

Mäkelä Olli

Vesikaton toteutus lohkoina

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma
Insinöörityö
11.8.2012

Tekijä Otsikko	Olli Mäkelä Vesikaton toteutus lohkoina
Sivumäärä Aika	40 sivua + 5 liitettä 11.8.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Suunnittelupäällikkö Santtu Hokkanen Lehtori Timo Leppänen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikölle. Yritys halusi selvittää kahden vesikaton tuotantomenetelmän erot kustannuksissa ja tuotantonopeudessa. Opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin kahta erilaista puurakenteisen vesikaton tuotantomenetelmää. Menetelmät ovat vesikaton tuotanto lohkomenetelmällä sekä perinteisellä menetelmällä. Tuotantomenetelmiä käytetään asuntorakentamisen kohteissa, missä on pulpetti- tai harjakatto. Tutkimuksen perusteella havaittiin, että lohkomenetelmä on huomattavasti kustannustehokkaampi, tuotannollisesti nopeampi ja työturvallisempi tuotantomenetelmä. Lohkomenetelmällä saadaan myös lyhennettyä yleisaikataulua, koska vesikaton jälkeiset työt voidaan aloittaa nopeammin kuin perinteisellä menetelmällä. Haasteena lohkomenetelmässä on työvaiheen suunnittelu mukaan lukien nostosuunnitelman tekeminen.</p> <p>Työssä tehtiin kustannusvertailu mallikerrostalolle, jossa vertailtiin kahta tuotantomenetelmää ja niiden työ- ja kalustokustannusten eroja. Mallikerrostalo on laajuudeltaan ja materiaaliratkaisuiltaan hyvin samanlainen, jollaisia rakennetaan NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikön asuntotuotannossa. Vertailun perusteella lohkomenetelmällä voidaan säästää kymmeniä tuhansia euroja vesikattotyövaiheen työ- ja kalustokustannuksissa.</p> <p>Työssä tutkittiin myös lohkomenetelmä työvaiheen suunnitteluun liittyvää nostosuunnitelman laatimista. Vesikaton lohkomenetelmän käyttö vaatii rakennesuunnittelijan hyväksymän nostosuunnitelman, missä esitetään vesikaton lohkojako sekä nostonaikainen lohkon vahvistaminen. Työssä esitetään ohjeistus nostosuunnitelmaan liittyvien dokumenttien laatimisesta ja vahvisteiden mitoituksesta yhden nostoperiaatteen mukaisesti. Kyseisen periaatteen mukainen nostosuunnitelma laadittiin NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen kohteeseen As Oy Espoon Ratasmyllyyn. Nostosuuunnitelma on esitetty tämän insinöörityön liitteenä.</p> <p>Vesikattolohkojen nostosuunnitelman laatimisesta ei ole aikaisemmin julkaistu ohjeistusta. Suunnittelutoimistot tekevät nostosuunnitelman omien näkemystensä mukaisesti.</p>	
Avainsanat	Vesikatto, nostosuunnitelma, tuotantomenetelmä, lohkomenetelmä.

Author(s) Title	Olli Mäkelä Roof Production in Sections
Number of Pages Date	40 pages + 5 appendices
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Santtu Hokkanen, Design Manager Timo Leppänen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor`s thesis was made for NCC Construction Finland. The company wanted to clarify cost and production efficiency differences between two roof production methods. In this Bachelor`s thesis two different roof production methods were studied and compared. Methods are traditional method and roof production in sections- method. Both methods are used in housing development sites that have ridge roof or pitched roof. The study indicates that roof production in sections is substantially more cost efficient, productively faster and more occupationally safer production method. Roof production in sections- method will also shorten the site`s general schedule when post roof stages can be launched earlier than in the traditional production method. Operational planning is a challenge in the roof production in sections method. That includes compiling a lifting plan.</p> <p>Cost comparison was made in this Bachelor`s thesis for a sample apartment building, which compares labor and equipment costs between two production methods. The sample apartment building is similar to apartment buildings that NCC Construction Finland constructs in the Unit of Residential Construction. Based on the comparison tens of thousands of euros can be saved in labor- and substance expenses by using roof production in sections- method.</p> <p>Lifting plan related to planning of roof production in sections- stage was also studied in this Bachelor`s thesis. Using roof production in sections- method requires a lifting plan approved by structural engineer. Lifting plan presents segmentation of sections and reinforcements of sections during hoisting. The study presents instructions for compiling documents included in the lifting plan and designing reinforcements for sections according to one hoisting method. Accordingly, lifting plans for this hoisting method were designed for NCC Construction Finland`s housing corporation Ratasmylly located in Espoo. The lifting plan can be found in the appendices.</p> <p>Instructions for compiling lifting plans for roof production in sections have not been published before. Engineering offices produces lifting plans according to their own vision.</p>	
Keywords	Roof, lifting plan, production method, roof production in sections.

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tausta	1
1.2	Yrityksen tausta	1
2	Tutkimus	2
2.1	Tavoite	2
2.2	Tutkimusmenetelmät	2
3	Vesikaton toteutus	4
3.1	Toteutusmenetelmät	4
3.2	Toteutusmallin valinta	5
3.3	Vesikaton toteutus perinteisellä menetelmällä	6
3.4	Vesikaton toteutus lohkoina	9
3.5	Lohkomenetelmän erot puurakenteisessa ja betonirakenteisessa talossa	16
4	Nostosuunnitelma	18
4.1	Suunnitelman toteutus	18
4.2	Lohkojaon suunnittelu	19
4.3	Kattolohkojen vahvisteiden mitoitus	20
4.4	Kustannustehokas lohkorakenne	30
5	Kustannusvertailu	32
5.1	Välittömät ja välilliset kustannukset rakentamisessa	32
5.2	Mallikerrostalo	32
5.3	Havainnot kustannusvertailusta	35
6	Tulosten tarkastelu	36
6.1	Vesikaton toteutusmenetelmät	36
6.2	Nostosuunnitelma	36
7	Yhteenveto	37

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake

Liite 2. Kattolohkon vahvisteiden mitoitus As Oy Espoon Ratasmylly

Liite 3. Kattolohkon vahvisteet As Oy Espoon Ratasmylly

Liite 4. Kattolohkon asennusohje As Oy Espoon Ratasmylly

Liite 5. Lohkojako As Oy Espoon Ratasmylly

Lyhenteet

Nostosuunnitelma	Suunnitelma, joka tehdään tässä tapauksessa kattolohkojen nostoa varten.
Puurakenteinen yläpohja	Yläpohja, jonka kantavana rakenteena on liimapuusta, kertopuusta tai sahatavarasta muodostetut palkit.
Nostopalkki	Liimapuusta tai sahatavarasta valmistettu palkki, jota käytetään kattolohkojen nostossa.
Nostokehikko	Teräsrakenteinen kehikko, jota käytetään kattolohkojen noston tasapainottamiseen.
Primäärirakenne	Rakenteen osa, joka toimii ensisijaisena kantavana rakenteena.
Murtorajatilakuorma	Kuorma, johon on otettu huomioon standardin SFS-EN 1990 mukaiset kuormien varmuuskertoimet ja alkeiskuormien yhdistely.
Ominaiskuorma	Kuorma, jota ei ole kerrottu kuorman osavarmuuskertoimilla.
Omapaino	Rakenteen omasta painosta aiheutuva kuorma, joka määritetään standardin SFS-EN 1991 mukaisesti.
Diagonaalisauva	Ristikon ala- ja yläpaarten välissä kulkeva vinosauva.
Yksileikkeinen liitos	Kahden puurakenteen pään välinen liitos.
Kaksileikkinen liitos	Kolmen puurakenteen pään välinen liitos.

Dimensio	Koko tai mitta.
Kosinilause	Trigonometrian lauseke, jonka perusteella on mahdollista määrittää kolmion kulmat, kun tunnetaan kolmion kaikki sivut tai kolmion tuntematon sivu, kun tunnetaan yksi kolmion kulma ja sen viereiset sivut.
Sinilause	Trigonometrian lauseke, jonka perusteella on mahdollista määrittää kolmion sivun pituus tai kulman suuruus, kun kolmiosta tunnetaan vastaiset sivut/kulmat ja yksi näitä vastakkainen kulma/sivu.
Isostaattinen rakenne	Staattisesti määrätty rakenne, jonka vapaa-kappalekuvion tukireaktiot voidaan ratkaista tasapainoyhtälöitä käyttäen. Tasotapauksessa riittää kolmen tasapainoyhtälön ratkaiseminen.
Yläpaarre	Kattoristikon yläpinnassa kulkeva sauva.
Alapaarre	Kattoristikon alapinnassa kulkeva sauva.
Ajoneuvonosturi	Pyörillä kulkeva nosturi, jonka nostokapasiteetti on 1-500 tonnia.

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämä opinnäytetyö tehdään NCC Rakennus Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön aihe on esitetty yrityksen aloitteesta ja tarpeesta. NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikkö on toteuttanut kerros- ja rivitalojen puurakenteisia vesikattoja ”perinteisellä” menetelmällä sekä lohkoina maassa -menetelmällä. Perinteisessä menetelmässä vesikattomateriaalit nostetaan katolle yksitellen ja kootaan yläpohjan päällä. Lohkoina maassa -menetelmällä vesikattolohkot kootaan maassa ja nostetaan mahdollisimman valmiina katolle. Lohkoina maassa -menetelmä on osoittautunut tuotannollisesti hyväksi menetelmäksi. Tästä syystä yritys haluaa perehtyä menetelmään tarkemmin ja on päättänyt teettää tämän opinnäytetyön.

Todellisia hyötyjä ja haittoja kahden menetelmän välillä ei ole aikaisemmin julkaistu. Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen tutkija Olli Teriö on julkaissut lohkomenetelmästä joitain lyhyitä asiakirjoja muiden tutkimusten yhteydessä. Muita suomenkielisiä julkaisuja ei tämän työn yhteydessä löydetty. Etenkään kustannus- ja aikatauluhyötyjä ei ilmeisesti ole aikaisemmin tutkittu tai selvitetty. Tässä opinnäytetyössä tehdään kustannusvertailu esimerkkikerrostalolle, missä vertaillaan kahden tuotantomenetelmän kalusto ja henkilöstökustannuksia. Vertailun avulla pyritään todistamaan lohkoina maassa menetelmän kustannushyödyt.

Lohkoina maassa -menetelmään kuuluva lohkojen nostonsuunnittelu on NCC Rakennus Oy:lle melko vieras aihe. Tässä työssä on tarkoitus myös tutkia nostonsuunnittelua ja nostotapoja. Työssä pyritään esittämään järkevä nostomenetelmä, joka on toteutettavissa työmaalla.

1.2 Yrityksen tausta

NCC Rakennus Oy kuuluu pohjoismaiseen NCC konserniin, joka on yksi Pohjoismaiden johtavista rakennus- ja kiinteistökehitysyrityksistä. NCC konserni toimii Pohjoismaiden lisäksi Venäjällä, Virossa, Baltian maissa sekä Saksassa. NCC konsernin kokonaisyhtiö oli vuonna 2011 lähes 6 miljardia euroa ja se työllistää noin 17500 ihmistä. NCC Ra-

kennus Oy on valtakunnallinen rakentaja Suomessa, jonka pääasiallisia toimialoja ovat: asunto-, toimitila-, liike-, infra- ja julkinen rakentaminen. Asuntorakentamisen yksikkö on osa NCC Rakennus Oy:tä. [1.]

NCC Rakennus Oy:n historia Suomessa juontaa juurensa Rakennustoimisto A. Puolimatkasta, joka perustettiin 1947. Rakennustoimisto A. Puolimatka toimi Suomessa yhtenä johtavista rakentajista lähes 50 vuoden ajan. Rakennustoimisto A. Puolimatka siirtyi NCC konsernin omistukseen vuonna 1996. Siitä asti NCC on jatkanut yrityksen toimintaa Suomessa. [1.]

2 Tutkimus

2.1 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on etsiä hyödyt, haitat ja vaatimukset uudesta puurakenteisen vesikaton toteutusmenetelmästä ja osoittaa siihen liittyvät merkittävät kustannus-, aikataulu- ja työturvallisuushyödyt verrattuna vesikaton perinteiseen toteutusmenetelmään. Tavoitteena on myös suunnitella kohteeseen Asunto Oy Espoon Ratasmylly/Ylämylly nostosuunnitelma, joka olisi toteuttamiskelpoinen, yksinkertainen ja työmaan kannalta edullinen. Lisäksi tämä insinööri työ voi olla suunnitteluohjeena niille työmaille ja toimihenkilöille, jotka päättävät käyttää vesikaton lohkototeutusmenetelmää.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tietoa tähän insinööri työhön on kerätty haastattelemalla NCC Rakennus Oy:ssä työskenteleviä toimihenkilöitä ja työntekijöitä, joilla on kokemusta puurakenteisten vesikat-
tojen toteutuksesta eri menetelmillä. Lisäksi tietoa kerättiin erilaisista puurakenteiden suunnittelustandardeista sekä julkaisuista liittyen puurakenteisen vesikaton puutöihin. Insinööri työn tekemisen aikana seurattiin kahta NCC Rakennus Oy:n työmaata, joissa oli vesikaton toteutus lohkoina -työvaihe parhaillaan meneillään. Kohteet olivat Asunto Oy Helsingin Helleranta Vuosaarella sekä Kiinteistö Oy Helsingin Leikeri Malmilla. Insinööri työssä seurattiin ja tutkittiin rivitaloyhtiö Asunto Oy Espoon Ratasmyllyn vesikat-
toa toteutuksen ja suunnittelun kannalta. Tähän kohteeseen tehtiin nostosuunnitelma

ja seurattiin lohkojen toteutusta ja nostoa kevään 2012 aikana. Kaikki kolme seurattua kohdetta olivat vesikaton rakenneratkaisuiltaan erilaisia. Tämän avulla saatiin laaja kokonaiskuva lohkomenetelmästä ja lohkomenetelmä-työvaiheen suunnittelusta.



Kuvio 1. Kattolohkon nosto, As Oy Vantaan Vouti [2].

3 Vesikaton toteutus

3.1 Toteutusmenetelmät

Kerros- ja rivitalojen puurakenteisia vesikattoja toteutetaan pääsääntöisesti kahdella eri menetelmällä. Ensimmäinen on toteutus perinteisellä menetelmällä, jossa vesikaton materiaalit nostetaan katolle ja kootaan holvilla. Tämä menetelmä vaatii vähemmän suunnittelua, mutta on huomattavasti hitaampi. Toinen ”uusi” menetelmä on toteutus lohkoina maassa. Tässä menetelmässä vesikatto jaetaan sopivankokoisiin lohkoihin ja valmistetaan mahdollisimman valmiiksi maassa. Lohkon päärakenteena toimivat kattoristikot, jotka liitetään toisiinsa vaakavahvisteilla. Lohkoihin asennetaan myös aluskate, kaiteet, kulkusillat, katelaudoitukset, räystäät ja kaikki muut osat, jotka on maassa helppo asentaa. Lähes aina kattoristikot tulevat ristikkovalmistajalta esivalmistettuina. Lohkoina valmistamisessa on monia etuja. Näitä ovat esimerkiksi työturvallisuuden parantuminen ja työvaiheen tehokkuus. Molempia menetelmiä voidaan soveltaa eri materiaalisista valmistettuihin pulpetti- ja harjakattoihin. [2.]

Lohkomenetelmää on käytetty ensisijaisesti kerrostalojen- ja rivitalojen vesikaton toteutuksessa. Omakotitalojen tai pienten rivitaloyhtiöiden vesikattovalmistuksessa lohkomenetelmällä ei saada niin merkittäviä aikataulu- ja kustannushyötyjä kuin kerrostalokohteissa. Kerrostalokohteet ovat laajoja ja kalliita ylläpitää, jolloin pienikin aikataulusäästö on merkittävä. Omakotitalokohteissa vesikaton toteuttaminen lohkomenetelmällä ei tuota niin suuria aikataulusäästöjä, että sitä olisi taloudellisesti järkevää toteuttaa. Lohkomenetelmä vaatii paljon suunnittelua ja tietotaitoa, jotta se saadaan onnistumaan ja menetelmän vahvuudet hyödynnettyä. Menetelmä sisältää seuraavaksi kuvattavan riskin: Kattolohkojen tulee olla hyvin mittatarkkoja, jotta ne saadaan sopimaan paikalleen nopeasti ja ilman jälkikorjauksia. Jos rakennetussa kattolohkossa ilmenee mittapoikkeamia, sen korjaaminen jälkeenpäin on työlästä ja lohkomenetelmällä saavutettu aikatauluhyöty todennäköisesti menetetään. Lohkomenetelmää voidaan käyttää omakotitalokohteissa, mikäli rakentajalla on riittävästi tietoa ja kokemusta menetelmän toteutuksesta. [2.]



Kuvio 2. Pulpettikaton 6-pistenosto, As Oy Helsingin Helleranta.

Perinteisen tuotantomenetelmän käyttö on vähentymässä kerros- ja rivitalotyömailla, koska on havaittu huomattavat edut, joita lohkoina maassa rakentamisessa on saavutettu. Lohkomenetelmän edut ja vaatimukset esitetään sivuilla 15-16. Vaihtaminen uuteen toteutusmenetelmään ei kuitenkaan ole helppoa. Se vaatii työmaalta paljon innovatiivisuutta ja uskallusta, koska vesikaton toteutuksesta maassa kaikessa yksinkertaisuudessaan on monille tuntematon toteutusmenetelmä. Varsinkin lohkon nostonaikainen vahvistaminen ja nostonsuunnittelu saattaa olla työmaalle vaativaa ilman aikaisempaa kokemusta tai perehdytystä. Nostonsuunnittelussa turvaudutaan usein rakennesuunnittelijaan, joka laatii nostosuunnitelman. [3.]

3.2 Toteutusmallin valinta

Vesikaton toteutusmalli tulee valita työmaan alkuvaiheessa. Perinteinen toteutusmalli on mahdollinen lähes kaikissa kohteissa, joissa kattomuoto on harjakatto tai pulpettikatto. Lohkoina rakentamisessa on seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon jotta toteutus on mahdollista. Yksi asia on tila työmaalla. Työmaalta pitää olla rakennettavan lohkon

kokoinen vapaa tila, jonka voi varata lohkon rakentamiseen. Ihannetilanteessa lohkot rakennetaan lähellä tulevaa rakennusta torninosturin nostoalueella. Toteutusmallin valintaan vaikuttaa myös kattorakenne sekä rakennettavan kohteen laajuus. Lohkoina toteutus on ollut huomattavasti suositumpaa kerrostaloissa kuin rivitaloissa. Kerrostalossa on yleensä etuna teräsbetonirakenteinen yläpohja, joka antaa hyvän työalustan vesikaton asennukseen. Rivitalokohteissa taas on usein puurakenteinen yläpohja, minä takia vesikaton asennus tehdään telineiltä tai henkilönostimilta. Kerrostalokohteissa saadaan parempi aikatauluhyöty lohkomenetelmästä vesikattotöiden laajuuden ja torninosturin käyttömahdollisuuden takia. [2.]

3.3 Vesikaton toteutus perinteisellä menetelmällä

Vesikaton toteutus perinteisellä menetelmällä alkaa vasta rakennuksen rungon valmistamisen jälkeen. Betonirakenteisessa yläpohjassa voidaan vesikattoa alkaa rakentamaan holvivalun jälkeisenä päivänä. Työn alussa nostetaan vesikattomateriaalit yläpohjalle. Tähän kuuluu puutavara, kattoristikot, aluskate, IV-osat, kaiteet, räystäsmateriaalit ja katemateriaalit. Kaikkia materiaaleja ei välttämättä ole järkevää nostaa katolle yhdellä kertaa vaan työvaiheiden valmistumisen mukaan. Perinteisellä menetelmällä toteutetun vesikaton rakentaminen kestää keskikokoisella kerrostalotyömaalla noin kahdesta viikosta kuukauteen. Tämä työvaihe sitoo työvoimaa ja työkoneita pitkäksi aikaa. Varsinkin nosturin jatkuva käyttö hidastaa työmaan muita rakennusvaiheita. Mikäli rungon asennus jatkuu vesikaton asentamisen aikana, voi olla järkevää varata ajo-neuvonosturi vesikaton nostoja varten. [4.]

Ristikot kiinnitetään yläpohjaan kulmarauodoilla tai reikävanteella yksitellen [5, s. 7]. Yksittäisten ristikoiden pystyssä pysyminen voi olla hankalaa ennen katelaudoituksen asentamista. Ristikoiden asennuksen jälkeen asennetaan aluskate sekä katelaudoitus / rimoitus. Vesikattotöiden aikana on käytettävä valjaita niin kauan kuin kaiteita ei ole asennettu. Kaiteet ja räystäät asennetaan yleensä henkilönostimilla rakennuksen ulkopuolelta.



Kuvio 3. Kattoristikoiden asennus perinteisellä menetelmällä, As Oy Tammistonkatu 33.

Hyödyt ja haitat

Perinteisessä vesikaton toteutusmenetelmässä suurin haaste on menetelmän hitaus. Koko työvaihe tehdään yläpohjan päällä. Jos rakennuksen reunoilla ei ole kaiteita, on valjaiden käyttö välttämätöntä. Toisin kuin lohkomenetelmässä vesikattotöitä ei voida aloittaa ennen rungon valmistumista. Tämän takia työvaihe kestää huomattavasti pidempään perinteisellä menetelmällä kuin lohkomenetelmällä. Lisäksi kaiteiden asennus ja räystäiden tekeminen tehdään usein henkilönostimilla. Tämä on työlästä ja kallista. Nosturin käyttö on välttämätöntä koko työvaiheen aikana, mikä hidastaa muita työvaiheita, ellei vesikaton nostoja varten varata erillistä ajoneuvonosturia. [2.]

Hyödyt:

- Paljon kokemusta menetelmästä
- Pieni virheiden mahdollisuus.

Haitat:

- Työturvallisuuteen liittyvät riskit
- Hitaus ja korkealla työskentely
- Sitoo nosturin käytön pitkäksi aikaa
- Vaatii henkilönostimia
- Aluskatteen, kaiteitten, räystäitten asentamisen vaikeus
- Yksittäiset ristikot on vaikeaa saada pysymään paikallaan
- Asentamisen aikainen kulkeminen katolla on vaikeaa
- Työvälineiden ja materiaalien logistiikka hidasta.



Kuvio 4. Esimerkki vaikeakulkuisesta vesikatosta. [2.]

3.4 Vesikaton toteutus lohkoina

Valmistelu

Vesikaton toteutus lohkoina maassa alkaa menetelmän valinnasta. Kun on valittu lohko toteutusmalli, aloitetaan toteutuksen suunnittelu. Ensin on hyvä etsiä työmaalta alue, jolla lohko olisi helppo rakentaa. Tämä alue tulee valmistella ennen lohkon rakentamista. Olennaista on saada pohja tasaiseksi, joka minimoi mittavirheet valmiissa lohkoissa [6]. Maapohja tasataan ja sijoitetaan pitkittäispuut, joiden päälle itse lohko rakennetaan. Rakennettavassa lohkoissa ei saisi ilmetä vinoutta tai mittapoikkeamia. Apuna voidaan käyttää laseria tai täkymetriä. Kun alue on löytynyt, aloitetaan lohkojaon ja osien suunnittelu, jotka on järkevää liittää rakennettavaan lohkoon.

Kattolohkon suositeltu maksimikoko on noin 10 m * 15 m [7, s. 33]. On kuitenkin mahdollista rakentaa isompiakin kattolohkoja. Lohkon koko ei ole niin kriittinen ominaisuus kuin lohkon paino. Kattolohko voi olla erittäin laaja ja se saadaan tasapainoiseksi

ja kestävästi nostovaihe, mutta liian raskas kattolohko on vaikea saada kestävästi nostosta aiheutuvat rasitukset. Lisäksi raskaan kattolohkon nostonaikaiset vahvistukset muodostuvat tarpeettoman massiivisiksi ja kalliiksi toteuttaa. Asuinkerrostaloissa kattolohkojen kokonaiskuorman tulisi olla alle 25 kN. Kuviossa 5 on esimerkki suuremmasta kattolohkosta.

Kerrostaloissa lohkojaossa kannattaa ottaa huomioon palokatkojen paikat. Mikäli palokatkoristikoita ei nosteta lohkon mukana, saattaa olla järkevää tehdä lohkojen saumat palokatkojen kohtiin [8]. Nostosuunnitelma tulee olla valmiina lohkojen toteutuksen aloituspäivään mennessä. Nostosuunnitelman laatii työmaahenkilöstö tai kohteen rakennesuunnittelija. Nostosuunnitelmasta ilmenee lohkojako sekä nostonaikaiset vahvistukset, nostotapa, lohkon liitettävät osat ja lohkon paino. [4.]

Riippuen katemateriaalista päätetään tehdäänkö katto valmiiksi maassa vai aluskatevaiheeseen asti. Peltikattoja on asennettu maassa lohkoihin, mutta tiilikatossa usein katemateriaali asennetaan vasta lohkon nostamisen jälkeen. Tiilikatto tuo lohkon paljon lisäkuormaa ja tiilet on hankalaa saada pysymään paikallaan noston aikana. Peltikaton asentamisesta lohkon maassa kannattaa myös neuvotella peltikatteen tekijöiden kanssa. On noussut esille tapauksia, joissa peltikaton toteuttava aliurakoitsija on halunnut asentaa peltikatteen lohkon noston jälkeen. Mikäli peltikate asennetaan maassa, lohkojen välisten saumojen teko voi olla hankalaa konesaumatussa peltikatteessa. Aluskatteen limitykset lohkojen välillä tulee myös huomioida. Limityksen pituus on suositeltavaa olla noin 20 – 40 cm, valmistajan ohjeen mukaan. [2.]



Kuvio 5. Massiivinen kattolohko, As Oy Vantaan Tammistontarha [2].

Kattolohkoihin asennetaan maassa myös kaiteet sekä kulkusillat. Lohkoon on myös mahdollista asentaa pieniä IV-osia, joita ovat esimerkiksi huippumurit sekä piiput [7, s. 32]. Tämä vaatii yhteistyötä IV-urakoitsijan kanssa. Nostonaikaiset vahvistukset ja nostopisteet tehdään nostosuunnitelman mukaisesti. Nostokohdat on parasta sijoittaa lohkon ulkopuolelle, mikäli se on mahdollista. Jos nostokohdat sijoitetaan lohkon sisäpuolelle, nostoliinat tuodaan läpi aluskatteen saumojen kohdalta. Tällä estetään turhien reikien tekeminen aluskatteeseen, mitkä ovat jälkikäteen vaikeita korjata [2]. Räystäslaudoitus on järkevää tehdä maassa. Valmiiksi maalatut räystäslaudat on helppo asentaa maassa. Räystäslaudoituksen asentamiseen lohkon noston jälkeen tarvitaan henkilönostimia ja asennus on työlästä ja hidasta. [9.]



Kuvio 6. Nostoliinujen sijoitus aluskatteen sauman kohdasta, As Oy Helsingin Leikeri.

Toteutus

Lohkon toteutus aloitetaan runkovaiheen aikana. Tehokkainta on ajoittaa lohkon valmistuminen rungon valmistuspäivälle. Ideaalitulanteessa työmaalla olisi niin paljon tilaa, että kaikki rakennuksen lohkot saataisiin valmiiksi samaan aikaan rungon kanssa. Tämä mahdollistaa koko vesikaton asennuksen yhdessä päivässä. Näin saadaan lohkot nostettua katolle välittömästi ja nosturia ei tarvitse sitoa työvaiheeseen pitkäksi ajaksi. [2.] Yhden kattolohkon tekeminen kestää kahdelta rakennustyömieheltä noin yksi – kolme päivää riippuen lohkon koosta, osista ja työmiesten ammattitaidosta. Yhden lohkon nosto ja asennus kestää keskimäärin puoli tuntia – kaksi tuntia riippuen kattolohkon kiinnitysmenetelmästä [6]. Ennen virallista nostoa on tärkeää tehdä koenosto. Koenostossa lohko nostetaan maasta irti ja tehdään havainnot lohkon rakenteellisesta kestävydestä. [3.] Jos lohkorakenteet taipuvat, tai tapahtuu muita muodonmuutoksia, on helppo tehdä vielä vahvistuksia lohkon heikkoihin kohtiin. Koenostolla varmistetaan, että rakennettava lohko on valmistettu nostosuunnitelman ohjeiden mukaisesti.



Kuvio 7. Kattolohkon koenosto, As Oy Helsingin Helleranta.

Lohkon asennuspaikka merkitään rakennuksen yläpohjaan ennen noston aloitusta. Tärkeää on merkitä kulmien paikat. Mikäli lohko ei osu noston aikana tarkalleen halutulle paikalle, on sitä vielä mahdollista liikutella noston jälkeen. [6.]

Lohkon kiinnitys yläpohjaan tehdään reikävanteilla tai kulmarauodoilla. Betonirakenteisessa yläpohjassa kiinnitetään ensin yläpohjalaattaan 50mm * 100 mm juoksut esimerkiksi lyöntiankkureilla. Kattolohko nostetaan näiden juoksujen päälle ja kiinnitetään siihen joko kulmarauodoilla tai ontelosaumoihin valetuilla reikävanteilla. Reikävannekiinnitys on huomattavasti nopeampi ja taloudellisempi menetelmä. Puurakenteisessa yläpohjassa lohko kiinnitetään kantaviin seiniin kulmarauodoilla. Lohkojen nostojen edetessä tulisi huomioida lohkojen liittäminen yhteen. Tärkein asia vesikaton toimivuuden kannalta on aluskatteen limityksen oikea toteutus. [2.]



Kuvio 8. Lohkon asennus, As Oy Helsingin Helleranta.

Hyödyt ja vaatimukset

Lohkomenetelmän hyödyt tulevat esille menetelmän nopeudessa. Lähes jokaisen työvaiheen pystyy suorittamaan maassa, jolloin ei ole tarvetta valjaiden käyttöön. Myös materiaalien ja työvälineiden logistiikka on huomattavasti helpompaa maassa työskennellessä. Kaikki tarvittavat materiaalit ja työvälineet voidaan pitää lähellä työskentelypaikkaa ja materiaalien siirtelyt voidaan tehdä ilman nosturia. [2.]

Lohkomenetelmä vaatii enemmän suunnittelua nostojen takia. Lohkojen suunnittelu ja lohkojako tulee suunnitella ja toteuttaa järkevästi, jotta menetelmä saadaan täysin hyödynnetyksi.

Lohkomenetelmällä on mahdollista saada vesikattotyövaihe valmiiksi yhdessä päivässä. Tämä nopeuttaa sisätöiden aloitusta huomattavasti. Lisäksi saadaan rakennuksen sisä-

tilat kuivumaan tehokkaasti ja nopeasti. Lohkomenetelmällä voidaan säästää yleisaikataulusta arviolta noin yksi - kaksi viikkoa. Tämä aikataulusäästön taloudellista vaikutusta voidaan luonnehtia seuraavasti: "Keskikokoisen kerrostalotyömaan ylläpitäminen maksaa keskimäärin 2500e päivässä." [2.] Yleisaikataulun säästö perustuu siihen, että kun perinteisellä menetelmällä vesikattotyöt voidaan aloittaa kokonaisuudessaan vasta rungon valmistumisen jälkeen. Lohkomenetelmällä vesikattolohkot voidaan valmistaa runko-työvaiheen aikana, jolloin jäljelle jää vain nostovaihe ja asennus. Nostovaihe ja lohkojen asennus pystytään suorittamaan yhden päivän aikana. Yleisaikataulussa on usein laskettu vesikattotyövaiheen pituudeksi useita viikkoja ja tämä aika alkaa rungon valmistumisen jälkeen. Näin ollen lohkomenetelmällä vesikattotyöt kestävät yleisaikataulussa yhden päivän ja kaikki aika, mitä jää yli on yleisaikataulussa säästöä ja muut työvaiheet voidaan aloittaa suunniteltua aikaisemmin.

Työturvallisuusriskien vähentyminen on myös merkittävä hyöty lohkomenetelmässä. Todennäköisyys vakavaan tapaturmaan on huomattavasti pienempi työvaiheen tapahtuessa maanpinnalla kuin kymmenien metrien korkeudessa katolla. Jokainen työtapa-turma on inhimillisesti korvaamaton ja lisäksi sillä on myös taloudellinen vaikutus.

Hyödyt:

- Tehokas tuotantomenetelmä
- Ei sido nosturia pitkäksi aikaa
- Työskentely maassa on tehokkaampaa
- Ei tarvita valjaita
- Ei tarvita henkilönostimia
- Nopea sisätyövaiheen aloitus
- Katto on valmis arviolta yhdessä päivässä
- Vähentää onnettomuusriskiä

- Helpottaa IV-asentajien työtä
- Aikataulusäästö on parhaimmillaan useita viikkoja
- Materiaali ja työväline logistiikan helppous.

Vaatimukset:

- Menetelmän tuntemus
- Riittävä suunnittelu
- Nostosuunnitelman tekeminen
- Vapaa tila ja tasainen alusta työmaalla
- Tyyni sää nostojen aikana. [2.], [7, s. 32.]

3.5 Lohkomenetelmän erot puurakenteisessa ja betonirakenteisessa talossa

Puurakenteisen ja betonirakenteisen talon kattorakenteiden suurin rakenteellinen ero on yleensä erilainen yläpohjaratkaisu. Suomessa rakennettavissa teräsbetonirunkoisissa taloissa on yleisesti ontelolaatta- tai paikallavalu yläpohja, kun taas rivitaloissa on kohteesta riippuen ontelolaatoista toteutettu yläpohja tai puurakenteinen yläpohja. Betonirunkoisen rakennuksen vesikaton asennus lohkomenetelmällä on kuvattu työssä aikaisemmin.

Puurakenteisessa yläpohjassa lohkomenetelmällä vesikaton asennus eroaa hieman teräsbetonirakenteisesta yläpohjasta. Teräsbetonirakenteinen yläpohja antaa hyvän työkentelytason lohkojen asennukseen. Puurakenteinen yläpohja asennetaan yleensä vasta vesikaton asentamisen jälkeen. Tästä syystä lohkot asennetaan käyttäen välipohjaa asennusalustana. Välipohjalta yläpohjaan on yleensä korkeutta noin 2,6 m – 3,5 m. Järkevintä on käyttää alumiinitelineitä, joiden päältä lohkojen asennus tapahtuu. Asen-

nuksessa voidaan myös käyttää apuna henkilönostimia. Rakennuksissa, joissa on puurakenteinen yläpohja olisi tärkeämpää rakentaa lohkot mahdollisimman valmiiksi. Esimerkiksi IV-kanavien asennus voi olla hyvin vaikeaa vesikaton asentamisen jälkeen, kun ei ole hyvää työskentelyalustaa. Rivitalotyömailla ei ole taloudellisesti järkevää käyttää torninosturia, joten lohkojen nostoja ja asennusta varten tulee tilata erikseen ajoneuvonosturi. [2.]



Kuvio 9. Kattolohkon asennus ajoneuvonosturilla puurakenteiseen rivitaloon, As Oy Espoon Ratasmylly.

4 Nostosuunnitelma

4.1 Suunnitelman toteutus

Nostosuunnitelman laatii työmaa toimihenkilö tai kohteen rakennesuunnittelija. Valmiiseen nostosuunnitelmaan täytyy saada kohteen vaativuusluokasta riippuvan pätevyyden omaavan rakennesuunnittelijan hyväksyntä. Kohteen pääsuunnittelija sekä vastaava rakennesuunnittelija ovat aina päteviä hyväksymään nostosuunnitelman. Hyväksyjän ollessa joku muu henkilö, tulee kääntyä rakennusvalvontaviranomaisen puoleen ja varmistaa pätevyys. Useissa NCC Rakennus Oy:n kohteissa työmaanhenkilöstö on käyttänyt kohteen rakennesuunnittelijaa nostosuunnitelman tekemisessä. NCC Rakennus Oy:n suunnittelusopimukset eivät velvoita rakennesuunnittelijaa tekemään nostosuunnitelmaa. Tästä syystä kohteen rakennesuunnittelija vaatii työstä erillisen korvauksen. [2.]

Mikäli kohteen rakennesuunnittelija on mukana lohkojen suunnittelussa, tulisi nostosuunnitelma silti toteuttaa työmaan ja rakennesuunnittelijan yhteistyössä. NCC Rakennus Oy:ssä on noussut esille tapauksia, joissa työmaa on antanut rakennesuunnittelijalle toimeksiannon toteuttaa nostosuunnitelma ja rakennesuunnittelija on tehnyt sen täysin itsenäisesti konsultoimatta työmaata. Näissä tapauksissa nostosuunnitelma ei ole täyttänyt työmaahenkilöstön toiveita ja nostomenetelmä ja nostonaikaiset vahvistukset ovat olleet kalliita ja hankalia toteuttaa. Työmaan kannalta nostosuunnitelmasta tulisi tehdä mahdollisimman yksinkertainen. Käytettävät vahvistus ja nostomateriaalit tulisi olla helposti saatavissa. Vahvistusmateriaaleina tulisi käyttää mahdollisimman paljon yleisimpiä 22mm * 100mm sekä 50mm * 100mm sahatavaraa mikäli vain mahdollista. Nostopalkit ovat ainut rakenne, missä ei yleensä voida käyttää vakiomateriaaleja. [4.]

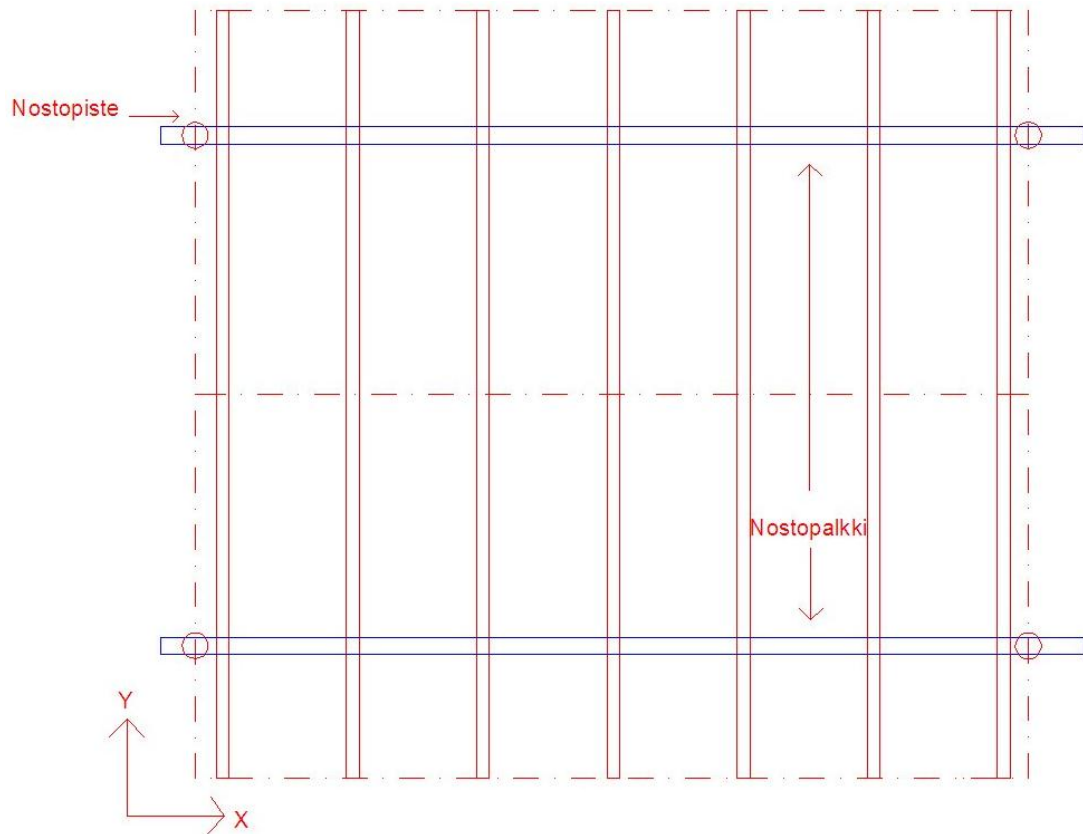
Nostosuunnitelman toteutus alkaa rakennettavaan kohteeseen tutustumisella. Yläpohja ja vesikattorakenteisiin tutustuminen on erityisen tärkeää. Näistä rakenteista on tietoa kohteen rakennepiirustuksissa. Leikkauspiirustukset, rakennetyypit, ristikkokaaviot ja pohjapiirustukset ovat hyödyllisiä dokumentteja. Lisäksi työmaan alueeseen ja työmaahan on hyvä tutustua tarkemmin. Nostosuunnitelmaan kuuluu myös vesikattojen lohkojen jaon suunnittelu, lohkojen nostonaikaisten vahvisteiden suunnittelu ja mitoitus, tarpeellisen piirustusten laatiminen ja lohkojen toteutuspaikan suunnittelu työmaalta. Myös lohkojen asennusohje työntekijöille olisi hyödyllinen asiakirja. Lisäksi tarvitaan

materiaalilista, missä on esitetty lohkon vahvisteiden materiaalit sekä kiinnikemateriaalit. Lohkonvahvisteiden suunnittelussa tarvitaan ristikkovalmistajalta saatava ristikko-kaavio, mistä ilmenee ristikoiden puusauvojen dimensiot, materiaalitiedot sekä liitostiedot.

4.2 Lohkojaon suunnittelu

Vesikattolohkot suunnitellaan sellaisiksi, että ne on mahdollista toteuttaa työmaa alueella ja turvallista nostaa katolle. Kattolohkon kuormien tulisi myös pysyä järkevän suuruisina, ettei lohkon vahvisteista tarvitse tehdä tarpeettoman massiivisia. Kattolohkojen maksimikoko on noin 15m * 10m. [7, s.33.] Lohkojaossa kannattaa huomioida palokatkosten paikat ja asuntojen väliset seinät. Lohkojako saattaa olla helppoa tehdä näistä kohdista. Vesikattolohkot kannattaa suunnitella suurin piirtein samankokoisiksi, jotta samantyyppisiä vahvisteita ja nostopalkkeja voidaan käyttää kaikissa kohteen kattolohkoissa.

Kattolohkojen jaosta tehdään piirustus ja suunnitelma. Suunnitelmasta ilmenee lohkojen jakopaikat. Yleisimpiä lohkojen jakokohtia ovat palokatkot tai huoneistojen väli. Helpointa on käyttää valmiiksi piirrettyä vesikattopiirustusta, missä esitetään ristikot. Tässä piirustuksessa esitetään lohkon jakokohdat.



Kuvio 10. Esimerkki vesikattolohkosta.

4.3 Kattolohkojen vahvisteiden mitoitus

Yleistä

Kattolohkojen vahvisteiden mitoituksessa käytetään hyväksi puurakenteiden Eurokoodia SFS-EN 1995-1-1 sekä puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta. Tässä luvussa on selostettu lohkon vahvisteiden mitoitus yhden nostoperiaatteen mukaisesti.

Kattolohkojen vahvisteet mitoitetaan siten, että kattolohkossa ei ylitetä ohjeen SFS-EN 1995-1-1 sallimia muodonmuutoksia noston aikana. Huomattavia muodonmuutoksia ovat rakenteiden murtuminen sekä lohkon pituussuuntaiset mittamuutokset. Lohkojen nosto toteutetaan käyttämällä yleensä kahta tai useampaa nostopalkkia, jotka kulkevat lohkon läpi. Nostopalkkien päihin kiinnitetään nostoliinat. Nosto on järkevää suunnitella kuusi- tai nelipistenostoksi riippuen lohkon mitoista ja painosta. Kattolohkojen nostosuunnittelussa on myös tärkeää ottaa huomioon kattolohkon tasapaino. Epäsymmetrisissä kattorakenteissa voidaan käyttää kuusipistenostoa antamaan lisävakautta nostol-

le. Nostopalkit sijoitetaan siten, että kuormat jakautuvat palkeille tasaisesti ja lohkon nosto on vakaa. Nostossa voidaan myös käyttää hyväksi nostokehikkoa, mikä kiinnitetään nostoketjuihin lohkon yläpuolelle. Tässä tapauksessa nostoketjut tulevat kohtisuoraan ylöspäin lohkon päältä ja kattolohkoon ei välity vaakavoimia. Nostokehikon käyttö ei ole yleistä sen vaikean saatavuuden ja epätaloudellisuuden takia. Nostokehikko tulee suunnitella ja toteuttaa jokaista kohdetta varten erikseen, tästä syystä sen hankkiminen tulee kalliiksi. Nostokehikkoa ei aina voida käyttää kohteen kaikkien lohkojen nostossa, jos ne ovat erikokoisia. Kun nosto toteutetaan ilman nostokehikkoa, kattolohkoon välittyy nostoketjujen kautta x- ja y-suuntaisia vaakavoimia. x- ja y-suunnat on esitetty kuviossa 10. Nämä voimat pitää ottaa huomioon lohkon vahvistuksessa. Mitoituksessa voidaan olettaa, että ristikon rakenteet ottavat kuormista vastaan vain pienen osan ja vahvistavat rakenteet toimivat primäärisinä rakenteina.



Kuvio 11. Nostokehikon käyttö [7, s. 32].

Kattolohkon tärkeimmät jäykisteet ovat: vaakajäykiste, joka ottaa vastaan nostosta aiheutuvia puristusvoimia, nostopalkin kiinnityskohdan vahvistukset, lohkon pitkittäis-suuntaiset jäykisteet, jotka estävät ristikoiden sivuttaissuuntaiset siirtymät noston aikana. Lisäksi voidaan tehdä vielä muita vahvistuksia tarpeen mukaan.

Kattolohkon nostonaikaisten vahvisteiden mitoitus etenee seuraavasti:

1. Kuormien laskenta
2. Vaakavoimien laskenta
3. Nostopalkin mitoitus
4. Vaakavahvisteiden mitoitus
5. Liitosten mitoitus
6. Lohkon muiden vahvisteiden suunnittelu



Kuvio 12. Vaakasuuntaisia vahvistuksia, As Oy Helsingin Leikeri.

Kuormat

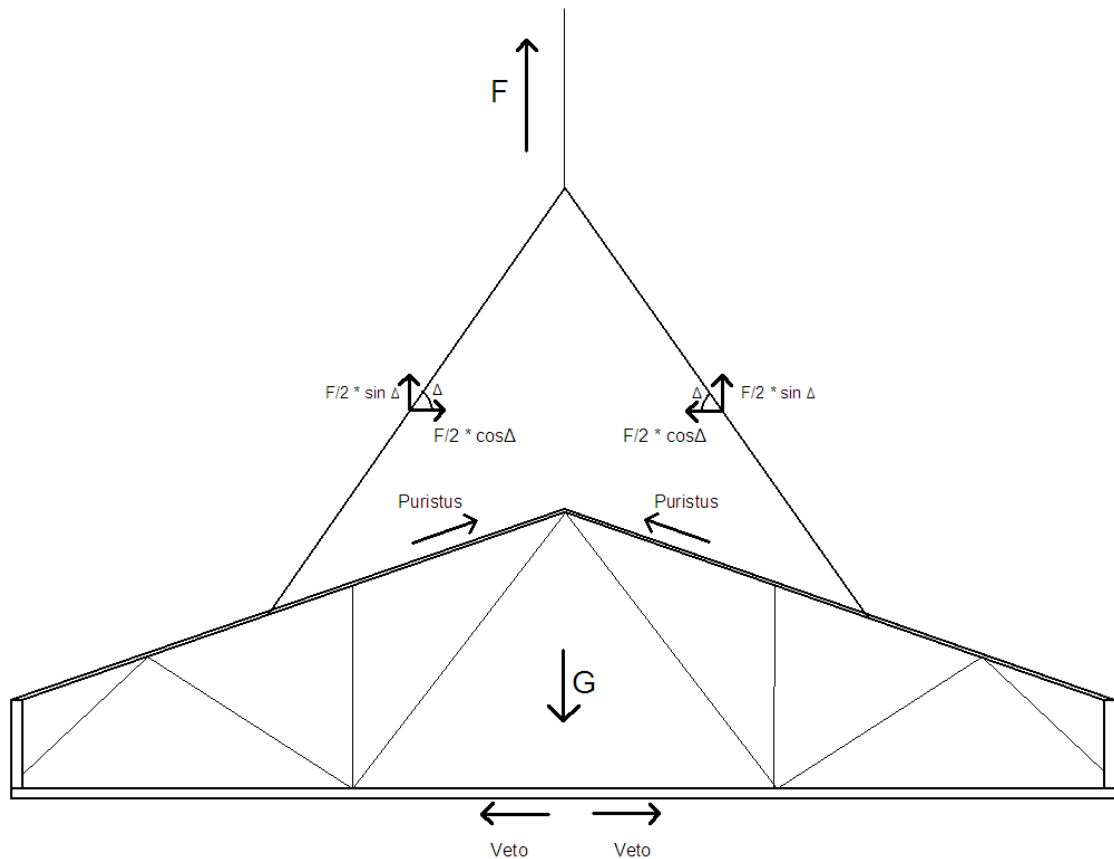
Kattolohkojen mitoitus voidaan aloittaa, kun on suunniteltu lohkojako sekä lohkon liitettävät rakenteet. Näiden tietojen perusteella lasketaan lohkon kuormat murtorajatilassa. Vahvisteet mitoitetaan suurimmalle sekä raskaimmalle kattolohkole. Näin vahvisteet pätevät jokaiseen kattolohkoon eikä tarvitse tehdä kuin yksi vahvistusmitoitus. Kaikkien lohkon kuormien oletetaan olevan lyhytaikaisia ominaiskuormia [10, s. 20]. Tuulikuormaa ei tarvitse lohkon vahvisteiden mitoituksessa huomioida, tuulisella säällä kattolohkoja ei saa nostaa.

Ristikoiden omapaino on hyvin yksinkertaista laskea, mutta lisärakenteista tulevat kuormat voi olla vaikeampaa laskea tarkasti. Lisärakenteita ovat: IV-laitteet, kate-laudoitus, kaiteet, kulkusillat, päätylevytykset ja räystäät. Voidaan tehdä karkea arvio lisärakenteiden kuormasta. Esimerkiksi lisäkuorma on 5 – 10 kN / lohko, riippuen lisä-

osista ja lohkon koosta. Tunnettujen lisärakenteiden kuormat voidaan myös laskea tarkasti, mikäli rakenteet ovat massiivisia ja voidaan olettaa, että niistä aiheutuvat kuormat lisäävät lohkon kuormia huomattavasti. Lisäkuorman oletetaan jakautuvan tasaisesti koko lohkolle. Joissain tapauksissa lohkon liitettävät lisäosat saattavat tehdä kattolohkosta epätasapainoisen. Tällaista tilannetta tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää.

Rakennemalli

Kuviossa 13. nähdään voimien jakautuminen kattolohkolle noston aikana. Kuviossa on leikkaus kattolohkosta ristikoiden suunnassa. Kuorma F on kaikkien rakenteiden murto-rajatilakuorma nostotilanteessa. G tarkoittaa kuorman F vastavoimaa. Kuorma F jakaantuu tasaisesti jokaiselle nostoketjulle, ketjujen määrän suhteessa. Nelipistenostossa voidaan olettaa, että kuorma F jakautuu neljään pisteeseen. Ilman nostokehikkoa nostosta aiheutuu vaak- sekä pystyvoimia kattolohkolle. Voimien suuruudet voidaan laskea, kun tunnetaan nostokorkeus tai nostoketjujen pituus. Näiden tietojen avulla voidaan laskea kulma Δ , jossa nostoketjut kiinnittyvät kattolohkolle. Kulma Δ sijaitsee nostoketjun ja vaakasuoran tason välillä. Sini- ja kosinilauseiden avulla saadaan lasketua kuorman vaak- ja pystykomponentti, jotka vaikuttavat lohkon. Nostomalli aiheuttaa kattolohkon yläpintaan sisäisiä puristusvoimia ja alapintaan sisäisiä vetovoimia. Voimien suuruuden perusteella arvioidaan tarvitaanko vaakavahvistusta. Lohkon vaakavoimat jäävät usein niin pieneksi, että lisävahvistuksia ei tarvita. Mikäli vaakavoimat ovat huomattavan suuria, niitä vastaan mitoitetaan vaakavahvisteita. Lohkon pituus-suunnassa vaakavoimat välittyvät nostopalkeille. Nostopalkkien mitoituksessa huomioidaan vaakavoimat. Lohkon leveyssuunnassa vaakavoimat välittyvät ristikoille. Ristikoiden suuntaan suunnitellaan vaakavahvisteita, jotka ottavat nämä vaakavoimat vastaan.



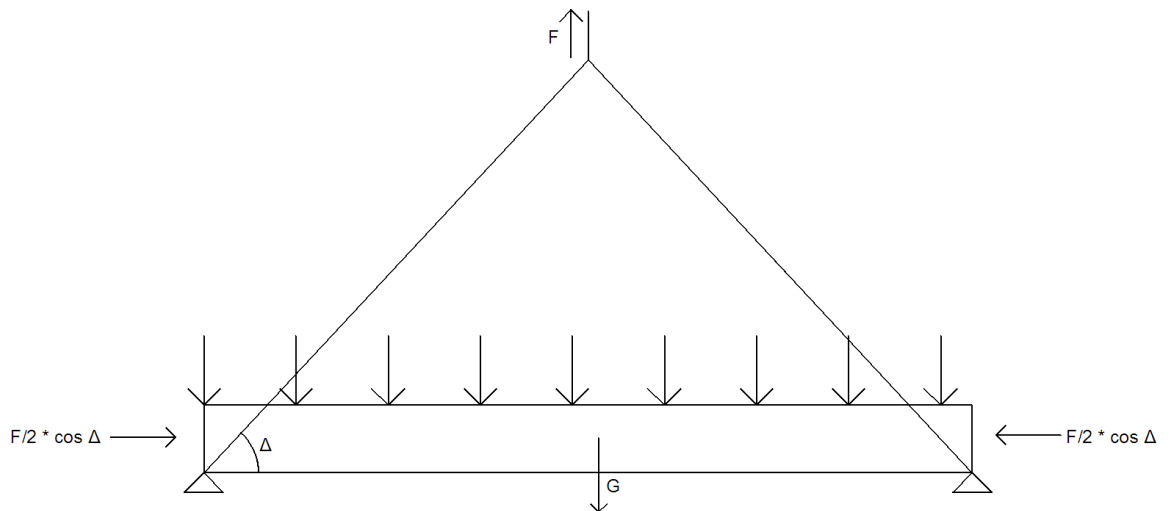
Kuvio 13. Lohkon leikkauskuva ja voimat ristikon suunnasta.

Nostopalkin mitoitus

Nostopalkin mitoitus on koko nostosuunnitelman tärkein mitoitusvaihe. Nostopalkki on lohkon ainut rakenne, jonka poikkileikkauksella ja kestävyydellä on todellinen merkitys. Muut vahvisteet ottavat vastaan niin pieniä kuormia, että käytettävien vahvisteiden poikkileikkauksilla ei ole suurta merkitystä. Useat suunnittelutoimistot mitoittavat vain nostopalkin ja muut vahvistukset suunnitellaan kokemukseräisesti.

Nostopalkki mitoitetetaan taivutettuna palkkina tai taivutettuna ja puristettuna palkkina. Nostopalkki ottaa vastaan lohkon pituussuunnassa vaikuttavat vaakavoimat. Vaakavoimien suuruuden mukaan arvioidaan onko voima niin suuri, että se tulisi huomioida. Mikäli vaakavoima on 0 – 2 kN, ei ole tarpeellista ottaa puristavaa voimaa huomioon. Taivuttava kuorma välittyy nostopalkille ristikoiden välityksellä. Tässä voidaan kuitenkin olettaa, että kuorma jakautuu tasaisesti koko palkin pituudelle. Nostopalkin tuet päissä oletetaan painumattomiksi tuiksi. Rakenne on isostaattinen. Nostopalkki mitoitetetaan SFS-EN 1995-1-1 lukujen 6.1.6 ja 6.3.3 mukaan [10. s. 35], [10. s. 39 - 40]. Nosto-

palkki kiinnitetään päistään ristikkoon siten, että nostoliinat eivät pääse liikkumaan ja vaakavoimat välittyvät nostopalkille. Vaakavoiman vähentämiseksi voidaan kasvattaa nostokorkeutta, jolloin kulma Δ suurenee. Nostokorkeudella tarkoitetaan nostoketjujen kiinnityskohdan pystyettäisyyttä päänostoketjusta. Vaakavoimien ollessa huomattavia nostopalkki voidaan kiinnittää ristikoihin siten, että ristikot estävät nostopalkin nurjahduksen sivuttaissuunnassa. Kuviossa 14. nähdään nostopalkin rakennemalli nostotilanteessa. F tarkoittaa kokonaiskuormaa, joka välittyy nostoketjujen kautta nostopalkille.



Kuvio 14. Nostopalkin rakennemalli.

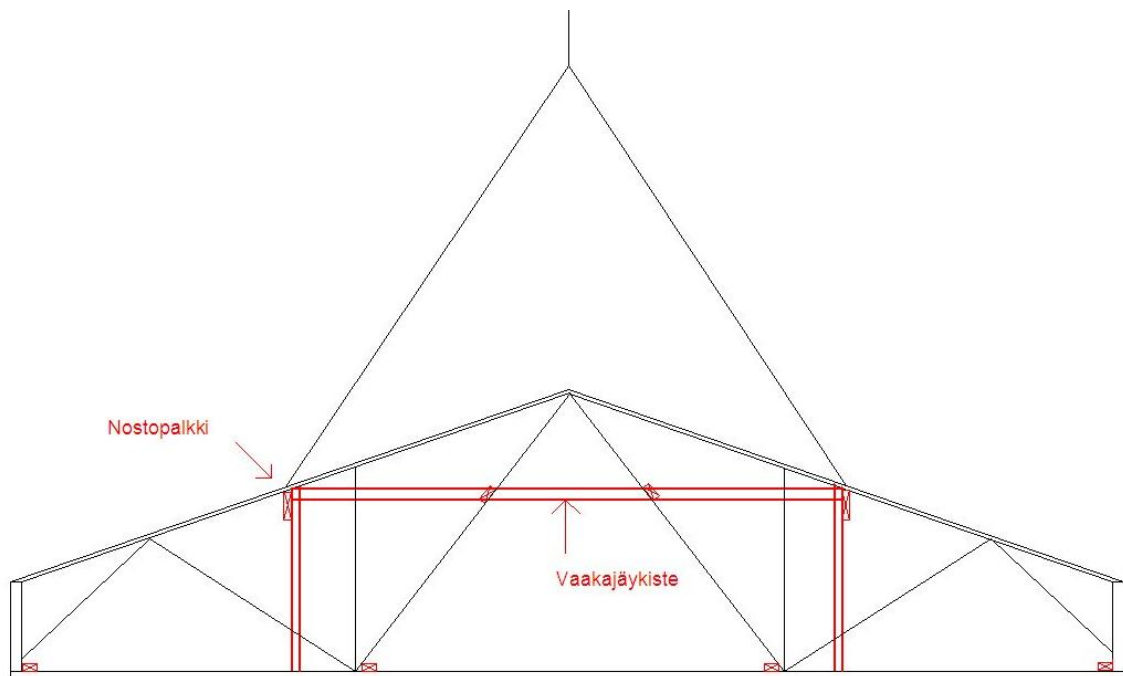
Vaakasuuntaiset vahvistukset

Vaakasuuntaiset vahvistukset antavat kattolohkolle lisäjäykkyyttä ja estävät muodonmuutokset kattoristikoiden välillä. Ne voivat myös ottaa vastaan vaakasuuntaisia voimia. Vaakasuuntaisia vahvistuksia on tarpeen suunnitella lohkon pituussuunnalle ala- ja yläpintaan. Vaakasuuntaiset vahvisteet suunnitellaan yleensä 22mm * 100mm sahatavarasta tai 50mm * 100mm sahatavarasta. Mikäli vaakasuuntaiset vahvisteet ottavat vastaan vaakakuormia, niiden rakenteellista kestävyyttä tulisi tarkastella tarkemmin.

Vaakavahvisteet, jotka ottavat vastaan vaakakuormia, suunnitellaan puristettuina sauvoina ohjeen SFS-EN 1995-1-1 lukujen 6.1.6 ja 6.3.2 mukaan [10, s.35], [10, s. 38]. Kuviossa 15 näkyy esimerkki kattolohkon vaakavahvistuksista. Ristikon suuntaiset sau-

vat ottavat vastaan yläpinnan puristusvoimia ja lohkon pituussuuntaiset vahvistukset estävät ristikoiden liikkeet noston aikana. Kuviossa on myös kaksi kappaletta pystysuuntaisia vahvisteita. Ne ovat nostopalkin vahvisteita.

Vaakavahvisteet voidaan jättää paikoilleen kattolohkon noston jälkeen, mikäli ne eivät haittaa tulevia työvaiheita tai ole muuten tiellä. Vaakavahvisteet saattavat alkaa toimia ristikkorakenteiden mukana kantavana rakenteena, tällaisessa tilanteessa vaakavahvistus tulee poistaa [11]. Tällaisia vahvisteita ovat ristikon suuntaiset vaakasauvat. Vesikattoihin on aina suunniteltu myös vinojäykisteitä, jotka kulkevat suoraan tai ristiin katon pituussuunnassa. Näitä jäykisteitä voidaan myös käyttää hyväksi vesikattolohkojen vahvistuksessa.



Kuvio 15. Esimerkki lohkon leveys- ja pituussuuntaisista vahvistuksista.

Lohkon muut vahvistukset

Kattolohkoihin saatetaan tarvita nostopalkkeihin liittyviä vahvistuksia, jos nostopalkkia ei sijoiteta kattoristikoiden diagonaalisauvojen kohdalle. Kuviossa 16 on esimerkki nostopalkille tehdyistä vahvistuksista. Nostopalkin kohdalle on tehty $2 * 50\text{mm} * 100\text{mm}$ puusta pystyvahvistus, joka on sijoitettu alapaarteen ja yläpaarteen välille. Vahvistus jakaa nostopalkilta ristikoille välittyvää kuormaa myös alapaartelle. Ilman vahvistusta

ristikoiden yläpaarteet olisivat vaarassa taipua tai murtua. Ristikön diagonaalisauvat voisivat myös estää yläpaarteen murtumisen, mutta monessa tapauksessa diagonaalisauvojen dimensiot ja liitoskohdat ovat niin heikkoja, että ei voida olettaa niiden ottavan vastaan kaikkia pystykuormia.



Kuvio 16. Nostopalkin pystyvahvisteita, As Oy Helsingin helleranta.

Liitokset

Liitosten suunnittelussa voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi Puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta. Liitokset on järkevintä suunnitella yksi- tai kaksileikkeisiksi naulaliitoksiksi. Kyseiset liitokset ovat työmaan kannalta kustannusvaikutuksiltaan edullinen ja nopea toteuttaa. Liitosten leikkauskestävyyden ja ulosvetokestävyyden mitoitusarvot voidaan laskea lyhennetyn puurakenteiden suunnitteluohjeen luvun 6.2 mukaan. Taulukoista 6.1, 6.2 ja 6.3 saadaan Mitoitusarvo R_d , joka on yhden naulan leikkausvoima-

kestävyyden mitoitusarvo [N] yksileikkeisessä liitoksessa. Taulukko huomioi puutavaran materiaalilujuuden, kuorman aikaluokan sekä käyttöluokan. [12, s. 28–31.]

Taulukko 1. Naulojen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoja [12, s. 30].

Puutavara	Sahatavara C24 - C30; Liimapuu GL24, GL28c						Sahatavara \geq C35; Liimapuu \geq GL32; Kertopuu					
	Pysyvä		Keskipitkä		Hetkellinen		Pysyvä		Keskipitkä		Hetkellinen	
Käyttö- luokka	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3
□ d x L												
□ 2,1x50	210	180	280	230	380	310	250	210	340	270	460	380
□ 2,5x60	290	240	380	310	520	420	340	280	450	370	620	510
□ 2,8x75	380	310	500	410	690	560	450	380	600	490	820	670
□ 3,4x100	540	450	720	580	980	800	650	540	860	700	1150	970
□ 4,2x125	770	640	1050	840	1400	1150	920	770	1250	1000	1650	1400
□ 5,1x150	1100	900	1450	1150	1950	1600	1300	1100	1750	1400	2300	1950
□ 5,5x200	1250	1050	1650	1350	2200	1800	1500	1250	2000	1600	2600	2200
□ 6,0x225	1450	1200	1900	1550	2500	2100	1700	1450	2300	1850	3000	2600
∅ d x L												
∅ 2,1x50	200	170	270	220	360	300	240	200	320	260	430	360
∅ 2,5x60	270	230	360	300	490	410	330	270	430	350	580	490
∅ 2,8x75	330	280	440	360	590	490	400	330	520	430	710	590
∅ 3,1x90	390	330	520	420	710	590	470	390	620	510	840	700
∅ 3,4x100	460	380	610	500	830	680	550	460	730	590	990	820
∅ 3,8x120	550	460	730	600	1000	830	660	550	880	720	1200	990
∅ 4,2x130	650	550	870	710	1150	980	780	650	1050	750	1400	1200
∅ 4,6x145	760	640	1050	820	1350	1150	910	760	1250	990	1650	1400
∅ 5,0x160	880	730	1200	950	1600	1350	1100	880	1400	1150	1900	1600

Taulukko 6.1 - Neliskulmaisilla lankanauiloilla (□) ja pyöreillä konenauiloilla (∅) kootun yksileikkeisen puutavaliitoksen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoja R_d [N], kun $t_2 = 12d$ ja $t_1 = L - 12d > 8d$. Samoja arvoja voidaan käyttää myös $t_2 > 12d$ tartuntapituuksilla, kun $t_1 \geq 8d$. Esitetyt naulapituudet ovat optimaalisia puun paksuudella $t_1 = 8d$. Pidemmille nauiloille voidaan käyttää samoja arvoja.

Naulaliitoksille on myös määräyksiä naulojen vähimmäisetäisyyksien suhteen. Nämä voidaan huomioida puurakenteiden lyhennetyt suunnitteluohjeen kuvasta 6.3.

4.4 Kustannustehokas lohkorakenne

Kuviossa 17. On esimerkki harjakattoisen rakennuksen vesikattolohkosta. Esimerkin mukaisia kattolohkon vahvisteita käytettiin As Oy Espoon Ratasmyllyn kattolohkoissa. Tämänmuotoinen lohkorakenne on työmailla havaittu helpoksi ja kustannustehokkaaksi toteuttaa. Lohkorakenne nostetaan nelipistenostona nostopalkkien päistä. Nostossa ei käytetä nostokehikkoa. Lohkossa näkyvien vahvisteiden lisäksi lohkon rakenteelliseen kestävyysvaikutusta katelaudoitus. Katelaudoitus estää lohkon yläpinnan etäisyyksien muutokset ristikoiden välillä.

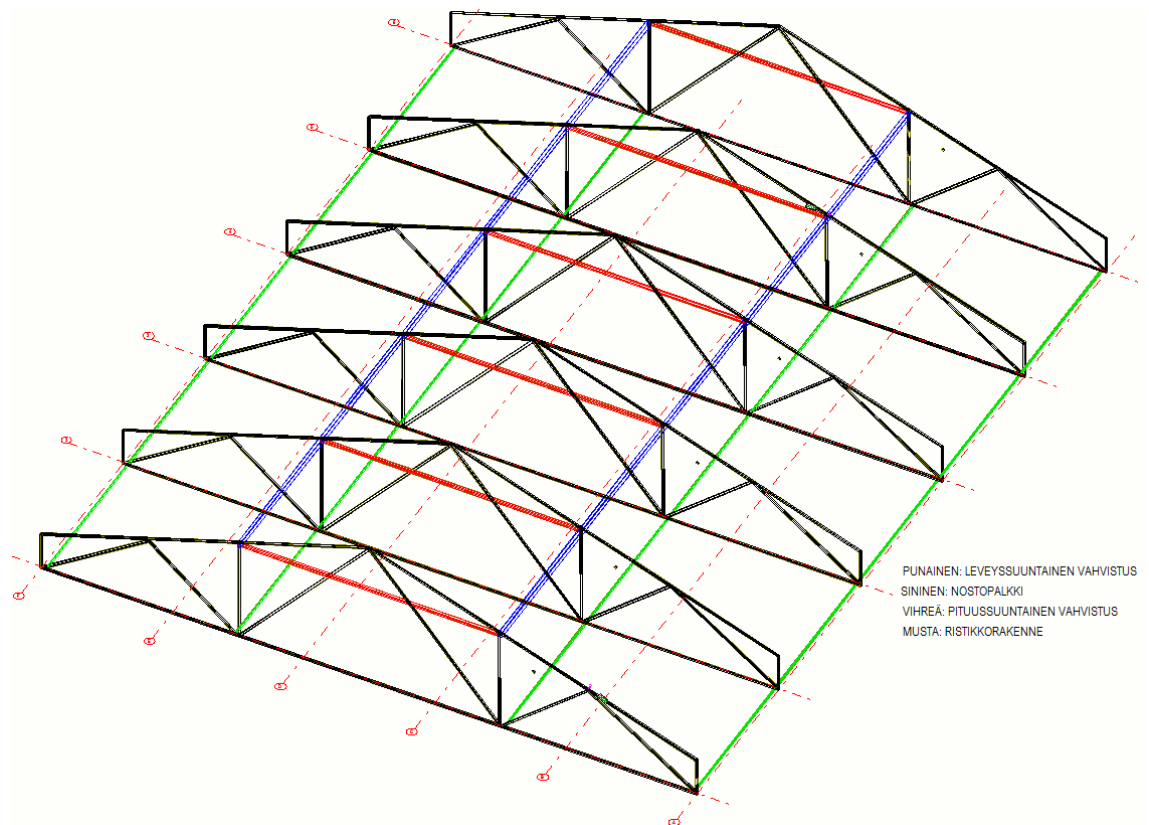
Kattolohkossa on ristikoiden lisäksi kaksi nostopalkkia, jotka kulkevat lohkon läpi sen pituussuunnassa. Nostopalkit mitoitetetaan sivun 23 ohjeen mukaisesti. Nostopalkit kiinnitetään ristikoiden pystysauvoihin ruuveilla. Nostopalkit ottavat vastaan vaakavoimat lohkon pituussuunnassa. Tässä lohkorakenteessa nostopalkit tukeutuvat ristikkorakenteeseen. Ristikkorakenteen naulalevyliitoksen kestävyys tulee tarkistaa sekä myös ristikon pystysauvan vetokestävyys. Nostopalkkien ja ristikoiden välistä liitoskohtaa voidaan tarvittaessa vahvistaa ristikoihin liitettävillä pystysauvoilla. Esimerkki ristikon pystyvahvisteesta näkyy kuviossa 16.

Leveyssuuntaiset vahvistukset ottavat vastaan nostosta aiheutuvat vaakavoimat. Leveyssuuntaisia vahvistuksia on kaikissa kuudessa ristikossa. Leveyssuuntaiset vahvistukset mitoitetetaan "*vaakasuuntaiset vahvistukset*" ohjeen mukaisesti.

Lohkon pituussuunnassa alapaarteiden päällä kulkee neljä "pituussuuntaista vahvistusta". Pituussuuntaiset vahvistukset estävät lohkon alapinnan etäisyyksien muutokset ristikoiden välillä. Pituussuuntaisten vahvistuksien rakenteellista kestävyyttä ei ole tarpeen tarkastella. Ne eivät ota vastaan kuormia. Lohkon yläpintaan voidaan tarvittaessa asentaa pituussuuntaisia vahvisteita katelaudoituksen lisäksi.

Lohkorakenteen liitokset toteutetaan naulaliitoksina. Vahvistuksissa, jotka ottavat vastaan kuormia on tarpeen tarkastella liitosten rakenteellinen kestävyys. Yksileikkeisen naulaliitoksen leikkausvoimakkestävyys mitoitetetaan taulukon 1 mukaisesti.

Esimerkin mukainen kattolohkorakenne on toteutettavissa työmaalla noin 1-2 päivän aikana [3]. Valmiiseen lohkorakenteeseen kuuluu vahvisteiden lisäksi ainakin: kate-laudoitus, aluskate, kulkusillat, räystäät sekä kaiteet.



Kuvio 17. Kustannustehokas lohkorakenne.

5 Kustannusvertailu

5.1 Välittömät ja välilliset kustannukset rakentamisessa

Työvaiheen kustannukset voidaan jakaa välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Välittömillä kustannuksilla tarkoitetaan kuluja, jotka aiheutuvat suoraan tuotteesta tai työstä. Vesikatto-työvaiheessa voidaan määritellä välittömiksi kustannuksiksi kaikki työstä aiheutuvat kustannukset kuten työvoima ja kalustokustannukset. Materiaalikustannukset kuuluvat myös tähän, mutta niitä ei kustannusvertailussa huomioitu.

Välillisiä kustannuksia eli yleiskustannuksia ovat rakennustyömaan ylläpidon käyttökustannukset ja mahdollisista työtapaturmista aiheutuvat kustannukset. Rakennustyömaan ylläpitoon liittyviä kustannuksia pystytään arvioimaan karkeasti, mutta työtapaturmista aiheutuvia kustannuksia ei voida tarkasti arvioida. Voidaan kuitenkin todeta, että työtapaturmalla on inhimillisen vahingon lisäksi, myös kustannusvaikutus yritykselle. [2.]

5.2 Mallikerrostalo

Kustannusvertailu tehdään mallikerrostalolle, joka on laajuudeltaan ja materiaaleiltaan hyvin samanlainen kuin monet NCC Rakennus Oy:n Asuntorakentamisen kohteista. Kustannuksia vertaillaan kahden eri vesikattotuotantomenetelmän välillä. Vesikaton perinteinen tuotantomenetelmä, jossa vesikaton puurakenteet asennetaan katolla ja lohkommenetelmä, jossa vesikaton puurakenteet valmistetaan maassa lohkoina. Vertailussa otetaan huomioon kustannukset, jotka eroavat toisistaan menetelmien välillä. Materiaalikustannuksia ei huomioida, koska ne ovat samansuuruiset menetelmästä riippumatta. Kustannusvertailussa huomioidaan lähinnä välittömiä kustannuksia, välillisistä kustannuksista työmaan ylläpitokustannukset on otettu huomioon.

Mallikerrostalossa on neljä kerrosta ja teräsbetonielementeistä valmistettu runko. Työmaa sijaitsee Helsingin esikaupunkialueelle, jossa on tilaa valmistaa vesikattolohkoja yksi kerrallaan. Kohteessa on kaksi rappua ja kerrostalon runko rakennetaan kahdessa osassa. Ensimmäisen rapun vesikaton asentamisen aikana toisen rapun rungon asennus jatkuu. Vesikatto on rakenteeltaan peltiharjakatto. Peltikate asennetaan katolla

vesikaton puurakenteiden asentamisen jälkeen. Kattoristikot on tilattu valmistajalta, ja ne toimitetaan työmaalle esivalmistettuina.

Katon laajuus on 10m * 20m / rappu. Vesikatto on jaettu kokonaisuudessaan 4 eri loh-
koon. Vesikatto-työvaiheessa on käytettävissä kaksi rakennusammattimiestä ja yksi
rakennusmies.

Taulukko 1. Mallikerrostalon vesikattotöiden kustannukset perinteisellä menetelmällä. [12,
s.1-3.]

Työ	Kesto (h)	Resurssit	Kustannukset (€)
Materiaalinostot	16	1 rm + 2 ram	1616
Ristikoiden asennus	16	1 rm + 2 ram	1616
Jäykisteiden asennus	8	1 rm + 2 ram	808
Kulkusiltojen asennus	16	1 rm + 2 ram	1616
Aluskate asennus	24	1 rm + 2 ram	2424
Katelaudoitus asennus	32	1 rm + 2 ram	3232
Kaiteiden asennus	24	1 rm + 2 ram	2424
Räystäiden asennus	24	1 rm + 2 ram	2424
Yhteensä	160		16160
Kalusto			
Henkilönostin	80		3200
Autonostin	50		4500
Kokonaiskustannukset			23860

Taulukko 2. Mallikerrostalon vesikattotöiden kustannukset lohkomenetelmällä. [2.]

Työ	Kesto (h)	Resurssit	Kustannukset (€)
Ristikoiden yhdistäminen	16	1 rm + 2 ram	404
Vahvisteiden asennus	8	1 rm + 2 ram	202
Kulkusillat asennus	8	1 rm + 2 ram	202
Aluskate asennus	8	1 rm + 2 ram	202
Katelaudoitus	12	1 rm + 2 ram	303
Kaiteiden asennus	8	1 rm + 2 ram	202
Räystäiden asennus	8	1 rm + 2 ram	202
Nostopalkkien asennus	4	1 rm + 2 ram	101
Lohkon nosto	4	1 rm + 2 ram	101
Lohkon asennus yläpohjaan	4	1 rm + 2 ram	101
Yhteensä	80		8080
Kalusto			
Torninosturi	8		480
Säästöt			
Yleisaikataulun lyhennys	80		-20000
Kokonaiskustannukset			-11440

Kustannussäästö =

$$23860\text{€} - (-11440\text{€}) = 35300\text{€}$$

Resurssit = 2 kpl rm + 1 kpl ram

rm = rakennusmies

ram = rakennusammattimies

rm kustannus = 21€/h

ram kustannus = 40€/h

1 h = 40€ * 2 + 21€ = 101€

Henkilönostimen kustannus = 40€/h

Ajoneuvonostimen kustannus = 90€/h

Torninosturin kustannus = 60€/h

Työmaan ylläpitokustannus 2000€ / päivä

Kaikki hinnat ovat alv 0 hintoja

5.3 Havainnot kustannusvertailusta

Mallikerrostalon kustannusvertailussa lohkokomenetelmän oletetaan onnistuvan suunnitelmien mukaisesti ja molemmissa tapauksissa toteuttava henkilöstö on ammattitaitoista.

Mallikerrostalon kustannusvertailusta nähdään vesikaton lohkokomenetelmän kustannus-
hyödyt. Lohkokomenetelmä on yli 35000 € halvempi verrattuna perinteiseen menetelmään. Suurimmat hyödyt näkyvät menetelmän nopeudessa. Vertailussa mallikerrostalon kattorakenteet saadaan valmiiksi arviolta puolet nopeammin lohkokomenetelmällä kuin perinteisellä menetelmällä. Tämä pienentää lohkokomenetelmän henkilöstökustannuksia 100% sekä lisäksi työmaan yleisaikataulua saadaan lyhennettyä noin kahdella viikolla. Lohkokomenetelmällä vesikattotyöt voidaan aloittaa rungon asentamisen aikana siten, että kattolohkot ovat valmiina rungon valmistumishetkellä. Perinteisellä menetelmällä vesikattotyöt alkavat vasta rungon valmistumisen jälkeen. Kahden viikon lyhennys yleisaikataulusta on taloudellisesti merkittävä. Perinteisen menetelmän hitaus johtuu suuresti jatkuvasta valjaiden käytöstä asennustyön aikana sekä räystäiden ja kaiteiden asentamisen hitaudesta henkilönostimella. Lisäksi perinteisen menetelmän materiaalien sekä työvälineiden logistiikka on hitaampaa ja hankalampaa.

Vesikaton perinteinen toteutusmenetelmä vaatii lisäkalustoa. Tarvitaan henkilönostin kaiteiden ja räystäiden asennusta varten sekä ajoneuvonostin materiaalinostoihin. Joissain tapauksissa ajoneuvonostinta ei tarvita. Jos rungon asennus ei jatku samaan aikaan vesikattotöiden kanssa, voidaan torninosturia käyttää myös perinteisen menetelmän materiaalinostoihin. Kustannusvertailussa ei ole huomioitu tapaturmariskiä, mikä myös tapaturmatilanteessa aiheuttaa kustannuksia yritykselle. Perinteisessä menetelmässä onnettomuusriski on moninkertainen verrattuna lohkokomenetelmään johtuen työskentelystä holvilla ja henkilönostimella. Periaatteessa onnettomuusriskin ei pitäisi olla suurempi, koska katolla työskennellessä käytetään valjaita, mutta käytännössä joitain asennusvaiheita on mahdoton tehdä valjaat päällä.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Vesikaton toteutusmenetelmät

Puurakenteisen vesikaton toteutus lohkoina osoittautui huomattavasti taloudellisemmaksi ja nopeammaksi toteutusmenetelmäksi, kuin perinteinen -menetelmä. Lohkoina maassa- tuotantomenetelmä on myös sovellettavissa lähes kaikkiin rakennuksiin, missä on pulpetti- tai harjakatto. Omakotitaloissa menetelmän kannattavuus on hieman epäselvää. Uskon, että riittävän ammattitaidon ja kokemuksen omaava rakentaja pystyisi ottamaan menetelmästä tarvittavan tehokkuuden irti ja säästämään kokonaiskustannuksissa. Kerrostalotyömailla lohkomenetelmän suurin kustannussäästö syntyy yleisaikataulun lyhennyksestä. Omakotitalotyömailla yleisaikataulun lyhennys ei ole niin merkittävä. Vesikattotöille on saatettu varata aikaa muutenkin vain muutamia päiviä, joten säästö jää vähäiseksi.

Vesikaton lohkomenetelmä osoittautui niin tehokkaaksi menetelmäksi, että ihmetyttää miksi menetelmää ei ole vielä tuotteistettu ja miksei siitä ole tehty kunnollista ohjeistusta.

6.2 Nostosuunnitelma

Lohkojen nostosuunnitelma tehdään aina tapauskohtaisesti. Nostopalkkien ja vahvisteiden suunnittelu riippuu täysin lohkojen koosta ja kuormista. Suunnitteluun on vaikeaa antaa yhtä tiettyä menetelmää, joka toimisi kaikissa tapauksissa. Lohkojen vahvisteiden suunnittelussa on kuitenkin aina samat perusasiat, mitä pitää huomioida. Niitä ovat: lohkon tasapaino, nostopalkkien mitoitus, vaakavoimien huomiointi sekä lohkon jäykkyys noston aikana. Yleensä juuri lohkon suunnittelu osoittautui työmaalle hankalaksi. Tämän takia kohteen rakennesuunnittelija on tehnyt suunnittelun ja mitoituksen. Aikaisemmin esitetty kustannustehokas lohkorakenne on osoittautunut työmailla järkeväksi ratkaisuksi. Tämyntyyppistä lohkorakennetta ja nostotapaa käytettiin kolmella työmaalla, mitä seurattiin tämän työn aikana.

Lohkojako on yksinkertainen asia suunnitella. Tärkeää on huomioida, että lohkoista ei tule liian suuria ja saumakohtat saadaan tehtyä järkevästi. Kun suunnitellaan lohkoihin liitettäviä lisäosia, tulisi asiasta neuvotella toteuttajien kanssa.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin puurakenteisen vesikaton kahta tuotantomenetelmää. Nämä menetelmät ovat perinteinen menetelmä sekä lohkoina maassa menetelmä. Työssä esitettiin hyödyt, haitat sekä kustannusvaikutukset kahden menetelmän välillä. Työssä tehtiin kustannusvertailu mallikerrostalolle. Tutkimuksessa vertailtiin tuotanto-kustannuksia kahden menetelmän välillä esimerkkikerrostalolle, joka muistuttaa NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikön rakentamia asuinkerrostaloja laajuudeltaan sekä materiaaliratkaisuiltaan. Kustannusvertailun perusteella lohkoina maassa tuotantomenetelmää käyttämällä voidaan säästää henkilöstö ja kalustokustannuksissa kymmeniä tuhansia euroja. Suurin kustannussäästö syntyy yleisaikataulun lyhennyksestä, mikä saavutetaan, kun voidaan aloittaa vesikaton jälkeiset työt aikaisemmin lohko-menetelmällä kun perinteisellä menetelmällä. Kustannusvertailu antaa suunnan, siitä minkälainen kustannushyöty lohkoina maassa menetelmällä on saavutettavissa. Todellisiin kustannuksiin vaikuttaa paljon työvaiheen onnistuminen, suunnittelu sekä muut tuotannolliset asiat.

Työturvallisuus parantuu myös paljon lohkoina maassa menetelmällä, kun voidaan suorittaa lähes kaikki työvaiheet maanpinnalla. Työvaiheiden aikana ei tarvita valjaita. Materiaali- ja työväline logistiikka helpottuu myös paljon maan pinnalla työskenneltäessä. Kaikki siirrot voidaan tehdä käsin ja materiaalit löytyvät läheltä. Logistiikka vaikuttaa paljon työvaiheen tehokkuuteen.

Lohkoina maassa menetelmän haaste on työvaiheen suunnittelu. Jotta tuotantomenetelmä saataisiin täysin hyödynnettyä, työn toteutus ja nostosuunnitelma tulee suunnitella huolella. Nostonaikaiset vahvistukset sekä nostoperiaate tulisi suunnitella järkeväksi. Ylimoitetuilla vahvistuksilla ja haastavalla nostomenetelmällä voidaan menettää tuotantomenetelmän kustannussäästöt. Tästä syystä nostosuunnitelman laatiminen on työvaiheen onnistumisen kannalta erittäin tärkeää.

Opinnäytetyössä esitettiin yksi periaate nostosuunnitelmasta ja siihen liittyvien dokumenttien laatimisesta. Tämän periaatteen mukainen nostosuunnitelma laadittiin NCC Rakennus Oy:n As Oy Espoon Ratasmylly rivitalokohteeseen. Nostosuunnitelma ja suunnitelman mukainen toteutus alkoi työmaalla mallikkaasti. Ensimmäisiä kattolohkoja päästiin nostamaan 14.5.2012. Kyseinen rivitalotyömaa on laaja. Se sisältää 3 rivitaloa

ja 17 asuntoa. Vesikattotyöt jatkuvat 2012 kesän aikana. Lohkoina maassa - tuotantomenetelmä tutkittiin NCC:n tuotannon näkökulmasta kattavasti. Olennaisimmat hyödyt ja vaatimukset tulivat tutkimuksen aikana esille.

Nostosuunnitelman laatimisen periaatteet tulivat työn aikana tutuiksi. Varsinkin seura- tuilta työmailta sai hyviä esimerkkejä siitä, miten nostosuunnitelma ei pitäisi tehdä. Nostonaikaisten vahvistusten ylimitoitus oli suurin ongelma laadituissa nostosuunnitel- missa.

Lohkoina maassa menetelmästä jäi yksi tuotannollinen näkökulma tarkastelematta. Miten vaikuttaisi vesikaton tuotantokustannuksiin, jos tehtäisiin vesikattolohkot esival- mistettuina tehtaalla? Olen kuullut tällaisesta mahdollisuudesta, mutta tutkimuksen aikana ei tullut ilmi, että kukaan rakentaja olisi kyseistä menetelmää käyttänyt. Tässä menetelmässä saattaisi olla joitain ongelmia. Esimerkkinä voidaan todeta todella laajat vesikattolohkot, Miten niissä saataisiin kuljetus onnistumaan? Olli Teriö on tämän me- netelmän maininnut tutkimuksessaan ja toteaa: "Tehtaassa esivalmistus tuskin kannattaa, koska pienissä viipaleissa hyödyt häviävät lohkojen liitostöihin." [7, s. 33.] Voisi olla kuitenkin mielenkiintoista tehdä tarjouspyyntö puutehtaille ja tarkastella, saadaanko tällä mene- telmällä kustannussäästöjä suhteessa lohkoina maassa menetelmään, mitä tässä opin- näytetyössä tutkittiin. Tässä olisi aihe lisätutkimukselle.

Lohkoina maassa menetelmää voitaisiin tutkia myös useamman rakentajan näkökul- masta. Tämä opinnäytetyö tehtiin käyttämällä tietoa, mitä saatiin NCC Rakennus Oy:ltä sisäisesti ja julkisista lähteistä. Muilla isoilla rakentajilla kuten Skanska:lla tai YIT:llä on varmasti omat näkemyksensä ja toimintamallinsa vesikattotöiden toteutuksesta lohko- ina. Tämä toimintatapojen moninaisuus kävi jo ilmi NCC:llä sisäisesti. Jokaisella työ- maalla ja henkilöllä oli oma mielipiteensä lohkoina maassa menetelmästä ja sen toimin- tamalleista ja toteutuksesta. Laajemmassa tutkimuksessa löytyisi varmasti lisää käyttö- kelpoisia toteutustapoja ja nostoperiaatteita.

Tämän opinnäytetyön avulla voi työmaahenkilöstö perehtyä lohkomenetelmään ja asi- oihin, joita siinä tulee huomioida. Lisäksi työmaatoimihenkilö, joka on rakennesuunnit- telija, pystyy laatimaan lohkomenetelmään liittyvän nostosuunnitelman tätä työtä apu- na käyttäen.

Lähteet

- [1] NCC kotisivut. [verkkodokumentti]
<http://www.ncc.fi/tietoa_nccsta/fi_FI/tietoa_nccsta/> Luettu 1.5.2012.
- [2] Hokkanen, Santtu. 2012. Suunnittelupäällikkö, asuntorakentaminen, NCC Rakennus Oy, Helsinki. Haastattelu 20.3.2012.
- [3] Tiusanen, Jari. 2012. Vastaava työnjohtaja, asuntorakentaminen, NCC Rakennus Oy, Helsinki. Haastattelu 2.4.2012.
- [4] Råglund, Mikko. 2012. Vastaava työnjohtaja, asuntorakentaminen, NCC Rakennus Oy, Helsinki. Haastattelu 22.2.2012.
- [5] RT 85-10495. 1993. Puuristikot ja -kehät. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- [6] Tuomainen, Petri. 2012. Työnjohtaja, asuntorakentaminen, NCC Rakennus Oy, Helsinki. Haastattelu 22.2.2012.
- [7] Teriö, Olli. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Tampere: Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.
- [8] Taskinen, Janne. 2012. Vastaava työnjohtaja, asuntorakentaminen, NCC Rakennus Oy, Helsinki. Haastattelu 27.3.2012.
- [9] Teriö, Olli. 2011. Palvelujen tuotteistaminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Luentomoniste 8.11.2011.
- [10] SFS-EN 1995-1-1. Puurakenteiden suunnittelu. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.
- [11] Salo, Ossi. 2012. Rakennesuunnittelija, EJT - Rakennusinsinöörit Oy, Helsinki. Puhelinkeskustelu 11.4.2012.

- [12] Kevarinmäki, Ari. 2011. Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje, kolmas painos. Helsinki: Puuinfo Oy.
- [13] Toikka, Rita. 2004. RATU. Puurunkotyö, vesikattorakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kyselylomake

Lohkomenetelmää käyttävälle työmaahenkilöstölle

1. Missä vaiheessa työmaa on?
2. Mille ajankohdalle sijoittuvat lohkojen nostot?
3. Mitkä ovat tärkeimmät kustannussäästöt työmaan kannalta lohkomenetelmällä?
4. Mitkä ovat tärkeimmät aikataulusäästöt työmaan kannalta lohkomenetelmällä?
5. Miksi käytätte lohkomenetelmää vesikaton valmistuksessa?
6. Mitä haasteita on tullut vastaan vesikaton lohkomenetelmällä?
7. Minkälaiset ennakkosuunnitelmat olette tehneet työvaihetta varten?
8. Oletteko tehneet nostosuunnitelman?
9. Kuka on tehnyt nostosuunnitelman?
10. Oletteko arvioineet työvaiheen toteutuvia kustannuksia?
11. Kuka suorittaa työvaiheen, yrityksen oma henkilöstö vai aliurakoitsija?
12. Vaatiiko työvaihe erikoisosaamista työntekijöiltä tai työnjohdolta?
13. Onko teillä aikaisempaa kokemusta vesikaton lohko tuotantomenetelmästä? Jos on, minkälaisia kokemuksia menetelmästä?

Kattolohkon vahvisteiden mitoitus As Oy Espoon Ratasmylly

Nostosuunnitelma

As Oy Espoon Ratasmylly

Mitoitus

Lohkorakenteiden vahvisteiden mitoitus on tehty käyttäen standardia SFS-EN 1995-1-1.

Varmuuskertoimet:

Pysyvä kuorma 1.15

Muuttuva kuorma 1.5

Materiaalit:

Sahatavara C24

Kuutiokuorma: 5kN / m³

Materiaalimitoitussarvot:

Puristuslujuuden mitoitussarvo: $F_{c,o,d} = 0,9 * 21\text{N/mm}^2 / 1,4 = 13,5\text{N/mm}^2$

Taivutuslujuuden mitoitussarvo: $F_{m,d} = 0,9 * 24\text{N/mm}^2 / 1,4 = 15,4\text{N/mm}^2$

Kattolohkon mitat: b * h: 6300mm * 11060mm

Kuormat:

Omapaino (ristikot + lisäkuorma)

- Lisäkuorma koostuu aluskatteesta, ruodelaudoituksesta, kulkusilloista, kaiteista, räystäistä ja nostonaikaisista vahvistuksista.

Yhden ristikon kuorma (NR1):

Puuosien tilavuudet:

$$(173 \cdot 2250 + 98 \cdot 3590 + 173 \cdot 2250 + 98 \cdot 3590 + 98 \cdot 4700 \cdot 2 + 123 \cdot 500 \cdot 2 + 73 \cdot 2200 \cdot 2 + 73 \cdot 1700 \cdot 2 + 73 \cdot 2500 + 98 \cdot 900 \cdot 2) \cdot 42 = 0,152 \text{m}^3$$

$$5 \text{kN} / \text{m}^3 \cdot 0,152 \text{m}^3 = 0,76 \text{kN}$$

Lisäkuorma:

5kN / lohko

Nostopalkkeille tuleva kuorma:

$$((0,76 \text{kN} \cdot 8 \text{kpl}) / 2 + 4,35 \text{kN} / 2) / 6,3 \text{m} \cdot 1.15 = 0,95 \text{kN/m}$$

Nostopalkin mitoitus:

Mitoitetaan nostopalkki tasaisesti jakautuneelle pystykuormalle, sekä puristavalle vaakakuormalle, joka aiheutuu nostotavasta.

Nostotavasta aiheutuvat pysty- ja vaakakuormat nostopalkille:

Kuorma yhdelle nostoketjulle = 3kN

Nostokorkeus = 4m

Kulma: $\tan \alpha = 4.0\text{m}/3.15\text{m}$

Tan $\alpha = 51.77^\circ$

Pystykuorma (4m): $F_{\sin 51.77^\circ} = 2.35\text{kN}$

Vaakakuorma (4m): $F_{\cos 51.77^\circ} = 1.85\text{kN}$

Nostokorkeus 5m

Kulma: $\tan \alpha = 5.0\text{m}/3.15\text{m}$

Tan $\alpha = 57.8^\circ$

Pystykuorma (5m): $F_{\sin 57.8^\circ} = 2.53\text{kN}$

Vaakakuorma (5m): $F_{\cos 57.8^\circ} = 1.59\text{kN}$

Mitoitusehto:

$$\frac{G_{c, o, d}}{k_c * F_{c, o, d}} + \frac{G_{m, d}}{f_{m, d}} \leq 1$$

Nostopalkin PL: 75mm*200mm

C24

Mitoituslujuudet:

$F_{c, o, d} = k_{\text{mod}} * F_{c, k} / \gamma$

$F_{c, o, d} = 0,9 * 21\text{N}/\text{mm}^2 / 1,4 = 13,5\text{N}/\text{mm}^2$

$F_{m, d} = k_{\text{mod}} * F_{m, k} / \gamma$

$$F_{m,d}: 0,9 * 24N/mm^2 / 1,4 = 15,4N/mm^2$$

Kc- kerroin

Nurjahduspituus = 900mm (ristikot tukevat nurjahdusta vastaan)

$$\text{Jäyhyysäde } i = 0,29 * 75mm = 21,75$$

$$\Lambda = 900mm / 21,73 = 41,3$$

Kc- kerroin katsotaan puurakenteiden lyhennetyin ohjeen taulukosta

$$K_c = 0,85$$

$$G_{c,o,d} = 1850N / (75mm * 200mm) = 0,123N/mm^2$$

$$\text{Mitoittava momentti } M_d = (0,95kN/m * 6,3m^2) / 8 = 4,71kNm$$

$$G_{m,d} = M_d / W = 4,71 * 10^6 Nmm / ((75mm * 200mm) / 6) = 9,42N/mm^2$$

Mitoitusehto

$$\begin{aligned} & \frac{0,123N/mm^2}{0,85 \times 13,5N/mm^2} \\ + & \\ & \frac{9,42N/mm^2}{15,4N/mm^2} \\ = & 0,62 \text{ OK!} \end{aligned}$$

Ristikon vinojäykisteet

Vinoista nostoketjuista aiheutuva vaakavoima otetaan huomioon ristikkoon asennettavilla vinojäykisteillä.

Pysty- ja vaakavoimien laskenta

Kuorma 3kN / nostoketju

Nostokorkeus 4m

$\tan \alpha = 4,0\text{m} / 2,675\text{m}$

$\tan \alpha = 56,22^\circ$

Pystykuorma (4m): $F \sin 56.22^\circ = 2.49\text{kN}$

Vaakakuorma (4m): $F \cos 56.22^\circ = 1.66\text{kN}$

Nostokorkeus 5m

Kulma: $\tan \alpha = 5.0\text{m} / 2,675\text{mm}$

$\tan \alpha = 61.85^\circ$

Pystykuorma (5m): $F \sin 61.85^\circ = 2.64\text{kN}$

Vaakakuorma (5m): $F \cos 61.85^\circ = 1.41\text{kN}$

Vahvisteiden mitoitus

Vinojäykisteen poikkileikkaus: 50mm * 100mm

C24

Mitoitusehto:

$$\frac{G_{c,o,d}}{K_c * F_{c,o,d}}$$

< 1

Nurjahdustuenta 2000mm

Nurjahduspituus $L_c = 2000\text{mm}$

Jäyhyysäde $i = 0,29 * 50\text{mm} = 14,5$

$\Lambda = 2000\text{mm} / 14,5 = 137$

K_c - kerroin taulukosta = 0,15

$F_{c,o,d} = 13,5\text{N/mm}^2$

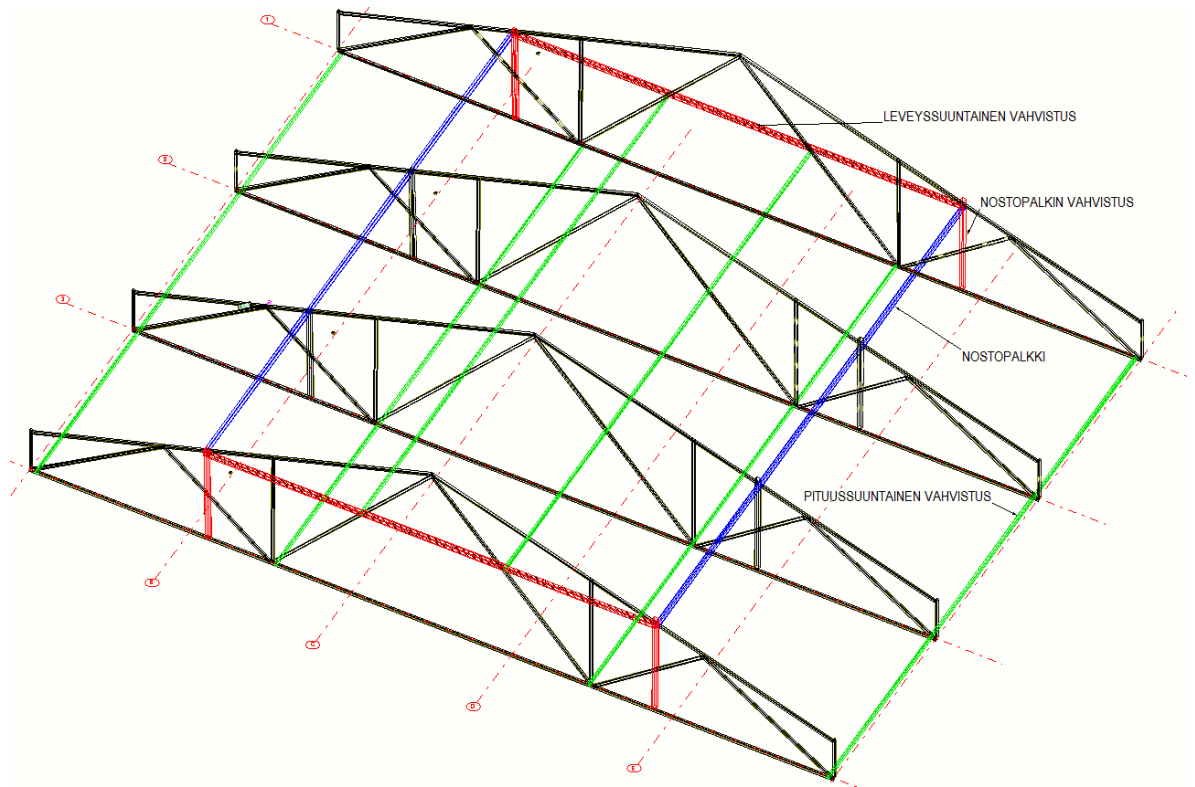
$G_{c,o,d} = 1660\text{N} / (50\text{mm} * 100\text{mm}) = 0,332\text{N/mm}^2$

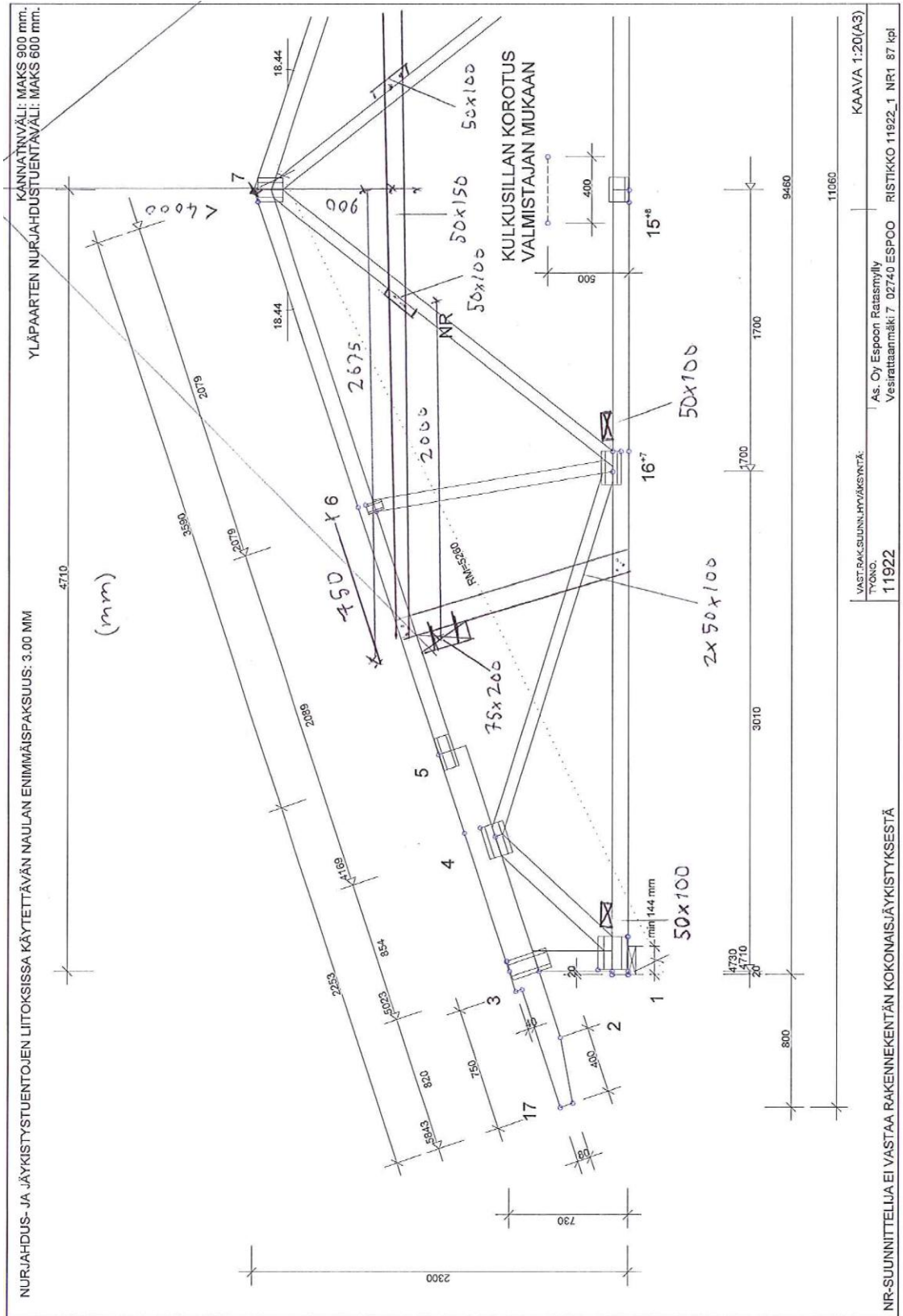
Mitoitusehto:

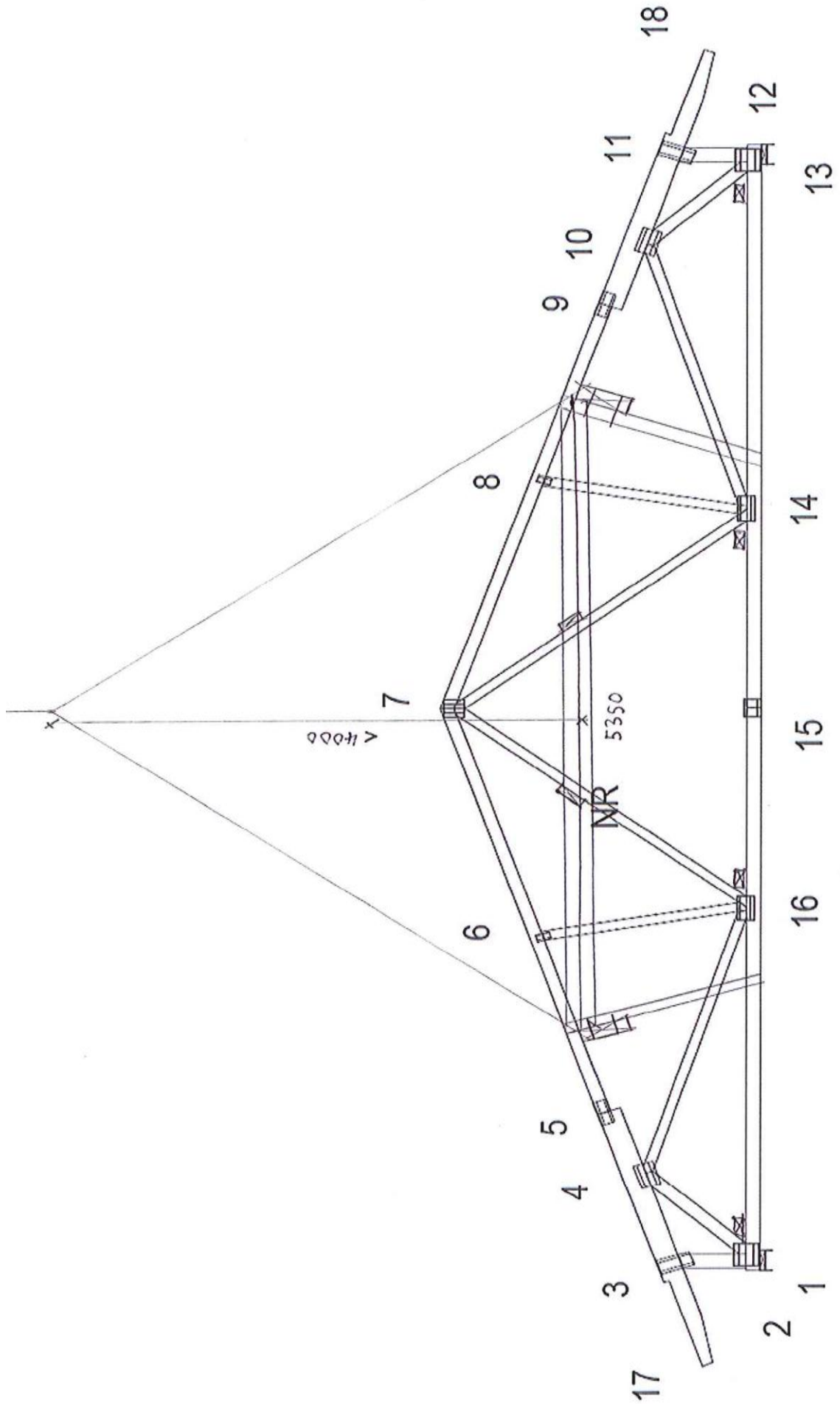
$$\frac{0,332\text{N/mm}^2}{0,15 * 13,5\text{N/mm}^2}$$

= 0,163 Ok!

Kattolohkon vahvistet As Oy Espoon Ratasmylly







(12)

Kattolohkon asennusohje As Oy Espoon Ratasmylly

- Lohkon nostopalkeille tehdään erillinen vahvistus kahdesta pysty 50mm * 100mm puusta. Pystypuut asennetaan siten, että nostopalkki tulee yläpaarteen kanssa kohtisuoraan. Pystypuut kiinnitetään ristikkoon molemmista päistä 3 * viiden tuuman nauloilla. Pystypuut sijaitsevat liitoksen 5 ja 6 keskellä. 50mm * 100mm asennetaan vain lohkojen päissä sijaitseviin ristikoihin.
- Nostopalkkeina käytetään 75mm * 200mm sahatavaraa jonka lujuus on C24. Nostopalkit kiinnitetään pystypuihin kahdella 150mm ruuvilla. Tämä liitos siirtää nostosta aiheutuvan vaakavoiman nostopalkille ja pitää nostopalkin kiinni ristikkossa. Samaa nostopalkkia voidaan käyttää jokaisen ristikkolohkon nostossa.
- Lohkon ristikoiden suunnalle asennetaan päätyristikoihin 1 * 50mm * 150mm sahatavara vaakapuu, joka ottaa vastaan vinosta nostosta aiheutuvan puristusvoiman. Vaakapuun nurjahdustueksi asennetaan koko lohkon leveydeltä 2 * 50mm * 100mm vaakapuut liitosten 7 ja 16 välille sekä 7 ja 14 välille. Vaakapuut toimivat myös leveyssuuntaisena jäykistyksenä. 50mm * 100mm vaakapuut naulataan kiinni jokaiseen ristikkoon neljän tuuman nauloilla.
- Alapaarteeseen asennetaan 4 * 50mm * 100mm vaakapuita koko ristikkolohkon leveydelle. Vaakapuut estävät ristikkolohkon alareunan siirtymät. Vaakapuut naulataan kiinni jokaiseen ristikkoon neljän tuuman nauloilla.
- Pystyettäisyys neljän nostoketjun liitoksen ja nostopalkkien välillä pitää olla vähintään 4000mm.
- Pitkä vaakatuki 50mm * 150mm katkaistaan keskeltä noston jälkeen tai poistetaan kokonaan. Muut jäykisteet voidaan joko poistaa noston jälkeen tai jättää mikäli niistä ei ole haittaa tulevissa työvaiheissa.
- Ainoastaan nostopalkin 75mm * 200mm täytyy olla sertifioitua C24 sahatavaraa tai vastaavaa rakennepuuta, jolla on vähintään 24N/mm² taivutuslujuus. Muut

(12)

nostonaikaiset jäykisteet voivat olla satunnaista sahatavaraa, mitä löytyy työmaalta.

- Ristikkolohkojen nostopisteet sijaitsevat ulommaisessa ristikossa 2 * 50mm * 100 vahvistuksen kohdalla, jos mahdollista. Tällä tavalla minimoidaan turhien reikien tekeminen aluskatteeseen. Jos liinat joudutaan asettamaan lohkon sisäpuolelle, liinat tulevat läpi aluskatteen saumakohdasta.
- Jokaisessa naulaliitoksessa tulee olla vähintään 2 kpl nauvoja, ellei muuta ohjetta ole.
- Ristikkolohkot jaetaan asuntojen mukaan. Palokatkoristikot asennetaan erikseen, ei lohkon mukana.

(12)

Lohkojako As Oy Espoon Ratasmylly

