



Elementtitoimituksen jälkilaskenta ja kustannusylitysten välttäminen

Heli Puro

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Rakennustuotanto

PURO, HELI:
Elementtikaupan jälkilaskenta ja kustannusylitysten välttäminen

Opinnäytetyö 99 sivua, joista liitteitä 41 sivua
Huhtikuu 2019

Opinnäytetyö toteutettiin erään rakennusliikkeen uudisrakennushankkeelle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli jälkilaskennan tekeminen yhden elementtitoimittajan toimituksesta. Tavoitteena oli löytää syyt kustannuksien ylittymiselle, tunnistaa riskialtteimmat elementit ja pohtia tapoja, joilla kustannusylityksiä voidaan estää tulevissa hankkeissa. Työ toteutettiin selvittämällä elementtien muuttuneet tekijät vertaamalla tuotantokuvia urakkalaskennassa käytettyihin tyyppikuviin. Elementtien kustannukset laskettiin taulukko-ohjelmiston avulla. Kustannuksien lähdetietoina käytettiin kaupanteko- ja urakkasopimusaineistoa.

Opinnäytetyössä selvisi, että laattaelementtien sovittu neliöhinta on 65,4–79,2 prosenttia kokonaishinnasta. Kokonaishinnan loppuosa muodostuu lisäraudoituksista, varusteluosista sekä muista muutoksista. Kustannukset ylittyivät suunnitelmien tarkentumisen sekä puutteellisen kustannusarvioinnin takia. Riskialtteimmat elementit L-tyypin massiivilaatoissa olivat sellaisia, joissa oli suuria aukkoja ja kapeita osia. LK-tyypin elementeissä suurimmat ylitykset olivat elementeissä, joissa on käytetty lepotasokannakkeita. Lepotasokannakkeelliset elementit olivat työssä käsitellyistä elementeistä kaikkein riskialteimpia.

Kustannusylityksiä voidaan estää käyttämällä lähes valmiita suunnitelmia. Jos suunnitelmat ovat kesken, tyyppikuvien suunnitteluun tulee kiinnittää huomiota. Tyyppikuva kannattaa piirtää monimuotoisesta elementistä ja kuvan sisältö tulee olla tarkempi kuin tässä hankinnassa käytetty tyyppikuva. Urakkasopimusta tehtäessä muutosten hinnat sovitaan etukäteen sekä kirjataan sopimukseen elementtien tuotantokuvien täsmällinen käsittelypäivä. Aloituspalaveri pidetään aina, jotta suunnitelmien muutoksista jää kirjallinen merkintä. Työssä suositellaan, että jälkilaskentaa tehdään enemmän, ja se aloitetaan ennen taloudellista loppuselvitystä. Kustannusylityksiä ei aina voida estää, mutta niihin tulee varautua. Kustannusarvio voidaan tehdä opinnäytetyössä selvitetyn hinnan muodostumisperiaatteen mukaan, jolloin kustannukset eivät yllätyksenä.

Opinnäytetyön liitteinä on jälkilaskentataulukoita, jotka sisältävät rakennusliikkeen ja elementtitoimittajan välisiä sopimushintoja. Kaikki liitteet salataan.

Avainsanat: jälkilaskenta, kustannusylitys, elementtikauppa, betonielementti

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Production

PURO, HELI:
Post-Calculation of a Precast Concrete Element Deal and Prevention of Cost
Overruns

Bachelor's thesis 99 pages, appendices 41 pages
April 2019

This thesis was ordered by a construction company in connection with a new construction project.

The purpose of the thesis was to post-calculate the costs of a precast concrete supplier. The aim of the thesis was to find reason for cost overrun, identify the riskiest precast elements and discover how cost overruns can be prevented in future projects.

The thesis was carried out by comparing the production drawings with the drawings that were used in the bid calculation and examine what had changed between these drawings. The total costs of the precast concrete elements were calculated with spreadsheet software.

The result of the thesis is that the bidding prices are 65,4–79,2 percent of the total costs. The bidding price is also a target cost. The rest of the total costs consist of additional reinforcement bars, precast concrete accessories and the other changes. Costs overran because of design revisions and insufficient cost-estimating. The most risky slab elements of type L were elements with large openings, narrow parts. Type LKs riskiest and the riskiest of all slab elements is an intermediate landing slab that is connected to the wall with an invisible wall console.

Cost overruns can be prevented by using more complete design drawings in the bidding phase. If drawings are incomplete, attention must be paid to the type element drawings that are used in the bid calculation. A multiform element should be used as a basis for the type element drawing, and it should be more accurate. During the contract negotiation, it is important to agree on the cost of modifications and to decide an exact date when the production drawings for precast concrete elements are dealt with. The cost estimating should be done according to the price formation principle that is explained in this thesis.

The spreadsheets in this thesis are confidential information and not included in the public version.

Key words: post calculation, cost overrun, precast element purchase, concrete element

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	ELEMENTTIKAUPAN KULKU	8
	2.1 Talonrakennushankkeen suunnitteluvaihe	8
	2.2 Tarjouspyyntö.....	8
	2.2.1 Elementtien yleisohje.....	9
	2.2.2 Tyypielementtien mallipiirustukset	9
	2.3 Elementtitoimittajan tarjous	12
	2.4 Tarjousvertailu.....	12
	2.5 Sopimusneuvottelu ja sopimuksen syntyminen.....	13
	2.6 Aloituspalaveri ja mallielementtikatselmus	13
	2.7 Elementtien tuotantokuvat ja nimeäminen	14
	2.8 Elementtien tuotanto	14
	2.9 Elementtien toimitus ja vastaanotto.....	15
	2.10 Muutostyöt	15
	2.11 Taloudellinen loppuseelvitys.....	16
	2.12 Jälkilaskenta	16
3	ELEMENTTIKAUPAN JÄLKILASKENTA.....	17
	3.1 Laattaelementit tyyppi L	17
	3.1.1 Pinta-alojen tarkistus	17
	3.1.2 Elementtien sisältö ja muutokset	19
	3.1.3 Tyypikuvan rauditusmäärä	21
	3.1.4 Elementtien hinnan laskeminen ja kustannusylitykset	27
	3.1.5 Kustannushintojen vertailu	32
	3.1.6 Elementtien hinnan muodostuminen	34
	3.1.7 Edullisimmat ja kalleimmat elementit.....	35
	3.2 Laattaelementit tyyppi LK.....	37
	3.2.1 Pinta-alojen tarkistus	38
	3.2.2 Elementtien sisältö ja muutokset	38
	3.2.3 Tyypikuvan rauditusmäärä	40
	3.2.4 Elementtien hinnan laskeminen ja kustannusylitykset	42
	3.2.5 Kustannusylitysten vertailu	45
	3.2.6 Elementtien hinnan muodostuminen	45
	3.2.7 Edullisimmat ja kalleimmat elementit.....	47
4	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	49
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET	59

Liite 1. Tarjouspyyntö.....	59
Liite 2. Elementtien yleisohje	62
Liite 3. Elementtitoimittajan tarjous	67
Liite 4. Sopimusneuvottelupöytäkirja.....	71
Liite 5. Elementtikaavio, malli.....	78
Liite 6. Laattaelementtien sisältö (L-tyyppi).....	82
Liite 7. Laattaelementtien tankorauhoitus (L-tyyppi)	83
Liite 8. Laattaelementtien verkkorauhoitus (L-tyyppi).....	84
Liite 9. Laattaelementtien kokonaishinta (L-tyyppi)	85
Liite 10. Laattaelementtien reiät, varusteet ja betonointi (L-tyyppi)	86
Liite 11. Laattaelementtien kustannusylitykset (L-tyyppi)	87
Liite 12. Laattaelementtien kustannusylitysten vertailu (L-tyyppi)	88
Liite 13. Laattaelementtien hinnan muodostuminen (L-tyyppi).....	89
Liite 14. Kalleimmat ja edullisimmat laattaelementit (L-tyyppi).....	90
Liite 15. Laattaelementtien sisältö (LK-tyyppi)	91
Liite 16. Laattaelementtien tankorauhoitus (LK-tyyppi)	92
Liite 17. Laattaelementtien verkkorauhoitus (LK-tyyppi)	93
Liite 18. Laattaelementtien kokonaishinta (LK-tyyppi).....	94
Liite 19. Laattaelementtien reiät ja varusteet (LK-tyyppi)	95
Liite 20. Laattaelementtien kustannusylitykset (LK-tyyppi).....	96
Liite 21. Laattaelementtien kustannusylitysten vertailu (LK-tyyppi).....	97
Liite 22. Laattaelementtien hinnan muodostuminen (LK-tyyppi)	98
Liite 23. Kalleimmat ja edullisimmat laattaelementit (LK-tyyppi)	99

LYHENTEET JA TERMIT

Varusteluosa	Elementteihin valettavat valmisosat. Työssä varusteluosia ovat työsaumaraudoitteet, kiinnityslevyt, lepotosokannakkeet ja vaarnalenkit
Lisäraudoitus	Työssä lisäraudoituksella tarkoitetaan tyyppikuvan raudoituksen massan ylittävää raudoitusta. Lisäraudoitus sisältää sekä haat että harjaterästangot

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutetaan erään rakennusliikkeen suurelle uudistuotantohankkeelle. Rakennusliike on hankkeen pääurakoitsija. Hankkeen kerrosala on yhteensä 11920 neliometriä, ja se koostuu korkeammasta torniosasta sekä matalammasta lamelliosasta. Hanke toteutettiin perustajaurakkana.

Työn tarkoituksena on tehdä jälkilaskenta hankkeen yhden elementtitoimittajan elementtitoimituksesta. Elementtitoimituksen toteutuneet kustannukset ylittivät ennustetun tavoitehinnan.

Tavoitteena on löytää syyt kustannusylityksille sekä tunnistaa elementit, joissa on suurimmat ylitykset. Työssä selvitetään myös elementtien toteutuneiden kustannusten muodostumisperusteet. Selvitysten jälkeen työssä pohditaan keinoja, joilla kustannusylityksiä voidaan tulevaisuudessa välttää.

Suureen hankkeeseen ostetaan elementit usein monelta eri toimittajalta. Opinnäytetyö rajataan yhden elementtitoimittajan toimitukseen. Toimittaja valittiin tähän työhön sen takia, että sen toimituksessa on suurimmat kustannusylitykset. Saman toimittajan elementtitoimituksissa on ollut ylityksiä myös muissa rakennusliikkeen hankkeissa. Tämän takia on tärkeää ymmärtää työhön valitun elementtitoimittajan sopimuksen sisältö sekä elementtien kustannusten muodostumisperusteet. Työssä ei käydä läpi toimijoiden kilpailutusta tai tarjousvertailua tarkemmin, sillä tarkoitus on keskittyä valittuun toimijaan.

Työ toteutetaan vertailemalla sopimusneuvottelun yhteydessä tehtyä kustannusarviota toteutuneisiin kustannuksiin. Toteutuneet kustannukset lasketaan tuotantokuvien sisällön perusteella.

2 ELEMENTTIKAUPAN KULKU

2.1 Talonrakennushankkeen suunnitteluvaihe

Suunnittelu alkaa ehdotussuunnitteluvaiheella. Ehdotussuunnittelun tarkoituksena on löytää rakennukselle erilaisia yleissuunnitelmia hankkeen toteuttamista varten. Yleissuunnitelmia ovat esimerkiksi tekninen ratkaisu sekä rakennuksen ulkoilmesuunnitelma. Suunnittelija valitsee erilaisten yleissuunnitelmien joukosta ne ehdotussuunnitelmat, jotka esitellään tilaajalle. Tilaajan hyväksynnän jälkeen, suunnitelmia aletaan tarkentaa luonnossuunnitteluvaiheessa. (Kankainen & Junnonen 2015, 37–38.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija laatii teknisiä suunnitelmia sekä työpiirustuksia riittävällä tarkkuudella, jotta rakennusosista voidaan suorittaa määrälaskenta (Kankainen & Junnonen 2015, 39).

Hankintaa varten tulee olla tiedossa elementin yleistiedot. Yleistietoja ovat muun muassa käyttöikä sekä rasitus-, palo-, toteutus- ja toleranssiluokka. Teknisiin asiakirjoihin lisätään myös elementtien tyyppitunnukset. Elementtien mitat, muodot, varaukset sekä varusteluosat eivät ole pakollisia tietoja, vaan suunnitelmia voidaan tarkentaa hankinnan edetessä. (Valmisosarakentamisen tiedonhallinta. Betonielementtirakentaminen, 2010, 9). Kohteeseen valmisteltiin tarjouspyyntö alustavien suunnitelmien perusteella.

2.2 Tarjouspyyntö

Rakennushankkeen tilaaja laatii tarjouspyynnön, joka on liitteenä 1. Liitteestä selviää tarjouspyyntöä tukevat liiteasiakirjat, joiden perusteella elementtitoimitaja pystyy laskemaan tarjouksen. Liiteasiakirjat on numeroitu juoksevilla numerolla pätevyysjärjestyksessä. Kaupalliset sekä tekniset asiakirjat numeroidaan erikseen omalla juoksevilla numerolla. Kaupallisia asiakirjoja hankkeessa ovat tarjouspyyntö, alustavat yleisaikataulut sekä rakennusliikkeen omat vakiosopimusehtoasiakirjat.

Tarjous- ja määrälaskentaa varten tehtyjä rakenne- ja rakennussuunnitelmia kutsutaan teknisiksi asiakirjoiksi. Hankkeen elementtitoimituksen tarjouspyynnön tekniset asiakirjat on laatinut rakennesuunnittelija. Tarjouspyyntövaiheen suunnitelmina olivat piirustusluettelo kohteen suunnitelmista, yleisohje elementeistä, julkisivukuvat, elementtikaaviot, elementtien tyyppikuvat, aukkodetaljit sekä ikkunakaavio.

Tarjouspyyntö ei sisällä määräystä maksuperusteesta, joten toimittaja valitsi itse, tarjoaako kohdetta kokonaishinta- vai yksikköhintaurakkana.

2.2.1 Elementtien yleisohje

Elementtien yleisohje on liitteenä 2. Liitteessä on rakennesuunnittelijan määrittämiä yleistietoja kohteen elementeistä. Yleisohje on pätevyydeltään toisena, heti elementtiluettelon jälkeen. Pätevyytensä takia, yleisohjeessa määritetyt asiat määräävät urakkasisällön, jos pätevyydeltään vähäisemmät asiakirjat ovat ristiriidassa keskenään.

Yleisohjeessa määritetään elementeissä käytettävän betonin lujuusluokka rasitusluokan mukaan, sekä perusteet rasitusluokan määräytymiseen. Lisäksi ohjeesta selviää betonin kiviaineksen maksimiraekoko, vaadittavat terästyypit, betonipeitteen nimellisarvo sekä ohjeita varastointiin, muottien purkamiseen ja laatuvaatimuksiin.

2.2.2 Tyypielementtien mallipiirustukset

Rakennesuunnittelija laatii mallikuvan jokaisesta elementtityypistä. Elementtitoimittaja toimitti hankkeeseen viittä erilaista elementtityyppiä: väliseinät, maanpaineinät, väliseinät seinämäisenä palkkina sekä kahta erilaista laattaelementtiä. Elementtityypeistä piirrettiin yksi tyyppikuva, joka kuvaa tyyppin keskimääräistä elementtiä. Tyyppikuvan avulla toimittaja pystyy määrittämään elementtien sisällön sekä tekemään tarjouslaskennan.

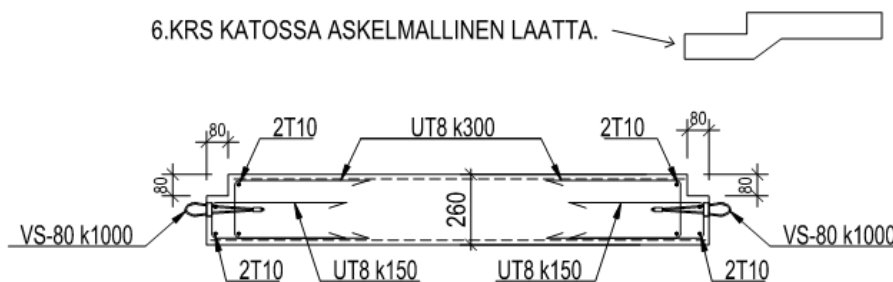
Kuviossa 1 on esitettyä L-tyyppin laattaelementin tyyppikuva leveysuuntaisessa leikkauksessa. Kuva on piirretty 16.3.2016. Kuviosta selviää, että betonin lujuus tulee olla C25/30, rasitusluokka XC1, paloluokka R60 ja betonipeitteen nimellisarvo 20 mm:ä. Kuviosta selviää myös laatan raudoitukset. Laatan reunoihin tulee neljä U-muotoon taivutettua terästä, joita kutsutaan avohaoiksi (UT8). Avohakojen halkaisija on 8 mm:ä. Korkeampi avohaka sijoitetaan elementtimuottiin jaolla 300 mm:ä ja leukaan sijoittuva haka jaolla 150 mm:ä. Haan jokaiseen nurkkaan tulee kaksi pitkittäissuuntaista terästankoa, joiden halkaisija on 10 mm:ä (kuvassa merkintä: 2T10).

Yläpintaan asennetaan raudoitusverkko, jonka teräksien halkaisija on 8 mm:ä ja silmäkoko 150 mm:ä (kuvassa merkintä: 8#150). Alapinnan verkkoraudoitteen teräksien halkaisija on 10 mm:ä, muuten se vastaa yläpinnan verkkoa (kuvassa merkintä kuvassa: 10#150). Lisäksi laattojen pitkille sivuille asennetaan vaarnalenkit (VS-80) jaolla 1000 mm:ä.

TYYPPI: L

TERÄSBETONILAATTAELEMENTTI, PAKSUUS 260mm ELLEI TOISIN OLE MAINITTU
SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ 100v,
BETONI C25/30, RASITUSLUOKKA XC1, PALOLUOKKA R60
BETONYPEITTEEN NIMELLISARVO 20mm
RAUDOITUS ALAPINNASSA PÄÄOSIN T10#150, YLÄPINNASSA T8#150

6.KRS KATOSSA ASKELMALLINEN LAATTA. →



+ RAUDOITUS MYÖS LEUKALIITOKSISSA JA SUURIEN AUKKOJEN YMPÄRILLÄ,
SEKÄ PORTAIDEN VAATIMISSA VARAUKSISSA

LEUKALIITOS KOHTIIN MOLEMPIIN ELEMENTTEIHIN SBKL 100x100
TYÖNAIKAISTA KIINNITYSTÄ VARTEN (TYÖTURVALLISUUS)

Laattojen kylkeen tulee myös asennusta ja varastointia helpottamaan Käyrä-
ankkurit esim. Rd 30 2 Kpl. Mikäli tehdas pystyy kuljettamaan ja varastoimaan
laatan vaaka-asennossa voidaan kyljen käyräankkurit jättää pois!

Käyrä-ankkureita käytetään myös päänosto-osina laatan yläpinnassa (4kpl)
jos laatan paino ylittää LAR 30- maksimi kapasiteetin

KUVIO 1. Laattaelementin tyyppikuva (Rakennesuunnitelmat, rakennesuunnittelija)

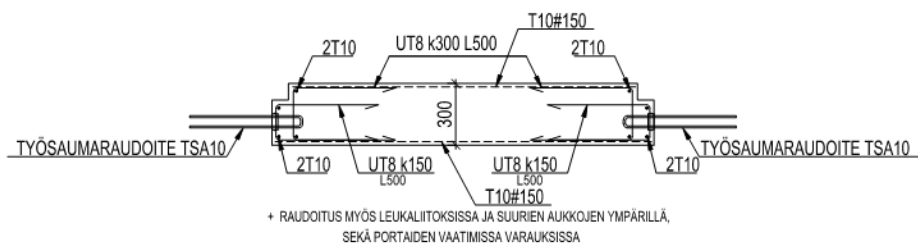
Kuviossa 2 on esitettyä laattaelementin (LK) tyyppikuva leveysuuntaisessa leikkauksessa. Tyyppikuva on piirretty 18.3.2016. Kuviossa on määritetty betonin ominaisuuksiksi C35/45, XC1 ja R60. Betonipeite on yhtä suuri kuin L-tyypin elementissä, eli 20 millimetriä.

Leuallisiin laattoihin tulee neljä avohakaa (UT8), kaksi jaoilla 150 ja kaksi 300. Leuattoman laatan leikkaukseen tulee vain kaksi vastaavaa hakaa, yksi molemmiin puolin, jaoilla 150. Haan jokaiseen nurkkaan tulee teräkset 2T10.

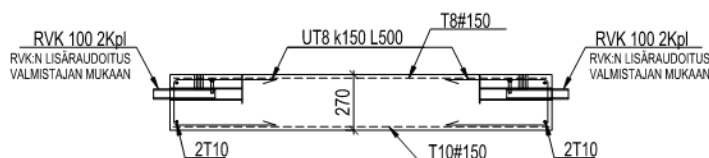
Lepotasolaattojen ylä- ja alapinnan raudoitusverkot ovat 10#150. Muissa LK-tyypin laatoissa yläpinnan raudoiteverkoksi on määritetty 8#150. Lepotasolaattoihin asennetaan lepotasokannakkeet (kuvassa RVK), joiden tehtävänä on kannatella laattaa ja siirtää leikkausvoimia (Semtu, 2016, 2). Muihin LK-tyypin laattoihin asennetaan työsaumaraudoite.

TYYPPI: LK

TERÄSBETONILAATTAELEMENTTI, PAKSUUS 300mm ELLEI TOISIN OLE MAINITTU
SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ 100v,
BETONI C35/45 , RASITUSLUOKKA XC1, PALOLUOKKA R120
BETONIPEITTEEN NIMELLISARVO 20mm
RAUDOITUS ALAPINNASSA PÄÄOSIN T10#150, YLÄPINNASSA T10#150



LEPOTASOLAATTA:



Laattojen kylkeen tulee myös asennusta ja varastointia helpottamaan Käyrä-ankkurit esim. Rd 30 2 Kpl. Mikäli tehdas pystyy kuljettamaan ja varastoimaan laatan vaaka-asennossa voidaan kyljen käyräankkurit jättää pois!

Käyrä-ankkureita käytetään myös päänosto-osina laatan yläpinnassa (4kpl) jos laatan paino ylittää LAR 30- maksimi kapasiteetin

KUVIO 2. Laattaelementin (LK) tyyppikuva (Rakennesuunnitelmat, rakennesuunnittelija)

2.3 Elementtitoimittajan tarjous

Elementtitoimittaja antoi tarjouksen yksikköhintaisena (liite 3). Yksikköhintaurakalla tarkoitetaan urakan hinnoitteluperustetta, joka sisältää hinnan tietylle työkokonaisuudelle (Rakennushankkeen kustannushallinta, 2018, 19). Toimittaja on eritellyt tarjouksessaan elementit tyypeittäin tarjouspyynnön mukaisesti. Tyyppin alle on kirjattu sisältö, joka kuuluu tarjottuun hintaan. Elementtien hinnat on annettu euroina neliömetrille. Lisäksi tarjouksessa lukee, että elementteihin sisältyy tyyppielementtikuvien mukaiset materiaalit ja tarvikkeet. Lisä- ja muutostyöt sekä läpiviennit hinnoitellaan erillisen yksikköhintaluettelon mukaisesti kappalemääriin perustuen.

Tarjottuun neliöhintaan kuuluu sekä kuljetus että tunti kuorman purkua. Jos purkuaika kestää kauemmin kuin yhden tunnin, kustannus määräytyy yksikköhintaluettelon mukaisesti (liite 3). Neliöhintaan kuuluu myös muutostöiden käsittelyä kymmenen prosenttia koko kohteen elementtikuvista. Muutostöiden määrän ylittäessä 10 prosentin rajan, ylittävältä osalta laskutetaan yksikköhintaluettelon mukaisesti.

Elementtitoimittajan yksikköhintaluettelossa on määritetty hinnat mahdollisille lisä- ja muutostöille, jotka tulevat elementteihin tyyppikuvanmukaisen sisällön lisäksi. Luettelossa on annettu hinnat teräsosille, teräsmateriaalille, rei'itykselle, uritukselle, puutavaralle, LVI-tarvikkeille ja kääntökiville. Yksikköhintaluettelon mukaan myös elementtien korkeus saattaa lisätä hintaa.

2.4 Tarjousvertailu

Tarjouspyyntö lähetetään yleensä useammalle toimijalle, jotta pystytään vertailemaan hintoja keskenään, ja valitsemaan sopivin toimittaja. Valintaperusteita on monia. Edullisin hinta ei ole aina kokonaistaloudellisin. (Junnonen & Kankainen, 2015, 56.) Hankintaa tulee miettiä useista eri näkökulmista, ja pohtia, miten se kyseiseen hankkeeseen vaikuttaa. Tässä hankkeessa oli useampi toimittaja, joita vertailtiin keskenään. Työn tarkoituksena on keskittyä tähän yhteen toimittajaan, joten pääurakoitsijan valintaperusteita ei tässä työssä käsitellä.

2.5 Sopimusneuvottelu ja sopimuksen syntyminen

Sopimusneuvottelua kutsutaan myös urakkaneuvotteluksi. Neuvottelun tarkoituksena on varmistaa, että molemmat osapuolet ymmärtävät toimitussisällön samanlailla (Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus, 2010, 8). Neuvotteluissa käydään läpi mahdollisesti tarkentuneet suunnitelmat, sekä muut toimitukseen vaikuttavat asiat. Neuvottelusta laaditaan sopimusneuvottelupöytäkirja, johon kirjataan kaikki esille tulleet asiat (liite 4).

Elementtitoimituksen sopimusneuvottelussa on käyty hankintasisältö läpi elementtityypeittäin. Jokaisen elementtityypin alle on kirjattu elementtiin tulevat varusteluosat, raudoitukset sekä muut perustiedot. Tarjouspyynnön jälkeen rakennesuunnitelmissa oli tapahtunut muutoksia. Tässä vaiheessa tapahtuneet muutokset kirjattiin sopimusneuvottelupöytäkirjaan, ja muutoksille sovittiin hintavaihtaus neliömetrille. Tässä vaiheessa määritettiin väliseinäelementtien tietoja. Väliseiniin tarkennettiin varusteluosia, teräsverkkojen raudoitteen halkaisijaa kasvatettiin sekä betonin lujuusluokkaa nostettiin.

Sopimusneuvottelupöytäkirjan elementtityyppeihin on laskettu määrien ja neliöhinnan perusteella kokonaishinta. Laskettu kokonaishinta ei sido toimittajaa, sillä hintaperusteena on suoritusperusteinen yksikköhintaurakka. Kokonaishintaa pidetään tässä työssä elementtien tavoitehintana.

2.6 Aloituspalaveri ja mallielementtikatselmus

Ennen tuotannon aloitusta tehtaalla pidetään tuotannon aloituspalaveri toimittajan ja työn tilaajan välillä. Palaverissa käydään läpi muun muassa laatuvaatimukset. Palaverin lisäksi suoritetaan tehdaskatselmus, jonka yhteydessä voidaan tehdä mallielementtikatselmus. (Valmisosatoimitusten toimintamalli 2012, 7.) Mallielementillä tarkoitetaan yhtä mallisuoritusta, josta voidaan tarkistaa laatuvaatimukset. Suoritusta verrataan työmaalle toimitettuihin elementteihin. Mallielementti osoittaa laadun minimivaatimuksen.

Aloituspalaverin ja mallielementtikatselmuksen pitäminen sovittiin sopimusneuvotteluissa, ja se kirjattiin pöytäkirjaan. Kumpaakaan ei todellisuudessa pidetty, vaikka ne olivat suunniteltu pidettäväksi. Molemmat ovat tärkeitä osatekijöitä elementtien laadunvarmistuksessa. Elementtitoimituksessa ilmeni laatu puutteita urakan aikana, joka lisäsi elementtien asennusvaiheen työmäärää. Työmäärän lisääntyminen nostaa työn kustannuksia. Laatu puutteiden huomaaminen mallielementtikatselmuksessa olisi säästänyt huomattavasti aikaa ja rahaa.

2.7 Elementtien tuotantokuvat ja nimeäminen

Tuotantokuvat ovat rakennesuunnittelijan piirtämiä kaavioita, joista näkyy elementin muoto, mitat, tarkat raudoitukset, varusteluosat ja mahdolliset reiät. Niiden perusteella elementtitehdas pystyy valmistamaan elementit suunnitelmien mukaisesti. Raudoitukset näkyvät sekä kuvassa että raudoiteluettelossa. Raudoiteluettelossa on kerrottu jokaisen terästyypin massa sekä varusteluosien kappalemäärä. Tuotantokuva piirretään jokaisesta erilaisesta elementistä erillisenä elementtikaaviona.

Jokainen elementti nimetään yksilöivällä tunnisteella. Tunnisteen alkuun tulee kirjain, joka kuvaa elementtityyppiä. (Betoniteollisuus ry, n.d.) Esimerkiksi elementissä L-1408, L tarkoittaa laattaelementtiä. Elementtitunnuksen jälkeen elementtejä numeroidaan usein juoksevalla numerolla, jotta tunnistaminen on helpompaa. Samanlaiset elementit erotellaan lisänumerolla. Esimerkiksi elementit L-1408_1 ja L-1408_2 ovat samanlaisia, sillä perusosan tunnus L-1408 on sama, mutta elementit erotetaan toisistaan perusosan jälkeen tulleen juoksevan numeron perusteella.

2.8 Elementtien tuotanto

Elementit valmistetaan elementtitoimittajan omalla tehtaalla rakennesuunnittelijan piirtämien tuotantokuvien mukaan. Jokaisesta erilaisesta elementistä on piirretty oma elementtikaavio (liite 5), josta ilmenee mitat, tarvikkeet, rei'itykset, materiaalien ominaisuudet sekä raudoitukset ja varusteluosat määrineen.

2.9 Elementtien toimitus ja vastaanotto

Toimitusaika on vähintään kahdeksan viikkoa tuotantokuvien saapumisesta, ja kuljetus tehtaalta työmaalle on tilattava vähintään kuutta työpäivää ennen haluttua toimituspäivää. Kuljetuksen minimikuorma on 31 tuhatta kilogrammaa. Vajasta kuormista laskutetaan yksikköhintaluettelon mukaisesti.

Elementtikuorman saapuessa työmaalle, elementit tulee tarkastaa vähintään silmä määräisesti. Mahdolliset laatu puutteet kirjataan joko heti kuormakirjaan tai muuhun dokumenttiin. (Betoniteollisuus ry, 2012, 8.) Tarjouksen mukaan rekla maatio on tehtävä viimeistään viikon kuluessa toimituspäivästä.

Erään aluevastaavana toimivan työnjohtajan mukaan rakennusliikkeessä ei ole järjestelmällisesti kirjattu laatu puutteita dokumentteihin. Dokumentaatiota ei ole tehty ainakaan niin, että ne olisivat selkeitä myöhempää käyttöä varten. Tämän takia urakan päättymisen jälkeen ei pystytä helposti selvittämään elementtien purku- tai saapumisaikoja luotettavasti ja helposti.

2.10 Muutostyöt

Muutostyöllä tarkoitetaan sopimuksen mukaisen työn muuttumista. Muuttuminen saattaa tapahtua lisäämällä, vähentämällä tai muuttamalla suoritusta. (Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998.) Muutostyöt ovat rakennushankkeissa yleisiä ja normaaleja tapahtumia, eikä mikään yllättävä asia (Liebing, 2011, 169).

Elementtitoimituksen ensimmäiset muutokset tulivat tarjousvaiheen jälkeen, mutta ennen sopimusneuvottelua. Seuraavat muutokset ovat tulleet sopimusneuvottelun ja tuotantokuvien piirtämisen välillä. Sen lisäksi vähäisiä muutoksia on tullut valmiisiin tuotantokuviin. Kuviin on muutettu muun muassa sähköreitityksiä. Muutoksien ajankohta on etupainotteinen, eli muutokset ovat tulleet pääasiassa ennen virallisten tuotantokuvien suunnittelua. Tämä ilmentää sitä, että tarjouspyyntö sekä -laskenta on tehty hyvin alustavilla suunnitelmilla.

2.11 Taloudellinen loppuselvitys

Työsuorituksen päätyttyä tehdään taloudellinen loppuselvitys. Taloudellisessa loppuselvityksessä käydään toimittajan ja tilaajan välillä neuvottelu urakan lopullisesta hinnasta. Sopimuspaperiin kirjataan urakkasumman perusosa, kustannus mahdollisista lisä- ja muutostöistä sekä sopimusosapuolien vaateet esimerkiksi laatupuutteista tai aikatauluviivästyksistä. (Rics, 2016, 4). Kun urakan loppusummasta on päästy yhteisymmärrykseen, sopimus allekirjoitetaan, ja varsinainen urakka päättyy. Taloudellisen loppuselvityksen loppusumma tarkoittaa urakan toteutunutta kokonaishintaa.

2.12 Jälkilaskenta

Jälkilaskenta tarkoittaa toteutuneiden kustannusten vertaamista arvioituihin tavoitekustannuksiin. Jälkilaskentaa voidaan tehdä toimituksen eri vaiheissa: toimituksen aikana, lopussa ja toimituksen päättymisen jälkeen. (Lindholm, 2009, 45–47.) Toimituksen aikana ja sen lopussa laskettuja tietoja käytetään apuna taloudellisen loppuselvityksen tekemiseen. Toimituksen päättymisen jälkeen tapahtuvaa laskentaa käytetään hyödyksi tulevilla hankkeilla.

Jälkilaskennalla pyritään tarkastamaan todelliset määrät suunnittelumääriin verrattuna sekä löytämään syyt mahdollisille kustannusylityksille. Tässä työssä jälkilaskennan lähtötietoina käytetään elementtitoimittajan tarjousta, sopimusneuvottelupöytäkirjaa, hankintasopimusta, elementtien tuotantokuvia ja määrälueteloita sekä toimittajalle annettua tarjouslaskenta-aineistoa.

Rakennusliikkeen työpäällikön mukaan rakennusliikkeessä tehdään hyvin vähän jälkilaskentaa urakan taloudellisen loppuselvityksen jälkeen. Jälkilaskennan vähäisyys johtaa siihen, ettei urakoista kerätä tarpeeksi tietoa, jonka avulla voitaisiin kehittää hankintaprosessia.

3 ELEMENTTIKAUPAN JÄLKILASKENTA

3.1 Laattaelementit tyyppi L

L-tyyppisiä massiivilaattaelementtejä toimitettiin kohteeseen 48 kappaletta. Neliömäärällisesti L-massiivilaattoja on yhteensä 371,68 m². L-tyyppisen elementin korkeus on 260–270 millimetriä.

3.1.1 Pinta-alojen tarkistus

Yksittäisen elementin pinta-alaa tarkastellessa huomataan, että pinta-ala on riippuvainen lähdemateriaalista. Tuotantokuvassa oleva elementin pinta-ala on hieman pienempi, kuin elementtitoimittajan määrittämä pinta-ala, sillä elementit lasketaan määrälaskentaohjeen mukaisesti. Määrälaskentaohje on elementtitoimittajan antaman tarjouksen liiteasiakirjana. Määrälaskentaohjeen mukaan elementissä olevia aukkoja ei vähennetä pinta-alasta, jos ne ovat pinta-alaltaan alle yhden neliömetrin (Tarjous, 2016, 4).

Pinta-aloissa voidaan olettaa määrän olevan oikein, jos tuotantokuvan mukaisen ja elementtitoimittajan määrittämän pinta-alan ero on alle yhden neliömetrin. Laattaelementtien L2102-1 ja L2202-1 pinta-alojen erot ovat suurempia, joten niiden pinta-alat tulee tarkistaa. Tuotantokuvan mukaan elementin L2102-1 pinta-ala on 10,24 m² ja elementtitoimittajan mukaan 12,06 m².

Pinta-alojen ero lasketaan vähentämällä toimittajan määrittämästä pinta-alasta tuotantokuvan mukainen pinta-ala. Esimerkiksi elementin L2102-1 ero toimittajan ja tuotantokuvan pinta-alojen välillä on

$$(12,06 - 10,24) \text{ m}^2 = 1,82 \text{ m}^2.$$

Elementin L2102-1 elementtitoimittajan määrittämä pinta-ala on 1,82 neliömetriä suurempi, kuin tuotantokuvassa määritetty pinta-ala. Pinta-ala tarkistetaan, sillä eron suuruus on merkittävä.

Suorakaiteiden pinta-alat lasketaan kaavalla:

$$A = ab \text{ [m}^2\text{]}, \quad (1)$$

jossa a ja b ovat sivujen pituudet.

Elementin kokonaispinta-ala ilman vähennyksiä on

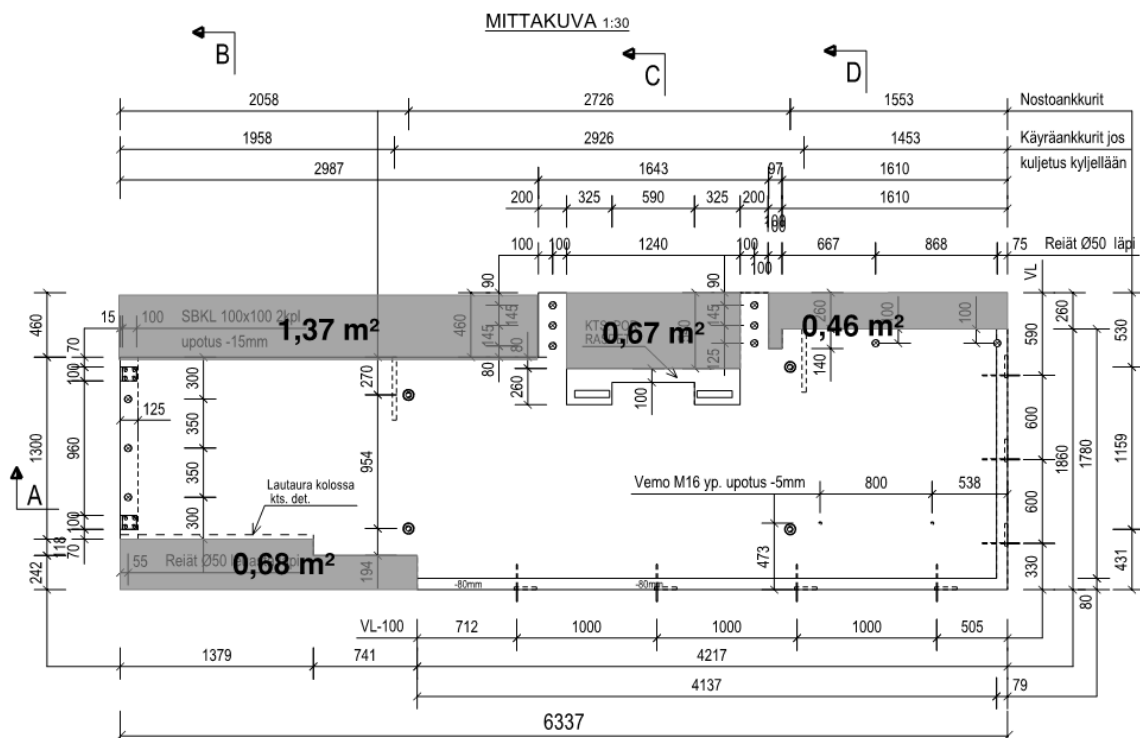
$$A_{\text{koko elementti}} = 6,337 \text{ m} \times (0,431 + 1,159 + 0,53) \text{ m} = 13,434 \text{ m}^2.$$

Elementin kokonaispinta-alasta vähennetään vain ne aukot, jotka ovat yli yhden neliömetrin suuruisia. Elementissä L2102-1 vain yksi aukko ylittää neliömetrin rajan (kuvio 3). Vähennettävä aukko lasketaan kaavalla

$$A_{\text{vähennettävä aukko}} = 2,987 \text{ m} \times 0,460 \text{ m} = 1,374 \text{ m}^2.$$

Elementin pinta-ala määrälaskentaohjeen mukaisesti:

$$A_{\text{Elementti}} = 13,434 \text{ m}^2 - 1,374 \text{ m}^2 = 12,06 \text{ m}^2.$$



KUVIO 3. Elementin L2102-1 mittapiirros

Pinta-alan tarkastuslaskennassa huomataan, että elementtitoimittaja on laske-
nut elementit määrälaskentaohjeen mukaisesti, eli ne ovat sopimuksen mukai-
sia.

3.1.2 Elementtien sisältö ja muutokset

Elementteihin tulevat raudoitukset sekä varusteluosat on määritetty tuotantoku-
vissa. Liitteessä 6 on määrätaulukko tyyppin L laattaelementtien sisällöstä. Liit-
teestä selviää, että elementtejä tuli yhteensä 48 kappaletta, ja määrälaskentaoh-
jeen mukaisesti laskettuna elementtien yhteispinta-ala on 371,68 neliometriä.

Elementtien tuotantokuvat on piirretty 20.12.2016. Tuotantokuvien elementeistä
on tullut yhteensä 17 revisioita, eli alkuperäisiin suunnitelmakuviin on tehty muu-
tos, joka on päivitetty kuvaan. L tyyppin elementeissä revisiot on tehty 24.04.2017,
eli viikolla 17. Elementtikuviin on lisätty lautaurat, sekä yhden elementin aukon
suuruutta on muutettu. Elementtikuvien toimitus on sovittu 7–8 viikkoa ennen toi-
mituksen alkua. Muutoskuvat on tehty viikolla 17, joten muutettujen elementtien
toimitus pitäisi olla aikaisintaan viikoilla 24–25, jotta ne pysyvät sovitussa aika-
taulussa. Muuttuneista elementeistä ensimmäinen toimitettu elementti on L-2102.
Elementin L-2102 toimitus oli viikolla 20, joten tarjouksen mukaan toimittaja olisi
saanut nostaa elementin kokonaishintaa kymmenellä prosentilla, sillä tuotanto-
aika lyheni sovitusta kahdeksasta viikosta kolmeen viikkoon.

Muutoskuvista yksi nostaa toimituksen hintaa. 16 muuta elementin revisiokuvaa
on toimitettu 8-20 viikkoa ennen haluttua toimitusajankohtaa. Nämä 16 muutos-
kuvaa on laskettu elementtitoimittajan jälkilaskentamateriaalissa muutoskuvien
käsittelyksi, vaikka ne ovat toimitettu ajallaan. Sopimuksessa on määritetty aino-
astaan tuotantokuvien viimeinen toimitusajankohta, eikä kuvien käsittelyn aloitta-
misesta ole määritetty aikataulua. Näin ollen elementtikuvia voidaan alkaa käsi-
tellä heti niiden saapuessa, jolloin tehtaalla voidaan vedota työn olevan muutos-
kuvien käsittelyä, vaikka ensimmäiseen toimituspäivään olisi aikaa yli kahdeksan
viikkoa.

Suurin osa elementtien kustannuksiin vaikuttavista muutoksista on tullut tyyppikuvien ja urakkalaskenta-aineiston teon jälkeen, mutta ennen varsinaisten tuotantokuvien piirtämistä. Tyypielementti on piirretty yksinkertaisesta laatasta, ja siinä näkyy verkkoraidoitteet, haat, vaarnalenkit sekä kiertävät teräkset. Todellisuudessa kohteen laattaelementit ovat hyvin monimuotoisia. Lähes puolet laattaelementeistä liittyy portaisiin, joten niissä on kapeita ja pitkiä porraskokoon liittyviä osia. Kapeiden osien kantavuus on varmistettu tihentämällä hakoja ja jalkoja alle sataan millimetriin, kun tyyppikuvissa jakoväli on joko 150 tai 300 millimetriä. Harjaterästen halkaisijaa on kasvatettu pääosin laattojen kapeissa kohdissa. Verkkoraidoitteen kokoa on myös muutettu. Tyypikuvassa verkkona oli 8#150 ja lopullisessa elementissä 10#150. Porraselementti ja porraskaatta liitetään toisiinsa lattaterästen ja harjaterästankojen avulla, jotka hitsataan toisiinsa kiinni ennen juotosvalua. Liitososat ja hitsaustyö kuuluvat lisätöihin, sillä niitä ei ole tyyppikuviin piirretty.

Betonin lujuudeksi määritettiin tyyppikuvassa C25/30. Todellisuudessa laatoissa on käytetty kolmea perättäistä lujuusluokkaa: C25/30, C30/37 ja C35/45. Toimitaja on määrittänyt hinnan ainoastaan seinän betonin lujuusluokan muutokselle. Muutoshinta pätee vain 200 millimetriselle seinälle. Laattojen korkeus on 260 millimetriä, joten betonia kuluu enemmän neliömetrille laattaa kuin seinää, joten hinnanmuutos on eri laatalle kuin seinälle. Laatan lujuusluokan muutoksen hinnan pystyy määrittämään verrannon avulla, mutta koska sitä ei ole sovittu kirjallisesti, se ei ole täysin sitova hinta.

Elementteihin tehtävät reiät sekä varusteluosat ovat sovittu kuuluvan määräperusteisiin lisähintaisiin töihin. Elementtien tuotantokuvaan on lisätty kahdenlaisia valmisosia: kiinnityslevyjä ja työsaumaraudoitteita. Kiinnityslevyjen avulla rakennosia pystytään hitsaamaan kiinni toisiinsa, ja ne välittävät kuormia rakennoselta toiselle (Peikko, 2018, 2). Työsaumaraudoitteet toimivat tartuntana laatta-elementin ja paikallavaletun välipohjan välillä (Peikko, 2018, 2). Valmisosien ja reikien lukumäärät sekä muun sisällön määrä on esitetty liitteessä 6.

3.1.3 Tyypikuvan raudoitusmäärä

L-tyyppin elementin tyypikuvan mukainen raudoitus kuuluu tarjottuun neliöhintaan. Raudoitus hinnoitellaan yksikköhintaisesti massan mukaan. Hinnan selvittämiseksi tulee tietää tyypielementin raudoituksen massa neliömetrille. Verkkosekä lisäraudoitteen massat lasketaan erikseen.

Tyypielementin raudoitusmäärän laskennassa käytettiin keskimääräistä laatan kokoa. Laskenta on pääosin tehty liitteessä 7, mutta massan laskentaperusteet käydään läpi tässä kappaleessa. Taulukossa 1 on esitettyä laattaelementin keskimääräinen pituus, leveys ja laatan korkeus. Keskimääräinen pinta-ala on laskettu taulukkoon kertomalla pituus leveydellä. Rakennesuunnittelija on määrittänyt suojabetonin paksuudeksi 20 millimetriä. Tyypielementissä on esitettyä laatan leuka, jonka takia laattaan laitetaan kahden korkuisia hakoja. Korkeampi haka asennetaan koko laatan korkeudelle ja matalampi ainoastaan leuan osuuteen. Leuka on 80 millimetriä matalampi kuin koko laatta.

Hakojen korkeus lasketaan vähentämällä laatan tai sen osan korkeudesta suojabetonin paksuun molemmilta sivuilta.

Korkeamman haan korkeus on

$$260 \text{ mm} - 2 \times 20 \text{ mm} = 220 \text{ mm}.$$

Matalamman haan korkeus on

$$(260 - 80) \text{ mm} - 2 \times 20 \text{ mm} = 140 \text{ mm}.$$

Taulukko 1. Laattaelementin tyypiraudoitukseen vaikuttavat tekijät

Elementin keskikoko	Määrä	Yksikkö
Pituus	4	m
Leveys	1,95	m
Pinta-ala	7,8	m ²
Laatan paksuus	0,26	m
Suojabetoni	0,02	m
Terästen taivutus	0,5	m
Haan korkeus (k150)	0,14	m
Haan korkeus (k300)	0,22	m

Taulukkoon 2 on laskettu tyyppielementin rauditusmäärä. Harjaterästankoja 2T10 tulee pituussuuntaan yhteensä kahdeksan kappaletta. Kappalemäärä on laskettu tyyppielementtikuvasta. Yhden harjaterästangon pituus on kuvattuna taulukon sarakkeessa ”jm/kpl”. Pituudet määräytyvät elementin keskimääräisen leveyden ja pituuden perusteella. Sarake ”kg/jm” tarkoittaa yhden terästangon massaa. Harjaterästanko, jonka halkaisija on 10 millimetriä, on massaltaan 0,617 kg metrille (Nelirauditus oy n.d). Merkintä 2T10 tarkoittaa, että kohdalle tulee kaksi 10 millimetristä harjaterästankoa, jolloin todellinen massa on kaksinkertainen yhden harjateräksen massaan verrattuna. Elementin kokonaisteräsmäärää rauditustyypeittäin kuvaa sarake kg/elementti.

Massan laskeminen terästyypeittäin:

$$\text{Määrä [kpl]} \times \text{kappaleen pituus} \frac{[\text{m}]}{\text{kpl}} \times \text{massa metrille} \frac{\text{kg}}{\text{m}}.$$

Esimerkiksi pituussuuntaisten terästen massa on:

$$8 \text{ kpl} \times 4 \frac{\text{m}}{\text{kpl}} \times 1,234 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 39,49 \text{ kg}.$$

Sarake kg/m² tarkoittaa rauditustyyppin massanlisäystä elementtiä kohden. Se lasketaan:

$$\frac{\text{Raudituksen massa} \left[\frac{\text{kg}}{\text{elementti}} \right]}{\text{Tyyppielementin pinta-ala} [\text{m}^2]}.$$

Pituussuuntaisten kiertävien terästen massa neliömetrille on

$$\frac{39,49 \left[\frac{\text{kg}}{\text{elementti}} \right]}{7,8 \text{ [m}^2\text{]}} = 5,06 \text{ kg/m}^2.$$

Haat lasketaan samoilla periaatteilla kuin harjaterästangot. Erona laskennassa on massa, sillä yhden haan halkaisija on kahdeksan millimetriä, kun tangoissa se on 10. Lisäksi hakojen kappalemäärä lasketaan hakasten jakovälin avulla.

Hakasten lukumäärän laskeminen:

$$\frac{\text{Laatan pituus [m/sivu]}}{\text{jakoväli [m/kpl]}} \times 2 \text{ pituussuuntaista sivua.}$$

Pituussuunnan hakasten lukumäärä yhdelle sivulle

$$\frac{4 \text{ m}}{0,150 \text{ m/kpl}} \times 2 = 53,33 \text{ kpl.}$$

Tyypikuvan kokonaisraudoitusmäärä on sarakkeen kg/m² summa. Tyypielementin raudoitus on yhteensä 11,83 kg/m².

TAULUKKO 2. Tyypikuvan tankoraidoituksen massa

Teräsosa	Terästyyppi	kpl	jm/kpl	kg/jm	kg/elementti	kg/m ²
Kiertävä teräs (pituussuunta)	2T10	8	4	1,234	39,49	5,06
Kiertävä teräs (leveysuunta)	2T10	4	1,95	1,234	9,63	1,23
Haka pituussuuntaan	T8 k150	53,33	1,14	0,395	24,02	3,08
Haka pituussuuntaan	T8 k300	26,67	1,22	0,395	12,85	1,65
Haka leveysuuntaan	T8 k300	13,00	1,22	0,395	6,26	0,80
					Yhteensä	11,83

Tyypikuvassa verkkoraidoitteeksi on määritetty 8#150. Tässä työssä muutoksen massa on laskettu massojen suhteiden avulla. Tarkka laskenta on tehty liitteessä 8, mutta määrälaskennan perusteet esitetään tässä kappaleessa. Taulukossa 3 on esitetty vakioraidoitteen sekä muutosraudoitteiden massat neliömetrille (Neliraidoitus oy n.d).

TAULUKKO 3. Verkkoraudoitteiden massat

Raudoitetyyppi	kg/m ²
8#150	5,49
10#150	8,6
10#200	6,37

Taulukkoon 4 on laskettu verkkoraudoitteiden massamuutoksen suhde. Sarakkeeseen ”muutos” on eritelty verkkoraudoitteiden muutokset. Esimerkiksi ensimmäisen rivin raudoiteverkko 8#150 on muuttunut verkoksi 10#150. Massan muutossuhdetta tarvitaan määrittämään tyyppikuvan verkkoraudoitteen massa, sillä toteutetun raudoitteen määrä tiedetään. Massan muutossuhde lasketaan:

$$\frac{\text{Alkuperäisen verkkoraudoitteen massa [kg/m}^2\text{]}}{\text{Muutetun verkkoraudoitteen massa [kg/m}^2\text{]}} \times 100\%.$$

Esimerkiksi muutos 8#150:stä 10#150:een on:

$$\frac{5,49 \text{ kg/m}^2}{8,6 \text{ kg/m}^2} \times 100\% \approx 63,80 \%$$

TAULUKKO 4. Massojen muutossuhde

Muutos	Massan muutos %/m ²
8#150 → 10#150	63,8
8#150 → 10#200	86,2
10#150 → 10#200	135,0

Taulukoihin 5, 6 ja 7 on laskettu verkkoraudoitteiden massan muutos. Laskenta kaikissa kolmessa taulukossa tapahtuu samalla periaatteella. Taulukko 5 esittää yläpinnan verkkoraudoitteen muutosta 8#150:sta 10#150:een.

Verkkoraudoitus yhteensä -sarakeessa on tuotantokuvasta poimittu verkkoraudoitteen massa elementteittäin. Tyyppikuvan verkkoraudoitus -sarake on laskettu seuraavasti:

$$\text{Tuotantokuvan raudoituksen massa [kg]} \times \text{massojen suhde } \frac{\%}{100 \%}.$$

Elementin L1101-1 tyyppikuvan verkkorauδοituksen massa on

$$54,2 \text{ kg} \times 63,8 \frac{\%}{100 \%} \approx 34,60 \text{ kg}.$$

Elementin L1101-1 verkkorauδοituksen massan muutos lasketaan vähentämällä tuotantokuvan verkkorauδοitteen kokonaismäärästä tyyppikuvan verkkorauδοitusmäärä.

Elementin L1101-1 verkkorauδοitteen massan muutos:

$$54,2 \text{ kg} - 34,60 \text{ kg} = 19,60 \text{ kg}.$$

Tyyppikuvan verkkorauδοituksen määrä kuuluu tarjottuun neliöhintaan. "Verkkorauδοitteen muutos" -sarake kuvaa massamäärää, joka poikkeaa tyyppikuvan rauδοituksesta. Muutoksen määrä on lisätyötä, joka hinnoitellaan erikseen neliöhinnan lisäksi.

Yläpinnan verkkorauδοitteen massat ovat 381,41 kg (taulukko 5) ja 5,82 kg (taulukko 6) suurempia, kuin neliöhintaan kuuluva verkkorauδοite. Alapinnan verkkorauδοitteiden massa on 14,32 kg kevyempi kuin alkuperäinen rauδοite (taulukko 7).

TAULUKKO 5. Yläpinnan verkkoraidoitteen muutos 8#150 → 10#150

Elementin tunniste	Verkkoraidoitus yhteensä	Massojen suhde	Tyypikuvan verkkoraidoitus	Verkkoraidoitteen muutos
	kg	$\frac{\%}{100\%}$	kg	kg
L1101-1	54,2	0,638	34,60	19,60
L1202-2	30,7	0,638	19,60	11,10
L1406-3	63	0,638	40,22	22,78
L1406-4	63	0,638	40,22	22,78
L1406-5	63	0,638	40,22	22,78
L1602-6	42,2	0,638	26,94	15,26
L2102-1	75,8	0,638	48,39	27,41
L2201-2	76,4	0,638	48,77	27,63
L2402-3	64	0,638	40,86	23,14
L2402-4	64	0,638	40,86	23,14
L2402-5	64	0,638	40,86	23,14
L2601-6	53,3	0,638	34,03	19,27
L2701-7	59,2	0,638	37,79	21,41
L2702-7	43,2	0,638	27,58	15,62
L2704-7	64,5	0,638	41,18	23,33
Yhteensä	880,5		562,09	318,41

Yläpinnan verkkoraidoitteen muutos 8#150:sta 10#200:een on laskettu taulukossa 6 ja muutos 10#150:sta 10#200:een taulukossa 7. Laskenta tehdään eri taulukoissa, sillä niiden massan muutokset ovat erisuuruisia.

TAULUKKO 6. Yläpinnan verkkoraidoitteen muutos 8#150 → 10#200

Elementin tunniste	Verkkoraidoitus yhteensä	Massojen suhde	Tyypikuvan verkkoraidoitus	Verkkoraidoitteen lisäys
	kg	$\frac{\%}{100\%}$	kg	kg
L2703-7	42,10	0,862	36,28	5,82
Yhteensä	42,10		36,28	5,82

TAULUKKO 7. Alapinnan verkkoraidoitteen muutos 10#150 → 10#200

Elementin tunniste	Verkkoraidoitus yhteensä	Massojen suhde	Tyypikuvan verkkoraidoitus	Verkkoraidoitteen lisäys
	kg	$\frac{\%}{100\%}$	kg	kg
L2703-7	40,9	1,35	55,22	-14,32
Yhteensä	40,9		55,22	-14,32

3.1.4 Elementtien hinnan laskeminen ja kustannusylitykset

Laattaelementtien kustannukset on laskettu liitteessä 9. Liitteeseen on eritelty elementin tavoitehinta sekä kaikki elementtiin tulleet lisätyöt. Kuvio 4 on liitteen 9 ensimmäinen laskentaosuus.

Elementin perustiedot				
Elementin tavoitehinta				
	Määrä	Pinta-ala	Elementin yksikköhinta	Elementin kokonaishinta ennen muutoksia
Elementti	kpl	m ²	€/m ²	€

KUVIO 4. Liitteen 9 laskennan perusteet: elementin tavoitehinta

Sarakkeeseen ”elementti”, on kirjattu elementin tunniste, joten laskenta tehdään jokaiselle elementille yksittäin. Pinta-ala on elementtitoimittajan määrittämä määrälaskentaohjeen mukainen pinta-ala, joka on työssä tarkistettu. Elementin yksikköhinta tarkoittaa toimittajan tarjouksen mukaista elementtityypille kohdennettua neliöhintaa.

Elementin kokonaishinta ennen muutostöitä lasketaan:

$$\text{Elementin pinta-ala [m}^2\text{]} \times \text{sovittu yksikköhinta €/m}^2\text{.}$$

Elementtien kokonaishinta ennen muutoksia on tavoitehinta, johon toteutuneita kustannuksia verrataan.

Verkkoraudoituksen hinta lasketaan liitteen 9 toisessa laskentaosuudessa (kuvio 5). Liitteenä olevan taulukon toiseen laskentaosuuteen on elementteittäin kirjattu verkkoraudoituksen muutosmäärä. Muutosmäärien laskentaperusteet on kerrottu kappaleessa ”tyyppikuvan raudoitusmäärä”.

Verkkoraudoituksen hinnan muutos lasketaan:

$$\text{Massan muutos [kg]} \times \text{yksikköhinta } \left[\frac{\text{€}}{\text{kg}} \right].$$

Verkkoraudoitus		
Määrän muutos	Yksikköhinta	Kokonaishinta
kg	€/kg	€

KUVIO 5. Liitteen 9 laskennan perusteet: verkkoraudoitteen hinta elementtityypeittäin

Kuvio 6 osoittaa lisäraudoituksen hinnan laskentaperusteet. ”Raudoitismäärä yhteensä” -sarakkeessa on raudan massan yhteismäärä, joka on poimittu tuotantokuvista. Tyypielementin raudoituksen massan laskuperusteet on käyty läpi kappaleessa ”tyyppikuvan raudoitismäärä”, tuloksina saatuja lukuarvoja käytetään sarakkeessa ”tyypielementin raudoitus”.

Raudoituksen massan muutoksen laskeminen:

$$\text{Massa}_{\text{Tuotantokuvan raudoitus}} [\text{kg}] - \text{Massa}_{\text{Tyypielementin raudoitus}} [\text{kg}].$$

Kustannuksen laskeminen:

$$\text{Raudoitus muutos} [\text{kg}] \times \text{teräksen yksikköhinta} [\text{€/kg}].$$

Muu raudoitus: hariaterästangot					
Raudoitismäärä yhteensä	Tyypielementin raudoitus		Raudoituksen muutos	Teräksen yksikköhinta	kokonaishinta
kg	kg/m ²	kg/elementti	kg	€/kg	€

KUVIO 6. Liitteen 9 laskennan perusteet: lisäraudoitteen hinta elementtityypeittäin

Kuviossa 7 on esitetty kappalehintaisten muutostöiden kustannusten laskenta. Kappalehintaista töitä ovat elementtien rei'itys sekä kiinnityslevyjen, työsaumarauδοitteiden ja sidontaosien asentaminen.

Kappalehintaisten muutostöiden hinta lasketaan:

$$\text{Yksikköhinta} [\text{€/kpl}] \times \text{määrä} [\text{kpl}].$$

Kiinnityslevyt			Työsaumaraudoitteet			Reiät				Sidontaosat		
Yksikkö-hinta	Määrä	Kokonais-hinta	Yksikkö-hinta	Määrä	Kokonais-hinta	Koko	Yksikkö-hinta	Määrä	Kokonais-hinta	Yksikkö-hinta	Määrä	Kokonais-hinta
€/kpl	kpl	€	€/kpl	kpl	€	mm	€/kpl	kpl	€	€/kpl	kpl	€

KUVIO 7. Liitteen 9 laskennan perusteet: kappalehintaisten muutosten hinta elementtityypeittäin

Kuviossa 8 on esitetty betonin lujuusluokan muutuskustannuksen muodostuminen. Betonin yksikköhintakustannus on laskettu liitteessä 10.

Elementin kokonaiskustannus lasketaan:

$$\text{Elementin pinta-ala} \times \text{yksikköhinta} \text{ €/m}^2$$

Betonin lujuus	
Yksikkö-hinta	Kokonais-hinta
€/m ²	€

KUVIO 8. Liitteen 9 laskennan perusteet: betonin lujuusluokan muutoksen hinta

Liitteen 9 taulukon viimeisessä osiossa (kuvio 9) on laskettu jokaiselle elementille kokonaishinta, joka sisältää perusosan sekä lisähintaiset työt. Kokonaishinta on jaettu elementin pinta-alalla, jolloin elementille saadaan toteutunut neliöhinta. Toteutuneen hinnan ja tavoitehinnan ero on laskettu vähentämällä lopullisesta neliö hinnasta tavoiteneliöhinta. Positiivinen lopputulos osoittaa lisähinnan sovitulle neliö hinnalle ja negatiivinen tulos tarkoittaa edullisempaa neliöhintaa, kuin on aluksi suunniteltu.

Lopullinen hinta		Vertailu tavoitehintaan		Erot	
Elementin hintatoteutus				Ylitys	Alitus
Kokonaishinta	Lopullinen neliöhinta	Tavoiteneliöhinta	Toteutuneen hinnan ja tavoitehinnan ero	Suurimmat	Pienimmät
€	€/m ²	€/m ²	€		

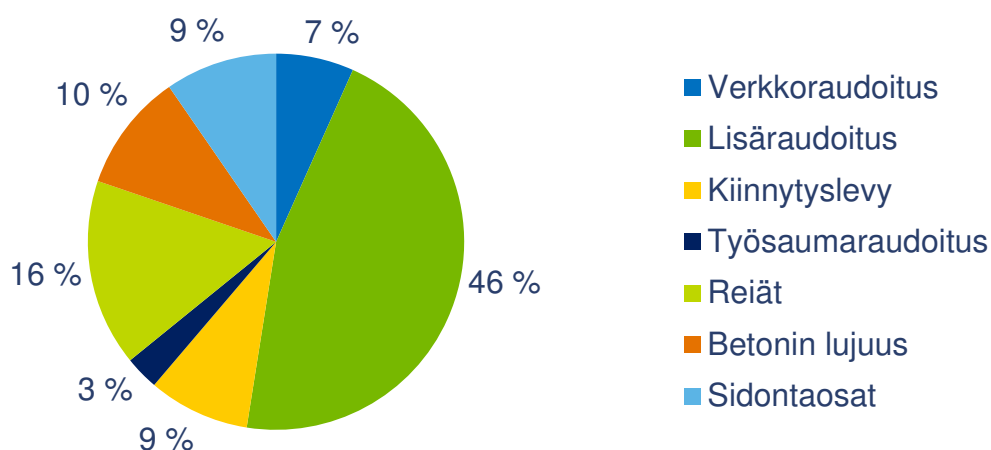
KUVIO 9. Liitteen x laskennan perusteet: lopullinen hinta ja vertailu

Laattaelementtien kokonaiskustannustavoite ylittyi 26,6 %:lla tavoitehinnasta (liite 11). Kustannusylityksen muodostuminen prosentuaalisesti on esitetty kuviossa 10. Kuvion prosenttilaskenta on toteutettu liitteessä 11. Prosenttiosuus

on laskettu jakamalla yhden lisätyön kokonaishinta kaikkien lisätöiden hinnan summalla.

Kuviosta 14 huomataan, että laattaelementtien tavoitekustannuksen ylitys johdetaan suurimmaksi osaksi lisäraudoituksesta. Peräti 46 % ylityshinnasta tulee lisäraudoituskustannuksesta. Loput kustannuserät jakautuvat melko tasaisesti. 16 % hinnasta tulee laattaelementteihin tehdyistä rei'istä, 10 % betonin lujuusluokan muutoksista, 9 % sidontaosista ja niihin liittyvästä hitsaustyöstä, 9 % kiinnityslevyistä ja 7 % verkkoraudoituksesta. Vähiten kustannusten kokonaisylytykseen vaikuttaa työsaumaraudoitteet: niiden kustannusvaikutus on vain 3 % kustannusylytyksestä.

Kustannusylytyksen muodostuminen, keskimääräisesti

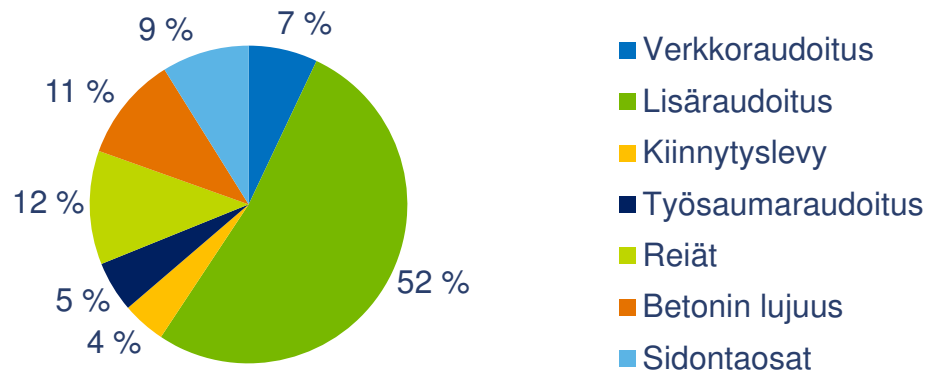


KUVIO 10. Kustannusylytyksen jakautuminen

Kustannusten muodostumisperusteiden selkeyttämiseksi, on kannattavaa tarkastella kustannusperusteita neliöhinnaltaan suurimpien ja pienempien elementtien kannalta. Kalleimpien viiden elementin toteutunut kustannus on 160,67 % tavoitehinnasta. Elementtien neliöhinta on siis yli 1,5-kertainen tavoitteeseen nähden. Kuviossa 11 on esitetty keskimääräinen kustannusylytyksen jakautuminen viidessä neliöhinnaltaan kalleimmassa elementissä. 52 % ylityksestä johdetaan lisäraudoituksesta, 12 % rei'ityksistä, 11 % betonin lujuusluokan muutok-

sista, 9 % sidontaosista ja 7 % verkkoraidoituksen muuttumisesta. Vähiten hintaan vaikuttavat työsaumaraudoitteet ja kiinnityslevyt. Työsaumaraudoitteiden osuus koko ylityskustannuksesta on 5 % ja kiinnityslevyjen 4 %.

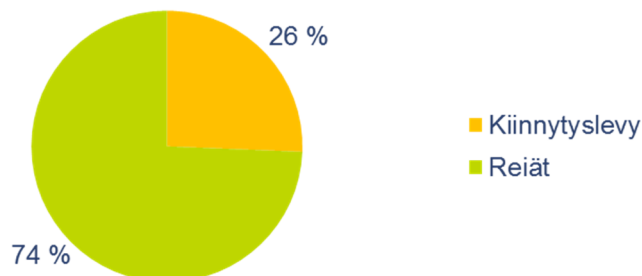
Kustannusylityksen muodostuminen, neliöhinnaltaan kalleimmat elementit



KUVIO 11. Kustannusylitysten jakautuminen kalleimmissa elementeissä

Edullisimmat viisi elementtiä olivat 99,6 % tavoiteneliöhinnasta, joka tarkoittaa sitä, että ne olivat suunniteltua edullisempia. Edullisimpien elementtien hinnan muutos kostuu sekä hintaa lisäävistä että alentavista tekijöistä. Kuvio 12 havainnollistaa edullisimpien elementtien hintaa nostavia tekijöitä. 74 % hintaa nostavista tekijöistä johtuu elementtien rei'ityksestä ja loput 26 % kiinnityslevyistä.

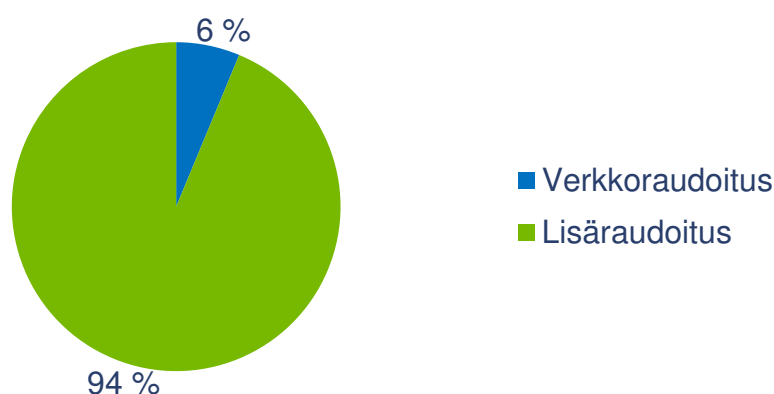
Neliöhintaa nostavat neliöhinnaltaan edullisimmat elementit



KUVIO 12. Neliöhintaa lisäävät tekijät edullisimmissa elementeissä

Viidessä edullisimmassa elementissä neliöhinnan vähentyminen johtuu raudoitusmäärän pienentymisestä tyyppikuvaan verrattuna (kuvio 13). Eniten hintaa laski lisäraudoituksen vähentyminen, joka oli 94 % hinnan kokonaisalenemasta. Loput 6 % tuli verkkoraidoituksen koon laskusta. Yhdessä laattaelementissä verkon silmäkokoa kasvatettiin 150 mm:stä 200 mm:iin, joka keventää verkon massaa.

Neliöhintaa alentavat, neliö hinnaltaan edullisimmat elementit



KUVIO 13. Neliöhintaa vähentävät tekijät edullisimmissa elementeissä

3.1.5 Kustannushintojen vertailu

Opinnäytetyössä laskettiin eritellysti laattojen kustannukset. Työssä verrataan saatuja tuloksia elementtitoimittajan tekemään laskentaan. Vertailulaskenta on tehty liitteessä 12, mutta työhön on tehty laskennasta kooste (taulukko 8). Taulukon riveille on eroteltu lisähintaiset muutostyöt, ja sarakkeeseen ”ero” on laskettu hintojen ero vähentämällä opinnäytetyössä määritetystä hinnasta toimittajan määrittämä hinta. ”Eron syy” -sarakkeessa on perustelu, mikä eron aiheuttaa. Negatiivinen ero tarkoittaa sitä, että elementtitoimittajan laskema määrä on enemmän kuin opinnäytetyössä määritetty hinta.

Lisäraudoituksen kustannuksessa on suurin ero (taulukko 8). Elementtitoimittajalla on omassa laskelmassaan 3538,39 euroa enemmän kuin opinnäytetyön

laskelmassa. Ero johtuu pääasiassa tyyppielementin raudoituksen hinnan määrittämisestä. Elementtitoimittaja on laskenut harjateräksen 2T10 massan yhden T10 harjaterästangon massalla, jolloin tyyppiraudoituksen määrä on pienempi kuin se todellisuudessa on. Muutosraudoitus lasketaan vähentämällä raudoitteen kokonaismäärästä tyyppikuvan raudoituksen määrä. Kun tyyppikuvan raudoituksen massa pienenee, muutosraudoituksen massa kasvaa.

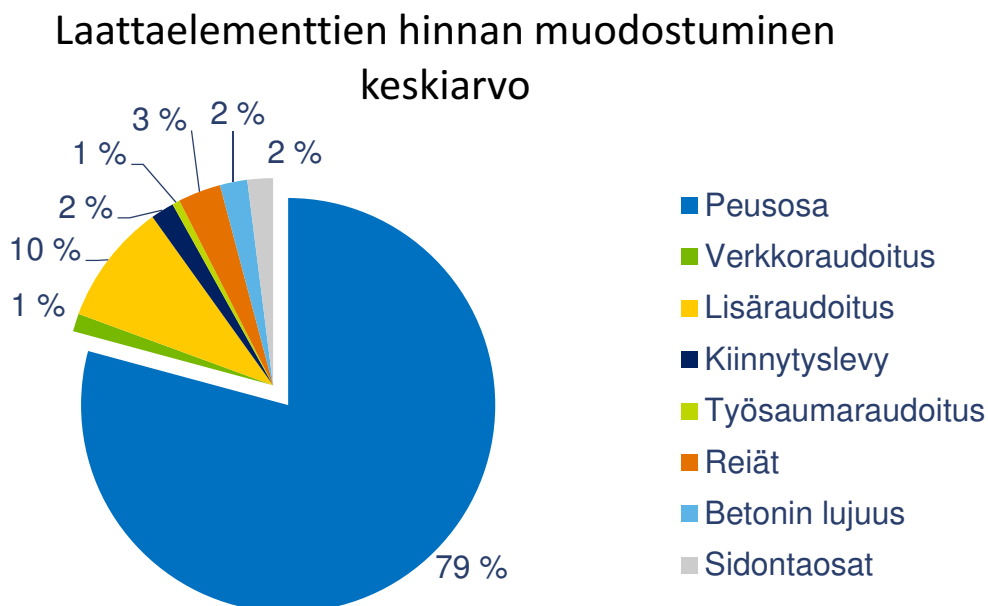
Toiseksi suurin ero on verkkoraudoituksen kustannuksessa. Opinnäytetyössä määritetty hinta on suurempi kuin toimittajan laskema hinta. Verkkoraudoitteen kustannusero johtuu siitä, että toimittaja on unohtanut laskea mukaan neljän elementin verkkoraudoitemuutoksen kustannukset. Lisäksi elementtitoimittajan verkkoraudoituksen kustannus perustuu keskimääräiseen massamuutokseen, kun taas opinnäytetyössä laskettu massa on määritetty massojen muutossuhteen avulla.

TAULUKKO 8. Kustannusten vertailu

Muutos	Tyyppi	Ero	Eron syy
		€	
Verkkoraudoitus	B500K	117,46	Erlainen laskentatapa. Toimittajan laskenta perustuu keskimääräisen massamuutoksen nelöhintaan, kun opinnäytetyön massat on laskettu toteutuneen raudoituksen massan perusteella. Lisäksi toimittajan laskennasta puuttui viisi verkkomuutosta (L1202, 3xL1406, L1602)
Lisäraudoitus	A500HW	-3538,39	Tyyppikuvista laskettu raudoitusmäärä eroaa toisistaan: toimittajan tyyppiraudoitus on massaltaan pienempi, kuin opinnäytetyössä laskettu määrä. Pienempi tyyppikuvan raudoitteen massa nostaa lisätyön kustannusta.
Työsaumaradoitus	TSA	1,75	Työsaumaradoitteen määrät eroavat toisistaan. Toimittajalla 11,95 kpl, laskennassa tulee käyttää kokonaismäärää, eli 12 kpl
Kiinnityslevy	SBKL/Welda 100 x 100	0,00	
Kiinnityslevy	SBKL/Welda 150 x 150	0,00	
Sidontaosat	Lattateräs+harjaterästangot+hitsaus	-60,00	Toimittaja on laskenut sidontaosat elementille L-1701, jossa todellisuudessa ei ole ylimääräisiä sidontaosia
Reiät	≤ 99 mm	0,00	Elementtitoimittaja on laskenut reikiä vääränkokoisina
	100-199 mm	-31,90	
	200-399 mm	49,40	
Betonin lujuus	C25/30 -> C30/37	0,00	
	C25/30 -> C35/45	0,00	
	Yhteensä	-3461,68	

3.1.6 Elementtien hinnan muodostuminen

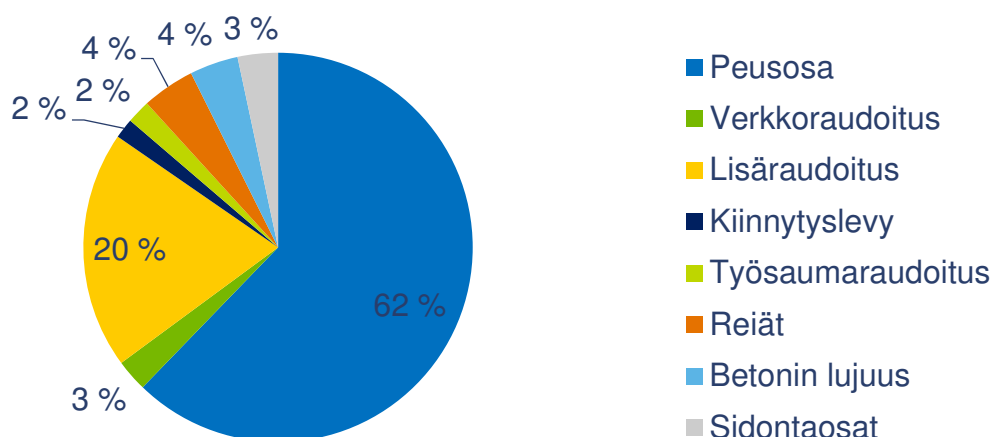
Laattaelementtien kokonaishinta muodostuu sovitusta neliöhinnasta, lisätöistä sekä töistä, jotka on hinnoiteltu määrän mukaan. Lisähintaa tuovat työt on esitelty aikeisemmissä kappaleissa. Kuvio 14 havainnollistaa laattaelementtien kokonaishinnan muodostumista keskiarvallisesti kaikissa L-tyyppin elementeissä. Kuvion laskenta on tehty liitteessä 13. Kuvion perusteella 79 % hinnasta tulee tyyppikuvien perusosasta ja 10 % lisäraudoituksesta. Loput hinnasta tulee tasaisesti rei'istä, sidontaosista, betonin lujuusmuutoksesta, kiinnityslevystä, verkkoraidoitus sekä työsaumaraidoiteista.



KUVIO 14. Laattaelementtien hinnan muodostuminen keskimäärin

Kuviossa 15 esitetään neliöhinnan muodostuminen viidessä kalleimmassa elementissä. Hinnan muodostuminen noudattaa melko hyvin keskimääräistä hinnan muodostumista. Suurimmat erot ovat perushinnan sekä lisäraudoituksen hinnassa. Sovitun neliöhinnan eli ”perusosan” hintavaikutus on 62 % ja lisäraudoituksen 20 % elementtien kokonaishinnasta.

Laattaelementtien hinnan muodostuminen Neliöhinnaltaan suurimmat elementit



KUVIO 15. Laattaelementtien hinnan muodostuminen kalleimmissa elementeissä

3.1.7 Edullisimmat ja kalleimmat elementit

Neliöhinnaltaan viisi suurinta elementtiä ja viisi pienintä on koottu liitteeseen 14. Liitteessä on laskettu elementtien kokonaishinta samalla periaatteella, kuin kapaleessa ”kustannusylitykset ja hinnan muodostuminen”, mutta tähän taulukoon on poimittu elementtien joukosta viisi kalleinta ja viisi edullisinta elementtiä.

Edullisimmat elementit on esitetty taulukossa 9. ”Ero tavoitehintaan” -sarake on laskettu jakamalla toteutunut neliöhinta urakkasopimuksessa määritetyllä neliöhinnalla ja kertomalla se sadalla prosentilla. Tuloksena saatiin, kuinka monta prosenttia toteutunut hinta on tavoitehinnasta. Edullisimmissa elementeissä ero on alle sata prosenttia, joten hintatoteutuma on edullisempi, kuin on alun perin arvioitu. Alimpana taulukossa on laskettuna kaikkien edullisimpien neliöhintojen keskiarvo.

TAULUKKO 9. Neliöhinnaltaan edullisimmat elementit

	Ero tavoite- neliöhintaan
Elementti	%
L2703-7	87 %
L1702-7	94 %
L2301-3	95 %
L2303-3	97 %
L2603-6	97 %
Keskiarvo	94 %

Edullisimmissa elementeissä neliöhinnat ovat suuruudeltaan 87–97 % tavoitehinnasta, joten alitusta hinnassa on 3–13 prosenttia. Keskiarvollisesti tarkasteltuna neliöhinta on 94 % tavoitteesta, eli tavoitehinta alittui kuudella prosentilla.

Edullisimmat elementit ovat muodoltaan yksinkertaisia. Kahdessa elementissä on uloke, jonka koko on 100 mm x 1155 mm, muut kolme elementtiä ovat suorakaiteenmuotoisia. Uloke on niin vähäinen, ettei sen takia ole tarvinnut lisätä raudoitusta. Yksinkertaisiin elementteihin hakoja on tullut vain yhdenkorkuisia, kun taas tyyppikuvassa on esitetty kaksi hakaa leikkauskuvan molemmille sivuille. Toteutunut hakajako vastaa tyyppikuvanmukaista hakasta, joka on kuvassa pienemmällä jaolla. Harjaterästankojen koot ovat pysyneet samana tyyppikuvaan verrattuna, mutta toteutunut määrä on pienempi. Eniten harjaterästankoja tuli elementtiin L2301-3. T10-harjaterästankoja tuli kyseiseen elementtiin 7 kappaletta. Tyyppikuvaan oli piirretty pituusleikkaukseen kahdeksan kappaletta harjaterästankoja 2T10, joka vastaa 16 kappaletta. Tyyppikuvassa on tankoraudoitusta yli kaksinkertainen määrä toteutuneeseen verrattuna. Kahden elementin verkkoraudoite on pysynyt suunnitellussa raudoitteessa, kahdessa sen kokoa on kasvatettu ja yhdessä raudoitekoko on pienennetty. Elementin tavoitehinnan alittuminen johtuu pääasiassa siitä, että yksinkertainen muoto vähentää tarvittavaa raudoitusmäärää.

Neliöhinnaltaan kalleimmat elementit ovat listattu taulukkoon 10. Kalleimpien elementtien hinta on positiivinen, joka tarkoittaa sitä, että hinta on suurempi, kuin sovittu neliöhinta. Neliöhinnat vaihtelevat 157–165 % tavoitehinnasta. Kalleimmissa elementeissä ylitystä on 57–67 prosenttia. Keskiarvo viidestä suurimmasta ylityksestä on 161 %.

TAULUKKO 10. Neliöhinnaltaan kalleimmat elementit

	Ero tavoite- neliöhintaan
Elementti	%
L2101-1	157 %
L1101-1	160 %
L2601-6	160 %
L1406-3	162 %
L1602-6	165 %
Keskiarvo	161 %

Kalleimmat elementit ovat monimuotoisempia kuin edullisemmat elementit. Elementit L2101-1, L1101-1 ja L2601-6 ovat kalleimpien elementtien kolme edullisinta. Kaikki kolme elementtiä ovat liitoksessa porraselementtiin. Niissä on kapeat ulokkeet, jotka tulevat porrassaukon reunoille ja muodostavat kulkuväylän portaikkoon. Lisäksi näissä elementeissä on pieni aukko yhdellä sivulla. Elementit L1406-3 ja L1602-6 ovat kaksi kaikkein kalleinta elementtiä. Molemmissa on lähes yhden neliömetrinkokoinen aukko elementin pitkän sivun reunassa.

Kalleimpien elementtien leikkauskuvaan tuli hakoja 2-4 kappaletta eri jaolla. Tyypikuvaan verrattuna jakoa on tihennetty, joten se nostaa hakojen kokonaismäärään. Hakojen jakoväliä on tihennetty erityisesti ulokkeiden ja aukkojen kohdalla. Harjaterästankojen määrä on lisääntynyt kalleimmissa elementeissä. Aukkojen pitkälle sivulle on lisätty kuusi kappaletta paksumpia tankoja. Kahdessa elementissä verkkoraudoitteen tankojen halkaisija on kasvanut. Kustannuslylytykset johtuvat pääosin elementin muodon monimuotoisuudesta ja sen tuomasta lisäraudoituksesta. Kustannuksiin vaikuttaa myös porrasslaattojen sidontaosat sekä muut lisätyöt, jotka on esitelty kappaleessa ”elementtien hinnan laskeminen ja kustannuslylytykset”.

3.2 Laattaelementit tyyppi LK

LK-tyyppiset laatat ovat massiivilaattoja, joiden korkeus on 270–300 millimetriä. Lähes kaikki tämän tyyppin laatat ovat lepotasolaattoja. Yhteensä laattoja tuli 37 kappaletta, ja niiden yhteispinta-ala on 171,86 m².

3.2.1 Pinta-alojen tarkistus

Tuotantokuvien ja elementtitoimittajan määrittämien pinta-alojen ero on suurimmillaan 0,60 m². Pienen eron takia, voidaan olettaa pinta-alat lasketuksi määrä-laskentaohjeen mukaisesti. Pinta-aloja ei tarvitse tarkistaa laskemalla.

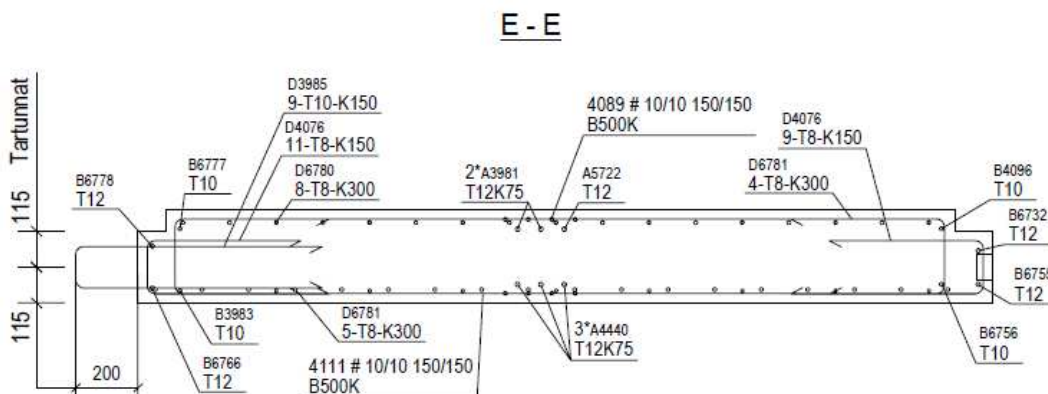
3.2.2 Elementtien sisältö ja muutokset

Elementtien raudoitukset sekä tarvikeosat on koottu liitteen 15 taulukkoon. LK-tyypisiin elementteihin ei ole tullut niin paljoa erilaisia varusteluosia tai muutoksia lisätöitä, kuin L-tyypin laattoihin.

LK-elementtien tuotantokuvat on piirretty 8.-9.2.2017. Muutoskuvia on tehty yhteensä 17 kappaletta. Kaikki muutoskuvat ovat A revisioita, eli yhteen kuvaan on tullut vain yksi muutos. Muutokset on lisätty kuviin 21.2.2017 ja 13.4.2017. Tuotantokuvien piirtämisen jälkeiset muutokset ovat olleet suurimmaksi osaksi sähköreititysten muutoksia. Muutos 21.2.2017 oli ainoa sähköreitien päivityksestä poikkeava muutos: laatan portaikkoon liittyvää syvennystä suurennettiin kymmenellä millimetrillä. Yhden tuotantokuvan muutoskuva on piirretty vain viisi viikkoa ennen haluttua toimitusta, jolloin elementin valmistusaika lyheni sovitusta kahdeksasta viikosta. Sopimuksen mukaan tämän elementin hintaa olisi saanut nostaa 10 %. Muut muutoskuvat on piirretty yli 15 viikkoa ennen toimitusta. Tuotantokuvien muutokset ovat laajuudeltaan melko vähäisiä, eikä niistä ole tullut materiaalikustannuksia. Muutoskuvien laajuuden perusteella voidaan todeta, että LK-elementtien merkittävimmät kustannuksiin vaikuttavat muutokset ovat tulleet tyyppi- ja tuotantokuvien piirtämisen välillä.

LK-laattojen tyyppikuvia on piirretty yhteensä kaksi. Toisessa kuvassa lukee tarkennus: lepotasolaatta. Lepotasolaatta on kuvattu leuattomana, joten sen leikkauskuva sisältää vain yhden haan molemmin puolin. Tuotantokuvien mukaan, lepotasolaattoja on myös leuallisina. Esimerkiksi elementti LK-31501 on leuallinen lepotasolaatta. Leukaosuuden takia leikkaukseen tulee kaksi hakaa leuallista sivua kohden. Tämä näkyy raudoitismäärän kasvuna, kun tyyppikuvan raudoitus on määritetty leuattoman lepotasolaatan perusteella. Lisäksi elementteihin LK-

30303, LK-30801, LK-31501 ja LK-31901 on lisätty tartuntaraidoitus. Tartuntaraidoituksena toimii haat UT10 k150. Haat tulevat laatan sivusta ulos 200 millimetriä (kuvio 16). Tartuntahakoja lisättiin yhteensä seitsemääntoista elementtiin, sillä esimerkiksi elementtejä LK-30801 on yhteensä kahdeksan kappaletta.



KUVIO 16. LK-laattojen tartuntahaat

Harjaterästankoja on lisätty lähinnä lepotasokannakkeiden ympärille. Lisätyt tangot ovat T12, ja niitä on tullut noin seitsemän kappaletta kannaketta kohden. Tyypikuvassa on maininta, että kannakkeiden lisäraudoitus asennetaan valmistajan mukaan. On hieman tulkinnanvaraista, kuuluvatko nämä raudat varsinaisesti lisätöihin, vai sisältyvätkö ne urakkaan, kun asiasta on ollut maininta jo laskehtakuvissa. Toisaalta, elementtitoimittajan tarjouksen mukaan yksittäiset rautalisäykset eivät vaikuta hintaan, mutta kaikki muut vaikuttavat. Tankoraidoituksen määrällisyys on joka tapauksessa merkittävä. Eikä sitä voida laskea ”yksittäiseen rautalisäykseen”.

Verkkoraidoitusten massamuutokset ovat sekä raidoitteen lisäyksiä että poistoja.

Toisiin elementteihin on kasvatettu yläpinnan verkkoraidoitteen halkaisijaa kahdeksasta millimetristä kymmeneen, kun taas osassa alapinnan raidoitteen halkaisijaa on pienennetty kymmenestä millimetristä kahdeksaan.

Elementtien lisätöihin kuuluvat rei’itykset, työsaumaraudoitteiden sekä lepotasokannakkeiden lisäykset. Määrät on esitetty liitteessä 15.

3.2.3 Tyypikuvan raudoitusmäärä

Raudoitusmäärät on laskettu samoilla periaatteilla ja taulukoilla kuin elementeissä L. Tämän takia työssä ei käydä laskentaperusteita läpi, sillä ne ovat esitetty L-tyyppin laskentaosuudessa (kappale 3.1). Taulukossa 11 on tiedot laattojen keskimääräisestä koosta sekä muista perustiedoista. Taulukkoon 12 on laskettu tyypikuvanmukaisten raudoitteiden neliometri- ja kokonaismassa. Raudoitukset on laskettu tarkemmin liitteessä 16.

TAULUKKO 11. Laattaelementin tyypiraudoitukseen vaikuttavat tekijät

Elementin keskikoko	Määrä	Yksikkö
Pituus	2,79	m
Leveys	1,73	m
pinta-ala	4,83	m ²
Laatan paksuus	0,27	m
Suojabetoni	0,02	m
Terästen taivutus	0,5	m
Haan korkeus	0,23	m
Elementtejä yhteensä	181,88	m ²

TAULUKKO 12. Tyypikuvan raudoitemäärä

Teräsosa	Terästyyppi	kpl	jm/kpl	kg/jm	kg/elementti	kg/m ²
Kiertävä teräs (pituussuunta)	2T10	4	2,79	1,234	13,77	2,85
Kiertävä teräs (leveysuunta)	2T10	4	1,73	1,234	8,54	1,77
Haka pituussuuntaan	T8 k150	37,20	1,23	0,395	18,07	3,74
Haka leveysuuntaan	T8 k150	23,07	1,23	0,395	11,21	2,32
					Yhteensä	10,69

Taulukoiden laskennan avulla selvitetiin, että lepotasolaattojen tyypikuvanmukainen raudoitus on 10,69 kg/m².

Raudoitusverkkojen tarkempi laskenta on tehty liitteessä 17. Opinnäytetyön raporttiosuuteen on poimittu taulukot 13–16, joissa määritetään raudoitteen massamuutokset. Taulukossa 13 on raudoitusten massat ja taulukossa 14 massojen muutossuhteet, joiden avulla muuttunut massa on laskettu.

TAULUKKO 13. Raudoiteverkkojen massat

Raudoitetyyppi	kg/m ²
8#150	5,49
10#150	8,6

TAULUKKO 14. Raudoiteverkkojen massojen muutossuhde

Muutos	%
8->10#150	63,8
10#150 -> 8#150	156,6

Taulukossa 15 ja 16 on laskettu elementeittäin verkkoraudoituksen massan muutos. Taulukoista huomataan, että yläpinnan verkkoraudoitteiden muutos on lisännyt raudoituksen massaa 236,40 kg:lla (taulukko 15) ja alapinnan raudoite-muutos taas vähentänyt sitä 182,12 kg:lla (taulukko 16).

TAULUKKO 15. Yläpinnan raudoitteiden muutos 8#150 → 10#150

Elementin tunniste	Verkkoraudoitus yhteensä	Elementin pinta-ala	Tyypikuvan verkkoraudoitus	Verkkoraudoitteen muutos
	kg	m ²	kg	kg
LK30303-3	27,90	5,03	17,81	10,09
LK30303-4	27,90	5,03	17,81	10,09
LK30303-5	27,90	5,03	17,81	10,09
LK30303-6	27,90	5,03	17,81	10,09
LK30303-7	27,90	5,03	17,81	10,09
LK30801-10	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-11	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-12	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-13	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-14	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-8	28,20	5,12	18,00	10,20
LK30801-9	28,20	5,12	18,00	10,20
LK31501-15	29,40	5,25	18,77	10,63
LK31501-16	29,40	5,25	18,77	10,63
LK31501-17	29,40	5,25	18,77	10,63
LK31501-18	29,40	5,25	18,77	10,63
LK31901-19	29,90	5,48	19,09	10,81
LK32001-20	48,00	6,98	30,64	17,36
LK32101-21	121,30	15,95	77,43	43,87
Yhteensä	653,7	110,4	417,30	236,40

TAULUKKO 16. Alapinnan raudoitteiden muutos 10#150 → 8#150

Elementin tunniste	Verkkoraudoitus yhteensä	Elementin pinta-ala	Tyypikuvan verkkoraudoitus	Verkkoraudoitteen muutos
	kg	m ²	kg	kg
LK30010- -1	17,60	3,89	27,57	-9,97
LK30305-3	17,50	3,89	27,41	-9,91
LK30305-4	17,50	3,89	27,41	-9,91
LK30305-5	17,50	3,89	27,41	-9,91
LK30305-6	17,50	3,89	27,41	-9,91
LK30305-7	17,50	3,89	27,41	-9,91
LK30802-10	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-11	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-12	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-13	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-14	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-8	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK30802-9	17,70	3,97	27,73	-10,03
LK31503-15	18,50	4,07	28,98	-10,48
LK31503-16	18,50	4,07	28,98	-10,48
LK31503-17	18,50	4,07	28,98	-10,48
LK31503-18	18,50	4,07	28,98	-10,48
LK31503-19	18,50	4,07	28,98	-10,48
Yhteensä	321,50	71,48	503,62	-182,12

Taulukossa 17 on laskettu ylä- ja alapinnan raudoitemuutosten yhteismassa. Huomataan, että massamuutos ei ole keskimääräisesti suuri. Massan muutos on yhteensä 54,27 kilogrammaa. Tästä syystä voidaan todeta, että LK-tyypikuva on raudoitusverkkojen osalta onnistunut hyvin, sillä muutokset ovat sekä massaa lisääviä että vähentäviä. Tämä osoittaa sen, että verkkoraudoituksen osalta tyypikuvaksi on piirretty keskimääräinen elementti.

TAULUKKO 17. Massan muutos yhteensä

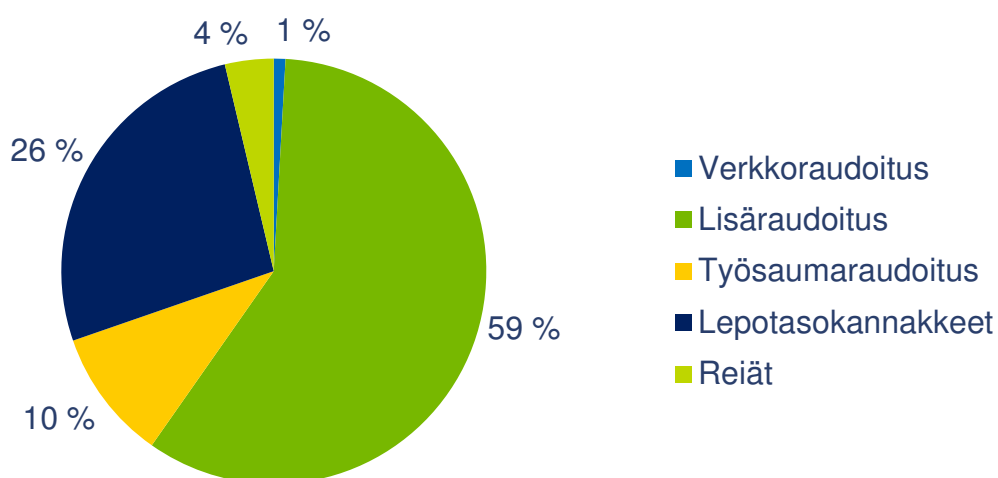
Muutos	Lisäys yhteensä
	kg
Yläpinnan raudoite 8#150 → 10#150	236,40
Alapinnan raudoite 10#150 → 8#150	-182,12
Yhteensä	54,27

3.2.4 Elementtien hinnan laskeminen ja kustannusylitykset

Elementtien kokonaishinta on laskettu liitteessä 18. Kokonaishintaan vaikuttavien reikien sekä varusteluosien kustannukset on laskettu liitteen 19 taulukossa.

Liitteessä 20 on laskettu, miten kustannusylitykset muodostuvat. Liitteen tulok-
sista huomataan, että laattojen kokonaiskustannukset ylittyivät 52,94 %. Kuvi-
ossa 17 on esitetty laskennan tulokset kustannusylitysten jakautumisesta. 59 %
kustannusylityksestä tulee lisäraudoituksesta, 26 % lepotasokannakkeista sekä
10 % työsaumaraudoitteista. Vähiten keskimääräiseen kustannusylitykseen vai-
kuttavat reiät neljällä prosentilla ja verkkoraudoitusmuutokset yhdellä prosen-
tilla.

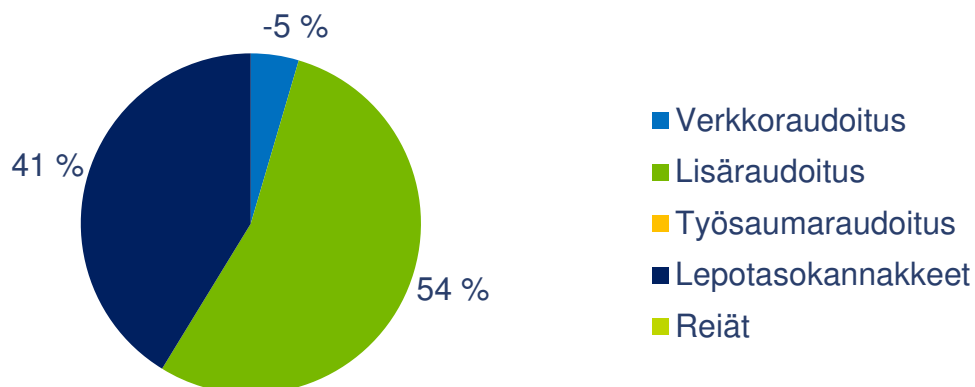
Kustannusylityksen muodostuminen, keskimääräisesti



KUVIO 17. Kustannusylityksen jakautuminen

Kuvioon 18 on poimittu kustannusylitysten muodostuminen kolmessa neliöhin-
naltaan kalleimmassa elementissä. Kalleimpien elementtien kustannusylityk-
sestä 54 prosenttia tulee rei'istä ja 41 % lepotasokannakkeista. Verkkoraudoit-
teiden halkaisijan pienentäminen laskee kustannuksia viidellä prosentilla.

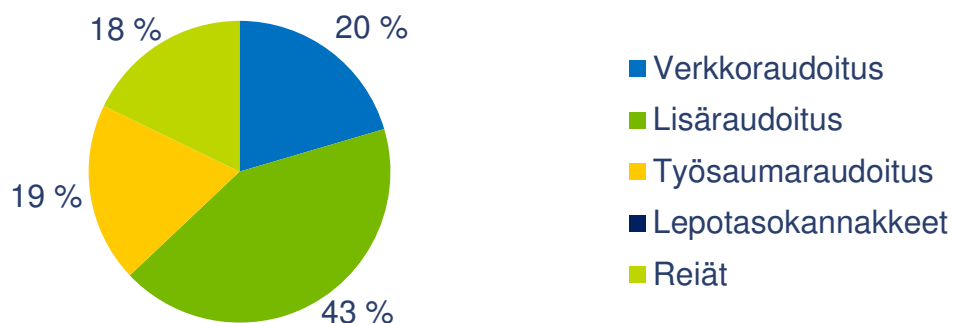
Kustannusylityksen muodostuminen, neliö hinnaltaan kalleimmat elementit



KUVIO 18. Kustannusylityksen jakautuminen kalleimmissa elementeissä

Kustannusylitysten jakautuminen kolmessa edullisimmassa elementissä on esitetty kuviossa 19. Kuvioista huomataan, että edullisimmissa elementeissä eniten lisähintaa on tullut lisäraudoituksesta. Sen hintavaikutus on 43 % kokonaisylytyksestä. Verkkoraudoituksen osuus kokonaisylytyksestä on 20 %, työsaumaraudoitteiden 19 % ja reikiä 18 %.

Kustannusylityksen muodostuminen, neliö hinnaltaan edullisimmat elementit



KUVIO 19. Kustannusylityksen jakautuminen edullisimmissa elementeissä

3.2.5 Kustannusylitysten vertailu

Elementtitoimittajan määrittämät kustannukset ovat lähes 2400 euroa suuremmat kuin opinnäytetyössä määritetyt kustannukset. Ero johtuu siitä, että toimittajan laskemat määrät eroavat opinnäytetyössä lasketuista määristä. Tyypikuvien raudituksen massa sekä reikien ja työsaumaraudoitteiden lukumäärät eroavat toisistaan. Määräerot aiheuttavat taulukossa 18 lasketun kustannuseron. Erot on laskettu liitteessä 21.

TAULUKKO 18. Kustannusylitysten vertailu

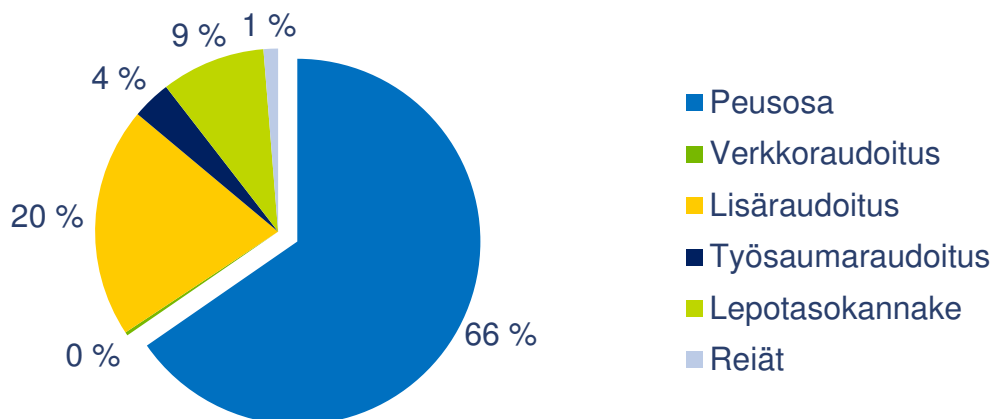
Muutos	Tyyppi	Ero	Eron syy
		€	
Verkkoraudoitus	B500K	-516,83	Erilainen laskentatapa. Toimittajan laskenta perustuu keskimääräiseen massamuutoksen neliöhintaan. Lisäksi poistuneet verkkoraudoitukset on laskettu eri kilohinnalla
Lisäraudoitus	A500HW	-456,81	Tyypikuvista laskettu rauditusmäärä eroaa hieman toisistaan: toimittajan tyypiraudoitus on massaltaan hieman pienempi, kuin opinnäytetyössä laskettu määrä. Massan muutos, eli lisäraudan määrä on suurempi toimittajan mukaan
Työsaumaraudoitus	TSA	-1391,25	Työsaumaraudoitteen määrä eroaa huomattavasti.
RVK 100		0,00	
Reiät		-31,90	Elementtitoimittajalla ylimääräinen reikä elementissä LK30305-3
	Yhteensä	-2396,79	

3.2.6 Elementtien hinnan muodostuminen

Elementtien hinnan muodostuminen on laskettu liitteessä 22. Opinnäytetyön raporttiosuuteen on poimittu kuvat 22–24 liitteen 22 laskennan tuloksista. Kuvista 20 huomataan, että 66 % kokonaishinnasta muodostuu elementtitoimittajan kanssa sovitusta neliöhinnasta. 21 % kokonaishinnasta tulee lisäraudoituksesta, 9 % lepotasokannakkeista, 4 % työsaumaraudoitteista ja 1 % rei'istä.

Laattaelementtien hinnan muodostuminen

keskiarvo

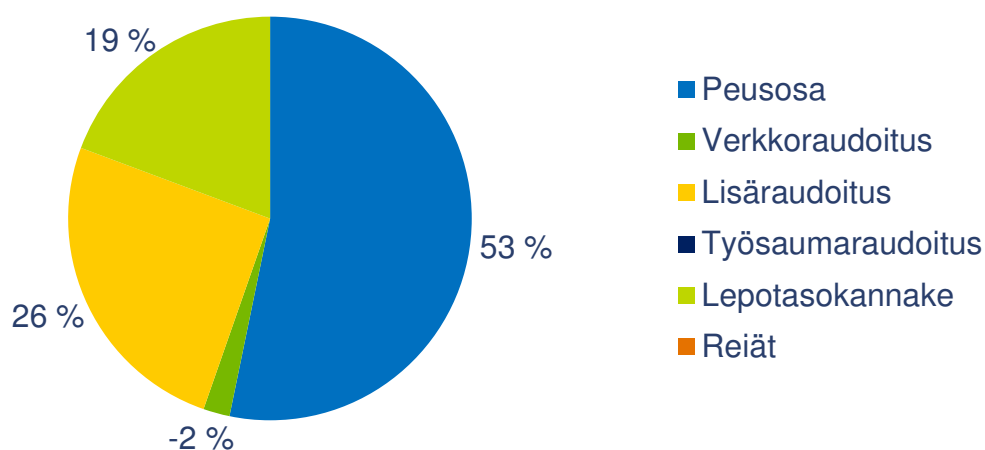


KUVIO 20. Kustannusylityksen jakautuminen elementeissä

Neliöhinnaltaan kolmen kalleimman elementin hinnan muodostumisperusteet näkyvät kuviossa 21. Kalleimmissa elementeissä 53 % kokonaishinnasta tulee perusneliöhinnasta. Lisäraudoituksen osuus hinnasta on 26 % ja verkkorauhoituksen 19 %. Verkkorauhoitemuutokset alentavat hintaa 2 %.

Laattaelementtien hinnan muodostuminen

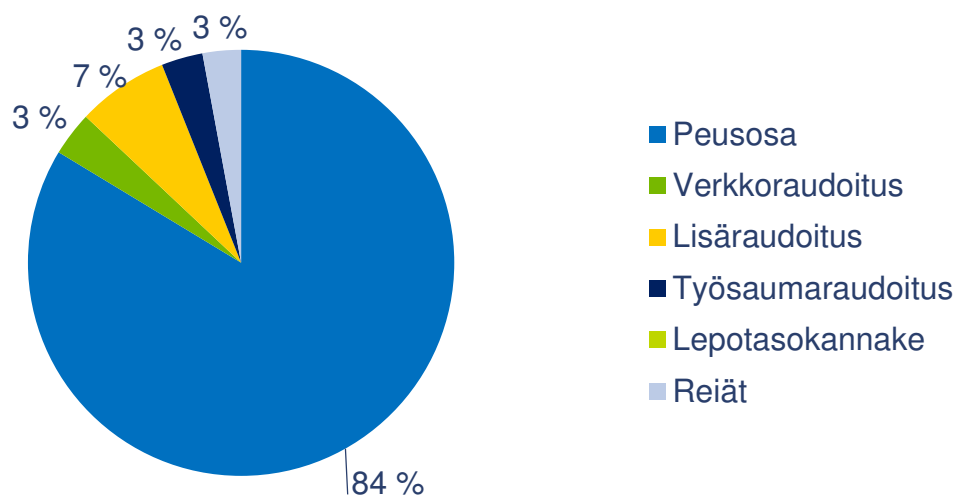
Neliöhinnaltaan kalleimmat elementit



KUVIO 21. Hinnan muodostuminen kalleimmissa elementeissä

Kuvio 22 esittää elementin hinnan muodostumisen kolmessa edullisimmassa elementissä. Kokonaishinnasta 84 % tulee perusosasta ja 7 % lisäraudoituksesta. Vähiten hintaan vaikuttavat reiät, työsaumaraudoitteet sekä lepotasokannakkeet, joiden kaikkien yksittäinen hintavaikutus on 3 %.

Laattaelementtien hinnan muodostuminen Neliöhinnaltaan edullisimmat elementit



KUVIO 22. Hinnan muodostuminen edullisimmissa elementeissä

3.2.7 Edullisimmat ja kalleimmat elementit

Edullisimpien ja kalleimpien elementtien kustannuslaskenta on tehty liitteessä 23. Liitteessä on tehty laskennat samanlailla kuin tyyppin L elementeissä. Vertailuun on poimittu vain kolme erilaista elementtiä, sillä hajonta tulosten välillä oli liian suurta. Pienemmällä otannalla saadaan tuloksiin hieman eroavaisuutta, jolloin niitä on helpompi vertailla.

Edullisimmissa elementeissä neliöhinnat ovat suuruudeltaan 109–140 % tavoitehinnasta, joten hinnoissa on ylitystä 9–40 prosenttia (taulukko 19). Keskiarvoisesti tarkasteltuna neliöhinta on 126 % tavoitteesta, eli ylitystä on 26 %.

TAULUKKO 19. Edullisimpien elementtien hinnan osuus tavoitehinnasta

	Toteutuneen hinnan ja tavoitehinnan ero
Elementti	%
LK31901-19	140 %
LK32001-20	127 %
LK32101-21	109 %
Keskiarvo	126 %

Edullisimpiin elementteihin ei ole tullut lepotasokannakkeita. LK32101 ei ole lepotasolaatta, ja kaksi muuta on sidottu rakenteisiin työsaumaraudoitteiden ja tartuntaterästen avulla. Kannakkeiden puuttuminen vähentää kustannuksia paitsi poistamalla kalliin varusteluosan, myös alentamalla merkittävästi lisäraudoitteen määrää. Tämä tekee näistä kolmesta elementistä edullisimpia LK-elementtejä.

Neliö hinnaltaan kalleimmat elementit ovat taulukossa 20. Neliöhinnat vaihtelevat 179–181 % tavoitehinnasta. Kalleimmissa elementeissä ylitystä on siis 79–81 prosenttia. Keskiarvo viidestä suurimmasta ylityksestä on 180 %.

Suuret kustannukset johtuvat lähinnä lepotasokannakkeista ja niiden aiheuttamista harjaterästankojen lisäyksestä. Lisäraudoitteiden ja lepotasokannakkeiden tuoma lisähinta on lähes puolet kalleimpien elementtien toteutuneesta kokonaisneliö hinnasta.

TAULUKKO 20. Kalleimpien elementtien hinnan osuus tavoitehinnasta

	Toteutuneen hinnan ja tavoitehinnan ero
Elementti	%
LK30010- -1	179 %
LK30305-3	181 %
LK30802-10	180 %
Keskiarvo	180 %

4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä tehdystä jälkilaskennasta selvisi, että L-tyyppin massiivilaatta-elementtien kustannusylitykset tulevat taulukossa 21 näkyvistä osa-alueista. Taulukossa on esitetty, kuinka suuri osuus osa-alueen kustannus on koko kustannusylityksestä. L-laatoissa suurimmat lisäkustannukset tulivat lisäraudoituksesta (45,8 %), rei'ityksistä (16,1 %) sekä betonin lujuusluokan muutoksesta (10,2 %). Lisäkustannukset johtuvat suunnitelmien tarkentumisesta, joka tapahtui sopimusneuvottelun jälkeen. L-elementtien raudoitusta ja lujuusluokkaa jouduttiin nostamaan, jotta kantavuus monimuotoisten elementtien kapeissa osuuksissa varmistettaisiin. Reiät sekä varusteluosat kuuluvat yksikköhintaisiin lisätöihin, joita ei ollut huomioitu tavoitekustannuksia laskiessa. Työssä tehtiin jälkilaskenta hankkeen yhden elementtitoimittajan toimituksesta. Laskennalla löydettiin syyt L-tyyppin elementtien kustannusylityksille.

TAULUKKO 21. L-tyyppin massiivilaattojen keskimääräiset kustannusylitykset

Muutos	Osuus kustannusylityksestä
	%
Lisäraudoitus	45,8 %
Reiät	16,1 %
Betonin lujuus	10,2 %
Sidontaosat	9,6 %
Kiinnytyslevy	8,7 %
Verkkoraudoitus	6,7 %
Työsaumaraudoitus	2,9 %
Yhteensä	100,0 %

Taulukossa 22 on esitetty kustannusylitykseen vaikuttavat tekijät LK-tyyppin massiivilaatoissa. Suurin osa kustannuksista johtuu lisäraudoituksesta (58,9 %) sekä lepotasokannakkeista (26,6 %). Lepotasokannakkeet vaativat ylimääräistä tankoraudoitusta, jotta varmistetaan laatan kantokyky. Lisäraudoituksesta suurin osa tulee lepotasokannakkeiden lähelle asennetuista harjaterästangoista. Lepotasokannakkeilla on suuri merkitys LK-laattojen kustannusylitykseen. Reiäkiä ja varusteluosia ei ole LK-elementeissäkään laskettu mukaan tavoitekustannuksiin. Molempien laattatyyppien kustannusylitykset johtuvat paitsi suunnitelmien tarkentumisesta, myös puutteellisesta tavoitekustannuksien arvioinnista.

TAULUKKO 22. LK-typin massiivilaattojen keskimääräiset kustannusylitykset

	Osuus kustannusylityksestä
	%
Lisäraudoitus	58,9 %
Lepotasokannake	26,6 %
Työsaumaraudoitus	10,0 %
Reiät	3,7 %
Verkkoraudoitus	0,9 %
Yhteensä	100,0 %

Opinnäytetyöhön poimittiin elementtityyppien joukosta neliö hinnaltaan kalleimmat ja edullisimmat elementit. Tämä vertailu tehtiin sen takia, että elementtien joukosta löydetään riskialttein elementit. Taulukkoon 23 on poimittu L-laattojen kalleimpien elementtien hinnan muodostumisen osatekijät. Kalleimpia elementtejä pidetään tässä työssä riskialttein elementteinä, sillä niissä on suurimmat kustannusylitykset. Lisäraudoituksen lisäkustannus on 19,7 % elementtien kokonaishinnasta. Se on enemmän kuin reiät ja varusteluosat yhteensä. Lisäraudoituksen tuoma kustannus on suurin tekijä kustannusylitykseen. L-typin elementit ovat pääasiassa portaisiin liittyviä massiivilaattoja. Näihin elementteihin lisättiin raudoitusta kapeiden osien sekä suurien aukkojen takia varmistamaan laatan kantavuus. Lisäksi hintaan vaikuttaa porrastasolaattojen sidontaosat. L-elementtien riskialttein elementit ovat monimuotoiset porrastasolaatat.

TAULUKKO 23. L-typin kalleimpien elementtien hinnan muodostuminen

	Osuus kokonaishinnasta
	%
Perusosa	62,2 %
Lisäraudoitus	19,7 %
Reiät	4,4 %
Betonin lujuus	4,0 %
Sidontaosat	3,3 %
Verkkoraudoitus	2,7 %
Työsaumaraudoitus	2,0 %
Kiinnytykslevy	1,7 %
Yhteensä	100,0 %

Taulukossa 24 on LK-tyyppin massiivilaattojen kalleimpien elementtien kokonaishinnan osatekijät. Riskialtteinmissä elementeissä lähes puolet kokonaishinnasta (46,7 %) tulee lisäraudoituksesta ja lepotasokannakkeista. Kuten työssä jo aikaisemmin todettiin, lisäraudoituksen määrä korreloi lepotasokannakkeiden käyttöön. Lepotasokannakkeet vaativat lisäraudoitusta ympärilleen, ja näin kasvattavat kokonaisraudoituksen määrää. Tulosten perusteella voidaan todeta, että LK-laattojen riskialtteinmmat elementit ovat lepotasolaattoja, jotka kiinnitetään lepotasokannakkeiden avulla.

TAULUKKO 24. LK-tyyppin kalleimpien elementtien hinnan muodostuminen

	Osuus kokonaishinnasta
	%
Perusosa	55,6 %
Lisäraudoitus	26,5 %
Lepotasokannake	20,2 %
Työsaumaraudoitus	0,0 %
Reiät	0,0 %
Verkkoraudoitus	-2,2 %
Yhteensä	100,0 %

Yksi kustannuslityssyistä on puutteellinen tavoitekustannusarviointi. Sopimusneuvottelujen yhteydessä laskettiin kokonaistavoitehinta elementtityypeittäin kertomalla neliömetrimäärä tarjotulla neliöhinnalla. Neliöhinta sisälsi ainoastaan tyyppikuvanmukaiset raudoitteet, jolloin neliöhinnan lisäksi tulee vielä varuste-
luosien, reikien sekä muiden lisä- ja muutostöiden muodostamat hinnat. Urakalaskentavaiheessa suunnitelmat olivat hyvin alussa. Hinta-arvio tehtiin alustavilla suunnitelmilla. Opinnäytetyössä määritettiin elementtien hinnanmuodostusperusteet, jotta niiden avulla voidaan tulevissa elementtikaupoissa arvioida lisähinnoiteltujen osa-alueiden hintavaikutus kokonaiskustannuksiin. Tämän työn hintavaikutus on likimääräinen arvio, jota voi käyttää suuntaa-antavana, jos tulevaisuudessa joudutaan tekemään elementtikaupat puutteellisilla suunnitelmilla. Tämän työn hintavaikutus pätee ainoastaan suuriin kohteisiin, sillä korkea torniosa muodostaa rakenteille erityisvaatimuksia kantavuuden varmistamiseen.

Taulukossa 25 on esitetty L-tyyppin massiivilaattojen kustannusten muodostumisperusteet. Työssä selvitettiin, että 79,2 % hinnasta muodostuu sovitusta neliöhinnasta ja loput 20,8 % lisäraudoituksista, rei'istä, betonin lujuusluokan muutoksesta sekä varusteluosista. Tulevissa hankkeissa hinta kannattaa arvioida niin, että olettaa sovitun neliöhinnan olevan vain 79,2 % todellisesta neliöhinnasta. Tällä tavoin voidaan varautua todellisiin kustannuksiin, eikä toteutuneet kustannukset tule yllätyksenä.

TAULUKKO 25. L-laattojen kustannusten muodostuminen

	Osuus kokonaishinnasta
	%
Perusosa	79,2 %
Lisäraudoitus	9,5 %
Reiät	3,3 %
Betonin lujuus	2,1 %
Sidontaosat	2,0 %
Kiinnytyslevy	1,8 %
Verkkoraudoitus	1,4 %
Työsaumaraudoitus	0,6 %
Yhteensä	100,0 %

Taulukossa 26 on esitetty hinnan muodostuminen LK-tyyppin elementeissä. LK-laatoissa oli suuremmat ylitykset kuin L-tyyppin elementeissä. LK-elementtien perusosa on opinnäytetyössä toteutetun laskennan mukaan 65,4 % kokonaisneliöhinnasta ja loput 34,6 % muodostuu lisäraudoituksesta, rei'istä sekä varusteluosista. LK-laatat ovat riskialttiimpia kuin L-tyyppin laatat. LK-laatat ovat lepotalaattoja ja L-laatat porrastasolaattoja.

TAULUKKO 26. LK-laattojen kustannusten muodostuminen

	Osuus kokonaishinnasta
	%
Perusosa	65,4 %
Lisäraudoitus	20,4 %
Lepotasokannake	9,2 %
Työsaumaraudoitus	3,4 %
Reiät	1,3 %
Verkkoraudoitus	0,3 %
Yhteensä	100,0 %

Kustannusylityksiä voidaan estää tai pienentää suunnittelun ja kaupantekoprosessin avulla. Urakkatarjouksen pyytämisen aikana suunnitelmat olivat kesken-eräisiä. Ihanteellisinta olisi, että suunnitelmat olisivat lähes valmiita tässä vaiheessa. Suunnitelmien valmius ei ole todellisuudessa kovinkaan todennäköistä, sillä rakentamisen aloittaminen lykkääntyy ja hanke pidentyy, jos suunnittelu- ja rakentamisvaihetta ei limitetä. Niinpä voidaan todeta, että suunnitteluvaiheessa olisi ehdottomasti tärkeintä kiinnittää huomiota tyyppikuvien piirtämiseen. L-elementtien tyyppikuvassa on esitettyä yhdensuuntainen leikkauskuva yksinkertaisesta laatasta. Todellisuudessa yksinkertaisia laattoja tuli L-elementteihin kolme, ja kaikkien muiden laattojen kustannukset ylittyivät. Kyseessä ei ollut tyyppikuva keskimääräisestä laatasta. Tyyppikuva olisi kannattanut piirtää monimuotoisemmasta laatasta, jossa näkyy aukko ja ulokkeita. Tyyppikuvaan on kirjattu varusteluosat tekstinä, eikä niiden mallintaminen kuvaan auttaisi estämään hinnan ylityksiä. Elementtitoimittaja tarjosi varusteluosat yksikköhintoina, joten ne laskutetaan toteutuneiden määrien mukaan.

Tyypin LK-elementeistä on piirretty kaksi eri tyyppikuvaa. Toisessa kuvassa lukee tarkenne: lepotasolaatta. Elementtien yläpuolella on molemmille tyyppikuville yhteinen tekstiosuus. Kaksi kuvaa antaa mahdollisuuden tulkita asioita eritavoin. Lepotasolaatat ja muut LK-laatat olisi voinut nimetä omiksi tyypeikseen, jolloin tulkinnanvaraisuutta ei olisi. LK-laattoihin tuli verkkorauδοittemuutoksia yhteensä 37 kappaletta, mutta toisaalta rauδοitteissa on lähes yhtä paljon halkaisijan koon kasvatuksia kuin pienentämisiä. LK-elementtien tyyppikuva on piirretty verkkorauδοitteiden kannalta keskimääräisestä elementistä, joten siinä on onnistuttu. LK-elementeissä suurin kustannusosa oli lepotasokannakkeiden vaatima lisäraudoitus. Tyyppikuvassa on maininta, että ”kannakkeen lisäraudoitus valmistajan mukaan”. Tyyppikuvaan olisi kannattanut piirtää harjaterästangoja kirjallisen maininnan lisäksi. Elementtitoimittaja on antanut tarjouksen niin, ettei ole sisällyttänyt kannakkeiden rauδοitusta neliöhintaan. Eli toimittaja on mahdollisesti tietoisesti jättänyt selvittämättömän epävarmuustekijän tarjouksestaan pois. Jos harjaterästangot olisi olleet piirrettynä tyyppikuvaan, niiden massat olisi laskettu tyyppikuvan perusraudoituksen massaan mukaan, jolloin lisäraudoituksen kustannusylitys ei olisi kasvanut näin suureksi.

Tuotantokuvat on piirretty eri leikkaussuunnista, lisäksi niistä selviää elementin mitat, varusteluosat sekä raudoitusten sijainti ja määrä. Tuotantokuvat ovat selviä ja yksiselitteisiä. Tyypikuvat on taas piirretty leikkauskuvana yhdestä suunnasta, joka jättää asioita tulkinnanvaraan. Tyypikuvat kannattaisi piirtää samanlaisina kaavioina kuin tuotantokuvatkin. Tällä tavoin rakennesuunnittelija määrittäisi tyypikuvan raudoitusmäärän täsmällisesti, eikä erilaisista tulkintavoista tulisi eroa kustannuksia laskiessa.

Elementtitoimittaja on jättänyt lepotasokannakkeiden lisäraudoituksen, varusteluosat ja rei'itykset pois tarjoamastaan kiinteästä neliöhinnasta. Kaikki muut, paitsi lepotasokannakkeiden raudoitus, on huomattu sopimusneuvotteluissa. Sopimusneuvottelussa olisi pitänyt varmistaa kirjallisesti, että lepotasokannakkeiden vaatimat raudoitteet kuuluvat tarjottuun neliöhintaan. Sopimusneuvotteluissa olisi hyvä sisällyttää varusteluosat kiinteään neliöhintaan, mutta luultavasti elementtitoimittajan tyyliin kuuluu pitää nämä osat erikseen hinnoiteltuna. Erillinen hinnoittelu on oikeudenmukaista molemmille, sillä määrät usein tarkentuvat urakan edetessä. Sopimusneuvottelussa olisi pitänyt kirjallisesti sopia betonin lujuusluokan muutoksen hinta niin, ettei mukana ole paksuutta. Tässä pöytäkirjassa hinta sovittiin ainoastaan 200 millimetriselle seinälle. Hinta olisi pitänyt antaa niin, että siitä pystyisi laskemaan tietynpaksuisen rakenteen muutuskustannuksen kertomalla sen osan paksuudella ja neliömetrimäärällä.

Toimittajan antamassa tarjouksessa lukee, että ”kuvat on toimitettava 8 viikkoa ennen toimituksien alkua”. Tämä on tulkinnanvaraista muutuskuvien hinnoittelua tarkastellessa. Tarjoukseen kuuluu muutuskuvien käsittelyä 10 % kaikista elementtikuvista. Epävarmuudenalaista on se, mitkä kuvat lasketaan muutoksuviksi. Tämän ehdon voi ymmärtää kahdella tavalla: kaikkien kuvien on oltava perillä kahdeksan viikkoa ennen ensimmäistä toimitusta tai tietyn yksittäisen toimituksen kuvat on oltava toimittajalla kahdeksan viikkoa ennen tätä yksittäistä toimitusta. Lähes kaikki muutuskuvien tuomat lisäkustannukset olisi saatu estettyä siten, että määrittäisi sopimusneuvottelussa kirjallisesti elementtikuvien täsmällisen käsittelypäivän. Nyt on määritetty ainoastaan viimeinen toimituspäivä, jolloin toimittaja voi alkaa käsitellä kuvia heti niiden saapuessa. Tällä tavoin sovittuna, elementtitoimittaja voi laskuttaa kuvat muutuskuvina, jos kuvat muuttu-

vat kuvien toimituksen jälkeen, mutta ennen sovittua kahdeksaa viikkoa. Urakasopimukseen voitaisiin kirjata kuvien aikaisin käsittelypäivä, jonka jälkeen muuttuneista kuvista voitaisiin vasta alkaa periä muutokuvienkäsittelyn lisähintaa. Lisäksi voisi tarkentaa, että päivä on sidoksissa jokaiseen yksittäiseen toimitukseen, eikä koko hankkeen ensimmäisen elementin toimitukseen. Ensimmäinen käsittelypäivä voisi olla esimerkiksi kymmenen viikkoa ennen yksittäistä toimitusta, jolloin siinä olisi kahden viikon varmuusaika ennen toimittajan määrittämää viimeistä toimitusaikaa. Tällä sopimuksella vältettäisiin suurin osa muutokuvien käsittelykustannuksista.

Aloituspalaveri ja mallielementtikatselmus sovittiin pidettäväksi, mutta niitä ei pidetty. Pitämättömyys vaarantaa laadun, sillä mallielementtikatselmuksessa usein varmistetaan laatutaso. Lisäksi tämä viestittää toimittajalle, että saa toimia melko vapaasti, eikä rakennusliikkeellä ole aikaa tai mielenkiintoa valvontaan. Aloituspalaveri olisi ollut hyvä pitää myös sen takia, että ennen palaveria tulleet muutokset olisi voitu kirjallisesti todeta viralliseen asiakirjaan. Tässä työssä muuttuneiden suunnitelmien aikataulu perustuu arvioon, sillä niistä ei ole juuriakaan kirjallista dokumentaatiota työssä esitettyjen asiakirjojen lisäksi.

Opinnäytetyössä ehdotetaan, että elementtien vastaanottotarkastusta varten tehtäisiin yksinkertainen valmis lomake yleisimpiin elementeissä esiintyviin laatupuutteisiin. Lomakkeesta olisi hyvä selvittää toimitusaika ja -paikka, vastaanottaja sekä havaitut laatupuutteet ja niiden aikatauluvaikutus. Lomake tulisi olla selkeä, jolloin sen täyttäminen olisi helppoa elementtikuorman vastaanoton yhteydessä. Tällä hetkellä laatupuutteiden kirjaaminen saattaa jäädä tekemättä kiireen takia. Lomake voisi toimia myös elementtitoimittajalle annettavana kirjallisena reklamaationa. Täsmällisen dokumentoinnin avulla voitaisiin urakan päätymisenkin jälkeen arvioida laatupuutteiden sekä kuljetuksen kustannusvaikutuksia toimituksen kokonaishintaan.

Taloudellinen loppuselvytys tehtiin suuntaa antavilla laskelmilla. Työssä todettiin, että tässä rakennusliikkeessä jälkilaskentaa ei tehdä kovin paljoa. Olisi kannattavaa, että jälkilaskenta-aineiston kerääminen aloitettaisiin jo urakan aikana. Jälkilaskenta-aineisto voisi noudattaa opinnäytetyön liitteiden mukaisia lasken-

taperiaatteita. Taloudellinen loppuselvitys olisi parempi pitää, jos rakennusliikkeellä olisi kattava ja selkeä laskemalla tehty selvitys toimituksen sisällöstä määrineen ja hintoineen. Tällä tavoin varmistettaisiin urakalle totuusperäinen loppusumma, kun rakennusliike pystyisi osoittamaan perustellut laskentatulokset toimittajalle. Loppuselvityksen sekä jälkilaskennan tekoa helpottaisi, jos rakennesuunnittelijalta saataisiin taulukkopohjainen määräluettelo kaikkien elementtien raudoitusten ja varusteluosien määristä. Työssä huomattiin, että toimittajan ilmoittamissa määrissä oli hieman poikkeavuutta todellisiin määriin verrattuna. Määräluettelon avulla pystyttäisiin helposti tarkistamaan toimittajan määrärausteisten töiden kustannukset, ja poistamaan ylimääräisten osien hinnat taloudellisen loppuselvityksen laskelmasta.

Opinnäytetyö rajattiin yhden elementtitoimittajan toimitukseen. Elementtitoimittajan toimitussisältöön kuului elementtityypit: L, LK, V, VK, VKK ja VPS. Työssä käsiteltiin elementtityypit L ja LK. Työ oli keskeytettävä näihin kahteen elementtityyppiin, sillä kaikkien elementtien käsittelystä olisi tullut liian laaja opinnäytetyö.

Jatkotutkimuksena voitaisiin käydä loput elementtityypit (V, VK, VKK ja VPS) läpi samoilla laskentaperiaatteilla. Sen jälkeen koko toimituksesta tulisi muodostaa taulukko, jossa on kootusti kaikkien elementtityyppien toteutuneet kustannukset sekä tavoitehinnat. Koosteeseen olisi hyvä lisätä myös kustannusvaikutus seuraavista tekijöistä: muutuskuvien käsittely, kuljetus sekä laatuutteet. Koosteen avulla voitaisiin arvioida urakan kokonaishintaa, eikä pelkästään elementtien materiaalikustannuksia. Vertailukelpoisen tuloksen saamiseksi, kannattaisi tutkia saman elementtitoimittajan toimituksia muihin kohteisiin sekä tehdä selvitys myös muista elementtitoimittajista.

Opinnäytetyön laskennassa on kaksi epävarmuustekijää, jotka aiheuttavat pientä vaihtelua tuloksiin. Ensinnäkin tyyppikuva on piirretty yhdestä leikkaussuunnasta, jolloin puolet rauditusmäärästä perustuu arvioon. Tyyppikuvien rauditusmäärän laskeminen riippuu tulkinnasta, joten siitä tulee hieman eroa laskijasta riippuen. Toisena epävarmuustekijänä on verkkoraudoitemuutoksien aiheuttamat massamuutokset. Massamuutokset on laskettu massojen muutosuhteen avulla, sillä alkuperäisen verkkoraudoitteen massaa ei tiedetä tarkasti.

Tyypiraudoituksen sekä verkkoraidoitteiden lasketut massat ovat kuitenkin hyvin lähellä todellisuutta, joten työtä voidaan pitää luotettavana. Opinnäytetyössä määritetyt kustannukset sekä hinnan muodostumisperusteet pätevät ainoastaan tähän tiettyyn toimittajaan, ja ainoastaan kohteeseen, jossa on korkea torniosa.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. 2012. Valmisosatoimitusten toimintamalli. pdf. Julkaistu 09.2012. Tulostettu 7.3.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-toimitus>

Kankainen, J. & Junnonen, J. 2015. Rakennuttaminen. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Liebing, R. 2011. Construction of architecture: from design to built. Hoboken: John Wiley & Sons.

Lindholm, M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Peikko. 2018. Tekninen käyttöohje, WELDA- ja WELDA Strong -kiinnityslevyt. pdf. Julkaistu 11.2018. Tulostettu 28.3.2019. <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/welda-kiinnityslevy/>

Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Ratu-kortisto. Rakennustieto Oy.

Ratu S-1227 Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus. 2010. Ratu-kortisto. Rakennustieto Oy

RICS. 2015. RICS professional guidance, Final account procedures. pdf. Julkaistu 14.12.2015. Tulostettu 4.4.2019. <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/construction/black-book/final-account-procedures-1st-edition-rics.pdf>

RT 10-10995 Valmisosarakentamisen tiedonhallinta, betonielementtirakentaminen. 2010. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Semtu. 2016. RVK- ja TSS-konsolit. pdf. 2016. Julkaistu 16.5.2016. Tulostettu 28.3.2019. <https://www.semtu.fi/fi/tuotteet/kiinnitysosat/lepotasokannakkeet-rvk-lepo-ja-tss>

Towey, D. 2013. Cost Management of Construction Projects. Chichester: John Wiley & Sons.