

Antti Kammonen

Betoniraidoitteiden muuntosuunnittelun hyödyntäminen ja vakiinnuttaminen asuinrakennustuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

23.4.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Kammonen Betoniraidotteiden muuntosuunnittelun hyödyntäminen ja vakiinnuttaminen asuinrakennustuotannossa 47 sivua + 9 liitettä 23.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Jouni Kalliomäki Myynti-insinööri Olli Vartio Kehityspäällikkö Mikael Diakhate
<p>Tämä työ tehtiin Celsa-Steelservicelle. Työn tarkoituksena oli kehittää muuntosuunnittelu-prosessia, löytää sopivat varastotuotteet muuntosuunnittelukohteille, ja tutkia muuntosuunnittelun hyödyllisyyttä yrityksille ja asiakkaille. Muuntosuunnittelulla tarkoitetaan rakennesuunnittelijan raudoitussuunnitelmien muuntamista Celsan tuotteilla toteutetuiksi raudoituskomponenteiksi. Koko muuntosuunnitteluprojekti on lähtenyt Celsan strategiasta panostaa betoniterästen jatkojalostukseen ja lisäarvon tuottamiseen asiakkaalle.</p> <p>Kirjallisen työn tarkoitus on esitellä muuntosuunnittelu-prosessi kattavasti ja arvioida sen hyötyjä ja haittoja. Kirjallisessa työssä on kiinnitetty huomiota loppulaskelmiin, joissa vertaillaan Celsan reinforce-ratkaisuilla toteutettujen kohteiden raudotteiden määriä samojen kohteiden raudotteiden määriin, jos ne olisi toteutettu irtoteräksillä tai irtoraidotteilla.</p> <p>Tutkimusmenetelminä insinöörityössä on asiakaskysely, jolla mitataan muuntosuunnittelun vaikutusta työmaan ajan ja resurssien käyttöön, asiantuntijahaastattelut, joilla tutkitaan erityisesti Pälkäneen tehtaalle parhaita mahdollisia toimintatapoja sekä vertaileva loppulaskenta.</p> <p>Muuntosuunnittelu ja pitkälle jalostetut raudoittekomponentit ovat raudoittamisen tulevaisuutta. Rakennesuunnittelijat eivät ole täysin hyödyntäneet valmiiden raudoittekomponenttien mahdollisuuksia, ja tämän takia raudoituspöytäsuunnitelmien muuntosuunnittelulle on suuri tarve.</p>	
Avainsanat	Raudoittaminen, paikallavalu, muuntosuunnittelu

Author(s) Title Number of Pages Date	Antti Kammonen Utilizing and consolidating alternative designing of reinforcements in residential building production 47 pages + 9 appendices 23 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Jouni Kalliomäki, Senior Lecturer Olli Vartio, Sales Engineer Mikael Diakhate, Development Manager
<p>This Bachelor's thesis was written for Celsa-Steelservice. The objective of this thesis was to develop the process of alternative designing of reinforcements and to investigate the usefulness of alternative designing for the company and the customers. The whole alternative designing project was started by the vision that Celsa should focus more on providing services and added value than on being just a steel distributor.</p> <p>The aim of the written work is to present the alternative designing process thoroughly and to assess its benefits and drawbacks. This thesis focuses on comparative calculations where the weights and prices of regular reinforcements and alternative pre-made components are studied and measured against each other. The study data was collected from real constructions that were made with alternatively designed components, and now re-engineered back to regular reinforcements for this thesis.</p> <p>The methods of study were customer survey, expert interviews and comparative calculations. The purpose of the customer survey was to measure the usefulness of alternatively designed reinforcing components for the construction site and to measure how this affects the speed of the construction project. Expert surveys were carried out especially to figure out the best practices for the Pälkäne factory.</p> <p>Alternative designing and highly refined components are raising efficiency on the construction site. Structural designers have not yet adopted this way of designing, and that is why there is a great demand for alternatively designed reinforcing plans.</p>	
Keywords	Reinforcing, cast-in-place, alternative designing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Reinforce-konsepti	3
2.1	Määritelmä	3
2.2	Tarkoitus	4
3	Asuinrakennusten holvien raudoittaminen	4
3.1	Yleiset ratkaisut Suomessa	4
3.2	Muutosuunnitteluvaihtoehdot	7
4	Muutosuunnitteluprosessi	10
4.1	Sopimusvaihe	10
4.2	Suunnitteluvaihe	11
4.3	Suunnitelmien hyväksyminen ja muutokset	12
4.4	Tilausten suunnittelu	12
4.5	Yhteistyö	13
4.6	Suunnittelutyön vaiheet	15
5	Muutosuunnittelutuotteet	17
5.1	Kaistaraudoitteet	17
5.2	Tukipukit	18
5.2.1	A-tukipukit	18
5.2.2	Dipatut tukipukit	19
5.2.3	Tulpatut tukipukit	19
5.3	Bamtec-mattoraidoitteet	20
6	Toteutettujen muutosuunnittelukohteiden loppulaskenta	21
6.1	Loppulaskenta	21
6.2	KOy Tampereen Kvartsi	22
6.3	Lappeenrannan Kiolo	25
6.4	HASO Vienanpuisto	27
6.5	Niemenrannan Nestorin Aarre	29
6.6	Tourulan Tehtaanruusu	31
6.7	Loppulaskennan tulosten arviointi	33

7	Käyttäjien kokemukset muutosuunnittelusta	35
7.1	Asiakaskokemukset	35
7.2	Muutosuunnittelun ajansäästövaikutuksen arvioiminen työmaan kannalta	38
8	Muutosuunnittelu raudoitetehtaan kannalta	39
9	Muutosuunnitteluprojektin tulokset	41
9.1	Varastotuotteet	41
9.2	AutoCad pohja	43
10	Muutosuunnitteluprojektin tulevaisuuden näkymät	44
10.1	Lopputulosten arviointi	44
10.2	Kehittämisideat muutosuunnittelulle	45
	Lähteet	47

Liitteet

Liite 1. Ronne Ukonahon haastattelu (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 2. Olli vartion haastattelu (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 3. Elina Syrjän haastattelu (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 4. Esimerkki asennuskuva

Liite 5. Kvartsin loppulaskenta (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 6. Kielon loppulaskenta (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 7. Vienanpuiston A ja B rappujen loppulaskenta (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 8. Nestorin Aarteen loppulaskenta (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 9. Tehtaanruusun loppulaskenta (Liite vain työn tilaajan käyttöön)

Lyhenteet

JIT	Just In Time. Teollisuudessa ja kaupassa käytetty johtamisfilosofia.
K	Raudoitustankojen jakoväli.
KV	Kaistaverkko.
RL	Raudoiteluettelo. Ohjelma, jolla listataan raudoitteita.
QR	Q-Armering. Celsan oma järjestelmä.
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte. Saksalainen varaston ja laskutuksen hallintaohjelmisto.
T	Tässä opinnäytetyössä raudoitustangon halkaisija millimetreissä.

1 Johdanto

Celsa-Steelservice on espanjalainen perheyriitys, joka on kasvanut Pohjoismaiden suurimmaksi raudoitetoimittajaksi. Celsa-Steelservice käyttää suurimmaksi osaksi metalliromua, joka sulatetaan ja valssataan raakaterästangoiksi ja kiepeiksi Norjassa. Suomessa Celsa on markkinajohtaja suurella osuudellaan raudoitusmarkkinoista, ja Celsa kykenee hoitamaan todella suuret raudoitushankkeet isolla kapasiteetillaan.

Suomeen teräsmateriaalit saapuvat laivalla Norjasta Åminneforsin sataman kautta. Suomessa Celsa-Steelserviceen kuuluu kolme tehdasta: Åminnefors, Espoo ja Pälkäne. Åminneforsin tehtaalla valmistetaan Bamtec-matot, irtoraudoitteita, hitsattuja raudoitteita ja taivutettuja verkkoja (tukipukit ja hakakorit). Espoon tehtaalla valmistetaan leikattuja ja taivutettuja, sekä hitsattuja raudoitteita.

Espoon tehtaan oheistuotevalikoima on pienin, mutta Åminnen varastolta saadaan sinnekin tilattua kaikki mahdolliset tuotteet nopeasti. Espoon tehdas myös kykenee valmistamaan raudoitteita kaikista tehtaista nopeiten juuri sen takia, että siellä on vähiten kaikkea oheistoimintaa, ja tehdas on kompakti ja moderni.

Pälkäneen tehdas on entinen Tammet, joka oli erikoistunut varastoverkkojen valmistamiseen. Varastoverkoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä verkkoja, jotka ovat 5 * 2.35 m kokoisia ja tehty yleisimmillä tanko dimensioilla ja jakoväleillä.

Celsa-Steelservicen Pälkäneen tehtaan tilausvalikoimaa halutaan kehittää. Samaan aikaan rakennusala kehittyi koko ajan, ja kiinnostus valmiiden sekä puolivalmiiden raudoituskomponenttien käyttöön kasvaa. Yrityksen missio on myydä myös enenevässä määrin asiantuntijuutta ja palveluita pelkän teräksen sijaan ja tarjota asiakkaille onnistunut ja nopea raudoituspaketti hankkeen alusta loppuun saakka. Rakennuttajille lisäarvoa tuottaa raudoituksen helppous ja valmiit asennuskuvat, jolloin asentaminen ei vaadi niin suurta ammattitaitoa, kuin ennen. Suomessakin monet raudoitusammattilaiset ovat jäämässä, tai jääneet jo eläkkeelle, eikä uudella polvella ole välttämättä yhtä lujaa osaamista raudoittamiseen. Valmiiden komponenttien asentaminen myös on totta kai nopeampaa, kuin irtoraudojen sitominen toisiinsa.

Verkkotehdasta muuntosuunnittelu hyödyttää, koska nykyisin erikoisverkkoja valmistetaan vain kohdekohtaisesti ja pieniä määriä, mikä ei ole aina taloudellisesti kannattavaa, ja se aiheuttaa useiden työvaiheiden lisääntymistä. Muuntosuunnittelukohteissa ideana on suunnitella kohde mahdollisimman pitkälle etukäteen ja saada koko talon raudoitteet kerralla siirrettyä tuotantoon, kun nykyisin on ollut tapana tehdä suunnittelua ja listausta yksi kerros kerrallaan. Kun koko talon raudoitteet ovat tiedossa etukäteen, tehdas voi valmistaa erikoisverkkoja pidempiä sarjoja, mikä on mielekkäämpää ja vähentää kustannuksia.

Opinnäytetyö tehdään Celsa-Steelservicelle ja siinä tutkitaan, kuinka paljon muuntosuunnittelu hyödyttää työmaita, mikä on optimaalinen sarjakoko erikoisverkoille, ja kuinka koko prosessi hoituu mahdollisimman tehokkaasti. Tutkimusmenetelmänä toimii laadullinen tutkimus, joka sisältää asiakaskyselyn, vertailevan loppulaskennan ja asiantuntijoiden kuulemisen.

Asiakaskyselyssä pyritään selvittämään, kuinka paljon muuntosuunnittelutuotteiden käyttö nopeuttaa työmaita ja kuinka Celsan toimintaa olisi parasta kehittää.

Vertailevassa loppulaskennassa lasketaan, kuinka paljon muuntosuunnittelu vaikuttaa raudoitteiden kilomääriin ja kuinka paljon se antaa työmaalle säästöjä tai aiheuttaa lisäkuluja. Siksi on tärkeää myös verrata kuluja muuntosuunnittelulla saatuun ajansäästöön, jota pyritään selvittämään työmailta asiakaskyselyllä.

Asiantuntijoiden kuulemisella tarkoitetaan Pälkäneen tehtaan henkilöstöä, joiden avulla pyritään saamaan selville optimaaliset sarjakoot erikoisverkoille, verkkoihin vaikuttavat reunaehdot ja sopivat toimintamenetelmät, että koko prosessi toimii hyvin.

Työn viitekehyksen luomiseksi esitellään myös Celsan toimintaa Suomessa, yleisiä holvien raudoitusmenetelmiä sekä muuntosuunnittelutuotteita. Opinnäytetyössä käsitellään muuntosuunnittelua asuinrakennusten kannalta, koska niissä on käytetty muuntosuunnittelutuotteita, ja ne ovat tarpeeksi pieniä ja joustavia kohteita.

2 Reinforce-konsepti



Kuva 1. reinforce -logo

2.1 Määritelmä

Celsa reinforce on Suomessa luotu markkinointinimi tuotteille ja palveluille, joiden tarkoitus on tarjota kokonaisvaltaisempaa palvelua asiakkaille. Konseptin alle kuuluvat muuan muassa raudotteiden muuntosuunnittelu, värikoodaus, listaustyö, Tekla-mallien tekeminen ja asennuskuvien tuottaminen asiakkaille. Tarkoitus on tarjota asiakkaille markkinoiden luotettavinta ja osaavinta palvelua raudoituksen osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että Celsan projekti-insinöörit osaavat ottaa kantaa, kuinka tietyn kohteen raudoitus olisi järkevää toteuttaa projektin kaikkien osapuolten kannalta, ja tuottaa asiakkaalle tarvittavat asennuskuvat Celsan tuotteista. Reinforce-konseptiin kuuluu myös logistiikan järjestäminen siten, että raudoitustyö ja muut työt sujuvat työmaalla mahdollisimman jouhevasti. Logistiikan osilta projekti pilkotaan järkeviin kokonaisuuksiin, joissa otetaan huomioon työmaan tarpeet raudoille, sekä kuljetuskaluston kapasiteetti. Yleensä tarkoituksena on saada raudotteet työmaalle päivää ennen raudoitustöiden aloitusta, ja sen kokoisina kuormina, jotka mahtuvat työmaalle. Sopiva kuorman koko on yleensä 1 - 2 kerroksen raudat kerralla, joista tulee painoa 15 – 30 tuhatta kiloa. Ei ole tehtaan eikä työmaan etujen mukaista toimittaa yhtenä päivänä työmaan pihaan koko kohteen rautoja, jotka veisivät kaiken vapaan tilan ja painaisivat 50 – 200 tonnia ja niitä joutuisi kuljettamaan useampi rekka.

Muuntosuunnittelutuotteet liittyvät vahvasti reinforce-konseptiin, koska niillä raudoitusta voidaan nopeuttaa ja yksinkertaistaa. Selkeästi reinforceen kuuluvat tuotteet ovat erikoisverkot, reunahakakorit ja Bamtec-mattoraudotteet.

2.2 Tarkoitus

Raudoitteiden muuntosuunnittelu ei kuulosta niin yksinkertaiselta ja myyvältä, kuin reinforce. Palvelun ymmärrettävyyden ja markkinoinnin takia sille tarvitaan iskevä ja muistettava nimi, jollainen markkinointitoimiston keksimä reinforce on. Celsan tavoitteena on myös pysyä innovatiivisena markkinajohtajana raudoituksen alalla, ja siksi reinforce-konsepti on löyhästi määritelty ja kokoajan kehittyvä. Olennaisin osa konseptia on kuitenkin palvelun kehittäminen raudoituksen helpottamiseksi asiakkaan kannalta yksinkertaisuuden ja asennuskuvien muodossa.

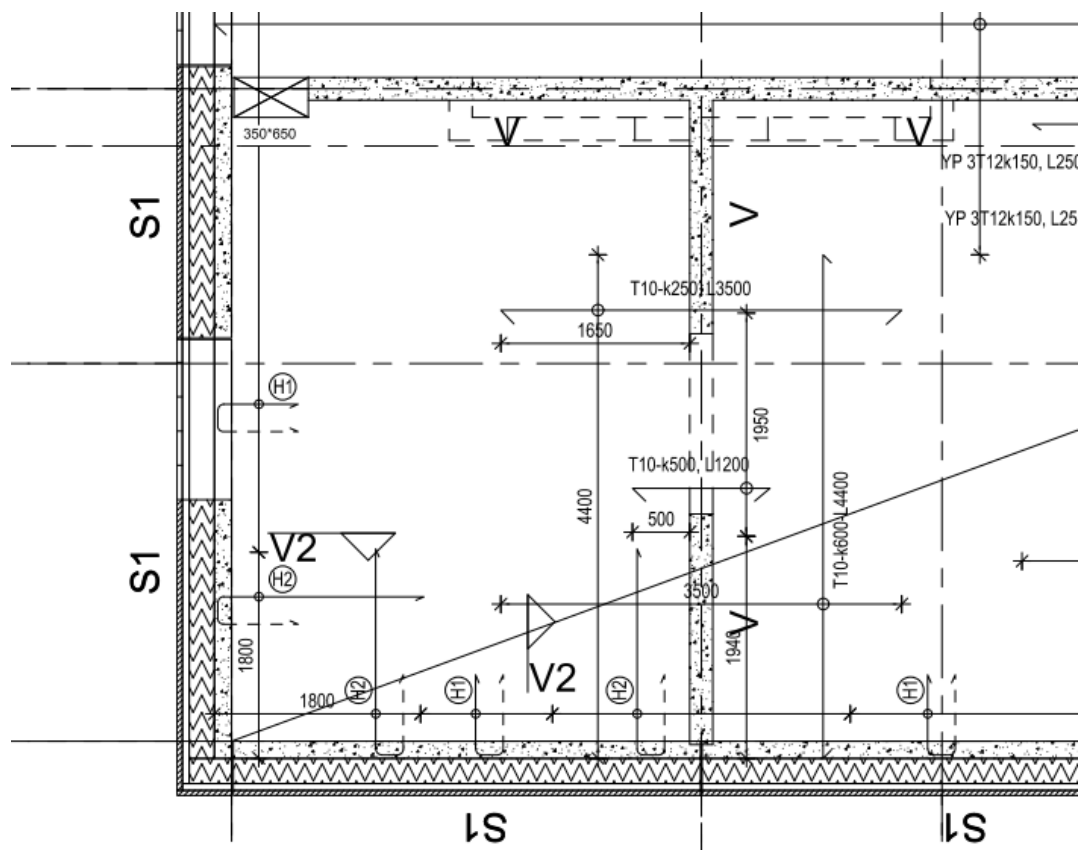
3 Asuinrakennusten holvien raudoittaminen

3.1 Yleiset ratkaisut Suomessa

Yleisimmät holvien rakentamistavat asuinkeuhustaloissa Suomessa ovat ontelolaatta-elementit ja paikallavaluholvit. Paikallavalu rakenteiden määrää koko Suomen asuinrakennustuotannossa on hankala arvioida, koska useissa rakennuksissa on myös elementeillä toteutetut seinät ja paikalla valetut holvit. Vuonna 2008 betonielementtien osuus rakennusten rungoista oli 74 % [2], mikä jättää paikallavalun osuudeksi 26%. Toisin sanoen 26 % osuus kaikista asuinkeuhustalojen rungoista raudoitetaan työmaalla, mikä jättää suuret markkinat avoimiksi nopeille ja helppoille raudoiteratkaisuille.

Paikallavaluholvien raudoittamista säätelee Eurokoodit SFS-EN1992-1-1 ja SFS-EN1992-1-2. Eurokoodien käyttöönotto Suomessa on tuonut monia asioita lisää, jotka tulee ottaa huomioon raudoittamisessa. Esimerkiksi jakoraudoitus ja useisiin paikkoihin tulevat minimiraudoitukset eivät olleet ennen pakollisia. Suurin osa paikallavalulaatoista asuinrakentamisessa on suunniteltu ristiin kantaviksi, eli laatan alapinnassa menee pääraudoitus molempiin suuntiin. Eurokoodissa EN 1992-1-1 ei esitetä kaavoja tai muuta opastusta momenttien ja leikkausvoimien laskemiseen. Standardissa on esitetty vain periaatesäännöt ja tarkempi soveltaminen esitetään muissa lähteissä, kuten oppikirjoissa [1, s. 1]. Myöskään ristiin kantavien laattojen momenttien laskentaa ei ole neuvottu eurokoodissa. Reunahakojen, ja laatan ympäri menevien rengasterästen tarpeellisuudesta ja pakollisuudesta on ristiriitaisia käsityksiä johtuen eurokoodien jättämästä tulkinnanvarasta.

Tyypillinen paikallavaluraudoitus holveihin toteutetaan irtotangoilla, varastoverkoilla, ja suuremmissa kohteissa raudoitetoimittajan valmiiksi taivuttamilla hakasilla. Tällainen menetelmä aiheuttaa paljon fyysistä työtä raudoittajille sitomisen ja varastoverkkojen nostelun muodossa. Suuripinta-alaisen holvin raudoittaminen varastoverkoilla on fyysisesti vaativa suoritus ja syö paljon resursseja. Myös holvia kiertävien reunahakojen sitominen irtoraidoista on hidasta ja kuluttavaa puuhaa. Yhden haan sitominen vaatii ainakin kaksi sidontapistettä. Jos hakoja on kahden metrin matkalla 11, tämä tekee jo 22 sidontapistettä. Kahden metrin mittaisen hakakorin asentaminen vaatii minimissään 2 sidontapistettä rengasteräksille, mikä on noin 10 kertaa nopeampaa irtohakojen käyttöön verrattuna.



Kuva 2. Esimerkki tyypillisestä raudoituskuvasta

Yllä olevaa kuvaa analysoimalla saadaan kuva, mistä osista asuinkerrostalon holvin raudoitus koostuu.

- Reunahaat, jotka näkyvät kuvassa laatan reunoilla ja ovat merkitty tunnuksilla H1 ja H2. Reunahakojen detaljit on esitetty tässä tapauksessa alkuperäisen kuvan oikeassa laidassa, jossa on kerrottu hakasten mitat ja dimensiot, sekä jakoväli.
- Yläpinnan pääteräkset, jotka näkyvät kuvan keskellä olevan tuen päällä, ja ovat merkitty tunnuksella T10-k250-L3500.
- Yläpinnan jakorauδοitus, joka on merkitty kuvassa tunnuksella T10-k600-L4400.
- Yläpinnan pääterästen lisäteräkset, jotka on merkitty kuvassa tunnuksella T10-k500 L1200.
- Kuvassa ei näy selkeästi alapinnan raudoitusta, mutta se on raudoitettu molempiin suuntiin T10-K250.

Reunahaat estävät laatan reuna-alueiden lohkeilua, ja joissain tapauksissa siirtävät pääraudoitukseen vaikuttavia voimia tuelle. Reunahakojen käyttö paikallavalulaatoissa on enemmänkin sääntö kuin poikkeus.

Laatan yläpinnan teräkset esiintyvät yleensä tuella normaalin paksuisissa laatoissa. Tuki aiheuttaa laatan yläpintaan vetovoiman ja taivutusmomentin, jota varten tarvitaan pääteräksiä.

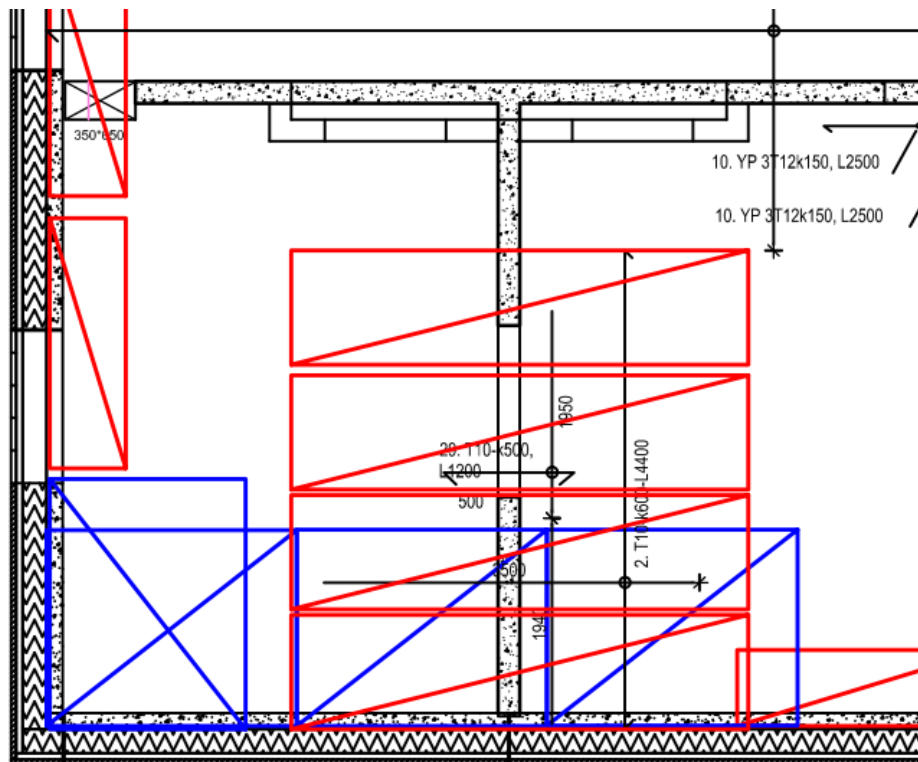
Yläpinnan jakorauδοitus on eurokoodin määräämä, ja sen tarkoitus on lähinnä estää kutistumisesta johtuvia halkeamia. Jakorauδοituksen minimimäärä on 20% pääterästen raudoitus pinta-alasta, ja maksimijakoväli suurimman momentin tai pistekuorman alueella K400 [3, s. 156].

Alapinnan raudoitus on yleensä kahteen suuntaan toimiva. Yleisin raudoitus on T10K200, mutta suuremman kokoluokan ja rasituksen alaisissa kohteissa näkee isompia dimensioita ja pienempiä jakovälejä, esimerkiksi T12-K150.

3.2 Muuntosuunnitteluvaihtoehdot

Muuntosuunnittelu tarjoaa vaihtoehtoja yleisesti käytössä olleille raudoitusmenetelmille, ja tuotteille. Kolme tärkeintä ja työmaata nopeuttavinta tuotetta ovat kaistaraudoitteet, Bamtec-mattoraudoitteet ja valmiit reunahakakorit.

Jakoraudoitus on tullut kuitenkin pakolliseksi yhteen suuntaan kantavienkin terästen kanssa. Jakoraudoitus hidastaa hieman tehokasta kaistaraudoitteiden käyttöä, koska joudutaan kuitenkin asentamaan kaistojen alle irtotankoja, eikä päästä käyttämään pelkkiä valmiita komponentteja. Osassa kohteissa pakollinen jakoraudoitus on voitu kuitenkin suunnittelijan suostumuksella korvata tukipukeilla ja kaistaverkkojen työteräksillä siten, että vaadittu jakoraudoitus määrä on täyttynyt. Jakoraudoituksen korvaaminen on auttanut säästämään raudoituksen kiloja.



Kuva 3. Esimerkki tyypillisestä muuntosuunnittelukuvasta

Yllä olevasta esimerkkikuvasta voidaan eritellä muuntosuunnittelukuville tyypillisiä piirteitä. Kuva on samasta kohteesta kuin normaalin raudoituksen esimerkkikuva.

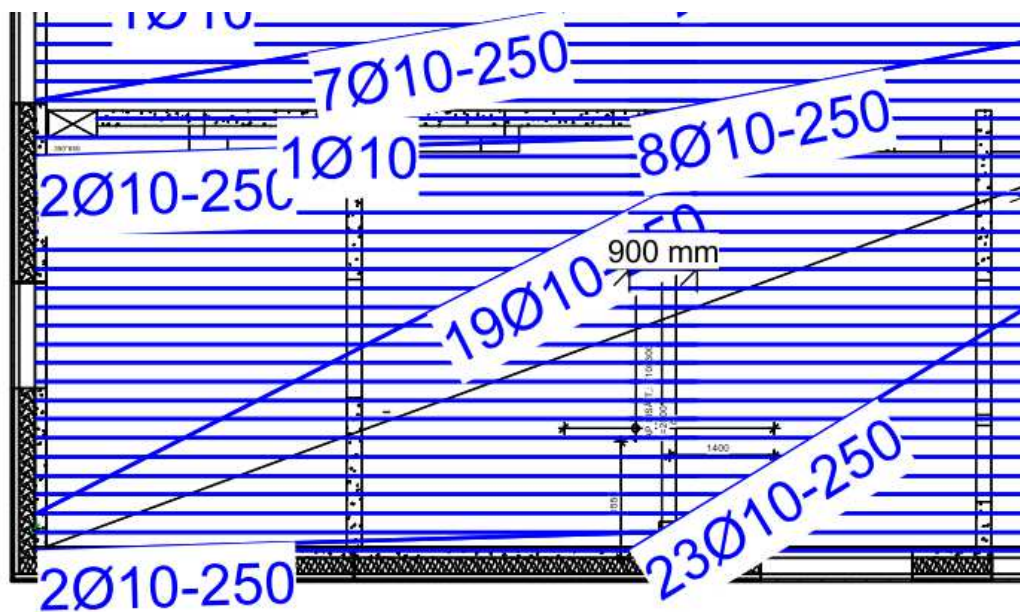
- Sinisellä ja punaisella merkityt reunahakakorit, jotka on esitetty laatan reunustoilla.
- Tuen päällä olevat verkkokaistat, jotka on myös esitetty punaisena laatikkona tässä kuvassa.
- Yläpinnan jakoraidoitus, joka on merkitty tässä kuvassa tunnuksella 2. T10-k600-L4400.
- Yläpinnan pääterästen lisäteräkset, jotka on merkitty kuvassa tunnuksella 20. T10-k500 L1200.
- Alapinnan raidoitus ei ole merkitty esitetyssä esimerkkikuvassa, koska se on toteutettu Bamtec-matoilla, jotka esitetään omissa piirustuksissaan.

Yleensä muuntosuunnittelukohteissa reunahaat pyritään muuttamaan hitsatuiksi ja taivutetuiksi reunahakakoreiksi, jotka ovat työmaan kannalta nopeampia asentaa, eivätkä häviä tai vioitu yhtä helposti kuin irtonaiset hakaset. Reunahakakorit esitetään muuntosuunnittelukohteiden asennuskuvina värikkäinä laatikkoina tyyppinsä mukaan. Korien tarkemmat detaljit esitetään asennuskuvien oikeassa reunassa olevassa listassa.

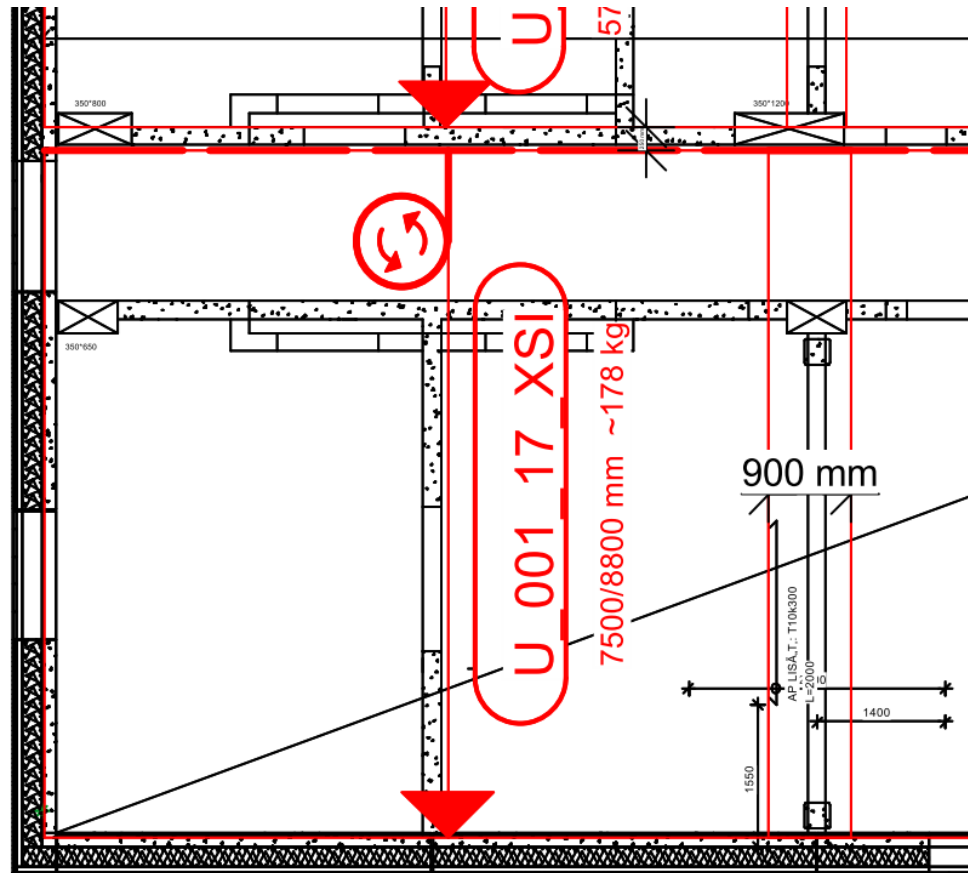
Tuen päälle tuleva yläpinnan pääraidoitus on korvattu verkkokaistoilla, jolloin se on nopeampi asentaa tukipukkien varaan. Verkkokaistat on asennuskuvissa esitetty niiden ulkomittojen mukaisina laatikkoina, jotka on värikoodattu kaistan tyyppin mukaan.

Tässä esimerkki kuvassa näkyy myös yläpinnan jakoraidoitus, kun sen poisjättämisestä ja korvaamisesta tukipukeilla ei oltu sovittu. Myös yläpinnan pääraidoituksen pienet lisäteräkset 20. T10-k500, L1200 ovat näkyvissä asennuskuvassa.

Muuntosuunnitelluissa kohteissa on yleensä järkevää tehdä alapinnan läpiraidoitukset Bamtec-matoilla. Bamtec-mattoraidoitteet suunnitellaan Bamtec easy-ohjelmalla. Ohjelma tuottaa kahdenlaisia asennuskuvia, *Overview*, tai *Roll-out*.



Kuva 4. Esimerkki Bamtec-Overview-kuvasta, jossa on esitetty yhden raudoitus suunnan pää-tankoryhmät



Kuva 5. Esimerkki Bamtec-Rollout-kuvasta, jossa mattojen rullaussuunnat ja keskinäiset limitykset ovat näkyvissä

Kaistaverkkojen käyttö alapinnan raudoittamiseen ei ole yhtä nopeaa, mutta kohteissa, joissa on paljon laatan korkeuseroja ja pieniä tasoja, tai erittäin paljon mattojen auki rullaamista estäviä holvista ylöspäin sojottavia tartuntatankoja, kaistaverkkojen käyttö alapinnan läpiraudoituksessa voi olla hyvä ja taloudellinen vaihtoehto.

4 Muuntosuunnitteluprosessi

4.1 Sopimusvaihe

Muuntosuunnittelu lähtee liikkeelle myyjän saadessa asiakkaalta normaalin paikallavurakenteisen kerrostalokohteen. Optimaalisessa tilanteessa kohteesta on jo tuotantokuvat valmiina ja asiakas kaipaa nopeinta ja kustannustehokkainta raudoiteratkaisua

Celsalta. Myyjä katsoo kuvat läpi ja sopii alustavat aikataulut sekä esittelee Celsa-Steelin tuotteet ja mahdolliset ratkaisut, kuinka raudoitus toteutetaan. Muuntosuunnittelukohteen onnistumisessa on erittäin tärkeää, että ratkaisut päätetään mahdollisimman pian kohteen aloituksesta. Asiakkaalle tulee kertoa, kuinka pääsemme parhaaseen raudoitusratkaisuun yksinkertaistamalla ja yhdistelemällä alkuperäisten suunnitelmien raudoituksia esimerkiksi tekemällä kaikki reunahakakorit yhdestä aiheesta, vaikka suunnittelijan kuvissa niitä olisi kolmekin erilaista. Ammattitaitoinen raudoitemyyjä huomaa kuvista jo tarjousvaiheessa tuotannon kannalta huonot raudoitustuotteet, kuten alaspäin taivutetut hakakorit, jotka aiheuttavat ongelmia lastauksen kanssa ja yhden ylimääräisen työvaiheen taivutuksessa. Yleensä asiakas ymmärtää, miksi joku suunnittelijan ratkaisu on hankala tuotannon kannalta ja on avoin muutoksille. Yleensä parhaat ratkaisut sekä työmaan että raudoitetehtaan kannalta ovat kaikkein yksinkertaisimpia, mikä vähentää myös virheiden mahdollisuutta työmaalla.

4.2 Suunnitteluvaihe

Celsan projekti-insinööri aloittaa työskentelynsä kohteen parissa kaupan varmistuttua ja tarvittavat kuvat ja tiedot saatuaan. Joissakin tapauksissa ollaan tehty, varsinkin uusien asiakkaiden, tai asiakkaiden, joilla ei ole kokemusta paikallavalurakenteista, muuntosuunnittelukuvat jo tarjousvaiheessa esimerkkikerroksesta, jolloin mahdollisia ratkaisuja on helpompi markkinoida ja selittää raudoitetoimittajan näkökulmaa kohteen toteutukseen. Esimerkkikuvien tekemisessä ennen kohteen varmistumista on tietenkin omat riskinsä. Asiakkaalla on mahdollisuus ottaa suunnitelmista hyvät ideat ja viedä ne kilpailevalle raudoitetoimittajalle.

Kuvat saatuaan projekti-insinööri tekee Bamtec-mattorautoitesuunnitelmat, muuntaa yläpinnan raudoitukset verkoiksi ja kaistoiksi ja tekee asennuskuvat, joiden määrä kerrosta kohden riippuu hyvin paljon kohteesta. Normaaliin kerrostalon kerrokseen tehdään asennuskuvat erikseen ainakin yläpinnan verkoista, reunahakakoreista, ja kaikista betoniteräksistä, jotka toteutetaan irtotangoista. Joihinkin kohteisiin myös alapinnan raudoitukset toteutetaan joko kaista- tai varastoverkoilla, jolloin piirretään asennuskuvat myös niistä. Jos alapinnan raudoitukset tehdään kaistaverkoilla, piirretään niistä kuvat molempiin suuntiin, etteivät kuvat näyttäisi liian sekavilta useiden erisuuntiin menevien värikkäiden verkkojen takia. Kuvia on piirretty enimmäkseen Autodeskin AutoCAD-

ohjelmistolla, joka on ainakin toistaiseksi paras työkalu rakennuspiirustusten muokkaukseen ja käsittelyyn.

4.3 Suunnitelmien hyväksyminen ja muutokset

Projekti-insinööri lähettää kuvapaketin Bamtec-matoista, kaistaverkoista, hakakoreista ja lisäteräksistä asiakkaalle ja suunnittelijalle ennen ensimmäisiä toimituksia työmaalle. Ideaalitulanteessa kuvat olisi hyvä saada lähetettyä jo neljä viikkoa ennen ensimmäisiä toimituksia, koska tehtaot toimivat *just in time* -menetelmällä ja varastot eivät ole hirveän riittävän suuret, jos tilauksia joudutaan valmistamaan liian lyhyellä toimitusajalla. Riittävä toimitusaika tehtaalle on noin kolme viikkoa, mikä mahdollistaa töiden suunnittelun ja resurssien varaamisen työmääräyksille. Asiakkaalle on hyvä jättää ainakin pari päivää aikaa kommentoida kuvia ja esittää omat muutosehdotuksensa. Koko muutosuunnittelun tärkein pointti on saada koko hankkeen tuotanto kerralla valmistukseen, mikä mahdollistaa myös paremman tuotantosuunnittelun, toimitusvarmuuden ja skaalauksen hyväksikäytön, koska samoja raudoitettuja tuotteita voidaan tehdä mahdollisimman pitkä sarja.

Tilajalle on syytä painottaa ripeää toimintaa muutosehdotusten ja lisätoiveiden kanssa. Kun kerrostalon tavarat laitetaan kerralle tuotantoon, niitä on hankala lähteä enää muuttamaan kesken prosessia. Suuri osa kerrostalon verkoista voi olla hitsattuna jo ensimmäisen kerroksen toimituksen vasta saapuessa työmaalle. Muutoksia voidaan tietenkin joutua tekemään, mutta se on hankalaa tietokonejärjestelmien jäykkyyden ja mahdollisesti jo valmistettujen tuotteiden takia. Muutokset ovat asia, johon tulee kiinnittää jatkossa huomiota ja pyrkiä painottamaan jo sopimusvaiheessa, että ne hankaloittavat toimitusaikataulua ja aiheuttavat lisäkustannuksia. Asiakkaalta ja mahdollisesti rakennesuunnittelijalta, hyväksynnän saatuaan, projekti-insinööri laittaa kerrostalon raudotteet tuotantoon.

4.4 Tilausten suunnittelu

Tuotantoon laittaminen on oma työvaiheensa, jossa raudoitetilaukset ja listaukset suunnitellaan Celsan sisäisessä QR-järjestelmässä. QR:ssä jokaisesta rakennuskohteesta luodaan oma projektinsa ja projekteille alaosia lähinnä kerroskohtaisesti. Esi-

merkiksi 1.krs, 2.krs... ja niin edelleen. QR sisältää irtoraudoitteiden ja verkkojen listaustyökalut, kaikki Celsan raudoitustuotteet ja mahdollisuuden tuoda listoja QR:ään muistakin ohjelmista, kuten Tekla Structuresista. Jokaisesta toimituksesta on luotava oma tilauksensa SAP:piin ja toimituspäivämäärä on annettava tekniikasta johtuen jo tässä vaiheessa. SAP:issa luotuihin tilauksiin voi myös jättää kuljetusta koskevat erikoisohjeet ja työmaan yhteystiedot, jotka tulostuvat kuormakirjoihin. QR:ssä raudoite- ja komponenttilistat kohdistetaan sapin tilausnumeroille ja siirretään SAP-järjestelmään. Tämän jälkeen tilaus tulee vielä käydä vapauttamassa SAP:issa, josta se vasta siirtyy raudoitetehtaan LP-järjestelmään. Tilausten luominen, vapauttaminen ja aikataulujen siirteleminen ovat aikaa vieviä toimia useiden järjestelmien rinnakkaisen käytön ja ulkomailla sijaitsevien palvelimien takia. Joskus tilauksen siirtämisessä järjestelmästä toiseen voi ilmetä ongelmia, missä koko tilaus voi jäädä roikkumaan jonkinlaiseen välitilaan, jolloin tehdas ei huomaa reagoida siihen. Tämä ongelma on huomattu, ja siihen on reagoitu kehittämällä automaattinen sähköposti-ilmoitus projekti-insinöörille, jos tilaus ei ole siirtynyt normaalisti SAP:ista LP:lle. Tällainen pieni parannus on estänyt jo useiden tilausten myöhästymisiä.

4.5 Yhteistyö

Toimitusaikataulu on hyvä saada selville ajoissa ja käytävä tehtaan kanssa läpi. Jos asiakkaan toivoma päivämäärä tilaukselle ei jostain syystä onnistu, on siitä hyvä tiedottaa jo aivan alkumetreillä eikä paria päivää ennen pyydettyä toimitusta. Raudoitteiden suunnittelun ja kuvien tekemisen jälkeen projektin loppu on projekti-insinöörin kannalta enää päivämäärien muuttelua ja juoksevien asioiden hoitamista. Joskus asiakkaalla herää kysymyksiä kuvista tai toimituksista yleensäkin. Niistä keskustellaan asiakkaan kanssa tai käydään työmaalla. Työmaakäynnit ovat muutenkin muutossuunnitteluprojektien kannalta hyvä asia, koska niillä luodaan luottamusta asiakkaan ja toimittajan välille, sekä saadaan myös aitoa käyttäjäpalautetta asiakkaalta.

Projektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että molemmat osapuolet hankkeessa tekevät yhteistyötä, eivätkä ajattele olevansa toista osapuolta vastaan. Projekti-insinööri osaa tehdä oikeanlaiset suunnitelmat ja raudoitusratkaisut, kunhan asiakas kertoo omat erityistoiveensa ajoissa ja selkeästi. Esimerkiksi Bamtec-mattojen sijoittelu ja koko, sekä mahdolliset työsaumojen paikat ja raudoitukset on tärkeä saada tietoon jo

heti projektin alussa, jolloin työmaa ei pety saamiinsa raudoitteisiin. Näin hyvällä yhteistyöllä on edellytykset jatkua koko projektin ajan.

Projekti-insinööri ja rakennusurakoitsija eivät ole ainoat osapuolet raudoitusprojektissa, myös raudoitetehtas ja logistiikkafirma ovat avaintekijöitä. Muuntosuunnitteluprosessi ja kohteet asettavat raudoitetehtaan ja logistiikan aivan uudenlaisten haasteiden eteen. Erityisesti Pälkäneen verkkotehtas on valmistanut enemmän ja useamman mallisia verkkoja kuin on aikaisemmin totuttu. Verkkojen ja tukipukkien valmistukseen kuulu useampia työvaiheita kuin suorien tankojen valmistukseen, mikä hankaloittaa mahdollisia muutoksia tilausten sisältöön tai aikatauluihin: Kun koneet on käynnistetty valmistamaan pitkää verkkosarjaa, niiden pysäyttäminen juuri tulleen pikatilauksen takia olisi kannattamatonta ja suuritöistä. Kuljetusten onnistuminen ajallaan on haaste tehtaalle ja työmaalle. Työmaalla haastavia tekijöitä ovat tilanpuute, aikataulun nopeutuminen tai venyminen, sekä sääilmiöt. Raudoitteita ei voi seisottaa pihalla vuosikausia niiden laadun kärsimättä ja raudoitteet vievät paljon tilaa, mikä voi olla este muiden rakennustuotteiden varastoinnille. Kuljetusten järjestäminen helpottuu, kun tiedetään asiakkaan etenemisnopeus ja mahdolliset työmaalle sopivat toimituspäivät etukäteen. Joskus tapahtuu jotain yllättävää, esimerkiksi rekasta puhkeaa rengas, jolloin myös tärkeintä ilmoittaa tapahtuneesta työmaalle mahdollisimman nopeasti, ettei siellä mahdollisesti seisoeta miehiä ja nostinlaitteita turhaan.

Irtoraudoitteiden käyttö mahdollistaa teoriassa nopeamman toimitusaikataulun ja muutosherkkyden, mutta nopea tilausaikataulu ei paranna toimitusvarmuutta ja kokonaisytyytyväisyyttä. Muuntosuunnitteluprosessiin kuuluu olennaisesti asiakkaan palveleminen ja työmaan kannalta helpoimman ja kustannustehokkaimman raudoitusratkaisun löytäminen. Valmiiden komponenttien käyttäminen mahdollisimman monessa raudoitusvaiheessa ja raudoituksen yksinkertaistaminen, sekä asennustyötä helpottavien asennuskuvien saaminen, nopeuttavat työmaata niin paljon, että valmiiden komponenttien hieman kalliimpi hinta koetaan sen arvoiseksi.

Muuntosuunnitteluprosessi on uusi ja kehittyy kokoajan. Kaikki onnistumiset ja epäonnistumiset opettavat jotakin, minkä avulla prosessia voidaan parantaa. Suurimmat ongelmat eivät esiinny tuotteiden ja muuntosuunnittelukuvien laadussa, vaan kommunikaatiovaikeuksista tilaajan ja toimittajan välillä, erityisesti suunnitelma- tai aikataulumuutoksista. Projekti-insinöörin rooli on toimia yhteyshenkilönä kaikkien osapuolten välillä ja löytää paras ratkaisu kaikille. Raudoitusasioista ymmärtävä, ja muuntosuunnit-

telusta kiinnostunut rakennesuunnittelija on myös tärkeä projektin onnistumisen kannalta. Tärkeää on, että suunnittelija on avoin pienille muutoksille raudoituksen toteutuksessa, esimerkiksi juuri hakakorien mallin suhteen. Yleensä ottaen erikoiset, kokeilevat ja normaalista poikkeavat raudoituskuvat ja raudoitusratkaisut ovat huonoja kohteita muuntosuunnittelun, raudoitevalmistajan ja raudoittajan kannalta.

4.6 Suunnittelutyön vaiheet

Muuntosuunnitteluprosessin ajallisesti eniten työtä vaativa osuus projekti-insinöörille on muuntosuunnittelukuvien tuottaminen ja Bamtec-raudoitemattojen suunnittelu. Suunnitelmien toteuttaminen on kuitenkin nopeutunut ajan myötä jokaisen projekti-insinöörin osalta, kun on opittu käyttämään enemmän automatisoituja pohjia kuville ja tekemään piirtämisvaiheessa monet asiat vähemmällä vaivalla. Projekti-insinöörien taitojen ja mahdollisimman automatisoitujen muuntosuunnittelupohjien tekeminen ja parantaminen tulevat nopeuttamaan kohteen raudoitusten suunnittelun ja sen listaamisen tuotantoon ainakin melkein yhtä nopeaksi, kuin perinteinen kuvista käsin listaaminen. Samalla tuotetaan asiakkaalle kuitenkin paljon enemmän lisäarvoa ja ajansäästöä. Muuntosuunnitteluun käytettävät ohjelmat ja niiden mahdolliset lisäosat tulevat tekemään kuvia piirrettäessä jo valmiin listauksen käytetyistä raudoista ja valmiskomponenteista. Tämä nopeuttaa kuvien piirtämistä ja raudoitteiden tekotietojen syöttämistä tietokoneelle. Kuvien muotoileminen ja asettelukin on mahdollista toteuttaa automaattisesti. Tämä säästää projekti-insinöörin työtä huomattavasti. Jossain vaiheessa muuntosuunnittelu saattaa olla mahdollista jo rakennesuunnittelijan natiivimalliin Tekla Structuresissa, mutta tämä on vielä kaukaista. Tällä hetkellä kuvat tehdään AutoCAD-ohjelmalla, joka on selkeästi nopein ja helpoin vaihtoehto.

Kun muuntosuunnitteluprojekti alkoi syksyllä 2015, Celsa-Steelillä ei ollut vielä käytössä mitään vakiintuneita esitysmuotoja tai kuvapohjia, ja kuvien esitystavassa oli suuria poikkeamia kohteittain. Tämä ei varsinaisesti haitannut asioita, mutta uuden kohteen ensimmäisten kuvien aloittaminen oli hankalaa, kun piti kehittää aina uusi muotoilu ja raudoitteiden listaustavat. Pikkuhiljaa kuvien yleinen malli alkoi yhtenäistyä, ja otettiin käyttöön yleinen CAD pohja, jossa oli valmiit tulostusasetukset, nimiöt, fontit ja mittaviivat valmiiksi säädettynä. Valmiit pohjat ovat luoneet työhön myös kiintopisteen johon tarttua, ja kuvien tekeminen sujuu joutuisammin. Bamtec-mattojen suunnitteluohjelma pystyy käyttämään AutoCAD:in .dxf tallennusmuotoa, josta saadaan pohjakuvat matto-

jen suunnitteluun. Mattojen luominen Bamtec-ohjelmassa on helppoa, mutta hidasta ohjelman kankean käyttöliittymän takia, joka perustuu lähinnä numeroiden syöttämiseen käsin. Ohjelmasta ei löydy kunnollista aluevalintaa, vaan se perustuu yhteen nurkkapisteeseen, jonka jälkeen tankoryhmiä aletaan syöttää manuaalisesti. Bamtec-matot ovat käteviä ja taipuvat moneen, joskin reikien tekeminen niihin voi olla välillä hankalaa, koska mattojen hitsauspantojen etäisyys on vakio. Lisäksi jokaisen tangon tulee olla kiinni vähintään kahdessa hitsauspannassa. Muuntosuunnitteluprosessissa seuraava askel on yhdistää kaista- ja matoraudoitteiden suunnittelu saman ohjelman alle, jolloin koko projekti voitaisiin viedä selkeämmin ja nopeammin loppuun. Kokonaisuus pysyisi paremmin hallinnassa, eikä rautoja jäisi listaamatta eri ohjelmien takia. Saman ohjelman käyttäminen mahdollistaisi myös koko kohteen raudoitelustauksien laittamisen kerralla tuotantoon, mikä myös vähentäisi projekti-insinöörin ajankäyttöä. Koko projektin suunnittelukuvat voisi myös tulostaa kerralla, ja matoraudoitteiden ja muiden tuotteiden asennuskuvat olisivat mahdollisimman yhtenäisiä ja keskenään yhdisteltävissä.

Raudoituskohteen valmistuttua, tai jo sen aikana, on hyvä kysyä työmaan mielipidettä koko muuntosuunnittelujärjestelmästä ja raudoitetoimitusten onnistumisesta. Monet asiat, joita ei ehkä tule itse ajatelleeksi selviävät parhaiten työmaapalautteita kuuntelemalla, koska loppujen lopuksi vain työmaa tietää, mikä auttaa heidän projektinsa onnistumisessa. Asiat, kuten valmiiksi tulostetut kuvat tai kuvien vieressä oleva lista asennettavista teräksistä positionumeroineen ovat asioita, joita työmaat todella arvostavat, ja joilla niille voidaan tuottaa sellaista lisä-arvoa, jota ei muilta raudoitetoimittajilta saada. Celsa-Steelservicen visioon kuuluu juuri palvelun tuottaman lisäarvon myyminen pelkkien raudoitteiden sijaan.

Lyhyesti sanottuna muuntosuunnitteluprosessiin kuuluu hyvien ennakkotietojen hankkiminen ja yhteisymmärryksen saavuttaminen raudoiteratkaisuista ja toimitusaikatauluista, muuntosuunnittelukuvien tuottaminen ja lähettäminen asiakkaalle ja rakennesuunnittelijalle, raudoitteiden suunnitteleminen ja listaaminen tuotantoon, logistiikan ja juoksevien asioiden hoito ja mahdollisten loppuselvitysten ja asiakas palautteiden kerääminen. Muuntosuunnitteluprosessi on muotoutunut ja kehittynyt projektin aloittamisesta. Inhimillisten virheiden välttäminen ja kaikkien työvaiheiden mahdollisimman pitkälle automatisoiminen auttavat prosessin kehitystä ja parantamista.

5 Muuntosuunnittelutuotteet

5.1 Kaistaraudoitteet

Kaistaraudoitteet ovat raudoituskomponentteja, joissa on yhteen suuntaan toimivat pääteräkset ja poikittaissuuntaiset työteräkset, jotka ovat yleensä 800 millimetrin jaolla, eivätkä ole tarkoitettu toimiviksi teräksiksi. Yleisesti asuinrakennuksissa esiintyvissä yläpinnan raudoitteissa on huomattavissa paljon yhteneväisyyksiä. Suurin osa yläpinnan raudoituksesta sijaitsee tukien päällä ja on noin 3-5 metrin mittaisia T10-tankoja 200- tai 250 millimetrin jaolla. Raudoitus tukien päällä on yksinkertainen, mutta tankojen sitominen irtotangoista on hidasta ja työlästä. Kaistaraudoitteet helpottavat asennustyötä ja ovat parempia käsitellä, kuin irtoteräkset, kun samalla työmäärällä saa sidottua 5-7 tankoa kerrallaan. Kaistat eivät myöskään ole kovin raskaita, koska niiden leveys pyritään rajoittamaan vähän yli metriin käsittelyn ja logistiikan takia. Kaistaraudoitteiden paino pyritään pitämään noin 20–40 kilossa, jotta yksi mies pystyisi nostamaan ja asentamaan niitä.

Kaistaraudoitteet valmistetaan Pälkäneen verkkotehtaalla, jossa on käytössä kaksi erikoisverkkojen tuotantolinjaa. Osa tuotantokapasiteetista täytyy käyttää myös varastokokoisten verkkojen valmistamiseen. Kaistaverkkoja on myös valmistettu varastoon tiettyjä kokoja, mikä nopeuttaa niiden toimittamista ja projekti-insinöörien listaustyötä. Verkkojen kokoa rajoittaa kuljetusautojen lavan leveys, minkä takia on optimaalista valmistaa noin metrin tai vähän leveämpiä kaistoja, jolloin lavalla mahtuu kaksi pinoa vierekkäin. Kuljetusrekkojen lavan pituus on 12 m, mikä osaltaan rajoittaa verkkojen pituutta. Tämän pituiset verkot olisivat kuitenkin erittäin hankalia käsitellä eikä sellaisia valmisteta. Yleisimmät verkkojen pituudet ovat 3-5 metriä. Tämän mittaisia rautatankoja kerrostalojen paikallavalu holvien yläpinnoissa esiintyy. Tällaiset kaistaraudoitteet myös pysyvät järkevän painoisina ja helppoina siirrellä.

Kaistaraudoitteiden valmistamisessa on joitakin reunaehtoja, jotka liittyvät hitsaustekniikkaan. Hitsattavan tangon tulee olla ainakin 25 mm päässä toisen tangon päästä, jotta kone pystyy tekemään hitsauksen. Lähinnä työteräkset pitävät kaistaverkkoa kassassa ja niissä käytetään pienempää dimensiota kuin itse pääteräksissä. Yleensä työteräkset on hitsattu 8 millin tangosta 800 mm:n jaolla.

5.2 Tukipukit

Paikallavaluholvien yläpinnan teräkset täytyy saada jollain tavalla oikeaan korkoonsa, mitä varten tukipukit on kehitetty. Celsa-Steelservicen valikoimiin kuuluu kolme erilaista mallia valmiille tukipukeille. Kaikkia malleja on saatavissa usean korkuisina.

5.2.1 A-tukipukit



Kuva 6. A-tukipukki

A-tukipukit ovat 5 metrin mittaisia valmiiksi hitsattuja komponentteja, jotka tulevat raudituskerrosten väliin ja tukeutuvat alapinnan teräksiin. A-tukipukit ovat hyviä maata vasten valettaessa, koska mikään osa tukipukista ei pääse koskettamaan pohjaa ja painautumaan syvemmälle routaeristeen myötäämisen takia.

5.2.2 Dipatut tukipukit



Kuva 7. Dipattuja tukipukkeja pinossa

Dipatut tukipukit ovat 2 metrin mittaisia ja ne valmistetaan Pälkäneen verkkotehtaalla taivutetusta verkkoaihiosta. Pukin taivuttamisen jälkeen sen jalat dipataan sulaan muoviin, jolloin niihin muodostuu kestävät tulpat. Muovitukset eivät kuitenkaan ole ikuisia, ja muutamien kuukausien jälkeen muovit saattavat ruveta halkeilemaan. Tämä on suurin syy sille, ettei tukipukkeja ole tehty varastoon valmiiksi suuria määriä. Tulppien mahdollista kestävyysaikaa tulisi tutkia ja määrittää optimaalinen varastointiaika tukipukeille.

5.2.3 Tulpatut tukipukit

Ovat muuten samanlaisia, kuin dipatut tukipukit, mutta näiden jalkoihin pujotetaan pieni muovitulppa. Tulpattuja pukkeja valmistetaan Äminneforssin tehtaalla, koska siellä ei ole sulamuoviallasta, jossa pukien jalat voitaisiin dipata. Tulpattujen tukipukkien tulpat myös irtoavat helpommin kuin dippaamalla tehdyt muovit.

5.3 Bamtec-mattorautoitteet



Kuva 8. Bamtec-matto holville levitettyinä

Bamtec-mattorautoitteet valmistetaan Celsa-Steelservicen Åminneforsin tehtaalla yksinoikeudella Suomessa. Bamtec-matot muodostuvat ohuisiin peltivanteisiin hitsatuista rautoitetangoista. Bamtec-mattoihin voi Bamtec-hitsauskoneen sallimissa rajoissa tehdä kaikenlaisia aukkoja, muotoja ja luseerauksia. Matoissa käytetyt tangot voivat olla halkaisijaltaan 10 millistä ylöspäin, ja maton leveys, eli tankojen pituus, voi olla maksimissaan 14 metriä. Mattojen pituuden suhteen ei ole selkeää rajoitusta, mutta yli tuhannen kilon rautoitematot alkavat olla jo erittäin hankalia käsitellä.

Bamtecit suunnitellaan käyttäen AutoCAD:in lisäosaa SofiCAD:ia tai BAMTEC easy -ohjelmaa.

6 Toteutettujen muuntosuunnittelukohteiden loppulaskenta

6.1 Loppulaskenta

Celsan ja asiakkaiden kannalta on mielekästä saada tietää muuntosuunnittelun vaikutus raudan menekkiin ja mahdollinen vaikutus kohteen hintaan. Loppulaskenta toteutettiin laskemalla muuntosuunniteltujen raudituskohteiden rauditus uudestaan alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Alkuperäisten suunnitelmien kilomääriä voidaan verrata muuntosuunniteltujen kohteiden kilomääriin ja saada selville kuinka paljon muuntosuunnittelun avulla säästettiin kiloissa, tai kuinka paljon alkuperäisten suunnitelmien kilomäärät lisääntyivät. Loppulaskentaan on valittu viisi hieman erilaista kohdetta, jotta voitaisiin arvioida erilaisten rauditusratkaisujen kannattavuutta. Laskelmissa ei ole otettu huomioon oheistuotteita, kuten tankovälikkeet, eikä raudotteita, jotka eivät suoranaisesti liity muuntosuunniteltuun paikallavaluholviin, kuten vaikka perustusten raudotteet, taikka pystysaumateräkset.

Laskenta on toteutettu käyttämällä RL 3.1 ohjelmaa, joka on Celsa-Steelservicellä yleisesti käytössä Suomessa. Nopein tapa laskea kokonaisen kerrostalon holvin raudat on avata alkuperäiset suunnitelmat AutoCadissa ja poistaa alkuperäisestä kuvasta rautoja sitä mukaa, kun listaa niitä RL-ohjelmaan.

The screenshot shows the RL 3.1 software interface. The main window displays a table with columns for 'Kuva', 'Tyyppi', 'Nro', 'D mm', 'Kpl', 'r', 'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'u', 'v', 'x', 'y', 'Huom.', 'L (mm)', 'dL (mm)', and 'Yht. kg'. The table contains 14 rows of data for different reinforcement types. Below the table, there are several input fields and dropdown menus for project settings, including 'Teräslaatu' (A500HW), 'Projekti' (Kvartsi), 'Käsiteltävän luettelon yhteenveto', 'Teräsmenekki (kg): 7161', 'Osa' (1krs katto), 'Alue' (AP), 'Suunnittelija', 'Liittyy piir.', 'Tarkastaja', and 'Luettelo nro'. At the bottom, there are status bars for 'Sivu 1 (3)', 'Luettelo 2 (5)', 'Käyttökielien kieli: FIN', 'Luettelon kieli: FIN', 'Luettelon tyyppi: FUNDIA', and 'Normi: FIN/B4-2000'.

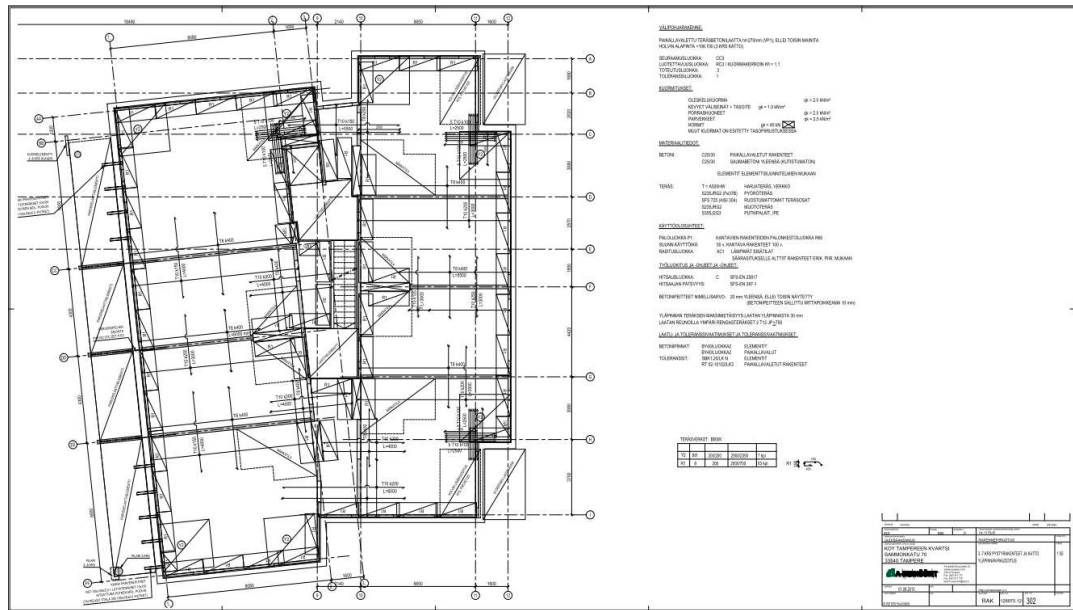
Kuva	Tyyppi	Nro	D mm	Kpl	r	a	b	c	d	e	u	v	x	y	Huom.	L (mm)	dL (mm)	Yht. kg
---	a	1	10	28		8430										8430		145,5
---	a	2	10	30		25000										25000		462,4
---	a	3	10	36		7500										7500		166,5
---	a	4	10	35		5900										5900		127,3
---	a	5	10	16		1800										1800		17,8
---	a	6	10	8		3900										3900		19,2
---	a	7	10	10		6760										6760		41,7
---	a	8	10	7		4200										4200		18,1
---	a	9	10	42		7250										7250		187,7
---	a	10	10	36		8450										8450		187,6
---	a	11	10	34		9200										9200		192,9
---	a	12	10	27		9550										9550		159,0
---	a	13	10	30		8120										8120		150,2
---	a	14	12	82		4950										4950		360,4

Kuva 9. Näkymä RL 3.1 -ohjelmasta

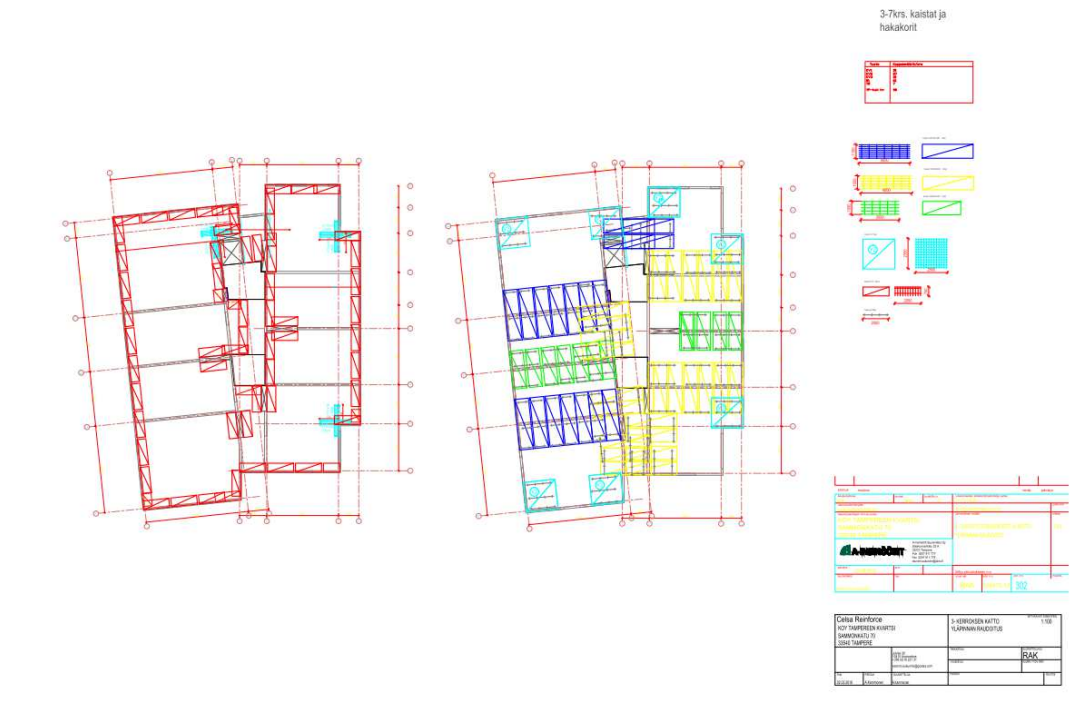
Tässä luvussa esitellään loppulaskennassa mukana olleet rakennuskohteet. Jokaisesta mukana olleesta kohteesta on lyhyt sanallinen kuvaus, ja kohteen yleiskuvan hahmottamiseksi esimerkkikuvat alkuperäisestä suunnitelmasta ja muutosuunnittelusta asennuskuvasta. Esimerkkikuvien jälkeen on lyhyt kuvaus, mitä kussakin kohteessa on käytännössä muutettu. Tässä lyhyessä kuvauksessa käytetään lisää esimerkkikuvia. Kunkin kohteen osalta esitellään taulukko, joka sisältää olennaisimmat tulokset laskennasta.

6.2 KOy Tampereen Kvartsi

Tampereen Kvartsi oli ensimmäisiä muutosuunnittelun pilottikohteita vuonna 2015. Kvartsi toteutettiin kaistaverkoilla ja Bamtec-matoilla. Alkuperäisiin suunnitelmiin kuuluivat hakakorit ja joitakin varastoverkkoja nurkkakohdissa, joten hakakoreja ei ole tässä kohteessa laskettu muutosuunniteltuihin raudotteisiin. Kvartsissa pystyttiin korvaamaan osa jakoraidoituksesta kaistaverkkojen työteräksillä ja hyvin sijoitetuilla tukipukeilla, minkä ansiosta kiloja saatiin vähän nipistettyä. Kvartsi on muuten hyvin tyypillinen ja helppo muutosuunnittelukohde, jonka alkuperäiset rakennesuunnitelmat olivat hyvälaatuiset ja selkeät. P-kerroksen holvin alapintaan toimitettiin Bamtec-mattoja, joiden dimensio oli 12 mm 10 mm:n sijaan. Tästä johtuen P-kerroksen alapinnan muutosuunnittelukilot ovat paljon suuremmat, kuin irtoteräksillä lasketut. Kokonaisuutena muutosuunnittelu lisäsi raudotteiden kokonaispainoa noin 7 % ja hintaa arviolta 21 % verrattuna siihen, jos koko raudoitus olisi toteutettu irtoraidoilla.



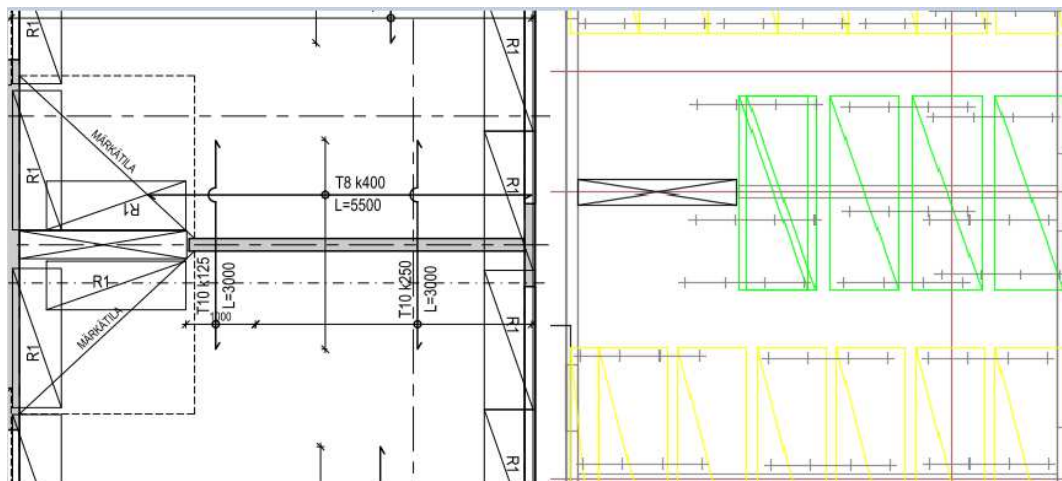
Kuva 10. Kvartsi 3-7 krs. holvin yläpinnan raudoitukset



Kuva 11. Kvartsin 3-7krs yläpinnan muutos suunnittelukuva

Kvartsi muutos suunnittelu painottui yläpinnan pääterästen muuntamiseen raudituskaistoiksi. Suunnittelija oli jo piirtänyt hakakorit kuviin valmiiksi. Alapinnan teräkset

olivat alkuperäisissä suunnitelmissa esitetty riittävän yksityiskohtaisesti jatkoskohtineen ja tarkkoine mittoineen, minkä ansiosta kohteen Bamtec-matot olivat erittäin helppo suunnitella.



Kuva 12. Kvartsin holvin raudoitusta; alkuperäinen ja muutosuunnittelukuva rinnakkain

Kuvassa 12 nähdään, kuinka tuen päällä oleva yläpinnan pääraudoitus on muutettu T10-k250-L3000 verkkokaistaksi. Tuen vasemmassa päädyssä on kapea alue T10-k125 raudoitusta, mikä on muutettu kahdeksi päällekkäin asennetuksi verkkokaistaksi. Kaistojen päällekkäinen asentaminen on toimiva ratkaisu silloin, jos tiheämpään raudoitettuja alueita on vähän, eikä niille ole taloudellista valmistaa omaa verkkokaista tyyppiään. Oikealla puolella olevassa asennuskuvassa näkyy myös tukipukkeja, jotka on piirretty kuvaan helpottamaan määrälaskentaa, ja antamaan suuntaa työmaan asennustyölle.

Taulukko 1. Kvartsin yhteenveto

Kilot irtotavarana:	50923 kg
Kilot muunnettuna:	54326 kg
Kilojen lisäys	3400kg (6,7 %)
Arvio rautojen hinnan kasvusta:	21 %

Kielossa saatu 7 % säästö raudoitteiden painossa ja hinnassa johtuu siitä, kun alapinnan verkkoja ei tarvitse kaistoilla tehtäessä limittää kahden silmävälin verran, vaan verkot voi asetella siten, että kahden verkon väliin jää tyhjää tilaa jakovälin verran pidemmällä sivulla.

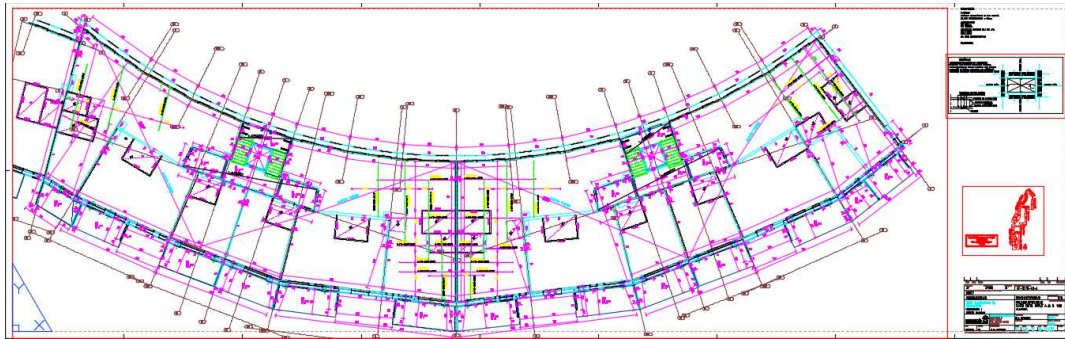
Taulukko 2. Kielon yhteenveto

Kilot irtotavarana:	20100 kg
Kilot muunnettuna:	18600 kg
Kilojen säästö	1500kg (7 %)
Arvio raudoitusten hinnan vähentymisestä:	7 %

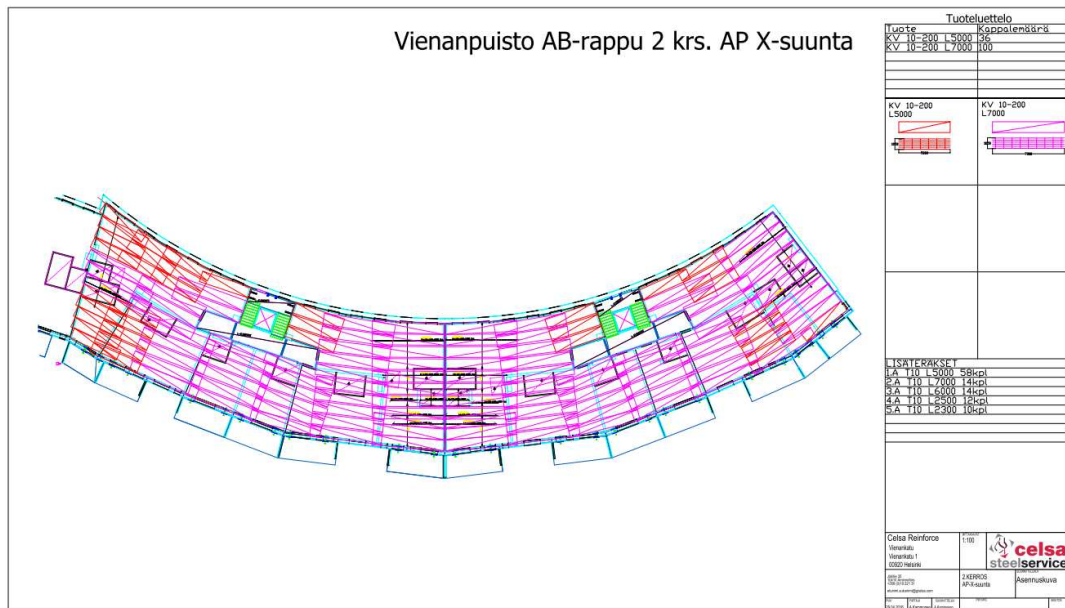
6.4 HASO Vienanpuisto

Vienanpuisto oli mielenkiintoisen muotoinen ja vaativa kohde. Kohteen alapinta oli läpeensä raudoitettu T10 K200 dimensiolla ja jakovälillä. Yläpinnassa oli toistuvissa määrin T10 K200 teräksiä, joissa toistui pituudet 2500 mm, 5000 mm ja 7000 mm. Kohteen reunahaat oli valmiiksi suunniteltu tehtävän hakakoreilla, joten niitä ei lasketa muunto-suunniteltuihin rautoihin. Kohteeseen kuului kaksi taloyhtiötä, joissa oli yhteensä 12 rappua, ja jokaisessa rapussa viisi kerrosta. Raudoitukset olivat kaikissa rapuissa melko samankaltaisia, ja kokonaiskuvan kannalta on riittävää tarkastella A- ja B-portaita, jotka muodostivat yhden eheän kokonaisuuden. Asiakas olisi alun perin halunnut toteuttaa alapinnan läpiraudoituksen Bamtec-matoilla, mutta kohteen muodon vuoksi mattoja olisi ollut miltei mahdotonta käyttää, joten päädyttiin raudoittamaan alapinta molempiin suuntiin varastomittaisilla kaistaverkoilla. Samoja kaistaverkkoja pystyttiin myös käyttämään kohteen yläpinnan raudoitukseen. Tämän kohteen raudoitukset eivät mitenkään mahtuneet yhteen kuvaan, ja joka kerroksesta tehtiin kuusi muuntosuunnitelukuvaa. Omat kuvansa tehtiin ala- ja yläpinnan x- ja y-suunnille, lisäteräksille ja hakakoreille.

Loppulaskennassa on laskettu kohteen teoreettinen raudoitus irtotangoilla tankojen teoreettisilla maksimipituuksilla ja riittäväillä jatkospituuksilla. Irtoraudoitteiden hukkaprosenttia tämän kokoluokan kohteessa on hankala arvioida etukäteen, ja sitä ei ole siksi laskennassa otettu huomioon. Kaistaraudoitteiden käyttö lisäsi teoreettista painoa irtorautoihin nähden noin 13 %. Hinta arvio on noin 25 % suurempi kuin irtotankoja käyttämällä. Tämä kohde olisi kuitenkin ollut erittäin työläs raudoittaa irtotangoilla.

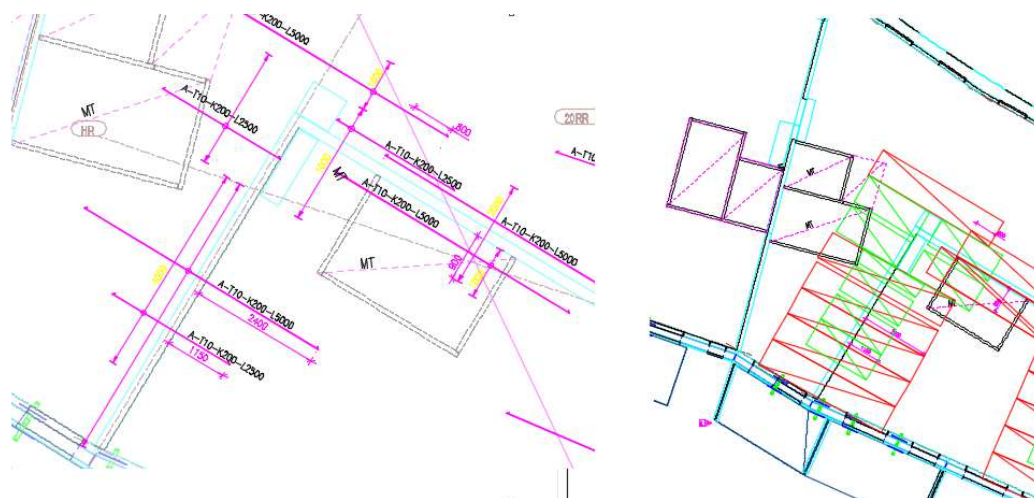


Kuva 16. HASO Vienanpuiston 2. Kerroksen alapinnan raudoituskuva



Kuva 17. Vienanpuiston AB-portaiden 2. Kerroksen alapinnan x-suunnan kaistaraudat

Kuvassa 17 nähdään, kuinka yläpinnan pääteräksiä on muutettu eripituisiksi T10-k200 kaistaverkoiksi.



Kuva 18. Vienanpuiston A-portaan yläpinnan X-suunnan pääraudoitus alkuperäiskuvassa ja asennuskuvassa

Kuvasta nähdään, kuinka yläpinnan tankoryhmät on korvattu niiden suuntaisesti asennettavilla kaistaverkoilla. Verkkoja on jouduttu tässä kohteessa asentamaan päällekkäin, jotta alkuperäinen raudoitusalue täyttyy.

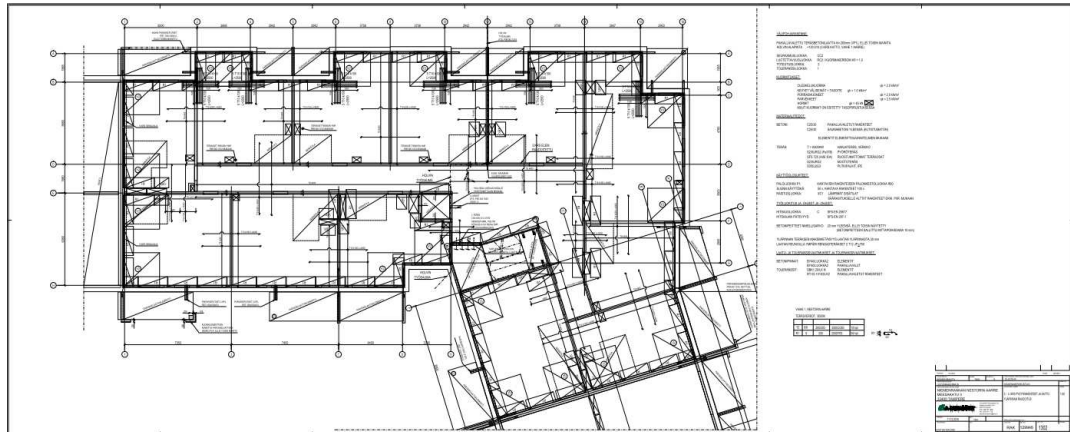
Taulukko 3.

Vienanpuisto A-B portaiden yhteenveto

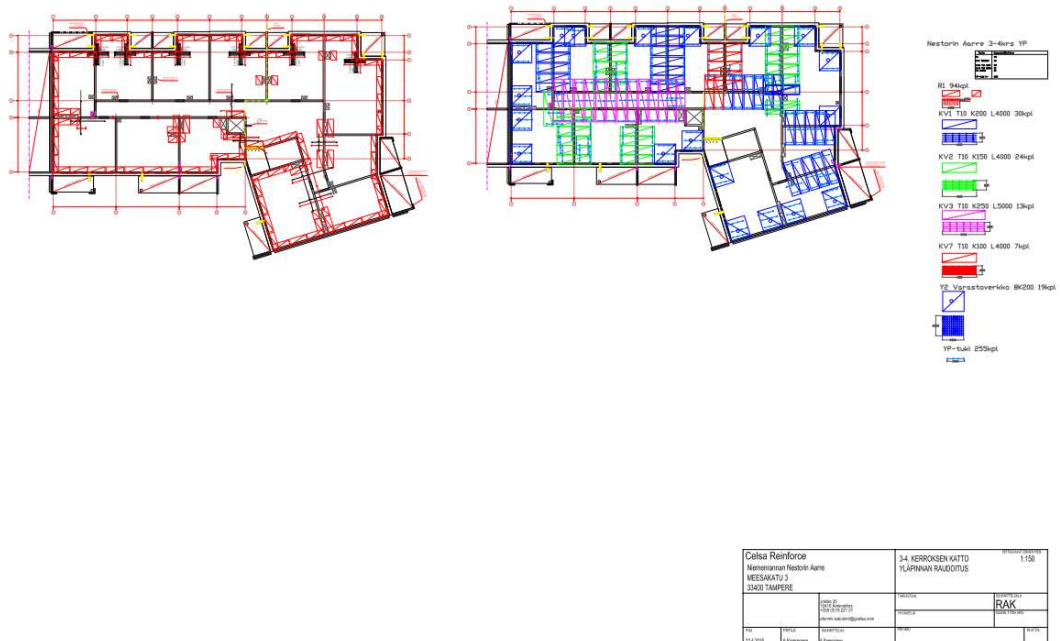
Kilot irtotavarana:	64450 kg
Kilot muunnettuna:	72900 kg
Kilojen lisäys	8450kg (13 %)
Arvio raudoitusten hinnan kasvusta:	25 %

6.5 Niemenrannan Nestorin Aarre

Nestorin Aarre on melko tyypillinen kerrostalokohde. Kohteen muoto on hieman neliöstä poikkeava, mutta ei erityisen haasteellinen. Kohteen alapinta toteutettiin Bamtec-matoilla ja yläpinta kaistaverkoilla. Kohteessa saatiin säästettyä jakoraudoituksessa, koska tukipukit yhdessä kaistaverkkojen työterästen kanssa korvasi sitä. Muuntosuunnittelun käyttö aiheutti noin 5 % painon lisäyksen teoreettiseen irtotangoilla toteutettuun raudoitukseen. Hinta käyttäen Muuntosuunnittelutuotteita oli arviolta noin 32 % suurempi kuin pelkillä irtotangoilla tehtäessä.

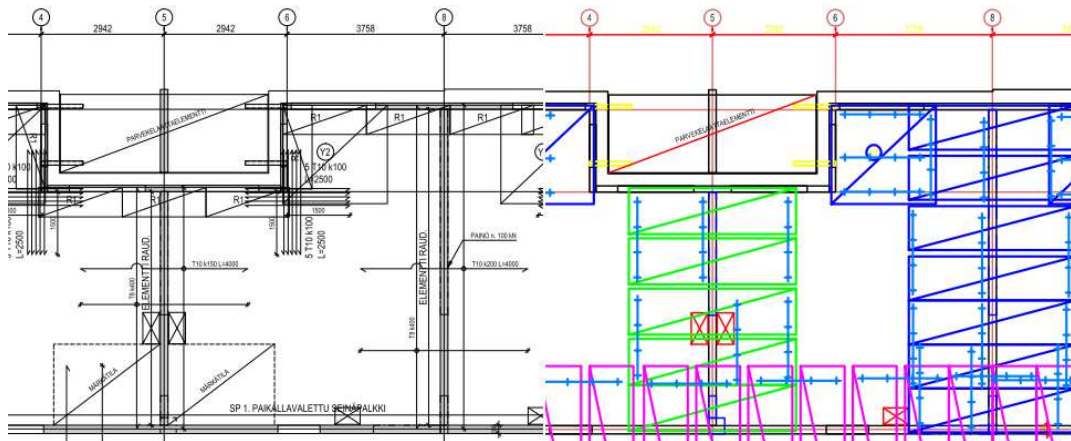


Kuva 19. Nestorin aarteiden 3-4 kerroksen yläpinnan raudoituskuvaa



Kuva 20. Nestorin aarteiden 3-4 kerroksen yläpinnan muutos suunnittelukuva

Nestorin aarteissa oli myös hakakorit suunniteltu valmiiksi ja alapinnan teräkset oli mietitty hyvin jo alun perin. Bamtec-matot oli helppo suunnitella lähes alkuperäisten alapinnan terästen mukaisiksi. Eniten muutos suunnittelua vaati yläpinnan pääterästen suunnittelu, ja kohteessa käytettiin neljää eri kaistaverkkotyyppiä, jotta vaihteleva yläpinnan rauditus saatiin verkoilla toteutetuksi.



Kuva 21. Nestorin aarteen 1. Kerroksen yläpinnan alkuperäisraudoitus- ja asennuskuva samasta kohdasta rinnakkain

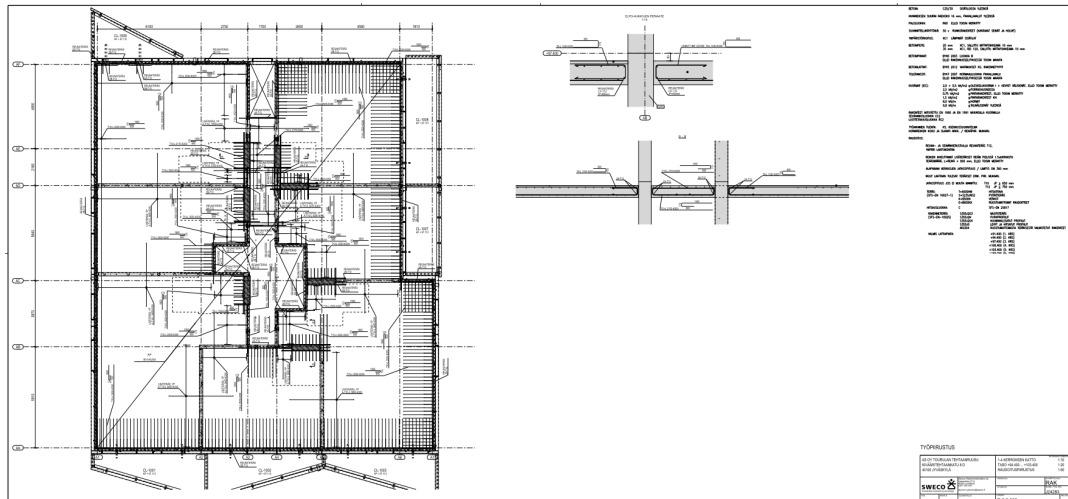
Kuvasta 21 näkyy, kuinka T10-k200 ja k-150 raudoitukset on korvattu omilla kaistaverkkotyypeillensä, vaikka kaikki tangot ovatkin neljän metrin mittaisia. Muuntosuunnittelussa kuvassa on myös mallattu tukipukkien paikkoja kaistaverkkojen alla. Hakakorit ja muut lisäteräksset on esitetty omissa asennuskuvissaan, koska kuvat on haluttu pitää selkeinä.

Taulukko 4. Nestorin aarteen yhteenveto

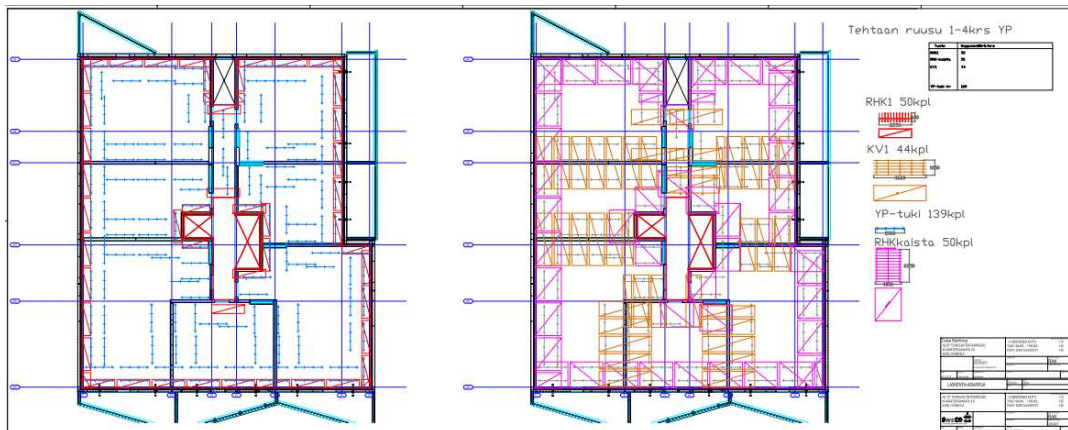
Kilot irtotavarana:	50900 kg
Kilot muunnettuna:	54300 kg
Kilojen lisäys	3400kg (6,7 %)
Arvio raudoitusten hinnan kasvusta:	32 %

6.6 Tourulan Tehtaanruusu

Tehtaanruusu on melko normaalinmuotoinen kerrostalo, jonka pohja oli läpiraudoitettu T10-K200 raudoituksella alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Yläpinnassa oli myös T10-K200 raudoitusta eri pituisina, ja ne kohdat, jotka oli taloudellisesti tehokasta toteuttaa kaistaverkolla, toteutettiin sillä. Laatan reunaa kiersi myös irtohaavat, jotka muunnettiin hakakoreiksi ja reunahakakaistoiksi. Alapinnan verkot muutettiin reunakevennytyiksi verkoiksi, millä säästettiin kiloja, mutta reunahakakorien malli oli erittäin pitkähänkinäinen ja ne valmistettiin kahdesta osasta (hakakori ja korin päälle tuleva kaistaverkko), mikä taas lisäsi kiloja, mutta kilomääriin tuli kaiken kaikkiaan vain noin 2,4 % lisää. Kohteen raudoitteiden hinta kasvoi muuntosuunnittelun takia arviolta noin 15 %.

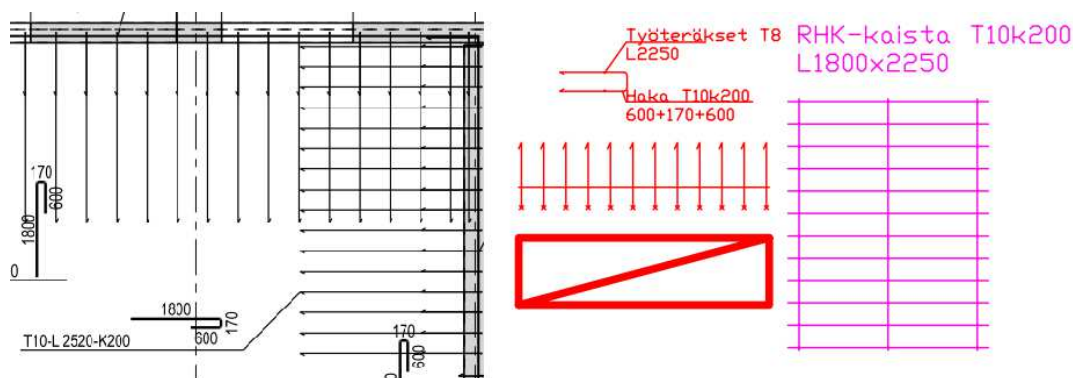


Kuva 22. Tourulan tehtaanruusun 1-4 kerroksen yläpinnan raudoituskuva



Kuva 23. Tehtaanruusun 1-4 kerroksen yläpinnan muutos suunnittelukuva

Tehtaanruusun muutos suunnittelun erikoispiirre oli, että todella pitkähäntäiset reuna-
haat muutettiin kahdeksi verkkoelementiksi. Kuva 24 valaisee asiaa.



Kuva 24. Tehtaanruusun reunahaat alkuperäisessä piirustuksessa ja muuntosuunniteltuna

Reunahaat olisivat olleet erittäin hankalia käsitellä, jos ne olisi asennettu irtohakoina lähes perimetrisellä hännällä. Rengasterästen sitominen ja pujottelu paikoilleen olisi ollut hankalaa. Kahdesta elementistä valmistettuna voidaan rengasteräkset ja hakakorit kiinnittää ensiksi helposti ja sen jälkeen sitoa reunahakakaista paikoilleen.

Taulukko 5.

Tehtaanruusun yhteenveto

Kilot irtotavarana:	37500 kg
Kilot muunnettuna:	38400 kg
Kilojen lisäys	900kg (2,4 %)
Arvio raudoitusten hinnan kasvusta:	15 %

6.7 Loppulaskennan tulosten arviointi

Loppulaskennassa huomattiin, etteivät raudoitusmäärät kasva muuntosuunnittelulla hirveästi yli 10% alkuperäisistä kilomääristä, ja joissain erityistapauksissa, kuten varastoverkoilla toteutettu alapinnan läpiraudoitus, muuntosuunnittelulla voidaan jopa säästää kiloissa. Yleensä kuitenkin raudoitusten yksinkertaistaminen ja valmiiden komponenttien käyttäminen lisää raudoitusten painoa. Reinforce-järjestelmän käyttö lisää jonkun verran raudoitusten kustannuksia. Tarkkaa arviota kustannusten todellisesta lisääntymisestä on hankala saada, koska raudoitteiden hinnat vaihtelevat erittäin paljon tuoteryhmittäin ja markkinatilanteiden mukaan. Myös sarjojen koko ja taivutusten määrä vaikuttavat erikoisverkkojen hintaan, ja pitkillä sarjoilla voidaan päästä käytännössä varastoverkkojen hintaan. Seuraavassa taulukossa on esitetty kilohintojen suhdelukuja irtorautojen hintaan tuoteryhmittäin.

Taulukko 6. Eri tuoteryhmien hintakertoimia

Tuoteryhmä	Hintakerroin
Varastoverkot	1.2
Kaistaverkot	1.2
Hakakorit	1.6
Bamtec	1.5
Tukipukit	3.5

Laskelmissa esitetyt arviot hinnan noususta perustuu seuraavaan kaavaan.

n = kohteen muuntosuunnittelutuotteiden hintakerroin

x = muuntosuunniteltujen tuotteiden osuus kaikkien raudoitusten painosta

y = muuntosuunnittelu tuotteiden kohdekohtainen lisäpaino kerroin

h = hinnanlisäyksen suhdeluku

$$h = (1 - x) + x * y * n$$

Tällaisella arvioinnilla saatu hinnanlisäyksen suhdeluku ei ole täysin tarkka, mutta antaa hyvin suuntaa arviointiin. Epätarkkuutta kaavaan aiheuttaa n -kertoimen määrittely, joka riippuu, millaisia tuotteita kohteessa on käytetty ja mitkä tuotteet lasketaan varsinaisesti hintaa lisääviin muuntosuunnittelutuotteisiin, koska jos alkuperäisissä suunnitelmissa on jo käytetty kalliimpia tuotteita, kuten hakakorit, tai varastoverkot, näiden ei voi laskea nostavan kohteen hintaa.

Loppulaskentaan valittujen kohteiden keskimääräinen raudoitteiden painon aritmeettisen keskiarvon lisäys on 5,74 prosenttia, kun kaikki prosentit on laskettu yhteen ja jaettu kohteiden määrällä. Prosentti on varsin alhainen, kun mukaan on laskettu myös kohteita, joissa on käytetty reunakevennettyjä verkkoja ja selkeää säästöä on syntynyt. Todellisempi luku kilojen lisääntymiselle olisi 10 % luokkaa.

Laskennassa mukana olleiden kohteiden hintavaikutus on keskimäärin 17,2 % lisäys alkuperäisiin suunnitelmiin nähden, tämä luku saatiin kaikkien laskennassa olleiden kohteiden hinnanlisäys prosenttien keskiarvosta. Luku on äkkiseltään suuren kuuloinen, mutta raudoitusten kokonaishinta normaalin kokoisessa noin 50 000 kilon raudoi-

tus kohteessa on noin 30 000 euroa, mihin 17,2 prosentin lisäys tarkoittaa 5160 euroa, mikä on sellainen summa, joka säästyy jo siinä, jos keskikokoinen rakennustyömaa valmistuu pari päivää nopeammin.

7 Käyttäjien kokemukset muuntosuunnittelusta

7.1 Asiakaskokemukset

Muuntosuunnitteluprojektin ja Celsa reinforce-järjestelmän laajemman käyttöönoton onnistumiseksi on tärkeää saada palvelu ja hinnoittelu pelaamaan niin, että asiakas kokee saavansa aitoa hyötyä. Jos työmaan hankinta-insinööri katsoo vaan suunnitelmien raudoitukseen meneviä kiloja, reinforce-järjestelmä ei pysty kilpailemaan irtoraudoitteiden kanssa, mutta jos otetaan huomioon laajemmat vaikutukset, kuten ajan säästö, raudoittamisen helpous ja työn raskauden väheneminen, reinforce-järjestelmä on työmaan kannalta erittäin kannattava.

Asiakkaille toteutetussa kyselyssä yritettiin selvittää, kuinka paljon muuntosuunnittelu tuo lisäarvoa asiakkaalle. Kyselystä oli tarkoitus tehdä mahdollisimman lyhyt ja ytimekäs, jotta siihen saadaan riittävästi vastauksia. Kysely lähetettiin kaikille vanhoille ja uusille Celsa reinforce-järjestelmää käyttäneille työmailla. Kyselyn kohderyhmänä olivat vastaavat mestarit, koska heidän näkemyksensä on riittävän lähellä työmaan arkea, mutta silti myös kokonaiskuva on hallussa.

Ensimmäiseksi asiakkailta kysytään yrityksen ja työmaan nimeä, jotta kohteessa käytettyjä raudoitusratkaisuja voidaan verrata kyselyssä saatuihin vastauksiin. Jotta palvelumme hyötyä työmaalle voitaisiin mitata, on tärkeää tietää säästääkö Celsa reinforce-järjestelmä raudoitukseen käytettävää aikaa. Yhteen kerrokseen käytettyä aikaa tulee verrata raudoittajien määrään ja raudoituskiloihin, sekä vastaaviin arvoihin, jos Reinforce-järjestelmän sijaan rauditus toteutettaisiin irtotangoilla ja varastokokoisilla verkoilla, kuten perinteisesti on tehty. Asiakaskyselyssä kysytäänkin seuraavaksi kuinka monta raudoittajaa on työmaalla ollut keskimäärin raudoittamassa yhtä holvia. Celsan kannalta on myös mielenkiintoista tietää, onko rauditusporukka rakennusliikkeen oma vai aliurakoitsija, koska aliurakoitsijan voi ajatella pyrkivän mahdollisimman nopeaan lopputulokseen joka tilanteessa, mikä tarkoittaa ajankäytön suhteen mahdollisimman realistisia vastauksia.

Celsan kannalta kerrosnopeus on mielenkiintoinen suure, koska se on yleensä aika vakio, ja koko rakennushankkeen aikataulutusta perustuu siihen. Kerrosnopeudeksi voidaan ajatella aikaa, joka kuluu ensimmäisen kerroksien holvin muottien rakentamisen aloituksesta seuraavan kerroksen muottien rakentamisen aloitukseen. Tämän ajan voidaan ajatella sisältävän kaikki raudoitus ja valutyöt. Kerrosnopeus kuvaa myös yleensä raudoitetoimitusten välistä aikaa, ellei työmaa ole tilava, ja sinne voidaan toimittaa kahden kerroksen raudat kerralla. Asiakaskyselyssä kysytään työmaan kerrosnopeutta ja työmaan omaa arviota siitä, nopeuttiko Celsa Reinforce-järjestelmän käyttö asennustyötä. Jos työmaa kokee järjestelmän nopeuttaneen heitä, seuraava kysymys on, kuinka monta päivää asennustyö nopeutui yhden kerroksen osalta verrattuna irtotangoista tehtyyn raudoitukseen.

Seuraava kiinnostava aihe on aikataulujen pitäminen ja raudoitetoimitusten mahdolliset myöhästymiset. Asiakkaalta kysytään suoraan oliko työmaalla vakavia myöhästymisiä, ja jos oli, kuinka paljon ne myöhästyivät hankkeen kokonaisaikataulua. Myöhästymiset ovat aina kaikille hankkeen osapuolille ikäviä, ja niitä pyritään välttämään viimeiseen asti koko hankkeen huolellisella suunnittelulla, ja tehtaiden kapasiteetin oikealla mitoituksella. Kuitenkin myöhästymisiä tapahtuu inhimillisistä virheistä, tai odottamattomista tapahtumista, kuten laiterikoista, johtuen. Myöhästymisistä kysytään, koska sisäistä toimintaa täytyy pystyä kehittämään, ja asiakkaiden suurimmat harmit on tunnistettava.

Jotta sisäistä toimintaa voidaan kehittää oikeilla osa-alueilla, asiakkailta kysytään tyytyväisyyttä viiteen osa-alueeseen liittyen: Celsan tuotteet, asennuskuvat, asiakaspalvelu, toimitusvarmuus ja toimitusajan pituus. Asiakas antaa arvosanan asteikolla 1-5, jossa 1 tarkoittaa erittäin tyytymätöntä ja 5 tarkoittaa erittäin tyytyväistä. Tyytyväisyyden kokonaisarvosana saadaan eri osa-alueiden keskiarvosta.

Lopuksi kyselylomakkeessa on vapaamuotoinen tekstikenttä, johon asiakas saa kertoa omin sanoin mikä on suurin hyöty työmaalle reinforce-järjestelmän käytöstä, ja mikä osa-alue kaipaisi eniten kehitystä.

Kysely lähetettiin 24 henkilölle, jotka ovat olleet yhteyshenkilöinä vähintään yhdessä noin 50 valmiista muuntosuunnittelukohteesta. Asiakaskyselyssä oli pieni otanta, koska valmiita muuntosuunnittelukohteita ei ole hirveän paljon, ja rakennusalan ammattilaisten vastausinto kyselyihin ei tunnu kovin suurelta. Jokainen vastaus on kuitenkin tämän

takia arvokas, ja vertaamalla vastauksia kohteessa käytettyihin ratkaisuihin ja muihin kohteen tietoihin, saadaan arvokasta dataa kerättyä. Kyselyyn saatiin työmaiden henkilöiltä lopulta 3 vastausta, minkä perusteella ei voida tehdä tilastollisesti kovin tarkkoja johtopäätöksiä. Kyselyyn vastanneiden osuus kyselyyn kutsun saaneista oli 12,5 %, mikä on melko tyypillinen vastausprosentti sähköisiin kyselytutkimuksiin, varsinkin, kun tässä kyselyssä ei ollut mitään palkintoja tarjolla.

Vastausten numeroarvosanojen keskiarvoista saadaan seuraavanlainen taulukko.

Taulukko 7. Tytyväisyyden keskiarvot

Tytyväisyyden osa-alue	Numeroarvosana 1-5
Reinforce rauditusratkaisut	4
Asennuskuvat	4
Asiakaspalvelu	3
Toimitusajan pituus	3
Toimitusvarmuus	2.66
Hinnoittelu	3

Tytyväisyyskyselyn arvosanat ovat hyvin linjassa asiakkaiden kanssa keskustellessa tulleen epäsuoran palautteen kanssa. Rauditusratkaisut ovat toimivia ja hyviä, sekä tuottamamme asennuskuvat ovat työmaalle hyödyllisiä. Suurin tyytymättömyyttä aiheuttava asia on toimitusvarmuus ja toimitusaikojen venyminen, mikä on työmaan kannalta erittäin ymmärrettävää, pienikin viivästys aiheuttaa suuret kulut, ja toimitusten limitäminen kiireisinä päivinä ahtaalla työmaalla on erittäin hankalaa ja stressaavaa. Hinnoittelu on ilmeisen onnistunut Celsan näkökulmasta, kun sen saama tyytyväisyysarvosana on 3. Tämä tarkoittaa, etteivät yrityksen tuotteet ole liian halpoja, eivätkä myöskään liian kalliita. Tietenkin, jos miettii asiaa työmaan kannalta, ei ole ehkä missään tilanteessa järkevää vastata olevansa täysin tyytyväinen hintoihin, koska toimittajalle voisi tulla mieleen nostaa niitä sitten.

Kaikilla kyselyyn vastanneilla oli käytössä oma asennusporukka, ja rauditukseen oli käytetty kahdella työmaalla kahta asentajaa ja yhdellä kolmea. Kerrosnopeus vaihteli 8-4 päivän välillä, mikä on erittäin nopeaa tämänkokoisissa kohteissa. Kaikkien vastanneiden mielestä reinforce-tuotteet nopeuttivat rauditusten asennusta ja muiden rakennustöiden etenemistä. Vastajien mielestä kerrosnopeus nopeutui 1-2 päivää / kerros, mikä tarkoittaa varovaisesti arvioiden noin 10 päivää nopeampaa valmistumista koko hankkeelle. Yhdellä vastanneista työmaista ei ollut tarvittu ammattiraudoittajia ollenkaan, koska rauditus oli toteutettu mattorullilla, kaistaverkoilla ja reunahakakoreil-

la. Kaikki vastanneet aikoivat myös jatkossa käyttää reinforce-järjestelmää seuraavissa rakennushankkeissaan.

Kyselyssä pyydettiin myös sanallista palautetta reinforce-järjestelmän suurimmista hyödyistä, sekä mahdollisista kehitysehdotuksista. Näissäkin palautteissa nousi esille raudoittamisen nopeus ja helppous. Työmaat olivat tyytyväisiä, kun olivat itse päässeet vaikuttamaan Bamtec-mattojen jakoihin ja rullaussuuntiin. Suurimmaksi haasteeksi nousi näissäkin vastauksissa toimitusvarmuus ja aikataulujen pitäminen. Eräässä vastauksessa myös oltiin sitä mieltä, että Bamtec-matot olisi voinut jaotella vieläkin pienemmiksi, jolloin ne olisivat nopeuttaneet työtä vielä enemmän.

7.2 Muuntosuunnittelun ajansäästövaikutuksen arvioiminen työmaan kannalta

Työmailta tulleen palautteen ja kyselytulosten perusteella reinforce-tuotteiden käyttö nopeuttaa työmaata 1-2 päivää / kerros. Ensimmäisissä kerroksissa uusien tuotteiden nopeusvaikutukset eivät ole vielä niin suuria, mutta kun sama asennusporukka on hoitanut pari kerrosta tuotteet löytävät paikalleen erittäin nopeasti ja lähes lihasmuistilla. Bamtec mattojen asentamista nopeuttaa kohteen kerroksissa toistuva samankaltainen numerointi ja samat rullaussuunnat. Kaistaraudoitteiden osalta asentajat oppivat värikoodit ja kaistojen oikeat paikat myös parin kerroksen aikana, jolloin asentaminen nopeutuu huomattavasti. Ajansäästön vaikutus on päivässä vähintään tuhansia euroja, ja käyttö- ja yhteiskustannuksissa saadaan myös säästöjä, joiden määrää on hankala arvioida suoraan [4].

Otetaan esimerkiksi 8-kerroksinen kerrostalo, jonka holvi on 500 m². Valistuneesti arvaan kohteeseen menee terästä noin 40 000 kg, jotka maksavat irtorautoina arviolta 24000 euroa. Jos kohde toteutetaan reinforce-tuotteita käyttäen, hinta nousee 28128 euroon. Holvin raudoituksessa työskentelee 3 miestä, joiden palkkoihin menee päivässä noin 800 euroa ja työnjohtaja, jonka kustannus on 300 euroa päivässä. Työmaan muut kulut ja laitevuokrat ovat 1000 euroa päivässä. Työmaan pyörittäminen yhden päivän ajan maksaa siis 2100 euroa. Arvioidaan, että reinforce-järjestelmä säästää työmaalta aikaa koko kohteessa yhteensä kahdeksan päivää, jolloin säästöt ovat 16 800 euroa koko kohteen rakennusaikana. Reinforce-järjestelmän vaikutus työmaan kokonaiskustannuksiin olisi tällöin 16 800 euroa, josta vähennetään lisääntynyt hinta 4128 euroa. Säästöä syntyisi siis yhteensä 12 673 euroa.

Esimerkissä käytetyt luvut ovat varovaisia arvioita, ja ne on valittu siten, ettei säästövaikutusta ainakaan liioiteltaisi. Säästövaikutus tietenkin pienenee, jos toimitukset myöhästelevät, tai työmaa myöhästyy jostain muusta tekijästä johtuen. Joka tapauksessa voidaan sanoa, että laskelmat, ja asiakkaiden halukkuus käyttää reinforce-järjestelmää seuraavissa rakennuskohteissaan todistaa sen, että työmaalle on tästä aitoa taloudellista ja mitattavaa hyötyä.

8 Muuntosuunnittelu raudoitetehtaan kannalta

Muuntosuunnitteluprojektin alettua on Pälkäneen raudoitetehtaalla ollut tekemistä välillä jopa liikaakin. Alun perin oli tarkoitus tehdä vuodessa noin 12 kohdetta, mutta ensimmäisen vuoden aikana projektin käynnistyttyä muuntosuunnittelukohteita tehtiinkin noin 50.

Pälkäneen tehtaalla valmistettiin ennen enimmäkseen varastoverkkoja ja tukipukkeja. Erikoisverkkoja valmistettiin pieniä määriä elementtitehtaiden tarpeisiin. Muuntosuunnitteluprojekti ja reinforce-konsepti on lisännyt erikoisverkkojen ja hakakorien menekkiä huomattavasti, mihin ei ollut ehkä varauduttu, ja entisestä kahden viikon toimitusajasta on nyt siirrytty kolmen viikon toimitusaikaan.

Pälkäneen tehtaalla on vetokoneita kaksi kappaletta, oikaisukoneita 3 kpl, varastoverkkojen linjahitsauskone, erikoisverkkojen hitsauskone, verkon taivuttimia, verkkoleikkuri, muottiverkon taivutuskone ja tukipukkien taivutuskone.

Vetokoneilla kylmämuovataan valssilankaa harjateräkseksi puolatululle kiepille. Oikaisukoneella oikaistaan vetokoneiden tuottamat kiepit suoriksi tangoiksi, pieni oikaisukone tekee 6 mm ja 8 mm B500K harjaterästä ja kaksi muuta oikaisukonetta isompia dimensioita. Linjakone hyödyntää vetokoneiden tuottamia puolattuja kieppejä ja linjakoneella hitsataan kaikki 8 mm pienemmät varastoverkot pois lukien RST-verkot.

Erikoisverkkokoneella hitsataan 10 ja 12 mm varastoverkot, kaikki ei-varastotuotteina myytävät verkkotuotteet sekä taivutukseen menevät verkkoaihiot (hakakorit, tukipukit).

Verkkoleikkurilla leikataan verkkoaihiot oikean kokoisiksi kappaleiksi ja taivuttimilla taivutetaan verkot.

Pälkäneen tehtaan päätyövaiheet ovat veto, oikaisu, hitsaus ja taivutus. Veto on jatkuva taustaprosessi, jonka ei pitäisi vaikuttaa erikoisverkkojen toimitusaikatauluun. Oikaisu, jossa kiepiltä oikaistaan tarvittavat langat verkkojen valmistukseen ja leikataan ne samalla oikean mittaisiksi, tehdään aina tilausmääräyksien mukaan, eikä sitä voi etukäteen suunnitella. Langat eivät ole välttämättä valmiin verkon mittaisia, vaan tarkoitus on tehdä hitsauskoneelle sopivan kokoisia aihioita, joista kone voi pilkkoa valmiit verkot hitsauksen jälkeen.

Tehtaan kannalta on ihanteellista jos muuntosuunnittelukohteissa on mahdollisimman vähän erilaisia verkkotyyppisiä, koska erikoisverkkokoneella kestää verkkotyypistä riippuen noin 45 minuuttia tehdä täysin uudet asetukset. Eniten työtä vaihdoissa aiheuttaa jakovälin muutos. Jos verkko pysyy muuten samanlaisena, mutta pääterästen dimensio vaihtuu, verkkotyypin vaihto kestää vain 10 minuuttia. Myöskään verkon pituuden tai leveyden muutos ei aiheuta niin suurta lisätyötä, kuin jakovälin vaihtuminen. Kaistaverkkojen valmistaminen on nopeaa ja taloudellisesti kannattavaa, kun verkon leveys on 1000 – 1200 mm, koska tällöin voidaan hitsata rinnakkain kaksi verkkoa, jotka leikataan lopuksi erilleen suuremmasta aihioista.

Sadan kaistaverkon valmistaminen vie noin 2 – 3 tuntia, asetuksiin menee tunti, ja hitsaukseen pari. Sadan hakakorin valmistaminen vie noin 4 tuntia, joista tunti menee asetuksiin ja kolme hitsaukseen. Sadan tukipukin valmistaminen vie noin 2,5 tuntia yhdeltä mieheltä. Keskimääräisessä kerrostalo kohteen yhden kerroksen tilauksessa on noin 40 kaistaverkkoa, 100 hakakoria ja 100 tukipukkia, tällaisen kokonaisuuden valmistaminen veisi siis noin 7,5 tuntia, eli yhden työpäivän verran asetuksineen. On tehtaan kannalta kannattavaa, jos koko talon verkot laitetaan kerralla tuotantoon hyvässä ajoin, jolloin työnjohdolle jää aikaa tuotannosuunnittelun optimointiin. Eri tilauksilla olevia verkkotyyppisiä voidaan ketjuttaa samankaltaisten verkkojen kanssa, jolloin säästetään asetusajoissa. Silloin, kun kone käy oikeilla asetuksilla, valmiita erikoisverkkoja syntyy nopeaa tahtia.

Varastokaistoja valmistetaan nykyisin noin 50 000 kiloa jokaista tyyppiä kohden ja niitä tehdään lisää silloin kun varastot alkavat huveta. Tämän kokoinen saldo varastokais-toille on erittäin hyvä, eivätkä ne pääse enää yllättäen loppumaan suurenkaan kohteen alkaessa. Hakakoreja varten voidaan valmistaa varastoon aihioita, jotka taivutetaan tilausmääräysten mukaan kohdekohtaisilla mitoilla. Tukipukkeja olisi kannattavaa valmistaa varastoon ainakin 180 mm, 200 mm ja 220 mm korkuisina, koska kesäisin näitä

kuluu paljon. Tällä hetkellä ainoa este tukipukkien varastoon valmistamiselle on tilanpuute, koska tukipukit vievät paljon tilaa niitä pinotessa.

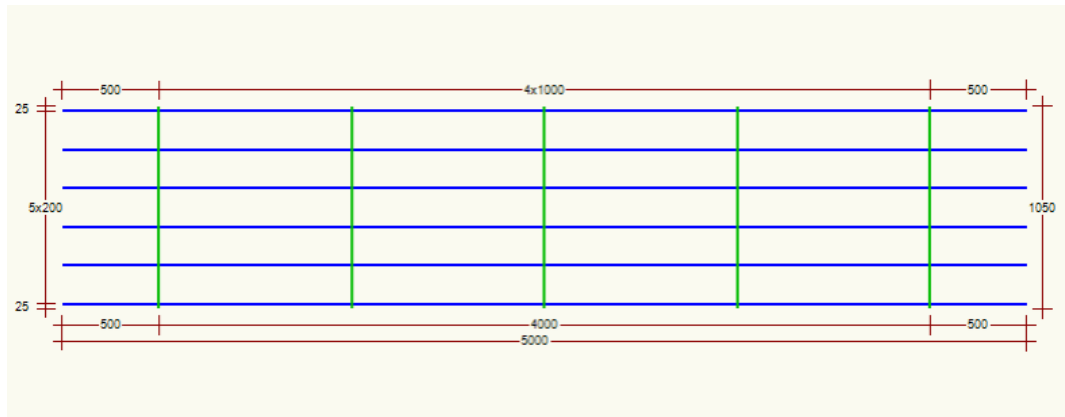
Pälkäneen tehtaalle optimisarjakoko tiettyä verkkotyyppiä on yli 50 kappaletta ja ylärajaa ei ole, koska työnjohto voi pilkkoa sarjoja tilanteen mukaan. Viidenkymmenen kappaleen alaraja johtuu siitä, että verkoista joudutaan valmistamaan aina vähintään kaksi testikappaletta, joilla testataan myötölujuus ja hitsausten kestävyys.

9 Muuntosuunnitteluprojektin tulokset

9.1 Varastotuotteet

Projektin yksi tarkoitus oli löytää mahdollisimman yleispäteviä kaistaverkkotyyppisiä, joita voitaisiin valmistaa varastoon Pälkäneen tehtaalla, ja näin saada laskettua tuotteiden hintaa ja nopeutettua toimitusta. Usein yläpinnan raudoituksissa toistuu melko lailla samat dimensiot ja jakovälit ja tankojen pituudet ovat luokkaa 3 – 5 metriä. Yksi kohde joka vaikutti paljon varastokaista tyyppien syntymään oli HASO Vienanpuisto ja HEKA Vuokkiniemenkatu, joihin kumpaankin meni satoja tuhansia kiloja samanlaisia T10 K200 kaistaverkkoja, joiden pituudet olivat 2500 mm, 5000 mm ja 7000 mm. Nämä kolme verkkotyyppiä oli ensimmäiset varastokaistat. Varasto kaistojen määrä on kasvanut kuuteen erilaisten tarpeiden lisääntyessä, mutta nyt niiden määrä olisi tarkoitus pitää nykyisellään. Tällä hetkellä valmistettavat varasto kaistat ovat:

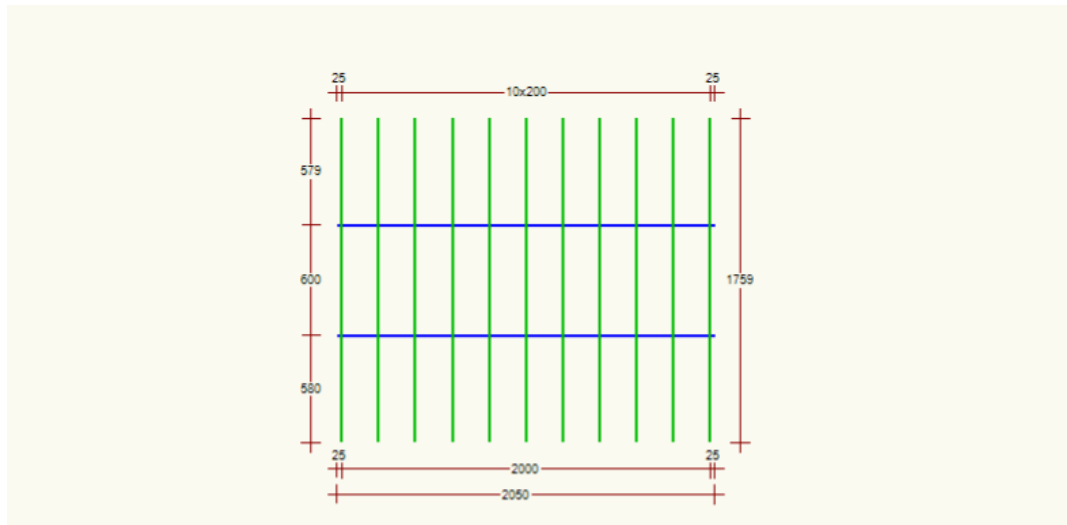
- KV10/8-150/1000-5000/1100
- KV10/8-200/1000-2500/1050
- KV10/8-200/1000-3600/1050
- KV10/8-200/1000-5000/1050
- KV10/8-200/1000-7000/1050
- KV8/8-200/1000-5000/1050



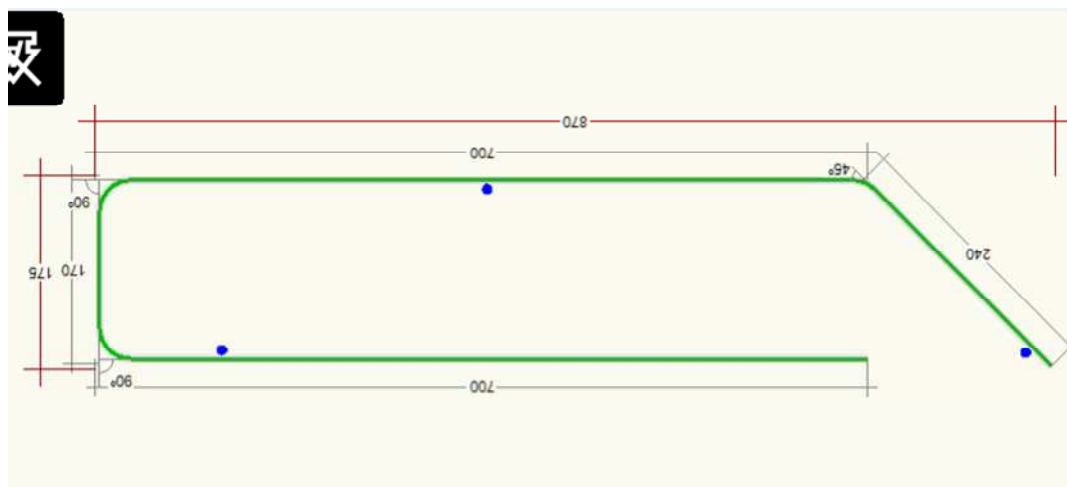
Kuva 25. KV10/8-200/1000-5000/1050

Kaistaverkkojen nimessä KV tarkoittaa kaistaverkkoa, seuraavaksi on merkitty pää- ja työterästen dimensiot (esimerkiksi 10/8), seuraavaksi on merkitty pää- ja työterästen jakovälit (esimerkiksi 200/1000) ja lopuksi on merkitty pää- ja työterästen pituudet (esimerkiksi 5000/1050).

Hakakorien valmistus on ollut kaikissa muuntosuunnittelukohteissa pullonkaula, ja tähän on mietitty kovasti ratkaisua. Lopulta kehitettiin hakakoriaihio, joka olisi mahdollisimman universaali mitoiltaan ja työterästensä sijoitteluilta, jotta siitä pystyisi taivuttamaan mahdollisimman monipuolisesti hakakoreja eri kohteisiin. Tuotekehittelyssä päätettiin kahteen hakakoriaihioon, joissa molemmissa pääteräkset ovat K200. Aihoita on tulossa sekä 8 että 10 mm:n dimensioilla. Aihion mitat on suunniteltu siten, että niistä voitaisiin valmistaa kaikkiin normaaleihin paikkoihin soveltuvat hakakorit, ja myös alapäin taivutuksella varustetut mallit. Mitta pääteräksille saatiin sillä, että mietittiin mikä on kaikista yleisimmät hakakorien korkeudet ja häntien pituudet, ja valittiin mitta, josta voi tehdä suurimmat yleiset reunahakamallit. Hakakorin pääterästen mitaksi muodostui 1770mm, josta voi taivuttaa maksimissaan 800+200+800 reunahaan.



Kuva 26. Pälkäneen hakakoriainhion mitat



Kuva 27. Ahiosta väännetty hakakori alaspäin taivutuksella.

9.2 AutoCad-pohja

Muuntosuunnitteluprojektin tuloksena on myös syntynyt AutoCad-pohja asennuskuvien esittämistä ja tuottamista varten. Pohjan tarkoitus on yhtenäistää asennuskuvia ja nopeuttaa niiden tekemistä, pohja sisältää otsikoiden ja tuotelistojen sijoittelun ja valmiita blokkeja Celsan reinforce-tuotteista. Pohjaan kuuluu myös nimiö, johon voi nopeasti täydentää kohteen tiedot. Muuntosuunnittelukuvien kehittymistä voi nähdä tämän työn loppulaskennan yhteydessä esitetyissä asennuspiirustuksissa. Erityisesti asiakkailta

kiitosta saanut ominaisuus kuvissa on lisäterästen positionerointi ja niistä esitetty lista kuvan oikeassa reunassa. Tätä AutoCad-pohjaa on tarkoitus kehittää eteenpäin ja automatisoida mahdollisimman pitkälle. Nykyisellä pohjalla tehty esimerkkikuva on esitetty Liitteessä 4.

10 Muuntosuunnitteluprojektin tulevaisuuden näkymät

10.1 Lopputulosten arviointi

Projekti on ollut pitkä ja mielenkiintoinen. Kohteita on myyty enemmän kuin osattiin odottaa ja töitä on riittänyt sekä insinööreille, että raudoitetehtaille. Pitkälle jalostetut raudoitekomponentit ovat osoittautuneet Celsalle kannattavaksi liiketoiminnaksi suuremman katteensa takia. Myös ulkomaiden osastot ovat kiinnostuneet lisäämään pitkälle jalostettujen tuotteiden menekkiä ja saamaan parempaa katetta niistä. Myös työmaat ovat mitä ilmeisimmin saaneet taloudellista hyötyä reinforce-järjestelmän käytöstä, mikä ilmenee halukkuutena käyttää samanlaisia ratkaisuja seuraavissakin hankkeissa. Varovaisten laskelmien perusteella työmaille voi syntyä noin 10 000 euron säästö, kun otetaan nopeutunut rakennusaikataulu huomioon keskikokoisessa asuinkerrostalossa.

Eniten säästöä syntyy jos varastokokoisilla verkoilla suunniteltu läpirauditus muunnetaan reunakevennetyiksi verkoiksi. Nopeusvaikutus taas tuntuu olevan suurimmillaan, kun perus asuinkerrostalo toteutetaan Bamtecilla ja kaistaverkoilla. Projektissa valitut varastotuotteet ovat aika kattavat ja niillä kannattaa pärjätä nyt ainakin jonkun aikaa, tietenkin jos alkaa ilmestyä aivan uudenlaisia raudoituskuvia, joissa tulee isossa mittakaavassa toistuvuutta, niin varastotuotteiden muuttamista voi harkita. AutoCad-pohja on nopeuttanut suunnittelua ja kuvien tuottamista, mutta siinä olisi vielä paljon kehitettävää juuri automatisoinnin osalta.

Suurin kompastuskivi on ollut kiire ja projektien yllättävän suuri määrä, jolloin aikaa miettimiselle ja kehitystyölle ei ole jäänyt. Pälkäneen verkkotehtaalla on ollut suuri urakka pysyä kasvavan tilausmäärän mukana, ja tehtaan tietojärjestelmät eivät ole suunniteltu tämältyypiseen liiketoimintaan, mikä aiheuttaa paineita tehtaan työnjohdolle. Logistiset ongelmat aiheuttavat myös päänvaivaa. Muuntosuunnittelukohteissa Bamtecit tulevat irtotankojen kanssa Äminnestä, ja verkkotuotteet Pälkäneeltä, ja

yleensä tuotteiden pitäisi mennä työmaalle samana päivänä. Tarvitaan aina kaksi autoa viemään yhden tilauksen tavarat.

10.2 Kehittämis-ideat muuntosuunnittelulle

Suurin kompastuskivi asiakkaiden näkökulmasta on ollut kuljetusten myöhästymiset. Asiaan pitää saada jotain muutosta, ja se liittyy enemmänkin lähettämön ja kuljetusliikkeiden toimintaan. Asiaa käsitellään sisäisesti ja toivottavasti löytyy joku toimiva ratkaisu. Logistiikan tehostaminen voisi olla oma opinnäytetyö aiheensa.

Raudoitetehtaiden toimintaa helpottaisi saada raudoitetilaukset sisään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Muuntosuunnitelmien nopeampi valmistaminen olisi yksi keino, jolla tehtaiden toimintaa helpotettaisiin ja annettaisiin lisää pelivaraa tuotannon suunnittelijoille. AutoCad pohjan lisä automatisointi ja nopeamman Bamtec-suunnittelun kehittäminen voivat nopeuttaa suunnitelmien valmistumista huomattavasti. Myös Tekla Structuresin käyttöä muuntosuunnittelussa kannattaa tutkia. Uuden Tekla-version raudoitustyökalut ovat kehittyneet paljon eteenpäin, ja raudoitus”settien” käyttäminen helpottaa Teklan käyttöä raudoitusten mallintamiseen. Muuntosuunnittelun kannalta mul-listava ominaisuus olisi kaistaverkkojen luomiseen tarkoitettu aluevalintatyökalu, joka osaisi optimoida valitulle alueelle kaistaverkot ja niiden sijoittelun annettujen parametrien perusteella. Tällaisella työkalulla muuntosuunnittelukuvien tekemiseen käytetty aika puolittuisi, kun jokaista verkkoa tai verkkoryhmää ei tarvitsisi asetella kuvaan manuaalisesti. Tällä hetkellä yhden keskikokoisen muuntosuunnittelukohteen listaaminen ja asennuskuvien piirtäminen kestää 3 – 5 päivää, jos tämä aika saataisiin 2 – 3 päivään, tuotannonsuunnittelu ja logistiikka saisivat paljon enemmän aikaa hoitaa oman osuutensa.

Muiden maiden kiinnostuksen takia muuntosuunnittelua ja reinforce-konseptia aletaan viemään ulkomaiden osastoille ja Celsa Finlandin hankkimaa osaamista tullaan jakamaan. Suomessa kehitetyt suunnittelumallit ja käytössä olevat tuotteet voidaan jakaa muiden maiden kanssa. Ulkomainen yhteistyö voi myös poikia uusia ideoita ja osaamista Celsa Finlandiin erityisesti ohjelmistopuolella. Todennäköisesti asennuskuvia ja suunnittelupohjaa aletaan kehittämään SofiCad-ohjelmalla, joka on erityisesti tarkoitettu raudoitusverkkojen piirtämiseen. SofiCad sisältää myös enemmän toimintoja koskien automaattisesti generoituviin raudoite ja verkkoluetteloihin.

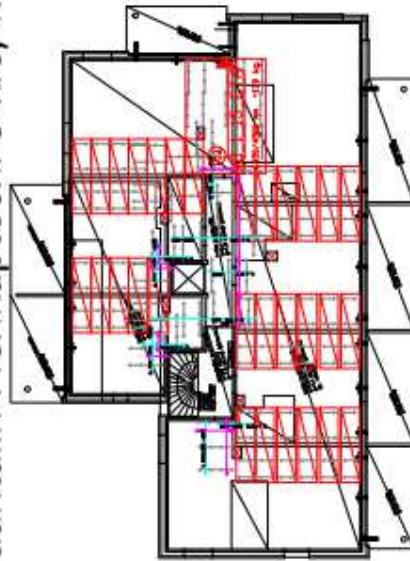
Muutosuunnitteluprojekti on tuonut paljon lisää Celsan palvelutarjontaan ja tuotevalikoimiin, sekä toimintatapoihin. Projekti on kehittänyt insinöörien suunnittelu- ja rakennepiirustustaitoja. Muutosuunnitteluprojekti on myös antanut uusia ideoita erilaisten ohjelmistojen mahdollisuuksiin ja ajaa teknistä osaamista Celsan sisällä eteenpäin. Aina voi tehdä paremmin ja nopeammin.

Lähteet

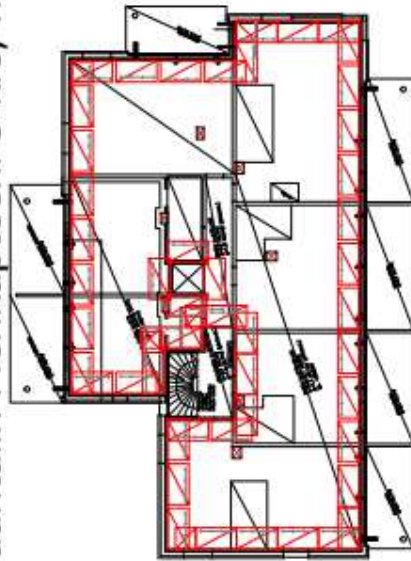
- 1 Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan Osa 3: Laatat. 2010. Verkkodokumentti.
<http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_3_Laatat.pdf
> Luettu 5.3.2017.
- 2 Talonrakentaminen. 2017. Verkkodokumentti.
<<http://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/>
> Luettu 8.3.2017.
- 3 SFS-EN 1992-1-1
- 4 Ronne Ukonahon haastattelu. 2017. Sähköpostidokumentti

Liite 4: Esimerkki asennuskuva

Naantalin Merikapteeni 5 krs, kaistat



Naantalin Merikapteeni 5 krs, hakakorit



Tuoteluettelo Kappaleennumero/kr KVI 1E-200 L4200/30 RHK1 52 YP-tuokioukset h200/65		RHK1 10-250 L2300 	
KVI 1E-200 L4200 	YP-tuoki h200 		
TRITOLERAKKSET 1. A 12 L 3000 8kpl 2. A 10 L 5000 7kpl 3. A 10 L 2400 16kpl 5. A 12 L 2000 12kpl 6. A 12 L 2400 20kpl 7. A 10 L 4800 19kpl 8. BARTEC 15 E/A			
Celsa Reinforce NAANTALIN MERIKAPTEENI Kappale 4 2100 Naantali		T110 SÄHKÖS VLAPANNAN MÄSTRI	 steel service Naantali
www.celsareinforce.com 020 420 2070		020 420 2070 020 420 2070	020 420 2070 020 420 2070