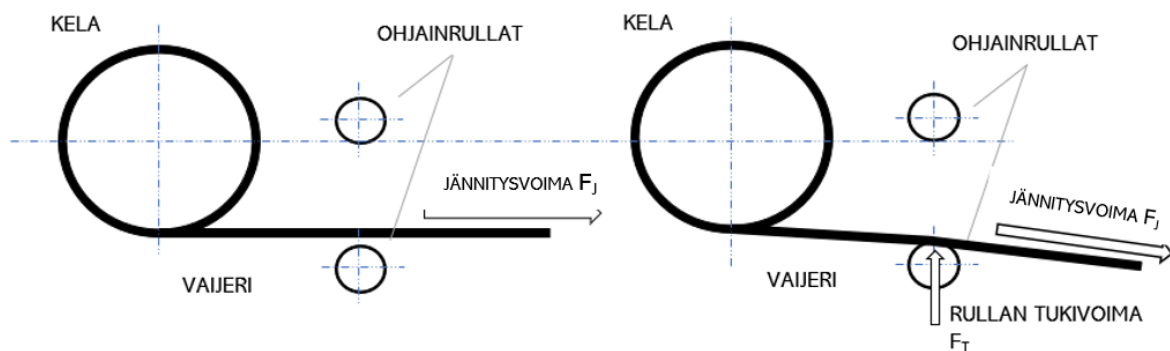
Kosinilauseen avulla lasketaan kulma ( $\alpha$ ).

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad (6)$$

→

$$\alpha = \cos^{-1}(b/c) = (24,976 \text{ m}/25 \text{ m}) = 2,52^\circ$$

Vaikka kulma on suhteellisen pieni, on se kuitenkin otettava huomioon vinssin ohjainrullien asemoinnissa, ettei alaviistoon vedetty vaijeri osu vetovaiheessa rullaan. Kuvion 46 havainnekuvassa ohjainrullien asemointi toimii, kun vaijerilla vedetään vaakasuoraan ja vaijerille kohdistuu kuormitus koko sen pinta-alalle. Samalla asemoinnilla vaijeri voi kuitenkin hankautua ohjausrullaan vasten, mikäli vaijerin veto kohdistuu alaviistoon. Silloin vaijeriin kohdistuu sen jännitysvoimien lisäksi myös ohjausrullan tukivoima. Vaijerin säikeiden kuormitus saattaa muuttua epätasaiseksi ja hyöty poikki-pinta-alan jännityksen kasvamisen vuoksi vaijerin vetokyky laskee.



Kuvio 46. Ohjausrullien asemoinnilla on merkitystä kun vaijerilla vedetään eri kulmissa.

## 9 Tulokset ja niiden analysointi

Tutkimuskysymyksiä selvittämiseksi kerätyn aineiston pohjalta analysoitiin tuloksia. Analysointi tehtiin jakamalla asiat osakokonaisuuksiin, joiden pohjalta kerätään loppuyhteenveto. Analysoinnin osakokoisuudet ovat vaijeri, vinssi, testaustapa sekä työturvallisuus. Näiden pohjalta opinnäytetyössä pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin.

### 9.1 Vaijeri

Tietoperustassa selviää, että teräs vaijeri on nykyään hyvin pitkälle kehitetty tuote, joka vaatii huoltoa ja kunnossapitoa. Vaijerin tarkastaminen vaatii ammattitaitoa ja kokemusta. Tietoperustassa selvitetiin perusteellisesti vaijerin tarkastamisen periaatteet, jotka perustuivat ISO 4309 standardiin nosturien vaijerien tarkastamisesta. Opinnäytetyön aiheeseen liittyviä vinssien vaijereilta ei tarkasteta yhtä perusteellista. Silti on hyvä ymmärtää mitkä asiat vaijerin toimintakuntoa laskevat. Haastattelun avulla (teema 2) sekä ohjeistuksen tutkimisen perusteella selvisi puutteita vaijerin tarkastuksen osalta. Millogilla ei ole huolto-ohjeessa eikä vinssin tarkastuspöytäkirjassa kirjallista ohjeistusta tai tarkastuslistaa niistä asioihin joihin vaijerin tarkastuksessa olisi hyvä kiinnittää huomiota. Vaikka vaijeri on asiallisesti Millogilla aiemmin tarkastettu voisi tarkastuslista vaijerin tarkastuksesta kehittää työturvallisuutta ja työn laatua.

Vinsseihin tarkoitettut varaosavaijerit ovat Millogilla pääosin vinssivalmistajan toimittamia, joten asianmukaisella varastoinnilla, uuden vaijerin oikealla käyttöönotolla ja testitulanteessa oikein käytettynä vaijerit ovat turvallisia käyttää. On kuitenkin huomioitava, että sähkövinsseissä ja hydraulivinsseissä on erilaiset vaijerit. Jotta vaijerit eivät mene sekaisin epähuomiossa olisi esimerkiksi huolto-ohjeessa tai tarkastuspöytäkirjassa hyvä olla maininta asiasta. Lisäksi vaijerin varastonimikkeissä on niukasti tietoa vaijerien tyypeistä ja vähimmäismurtolujuuksista. Tietoja nimikkeiden lisätietojen lisääminen varmistaisi oikean vaijerin käyttämisen, kun vinsseihin vaijereita vaihdetaan. Lisäksi uuden vaijerin käyttöönottoa ei ole kirjallisesti ohjeistettu huolto-ohjeeseen.

Turvallinen vaijerin käsittely on osa työturvallisuuden kehittämistä. Millogilla on tehty turvallisuushavaintoja rispaantuneiden vaijerin käsittelyyn. Vaijeria on aina syytä käsitellä viiltosuojakäsineillä. Lisäksi uuden tai käytetyn vaijerikiepin kantamisen ja nostelun aikana on huomioitava, että vaijerissa katkenneiden lankojen muodostamat teräspiikit voivat tunkeutuvat helposti työvaatteiden

läpi. Huolto-ohjeessa vinnintarkastuskohdassa on ohjeviittaus huoltokäsikirjan turvallisuusohjeisiin. Ohjeistus on tiivis ja asiallinen kokonaisuus, joka olisi hyvä olla paremmin esillä. Ohjeistuksen noudattaminen tulisi säännöllisesti varmistaa työturvallisuudesta vastuussa olevan työnjohdon toimesta.

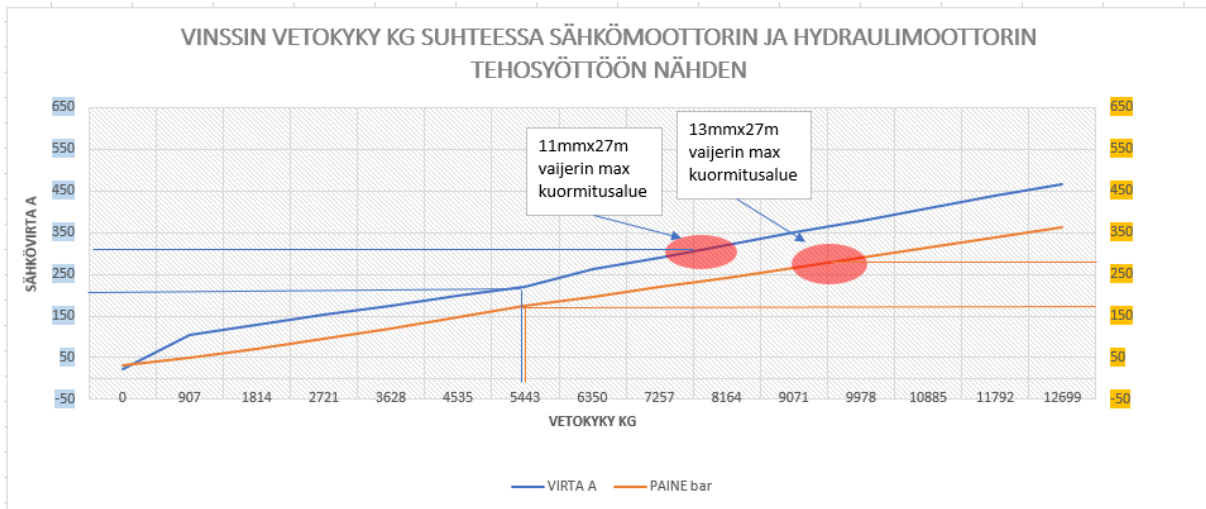
Vaijerin kunnossapidolla on suuri merkitys sen toimintakykyyn ja käyttöikään. Vuosittain tapahtuvan huollon välissä asiakas voi käyttää vinssiä monenlaisissa tehtävissä. Huoltoon tullessa vinssi ja vaijeri voi olla hyvinkin likainen ja voiteluaineet ovat kuluneet vaijerista. Nämä aiheuttavat vaijerin poikkipinta-alan kulumista ja korroosiota. Tämän vuoksi olisi vaijerin tarkastuksessa oleellista puhdistaa vaijeri huolellisesti liasta, kuten hiekasta ja mudasta sekä voidella vaijeri sille tarkoitetulla voiteluaineella. Näiden huoltotoimenpiteiden myötä vaijerin käyttöikä kasvaa ja on turvallisempi käyttää.

## **9.2 Vinssi**

Pääosin tarkastettavat vinnit ovat joko sähkö- tai hydraulivinssejä. Vinsseillä on määritellyt maksimikuormitukset. Näitä vinsseissä ohjaa sähköisissä virranrajoitin ja hydraulivinsseissä hydraulikka-järjestelmän paineenrajoitin venttiili. Mikäli nämä eivät toimi oikein voi vinnin vetokyky saattaa ylittää sille tarkoitetun vaijerin kuormituksen ja seurauksena on vaijerin katkeaminen sekä vinnin vioittuminen. Taulukossa 8 on esitetty teoreettinen taulukko vinnien vetokyvystä, mikäli virran tai paineen määrä muuttuu samassa suhteessa. Taulukkoon on lisätty vaijerin toimittajan ilmoittamat maksimikuormitukset käytössä oleville varaosavaijereille.



Taulukko 8. Teoreettinen havainnekuva vinssin vetokyvystä mahdollisessa vinssin häiriötilassa.



Vinsseistä käytyjen keskustelujen (teema 3) perusteella varsinkin sähkövinssien kanssa oli ollut aiemmin ongelmaa virranrajoittimien kanssa. Virranmittausta ja säätöä ei tehdä Millogilla. Näissä tilanteissa vinssi toimitetaan ulkopuoliselle toimijalle huoltoon. Vaikka haastattelun perusteella sähkövinssit ovat toimineet viime aikoina paremmin, varmistaisi virta-arvojen mittaaminen ennen vetotestiä sen, ettei ylikuormitusta pääsisi tapahtumaan.

### 9.3 Testaustapa

Millogilla suoritettua vinssin kuormituskoetta ei voitu toteuttaa käytännössä. Teemahaastattelun (teema 1) perusteella tutkimusta varten saatiin kattavasti tietoa siitä, miten testaus Millogilla suoritetaan. Opinnäytetyöhön saatiin käytännön esimerkki, kun testausta voitiin seurata Saurus Oy:ssä. Haastattelujen, havainnoinnin ja benchmarking-menetelmän perusteella merkille pantavat asiat Millogin testaustavassa liittyivät alueen eristämiseen, olosuhteisiin ja niiden huomioimiseen ja vetotestissä olevaan kiinnityslenkin paikkaan.

Testausalueen eristämisen puuttuminen oli selkeä ero Sauruksen välillä tehtävään Telttahallin kummastakin päästä voi vapaasti kulkea kuormituskokeen aikana. Mikäli testauksen aikana vaijeri katkeaa, voi vaijeri singota pitkälle aiheuttaen vaaraa sivullisille. Testiä suorittavat henkilöt ovat auton sisällä eivätkä näe sieltä liikkuuko hallissa ylimääräisiä henkilöitä. Lisäksi vinssin ja vaijerin tarkastus olisi hyvä tehdä ilman turhia keskeytyksiä, joita vapaasti testausalueelle kulkevat toiset työntekijät voivat mahdollisesti aiheuttaa.

Toinen havainto liittyi olosuhteisiin. Telttahallin asfalttilattia on säältä suojassa ja yleisesti ottaen kuiva. Kuitenkin eristyksien puuttuessa olosuhteet eivät vastaa sisätiloja. Tämä seikka tulisi ottaa huomioon varsinkin kitkavoimia ajatellen. Syksyllä ja talvella ilmasta tiivistynyt kosteus lattiaan ja varsinkin sen jäätyessä laskee renkaan ja asfaltin välistä kitkakerrointa merkittävästi. Huonosta pidosta johtuvat pienetkin liikahdukset ja nykäykset vetotestin aikana voi aiheuttaa impulsiivisia voimia, joiden voimapiikit saattavat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vaijerin katkeamisen tai vaurioita vinssiin.

Huolellisesti tarkastettu vaijeri vaatii asianmukaisen valaistuksen. Telttahallin katossa on loisteputkirivi, joiden valaisukyky ei ole optimaalinen vaijerin tarkastustyöhön. Ilman viiletessä valojen sytyminen kestää jonkin aikaa. Vaijerin säikeissä olevat lankojen katkeamisesta aiheutuvat piikit löytyvät kyllä tunnustelemalla, mutta säikeiden väleissä olevat virheet ovat heikossa valaistuksessa hankalampi löytää.

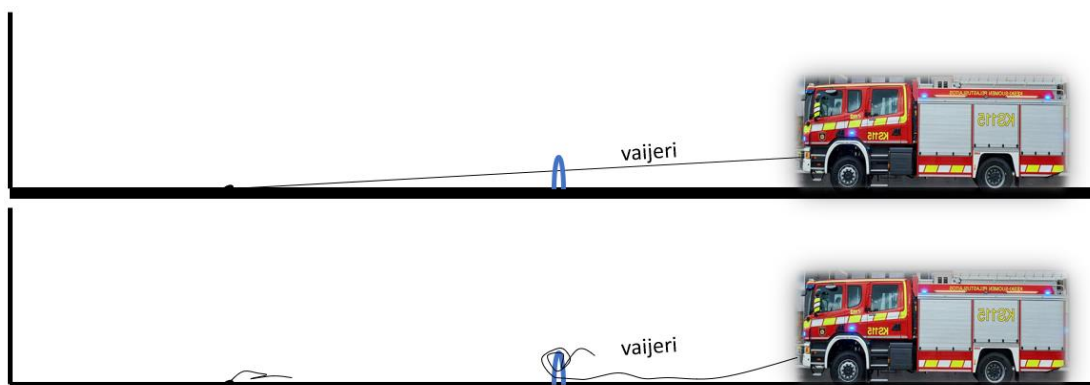
Merkittävä havainto oli myös kiinnityspisteen paikka, joka on lattiassa. Paloauton keulavinssi on noin metrin korkeudella maasta. Vaikka noin 25 metrin pituinen vaijeri muodostaa hyvin pienen kulman maahan, on vaijeri kuitenkin alaviistossa autoon nähden. Vuoden 2022 alussa vaijeri katkesi kiinnityslenkin päästä, jolloin sen sinkoaminen kohdistui auton keulan suuntaan. Tällöin onneksi turvamatot estivät pahimman osumisen tuulilasiin. Työturvallisuuden näkökulmasta vaijerin kulma voisi kohdistua ennemmin auton alle kuin suoraan testaajia kohti. Lisäksi vetokulma korostaa ohjauksellisten asemoinnin tarkastamisen etusijalle. Kuormituksen aikana vedon on kohdistuttava kokonaan vaijerin poikkipinta-alaan. Huomion arvoista on se, että kulmasta huolimatta vaijerit katkeaa haastattelun perusteella Millogilla ja Sauruksella saman verran eli yksi per vuosi. Tosin Sauruksella tehtävien testien määrä voi olla Millogin määriä suurempi. Molemmilla yrityksillä kuitenkin katkeamiskohta on yleisesti vinssin päästä vaijeria, mikä voisi viitata juuri ohjainrullien asemointiin.

Ammattikäytössä olevia vinssejä käytetään monenlaisissa tilanteissa ja vaijerilla joudutaan vetämään erilaisissa kulmissa. Kaikki tehtävissä käytetyt vinssaustavat eivät todennäköisesti ole vinssivalmistajan suosittelamia. Huollossa tehtävän vetotestin tarkoitus ei ole testata laitteen toimivuutta poikkeustapauksissa. Vetokokeessa tarkastetaan, että vinssi toimii kuten valmistaja on sen tarkoittanut ja vaijeri on käytön jäljiltä joko huollettavissa takaisin käyttökuntoon tai vaihdettava

uuteen. Vetotestin esisijainen tarkoitus ei ole testata vaijerin kuntoa vetämällä. Kun vinssi vetää valmistajan sallitun maksimikuorman siten että sen kiinnitykset ja jarru toimii, todetaan laitteen olevan kunnossa asiakkaan käyttöön. Vaijerin kunto tulee tarkastaa aina kun vinssiä käytetään ja tehdyssä testissä todetaan vaijerin sen hetkinen kunto. Jokainen vaijerin ääri rajoille jännittäminen kuluttaa vaijeria.

## 9.4 Työturvallisuus

Millogilla työturvallisuus on suuressa roolissa, jota kehitetään jatkuvasti. Tämä opinnäytetyön aihe oli myös yksi monista työturvallisuuden kehittämisen kohteista. Kun ammattikäytössä olevalla voimakkaalla vinsillä vedetään vaijeria usean tonnin kuormitukseen, liittyy siihen työturvallisuusriskejä. Huolellisesta alkutarkastuksesta huolimatta vaijerin katkeaminen on aina otettava huomioon. Testivetoja tehdään Millogilla noin 30 vuodessa. Vinssin tarkastus- ja testaustyö on suunniteltava huolellisesti ottaen huomioon mahdollisimman useat näkökulmat työturvallisuuden kannalta. Opinnäytetyön teemahaastattelussa (teema 4) ilmeni monenlaista ideaa siitä, miten vaijerin katkeamisesta aiheutuva hallitsematon ja vaarallinen sinkoilu aiheuttaisi mahdollisimman vähän vaaraa testiä tekeville työntekijöille. Ideoita oli auton edessä olevasta suojaverkkoseinästä koko matkalla olevaan vaijerin päällä oleva halkaistaun paloletkuun. Eräs ehdotus oli pituussuunnassa vaijerin keskellä asennettava kiinteä metallilenkki, jonka läpi vaijeri kulkee. Katketessa vaijerin jommastakummasta päästä lähtevä vaijerin pää kiertyisi keskellä olevan putken ympäri kuvion 47 mukaan.



Kuvio 47. Metallilenkki joka ottaa katkenneen vaijerin sinkoilun vastaan. (Paloauton kuva:

[https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/.](https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/sammutusautot/))

## 10 Loppuyhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön aiheena oli vinnintestauksen työturvallisuuden kehittäminen. Työn suunnittelu vaiheessa muodostettiin tutkimuskysymykset. Näihin kysymyksiin opinnäytetyö pyrki antamaan toimeksiantajalle vastaukset kirjallisuustiedon ja käytännön tutkimuksen avulla. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat:

1. Mitkä tekijät nykyisessä testaustavassa voi aiheuttaa vaijerien katkeamisen?
2. Mitkä ovat vaikuttavat voimat testauksen aikana?
3. Mitkä asiat kehittävät testauksen työturvallisuutta?

Vinssille tarkoitettu vaijeri kestää vinssin maksimikuormituksen, kun vinssi toimii siten kuin on tarkoitettu ja vaijeri on ehjä. Lisäksi vaijeriin kohdistuvan kuormitus on kohdistuttava koko sen poikkipinta-alaan. Tässä opinnäytetyössä selvitettyjä mahdollisia tekijöitä vaijerin katkeamiselle Millogin testaustilanteessa olivat:

- Alimitoitettu vaijeri käytettävälle vinssille (huolto-ohjeen ja varastonimikkeiden puutteelliset tiedot)
- Vaijerissa olevat viat, joita tarkastuksessa ei ole huomattu tai osattu etsiä
- Vaijerin mahdollinen osuminen tai hankautuminen ohjauksellaan vetotestin kohdistuessa alaviistoon, jolloin vaijeri ei ota kuormaa koko poikkipinta-alalla vastaan
- Kuormituksen aikana tapahtuvat auton liikkumisesta aiheutuvat nykäisyt
- Vaijerin maksimikuormitus ylittyy johtuen vinssin toimintahäiriöstä

Vinssillä vedettäessä kiinteää lenkkiä aiheuttaa köysivoima vaijeriin jännitystä. Normaali tilanteessa vinssin ja vaijerin ollessa kunnossa, pysyy vaijerin jännityksen ja venymän suhde kimmoisella alueella. Köysivoimaa vastustaa paloauton kitkavoima. Kuormituskokeessa paloauton kitkavoiman on oltava köysivoimaa suurempi, jotta auto pysyy paikallaan. Opinnäytetyössä esitettyjen laskelmien mukaan kuivalla asfaltilla auto pysyy paikallaan vinssin maksimikuormituksella. Mikäli lepokitka ylittyy esimerkiksi asfaltin kosteuden tai jäätyneen vuoksi syntyy vetotilanteeseen epätoivottuja liikkahduksia ja sitä kautta impulsiivisia voimia. Impulsiivisten voimien voimapiikit voivat hetkellisesti nostaa vaijerin jännityksen kimmoisen alueen yli, jolloin vaijerin materiaalissa alkaa

tapahtumaan plastista eli palautumatonta muodonmuutosta. Yleensä plastista muodonmuutosta seuraa nopeasti materiaalin murtuminen mikä ilmenee vaijerin katkeamisena. Vetotestin aikana paloautossa olisi suositeltavaa olla vesisäiliö täynnä. Tällä varmistettaisiin se, että auton massa olisi mahdollisimman suuri, kuten olisi myös liikkumista vastustava lepokitkan maksimivoima. Lisäksi paloauton liikahtelu testin aikana tulisi estää muilla mahdollisilla keinoilla, mikäli olosuhteiden vuoksi auto voisi liikkua vinssin voimasta. Opinnäytetyön tutkimuksen mukaan testausvaiheessa vaikuttavat voimat ovat:

- Vaijerin jännitysvoima
- Paloauton massaa paikallaan pitävä kitkavoima
- Paloauton liikahtamisesta, jousituksesta, vinssin kiinnityksestä tms. aiheutuvat hetkelliset voimapiikit, shokkikuormat

Vaijerin katkeaminen on aina otettava huomioon vinssiä testatessa. Tekijät, jolla vinssin tarkastuksen työturvallisuutta kehitetään jakaantuvat konkreettisiin suojavälineisiin, että ohjeistuksen ja tiedon lisäämiseen. Vaijerin holtiton sinkoilu tulisi saada nykyistä paremmin hallintaan ja varmistaa niin testaajien turvallisuus kuin alueen eristämällä sivullisten turvallisuus.

Mikäli vinssin toimintahäiriöstä johtuen vinssin maksimikuormitus ylittyy, saattaa siitä aiheutua täysin ehjänkin vaijerin katkeaminen, koska vaijeri on mitoitettu vinssin normaalin vetokyvyn mukaan. Vetotestissä tällaisen ylikuormituksen estäminen vähentäisi vaijerin katkeamisriskiä. Myös lisäämällä vinssin tarkastuspöytäkirjaan tarkastuskohtia vaijerin tarkastamisen tärkeimmistä asioista ja auton paikallaan pysymisen varmistamisesta vähentää vaijerin katkeamisen todennäköisyyttä. Opinnäytetyön tutkimuksen perusteella testauksen työturvallisuutta kehittävät asiat ovat:

- Kirjallisen ohjeistuksen ja tarkastuspöytäkirjan perusteellinen päivittäminen
- Huolellinen ja systemaattinen alkutarkastus ennen vetotestiä
- Turvallisuusohjeiden näkyvyyden parantaminen (nyt vain viitattu huolto-ohjeessa käsikirjan lukuun)
- Testauspaikan olosuhteiden kehittäminen (eristäminen, valaistus, sääolosuhteiden huomioiminen)
- Vaijerin katkeamisesta aiheutuvan hallitsemattoman sinkoilun estäminen suojavälineillä nykyisten turvamattojen lisäksi

Opinnäytetyön tutkimuskohde oli varsin mielenkiintoinen ja haastava. Aihealueen laajuus ilmeni työn tietoperustaan tehdyn tutkimustyön aikana. Vinsseihin ja vaijereihin liittyviä asioita oli paljon

ja rajaaminen työssä oli tärkeää, jotta työ palveli annettua tavoitetta. Työn painopiste oli turvallisuuden kehittämisessä, siten että vaijerien katkeamismäärät saataisiin Millogilla mahdollisimman alhaisiksi. Vaikeimmin määriteltäviksi tekijöiksi työssä jäi vetotestissä vaikuttavat mahdolliset impulsiiviset voimat ts. shokkikuormat. Näiden voimien tunnistaminen ja sitä kautta hallitseminen vaatii lisätutkimusta ja kokemusta testaustilanteesta.

Tämän opinnäytetyön tutkimustiedon jatkokehityksenä toimeksiantaja voi kehittää ohjeistusta ja testaustapaa vinssintestauksen osalta siten, että se voidaan palauttaa alihankinnasta takaisin huoltotyöksi. Opinnäytetyö antaa myös toimeksiantajalle nykyisestä poikkeavan näkökulman pohdittavaksi. Se että vinssillä vedetään kiinteää lenkkiä sen maksimivetokyvylle, pohditutti aika ajoin tutkimuksen aikana. Vinssin valmistajan oppaissa varoitetaan ylittämästä vinssin maksimikuormaa. Kiinteää lenkkiä vasten maksimikuormalla testaaminen on vinssin ylikuormittamista. Tätä seikkaa tulisi tutkia lisää mitä vinssivalmistajat ovat mieltä tämän tyyppisestä testaamisesta ja mihin maksimikuorma testaus perustuu. Mikäli voiman tarve vinssaukseen lähenee maksimivetokkyä, tulee silloin hyödyntää vinssaustekniikoita väkipyörien avulla. Turvallisempi ja laadukkaampi tapa testata huollon yhteydessä vinssin toiminta voisi olla se, että testauksen painopiste olisi laadukkaassa vaijerin ja vinssin alkutarkastuksessa. Vinssin vetotestin voisi puolestaan suorittaa liikkuvalla kuormalla, jonka massa olisi vain 50–75 % vinssin maksimivetokyvystä. Tämän mahdollisuuden tutkimisella voisi toimeksiantaja kehittää työturvallisuutta sekä välttää laitteiston turhaa ylikuormitusriskiä ja vaijerien katkeamista.

Työturvallisuuden kehittäminen näkyy nykyään monessa yrityksessä hyvin vahvasti. Turvallisuudella haetaan terveempiä työntekijöitä, että työolosuhteita, mutta myös tuotannon ja laadun kehittämistä. Yritykset myös markkinoivat asiakkailleen työturvallisuutta tärkeänä yrityksen arvona. Vinssin testaus maksimikuormalla on työvaihe, jossa aina piilee työturvallisuusriski. Harva yritys haluaa ottaa turhia riskejä, varsinkaan työturvallisuudessa. Opinnäytetyön aihe osoittaa, miten tärkeää on ymmärtää ja tuntea jokainen yrityksessä tehtävä työsuoritus. Työtapaturmia tapahtuu aina mutta asiantuntemuksella, riskien kartoituksella, ohjeistuksella ja valvonnalla niiden määrää on mahdollista vähentää

## Lähteet

- Banner, J. 2019. Winch History and Basics. Vicious Off-Road Co. 18.3.2019. Vicious Off-Road on amerikkalainen maasto, jeeppi ja maastokuorma-autojen off-road varusteiden toimittaja. Viitattu 23.7.2022. <https://viciousoffroad.com/blogs/news/winch-history-and-basics>.
- Basic guide to truck winching. 2014. Warn Ltd. Viitattu 3.6.2022. <https://international.warn.com/Attachment/DownloadFile?downloadId=893>.
- Close, M. 2018. What Is Wire Rope? Understanding the Specifications and Construction. Mazzella Companies. 6.2.2018. Yrityksen internet sivuston materiaalia teräsköysistä. Viitattu 12.6.2022 <https://www.mazzellacompanies.com/learning-center/what-is-wire-rope-specifications-classifications-construction/>.
- Finite element analysis on the wire breaking rule of 1x7IWS steel wire rope. 2017. Xi'an High Technology Research Institute, Kiina. Viitattu 3.8.2022. [https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2017/22/matecconf\\_icmaa2017\\_01002.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2017/22/matecconf_icmaa2017_01002.pdf).
- Jokinen, V. 2020. Materiaalien Mikrorakenne, L5: Lujitusmekanismit ja lämpökäsittelyt. Aalto yliopisto. 20.5.2020. Aalto yliopiston luentomateriaali. Viitattu 6.8.2022. [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1190819/mod\\_resource/content/3/C2440%20L5%20Lujitus%20ja%20l%C3%A4mp%C3%B6k%C3%A4sittelyt%20V2.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1190819/mod_resource/content/3/C2440%20L5%20Lujitus%20ja%20l%C3%A4mp%C3%B6k%C3%A4sittelyt%20V2.pdf).
- Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä – kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, J. 2017. Kehittämistutkimus interventiotutkimuksen muotona – opas opinnäytetyön ja pro gradun kirjoittajalle. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kuinka valitset sinulle sopivan vinssin? 2022. Atlok Oy. 11.1.2022. Yrityksen internet sivuston artikkeli. Viitattu 24.7.2022. <https://www.atlok.fi/vinssin-valinta/>.
- Langasta köydeksi. N.d. Certex Finland Oy. Yrityksen internet sivuston teknistä materiaalia. Viitattu 23.7.2022. [https://www.certex.fi/sites/certex-fi/PDF/Teraskoydet - tekninen\\_osa.pdf](https://www.certex.fi/sites/certex-fi/PDF/Teraskoydet - tekninen_osa.pdf).
- Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S., Öistämö, J. 2000. Tekniikan kaavasto. Tammertekniikka. 3.p. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä
- Pelastusajoneuvojen opas. 2011. Pelastusajoneuvojen opas. Suomen Palopäällystöliitto ry. Viitattu 9.4.2022 [https://www.sppl.fi/verkkokauppa/kirjallisuus\\_ ja\\_ opetusmateriaalit/pelastusajoneuvojen\\_ yleisopas.2136.shtml](https://www.sppl.fi/verkkokauppa/kirjallisuus_ ja_ opetusmateriaalit/pelastusajoneuvojen_ yleisopas.2136.shtml).
- Planeettavaihteet. N.d. Vem Motors Finland Oy. Yrityksen internet sivuston artikkeli planeettavaihteista. Viitattu 24.7.2022. <https://www.vem.fi/tuote/reggiana-riduttori-planeettavaihteet/>.

PSK 6201:2020. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4.p. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 19.6.2022. <https://janet.finna.fi/>. PSK Standardit tietokanta.

Savolainen, K. 2011. Pelastustoiminta onnettomuustilanteissa. Pelastusopisto. 2011. Viitattu 2.6.2022. [http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja\\_A/A1\\_2011.pdf](http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja_A/A1_2011.pdf).

SFS-EN 12385-1:2002+A1:2008. Teräsköydet. Turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. 2.p. Suomen Standardisointiliitto SFS. Viitattu 23.7.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/117107.html.stx>.

SFS-EN 12385-2:2002+A1:2008. Teräsköydet. Turvallisuus. Osa 2: määritelmät, merkinnät ja luokittelu. 2.p. Suomen Standardisointiliitto SFS. Viitattu 15.7.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/117107.html.stx>. SFS Online-palvelu, standardit ja julkaisut

SFS-ISO 4309:2021. Cranes – Wire ropes – Care and maintenance, inspection, and discard. Suomen Standardisointiliitto SFS. Viitattu 24.7.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/4/1061822.html.stx>.

Teräsköyden rakenne, n.d. Erlatek Oy. Yrityksen internet sivuston teknistä materiaalia. Viitattu 11.6.2022 <https://www.erlatek.fi/file.php?204>.

Teräsköydet ja komponentit, n.d. Erlatek Oy. Yrityksen internet sivuston teknistä materiaalia. Viitattu 12.6.2022 <https://www.erlatek.fi/file.php?263>.

Teräsköysi – käsittely ja asennus, n.d. Certex Finland Oy. Yrityksen internet-sivuston tekninen dokumentaatio teräsköysistä. Viitattu 21.7.2022. <https://www.certex.fi/tekninen-osa/teraskoydet/kasittely-ja-asennus>.

Teräsköysi - tekninen määritelmä, n.d. Certex Finland Oy. Yrityksen internet-sivuston tekninen dokumentaatio teräsköysistä. Viitattu 12.6.2022 <https://www.certex.fi/tekninen-osa/teraskoydet/tekninen-maaritelma>.

Teräsköysi 6x19M-WSC. N.d. Certex Finland Oy. Viitattu 19.7.2022. <https://www.certex.fi/tuotteet/teraskoydet-ja-tarvikkeet/teraskoydet/teraskoydet-vaijerit-yleiskayttoon/teraskoysi-6x19m-wsc-p55400?categoryId=490408#RopeDiame-ter%7B%7D=%7B%22from%22%3A11%2C%22to%22%3A11%7D>.

Tutkimuksen toteuttaminen. N.d. Koppa. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylän yliopiston verkkoartikkeli tutkimusprosessista. Viitattu 14.8.2022. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi/tutkimuksen-toteuttaminen>.

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu 2.6.2022 <https://finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ty%C3%B6turvallisuuslaki>.

Työtä helpottavia koneita. N.D. Peda.net. Viitattu 30.7.2022. <https://peda.net/kotka/perusopetus/langinkosken-koulu/oppiaineet2/fysiikka/9-luokka/5lejmt/5thk>.



Vinssi n.d. Pikist.com. Ilmainen kuvapankki internetissä. Viitattu 23.7.2022. <https://www.pikist.com/free-photo-vbzja/fi>

Vinssaustekniikoiden perusopas. N.d. Warn Industries. Warnin vinssejä Suomessa maahantuovan yrityksen Atlok Oy:n internet sivuilta löytyvä alkuperäisestä suomeksi käännetty ohje. Viitattu 23.7.2022. <https://www.atlok.fi/wp-content/uploads/2020/12/File-1418718838.pdf>.

Warn Large-Frame and Mid-Frame Winch Comparison. 2015. Warn Co. 14.12.2015. Yrityksen internet sivuston blogikirjoitus. Viitattu 24.7.2022. <https://international.warn.com/warn-large-frame-and-mid-frame-winch-comparison>.

Warn M12000 sähkövinssi 24V- 5440KGF-vaijerilla. 2022. Atlok Oy. Ammattikäyttöinen sähkökäyttöinen vinssi. Viitattu 23.7.2022. <https://www.atlok.fi/tuote/warn-m12000-24v/>.

Webinar Steel Wire Ropes. 2021. Certex Danmark A/S. 5.10.2021. Webinaari vaijerin tarkastamisesta ISO 4309 standardin mukaan. Viitattu 20.7.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=3cDH-fnGoNw&t=476s>.

Wire Rope: Maintenance and Signs to Look Out For. 2016. Liftsafe Group of Companies. Blogikirjoitus. 10.2.2016. Viitattu 20.7.2022. <https://liftsafegroupofcompanies.wordpress.com/2016/02/10/wire-rope-maintenance-and-signs-to-look-out-for/>.

90`X7/16` Replacement Steel Rope – 61950. N.d. Warn Co. Viitattu 31.7.2022. <https://international.warn.com/warn-industries-61950-winch-cable>.

## Liitteet

## Liite 1. Vinssin tarkastuspöytäkirja, Millog Oy

**Millog**  
Liestuoreen toimipiste  
Varikontie 90  
41400 Lievestuore

VINSSIN  
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Ajoneuvon rek. nro	[REDACTED]	Työtilaus nro	[REDACTED]
Vinssin merkki	WARN	Tyyppimerkintä	SELIG 12
Sarjanumero	831010	Huom !	
Sähkövinssi	<input checked="" type="checkbox"/>	Hydraulivinssi	<input type="checkbox"/>

**TARKASTUKSET ENNEN HUOLTOA**

**TARKASTUSKOHDAT:** K= täyttää vaatimuksen E= ei täytä, tarpeeton yliviivataan

	K	E		K	E
Vinssin kiinnitys (kiinnityspultit, -tiukkuus)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vinssin apurunko eheys	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valjeri	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valjerin koukku	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Taittopyörä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Koukun kuljetusasento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valjeriohjainten aseointi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Virtajoitin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KORJAUKSEN JÄLKEISET TOIMENPITEET**

**TARKASTUSKOHDAT:** K= täyttää vaatimuksen E= ei täytä, tarpeeton yliviivataan

	K	E		K	E
Vinssin kiinnitys (kiinnityspultit, -tiukkuus)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vinssin apurunko eheys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valjeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valjerin koukku	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Taittopyörä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Koukun kuljetusasento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valjeriohjainten aseointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Virtajoitin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valjerin esijännitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

**TOIMINTAKOE**

Veto 1 lukema 5500 Veto 2 lukema 5600 Veto 3 lukema 5590

KESKIARVO= 5563 (max +5 % nimellisarvosta) Tarkastusmerkintä asennettu

Huomautukset  
VALJERI UUSITTU, VANHA MENI VETOKOKEEN PÄIKKI

Laite on todettu turvalliseksi ollessaan käytettynä   
Laitteessa on turvallisuus puuttalta

Tarkastanut 30.3.2016 [REDACTED]  
Päivämäärä Allekirjoitus+ nimen selvennys

## Liite 2. Vinssin testauspöytäkirja, Saurus Oy



TKL 009  
VINSSIN TESTAUSPÖYTÄKIRJA

Ver 1.10.2020

Rekisteri Projektinumero		Asiakas	
Päiväys	27.6.2022	Koeajaja(t)	
Koeajopaikka	Söynätalo	Ilman lämpötila	+28°C

Vinssin merkki ja malli	WARW SERIES T2	Vinssin sarjanumero	1115440
Ilmoitettu vetokyky	MAX 5400 kg	Hydraulikäyt.	X
		Sähkökäyt.	-
Vaijeri	X	Köysi	-
		Pituus	25 m
		ø	13 mm

SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTUS		Kommentit
Merkitse vasempaan sarakkeeseen, jos OK)		
OK!	Kiinnitys	
OK!	Hallintalaitteiden kunto ja toiminta	
OK!	Vaijeripuolaimen kunto ja toiminta (jos on)	
OK!	Paininrullan /levyn kunto ja toiminta (jos on)	
Vaijeri / köysi		
OK!	Vaijerin / köyden eheys	
OK!	Kiinnitys vinssin rumpuun	
-	Max. ulosvedon maalimerkintä (VAIJERIA jää rummulle 5-6, KÖYDELLÄ 7 kierrosta)	
Koukku		
OK!	Kiinnitys vaijeriin / köyseen	
OK!	Koukun salpa, kunto ja toiminta	
OK!	Koukun ssk on riittävä vinssille	
OK!	Koukun kuljetuskiinnitys	
Taittopyörä (jos on)		
-	Kunto (eheys, muodonmuutokset)	
-	Taittopyörän ssk riittävä vinssille HUOM 2 kertainen ssk	

VETOTESTI			
TESTAUSVÄLINEET			
Vetovaaka	Rema DSD04 1512009 0-25000 kg (serial no: 14.10064)	X	Taittopyörä (K / E) E
Vetovaaka	Tamtron BCSE-100-A, 0-10000 kg (serial no: 10700469)	-	Taittopyörä (K / E) -
OK!	Jarrun pitävyys (kuormitettuna)		
OK!	Kuormanvalvonnan toiminnan testaus		
-	Sähkövinssin virranrajoittimen virta-arvo:	-	A
-	Vetovoima sallittu (min -10 %, max +5 %)	-	kg
OK!	Maksimi saavutettu vetovoima (VAIJERIA rummulla 5-6 tai KÖYTTÄ 7 kierrosta)	4830	kg

## Liite 3. Turvallisuusohjeet

### 10.2.1 Turvallisuusohjeet



VINSSIÄ EI SAA KÄYTTÄÄ NOSTAMISEEN TAI HENKILÖIDEN SIIRTÄMISEEN. MUISTA KYTKEÄ AUTON KÄSIJARRU PÄÄLLE ENNEN VINSSIN KÄYTTÖÄ.

1. ÄLÄ YLITÄ VINSSIN MAKSIMI VETOVOIMAA. MAKSIMI VETOVOIMA 5400 kg
2. ÄLÄ KOSKETA VINSSIN VAIJERIIN TAI KOUKKUUN SILLOIN KUN VAIJERI ON VETÄMÄSSÄ KUORMAA.
3. VARO KAUKO-OHJAIMEN KAAPELIN JÄÄMISTÄ VAIJERIN VÄLIIN SISÄÄN KELATTAESSA.
4. VINSSIN JA VETOKOHTTEEN VÄLISSÄ EI SAA OLLA KETÄÄN TAI MITÄÄN. JOS VAIJERI KATKEAA KESKEN VEDON, KATKENNUT VAIJERI HEILUU LAAJASTI EDESTAKAISIN SIVUSUUNNASSA.
5. ENNEN KUIN ALOITAT VINSSIN KÄYTÖN, TARKISTA KAUKO-OHJAIMEN KAAPELIN KUNTO JA ETTÄ PISTOKE MENEHEE HELPOSTI AUTON MASKISSA OLEVAAN PISTORASIAAN. SÄILYTÄ KAUKO-OHJAINTA PAIKASSA, JOSSA EI OLE KAAPELIN RIKKOONTUMISVAARAA.
6. ÄLÄ KIEDO VAIJERIA VETOKOHTTEEN YMPÄRILLE, KOSKA VAIJERIIN TULEE LIIAN JYRKKIÄ KULMIA. KÄYTÄ KETJUA TAI MUUTA ERILLISTÄ VAIJERILENKKIÄ.
7. ÄLÄ KOSKAAN VEDÄ VINSSILLÄ KUORMAA, JOS VAIJERIA ON RUMMULLA VÄHEMMÄN KUIN 5 KIERROSTA.
8. KÄYTÄ AINA JOS MAHDOLLISTA, LOKIPYÖRÄÄ JA MAHDOLLISIMMAN PITKÄÄ VAIJERIA, KOSKA VETOVOIMA ON SUURIMMILLAAN SILLOIN KUN RUMMUSSA ON VÄHITEN VAIJERIA.



LOKIPYÖRÄN SSK (SUURIN SALLITTU KUORMA) VÄHINTÄÄN KAKSINKERTAINEN (10 800 kg)

9. TARKASTA VAIJERI ULKOISESTI SISÄÄNKELATESSASI SITÄ KÄYTÖN JÄLKEEN.
10. VAIJERIN SISÄÄNKELAUKSESSA - KÄYTÄ KOUKKUUN KIINNITETTYNÄ VINSSIN MUKANA TULLUTTA APULIINAA.
11. KÄYTÄ AINA SUOJAHANSIKKAITA KÄSITELLESSÄSI VAIJERIA JA VINSSIÄ.