

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KIINTEISTÖMUUNTAJAN NOSTOLAITTEEN VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY

Tarjouspyynnön ja suunnittelun tueksi

TEKIJÄ: Esa-Pekka Kotilainen, EK18SS, 14.5.2022

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Esa-Pekka Kotilainen			
Työn nimi Kiinteistömuuntajan nostolaitteen vaatimusten määrittely			
Päiväys	14.5.2022	Sivumäärä/Liitteet	32/0
Toimeksiantaja Fintekra Oy			
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda pohja nostolaitteen suunnitteluprojektille, joka selkeyttää projektin laajuutta, minkä perusteella voidaan tehdä tarjouspyyntö nostolaitteen tilaamisesta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa huomioon otettavia vaatimuksia, joita nostolaitteen suunnittelu ja valmistaminen edellyttävät. Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimi yritys, Fintekra Oy. Opinnäytetyössä kartoitettavat nostolaitteen vaatimukset koskivat Fintekra Oy:n Liekkiloukku®-tuotteen asennukseen tarvittua nostolaitetta. Nostolaitteella oli tarkoitus nostaa kiinteistömuuntajaa, jotta Liekkiloukun® asentaminen kiinteistömuuntajan alle olisi ollut vaivattomampaa ja turvallisempaa.  Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistyönä, jossa kartoitettiin nostolaitteen suunnittelussa ja valmistuksessa huomioitavia vaatimuksia. Aineistoina toimivat pääasiassa lait, ammattialan kirjallisuus, julkaisut sekä standardit. Lisäksi opinnäytetyössä isona osana aineistoa oli aiemmin toteutettu erikoistumisprojekti, jossa tutustuttiin nostoympäristöihin eli kiinteistömuuntamoihin sekä nostettavaan kuormaan eli kiinteistömuuntajiin.  Opinnäytetyön tuloksena laadittiin tarkka selvitys olosuhteiden, työn tilaajan sekä säädösten asettamista vaatimuksista. Työn tuloksissa huomattiin, että erilaisia vaatimuksia on paljon ja niiden havainnointi voi olla vaikeaa. Opinnäytetyö soveltuu nostolaitteen hankkimisessa projektin laajuuden kartoittamiseen sekä voi toimia pohjana tarjouspyynnössä. Opinnäytetyö on osittain sovellettavissa myös muiden koneiden ja nostolaitteiden suunnittelussa.			
Avainsanat Nostolaite, kiinteistömuuntaja, Liekkiloukku®, suunnittelu, vaatimukset			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Esa-Pekka Kotilainen	
Title of Thesis Definition of Requirements for a Lifting Device of an Electrical Transformer	
Date 14 May 2022	Pages/Appendices 32/0
Client Organisation Fintekra Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of the thesis was to lay the foundations for a lifting device design project that clarifies the scope of the project, based on which a request for an offer can be made for ordering a lifting device. The purpose of the thesis was to study the requirements required for the design and manufacture of the lifting device to be considered in the design of the property transformer's lifting device. Fintekra Oy acted as the principal in the thesis. The requirements of the lifting device to be mapped in the thesis apply to the lifting device needed to install Fintekra Oy's Liekkiloukku® product. The lifting device was intended for lifting the property transformer to make it easier to install the flame trap® under the property transformer.</p> <p>The thesis was carried out as a development work in which the limitations to be considered in the design and manufacture of the lifting device were mapped. The main material used were laws, professional literature, publications and standards. In addition, a large part of the source material was earlier carried out in a specialization project where lifting environment and the electrical transformers were explored.</p> <p>As a result of the thesis, a detailed study was drawn up of the requirements set by the circumstances, the client of the work and the regulations. As a result of the study it was found out that there is a very large number of different requirements and that it can be difficult to observe them. The thesis is suitable for mapping the scope of the project when acquiring a lifting device and can serve as a basis for the invitation to tender. The thesis is also partly applicable in the design of other machines and lifting equipment.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Lifting device, electrical transformer, Liekkiloukku®, designing, standards</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	TUOTEKEHITYS.....	7
2.1	Tuotekehityksen vaiheet.....	7
3	VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY .....	9
3.1	Olosuhteiden asettamat vaatimukset.....	9
3.2	Toimeksiantajan asettamat vaatimukset .....	12
3.3	Koneasetus.....	15
3.4	Käyttöasetus.....	15
3.5	Työturvallisuuslaki.....	16
3.6	Vaatimustenmukaisuusvakuutus .....	17
3.7	CE-merkintä .....	18
3.8	Standardit .....	19
3.9	Kokeet .....	19
4	RAKENNEKONSEPTIN IDEOINTI .....	21
4.1	Rakennekonseptiluonnokset.....	21
4.1.1	Kuormitustapaukset .....	22
4.1.2	Luonnosten vertailu .....	23
4.1.3	Rakennekonseptin valinta.....	23
5	SUUNNITTELU .....	24
5.1	Eurocode.....	24
5.2	Varmuskeroimet.....	25
5.3	Nostotolpan rakenne .....	25
5.4	Palkkien rakenne.....	26
5.5	Liitosten mitoitus .....	26
5.6	Toimilaite- ja järjestelmäsuunnittelu.....	26
5.7	Kokonaisrakenteen analyysi .....	27
5.8	Nostolaitteen teettäminen .....	27
6	YHTEENVETO.....	28
6.1	Työn eettisyyden todentaminen .....	28
6.2	Luotettavuus .....	28
6.3	Johtopäätökset .....	29

7	POHDINTA.....	30
7.1	Ammatillinen kasvu .....	30
7.2	Parannettavaa .....	30
7.3	Jatkokehitys .....	30
	LÄHTEET .....	31

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Tuotekehityksen vaiheet.....	7
KUVA 2.	Asennettu Liekkiloukku® kiinteistömuuntamossa (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND).....	9
KUVA 3.	Kiinteistömuuntaja asemoitu kaapelikuilun yläpuolelle. (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND).....	10
KUVA 4.	Kuvakollaasi erityyppisistä nostokorvakoista kiinteistömuuntajissa. (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND).....	11
KUVA 5.	Oikeaoppinen CE-merkinnän muodosta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, liite 3.) .....	19
KUVA 6.	Alustava idea nostolaitteen kaksijalkaisesta rakenteesta. (Kotilainen, 2022) .....	21
KUVA 7.	Alustava idea nostolaitteen nelijalkaisesta rakenteesta. (Kotilainen, 2022) .....	22
KUVA 8.	Havainnollistava kuva nostotolpan rakenteen ideasta. (Kotilainen, 2022) .....	25

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja Fintekra Oy on Varkautelainen insinööritoimisto, joka on erikoistunut teollisuuden projekteihin. Opinnäytetyön aihe liittyy olennaisesti Fintekran omaan tuotteeseen – Liekkiloukkuun®. Liekkiloukku® on eräänlainen palosuoja-arina, joka tukahduttaa siihen valuneen palavan nesteen nopeasti lisäten paloturvallisuutta. Tyypilliset asennuskohteet ovat suurjännitemuuntajien valuma-altaat. (Liekkiloukku julkaisuaika tuntematon). Liekkiloukun asentaminen kiinteistömuuntajan alle on kuitenkin osoittautunut haastavaksi. Ratkaisuksi ongelmaan tilaaja on harkinnut Liekkiloukun asentamista helpottavan nostolaitteen hankkimista. Hyvin suunniteltu nostolaite voi lisätä asennustyön turvallisuutta ja tehokkuutta, sekä Liekkiloukun® myyntiä. Nostolaitteen suunnittelu edellyttää kuitenkin tarkkaa vaatimusten määrittelyä, sillä nostettavat kohteet ja nosto-olosuhteet tekevät nostoista paikoin erittäin vaativia.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa huomioon otettavia vaatimuksia, joita nostolaitteen suunnittelu ja valmistaminen edellyttää. Tutkittujen tietojen perusteella laaditaan tarkka selvitys nostolaitteen vaatimuksista ja pohditaan nostolaitteelle mahdollisia rakennevaihtoehtoja.

Työn tavoitteena on luoda pohja nostolaitteen suunnitteluprojektille selkeyttämällä projektin laajuutta. Työn perusteella tilaaja pystyy pyytämään arviota nostolaitteen suunnittelusta ja valmistuksesta aiheutuvista kustannuksista. Kustannusarvioiden perusteella tilaaja voi punnita mahdollisen nostolaitteen valmistamisen kannattavuutta. Työn tavoitteena on lisäksi antaa osviittaa siitä, millaisia ratkaisuja nostolaitteen rakenteessa kannattaisi mahdollisesti käyttää, ja mitä asioita rakenteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Tämä helpottaa suunnittelun alkuvaiheessa tehtävää pohjatyötä ja ohjaa suunnittelijaa oikeanlaisen lopputuloksen saavuttamiseen. Työ antaa myös ohjeistusta suunnittelussa huomioon otettavista määräyksistä kuten laeista ja standardeista.

Opinnäytetyö on tärkeä etenkin tilaajalle. Mikäli nostolaite valmistetaan, tulee se lisäämään Liekkiloukkujen® myyntiä yrityksen liikevaihtoon vaikuttaen, mutta myös lisäämään Liekkiloukkujen® asennusturvallisuutta. Mikäli työllä pystytään edistämään nostolaitteen hankkimisprojektia, tulee se vaikuttamaan asennettujen Liekkiloukkujen® määrään. Tämä vaikuttaa suoraan paloturvallisuuteen korkeajännitemuuntamoissa parantaen muuntamoiden läheisyydessä olevien ihmisten turvallisuutta. Asennetuilla liekkiloukuilla® voidaan mahdollisesti myös pienentää palon aiheuttamia kuluja. Muuntamoon asennettu liekkiloukku® voi mahdollisesti myös laskea kiinteistön vakuutuskuluja.

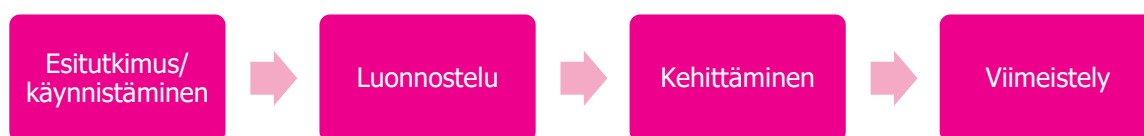
Vaikka nostolaitetta ei kuitenkaan valmistettaisi, on aihe silti hyödyllinen tilaajalle. Työn perusteella tilaaja pystyy mahdollisesti välttämään vääränlaisen nostolaitteen valmistamisesta aiheutuvat kustannukset ja taloudellisen tappion.

## 2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jossa tavoitteena on luoda uusi tuote tai parantaa olemassa olevaa tuotetta. Tuotekehitys on keino, jolla yritys pystyy menestymään ja pysymään kehityksen mukana. Tuotekehitys on prosessi, johon kuuluu useita eri vaiheita. Näitä ovat muun muassa tuoteidean etsiminen, tuotekehityshankkeeseen liittyvien lähtötietojen kerääminen, tuotteen luonnostelu, suunnittelu, optimointi, tuotepiirustusten ja käyttöohjeiden laadinta sekä tuotantomenetelmien kehittäminen. (Jokinen 2001, 9)

### 2.1 Tuotekehityksen vaiheet

Tuotekehityksen voi jakaa karkeasti neljään eri vaiheeseen. Björkin mukaan nämä neljä eri vaihetta ovat esitutkimus, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely (Björk ym. 2014, 10.) Jokinen jakaa tuotekehityksen samoihin vaiheisiin, mutta Björkistä poiketen ensimmäiseksi vaiheeksi hän kuvaa käynnistämisen. Käynnistämisvaiheessa tarkastetaan tuotekehityksen kustannukset, markkinointinäkyvät, saatavat tuotot sekä ympäristön suojelulliset ja työterveydelliset kysymykset (Jokinen 2001, 14.) Esitutkimusvaiheeseen Björk sisällyttää muun muassa markkinoiden valinnan, tuoteohjelman ja tuotteen elinkaaren pohdinnan, tuoteidean kehityksen sekä tuotevaatimusten määrittelyn (Björk ym. 2014, 10–12.)



KUVA 1. Tuotekehityksen vaiheet

Luonnosteluvaihe alkaa tehtävän analysoinnilla sekä uuden tuotteen vaatimusten ja tavoitteiden kartoittamisella. Seuraavaksi aletaan pohtia mahdollisia ratkaisuja, joilla vaatimuksiin ja tavoitteisiin päästään. Tässä vaiheessa on tärkeää, että ongelmaa pyritään muotoilemaan ja laajentamaan oikein. Tämä auttaa tekemään luovia ratkaisuja, joita voidaan ideoinnin jälkeen verrata toisiinsa ja arvioida kunkin luonnoksen toimivuutta. Vertailussa voidaan käyttää apuna vaatimusluettelon pisteytystä, jonka mukaan jokainen luonnos saa tietyn määrän pisteitä sen mukaan, kuinka hyvin vaatimukset täyttyvät. Vertailun tuloksena valitaan paras tai parhaat luonnokset, joita kehitetään niin pitkälle, että luotettavan teknistaloudellisen arvostelun laatiminen on mahdollista. Tämän jälkeen valitaan yksi luonnos, jota lähdetään kehittämään kehittämisvaiheessa. (Jokinen 2001, 14–15; Björk ym. 2014, 13–14).

Kehittämisvaihe alkaa kokoonpanoluonnoksen laatimisella. Kokoonpanoluonnos suunnitellaan mitta-kaavaan ja siinä ilmenevät ongelmat pyritään poistamaan keksimällä sopivia ratkaisuja. (Jokinen 2001, 15.) Tuotteesta pyritään kehittämään toimintakelpoinen optimoinnilla, johon sisältyy materiaalin valinta, rakenteiden laskelmat ja optimoinnit sekä mallikokeet (Björk ym. 2014, 13–14). Björkin

mukaan kehitystyön pääsäännöt ovat yksikäsitteisyys, yksinkertaisuus sekä turvallisuus. Nämä pääsäännöt ohjaavat suunnittelua edulliseen, turvalliseen ja toimivaan lopputulemaan säästämällä aikaa ja rahaa. (Björk ym. 2014, 14.)

Viimeistelyvaiheessa tuotteelle laaditaan työpiirustukset, osaluettelot, käyttö- ja huolto-ohjeet, sekä muut asiakirjat. Viimeistelyvaiheen tuotoksena tuotteesta voidaan valmistaa prototyyppi, jota voidaan testata ja verrata edelleen asetettuihin vaatimuksiin. (Jokinen 2001, 17.)



### 3 VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY

Projekti voidaan jakaa karkeasti neljään eri vaiheeseen, joita ovat: valmistelu, suunnittelu, toteuttaminen ja projektin päättäminen. Projektin ensimmäisessä vaiheessa – valmistelussa tunnistetaan projektin tarve, joka rajaa ja määrittää projektin laajuuden. Huolellisesti tehdyn valmisteluvaiheen perusteella pystytään arvioimaan projektin hyötyjä ja päättämään aloitetaanko projekti. (MCS 2020).

Tässä opinnäytetyössä tehdään mahdollisen nostolaitteen hankkimisprojektin valmisteluvaiheeseen liittyvää työtä, jossa pyritään tutkimaan mitä vaatimuksia nostolaitteella on ja mitä asioita sen suunnittelussa tulee huomioida. Tutkitun tiedon perusteella tilaaja pystyy arvioimaan projektin kustannuksia ja päättämään aloitetaanko projektin suunnittelu- ja toteutusvaiheet. Nostolaitteen suunnitteluun liittyy useita erilaisia vaatimuksia, joita määrää useat eri tahot. Jokainen vaatimus tulee huomioida, jotta nostolaitteesta saadaan tismalleen toivotun lainen.

#### 3.1 Olosuhteiden asettamat vaatimukset

Nostolaitteen suunnitteluun liittyvää pohjatyötä ja taustatutkimusta on tehty aikaisemmin niin tilaajan toimesta, kuten vuoden 2022 alussa Kuopiossa suoritettun projektin yhteydessä, jossa yhdessä tilaajan ja asiakkaan kanssa tutkittiin kiinteistömuuntamoita sekä niissä olevia kiinteistömuuntajia. Projektin tarkoituksena oli selvittää millaisia esteitä ja rajoituksia kiinteistömuuntamot ja erilaiset kiinteistömuuntajat aiheuttavat Liekkiloukun® asennustilanteessa. Projektissa tutustuttiin 19 eri Kuopissa sijaitsevaan kiinteistömuuntamoon, joista yhteen oli asennettu Liekkiloukku®. Kuvassa 2 on esitetty kiinteistömuuntaja, jonka alle on asennettu Liekkiloukku® kiinteistömuuntamon saneerausyhteydessä (ks. kuva 2).



KUVA 2. Asennettu Liekkiloukku® kiinteistömuuntamossa (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND)

Kuva 2 toimii esimerkkinä helposta Liekkiloukun® asennusympäristöstä (ks. kuva 2). Kyseisessä muuntamossa on paljon tilaa mahdolliselle nostolaitteelle. Joissain muuntamoissa tilat ovat kuitenkin äärimmäisen ahtaita ja muuntamolle varattu tila voi olla paikoin niin pieni, että muuntajan ja sitä ympäröivien seinärakenteiden välillä on vain 10–20 senttimetriä. Nostolaitteelle varattu tila voi siis muuntamosta ja nosto-olosuhteista riippuen olla erittäin pieni. Tässä tulee myös huomioida huonekorkeus ja tila muuntajan yläpuolella, joka vaihtelee kohteesta riippuen.

Joissain muuntamoissa muuntaja on voitu asettaa lattiapinnasta syvennetyn valuma-altaan tai kaapelikuilun yläpuolelle (ks. kuva 3).



KUVA 3. Kiinteistömuuntaja asemoitu kaapelikuilun yläpuolelle. (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND)

Kohteissa, joissa muuntajan on jonkin aukon päällä, tulee nostolaitteen suunnittelussa huomioida mahdollinen korkoero. Samantyyllisiä korkoeroja, voi kuitenkin olla myös esimerkiksi muuntajan siirtoreitin varrella.

Mikäli muuntamossa on joitakin edellä mainittuja esteitä, voi muuntajan siirtäminen pois muuntamosta olla haastavaa. Lisähaastetta tuovat kynnykset ja mahdolliset raput, joita voi esiintyä muuntamoiden kulkuväylillä, jota pitkin muuntaja tulee siirtää. Mikäli siis nostolaitetta halutaan hyödyntää pelkän noston lisäksi myös kiinteistömuuntajan siirtämisessä sivusuunnassa, tulee suunnittelussa ottaa huomioon mahdolliset korot ja kynnykset.

Kiinteistömuuntamoissa on kohteesta riippuen eri kokoisia muuntajia. Kohteissa, joihin aikaisemman projektin yhteydessä tutustuttiin, muuntajan kokoluokat vaihtelivat 500–1000 kVA:n välillä. Kokoluokka vaikuttaa muuntajan massaan sekä sen ulkoisiin mittoihin. Kuopiossa sijaitsevista muuntamoissa on käytössä myös usean eri valmistajan muuntajia, joiden mitat voivat vaihdella vuosimalleittain. Suunniteltavan nostolaitteen tulisi täten toimia usean eri kokoisien ja painoisten muuntajan kanssa.

Muuntajia pystytään nostamaan niiden kanteen hitsatuista kahdesta nostokorvakosta. Näiden korvakoiden malli, mitat ja paikoitus kannessa vaihtelee paljon valmistajasta ja mallista riippuen (ks. kuva 4).



KUVA 4. Kuvakollaasi erityyppisistä nostokorvakoista kiinteistömuuntajissa. (Kotilainen 2022, CC BY-NC-ND)

Nostokorvakot ovat usein keskenään suorassa linjassa muuntajan kannen sivun kanssa. Tässä on kuitenkin myös poikkeuksia, jolloin nostokorvakot ovat vinossa. Nämä vaihtelut korvakoissa rajoittaa nostolaitteen rakennetta ja ne tulee ottaa suunnittelussa huomioon.

Kaikissa kohteissa olevien kiinteistömuuntajien päämitoista laadittiin taulukko, joka helpottaa määrittämään nostolaitteen vaatimuksia (ks. taulukko 1).

TAULUKKO 1. Aikaisempaan projektiin liittyvä taulukko kiinteistömuuntajien tiedoista (Kotilainen 2022)

Merkki	Malli	Massa (kg)	Leveys (mm)	Pituus (mm)	Korkeus (mm)	Korvakon reiän halkaisija (mm)	Korvakon korkeus (mm)
ABB	CTF-500/20,5-10.25PNSm	1610	-	-	-	50	55
ABB	CTF-500/20,5-10.25PNS DTSP-L3M128	1630	-	-	1315	50	55
ABB	CTF-500/20.5PNSm	1617	-	-	-	50	55
ABB	CTF-500/20,5-10.25PNSm	1610	-	-	1300	50	55
ABB	CTF-1000/20.510.25PNS DTSP-L3M128	2840	1300	-	1540	50	55
Alstom	TNOSN 800/10/20	2400	850	-	1300	58	80
Alstom	TNOSN 800/10/20	2400	-	-	1250	48	70
Alstom	TNOSN 800/10/20	2400	850	-	1300	40	70
Alstom	TNOSN 1000/10/20	3100	1020	1740	1400	-	-
Areva	TNOSN 500/20/10	1600	-	-	-	58	80
Areva	TNOSN500/20/10	1600	-	-	1200	40	70
Areva	TNOSN500/20/10	1600	-	-	1200	40	70
Areva	TNOSN 500/10/20	1600	-	-	1200	40	70
France Transfo	800 kVA	2475	880	1580	1355	40	50
France Transfo	800 kVA	2475	880	1580	1355	40	50
Pauwels Trafo Belgium	TSA IEC 76/1-5	2435	-	-	1290	-	-
Schneider Electric	TNOSRA 500/20,5-10,25	1500	-	-	1100	58	90
Strömberg Ab	KTMU12X4257	2000	-	-	-	-	-
Strömberg Ab	KTMU12X4257	2000	-	-	-	-	-

Taulukosta 1 voidaan tulkita, että nostolaitteen tulee olla sopiva muuntajalle, jonka massa vaihtelee 1500 kilogrammasta 3100 kilogrammaan (ks. taulukko 1). Kaikkien muuntajien mittoja ei pystytty turvallisuussyistä mittaamaan, eikä niistä löytynyt mittapiirustuksia. Tästä huolimatta tiedossa olevien mittojen puitteissa nostolaite tulee suunnitella siten, että se pystyy nostamaan muuntajan, jonka leveys vaihtelee välillä 850 mm – 1300 mm, pituus välillä 1580 mm – 1740 mm, ja korkeus välillä 1100 mm – 1540 mm (ks. taulukko 1). Suunnittelussa kannattaa huomioida, että kaikkien muuntajien äärimittoa ei ole tiedossa. Tästä syystä suunniteltuihin mittoihin kannattaa lisätä pieni vara. Muuntajissa esiintyi useita eri kokoisia nostokorvakoita. Tästä syystä nostolaitteeseen kannattaa valita sellainen kiinnitys, joka on yhteensopiva pienimmän sekä suurimman nostokorvakon kanssa. Korvakoiden reiän halkaisijat vaihtelevat 40 mm – 58 mm välillä. Korvakoiden korkeudet vuorostaan vaihtelevat 55 mm – 90 mm välillä (ks. taulukko 1).

### 3.2 Toimeksiantajan asettamat vaatimukset

Kiinteiden vaatimusten lisäksi nostolaitteen suunnittelua rajaavat toimeksiantajan vaatimukset. Toimeksiantajan vaatimukset koostuvat yhteisesti sovitusta vaatimuksista tai toivomuksista, jotka nostolaitteen tulisi täyttää. Nämä vaatimukset koostuvat lähinnä käytännön läheisistä ratkaisuksista suunnittelussa, jotka parantavat nostolaitteen toimintaa tai esimerkiksi sen helppokäyttöisyyttä.

Tilaaajan asettamien vaatimusten hahmottamiseksi luotiin alustava vaatimuslista, jossa kaikki nostolaitetta koskevat vaatimukset on esitetty (ks. taulukko 2).

## TAULUKKO 2. Alustava vaatimuslista toimeksiantajan esittämistä vaatimuksista

Luokitellut vaatimukset	
Pakolliset vaatimukset, joidenka tulee täyttyä aina:	Tärkeys: (0-5)
Nostolaitteen on oltava myynti/vuokrauskelpoinen.	5
Nostolaitteen tulee olla turvallinen käyttää eikä se saa aiheuttaa vaaraa.	5
Tulee pystyä nostamaan 3100 kg painoinen kiinteistömuuntaja.	4
Nostolaitteen tulee pystyä nostamaan useita eri kokoisia ja mallisia kiinteistömuuntajia.	4
Nostolaitteen komponenttien tulee olla riittävän kevyitä kannettaviksi.	3
Hyödylliset vaatimukset, jotka eivät ole pakollisia:	
Nostolaitteen tulee olla helposti koottava ja purettava.	4
Nostolaitteen tulee pystyä nostamaan kiinteistömuuntaja 400 mm korkeuteen.	4
Voimanlähteenä tulee olla hydraulikka käsipumpulla.	3
Toivotut vaatimukset, jotka auttavat tekemistä, mutta eivät ole pakollisia:	
Nostolaitteen tulee toimia ahtaissa tiloissa.	3
Nostolaitteella pystyy noston lisäksi siirtämään muuntajaa.	3
Nostolaitteen tulee olla edullinen valmistaa.	3
Nostolaitteen tulee olla helposti muokattavissa.	2

Vaatimuslista pyrittiin tekemään mahdollisimman valmiiksi pohjaksi projektin jatkoa varten. Taulukko on kuitenkin vain alustava pohja, jonka paikkansapitävyys tulee tarkastaa ennen projektin luonnosteluvaihetta muutosten varalta. Björkin mukaan virheellisten ratkaisujen välttämiseksi tulee vaatimuslistaan syötettyjen vaatimusten olla mahdollisimman selkeästi ilmaistu. Sanalliset vaatimukset muotoillaan mahdollisimman kuvaaviksi ja lukuarvot kirjoitetaan ylös, mikäli tämä on mahdollista (Björk ym. 2014, 11.) Kuten taulukosta 2 huomataan, alustava vaatimuslista pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkasti syöttämällä siihen mahdollisimman hyvin kuvaavia vaatimuksia kiinteine arvoineen. Mikäli nostolaitteen suunnittelu aloitettaisiin, olisi todennäköistä, että vaatimuslistaa tul-taisiin muokkaamaan projektin edetessä. Tästä syystä listaan ei ole merkattu hyväksymis- tai muok-kauspäivämäärää (ks. taulukko 2). Taulukossa jokainen vaatimus on luokiteltu pakollisiin, hyödyllisiin ja toivottuihin vaatimuksiin. Jokaiselle vaatimukselle on lisäksi annettu arvo nollan ja viiden välillä osoittamaan vaatimuksen tärkeyttä. Tällä pyritään helpottamaan luonnosten vertailua.

Nostolaitteen päätarkoituksena on mahdollistaa Liekkiloukun® asentaminen kiinteistömuuntajan alle. Tämä on vaatimus, jonka tulee täyttyä, jotta nostolaite olisi millään tavalla hyödyllinen. Liekki-loukut® asennetaan yleensä kiinteistömuuntamon saneerauksen yhteydessä, jossa muuntaja vaih-detaan uudempaan. Tämä tarkoittaa sitä, että vanha kiinteistömuuntaja tulee irrottaa ja siirtää pois mahdollisesta tilavarauksestaan, minkä jälkeen muuntaja voidaan siirtää pois muuntamosta ja viedä kierrätettäväksi. Tämän jälkeen uusi muuntaja tuodaan muuntamoon sellaiselle paikalle, johon se voidaan asettaa Liekkiloukun® kanssa.

Liekkiloukun® ulkoisia mittoja voidaan muokata vaatimusten mukaan. Jokaisessa kiinteistömuunta-jassa on tietty öljymäärä, jonka tulee sopia Liekkiloukun® altaaseen. Mittoja voidaan kuitenkin muo-kata esimerkiksi siten, että leveyttä tai syvyyttä pienennetään, mutta korkeutta kasvatetaan, jolloin altaan tilavuus pysyy samana.

Kun muuntaja on asemoitu sen tulevalle paikalle, kootaan nostolaite muuntajan ympärille ja noste-taan muuntaja niin korkealle, että Liekkiloukun® voidaan koota muuntajan alle. Liekkiloukun® ko-

koaminen alkaa IPE 300 palkkien asentamisella muuntajan renkaiden alle. IPE 300 palkit ovat Liekkiloukun® komponentit, jotka kannattelevat kiinteistömuuntajan painon. Kun palkit ovat asemoitu muuntajan renkaiden alle, ja on varmistettu siitä, että palkit pysyvät tukevasti pystyssä, voidaan muuntaja laskea nostolaitteella palkkien päälle. Tämän jälkeen nostolaite voidaan purkaa pois ja loput Liekkiloukun® komponentit voidaan asentaa. Muuntajan alle asennetaan kolme allasmoduulia. Yksi IPE palkkien väliin ja kaksi palkkien toisille puolille. Tämän jälkeen, komponentit kiinnitetään toisiinsa, jolloin ne muodostavat kiinteän rakenteen.

Mikäli muuntajien siirtoreiteillä on korkeita kynnyksiä tai muita esteitä, voisi tällaisessa tilanteessa hyödyntää mahdollisesti nostolaitetta, jolla muuntaja voitaisiin nostaa esteiden yli. Tällainen ominaisuus tekisi nostolaitteesta monitoimisemman helpottaen raskaiden kiinteistömuuntajien käsittelyä muuntamoiden saneeraustöissä. Siitä syystä tämä vaatimus on luokiteltu hyödylliseksi vaatimukseksi.

Nostolaitteen tulee olla rakenteeltaan niin vankka, että se pystyy turvallisesti kannattelemaan raskaimmankin kiinteistömuuntajan painon varmuuskertoimineen. Mitä vankemmaksi rakenne suunnitellaan, sitä painavimmaksi se muuttuu. Painava nostolaite on kuitenkin haastava käsitellä ja siirtää. Tästä syystä nostolaite tulisi suunnitella koottavaksi, jolloin kevyet komponentit ovat helposti käsiteltävissä ja kuljetettavissa parantaen työergonomiaa. Osien keveydellä voidaan lisäksi vaikuttaa suoraan turvallisuuteen. Mitä kevyempiä koottavat osat ovat, sitä pienempi riski niiden käsittelyyn liittyy.

Kuten jo aiemmin todettiin, nostoympäristöt ovat erittäin vaihtelevia. Tästä syystä jokaisessa kohteessa toimivan nostolaitteen suunnittelu voi osoittautua haastavaksi. Mikäli nostolaite ei toimisi joissain kohteissa, tulisi tämä huomioida suunnittelussa. Nostolaite tulisi suunnitella siten, että siihen pystytään jälkikäteen valmistamaan ja asentamaan sellaisia komponentteja, jotka laajentavat nostolaitteen käyttökohteita tai muuten parantavat sen ominaisuuksia. Esimerkiksi muuntajan siirrossa, nostolaitteeseen voitaisiin valmistaa pidempi siirtopuomi, joka mahdollistaa kuorman siirtämisen etäämmälle.

Uuden tuotteen suunnittelussa tulee pyrkiä huomioimaan sen edullisuus kaikissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. Edullinen tuote ei aiheuta suuria kuluja ja on näin ollen parhaiten tuottava. Nostolaite tulisi pyrkiä suunnittelemaan mahdollisimman edulliseksi, jotta ylimääräisiltä kustannuksilta vältyttäisiin. Tuotteen edullisuuteen pystytään vaikuttamaan esimerkiksi suunnittelemalla se mahdollisimman yksinkertaisesti, jolloin turhien komponenttien määrää voidaan pienentää. Edullisuuteen voidaan lisäksi vaikuttaa muun muassa materiaalivalinnoilla.

Nostolaitteella siirretään suuria massoja. Tästä syystä hyvänä voimanlähteenä voidaan pitää hydrauliiikkaa. Tilaajan esittämän ehdon mukaan nostolaitteen toimiessa hydrauliiikalla, tulisi sen olla mahdollisimman helposti ja vaarattomasti hallittavissa. Sähköohjattu ja yksinkertaisesti rakennettu hydraulijärjestelmä saattaisi toimia tässä sovelluksessa liian nopein ja terävin liikkein, mikä vaikuttaisi turvallisuuteen sekä nostolaitteen kestävyuteen. Tästä syystä vaatimukseen on listattu hydrauliiikan voimanlähteeksi käsipumppu, jolla kuorman nostaminen ja hallinta voitaisiin tehdä rauhallisina ja hallituina liikkeinä.

Toimeksiantaja on määrittänyt pakolliseksi vaatimukseksi nostolaitteen nostokorkeuden. Riittävä nostokorkeus, jolla kiinteistömuuntaja pystytään nostamaan Liekkiloukun® päälle, on 400 mm. Suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida myös mahdolliset korot nostolaitteen tukipinnan ja nostotavan kuorman välillä.

Tässä vaiheessa nostolaitteen hankkimisprojektia ei ole vielä selvää missä muodossa nostolaite tulisi konkreettisesti tuottamaan rahaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että nostolaite olisi joko myytävä tai vuokrattava tuote. Jotta tuote olisi myynti- ja vuokrauskelpoinen, tulee se suunnitella tätä edellyttävien ehtojen ja normien mukaiseksi, joilla pyritään takaamaan laitteen riittävä turvallisuus ja markkinakelpoisuus.

### 3.3 Koneasetus

Suomen kuuluessa Euroopan unioniin tulee Suomessa valmistettujen koneiden olla EU:n säätämien direktiivien mukainen (Siirilä & Tytykoski 2016, 29.) Euroopan unioni on pyrkinyt vaikuttamaan muun muassa koneiden vapaaseen liikkuvuuteen EU-alueella sekä niiden turvallisuuden hyvään tasoon säätämällä konedirektiivin 2006/42/EY. Suomessa tämä direktiivi on pantu kansallisesti toimeen valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008. (Tukes julkaisuaika tuntematon). Tämä asetus tunnetaan puhekielessä koneasetuksena. Asetuksessa 400/2008 koneen määritelmää kuvataan muun muassa seuraavasti: ”toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten” (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008, 4 §). Koneasetus määrittää yleisiä vaatimuksia erilaisille sovellusalaansa kuuluville koneille. Yleisten vaatimusten lisäksi asetuksessa on esitetty tiettyjä sovelluskohteita koskevia lisävaatimuksia. Jotta kone voitaisiin ottaa käyttöön ja saattaa markkinoille, tulee sen siis täyttää asetuksen osoittavat vaatimukset sekä lisäksi siinä esitetyt sovelluskohtaiset vaatimukset.

Sosiaali- ja terveysministeriö vastaa koneiden valvonnasta sekä antaa niihin liittyen työsuojeluohjeita silloin, kun konetta käytetään työssä. Tähän liittyvät tarkastukset hoitavat työsuojeluviranomaiset, jotka on jaettu aluehallintavirastojen kautta eri vastuualueisiin. (työsuojelu.fi 2022). Mikäli kone on kuluttajakäyttöön tarkoitettu, hoitaa valvonnan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Turvallisuus ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon.) Ammattikäyttöön valmistettujen koneiden valvontaa hoitavat puolestaan työsuojeluviranomaiset, mutta yhteistyötä tehdään myös eri viranomaisten välillä (Turvallisuus ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon.)

### 3.4 Käyttöasetus

Koneasetuksen lisäksi nostavan koneen tulee täyttää käyttöasetuksen 403/2008 yleiset säädökset sekä siihen sisältyvät sovellusalasta riippuvat täydentävät vaatimukset (Siirilä & Tytykoski 2016, 646.) Valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta, kerrotaan sovellusalasta seuraavasti: ”Tätä asetusta sovelletaan koneen, välineen ja muun teknisen laitteen sekä niiden yhdistelmän (työvälineen) käyttöön ja tarkastamiseen työturvallisuuslaissa (738/2002) tarkoitettussa työssä.” (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta



403/2008, 1 Luku 1 §). Näin ollen käyttöasetus ottaa huomioon myös työturvallisuuslain edellyttämät pykälät vaikuttaen työturvallisuuteen.

### 3.5 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain tarkoituksena on tehdä työympäristöstä ja työolosuhteista tarpeeksi turvallisia työntekijälle. Työturvallisuuslaki turvaa työntekijän työkykyä ja ehkäisee tapaturmien ja sairauksien syntyä. Laki velvoittaa laajasti työnantajaa esimerkiksi apuvälineiden ja laitteiden käyttöön varaamisesta (Työturvallisuuslaki 738/2002, 2 luku 15 §.) Lisäksi laki velvoittaa työnantajan kouluttamaan työntekijöitä riittävästi, jotta työskentely on turvallista (Työturvallisuuslaki, 2 luku 14 §.) Täten nostolaitte vaatii riittävät ja selkeästi tulkittavat ohjeet, jotta työnantaja pystyy kouluttamaan työntekijänsä turvallisesti. Työturvallisuuslaki velvoittaa myös työntekijää, eikä pelkästään työnantajaa. Työntekijän tulee esimerkiksi noudattaa annettuja ohjeita sekä määräyksiä. Ilmoitusvelvollisuus on myös laissa määrätty velvoite, esimerkiksi työvälineissä ilmaantuvista vioista. (Työturvallisuuslaki, 4 luku 19 §.)

Työturvallisuuslaki määrittää raamit erikseen koneiden ja työvälineiden turvallisuudelle. Kaikkien työssä käytettävien koneiden tulee olla turvallisia, joten niiden tulee noudattaa annettuja säännöksiä. Lain mukaan on osattava varautua myös erilaisiin häiriö- tai poikkeustilanteisiin (Työturvallisuuslaki, 5 luku 41 §.) Nostolaitteen käyttöohjeen tulee siis sisältää myös mahdolliset poikkeus- tai häiriötilanteen ja niihin annettavat ohjeet. Jokainen työväline tulee tarkastaa riittävän useasti pätevän henkilön toimesta, jotta ne pysyvät turvallisina (Työturvallisuuslaki, 5 luku 43 §).



### 3.6 Vaatimustenmukaisuusvakuutus

Tuotteen markkinoille saattamisen edellytyksenä on, että tuote taataan olevan EU:n vaatimusten mukainen. Tämä osoitetaan laatimalla laitteesta tekninen dokumentaatio. Euroopan unionin virallisessa verkkosivussa (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 14.10.2021) on kerrottu, mitkä asiat dokumentaatiossa tulee vähintään ilmoittaa:

- valmistajan tai valtuutettujen edustajien nimet ja osoitteet
- suunnitteluun ja valmistukseen osallistuneiden tahojen nimet ja osoitteet
- mahdollisen ilmoitetun laitoksen nimi ja osoite, joka on osallistunut arviointiin
- lyhyt kuvaus tuotteesta
- tuotteen sarjanumero tai jokin muu yksilöivä tieto
- lausunto menettelystä, jonka mukaan vaatimustenmukaisuutta on arvioitu
- lausunto niistä määräyksistä, joidenka mukainen tuote on
- mainita niistä standardeista, joiden mukainen tuote on
- tuotemerkintä
- käyttöohjeet
- luettelo osista
- testitulokset
- EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

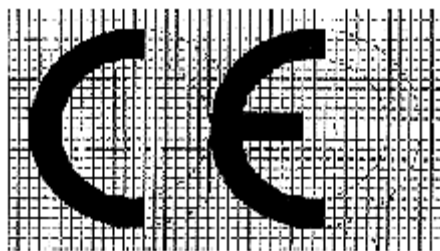
EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jolla tuotteen valmistaja tai sen edustaja vakuuttaa EU:n vaatimusten mukaisuuden allekirjoituksellaan. Tällä dokumentilla allekirjoittaja ottaa täyden vastuun siitä, että tuote on EU:n lainsäädännön mukainen. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen tulee sisältää seuraavat tiedot (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 14.10.2021):

- valmistajan tai valtuutetun edustajan nimi ja osoite
- tuotteen sarjanumero
- malli tai tyyppi
- lausunto täyden vastuun ottamisesta
- tuotteen jäljittämistä varten jokin tunnistamiskeino
- mahdollisen ilmoitetun laitoksen nimi ja osoite, joka on osallistunut arviointiin
- lista laeista ja standardeista, joiden mukainen tuote on
- nimi ja allekirjoitus
- päivämäärä
- mahdolliset vaaditut lisätiedot

Kun tuotteesta on laadittu tarvittavat dokumentit, on valmistaja velvollinen kiinnittämään laitteeseen CE-merkintä. Lisäksi tulee valmistajan säilyttää teknisiä asiakirjoja 10 vuotta siitä päivästä lähtien, kun tuote on saatettu markkinoille, ellei toisin mainita. Lisäksi mikäli markkinavalvontaviranomainen pyytää teknisiä asiakirjoja, on valmistaja velvollinen toimittamaan nämä. (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 14.10.2021).

### 3.7 CE-merkintä

CE-merkintä on tunnus, joka osoittaa tuotteen olevan EU:n vaatimusten mukainen. CE-merkintä edellytetään tuotteilta, joille on määrätty EU:n koko alueella voimassa olevat vaatimukset, ja tuotteilta, joilta sitä erikseen edellytetään. Muihin tuotteisiin merkintää ei saa tehdä. (europa.eu 26.3.2021.) CE-merkitty tuote saa liikkua vapaasti EU-alueella. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon). Valtioneuvoston asetuksen (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 3 luku 9 §) mukaan: "CE-vaatimustenmukaisuusmerkintä koostuu kirjaimista "CE" liitteessä III olevan mallin mukaisesti." (ks. kuva 5).



KUVA 5. Oikeaoppinen CE-merkinnän muodosta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, liite 3.)

Merkinnästä on määrätty tarkat ohjeet. Mikäli CE-merkinnän kokoa pienennetään tai suurennetaan, tulee sen noudattaa kuvassa 4 esitettyjä mittasuhteita. CE-merkinnän tulee olla vähintään 5 millimetrin korkuinen ja molempien kirjainten tulee olla saman korkuisia. CE-merkintä tulee kiinnittää valmistajan tai tämän edustajan nimen välittömään läheisyyteen samalla tekniikalla. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, liite 3).

### 3.8 Standardit

Standardi tarkoittaa määritelmää, jonka tarkoitus on yhdenmukaistaa käytäntöjä tuotteille ja niiden valmistukselle. Standardit voivat myös määrittää vaatimuksia tuotteen testaamiseen. Standardit voivat koskea myös palveluita ja järjestelmiä, eivät pelkästään tuotteita. Standardien tarkoituksena yleisesti on lisätä turvallisuutta ja parantaa esimerkiksi yhteensopivuutta. (SFS julkaisuaika tuntematon.) Näin ollen standardien käyttö lisää todennäköisesti tuotteen ostovoimaa, koska riskit vähenevät. Standardeja määritetään yleisesti tarpeen mukaan ja niitä määrittävät Suomessa eri toimialueiden toimijat keskusjärjestö SFS:n kautta. Standardit voivat olla jaettuna eri alueille. Koko maailmanlaajuisesti vahvistettu standardin tunnistaa ISO-merkinnästä. SFS on Suomessa yleinen standardi, koska se tarkoittaa Suomessa vahvistettua standardia. EN-merkintä viittaa eurooppalaiseen standardiin, joka on Suomessa tunnettava hyvin, koska Suomi kuuluu CEN:iin eli eurooppalaiseen standardijärjestöön. (SFS julkaisuaika tuntematon).

Koneen suunnittelu voi olla haastavaa koneasetuksen pohjalta, koska koneasetus on laaja ja ottaa huomioon monenlaisia koneiksi luokiteltuja laitteita. Tästä syystä on järkevää hyödyntää konedirektiiviin perustuvia yhdenmukaistettuja standardeja. Koneasetuksen mukaan: "Jos kone on valmistettu yhdenmukaistetun standardin mukaisesti, jonka viitenumero on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, sen katsotaan täyttävän kyseisen yhdenmukaistetun standardin kattamat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset." (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, 2 luku 6 &).

### 3.9 Kokeet

Koneen suunnittelussa tulee huomioida EU:n vaatimusten mukaiset menetelmät vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Valtioneuvoston asetuksen (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008, 1 Liite) mukaan koneille tulee muun muassa tehdä melua ja tärinää koskevia mittauksia, mikäli suunnittelussa ei käytetä yhdenmukaistettuja standardeja. Nostavia koneita koskee lisäksi staattinen ja dynaaminen testi. Testien tarkoituksena on taata nostolaitteen riittävä kestävyys ja

taata sen turvallinen käyttö. Koneasetuksen (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, 1 Liite) mukaan:

”Kone ja nostoapuvälineet on suunniteltava ja rakennettava kestävästi staattisten kokeiden ylikuorma ilman pysyvää vauriota tai näkyvää vikaa. Lujuuslaskelmissa on otettava huomioon staattisen testin kertoimen arvot, jotka on valittu riittävän turvallisuustason varmistamiseksi. – – Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että se läpäisee vahingoittumatta dynaamiset testit, jotka tehdään käyttäen suurinta sallittua työkuormaa kerrottuna dynaamisen testin kertoimella. Tämä dynaamisen testin kerroin valitaan siten, että taataan riittävä turvallisuustaso.”

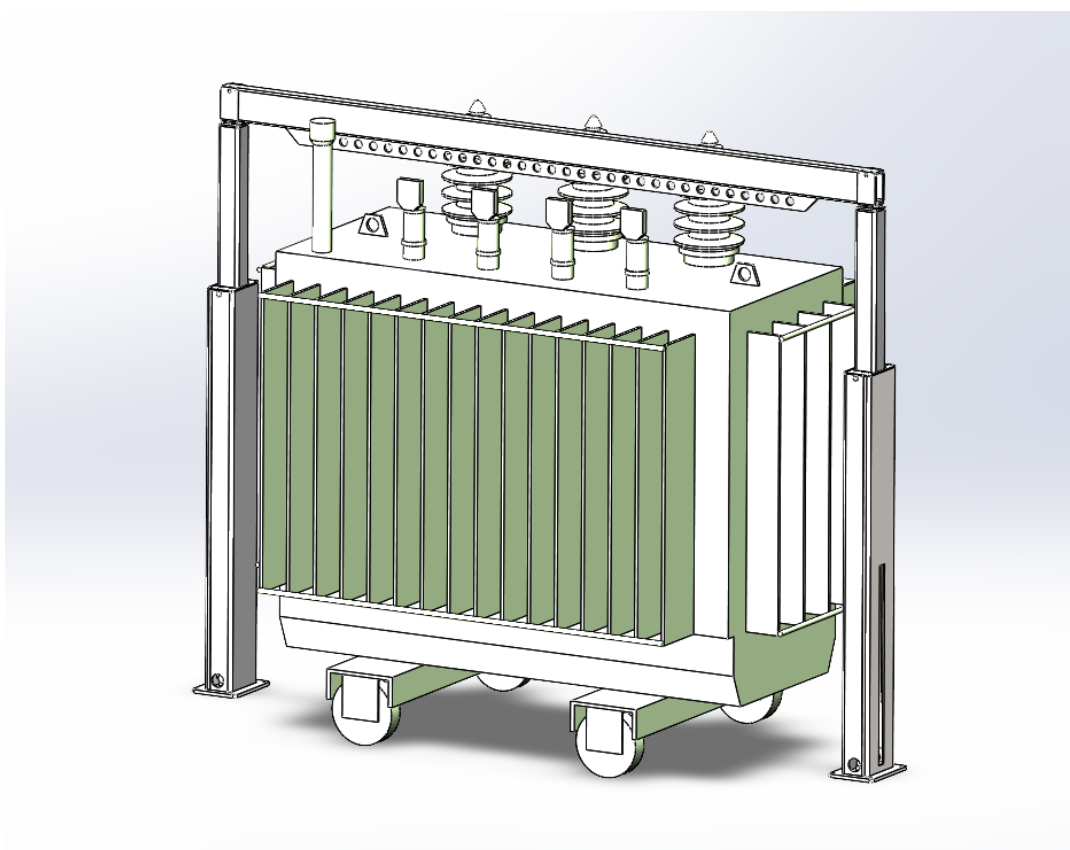
Yleensä käsikäyttöisille koneille ja nostoapuvälineille käytetään staattisessa testissä kerrointa 1,5 ja muille koneille 1,25. Dynaamisessa testissä kerroin on yleensä 1,1. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta, 1 Liite). Tiedot kutakin laitetta koskevista kokeista löytyy yhdenmukaistetuista standardeista tai kone- ja käyttöasetuksesta.

## 4 RAKENNEKONSEPTIN IDEOINTI

Kun kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelua koskevat vaatimukset olivat selvitetty, voitiin näiden pohjalta aloittaa alustava ideointi ja luonnostelu. Tämän tarkoituksena oli luoda yksi vaihtoehto nostolaitteen rakenteelle, jota voitaisiin mahdollisesti soveltaa suunnittelussa. Luonnosteluvaiheessa pyrittiin luomaan mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia nostolaitteen rakenteesta asiakkaan tarpeiden ratkaisemiseksi.

### 4.1 Rakennekonseptiluonnokset

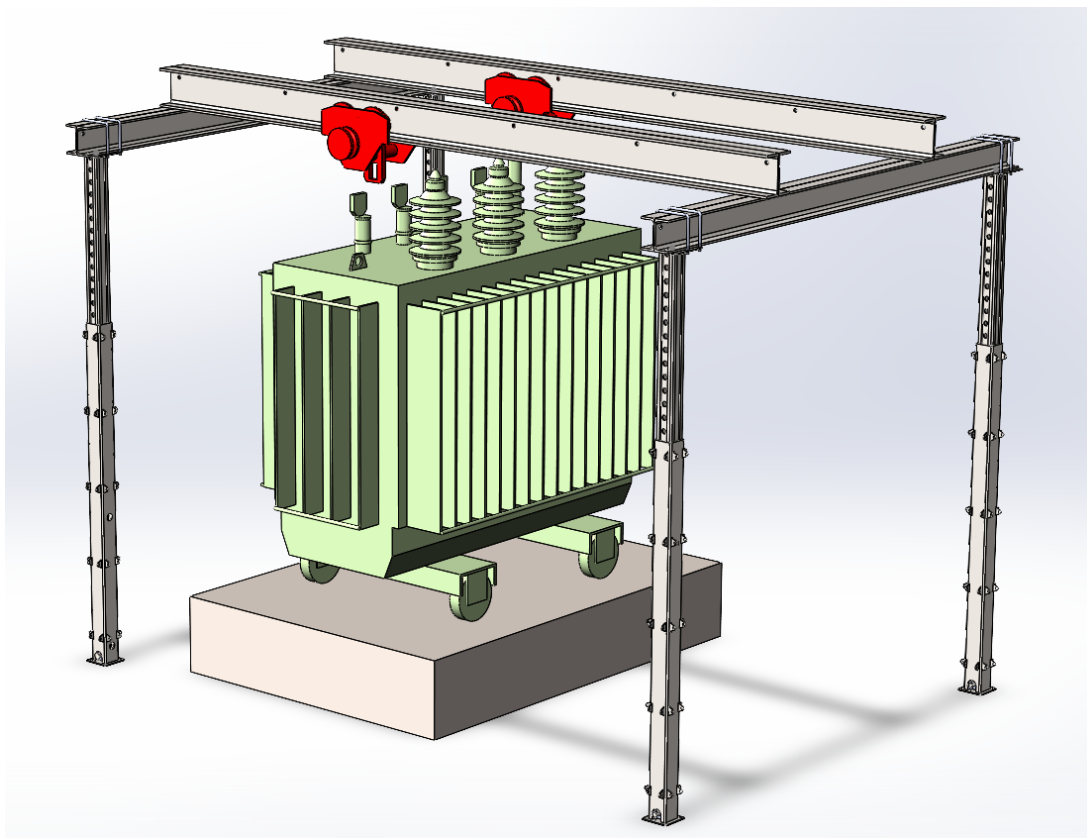
Ideointi aloitettiin pohtimalla mahdollisimman kevyttä ja yksinkertaista rakennetta, joka koostuu kahdesta nostotolpasta sekä niiden väliin kiinnitettävästä nostopuomista (ks. kuva 6).



KUVA 6. Alustava idea nostolaitteen kaksijalkaisesta rakenteesta. (Kotilainen, 2022)

Nostotolpat olisivat teleskooppivarren tyyliiset hydraulilla pitenevät ja lyhenevät kokoonpanot, joilla nostoliike saadaan aikaan. Nostopuomi olisi näihin kiinteästi liitetty osa, joka olisi kytköksissä nostettavaan kiinteistömuuntajaan. Luonnoksesta ideoitin myös toista versiota, jossa kaksijalkaiseen rakenteeseen lisättäisiin tukevuutta tuovat tukijalat. Näiden ansiosta nostolaitteesta saataisiin paljon tukevampi ja turvallisempi. Tämä mahdollistaisi sen, ettei nostotolppia tarvitsisi kiinnittää muunta-moon lattiaan kiila-ankkureiden avulla. Kiila-ankkuri on betoniin porattuun reikään asetettu pultti, jossa on kierteet sekä kiristykseen tarvittava mutteri. Nostotolpan kiinnittäminen lattiaan kiila-ankku-reilla vaatisi siis lattiaan porattuja reikiä, mitä pyritään välttämään.

Ideoinnissa pohdittiin myös rakenneratkaisua, jossa nostettavan kiinteistömuuntajan ympärille rakennettaisiin korkea nelijalkainen pukkinosturi. Tässä versiossa, nosto ei tapahtuisikaan hydraulilla vaan ketjutaljoilla, jotka olisivat kiinnitetty kiinteistömuuntajan yläpuolella olevaan poikkipalkkiin. Tämä rakenne olisi kevyt ja tukeva, mutta ei hyödyntäisi hydraulikkaa. Ideoinnin tuloksena pohdittiin myös nelijalkaista rakennetta, joka kuitenkin toimisi hydraulilla toimivilla nostotolpilla. (ks. kuva 7).



KUVA 7. Alustava idea nostolaitteen nelijalkaisesta rakenteesta. (Kotilainen, 2022)

Nostotolpat olisivat toimintaperiaatteeltaan samanlaiset kuin kaksijalkaisessa rakenteessa, mutta nelijalkaisena nostotolppien rakenne voisi olla kevyempi. Nostolaitteen suunnittelu alkaa konseptisuunnittelulla, jossa pohditaan millainen rakenne palvelisi vaatimuksia parhaiten.

#### 4.1.1 Kuormitustapaukset

Kaikista rakenneideoista pyrittiin valitsemaan yksi, joka toimisi kaikkein parhaiten. Valinnassa pyrittiin pohtimaan, mikä rakenteista olisi kaikkein yksinkertaisin, ja helpoin toteuttaa. Rakenteen suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon rakenteisiin kohdistuvat rasitukset ja niiden lujuuden todentaminen. Nostolaitteen rakenteeseen kohdistuvat voimat ja momentit rasittavat rakennetta monin eri tavoin. Rakenteissa voi muun muassa esiintyä vetoa, puristumista, leikkautumista, vääntymistä sekä taipumista. Näiden aiheuttamia jännityksiä tulee tarkastella rakenteella statiikan sekä dynamiikan näkökulmasta. Rakenteen stabiliteetti tulee tarkistaa, jotta voidaan varmistua riittävästä lujuudesta.

Nostolaitteen tapauksessa kuormitukset voivat myös vaihdella suuresti, sillä nostettavien kiinteistömuuntajien massat ja mitat ovat vaihtelevia. Rakenteessa, jolla muuntajaa siirrettäisiin, tulee lisäksi olemaan erilaisia kiihtyvyyksiä, jotka voivat horjuttaa rakennetta ja pahimmassa tapauksessa johtaa koko rakenteen sortumiseen.

#### 4.1.2 Luonnosten vertailu

Luonnosten vertailussa pohdittiin, mikä olisi paras vaihtoehto nostolaitteen rakenteelle. Kaksijalkainen nostolaite voisi olla kaikkein yksinkertainen, mutta lujuuden varmistamiseksi nostotolpat tulisi tukea todella hyvin. Tässä voisi käyttää kiila-ankkureita, joilla nostotolpat kiinnitettäisiin lattiaan tai vaihtoehtoisesti lisätä tukevuutta lisäämällä nostotolppiin tukijalat. Tukijalat saattaisivat kuitenkin viedä liikaa tilaa, eivätkä ne välttämättä mahtuisi ahtaissa tiloissa levittäytymään tarpeeksi. Lisäksi kahdella jalalla seisova rakenne saattaisi edellyttää nostotolpilta todella jyvää ja näin ollen painavaa rakennetta. Näistä syistä johtuen nelijalkainen rakenne nostolaitteessa voisi olla järkevämpi ratkaisu. Mikäli nostolaitetta käytettäisiin myös kiinteistömuuntajan siirtämiseen, saattaisi nelijalkainen rakenne olla turvallisempi vaihtoehto.

Kaikki rakenteissa esiintymät muodonmuutokset tulee huomioida suunnittelussa. Kaksi jalkainen rakenne nostolaitteessa voi olla yksinkertainen, mutta riittävän lujan rakenteen varmistamiseksi se saattaisi muuttua liian raskaaksi, jolloin nostolaitteen siirtely ja käsittely kärsisi.

#### 4.1.3 Rakennekonseptin valinta

Kaikista nostolaitteen rakenteen alustavista konsepti-ideoista parhaaksi todettiin nelijalkainen hydraulikalla toimiva systeemi, koska se vastaa vaatimuksia parhaiten. Nelijalkaisena nostolaitteesta pystytään rakentamaan tukeva ja horjumaton rakenne, kun rakenne suunnitellaan momenttijäykäksi. Nostolaitteen tukevoittamiseksi, voidaan nostotolppien väliin asentaa vinositeet. Vinositeiden tarkoituksena on siirtää sivusuuntaisen voimat rakenteen tukipisteisiin. Sivusuuntaisia voimia aiheuttaa muun muassa nostolaitteen sivuttaisessa siirrota aiheutunut kiihtyvyyttä.

## 5 SUUNNITTELU

Kiinteistömuuntajan suunnittelussa on paljon huomioitavia asioita. Kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa tulee tutkia, voidaanko suunnittelun tukena käyttää yhdenmukaistettuja standardeja ja löytyykö aiheeseen sopivaa standardia. Nostolaitetta ei kuitenkaan ole pakko valmistaa standardien mukaan. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston mukaan standardien käyttö on periaatteessa vapaaehtoista, mutta lakien osoittamat pykälät tulee silti täyttää (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisu-aika tuntematon). Nostolaitte pystytään valmistamaan ja siitä voidaan saada markkinakelpoinen, mikäli konedirektiivin mukainen vaatimustenmukaisuus voidaan todentaa.

Euroopan unionin virallisesta verkkolehdestä (Euroopan unionin virallinen verkkolehti, 9.6.2017) löydetään kaikki konedirektiivin mukaan yhdenmukaistetut standardit, joiden joukosta löytyy myös nostolaitteisiin liittyviä standardeja. Standardien soveltuvuus voidaan tarkastaa standardin ”soveltamisala” -kappaleesta. Standardissa EN 16851 kerrotaan soveltamisalaksi kevyet vapaasti seisovat järjestelmät, joiden nostolaitteen nimelliskapasiteetti on enintään 4000 kilogrammaa. Standardi rajaa sovellusala myös materiaalin puolesta. Standardi koskee nostureita ja nosturijärjestelmiä, joiden rakenteissa on käytetty alumiinia tai terästä lukuun ottamatta hitsattuja liitoksia sisältäviä alumiinirakenteita (SFS 16851, 2020, 5). Mikäli suunnittelussa päädytään käyttämään standardia SFS 16851, tulee nostolaitteen suunnittelussa ottaa huomioon kaikki standardin osoittamat ehdot sekä siinä viitattujen muiden standardien osittamat ehdot. Lista viitatuista standardeista löytyy kevytnosturijärjestelmät-standardin luvusta 2 (SFS 16851, 2020, 5–8).

Mikäli nostolaitteen suunnittelussa ei hyödynnetä kevytnosturi standardia EN 16851, voidaan suunnittelussa soveltaa esimerkiksi nosturistandardisarjaa EN 13001. Suunnittelussa kannattaisi myös tutkia standardin EN 15011 soveltamista nostolaitteen suunnittelussa. Sen mukaan kyseistä standardia voitaisiin soveltaa silta- ja pukkinostureihin, jotka liikkuvat pyörillä kiskoja, ajoratoja tai ajoteitä pitkin. Lisäksi se kattaa pukkinosturit, jotka ovat asennettu kiinteästi paikalleen. (SFS 15011, Nosturit. Silta- ja pukkinosturit, 2020, 5) Pukkinosturissa nosto kuitenkin tapahtuu esimerkiksi ketjutalja tyypisellä nostoapuvälillä, eikä hydrauliikalla.

### 5.1 Eurocode

Vaikka yhdenmukaistettuja standardeja käyttämällä koneelle voidaan tehdä vaatimustenmukaisuusolettaus, voi standardeissa silti ilmetä puutteita. Suunnitteluohjeet ja standardit eivät välttämättä kata kaikkia mitoitustapauksia (Tiainen ym. 2020, 14). Nostolaitteen tapauksessa Eurocode 3 standardia voidaan hyödyntää rakenteen stabiliteetin tarkastuksessa. Standardissa EN 1993-1-1 kerrotaan standardin täyttävän EN 1990 Basis of structural design mukaiset vaatimukset, jotka koskevat muun muassa rakenteiden käyttörajatiloja, varmuutta, suunnitteluperusteita sekä todentamista (SFS 1993-1-1, 2006, 8.)



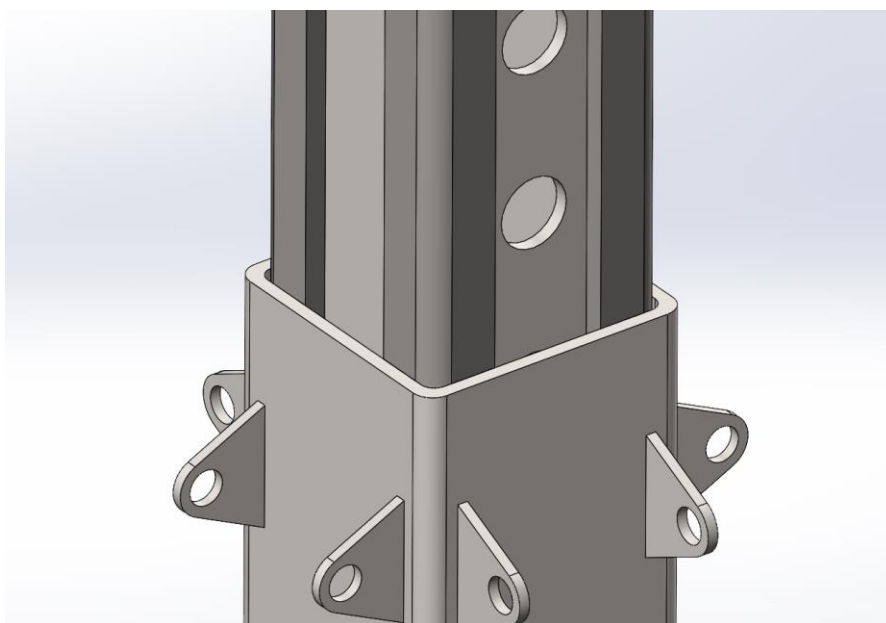
## 5.2 Varmuuskerioimet

Suunnittelussa tulee huomioida riittävät varmuuskertoimet laskennassa. Varmuuskerioimet ovat kertoimia, joilla pyritään varmistamaan rakenteen kestävyys sen pahimmassa mahdollisessa rasitustilanteessa. Mikäli suunnittelussa käytetään kevytnosturijärjestelmä standardia, tulee sen mukaan pätevyyslaskelmien olla soveltuvin osin standardisarjan EN 13001 vaatimuksien mukaisia (SFS 16851, 2020, 14). Standardin liitteessä B kuitenkin mainitaan että: ” -kevyille nosturijärjestelmille ja pylväsnostureille tarvitsee ottaa huomioon vain kaikki standardin EN13001-2 mukaiset kuormitusyhdistelmät.” Tarkasteltavat kuormitusyhdistelmät on kerrottu standardin EN 13001-2 kappaleessa 4.3 (SFS 13001-2, 2021, 38). Laskennassa tulee siis olla huolellinen varmistua oikeasta varmuuskertoimesta.

Standardi EN 16851 määrittelee nostolaitetta koskevien testauksien testikuormat. Kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa oikeat testikuormat ovat kevytnosturijärjestelmät standardin (SFS 16851, 2020, 27–28) mukaan staattisessa testissä 125 % ja dynaamisessa testissä 110 %.

## 5.3 Nostotolpan rakenne

Nostotolpan rakenteessa voisi käyttää hyväksi valmiita standardisoituja putkiprofiileja, jolloin valmistuskustannukset olisivat pienemmät. Profileiksi voisi valita esimerkiksi kaksi eri kokoista RHS-profiilia, jotka menevät sisäkkäin. Kun putkien sisään pujotetaan hydraulisylinteri, jonka päät kiinnitetään RHS-profiileihin, saadaan nostava teleskooppirakenne. Kun sisemmän putken ja ulomman putken väliin asennetaan liukupintoina toimivat teräspalat, saadaan teleskooppirakenteen toleranssi sopivaksi. Käytännössä sisäputken voisi siis hitsata sopivan paksuiset teräsluokat, jotka hitsattaisiin sisemmän RHS-profiilin jokaiseen ulkonurkkaan ja koneistettaisiin sopivaan mittaan, jolloin kokoonpano liukuu ulomman RHS-profiilin sisässä (ks. kuva 8). Tässä tulee kuitenkin huomioida RHS-putken sisällä oleva hitsisauma, joka tulee väistää.



KUVA 8. Havainnollistava kuva nostotolpan rakenteen ideasta. (Kotilainen, 2022)

Kuvassa tummemmalla harmaalla on osoitettu hitsattavia ja koneistettavia liukupaloja. Nostotolpan ulkosivuille voisi lisätä korvakkeita, mikäli nostotolppia halutaan tukea ristuilla toisiinsa tai esimerkiksi lattiaan tai seinään.

Koska nostotilassa voi ilmetä erisuuruisia korkoja lattiapinnoissa, kannattaa tämä ottaa huomioon nostotolpan suunnittelussa. Tämä voidaan huomioida esimerkiksi siten, että tehdään nostotolpan pituudesta säädettävä. Kuten kuvasta 8 voidaan huomata, on sisempään RHS-profiiliin lisätty reikiä. Nämä reiät ovat suunniteltu varmistintappia varten, mutta samaisia reikiä voidaan käyttää myös niin sanotun "offsetin" säädössä muuntamon korkoeroja varten. Kun hydraulisylinteri kiinnitetään sisemmän putkiprofiilin alimpaan reikään, saadaan nostotolpasta pidempi. Päinvastoin ylimpään mahdolliseen reikään kytketty hydraulisylinteri tekee nostotolppakokoonpanosta lyhemmän.

#### 5.4 Palkkien rakenne

Suunniteltavan rakenteen mitoitus riippuu paljon siitä, halutaanko nostolaitteesta tehdä pelkästään muuntajaa nostava vai myös siirtävä malli. Mikäli nostolaitteella halutaan myös siirtää muuntajaa, tulee siihen suunnitella pidemmät palkit, joiden varassa kiinteistömuuntaja roikkuu. Palkkien pituus vuorostaan riippuu muuntajien koista sekä niiden siirrettävästä matkasta. Pitkien palkkien suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida profiilin kestävyys.

Nostolaitteen osien keveyteen voidaan vaikuttaa myös palkkien suunnittelussa. Suuret palkit voivat olla niin painavia, että nostolaitteen kokoaminen voi osoittautua liian vaikeaksi tai jopa vaaralliseksi. Palkkien painoon voidaan vaikuttaa esimerkiksi harkitsemalla IPE-profiilin käytön sijaan kahta uumat vastakkain olevaa, toisiinsa pultattua UPE-profiilia. Näin ollen palkin paino kokonaispaino saadaan puolitettua kahdelle osalle.

Nostoympäristöjen sekä kiinteistömuuntajien koot vaihtelevat, joten suunnittelussa kannattaa huomioida palkkien säädettävyyttä. Kuvassa 7 olevia palkkirakenteita voisi kiinnittää toisiinsa sellaiselle etäisyydelle, joka parhaiten palvelee kussakin tilanteessa (ks. kuva 7). Näin ollen palkkeja ei tarvitse valmistaa useita vaan samat palkit voivat toimia useassa eri kohteessa.

#### 5.5 Liitosten mitoitus

Nostolaitteen suunnittelussa tulee varmasti pohtia myös erilaisten liitosten suunnittelua sekä niiden lujuutta. Koska nostolaitteen tulee olla purettava, on siinä oltava ruuviliitoksia tai irrotettavia nivel-tappiliitoksia. Näiden lisäksi osien valmistuksessa tulee varmasti suunnitella myös hitsiliitoksia. Jokaisen nostolaitteessa olevan liitoksen kestävydestä tulee varmistua aivan kuten yksittäisten palkkienkin. Liitosten suunnitteluun saa apua yhdenmukaistetuista standardeista, mutta myös Eurocode 3 tuotesarjasta. Staattisesti kuormitettujen liitosten mitoitusmenetelmiä on esitetty standardissa EN 1993-1-8 (SFS 1993-1-8, 2005, 8).

#### 5.6 Toimilaite- ja järjestelmäsuunnittelu

Nostolaitteen kokoonpanon suunnitteluun liittyy myös paljon toimilaite- ja järjestelmäsuunnittelua. Esimerkiksi hydrauliiikan suunnittelussa tulee hydraulijärjestelmä suunnitella turvallisesti toimivaksi sekä pohtia sopivien komponenttien valintaa. Nostolaitteen suunnittelussa kannattaa hyödyntää mahdollisimman paljon valmiita vaadittujen standardien mukaisia osia, kuten nostoapuvälineitä. Näin

vältytään turhalta työltä ja kuluilta. Esimerkiksi kiinteistömuuntajan siirrossa voisi hyödyntää markkinoilta löytyviä ketjulla ajettavia siirtovaunuja, jotka voi asentaa kuljetuspalkkiin. Siirtovaunuun voi kiinnittää tarvittavan pituisia ja kokoisia nostoketjuja ja koukkuja. Koska rakenteen mitat vaihtelevat kohteesta riippuen, tulee myös vinositeiden pituus olla muokattavissa. Vaihtoehtoisena ratkaisuna vinositeeksi voisi harkita esimerkiksi RHS-putken ja vanttiruuvien yhdistelmää.

## 5.7 Kokonaisrakenteen analyysi

Yksittäisten palkkien tai pilarien lujuustarkastelu voidaan hoitaa suhteellisen helposti käsin laskennalla. Kun osista muodostetaan yhteinen kokoonpano, muuttuu lujuuden tarkastelu kuitenkin huomattavasti vaikeammaksi. Tarkasteltavan systeemin monimutkaistuessa voikin olla helpoin tukeutua tietokoneavusteiseen lujuudentarkasteluun – FEM laskentaan.

Lyhenne FEM muodostuu englannin kielen sanoista Finite Element Method. Menetelmässä kappale jaetaan pieniin elementteihin, jotka ovat sidoksissa toisiinsa solmupistein ja muodostavat yhdessä elementtiverkon. Elementtien solmupisteiden koordinaattien ja materiaaliominaisuuksien avulla voidaan muodostaa jäykkyyssmatriisi, joka yhdistetään kuormitukseen. Tämän jälkeen kappaleessa esiintyvät jännitykset saadaan selvitettyä solmupisteiden siirtymistä. (Hietukko 2021, 160–171). Nostolaitteen suunnittelussa voisi halutessaan tehdä kokoonpanosta FEM-analyysin, jossa nostolaitteen rakenteen kestävyyttä voitaisiin tarkastella. Analyysissä voidaan tutkia miltei kaikkien nostolaitteeseen kohdistuen rasitusten vaikutusta rakenteeseen. Analyysissä voidaan muun muassa mallintaa tilanne, jossa voidaan tarkastella kokonaisrakenteen kantokykyä sekä stabiliteettia.

## 5.8 Nostolaitteen teettäminen

Nostolaitteen valmistaminen suunnittelusta saakka onnistuu Suomessa ammattitaitoisten yritysten toimesta. Nostolaitteita valmistavia yrityksiä löytyy verkkohauulla useita. Yrityksiltä pystyy tilaamaan nostolaitteen aina suunnittelun tasolta valmiiksi tuotteeksi asti, jolle on hankittu CE-merkintä.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda selkeä kuva kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa ja valmistuksessa huomioitavista vaatimuksista. Opinnäytetyön tuloksena tehtiin selvitys kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelua, valmistamista ja käyttämistä koskevista vaatimuksista. Tuloksena pyrittiin löytämään kaikki vaatimukset, jotka tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi laeissa on kuitenkin paljon sisältöä, eikä jokaista pykälää pystytty avaamaan tähän raporttiin. Päättökohoituksena oli kuitenkin todeta, että laitkin rajaa suunnittelua omalla sarallaan ja nämä rajoitukset ovat esitetty laessa ja standardeissa. Toimeksiantajan esittämät vaatimukset sekä kiinteät ympäristön asettamat vaatimukset kuitenkin pyrittiin esittämään niin selkeästi kuin suinkin mahdollista, jotta työtä olisi suurin mahdollinen etu tilaajalle. Työssä pyrittiin tuomaan myös ideoita ja näkökantoja suunnitteluun vaatimusten näkökulmasta erilaisilla rakenneideoiden vertailulla. Kun rakennetta on jo alustavasti pohdittu, voi suunnittelun aloitusvaihe olla helpompaa.

### 6.1 Työn eettisyyden todentaminen

Opinnäytetyössä tulee pitää huoli siitä, että työ on eettisesti tehty ja oikein. Savonia ammattikorkeakoululle, kuten myös muillekin ammattikorkeakouluille on tehty lainsäädäntöön perustuvat suositukset eettisestä ja hyvän tieteellisen käytännön mukaisesta opinnäytetyöprosessista, joihin korkeakoulut sitoutuvat (Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene 2020). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Savonian opiskelija sitoutuu opinnäytetyöntekijänä noudattamaan samoja sääntöjä. Sääntöihin kuuluu muun muassa tekijänoikeuslain noudattaminen (Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene 2020).

Tekijänoikeuslaki on olennaisena osana opinnäytetyön eettisyyttä tarkastellessa. Kun työssä käytettiin lähteitä, merkattiin lähteet annettujen ohjeiden mukaisesti, jotta tekijänoikeutta ei loukattaisi. Lainaukset tehtiin työhön asiaan kuuluvalla tavalla eikä kenenkään omaa tekstiä kopioitu eli plagioitu. Lisäksi Savonia ammattikorkeakoulu tarkastuttaa opinnäytetyöt käyttämällä Turnit Feedback Studiota, joka vertaa kirjoitettua tuotosta verkosta löytyvään tekstisisältöön (Savonia ammattikorkeakoulu, 2022). Ohjelman avulla pystytään varmistumaan siitä, ettei plagiointia tapahdu ja opinnäytetyön tekstisisältö on tuotettu plagioinnin kannalta eettisesti.

Opinnäytetyössä yhtenä eettisenä kysymyksenä on Fintekra oy:n omistaman tiedon käyttö. Fintekran omistaman tiedon salassapitoon on vaikutettu laatimalla hankkeistamissopimus, joka sitoo opinnäytetyön tekijää ja tilaajaa. Salassa pidettäviä asioita ei tulla julkaisemaan. Ennen opinnäytetyön julkaisua Fintekra tarkisti ja hyväksyi opinnäytetyön sisällön, jotta arkaluontoisen tiedon tahattomalta julkaisemiselta vältyttiin. Kaikki tieto, mitä Fintekra ei halunnut tuoda julkisuuteen, sensuroitiin opinnäytetyöstä pois ennen sen julkaisua.

### 6.2 Luotettavuus

Opinnäytetyön tekemisen kannalta eettisen tarkastelun valoon kohdistuu teorian paikkansa pitävyys sekä tutkittuun tietoon perustuvuus. Kun opinnäytetyössä hyödynnetään ainoastaan luotettavia, tuoreita ja paikkaansa pitäviä lähteitä, tulee myös opinnäytetyön tuloksesta luotettava. Luotettavasta ja oikein tehdystä työstä on eniten hyötyä tilaajalle, kuin myös opinnäytetyön tekijällekin. Väärää tietoa

on tarjolla erittäin paljon. Siitä syystä onkin erittäin tärkeää, että opinnäytetyössä käytetään vain luotettavia lähteitä. Ammattikorkeakoulu Haaga Helian (2022) mukaan lähteiden arviointikriteereitä ovat: luotettavuus, objektiivisuus, ajantasaisuus, kattavuus, kohderyhmä ja tarkoitus ja tiedon alkuperä. Lisäksi mainitaan, että suositeltuja lähteitä ovat ammatillinen tieto, viralliset tiedonlähteet, tieteelliset tutkimukset, väitöskirjat sekä tutkimusartikkelit (Haaga Helia 2022). Opinnäytetyössä käytettiin lähteinä oppikirjoja, standardeja ja lakeja. Lisäksi lähteinä käytettiin valvontaviranomaisten, EU:n sekä ammattikorkeakoulujen verkkosivuja. Lähteinä ei käytetty esimerkiksi blogeja tai mielipidekirjoituksia. Lähteiden arvioinnissa pohdittiin muun muassa kirjoittajien roolia ja sitä, hyötyykö kirjoittaja esimerkiksi jollakin tavalla rahallisesti.

Koska opinnäytetyö on yhden henkilön tutkimaa ja kirjoittamaa tuotosta, täytyy työn luotettavuuteen suhtautua kriittisesti. Vaikka työ on pyritty kirjoittamaan vain luotettavien lähteiden pohjalta, on kirjoittaja voinut tulkita lukemaansa tekstiä väärin. Kirjoittajan viesti voi myöskin välittyä lukijalle tahattomasti väärin. Tekstissä kuitenkin viitataan lakeihin ja standardeihin, joiden pohjalta nostolaite tuldtisiin suunnittelemaan. Näin ollen riski siihen, että työn pohjalta tehtäisiin esimerkiksi epäturvallinen nostolaite, on pieni.

Luotettavuutta punnitessa maininnan arvoista on työhön liittyvä sidonnaisuus. Tilaaja laati 2000 euron arvoisen stipendin palkkiona opinnäytetyön tekijälle. Stipendin tarkoituksena oli lisätä kirjoittajan motivaatiota ja näin ollen parantaa tuotetun työn laatua.

### 6.3 Johtopäätökset

Työssä huomattiin, että erilaisia vaatimuksia on olemassa erittäin paljon, ja niitä määrää moni taho. Lakeja ja standardeja verrattaessa huomattiin, että nostolaitteen suunnittelussa kannattaa käyttää yhdenmukaistettuja standardeja. Näiden avulla suunnittelu pystytään tekemään suoraviivaisemmin sekä vältytään mahdollisesti turhalta työltä, sillä standardeissa osoitetut vaatimukset ovat usein selkeämmin ilmaistu. Standardien luku voi kuitenkin olla paikoin hieman raskasta, sillä standardeissa saatetaan viitata paljon muihin standardeihin, minkä vuoksi lukijan tulee etsiä tietoa useiden eri oppaiden välillä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyössä käsiteltiin kattavasti eri näkökulmista, mitä nostolaitteen suunnittelu vaatii. Opinnäytetyön tavoite oli tutkia kiinteistömuuntajan nostolaitteen suunnittelussa ja valmistuksessa huomioon otettavia vaatimuksia. Vaatimuksia onnistuttiin tarkastelemaan ja listaamaan kattavasti. Vaatimuksien pohjalta pystyttiin tekemään myös alustavaa pohdintaa nostolaitteen rakenteesta sekä nostolaitteeseen liittyvistä suunnitteluratkaisuista.

Opinnäytetyöstä on hyötyä tilaajalle, joka pystyy tarkastelemaan laaditun opinnäytetyön pohjalta mahdollisen nostolaitteen valmistusprojektin laajuutta. Tämän perusteella tilaaja pystyy arvioimaan, onko nostolaitteen hankinta järkevää.

### 7.1 Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyö kokonaisuudessaan oli opiskelijalle erittäin opettavainen projekti. Työssä päästiin perehtymään suunnittelussa huomioitaviin määräyksiin ja vaatimuksiin. Insinööri tarvitsee työssään usein standardeja, joista tulee osata löytää tarvittava tieto. Opinnäytetyön alkuvaiheessa standardien lukeminen ja käsittely tuntui alkuun hieman raskaalta, mutta tässä kehityttiin työn aikana paljon. Lisäksi standardien tuntemus kasvoi huomattavasti. Työssä opittiin myös paljon projektin vaiheistuksesta ja ymmärrettiin millaisia vaiheita vaatimukset aiheuttavat suunnitteluprojektissa.

### 7.2 Parannettavaa

Projektin alkuperäisenä tarkoituksena oli suunnitella valmis nostolaite, jolla Liekkiloukun asentaminen voitaisiin mahdollistaa. Projektin edetessä tämä tavoite osoittautui kuitenkin aikarajan ja resurssien puitteissa mahdottomaksi ja aihetta jouduttiin rajaamaan radikaalisti kesken projektin. Tältä olisi voitu välttyä, mikäli projektin alkuvaiheessa olisi pohdittu aiheen laajuutta kriittisemmin. Tämä muutos oli kuitenkin opettavainen kokemus. Vaikka projektissa kohdattiinkin este, pystyttiin tähän kehittämään ratkaisu, joka mahdollisti työssä etenemisen.

### 7.3 Jatkokehitys

Opinnäytetyön jälkeen nostolaitteen hankintaprojekti voi edetä nostolaitteen suunnitteluun tai tarjouspyyntöjen kyselyyn. Opinnäytetyötä voidaan ainakin joissain määrin käyttää hyväksi tarjouspyyntöjen hankinnassa, sillä työssä kerrotaan laitetta koskevat vaatimukset sekä esitetään alustava idea nostolaitteen rakenteesta. Projektissa olisi voitu lisäksi pohtia enemmän pukkinosturirakenteen soveltamista ja miettiä millaisia etuja esimerkiksi ketjuvantilla nostava laite olisi tuonut hydrauliseen nostimeen verrattuna.

## LÄHTEET

Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry 2020. Ammattikorkeakoulujen opinnäytteiden eettiset suositukset. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2020.

Björk, Timo, Hautala, Pekka, Huhtala, Kalevi, Kivioja, Seppo, Kleimola, Matti, Lavi, Markku, Martikka, Heikki, Miettinen, Juha, Ranta, Aarno, Rinkinen Jari & Salonen Pekka 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 2021. Tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvaikutus. Verkkojulkaisu. Päivitetty 14.10.2021. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/technical-documentation-conformity/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/technical-documentation-conformity/index_fi.htm). Viitattu 30.4.2022.

Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 2021. CE-merkintä. Verkkojulkaisu. Päivitetty 26.3.2021. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_fi.htm). Viitattu 30.4.2022.

Jokinen, Tapani 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino.

Kotilainen, Esa-Pekka 2022. Kiinteistömuuntaja asemoitu kaapelikuilun yläpuolelle. Valokuva. 13.1.2022. Kuopio: Esa-Pekka Kotilaisen kokoelmat.

Kotilainen, Esa-Pekka 2022. Asennettu Liekkiloukku Rypysuon kiinteistömuuntamossa. Valokuva. 9.1.2022. Kuopio: Esa-Pekka Kotilaisen kokoelmat.

Kotilainen, Esa-Pekka 2022. Aikaisempaan projektiin liittyvä taulukko kiinteistömuuntajien tiedoista. Valokuva. 9.1.2022. Kuopio: Esa-Pekka Kotilaisen kokoelmat.

Kotilainen, Esa-Pekka 2022. Erityyppisiä nostokorvakoita kiinteistömuuntajissa. Valokuva. 9.1.2022. Kuopio: Esa-Pekka Kotilaisen kokoelmat.

Liekkiloukku julkaisuaika tuntematon. Käyttökohteet. Verkkojulkaisu. <https://liekkiloukku.fi/kaytto-kohteet/>. Viitattu 25.4.2022.

Haaga Helia ammattikorkeakoulu 2022. Näin haet tietoa: Valitse luotettava lähde. Verkkojulkaisu. Libguides. Päivitetty 14.4.2022. <https://libguides.haaga-helia.fi/nain-haet-tietoa/valitse-luotettava-lahde>. Viitattu 1.5.2022.

MCS 2020. Projektin vaiheet ja elinkaari. Verkkojulkaisu. <https://mcs.fi/projektin-vaiheet-ja-elinkaari/>. Viitattu 25.4.2022.

SFS 13001-2. 2021. Crane safety. General design. Part 2: Load actions. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS 15011. 2020. Nosturit. Silta- ja pukkinosturit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS 16851. 2020. Nosturit. Kevytnosturijärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS 1993-1-1. 2006. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS 1993-1-8. 2005. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–8: liitosten mitoitus. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Siirilä, Tapio & Tytykoski, Katri 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. Keuruu: Otavan kirjapaino.

SFS julkaisuaika tuntematon. Mitä standardi tarkoittaa?. Verkkojulkaisu. <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>. Viitattu 29.4.2022.

Tiainen, Teemu, Papula, Suvi, Mela, Kristo, Kangaspuoskari, Matti, Lehtimäki, Eki, Lahdenmaa, Juuso, Malaska, Mikko 2020. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Teräsrakenneyhdisty.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) julkaisuaika tuntematon a. Koneita koskevat vaatimukset. Verkkojulkaisu. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>. Viitattu 27.4.2022.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) julkaisuaika tuntematon. Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa. Verkkojulkaisu. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa>. Viitattu 3.5.2022.

Turvallisuus ja kemikaalivirasto (Tukes) julkaisuaika tuntematon. Kuluttajakäyttöön tarkoitettut koneet. Verkkojulkaisu. <https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kodin-tekniikka-ja-sahko/kuluttajakayttoon-tarkoitettut-koneet>. Viitattu 29.4.2022.

Työsuojelu.fi 2022. Työsuojeluviranomaisten toiminta. Verkkojulkaisu. Päivitetty 1.4.2022. <https://www.tyosuojelu.fi/tietoa-meista/toiminta>. Viitattu 29.4.2022.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Viitattu 29.4.2022.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400#Lidm45237816484272>. Viitattu 27.4.2022.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403#L3P21>. Viitattu 27.4.2022.