

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Infratekniikka

2014

Kimmo Kuusela

# KEVYTRISTIKKOMASTOJEN KÄYTTÖ LINJAMERKIN RAKENTEENA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikka, ympäristö ja talous

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

Kimmo Kuusela

Opinnäytetyö

## KEVYTRISTIKKOMASTOJEN KÄYTTÖ LINJAMERKIN RAKENTEENA

Hyväksytty

Turussa \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2014

Valvoja

\_\_\_\_\_

DI Pirjo Oksanen

Koulutuspäällikkö

\_\_\_\_\_

Tekn. lis. Esa Leinonen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Infratekniikka

2014 | 38

Ohjaaja: DI Pirjo Oksanen

Kimmo Kuusela

# KEVYTRISTIKKOMASTOJEN KÄYTTÖ LINJAMERKIN RAKENTEENA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda kevytristikkomastoille linjamerkeille työselitys ja tyyppipiirustukset sekä vertailla kustannuksia puupukkilinjamerkkeihin.

Linjamerkit ovat turvalaitteita, joita tarvitaan aina kaksi. Linjamerkkiparissa toista kutsutaan alemmaksi ja toista ylemmäksi. Linjamerkkien ollessa päällekkäin ne osoittavat linjan keskilinjan. Linjamerkkien rakenteena käytetään puuta, suuria teräsmastoja sekä tässä työssä esiteltäviä kevyitä ristikkomastoja. Linjataulut ovat väritykseltään keltapunaisia tai valkopunaisia.

Kevytristikkorakenteiset linjamerkit rakentuvat alumiinisista tai teräksistä alle puoli metriä halkaisijaltaan olevista poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisista ristikkomastoista. Linjataululevyt kiinnitetään mastoihin kestopuusta rakennetuissa kaseteissa. Kevytristikkorakenteiset linjamerkit asennetaan injektoimalla kiinnityspultit kallioon tai käyttämällä maston tukirakenteena betonilaattaa.

Puupukkitaulujen ja kevytristikkorakenteisten linjamerkkien materiaalikustannukset ovat matalammissa linjamerkeissä lähes yhtä suuret. Korkeammissa linjamerkeissä, joissa mastoja tarvitaan kaksi tai kolme, ristikkorakenteisten taulujen kustannukset ovat puupukkilinjamerkkeihin verrattuna suuremmat. Urakkahinnoissa ja rakennuskustannuksissa rakennevaihtoehtojen välille ei syntynyt eroa, mutta elinkaarikustannuksissa kevytristikkorakenteiset mastot ovat lähes kaksi kertaa halvempia.

ASIASANAT:

Merenkulku, merimerkit, turvalaitteet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Community Infrastructure Engineering

2014 | 38

Instructor: M. Sc. Pirjo Oksanen

Kimmo Kuusela

## LIGHTWEIGHT LATTICE MAST USED IN THE STRUCTURE OF LEADING MARKS

The purpose of this thesis was to create specifications and blueprints for leading marks that are built with lightweight lattice masts and compare the expenses between them and the wooden leading marks that are also available on the market.

Leading marks are safety devices that are always in pairs – the higher and the lower leading mark. When the leading marks are superposed they indicate the center of a sea lane. The base structure of leading marks can be constructed from wood, large steel lattice masts or lightweight lattice masts which are presented in this thesis. Leading marks are colored either red and yellow or red and white.

Leading marks that are built from lightweight lattice masts are either aluminum or steel structures that are constructed from rectangle lattice masts measuring half a metre long or less. The actual leading mark plates are attached to the masts with wooden cassettes. The lightweight lattice masts are then secured to the rock with metal bolts and concrete or by using concrete slabs as standing support.

The material costs of wooden and lightweight lattice mast leading marks are almost identical in lower leading marks, but the material costs increase rapidly when large higher leading marks are constructed because more lattice masts are needed to support the weight of the whole leading mark. Contract prices and building costs between wooden and lightweight types are the same, but the life cycle costs of the lightweight lattice leading marks are almost twice lower than their counterparts'.

### KEYWORDS:

Beacons, shipping, safety devices

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 MERENKULUN TURVALAITTEET</b>	<b>9</b>
<b>3 LINJAMERKIT</b>	<b>15</b>
3.1 Ylärakenteet	15
<b>3.1.1 Puurakenteet</b>	<b>15</b>
<b>3.1.2 Kevytristikkorakenteet</b>	<b>17</b>
<b>3.1.3 Taulujen kiinnitykset</b>	<b>18</b>
<b>3.1.4 Turvatikkaat ja huoltotasot</b>	<b>20</b>
3.2 Päivätunnus ja valo	20
3.3 Perustaminen	22
<b>3.3.1 Kallioperustus</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2 Maanvarainen perustus</b>	<b>23</b>
<b>4 RAKENTAMINEN</b>	<b>25</b>
4.1 Laatuvaatimukset	25
<b>4.1.1 Alumiini- ja teräsristikot</b>	<b>25</b>
<b>4.1.2 Kasetti- ja kiinnitysmateriaali</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3 Perustusmateriaali</b>	<b>27</b>
4.2 Linjamerkin pystyttäminen	27
4.3 Työturvallisuus	28
<b>5 KUSTANNUKSET</b>	<b>31</b>
5.1 Materiaalikustannukset	31
5.2 Valmistuneiden linjamerkkien kustannukset	34
5.3 Työkustannukset	34
5.4 Elinkaarikustannukset	35
<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Puupukkilinjataulujen materiaalihinnat eriteltyinä.
- Liite 2. Puupukkitaulujen kierretankojen määrä.
- Liite 3. Puupukkitaulujen kulmaraudat, kiinnitystangot, mutterit ja aluslevyt.
- Liite 4. Kevytristikkorakenteisten linjataulujen materiaalit.
- Liite 5. Kevytristikkomastojen hinnat.
- Liite 6. Kevytristikkorakenteisten linjamerkkien työselitys.
- Liite 7. Yksimastoisen linjamerkin tyyppiirustus.

## KUVAT

Kuva 1. Linjamerkki.	9
Kuva 2. Kummeli.	10
Kuva 3. Pohjoisviitta.	11
Kuva 4. Jääpoiju.	12
Kuva 5. Lateraalireunamerkki.	12
Kuva 6. Sektoriloisto.	13
Kuva 7. Kolmijalkaisen puupukkilinjamerkin tyyppikuva.	15
Kuva 8. Kevytristikkomastotyytit.	18
Kuva 9. Taulun mitat ja poikkipuiden paikat.	19
Kuva 10. Väyläsuunnitelma.	22

## TAULUKOT

Taulukko 1. Kevytristikkomastotyytit.	26
Taulukko 2. Erikorkuisten puupukkilinjamerkkien materiaalikustannukset.	31
Taulukko 3. Tarvittavien mastojen määrä erikorkuisissa linjamerkeissä.	32
Taulukko 4. Linjamerkkien kustannukset eri mastotyypeillä.	33
Taulukko 5. Valmistuneiden mastojen urakkahintoja.	34

# 1 JOHDANTO

Meriliikenne on Suomelle erittäin tärkeää, sillä 90 prosenttia viennistä ja 70 prosenttia tuonnista hoidetaan meriteitse (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014). Liikennevirasto ylläpitää Suomen rannikko- ja sisävesiväyliä, joiden yhteispituus on 16 200 kilometriä. Rannikkoväyliä on 8 200 kilometriä ja sisävesiväyliä 8 000 kilometriä. Ulkomaankaupan kannalta tärkeitä kauppamerenkulun väyliä on 4 100 kilometriä. Merenkulun turvalaitteita väylästä on noin 25 000. (Liikennevirasto 2009, 3.)

Vesiväylien hoito on jaettu kuuteentoista väylänhoidon sopimusalueeseen. Liikennevirasto toimii väylänhoidon palvelun tilaajana ja alueyksiköillä on omat vastuusopimusalueensa. Meriväyläyksikön Helsingin toimipiste hallinnoi läntisen ja itäisen Suomenlahden alueita, Turun toimipiste Ahvenanmaan, Selkämeren ja Saaristomeren alueita. Vaasan toimipiste hallinnoi Vaasan, Kokkolan ja Perämeren alueita. Sisävesien, Tampereen, Päijänteen, Lappeenrannan, Joensuun, Keiteleen, Kuopion, Oulunjärven ja Lapin väylien alueita hallinnoin Lappeenrannan sisävesiyksikkö. Väylänhoitourakat kilpailutetaan, ja ne ovat monivuotisia. (M. Reilimo, Henkilökohtainen tiedonanto 1.7.2014.)

Vesiväylät on jaettu kuuteen väyläluokkaan (VL1–VL6). Väyläluokat 1 ja 2 ovat kauppamerenkulun väyliä ja väyläluokat 3–6 ovat hyötyliikenteen matalaväyliä. Kauppamerenkulun väylät, väyläluokat 1 ja 2, ovat valtakunnallisesti tai alueellisesti merkittäviä pääväyliä, joilla kulkee valtaosa vesiliikenteen tavaravirroista. Liikennöinti on mahdollista ympäri vuoden kaikissa sääolosuhteissa. Matalaväylät, väyläluokat 3–6, ovat ensisijaisesti veneliikenteelle tai muulle hyötyliikenteelle kuin kauppamerenkululle rakennettuja ja ylläpidettäviä väyliä. (Liikennevirasto 2009, 11.)

Väylänhoito on luokiteltu kolmeen luokkaan, luokkiin A, B ja C. Luokkaan A kuuluu väyläluokka 1 eli kauppamerenkulun 1-lk väylät, joilla hoito on jatkuvaa ym-

päri vuoden. Hoitoluokkaan B kuuluu kauppamerenkulun 2-lk väylät sekä matalaväylät, väyläluokat 3 ja 4. Hoito on jatkuvaa avovesikaudella, ja jääpeitteisenä aikana Liikennevirasto määrää tehtävät toimenpiteet. Hoitoluokkaan C kuuluu matalaväylät, väyläluokat 5 ja 6. Väylänhoito on jatkuvaa avovesikaudella eikä talvihoitoa suoriteta. Turvalaitteiden vikojen korjaaminen on luokiteltu neljään kiireellisyysluokkaan (1–4). Kiireellisyysluokka 1:ssä vika on korjattava heti, kun se on mahdollista, kiireellisyysluokka 2:ssa viikon ja kiireellisyysluokka 3:ssa kuukauden kuluessa. Kiireellisyysluokka 4:ssä vika korjataan väylänpitäjän tilauksesta tai tarkastuksen yhteydessä. (Liikennevirasto 2009,11–12.)

Suomen rannikon ja sisävesien turvalaittekanta alkaa vanhentua ja korjattavia turvalaitteita on paljon. Vanhoja puupukkijamerekkkejä ja kivikummeleita korjataan tai uusitaan vuosittain useita. Puupukkitaulut tullaan korvaamaan tulevaisuudessa kevytristikkorakenteilla.

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan puupukkirakenteita ja kevyistä liikennemerkkimastoista muodostuvia rakenteita sekä perehdytään tarkemmin liikennemerkkimastoista muodostuvien linjamerkkien rakentamiseen. Opinnäytetyöhön sisältyy tyyppiirustusten piirtäminen ristikkomastoista ja työselityksen laatiminen. Tavoitteena on luoda mahdollisimman yksinkertainen sekä kustannuksiltaan halpa ratkaisu kevytristikoilla rakennettaviin linjamerkkeihin. Työssä vertaillaan myös kustannuksia sekä pyritään löytämään paras ratkaisu erikokoisille linjamerkeille.



## 2 MERENKULUN TURVALAITTEET

Vesiväylät merkitään turvalaitteilla, joiden avulla Suomen karikkoisilla rannikkovesillä voidaan liikkua turvallisesti. Turvalaitteet osoittavat joko väylän sijaintia tai avustavat aluksen sijainnin määrittämisessä. Lisäksi useimmissa turvalaitteissa on tutkaheijastin. Pimeässä navigointia varten suurimmassa osassa turvalaitteita on heijastimet, ja kauppamerenkulun väylien tärkeimmät turvalaitteet on varustettu valolla. (Liikennevirasto 2014a.)

Yleisimpiä turvalaitteita ovat viitat, poijut, linjamerkit, reunamerkit, kummelit, sektoriloistot ja tutkamerkit.

Linjamerkki (kuva 1) on turvalaite, joka toisen linjamerkin kanssa osoittaa väylälinjaa. Linjamerkeistä käytetään nimitystä alempi ja ylempi, joista alempi sijaitsee väylää lähempänä. Linjamerkin päivämerkkinä toimii yleensä kaksivärinen linjaulu, joko punakeltainen tai valkopunainen. Linjaloistoksi kutsutaan linjamerkkiä, jossa on valolaite. (Liikennevirasto 2014b, 5.)



Kuva 1. Linjamerkki (Liikennevirasto 2014c).

Kummeli (kuva 2) on valaisematon karkean paikannuksen apuväline. Kummeli rakennetaan rannalle kivistä, betonista, puusta tai metallista, ja se maalataan valkoiseksi. Heijastavasta levystä rakennettuja kummeleita kutsutaan *levykummeleiksi*. Valokummeli on fasadivalolla varustettu kummeli. (Liikennevirasto 2014b, 5)



Kuva 2. Kummeli (Liikennevirasto 2014c).

Viitta (kuva 3) on yleisnimitys kelluvalle, pohjaan esijännitetysti ankkuroidulle turvalaitteelle. Viitan vedenpäällisen osan korkeuden suhde leveyteen on suurempi kuin 5:1. Viitan maksimihalkaisija on 500 mm. (Liikennevirasto 2014b, 10.)



Kuva 3. Pohjoisviitta (Liikennevirasto 2014c).

Poiju on yleisnimitys kelluvalle, pohjaan ankkuroidulle turvalaitteelle. Avomeripoijut ovat suurikokoisia teräsrakenteisia jääpoijuja, jotka on suunniteltu avomeriolo-suhteisiin. Jääpoiju on sukkulanmuotoinen teräsrakenteinen poiju (kuva 4). Poijun vedenpäällisen näkyvän osan korkeuden suhde leveyteen on pienempi kuin 5:1. Avomeripoijun halkaisija vesirajassa on 2,0 metriä. (Liikennevirasto 2014b, 6.)



Kuva 4. Jääpoiju (Liikennevirasto 2014c).

Reunamerkki (kuva 5) on kiinteä turvalaite, joka sijaitsee kartalle merkityn reunaetäisyyden osoittamalla etäisyydellä väylän reunasta. Lateraalimerkki osoittaa väylän oikeaa tai vasenta reunaa väylän nimelliskulkusuunnan mukaan. (Liikennevirasto 2014b, 5,-10.)



Kuva 5. Lateraalireunamerkki (Liikennevirasto 2014c).

Sektoriloisto (kuva 6) on loisto, jossa on erivärisiä sektoreita. Väylän suuntaan näytetään valkoista valoa, vasemmalle puolelle punaista ja oikealle vihreää. (Liikennevirasto 2014b, 7.)



Kuva 6. Sektoriloisto (Liikennevirasto 2014c).

Turvalaitteille suoritetaan vastaanottotarkastus, joka käynnistää kiinteiden merimerkkien ylläpitohistorian ja samalla varmistetaan urakoitsijalta vastaanottama lopputuote. Vuositarkastus on vuosittainen silmämääräinen tarkastus, jolla seurataan rakenteiden hoidon ja kunnan tasoa. Yleistarkastus on kiinteille merimerkeille suoritettava tarkempi silmämääräinen tarkastus, jolla seurataan rakenteen kunnan kehittymistä. Erikoistarkastus suoritetaan hankekohtaisen ohjelmaan perustuen, kun halutaan saada silmämääräistä tarkastusta tarkempaa tietoa. Tehostetussa tarkkailussa ovat rakenteet, joiden kunnan rapistumisesta tulee seurata ennen korjausta, kun halutaan varmistaa ettei rappeutumisprosessi johda äkilli-

seen rakenteen kantavuuden menettämiseen. Tarkastuskäynneillä turvalaitteiden kunto arvioidaan ja raportoidaan Liikenneviraston Reimari-tietojärjestelmään. Tarkastuskäynnillä turvalaite arvioidaan kokonaisuutena, ottaen huomioon turvalaitteen rakenteen ja laitteiden kunnon. Kuntoluokka määräytyy huonoimman osatekijän mukaan. Kuntoluokkia on kolme (1–3), joista kuntoluokka 1 merkitsee sitä, että turvalaite on kunnossa eikä se vaadi toimenpiteitä. Kuntoluokassa 2 turvalaitteelle on tehtävä korjaustoimenpiteitä 2–3 vuoden kuluessa. Kuntoluokan 3 turvalaitteet vaativat välittömiä toimenpiteitä. (Liikennevirasto 2009, 13; Liikennevirasto 2013e, 19–20.)

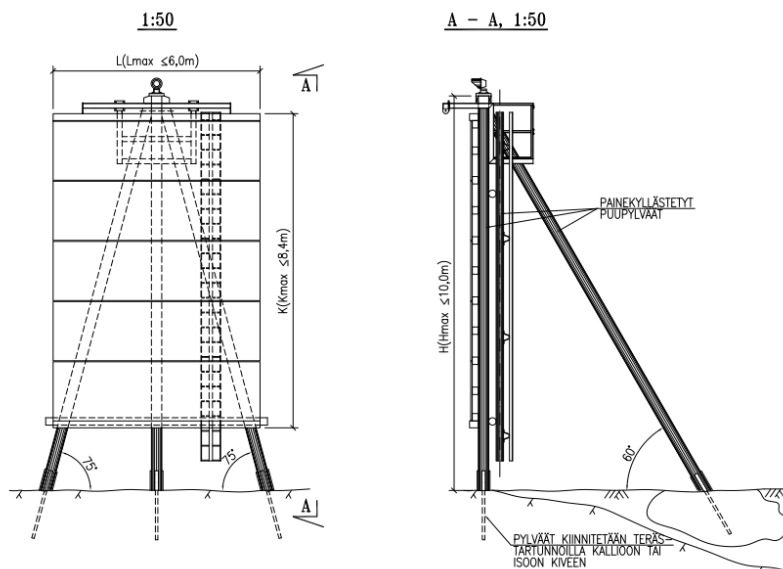
## 3 LINJAMERKIT

### 3.1 Ylärakenteet

Linjamerkkien ylärakenteina käytetään teräsristikkomastoja, harustettuja teräsmastoja, harustettuja puurakenteita, puupukkirakenteita tai liikennemerkkimastoista tai -putkesta muodostuvia rakenteita. Korkeat linjamerkit rakennetaan teräsristikkomastoilla tai harustetuilla teräsmastoilla. Matalammissa linjamerkeissä käytetään puupukkirakenteita tai kevytristikkorakenteita.

#### 3.1.1 Puurakenteet

Puupukkirakenteinen linjamerkki rakentuu puuosista, ruuviliitoksista sekä teräsrakenteista. Puusta rakennetaan linjamerkin tukirakenne, joko kolmijalkainen (kuva 7) tai nelijalkainen puupukkirakenne. Ruuviliitoksilla kiinnitetään rakenteen osat toisiinsa. Teräsrakenteita ovat perusrakenteet ja huoltotaso. Puurakenteessa teräsrakenteita ovat aluslevyt kierretankokiinnityksissä.



Kuva 7. Kolmijalkaisen puupukkilinjamerkin tyyppikuva (Liikennevirasto 2013h).

Puutavarana käytetään pyöreää, puupylvässtandardin SFS 2662 mukaista sorvattua pylväspuuta. Pyöreää puutavaraa käytetään pystytolppiin sekä risti- ja poikkitikuna. Muu puutavara on lujuusluokan C24 mukaista sahatavaraa. Kaikki puutavara on oltava kyllästetty A-luokan mukaisesti. Puutavaran A-luokan kyllästysvaatimukset on esitetty RT-kortissa 21-10880 Kyllästetty puutavara ja C24 luokan mukaiset lujuusvaatimukset Puurakenteiden suunnitteluohjeissa RIL 205-1-2009. Pylvään päät suojataan ruostumattomalla peltilevyllä. (Liikennevirasto 2013f, 4.)

Ruuviliitoksia puupukin runko- ja perustusrakenteissa ovat:

- kierretangot, ruuvit ja mutterit
- aluslevyt puuta ja terästä vasten
- kansiruuvit

Ruuviliitosten materiaali on ruostumatonta terästä.

Ruostumatonta terästä huoltotason rakenteissa on:

- kuusio ja kansiruuvit
- kuusiomutterit
- aluslevyt

Teräsrakenteiden teräslaatu puupukin runko- ja perustusrakenteissa on materiaalistandardin EN 10088 Ruostumattomat teräkset mukainen teräslaatu. Huoltotason rakenteiden teräslaatu on standardin SFS-EN 10025 Seostamattomat rakenneteräkset ja EN 10219 Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräksistä ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket mukaisia. Ruuvien ja muttereiden lujuusominaisuudet ovat standardin SFS 2173 mukaiset. (Liikennevirasto 2013f, 5.)



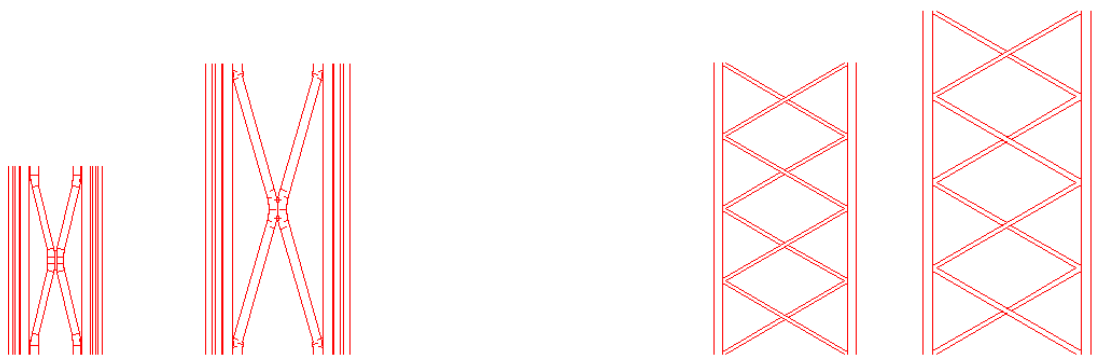
### 3.1.2 Kevytristikkorakenteet

Kevytristikkomastot rakentuvat suorista vertikaaleista tangoista sekä näitä yhdistävistä poikittaisista tangoista. Poikittain kulkevat tangot, jotka muodostavat ristikkorakenteen, ovat joko vertikaalisten tankojen välisiä pätkiä, jotka ovat hitsattu yhteen tai yhdestä tangosta taivutettua aaltomaista ristikkorakennetta.

Kevytristikkorakenteet tulevat korvaamaan puupukkirakenteet tulevaisuudessa. Vanhojen puupukkilinjamerkkien kunnon heikentyessä ne tullaan korvaamaan alumiinisilla tai kuumasinkityillä teräksisillä kevytristikkomastoilla, jotka ovat olleet tieliikenteen käytössä opastintauluissa. Kevytristikkomastojen hyviä puolia ovat niiden keveys ja pieni koko verrattuna puupukkirakenteeseen, asennuksen helppous sekä pidempi käyttöikä. Kevytristikkomastorakenteilla rakennetaan alle kymmenen metriä korkeita linjamerkkejä, joiden taulukoko vaihtelee neljästä neliömetristä viiteenkymmeneen neliömetriin. M. Reilimo, Henkilökohtainen tiedonanto 15.5.2014).

Kevytristikkorakenteiden materiaalina käytetään alumiinia tai kuumasinkittyä terästä. Juralco As Lattix® -mastot ovat kevyitä alumiinisia ristikkomastoja, joiden massa on noin 7–20 kg/m. Lattix®-mastot ovat alun perin suunniteltu törmäysturvallisiksi liikennemerkkimastoiksi, joiden toiminta ei perustu teräsristikkomastojen tapaan liukulaippatekniikkaan vaan siihen, että masto taittuu tai katkeaa törmäyksestä. (Lattix 2012).

Meag Genevad AB:n, Elter Networks TE Ab:n ja Blinkfyrrar Ab:n kuumasinkittyjen teräsristikko mastojen rakenne on samankaltainen alumiinisten ristikkomastojen kanssa, mutta massa metriä kohden on suurempi ja taivutusmomentti on samassa kokoluokassa alumiinimastoihin verrattuna huomattavasti pienempi. Teräsristikkomastot soveltuvat suurien linjataulukokojen rakenteisiin, sillä niitä on saatavana suurempana kokona kuin alumiinimastoja. Suuremmalla sivun pituudella saavutetaan suurempi taivutusmomentti. (Liikennevirasto 2014f).



Lattix 4425 ja 4438

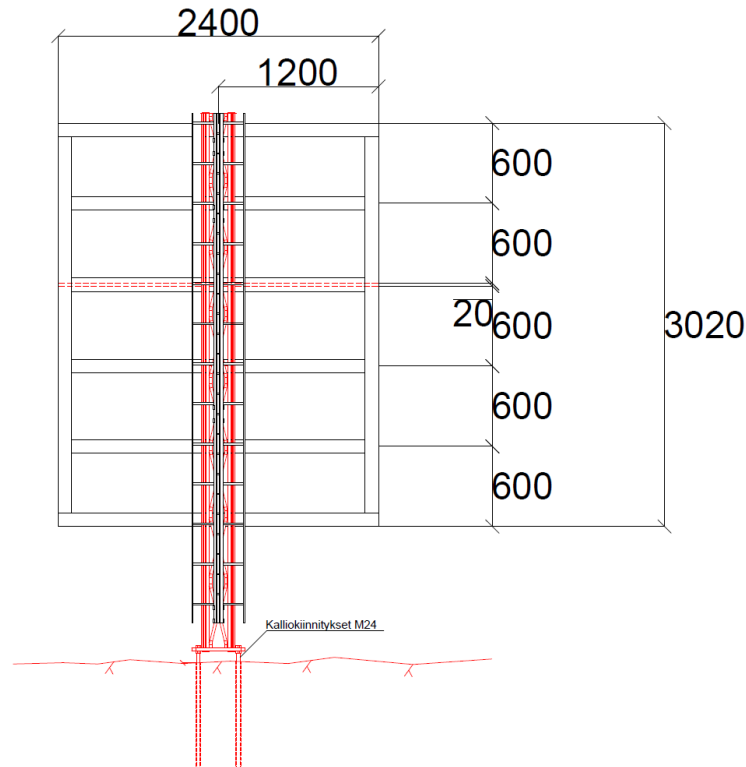
Blinkfyrar 380mm ja 450mm ja  
Maeg Genevad Typ 1 ja Typ2

Kuva 8. Kevytristikkomastotyytit.

Blinkfyrarin ja Maeg Genevadin mastot ovat rakenteeltaan samankaltaiset. Ristikkorakenne muodostuu noin neljäkymmenenviiden asteen kulmassa pystytankojen väliin hitsatuista tangoista. Ristikkokuvaio on maston toisella puolella samanlainen mutta vastakkainen, jolloin mastoon muodostuu keskelle salmiakkokuvaio. Eltel Networks mastoista ei ole saatu tähän opinnäytetyöhön tarvittavia tietoja rakenteen mallista.

### 3.1.3 Taulujen kiinnitykset

Taulujen kiinnitys riippuu turvalaitteen rakennusmateriaalista. Puisten linjataulujen levyt kiinnitetään suoraan puurakenteen poikkikoolaukseen. Ruuvien tyyppi, kiinnitystapa sekä ruuviväli esitetään levytyssuunnitelmassa. Ristikkomastoihin linjataululevyt kiinnitetään valmiina linjataulukasetteina. Ristikkomastoihin linjataulukasetit kiinnitetään mastotyyppiin sopivilla kiinnikkeillä. (Liikennevirasto 2013, liite 2.)



Kuva 9. Taulun mitat ja poikkipuiden paikat.

Linjataululevyjen korkeus on joko 1 200 millimetriä tai 1 800 millimetriä, joita yhdistelemällä saadaan päivätunnuksesta oikean korkuinen. Yksimastoisissa linjatauluissa levyt asennetaan kyllästetystä puutavarasta rakennettuihin kasetteihin, joiden tukena on lattarautaa kaikissa vaakapuissa, joista kasetti kiinnitetään mastoon. Puutavara on yksimastoisissa linjatauluissa kyllästettyä 48 \* 98 mm tai suurempaa puuta. Kaksi- ja kolmimastoisissa linjatauluissa kasetit rakennetaan kyllästetystä 48 \* 98 mm:n puutavarasta, ja koko taulun ala- ja yläreunaan asennetaan 100 \* 100 mm:n palkki. Kevytristikkomastojen levyt asennetaan yhteen suureen kasettiin (kuva 9). Poikkipuut asennetaan 600 millimetrin jaolla ja levyjen väliin jätetään 20 millimetriä tilaa.

Linjataululevyn rakenne on aaltomainen (liite 7). Levyt kiinnitetään poikkipuihin joka toisesta aallonpohjasta ja reuna-alueilla, joka käsittää 500 millimetriä taulun pystyreunasta sekä ylä- ja alareunasta, jokaisesta aallonpohjasta. Kasetti asennetaan ristikkomastoon pulteilla ja lattaraudalla tai 100 \* 100 mm kyllästetyllä

puutavaralla kasetin ylä- ja alareunasta. Yksimastoisissa linjamerkeissä kiinnitetään myös keskeltä kasettia. (Liikennevirasto 2013h.)

#### 3.1.4 Turvatikkaat ja huoltotasot

"Sellaisten työtasojen ja kulkuteiden vapailla sivuilla, joilta voidaan pudota kahta metriä korkeammalta, sekä muulloinkin, milloin on olemassa erityinen tapaturman tai hukkumisen vaara, on oltava suojakaiteet tai muut suojarakenteet" (Valtion neuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205).

Valaistujen turvalaitteiden valoja joudutaan uusimaan aika ajoin, ja kun valojen matalin sallittu korkeus maasta on 2,5 metriä, tarvitaan lyhtyjen vaihtotyöhön puutoamissuojattu huoltotasot turvatikkailla tai matalammissa linjamerkeissä pelkätään turvatikkaat nousukiskolla. Turvatikkaat asennetaan valmistajien ohjeiden mukaisesti ja käyttämällä vain tikasvalmistajan hyväksymiä kiinnikkeitä.

Turvakiskon tulee täyttää EU:n henkilösuojaindirektiivin 89/686/EEC asettamat vaatimukset (Etel Networks 2014).

#### 3.2 Päivätunnus ja valo

Päivätunnus on valoisalla näkyväksi tarkoitettu turvalaitteen rakenne (Liikennevirasto 2014a, 7). Linjamerkkien päivätunnus on linjataululevy. Linjataululevyjä käytetään Suomessa meri- ja järviolosuhteissa. Tuulen ja lämpötilojen osalta olosuhteet voidaan määrittellä RIL 144-2002 Rakenteiden kuormitusohjeet –julkaisun mukaisesti. Linjataululevyt altistuvat myös auringon ultraviolettisäteilylle sekä merialueilla suolasumurasitukselle. Linjataululevyjen käyttöikätaavoite on 25 vuotta. (Liikennevirasto 2013a, 7)

Linjataululevyjen materiaalina käytetään esimerkiksi läpivärjättyä HD-polyeteeni-kestomuovia (Liikennevirasto 2013, 9–11). Linjataululevyjen väreinä käytetään tummanpunaista, keltaista, mustaa ja valkoista. Linjataululevyt ovat kaksivärisiä,

yleisimmin keltapunaisia tai valkopunaisia. Linjataululevyn väritys on kolmiraitainen, ja värien paikan määrää väylältä katsottaessa vallitseva tausta. Keltapunaisen linjataulujen väritys tummaa taustaa, esimerkiksi metsää vasten on keltainen–punainen–keltainen ja taivasta vasten punainen–keltainen–punainen. Keltapunaisia käytetään pääsääntöisesti kauppamerenkulun väylillä ja veneväylillä valkopunaisia. (P. Lindberg, henkilökohtainen tiedonanto 18.6.2014).

Linjataululevyjen tarkat vaatimukset on esitetty Liikenneviraston ohjeissa Linjataululevyt – tuotevaatimukset 19.3.2013.

Linjamerkeissä on myös pimeänavigointia varten loistot ja loistolla varustettua linjamerkkiä kutsutaan myös linjaloistoksi. Jotta vierekkäiset turvalaitteet eivät menisi keskenään sekaisin, ne on jaksotettu eripituisia pimennyksiä käyttäen. Tällöin jokaiselle loistolle muodostuu oma valotunnus. Lähekkäin olevat loistot voidaan erottaa toisistaan myös erivärisillä valoilla. Loistojen valonvärit ovat punainen, vihreä, oranssi ja valkoinen. Linjaloistoissa käytetään ensisijaisesti valkoista valoa ja mikäli tarvitaan toisenlaista valoa, käytetään oranssia valoa. Tehdas- ja satama-alueilla runsaasta taustavalaistuksesta erottuakseen käytetään usein vihreätä linjavaloa. (Liikennevirasto 2013b.)

Linjamerkkien loisto asennetaan vaakasuunnassa keskellä päivätunnusta eli linjataululevyä. Pystysuunnassa loisto asennetaan joko heti linjataululevyn yläpuolelle tai levyyn tehtävään aukkoon. Alemman linjamerkin valon tulee olla maasta vähintään 3,5 metriä meriväylillä ja 2,5 metriä sisävesiväylillä. Valoa ei saa asentaa linjataululevyn alapuolelle tai 0,5 metriä korkeammalle taulun yläreunasta. (Liikennevirasto 2013c,14.)

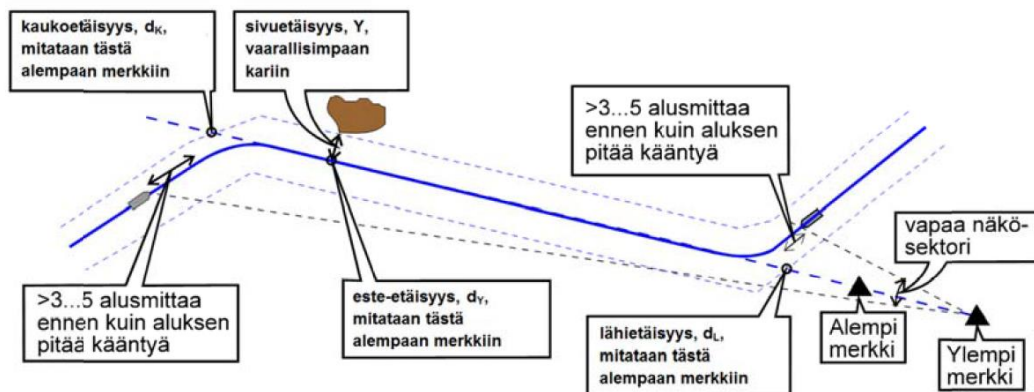
Linjamerkkien loistot saavat virran joko suoraan sähköverkosta tai aurinkopaneelistä. Aurinkopaneelien käyttö on välttämätöntä esimerkiksi pienillä luodoilla ja saarissa, joihin ei ole vedetty sähkölinjaa. Aurinkoenergiaa on saatavilla riittävästi kaikilla Suomen meri- ja järvialueilla. Aurinkopaneeli saa käyttövoimansa aurinkosta ja valosta, jolloin paneeli tulee suunnata etelää kohti. Aurinkopaneelin suunnassa ei saisi olla edes matalaa kasvustoa, ja veden pinta tulisi olla paneelia

kohti, jotta heijastava valo saataisiin osumaan aurinkopaneeliin. (Liikennevirasto 2013d, 6.)

### 3.3 Perustaminen

Linjamerkkien asennuspaikan valinnassa tulee ottaa huomioon monia asioita. Linjamerkkien paikkaa kartoitettaessa tulee huomioida, että mutkakohdissa seuraavan suoran linjan linjamerkit tulisi havaita vähintään kolme laivanmittaa, mieluiten viisi, ennen kuin laivan pitää kääntyä. Merkin rakennuspaikkaa valittaessa ensisijaisia ovat paikat, joissa rakentaminen on kokonaiskustannuksiltaan edullista ja rakentaminen helppoa. Linjamerkille pyritään valitsemaan paikka, joka on korkeassa maastonkohdassa ja jossa maa on kovaa, esimerkiksi kalliota tai moreenia. Paikan valinnassa kiinnitetään myös huomiota siihen, ettei kasvillisuutta tarvitsisi poistaa rakentamisen aikana eikä sen jälkeen. Asennuspaikan valintaan vaikuttaa myös huoltoyhteyden kulkureitti. Linjamerkeille tulisi päästä helposti rantautumaan veneellä tai mantereella ja isommissa saarissa päästä ajamaan lähelle autolla. Maasto ei saa olla niin jyrkkää, ettei molempia linjamerkkejä näe kauko- ja lähipisteestä. (Liikennevirasto 2013c, 7–8.)

Väyläsuunnitelmapuvassa (kuva 10) on havainnollistettu näkemäsektorit sekä kauko- ja lähipisteet. Harmaa katkoviiva on aluksen vaatima näkemäalue, sininen katkoviiva väyläalueen ulkoreuna ja sininen yhtenäinen viiva on väylän keskilinja, jolle linjamerkit osoittavat.



Kuva 10. Väyläsuunnitelma (Liikennevirasto 2013c).

### 3.3.1 Kallioperustus

Puupukkilinjamerkkien kallioperustuksissa käytetään lapapultteja tai tartuntateräksiä sekä suuremmissa ristikkomastoissa kallionvaraisia betoniperustuksia. Linjamerkin pystyttäminen ehjään kallioon on kustannuksiltaan pienin ja työtekniisesti tarkasteltuna helpoin toteuttaa. Kallioon porataan tartunnoille reiät, joihin lapapultit tai tartuntateräksset asennetaan. Kallionvaraisessa betoniperustuksessa tartuntoihin asennetaan rauditus, ja pilari betonoidaan suunnitelmien mukaisesti. Rikkonaiseen kallioon perustettaessa tulee rikkonainen kallio louhia pois, ja tartunnat porataan tyyppiirustusten mukaiseen syvyyteen. Jos tartuntoja poratessa huomataan kalliossa rikkonaisuutta, jatketaan poraamista siten, että tyyppiirustusten mukainen tartuntasyvyyks saavutetaan. Kevytristikkorakenteinen linjamerkki asennetaan kallioon neljällä asennuspultilla, joille porataan reiät tyyppiirustusten osoittamaan syvyyteen ehjää kalliota, ja asennuspultit injektoidaan välittömästi poraamisen jälkeen. (Liikennevirasto 2013f, 8.)

Kallioperustusta tulisi käyttää aina kun mahdollista. Linjalaskennan merkkipaikojen kartoitusvaiheessa tulisi kiinnittää huomiota enemmän rakennuslaskan valintaan kuin siihen, miten muokattavat haittatekijät, kuten puusto, vaikuttavat linjamerkkien sijoitteluun. Kallioperustuksen etuna maanvaraiseen perustukseen on sen pienempi työmäärä, taloudellisuus, riskittömyys sekä meri- ja järviolosuhteiden vähäinen vaikutus. Luvussa 2.3.2 Maanvarainen perustus käsitellään meri- ja järviolosuhteiden vaikutusta maanvaraiseen perustukseen sekä niiden vaikutusten minimointia rakennusteknisillä ratkaisuilla.

### 3.3.2 Maanvarainen perustus

Maanvaraista perustusta käytetään harvemmin linjamerkin perustuksena, sillä Suomen rannat ovat kallioisia ja kivisiä. Jos linjamerkki joudutaan perustamaan maanvaraisesti, tulee ottaa huomioon, onko maa routivaa vai routimatonta, onko mahdollista, että aallokko saattaa lyödä linjamerkille asti. Huomioon on otettava

jäiden ja ympäröivien olosuhteiden vaikutus perustuspaikalla. Ympäröivät olosuhteet voivat olla esimerkiksi vesistöön laskevan puron vaikutukset tai sulamisvesiuomien vaikutus perustusten eroosioon.

Maanvaraista perustusta tehdessä sovelletaan InfraRYL:n lukua 16200 Maakavannot. Kaivupaikka valmistellaan InfraRYL:n lukujen 11100,11200 ja 11400 mukaan. Linjamerkkien perustuksia kaivettaessa kaivantoa ei kaiveta kahteen metriin, joten erillistä kaivantosuunnitelmaa ei tarvitse tehdä. Pintamaa kaivetaan tyyppiirustusten osoittamaan syvyyteen. Kaivannon pohjalle asennetaan käyttöluokan N2 kangas, jos pohjamaa on savea tai silttiä. Kankaan päälle rakennetaan kiviainesarina. Routivalla maalla kiviainesarinan päälle asennetaan solupolystyreeniä. Ristikkomaston tukilaatan valulle rakennetaan muotti, joka raudoitetaan tyyppiirustusten mukaisesti ja valetaan tai valmiiksi valettu laatta asetetaan oikealle paikalleen.

Jos uutta väylää suunnitellessa linjamerkki joudutaan rakentamaan muualle kuin kalliolle, täytyy alamerkin olla vedenpinnan yläpuolella niin paljon, ettei aallokko tai jääpeite pääse vaikuttamaan.



## 4 RAKENTAMINEN

### 4.1 Laatuvaatimukset

Kevytristikkomastolla toteutetun linjamerkin vaatimukset eroavat tieliikenteessä vastaavilla mastoilla rakennetuista opastintauluista. Törmäysturvallisuutta tarvitse ottaa huomioon. Linjamerkeiltä vaaditaan kestävyyttä ankarissa sääolosuhteissa, sillä ne altistuvat kovalle tuulelle ja vedelle. Saariston tuuliset alueet ja linjamerkkien suuri pinta-ala rasittavat mastoa, joten momenttikapasiteetin tulee olla riittävä. Liikennevirasto käyttää kevytristikkomastoille laadittua laskentaohjelmaa määrittäessään tarvittavien mastojen määrän ja niiden koon.

#### 4.1.1 Alumiini- ja teräsristikot

Liikenneviraston meriväyläyksikkö on hyväksynyt linjamerkkien rakentamisessa kevytristikkorakenteina neljä eri mastotyyppiä (kuva 8), jotka ovat Juralco As Lattix -alumiiniristikkopylväät, Maeg Genevad AB -teräsristikkopylväät, Eltel Networks TE Ab -teräsristikkopylväät ja Blinkfyrrar AB -teräsristikkopylväät. Jos kevytristikkorakenteisessa linjamerkeissä halutaan käyttää muiden valmistajien ristikkomastoja, tulee urakoitsijan esittää suunnitelmat ja lujuuslaskelmat ennen töiden aloittamista. (Liikennevirasto 2014f.)

Alumiinimastojen materiaalina käytetään 6063F25-T6-alumiiniseosta, joka täyttää standardien EN 573-3 Kemiallisen koostumus, EN 755-2 Mekaaniset ominaisuudet ja EN 515 Tilojen tunnuksien vaatimukset. Alumiinisia teräsristikoita valmistaa norjalainen Lattix As, joka toimii Juralco As:n alaisuudessa. Lattix-mastoja (taulukko 1) käytetään kahta tyyppiä linjamerkkien rakentamisessa C4425 ja C4438. (Iplex Europe 2008.)

Taulukko 1. Kevytristikkomastotyypit

Malli	Sivumitta (mm)	kg/m	Materiaali	Mu (kNm)
Juralco AS Lattix C4425	250	14	Alumiini	68
Juralco AS Lattix C4438	380	22	Alumiini	152
Maeg Genevad AB Typ 1	450	45	Teräs	169,5
Maeg Genevad AB Typ 2	380	30	Teräs	100,5
Eltel Networks TE AB Typ A	450	-	Teräs	176,6
Eltel Networks TE AB Typ B	380	-	Teräs	81,56
Blinkfyrrar AB neliöprofiili, 450mm	450	45	Teräs	148
Blinkfyrrar AB neliöprofiili, 380mm	380	30	Teräs	86

Teräsmastojen materiaalina käytetään kuumasinkittyä terästä standardin SFS-EN 2765 mukaisesti. Standardi käsittelee teräksen kuumasinkkipinnoitteita.

#### 4.1.2 Kasetti- ja kiinnitysmateriaali

Kevytristikkomastojen kasettirakenne on yksikertainen ja mahdollisimmat kevyt. Puumateriaalina käytetään lujuusluokan C 24 puutavaraa standardin EN 338 Rakenteellinen sahatavara mukaan. Kasetissa käytettävä puutavara tulee olla sivumitoiltaan vähintään 98 \* 48 millimetriä. Puutavaran painekyllästysluokka on A Ratu-ohjekortin RT 21-10880 Kyllästetty puutavara mukaisesti. Yksimastoisten linjamerkkien linjataulu rakentuu yhtenäisestä kasetista, jossa poikkipuissa käytetään teräsorsia tukemaan rakennetta. Teräsorret ovat EN-standardin 10025 mukaista S235JR-rakenneterästä. EN 10025 -standardi käsittelee kuumavalssattuja rakenneteräksiä.

Linjataululevyjen tarkat tuotevaatimukset on esitetty Liikenneviraston ohjeissa palveluntuottajille: Linjataululevyt – Tuotevaatimukset (Liikennevirasto 2013a).

Linjataulukasetti kiinnitetään mastoon haponkestävillä kierretangoilla, pulteilla ja aluslevyillä sekä lattatangolla tai 100 \* 100 mm:n kestopuulla, jotka toimivat vastakappaleina. Kierretangot, pultit ja aluslevyt haponkestävää terästä A4-80 (AISI 316). Lattatanko haponkestävää HST 1.4404 -terästä. Puu on lujuusluokan C24 painekyllästettyä puutavaraa.

### 4.1.3 Perustusmateriaali

Kallio- ja laattaperustuksissa kevytristikkomasto kiinnitetään neljällä kiinnityspultilla ristikon omaan kiinnitysjalustaan. Kiinnityspultit joko injektoidaan kallioon tai sijoitetaan oikeille paikoilleen valun yhteydessä. Kiinnityspulttien halkaisijat vaihtelevat kahdestakymmenestä neljästä millistä kolmeenkymmeneen kuuteen milliin. Esimerkiksi Lattix 4425 -mastossa käytetään M24-kierretankoja ja Lattix 4438 -mastossa M30-kierretankoja. Kiinnitysmateriaalit, kierretangot, mutterit ja aluslevyt, ovat standardin ISO 3506 mukaista A4-80 AISI 316 -metallia. ISO 3506 käsittelee korroosionkestävien ruostumattomien teräskiinnikkeitten mekaanisia ominaisuuksia. (Lattix 2012; J.Valkola 2013a.)

Laattaperustuksen betonina käytetään siltojen maa- ja välitukien betonia Ro10, R4, C30/37, P30. Ro10:lla tarkoitetaan sillan osan tunnusta, R4:llä rasisuusluokaryhmää ja C30/37:llä lujuusluokkaa, ja P30 on betonin p-lukuvaatimus, joka osoittaa pakkasenkestävyyttä. Teräslaatusena käytetään A500HW-harjaterästä. (J.Valkola 2013a, 6.)

## 4.2 Linjamerkin pystyttäminen

Uuden linjamerkin rakentaminen tai vanhan uusiminen vaatii ilmoituksen VTS:ään sekä Liikenneviraston meriväyläyksikölle. Linjamerkin rakentamisaikataulu tulee olla tiedossa Vessel Traffic Servicellä, jotta merellä liikkujia voidaan tiedottaa ja varoittaa käynnissä olevista työmaista.

Vanhaa linjamerkkiä uusittaessa navigointitekniisiä ominaisuuksia ei saa muuttaa, joten taulun koon ja paikan on pysyttävä samoina. Ennen vanhan linjamerkin purkamista merkitään uudelle linjamerkille jalkojen paikat, jos rakentaminen tapahtuu kalliolle, minkä jälkeen vanha linjamerkki voidaan purkaa. Maanvaraisen linjamerkin uusimisessa merkitään vanhojen mastojen paikat esimerkiksi puukeppimerkein tai takymetrillä tallennetaan mastojen keskikohta.

Kalliolle rakennettaessa maston tai mastojen peruspulttien reiät porataan riittävästi syvyyteen. Reiät puhdistetaan paineilmalla ja injektointi suoritetaan välittömästi puhdistamisen jälkeen. Injektoinnissa käytetään juotosbetonia, esimerkiksi juotoslaastia 600/3. Injektointi aloitetaan reiän pohjalta, jotta reikään jäänyt vesi pumppautuu ulos. Kiinnityspultti työnnetään oikeaan syvyyteen yhtäjaksoisesti. Laattaperustuksessa joko valmiiksi valettu laatta asennetaan luvun 3.3.2 Maanvarainen perustus mukaiselle petille valmiiksi merkattuun kohtaan tai rakennetaan laatalle muotti ja valetaan laatta paikan päällä. Perustuspultit kiinnitetään ennen valamista oikeille paikoilleen. Masto kiinnitetään perustuspultteihin ja mutterit kiristetään mastovalmistajan esittämään vaadittuun kiristysmomenttiin tai muttereille sallittuihin kiristysmomenteihin. Linjataulukasetti kootaan maassa ja vinssataan tai nostetaan pystytettyyn mastoon tai kasetti kiinnitetään maassa mastoon ja koko linjamerkki nostetaan vinssaamalla tai nostolaitteella paikoilleen.

#### 4.3 Työturvallisuus

Linjamerkkiurakoissa urakoitsija esittää rakennussuunnitelman yhteydessä työturvallisuussuunnitelmansa. Työturvallisuussuunnitelma sisältää yhdyshenkilöiden yhteistiedot, kuvauksen työkohteesta ja tehtävistä töistä ja työkohteiden tyypilliset työturvallisuusriskit. (Liikennevirasto 2013e, 3–4.)

Työturvallisuussuunnitelmassa täytyy olla yhdyshenkilöt tilaajalta ja urakoitsijalta sekä heidän yhteystietonsa. Työkohteina on Suomen rannikkoalueiden turvalaitteiden korjaus-, kunnossapito- ja uudisrakentamistyöt erikseen sovitussa laajuudessa. Linjamerkeille tehtäviä töitä on levytyksen uusiminen, rakenteen uusiminen ja kokonaan uusien linjamerkkien rakentaminen. (Liikennevirasto 2013e, 4.)

Turvalaitteurakoissa työskentely tapahtuu aina meri- tai järviolosuhteissa, joissa täytyy ottaa huomioon maaolosuhteissa tehtävistä rakennustöistä eroavia työturvallisuusseikkoja. Työkohteille tyypillisiä riskejä työskenneltäessä meri- ja järviolosuhteissa ovat:

- kylmyys ja kosteus
- hukkuminen
- työt työaluksilla väylien varrella
- sähköistykseen liittyvät riskit
- akkujen käsittely
- rakennustarvikkeiden ja materiaalien vesistökuljetukset (Liikennevirasto 2013e, 4–6; Liikennevirasto 2014d, 4–7.)

Kylmyys ja kosteus ovat aina läsnä työskenneltäessä vesialueilla ja siihen voi varautua oikeanlaisella pukeutumisella. Sääolosuhteet saattavat vaihtua nopeasti ja siksi sääennustusten seuraaminen on tärkeää. Turvalaitetöihin liittyy aina hukkumisen vaara ja työskenneltäessä lähellä vettä, jonka syvyys on vähintään yhden metrin, tulee käyttää pelastusliiviä. Sähkötöissä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta työskenneltäessä veden äärellä. Vain sähköalan koulutuksen saanut henkilö saa suorittaa sähköasennuksia. (Liikennevirasto 2013e, 4-6; Liikennevirasto 2014d, 4-7.)

Työkohteiden riskejä, joita on myös maalla rakennettaessa:

- liukastuminen ja kaatuminen
- putoaminen
- kiipeämiset turvalaitteisiin
- raskaiden kappaleiden nostot ja siirrot
- tulityöt
- työkoneiden käyttöön liittyvät riskit (Liikennevirasto 2013e, 4–6; Liikennevirasto 2014d, 4–7.)

Kallioiset rannat ovat yleensä liukkaita ja kaatumisen riski on suuri. Oikeanlaisten jalkineiden käyttö ja talviolosuhteissa nastojen käyttö sekä varovaisuus ehkäisevät kaatumisen mahdollisuutta. Varsinkin linjataulujen levyjenuusimistöissä on putoamisen riski, kun työskennellään korkealla. Oikeanlaisten turvalajaiden ja nostimien käyttö on pakollista työskenneltäessä korkealla. Korkealla työskenneltäessä on otettava huomioon myös työltä vaadittavat fyysiset ja henkiset vaatimukset. Jos joudutaan kiipeämään tikkaita yli kuuden metrin korkeuteen, vaadi-

taan työtä suorittavalta henkilöltä mastopätevyys. Tikkaita saa käyttää vain kertaluontoisiin töihin, kuten nostoapuvälineiden kiinnittämisessä ja irrottamisessa sekä muissa vastaavissa kertaluontoisissa töissä. Nojatikkaiden pituus saa olla enintään kuusi metriä. Linjamerkeissä olevissa kiinteissä turvakiskollisissa turvatiikkaissa saa työskennellä turvakiskon kanssa yhteensopivien turvavaljaiden kanssa. Raskaiden kappaleiden nostoissa ja siirroissa tulee olla selkeät turva-alueet, jottei mahdollisen kuorman putoamisen seurauksena voi jäädä sen alle. Tulitöissä vaaditaan tulityökortti ja on ennalta ehkäistävä mahdolliset syttymät. Syttymien sammuttamista varten työmaalla täytyy olla alkusammutustarvikkeet. (Liikennevirasto 2013e, 4–6; Liikennevirasto 2014d, 4–7.)

Tarkemmat ohjeet korkealla työskentelyyn on esitetty Liikenneviraston työturvallisuusohjeessa – Korkealla työskentely merellä.

Rakennusalue tulee eristään varoitusnauhoin tai aidoin, jottei ulkopuolisia pääse työmaa-alueelle. Työmaalle voidaan asentaa väliaikaisia kulkuteitä ja työvalaistusta, ja nämä tulee esittää työturvallisuussuunnitelmassa. Turvalaitteiden rakennustöissä henkilökohtaisina suojavarusteina täytyy olla turvakengät ja kypärä sekä huomioväriset työvaatteet, joissa heijastava pinta on suositeltavaa. Kuulosuojaimia on käytettävä, kun melutaso ylittää 85 desibeliä, ja silmäsuojaimia sellaisissa töissä, joissa on silmävamman riski. (Työturvallisuuskeskus 2014.)

## 5 KUSTANNUKSET

Puupukkirakenteisten ja kevytristikkorakenteisten linjamerkkien kustannusvertailussa otetaan huomioon materiaalikustannukset, työkustannukset ja elinkaarikustannukset. Puupukkilinjamerkkien ja kevytristikkorakenteisen linjamerkkien väliltä pyritään valitsemaan erikokoisille linjatauluille parempi rakennusmateriaali.

### 5.1 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannuksia vertaillessa ei huomioida puupukkirakenteisten ja kevytristikkorakenteisten linjamerkkien yhteisiä materiaaleja, kuten linjataululevyjä, ruuveja, nauvoja, valolaitteita ja turvatikkaita. Toteutuneita urakkahintoja vertaillessa otetaan huomioon koko turvalaitteen kustannukset. Taulukossa 2 on esitetty puupukkilinjamerkkien materiaalikustannukset kolme metriä korkeista tauluista kymmenen metriä korkeisiin tauluihin. Näissä kustannuksissa ei ole otettu huomioon tässä luvussa mainittujen kevytristikkorakenteisten linjamerkkien kanssa yhteisiä materiaaleja. Materiaalien hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja, ja hinnat ovat Taloon.com-sivustolta sekä Onninen Excel-ohjehinnasto 1.8.2014 -luettelosta. Taulukon 2 hinnat on saatu liitteiden 1, 2, ja 3 laskentojen pohjalta. Erikokoisten taulujen materiaalmäärät on laskettu Liikenneviraston kolmijalkaisen puupukkilinjamerkin tyyppiirustuksista.

Taulukko 2. Erikorkuisten puupukkilinjamerkkien materiaalikustannukset (Taloon Yhtiöt Oy 2014; Onninen 2014).

Materiaalit	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
Pylväät	336 €	446 €	556 €	665 €	776 €	942 €	1 052 €	1 162 €
Sahatavara	68 €	95 €	156 €	178 €	287 €	383 €	456 €	536 €
Liimapuu	47 €	62 €	78 €	78 €	110 €	125 €	141 €	157 €
Kierretanko	452 €	452 €	452 €	452 €	452 €	626 €	626 €	626 €
Kulmaraudat	39 €	52 €	79 €	92 €	119 €	145 €	158 €	171 €
Kiinnitystangot	900 €	900 €	900 €	900 €	900 €	900 €	900 €	900 €
Mutterit ja aluslevyt	91 €	91 €	91 €	91 €	91 €	91 €	91 €	91 €
<b>Yhteensä:</b>	<b>1 935 €</b>	<b>2 101 €</b>	<b>2 314 €</b>	<b>2 459 €</b>	<b>2 736 €</b>	<b>3 215 €</b>	<b>3 427 €</b>	<b>3 646 €</b>

Puupukkitaulujen taulukon 2 mukaiset materiaalikustannukset kasvavat lähes lineaarisesti korkeuden kasvaessa, koska korkeuden kasvaessa myös puutavaran määrä suurenee. Kun kokonaismateriaalikustannukset nousevat, pystytään enustamaan välikokojen kustannukset. Korkeimmissa, kahdeksan, yhdeksän ja kymmenen metriä korkeissa, linjamerkeissä on kolmijalkaisen puupukkilinjamerkin tyyppiirustusten mukaiset lisätuet, ja niiden kiinnitystarvikkeiden lisäkustannukset on huomioitu taulukossa 2.

Kevytristikkomastojen kustannukset puupukkirakenteeseen verrattuna ovat määrällisesti vähemmän, sillä rakenteessa ei ole kuin mastot ja kiinnitystarvikkeet. Kustannuksia vertaillessa käytetään tasametrinen linjamerkkien laskennallisia arvoja, joissa linjamerkin koko pysyy samana taulukon 3 mukaisesti, esimerkiksi neljä metriä korkean linjamerkin taulukoko on 3,0 \* 2,4 metriä puupukkirakenteessa ja kevytristikkorakenteessa. Taulukoon ja korkeuden muuttuessa kevytristikkomastojen määrä, yhdestä kolmeen mastoon, mitoitetaan Liikenneviraston Excel-mitoitusohjelmalla. Taulukossa 3 on esitetty tarvittavien mastojen määrä. Mastomäärän mitoituksessa on käytetty mitoitusohjelmassa valittavista tuuliolosuhteista saaristomeren tuuliolosuhteita.

Taulukko 3. Tarvittavien mastojen määrä erikorkuisissa linjamerkeissä.

Rakenteen korkeus	Taulun koko	Mastojen määrä (kpl)							
		Juralco As Lattix		Maeg Genevad AB		Eltel Networks TE AB		Blinkfyrrar AB	
m	m * m	4425	4438	Typ 1	Typ 2	Typ A	Typ B	450mm	380mm
3	2,4 * 1,8	1	1	1	1	1	1	1	1
4	3,0 * 2,4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	4,2 * 3,0	1	1	1	1	1	1	1	1
6	4,8 * 3,0	2	1	1	2	1	2	1	2
7	6,0 * 4,2	3	2	2	3	2	3	2	3
8	7,2 * 4,8	EI KÄY	3	2	EI KÄY	2	EI KÄY	3	EI KÄY
9	7,8 * 5,4	EI KÄY	EI KÄY	3	EI KÄY	3	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY
10	8,4 * 6,0	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY	EI KÄY

Materiaalivertailussa ei ole otettu huomioon pienempien taulukokojen käyttöä korkeammassa mastoissa, jotta vertailu pysyisi tasaisena puupukkitaulujen ja ke-



vytristikkomastojen välillä. Pienempiä taulukokoja käytetään korkeammassa mastoissa, jos linjalaskennan tuloksena linja vaatii pienemmälle taululle korkeampaa mastoa näkymän kannalta. Pienempi taulukoko korkeammassa mastossa vaikuttaa kustannuksissa ainoastaan kasettimateriaalien määrään, joita tässä vertailussa ei ole otettu huomioon. Taulukossa 4 on esitetty kevytristikkorakenteisten linjamerkkien kustannukset, jotka sisältävät liitteen 4 materiaalit. Kustannuslaskennoissa on huomioitu taulukon 3 mastomäärä ja käytetty kevytristikkomastojen tyyppiirustusten mukaisia kiinnitystarvikkeita.

Taulukko 4. Linjamerkkien kustannukset eri mastotyypeillä.

Rakenteen korkeus	Taulun koko	Linjamerkkien kustannukset eri mastoilla							
		Juralco As Lattix		Maeg Genevad AB		Eltel Networks TE AB		Blinkfyrrar AB	
m	m * m	4425	4438	Typ 1	Typ 2	Typ A	Typ B	450mm	380mm
3	2,4 * 1,8	1 703 €	3 384 €	-	-	-	-	1 677 €	1 234 €
4	3,0 * 2,4	1 900 €	3 478 €	-	-	-	-	1 771 €	1 506 €
5	4,2 * 3,0	2 285 €	3 936 €	-	-	-	-	2 043 €	1 854 €
6	4,8 * 3,0	4 255 €	4 103 €	-	-	-	-	2 305 €	3 313 €
7	6,0 * 4,2	6 903 €	8 381 €	-	-	-	-	4 234 €	5 586 €
8	7,2 * 4,8	-	14 156 €	-	-	-	-	7 097 €	-
9	7,8 * 5,4	-	-	-	-	-	-	-	-
10	8,4 * 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Mastojen hinnat ovat mastovalmistajien sähköpostitse tai verkkokaupassa ilmoittamia hintoja. Pelkkien mastojen hinnat on esitetty liitteessä 5.

Materiaalikustannuksissa puupukkilinjamerkkien ja kevytristikkorakenteisen linjamerkkien välille ei synny suurta eroa matalampiin, alle kuusi metriin linjamerkeihin verrattuna. Kevytristikkomastojen määrän kasvu kahteen tai kolmeen mastoon yli kuusimetrisissä mastoissa kasvattaa materiaalikustannuksia voimakkaasti, sillä yksittäisen maston hinta on korkea verrattuna puutavaran hintaan.

## 5.2 Valmistuneiden linjamerkkien kustannukset

Valmistuneiden linjamerkkien kustannuksia vertaillessa käytetään Liikenneviraston kilpailuttamien urakoiden voittajahintoja. Taulukossa 5 on koko Suomen alueelta kerättyjen puupukkitaulujen urakkahintoja sekä muutaman kevytristikkorakenteella valmistetun linjamerkkien urakkahinta. Puupukkitaulut on rakennettu Liikenneviraston puupukkitaulujen tyyppiinrustusten mukaisesti. Kevytristikkorakenteisista linjamerkeissä 5,5-metrinen ja 7,9-metrinen ovat kaksimastoisia ja 4,0-metrinen yksimastoinen.

Taulukko 5. Valmistuneiden mastojen urakkahintoja.

Puupukkitaulujen korkeus ja urakkahinta		Mastolinjamerkkien korkeus ja urakkahinta	
4,6 m	9 063,00 €	5,5 m	8 440,00 €
5,5 m	10 837,00 €	4,0 m	6 600,00 €
5,5 m	8 700,00 €	7,9 m	10 000,00 €
3,5 m	5 425,00 €		
2,5 m	3 875,00 €		
4 m	5 054,00 €		
7 m	8 845,00 €		
6 m	10 650,00 €		
6 m	10 650,00 €		
3,5 m	3 661,00 €		
3,1 m	3 879,00 €		

Urakkahinnat sisältävät tarvittavat materiaalit, työ- ja henkilökustannukset, kalustokustannukset sekä urakoitsijan katteen. Puupukkitaulujen urakkahinnat on eroteltu eräästä suuremmasta urakkakokonaisuudesta, ja hinta on korkeuden mukaan laskennallisesti arvioitu yhden linjamerkin urakkahinta. Kevytristikkorakenteisten mastojen urakkahinnat on ilmoitettu yksittäin tarjouskirjeissä.

## 5.3 Työkustannukset

Puupukki- ja kevytristikkorakenteisten linjamerkkien rakentaminen eroavat toisistaan työmäärässä. Puupukkitaulun runko kootaan kokonaan rakentamalla, kun

kevytristikkorakenteisessa linjamerkissä koko runko on valmis asennettavaksi. Kevytristikkorakenteisissa linjamerkeissä yksimastoisten taulujen kasettityö on laajempi ja vaativampi, sillä poikkipuihin asennetaan rakenneteräksiset u-profiilit tukemaan rakennetta, jota ei asenneta puupukkitauluihin. Kaksi- ja kolmimastoisten linjamerkkien kasetit ovat lähes samanlaisia puupukkitaulujen taululevyjen asennukseen vaadittavan koolauksen kanssa. (J. Valkola 2013c.)

Puupukkitaulun puutöitä muistuttavia töitä ei löydy Rakennusteollisuus Oy:n Rakennustöiden menekit 2015 -julkaisusta, joten laskennallisten työtuntimenekien pohjalta ei voida laskea yksittäisten puupukkien rakentamisen kestoa eikä työntekijämäärää. Myöskään kevytristikkomastojen pystytykseen ei löydy suoranaisia rakentamisen työmenekkejä.

Saariston Merikuljetus Oy Meripojat -yhtiön Kimmo Vesa kertoi työryhmien koosta sekä työn kestosta puhelinhaastattelussa. Puupukkilinjamerkkien työryhmänä on neljä työmiestä ilman nosturia tai vähintään kolme miestä nosturin kanssa. Työn kesto on noin kaksi työpäivää. Kevytristikkomastojen rakentaminen hoidetaan samankokoisella työryhmällä ja työn kesto on sama. Työstä hidasta tekee mastojen rakenteesta johtuvat ahtaat työtilat taulukasettien kiinnityksissä. (K. Vesa, henkilökohtainen tiedonanto 21.10.2014.)

#### 5.4 Elinkaarikustannukset

Linjataululevyjen laskennallinen käyttöikä on 25 vuotta. Kestopuun käyttöikä on noin 20–25 vuotta, joten puupukkitaulujen enimmäiskäyttöikä on 25 vuotta. Kevytristikkomastojen käyttöikä on huomattavasti pidempi, noin 50 vuotta ristikkomaston osalta ja 25 vuotta levyjen ja kasettimateriaalien osalta. Puupukkitaulu pitää rakentamaan kokonaan uudestaan samassa ajassa, jossa kevytristikkorakenteisen maston kasettimateriaali ja levyt pitää uusi. (K. Vesa, henkilökohtainen tiedonanto 21.10.2014.)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kevytristikkorakenteiset linjamerkit ovat tulevaisuuden linjamerkkejä. Kevytristikkorakenteiden pidempi käyttöikä ja lähes samansuuruiset urakkakustannukset tekevät niistä puurakenteisiin verrattuna kannattavampia rakenteita. Puupukkilinjamerkkien kunnan rapistuminen ja niiden uusiminen kevytristikkorakenteilla tarkoittaa sitä, ettei tulevaisuudessa rakenneta välttämättä enää matalia linjamerkkejä puusta.

Kevytristikkomastojen kappalehinnat ovat korkeita, ja kun linjamerkissä joudutaan käyttämään kahta tai useampaa mastoa, sen materiaalikustannukset nousevat saman kokoluokan puupukkilinjamerkkejä korkeammiksi. Kevytristikkomastojen huomattavasti pidempi käyttöikä tasoittaa kustannuksia, ja kun linjamerkkejä rakennetaan paljon, puisten huollosta ja uusimisesta koituvat kustannukset saattavat jopa ylittää kevytristikkomastojen hankintakustannukset.

Lattix-alumiinimastoja myyvän Elfving Opasteet Oy:n kanssa käydyissä alustavissa neuvotteluissa on keskusteltu mahdollisesti suuremman mastovaraston ylläpitämisestä tai valmiudesta toimittaa linjamerkkeihin sopivia mastoja nopealla aikataululla. Tällaisen sopimuksen syntyminen mahdollistaisi samanarvoisen aseman kaikille urakoitsijoille, jolloin urakkahinnat olisivat lähempänä toisiaan. Näin linjamerkeissä käytettävät mastot olisivat lähes kaikissa linjamerkeissä samat, jolloin huoltotyöt ja mahdolliset mastojen uusimiset olisi helpompi toteuttaa.

Linjamerkit rakennetaan lähes poikkeuksetta maalle ja suurimmaksi osaksi yksityisalueille, kuten kesämökeille. Puupukkilinjamerkkien tukirakenteet ovat ulkonevia ja rasittavat suuremman maa-alan mitä ainoastaan ylöspäin kohoavat mastorakenteet. Liikennevirasto maksaa maankäyttökorvausta turvalaitteiden aiheuttamasta haitasta turvalaitteet rasittaman pinta-alan mukaan. Kevytristikkorakenteisten linjamerkkien rasittama pinta-ala on puupukkilinjamerkkejä pienempi, ja tällöin myös maksettavat korvaukset ovat pienempiä. Maankäyttökorvauksesta koituvat säästöt eivät kuitenkaan ole huomattavia, mutta pienillä rantatonteilla

massiivisen puupukkitaulun vaihtaminen kevytristikkorakenteiseksi linjamerkiksi vaikuttaa asukkaiden tyytyväisyyteen.

Opinnäytetyönä tehtävät tyyppipiirustukset on työ, jossa on pohdittu ja tehty valintoja siitä, millaisia kevytristikkomastoiset linjamerkit tulevat olemaan. Kevytristikkorakenteisten linjamerkkien rakenne on yksikertainen ja kustannustehokas. Linjamerkeistä ollaan tuskin luopumassa lähitulevaisuudessa, sillä kiinteitä navigoinnin apuvälineitä tarvitaan tekniikan kehittymisestä huolimatta. Mielestäni kevytristikkomastot tulevat olemaan linjamerkkien rungon materiaalina pitkään, ja parempaa vaihtoehtoa on turha edes lähteä pohtimaan. Jos linjamerkeistä halutaan tehdä lähes ikuisia, voidaan harkita kasettimateriaalin vaihtoa esimerkiksi alumiiniin, joka on pidempikestoisempaa kuin kestopuu.

## LÄHTEET

Eltel Networks 2014. Turvatikas - tuotteet. Espoo; Eltel Networks Oy.

Ipex Europe 2008. Alloy Data Sheet. Ipex Europe: Alankomaat.

Liikennevirasto 2009. Väylänhoidon palvelukuvaus. Helsinki; Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013a. Linjataululevyt – Tuotevaatimukset. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013b. Käyttökuvaukset. Viitattu 2.7.2014 [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/vesivaylat\\_kanavat/turvalaitteet/kayttokuvaukset](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/vesivaylat_kanavat/turvalaitteet/kayttokuvaukset).

Liikennevirasto 2013c. Vesiväylien linjalaskennan perusteet. Helsinki; Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013d. Kiinteiden merimerkkien ylläpito. Helsinki; Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013e. Meriväylien turvalaitteiden korjaukset ja kunnostukset. Helsinki; Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013f. Kolmijalkainen puupukki. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013g. Nelijalkainen puupukki. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2013h. Puupukki tyyppiirustukset. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2014. Merenkulku. Viitattu 25.6.2014 <http://www.lvm.fi/merenkulku>.

Liikennevirasto 2014a. Merenkulun turvalaitteet. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2014b. Vesiväylien turvalaitemääritelmät. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2014c. Sisäinen kuva-arkisto.

Liikennevirasto 2014d. Korkealla työskentely merellä. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2014f. Opta 3.3. Suunnitteluohjelma. Helsinki: Liikennevirasto.

Onninen 2014. Excel-hinnasto. Viitattu 2.9.2014 <http://www.onninen.com/finland/Palvelut/Hinnastot/OVT/Pages/Excel-hinnastot.aspx>.

Taloon Yhtiöt Oy 2014. Hintatietoja eri tuotteista. Viitattu 1.9.2014 [www.taloon.com](http://www.taloon.com).

Työturvallisuuskeskus 2014. Viitattu 20.10.2014 [http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/melu\\_ja\\_tarina](http://www.tyoturva.fi/tyosuojelu/melu_ja_tarina).

Valtion neuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205.

Würth Elektronik 2014. Ruuviliitosten suunnitteluopas. Nurmijärvi: Würth Elektronik.

## Puupukkitaulun materiaalihinnat eriteltyinä

Linjataulun korkeus (m)	Lewyn koko			Sahatavara (m)	Limapuu	Pyväsimpi	Ohuempi	Kustannukset			
	korkeus (m)	leveys (m)	48 x 148mm (96x148)					Sahatavara (2,66€/m <sup>3</sup> )	Limapuu (13,1€/m <sup>3</sup> )	Pyvääs 160mm (18,00€/m <sup>3</sup> )	Pyvääs 200mm (19,60€/m <sup>3</sup> )
3,0	2,4	1,8	24,0	3,6	10,5	7,20	63,84 €	47,16 €	129,60 €	206,50 €	336,10 €
4,0	3,0	2,4	36,0	4,8	14,0	9,60	95,76 €	62,88 €	172,80 €	273,45 €	446,25 €
5,0	4,2	3,0	58,8	6,0	17,4	12,00	156,41 €	78,60 €	216,00 €	340,39 €	556,39 €
6,0	4,8	3,0	67,2	6,0	20,7	14,40	178,75 €	78,60 €	259,20 €	406,36 €	685,56 €
7,0	6,0	4,2	108,0	8,4	24,2	16,80	287,28 €	110,04 €	302,40 €	474,25 €	776,65 €
8,0	7,2	4,8	144,0	9,6	27,6	19,20	383,04 €	125,76 €	345,60 €	541,17 €	886,77 €
9,0	7,8	5,4	171,6	10,8	31,0	21,60	456,46 €	141,48 €	388,80 €	608,10 €	996,90 €
10,0	8,4	6,0	201,6	12,0	34,4	24,00	536,26 €	157,20 €	432,00 €	675,02 €	1 107,02 €

\*keskiaarvomittainta

## Puupukkitaulun kierretankojen määrät

Alle 8m			
Koko	Määrä (m)	Hinta/m	Yhteensä
M12	2,46	12,24 €	30,10 €
M16	6,10	22,19 €	135,37 €
M20	9,30	30,86 €	286,96 €
		<b>YHT</b>	452,43 €

Yli 8m			
Koko	Määrä (m)	Hinta/m	Yhteensä
M12	2,46	12,24 €	30,11 €
M16	2,00	22,19 €	44,38 €
M20	17,90	30,86 €	552,39 €
		<b>YHT</b>	626,88 €



## Puupukkitaulun kulmaraudat, kiinnitystangot, mutterit ja aluslevyt

### Kulmaraudat

Taulun korkeus	Poikkipuut (kpl)	Kulmaraudat (kpl)	Hinta, (17,40€/4kpl)
2,4	4	12	39,67 €
3,0	5	16	52,90 €
4,2	7	24	79,34 €
4,8	8	28	92,57 €
6,0	10	36	119,02 €
7,2	12	44	145,46 €
7,8	13	48	158,69 €
8,4	14	52	171,91 €

Kiinnitystangot		
	Kiinnitystankoja (kpl)	Hinta-arvio 180€/kpl
Kaikki koot	9	900,00 €

Mutterit ja aluslevyt			
	Määrä (kpl)	Keskiarvohinta ( €/kpl)	Yhteensä
Mutterit	57	1,2	68,40 €
Aluslevyt	57	0,4	22,80 €
		Yht	91,20 €

## Kevytristikkorakenteisten linjataulujen materiaalit

Teräsprofiilit 100x50x5mm /m	14,93 €
kierretanko/m	35,00 €
Muuterit/ kpl	0,82 €
Aluslevy/kpl	0,40 €
Lattatanko/m	36,50 €
100x100mm puutavara/m	4,50 €

## Kevytristikkomastojen hinnat

Rakenteen korkeus	Taulun koko	Linjataulun kustannukset eri mastoilla							
		Juralco As Lattix		Maeg Genevad AB		Eitel Networks TE AB		Blinkfyrrar AB	
m	m x m	4425	4438	Typ 1	Typ 2	Typ A	Typ B	450mm	380mm
3	2,4 x 1,8	1 703,62 €	3 384,22 €	-	-	-	-	1 677,22 €	1 234,22 €
4	3,0 x 2,4	1 900,66 €	3 478,56 €	-	-	-	-	1 771,00 €	1 506,00 €
5	4,2 x 3,0	2 285,00 €	3 936,00 €	-	-	-	-	2 043,00 €	1 854,00 €
6	4,8 x 3,0	4 255,00 €	4 103,00 €	-	-	-	-	2 305,00 €	3 313,00 €
7	6,0 x 4,2	6 903,52 €	8 381,78 €	-	-	-	-	4 234,00 €	5 586,00 €
8	7,2 x 4,8	-	14 156,00 €	-	-	-	-	7 097,00 €	-
9	7,8 x 5,4	-	-	-	-	-	-	-	-
10	8,4 x 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-

## Liikennevirasto / Meriväyläyksikkö

Kevytristikkorakenteisten linjamerkkien työselitys



TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kimmo Kuusela

Osa opinnäytetyötä

13.10.2014

Liikennevirasto / Meriväyläyksikkö

Kevytristikkorakenteisten linjataulujen työselitys

.

# SISÄLLYS

1. YLEISTÄ	47
1.1 Yleisiä huomautuksia	47
1.2 Noudatettavat määräykset ja asiakirjat	47
2. PIIRUSTUKSET	48
3. MASTOTYYPIT	48
4. PUUTAVARA	48
5. TERÄSRAKENTEET	49
5.1 Teräslaatu	49
5.1 Osien katkaisu	49
6 Asennus	7

# 1. YLEISTÄ

## 1.1 Yleisiä huomautuksia

Tämä työselostus koskee kevyiden teräs- ja alumiiniristikkorakenteisten linjataulujen mastotyyppejä, puurakenteita ja teräsosia.

Kevytristikkorakenteinen linjataulu kootaan teräs- tai alumiinimastosta tai mastoista, painekyllästetystä puutavarasta, rakenneteräksestä ja haponkestävästä teräksestä.

## 1.2 Noudatettavat määräykset ja asiakirjat

1. Ruostumattomat teräkset SFS-EN10088
2. Kuumavalssatut seostamattomat rakenneteräkset SFS-EN10025
3. Ainestodistukset SFS-EN 10204
4. Terminen leikkaus. Termisesti leikattujen pintojen luokittelu SFS-EN ISO 9013
5. Rakenteellinen sahatavara SFS-EN338
6. Korroosionkestävien ruostumattomien teräskiinnikkeitten mekaaniset ominaisuudet SFS-EN ISO 3506
7. Muut voimassa olevat säännökset ja viranomaisten määräykset ja ohjeet

InfraRYL-ohjeet:

Luvut: 42020, 16200,11100,11200,11400

## 2. PIIRUSTUKSET

Piirustuksissa esitetään kaikki valmistuksessa tarpeelliset päämitat, liitokset ja materiaalit.

Piirustuksissa on esitetty vain yksi taulukoko yksi-, kaksi- ja kolmimastoisille linjatauluille. Taulun koko ja korkeus määräytyvät linjalaskennan perusteella.

## 3. MASTOTYYPIT

Liikennevirasto on hyväksynyt linjataulujen ristikkorakenteiksi neljän valmistajan mastot. Kaikilta valmistajilta on valittu käyttöön kaksi erikokoista mastoa. Alumiinimastoja valmistavalta Juralco Lattix As:ltä on käytössä Lattix 4425 ja Lattix 4438 -mastot. Teräsristikkomastoja valmistavilta Maeg Genevad Ab:lta Typ1 ja Typ2 -mastot, Eltel Networks TE Ab:lta Typ A ja Typ B -mastot ja Blinkfyrrar Ab:lta neliöprofiilimastot 380mm ja 450mm.

Mastojen määrä mitoitetaan Liikenneviraston Excel-mitoitusohjelmalla.

## 4. PUUTAVARA

Puutavara on lujuusluokan C24 mukaista sahatavaraa. Puutavara kyllästetään kyllästysluokka A mukaisesti. Kyllästysluokka A:n kyllästysvaatimukset on esitetty RT-Kortissa RT 21-10880. Kyllästämillä suojatun puutavaran laatua valvotaan ja sen käyttö luokitellaan RT-kortissa RT 21-10688. Kyllästetyssä puutavarassa ei saa käyttää kreosoottiöljyä kyllästeenä.

A-luokan kyllästetyssä puutavarassa on laadunvalvontaa osoittava NTR/A -leima



C-24 lujuusluokan puutavaran laatuvaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 338.

Kiinnitysnaulojen tulee olla kuumasinkittyjä (SFS-EN ISO 1461).

## 5. TERÄSRAKENTEET

### 5.1 Teräslaatu

Yksimastoisessa linjataulussa taulun rakennetta tukevat U-profiilit, jotka ovat S235JR-rakenneterästä (SFS-EN 10025).

Taulukasettien kiinnityksessä vastakappaleena joko U-profiilia S235JR-rakenneteräksestä tai haponkestävää lattatankoa (SFS-EN 10088-3).

Kiinnitysmutterit ja kierretangot haponkestävää A4-80 (AISI 316) terästä (EN ISO 3506). Aluslevyt puuta vasten DIN 436 mukaan, A4 (AISI 316). Aluslevyt metallia vasten DIN 125 mukaan, A4 (AISI 316).

### 5.1 Osien katkaisu

Kierretangot katkaistaan ennen kiinnitystä oikean mittaisiksi ja tai asennuksen jälkeen sen mittaisiksi, että lopputulos on siisti.

Mastot tilataan oikean mittaisina, joten niitä ei tarvitse katkaista.

Osien katkaisuun voidaan käyttää polttoleikkausta. Polttoleikkauspinnan laatu-luokka on 1 ja tarkkuusluokka B (SFS-EN ISO 9013).

## 6. ASENNUS

Kevytristikkorakenteinen linjataulu soveltuu kallioisiin maastonkohtiin sekä sora ja moreenimaahan laattaperustuksella.

Kallioon asennettaessa maston kiinnityspulteille porataan tyyppiirustusten osoittamaan syvyyteen tervettä kalliota pystysuorat reiät, joihin kiinnityspultit asennetaan. Kiinnityspultit injektoidaan välittömästi poraamisen jälkeen. Reiät puhdistetaan paineilmalla ennen injektointityön aloittamista. Injektointi aloitetaan alhaalta ylöspäin, jotta mahdollinen reiässä oleva vesi pumppautuu ulos. Pultit injektoidaan juotoslaastilla (esimerkiksi juotosbetoni 600/3). Pultit asennetaan reikiin oikeaan syvyyteen tasaisesti ja yhtäjaksoisesti.

Laattaperustuksessa kaivetaan tyyppiirustuksissa esitetty kaivanto, johon savi- ja silttimaassa asennetaan N2-luokan suodatinkangas, jonka päälle tehdään kiviainesarina. Valulle rakennetaan niin tukeva muotti, että se täyttää valmiille rakenteelle asetetut vaatimukset ja muotti raudoitetaan tyyppiirustuksen mukaisesti. Laatta valetaan Ro10, R4, C30/37, P30 betonilla. Valmiiksi valettu laatta voidaan asentaa oikealle paikalleen ja jonka jälkeen kaivanto täytetään ja verhoillaan. Muottityössä, raudoituksessa ja betonoinnissa noudatetaan InfraRYL 42020 ohjeita.

Kevytristikkomastot asennetaan kiinnityspultteihin, joko ilman taulukasetteja ja levyjä tai kasetit ja levyt kiinnitetään maassa mastoon ja masto joko vinssataan tai nostetaan nostolaitteella paikoilleen. Jos kasetteja ja levyjä ei asenneta maassa, vaan valmiiksi pystytettyihin mastoihin, ne joko nostetaan tai vinssataan kokonaisuina paikalleen tai kasetit rakennetaan rakennustelineiltä pystyssä oleviin mastoihin.

