

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Teemu Parkkila

Ontelolaataston suunnitteluohjeen tekeminen ja siihen liittyvät koekuormitukset

Tiivistelmä

Teemu Parkkila

Parma Oy, Ontelolaataston suunnitteluohjeen tekeminen ja siihen liittyvät koekuormitukset, 54 sivua, 17 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikka

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Lehtori (DI) Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu Oy,

Suunnittelupäällikkö Tommi Heikkinen, Koskela Consulting Oy, Projektipäällikkö

Juha Rämö, Parma Oy, Tehdaspäällikkö Jouni Rimpiläinen, Parma Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Betoniteollisuus ry:lle Parma Oy:n ohjauksessa toteutettu ontelolaatastojen suunnitteluohje (Liite 17). Tämän suunnitteluohjeen tarkoitus on helpottaa ja opastaa pääasiassa rakenne- ja elementtisuunnittelijoita heidän suunnitellessaan ontelolaatastoja rakennuskohteisiin. Työn tilaajana toimi Parma Oy.

Työn alussa kartoitettiin tämän hetkiset ontelolaattavalmistajien suunnitteluohjeet ja laskentaperusteet ja tiettyjä asioita lähdettiin miettimään uudestaan ontelolaattoja koskevan tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 pohjalta. Tämä standardi pohjautuu muun muassa betonirakenteiden suunnittelun eurokoodiin SFS-EN 1992 sekä betonivalmisosien yleisiin sääntöihin SFS-EN 13369.

Opinnäytetyössä suoritettiin joukko koekuormituksia Parma Oy:n tehtailla ja niistä saatuja tuloksia käytettiin hyväksi suunnitteluohjeen raja-arvojen määrittämisessä ja tuloksia vertailtiin ontelolaattojen laskennalliseen kestävyYTEEN. Lisäksi suunnitteluohjeeseen kerättiin yhteen ontelolaattavalmistajien yleisiä toimintaperiaatteita ja hyväksi koettuja toimintaperiaatteita vuosien varrelta.

Asiasanat: Ontelolaatta, betoni, elementti, koekuormitus, suunnitteluohje

Abstract

Teemu Parkkila

Parma Oy, Creating a planning instruction for hollow-core slab systems and the required load tests, 54 pages, 17 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Thesis 2012

Instructors: Lecturer (DI) Petri Himmi, Planning Manager Tommi Heikkinen,

Koskela Consulting Oy, Project Manager Juha Rämö, Parma Oy, Factory

Manager Jouni Rimpiläinen, Parma Oy.

The subject of this thesis was to formulate a planning instruction for hollow-core slab systems for Betoniteollisuus ry. This was realized under the supervision of Parma Oy. The purpose of the instruction is to guide and support mainly construction and element planners in their work of planning hollow-core slab systems on target buildings. The thesis was ordered by Parma Oy.

At the beginning, the current planning instructions of other hollow-core slab producers and the basics of their calculations were mapped out and some things were thought over again concentrating on the product standard applying to hollow-core slabs, SFS-EN1168 + A2:2009. This standard is based on, among others, the eurocode for the planning of concrete structures, SFS-EN 1992, and the general rules for pre-fabricated concrete parts, SFS-EN 13369.

During the thesis, a number of load tests were performed at the factories of Parma Oy, and the results were used to determine the planning instruction threshold values and were compared to the calculated durability of the hollow-core slabs. In addition, some general principles of the producers of hollow-core slabs and other useful mechanics collected over the years were gathered into the planning instruction.

Keywords: Hollow-core slab, concrete, element, load test, planning instruction

Sisältö

Käsitteet.....	6
1 Johdanto	7
2 Ontelolaatta.....	9
2.1 Yleistä.....	9
2.2 Ontelolaattojen valmistus	9
2.3 Ontelolaatta rakenteena	11
2.4 Ontelolaatan kantokyvyn määrittäminen.....	11
3 Koekuormitukset	13
3.1 Yleistä.....	13
3.2 Kuormitusmenettely.....	15
3.3 Tulosten arvioiminen	16
3.4 Testiraportti	18
3.5 Koekuormitus 1	19
3.5.1 Koekuormitus 1 tulosten arviointi	21
3.6 Koekuormitus 2	22
3.6.1 Koekuormitus 2 tulosten arviointi	25
3.7 Koekuormitus 3	26
3.7.1 Koekuormitus 3 tulosten arviointi	27
3.8 Koekuormitus 4	29
3.8.1 Koekuormitus 4 tulosten arviointi	31
3.9 Koekuormitus 5	32
3.9.1 Koekuormitus 5 tulosten arviointi	33
3.10 Koekuormitus 6	34
3.10.1 Koekuormitus 6 tulosten arviointi	36
3.11 Koekuormitus 7	37
3.11.1 Koekuormitus 7 tulosten arviointi	39
3.12 Koekuormitus 8	40
3.12.1 Koekuormitus 8 tulosten arviointi	42
3.13 Koekuormitusten tulosten arviointi.....	45
4 Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyys	47
4.1 Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyyksien tulosten arviointi	48
5 Yhteenveto.....	50
Kaavat.....	52
Kuvat.....	53
Lähteet.....	54
Liitteet	
Liite 1. Koekuormitus n:o 1 laadunvalvontatestin testiraportti	
Liite 2. Koekuormitus n:o 2 laadunvalvontatestin testiraportti	
Liite 3. Koekuormitus n:o 3 laadunvalvontatestin testiraportti	
Liite 4. Koekuormitus n:o 4 rasisusten laskentataulukko	
Liite 5. Koekuormitus n:o 4 laadunvalvonnan testiraportti	
Liite 6. Koekuormitus n:o 5 rasisusten laskentataulukko	
Liite 7. Koekuormitus n:o 5 laadunvalvontatestin testiraportti	
Liite 8. Koekuormitus n:o 6 laadunvalvonnan testiraportti	
Liite 9. Koekuormitus n:o 7 laadunvalvonnan testiraportti	
Liite 10. Koekuormitus n:o 7 lävistyskestävyyskapasiteetin laskentataulukko	

- Liite 11. Koekuormitus n:o 8 laadunvalvontatestin testiraportti
- Liite 12. Koekuormitus n:o 8 lävistyskestävyyskapasiteetin laskentataulukko
- Liite 13. Tuotestandardin vastainen lävistyskapasiteetti koekuormitukselle 8
- Liite 14. Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen laskentataulukko
- Liite 15. Pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyyden taulukot
- Liite 16. Ontelolaattojen lävistyskestävyys yleisimmille punosmäärille
- Liite 17. Ontelolaatatason suunnitteluohje

Käsitteet

Tässä opinnäytetyössä seuraavilla käsitteillä tarkoitetaan:

Ontelolaatta:	Yhtenäinen esijännitetty tai raudoitettu elementti, jonka kokonaispaksuus on vakio muodostuen ylä- ja alakannaksesta, joita yhdistävät pystysuuntaiset uumat siten, että muodostuu onteloita, pituussuuntaisia tyhjätiloja, joiden poikkileikkaus on vakio ja joilla on yksi pystysuuntainen symmetria-akseli.
Ontelo:	Erityisen teollisen valmistustekniikan avulla aikaansaatu säännöllisin välein oleva pituussuuntainen tyhjätila, jonka muoto on sellainen, että laatalle kohdistuva kuorma siirtyy uumille.
Uuma:	Laatan kahden vierekkäisen ontelon välinen pystysuuntainen betoniosa (väliuuma) tai laatan sivureunojen pystysuuntainen betoniosa (reunauumat)
Sivusauma:	Ontelolaatan pituussuuntaisilla reunoilla oleva sivuprofiili, jonka muoto on sellainen, että kahden vierekkäisen laatan väli voidaan täyttää saumabetonilla.
Pintabetoni:	Ontelolaatan päälle paikalla valettu betoni, joka on tarkoitettu lisäämään lattian kantavuutta ja joka muodostaa liittorakenteisen ontelolaattalattian.
Tasoite:	Paikalla valettu betoni- tai laastikerros, jota käytetään tasoittamaan valmiin lattian yläpinta.
Ontelolaattalattia:	Ontelolaatoista valmistettu lattia sen jälkeen, kun saumat on valettu.
Ylä- ja alakannas:	Ontelolaatan pituussuuntaisten onteloiden ylä- ja alapuolella oleva yhtenäinen vaakasuuntainen betoniosa.

1 Johdanto

Euroopassa on otettu yleisesti käyttöön yhteinen Euroopan laajuinen suunnitteluohje, eurokoodi. CE-merkityt ontelolaatat tulee mitoittaa eurokoodin mukaisesti. Suomessa ontelolaattavalmistajat sekä Betoniteollisuus ry ovat olleet huolissaan ontelolaatatosten suunnittelun tasosta ja siitä, että alalta puuttuu tarpeeksi selkeä ontelolaattojen suunnitteluohje. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä suunnitteluohje, joka määrittelee selkeät rajat ontelolaattojen käyttöön ja niiden suunnitteluun. Tavoitteena on saada rakenne- ja elementtisuunnittelijoille tarpeeksi tiivis mutta kuitenkin kattava paketti ontelolaattojen suunnittelua varten.

Työn teettäjä on Parma Oy, joka on Suomen suurin betonielementtien valmistaja. Parma Oy valmistaa ontelolaattoja Nurmijärven, Joutsenon, Forssan, Hyrylän, Kangasalan, Uraisien, Nastolan sekä Ruskon tehtaissa. Työssä on tarkoitus tutkia ontelolaattoja, joiden suurin korkeus on 500 mm ja suurin leveys 1200 mm, sillä kokeellinen näyttö perustuu näihin rajoitettuihin elementtimittoihin.

Opinnäytetyöhön liittyen suoritetaan koekuormituksia Parma Oy:n Hyrylän sekä Forssan tehtailla ja saatuja tuloksia verrataan laskennallisiin kestävyysarvoihin, jotka lasketaan käyttäen betonirakenteiden suunnittelun yleisiä sääntöjä ja rakennuksia koskevien sääntöjen, standardin SFS-EN 1992-1-1 sekä tätä täydentävän tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009; Betoniosat; Ontelolaatat, mukaisia laskentakaavoja. Tarkoituksena on suorittaa kokeelliset kuormitukset sellaisille tapauksille, joissa on ollut viime vuosina ongelmia työmailla, sekä tapauksille, jotka ovat laskennallisessa tarkastelussa epävarmoja tai muuten rajoittaisivat liian paljon ontelolaattojen käyttöä rakennuskohteissa. Koekuormitusten avulla arvioidaan, voidaanko käytössä olevia rakennemalleja käyttää ja tulisiko joitain tapauksia rajoittaa tai lieventää ontelolaatatosten suunnittelussa.

Työssä on tarkoitus edistää ontelolaattojen turvallista käyttöä Suomessa ja luoda rakennesuunnittelijalle työkalu puuttua sellaisiin asioihin, jotka voivat estää ontelolaatan käytön rakennuksen suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin rakenneratkaisuihin voidaan vielä vaikuttaa. Suunnitteluohje tullaan julkaisemaan elementtisuunnittelu.fi-sivustolla ja kaikki ontelolaattavalmistajat ovat veloitettuja noudattamaan suunnitteluohjeessa esitettyjä mittoja ja rajoja, elleivät heidän omat suunnitteluohjeensa syystä tai toisesta kumoaa tässä suunnitteluohjeessa esitettyjä asioita. Tällaisia syitä voivat muun muassa olla ontelolaattavalmistajien tekemät omat tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 mukaiset koekuormitukset ja laatastokokeet.

2 Ontelolaatta

2.1 Yleistä

Ontelolaatat ovat Suomen yleisimpiä rakennuselementtejä, ja niiden käyttö yleistyi vuosina 1968–1970 kehitellyn avoimen BES-järjestelmän pohjalta. Se perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin, välipohjina käytettiin ontelo- ja kotelolaattoja. BES-järjestelmässä standardisoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit siten, että urakoitsijat voivat hankkia valmisosia samaan rakennukseen useilta toimittajilta. Valittu runkojärjestelmä antoi lähes vapaat vaihtelumahdollisuuden asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelulle. (Elementtisuunnittelu.fi a.)

Ontelolaatat ovat betonilaattoja, ja lähes niiden alapinnan tasoon on jännitetty tartuntajänteet. Ontelolaatan sisällä on pitkittäissuuntaisia sylinterimäisiä onteloita, joiden lukumäärä vaihtelee laattatyypin sekä valmistajan mukaan. Nämä ontelot säästävät betonia ja tekevät rakenteesta huomattavasti kevyemmän umpibetoniin verrattuna. Ontelolaattoja on mahdollista valmistaa myös käyttäen yläpunoksia, esimerkiksi ulokelaatoissa.

Standardin EN 1992-1-1 suunnittelusääntöjä on tarpeen täydentää elementtien eräiden erityispiirteiden takia, joita ovat esimerkiksi poikittaisen raudoituksen puuttuminen. Lisäksi ontelolaattoja koskevan tutkimuksen tuloksena on syntynyt erityisiä, laajasti käytettyjä suunnittelusääntöjä, joita ei ole sisällytetty standardin EN 1992-1-1 suunnittelusääntöihin. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 6.)

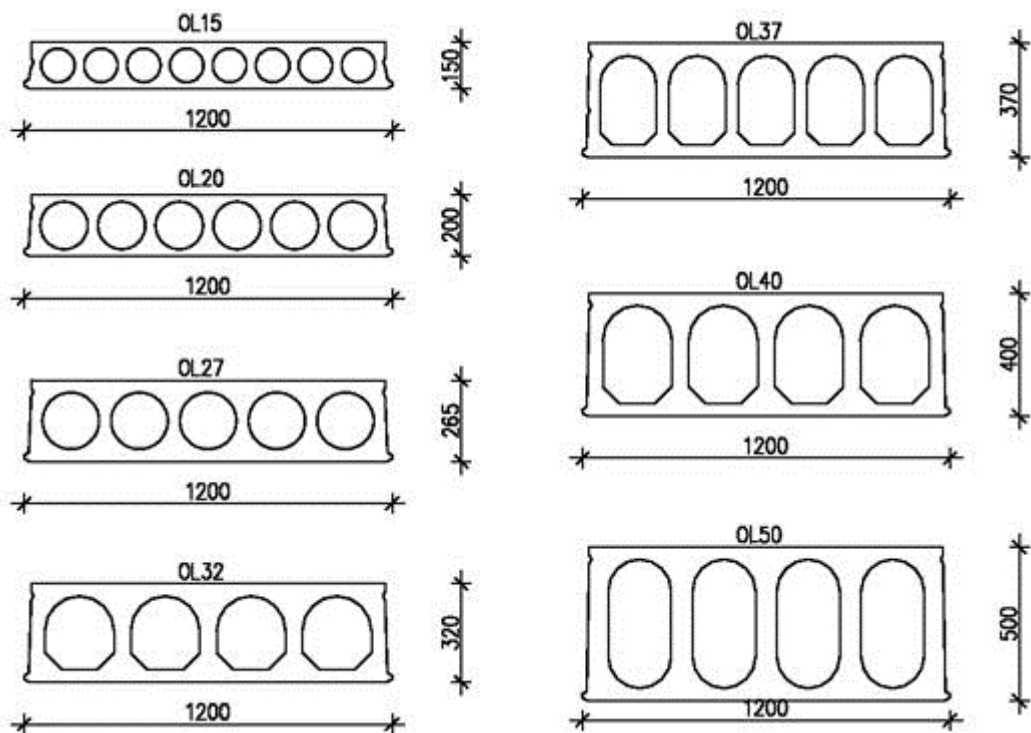
2.2 Ontelolaattojen valmistus

Ontelolaatat (Kuva 1. s.10) ovat massatuotteita, joita valmistetaan lyhyellä muottikierrolla käyttäen maakosteita erikoismassoja, joihin kuuluu nopeasti kovettuva sementti sekä höyrykarkaisu nopean lujuudenkehityksen aikaansaamiseksi. Jännevoiman laukaisulujuus on noin 2/3 loppulujuudesta, ja tyypillinen betonin suunnittelulujuus on C40/50. Betonimassan suhteituksella ja

ominaisuuksilla on suora vaikutus jännepunosten tartuntaan ja ankkurointiin, mikä puolestaan vaikuttaa laatan taivutus-leikkauskestävyyteen. (Leskelä 2008, 685.)

Valualusta on teräspintainen pitkä taso, jonka päissä on jännityspukit jännepunoksien asettelua ja jännittämistä varten. Punoksien asettelupakan avulla punokset asemoidaan valmistettavan tuotteen poikkileikkauksen mukaisesti. Punokset jännitetään suunniteltuun alkujännitykseen ja laattalinja valetaan päästä päähän valukoneella, joka muotoilee laatan onteloineen betonimassasta. Massan jäykkyys on riittävä säilyttämään elementin oikean muodon ilman muottia. (Leskelä 2008, 685.)

Betonin kovettumista nopeutetaan erikoiskäsittelyillä, jotta jännevoiman laukaisulujuus saavutetaan mahdollisimman nopeasti. Laukaisun jälkeen laattalinja sahataan halutuiksi tuotteiksi. (Leskelä 2008, 685.)



Kuva 1. Ontelolaattojen perustyyppit (Elementtisuunnittelu.fi b)

2.3 Ontelolaatta rakenteena

Kerrostaloissa välipohjalaatta on yleensä 265 mm, 320 mm tai 370 mm paksu ontelolaatta. Kosteiden tilojen kohdalla voidaan käyttää matalampaa ontelolaattaa tai kylpyhuoneontelolaattaa, jonka rakennekorkeus on matalampi kostean tilan kohdalla. Tällöin vedeneristys ja lattiakaivon takia tehtävä kallistusbetoni eivät aiheuta huonetilan ja märkätilan välille kulkua haittaavaa tasoeroa.

Pientaloissa ontelolaattarakenne on edullisin tapa toteuttaa pientalon välipohja. Ontelolaatta on nopea ja vaivaton käyttää ja sen käyttö antaa vapautta tilasuunnitteluun, koska se mahdollistaa muita rakennevaihtoehtoja pidemmät jännevälit. Omakotitalorakentamisen yleisin 200 mm korkea ontelolaatta ylittää noin 9 metrin jänneväliin.

Palonkestoajan ollessa suurempi kuin R60 välipohjissa ontelolaattana käytetään ns. palolaattaa, joka on tyyppihyväksytty joko paloluokkaan R90 tai R120.

Yläpohjarakenteena käytetään yleensä ontelolaattoja, joiden paksuus on 265 mm. Ne mitoitetaan rakennuksen muodon ja massoittelemuksen mukaan määräytyville lumikuormille sekä vesikattorakenteen omalle painolle. Vesikattorakenteet tehdään yleensä ontelolaataston päältä joko tasakattorakenteena tai erilaisina puurakenteisina harjakattotyyppinä. Ontelolaattoja voidaan käyttää myös kaltevissa yläpohjissa, jolloin vesikaton kallistus tehdään yläpohjalla. (Elementtisuunnittelu.fi b)

2.4 Ontelolaatan kantokyvyn määrittäminen

Ontelolaattojen standardisoinnin tässä vaiheessa ontelolaattojen kantokyvyn todentaminen hyväksytään täysin vain laskemalla. Leikkauskestävyyden laskennassa käytetyt betonin ominaisuudet riippuvat kuitenkin tuotantolaitteiston oikeasta toiminnasta. Tämän takia tuotestandardissa SFS-EN 1168 + A2:2009 esitetään täyden mittakaavan testausmenetelmä, jolla voidaan

vahvistaa sekä laskemalla määritetty leikkauskestävyys että tuotantolaitteiston oikea toiminta. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 6.)

Ontelolaattojen koekuormitukset ovat tärkeä osa jokaiselle ontelolaattavalmistajalle, kun määritellään erityisesti ontelolaattojen leikkauskapasiteettia. Tuotestandardissa SFS-EN 1168 + A2:2009 liitteessä J esitetään täyden mittakaavan testausmenetelmä, jolla on tarkoitus vahvistaa tuotantovälineistön oikea toiminta. Tämä täyden mittakaavan testausmenetelmä on edellytyksenä ontelolaattojen CE-merkinnälle.

Opinnäytetyötäni varten suoritettiin joukko koekuormituksia liittyen pääasiassa ontelolaattojen käsittelyn ja asennuksenaikaisiin tilanteisiin sekä erikoisempia kuormitustapauksia kuin CE-merkintään velvoittamat ehjien ontelolaattojen standardinmukaiset alkutestaukset.

3 Koekuormitukset

Koekuormitusten tavoitteena on tutkia muutamia yleisesti tiedossa olevia ja mahdollisesti ongelmallisia tilanteita, jotka liittyvät joko ontelolaattojen nostotilanteeseen, asennustilanteeseen tai lopputilanteeseen. Koekuormitusten lukumäärä oli rajattu, ja siksi täytyi miettiä tarkkaan, mitkä tapaukset olivat kriittisiä tilanteita ja niitä ei ole aikaisemmin koekuormitettu. Koekuormitukset ovat suuri osa tätä työtä, ja niiden tarkoitus on tukea laskennallisesti esitettyjä tuloksia ja arvoja sekä parantaa osaltaan varsinkin ontelolaatan käsittelyn aikaista varmuutta.

3.1 Yleistä

Koekuormitukset suoritettiin käyttämällä standardin SFS-EN 1168 A2:2009 liitteen J mukaista testausjärjestelyä, sitä hieman soveltaen. Koekuormitukset suoritettiin Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla sekä Parma Oy:n Forssan tehtaalla (Kuva 2. s. 15). Testauslämpötilan tulisi olla tuotestandardin mukaan 0...40 astetta, mutta tiukan aikataulun vuoksi testejä suoritettiin myös pienellä pakkasella, koska Hyrylän testauspaikka sijaitsee tehtaan pihamaalla.

Betonin lujuuden vertailuarvojen (suora rakennelujuus) saamiseksi elementistä tulee porata koekappaleita. Porattavia koekappaleita varten sahataan laatasta valualustalla juuri koestettavan elementin vierestä koekappale, jonka pituus on 200 ± 5 mm. Sahattua koekappaletta säilytetään samoissa olosuhteissa kuin muita koe-elementtejä. Juuri ennen testausta sahatusta koekappaleesta tulee porata kolme koelieriötä. Niiden lujuus tulee mitata ± 3 vuorokauden kuluessa täyden mittakaavan testistä. Kolmen tuloksen keskiarvo on todellinen puristuslujuus f_c . (SFS-EN 1168 + A2:2009, 43.)

Testattavan elementin tulee olla täysilevyinen ontelolaatta, jonka jännemitta on suurempi seuraavista: 4 metriä tai 15 x laatan korkeus. Toleranssi on 100 mm. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 43.)

Testaus tulee tehdä kolmelle elementille, joissa on samanlainen jänneraudoitus. Testattavien elementtien tulee olla vähintään 28 vuorokauden ikäisiä. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 43.) Koekuormituksissa ei noudatettu tätä aikarajaa, koska tutkimme monia työturvallisuuteen ja laattojen käsiteltävyyteen vaikuttavaa asiaa. Laatat asennetaan parhaillaan vain parin päivän kuluessa valusta, ja siksi pyrimme koestuksissamme siihen, että laatat koestettaisiin noin viikon ikäisinä.

Kuormituskohtaa lähinnä olevan tuen tulee olla rullalaakeri, jotta elementin kiertymä tuella ei aiheuta aksiaalisia voimia. Elementin ja tukipalkin välissä tulee olla kuormaa jakavaa materiaalia, esimerkiksi 10 mm:n paksuinen kerros masoniittia tai neopreenia tai laasti- tai kipsikerros. Tämän materiaalin on tasattava elementin pinnan epätasaisuus ja elementin mahdollinen poikkisuuntainen kaarevuus. Tukiolosuhteiden tulee olla sellaisia, että tukireaktio jakautuu tasaisesti laatan leveydelle. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 43.)

Kuorma tulee jakaa laatalle jäykän poikittaisen teräspalkin välityksellä. Tämän palkin tulee olla riittävän jäykkä estämään kuorman epätasainen jakautuminen laatan leveyssuunnassa. Teräspalkin korkeuden tulee olla vähintään 150 mm, yhtä tunkkia käytettäessä mieluiten 250 mm. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 43.)



Kuva 2. Parma Oy:n Forssan tehtaan koekuormituslaitteisto

3.2 Kuormitusmenettely

Kuormitus tulee toteuttaa toistuvana kuormituksena kahtena jaksona. Ensimmäisen jakson kuorman suuruuden tulee olla toleranssien -2 % ja +7 % puitteissa vähintään 70 % vaaditusta mitoitusmurtokuormasta. Toisella jaksolla kuormaa tulee nostaa todelliseen murtokuormaan asti. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 45.)

Vaadittu mitoitusmurtokuorma tulee arvioida käyttäen epäsuotuisinta murtumistapaa vastaavaa mitoitusmenetelmää, materiaaliominaisuuksien mitoitusarvoja ja nimellismittoja. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 45.)

Elementin kuormitusnopeus saa olla enintään

- Ensimmäisen jakson aikana:

- Kaksi samansuuruista kuormitusporrasta, kumpikin yhden minuutin aikana, minkä jälkeen kuorma poistetaan.
- Toisen jakson aikana:
 - Ensimmäinen kuormitusporras 50 %:iin lasketusta murtokuormasta yhdessä minuutissa.
 - Toinen kuormitusporras 75 %:iin lasketusta murtokuormasta yhdessä minuutissa.
 - Tämän jälkeen kuorman lisäys nopeudella, joka on korkeintaan 10% lasketusta murtokuormasta/minuutti.

Laskettu murtokuorma F_{calc} tulee arvioida käyttäen murtuman mitoitusmallia, teräksen todellisia lujuusparametreja ja betonin todellisia lujuusparametreja, jotka on johdettu puristuslujuudesta koekappaleiden lujuuksien avulla. Elementtien todellinen murtokuorma ja murtumistapa tulee kirjata. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 45.)

3.3 Tulosten arvioiminen

Havaitun murtotavan tulisi vastata laskelmissa oletettua murtumistapaa. Testaustulokset tulee tarkistaa vertaamalla laskettuun murtokuormaan F_{calc} .

Leikkausmurtuman mitoitusmalli on tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 kohdan 4.3.3.2.2.1 mukainen eli standardin EN 1992-1-1:2004 kaavoissa (6.2a) tai (6.4) esitetty muunnettuna ontelolaatoille soveltuvaksi. F_{calc} lasketaan käyttäen f_{ck} :n sijasta todellista puristuslujuutta f_c ja f_{ctd} :n sijasta todellista vetolujuutta f_{ct} . Todellinen vetolujuus voidaan mitata testaamalla tai johtaa EN 1992-1-1:2004 taulukon 3.1 korrelaatioista, kun korvataan f_{ck} f_c :llä ja f_{ctk} f_{ct} :llä seuraavasti:

$$f_{ctm} = 0,30 f_c^{2/3}$$

Betonin lujuusluokille $\leq C50/60$

Kaava 1. Betonin keskimääräinen puristuslujuus 28 vrk:n ikäisenä lujuusluokille $\leq C50/60$

$$f_{ctm} = 2,12 \ln[1 + (f_c + 8)/10]$$

Betonin lujuusluokille $>C50/60$

Kaava 2. Betonin keskimääräinen puristuslujuus 28 vrk:n ikäisenä lujuusluokille $> C50/60$

ja

$$f_{ct} = 0,8 f_{ctm}$$

Kaava 3. Betonin todellinen vetolujuus

Esijännityksen aiheuttama jännitys σ_{cp} tulee laskea arvolla $\gamma_p = 1,0$. Laskennassa tulee ottaa huomioon testaushetkeen mennessä syntyneet esijännityshäviöt ja standardin EN 1992-1-1:2004 kaavan (8.16) mukaisen siirtymäpituuden perusarvon l_{pt} suureneminen. Ensimmäinen poikkileikkaus, jossa ei ole halkeamia ja josta on tarkistettava murtumat, on etäisyydellä $d/2$ tuesta (d = tehollinen korkeus). Ensimmäinen mahdollinen poikkileikkaus, jossa on taivutusmomentin aiheuttamia halkeamia, on etäisyydellä d tuesta. Halkeilumomentti lasketaan f_{ct} :n kanssa. Näissä laskelmissa sovelletaan EN 1992-1-1:2004:n sääntöjä. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 45-46.)

Mitoitusmallin luotettavuus vahvistetaan, jos seuraavat ehdot täytetään:

$$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$$

Jokaisessa testissä

Kaava 4. Yksittäisen testin luotettavuus

$$\text{Keskiarvo } (F_{test} / F_{calc}) \geq 1,00$$

Kolmen testin keskiarvolle

Kaava 5. Kolmen testin luotettavuuden keskiarvo

jossa

F_{calc} on laskettu murtokuorma, joka vastaa elementin testauksessa todettua murtumistapaa

F_{test} on todellinen elementin murtokuorma

Keskiarvo (F_{test}/F_{calc}) lasketaan todellisen murtokuorman ja vastaavan lasketun murtokuorman suhteena kolmesta elementistä (SFS-EN 1168 + A2:2009, 46)

3.4 Testiraportti

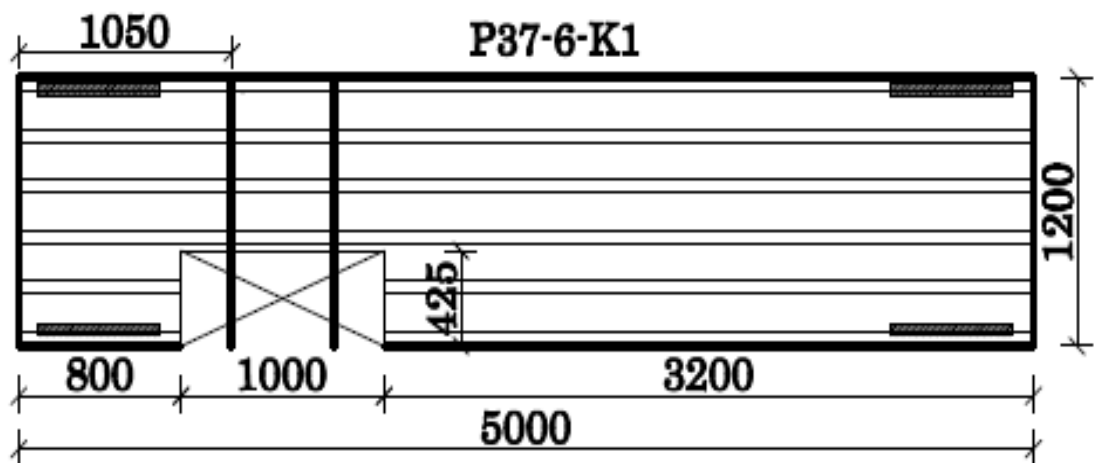
Jokaisesta koekuormituksesta laaditaan testiraportti, joka sisältää seuraavat tiedot:

- Testatun kappaleen tunnistetiedot.
- Valmistuspäivä tai muu koodi.
- Testausaika ja -paikka.
- Laboratorio ja testauksesta vastaava henkilö.
- Kaikki testissä vaadittavat materiaaliominaisuudet.
- Testausmenetelmä.
- Käytetyt mittauslaitteet.
- Testauspaikan lämpötila.
- Murtokuorman arvo.
- Murtumistapa sisältäen kirjallisen kuvauksen ja valokuvia.
- Testiä koskevat huomautukset ja mahdolliset poikkeamat.
- Viittaus tuotestandardiin SFS-EN 1168 + A2:2009.
- Vakuutus siitä, että testaus on suoritettu tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 mukaisesti, sekä mahdollisesti tehtyjä muutoksia koskevat yksityiskohtaiset tiedot.

3.5 Koekuormitus 1

Koekuormitustapauksessa 1 tutkitaan ontelolaattojen nostonaikaista tilannetta. Viimeaikaiset linjanvedot työturvallisuudesta elementtiteollisuuden sekä valmistajien puolesta ovat herättäneet keskustelua ontelolaattojen nostoihin liittyviin asioihin entistä enemmän ja koekuormituksessa 1 haluttiin tutkia tätä asiaa. Koekuormitus 1 liittyy lähellä ontelolaatan päätä olevaan isoon reikään laatan reunassa, jonka vierestä ontelolaatta nostetaan.

Laatta kuormitetaan reiän kohdalta siten, että ensimmäisen viivakuorman keskikohta sijaitsee 1050 mm:n päässä laatan päästä ja toinen viivakuorma 1550 mm:n etäisyydellä siten, että kuorman resultantti sijaitsee reiän keskellä. Laatan pituudeksi päätettiin 5000 mm. (Kuva 3. s.19)



Kuva 3. Koekuormitus n:o 1 ontelolaatan mittapiirustus

Laattatyypiksi koekuormitukseen on valittu asuntorakentamisessa yleisin laattatyyppe, O37-laatta, jossa tämänkaltaisia tapauksia on lähes jokaisessa kohteessa. Laatan punostukseksi on valittu 6 paksua, 12,5 mm:n halkaisijalla olevaa jännepunosta, jotka on esijännitetty 1000 N/mm² voimalle. Kyseinen punostus on yksi yleisimmistä punostuksista kyseisellä laatala.

Laatta tuettiin neljällä pitkittäisellä kapealla tuella laatan jokaisesta kulmasta. (Kuva 4. s.20) Tämä tuentatapa pyrkii jäljittelemään mahdollisimman tarkasti

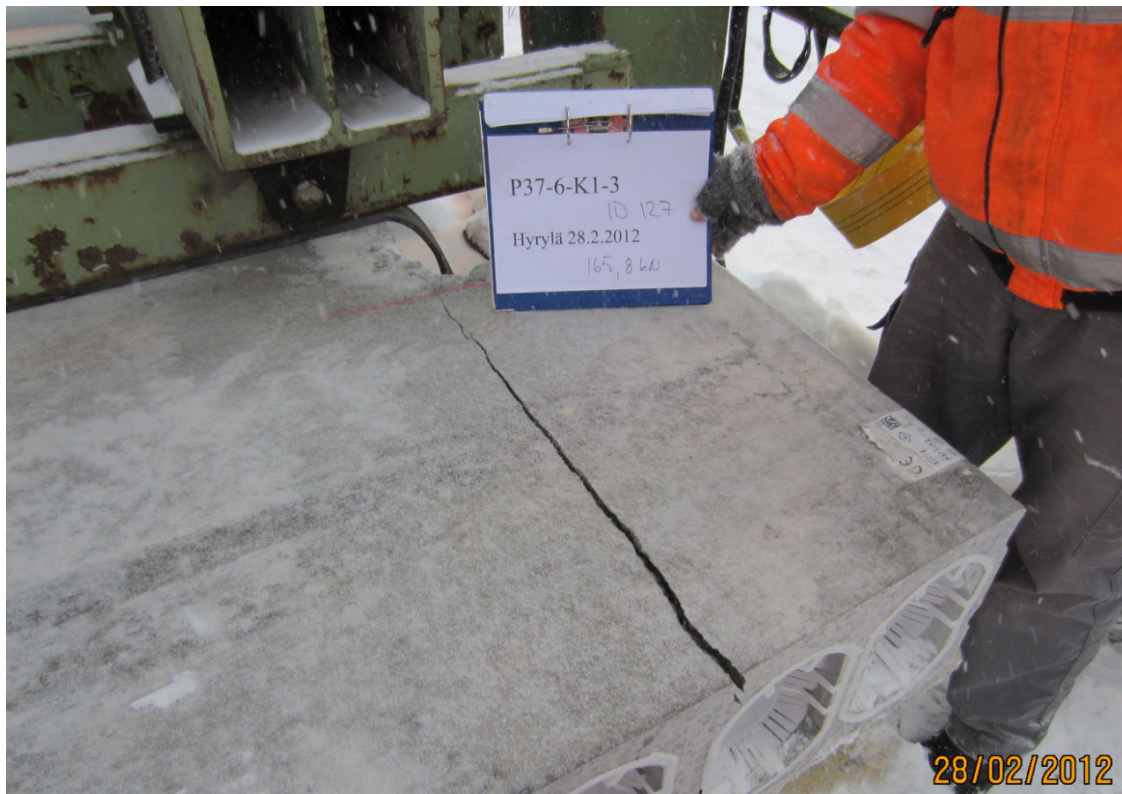
ontelolaatan nostonaikaista tilannetta, jossa laatta nostetaan nostosaksilla normaalisti. Tässä tuentatavassa ei kuitenkaan tule ontelolaattasaksien yläkannaksen kiinnipuristavaa vaikutusta, joka vaikuttaa positiivisesti laatan keston sen nostovaiheessa.



Kuva 4. Koekuormitus n:o 1 ontelolaatan tuentaperiaate

Koekuormituksen tavoitteena oli saada reiän viereen laatan pituussuuntainen halkeama, jossa ontelolaatan palanen murtuu nostosaksista (Kuva 5. s.21). Kun tämä koestettu halkaiseva voima saadaan selville, voidaan laskennallisessa tarkastelussa määrittää kullekin laattatyypille sallittu reiän etäisyys laatan päästä suhteutettuna se sallittuun jänneväliin.

Koelaattoja P37-6-K1 valmistettiin kolme kappaletta, ja jokaisesta näistä kolmesta kappaleesta otettiin kolme puristuslujuusnäytettä, jotta tiedettiin rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja se osattiin suhteuttaa laskelmiin sopiviksi. Laatat valettiin Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla 20.2.2012 ja kuormitettiin 28.2.2012 Parma Oy:n Hyrylän tehtaan koekuormituspaikalla.



Kuva 5. Koekuormitus n:o 1 ontelolaattojen murtotapa

3.5.1 Koekuormitus 1 tulosten arviointi

Ontelolaattojen nostojen ja käsittelyn aikaisen osavarmuuskertoimen tulee olla vähintään neljä. Tässä koekuormituksessa laskennallinen kesto laatoille oli 38,3 kN. Laatat kestivät kuormitusta kolmen kokeen keskiarvona 170,83 kN (Liite 1), joka ylittää reilusti vaadittavan varmuuden. Ylimääräistä varmuutta nostoihin tuo nostosaksien toimintaperiaatteellinen yläkannaksen yhteenpuristava vaikutus, joka estää osaltaan yläpintaan syntyvien halkeamien synnyn ja tästä johtuvan kapasiteetin menetyksen. Lisäksi nostosaksia varten on jätettävä ehjää aluetta vähintään 900 mm, jotta niitä voidaan käyttää. Nostosaksien leveys on 500 mm, ja niiden molemmille puolille on jätettävä vähintään 200 mm tilaa.

Koekuormituksen perusteella 900 mm:n pituinen ehjä laatanosa on riittävä ja sen pitäisi kapasiteetiltaan riittää hyvin nostoihin laattatyypistä ja jännevälistä riippumatta. Ontelolaatan väärä kohtelu, esimerkiksi kuljetuksessa kolhiminen

voi aiheuttaa vaurioita reiän jälkeiseen osaan, jolloin kapasiteetti on paljon pienempi kuin laskennallinen kapasiteetti. Työmaalla laatat on tarkistettava erityisellä huolellisuudella ennen nostamista paikalleen, ja jos työmaalla huomataan kuljetuksen tai varastoinnin aiheuttamia vaurioita ontelolaatan nostoalueella, ei laattoja saa nostaa paikoilleen, ja vaurioista on ilmoitettava ontelolaattavalmistajalle. Lisäksi kutistumishalkeama reiän kohdalla aiheuttaa kapasiteetin laskua kyseisessä paikassa. Ontelolaattatehtailla kiinnitetään jatkossa erityistä huomiota siihen, ettei näitä betonin kutistumasta johtuvia halkeamia syntyisi näihin paikkoihin käyttämällä esimerkiksi ontelolaattalinjan ennakkokatkaisua tai vastaavaa toimenpidettä halkeamien rajoittamiseksi.

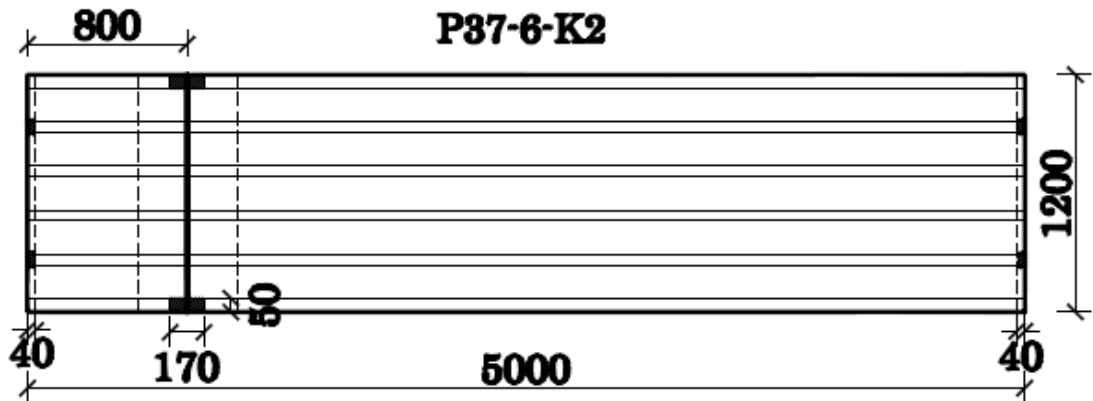
3.6 Koekuormitus 2

Koekuormituksessa 2 tutkitaan, kuinka pitkiä laattoja ontelolaattakannakkeella voidaan tukea ilman työnaikaista tuentaa ja kuinka paljon ontelolaatan reunauuma kestää asennusaikana pistemäistä kuormaa. Tässä kyseisessä tapauksessa ontelolaatta asennettiin asennuspalojen varaan, jotta tilanne vastaisi mahdollisimman tarkasti asennuksen aikaista tilannetta. Tätä tulosta voidaan soveltaa muille laattatyypeille ja laatan mitoille laskennallisella tarkastelulla. Samalla nähdään myös, kuinka paljon laskennallisessa tarkastelussa saadut tulokset eroavat kuormituskokeesta saatuihin tuloksiin.

Laattaan on valittu punostukseksi kuusi paksua, 12,5 mm:n halkaisijalla olevaa jännepunosta, koska laskennallisessa tarkastelussa sen kokonaisankkurointipituus murtorajatilassa on tälle laattatyypille käytettävistä punosvaihtoehtoista suurin ja pistemäisen kuorman vaikutusalue on niin lähellä ontelolaatan päätä, ettei täysi ankkurointivoima ole vielä ehtinyt kehittyä ontelolaatan sille kohdalle.

Ontelolaatta kuormitetaan siten, että se asennetaan asennuspalojen varaan, joiden koko on 50 mm * 80 mm ja paksuus 20 mm. Tämä on vakiokokoinen, rautakaupoissa myytävä asennuspala ja yleisesti työmailla käytössä ontelolaattojen asennuksessa. Ontelolaatta asennetaan poikkeuksellisesti asennuspalojen varaan siten, että tukimitaksi tulee 40 mm. 40 mm:n tukimitta

on 370 mm korkealla ontelolaatalla pienin sallittu tukimitta asennusvaiheessa. Asennuspalojen paikat ovat ontelolaatan reunoista katsoen toiseksi reunimmaisten uumien kohdalla. (Kuva 6 s.23)



Kuva 6. Koekuormitus n:o 2 ontelolaatan mittapiirustus

Ontelolaattatyypiksi koekuormitukseen on valittu 370 mm:ä korkea laatta, koska näissä laatoissa ontelolaattakannakkeen käyttö on todella yleistä muun muassa elementtihormien yhteydessä ja jännevälit voivat olla hyvinkin pitkiä, jolloin ontelolaattakannakkeen aiheuttama pistemäinen kuorma laatan reunaan voi olla hyvin suuri. Ontelolaattakannake rasittaa ontelolaatan reunaa kahdella teräslaipalla, joiden kautta tuettavan ontelolaatan rasitus sekä oma paino ennen laatastonsaumausta välittyvät tukevaan ontelolaattaan. (Kuva 7. s.24)



Kuva 7. Koekuormitus n:o 2 alkutilanne

Laatta kuormitetaan yllä olevan kuvan mukaisesti, rasitusmalli laatalle vastaa mahdollisimman tarkasti ontelolaattakannakkeen aiheuttamaa rasitusmallia. Kuormittavat teräsosat ovat 170 mm leveät ja 50 mm pitkät.

Tämän koekuormituksen tarkoituksena on saada aikaan joko kuormittavan teräsosan läpileikkaus tai laatan poikkisuuntainen taivutusmurto ulokkeena (Kuva 8. s.25). Tässä koekuormituksessa ei ole tarkoituksenmukaista tutkia pituussuuntaista taivutusmurtoa tai -leikkausta, koska niitä on koekuormitettu aikaisemmin ja laskettu tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 mukaisesti. Samalla myös tarkastetaan, että laatta kestää paikallista puristusta asennuspalojen kohdalta, kun käytetään minimitekijäpituutta asennustilanteessa.

Koelaattoja P37-6-K2 valmistettiin kolme kappaletta, ja jokaisesta näistä kolmesta kappaleesta otettiin kolme puristuslujuusnäytettä, jotta tiedettiin rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja se osattiin suhteuttaa laskelmiin sopiviksi. Laatat valettiin Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla 20.2.2012 ja kuormitettiin 28.2.2012 Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla koekuormituspaikalla.



Kuva 8. Koekuormitus n:o 2 ontelolaattojen murtotapa

3.6.1 Koekuormitus 2 tulosten arviointi

Koekuormituksessa teräsosat pyrkivät läpileikkautumaan laatasta. Yhdessä kuormitustapauksessa mitoittavammaksi murtotavaksi tuli betonin paikallinen puristuskestävyys, kun betoni alkoi murtua asennuspalojen kohdalta yli 280 kN:n kuormalla. Koekuormituksessa kolmen kuormituksen saavutetun murtokuorman keskiarvo oli 266,4 kN (Liite 2). Laskennallisesti mitoittavin tapaus on teräsosan läpileikkautuminen ontelolaatasta, tässä tapauksessa kuudella 12,5 mm:n halkaisijalla olevalla jännepunoksella kuormalla 56,2 kN. Varmuuskerroin on siis 4,74, joka ylittää selvästi vaadittavan osavarmuuskertoimen betonielementtien käsittelyssä ja asennuksessa ja joka on 4.

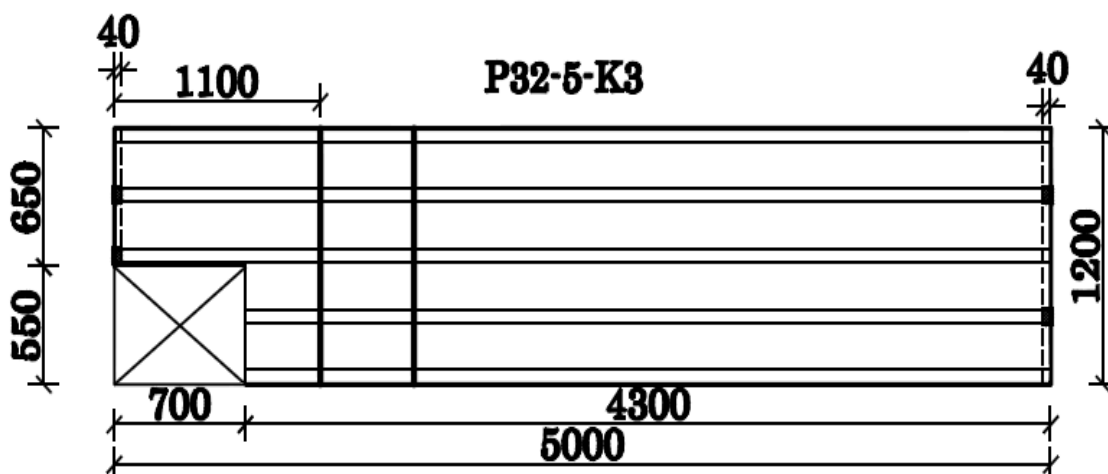
Koekuormituksen perusteella asennustuen tarvetta ontelolaattakannakkeen käytössä ei ole ontelolaattojen pistekuormakestävyyden kannalta asennusaikana. Silloin, kun asennustuen tarve ontelolaattakannakkeen kohdalla tulisi vastaan, laatan taivutuskapasiteetti ei riitä sen käyttöön. Tämän

vuoksi ei mielestäni ole perusteltua käyttää asennustukea vedoten ontelolaatan pistekuormakestävyyteen laatan reunalla.

3.7 Koekuormitus 3

Koekuormituksessa 3 tutkitaan, miten laatan päässä oleva leveämpi reikä vaikuttaa yksittäisen ontelolaatan leikkauskapasiteettiin. Koekuormituksesta saatua tulosta voidaan soveltaa myös muihin ontelolaattoihin laskennallisella tarkastelulla. Lisäksi tutkitaan reiän viereisen uuman toimintaa, koska se ottaa enemmän rasitusta itselleen kuin viereinen uuma.

Ontelolaatat asennetaan asennuspalojen varaan, koska tässä tapauksessa tutkitaan ontelolaatan asennuksenaikaista tilannetta ennen kuin laataston saumavalu on suoritettu. Asennuspalojen koko on 50 mm * 80 mm, kokonaispaksuus 20 mm. Ontelolaatat asennetaan asennuspalojen päälle siten, että saavutetaan minimitukipituus ontelolaattojen asennusvaiheessa, eli 40 mm:ä. Tällöin saadaan ainakin varmalla puolella olevia tuloksia. Asennuspalojen paikka laatan oikeassa päässä on laatan toiseksi reunimmaisten uumien kohdalla ja vasemmassa päässä reiän viereisen uuman ja reunasta katsoen toisen uuman kohdalla. (Kuva 9. s.26)



Kuva 9. Koekuormitus n:o 3 ontelolaatan mittapiirustus

Ontelolaattatyyppiä kyseiseen koekuormitukseen on valittu 320 mm korkea ontelolaatta, koska siihen saa tehdä laattatyypeistä leveimmän reiän ilman

asennustuen tarvetta kyseiseen kohtaan. Ontelolaatta on valittu punostettavaksi viidellä paksulla, 12,5 mm:n halkaisijalla olevalla jännepunoksella, koska kyseinen punostus on heikoin punostus kyseisen tilanteen kannalta. Ontelolaatta kuormitetaan siten, että ensimmäisen viivakuorman keskipiste on 1100 mm:n etäisyydellä laatan päästä ja toinen 1600 mm:n etäisyydellä. (Kuva 10. s.27)



Kuva 10. Koekuormitus n:o 3 alkutilanne

Ontelolaattoja P32-5-K3 valmistettiin kolme kappaletta ja jokaisesta näistä otettiin kolme kappaletta puristuslujuusnäytteitä, jotta tiedetään rasiustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopiviksi. Laatat valettiin 13.2.2012 Parma Oy:n Hyrylän tehtaassa ja koekuormitettiin 20.2.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaassa.

3.7.1 Koekuormitus 3 tulosten arviointi

Kun isoja reikiä tehdään ontelolaattojen päähän, tulee mitoittavaksi tekijäksi yleensä noston, käsittelyn ja asennuksenaikainen tilanne. Tavoitteena oli tutkia, kuinka pitkiä ontelolaattoja voidaan käyttää ilman asennustukea ontelolaattojen asennusvaiheessa. Koekuormituksissa kolmen kuormituksen saavutetun

murtokuorman keskiarvo oli 123 kN (Liite 3). Laskennallisesti arvioitu murtokuorma näille laatoille oli 42 kN kyseisellä rasitusmallilla. (Kuva 11. s.29) Laskennallisessa tarkastelussa ei mielestäni tarvitse käyttää asennustukea edes näin isojen reikien kohdalla, koska jos tutkitaan pelkkää ontelolaatan leikkauskapasiteettia, ei päästä niin isoihin jänneväleihin, että tämä tilanne tulisi määrääväksi tekijäksi.

Kuitenkin näin isojen reikien takia ontelolaatan reiän viereiseen uumaan tulee laatan kiertymästä aiheutuvaa taivutusrasitusta ja laatan uuma kestää tietyllä varauksella yhdistettyä taivutusta ja leikkausta, varsinkin kun uumassa ei ole vaikuttamassa lainkaan terästä, vaan se on käytännössä raudoittamaton poikkileikkaus. Tämän vuoksi tulee kaikkiin yli 7 metriä pitkillä nelionteloisissa ontelolaatoissa käyttää asennuksen aikaista tuentaa, jos laatan päähän tehdään kaksi uumaa vievä reikä.

Asennustuki on ehdottomasti asennettava paikoilleen oikeaan korkoon ennen laatan asennusta, ei missään tapauksessa asennuksen jälkeen.

Kun laatat saapuivat koekuormitettaviksi Parma Oy:n Forssan tehtaalle, oli laatoissa reiän kohdalla kutistumishalkeama. Tämä kutistumishalkeama voitaisiin välttää elementtien oikeaoppisella sahauksella ja ennakkokatkaisulla ontelolaattatehtaalla. Tässä asiassa on jatkossa parannettavaa, ettei väärästä paikasta halkeilleita ontelolaattoja saapuisi työmaille. Tällä ei kuitenkaan ollut koekuormituksessa suurta vaikutusta laatan leikkauskapasiteettiin.

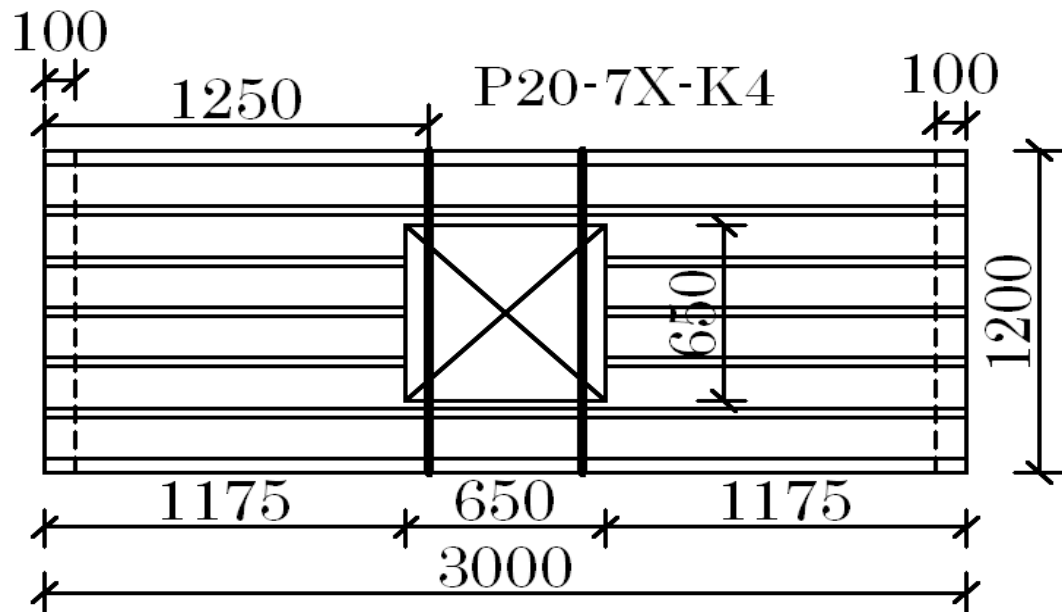


Kuva 11. Koekuormitus n:o 3 ontelolaattojen murtotapa

3.8 Koekuormitus 4

Neljännessä koekuormituksessa on tarkoitus tutkia lyhyiden 200 mm korkeiden ontelolaattojen nykyisen rei'itysohjeen vastaista isoa reikää ontelolaatan keskellä. Näitä reikiä tarvitaan esimerkiksi alapohjan ja yläpohjan kulkuluukkuja tai hormia varten. Koekuormituksesta saatava tulos suhteutetaan jänneväliin ja määritellään laskemalla teoreettisesti sellainen jänneväli, jossa vastaavanlainen rei'itys sallittaisiin. (Kuva 12. s.30)

Ontelolaatan punostukseksi on valittu seitsemän kappaletta ohuita 9,3 mm:n halkaisijalla olevaa jänneterästä. Tämä punostus on minimipunostus P20-ontelolaatassa, jossa on kolme uumaa vievä reikä keskellä laattaa. Ontelolaatta asennetaan kokonaan tuelle 100 mm.



Kuva 12. Koekuormitus n:o 4 ontelolaatan mittapiirustus

Ontelolaatat kuormitetaan siten, että kuormitus tapahtuu reiän kohdalta. Ensimmäisen viivakuorman keskikohta sijaitsee 1250 mm:n päässä ontelolaatan päästä ja toinen viivakuorma 1750 mm:n päässä. Koekuormituksen tavoitteena on saada aikaan reiän kohdalle taivutusmurto, koska siinä on kapasiteetti pienimmillään ja momentti suurimmillaan. (Kuva 13. s.31)



Kuva 13. Koekuormitus n:o 4 alkutilanne

Ontelolaattoja P20-7X-K4 valmistettiin 3 kappaletta ja jokaisesta näistä otettiin kolme kappaletta puristuslujuusnäytteitä, jotta tiedetään rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopivaksi. Laatat valettiin 6.3.2012 Parma Oy:n Nurmijärven tehtaalla ja koekuormitettiin 28.3.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaalla.

3.8.1 Koekuormitus 4 tulosten arviointi

Koekuormitusten tulosten (Liite 5) perusteella 200 mm korkeisiin ontelolaattoihin voidaan sallia maksimissaan 650 mm leveä reikä, kun jänneväli on rajoitettu (Kuva 14. s.32). Tätä reikää ei kuitenkaan voida tehdä aivan lähelle laattojen päitä. Reiän reunan ja ontelolaatan pään etäisyyden tulee olla vähintään 1000 mm, ja maksimijänneväli on 6 metriä. Tällöin kuitenkin tulee varmistua siitä, että vähintään neljä ontelolaatan uumaa kulkee ehjänä laatan päästä päähän.

Tämä lievennys vanhaan rei'itysohjeeseen antaa hieman vapautta kulkuluukkujen suunnitteluun, kun niitä ei tarvitse välttämättä aina sijoittaa kahden ontelolaatan väliseen saumaan tai käyttää ontelolaattakannaketta tai paikallavalupalkkia kulkuluukkujen kohdissa.

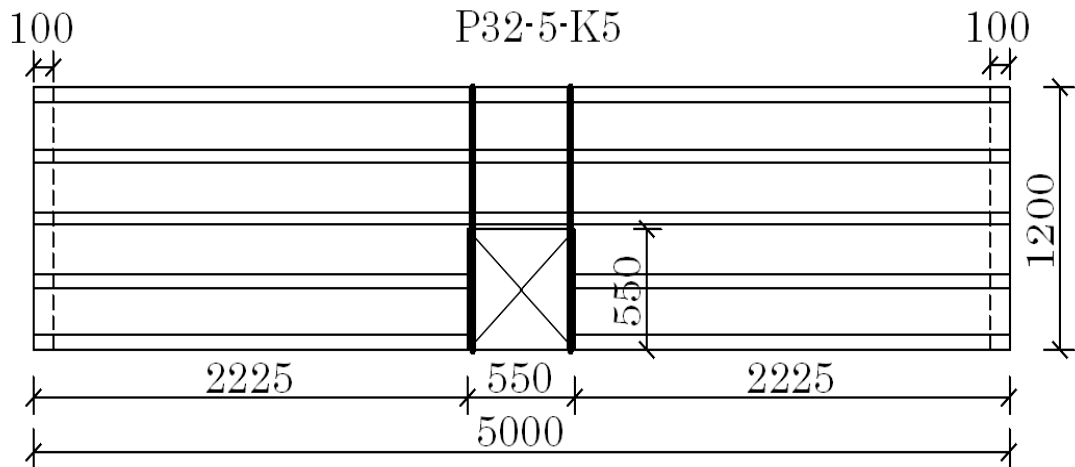


Kuva 14. Koekuormitus n:o 4 ontelolaattojen murtotapa

3.9 Koekuormitus 5

Viidennessä koekuormitustapauksessa tutkitaan miten tämän hetken rei'itysohjeen mukainen reikä keskellä jänneväliä P32-ontelolaatassa sekä muissa nelionteloisissa ontelolaatoissa toimii, ja pitäisikö laatan jänneväliä rajoittaa. Ontelolaattatyypiksi on valittu tähän koekuormitustapaukseen P32 sen takia, koska rei'itysohje antaa tehdä siihen tällä hetkellä kaikkein leveimmän reiän.

Ontelolaatta asennetaan kokonaan tuelle siten, että tukipituudeksi tulee 100 mm:ä ja kuormitetaan siten, että ensimmäisen viivakuorman keskipiste on 2250 mm:n etäisyydellä laatan päästä ja toisen 2750 mm:n etäisyydellä. Koekuormituksessa on tarkoitus saada reiän kohdalle syntymään taivutusmurto. (Kuva 15. s.33)



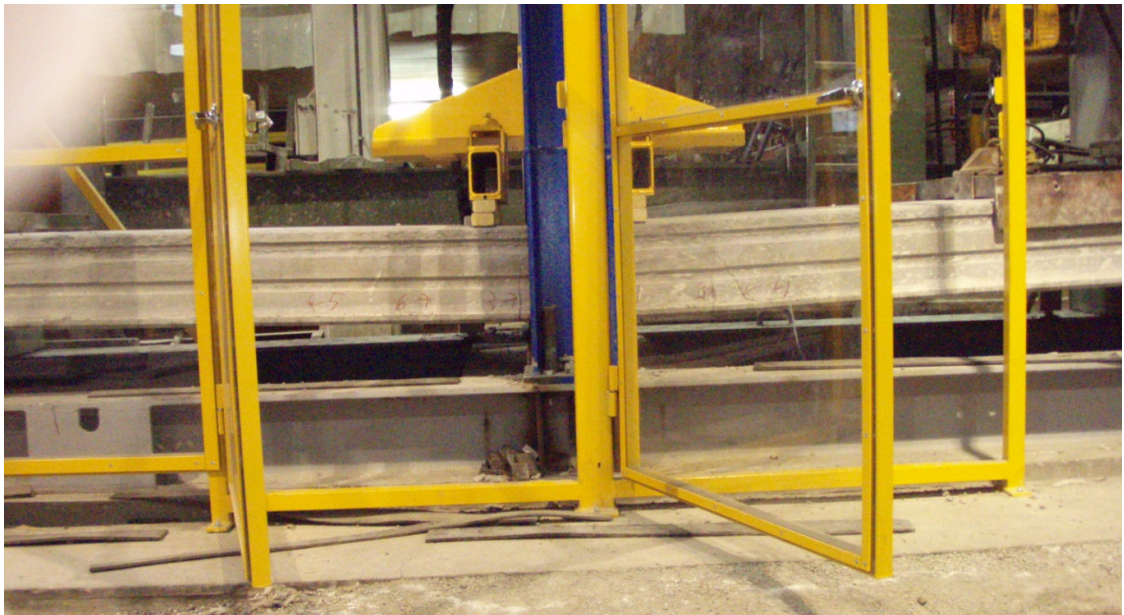
Kuva 15. Koekuormitus n:o 5 ontelolaatan mittapiirustus

Ontelolaattoja P32-5-K5 valmistettiin 3 kappaletta ja jokaisesta näistä otettiin kolme kappaletta puristuslujuusnäytteitä, jotta tiedetään rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopivaksi. Laatat valettiin 13.2.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaalla ja koekuormitettiin 20.3.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaalla.

3.9.1 Koekuormitus 5 tulosten arviointi

Koekuormituksessa kolmen testin keskiarvoksi saatiin 75,3 kN (Liite 6 ja 7), joka katsottiin siitä kohdasta, kun laattaan syntyi ensimmäinen silmällä havaittava halkeama. (Kuva 16. s.34)

Koekuormituksessa laattoja ei saatu ollenkaan murtumaan, vaan punokset antoivat periksi niin paljon, että tunkista loppui sylinteri vaikka käytettiin kahta aluspuuta. Tämän takia voidaan sallia 320 mm korkeilla ontelolaatoilla kaksi uumaa leveä reikä jopa 12 metrin jänneväleille. Tällöin laattaan käytettävää punosmäärää voidaan lisätä niin paljon, että saavutetaan ontelolaatan noston ajaksi sekä lopputilanteeseen riittävä varmuus. Tämä antaa mahdollisuuden käyttää 320 mm korkeaa ontelolaattaa teollisuusrakennuksissa, joissa moduuliväli on 6 metriä ja tuulipilarin vaatima kolous ontelolaattaan joudutaan tekemään ilman pilarikonsoleita.



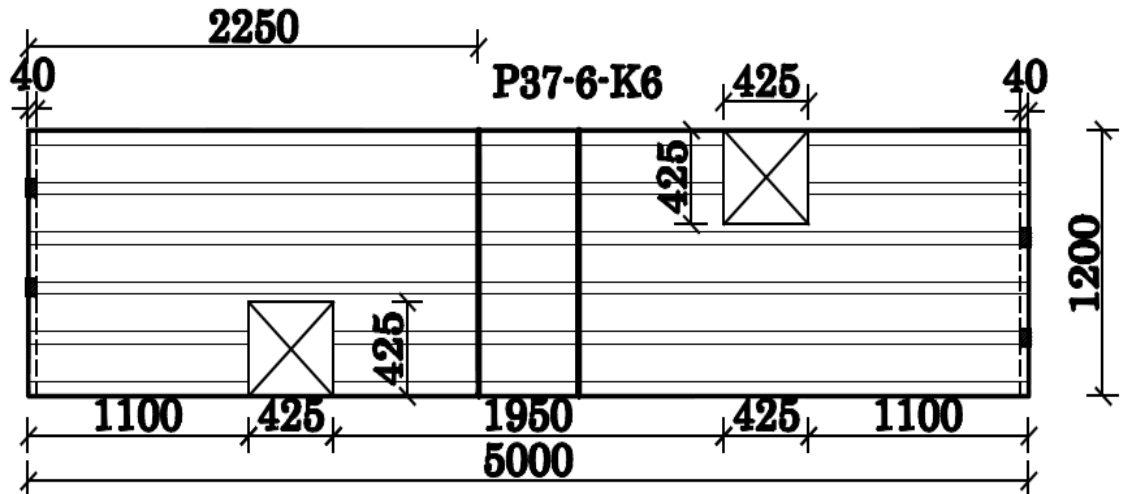
Kuva 16. Koekuormitus n:o 5 ontelolaattojen murtotapa

3.10 Koekuormitus 6

Kuudennessa koekuormituksessa tutkitaan voiman siirtoa yksittäisen laatan sisällä, kun siinä on kaksi reikää laskennallisesti eri poikkileikkauksessa. Tässä on tarkoitus tutkia, siirtyvätkö voimat reikien yli ja miten jännepunokset toimivat keskellä laatan jänneväliä. Lisäksi tutkitaan, mikä on näiden reikien vaikutus laatan kapasiteettiin.

Ontelolaattatyypiksi on valittu yleisin asuntorakentamisessa käytetty 370 mm korkea ontelolaatta, koska siinä kyseinen tilanne on varsin yleinen ja reikien vaikutuksesta ja voimien siirrosta yksittäisen laatan sisällä on hiukan ristiriitaista tietoa tällä hetkellä suunnittelijoiden keskuudessa. Vastaavanlaista koekuormitusta ei ole tehty ennen Suomessa.

Ontelolaatta asennetaan asennuspalojen varaan, joiden koko on 50 mm * 80 mm ja kokonaispaksuus 20 mm. Ontelolaatta asennetaan asennuspalojen päälle siten, että tukipituudeksi tulee 40 mm:ä ja asennuspalat asennetaan seuraavan mittapiirustuksen osoittamalla tavalla. (Kuva 17. s.35)



Kuva 17. Koekuormitus n:o 6 ontelolaatan mittapiirustus

Ontelolaatta kuormitetaan kahdella viivakuormalla siten, että ensimmäisen viivakuorman keskipiste sijaitsee 2250 mm:n päässä laatan päästä ja toinen viivakuorma 2750 mm:n päässä. (Kuva 18. s.36)

Ontelolaattoja P37-6-K6 valmistettiin 3 kappaletta ja jokaisesta näistä otettiin kolme kappaletta puristuslujuusnäytteitä, jotta tiedetään rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopivaksi. Laatat valettiin 7.2.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaalla ja koekuormitettiin 14.2.2012 Parma Oy:n Forssan tehtaalla.



Kuva 18. Koekuormitus n:o 6 alkutilanne

3.10.1 Koekuormitus 6 tulosten arviointi

Koekuormituksessa kolmen testin tulosten keskiarvoksi saatiin 148,7 kN (Liite 8), joka vastaa hyvin tarkasti laskennallisessa tarkastelussa vajaalla poikkileikkauksella laskettua kapasiteettia. Koekuormituksissa selvisi, että jos kaksi ontelolaatan reikää on tarpeeksi kaukana toisistaan, eivät ne vaikuta toisiinsa.

Laatta murtui reikien vierestä, koska ristikkoanalogialla tutkittaessa laatan poikkisuuntaisen voiman siirron komponentin sekä jännevoiman halkaisevan komponentin yhteisvaikutuksen aiheuttama betonin vetojännitys kasvoi suuremmaksi kuin betonin suora vetolujuus. Tämä ilmiö tapahtui laskennallisesti rasituksella, joka vastasi neljän toimivan punoksen ja vajaan laattapoikkileikkauksen kapasiteettia. (Kuva 19. s.37)

Koekuormituksen perusteella voidaan samaan laattaan hyväksyä reikiä, jotka sijaitsevat tarpeeksi kaukana toisistaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kahden tällaisen reiän välisen etäisyyden tulee olla vähintään kaksi kertaa

jännepunosten kokonaisankkurointipituus murtorajatilassa eli vähintään 2500 mm, joka riittää jokaiselle punosvaihtoehdolle. Ohuilla punoksilla voitaisiin käyttää arvoa 1600 mm, mutta reikien välinen etäisyys tulee silti rajata 2500 mm:iin, koska rakennesuunnittelija ei voi tietää, millaiset punokset punossuunnittelija laattaan määrittää.

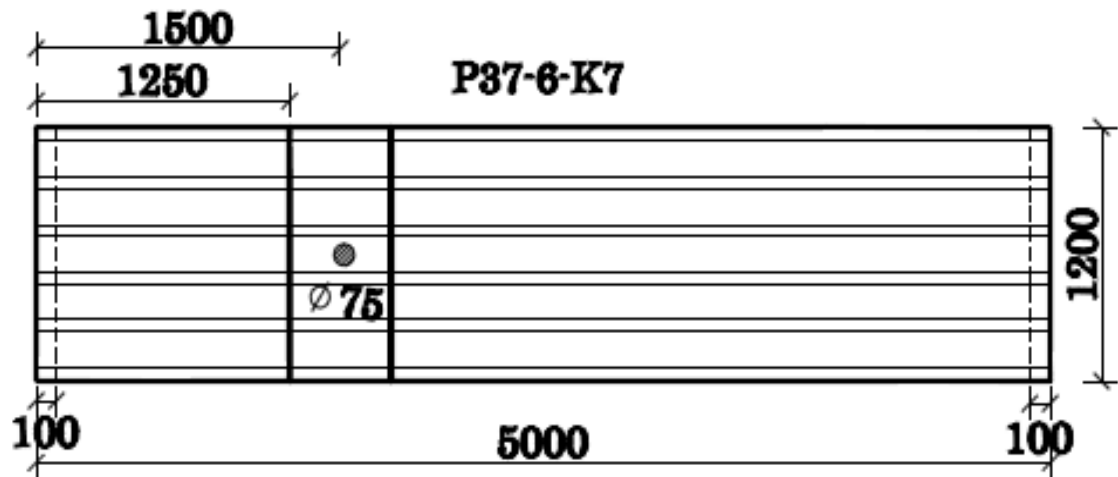


Kuva 19. Koekuormitus n:o 6 ontelolaattojen murtotapa

3.11 Koekuormitus 7

Seitsemännessä koekuormitustapauksessa tarkastellaan P37-ontelolaatan pistekuormakestävyyttä pieniläpimittaiselle pistekuormalle. Koekuormituksessa on tarkoitus tutkia pistekuormakestävyyttä sellaisessa laatan kohdassa, jossa punokset ovat saavuttaneet kokonaisankkurointipituuden murtorajatilassa (Kuva 20. s.38). Parman P37-ontelolaatalle ei ole ikinä ennen tehty pistekuormakestävyysskojeita, vaan tämän hetkisissä suunnitteluohjeissa on käytetty suoraan P27-laatan pistekuormakestävyyss arvoja. Tämän vuoksi on tärkeää saada päivitettyä tietoa tästä uudesta laattatyypistä, koska

todennäköisesti pistekuormakestävyys paranee huomattavasti verrattuna matalampaan P27-laattaan.



Kuva 20. Koekuormitus n:o 7 ontelolaatan mittapiirustus

Laatat asennetaan kokonaan tuelle siten, että tukipituudeksi tulee 100 mm, ja laattaa kuormitetaan 1500 mm:n päästä laatan päätä ontelolaatan keskimmäisen ontelon kohdalta sylinterillä, jonka halkaisija on 75 mm (Kuva 21. s.39). Sylinterin koko on valittu siten, että sen halkaisija on alle puolet ontelon leveydestä ja sen paikka on keskellä onteloa. Tarkoituksena koekuormituksessa on saada sylinteri läpileikkautumaan ontelolaatan yläkannaksen läpi.



Kuva 21. Koekuormitus n:o 7 alkutilanne

Ontelolaattoja P37-6-K7 valmistettiin 3 kappaletta ja jokaisesta näistä otettiin kolme kappaletta puristuslujuusnäytteitä, jotta tiedetään rasitustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopivaksi. Laatat valettiin 27.2.2012 Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla ja koekuormitettiin 14.3.2012 Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla.

3.11.1 Koekuormitus 7 tulosten arviointi

Kolmesta koekuormituksesta kahdessa tapauksessa murtotapa oli siististi ontelolaatan yläkannaksen läpileikkutunut sylinteri (Kuva 22. s.40) kuormakeskiarvolla 256,1 kN (Liite 9). Kolmannessa koekuormituksessa tapahtui ontelolaatan leikkausmurto kuormalla 264,8 kN. (Liite 9). Koekuormituksen perusteella olisi perusteltua nostaa ontelolaatan pistekuormakestävyyssarvoja nykyisen suunnitteluohjeen ilmoittamasta arvosta.

Laattapoikkileikkaukset ovat valmistajakohtaisesti erilaisia, ja ontelolaatan pistekuormakestävyyteen vaikuttaa suuresti yläkannaksen paksuus. Parma Oy:n P37-ontelolaatoissa yläkannaksen paksuus on 55 mm.

Ontelolaattojen tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 mukaan laskettu F_{calc} -arvo jäi todella pieneksi (Liite 9 ja 10) ja mielestäni tuotestandardia voisi tarkastella uudelleen mitoitettaessa ontelolaattoja pienipintaisille pistekuormille. Ero laskennallisen kestävyys ja todellisen koekuormitetun kestävyys välillä oli melkein 25-kertainen.



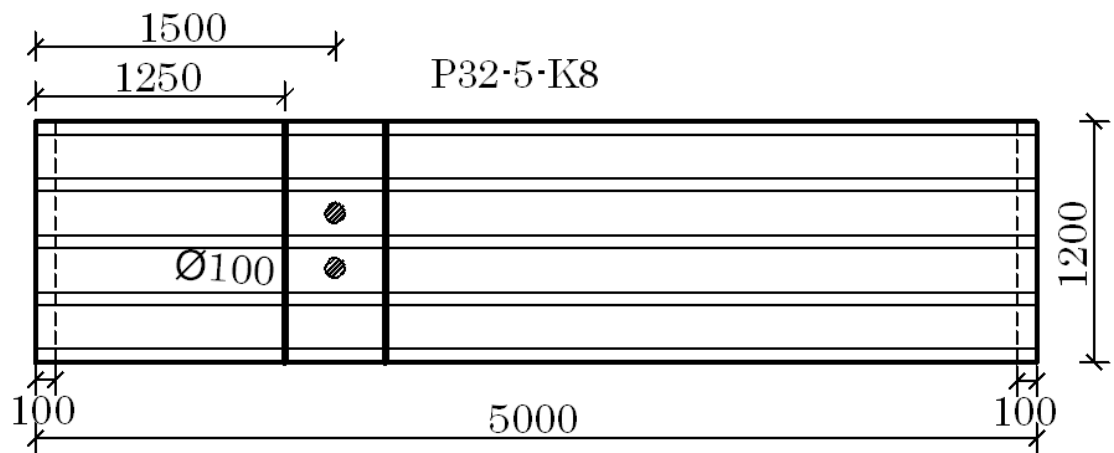
Kuva 22. Koekuormitus n:o 7 ontelolaattojen murtotapa

3.12 Koekuormitus 8

Kahdeksas koekuormitus tarkastelee P32-ontelolaatan pistekuormakestävyyttä pieniläpimittaisille pistekuormille sellaisessa laatan kohdassa, jossa jännepunokset ovat saavuttaneet kokonaisankkurointipituuden murtorajatilassa. Pieniläpimittainen pistekuorma tarkoittaa sellaista pistekuorman leveyttä, joka on pienempi kuin puolet ontelon leveydestä. (Kuva 23. s.41)

Koekuormituksesta saatua tulosta verrataan aikaisemmin koestettuihin arvoihin. Tälle ontelolaattatyypille on suoritettu 1980-luvulla lukuisia pistekuormakokeita, ja koska ontelolaatat valetaan nykyään hiukan eri valutekniikkaa käyttäen, tarkastellaan nykyisten laattojen pistekuormakapasiteettia verrattuna aikaisemmin koestettuihin arvoihin. Näiden tulosten pohjalta arvioidaan, onko

tarvetta muuttaa suunnitteluohjeeseen pistekuormakestävyysarvoa kyseiselle laattatyypille nykyisten suunnitteluohjeiden antamista raja-arvoista.



Kuva 23. Koekuormitus n:o 8 ontelolaatan mittapiirustus

Laattaa kuormitetaan 1500 mm:n päästä laatan reunasta kahdella ympyränmuotoisella sylinterillä, joiden halkaisija on 100 mm. Kuormituslaite rajoitti tässä tapauksessa pistekuorman paikkaa siten, että jouduttiin käyttämään kahta pistekuormaa yhden sijasta, jotta saadaan symmetrinen kuormitus laatalle (Kuva 24. s.42). Pistekuormien paikat ovat keskellä onteloa, koska koekuormituksen tarkoituksena on saada sylinterit läpileikkautumaan siististi yläkannaksen läpi. Ontelolaatta asennetaan siten, että tukipituudeksi tulee 100 mm.



Kuva 24. Koekuormitus n:o 8 alkutilanne

Ontelolaattaa P32-5-K8 valmistettiin vain yksi kappale aikaisemmista koekuormituksista poiketen, koska kokeen tarkoitus oli vain tarkastaa, onko pistekuormakestävyys ratkaisevasti muuttunut suuntaan tai toiseen ja jos saadut tulokset olisivat oleellisesti poikenneet aikaisemmista tuloksista, olisivat lisäkokeet olleet tarpeen. Tästä yhdestä ontelolaatasta otettiin kolme puristuslujuusnäytettä, jotta tiedetään rasiustilanteessa olevan betonin lujuus ja osataan suhteuttaa se laskelmiin sopivaksi. Laatta valettiin Parma Oy:n Hyrylän tehtaassa 24.2.2012 ja se koekuormitettiin Parma Oy:n Hyrylän tehtaalla 14.3.2012.

3.12.1 Koekuormitus 8 tulosten arviointi

Ontelolaattaa kuormittaessa toisen puolen sylinteri painui osittain ontelolaatan yläkannakseen 160 kN:n voimalla (Liite 11) mutta ei varsinaisesti vielä läpileikkannut yläkannasta. Vasta, kun pidettiin tunkin maksimikuormaa (~300 kN) yllä noin minuutin verran, leikkautuivat molemmat sylinterit yläkannaksen läpi. (Kuva 26. s.45) Saatu tulos jaetaan kahdella, koska kuormittavia sylintereitä oli kaksi kappaletta samassa poikkileikkauksessa. Oletetaan

koekuormituksen murtokuormaksi arvo, jolla ensimmäinen sylinteri painui osittain yläkannakseen, niin saadaan yhden sylinterin murtokuormaksi 80 kN vaaditun murtokuorman ollessa 9,11 kN.

Mielestäni tuotestandardissa SFS-EN 1168 + A2:2009 on epäkohta kohdassa 4.3.3.2.4 Lävistyskestävyys, jossa käsitellään näitä pieniläpimittaisia pistekuormia. Tuotestandardin mukaisesti ontelolaattojen lävistyskestävyys lasketaan pistekuormakestävyytensä ilman pintabetonin vaikutusta kaavalla:

$$V_{Rd} = b_{eff} h f_{ctd} \left(1 + 0,3 \alpha \frac{\sigma_{cp}}{f_{ctd}} \right)$$

Kaava 6. Ontelolaatan lävistyskestävyys

kun

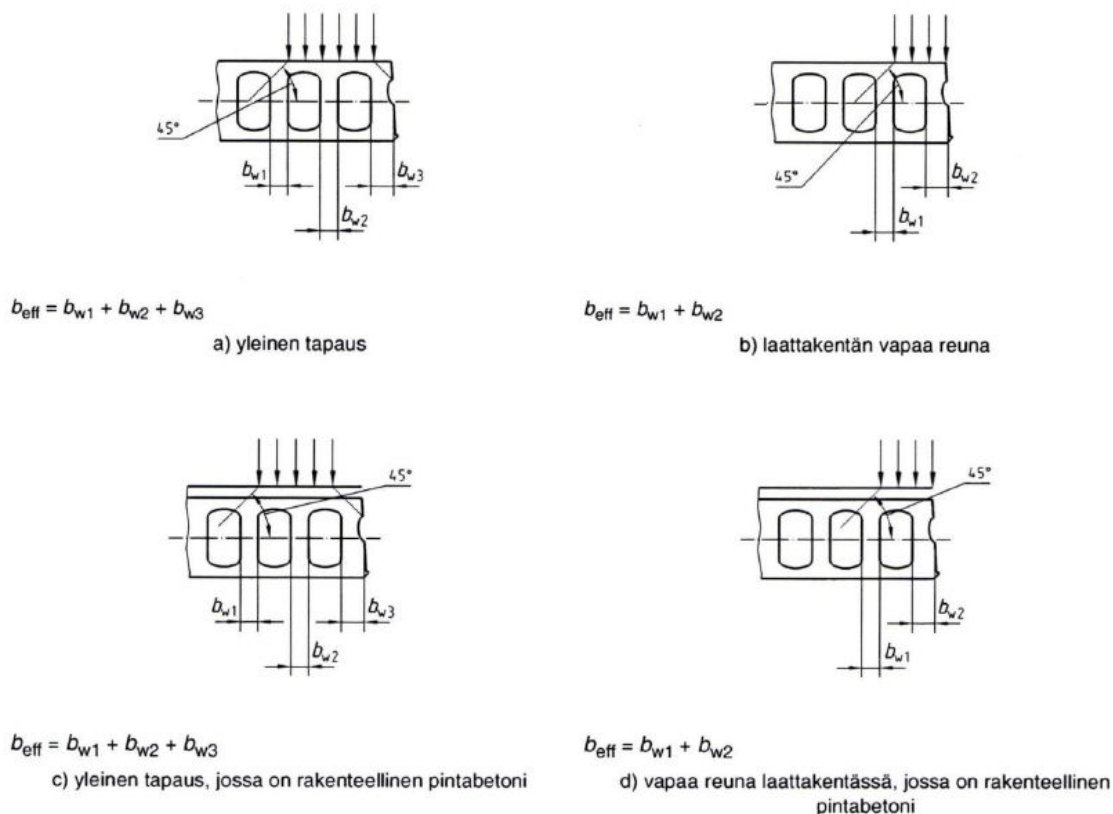
$$\alpha = \frac{l_x}{l_{bpd}} \leq 1$$

Kaava 7. Pistekuorman etäisyyden laatan päästä huomioiva kerroin

jolloin

- b_{eff} on Kuvan 25 mukainen tehollinen leveys uumalle
- σ_{cp} on esijännityksestä johtuva betonin puristusjännitys ontelolaatan keskiakselilla
- f_{ctd} on betonin vetolujuuden mitoitusarvo
- l_x on tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys voimansiirtopituuden alkukohdasta
- l_{bpd} on jänneteräksen ankkurointipituus
- h on laatan korkeus

(SFS-EN 1168 + A2:2009, 16–17)



Kuva 25. Lävistyskestävyyden tehollinen leveys (SFS-EN 1168 + A2:2009, 17)

Jos ontelon yläpuolisen kuorman leveys on pienempi kuin puolet ontelon leveydestä, lasketaan toinen kestävyys soveltaen samaa kaavaa (Kaava 6.); h korvataan yläkannaksen pienimmällä paksuudella ja b_{eff} korvataan kuormitetun pinnan poikkisuuntaisella leveydellä. Tuloksena saadaan kaksi kestävyysarvoa, joista on käytettävä pienempää ontelolaatan laskennallisena lävistyskestävyytenä. (SFS-EN 1168 + A2:2009, 17.)

Koekuormitusten n:o 7 ja n:o 8 perusteella (Liitteet 9, 10, 11, 12 ja 13) kyseinen pykälä voidaan mielestäni kumota ja käyttää pelkästään tuotestandardin antamaa lävistyskestävyyden ylempää lävistyskestävyysarvoa, joka huomioi teholliset uumat ontelolaatan lävistyskestävyyteen.

Suunnitteluohjetta varten oli tarpeen määritellä Parma Oy:n käyttämille ontelolaattapoikkileikkauksille yleisimmille punosmäärille valmiita taulukoita sallituille lävistyskestävyysarvoille (Liite 16). Näiden taulukoiden tarkoitus on nopeuttaa punossuunnittelijan työtä, kun tarkastetaan, kestävätkö ontelolaatat

rakennesuunnittelijan ilmoittamia pistekuorma-arvoja ja miten erilaiset punosvaihtoehdot ontelolaatassa vaikuttavat niiden lävistyskapasiteettiin.



Kuva 26. Koekuormitus n:o 8 ontelolaatan murtotapa

3.13 Koekuormitusten tulosten arviointi

Koekuormituksissa saatiin aikaan todella hyviä tuloksia, jotka olivat useimmissa tapauksissa hyvin lähellä ontelolaattojen laskennallista kapasiteettia. Näiden koekuormitusten tulosten pohjalta laskettiin samanlaisia tapauksia erilaisille ontelolaattatyypeille ja mitoille. Näin saatiin suunnitteluohjeeseen (Liite 17) mahdollisimman kattavasti koottua yhteen ontelolaattojen rei'itysohje, joka paikoitellen päivittyi edellisistä valmistajien käyttämistä suunnitteluohjeista. Lisäksi oli mahdollista ottaa esille monia sellaisia tapauksia, joita ei ennen ole kuormitettu ja joten näin ollen ovat voineet jäädä suunnittelijoilta huomioimatta.

Koekuormituksissa testattiin pelkästään yksittäisten laattojen kapasiteettia. Kun laataston saumavalu toteutetaan, täytyy yhden laattakentän elementin kyetä jakamaan sille tulevat viiva- ja pistemäiset kuormat laatan sivusaumojen kautta seuraavalle ontelolaatalle. Tällöin ei pelkästään tule tarkastella ontelolaattoja

yksittäisinä elementteinä, vaan tulee miettiä myös, onko laataston saumoilla kapasiteettia jakaa kuormaa myös viereisille ontelolaatoille.

Suunnitteluohjetta varten tuli tätä asiaa tarkastella tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 esittämällä tavalla.

4 Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyys

Kun kuorma jakautuu elementiltä toiselle elementille, saumaan ja molemmille puolille elementteihin syntyy pystysuuntaisia leikkausvoimia. Nämä leikkausvoimat aiheuttavat rasitusta elementtien välisiin saumoihin sekä ylä- ja alakannakseen. Tämä pystysuuntainen leikkauskestävyys riippuu sauman ja elementtien ominaisuuksista. Leikkauskestävyys v_{Rdj} , joka ilmoitetaan viivakuormakestävyytenä laatalle, on pienempi seuraavista arvoista: kannasten kestävyys v'_{Rdj} tai sauman kestävyys v''_{Rdj} .

$$v'_{Rdj} = 0,25 f_{ctd} \sum h_f$$

Kaava 8. Ontelolaattojen kannasten leikkauskestävyys

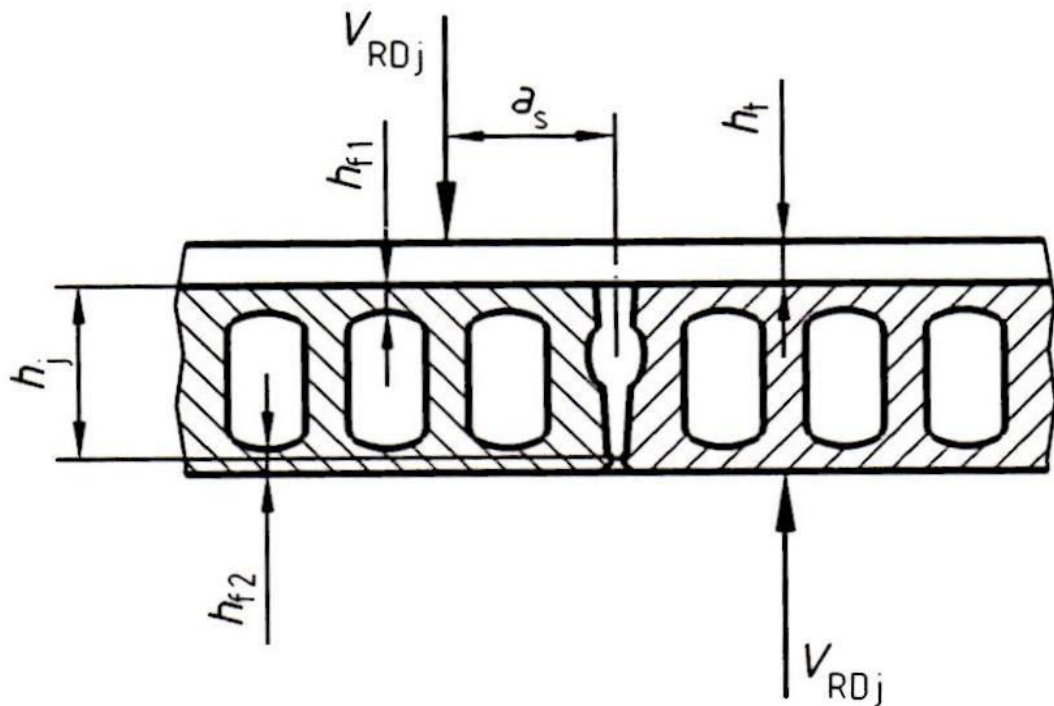
ja

$$v''_{Rdj} = 0,15 (f_{ctdj} h_j + f_{ctdt} h_t)$$

Kaava 9. Ontelolaattojen sauman leikkauskestävyys

missä

- $\sum h_f$ on ylä- ja alakannaksen pienimpien paksuuksien sekä pintabetonin skaalatun paksuuden summa (Kuva 27.)
- f_{ctd} on elementtien betonin vetolujuuden mitoitusarvo
- f_{ctdj} on saumojen betonin vetolujuuden mitoitusarvo
- f_{ctdt} on pintabetonin vetolujuuden mitoitusarvo
- h_j on sauman nettokorkeus (Kuva 27.)
- h_t on pintabetonin paksuus (Kuva 27.)



Kuva 27. Leikkausvoima ontelolaattojen saumoissa (SFS-EN 1168 + A2:2009, 16)

Jos leikkauskestävyys V_{Rdj} ilmoitetaan pistekuormakestävyytenä, lasketaan se kaavasta:

$$V_{Rdj} = v_{Rdj}(a + h_j + h_t + 2a_s)$$

Kaava 10. Pituussuuntainen leikkauskestävyys

jossa

- v_{Rdj} on pienempi arvoista v'_{Rdj} tai v''_{Rdj}
- a on sauman suuntaisen kuorman pituus
- a_s on kuorman ja sauman keskipisteiden välinen etäisyys (Kuva 27.)

4.1 Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyyksien tulosten arviointi

Suunnitteluohjetta varten oli oleellista selvittää nykyisille ontelolaattapoikkileikkauksille sekä erilaisille pintavalun paksuuksille

pituussuuntaiset leikkauskestävyysarvot ja taulukoida ne, jotta rakennesuunnittelijan olisi helppo katsoa suoraan taulukosta, kestävätkö elementit kuormien jakamisen elementtien välillä.

Excel-taulukko (Liite 14.) on syötetty Parma Oy:n poikkileikkaustiedoilla olevat ontelolaatat sekä muut vaadittavat parametrit. Kyseinen Excel-taulukko on tarkoitettu punossuunnittelijoiden käyttöön, joiden tehtäviin ontelolaattojen saumojen sekä ontelolaattojen ylä- ja alakannaksen kestävyys tarkistus kuuluu. Taulukon käyttö on tehty mahdollisimman yksinkertaiseksi ja se yhdenmukaistaa punossuunnittelijoiden toimintaa tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009 mukaiseksi.

Valmiiden taulukoiden (Liite 15.) avulla voidaan tarkastella myös ontelolaattojen pituussuuntaisten viivakuormien ja yksittäisten pistekuormien kestävyttä, koska saattaa tulla tilanteita, joissa ontelolaattojen sauma tai ylä- ja alakannaksen kesto rajoittaa ontelolaattojen suuntaisen viivakuorman tai pistekuorman suuruutta.

Excel-laskurin avulla saatiin selville, ettei saumavalun betonilujuutta ole tarpeen kasvattaa lujuusluokasta C25/30, koska tämän jälkeen oleellinen hyöty laataston viivakuormakestävyyteen häviää ja mitoittavammaksi tekijäksi tulee aina ylä- ja alakannaksen kestävyys. Kuitenkin ontelolaattojen saumavalussa tulisi käyttää vähintään C20/25-lujuusluokan betonia.

Jos ontelolaatan ja pintalaatan väliin on suunniteltu eristekerros, liittovaikutusta ei voida hyödyntää ja on käytettävä arvoja, joissa pintavalun vaikutusta ei ole huomioitu. Matalin pintalaatta, joka toimii tarpeeksi luotettavasti liittorakenteena, on vähintään 40 mm paksu. Tämän takia 40 mm matalampia pintavaluja ei ole tarkasteltu ollenkaan valmiisiin taulukoihin.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kattava ontelolaattojen suunnitteluohje (Liite 17.) arkkitehdeille, rakennesuunnittelijoille, elementtisuunnittelijoille ja vastaaville mestareille. Suunnitteluohjeessa esitettävä materiaali päätettiin yhteistyössä Koskela Consulting Oy:n, Parma Oy:n ja Suomen Rakennusteollisuus r.y:n kanssa, ja mielestäni aihealueet kattavat suuren osan ontelolaatastojen suunnitteluun liittyvistä ongelmakohdista. Suunnitteluohjeen tuli olla selkeä, mutta kuitenkin niin havainnollistava kuin mahdollista. Suunnitteluohjeeseen ei tarkoituksella ole esitetty ontelolaattojen kestävyyskiä koskevia laskentaperusteita, vaan pelkästään tulokset mahdollisimman selkeässä muodossa joko taulukoissa tai kuvissa.

Mielestäni pääsin hyvin tavoitteeseen ja suunnitteluohjeesta tuli selkeä lisäapu suunnittelijoiden työkaluksi jatkoa ajatellen. Suunnitteluohje on tarkoitus julkaista elementtisuunnittelu.fi-sivustolla kesän 2012 aikana ja siitä tulee alan yleinen ohje. Vastaavanlaista ontelolaattojen suunnitteluohjetta ei ole rakennusteollisuuden puolelta ennen tehty.

Suunnitteluohjeessa on myös esitetty muutamia esimerkkilaatastoja, jotka ovat suunnitelmallisesti puutteellisia. Nämä ongelmalliset ontelolaatastot on korjattu, ja niissä on yksiselitteisesti kerrottu, mitä laatastolle on tehty, jotta se on saatu suunnitteluohjeen mukaiseksi. Nämä ovat hyviä esimerkkejä siitä, kuinka helposti esimerkiksi laattajakoa hieman muuttamalla saadaan aikaan täysin toimiva laatasto, joka on täysin suunnitteluohjeen mukainen.

Opinnäytetyössäni oli suurena haasteena alan hyvin erilaiset suunnitteluratkaisut ja eri valmistajien käyttämät omat suunnitteluohjeet ja laskentaperusteet. Tämän ohjeen mukaiset laattojen kestävyudet on määritelty pääasiassa käyttäen Parma Oy:n laattapoikkileikkauksia ja materiaalitietoja, mutta suunnitteluohjeessa ilmoitetut arvot eivät poikkea paljoa muiden

valmistajien ontelolaatoista. Oman lisähaasteen opinnäytetyöhön toi uuden tuotestandardin SFS-EN 1168 + A2:2009:n mukaisesti määritetyt kestävyyydet, jotka erosivat paikoitellen hyvin paljon nykyisistä, valmistajien ilmoittamista arvoista. Tuotestandardi on myös paikoitellen hyvin epäselvä ja jouduin olemaan yhteydessä useisiin eri tahoihin, jotta sain selville, kuinka tuotestandardia täytyy tulkita oikein. Kuitenkin suunnitteluohjeeseen oli saatava laskennalliset perusteet kaikille ilmoitetuille kestävyyksille ja tuotestandardinkin mukaan valmistajat voivat käyttää jatkossa erilaisia arvoja, mikäli niille on tarpeeksi näyttöä. Tämä tarkoittaa sitä, että valmistajakohtaisesti ontelolaattoja on koekuormitettu standardin mukaisesti, ja niiden mukaan voidaan todeta ontelolaattojen kestävän enemmän tai vähemmän kuin tuotestandardin laskentaperusteet antavat. Koekuormitetut ontelolaatat on koekuormitettava ehdottomasti valmistajakohtaisesti. Ontelolaattavalmistajat eivät missään tapauksessa saa käyttää toisen valmistajan suunnitteluohjeessa ilmoitettuja arvoja, koska valmistustekniikkansa ja laattapoikkileikkauksissa on suuriakin valmistajakohtaisia eroja.

Koekuormitusten aikatauluttaminen ja niiden suorittaminen talvella toivat ylimääräistä haastetta, mutta siinä onnistuttiin hyvin ja laatat saatiin koekuormitettua pääasiassa siinä aikataulussa kuin oli tarkoituskin. Tulokset koekuormituksesta antoivat positiivisen kuvan ontelolaattojen toiminnasta ja saadut tulokset olivat todella hyviä ja niiden perusteella voitiin määrittää suunnitteluohjeessa esitettyjä raja-arvoja.

Ontelolaattojen suunnittelussa suunnittelun taso on ollut turhan vaihtelevaa ja paikoitellen on tullut suunnittelupöydälle sellaisia tasopiirustuksia, joita ei ole mitenkään mahdollista toteuttaa. Toivottavasti tämän suunnitteluohjeen myötä suunnittelun taso ontelolaatastoissa tulee parantumaan lähiaikoina ja kaikki ontelolaattavalmistajat alkavat noudattaa tämän suunnitteluohjeen esittämiä asioita.

Kaavat

Kaava 1. Betonin keskimääräinen puristuslujuus 28 vrk:n ikäisenä lujusluokille $\leq C50/60$, s.17

Kaava 2. Betonin keskimääräinen puristuslujuus 28 vrk:n ikäisenä lujusluokille $> C50/60$, s.17

Kaava 3. Betonin todellinen vetolujuus, s.17

Kaava 4. Yksittäisen testin luotettavuus, s.17

Kaava 5. Kolmen testin luotettavuuden keskiarvo, s.17

Kaava 6. Ontelolaatan lävistyskestävyys, s.43

Kaava 7. Pistekuorman etäisyyden laatan päästä huomioiva kerroin, s.43

Kaava 8. Ontelolaattojen kannasten leikkauskestävyys, s.47

Kaava 9. Ontelolaattojen sauman leikkauskestävyys, s.47

Kaava 10. Pituussuuntainen leikkauskestävyys, s.48

Kuvat

- Kuva 1. Ontelolaattojen perustyyppit. (Elementtisuunnittelu.fi b.), s.10
- Kuva 2. Parma Oy:n Forssan tehtaan kuormituslaitteisto, s.15
- Kuva 3. Koekuormitus n:o 1 ontelolaatan mittapiirustus, s.19
- Kuva 4. Koekuormitus n:o 1 ontelolaatan tuentaperiaate, s.20
- Kuva 5. Koekuormitus n:o 1 ontelolaattojen murtotapa, s.21
- Kuva 6. Koekuormitus n:o 2 ontelolaatan mittapiirustus, s.23
- Kuva 7. Koekuormitus n:o 2 alkutilanne, s.24
- Kuva 8. Koekuormitus n:o 2 ontelolaattojen murtotapa, s.25
- Kuva 9. Koekuormitus n:o 3 ontelolaatan mittapiirustus, s.26
- Kuva 10. Koekuormitus n:o 3 alkutilanne, s.27
- Kuva 11. Koekuormitus n:o 3 ontelolaattojen murtotapa, s.29
- Kuva 12. Koekuormitus n:o 4 ontelolaatan mittapiirustus, s.30
- Kuva 13. Koekuormitus n:o 4 alkutilanne, s.31
- Kuva 14. Koekuormitus n:o 4 ontelolaattojen murtotapa, s.32
- Kuva 15. Koekuormitus n:o 5 ontelolaatan mittapiirustus, s.33
- Kuva 16. Koekuormitus n:o 5 ontelolaattojen murtotapa, s.34
- Kuva 17. Koekuormitus n:o 6 ontelolaatan mittapiirustus, s.35
- Kuva 18. Koekuormitus n:o 6 alkutilanne, s.36
- Kuva 19. Koekuormitus n:o 6 ontelolaattojen murtotapa, s.37
- Kuva 20. Koekuormitus n:o 7 ontelolaatan mittapiirustus, s.38
- Kuva 21. Koekuormitus n:o 7 alkutilanne, s.39
- Kuva 22. Koekuormitus n:o 7 ontelolaattojen murtotapa, s.40
- Kuva 23. Koekuormitus n:o 8 ontelolaatan mittapiirustus, s.41
- Kuva 24. Koekuormitus n:o 8 alkutilanne, s.42
- Kuva 25. Lävistyskestävyyden tehollinen leveys (SFS-EN 1168 + A2:2009,17), s.44
- Kuva 26. Koekuormitus n:o 8 ontelolaattojen murtotapa, s.45
- Kuva 27. Leikkausvoima ontelolaattojen saumoissa (SFS-EN 1168 + A2:2009,16), s.48

Lähteet

Elementtisuunnittelu.fi a.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/.../elementtirakentamisen%20historia.pdf>
(Luettu 12.2.2012)

Elementtisuunnittelu.fi b.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat> (Luettu 15.2.2012)

Leskelä, M.V. 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008 by 210.
Helsinki: Suomen betoniyhdistys r.y. (Luettu 5.3.2012)

Suomen standardisoimisliitto SFS, tuotestandardi SFS-EN 1168 + A2:2009,
Betonivalmisosat. Ontelolaatat

Suomen standardisoimisliitto SFS, 1992-1-1. Suomenkielinen käännös 2007.
Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIIVAKUORMAA.

 LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALEIDEN LUJUUDET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:
HYRYLÄN TEHDAS, VESA KUUJO

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Voima-anturi : HBM C18 00284CU7 100-3000 kN, tod. Nro DKD-K-00101
- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPPlus, VTT, 19.2.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

 ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
 LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : Eaton 3844 89 100-5000 kN, tod. nro 0295PTB08
- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPPlus, VTT, 19.2.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P37-6-K1-1	P37-6-K1-2	P37-6-K1-3
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	HYRYLÄ	HYRYLÄ	HYRYLÄ
	ID 134	ID 133	ID 127
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	20.2.2012	20.2.2012	20.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	8	8	8
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	-5	-5	-5
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
PURISTULUJUUS f_1 LIERIÖ 1	47,8	50,3	45,4
PURISTULUJUUS f_2 LIERIÖ 2	48,6	49,3	47,9
PURISTULUJUUS f_3 LIERIÖ 3	48,6	47,1	52,1
PURISTUSLUJUUDEN KESKIAARVO f_c	48,3	48,9	48,5
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{ctm}	4,0	4,0	4,0
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	3,2	3,2	3,2
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	5000	5000	5000
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	310	310	310
PAINO [kg]	2715	2715	2715
KUORMAT:			
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	38,3	38,3	38,3
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	166,3	180,4	165,8
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	4,34	4,71	4,33
Keskiarvo (F_{test} / F_{calc}) $\geq 1,00$	4,46		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY

 TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ: **JOUNI RIMPIÄINEN**

ALLEKIRJOITUS

 KUORMITUSPAIKKA JA AIKA: **TUUSULA 28.2.2012**

**STANDARIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K1-1 ID 134



LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K1-2 ID 133



LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K1-3 ID 127



**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

 TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA PISTE KUORMAA LAITAUUMISSA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALOIDEN LUJUUKSET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:

HYRYLÄN TEHDAS, VESA KUUNJO

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Voima-anturi : HBM C18 00284CU7 100-3000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCP1us, VTT, 19.2.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

 ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : Eaton 3844 89 100-5000 kN, tod. nro 0295PTB08

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCP1us, VTT, 19.2.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P37-6-K2-1	P37-6-K2-2	P37-6-K2-3
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	HYRYLÄ	HYRYLÄ	HYRYLÄ
	ID 136	ID 135	ID 126
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	20.2.2012	20.2.2012	20.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	8	8	8
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	-5	-5	-5
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
PURISTULUJUUS f_1 LIERIÖ 1	40,5	44,5	46,7
PURISTULUJUUS f_2 LIERIÖ 2	41,7	45,3	48,7
PURISTULUJUUS f_3 LIERIÖ 3	44,2	49,9	45,4
PURISTULUJUUDEN KESKIAARVO f_c	42,1	46,6	46,9
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{ctm}	3,6	3,9	3,9
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	2,9	3,1	3,1
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	5000	5000	5000
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	310	310	310
PAINO [kg]	2922	2922	2922
KUORMAT:			
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	56,2	56,2	56,2
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	267,8	285,8	245,5
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	4,77	5,09	4,37
Keskiarvo ($F_{test} / F_{calc} \geq 1,00$)	4,74		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

JOUNI RIMPIÄINEN

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

TUUSULA 28.2.2012

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K2-1 ID 136

ensimmäinen halkeama syntyi noin. 250kN kohdalla



LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K2-2 ID 135



LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K2-3 ID 126



**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
 LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIVAKUORMAA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALOIDEN LUJUUKSET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:

Parma Oy Forssan jännehalli, Jouni Erkkilä

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Controls Cercomp 7 Kalibr: Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori, tod.nro 1896 28.10.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 8.6.2011

 ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
 LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori no. 1896 28.10.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 1.8.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P32 - 5 - K3 - 4	P32 - 5 - K3 - 5	P32 - 5 - K3 - 6
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	Hyyrylä	Hyyrylä	Hyyrylä
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	13.2.2012	13.2.2012	13.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	20.2.2012	20.2.2012	20.2.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	7	7	7
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	20	20	20
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
	K3A	K3B	K3C
PURISTULUJUUS f_{t1} LIERIÖ 1	51,4	51,2	48,4
PURISTULUJUUS f_{t2} LIERIÖ 2	45,7	48,5	46,5
PURISTULUJUUS f_{t3} LIERIÖ 3	50,3	50,8	48,5
PURISTUSLUJUUDEN KESKIAARVO f_{ct}	49,13333333	50,16666667	47,8
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{cm}	4,02443954	4,080669464	3,951298617
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	3,219551632	3,264535571	3,161038894
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	5000	5000	5000
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	253	248	247
PAINO [kN] (tunnuslapusta)	2134	2134	2134
KUORMAT:			
ARVIOITU MURTOKUORMA [kN]	42	42	42
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	67,8	68,2	69
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	120	130	120
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	1,77	1,91	1,74
Keskiarvo (F_{test} / F_{calc}) $\geq 1,00$	1,81		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY			

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

Jouni Erkkilä

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

Forssa 20.2.2012

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS
VALOKUVA

P32 - 5 - K3 -4

Leikkaus

1. murtuma 100kN / varauksen sisänurkka
2. murtuma 100kN / varauksen sisänurkka



HUOMIOITAVAA

3. ja 4. murtuma 112kN / 3. 3330mm ja 4. 3220mm mitattu
laatan ehjistä päästä 3. kuormitettu laatta

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS
VALOKUVA

P32 - 5 - K3 -5

Leikkaus

1. murtuma 105kN voimalla varauksen sisän. ja ehj. reun
2. murtuma 107kN voimalla varauksen sisän. ja ehj. reun



HUOMIOITAVAA

Ehjässä reunassa murtokohdat samoin kuin 4. ja 6. laa-
toissa pistekuormien alueella 2. kuormitettu laatta

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS
VALOKUVA

P32 - 5 - K3 -6

Leikkaus

1. murtuma 100kN / 3865mm mitattu ehjistä päästä
2. murtuma 100kN / 3050mm mitattu ehjistä päästä



HUOMIOITAVAA

1. kuormitettu laatta

Koekuormitus 4

Teemu Parkkila

1.2.2012

Liite 4

1 (1)

32,4 kN

Pistekuorma:	$F_k =$	16,2 kN
	$F_d =$	24,3 kN
Omapaino	$G_k =$	2,45 kN/m ²
	$G_d =$	2,8175 kN/m ²
Laatan jänneväli	$L =$	3000 mm
Tarkasteltava kohta	$x =$	1500 mm
Pistekuorma sijainti	$x_1 =$	1250,00 mm
	$x_2 =$	1750,00 mm
Pistekuormasta	$M_{ek} =$	24,30 kNm
	$M_{ed} =$	36,45 kNm
Omasta painosta	$M_{ek} =$	2,76 kNm
	$M_{ed} =$	3,17 kNm
Momentti yhteensä	$M_{ek} =$	27,06 kNm
	$M_{ed} =$	39,62 kNm
Taivutuskapasiteetti	$M_{rd} =$	40,10 kNm
Kapasiteetti halkeilulle	$M_{cr} =$	27 kNm
Ilman osavarmuuskertoimia	$M_{rk} =$	51,1 kNm

 $F_{mit} =$ 32,4 kN Laskennallinen kapasiteetti taivutuksen suhteen $F_k =$ 32,3 kN Ensimmäinen halkeama $F_{calc} =$ 63,6 kN Laatta murtuu

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIVAKUORMAA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALOIDEN LUJUUKSET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:

Parma Oy Forssan jännehalli, Jouni Erkkilä

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Controls Cercomp 7 Kalibr: Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori, tod.nro 1896 28.10.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 8.6.2011

ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN

LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori no. 1896 28.10.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 1.8.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P20 - 7X- K4 -1	P20 - 7X- K4 -2	P20 - 7X- K4 -3
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	Nurmijärvi	Nurmijärvi	Nurmijärvi
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	6.3.2012	6.3.2012	6.3.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	28.3.2012	28.3.2012	28.3.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	22	22	22
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	20	20	20
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
	A	B	C
PURISTULJUUS f_1 LIERIÖ 1	44,8	48,9	46
PURISTULJUUS f_2 LIERIÖ 2	41,8	45,4	45
PURISTULJUUS f_3 LIERIÖ 3	41,8	43,7	50,3
PURISTULJUUDEN KESKIARVO f_c	42,8	46	47,1
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{cm}	3,670713035	3,851469614	3,912627708
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	2,936570428	3,081175691	3,130102166
A2 lujuudeksi kirjattu A3:n arvo, koepala halkesi hiottaessa			
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	3002	3002	3000
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	252	244	245
PAINO [kN] (tunnuslapusta)	810	810	810
KUORMAT:			
ARVIOITU MURTOKUORMA [kN]	32,4	32,4	32,4
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	62,1	61,4	63
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	102	98	100
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	1,64	1,60	1,59
Keskiarvo (F_{test} / F_{calc}) $\geq 1,00$	1,61		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

Jouni Erkkilä

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

Forssa 28.3.2012

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P20 - 7X- K4 -1

Taivutusmurto

Taivutusmurto aukon reunoille, järjestys merkitty kuviin
1. halkeama 70kN kuormalla, 2. lähes heti 1. jälkeen



Punoslustot merkattu ja kuvattu, tallennettu siirto -kansioon

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P20 - 7X- K4 -2

Taivutusmurto

Taivutusmurto aukon reunoille, järjestys merkitty kuviin
1. halkeama 60kN kuormalla, 2. lähes heti 1. jälkeen



Punoslustot merkattu ja kuvattu, tallennettu siirto -kansioon

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P20 - 7X- K4 -2

Taivutusmurto

Taivutusmurto aukon reunoille, järjestys merkitty kuviin
1. halkeama 60kN kuormalla, 2. lähes heti 65kN kuormalla



Punoslustot merkattu ja kuvattu, tallennettu siirto -kansioon

HUOMIOITAVAA

Koekuormitus 5		Teemu Parkkila	30.3.2012	Liite 6 1 (1)
Laatan omapaino	$G_k =$	3,86 kN/m ²		
	$G_d =$	4,439 kN/m ²		
Pistekuorma	$F_k =$	17,85 kN	Yht:	35,7 kN
	$F_d =$	26,775 kN		
Laatan jänneväli	$L =$	5000 mm		
Tarkasteltava kohta	$x =$	2500 mm		
Pistekuorman etäisyys	$x_1 =$	2250 mm		
	$x_2 =$	2750 mm		
Pistekuormasta	$M_{ek} =$	44,18 kNm		
	$M_{ed} =$	66,27 kNm		
Omasta painosta	$M_{ek} =$	14,48 kNm		
	$M_{ed} =$	16,65 kNm		
Momentti yhteensä	$M_{ek} =$	58,65 kNm		
	$M_{ed} =$	82,91 kNm		
Viidellä punoksella	$M_{Rd} =$	192,9 kNm	Täysinäisen laatan taivutuskestävyys	
	$M_{Rd,red} =$	83,1 kNm	Kriittisen kohdan taivutuskestävyys vajaalla poikkileikkauksella	
	$F_{mit} =$	49,4 kN	Laskennallinen kapasiteetti taivutuksen suhteen	
Taivutushalkeama	$M_{cr,red} =$	83,6 kNm	1. ja 2. koekuormitus 3. koekuormitus	
		82 kNm		
Ensimmäinen halkeama syntyy voimalla	$F_k =$	55,4 kN	1. ja 2. koekuormitus	
		52,1 kN	3. koekuormitus	
Laatan laskennallinen murto tapahtuu voimalla	$F_{calc} =$	78,1 kN		

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIVAKUORMAA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALEIDEN LUJUUKSET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:

Parma Oy Forssan jännehalli, Jouni Erkkilä

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Controls Cercomp 7 Kalibr: Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori, tod.nro 1896 28.10.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 8.6.2011

ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori no. 1896 28.10.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 1.8.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P32 - 5 - K5 -7	P32 - 5 - K5 -8	P32 - 5 - K5 -9
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	Hyyrylä	Hyyrylä	Hyyrylä

KUORMITUSTIEDOT:

VALUPÄIVÄ [d.m.y]	13.2.2012	13.2.2012	13.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	20.2.2012	20.2.2012	20.2.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	7	7	7
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	20	20	20

BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:

	K5A	K5B	K5C
PURISTULUJUUS f_1 LIERIÖ 1	54,2	52,8	44,9
PURISTULUJUUS f_2 LIERIÖ 2	46,6	46,8	44
PURISTULUJUUS f_3 LIERIÖ 3	51,9	50,2	50,7
PURISTULUJUUDEN KESKIARVO f_c	50,9	49,93333333	46,53333333
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{cm}	4,120340524	4,068006397	3,881182195
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	3,296272419	3,254405117	3,104945756

JÄNNITYS:

PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
---	------	------	------

LAATAN MITAT:

PITUUS [mm]	5000	5000	5002
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	251	252	254
PAINO [kg] tunnuslapusta	2159	2159	2159

KUORMAT:

ARVIOITU MURTOKUORMA [kN]	35,7	35,7	35,7
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	55,4	55,4	52,1
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	71	77	78

Huom! Murtokuormaksi kirjattu 1. murtuman kuorma

MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:

$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	1,28	1,39	1,50
Keskiarvo (F_{test} / F_{calc}) $\geq 1,00$	1,39		

TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY

HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY
------------	------------	------------

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

Jouni Erkkilä

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

Forssa 20.2.2012

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P32 - 5 - K5 -7
Taivutus

Murtuma 1. 71kN / 2640mm, 2. 78kN / 2985mm, 3. 80kN / 2335mm, 4. 92kN / 3140mm, 5. 100 kN / 1600mm



HUOMIOITAVAA

6. 120kN / 2040mm, 140kN sylinteri loppu
3. kuormitettu laatta

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P32 - 5 - K5 -8
Taivutus

Murtuma 1. 77kN / 2820mm, 2. 80kN / 3120mm, 3. 92kN / 2260mm, 4. 98kN / 1990mm, 5. 130 kN / 1600mm



HUOMIOITAVAA

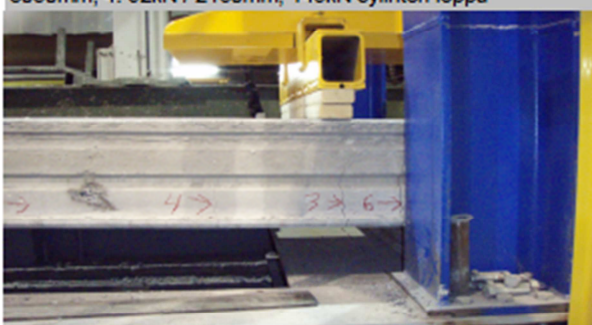
138kN / sylinteri loppu
2. kuormitettu laatta

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P32 - 5 - K5 -9
Taivutus

Murtuma 1. 78kN / 2280mm, 2. 85kN / 2390mm, 3. 88kN / 3050mm, 4. 92kN / 2180mm, 148kN sylinteri loppu



HUOMIOITAVAA

Murtumamittaukset laatan ehjä reuna vasemmasta päästä
1. kuormitettu laatta

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
 LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

 TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIVAKUORMAA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALEIDEN LUJUUDET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:

Parma Oy Forssan jännehalli, Jouni Erkkilä

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Controls Cercomp 7 Kalibr: Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori, tod.nro 1896 28.10.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 8.6.2011

 ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
 LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : TS CLP-200B CJ 6035 200-2000 kN, tod. nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: MGCplus, kalibraattori no. 1896 28.10.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 1.8.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P37 - 6 - K6 -15	P37 - 6 - K6 -16	P37 - 6 - K6 -17
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	Forssa Jännehalli	Forssa Jännehalli	Forssa Jännehalli
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	7.2.2012	7.2.2012	7.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	14.2.2012	14.2.2012	14.2.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	7	7	7
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	20	20	20
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
PURISTULUJUUS f_1 LIERIÖ 1	50,7	48,9	54
PURISTULUJUUS f_2 LIERIÖ 2	50,3	43	45,9
PURISTULUJUUS f_3 LIERIÖ 3	49,9	43,5	44,4
PURISTUSLUJUUDEN KESKIAARVO f_c	50,3	45,1	48,1
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{ctm}	4,1	3,8	4,0
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	3,3	3,0	3,2
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	4996	4993	4999
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	306	324	316
PAINO [kN]	2950	2890	2890
KUORMAT:			
ARVIOITU MURTOKUORMA [kN]	66,1	66,1	66,1
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	147,9	147,8	146,6
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	150	150	146
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	1,01	1,01	1,00
Keskiarvo ($F_{test} / F_{calc} \geq 1,00$)	1,01		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

Jouni Erkkilä

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

Forssa 16.2.2012

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P37 - 6 - K6 -15

Taivutusmurto

Laatta murtui molempien varauskolojen sisänurkasta laatan keskisuuntaan.



2. kuormitettu laatta

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P37 - 6 - K6 -16

Taivutusmurto

Laatta murtui toisen varauskolojen sisänurkasta laatan keskisuuntaan. Toinen kolo murtui reunemmasta



Toisen varauskolojen eri kohtaan tullut murtuma
3. kuormitettu laatta

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

P37 - 6 - K6 -17

Taivutusmurto

Laatta murtui molempien varauskolojen sisänurkasta laatan keskisuuntaan.



1. kuormitettu laatta

HUOMIOITAVAA

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIIVAKUORMAA.

LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALEIDEN LUJUUDET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:
HYRYLÄN TEHDAS, VESA KUUJO

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Voima-anturi : HBM C18 00284CU7 100-3000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPlus, VTT, 19.2.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : Eaton 3844 89 100-5000 kN, tod. nro 0295PTB08

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPlus, VTT, 19.2.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P37-6-K7-1	P37-6-K7-2	P37-6-K7-3
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	HYRYLÄ	HYRYLÄ	HYRYLÄ
	ID 122	ID 123	ID 130

KUORMITUSTIEDOT:

VALUPÄIVÄ [d.m.y]	27.2.2012	27.2.2012	27.2.2012
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	14.3.2012	14.3.2012	14.3.2012
KUORMITUSIKÄ [d]	16	16	16
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	-3	-3	-3

BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:

PURISTULUJUUS f_1 LIERIÖ 1	41,3	37,8	43,3
PURISTULUJUUS f_2 LIERIÖ 2	41,9	42,6	42,1
PURISTULUJUUS f_3 LIERIÖ 3	41,1	43,5	46,4
PURISTULUJUUDEN KESKIAARVO f_c	41,4	41,3	43,9
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{ctm}	3,6	3,6	3,7
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	2,9	2,9	3,0

JÄNNITYS:

PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000	1000	1000
---	------	------	------

LAATAN MITAT:

PITUUS [mm]	5000	5000	5000
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	310	310	310
PAINO [kN]	2715	2715	2715

KUORMAT:

VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	10,5	10,5	10,5
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	240,6	271,6	264,8

MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:

$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	22,91	25,87	25,22
Keskiarvo ($F_{test} / F_{calc} \geq 1,00$)	24,67		

TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY

HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY	HYVÄKSYTTY
-------------------	-------------------	-------------------

TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ:

JOUNI RIMPILÄINEN

ALLEKIRJOITUS

KUORMITUSPAIKKA JA AIKA:

TUUSULA 14.3.2012

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS

VALOKUVA

HUOMIOITAVAA

P37-6-K7-1 ID 122

Sylinteri siististi laatan kannen läpi.



P37-6-K7-2 ID 123

Sylinteri siististi laatan kannen läpi.



P37-6-K7-3 ID 130

Leikkausmurto



Rakennuskohde

Suunnittelija TPa

Laskentapohjan tekijä: Teemu Parkkila

Ontelolaattojen lävistyskestävyys

Perustuu SFS-EN 1168 + A2, SFS 1992-1-1

P37 ▼ Käytettävä ontelolaattatyyppi

6 ▼ Käytettävä punostus

$n_1 =$	0 kpl	Tehollisten keskiummien lkm
$n_2 =$	0 kpl	Tehollisten reunaumien lkm
$\sigma_{p0} =$	1000 N/mm ²	Punosten alkujännitys
$l_x =$	1500 mm	Tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys voimansiirtopituuden alkukohdasta (ontelolaatan päästä, reiän vierestä tms.)
$b_{w1} =$	54 mm	Uuman paksuus
$b_{w2} =$	47 mm	Reunauuman paksuus
$b_{eff} =$	0 mm	Uumien yhteenlaskettu tehollinen leveys
$A_c =$	0,232 m ²	Ontelolaatan pinta-ala
$A_p =$	558,00 mm ²	Punosten pinta-ala
$N_{ed} =$	558 kN	Normaalivoima
$\sigma_{cp} =$	2,40 N/mm ²	Esijännityksestä johtuva betonin puristusjännitys keskiakselilla
$f_{ctd1} =$	1,637 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo f_{bpt} :n laskentaan
$h =$	370 mm	Laatan korkeus
$f_{bpd} =$	2,18 N/mm ²	Ankkuroinnin tartuntalujuus murtorajatilassa
$\eta_1 =$	1	Kerroin hyvissä tartuntaolosuhteissa
$\eta_{p1} =$	3,2	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet jännityksen siirrossa
$\eta_{p2} =$	1,2	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet ankkuroinnin kohdalla
$\alpha_1 =$	1,25	Kerroin, kun Jännevoima siirretään nopeasti
$\alpha_2 =$	0,19	Kerroin käytettäessä 7-lankaisia punoksia
$f_{ctd}(t) =$	0,98 N/mm ²	Vetolujuuden mitoitusarvo 3d:n iässä

$f_{ctm}(t)=$	2,10 N/mm ²	Vetolujuus ajanhetkellä 3d	Liite 10
$\alpha_{ct}=$	1	Kansallinen parametri	2 (2)
$f_{bpt}=$	5,24 N/mm ²	Jännevoiman vakiosuuruinen tartuntajännitys	
$\beta_{cc}(t)=$	0,60	Betonin iästä riippuva kerroin (laskettu laukaisuhetkellä t=3d, sementtilaadulla CEM 32,5 R)	
$\phi =$	12,5 mm	Jännepunoksen halkaisija	
$\sigma_{pm0}=$	971,08 N/mm ²	Jänneteräksen jännitys välittömästi jännevoiman siirron jälkeen	
$\sigma_{pmx\infty}=$	0 N/mm ²		
$E_s=$	195000 N/mm ²	Jännepunoksen kimmomoduuli	
$E_c=$	35220,46 N/mm ²	Betonin kimmomoduuli	
$e_p=$	142 mm	Jännevoiman epäkeskisyys	
$p=$	183,7 mm	Painopisteen etäisyys alareunasta	
$W_y=$	21409300 mm ³	Laatan yläpinnan taivutusvastus	
$\sigma_{p1}=$	869,12 N/mm ²		
$\sigma_{p2}=$	1036,08 N/mm ²	Jännitys, jossa huomioitu leikkausvoiman aiheuttama teräsännityksen lisäys	
$f_{ctd2}=$	1,82 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo	
$l_{pt}=$	550,19 mm	Siirtymäpituuden perusarvo	
$l_{pt2}=$	660,23 mm	Siirtymäpituuden mitoitusarvo	
$\sigma_{pm\infty}=$	769,17 N/mm ²	Jänteen jännitys kaikkien häviöiden jälkeen	
$l_{bpd}=$	950,58 mm	Kokonaisankkurointipituus murtorajatilassa	
$\alpha =$	1		
$D=$	75 mm	Kuormittavan pinnan halkaisija	
$h_f=$	55 mm	Yläkannaksen pienin paksuus	
$V_{RK}=$	10,51 kN	Lävistyskestävyys	

**STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN
LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.**

TESTAUS ON TEHTY KÄYTTÄMÄLLÄ KAHTA VIVAKUORMAA.

 LABORATORIO / TEHDAS MISSÄ KOEKAPPALOIDEN LUJUUKSET ON MITATTU SEKÄ MITTAAJA:
HYRYLÄN TEHDAS, VESA KUULO

LABORATORION BETONINTESTAUSLAITTEEN TIEDOT:

- Voima-anturi : HBM C18 00284CU7 100-3000 kN, tod. Nro DKD-K-00101

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPlus, VTT, 19.2.2009

BETONINTESTAUSLAITTEEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

 ONTELOLAATTA TAIVUTIN ON VÄHINTÄÄN STANDARDIN EN 12390-4:2000 KOHDAN 4.3 MUKAINEN
LUOKAN KOLME KONE:

- Voima-anturi : Eaton 3644 89 100-5000 kN, tod. nro 0295PTB08

- Mittausvahvistin: DPM 40, tod.nro HBM MGCPlus, VTT, 19.2.2009

ONTELOLAATTA TAIVUTTIMEN EDELLINEN KALIBROINTIPÄIVÄ OLI 6.9.2011

LAATAN TUNNUSTIEDOT	P32-5-K8		
LAATAN VALMISTANUT TEHDAS	HYRYLÄ		
	ID 124		
KUORMITUSTIEDOT:			
VALUPÄIVÄ [d.m.y]	24.2.2012		
KUORMITUSPÄIVÄ [d.m.y]	14.3.2012		
KUORMITUSIKÄ [d]	19		
TESTAUSPAIKAN LÄMPÖTILA [°C]	2		
BETONIN MATERIAALIOMINAISUUDET:			
PURISTULUJUUS f_{t1} LIERIÖ 1	52,5		
PURISTULUJUUS f_{t2} LIERIÖ 2	47,6		
PURISTULUJUUS f_{t3} LIERIÖ 3	52,7		
PURISTULUJUUKSEN KESKIARVO f_{t}	50,9		
KESKIMÄÄRÄINEN VETOLUJUUS f_{ctm}	4,1		
TODELLINEN VETOLUJUUS f_{ct}	3,3		
JÄNNITYS:			
PUNOSTEN JÄNNITYS [MN/mm ²]	1000		
LAATAN MITAT:			
PITUUS [mm]	5000		
UUMIEN YHT. PAKSUUS [mm]	246		
PAINO [kN]	2278		
KUORMAT:			
VAADITTU MUORTOKUORMA F_{calc} [kN]	18,2		
SAAVUTETTU MURTOKUORMA F_{test} [kN]	297,2		
MITOITUSMALLIN LUOTETTAVUUDEN VAHVISTUS:			
$F_{test} / F_{calc} \geq 0,95$	16,33		
Keskiarvo (F_{test} / F_{calc}) $\geq 1,00$	16,33		
TESTI HYVÄKSYTTY / HYLÄTTY	HYVÄKSYTTY		

 TESTAUKSESTA VASTAAVA HENKILÖ: **JOUNI RIMPIÄINEN**

ALLEKIRJOITUS

 KUORMITUSPAIKKA JA AIKA: **TUUSULA 14.3.2012**

STANDARDIN SFS-EN 1168 +A2 MUKAINEN VALMISTAJAN LAADUNVALVONTATESTIN TESTIRAPORTTI.

TESTATTUJEN LAATTOJEN MURTOTAPA:

LAATAN TUNNUSTIEDOT
MURTOTAPA
KIRJALLINEN KUVAUS
VALOKUVA

P32-S-K8

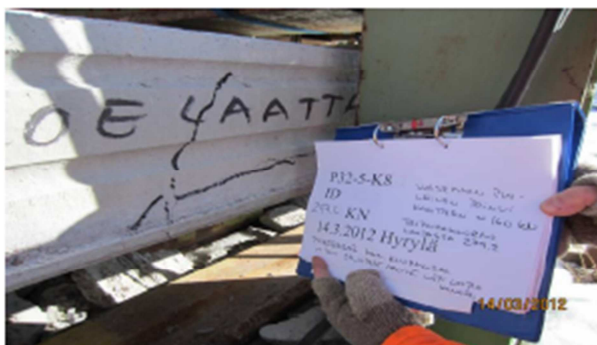
ID 124

Vasemman puoleinen sylinteri painui laatan kanteen noin 160kN:n kuormalla.



HUOMIOITAVAA

VALOKUVA



HUOMIOITAVAA

Laattaa tuli taipumasta halkeamat noin 280kN:n kuormalla ja halkeamien jälkeen maksimi kuorma oli 297,2kN.

VALOKUVA



HUOMIOITAVAA

Pidettäessä maksimi kuormaa 297,2kN päällä noin yhden minuutin ajan leikkautuivat molemmat sylinterit laatan kennon läpi

Rakennuskohde

Suunnittelija TPa

Laskentapohjan tekijä: Teemu Parkkila

Ontelolaattojen lävistyskestävyys

Perustuu SFS-EN 1168 + A2, SFS 1992-1-1

P32 ▼ Käytettävä ontelolaattatyyppi

5 ▼ Käytettävä punostus

$n_1 =$	0 kpl	Tehollisten keskiummien lkm
$n_2 =$	0 kpl	Tehollisten reunuumien lkm
$\sigma_{p0} =$	1000 N/mm ²	Punosten alkujännitys
$l_x =$	1500 mm	Tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys voimansiirtopituuden alkukohdasta (ontelolaatan päästä, reiän vierestä tms.)
$b_{w1} =$	55 mm	Uuman paksuus
$b_{w2} =$	39,5 mm	Reunauuman paksuus
$b_{eff} =$	0 mm	Uumien yhteenlaskettu tehollinen leveys
$A_c =$	0,180 m ²	Ontelolaatan pinta-ala
$A_p =$	465,00 mm ²	Punosten pinta-ala
$N_{ed} =$	465 kN	Normaalivoima
$\sigma_{op} =$	2,58 N/mm ²	Esijännityksestä johtuva betonin puristusjännitys keskiakselilla
$f_{ctd1} =$	1,637 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo f_{bpt} :n laskentaan
$h =$	320 mm	Laatan korkeus
$f_{bpd} =$	2,18 N/mm ²	Ankkuroinnin tartuntalujuus murtorajatilassa
$\eta_1 =$	1	Keroin hyvissä tartuntaolosuhteissa
$\eta_{p1} =$	3,2	Keroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet jännityksen siirrossa
$\eta_{p2} =$	1,2	Keroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet ankkuroinnin kohdalla
$\alpha_1 =$	1,25	Keroin, kun Jännevoima siirretään nopeasti
$\alpha_2 =$	0,19	Keroin käytettäessä 7-lankaisia punoksia
$f_{ctd}(t) =$	0,98 N/mm ²	Vetolujuuden mitoitusarvo 3d:n iässä

$f_{cm}(t)=$	2,10 N/mm ²	Vetolujuus ajanhetkellä 3d	Liite 12
$\alpha_{ct}=$	1	Kansallinen parametri	2 (2)
$f_{bpt}=$	5,24 N/mm ²	Jännevoiman vakiosuuruinen tartuntajännitys	
$\beta_{cc}(t)=$	0,60	Betonin iästä riippuva kerroin (laskettu laukaisuhetkellä t=3d, sementtilaadulla CEM 32,5 R)	
$\phi =$	12,5 mm	Jännepunoksen halkaisija	
$\sigma_{pm0}=$	970,68 N/mm ²	Jänneteräksen jännitys välittömästi jännevoiman siirron jälkeen	
$\sigma_{pmx\infty}=$	0 N/mm ²		
$E_s=$	195000 N/mm ²	Jännepunoksen kimmomoduuli	
$E_c=$	35220,46 N/mm ²	Betonin kimmomoduuli	
$e_p=$	120 mm	Jännevoiman epäkeskisyys	
$p=$	158,7 mm	Painopisteen etäisyys alareunasta	
$W_y=$	15267700 mm ³	Laatan yläpinnan taivutusvastus	
$\sigma_{p1}=$	868,76 N/mm ²		
$\sigma_{p2}=$	1035,68 N/mm ²	Jännitys, jossa huomioitu leikkausvoiman aiheuttama teräsjännityksen lisäys	
$f_{ctd2}=$	1,82 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo	
$l_{pt}=$	549,96 mm	Siirtymäpituuden perusarvo	
$l_{pt2}=$	659,95 mm	Siirtymäpituuden mitoitusarvo	
$\sigma_{pm\infty}=$	768,85 N/mm ²	Jänteen jännitys kaikkien häviöiden jälkeen	
$l_{bpd}=$	950,21 mm	Kokonaisankkurointipituus murtorajatilassa	
$\alpha =$	1		
$D=$	100 mm	Kuormittavan pinnan halkaisija	
$h_f=$	35 mm	Yläkannaksen pienin paksuus	
$V_{Rk}=$	9,11 kN	Lävistyskestävyys	

Rakennuskohde

Suunnittelija TPa

Laskentapohjan tekijä: Teemu Parkkila

Ontelolaattojen lävistyskestävyys

Perustuu SFS-EN 1168 + A2, SFS 1992-1-1

p32 ▼ Käytettävä ontelolaattatyyppi

5 ▼ Käytettävä punostus

$n_1 =$	2 kpl	Tehollisten keskiummien lkm
$n_2 =$	0 kpl	Tehollisten reunuumien lkm
$\sigma_{p0} =$	1000 N/mm ²	Punosten alkujännitys
$l_x =$	1500 mm	Tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys voimansiirtopituuden alkukohdasta (ontelolaatan päästä, reiän vierestä tms.)
$b_{w1} =$	55 mm	Uuman paksuus
$b_{w2} =$	39,5 mm	Reunauuman paksuus
$b_{eff} =$	110 mm	Uumien yhteenlaskettu tehollinen leveys
$A_c =$	0,180 m ²	Ontelolaatan pinta-ala
$A_p =$	465,00 mm ²	Punosten pinta-ala
$N_{ed} =$	465 kN	Normaalivoima
$\sigma_{cp} =$	2,58 N/mm ²	Esijännityksestä johtuva betonin puristusjännitys keskiakselilla
$f_{ctd1} =$	1,637 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo f_{ctd} :n laskentaan
$h =$	320 mm	Laatan korkeus
$f_{bpd} =$	2,18 N/mm ²	Ankkuroinnin tartuntalujuus murtorajatilassa
$\eta_1 =$	1	Kerroin hyvissä tartuntaolosuhteissa
$\eta_{p1} =$	3,2	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet jännityksen siirrossa
$\eta_{p2} =$	1,2	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon jänneteräksen tyyppi ja tartuntaolosuhteet ankkuroinnin kohdalla
$\alpha_1 =$	1,25	Kerroin, kun Jännevoima siirretään nopeasti
$\alpha_2 =$	0,19	Kerroin käytettäessä 7-lankaisia punoksia
$f_{ctd}(t) =$	0,98 N/mm ²	Vetolujuuden mitoitusarvo 3d:n iässä
$f_{ctm}(t) =$	2,10 N/mm ²	Vetolujuus ajanhetkellä 3d

α_{ct}	1	Kansallinen parametri	Liite 13
f_{bpt}	5,24 N/mm ²	Jännevoiman vakiosuuruinen tartuntajännitys	2 (2)
$\beta_{cc}(t)$	0,60	Betonin iästä riippuva kerroin (laskettu laukaisuhetkellä t=3d, sementtilaadulla CEM 32,5 R)	
ϕ	12,5 mm	Jännepunoksen halkaisija	
σ_{pm0}	970,68 N/mm ²	Jänneteräksen jännitys välittömästi jännevoiman siirron jälkeen	
$\sigma_{pm\infty}$	0 N/mm ²		
E_s	195000 N/mm ²	Jännepunoksen kimmomoduuli	
E_c	35220,46 N/mm ²	Betonin kimmomoduuli	
e_p	120 mm	Jännevoiman epäkeskisyys	
p	158,7 mm	Painopisteen etäisyys alareunasta	
W_y	15267700 mm ³	Laatan yläpinnan taivutusvastus	
σ_{p1}	868,76 N/mm ²		
σ_{p2}	1035,68 N/mm ²	Jännitys, jossa huomioitu leikkausvoiman aiheuttama teräsjännityksen lisäys	
f_{ctd2}	1,82 N/mm ²	Betonin vetolujuuden mitoitusarvo	
l_{pt}	549,96 mm	Siirtymäpituuden perusarvo	
l_{pt2}	659,95 mm	Siirtymäpituuden mitoitusarvo	
$\sigma_{pm\infty}$	768,85 N/mm ²	Jänteen jännitys kaikkien häviöiden jälkeen	
l_{bpd}	950,21 mm	Kokonaisankkurointipituus murtorajatilassa	
α	1		

Lävistyskapasiteetti	
V_{rd}	91,26 kN
V_{rk}	60,84 kN

Rakennuskohde

Suunnittelija TPa

Laskentapohjan tekijä: Teemu Parkkila

Ontelolaattojen pituussuuntaisen saumojen leikkauskestävyys

Perustuu SFS-EN 1168 + A2

Pintabetonin paksuus		0 mm	Jos eriste OL:n ja pintalaatan välillä => paksuus 0 mm
Pintabetonin betoniluokka	C25/30	▼	$\gamma_c = 1,5$ 2-luokka
Saumavalun betoniluokka	C20/25	▼	$\gamma_c = 1,5$ 2-luokka
Ontelolaattatyyppi	P20	▼	
Ontelolaatan betoniluokka	C40/50	▼	$\gamma_c = 1,4$ 1-luokka

$f_{ctd} =$	1,82 N/mm ²	Elementtien betonin vetolujuuden mitoitusarvo
$f_{ctdj} =$	1,03 N/mm ²	Saumojen betonin vetolujuuden mitoitusarvo
$f_{ctdt} =$	1,20 N/mm ²	Pintabetonin vetolujuuden mitoitusarvo
$\Sigma_{ht} =$	45,00 mm	Ylä- ja alakannaksien pienimpien paksuuksien sekä pintabetonin skaalatun paksuuden summa
$h_j =$	170 mm	Sauman nettokorkeus
$h_t =$	0 mm	Pintabetonin paksuus
$h'_t =$	0,00 mm	Pintabetonin skaalattu paksuus

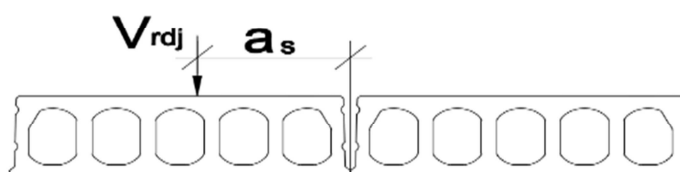
Kannaksen kestävyys:

$V'_{Rdj} = 20,47$ N/mm

Sauman kestävyys:

$V''_{Rdj} = 26,30$ N/mm

Siis, $V_{Rdj} = 20,47$ N/mm



$a_s =$ 0 mm Kuorman ja sauman keskipisteiden välinen etäisyys

$a =$ 1000 mm Sauman suuntaisen voiman pituus

Leikkauskestävyys

$V_{Rdj} = 23,95$ kN

Kyseinen arvo siis sauman kestävyys murtorajatilassa!

Ontelolaattojen pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyys

Liite 15

Perustuu SFS-EN 1168 + A2

Teemu Parkkila

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m					
Ei pintavalua		Ontelolaatan betoniluokka C40/50			
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	23,95	23,95	23,95	23,95	23,95
O27	38,7	44,91	44,94	44,94	44,94
O32	41,07	41,07	41,07	41,07	41,07
O37	60,75	67,04	67,04	67,04	67,04
O40	49,85	49,85	49,85	49,85	49,85
O50	60,18	60,18	60,18	60,18	60,18

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m					
Ei pintavalua		Ontelolaatan betoniluokka C50/60			
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	26,52	27,79	27,79	27,79	27,79
O27	38,7	44,91	52,11	52,15	52,15
O32	47,66	47,66	47,66	47,66	47,66
O37	60,75	70,49	77,8	77,8	77,8
O40	57,85	57,85	57,85	57,85	57,85
O50	69,83	69,83	69,83	69,83	69,83

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m					
Ei pintavalua		Ontelolaatan betoniluokka C60/75			
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	26,52	30,78	31,38	31,38	31,38
O27	38,7	44,91	52,11	56,2	58,84
O32	49,88	53,82	53,82	53,82	53,82
O37	60,75	70,49	81,8	87,85	87,85
O40	65,32	65,32	65,32	65,32	65,32
O50	78,85	78,85	78,85	78,85	78,85

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C16/20 paksuus 40 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	33,88	35,52	35,52	35,52	35,52
O27	46,75	53,15	57,73	57,73	57,73
O32	54,17	54,17	54,17	54,17	54,17
O37	69,92	79,96	81,31	81,31	81,31
O40	63,84	63,84	63,84	63,84	63,84
O50	75,24	75,24	75,24	75,24	75,24

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C20/25 paksuus 40 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	34,92	37,25	37,25	37,25	37,25
O27	47,84	54,25	59,55	59,55	59,55
O32	56,07	56,07	56,07	56,07	56,07
O37	71,1	81,14	83,28	83,28	83,28
O40	65,85	65,85	65,85	65,85	65,85
O50	77,39	77,39	77,39	77,39	77,39

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C25/30 paksuus 40 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	36,12	39,25	39,25	39,25	39,25
O27	49,11	55,52	61,66	61,66	61,66
O32	58,27	58,27	58,27	58,27	58,27
O37	72,47	82,51	85,56	85,56	85,56
O40	68,18	68,18	68,18	68,18	68,18
O50	79,89	79,89	79,89	79,89	79,89

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C28/35 paksuus 40 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	36,8	40,39	40,39	40,39	40,39
O27	49,83	56,24	62,85	62,85	62,85
O32	59,52	59,52	59,32	59,32	59,32
O37	73,25	83,29	86,86	86,86	86,86
O40	69,51	69,51	69,51	69,51	69,51
O50	81,31	81,31	81,31	81,31	81,31

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C30/37 paksuus 40 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	37,24	41,12	41,12	41,12	41,12
O27	50,29	56,7	63,63	63,63	63,63
O32	60,32	60,32	60,32	60,32	60,32
O37	73,76	83,79	87,7	87,7	87,7
O40	70,37	70,37	70,37	70,37	70,37
O50	82,22	82,22	82,22	82,22	82,22

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C16/20 paksuus 60 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	37,72	41,58	41,58	41,58	41,58
O27	50,94	57,45	64,39	64,39	64,39
O32	60,98	60,98	60,98	60,98	60,98
O37	74,67	84,85	88,71	88,71	88,71
O40	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1
O50	83,03	83,03	83,03	83,03	83,03

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C20/25 paksuus 60 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	39,3	43,77	44,21	44,21	44,21
O27	52,6	59,11	66,66	67,16	67,16
O32	63,87	63,87	63,87	63,87	63,87
O37	76,47	86,65	91,71	91,71	91,71
O40	74,16	74,16	74,16	74,16	74,16
O50	86,31	86,31	86,31	86,31	86,31

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C25/30 paksuus 60 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	41,13	45,6	47,26	47,26	47,26
O27	54,53	61,04	68,59	70,37	70,37
O32	66,75	67,22	67,22	67,22	67,22
O37	78,55	88,73	95,18	95,18	95,18
O40	77,71	77,71	77,71	77,71	77,71
O50	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C28/35 paksuus 60 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	42,17	46,64	48,99	48,99	48,99
O27	55,62	62,13	69,69	72,2	72,2
O32	69,12	69,12	69,12	69,12	69,12
O37	79,74	89,92	97,16	97,16	97,16
O40	79,72	79,72	79,72	79,72	79,72
O50	92,26	92,26	92,26	92,26	92,26

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C30/37 paksuus 60 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	42,84	47,32	50,11	50,11	50,11
O27	56,33	62,84	70,39	73,38	73,38
O32	68,63	70,35	70,35	70,35	70,35
O37	80,5	90,68	98,43	98,43	98,43
O40	81,03	81,03	81,03	81,03	81,03
O50	93,65	93,65	93,65	93,65	93,65

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C16/20 paksuus 80 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	41,67	46,21	47,81	47,81	47,81
O27	55,23	61,84	69,51	71,23	71,23
O32	67,59	67,98	67,98	67,98	67,98
O37	79,52	89,85	96,29	96,29	96,29
O40	78,54	78,54	78,54	78,54	78,54
O50	91,01	91,01	91,01	91,01	91,01

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C20/25 paksuus 80 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	43,81	48,35	51,37	51,37	51,37
O27	57,48	64,09	71,76	74,98	74,98
O32	69,93	71,88	71,88	71,88	71,88
O37	81,95	92,28	100,34	100,34	100,34
O40	82,68	82,68	82,68	82,68	82,68
O50	95,43	95,43	95,43	95,43	95,43

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C25/30 paksuus 80 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	46,29	50,83	55,51	55,51	55,51
O27	60,09	66,7	74,37	78,73	79,33
O32	72,66	76,42	76,42	76,42	76,42
O37	84,77	95,1	105,04	105,04	105,04
O40	87,47	87,47	87,47	87,47	87,47
O50	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C28/35 paksuus 80 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	47,7	52,24	57,52	57,86	57,86
O27	61,58	68,19	75,86	80,21	81,8
O32	74,2	78,99	78,99	78,99	78,99
O37	86,37	96,7	107,71	107,71	107,71
O40	90,2	90,2	90,2	90,2	90,2
O50	103,47	103,47	103,47	103,47	103,47

Sauman leikkauskapasiteetti kN/m				Ontelolaatan betoniluokka C40/50	
Pintavalu C30/37 paksuus 80 mm					
Laattatyyppi	Saumavalu C16/20	Saumavalu C20/25	Saumavalu C25/30	Saumavalu C28/35	Saumavalu C30/37
O20	48,61	53,16	58,43	59,38	59,38
O27	62,54	69,14	76,81	81,17	83,4
O32	75,2	80,66	80,66	80,66	80,66
O37	87,41	97,74	109,43	109,43	109,43
O40	91,96	91,96	91,96	91,96	91,96
O50	105,35	105,35	105,35	105,35	105,35

Ontelolaattojen pistekuormakestävyys

Liite 16

1 (2)

Perustuu SFS-EN 1168 + A2, SFS-EN 1992-1-1 + AC

Alla olevissa taulukoissa on otettu huomioon ontelolaatan lävistyskestävyys, pistekuormakestävyys sekä ontelolaattojen saumojen sekä saumojen vieressä olevien kannasten kestävyys, kun jänteet ovat saavuttaneet kokonaisankkurointipituuden murtorajatilassa.

Muissa tapauksissa (reiän vieressä, lähellä laatan päätä tai lähempänä laatan saumaa) kapasiteetti on tutkittava erikseen

Laatan P18 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C40/50		Punosjännitys 1000 N/mm ²
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
4X	8,36	18,26	23,11
6X	9,36	20,44	23,11
8X	10,36	21,61	23,11
6	11,72	21,61	23,11
8	13,5	21,61	23,11

Laatan P20 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C40/50		Punosjännitys 1000 N/mm ²
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
4X	10,17	20,63	24,81
5X	10,74	21,77	24,81
7X	11,87	23,44	24,81
5	12,97	23,44	24,81
7	14,99	23,44	24,81

Laatan P27 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C40/50		Punosjännitys 1000 N/mm ²
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
4X	14,63	30,6	45,68
6X	15,83	33,12	45,68
8X	17,04	35,65	45,68
6	18,68	39,09	45,68
8	20,84	43,25	45,68
10	23,01	43,25	45,68

Laatan P32 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C40/50		Punosjännitys 1000 N/mm ²
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
5X	18,97	39,01	41,14
7X	20,43	39,01	41,14
5	21,85	39,01	41,14
7	24,45	39,01	41,14
9	27,06	39,01	41,14
11	29,67	39,01	41,14

Laatan P37 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C40/50	Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
6X	25,76	55,37	66,31
8X	27,32	58,71	66,31
6	29,45	62,98	66,31
8	32,23	62,98	66,31
10	35,02	62,98	66,31
12	37,8	62,98	66,31

Laatan P40 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C50/60	Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
5	35,54	53,99	56,81
7	39,28	53,99	56,81
9	43,02	53,99	56,81
11	49,35	53,99	56,81
13	53,3	53,99	56,81
15	53,99	53,99	56,81

Laatan P40R Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C50/60	Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
6	33,9	52,64	55,39
8	37,11	52,64	55,39
10	40,33	52,64	55,39
12	43,54	52,64	55,39
14	46,75	52,64	55,39
16	49,97	52,64	55,39

Laatan P50 Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C60/75	Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
5	50,47	72,17	75,74
7	54,89	72,17	75,74
9	59,32	72,17	75,74
11	63,74	72,17	75,74
13	68,16	72,17	75,74
15	72,17	72,17	75,74

Laatan P50R Pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintavalua	Ontelolaatta C60/75	Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Punostus	1 Tehollinen uuma	2 Tehollista uumaa	3 Tehollista uumaa
8	44,77	84,19	88,37
10	48,08	84,19	88,37
12	51,39	84,19	88,37
14	54,7	84,19	88,37
16	58,01	84,19	88,37
18	61,32	84,19	88,37

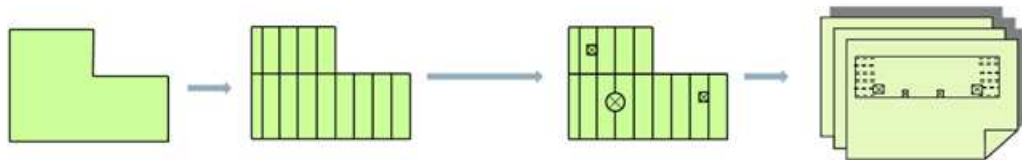
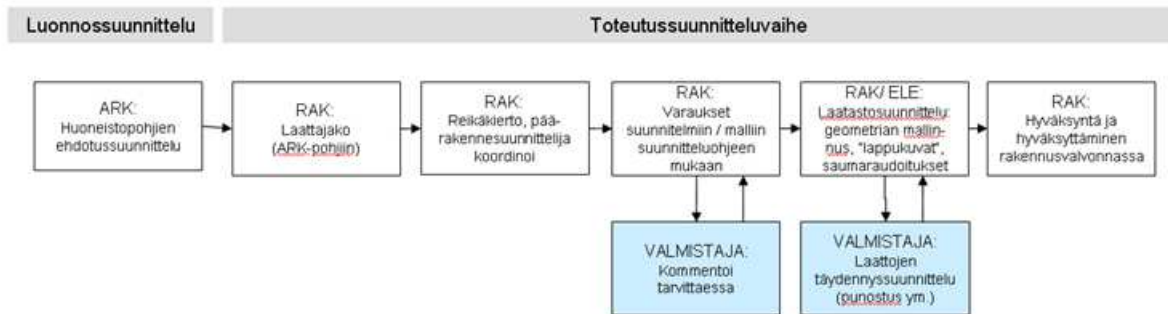
Ontelolaataston suunnitteluohje



1. Ontelolaataston suunnittelun prosessi	3
1.1 Punossuunnittelun tarvitsemat lähtötiedot	4
2. Laattojen rei'itys	5
2.1 Kaikkia ontelolaattoja koskevat ohjeet	6
2.2 Nostokannakset	7
2.3 4-onteloiset ontelolaatat	8
2.4 5-onteloiset ontelolaatat	12
2.5 6-onteloiset ontelolaatat	15
2.6 Ontelolaatat pilarilinjoilla	18
3. Laattojen kavennukset	19
3.1 4-onteloiset ontelolaatat	19
3.2 5-onteloiset ontelolaatat	20
3.3 6-onteloiset ontelolaatat	21
4. Vakiovaraukset	23
4.1 Viemäröintiura	23
4.2 Sähköputkivaraus	23
4.3 S-Pistekolot	24
4.4 Pasi-lenkit	25
5. Erikoiselementit	26
5.1 Vinopäät:	26
5.2 Erittäin pienet laatat:	26
5.3 Yläpunoslaatat:	26
6. Hormien sijoittelu ontelolaatastossa	27
6.1 Hormi laatan keskellä	27
6.2 Hormi laatan reunassa tai saumassa	28
6.3 Hormi betoniseinän vieressä	29
6.4 Hormi seinälinjalla	30
6.5 Reikämitoitusohje betonielementtihormeille	31
7. Esimerkkilaatat	33
8. Ulokeparvekkeet esivalmistetuilla teräsosilla	39
9. Parvekesarana	40
10. Palolaatat ja eristetyt ontelolaatat	41
10.1 Palolaatat	41
10.2 Eristetyt ontelolaatat	41
11. Ontelolaatan pistekuormakestävyys	42
12. Ontelolaataston pituussuuntainen viivakuormakestävyys	42
13. Märkätila-alueet	44
13.1 Kylpyhuonesyvennys ontelolaatan reunassa	46
14. Tukipinnat	47
14.1 Ontelolaatat kantavan betoniseinän varaan	47
14.2 Ontelolaatat betonisten leukapalkkien varaan	48
14.3 Ontelolaatat betonisen suorakaidepalkin varaan	48
14.4 Ontelolaatat HQ-palkkien varaan	49
14.5 Ontelolaatat teräs-betoniliittopalkkien varaan	49
14.6 Ontelolaatat kevytsoraharkkoseinien varaan	50
15. Ontelolaattakannakkeen käyttö	51
16. Ontelolaatat taipuisalla tuella	54
17. Raskaasti kuormitettu ontelolaatta – seinäliitos	56
18. Ontelolaattojen saumaterästen mitoittaminen onnettomuuskuormille	57
19. Kolmelta reunalta tuettujen elementtien kuormituskestävyys	58
20. Nostoelimet ja niiden käyttö	59
21. Laatan pään kavennukset	60

1. Ontelolaataston suunnittelun prosessi

Ontelolaataston suunnittelun prosessi



1 Arkkitehtisuunnittelu

- Arkkitehdin on huomioitava laattojen kantosuunnat sekä hormien sijoitus ja niiden suunnat. Lisäksi on otettava huomioon, ettei vessanpöntön etäisyys elementtihormista ole liian suuri.

2 Laattajako

- Laattajakoa suunniteltaessa on huomioitava hormit ja seinälinjojen muutokset, sekä muut laattoihin vaikuttavat asiat. Laataston reunalla on tarvittaessa käytettävä kavennettua laattaa, jonka avulla esim. hormin reikä sijoitetaan laatastoon rei'itysohjeen mukaiseksi.

3 Reikäkierto

- Talotekniikkasuunnittelijoiden on huomioitava reikien sijoittelussa ontelolaattojen rei'itysohje.

4 Rakennesuunnittelu

- Rakennesuunnittelijan tehtävä on valvoa, että rei'itykset ovat suunnitteluohjeiden mukaiset ja toteuttamiskelpoisia. Hän voi tarvittaessa pyytää laattavalmistajilta kommentteja koskien laattajakoa tai rei'itystä.

5 Rakenne-/elementtisuunnittelu

- Laattojen tyypitys projektikohtaisesti. Kaikki samanlaiset elementit samalla tunnuksella projektikohtaisesti. Ontelolaattavalmistaja mitoittaa elementit ja palauttaa täydennetyt suunnitelmat hyväksyntää varten.

6 Rakennesuunnittelija

- Rakennesuunnittelija tarkistaa kokonaisuuden, hyväksyy suunnitelmat rakennusvalvonnassa ja toimittaa tarvittavat suunnitelmat työmaalle.

1.1 Punossuunnittelun tarvitsemat lähtötiedot

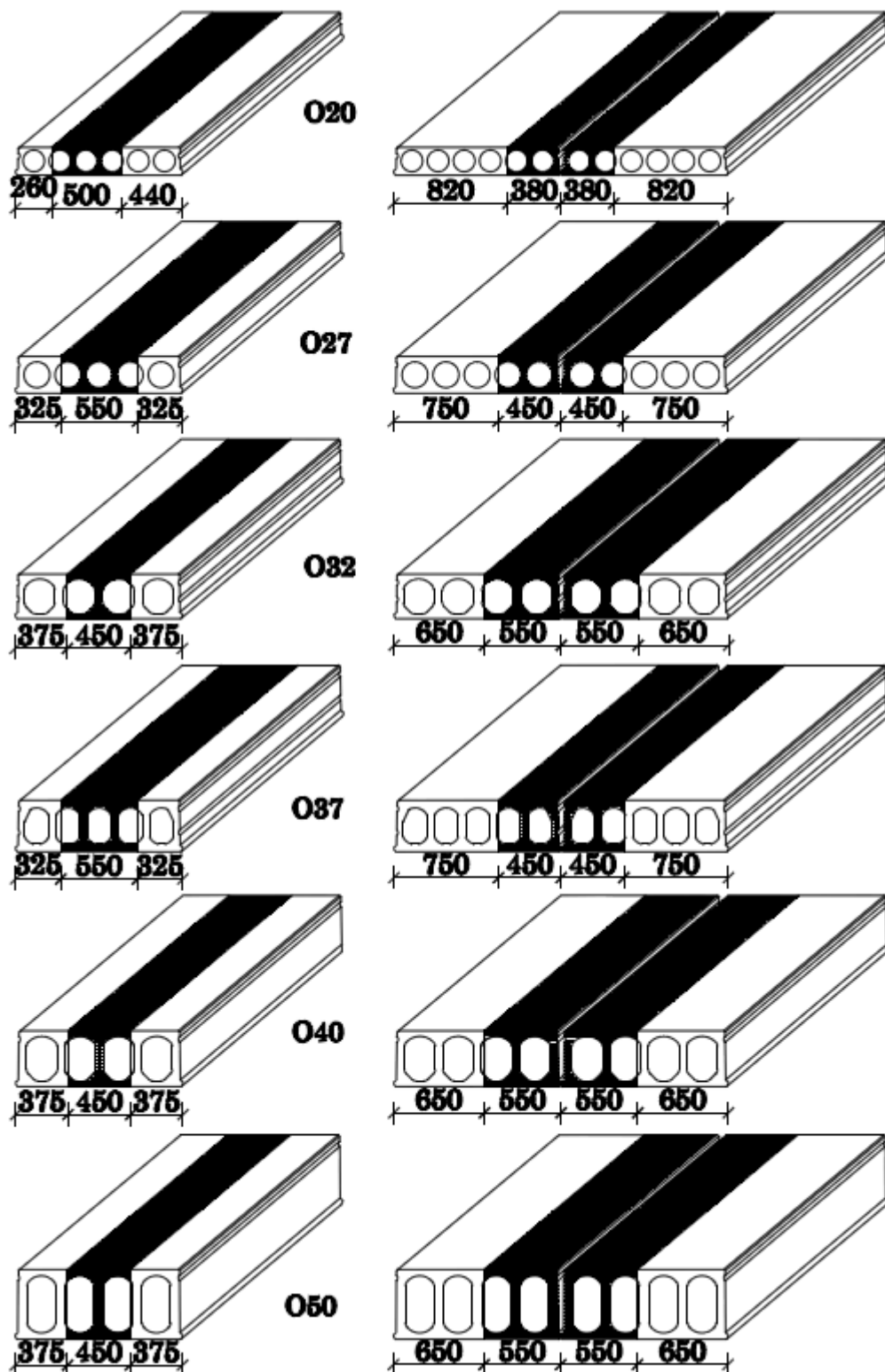
Punossuunnittelijalle toimitettavaan tasopiirustukseen on esitettävä vähintään seuraavat asiat:

- Laattojen tukipituus
- Laattojen tunnuks
- Reiät ja varaukset sekä niiden paikat
- Eurokoodin mukainen kuormaluokka
- Eurokoodin mukainen seuraamusluokka
- Kaikki laattoihin kohdistuvat kuormatiedot (Hormit, kylpyhuone-elementit, väliseinät yms.) Pysyvät- ja hyötykuormat eurokoodin mukaisesti.
- Laataston palonkestovaatimus (Tulee olla merkittynä tasoon sekä lappukuviin)
- Laataston rasitusluokka
- Suunnittelukäyttöikä

Jos ontelolaattoja tuetaan taipuisalle tuelle, on punossuunnittelijalla oltava käytössään:

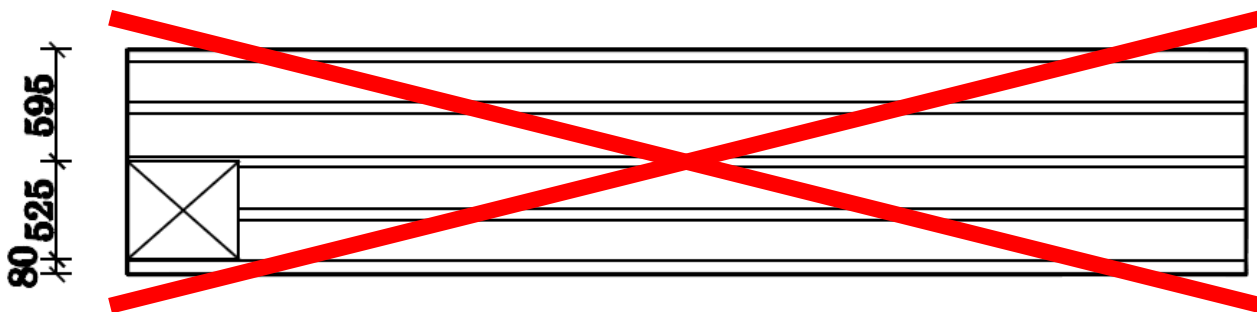
- Tasopiirustukseen merkittynä palkkityyppi sekä palkkien tunnuks siltä määrin kuin mahdollista
- Palkkien mitoitus tiedot niiltä osin kuin mahdollista. (Teräspalkeista myös levypaksuudet)
- Rakennetyypit alueilta, joissa ontelolaatat tuetaan taipuisalle tuelle.
- Jos palkkikaistalle on etukäteen mietitty raudoitusverkkoa, on ilmoitettava sen suuruus.

2. Laattojen rei'itys

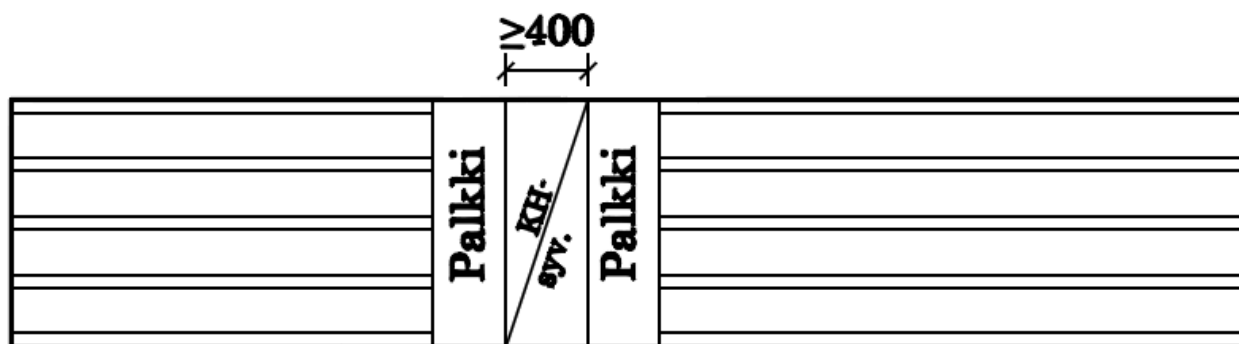


Yllä olevassa kuvassa on esitetty eri ontelolaattatyypeille mahdolliset rei'itysalueet rasteroinnilla. Tarkat ontelolaattamitat voivat vaihdella hiukan valmistajakohtaisesti ja tarkat mitat on katsottava valmistajan omista ohjeista.

2.1 Kaikkia ontelolaattoja koskevat ohjeet

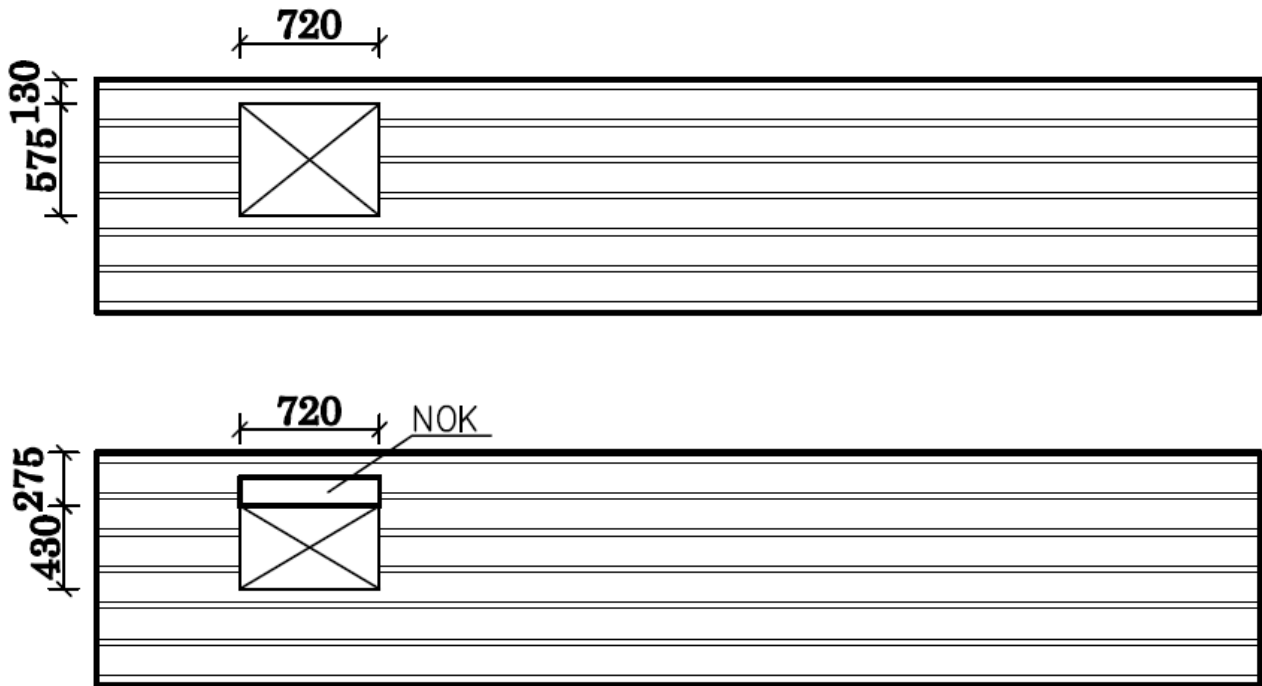


Yllä olevan kuvan mukainen laatan rei'itys on kielletty. Pelkän reunauman laatan nurkassa ei katsota tulevan ollenkaan tuelle.



Ontelolaattoihin poikkisuuntaisten syvennysten teko on ehdottomasti kielletty. Tämä aiheuttaa ontelolaatassa sen puristuspinnan täydellisen menetyksen. Laatan poikkisuuntaisia syvennyksiä saa tehdä vain olettaen syvennys reiäksi ja näin ollen noudattamalla tämän rei'itysohjeen mukaisia raja-arvoja. Jos laattaan on kuitenkin tarve tehdä poikkisuuntainen syvennys koko laatan matkalle, laatasta joudutaan tekemään kylpyhuonelaatta (kylpyhuonesyvennyksiä voidaan tehdä vain tiettyihin laattatyyppeihin, valmistajasta riippuen), jossa syvennyksen molemmille puolille tulee tehdä palkkikaistat tehtaalla. Syvennyksen minimipituus on 400 mm ja syvyys sama kuin kyseisen laattatyypin kylpyhuonesyvennyksen syvyys.

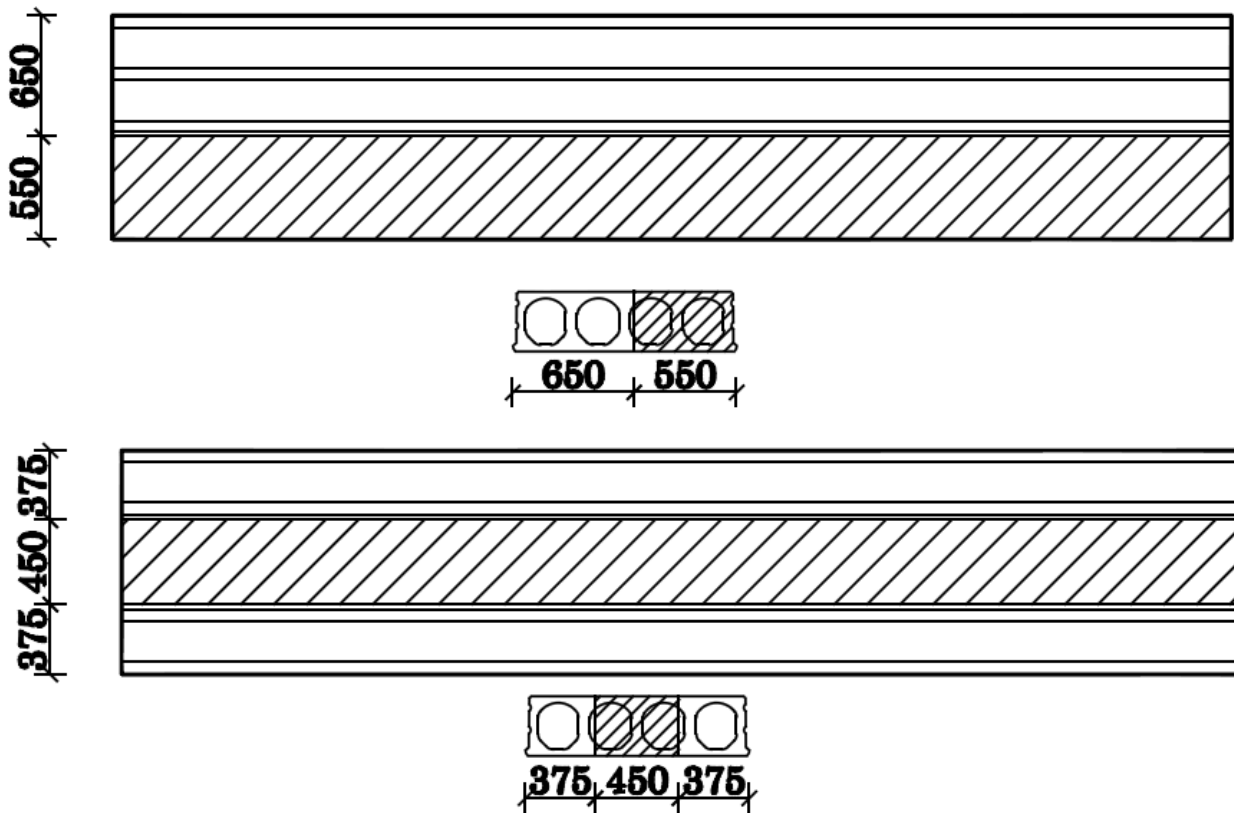
2.2 Nostokannakset



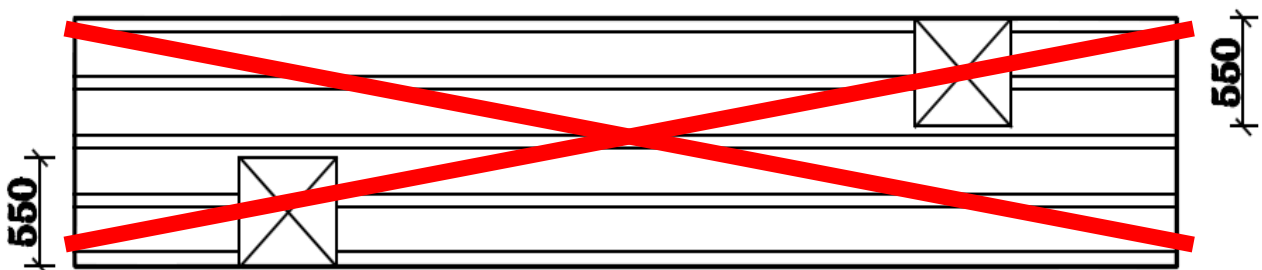
Mikäli suunniteltu laatan lopputilanteen rei'itys on rei'itysohjeen vastainen tai jos turvallinen nosto vaatii, siihen voidaan jättää nostokannas. Nostokannas on laatan osa, joka voidaan poistaa työmaalla, työmaan omalla kustannuksella saumavalujen kovettumisen jälkeen. Nostokannaksia tulee välttää, koska ne hidastavat työmaata ja aiheuttavat lisäkustannuksia. On myös tilanteita, joissa nostokannaksia ei voida jättää, esimerkiksi elementtikylpyhuoneet, jatkuvien pilareiden kohdat, jäykistävät hissikuilut yms. Tällöin ainoa keino on muuttaa joko rei'itystä tai laattajakoa.

Tasopiirustukseen laattoihin merkitään nostokannakset merkinnällä NOK kyseisiin kohtiin.

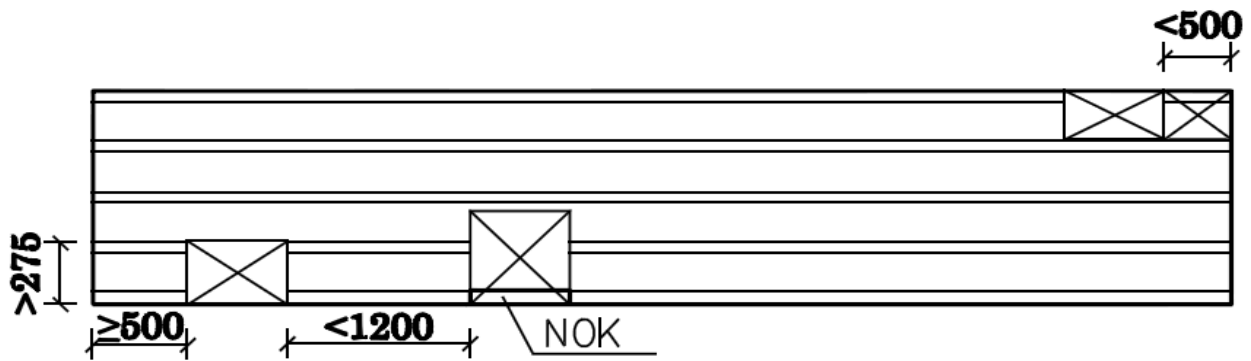
2.3 4-onteloiset ontelolaatat



Yllä olevaan kuvaan on merkitty sallitut rei'itysleveydet nelionteloisille ontelolaatoille. Laatan reunaan saa tehdä maksimissaan 550 mm leveän reiän ja laatan keskelle 450 mm leveän reiän.

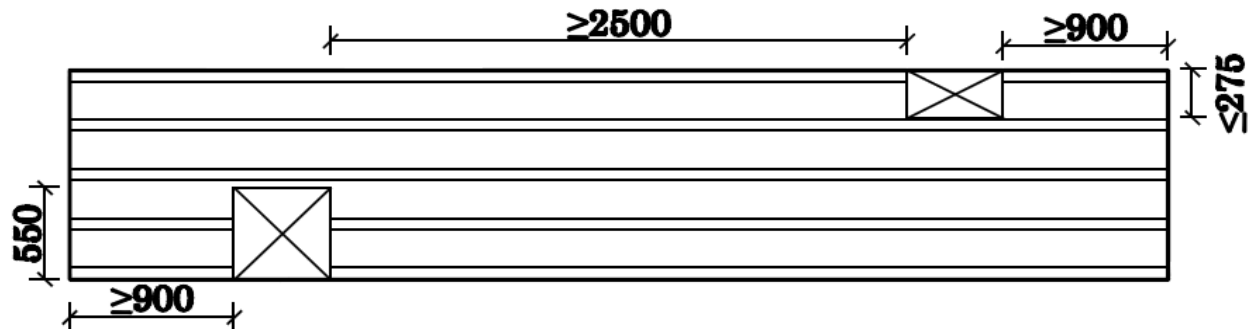


Yllä olevan kuvan mukainen laatan rei'itys on kielletty. Nelionteloisessa täysleveysä ontelolaatassa on kuljettava vähintään kaksi ehjää uumaa laatan päästä päähän.



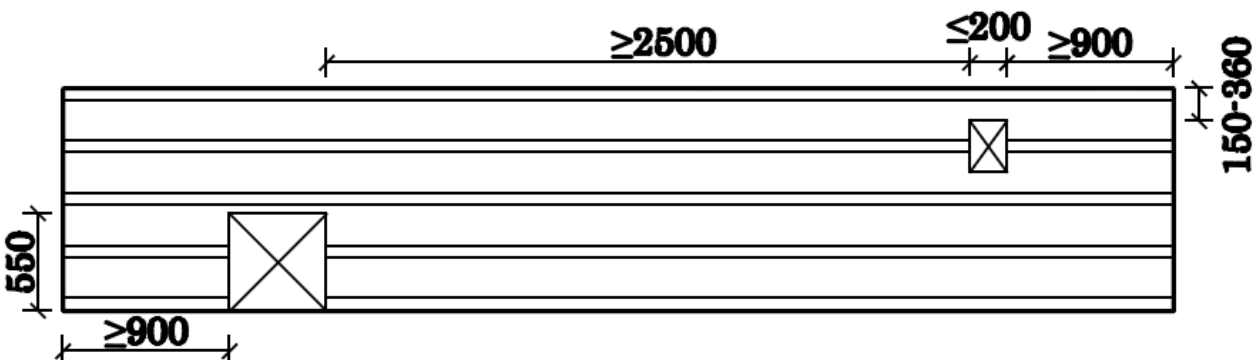
Tällaisissa tapauksissa, joissa reiän jälkeen nelionteloisessa laatasta jää alle 500 mm pitkä laatan osa päähän, joudutaan se tehtaalla turvallisuussyistä poistamaan ja kyseinen kohta valetaan työmaalla paikallavaluna. Tällaiset laatat täytyy ehdottomasti nostaa reiän takaa. Mikäli reikä on pitkä ja normaali saksinosto ei onnistu, määrittää punossuunnittelija nostoelinten paikat nostoa varten tai suunnittelee vanneteräket varmistaakseen laatan turvallisen noston.

Jos laatan reunassa kahden reiän etäisyys on alle 1200 mm ja toinen reikä katkaisee kaksi uumaa, on jännevoiman hallitsemiseksi jätettävä reunauuma nostokannakseksi toisesta reiästä.

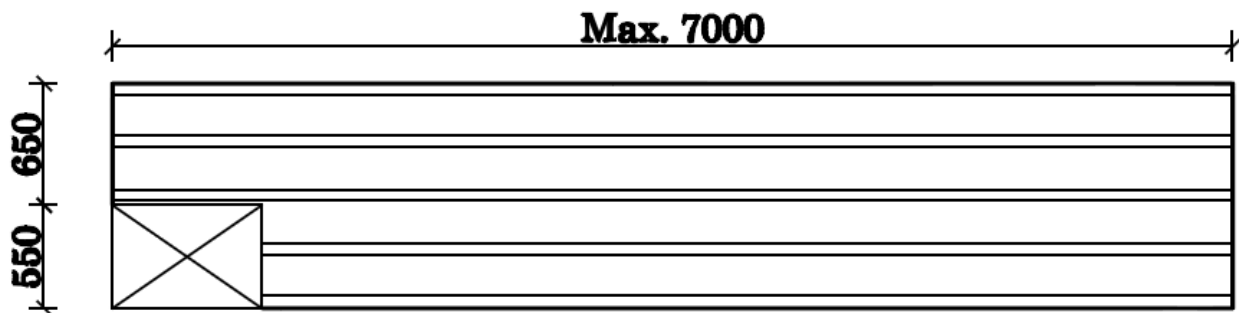


Kun nelionteloiseen laattaan on suunniteltu kolme uumaa katkaiseva rei'itys, reiät eivät saa olla laatan suunnassa samassa poikkileikkauksessa. Isojen reikien kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että reikien välisen etäisyyden tulee olla vähintään kaksi kertaa kokonaisankkurointipituuden mitoitusarvo murtorajatilassa, eli 2500 mm.

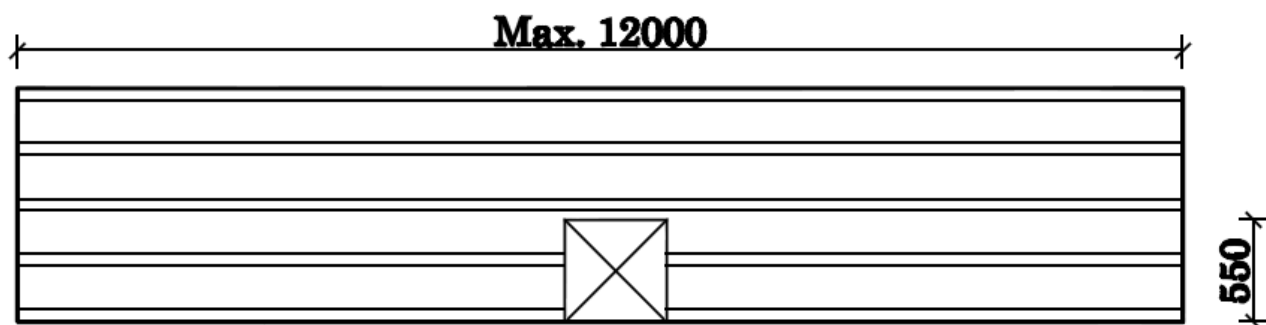
Laatan päähän tulee nelionteloisilla laatoilla jäädä 900 mm tai enemmän ehjää laattaa saksinostoa varten, muuten laatta tulee nostaa käyttämällä nostoelimiä.



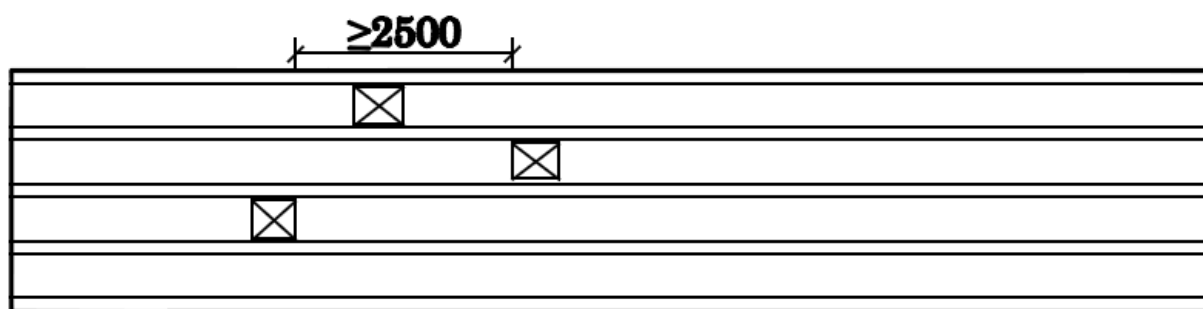
Kun laatasta on kolme uumaa katkaiseva rei'itys ja toinen reikä ei ole laatan reunassa niin, että reunauuma jää ehjäksi, tulee reiän pituutta nelionteloisissa laatoissa rajoittaa. Enintään 200 mm pitkä reikä laatasta on sallittu, jos reiän etäisyys reunasta on välillä 150–360 mm. Pidemmillä rei'illä reunauuma ei enää toimi, ja tällöin laatasta kulkee vain yksi ehjä uuma laatan päästä päähän.



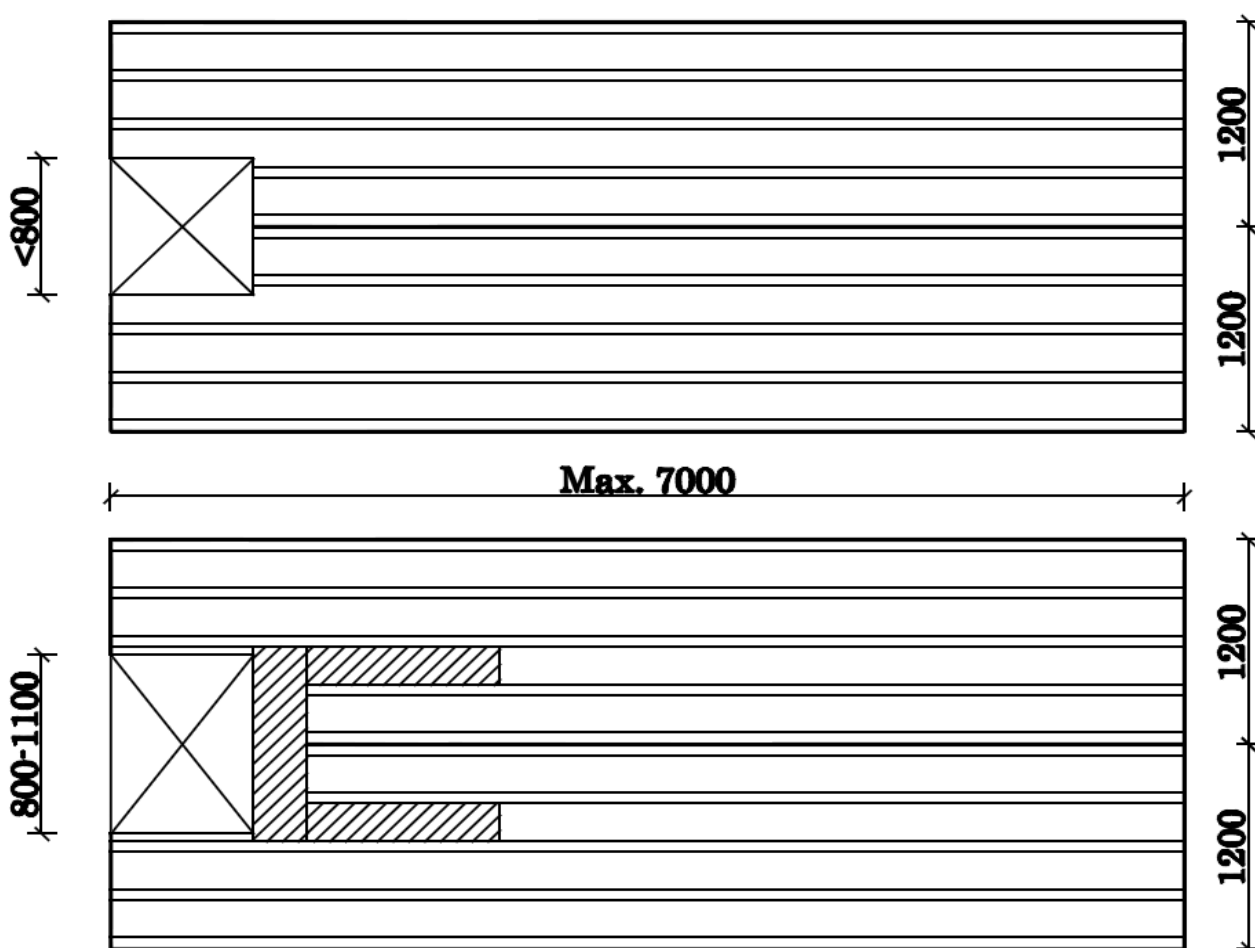
Kun laatan päähän tehdään kaksi uumaa vievä reikä, laatan pituutta tulee rajoittaa. Pisin laatta, jossa näin iso reikä voidaan sallia tehtäväksi, on 7000 mm. Pidemmissä laatoissa on **ehdottomasti käytettävä asennuksen aikaista tuentaa**, jolla estetään laatan kiertymä tuella.



Kun laatan reunaan tehdään kaksi uumaa katkaiseva reikä, tulee laatan maksimipituus rajoittaa 12 metriin nelionteloisilla laatoilla.

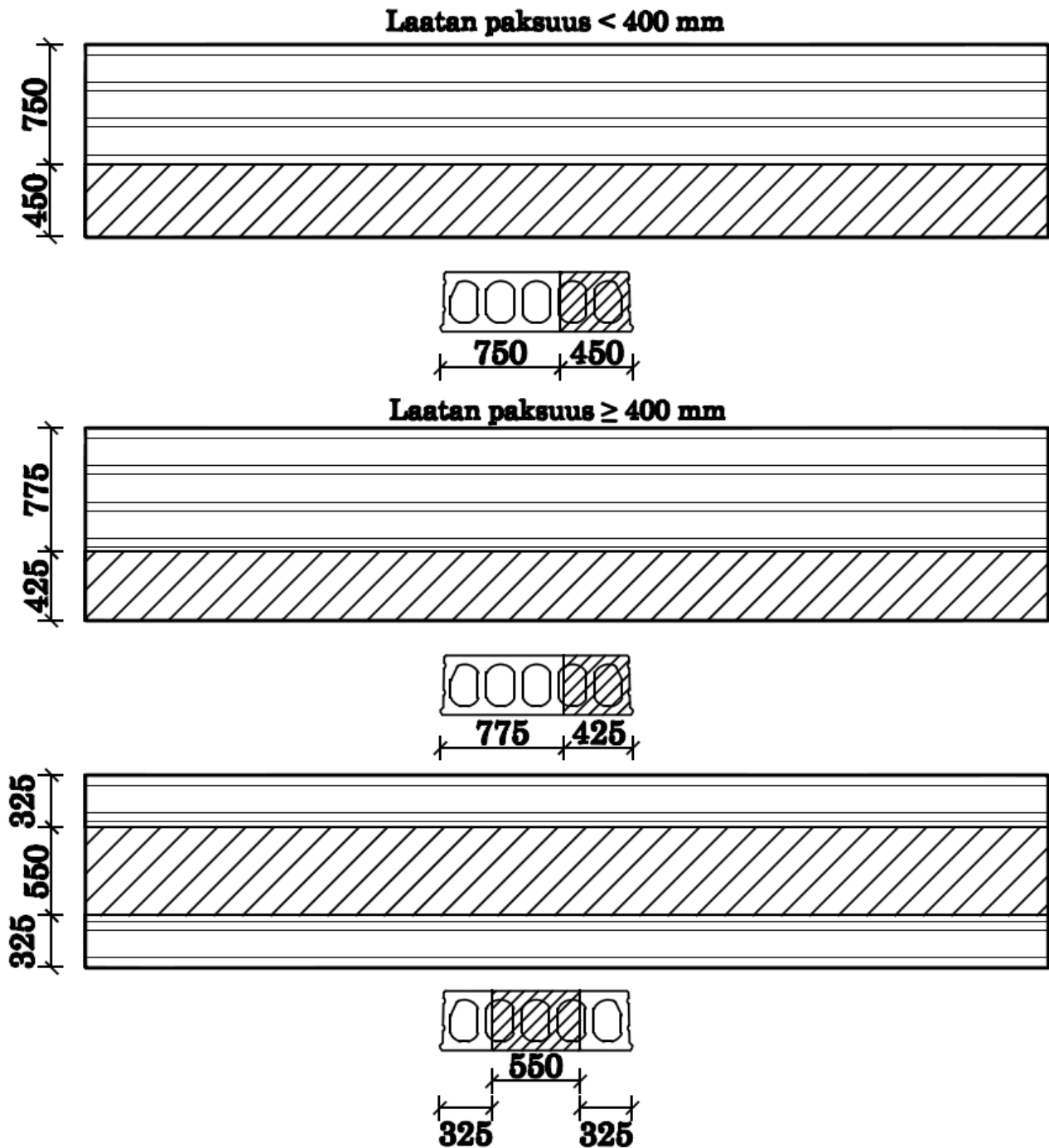


Pieniä reikiä saa nelionteloisissa laatoissa sijoittaa vapaasti kaksi kappaletta samaan poikkileikkaukseen. Pieneksi reiäksi lasketaan reiät, jotka ovat maksimissaan ontelon levyisiä ja ontelon kohdalla sijaitsevia reikiä. Tämä tarkoittaa sitä, että kolmen reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys tulee olla vähintään 2500 mm, yllä olevan kuvan mukaisesti. Reiät, jotka katkaisevat laatasta uumia, vaikuttavat aina laatan kapasitettiin. Jos työmaalla katkaistaan uumia, tulee aina ottaa yhteyttä kohteen punossuunnittelijaan.

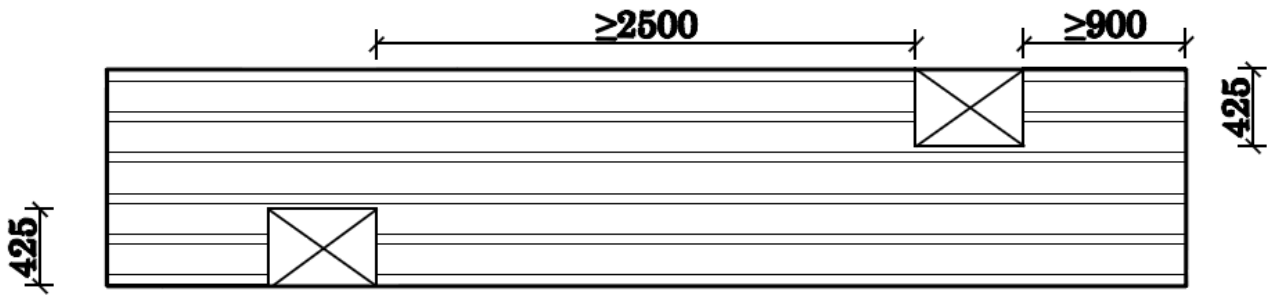


Kun kahden nelionteloisen laatan väliseen saumaan tulee yli 800 mm leveä reikä, tulee laattojen pituus rajoittaa 7 metriin. Muutoin on käytettävä asennuksen aikaista tuentaa reiän kohdalla. Tällöin on myös käytettävä laataston kokonaisjäykistyksen kannalta olennaista paikallavalupalkkia tai teräksistä ontelolaattakannaketta. Paikallavalupalkin harjateräkset ankkuroidaan onteloiden suuntaisiin onteloiden umpeenvaluihin. Laattojen välisiin saumoihin tehtävien reikien maksimileveys on nelionteloisilla laatoilla 1050 mm.

2.4 5-onteloiset ontelolaatat

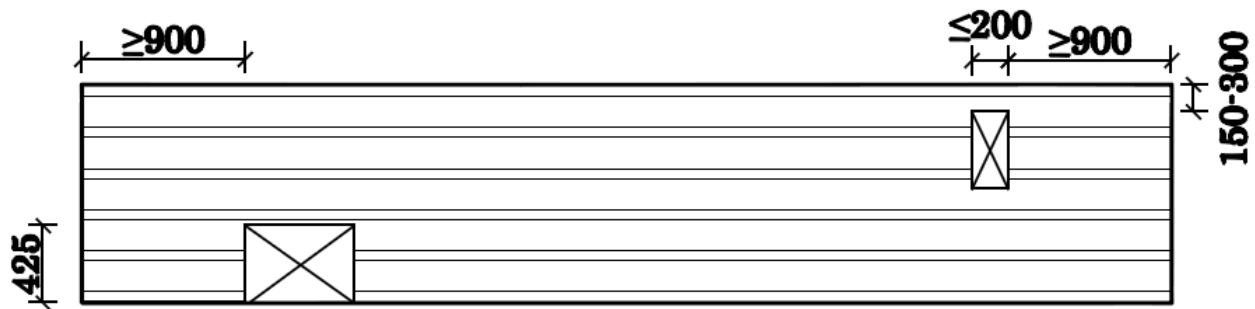


Yllä olevaan kuvaan on merkitty sallitut rei'itysleveydet viisionteloisille ontelolaatoille. Laatan reunaan saa tehdä maksimissaan 425 mm leveän reiän kun laatan paksuus on yli 400 mm ja 450 mm leveän reiän laatan paksuuden ollessa alle 400 mm. Laatan keskelle saa 550 mm leveän reiän siten, että reiän molemmilla puolilla kulkee kaksi uumaa.

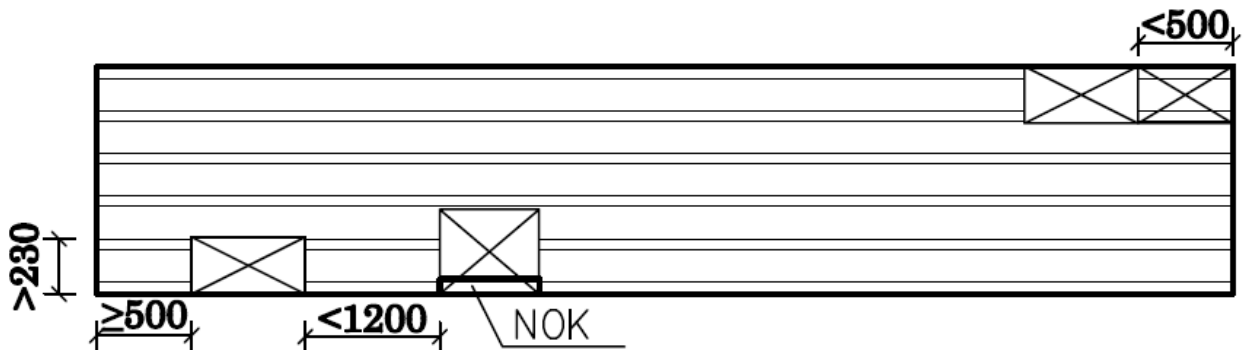


Viisienteloisessa ontelolaatassa täytyy kulkea vähintään kaksi uumaa ehjänä laatan päästä päähän. Kun laattaan on suunniteltu neljä uumaa katkaiseva rei'itys, on varmistettava, että reiät ovat laatan pituussuunnassa eri poikkileikkauksessa. Isojen reikien kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että reikien välisen etäisyyden tulee olla vähintään kaksi kertaa kokonaisankkurointipituuden mitoitussarvo murtorajatilassa, eli 2500 mm.

Laatan päähän tulee viisienteloisilla laatoilla jäädä 900 mm tai enemmän ehjää laattaa saksinostoa varten, muuten laatta tulee nostaa nostoelimillä.

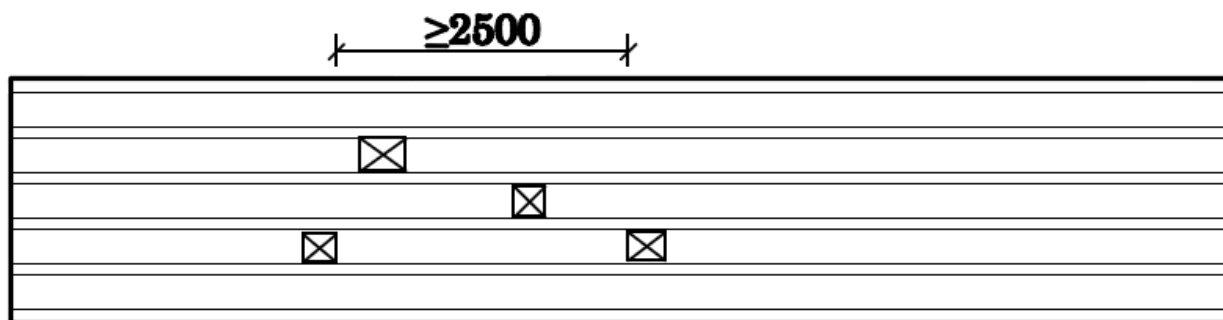


Kun laatussa on neljä uumaa katkaiseva rei'itys ja toinen reikä ei ole laatan reunassa niin, että reunauuma jää ehjäksi, tulee reiän pituutta viisienteloisissa laatoissa rajoittaa. Enintään 200 mm pitkä reikä on sallittu, jos reiän etäisyys reunasta on välillä 150–300 mm. Pidemmillä rei'illä reunauuma ei enää toimi, ja tällöin laatussa kulkee vain yksi ehjä uuma laatan päästä päähän.

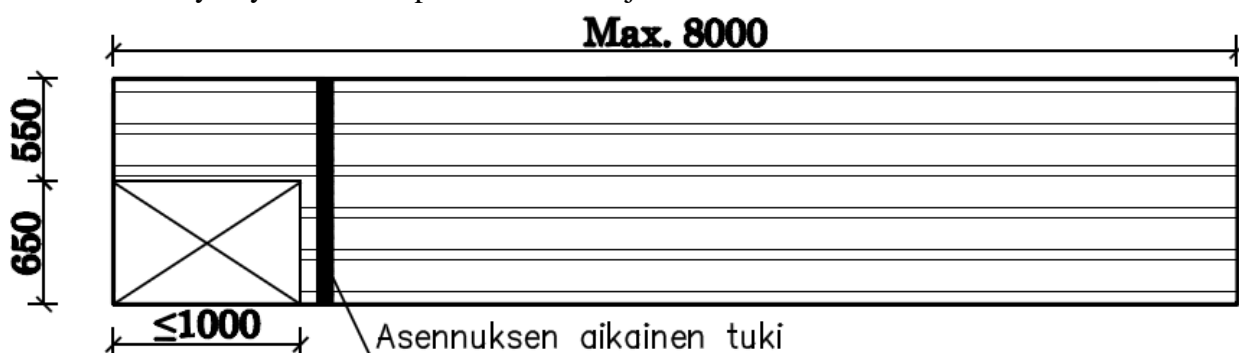


Tapauksissa, joissa reiän jälkeen viisienteloisessa laatussa jää alle 500 mm pitkä laatan osa päähän, joudutaan se tehtaalla turvallisuussyistä poistamaan ja kyseinen kohta valetaan työmaalla paikallavaluna. Tällaiset laatat täytyy ehdottomasti nostaa reiän takaa. Mikäli reikä on pitkä ja normaali saksinosto ei onnistu, määrittää punossuunnittelija nostoelinten paikat nostoa varten tai suunnittelee vanneteräket varmistaakseen laatan turvallisen noston.

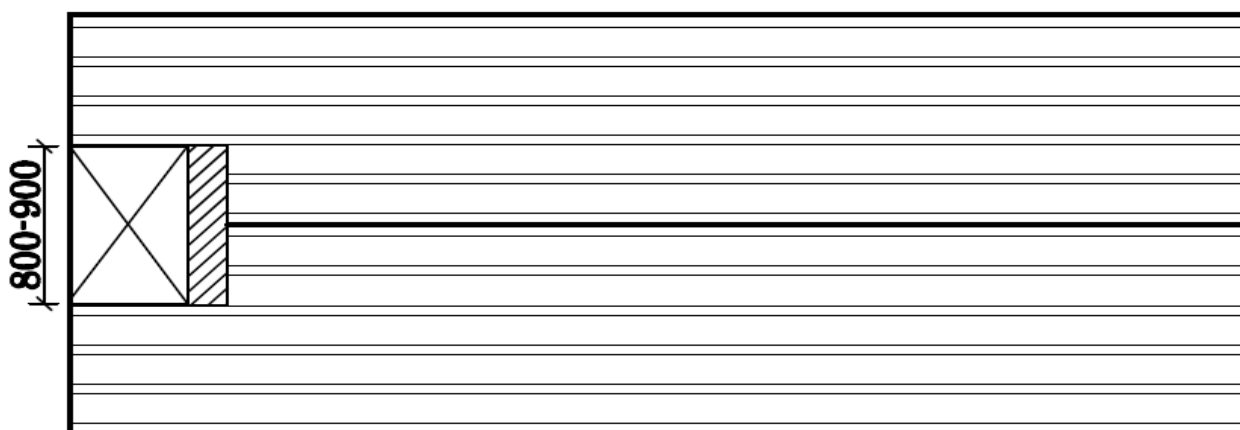
Jos laatan reunassa kahden reiän etäisyys on alle 1200 mm ja toinen reikä katkaisee kaksi uumaa, on jännevoiman hallitsemiseksi jätettävä reunauuma nostokannakseksi toisesta reiästä



Pieniä reikiä saa viisientelaisissa laatoissa sijoittaa vapaasti kolme kappaletta samaan poikkileikkaukseen. Pieneksi reiäksi lasketaan reiät, jotka ovat maksimissaan ontelon levyisiä ja ontelon kohdalla sijaitsevia reikiä. Tämä tarkoittaa sitä, että neljän reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys tulee olla vähintään 2500 mm, yllä olevan kuvan mukaisesti. Reiät, jotka katkaisevat laatasta uumia, vaikuttavat aina laatan kapasitetiin. Jos työmaalla katkaistaan uumia, tulee aina ottaa yhteyttä kohteen punossuunnittelijaan.

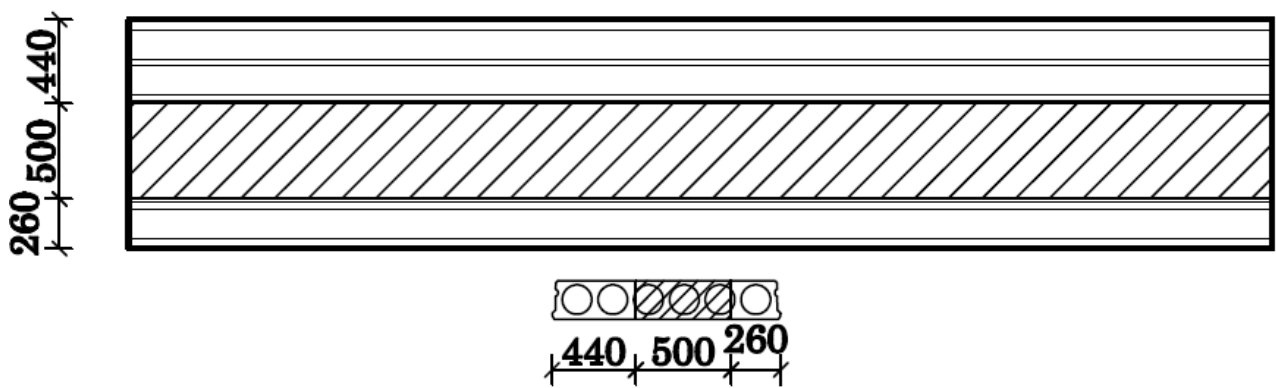
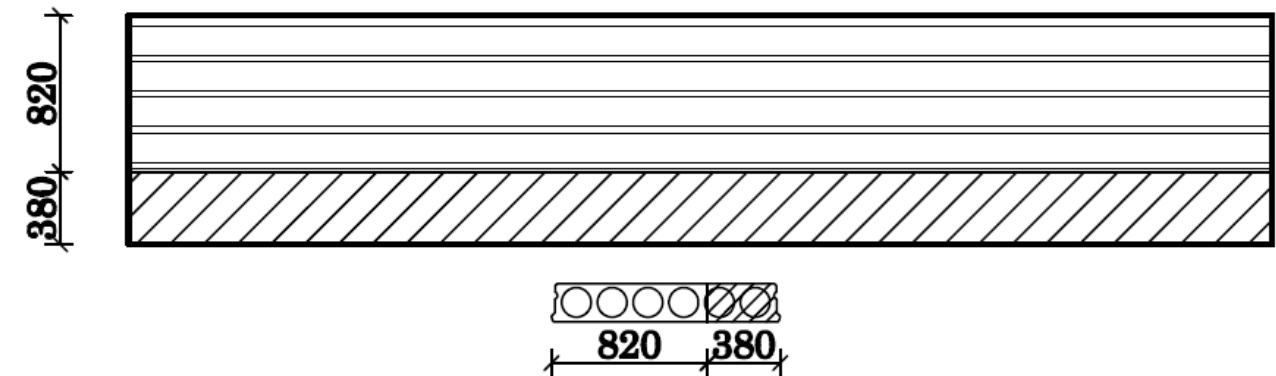


Erikoistapauksena viisientelaisen laatan päähän saa tehdä enintään 650 mm leveän ja 1000 mm pitkän reiän. Tällöin on työmaalla asennusaikana käytettävä asennustukea kyseisen laatan asennuksessa. Asennustuen on oltava paikoillaan ennen laattojen asennusta. Kohteen rakennesuunnittelija tekee tarvittavan tuentasuunnitelman punossuunnittelijan osoittamiin kohtiin. Tällaisissa tapauksissa laatan pituus on rajattava maksimissaan 8 metriin.

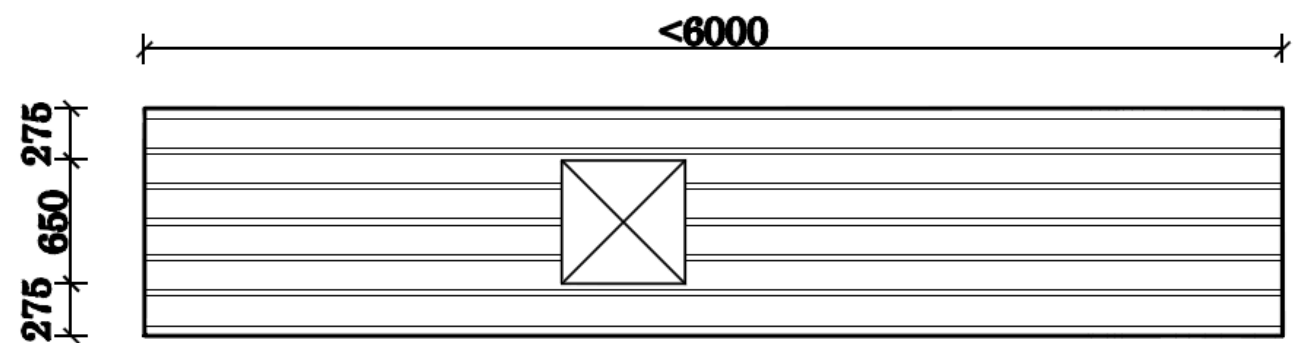


Kun kahden viisientelaisen laatan saumaan tulee yli 800 mm leveä reikä, tulee laataston kokonaisjäykistyksen kannalta käyttää olennaista paikallavalupalkkia tai teräksistä ontelolaattakannaketta. Laattojen saumoihin tehtävien reikien maksimileveys on viisientelaisilla laatoilla 900 mm.

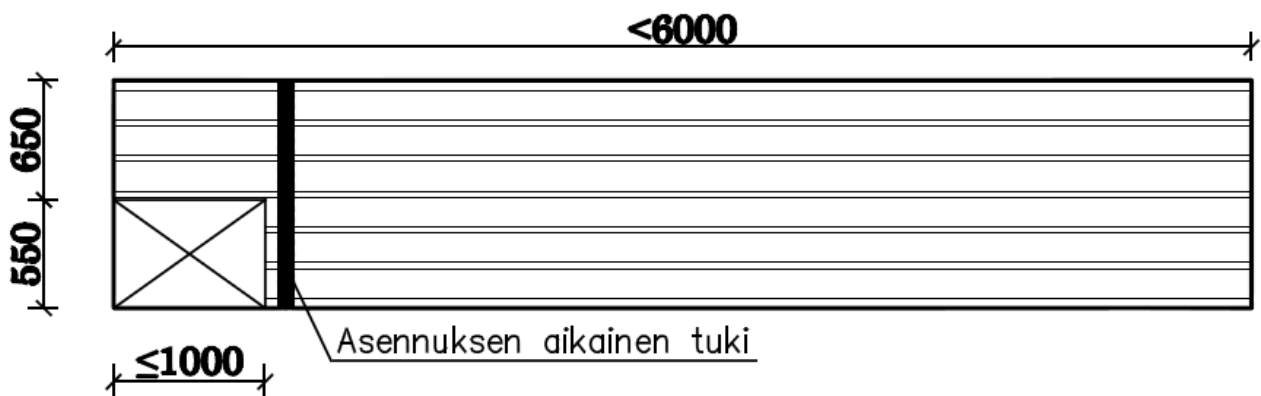
2.5 6-onteloiset ontelolaatat



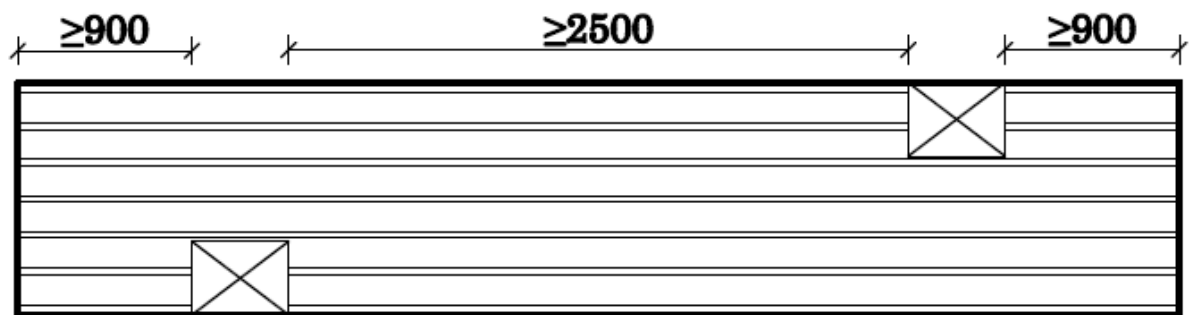
Yllä olevaan kuvaan on merkitty sallitut rei'itysleveydet kuusionteloisille ontelolaatoille. Laatan reunaan saa tehdä maksimissaan 380 mm leveän reiän ja laatan keskelle 500 mm leveän reiän.



Kuusionteloiseen ontelolaattaan saa edellisestä poiketen tehdä keskelle maksimissaan 650 mm leveän reiän. Tällöin täytyy varmistaa, että vähintään neljä uumaa kulkee ehjänä laatan päästä päähän niin, että reiän molemmin puolin kulkee ehjänä kaksi uumaa. Laatan maksimipituus on tällaisessa kolme uumaa katkaisevassa reiässä 6 metriä.

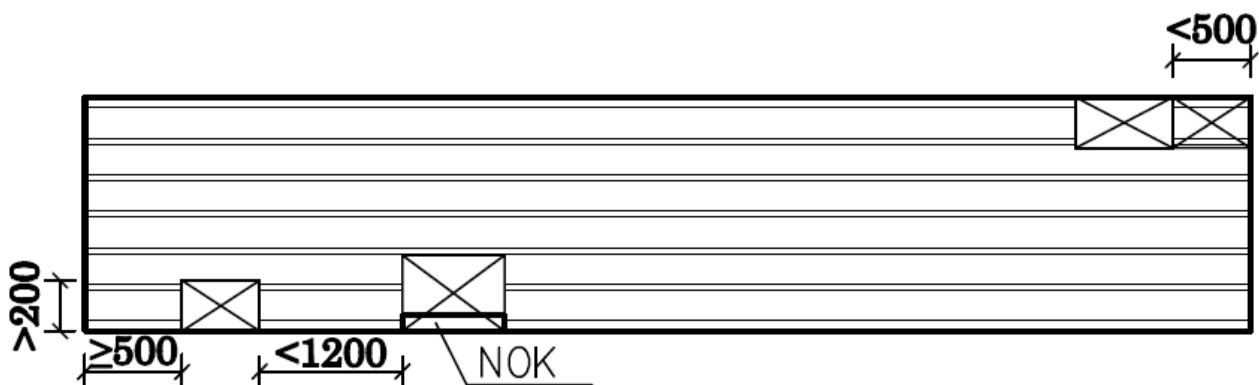


Kuusionteloisen laatan päähän saa tehdä enintään 550 mm leveän ja enintään 1000 mm pitkän reiän. Tällöin tulee huolehtia kyseisen laatan **riittävästä työnaikaisesta tuennasta**. Näissä tapauksissa laatan maksimipituus on 6 metriä.



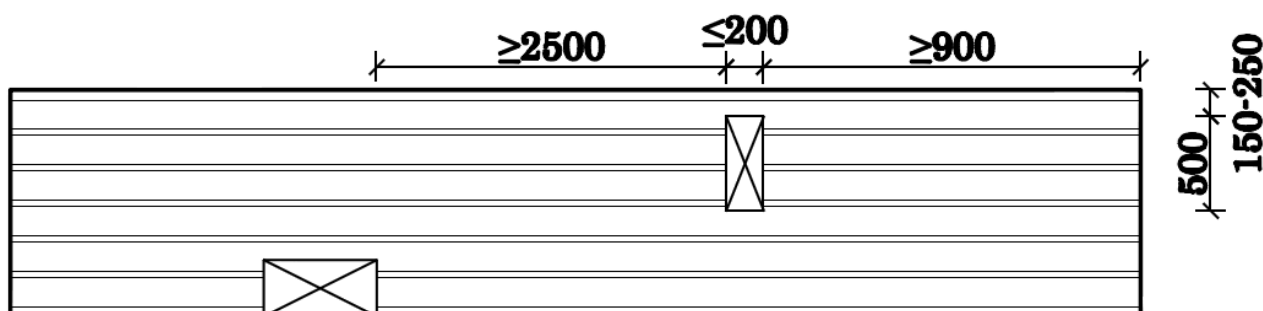
Kuusionteloisessa täysleveässä ontelolaatassa täytyy kulkea kolme ehjää uumaa laatan päästä päähän. Jos laattaan tulee neljä uumaa katkaiseva rei'itys, on varmistettava, että reiät ovat eri poikkileikkauksessa. Isojen reikien kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että reikien välisen etäisyyden tulee olla vähintään kaksi kertaa kokonaisankkurointipituuden mitoitusarvo murtorajatilassa, eli noin 2500 mm.

Laatan päähän tulee kuusionteloisilla laatoilla jättää vähintään 900 mm ehjää laattaa saksinostoa varten, muuten laatta tulee nostaa nostoelimillä.

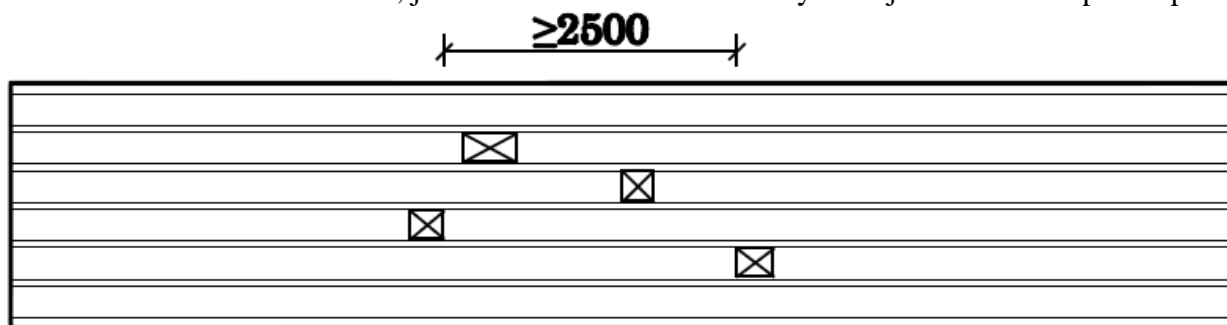


Tapauksissa, joissa reiän jälkeen kuusionteloisessa laatasta jää alle 500 mm pitkä laatan osa päähän, joudutaan se tehtaalla turvallisuussyistä poistamaan ja kyseinen kohta valetaan työmaalla paikallavaluna. Tällaiset laatat täytyy ehdottomasti nostaa reiän takaa. Mikäli reikä on pitkä ja normaali saksinosto ei onnistu, määrittää punossuunnittelija nostoelinten paikat nostoa varten tai suunnittelee vanneteräkset varmistaakseen laatan turvallisen noston.

Jos laatan reunassa kahden reiän etäisyys on alle 1200 mm ja toinen reikä katkaisee kaksi uumaa, on jännevoiman hallitsemiseksi jätettävä reunauuma nostokannakseksi toisesta reiästä

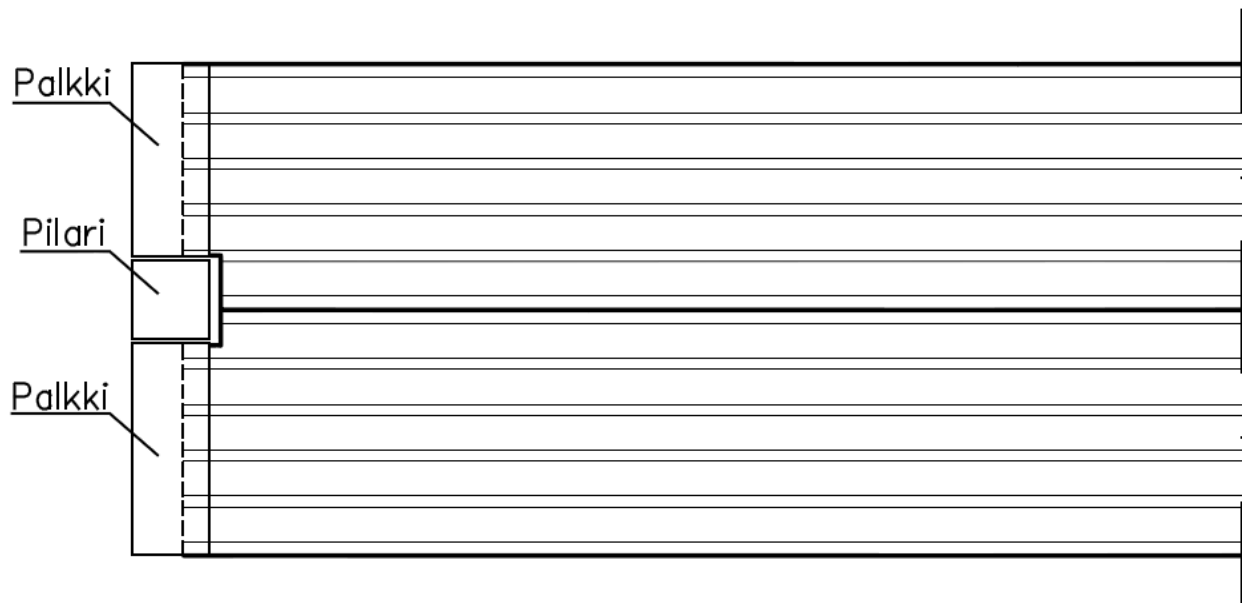


Kun laatasta on viisi uumaa katkaiseva rei'itys ja toinen reikä ei ole laatan reunassa niin, että reunauuma jää ehjäksi, tulee reiän pituutta kuusionteloisissa laatoissa rajoittaa. Enintään 200 mm pitkä reikä laatasta on sallittu, jos reiän etäisyys reunasta on välillä 150–250 mm. Pidemmillä rei'illä reunauuma ei enää toimi, ja tällöin laatasta kulkee vain yksi ehjä uuma laatan päästä päähän.



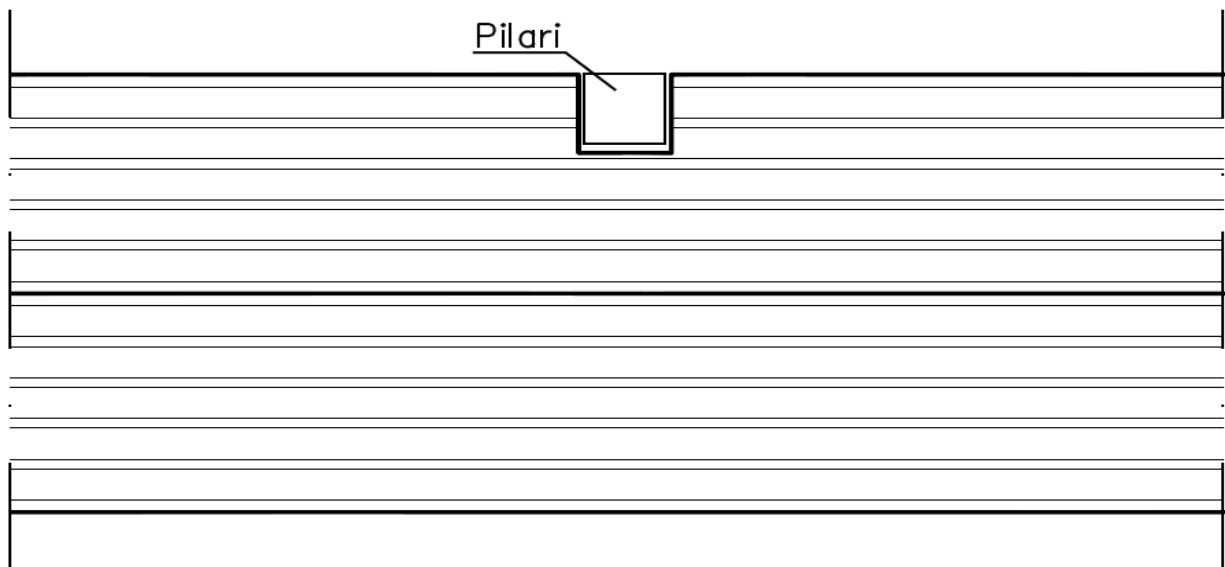
Pieniä reikiä saa kuusionteloisissa laatoissa sijoittaa vapaasti kolme kappaletta samaan poikkileikkaukseen. Pieneksi reiäksi lasketaan reiät, jotka ovat maksimissaan ontelon levyisiä ja ontelon kohdalla sijaitsevia reikiä. Tämä tarkoittaa sitä, että neljän reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys tulee olla vähintään 2500 mm, yllä olevan kuvan mukaisesti. Reiät, jotka katkaisevat laatasta uumia, vaikuttavat aina laatan kapasiteettiin. Jos työmaalla katkaistaan uumia, tulee aina ottaa yhteyttä kohteen punossuunnittelijaan.

2.6 Ontelolaatat pilarilinjalla



Jos yllä olevan tilanteen mukaisesti suunnitellaan ontelolaattoja pilarilinjalle, tulee varmistua siitä että pilareita varten tehtävä rei'itys on rei'itysohjeen mukainen. Jos ontelolaatoille vaadittava rei'itys on rei'itysohjeen vastainen, tulee pilariin suunnitella konsoli, jolle ontelolaatat tukeutuvat.

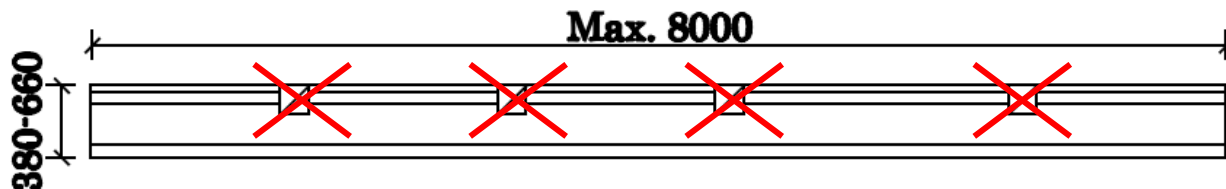
Pilarikonsoli tarvitaan myös silloin, kun kuormat ovat suuria (Yli 5 kN/m²) tai laatastoon vaikuttaa suuria piste- tai viivakuormia.



Jos ontelolaattaan tehdään pilaria varten keskelle jänneväliä kolous, ei pilariin tulisi suunnitella konsolia. Tämä konsoli keskellä ontelolaatan jänneväliä aiheuttaa laatastoon jännitystilojen muutoksia ja voi aiheuttaa laattojen halkeamisia. Kuitenkin tulee varmistua siitä, että tehtävä reikä on rei'itysohjeen mukainen.

3. Laattojen kavennukset

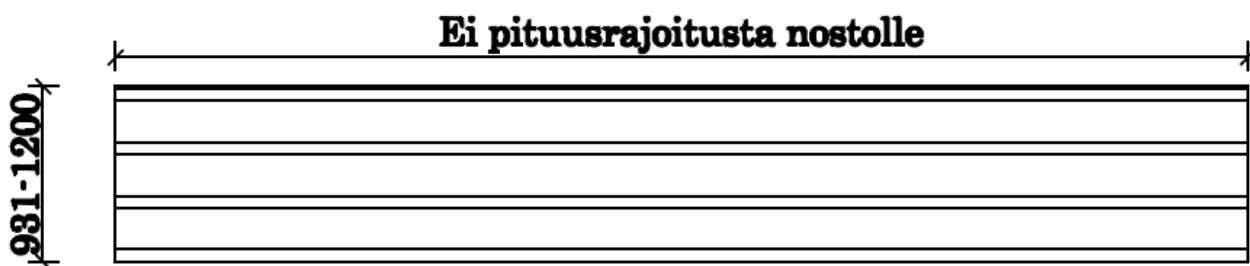
3.1 4-onteloiset ontelolaatat



Nelionteloisilla ontelolaatoilla kapein mahdollinen laatta on vähintään 380 mm leveä, tätä kapeampia laattoja ei saa suunnitella. Kun nelionteloisen laatan leveys on välillä 380 mm – 660 mm, ei laatan reunaan saa tehdä varauksia. Seinänsidontaan on suositeltavaa käyttää Pasi-lenkkejä kavennetuissa laatoissa. Tämän levyisissä laatoissa on kaikki uumat mentävä ehjänä laatan päästä päähän asennusaikana, kaikki uuman rikkovat reiät on jätettävä nostokannaksiksi tai sijoitettava ontelon kohdalle. Maksimipituus tämän levyisille laatoille on 8 metriä, pidemmissä laatoissa tapahtuu laatan kaareutumista sivusuunnassa.

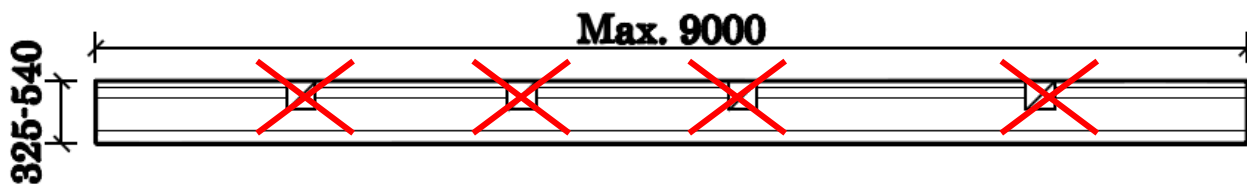


Nelionteloisen ontelolaatan leveyden ollessa 661 mm – 930 mm laatoille ei ole noston kannalta pituusrajoitusta. Tämän levyisissä laatoissa mahdollisten varauskolojen täytyy olla laatan päistä vähintään 2000 mm:n etäisyydellä, lähempänä laatan päätä olevat varauskolot joudutaan tekemään nostokannaksina. Laatasta saa katkaista korkeintaan yhden uuman.

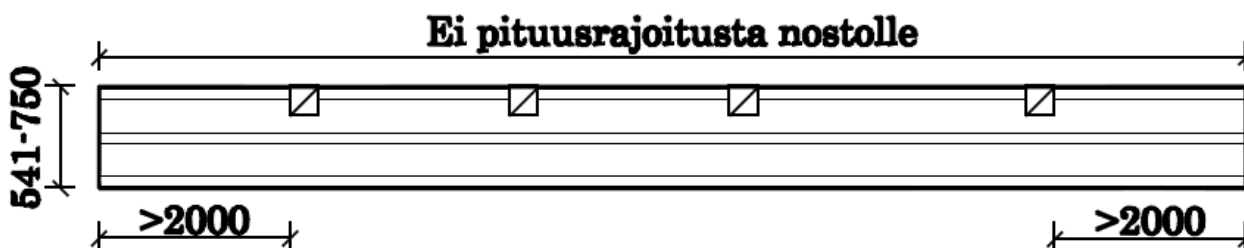


Kun nelionteloisen laatan leveys on välillä 931 mm – 1200 mm, ei noston kannalta ole pituusrajoitusta. Laatasta saa katkaista korkeintaan kaksi uumaa. Kiinnityskolovarauksia voidaan tehdä vapaasti laatan reunaan.

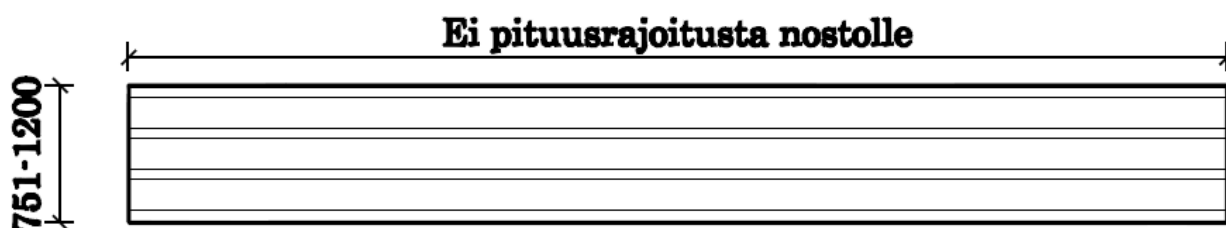
3.2 5-onteloiset ontelolaatat



Viisienteloisilla ontelolaatoilla kapein mahdollinen laatta on vähintään 325 mm leveä, tätä kapeampia laattoja ei saa suunnitella. Kun viisienteloisen laatan leveys on välillä 325 mm – 540 mm, ei laatan reunaan saa tehdä varauksia. Seinänsidontaan on suositeltavaa käyttää Pasi-lenkkejä kavennetuissa laatoissa. Tämän levyisissä laatoissa on kaikki uumat mentävä ehjänä laatan päästä päähän asennusaikana, kaikki uuman rikkovat reiät on jätettävä nostokannaksiksi tai sijoitettava ontelon kohdalle. Maksimipituus tämän levyisille laatoille on 9 metriä, pidemmissä laatoissa tapahtuu laatan kaareutumista sivusuunnassa.

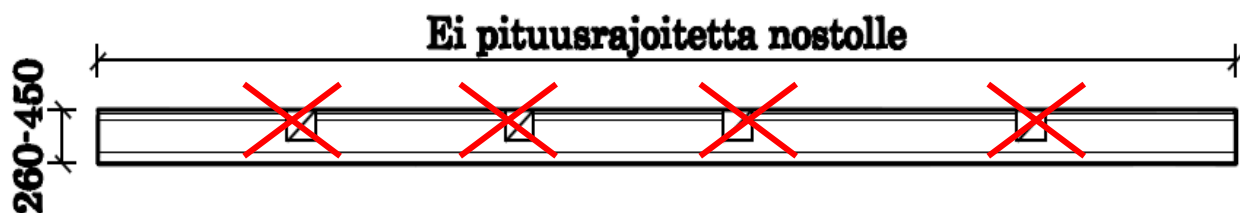


Viisienteloisen ontelolaatan leveyden ollessa 541 mm – 750 mm laatoille ei ole noston kannalta pituusrajoitusta. Tämän levyisissä laatoissa varauskolojen täytyy olla laatan päistä vähintään 2000 mm:n etäisyydellä, lähempänä laatan päätä olevat varauskolot joudutaan tekemään nostokannaksina. Laatasta saa katkaista korkeintaan yhden uuman.

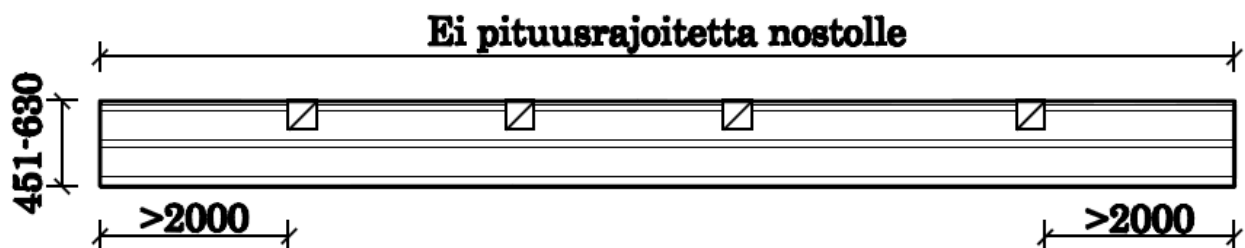


Kun viisienteloisen laatan leveys on välillä 751 mm – 1200 mm, ei noston kannalta ole pituusrajoitusta. Laatasta saa katkaista korkeintaan kaksi uumaa. Kiinnityskolovarauksia voidaan tehdä vapaasti laatan reunaan.

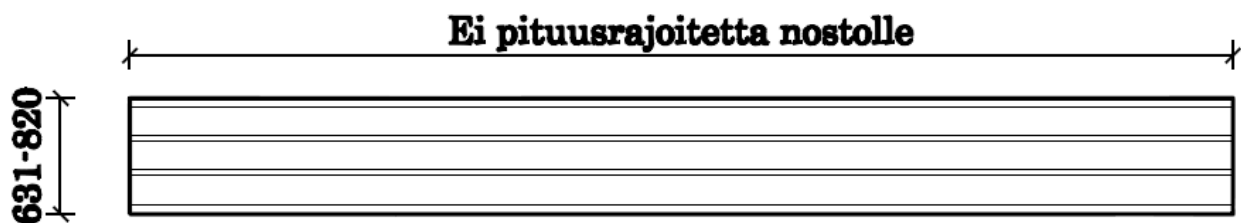
3.3 6-onteloiset ontelolaatat



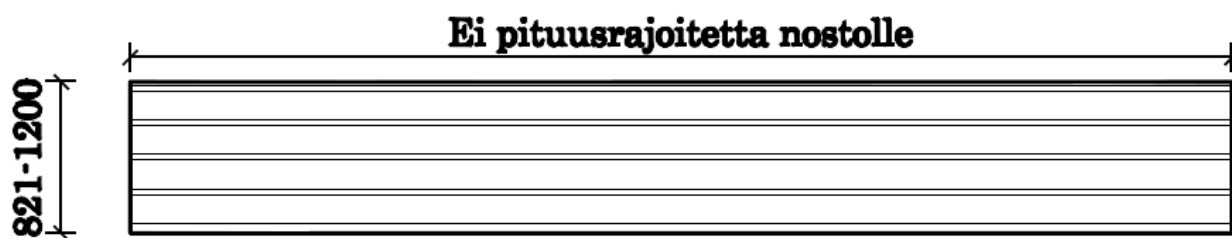
Kuusionteloisilla ontelolaatoilla kapein mahdollinen laatta on vähintään 260 mm leveä, tätä kapeampia laattoja ei saa suunnitella. Kun kuusionteloisen laatan leveys on välillä 260 mm – 450 mm, ei laatan reunaan saa tehdä varauksia. Seinänsidontaan on suositeltavaa käyttää Pasi-lenkkejä kavennetuissa laatoissa. Tämän levyisissä laatoissa on kaikki uumat mentävä ehjänä laatan päästä päähän asennusaikana, kaikki uuman rikkovat reiät on jätettävä nostokannaksiksi tai sijoitettava ontelon kohdalle. Maksimipituus tämän levyisille laatoille ei ole rajoitettu.



Kuusionteloisen ontelolaatan leveyden ollessa 451 mm – 630 mm laatoille ei ole noston kannalta pituusrajoitusta. Tämän levyisissä laatoissa varauskolojen täytyy olla laatan päistä vähintään 2000 mm:n etäisyydellä, lähempänä laatan päätä olevat varauskolot joudutaan tekemään nostokannaksina. Laatasta saa katkaista korkeintaan yhden uuman.



Kun kuusionteloisen laatan leveys on välillä 631 mm – 820 mm, ei noston kannalta ole pituusrajoitusta. Laatasta saa katkaista korkeintaan yhden uuman ennen laatan asennusta. Kiinnityskolovarauksia voidaan tehdä vapaasti laatan reunaan.



Kun kuusienteloisen laatan leveys on välillä 821 mm – 1200 mm, ei noston kannalta ole pituusrajoitusta. Laatasta saa katkaista korkeintaan kaksi uumaa. Kiinnityskolovarauksia voidaan tehdä vapaasti laatan reunaan.

4. Vakiovaraukset

4.1 Viemäröintiura

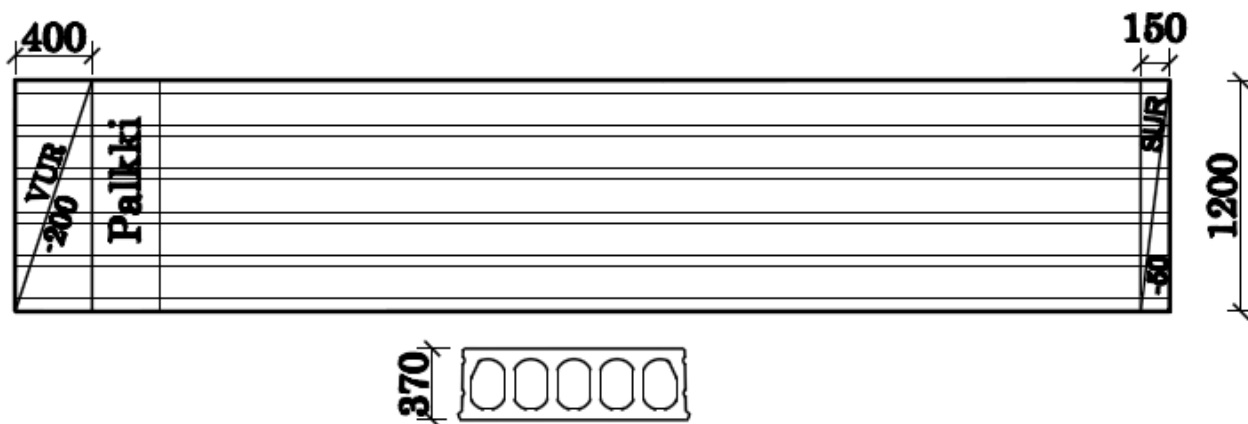
Viemäröintiura (VUR) on ontelolaatan päähän tehtävä, laatan levyinen ja enintään 400 mm pitkä varaus. Viemäröintiuraa käytetään kun viemäreitä on tarpeen viedä ontelolaataston poikkisuunnassa pidempiä matkoja kohti pystynousuja. Laatan leveyssuuntaisia lisäsyvennyksiä koko laatan leveydelle saa tehdä vain laatan päihin.

Viemäröintiuran maksimisyvyys on ontelolaatoissa O32/O32K 150 mm ja O37/O37K 200 mm. Ontelolaatassa O27/O27K viemäröintiuran maksimisyvyys on 110 mm. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että O32K:ssa ja O37K:ssa lisäsyvennys kylpyhuoneen kohdalla on 30 mm, ja ontelolaatassa O27K 20 mm.

Laattoihin saa sijoittaa myös laatan suuntaisia syvennyksiä (Syv.) noudattaen rei'itysohjeen määäämiä raja-arvoja.

4.2 Sähköputkivaraus

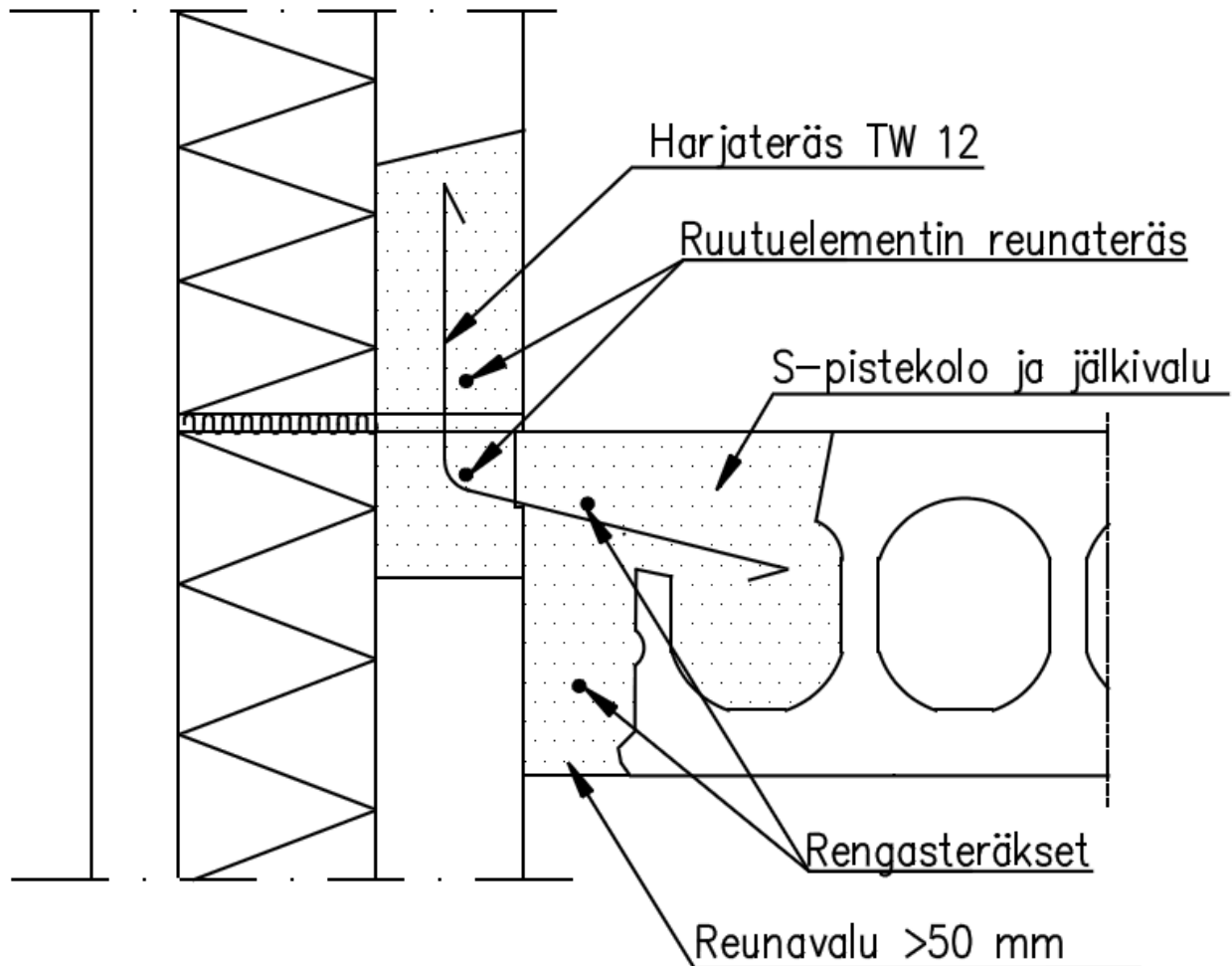
Sähköputkivaraus on laatan päähän tehtävä laatan levyinen, 150 mm pitkä ja 50 mm syvä varaus. Se merkitään lappukuvaan, sekä pohjakuvaan merkinnällä SUR. Sähköputkivarausta käytetään kun sähköreitityksiä ei saada vedettyä laattojen päätysaumoissa.



Jos laatan leveyssuuntaista viemäröintiuraa ei sijoiteta märkätila- alueeseen, tehdään ontelolaattatehtaalla aina palkkikaista viemäröintiuran leveydelle. Palkkikaista on täyskorkea, umpibetoninen alue, johon tulisi välttää reikien teko. Palkkikaistan pituus vaihtelee ontelolaatan valmistajasta ja laattatyypistä riippuen.

4.3 S-Pistekolot

S-pistekolot ovat tarkoitettu julkisivurakenteiden kiinteyksiä varten laataston reunaan tehtäviä varauksia, joiden vakio koko on $150 \times 150 \text{ mm}^2$ ja syvyys 100 mm. Näissä varauksissa puhkaistaan reunaontelo ja työmaalla valetaan tartuntateräksiset ontelon sisään. Jälkivalu tehdään laatan päältä ontelon yläkannaksen reiästä valutulpilla rajattuun onteloon. Ontelon on oltava puhdistettu irtoaineesta sekä talvella myös jäältä ja lumesta. Käytettävän betonimassan lujuuden on oltava vähintään C20/25 ja se on täytettävä huolellisesti sauvatäryttimellä. Toinen vaihtoehto S-pistekololle on Pasi-lenkin käyttäminen.



4.4 Pasi-lenkit

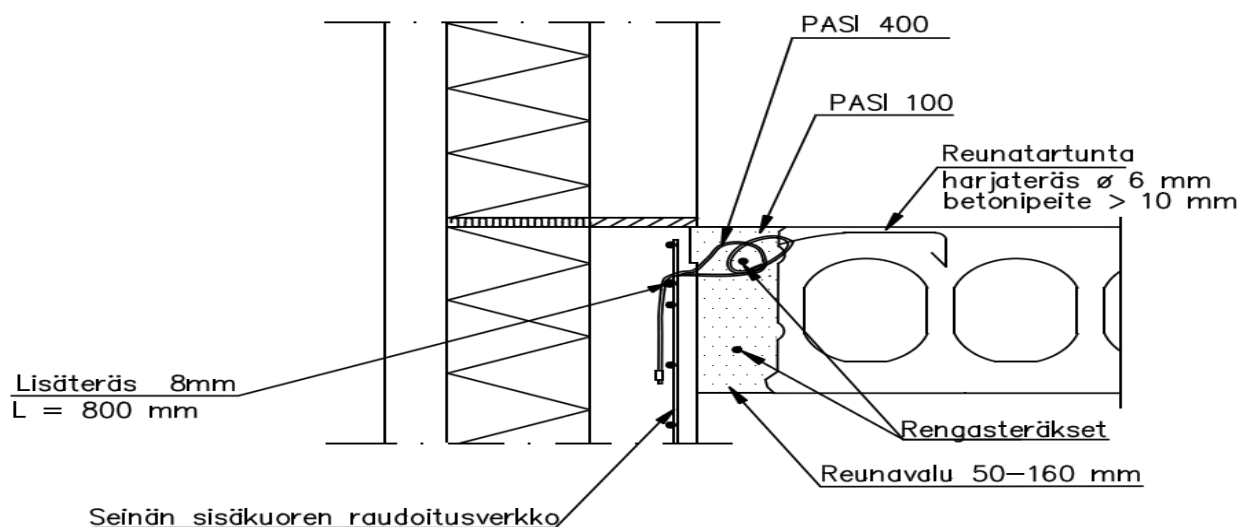
Pasi-lenkki on kehitetty perinteisestä S-pistekiinnityskolosta, jossa ontelolaatan yläreunaan on jouduttu tekemään onteloon asti ulottuva kolo. Tämä S-pistekiinnityskolo on tuottanut ongelmia työmaalla, koska onteloon on päässyt vettä, jota ei ole saatu poistettua ontelosta. Tämä vesi jäätyessään on saattanut halkaista ontelolaattoja, ja aiheuttanut kosmeettista haittaa ontelolaattojen alapintoihin. Tämä kolo on työmaalla saumavalujen yhteydessä valettu täyteen ja täytevaluun on ankkuroitu harjateräkset, jotka sitovat ulkoseinäelementin kiinni kantavaan ontelolaattaan. Pasi-lenkkien käyttö ei vaadi ontelolaatan reunan koloamista, ja näin ollen samanlaista ongelmaa ei pääse syntyään.

Pasi-lenkkejä käytetään ei-kantavien ruutuelementtien yläpään kiinnitykseen ontelolaatastoon. Pasi-lenkit toimivat liitoksessa vetoa siirtävinä osina. Seinäelementtiä ulospäin työntävä voima siirretään kantavaan rakenteeseen ketjuna; PASI-400 vaijerilenkki → saumabetoni ja saumateräs → PASI-100 vaijerilenkki → saumabetoni → TW 6 reunatartunta → ontelolaatta

Kun käytetään Pasi-lenkkiä, on seinäelementin ja ontelolaatan välisen saumaleveyden oltava vähintään 50 - 160 mm leveä, jolloin sauman ylempi rengasteräs täytyy pujottaa suorana molempien lenkkien läpi. Jos sauma on leveämpi kuin 160 mm, sidotaan vaijerilenkit yhteen 12 mm:n harjateräksestä taivutetulla U-lenkillä.

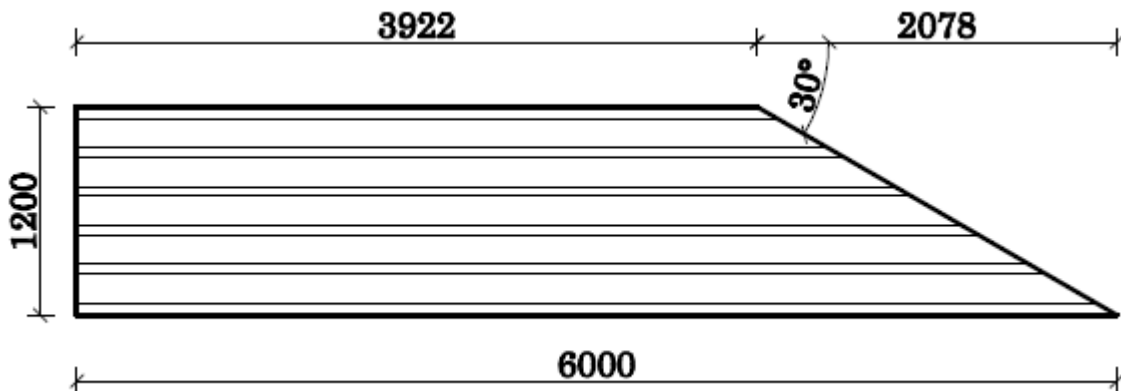
Ontelolaattaan painetaan tehtaalla erikoistyökalulla kiinni 6 mm:n halkaisijalla oleva harjateräslenkki, johon on pujotettu 4 mm:n pyöreä vaijerisilmukka. Seinäelementissä sisäkuoren yläreunaan asennetaan ennen valua myös 4 mm:n pyöreä vaijerisilmukka, joka pujotetaan ja sidotaan ennen valua sisäkuoren rauditusverkkoon sidottavan ylimääräisen TW 8- teräksen taakse, jonka pituus on vähintään 800 mm. Pasi-lenkkien sidontapisteen suurin väli on maksimissaan 2000 mm:ä. Jos elementti on alle 2000 mm pitkä, tulee siihen vain yksi lenkki keskelle elementtiä. Elementin pituuden ollessa yli 2000 mm, on suositeltavaa laittaa Pasi-lenkit 1500 mm:n jaolla.

Tämä liitos on tarkoitettu ainoastaan elementin yläreunan sidontaan elementin tuelta putoamisen estämiseksi kosteusmuutosten, viruman ja lämpötilan muutosten aiheuttamia liikkeitä vastaan, eikä se korvaa elementin muiden reunojen sidontatarvetta. Pasi-lenkkejä ei saa käyttää elementtien nostoon, siirtoon, käyristymisen oikaisuun tai normaalitilanteen ulkoisten kuormien siirtämiseen. Liitoksen ominaisvetokapasiteetti on 4 kN/liitos.



5. Erikoiselementit

5.1 Vinopäät:

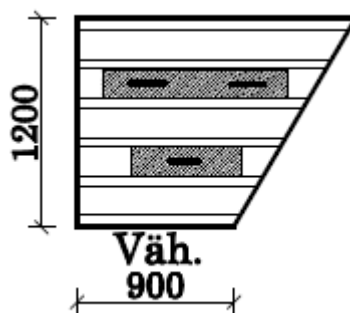


Alle 30 asteen vinopäisiä laattoja ei suositella tehtäväksi.

Vinopää yli 45 astetta: Laattaan lisätään tarvittaessa vanneraudat sekä nostoankkurit turvallisen noston varmistamiseksi.

Vinopää alle 45 astetta: Laatta tehdään tarvittaessa yläpunoksilla. Yläpunosten käyttö on aina varmistettava valmistajalta ja näiden laattojen valmistushinta on normaalilaattoja korkeampi.

5.2 Erittäin pienet laatat:



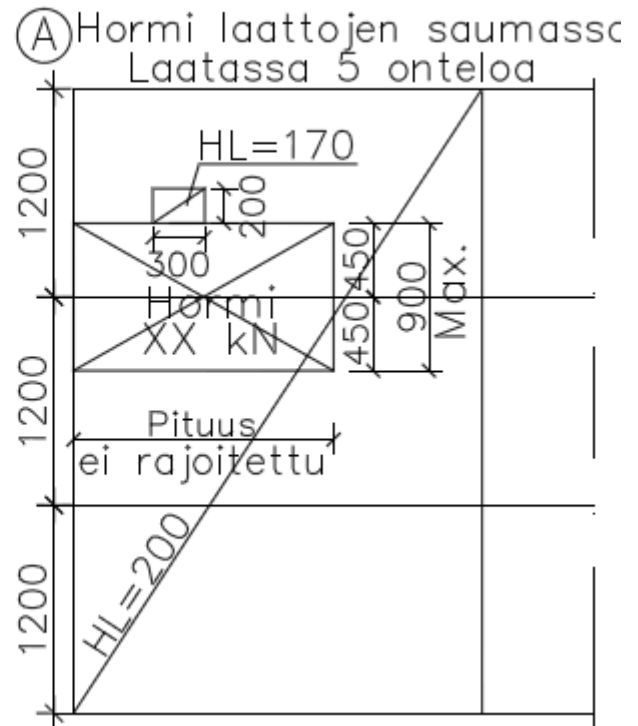
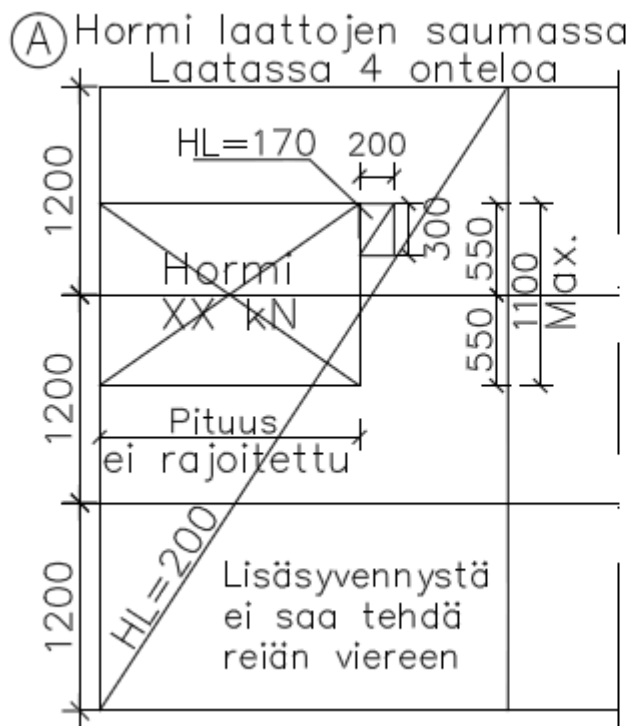
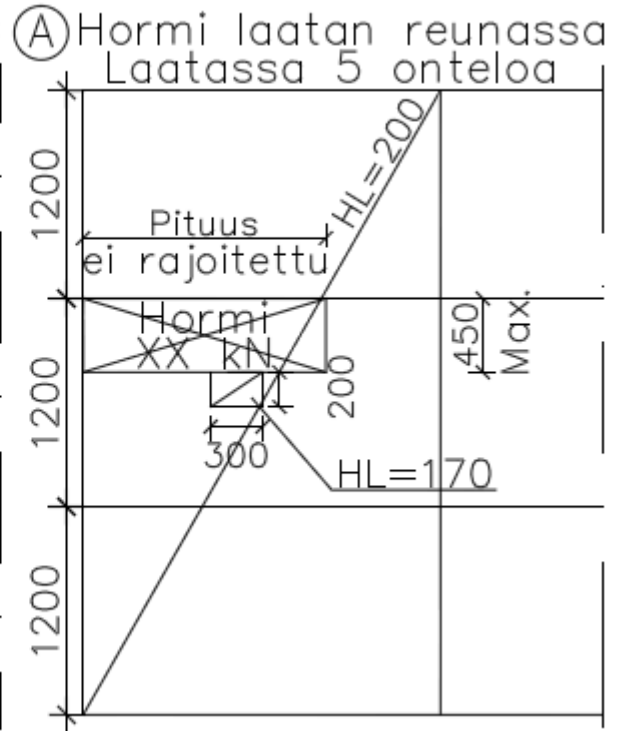
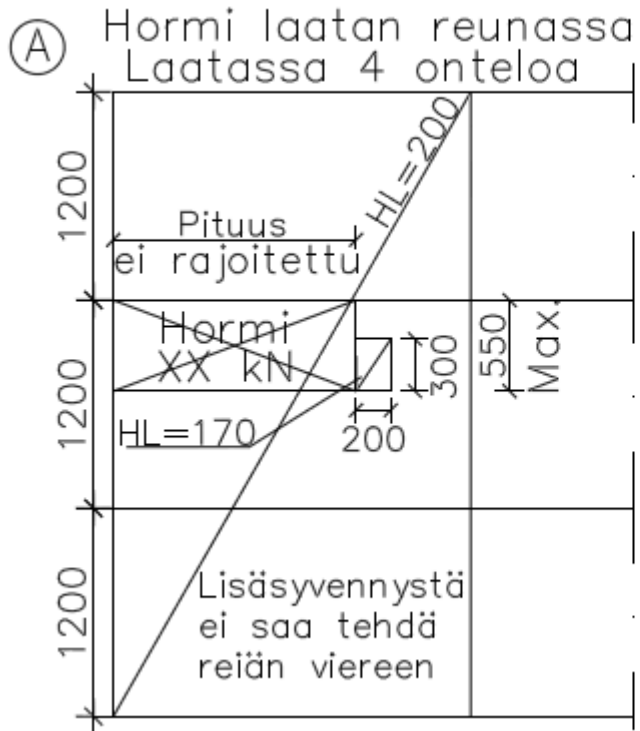
Täysleveä laatta: Pienten kappaleiden rajoitteena ovat turvallisen noston vaatimat raja-arvot. Lyhyimmän reunan pienin sallittu mitta on 900 mm. Tätä lyhyemmät kappaleet tehdään paikallavaluna. Jos laatan lyhimmän reunan pituus on alle 1500 mm, on turvallisen noston varmistamiseksi laattaan sijoitettava nostoelimet.

Kavennettu laatta: Alle 1000 mm pitkät kavennetut laatat suositellaan tehtäväksi paikallavaluna.

5.3 Yläpunoslaatat:

Laatat voidaan valmistaa myös yläpunoksilla, kun ontelolaatasto on suunniteltu ulokkeelliseksi tai jos halutaan varmistaa noston turvallisuus. Yläpunoslaattojen valmistus on kalliimpaa kuin normaaliin laattojen ja niiden saatavuus ja kantokyky on varmistettava valmistajalta ennen tilauksen tekemistä.

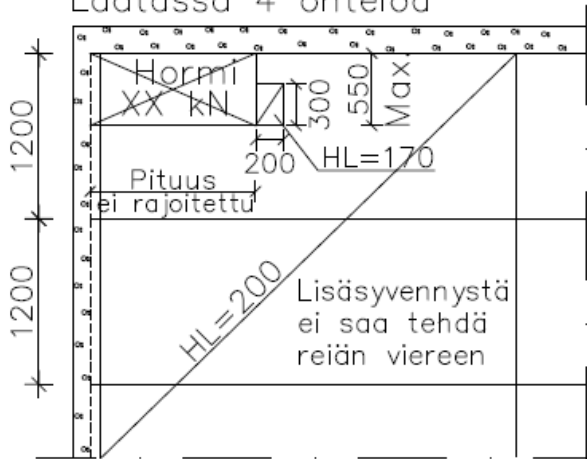
6.2 Hormi laatan reunassa tai saumassa



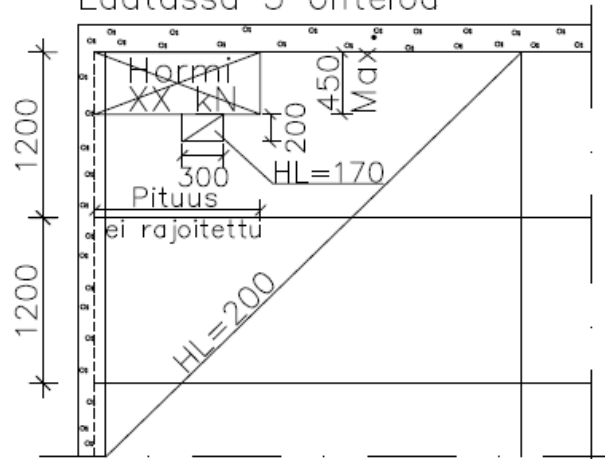
6.3 Hormi betoniseinän vieressä

Kun reunimmaisessa laatasta on isoja reikiä, laatan reuna on tuettava pituussuuntaiseen seinään.

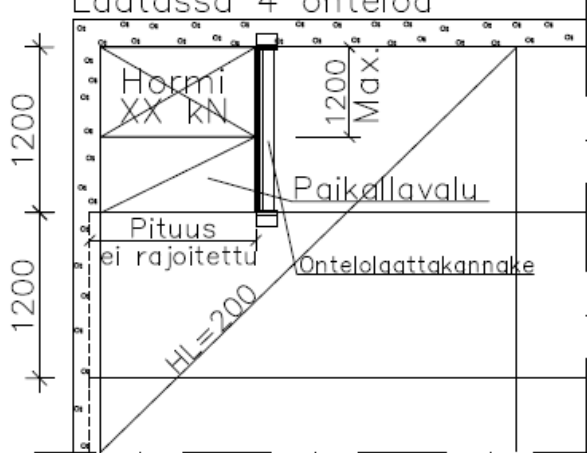
- Ⓐ Hormi betoniseinän vieressä,
reiän leveys ≤ 550 mm
Laatassa 4 onteloa



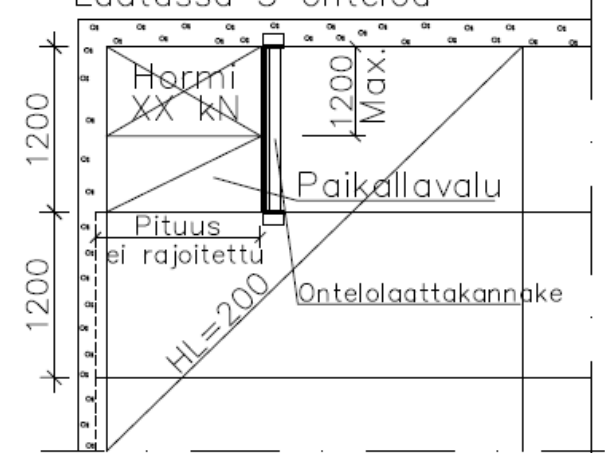
- ⑨ Hormi betoniseinän vieressä,
reiän leveys ≤ 450 mm
Laatassa 5 onteloa



- Hormi betoniseinän vieressä,
 reiän leveys 551–1200 mm
 Laatassa 4 onteloa

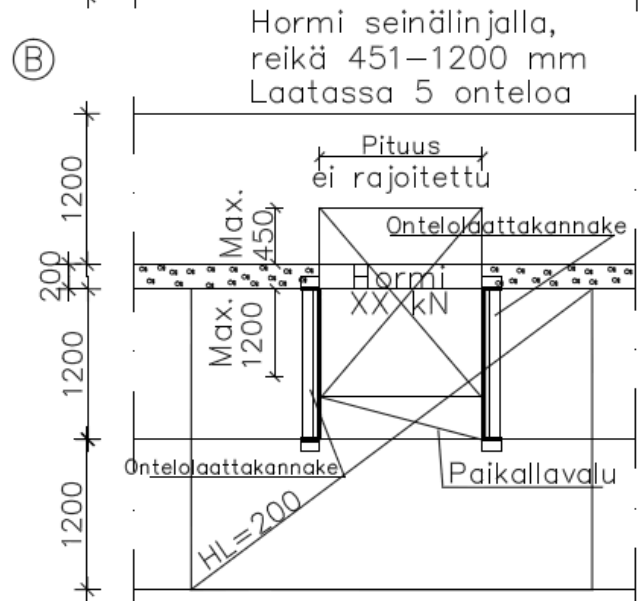
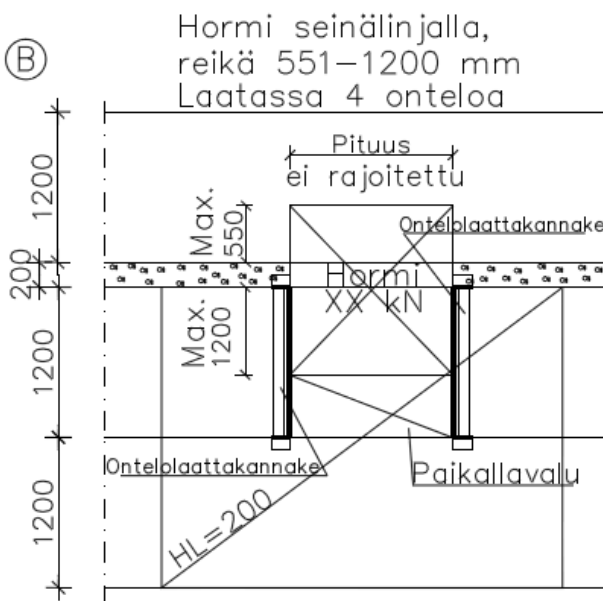
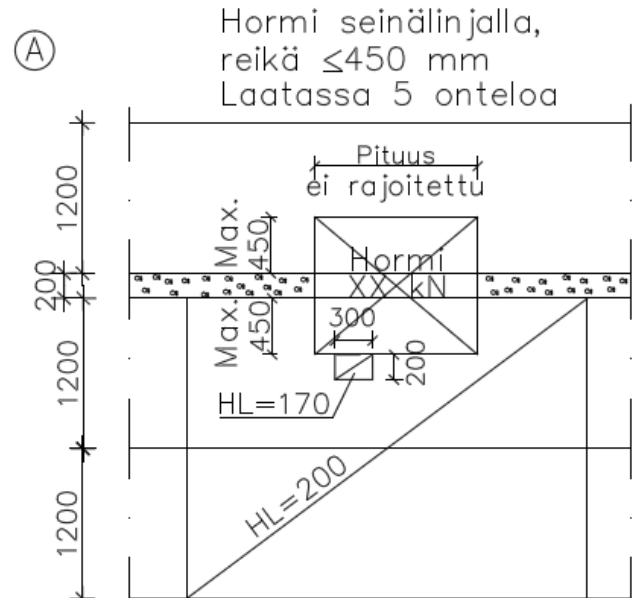
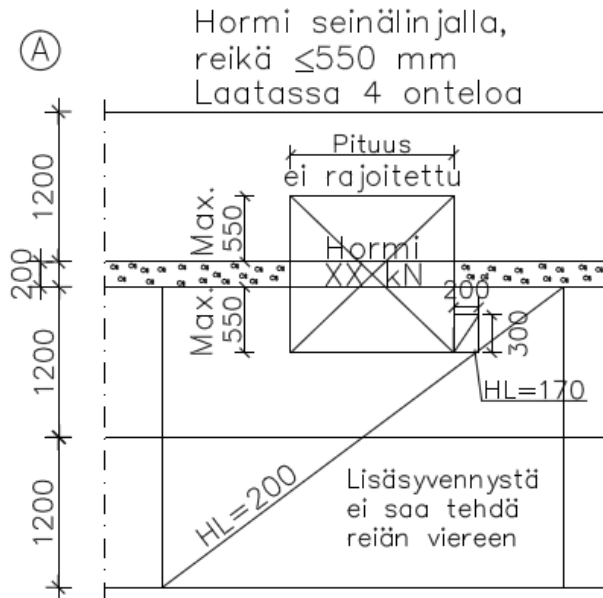


- Hormi betoniseinän vieressä,
 (B) reiän leveys 451–1200 mm
 Laatassa 5 onteloa



6.4 Hormi seinälinjalla

Kun reunimmaisessa laatasta on isoja reikiä, laatan reuna on tuettava pituussuuntaiseen seinään.



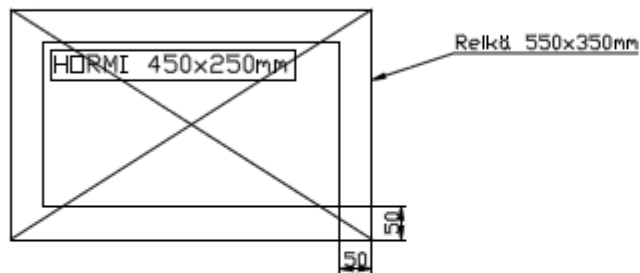
6.5 Reikämitoitushoje betonielementtihormeille

Viemärinkorkoa yp-150 käytettäessä kph-laattaan (OL37K) lisäuraus 30mm.
Syvennyksen vakiomitta 300mm x 200mm x 30mm

HORMI LAATASTOSSA

Elementin ulkomitta +100mm

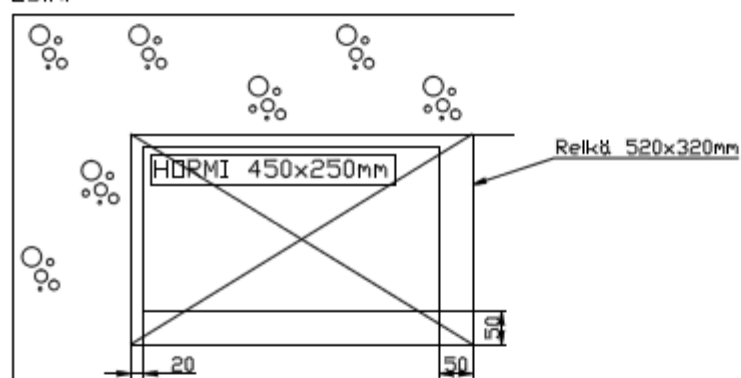
Eslm.



HORMI BETONISEINÄN VIERESSÄ

Elementin ulkomitta +20mm betoniseinän puolelle
+50mm laataston puolelle

Eslm.

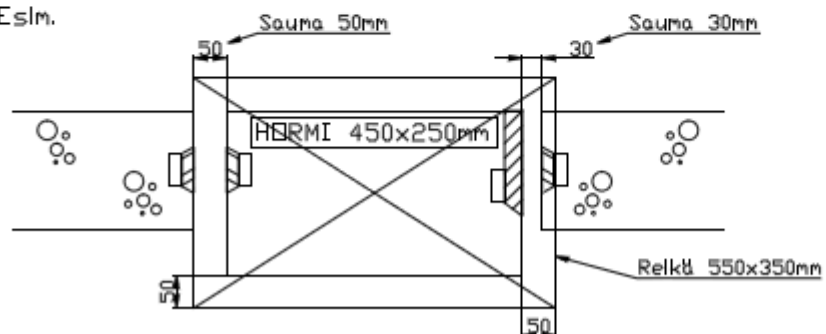


SEINÄNVÄLINEN HORMI

REIKÄ: Elementin ulkomitta +100mm

SAUMA: Elementin ulkomitta +30mm pumppusauman puolelle
+50mm valusauman puolelle

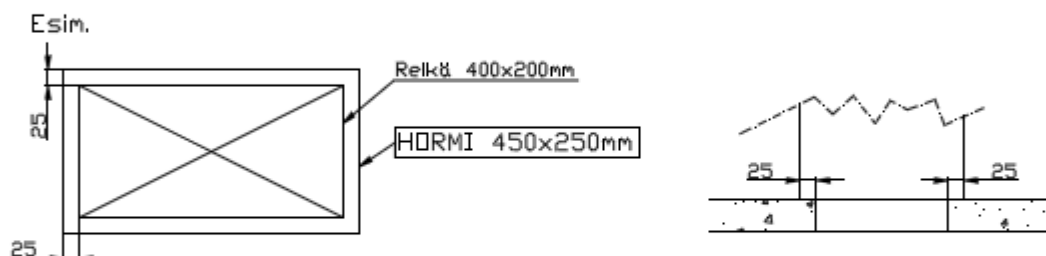
Eslm.



REIKÄMITOITUSOHJE BETONIELEMENTTIHORMEILLE - elementin lähtö

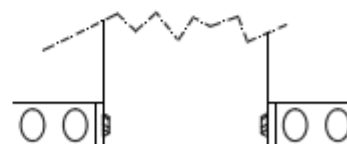
ALIMMAN ELEMENTIN LÄHTÖ LAATAN PÄÄLTÄ

Yleisesti käytetty
Elementin ulkomitta -50mm

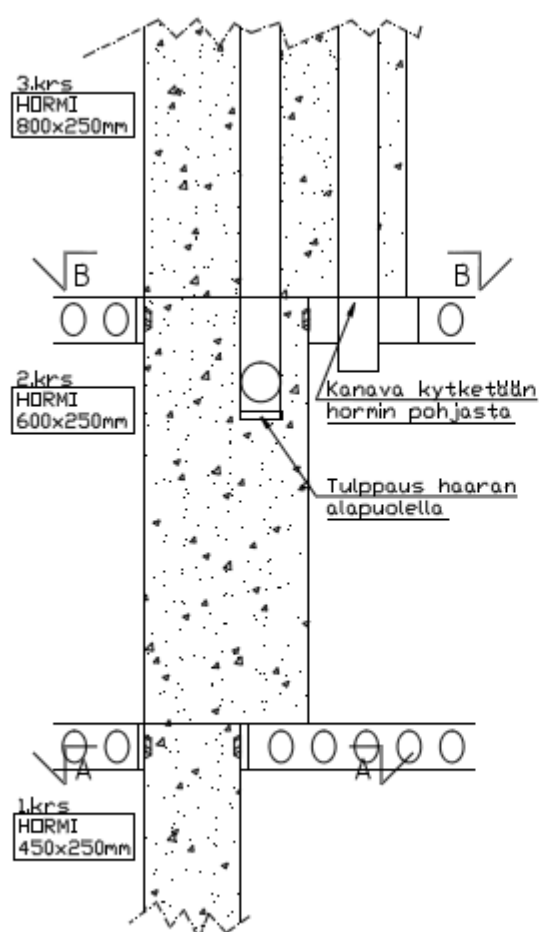


ALIMMAN ELEMENTIN LÄHTÖ LAATAN ALAPINNASTA

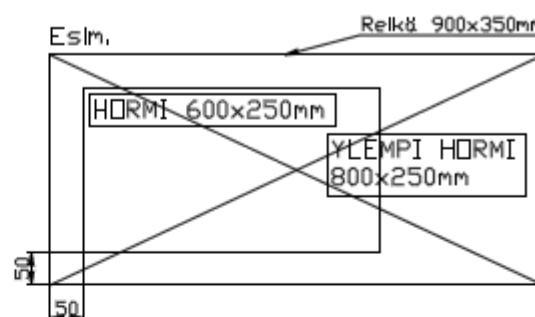
Huom! EI alapohjassa!



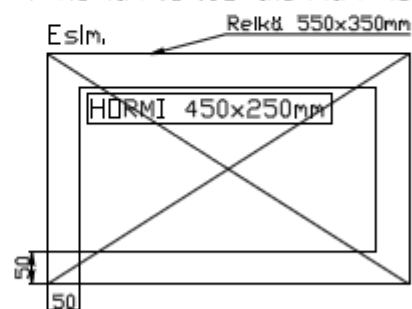
KERROKSITTAIN LEVEYTTÄ KASVAVAN HORMIN REIKÄMITOITUS



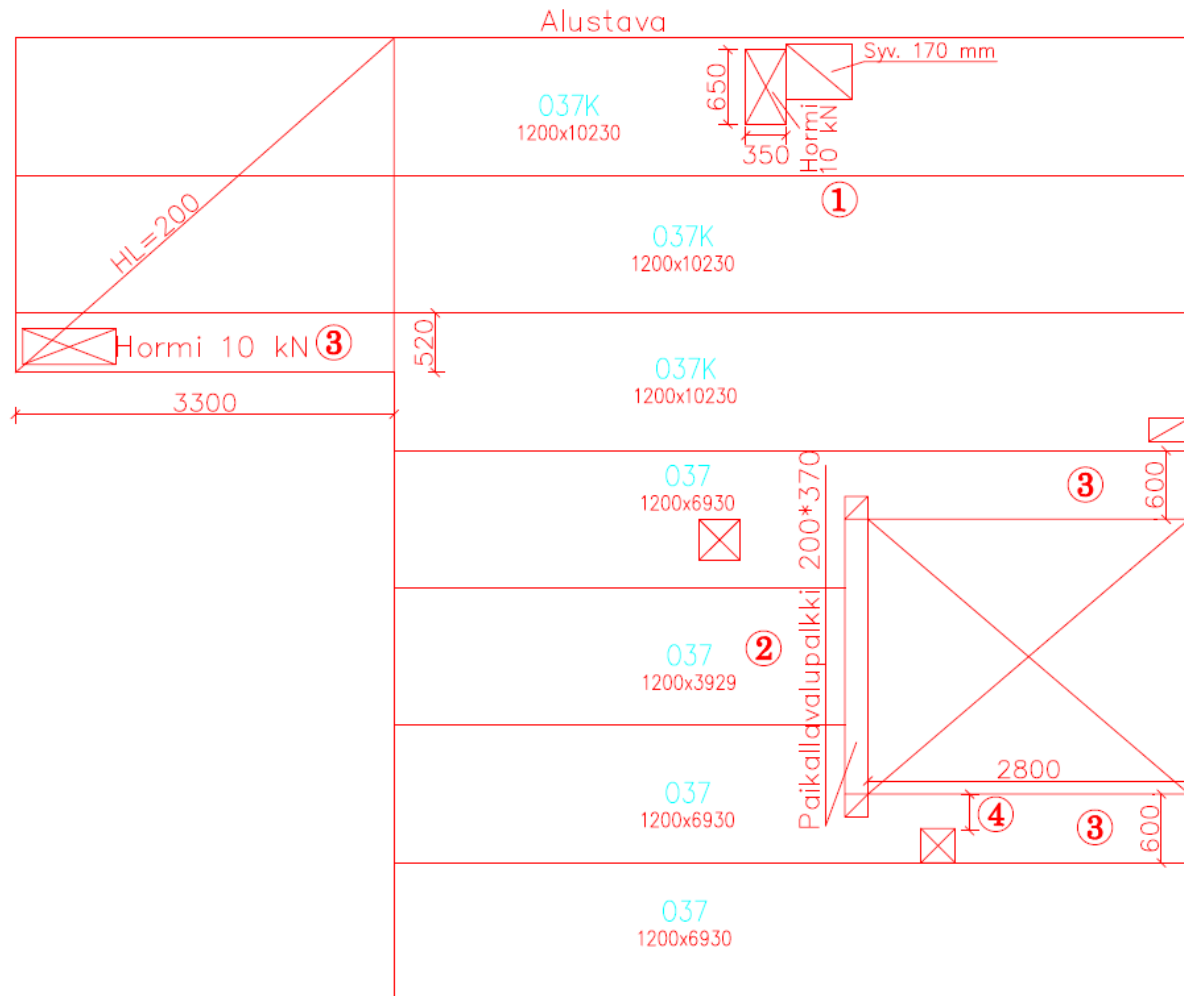
B-B, Hormin pohjasta kytketään kanavia
-> Reikämitoitus ylemmän hormin mittoihin



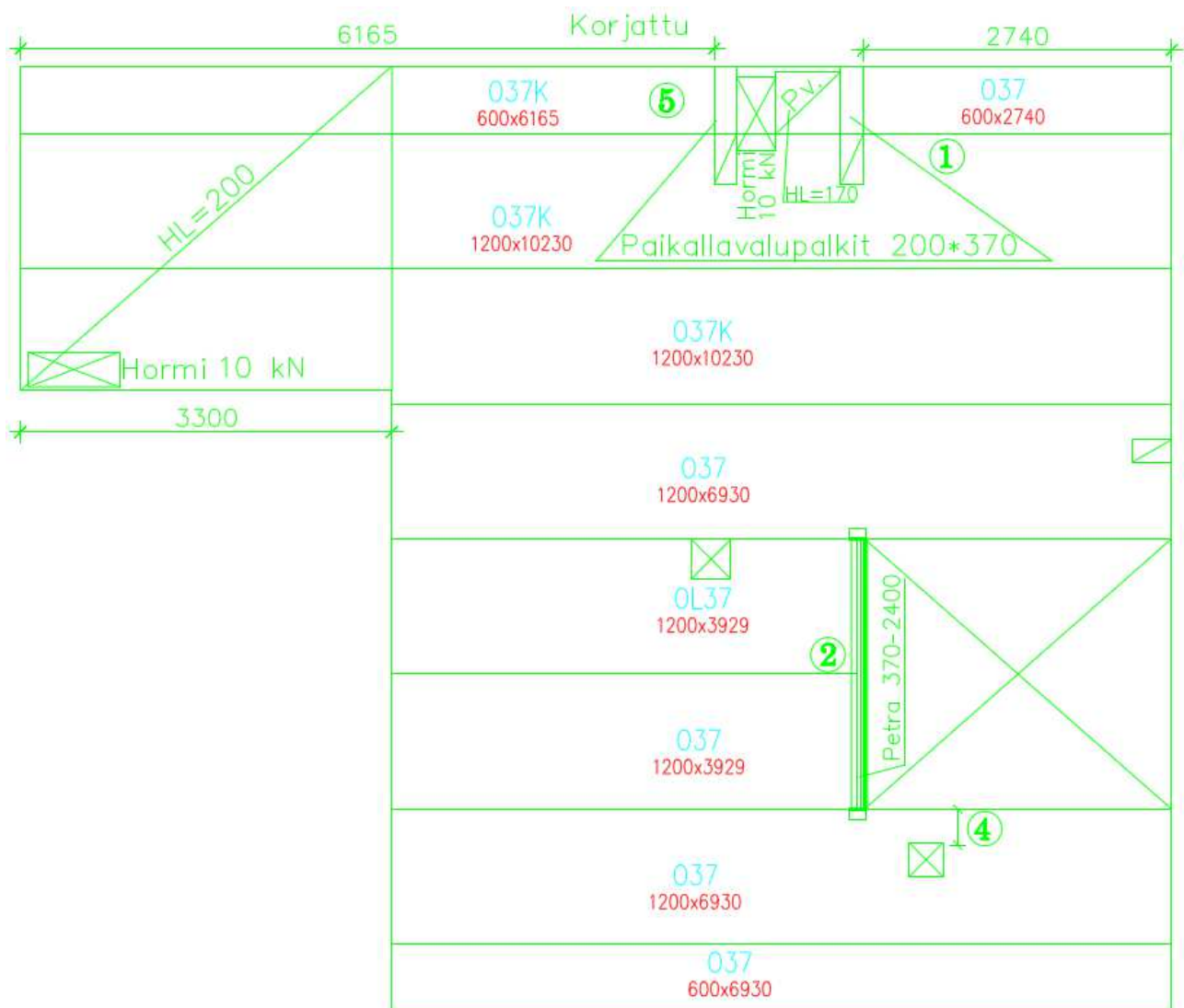
A-A, Hormin pohjasta EI kytketä kanavia
-> Reikämitoitus alemman hormin mittoihin

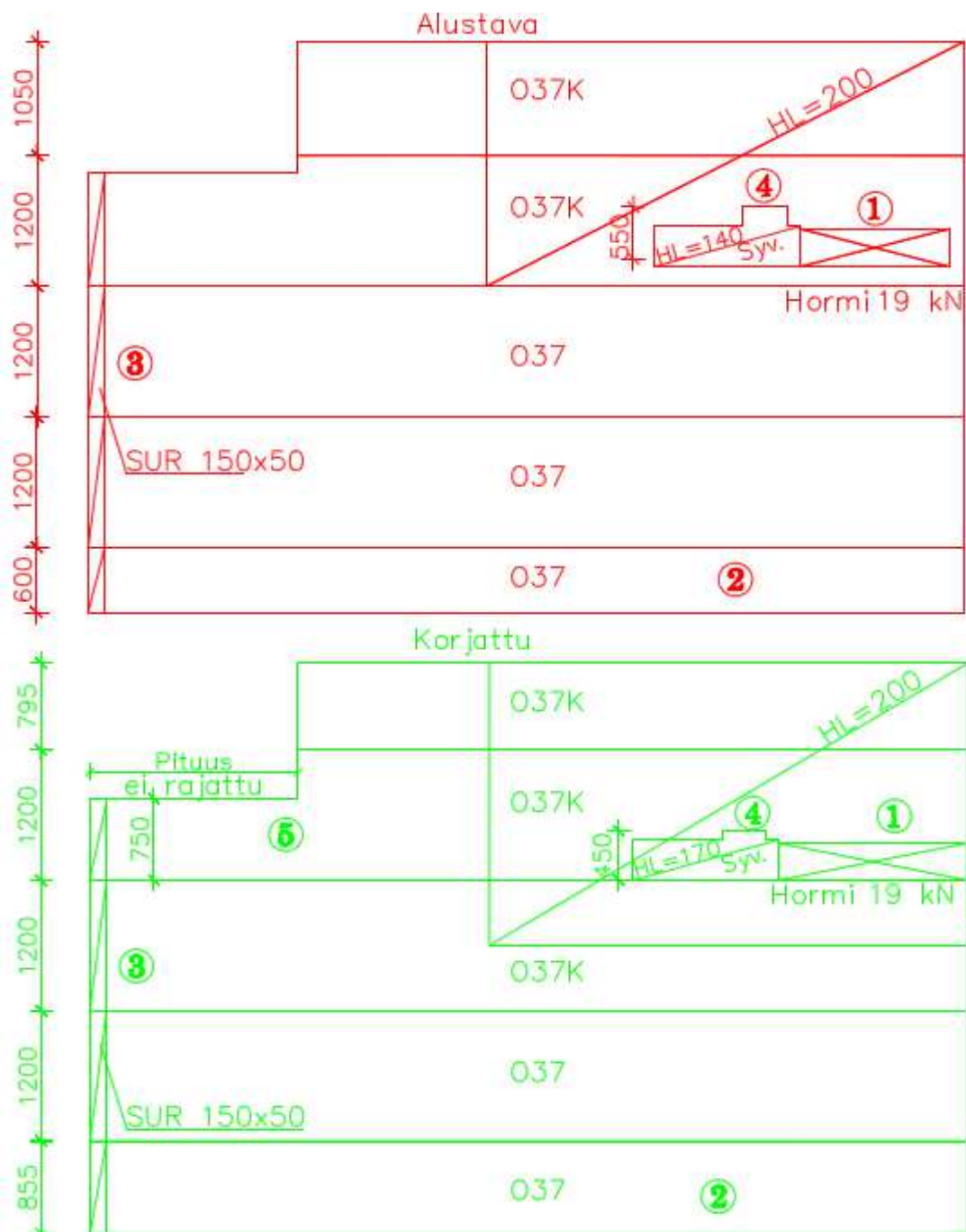


7. Esimerkkilaatastot

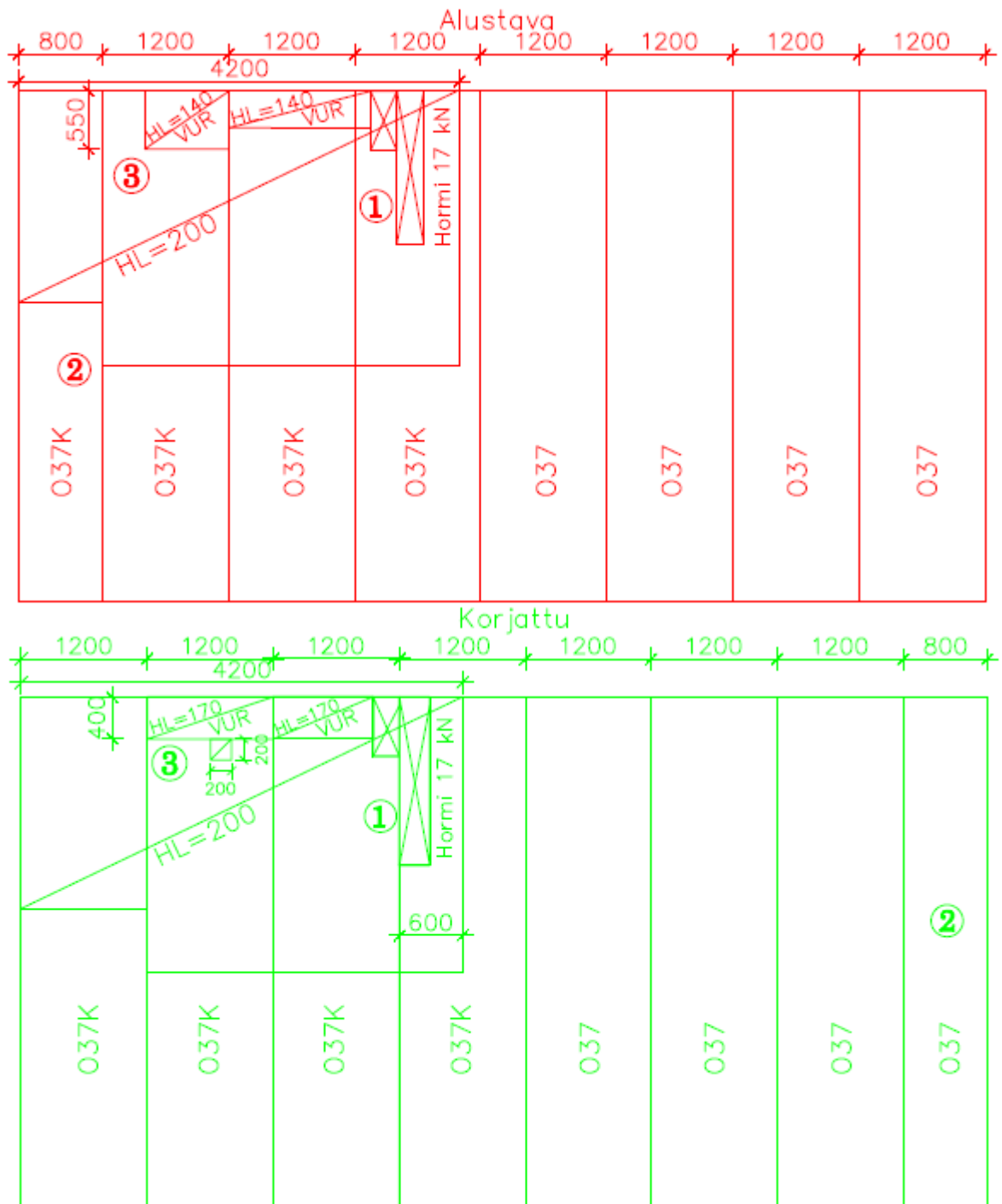


1. Alkuperäisessä suunnitelmassa hormia varten tehtävä reikä on rei'itysohjeen vastainen ja sitä ei sellaisenaan voida toteuttaa. Sijoittamalla kavennetut laatat laataston reunoille saadaan toimiva ratkaisu.
2. Paikallavalupalkkia tai teräskannaketta ei voi tukea kavennettuun laatanosaan, johon jää viisienteloisella laataalla vain kolme uumaa ehjäksi.
3. Laattojen kavennetut osuudet ovat liian pitkiä, jotta ne voisi nostaa turvallisesti. Maksimipituus kavennuksilla tulisi olla alle 2500 mm. Tämä aiheuttaa sen, että kaikki nämä kohdat täytyisi paikallavalaa työmaalla.
4. Kun käytetään paikallavalupalkkia tai ontelolaattakannaketta, täytyy varmistua siitä, että ontelolaatassa kulkee kaksi ehjää uumaa vähintään 1,5 metrin matkalla molempiin suuntiin tuentakohdasta.
5. Hormin molemmille puolille suunniteltiin paikallavalupalkit, joka tässä tapauksessa on hyvin käyttökelpoinen ratkaisu. Myös vaadittava syvennys voidaan tehdä paikallavalualueeseen.

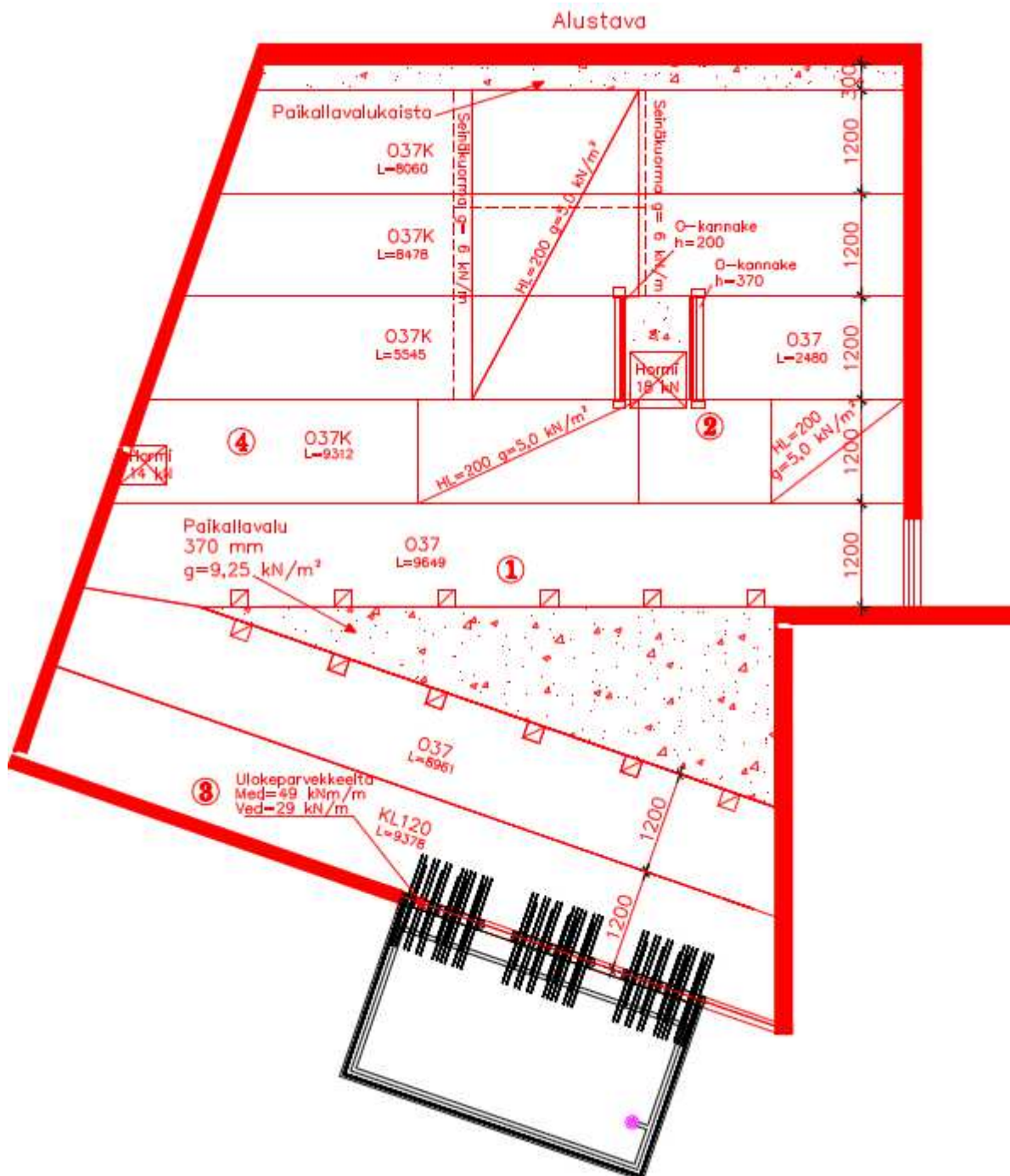




1. Kohteen elementtikylpyhuoneen takia nostokannaksia ei voida jättää reiän kohdalle työmaateknisistä syistä ja hormille tehtävä reikä on alkuperäisessä suunnitelmassa rei'itysohjeen vastainen.
2. Laataston reunoilla olevien kavennettujen laattojen leveyttä on muutettu siten, että hormin reikä, sekä viemäriura ovat rei'itysohjeen mukaiset.
3. Sähköputkivaraus tehdään laatan levyisenä, 50 mm syvänä ja 150 mm pitkänä syvennyksenä.
4. Syvennys on muutettu rei'itysohjeen mukaiseksi.
5. Laatan kavennetun pään ollessa 5 onteloisella laaatalla yli 750 mm leveä, ei nostolle ole pituusrajoituksia reiän suhteen.

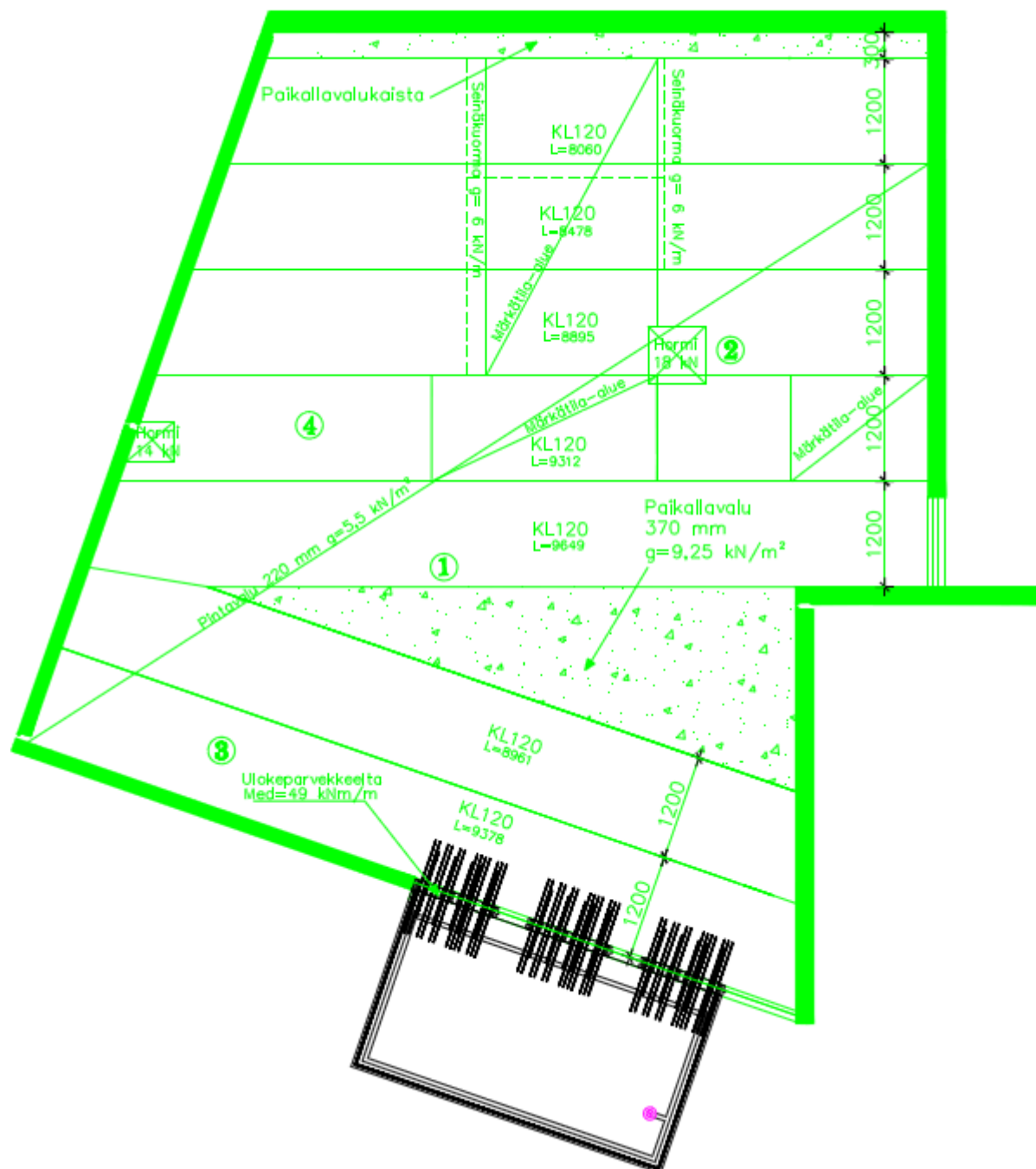


1. Kohteen elementtikylpyhuoneen takia nostokannaksia ei voida jättää reiän kohdalle työmaateknisistä syistä ja hormille tehtävä reikä on alkuperäisessä suunnitelmassa rei'itysohjeen vastainen.
2. Laattajako on muutettu siten, että kavennettu laatta on siirretty laataston toiselle reunalle. Näin saadaan hormin reiästä rei'itysohjeen mukainen.
3. Viemärointiuran pituus ja syvyys on muutettu ohjeen mukaiseksi. Viemärointiuran eteen on tehty lisäsyvennys vessanpöntön viemärilähtöä varten.



1. Näin suurta paikallavalua ei voi tukea ontelolaattojen reunaan, tämä aiheuttaa liian suuren viivakuorman ontelolaatan reunaan, kun paikallavalu ripustetaan koko painostaan siihen. Kyseinen kohta on pakko toteuttaa käyttämättä kuorilaattaa.
2. Ontelolaattakannaketta ei saa tukea katkaistulle uumalle, tässä on muutettava laattajakoa tai käyttämällä kuorilaattaa kyseisessä kohdassa.
3. Ulokeparvekkeelta tuleva pystykuorma ei saa tulla kuorilaatalle, vaan se on siirrettävä kantavalle seinälinjalle. Kuorilaatan pintavalu raudoitetaan ulokeparvekkeen aiheuttamalle vääntömomentille.
4. Näin pitkä kylpyhuonesyvennyksellä varustettu ontelolaatta ei kestä sille tulevia kuormia. Näin pitkässä ja paljon kuormitetussa kohdassa on käytettävä kuorilaattaa, jonka taivutuskapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin kylpyhuonelaatan.

Korjattu



8. Ulokeparvekkeet esivalmistetuilla teräsosilla

Ulokeparvekkeen tuennassa laatastoon on huomioitava sen vaikutus laataston reunimmaiselle laatalle. Laataston reunimmainen laatta on oltava ansaallinen kuorilaatta, jonka pintavalun raudoitus yläpinnassa on mitoitettu pituus- ja poikkisuuntaiselle vääntömomentille. Pintavalun raudoituksesta vastaa kohteen rakennesuunnittelija.

Ulokkeellisen parvekelaatan tukireaktio on aina siirrettävä suoraan alapuoliselle seinärakenteelle, sitä ei saa ottaa vastaan laatastolla. Laatasto mitoitetaan ainoastaan ulokeparvekkeesta syntyvälle momentille, ja sen suuruus on merkittävä punossuunnittelijalle toimitettavaan tasopiirustukseen.

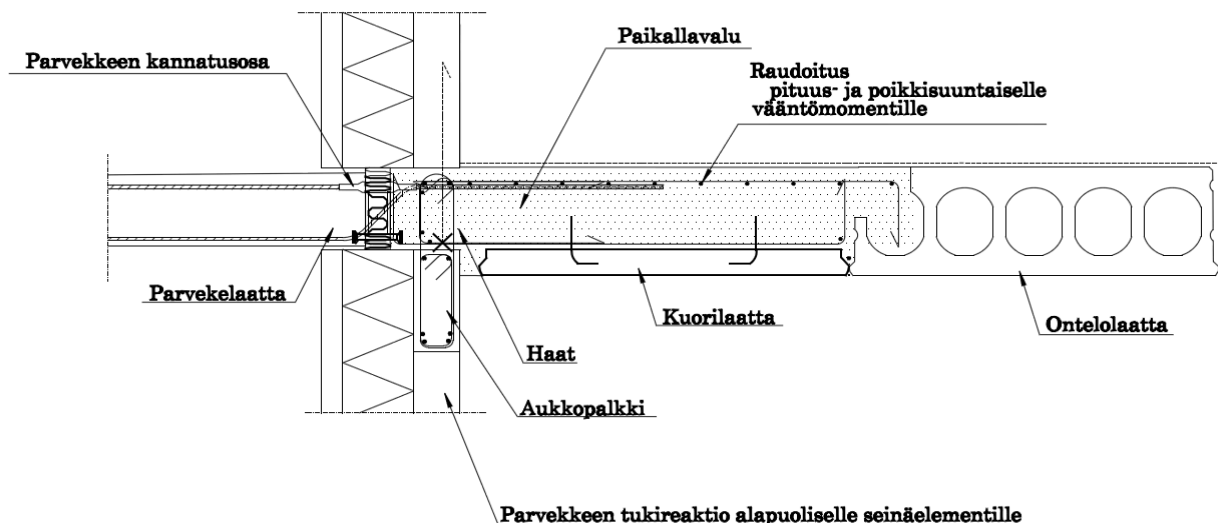
Kuorilaatan vieressä olevan ontelolaatan reunimmaista onteloa avataan siten, että kuorilaatan pintavalun raudoitus voidaan sijoittaa siihen kohteen rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Onteloa ei kuitenkaan saa puhkaista koko matkalta, koska silloin laatan turvallinen nosto paikoilleen ei ole mahdollista.

Ulokeparvekkeiden viereen tulevien kuorilaattojen osalta on huomioitava se, että kuorilaatta ottaa osan momenttirasituksesta, jolloin käytettävät jännevälit pienentyvät oleellisesti taulukoissa ilmoitetuista arvoista.

Pitkissä kuorilaatoissa joudutaan käyttämään asennuksenaikaista tuentaa, jolloin asennustuet kuormittavat alapuolista laatastoa tältä kohdalta. Alapuolisen laataston kesto täytyy varmistaa punossuunnittelijalta, varsinkin jos alapuolisessa laatastossa on alemmassa kerroksessa samassa kohdassa käytetty ontelolaattaa. Punossuunnittelijalle tulevaan tasokuvaan on merkittävä aina mahdollisten asennusaikaisten tukien kuormat sekä kuormituspaikat, jotta laatasto osataan mitoittaa kestäämään asennuksenaikaisen kuorman.

Ulokeparvekkeet on tuettava vähintään siihen asti, kunnes pintavalu on kovettunut. Kohteen rakennesuunnittelija tekee vaadittavan tuentasuunnitelman sekä ulokeparvekkeiden, että kuorilaattojen osalta.

Alla on esitetty periaateratkaisu parvekelaatan kannattelusta teräsosalla, sekä vääntöraudoituksen periaatteesta.

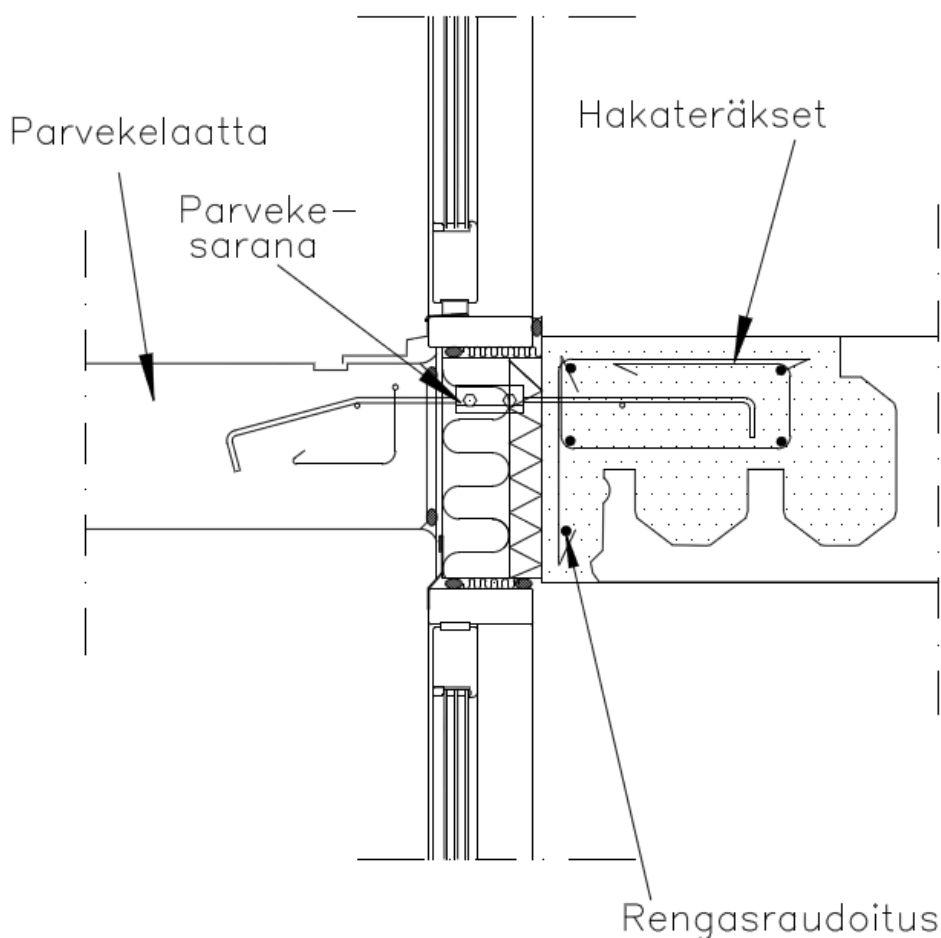


9. Parvekesarana

Parvekesarana on vähintään yhdellä nivelellä varustettu teräsosa, joka siirtää siihen kohdistuvia vaakakuormia mutta sallii pystysuuntaiset liikkeet. Näin pakkoliikkeistä ei aiheudu taivutusrasituksia siteeseen.

Parvekkeelle tulevat vaakavoimat koostuvat pääasiassa tuulikuormista. Tuulikuormat täytyy voida siirtää välipohjatasoon, josta aina perustuksille asti. Parvekesaranaratkaisua käytetään varsinkin niissä tapauksissa, joissa pilarit ja parvekepielet ovat rakennuksesta erillään olevia rakennusosia.

Saranat asennetaan parvekelaattoihin elementtejä valmistettaessa. Teräsosien vapaat päät juotetaan ontelolaattoihin tehtäviin koloihin laattojen asennuksen yhteydessä. Parvekesaranoiden betonoinnin ja ankkurointitarpeen ja tavan määrittää kohteen rakennesuunnittelija.



10. Palolaatat ja eristetyt ontelolaatat

10.1 Palolaatat

Normaalisti ontelolaatat suunnitellaan paloluokkaan REI60. Ontelolaattojen paloluokkaa voidaan korottaa käyttämällä palolaattoja, joiden jänneterästen suojabetonipaksuus on yleensä suurempi kuin normaalien ontelolaattojen. Tästä syystä johtuen laattojen tehollinen korkeus jää pienemmäksi ja siksi laattojen kapasiteetti pienenee jonkun verran normaaleihin laattoihin verrattuna. Jos paloeristettyjen laattojen tarve kohteessa on pieni, suositellaan käytettäväksi kustannussyistä laatan alapuolista palosuojausta. Palolaatoilla päästään paloluokkiin REI90 ja REI120. Tarvittaessa suurempiin paloluokkiin päästään käyttämällä palolaattojen sekä alapuolisen paloeristysten avulla.

Mineraalivillasuojausta kannattaa käyttää erityisesti silloin, jos siitä on hyötyä ääni- tai lämpöteknisestä syystä. Mineraalivillalevyt kiinnitetään ontelolaattaan joko mekaanisesti tai palonkestävällä liimalla eristevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Mekaaninen kiinnitys vaaditaan aina kun eristeen paksuus ylittää 50 mm.

Käytettäessä palolaattoja, on mainittava siitä selkeästi tasopiirustukseen tuleviin laattatunnuksiin sekä valmistajalle toimitettaviin ontelolaattojen lappukuviin. Pelkkä maininta paloluokasta nimiön yläpuolisessa tekstikentässä ei riitä!

10.2 Eristetyt ontelolaatat

Ontelolaattoja valmistavat tehtaat tekevät tarvittaessa ontelolaattoja myös eristettyinä. Valmistajat voivat käyttää tiettyä vakioeristettä ja paksuutta, siksi on tarkastettava tehtailta tiettyjen eristelaattojen ja paksuuksien saatavuus ja toimitusaika.

Eristelaattoihin rakennesuunnittelija merkitsee eristeen poistot tarvittaessa ja on huolehdittava siitä, että eristeen poisto on laatan päistä vähintään tukipituus + 20 mm, jotta asennusaikana varmasti saavutetaan riittävä tukipituus. Tukireikien kohdalla rakennesuunnittelija määrittää alueen, jolta eriste poistetaan. Normaalien reikien kohdalla eristettä ei poisteta, ellei lappukuvissa ole siitä erikseen mainintaa. Lappukuviin on aina merkittävä eristeen paksuus sekä käytettävä eristetyyppi.

11. Ontelolaatan pistekuormakestävyys

Laatan pistekuormakapasiteetti kN			
Ei pintabetonia		Punosjännitys 1000 N/mm ²	
Laattatyyppi	Kuorma Ø 50 mm	Kuorma Ø 100 mm	Kuorma Ø 200 mm
O20	12	24	
O27	17	35	
O32		21	45
O37		55	65
O40		35	55
O50		60	70

Taulukossa on ilmoitettu käyttörajatilan pistekuorman arvot (kN) ilman pintabetonin vaikutusta. Pintabetoni ontelolaatan päällä parantaa ontelolaatan kapasiteettia, koska kuorma jakaantuu suuremmalle alueelle ja sillä on itsellään myös oma pistekuormakapasiteetti. Lasketut arvot ovat voimassa pelkästään laatoille, joissa ei ole varauksia tai reikiä, ja pistekuorma sijaitsee sellaisessa kohdassa, että kokonaisankkurointipituus jänteille on saavutettu. Pintalaatan oman pistekuormakapasiteetin määrittää tarvittaessa kohteen rakennesuunnittelija, joka vastaa myös pintalaatan raudoituksesta. Pintabetonin omaa pistekuormakapasiteettia määrittäessä on huolehdittava siitä, ettei pistekuorma tule suoraan ontelolaatan päälle, vaan pintabetonille. Nämä arvot pätevät vain, jos ontelolaattojen kantokyky ei taivutusmomentin tai vaikuttavan leikkausvoiman suhteen ylity.

Pienipintaisten pistekuormien (jos pistekuorman halkaisija on pienempi kuin puolet ontelon leveydestä), tulee varmistua siitä, että kuorma jakaantuu vähintään yhdelle uumalle. Pistekuormien tapauksessa on suositeltavaa käyttää teräslevyjä kuorman jakamiseen vähintään kahdelle laatan uumalle.

12. Ontelolaataston pituussuuntainen viivakuormakestävyys

Ontelolaataan kohdistuvat kuormat jakautuvat ontelolaatalta viereiselle ontelolaatalle, joka aiheuttaa pystysuuntaisia leikkausvoimia ontelolaattojen väliseen saumaan ja sen molemmille puolilla oleviin elementteihin. Ontelolaatan pituussuuntaisten saumojen leikkauskestävyys riippuu sekä sauman, että elementtien ominaisuuksista.

Saumojen leikkauskestävyys, joka esitetään viivakuormana, on pienempi seuraavista arvoista: Ontelolaatan kannaksen kestävyys tai ontelolaattojen välisen pituussuuntaisen sauman kestävyys. Kannaksen kestävyys vaikuttaa elementtien betonin vetolujuus ja ylä- ja alakannaksen ohuimpien kohtien paksuuksien sekä skaalatun pintabetonin paksuuden summa.

Ontelolaattojen välisen sauman kestävyys vaikuttavat pintabetonin sekä saumabetonin vetolujuus sekä niiden korkeus.

Ontelolaatan pituussuuntaiseen viivakuormakestävyyteen vaikuttaa myös laattojen poikkisuuntainen taivutuskestävyys. Viiva- ja pistekuormat aiheuttavat laattoihin poikittaista jännitystä ja koska

ontelolaatoissa ei ole poikkisuuntaista raudoitusta ja tästä syystä johtuen tulee vetojännityksiä betonissa rajoittaa. Poikittaisen taivutusmomentin suuruuteen vaikuttaa olennaisesti laatan pituus.

Alla olevassa taulukossa on ilmoitettu ominaisarvot sallituille viivakuormille laataston keskellä eri laattatyypeille erilaisilla laatan pituuksilla.

Ontelolaatan viivakuormakestävyys kN/m				Viivakuorma laataston keskellä Ei pintavalua		
Saumavalu C20/25						
Laatan pituus	O20	O27	O32	O37	O40	O50
4000 mm	13	24	21	33	24	27
6000 mm	10	22	21	33	24	27
8000 mm	8	18	20	33	24	27
10000 mm		15	17	29	24	27
12000 mm			15	25	21	27
14000 mm				22	19	27
16000 mm					17	24

Ontelolaatan viivakuormakestävyys kN/m				Viivakuorma laataston reunassa Ei pintavalua		
Saumavalu C20/25						
Laatan pituus	O20	O27	O32	O37	O40	O50
4000 mm	6	12	10	16	12	13
6000 mm	4	10	10	16	12	13
8000 mm	3,5	8	9	16	12	13
10000 mm		7	8	13	12	13
12000 mm			7	11	10	13
14000 mm				10	9	13
16000 mm					8	11

Näitä viivakuorman arvoja käytettäessä on huolehdittava siitä, ettei laattojen kantokyky muuten taivutusmomentin tai leikkauskestävyyden suhteen ylitä.

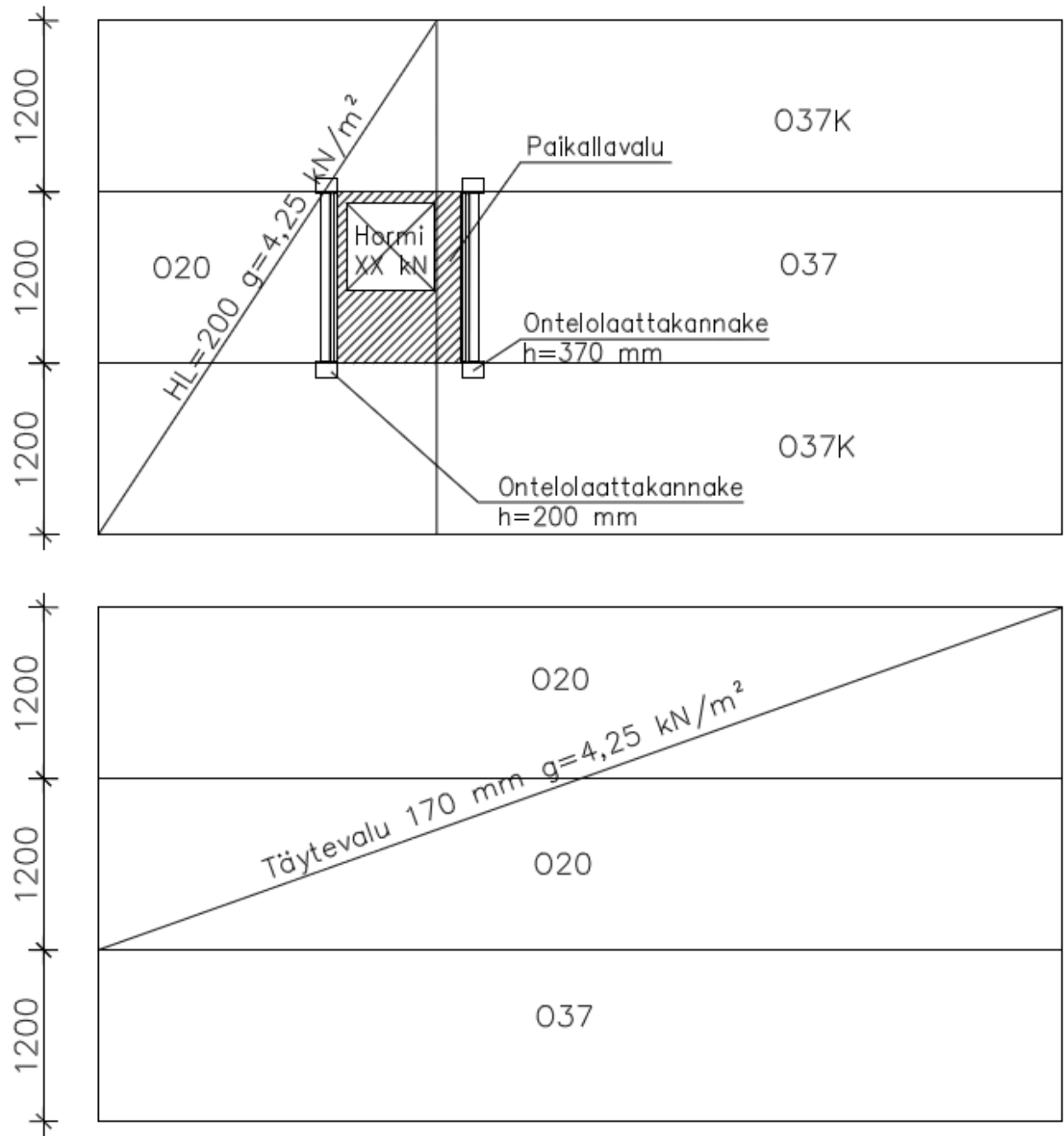
Saumavalun betonilujuutta ei ole tarpeen nostaa suuremmaksi kuin C25/30, koska siitä ei saada mitään hyötyä laataston viivakuormakestävyyteen. Näissä tapauksissa mitoittavammaksi tapaukseksi tulee aina ontelolaattojen kannasten kestävyys. Ontelolaattojen saumavalussa on käytettävä kuitenkin vähintään C20/25 – lujuusluokan betonia.

Jos ontelolaatan ja pintalaatan väliin on suunniteltu eriste, liittovaikutusta ei voida hyödyntää ja on käytettävä sallittuja arvoja, joissa pintavalun vaikutusta ei ole huomioitu. Matalin pintalaatta, joka toimii tarpeeksi luotettavasti liittorakenteena, on vähintään 40 mm.

13. Märkätila-alueet

Laatastossa märkätilojen suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Laataston suunnitteluun vaikuttaa suuresti käytettävä jänneväli, märkätila-alueen sijainti ja koko, laatastoihin tehtävät suuremmat reiät (esim. hormin vaatima reikä) ja se, käytetäänkö elementtikylpyhuonetta vai tehdäänkö kylpyhuone työmaalla. Märkätila-alueet voidaan suunnitella kolmella erilaisella tavalla:

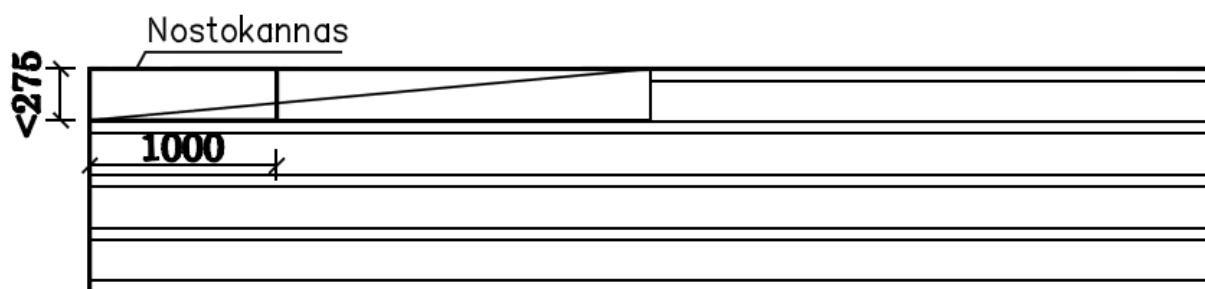
1. Käyttämällä ontelolaattavalmistajien valmistamia K-laattoja
2. Käyttämällä kuorilaattaa, jonka paikallavalettaavan osaan viemäriverdot tehdään
3. Käyttämällä eri korkuisia laattoja märkätila-alueen kohdalla
 1. Ontelolaattavalmistajien käyttämät K-laatat, eli kylpyhuonelaatat mahdollistavat talotekniikan ja kallistusvalujen tekemisen laattoihin. Vakiokolousten syvyys O27K-laatassa on 90 mm:ä, O32K-laatassa 120 mm ja O37K-laatassa 170 mm. Kylpyhuonesyvennys tehdään laattaan koneellisesti joko 600 mm tai 1200 mm leveänä. Kylpyhuonelaattojen osalta on huomioitava se, että kolous heikentää laatan kapasiteettia huomattavasti. Kapasiteetti laskee sitä enemmän, mitä pitempi ja mitä keskeemmällä jänneväliä kolous on. Kylpyhuonelaattojen osalta on huomioitava niihin oleellisesti liittyvien elementtihormien kuormitus laatalle ja tasopiirustukseen onkin aina ilmoitettava kun kyseessä on elementtihormi ja sen aiheuttama kuormitus laatastolle.
 2. Kuorilaattaa voidaan käyttää tilanteissa joissa ei haluta tai ei pystytä käyttämään K-laattaa, esimerkiksi suuren kuormituksen, pitkän jännevälin tai jonkin muun syyn takia. Kuorilaatan täytevaluun valetaan vaadittava talotekniikka ja kallistusvalut. Kuorilaattaa käytettäessä on huolehdittava siitä, että sille suoritettava täytevalu suoritetaan kerralla kokonaan ylös asti. Täytevalun suorittaminen useammassa kuin yhdessä osassa on ehdottomasti kielletty.
 3. Kaikki ontelolaattavalmistajat eivät tee K-laattoja, tästä syystä johtuen käytäntö voi eri laattavalmistajien kohdalla vaihdella hiukan. Eri korkuisia ontelolaattoja voidaan käyttää kylpyhuoneiden kohdalla kahdella tavalla: Joko tehdään kaikki osat, joissa tarvitaan kylpyhuoneeseen talotekniikkaa muuta laatastoa matalammalla O20-laatalla, joiden päälle pintavaluun sijoitetaan vaadittava talotekniikka. Muuta laatastoa matalampia laattoja voidaan myös käyttää suurien horminreikien yhteydessä. Tällöin laatta hormin kohdalta katkaistaan ja tuetaan viereisiin laattoihin ontelolaattakannakkeilla. Hormin jälkeen jatketaan O20-laatalla, jonka pintavaluun vaadittava talotekniikka saadaan sijoitettua. Näissä tilanteissa on huomioitava O20-laattojen kapasiteetti, koska täytevalut kuormittavat O20-laattoja ja mahdolliset elementtihormit voivat estää näiden laattojen käytön varsinkin pitkillä jänneväleillä.



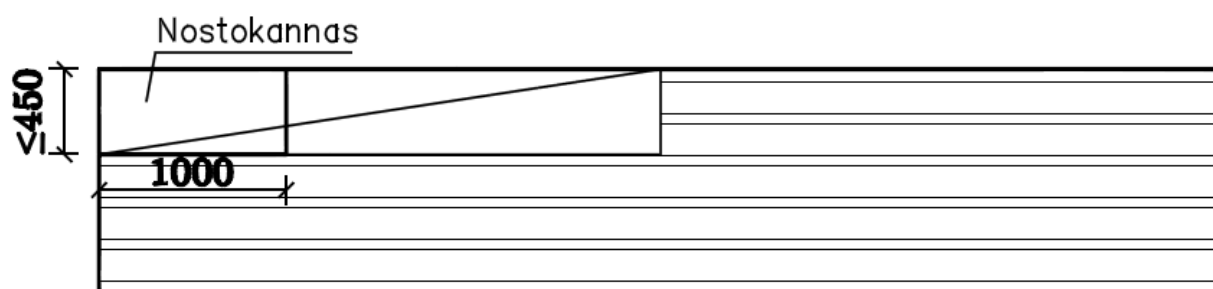
13.1 Kylpyhuonesyvennyks ontelolaatan reunassa

Jos kylpyhuonesyvennyksen tarve ontelolaatan reunassa ulottuu vain reunaonteloon, kannattaa se ehdottomasti tehdä normaalina laattana eikä kylpyhuonelaattana. Alla olevissa kuvissa on merkitty näiden syvennyksien maksimileveydet sekä 4- ja 5-onteloisille ontelolaatoille. Tällöin ontelolaatasta poistetaan syvennyksen osalta vain yläkannas sekä ontelolaatan sivu ja pohjan valu suoritetaan samassa yhteydessä kuin ontelolaataston saumavalu. Laattoihin jätetään tällöin metrin mittainen nostokannas laatan päähän, jotta laatta voidaan nostaa nostosaksilla normaalisti. Nostokannas saadaan poistaa työmaalla laataston saumavalun kovetettua.

Ontelolaatassa 4 onteloa



Ontelolaatassa 5 onteloa



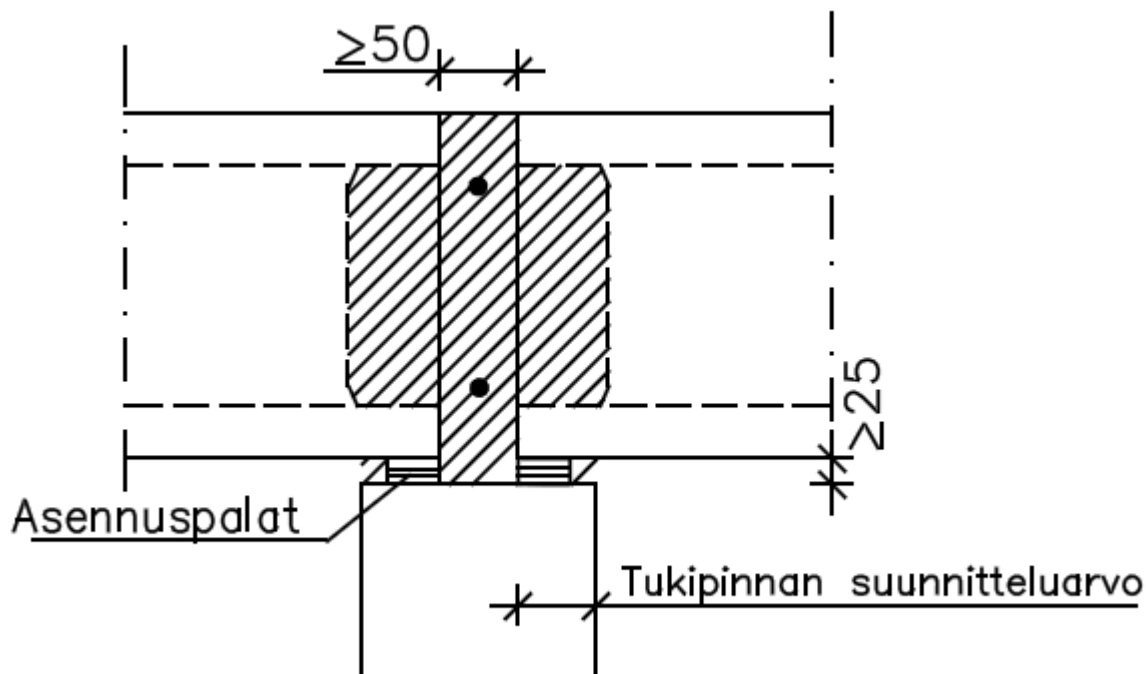
14. Tukipinnat

Tukipintojen suunnitteluun tulee käyttää erityistä huolellisuutta ja tehokkaan tukipinnan määrittäminen vaihtelee sen mukaan, minkä alustan päälle ontelolaattoja asennetaan. Alla olevassa taulukossa on ilmoitettu tukipintojen suunnitteluarvot ja tukipintojen minimiarvot asennustilanteessa. On huomattava, että asennusaikaisen tukipinnan minimiarvot ovat määritetty pelkästään ontelolaattojen kestävyysolosuhteiden osalta eivätkä ne ota kantaa alapuolisen kantavan rakenteen kestävyysolosuhteisiin. Kohteen rakennesuunnittelijan tehtävä on varmistaa alapuolisen kantavan rakenteen kestävyys.

Laattatyyppi	Tukipinnan suunnitteluarvo	Tukipinnan minimipituus asennuksessa
O18	60 mm	40 mm
O20	60 mm	40 mm
O27	60 mm	40 mm
O32	60 mm	40 mm
O37	60 mm	40 mm
O40	100 mm	80 mm
O50	100 mm	80 mm

14.1 Ontelolaatat kantavan betoniseinän varaan

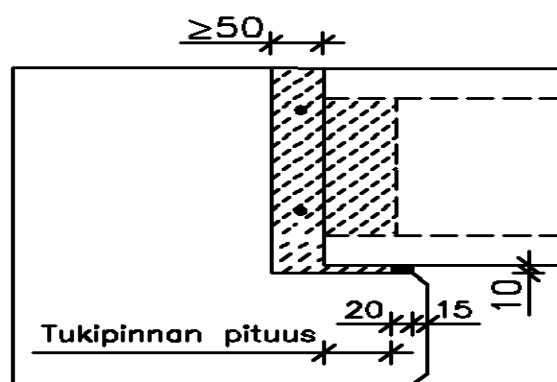
Betonisten seinien varaan tukeutuvat laatat asennetaan korokepalojen varaan. Ontelolaatan ja alapuolisen rakenteen väliin jäävä rako valetaan umpeen saumavalun yhteydessä. Jälkivalua varten on jätettävä vähintään 20 mm korkea asennusväli, mieluiten 30 mm korkea, jotta varmistetaan riittävä saumabetonin pääsy ontelolaatan alle. Asennusvälin suosituskorkeus on vähintään 25 mm.



14.2 Ontelolaatat betonisten leukapalkkien varaan

Käytettäessä betonisia leukapalkkeja, kannattaa ontelolaattojen asennuksessa käyttää neopreeninauhaa laattojen tukipinnoissa. Elementtirakenteisten rakenteiden pinnat ovat yleensä riittävän sileäpintaisia, jotta neopreeninauhaa voidaan käyttää. Neopreeninauhan suosituspaksuus on 10 mm ja tätä matalampia neopreeninauhoja ei kannata käyttää, jotta varmistetaan riittävä juotosbetonin tunkeutuminen ontelolaattojen alle. Suositeltu neopreeninauhan leveys asennettaessa leukapalkeille on 20 mm.

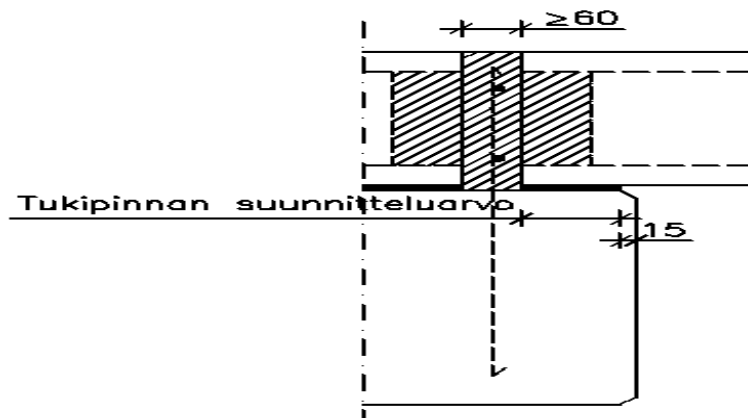
Tehollisen tukipinnan mitta alkaa vasta neopreeninauhan jälkeen sille alueelle, jolle juotosbetoni tunkeutuu ontelolaatan alle ja tämä tulee ottaa huomioon ontelolaattojen tukipintaa mitoittaessa. Lisäksi on otettava huomioon elementtipalkkien normaali viiste 15 mm, joka ei ole ontelolaatan tukipintaa. Rengasvalulle on varattava tilaa vähintään 50 mm. Ontelolaattojen leikkauskestävyyden parantamiseksi taipuisalla tuella ontelolaatan tukipinnan suunnitteluarvoa tulisi kasvattaa 20 mm:llä.



14.3 Ontelolaatat betonisen suorakaidepalkin varaan

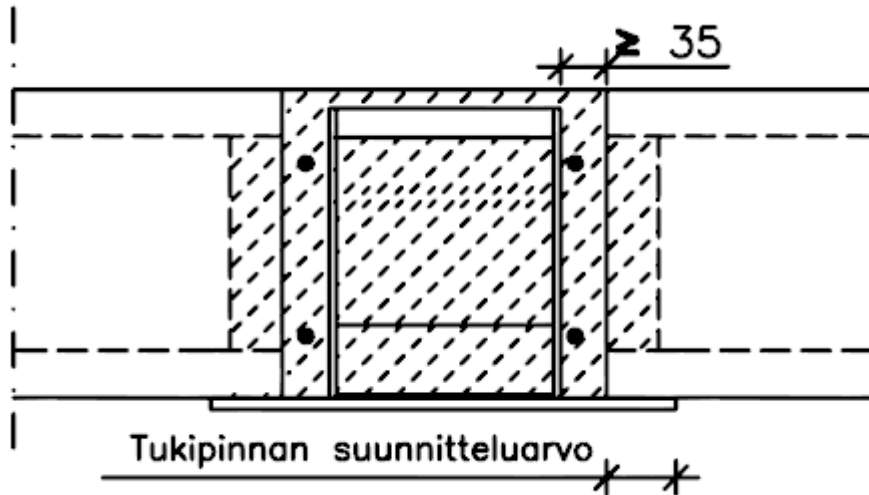
Betonisten suorakaidepalkkien päälle asennettaessa suositellaan käytettäväksi leveitä neopreeninauhoja. Leveillä neopreeneilla vähimmäispaksuus on oltava vähintään 5 mm. Neopreeninauhan leveys on valittava siten, että ontelolaatta tukeutuu neopreenin varaan vähintään tukipinnan suunnitteluarvon verran. On huomattava, että palkin viiste ja alue ennen neopreenin alkamista ei ole ontelolaatan tukipintaa. Ontelolaattojen leikkauskestävyyden parantamiseksi taipuisalla tuella ontelolaatan tukipinnan suunnitteluarvoa tulisi kasvattaa 20 mm:llä.

Suorakaidepalkeilla voidaan myös käyttää leukapalkkitapauksessa esitettyä kapeampaa 20 mm leveää neopreeninauhaa samoilla periaatteilla kuin yllä esitetty, neopreenin korkeuden on tällöin oltava vähintään 10 mm.



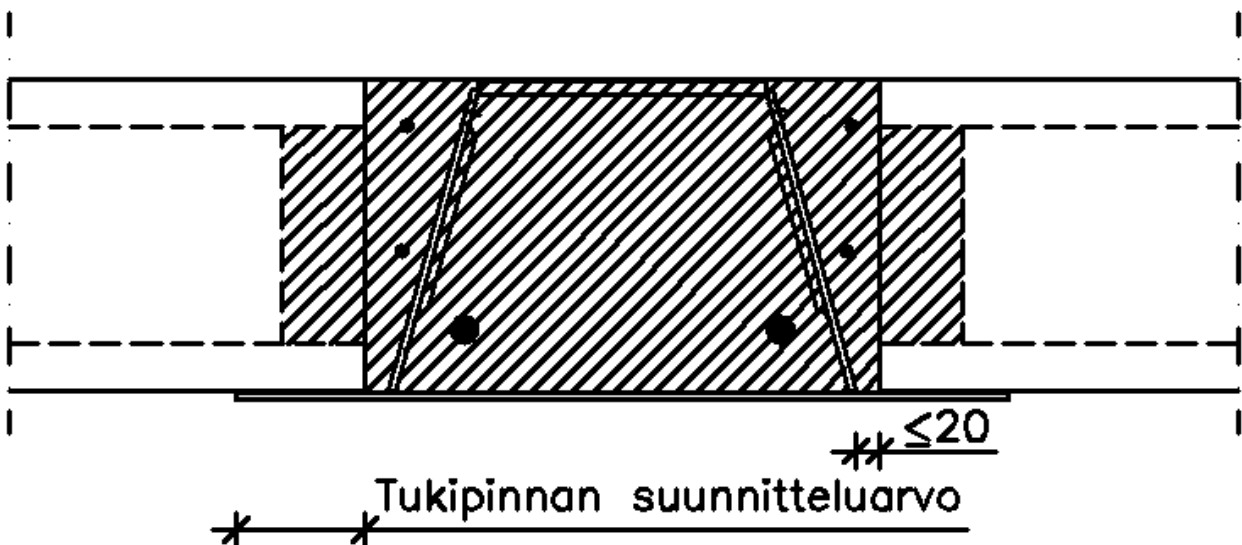
14.4 Ontelolaatat HQ-palkkien varaan

Kun ontelolaattoja asennetaan teräksestä valmistettujen HQ-palkkien päälle, ei asennuksessa saa käyttää neopreeninauhaa eikä asennuspaloja, koska palkkien alalaippaa ei ole mitoitettu sille, vaan ontelolaatat asennetaan suoraan alalaipan päälle. Ontelolaattojen leikkauskestävyyden parantamiseksi taipuisalla tuella ontelolaatan tukipinnan suunnitteluarvoa tulisi kasvattaa 20 mm:llä.



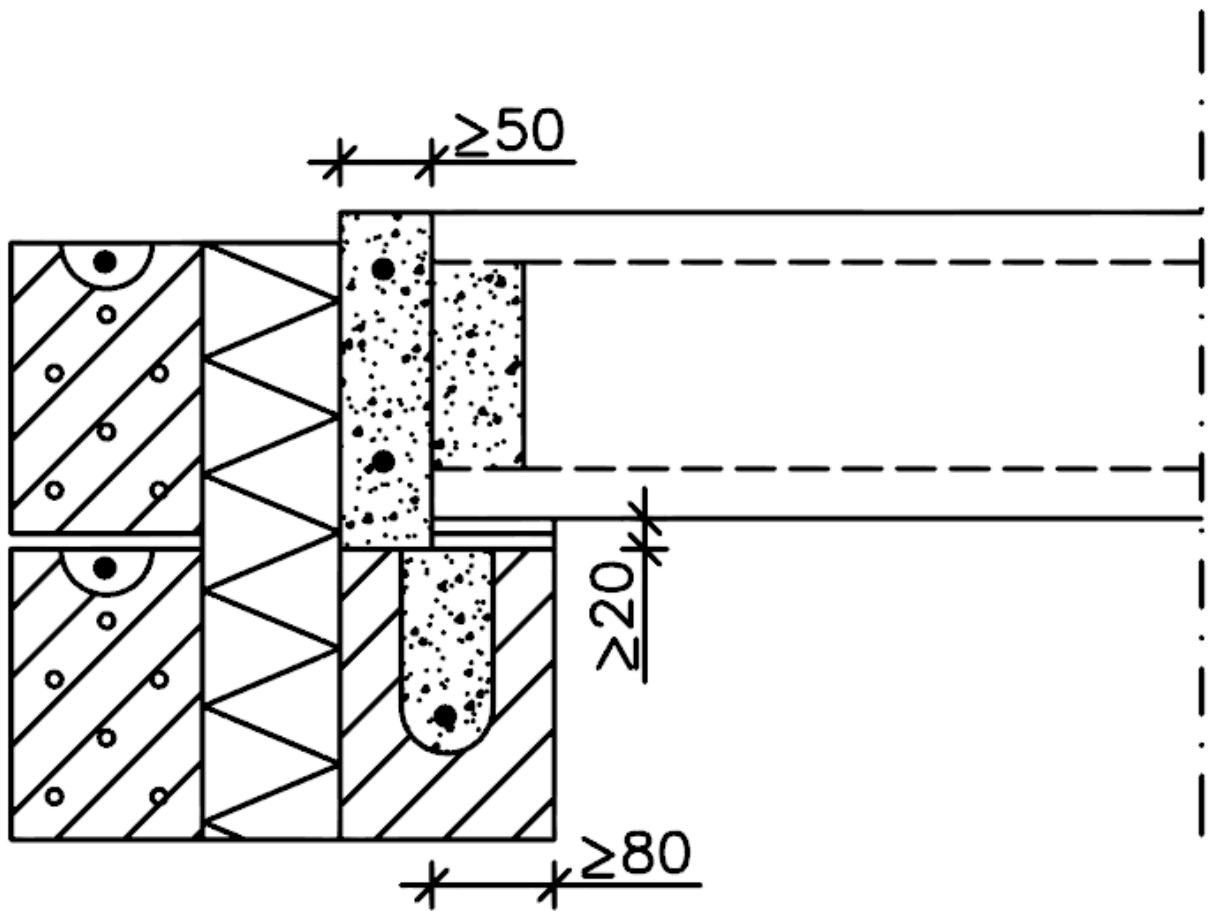
14.5 Ontelolaatat teräs-betoniliittopalkkien varaan

Kun mitoitetaan tukipintaa ontelolaatoille teräs-betoniliittopalkkeille, ei asennuksessa saa käyttää neopreeninauhaa tai asennuspaloja. Tukipituutena ontelolaatan leikkauskestävyyden kannalta tukipinnan suunnitteluarvoa kasvatetaan 20 mm:llä johtuen taipuisan tuen vaikutuksesta ontelolaattojen leikkauskestävyyteen. Palkkivalmistajien sivuilla on esitetty tarkemmat detaljit, joissa palkkien alalaippojen leveydet ja siten myös ontelolaattojen tukipituus vaihtelevat palkkityypeittäin. On huomattava, että palkkien alalaipat mitoitetaan palkkien käyttöohjeissa esitettävän ontelolaatan tukipituuden mukaisesti ja näitä arvoja pienempien tukipituuksien käyttö vaikuttaa sekä palkin, että ontelolaatan kestävyys. Tukipituus palkkivalmistajan ohjeista huolimatta ei saa alittaa missään tapauksessa ontelolaattojen tukipinnan suunnitteluarvoa.



14.6 Ontelolaatat kevytsoraharkkoseinien varaan

Normaaleista tukipinnan suunnitteluarvoista poiketen asennettaessa ontelolaattoja kevytsoraharkkorakenteisten rakenteiden varaan on huolehdittava siitä, että tukipituus on ontelolaatoille vähintään 80 mm, joka on myös tukipinnan minimipituus laattoja asennettaessa. Kevytsoraharkkojen paikallinen kestävyys on pieni ja käytettäessä asennuspaloja tukevan rakenteen paikallinen kestävyys voi tulla määrääväksi tekijäksi. Ontelolaattoja ei saa asentaa suoraan lämpöeristettyjen normaalien kevytsoraharkkojen päälle, vaan on ehdottomasti käytettävä palkkiharkkoja. Asennuspalojen kooksi suositellaan vähintään 80 * 80 mm² ja paksuudeksi vähintään 20 mm, jotta varmistetaan juotosbetonin pääsy riittävällä varmuudella ontelolaatan alle. Kohteen rakennesuunnittelijan on tarkistettava harkkorakenteen paikallinen pistekuormakestävyys laattojen asennustilanteessa.



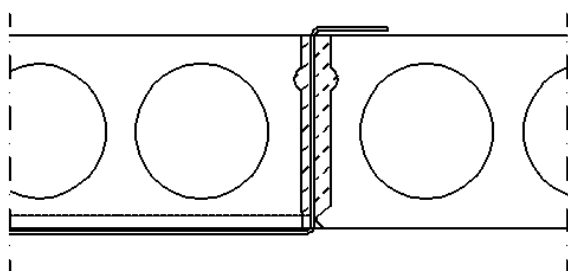
125

15. Ontelolaattakannakkeen käyttö

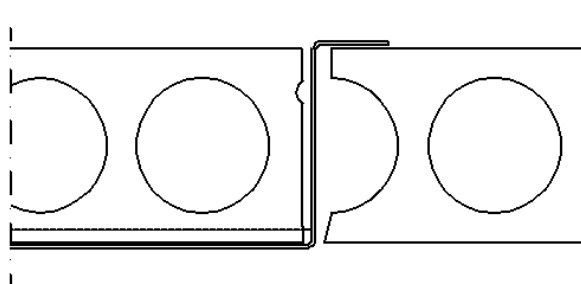
Ontelolaattakannaketta käytetään lyhennettyjen laattojen tukemiseen ontelolaatastossa suurten aukkojen kohdalla ja se siirtää ontelolaatan kuorman viereisille ontelolaatoille tai muille kantaville rakenteille sekä jäykistää laataston reiän kohdalta. Ontelolaattakannake mahdollistaa laataston kaikkien laattojen asentamisen yhdellä kertaa sekä vähentää tarvetta työnaikaisen tuennan järjestämiselle verrattuna paikallavalupalkkiin. Ontelolaattakannakkeen kestävyys varmistaa kohteen rakennesuunnittelija ja tämä tulee tarkastaa erityisesti aina kun: laatan jänneväli on pitkä, laataston kuormitus on normaalia suurempi, ontelolaattakannakkeen vaikutusalueelle vaikuttaa piste- tai viivakuormia tai kun ontelolaattakannaketta mitoitetaan dynaamisille kuormille.

Ontelolaattakannake tulee tukea mielellään aina 1200 mm leveille ontelolaatoille. Jos ontelolaattakannake joudutaan kuitenkin tukemaan kavennetulle laatalle, on huolehdittava siitä, että kannakkeen ylälaipan sivulevy tukeutuu ontelolaatan ehjälle reunalle alla olevan periaatekuvan mukaisesti.

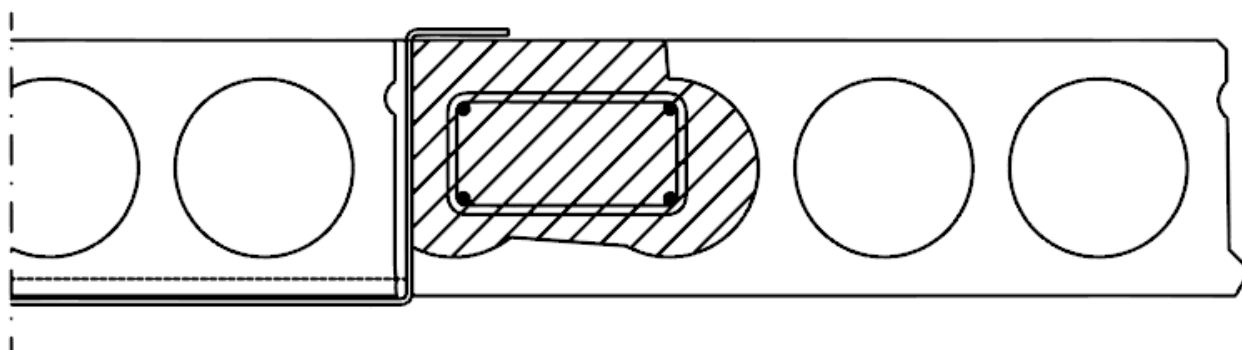
Näin

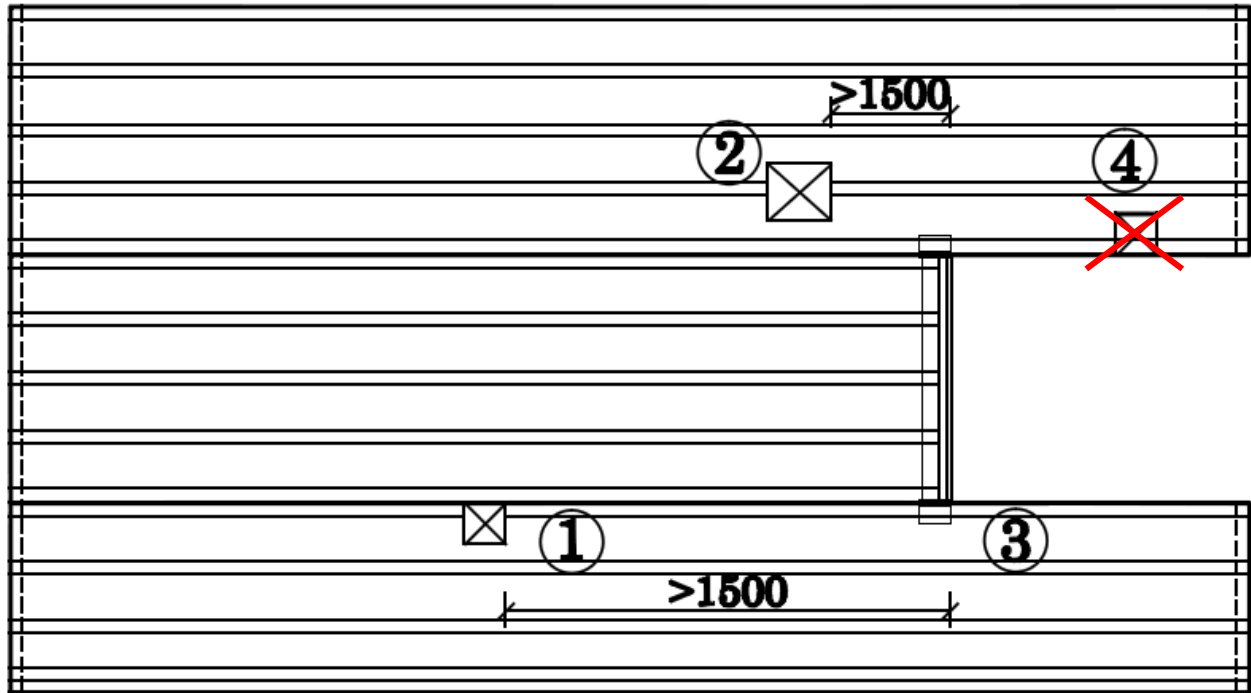


Ei näin

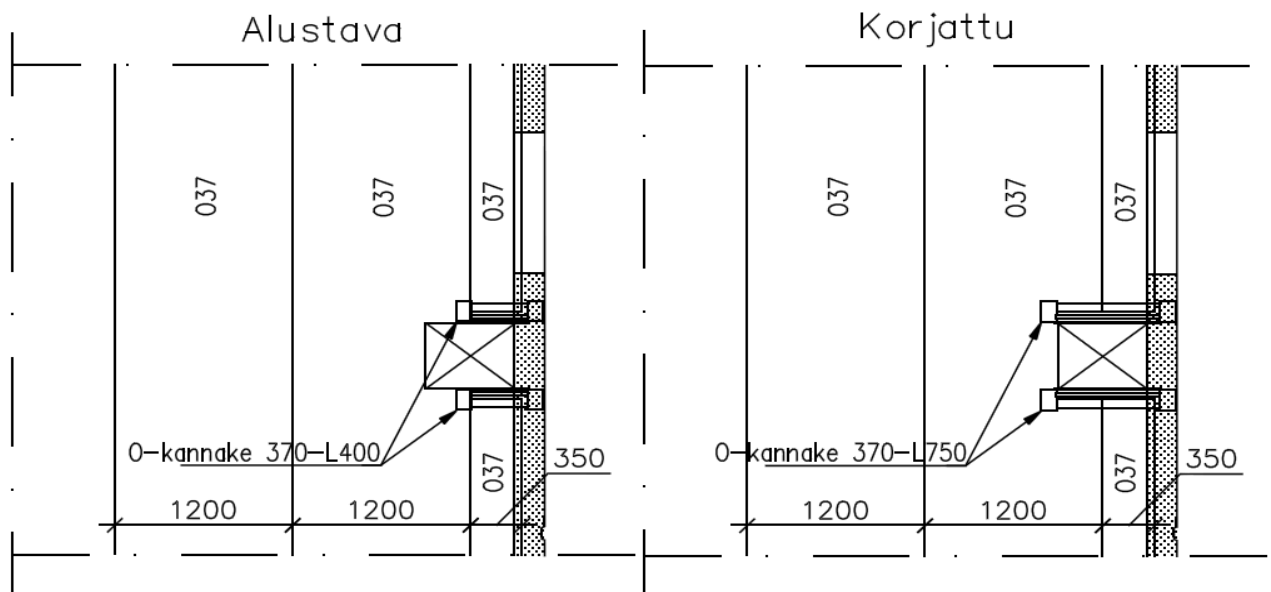


Jos jostain syystä kavennettua ontelolaattaa käytettäessä kannaketta ei voi tukea laatan ehjälle reunalle niin ontelolaatasta on aukaistava toinen ontelo ja valettava alla olevan periaatekuvan mukainen palkkirakenne laatan sisään. Ontelolaattakannaketta ei voida tässä tapauksessa asentaa ennen kuin valettu betoni on saavuttanut rakennesuunnittelijan määrittelemän lujuuden tai vastaavasti on käytettävä työnaikaista tuentaa.

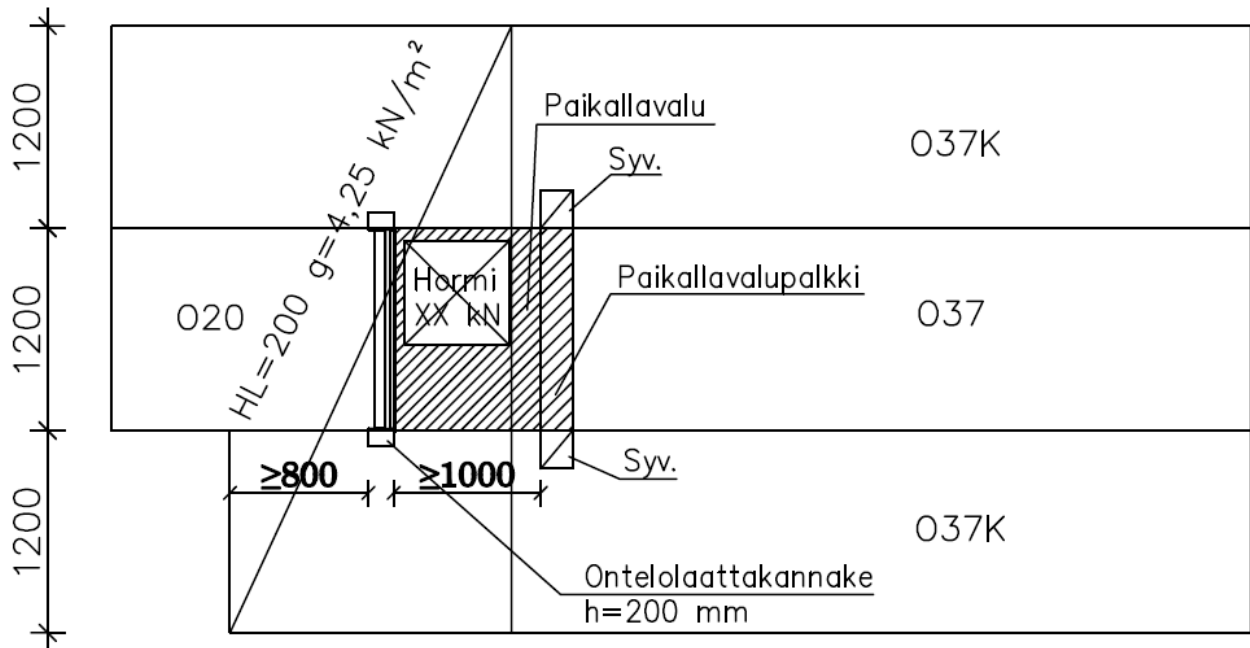




1. Kun tukevaan ontelolaattaan tehdään reikiä, tulee varmistua siitä, että laatan reunauuma pysyy rei'ittämättömänä vähintään ontelolaataston saumaukseen asti. Ontelolaataston saumauksen jälkeen reunauuman tulee olla ehjä vähintään 1,5 m:n matkalla kuvasta katsoen vasemmalle. Jos reunauuma katkaistaan, on ontelolaattakannakkeen alle laitettava asennuksenaikainen tuki.
2. Tukevan ontelolaatan toiseksi reunimmainen uuma täytyy olla ehjä vähintään 1,5 metrin matkalla tuentakohdasta ennen laattojen saumausta sekä saumauksen jälkeen.
3. Jos ontelolaatta tuetaan kavennetulle laatalle, täytyy varmistua siitä, että tuettava laatta tuetaan kavennetun laatan ehjälle reunalle. Tällöin tulee ontelolaattakannakkeen alla käyttää asennuksenaikaista tuentaa
4. Ontelolaatan reunauumaa ei saa rei'ittää ollenkaan tuentakohdan reiän puolisella reunalla.



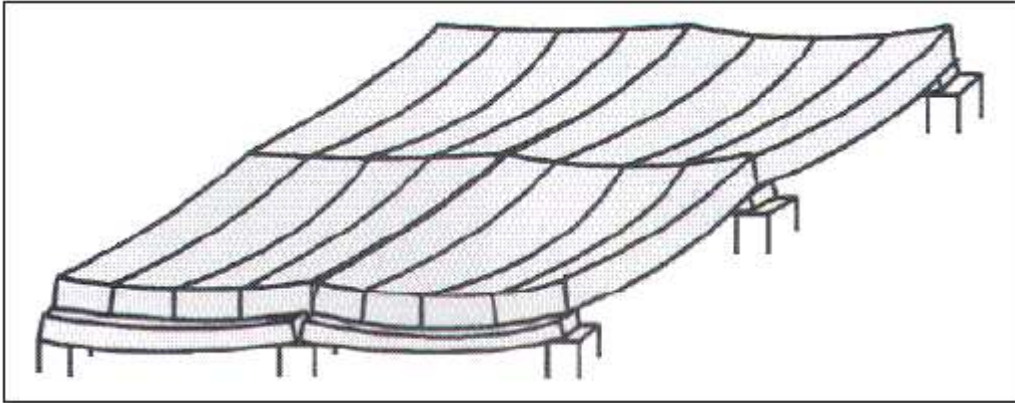
Esimerkkilaatastossa on suunniteltu kavennettujen laattojen tuenta viereiseen ontelolaattaan reiän kohdalta. Näin ei kuitenkaan saa ontelolaatta tukea, koska reikä jatkuu tukevalle laatalle. Ainoa ratkaisu, jos laattajakoa ei haluta muuttaa on jatkaa ontelolaattakannaketta reiän reunaan asti. Tässä on huomioitava se, että kannakkeen tuenta tulee varmasti ontelolaatan uuman kohdalle, eikä tyhjän ontelon kohdalle. Jos tuenta tulisi ontelon kohdalle, on ontelo valettava umpeen vähintään 1,0 metrin matkalla molempiin suuntiin tuentakohdasta yllä olevan esimerkkipiirustuksen mukaisesti. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin varmistuttava siitä, että tukevassa laatussa kulkee reiän kohdalla vielä kolme ehjää uumaa laatan päästä päähän.



Yllä olevassa kuvassa on suunniteltu O37-laatta tuettavaksi viereisiin laattoihin paikallavalupalkilla. Tätä paikallavalupalkkia varten tehtävät syvennykset viereisiin kylpyhuonelaattoihin heikentävät paikallisesti ontelolaatan reunauumaa. Tästä syystä johtuen ontelolaattakannakkeen reunan ja syvennyksen reunan etäisyyden on oltava vähintään 1000 mm, jotta syvennyksen aiheuttama paikallinen heikennys ei vaikuta ontelolaattakannakkeen toimintaan.

Kun ontelolaattakannaketta käytetään ontelolaatan pään läheisyydessä, tulee huolehtia siitä, että kannakkeen ylälaipan sivulevyn reunan etäisyys ontelolaatan päästä on vähintään 800 mm, jolloin voidaan olettaa jännepunoksen jännityksen siirtyneen tarpeeksi luotettavasti ontelolaatan betoniin. Jos kannakkeen sivulaipan ylälevy on lähempänä laatan päätä, se voi aiheuttaa halkeamia ontelolaattaan.

16. Ontelolaatat taipuisalla tuella



Kuva. Laataston muodonmuutokset palkkien taipuessa

Aina, kun ontelolaattoja tuetaan taipuisalle rakenteelle, niiden leikkauskapasiteetti pienenee syntyneestä liittovaikutuksesta, jossa laatasto toimii palkin puristuslaippana. Tämä aiheuttaa sen, että jos laatan alapinta on lähellä palkin vedettyä reunaa, niin laatan alapinnassa esiintyy vetoa laatan poikkisuunnassa. Tämä puristus- ja vetoresultantin muutos laatan leveyden matkalta aiheuttaa laattaan poikittaista työntövoimaa ja siten onteloiden välisiin uumiin syntyy poikittaista leikkausjännitystä. Mitä parempi tartunta ontelolaatan ja palkin välillä on, sitä suurempi on leikkausjännitys ontelolaatan uumissa.

Myös palkin taipuma pyrkii aiheuttamaan laataston käyristymistä poikkisuunnassa ja tämä käyristymäero yksittäisen laatan leveyden matkalla aiheuttaa poikkisuuntaista työntövoimaa ja siten leikkausjännitystä onteloiden välisiin uumiin. Tästä laataston käyristymisestä aiheutuu myös vetojännityksiä laattojen alapintaan. Koska laatasto pyrkii tilaan, jossa laattojen väliset taipumaerot ovat mahdollisimman pienet, niin laattojen tukireaktiot eivät jakaudu tasaisesti palkin matkalle, vaan pilarinlinjan lähellä olevien laattojen tukireaktio on suurempi kuin palkin keskialueella.

Ontelolaattojen leikkauskestävyyttä sekundäärisesti alentaa myös laataston nurkkien nousun estyminen, laattojen tukikiertymän estyminen sekä palkin leuan taipuma.

Palkin venymä aiheuttaa laataston alapintaan poikittaista vetoa. Jos palkki on tuettuna tukipisteidensä väliltä asennuksen ja saumauksen aikana, muodonmuutoksesta syntyvät vetojännitykset kasvavat huomattavasti suuremmiksi saumauksen jälkeisen venymän ansiosta kuin jos palkkia ei ole tuettu saumauksen aikana. Matalapalkkeja käytettäessä onkin huomioitava se, että niitä **ei saa** tukea työnaikaisesti muualta kuin palkin päistä. Jos kuitenkin palkki syystä tai toisesta joudutaan asennuksen ja saumauksen ajaksi tukemaan jännevälillä keskeltä, on siitä **ehdottomasti** punossuunnittelijalle lähetettävään tasopiirustukseen mainittava.

Jos pintalaatta valetaan suoraan ontelolaatan päälle, niin se lisää liittovaikutuksesta aiheutuvaa palkin leikkausvuota, koska tehollisen yläkuoren paksuus kasvaa. Tästä aiheutuva laatan uumien jännitys kasvaa, jos leikkausvuon annetaan välittyä laatan uumiin. Pintalaattaa voidaan raudoittaa palkin yli siten, että raudoitus välittää osan leikkausvuosta palkin yläosaan, eikä laatan uumiin. Rakenteellinen pintalaatta, jolla on riittävä tartunta ontelolaatan kanssa ja jonka tehollinen paksuus on vähintään 40 mm, voi välittää palkille enintään leikkautumispintansa kestävyysmukaisen voiman pituusyksikölle ja tämä on osa palkin ja laattojen päiden välisen leikkausliitoksen kestävyydestä.

Jos pintalaatta valetaan irroituskaistan esim. eristekerroksen päälle, ei liittovaikutusta ontelolaatan ja pintalaatan välillä ole ja näin uumiin välittyvä leikkausjännitys jää pienemmäksi. Toisaalta pintalaatan raudoituksella ei tällöin voida parantaa leikkauskestävyyttä ontelolaattojen osalta.

Ontelolaattojen taivutuskestävyyden kannalta tarpeetonta ylipunostamista tulee välttää ylisuuresta jännevoimasta aiheutuvan haitallisen pitkäaikaikäyristymän vuoksi.

Pintabetonin pienin laattojen suuntainen raudoitus, jonka katsotaan lisäävän laattojen leikkauskestävyyttä, on $130 \text{ mm}^2/\text{m}$. Tästä riippumatta pintabetonissa tulee olla vähintään SFS-EN-1992-1-1 kohdan 9.2.1.1 mukainen laatan minimiraudoitus.

Reikien teko ontelolaattoihin lähelle palkkia aiheuttaa huomattavaa leikkauskestävyyden alentumista. Tästä syystä tulisi välttää reikien teko alueille, joissa liittovaikutuksesta syntyvä leikkausrasitus laattojen uumissa on suuri, kuten esimerkiksi pilarilinjan viereiset laatat.

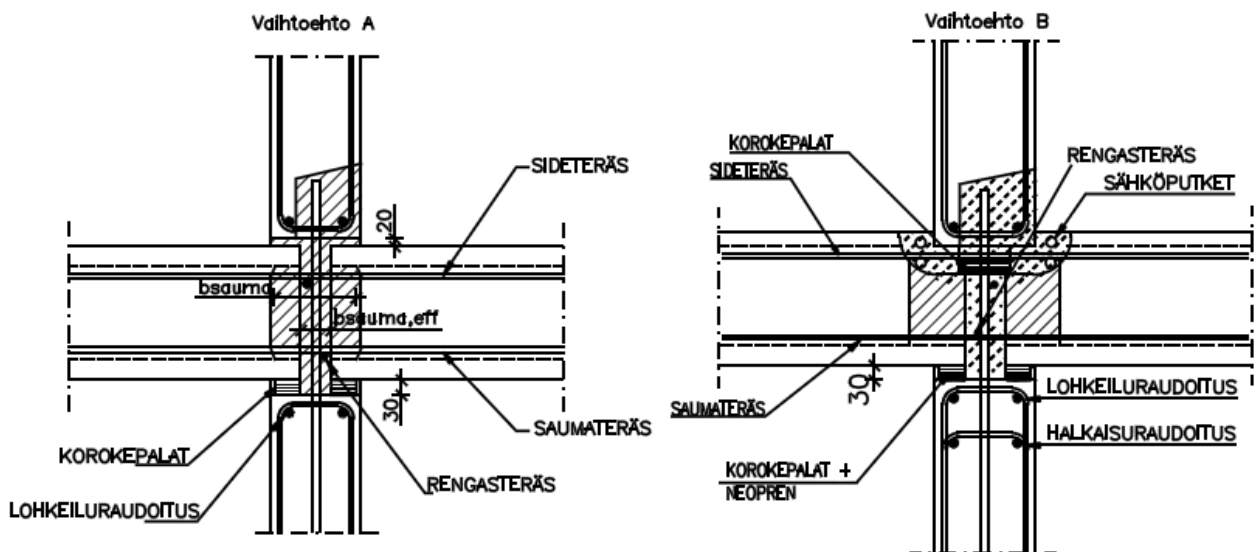
Ontelolaattojen leikkauskapasiteettia voidaan kasvattaa syvää tulppausta käyttämällä. Syviä tulppia käytetään alueilla, joissa laatan uumien leikkausjännitys on suurin. Syvien tulppien käytön tarpeen ja valupituuden mitoittaa kohteen punossuunnittelija. Syviä tulppia käytettäessä saumabetonin on oltava vähintään lujuusluokan C25/30-2 betonia ja on erityisesti huolehdittava siitä, että nämä kohdat tiivistetään täyttämällä todella huolellisesti. Tarvittaessa tehdään tarkistusreiät ontelon kohdille, jotta varmistetaan ontelon täyttyminen ja tulppauksen paikallaan pysyminen.

Ontelolaattojen leikkauskestävyyttä voidaan parantaa suunnittelemalla palkit jatkuviksi, jolloin palkin jatkuvuus pienentää tehollista pituutta, jolta leikkausvuota laattojen uumaan kertyy.

Ontelolaattojen leikkauskestävyys tarkastetaan kokeelliseen tutkimukseen perustuvan suunnitteluohjeen mukaisesti. Betoninormikortissa n:o 18 esitetään laskentamenetelmä lisärasitusten määrittämiseksi. Palkkiin tuetun ontelolaatan mitoituksessa voidaan käyttää Flexibl-mitoitusohjelmaa, joka perustuu kyseiseen Betoninormikorttiin.

17. Raskaasti kuormitettu ontelolaatta – seinäliitos

Betoninormikortti n:o 27 käsittelee raskaasti kuormitettujen, yli 8-kerroksisten rakennusten kantavien seinien ja ontelolaattojen muodostamaa liitosta. Normikortti esittää laskentamenetelmän ja se soveltuu käytettäväksi tapauksiin, joissa ontelolaattojen paksuus on välillä 200 mm – 400 mm. Liitos muodostuu ylä- ja alapuolisesta kantavasta betoniseinästä, joiden väliin ontelolaatat tukeutuvat. Ontelolaattojen päiden välinen rako valetaan umpeen siten, että saumabetoni tunkeutuu onteloihin vähintään 50 mm:n matkalta. Betoninormikortti esittää kaksi erilaista keinoa toteuttaa kyseinen liitos:



Jos ontelolaatan pää lovetaan vaihtoehtoon B mukaisesti, lovi saa ulottua enintään 60 mm ja tehokas onteloiden täyttövalu enintään 80 mm kantavan seinän ulkopuolelle. Loveamattomassa laatussa, eli vaihtoehtossa A tehokas täyttövalu ei saa ulottua seinän ulkopuolelle.

Liitoksen alapuolella olevan kantavan seinäelementin yläreunassa tulee olla halkaisuraudoitus ja se mitoitetaan vaikuttavalle pystykuormalle. Liitoksen ylä- ja alapuolisen seinän paksuuden tulee olla vähintään 180 mm ja ontelolaattojen päiden väliin jäävän saumavalun leveyden $b_{\text{sauma,eff}}$ vähintään 50 mm. Vaihtoehtossa A ontelolaatan yläpuolisen saumavalun tulee olla vähintään 20 mm korkea.

Alapuolisen seinän yläreunassa on oltava molemmissa nurkissa vaakasuuntainen harjaterästanko, jonka pinta-ala on vähintään 200 mm², esimerkiksi 1 ϕ 16 mm. Lisäksi nurkkaterästen ympäri kiertävät lenkit, joiden määrä on vähintään 250 mm²/m, esimerkiksi A500HW ϕ 8 k 200

Vaihtoehtossa A liitoksen alueelle ei saa sijoittaa sähköputkia. Vaihtoehtossa B sähköputkia ϕ 20 voidaan sijoittaa yllä olevan kuvan mukaisesti kaksi kappaletta molemmille puolille liitosta. Sähköputkien asennus kantavan seinäelementin alle on kielletty. Ylä- ja alapuolisen kantavien seinien betonilujuuden tulee olla vähintään C30/37 ja saumabetonin vähintään C25/30, kuitenkin niin, että saumabetonin lujuuden on oltava vähintään 80 % alemman seinän betonin lujuudesta. Vaihtoehtossa B esitetyn neopreeninauhan paksuuden on oltava 4-6 mm ja kovuus 60 shore. Betoninormikortissa n:o 27 löytyy lisää ohjeita ja laskentamenetelmiä kyseisiin tapauksiin.

18. Ontelolaattojen saumaterästen mitoittaminen onnettomuuskuormille

Laattaelementtien liitosten tulee kestää myös poikkeukselliset kuormitus- ja onnettomuusilanteet. Poikkeuksellisista kuormitusilanteista mahdollisesti aiheutuva paikallinen vaurio voi laajentua ja johtaa koko rakennuksen sortumiseen. Betoninormikortti n:o 23 käsittelee liitosten suunnittelua ennalta arvaamattomien onnettomuusilanteiden varalta. Laatasto toimii yleensä jäykistävänä levynä normaalissa murto- ja käyttörajatilassa vaikuttaville vaakavoimille. Ontelolaataston toiminta jäykistävänä levynä edellyttää yhtenäisenä tason ympäri kiertävää rengasraudoitusta ja sen määrä riippuu tasolle tulevasta vaakavoimasta ja jäykistävien pystyrakenteiden välimatkasta.

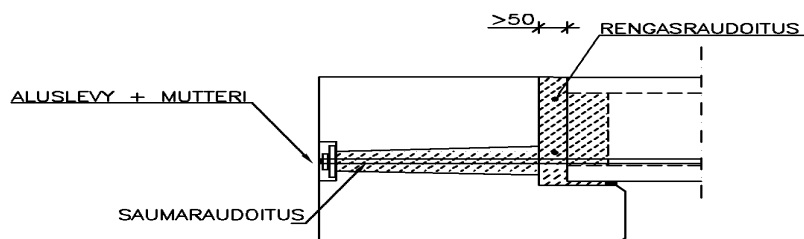
Kun laatastoon vaikuttavia piste- ja viivakuormia halutaan jakaa laatastossa useammalle laattaelementille, niin laataston tason poikittainen laajeneminen on estettävä rengas- ja saumaraudoituksella. Tämän raudoituksen tehtävä on onnettomuusilanteessa estää elementtien putoaminen sellaisissa tilanteissa, joissa laatan toisen pään pystyrakenteen tuki on menettänyt kantokykynsä. Tämä saumoissa oleva raudoitus aikaansaa mahdollisen vaurioalueen yli kantavan köysi- tai kalvorakenteen. Saumaraudoitus estää myös laattaelementin putoamisen lämpö- ja kosteusliikkeistä mahdollisesti syntyvästä ”ryömintäilmiöstä”

Rengasraudoitukselta vaaditaan vähintään minimikestävyys 70 kN. Tätä vastaava teräsmäärä edellyttää vähintään rengasraudoitusta A500HW 2 ϕ 10 mm. Jotta laatasto toimisi levymäisenä rakenteena, on pituus- ja poikkisuuntaisen saumaraudoituksen teräsmäärän oltava yhtä suuret.

Saumateräksiltä vaadittava minimikestävyys on 70 kN, joka saavutetaan esimerkiksi saumaraudoituksella A500HW 2 ϕ 10 mm. Yli 16 mm:n halkaisijalla olevia harjateräksiä ei suositella käytettäväksi saumateräksinä. Saumaraudoituksen ankkurointi tulee laskea aina käyttämällä laskelmissa huonoa tartuntaolosuhdetta, koska teräksen tartunta kapeassa ja hankalasti valettavassa saumassa ei välttämättä ole hyvä.

Toispuolisessa leukapalkissa saumateräkset toimivat jo normaalissa käyttötilanteessa palkin epäkeskisestä kuormituksesta aiheutuvalle väännölle. Laatan kiertyessä laatastoon saumateräksillä sidottu palkki saa vastaavan kiertymän. Kiertymästä aiheutuu vääntömomentti ja se otetaan vastaan voimaparilla, jonka muodostavat saumateräksen vetovoima sekä saumavalun kautta yläkannakseen kohdistuva puristusvoima. Toimiakseen kunnolla väännölle saumateräs on ankkuroitava suorana palkin uumaan, palkin leukaan kiinnitettävä tappi ja sen taakse koukulla ankkuroitu saumateräs tai palkin leuasta laatan saumaan taivutettu teräs eivät toimi kunnolla. Saumateräs voidaan ankkuroida joko koukulla palkin uumassa olevaan kartioreikään tai kiristetyn mutterin tai ankkurointilevyn avulla. Juotosvaluun tulee kiinnittää erityistä huomiota ja tulee olla varmoja siitä, että reikä täyttyy juotosmassalla varmasti kokonaan.

Betoninormikortti n:o 23 esittää yksityiskohtaisesti periaatteita ja laskentakeinoja erilaisten liitosten mitoittamiseen onnettomuuskuormille sekä ilmoittaa vähimmäisvaatimuksia elementtien välisille liitoksille Eurokoodin mukaisesti.



19. Kolmelta reunalta tuettujen elementtien kuormituskestävyys

Jakautuneet hyötykuormat aiheuttavat vääntömomentteja laatastons elementteihin, jotka on tuettu toiselta pituussuuntaiselta reunalta. Tämä aiheuttaa laatastoon poikkisuuntaista vääntöä ja tästä syystä johtuen rasituksia näille laatoille tulee rajoittaa. Tästä väännöstä aiheutuvia tukireaktioita ei oteta huomioon murtotilamitoituksessa.

Kolmelta reunalta tuetun elementin neliökuormakapasiteetti						
kN/m²	Betonin lujuus C40/50					
Laatan pituus	O20	O27	O32	O37	O40	O50
4000 mm	15	35	39	58	56	79
6000 mm	7	15	17	25	24	35
8000 mm	4	8	9	14	14	19
10000 mm		5	6	9	9	12
12000 mm			4	6	6	8
14000 mm				4	4	6
16000 mm						5

Yllä olevassa taulukossa on esitetty maksimikuormitus laatastolle kN/m² ajatellen sen poikkisuuntaista kestävyyttä. Arvot ovat ehdottomia maksimiarvoja laatastons poikittaiselle kuormitukselle, eivätkä ne ota kantaa yksittäisten laattojen pituussuuntaiseen kestävyYTEEN vaan ne on tarkastettava aina erikseen.

20. Nostoelimet ja niiden käyttö

Normaalisti laatat nostetaan saksinostolla. Saksinostoa varten laatan päähän on jätävä vähintään 900 mm ehjää laattaa. Jos tälle alueelle tulee reikiä, laatta nostetaan reiän jälkeen. Punossuunnittelija suunnittelee tarvittaessa laattaan tarvittavat nostoelimet tai vanneraudat ja umpeenvalut varmistaakseen turvallisen noston työmaalla. Tarvittaessa käytetään nostokannaksia.

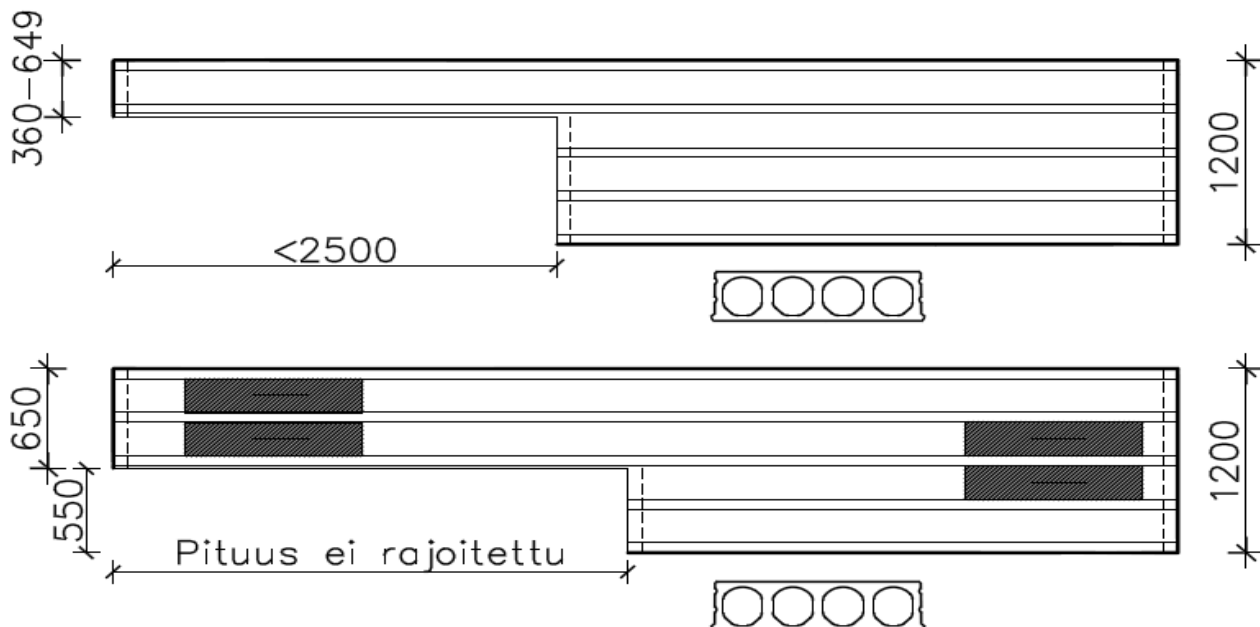
Vinoon asennettavissa laatastoissa täytyy tasopiirustukseen ilmoittaa laataston kaltevuus. Kaltevuuden ollessa suurempi kuin 1:5 joudutaan jokainen laataston ontelolaatta varustamaan nostoelimillä. Vinon tason laattojen liukuminen tulee estää asennustoppareilla tai muulla vastaavalla tavalla.



21. Laatan pään kavennukset

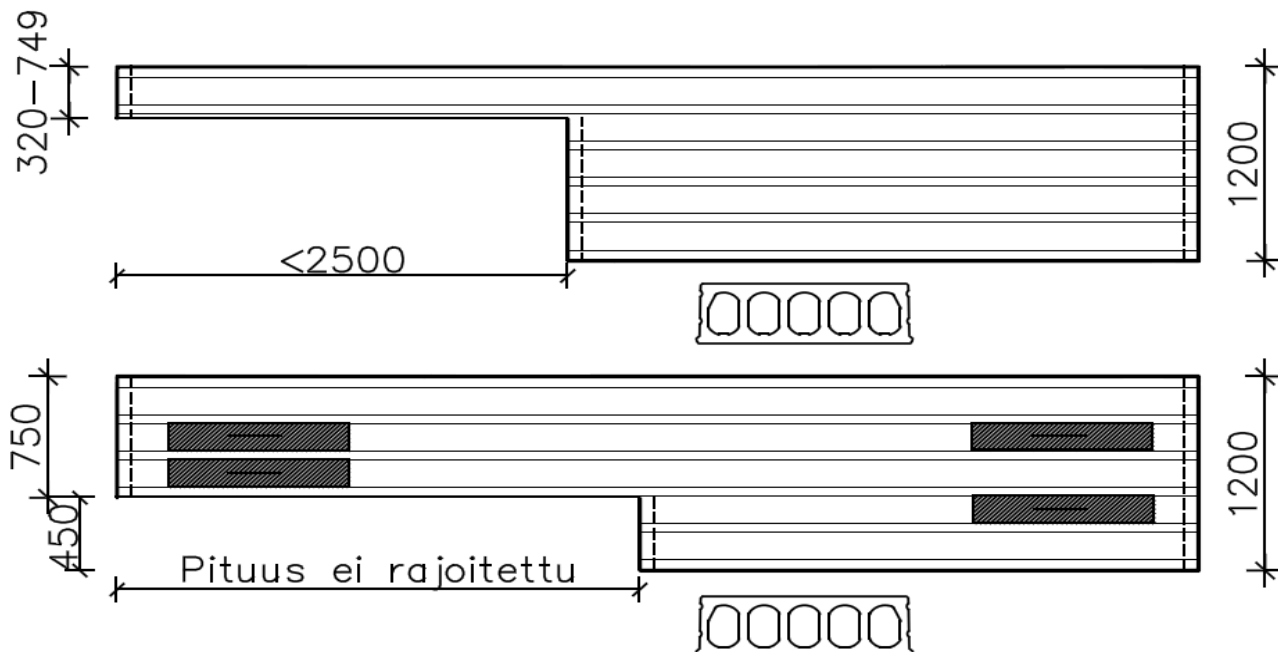
Seuraavissa laatoissa on esitetty tukilinjat katkoviivoin sekä mahdolliset nostoelimet sekä onteloiden umpeenvalut rasteroituna. Jos kavennetun osan leveys laatoissa on pienempi kuin kolme uumaa, käytetään turvallisen noston varmistamiseksi joko yläpunoslaattoja tai vannerautoja.

Jos laatoissa 4 onteloa:



Jos laatan kavennetun pään leveys on alle 360 mm, se tehdään työmaalla paikallavaluna. Kapean osan ollessa 360–649 mm leveä vaihtoehdot ovat paikallavalukaista, yläpunoksellinen tai vanneraudoin varustettu ontelolaatta. Laatan oikea pää voidaan nostaa myös saksinostona.

Jos laatoissa 5 onteloa:



Jos laatan kavennetun pään leveys on alle 320 mm, se tehdään työmaalla paikallavaluna. Kapean osan ollessa 320–749 mm leveä vaihtoehdot ovat paikallavalukaista, yläpunoksellinen tai vanneraudoin varustettu ontelolaatta. Laatan oikea pää voidaan nostaa myös saksinostona.