



## **TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennustekniikka**

**Rakennetekniikka**

## **OPINNÄYTETYÖ**

### **KUORILAATAN JA LIITTORAKENTTEEN RAKENNERATKAISUJEN KEHITTÄMINEN EUROKODIMITOITUKSEEN SOVELTUVAKSI**

**Työn tekijä:** Niilo Riikonen  
**Työn ohjaajat:** Heikki Sarin  
Jouni Kalliomäki

**Työ hyväksytty:** \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2011

**Jouni Kalliomäki**  
lehtori



## **ALKULAUSE**

Tämä insinööri työ tehtiin Parma Oy:lle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita henkilöitä. Parma Oy:n puolesta opinnäytetyön toteutuksen mahdollistivat ohjaaja Heikki Sarin ja Heikki Aapro, joiden panos projektissa oli suuri. Heidän lisäksi haluaisin kiittää myös opettaja Jouni Kalliomäkeä työni ohjaamisesta. Suuret kiitokset myös Finnmap Consultingille Oy:lle, Ylimäki & Tinkanen Oy:lle ja EJT-Rakennusinsinöörit Oy:lle haastattelututkimuksen mahdollistamisesta.

Vantaalla 28.4.2011

Niilo Riikonen

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Niilo Riikonen	
<b>Työn nimi:</b> Kuorilaatan ja liittorakenteen rakenneratkaisujen kehittäminen eurokoodimittoitukseen sopivaksi	
<b>Päivämäärä:</b> 28.4.2011	<b>Sivumäärä:</b> 46 s. + 2 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakenneustekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Rakennetekniikka
<b>Työn valvoja:</b> lehtori Jouni Kalliomäki	
<b>Työn ohjaaja:</b> Kehitysjohtaja Heikki Sarin, Parma Oy	
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Parma Oy:lle, joka on Suomen johtavimpia betonielementtiteollisuuden yrityksiä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia eurokoodin ja etenkin SFS:n kuorilaattoja koskevan EN13747+A2 standardin vaikutuksia Parman valmistamien kuorilaattojen suunnitteluun. Tutkimuksen tavoitteena oli myös varmistaa Parman kuorilaattojen CE-merkintäkelpoisuus, joka toteutuu kun laatat täyttävät edellä mainitun EN13747 + A2 standardin asettamat vaatimukset.</p> <p>Kuorilaattojen suunnitteluperiaatteita tutkittiin lyhyesti EN1992-1-1 normin vertailulla edeltäviin standardeihin. Tässä Insinööryössä keskityttiin CE-merkintäkelpoisuuden varmistamiseen, joka vaatii Parman suunnittelu- ja valmistustapojen yhtenäistämistä EN 13747 standardin mukaiseksi. Kirjallisuustutkimuksen lisäksi tehtiin haastattelututkimus kolmen eri yrityksen henkilöille. Haastattelututkimuksessa kartoitettiin suunnittelijoiden tietämystä kuorilaattojen suunnittelusta ja niihin liittyvästä tiedon tarpeesta.</p> <p>Tutkimusten lopputuloksena oli eurokoodin ja SFS:n lisästandardien mukainen suunnittelumalli, jonka pohjalta koottiin Parmalle uusi kuorilaattojen suunnitteluohje. Ohje on haastattelututkimuksen perusteella tehty mahdollisimman käyttäjäystävälliseksi ja sen sisältö noudattelee Parman nykyistä kuorilaattojen suunnitteluprosessia. Parman kuorilaattojen valmistusmenetelmien ja laattojen suunnittelun perusteella voidaan todeta, että ne täyttävät EN 13747 + A2 standardin asettamat vaatimukset ja täten niiden voidaan todeta olevan CE-merkintäkelpoisia.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Parma, Liittorakenne, Kuorilaatta, Suunnitteluohje, Eurokoodi, CE-merkintä	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Niilo Riikonen	
<b>Title:</b> The Development of structural solutions for floor plate and composite structures following Eurocode design.	
<b>Date:</b> 28.4.2011	<b>Number of pages:</b> 46 pages + 2 appendices
<b>Department:</b> Civil Engineering	<b>Study Programme:</b> Structural Engineering
<b>Instructor:</b> Heikki Sarin, development director, Parma Oy	
<b>Supervisor:</b> Jouni Kalliomäki, Senior Lecturer	
<p>This graduate project was made for Parma Oy which is one of Finland's leading companies in precast concrete product industry.</p> <p>The purpose of this graduate project was to examine the effects Eurocodes and especially SFS-EN 13747 + A2 precast floor plates standard and on designing precast floor plates. Another purpose of this study was to ensure the CE-marking validity of precast floor plates made by Parma Oy which requires meeting the demands of EN 13747 + A2 standard.</p> <p>The principles of precast concrete floor plate designing were briefly studied by comparing the EN1992-1-1 standard to previous standards. This graduate study focused on ensuring CE-marking validity which requires that Parma unifies its designing and manufacturing methods to follow the EN 13747 + A2 standard. In addition to a literature study, employees of three companies were also interviewed. In this interviewing study the knowledge and the need for information concerning floor plate system designing was studied.</p> <p>As an outcome of these studies a new designing model was obtained that follows Eurocode and the additional SFS standards. New designing instructions for Parma Oy were formed and based on this new model. As a result of the interviews new design instructions were made as user friendly as possible, yet following the current design procedure of Parma Oy. Based on Parma Oy's precast composite slab manufacturing and design methods it can be stated that they fulfill SFS-EN 13747 + A2 standard requirements and thus justify their CE-marking validity.</p>	
<b>Keywords:</b> Parma, Eurocode, Composite slabs, CE-mark, floor plate	

**SISÄLLYS****ALKULAUSE****TIIVISTELMÄ****ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LIITTORAKENTEET</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Liittorakenteet yleensä</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Liittolaatat</b>	<b>4</b>
2.2.1	Teräs-betoni-liittolaatat	4
2.2.2	Betoni-betoni-liittolaatat	5
2.2.3	Jännitetyt liittolaatat	5
<b>3</b>	<b>JÄNNITETYT LAATTARAKENTEET</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Jännitetyt rakenteet yleensä</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Mitoitus</b>	<b>7</b>
3.2.1	Yleistä	7
3.2.2	Jännitetyn palkkirakenteen jännitykset	7
3.2.3	Jännityshäviöt	8
3.2.4	Jännepalkin tai laatan taipuma tai kohouma	9
3.2.5	Taivutusmurto	10
3.2.6	Leikkausmurto	11
<b>4</b>	<b>KUORILAATTOJEN SUUNNITTELU SUOMALAISEN SUUNNITTELUKÄYTÄNNÖN MUKAAN</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Ohjeet ja määräykset</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Liittolaatat yleisesti käyttörajatilassa</b>	<b>12</b>
4.2.1	Jännitykset ja taipuma	12
4.2.2	Kutistumaero	13
<b>4.3</b>	<b>Liittolaatat yleisesti murtorajatilassa</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Liittopoikkileikkauksen mekaaniset omaisuudet</b>	<b>14</b>
<b>4.5</b>	<b>Jännitetyn kuorilaatan mitoitus rakentamismääräyskokoelman mukaan</b>	<b>16</b>
4.5.1	Yleistä	16
4.5.2	Käyttörajatila	16
4.5.3	Murtorajatila	17
4.5.4	Palonkestävyys	18
<b>5</b>	<b>KUORILAATTOJEN EN-STANDARDEIHIN PERUSTUVA SUUNNITTELU</b>	<b>19</b>
<b>5.1</b>	<b>Ohjeet ja määräykset</b>	<b>19</b>
<b>5.2</b>	<b>Jännitetyt rakenteet lyhyesti eurokoodin mukaan</b>	<b>19</b>
5.2.1	Yleistä	19

5.2.2	Jännepunokset	20
5.2.3	Punosten sijoittelu	20
5.2.4	Punosten ankkurointi	21
<b>5.3</b>	<b>EN1992-1-1 ja EN1992-1-2 standardin vastaavuus lukuun 4</b>	<b>21</b>
5.3.1	Yleistä	21
5.3.2	Leikkauskestävyys eri aikaan valettujen betonien rajapinnassa	21
5.3.3	Kuorilaatan palomitoitus eurokoodin taulukkomitoituksen mukaan	22
<b>5.4</b>	<b>Kuorilaattojen suunnittelu SFS-EN 13747 + A2 mukaan</b>	<b>24</b>
5.4.1	Ohjeen sisältö ja merkitys	24
5.4.2	Raudoitteet ja niiden sijoittaminen rakenteeseen	24
5.4.3	Kuorilaattojen suunnittelu Liitteen F mukaan	25
<b>5.5</b>	<b>Kuorilaattojen CE-merkintä</b>	<b>30</b>
5.5.1	CE-merkki	30
5.5.2	Materiaalit	30
5.5.3	Valmistustoleranssit	31
5.5.4	CE-merkintäkelpoisuuden toteaminen	32
<b>5.6</b>	<b>Johtopäätökset ja tulokset</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>HAASTATTELUTUTKIMUS</b>	<b>35</b>
6.1	Haastattelututkimuksen tavoite	35
6.2	Haastateltavat	36
6.3	Haastattelujen sisältö	36
6.4	Koonti	37
6.4.1	Katse taaksepäin	37
6.4.2	Katse eteenpäin	37
6.5	Haastattelututkimuksen johtopäätökset ja tulokset	38
<b>7</b>	<b>KUORILAATTOJEN SUUNNITTELUOHJEEN UUDISTAMINEN</b>	<b>39</b>
7.1	Parel-liittolaatat suunnitteluohje	39
<b>7.2</b>	<b>UUDISTETTU SUUNNITTELUOHJE</b>	<b>41</b>
7.2.1	Yleistä	41
7.2.2	Yleistiedot ohjeessa	41
7.2.3	Kuormituskäyrät	41
7.2.4	Mitoitusohjeet	42
7.2.5	Työohjeet	43
7.2.6	Liitteet	44
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>45</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>46</b>
	<b>LIITTEET</b>	
	<b>LIITE 1 Haastattelututkimuksen kysymyslista</b>	
	<b>LIITE 2 Kuorilaatosten suunnitteluohjeluonnos</b>	

## 1 JOHDANTO

Parma Oy toimii rakennusalalla betonivalmisteiden, eli elementtien valmistajana ja kehittäjänä. Parma on Suomessa yksi alan johtavimmista yrityksistä. [9.]

Parman valmistamien kuorilaattojen tuotanto eri tehtailla, sekä eri puolilla Suomea on aikanaan johtanut siihen, että kuorilaattatyypien valikoima on kasvanut isoksi ja vaikeasti hallittavaksi. Parman tavoitteena on vakioida kuorilaattatyypit siten, että niiden valitseminen ja valmistaminen on helppoa ja tehokasta niin Parmalle, suunnittelijoille kuin asiakkaillekin.

Parmalla on kuorilaattojen suunnittelua varten vuonna 1999 tehty Parel Liittolaatat suunnitteluohje, joka on vanhenemassa eurokoodien tullessa täysin voimaan [10]. Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia eurokoodin ja SFS-EN13747 + A2 kuorilaattastandardin vaikutuksia kuorilaattojen suunnitteluun.

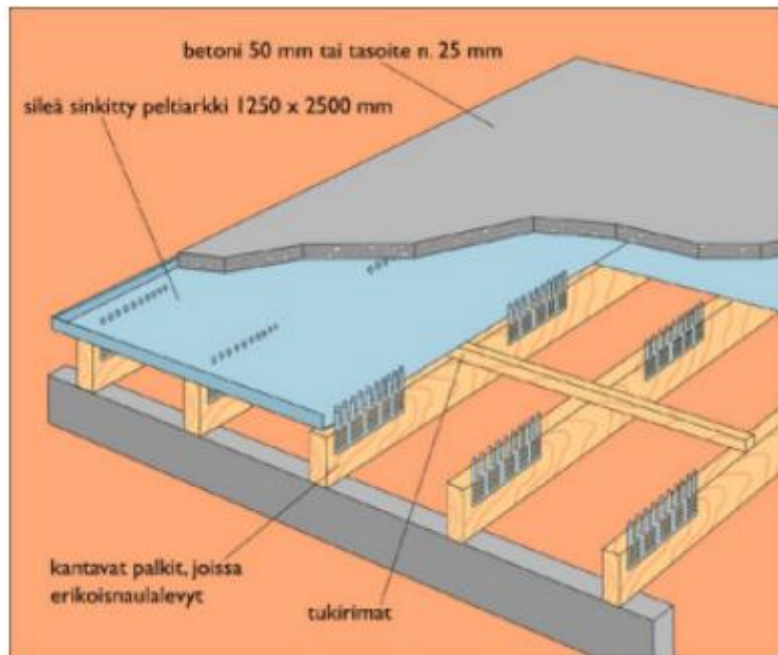
Edellä mainitun standardin vaatimukset täyttämällä on kuorilaattojen valmistajalla oikeus ja velvollisuus merkitä tuotteensa CE-merkinnällä [6,s. 69]. CE-merkitsemällä tuotteen valmistaja vakuuttaa tuotteidensa olevan harmonisoitujen standardien vaatimusten mukaisia [8].

Parman tavoitteena on uusia suunnitteluprosessi siten, että kuorilaattojen suunnittelu olisi yksinkertaisempaa ulkoisille suunnittelijoille. Tavoite johti siihen, että tämän opinnäytetyön rinnalla syntyi Parman uudistettu suunnitteluohje. Uusi suunnitteluohje tulee korvaamaan vuonna 1999 tehdyn ohjeen ja sen kaavat ja kuvaajat noudattavat eurokoodin mukaista laskentaa.

## 2 LIITTORAKENTEET

### 2.1 Liittorakenteet yleensä

Liittorakenteilla tarkoitetaan rakenteita, joissa kaksi eri rakennetta toimivat yhdessä muodostaen yhden liittorakenteeksi kutsutun rakenteen. Liittorakenteiden perinteinen toimintamalli perustuu siihen, että kahden toisistaan erillisen materiaalin tai rakenteen parhaat ominaisuudet pyritään yhdistämään yhdessä toimiviksi. Rakenneseosan toimintaa yhdistettynä poikkileikkauksena kutsutaan liittovaikutukseksi. Liittorakenteita voivat olla esimerkiksi betoni-puu-, betoni-teräs- tai betoni-betoni-liittorakenteet.



Kuva 1. Sepa Oy:n toimittama puu-betoni liittolaatta [1.]

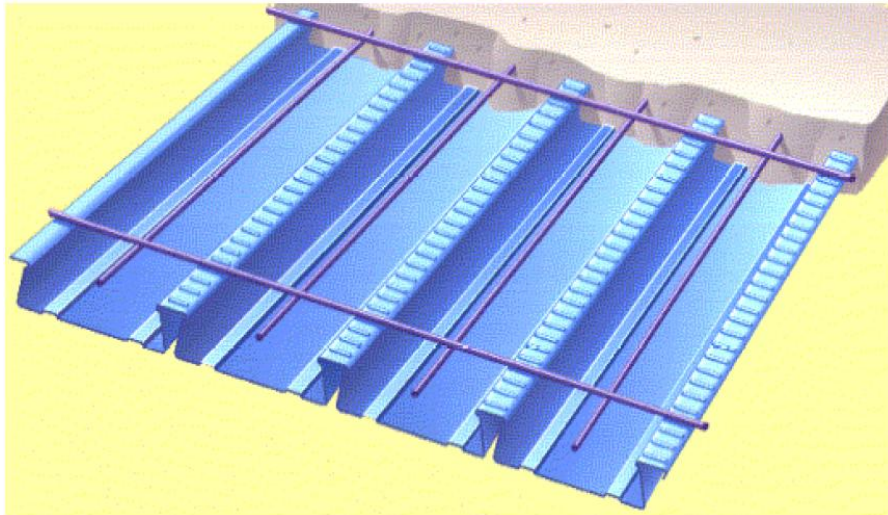
Liittorakenteiden etuna normaaleihin betonisiin, teräksisiin tai puisiin rakenteisiin verrattuna voidaan pitää liittovaikutuksen muodostamaa lisäystä rakenteen jäykkyyteen [2,s. 6]. Liittorakenteiden perimmäisenä tarkoituksena on sen eri osamateriaalien optimaalinen käyttö [12]. Hyvä esimerkki jäykkyyden hyödyntämisestä on kuvassa 1 esitetty puu-betoni-liittolaatta, jossa betoninen ja puinen poikkileikkaus muodostavat tartuntojen avulla liittolaatan, jonka jäykkyys on merkittävästi isompi, kuin erillisinä toimivien rakenneosien. Lisääntyneen jäykkyyden avulla voidaan toteuttaa pidemmällä jänneväleillä toimivia rakenteita.[1]

## 2.2 Liittolaatat

### 2.2.1 Teräs-betoni-liittolaatat

Yksi rakennusalalla käytetyistä liittolaattatyypeistä on teräs-betoni liittolaatta, joissa profiloitu teräksinen levy tai laatta toimii paikallavalua valettaessa muottina ja betonin kovetettua tartuntojen avulla rakenteen vetorausoitukseksi [11,s. 31]. Yleinen sovellus on kuvassa 2 esitetty profiilipelti, jonka päälle valetaan betoninen pintavalu. Liittolaatoilla voidaan toteuttaa myös tukien yli jatkuvat laatat, jolloin pintavalu pitää raudoittaa tukialueellaan yläpinnaltaan taivutusta vastaan [3,s. 3]. Betoni-teräs-liittolaattojen kerrosten välinen tartunta varmistetaan joko profiloimalla levy siten, että liukumaa ei pääse tapahtumaan tai erillisin tartuntaosin jotka on kiinnitetty liittolevyyn [11,s. 31].





*Kuva 2. Ruukkin valmistama profiloitu liittolevy [3,s.3]*

### 2.2.2 *Betoni-betoni-liittolaatat*

Suomessa useat elementtivalmistajat valmistavat erilaisia betoni-betoni-liittolaattoja. Tässä työssä käsiteltäviä betoni-betoni-liittolaattoja kutsutaan yleisesti kuorilaatoiksi. Kuorilaatat ovat voivat olla teräsbetonisia tai jänneraudoitettuja ohuita laattoja, joiden paksuus vaihtelee yleensä 40-150 mm välillä. [2, s 45.]

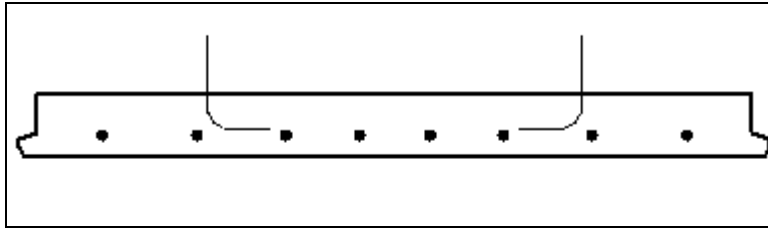
Betoni-betoni liittorakenteen toiminta eroaa hiukan verrattuna teräs-betoni liittorakenteesta. Kuorilaatoissa jännitetty laatta toimii valutilanteessa muottina ja sen päälle valetaan teräs-betoni liittolaatan tavoin betoninen pintavalu [2, s. 45]. Kerrosten välinen tartunta varmistetaan tartuntaosilla eli ansailloilla. Kuorilaattojen pintavalu on lähestulkoon aina raudoitettu yläpinnaltaan ainakin kutistumista vastaan [2,s.56]. Kuorilaatoilla voidaan toteuttaa myös erikoisrakenteita, joissa pintavalu raudoitetaan erikoisraudoittein. Tällaisia erikoiskohtia voivat olla muun muassa isot reiät tai ulokeparvekeliitokset. Tämä insinöörityö keskittyy betoni-betoni-periaatteella toimiviin kuorilaattoihin.

### 2.2.3 *Jännitetyt liittolaatat*

Suomessa valmistettavat kuorilaatat ovat pääasiassa jännepunoksin raudoitettuja rakenteita. Jännitetyillä rakenteilla on mahdollista saavuttaa hoikillakin rakenteilla pitkiä jännevälejä. Jännitetyt liittolaatat kantavat kuormia pääasiassa yhteen suuntaan, mutta kuorilaattarakenne jakaa kuormia myös poikittaisessa suunnassa viereisille laatastosille. [2,s. 55.]

Jännitettyjen rakenteiden mitoitus eroaa normaalista betonirakenteiden mitoituksesta ja siksi jännebetonirakenteiden teorian tunteminen palkkien ja

laattojen osalta on ehdoton vaatimus liittolaattoja mitoitettaessa. Jännitettyjen rakenteiden perusteoriaa on käsitelty seuraavassa luvussa 3.

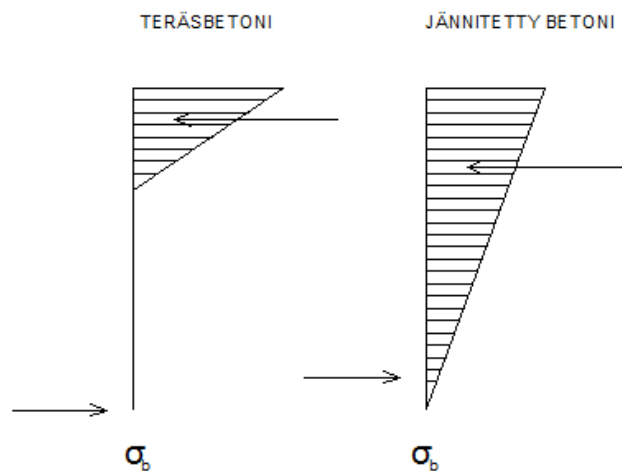


Kuva 3. Jännepunoksin raudoitettu ansaallinen kuorilaatta ilman pintavalua [13.]

### 3 JÄNNITETYT LAATTARAKENTEET

#### 3.1 Jännitetty rakenteet yleensä

Jännitettyllä rakenteella tarkoitetaan rakennetta, johon on erilaisilla jännittämismenetelmillä muodostettu puristusjännitystila, jonka tarkoituksena on vähentää rakenteen halkeilua ja taipumaa [4, s. 2]. Jännittämällä rakenteita betonin sekä terästen edulliset lujuusominaisuudet voidaan käyttää tehokkaammin. Jännittäminen mahdollistaa siis pidempien jänneväljen saavuttamisen hoikemmillä rakenteilla kuin normaaleissa teräsbetonisissa rakenteissa. [5, s. 3.]



Kuva 4. Teräsbetonin ja jännebetonin periaatteellinen jännitystila taivutuksessa [5. s. 4]

Jännitetty rakenteet jaetaan yleisesti kahteen eri päätyyppiin, esijännitettyihin ja jälkijännitettyihin rakenteisiin. Jälkijännitettyjä rakenteita kutsutaan yleisesti ankkurijännebetonirakenteiksi. Ankkurijännebetonirakenteissa jännepunokset valetaan rakenteen sisään ennen niiden jännittämistä. Jännepunokset ovat joko putken sisällä tai rasvapunoksia, jotta niiden tartunta ennen jännittämistä estetään. Kun betoni on kovettunut valun jälkeen jännepunokset jännitetään. Jännityksen ja

ankkuroinnin jälkeen punokset katkaistaan ja niissä vaikuttava normaalivoima siirtyy ankkureiden tai betonin tartunnan välityksellä betonin puristukseksi.

Toinen yleinen tapa jännittää rakenteita on esijännitys, jolloin jännepunokset jännitetään tiettyyn suunnitteluarvoon ennen betonisen rakenteen valamista niiden ympärille. Kun betoni on saavuttanut tarvittavan lujuuden, katkaistaan jännepunokset ja niissä vaikuttava normaalivoima siirtyy betonille pintatartunnan välityksellä. [4,s. 2.]

## 3.2 Mitoitus

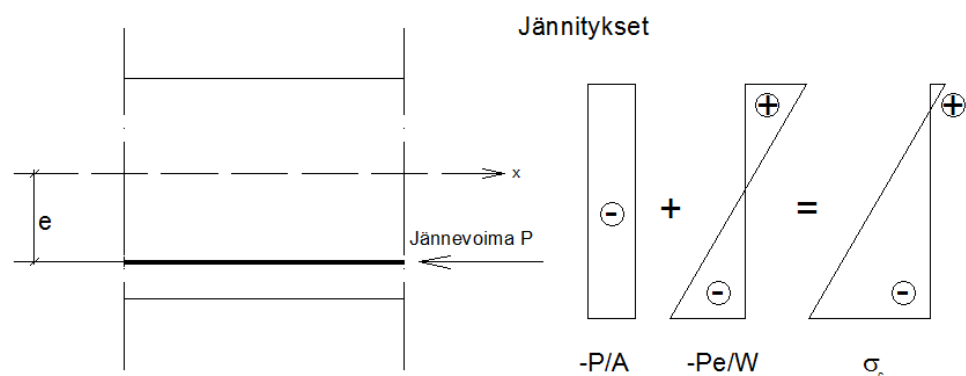
### 3.2.1 Yleistä

Jännebetonielementtien mitoitus on laskennallisesti melko työläs. Tästä syystä Suomessa betonielementtejä mitoitettaessa on käytössä lukuisia tietokoneohjelmia, joilla rakenteen riittävä analysointi on mahdollista. [4, s.163.]

Seuraavissa luvuissa 3.2.2 - 3.2.6 käsitellään jännitettyjen rakenteiden keskeisiä mitoitustilanteita ja erikoistapauksia yksinkertaistetusti laajan teoriasisällön vuoksi.

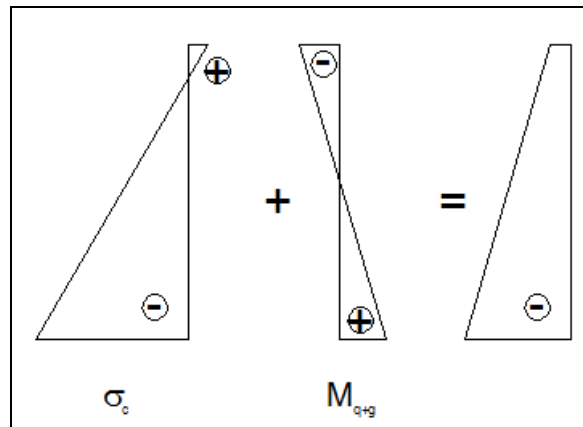
### 3.2.2 Jännitetyn palkkirakenteen jännitykset

Laatat, joilla pituuden suhde leveyteen on suurempi kuin kaksi, voidaan yleisesti ottaen mitoittaa samalla tavalla kuin palkit. Tällaiset laatat ovat yleensä yhteen suuntaan jännitettyjä, kuten palkkirakenteetkin. [4,s. 112.] Jännitetyn rakenteen lopullinen jännitystilasta riippuu omasta painosta, ulkoisesta kuormasta ja ulkoisesti aiheutetusta jännitystilasta [4,s. 9]. Seuraavassa kuvassa 5 on esitetty esimerkki epäkeskeisesti jännitetyn palkin jännitys jakauma pelkästään jännevoimasta ja sen aiheuttamasta taivutusmomentista.



Kuva 5. Epäkeskeisen jännevoiman aiheuttama jännitys [4,s. 9]

Kun otetaan huomioon rakenteeseen tulevat kuormitukset, kuten omapaino ja muut ulkoiset kuormat muuttuu jännitys jakauma kuvan 6 mukaiseksi [4,s. 10]. Momenttipinnoista huomataan, että jos rakenteeseen vaikuttavat kuormat kasvavat suuriksi, muuttuu momenttipinta siten, että alapintaan voi muodostua vetoa. Mikäli rakenteen alapintaan muodostuu vetoa, se voi samalla aiheuttaa halkeamia. Kyseistä jännitystilaa tulisi välttää. [4,s. 10.]



Kuva 6. Jännevoiman ja ulkoisen momentin jälkeinen jännitys jakauma [4,s. 10]

### 3.2.3 Jännityshäviöt

Kun puhutaan jännebetonirakenteiden mitoittamisesta, on jänteiden jännityshäviöillä suuri merkitys rakenteen lopulliseen jännitys jakaumaan. Kun jännepunokset menettävät jännitystään, muuttuu kuvissa 4 ja 5 esitetty puristusjännitys pienemmäksi ja se voi johtaa halkeiluun. Jännityshäviöt voidaan jakaa kahteen pääryhmään, valmistuksenaikaisiin ja pitkäaikaisiin häviöihin. Valmistuksen aikaiset häviöt johtuvat seuraavista asioista:

- Jännitysankkureissa tapahtuvasta punosten liukumisesta
- Jänneterästen relaksaatiosta (ts. venymisestä) kiinnityksen yhteydessä
- Betonin kokoonpuristumisesta jänneterästen katkaisun jälkeen (jännevoiman siirtyminen punoksilta betonin puristukseksi)
- Jänneterästen luonnollisesta muodonmuutoksesta (esimerkiksi terästen lämpötilan muutoksista).

Rakenteen eliniän aikana jännityshäviöitä punoksille muodostuu seuraavista asioista:

- Betonin viruma
- Betonin kutistuma
- Jänneterästen relaksaatio.

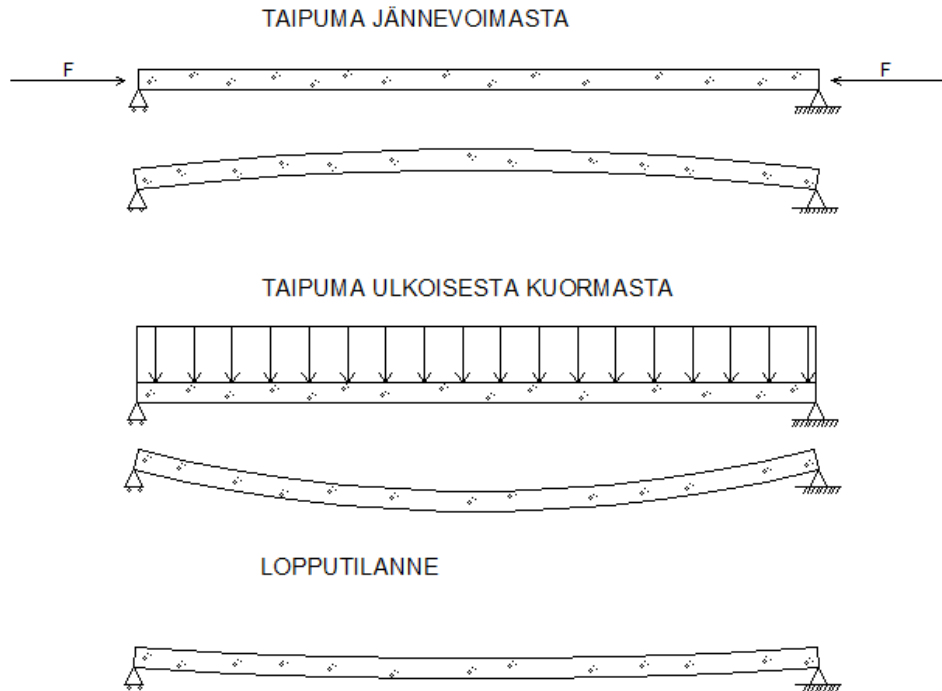
[4,s. 94.]

Jänneterästen jännityshäviöihin voidaan vaikuttaa suurelta osin valitsemalla betoni siten, että sen eliniän ja valmistuksen aikana tapahtuvat muodonmuutokset ovat mahdollisimman pieniä.

#### 3.2.4 *Jännepalkin tai laatan taipuma tai kohouma*

Jännitetyillä betonirakenteilla taipumaa esiintyy normaaleista betonirakenteista poiketen myös ylöspäin. Sanalla taipuma tarkoitetaan jännebetonipalkeissa normaalia rakenteen muodonmuutosta, jossa palkki taipuu alaspäin. Negatiivisella taipumalla, tai toisin sanoen kohoumalla, tarkoitetaan muodonmuutosta, jossa jännebetonirakenne taipuu ylöspäin jännevoimien vaikutuksesta. [4,s. 47]

Halkeilemattoman jännebetonipalkin tai -laatan taipuman määrittäminen ei eroa normaalin teräsbetonisen palkin taipuman laskennasta, sillä rakenteiden mekaniikan menetelmiä voidaan suoraan soveltaa myös jännebetonirakenteen taipumien määrittämiseen. Lopullinen taipuma saadaan selville, kun summataan jännevoimista aiheutuva taipuma ulkoisten kuormien aiheuttamaan taipumaan kuvan 7 mukaisesti. Optimaalisesti mitoitettu jännebetonipalkki tai -laatta voi saavuttaa lopullisessa kuormitustilanteessaan 0-taipuman. Kohouman ja taipuman ollessa yhtä suuret lopullisten muodonmuutosten (esimerkiksi viruma) jälkeen, on tuloksena täysin taipumaton poikkileikkaus. [4,s. 47.]



Kuva 7. Jännepalkin tai -laatan lopullinen taipuma yleisissä tapauksissa

Halkeilleen jännebetonipalkin taipuman määrittäminen tapahtuu samalla periaatteella kuin normaalin teräsbetonisen palkin vastaavassa tapauksessa. [4, s.51].

Teräsbetonisia rakenteita noudatellen myös jännebetonipalkin jäyhyysmomentti  $I$  korvataan muunnetulla poikkileikkauksella  $I_{ef}$ . Efektivein poikkileikkauksen määrittäminen on esitetty esimerkiksi Suomen Betoniyhdistys Ry:n julkaisussa *by 131 JÄNNEBETONIRAKENTEIDEN MEKANIikka JA MITOITUS* sivulla 52.

### 3.2.5 Taivutusmurto

Jännitetyillä palkki- tai laattarakenteilla on taivutusmurron suhteen samat kaksi murtotapaa kuin normaalilla teräsbetonirakenteella. Murtotapa voi olla joko hauras tai sitkeä. Sitkeä murto on murtotavoista käytännön olosuhteissa turvallisempi koska se mahdollistaa pelastautumisen paremmin, kuin ennalta varoittamatta tapahtuva haurasmurto. Sitkeä- ja haurasmurto-rajat on pääteltävissä suhteellisen rauditusalan kautta. [4, s. 57.]

Jännebetonipalkki tai -laatta voi saavuttaa taivutusmurron kolmen tapauksen kautta:

1. Teräsmurto siten, että kaikki kuorma siirtyy äkillisesti punoksille ensimmäisen halkeaman syntyessä.

2. Betonin puristusmurto, kun teräkset myötäävät
3. Betonin puristusmurto ennen terästen myötäämistä.

[4,s. 58.]

Murtotavat tapahtuvat kohdassa 1 ja 3 äkillisesti, kohdan kaksi betonin puristusmurto jänneterästen myödetessä tapahtuu niihin verraten ”hitaasti”. Voidaan siis todeta, että murtotavoista kohdat 1 ja 3 ovat vaarallisimpia, koska ne eivät mahdollista pelastautumista nopean murtumisen takia. Jännebetoniset palkit tulisi tästä syystä mitoittaa siten, että betoni murtuu vasta, kun teräkset myötäävät.

Jännebetonilaatan momenttikapasiteetti yksinkertaistetussa tapauksessa voidaan määrittää kuten teräsbetonipalkeilla. Kuorilaatta tapauksessa paikallavalun poikittaisraudoitus jakaa kuormia myös poikittaissunnassa, joten koko laatta rakenteen mitoittamiseen tarvitaan erikoismenetelmiä. Normaalin kuorilaatan tapauksessa ilman paikallavalua momenttikestävyys voidaan määrittää kuten normaalille palkilla voimatasapainojen kautta.

[4, s. 57-58.]

### 3.2.6 *Leikkausmurto*

Kuorilaatat ja jännitetyt laattarakenteet toteutetaan yleisesti yleensä ilman leikkausraudoitusta. Tällöin laatat tulee mitoittaa siten, että rakenteen leikkaukskapasiteetti riittää kaikissa kuormitustapauksissa, eikä leikkausmurtoa pääse syntymään. Jännitettyjen palkki- ja laattarakenteiden leikkausmurtotavat ovat:

1. Leikkausvetomurto, eli kun palkin punosten tartunta pettää (esim. tuen lähellä)
2. Leikkauspuristusmurto, eli kun betonin puristuskestävyys terästen kohdalla ylittyy
3. Ohutuomaisissa jännebetonipalkeissa leikkaushalkeamista johtuva uuman puristusmurto.

[4, s. 73-74.]

Kuorilaattojen leikkauskestävyyttä on tarkemmin käsitelty seuraavan luvussa 4.5.3.

## 4 KUORILAATTOJEN SUUNNITTELU SUOMALAISEN SUUNNITTELUKÄYTÄNNÖN MUKAAN

### 4.1 Ohjeet ja määräykset

Kuorilaatosten suunnittelu on Suomessa noudattanut Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaista suunnittelua. Rakentamismääräyskokoelman lisäksi rinnalle on laadittu erilaisia ohjeistavia teoksia, kuten RTT rakennusteollisuuden laatima valmisosarakentamisen *osa I LIITTORAKENTEET*. Kyseinen teos on sovellettu Suomen suunnittelukäytäntöön FIP:n julkaisun *Guide to good practice: "Composite Floor structures"* pohjalta. Ohje noudattaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa B4.

Kuorilaattojen ja niiden raudoitusten suunnitteluun on laadittu näiden ohjeiden lisäksi Parman oma kuorilaatosten suunnitteluohje. Tässä insinööriyössä paneudutaan ohjeen asettamiin määräyksiin ja eurokoodin sekä SFS:n lisästandardien tuomiin muutoksiin.

### 4.2 Liittolaatat yleisesti käyttörajatilassa

#### 4.2.1 Jännitykset ja taipuma

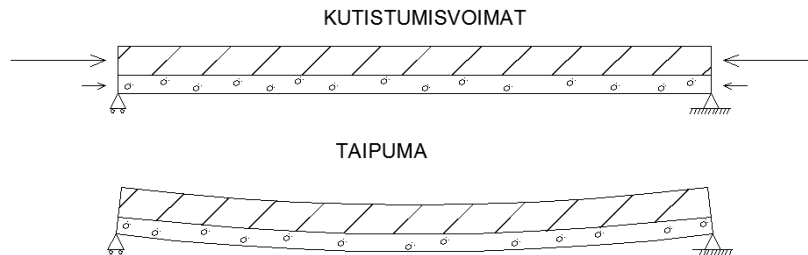
Kuten aikaisemmin on todettu, liittorakenteille tulee sen toimintamallista johtuen erilaisia jännityksiä sekä rakennusvaiheessa, että käyttövaiheessa. Esivalmisteisen rakenneosan, tässä tapauksessa kuorilaatan, kuormitukset muodostuvat ennen liittorakennevaihetta laatalle tulevasta esijännitysvoimasta, rakenteen omasta painosta, työnaikaisesta kuormituksesta (esimerkiksi valukalusto/henkilökunta) ja paikallavalu sekä liittolaatan jännityshäviöistä. Kun rakenne alkaa toimia liittorakenteena, rakenteen jännitykset aiheutuvat pysyvästä kuormasta, hyötykuormista, kutistuma- ja virumaeroista sekä valutapahtuman jälkeisistä jännityseroista. Liittorakennetta tarkasteltaessa tulisi ottaa huomioon eri kuormitusvaiheiden aiheuttama mahdollinen halkeilu poikkileikkauksessa. [2,s. 8.]

Liittorakenteen halkeilu ja taipumatarkastelu tehdään samalla tavalla kuin monoliittisen rakenteen. Liittorakenteen tarkastelu eroaa kuitenkin monoliittisen rakenteen tarkastelusta kuormitusten osalta. Osa liittorakenteeseen tulevasta kuormasta vaikuttaa vain elementtiin ja osa koko liittorakenteeseen.[2,s. 8.] Liittorakenteeseen vaikuttavista kuormista aiheutuva taipuma voidaan lisätä elementin taipumaan ennen liittovaikutusta.



#### 4.2.2 Kutistumaero

Koska liittorakenteille on ominaista, että rakenteen muodostavat komponentit valmistetaan eri aikoina, tulee sen aiheuttama kutistuma- ja virumaero ottaa huomioon rakenteen kuormituksia määrittäessä. Kun liittorakennetta valetaan työmaalla, on liittoelementti (esimerkiksi kuorilaatta) valmistettu jopa useita kuukausia ennen valutapahtumaa. [2,s. 9.]



Kuva 8. Kutistumaerosta aiheutuva taipuma

Valun jälkeen betonin alkaessa kovettua kutistumisreaktiot tuoreessa paikallavalussa ovat selkeästi suurempia kuin liittorakenteen elementtiosassa. Kahden liittorakenneosan erisuurista kutistumista syntyy alaspäin aiheutuvaa taipumaa ja vetojännitystä liittorakenteen alapintaan, kuten kuvassa 8 on esitetty. Kutistumaeron kehittyminen on pitkä tapahtuma, joten voidaan olettaa, että liittorakenteen viruma ja paikallavalun relaksaatioerosta aiheutuu jännityksiä rakenteeseen. Tästä syystä kutistumaeron suunnitteluarvoa  $\epsilon_{cs}$  voidaan pienentää kertoimella

$$\eta = \frac{1 - e^{-\phi}}{\phi} \quad (4.2.1)$$

missä  $\phi$  on paikallavalubetonin virumaluku

vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös muunnettua kimmokerrointa  $E''$

$$E'' = \frac{E_0}{1 + \chi\phi(t, t_0)} \quad (4.2.2)$$

jossa

$E_0$  on paikallavalun kimmokerroin lyhytaikaisessa kuormituksessa

$\chi$  on betonin relaksaatiokerroin.

[2,s. 9-10.]

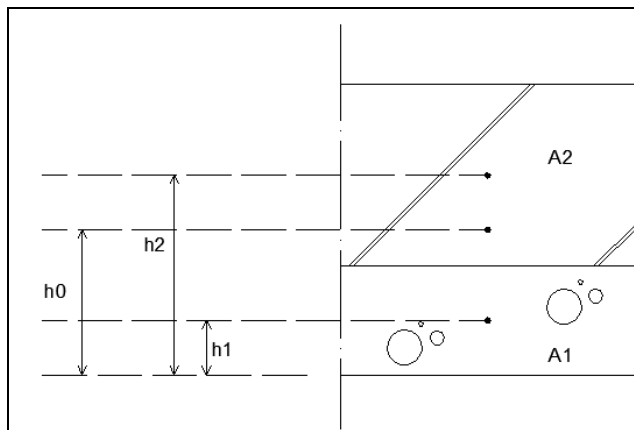
Murtorajatilassa edellä mainittujen jännitysten voidaan olettaa hävinneen rakenteen plastisoitumisen vuoksi. Tästä syystä niitä ei tarvitse ottaa huomioon mitoituksessa. [2,s. 10.]

#### 4.3 Liittolaatat yleisesti murtorajatilassa

Murtorajatilassa liittolaattaa voidaan käsitellä yhtenä rakenteena, kuitenkin niin, että eri rakenneosien erisuuret lujuudet tulee ottaa huomioon. Mikäli liittorakenteen osat on valmistettu toisistaan eriävissä rakenneluokissa, pitää liittorakenteen rakenneluokaksi valita se luokka, jolla kokonaisvarmuus on suurempi. [2,s. 10.]

#### 4.4 Liittopoikkileikkauksen mekaaniset ominaisuudet

Liittorakenteita laskettaessa tarvitaan eri liitto-osien aksiaaliset- ja taivutusjäykkyydet. Useasta kerroksesta muodostuvan rakenteen jäykkyys voidaan määrittää kuvan 9 mukaisesti kimmoteoriaa noudattaen.



Kuva 9. Useakerroksinen poikkileikkaus

Liittopoikkileikkauksilla on ominaisuuksia, jotka riippuvat kerrosten eri kimmokertoimista, sekä kerrosten sijainnista poikkileikkauksessa.

Yksittäisen rakenneosan aksiaalinen jäykkyys puristussuunnassa

$$K_i = E_i A_i \quad (4.4.1)$$

useammasta osassa koostuvan poikkileikkauksen aksiaalinen jäykkyys

$$(EA)_0 = \sum_{i=1}^n E_i A_i \quad (4.4.2)$$

$n$  on poikkileikkausosien lukumäärä

Liittopoikkileikkauksen painopisteen sijainti

$$h_0 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i E_i A_i}{(EA)_0} \quad (4.4.3)$$

Yhden rakenneosan taivutusjäykkyys

$$S_i = E_i I_i \quad (4.4.4)$$

Liittopoikkileikkauksen taivutusjäykkyys

$$(EI)_0 = \sum_{i=1}^n E_i I_i + \sum_{i=1}^n (h_i - h_0)^2 E_i A_i \quad (4.4.5)$$

Liittorakenteen eri osille tulevat jännitykset ja voimat voidaan määrittää yksittäisen poikkileikkausosan jäykkyyden suhteella rakenteen kokonaisjäykkyyteen.

Normaalivoima eri poikkileikkausosille voidaan laskea seuraavan kaavan mukaan

$$N_i = N_0 \frac{E_i A_i}{(EA)_0} \quad (4.4.6)$$

Taivutusmomentti eri poikkileikkausosille

$$M_i = M_0 \frac{E_i I_i}{(EI)_0} \quad (4.4.7)$$

Momentista  $M_0$  syntyvä normaalivoima voidaan laskea seuraavasti

$$N_i = M_0 \frac{(h_i - h_0) E_i A_i}{(EI)_0} \quad (4.4.8)$$

Normaalijännitys missä tahansa pisteessä poikkileikkauksessa voidaan määrittää seuraavan kaavan mukaan

$$\sigma(y) = E_i \frac{M_0 y}{(EI)_0} \quad (4.4.9)$$

Leikkajännitys kahden eri osan välisessä rajapinnassa voidaan määrittää seuraavan kaavan mukaisesti

$$\tau(y) = \frac{V}{b(EI)_0} \sum_y^{y_{\max}} (h_i - h_0) E_i A_i \quad (4.4.10)$$

[2, s.14-16.]

## 4.5 Jännitetyn kuorilaatan mitoitus rakentamismääräyskokoelman mukaan

### 4.5.1 Yleistä

Kun kuorilaatta ja sen pintavalu toimivat yhtenä liittorakenteena, voidaan niiden mitoitus tehdä kuten normaaleille betonilaatoille. Tässä insinööriyössä ei käsitellä tarkasti betonilaatan mitoitusperiaatteita, jotka eivät eroa normaalin betonilaatan mitoituksesta. Mitoitusosioissa keskitytään asioihin, jotka ovat tärkeitä liittorakenteen toiminnan varmistamiseksi.

### 4.5.2 Käyttörajatila

Laatasta mitoitettaessa käyttörajatilassa, tulee laatan taipuma rajoittaa arvoon  $L_t / 500$ , missä muuttuja  $L_t$  on kuorilaataston työnaikaisten tukien väli.

Käyttörajatilassa taipuman lisäksi tulee betonin jännitykset rajata seuraaviin arvoihin, kun laattaa mitoitetaan pintavalun painolle;

$$\sigma_{ct} \leq f_{ctf} \quad (4.5.1.1)$$

$$\sigma_c \leq f_{cd} \quad (4.5.1.2)$$

$\sigma_{ct}$  on laattaan muodostuva vetojännitys

$\sigma_c$  on laattaan muodostuva puristusjännitys

$f_{cd}$  on betonin puristuslujuuden suunnitteluarvo

$f_{ctf}$  on betonin taivutusvetolujuuden suunnitteluarvo, joka lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$f_{ctf} = (1,85 - h) f_{ctk} \leq f_{ctk} \quad (4.5.1.3)$$

$f_{ctk}$  on betonin taivutusvetolujuuden ominaisarvo  
 $h$  on kuorilaatan paksuus metreinä

Käyttörajatilassa kenttämomenttia laskettaessa ja laatasten ollessa jatkuvia valitaan tukimomentiksi seuraavista vaihtoehdoista se, kumpi tuottaa pienemmän arvon.

1. Tukimomentti, joka on laskettu käyttäen halkeilematonta poikkileikkausta
2. Laatan murtomomentti tuella murtorajatilassa

Kuorilaattojen halkeamaleveyden määrittäminen tuilla voidaan laskea noudattaen kimmoiteorian mukaisia menetelmiä. Poikkileikkaus voidaan olettaa halkeilemattomaksi, kunhan laattaan muodostuva vetojännitys  $\sigma_{ct}$  ei ylitä raja-arvoaan  $f_{ctf}$ .

[2, s. 56-57.]

#### 4.5.3 Murtorajatila

Jännitettyä kuorilaattaa mitoitettaessa on tarkasteltava seuraavat asiat laattojen kestävyysvarmistamiseksi:

1. Murtorajatilassa momenttikestävyys
2. Leikkauskestävyys tuen läheisyydessä
3. Leikkauskestävyys kuorilaatan ja paikallavalun välisessä saumassa
4. Leikkauskestävyys erikoiskohdissa (esimerkiksi pistekuormien kohdalla)

[2, s. 57]

Esijännitetyille kuorilaatoille leikkauskestävyys voidaan määrittää seuraavan kaavan perusteella.

$$V_{co} = 0,3 * k' * (1 + 50\rho) f_{ctd} b_w d' + \frac{M_0}{M_d} V_d \quad (4.5.3.1)$$

$k'$  on poikkileikkauksen paksuudesta riippuva kerroin,  $k' = 1,6 - d' > 1,0$  [m]

$\rho$  on pituussuuntaisen raudituksen suhteellinen määrä  $\rho' = A_p / (b_w d')$

$A_p$  on jänneterästen kokonaispinta-ala

$f_{ctd}$  on kuorilaatan betonin vetolujuuden mitoitusarvo ilman varmuuskertoimia

$b_w$  on laatan leveys

$d'$  on laatan tehollinen korkeus pintavalu mukaan lukien ( $d$ +pintabetonin paksuus  $t$ )

$M_0$  on kuorilaatan nollavenymämomentsi, kuormien aiheuttama momentti rakenteeseen kun rakenteeseen ei synny vetojännityksiä.

$M_d$  on laskentakuormista aiheutuva suurin momentti tarkasteltavaan poikkileikkaukseen.

[2,s. 41.]

Kuorilaatat ovat esijännitetyjä rakenteita, esijännitys otetaan huomioon betoninormien mukaan  $\beta_1$  kertoimella, jolla kerrotaan termi  $V_{c0}$ .

$$\beta_1 = 1 + \frac{M_0}{M_d} \leq 2 \quad (4.5.3.2)$$

Saumojen välinen suurin sallittu leikkausjännitys voidaan määrittellä betoninormissa ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa B4 esitetyn kaavan mukaan

$$v_u = \beta_1 \frac{A_{sv}}{sb} f_{yd} + \beta_2 f_{ctd} \geq v_d = \frac{V_d}{bd} \quad (4.5.3.3)$$

$v_u$  on sauman leikkauslujuus sauman pinta-alayksikköä kohti

$v_d$  on sauman laskentakuormia vastaava leikkausjännityksen arvo

$A_s/(sb)$  on työsauman läpi kohtisuoraan menevän raudoituksen suhteellinen määrä eli raudoitussuhde  $\rho$ . Mikäli rakenne on minimiraudoitettu, ei teräsmäärällä oleteta olevan mitään vaikutusta.

$\beta_1$  tässä tapauksessa tarkoittaa  $\tan \phi$  kitkerointia, joka saadaan alla esitettyllä tavalla

$\beta_2 f_{ctd}$  kuvaa saumapinnassa esiintyvää koheesiota

Kun kyseessä on karhea sauma ja termin  $A_{sv}/(sb)$  arvo on pienempi kuin 0,0015,  $\beta_1 = 0,6$  ja  $\beta_2 = 0,3$

Kun termin arvo on isompi kuin 0,0015,  $\beta_1 = 0,9$  ja  $\beta_2 = 0,3$ .

[2,s. 57-58 tai 14, s.20.]

#### 4.5.4 Palonkestävyys

Kuorilaattojen palonkestävyysluokituksella on vaikutusta tarvittavaan laattapak-suuteen. Jänneterästen vaatima keskimääräinen betonipeite määräytyy beto-

ninormien luvun 3.3.2 mukaan. Kyseisen luvun perusteella on laadittu taulukko 1, josta selviää tarvittavat keskiöetäisyydet eri paloluokille.

Taulukko 1. Kuorilaatan jänneterästen betonipeite eri paloluokissa

Palonkestoluokka	laatan paksuus	Betonipeite c
A30	70mm	20mm
A60	70mm	30mm
A90	90mm	40mm
A120	110mm	50mm

## 5 KUORILAATTOJEN EN-STANDARDEIHIN PERUSTUVA SUUNNITTELU

### 5.1 Ohjeet ja määräykset

Kuorilaattojen eurokoodipohjainen suunnittelu toteutetaan eurokoodin osan EN1990 ja EN1992-1-1 mukaan. Eurokoodin osa EN1990 määrittelee yleisesti betonirakenteille niiden suunnitteluperusteet, kuten mitoitusrajatilat ja termistöä. EN 1992-1-1 määrittelee yleisesti betonirakenteiden suunnittelun. Kyseisen eurokoodin mukaan voidaan suunnitella normaaleja ei-jännitettyjä betonirakenteita ja vaativimpia jännitettyjä rakenteita.

Kyseisten normien lisäksi tulee noudattaa kuorilaatoille erikseen säädettyä SFS-EN 13747 + A2 standardia, joka määrittelee erikoissääntöjä betonivalmisosille ja erityisesti kuorilaatoille.

Eurokoodien tullessa voimaan sitovina, tämän hetken tiedon mukaan viimeistään 1.7.2013, tulee kaikkien rakentamisessa käytettävien tuotteiden ja betonivalmisosien olla CE-merkittyjä. Kuorilaattoihin voidaan kiinnittää CE-merkintä, kun niiden voidaan todeta täyttävän edellä mainitun SFS-EN 13747 + A2 standardin asettamat vaatimukset.

### 5.2 Jännitetty rakenteet lyhyesti eurokoodin mukaan

#### 5.2.1 Yleistä

Seuraavissa kappaleissa 5.2.2 – 5.2.4 käsitellään lyhyesti eurokoodin EN1992-1-1 vaatimuksia koskien jännepunoksia ja niillä toteutettavia jännitettyjä rakenteita. Asiat käsitellään pintapuolisesti ja mitoituksessa keskitytään tämän insinööriyön kohtaan 4 tulleisiin muutoksiin ja lisäyksiin.

### 5.2.2 Jännepunokset

Eurokoodi määrittelee jännepunoksille vaatimuksia standardin sivuilla 40-45. Merkittäviä asioita jännepunoksille ovat vetolujuudet, 0,1-raja ja murtovenymä. Eurokoodi määrittelee seuraavat rajat termein  $f_{pk}$ ,  $f_{p0}$  ja  $\varepsilon_{uk}$ . Jännepunosten luokittelu eri luokkiin tehdään edellä mainittujen kolmen ominaisuuden perusteella. Eurokoodi määrittelee punoksille myös kolme eri suurta relaksaatioluokkaa. Kuorilaattoja koskevat relaksaatioluokat ovat Luokka 1 ja Luokka 2; pieni tai tavanomainen relaksaatio.

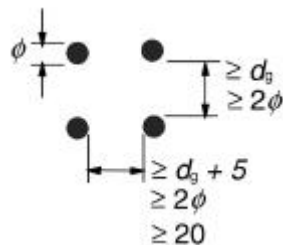
Relaksaatioluokan avulla määritellään punoksille sallittu relaksaatiohäviö, joka määritellään  $\rho_{1000}$  termin avulla. Eurokoodin sivulla 43 esitetään laskentakaavat relaksaatiohäviöiden määrittämiseen eri luokille.

Eurokoodin luvussa käsitellään myös tiettyjä mitoitusoletuksia, kuten lankojen ja punosten kimmokertoimien arvoja sekä teoreettisia jännitys-venymä-kuvaajia.

[15,s. 41-43.]

### 5.2.3 Punosten sijoittelu

Eurokoodin pääluvussa 8 käsitellään raudoitusten sijoittelua ja kohta 8.1 keskittyy jännepunosten sijoitteluun rakenteessa. Luvussa määritellään miten jänteet tulee sijoittaa rakenteeseen, niin että niiden oikeanlainen toiminta voidaan taata. Jänteiden oikeanlainen sijoittaminen on tärkeää mm. ankkuroinnin takia. Myös muita ryhmittelyjä voidaan käyttää, kunhan todennetaan punosten riittävä toimivuus. Seuraavassa luvussa käsitellään standardia SFS-EN13747 + A2 joka määrittää lisävaatimuksia punosten sijoittelulle rakenteessa.



Kuva 10. Punossijoittelu eurokoodin mukaan [15,s. 144]

Kuvassa 10 on esitetty punoksien minimietäisyydet. Termi  $d_s$  tarkoittaa suurinta sallittua betonin kiviaineksen raekokoa ja termi  $\phi$  jännepunoksen halkaisijaa.

[15,s. 41-43.]



#### 5.2.4 Punosten ankkurointi

Seuraavassa luvussa 8.2 käsitellään punosten ankkurointia. Luvussa määritellään mm. siirtymäpituus  $l_{pt}$  ja jakaantumispituus  $l_{disp}$ . Termeillä kuvataan sitä, miten punosten jännitys siirtyy punoksilta betonille puristukseksi. Molempien termien laskentakaavat esitetään kyseissä luvussa.

Punosten ankkurointi murtorajatilassa esitetään sivulla 147 luvussa 8.10.2.3. Punosten kokonaisankkurointipituuden  $l_{bpd}$  laskemiseksi tulee selvittää ensin ankkuroinnin tartuntalujuus, jonka kautta voidaan teräsännitysten kautta laskea tarvittava ankkurointipituus. Jänteiden ankkurointi tulee tarkastaa poikkileikkauksissa, joissa betonin vetojännitys ylittää arvon  $f_{ctk,0,05}$ .

### 5.3 EN1992-1-1 ja EN1992-1-2 standardin vastaavuus lukuun 4

#### 5.3.1 Yleistä

Luvussa 4 käsiteltiin Suomalaisen rakentamismääräyskokoelman ja muiden vanhempien ohjeiden laskentamenetelmiä, mm. kahden eri liitto-osan väliselle leikkauslujuudelle sekä paloluokille. Vastaavanlaiset laskentakaavat löytyvät myös betonirakenteita koskevasta EN1992-1-1 standardista.

#### 5.3.2 Leikkauskestävyys eri aikaan valettujen betonien rajapinnassa

Eurokoodin mukaan liitto-osien välisen sauman tulee täyttää kaavan 5.3.2.1 mukainen ehto.

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi} \quad (5.3.2.1)$$

Kaavan termi  $v_{Edi}$  on sauman rajapinnassa vaikuttavan leikkausjännityksen mitoitusarvo ja termi  $v_{Rdi}$  leikkauskestävyyden mitoitusarvo. Termi  $v_{Edi}$  voidaan määrittää kaavan 5.3.2.2 mukaan ja vastaavasti  $v_{Rdi}$  kaavan 5.3.2.3 mukaan.

$$v_{Edi} = \beta V_{Ed} / (z b_i) \quad (5.3.2.2)$$

$\beta$  on tuoreen valupoikkileikkauksen ja koko poikkileikkauksen jännitysresultanttien suhde puristus- tai vetoalueella.

$V_{Ed}$  on rakenneosan leikkausvoima.

$z$  on poikkileikkauksen sisäinen momenttivarsi.

$b_i$  on rajapinnan leveys, kuorilaatoissa siis kyseisen laatan leveys

Leikkauskestävyyden mitoitusarvo  $v_{Rdi}$  voidaan määrittää eurokoodin mukaisesti seuraavalla kaavalla:

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd} \quad (5.3.2.3)$$

$c$  ja  $\mu$  ovat kertoimia, jotka riippuvat rajapinnan karheudesta

$f_{ctd}$  on betonin vetolujuus

$\sigma_n$  on leikkausvoiman kanssa samaan aikaan saumaan kohdistuva ulkoisesta normaalivoimasta muodostuva pienin mahdollinen jännitys. Puristus on positiivista ja  $\sigma_n < 0,6 f_{cd}$

$\rho$  on  $A_s / A_i$  eli rajapinnan läpi kulkevan raudoituksen ja rajapinnan pinta-alojen suhde

$f_{yd}$  on teräksen myötölujuuden suunnitteluarvo

$\alpha$  on kulma, joka määritellään välille  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  EN1992-1-1 kuvan 6.9 mukaisesti

[15, s. 91.]

$v$  on lujuuden pienennyskerroin ja se voidaan määrittää kaavan 5.3.2.4 mukaan

$$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (5.3.2.4)$$

Kertoimella pienennetään leikkausvoimasta halkeilleen betonin laskentaluujutta.

[15, s. 86,91]

### 5.3.3 Kuorilaatan palomitoitus eurokoodin taulukkomitoituksen mukaan

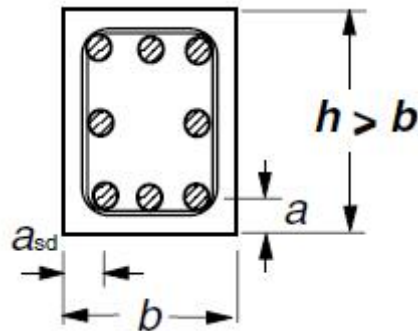
Betoninormi määrittää tässä työssä kohdan 4.5.4 esitetyn taulukon 1 mukaiset betonipeitteen minimi arvot tietyille paloluokille. Eurokoodin osassa EN1992-1-2 Rakenteiden palomitoitus on esitetty erilaisia palomitoitustapoja pilareille, laatoille, palkeille ja seinille.

Kuorilaattojen palonkestävyys voidaan määrittää mm. yksinkertaistetulla taulukkomitoituksella. Taulukkomitoituksella varmistetaan, että laatoissa ja palkeissa vetoalueella sijaitsevien terästen keskiöetäisyys laatan ala- tai yläpinnasta on riittävä. Taulukkomitoituksella rakenteet voidaan mitoittaa standardipalolle 240 minuuttiin asti. Kuvassa 11 on esitetty palomitoituksessa käytettäviä termejä.

Kuorilaatoissa käytettävillä jännepunoksilla on alhaisempi kriittinen lämpötila kuin harjateräksillä. Keskiöetäisyyttä kuvaavaa termiä  $a$  tulee jännepunoksia tai lankoja

käytettäessä kasvattaa 15 mm normaaleihin harjateräksiin verrattuna. Kun edellä mainittu lisäys on otettu huomioon, voidaan palomitoitus suorittaa kuten muillekin laatoille

[16,s. 37-39.]



Kuva 11. Palomitoituksessa käytettäviä termejä [16, s. 39]

Seuraava taulukko 2 on koottu EN1992-1-2 mukaisen taulukkopalomitoituksen avulla ja sen arvoja noudattamalla voidaan todeta kuorilaattojen täyttävän tietyn paloluokan.

Taulukko 2. Taulukkomitoituksen standardipalonestävyysvaatimukset jännitetyille laatoille

Standardipalonestävyys	Vähimmäismitat			
	laatan paksuus ( $h_s$ )	keskiöetäisyys yhteen suuntaan kantavana ( $a$ )	keskiöetäisyys kahteen suuntaan kantavana ( $a$ )	
REI 30	60mm	25mm	25mm	25mm
REI 60	80mm	35mm	25mm	30mm
REI 90	100mm	45mm	30mm	35mm
REI 120	120mm	55mm	35mm	40mm
REI 180	150mm	70mm	45mm	55mm
REI 240	175mm	80mm	55mm	65mm
			( $l_y/l_x \leq 1,5$ )	(sivusuhte $1,5 \leq l_y/l_x \leq 2$ )

Taulukossa termi  $l_y$  on laatan pidempi sivu ja vastaavasti  $l_x$  lyhyempi sivu.

Mikäli rasitusluokkien määräämät betonin suojaetäisyydet ovat suurempia kuin palovaatimusten, tulee sitä käyttää rakenteen vähimmäispeitteen arvona. Ristiinkantaville laatoille on lisävaatimuksia kun laatastot ovat jatkuvia.

[16,s. 51-52.]

## 5.4 Kuorilaattojen suunnittelu SFS-EN 13747 + A2 mukaan

### 5.4.1 Ohjeen sisältö ja merkitys

Eurokoodi määrittelee betonivalmisteiden yleisen käytännön ja suunnittelun. Mikäli jotkut betonivalmisteet vaativat erikoissuunnittelua tai lisäsäännöksiä, on niitä varten laadittuna erilliset tuotekohtaiset standardit. Kuorilaattojen suunnittelua varten on laadittu EN 13747 + A2 standardi, joka käsittelee kaikki erilaisille kuorilaatoille merkittävät määräykset ja vaatimukset. Ennen standardin julkaisemista ei kuorilaatoille ollut säädetty mitään erillistä ohjetta.

EN13747 + A2 standardi asettaa kuorilaatalle erilaisia vaatimuksia muun muassa mittatoleranssien ja raudoitusten sijoittelun suhteen. Määräysten lisäksi standardi sisältää liitteet A – K, joissa käsitellään esimerkiksi kuorilaattojen suunnittelua. Edellisten liitteiden lisäksi standardi sisältää liitteen ZA, jossa määritellään kuorilaattojen CE-merkintä ja sen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. Kyseisen EN 13747 + A2 standardin vaatimukset täyttämällä kuorilaattojen valmistaja voi merkitä laattansa CE-merkinnällä.

### 5.4.2 Raudoitteet ja niiden sijoittaminen rakenteeseen

Kuorilaattoihin sijoitettavilla teräksillä tulee olla tietty sijainti rakenteessa, jotta rakenteen optimaalinen toiminta voidaan varmistaa. Standardi määrittelee muutamia arvoja, jotka rajoittavat ja määräävät raudoitteiden sijainnin poikkileikkauksessa. Ellei kuorilaatan laskentaan ole käytetty erikoismenetelmiä tai -testejä tulee noudattaa seuraavia vaatimuksia:

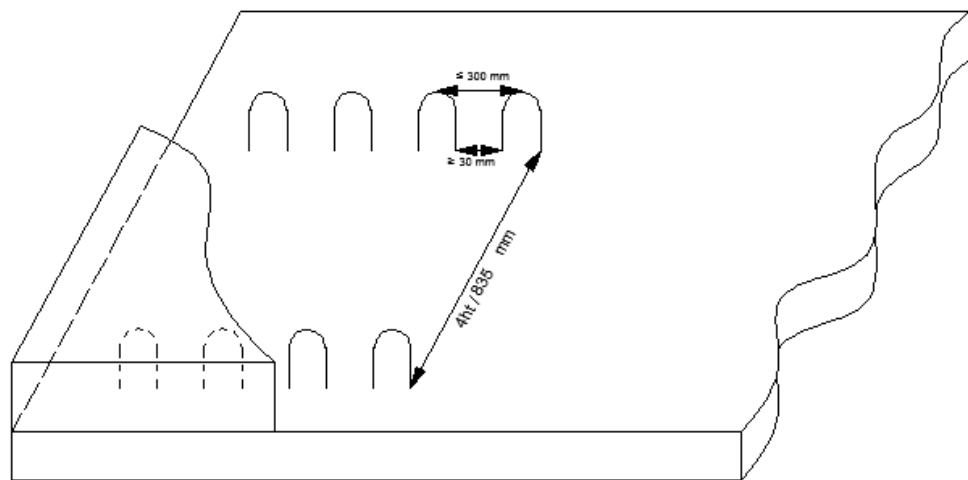
- a) jänneteräksien lukumäärä tulee rajata enintään 30 kerrosta ja jokaista metriä kohti
- b) jänneteräksien tulee jakaa tasaisesti jokaiseen kerrokseen
- c) jokaiseen kuorilaattaan tulee laittaa vähintään kaksi jännepunosta
- d) yksittäisillä jänneteräksillä tulee olla tietty vapaa väli  $l_j$  ja sen tulee täyttää kaksi ehtoa
  - suurin vapaa väli = 300 mm
  - pienin vapaa väli =  $5 \varnothing$ , jos  $\varnothing \leq 7,0$  mm tai  $7 \varnothing$ , jos  $\varnothing > 7,0$  mm

jänneteräsniippujen vapaan välin tulee noudattaa seuraavia määräyksiä

- vaakasuunnassa suurin seuraavista ( $d_g+5$  mm), 20 mm tai  $\emptyset$
  - pystysuunnassa suurin seuraavista:  $d_g$ , 10 mm tai  $\emptyset$
- e) uloimman teräksen ulkopinnan ja laatan pystyreunan etäisyyden  $l_e$  tulee olla vähintään  $3 \emptyset$  ja enintään 150 mm

Termi  $d_g$  on betonin valmistuksessa käytettävä kivaineksen suurin raekoko.

[6,s. 21.]



Kuva 12. Ansaidsien sijoittelu kuorilaattaan [6,s. 19]

Kuorilaatoissa on usein myös liittorakenteen toiminnan varmistavia liittorautoitteita, joita kutsutaan ansaiksi. Kun liittorautoitus toteutetaan yhtenäisinä lenkkeinä, saa vierekkäisten rautoituslinjojen etäisyys olla enintään  $4 h_t$  tai 835 mm (pienempi arvoista). Pituussuunnassa lenkkien keskiöetäisyys saa olla enintään 300 mm, viereisten leikkeiden välin tulee kuitenkin olla suurempi kuin 30 mm. Mitta  $h_t$  on laatan kokonaispaksuus pintavalun kanssa. Kyseiset mitat on esitetty kuvassa 12.

[6,s. 19.]

#### 5.4.3 Kuorilaattojen suunnittelu Liitteen F mukaan

Standardin Liite F käsittelee ohjeistavasti sitä, miten kuorilaatta tulisi suunnitella. Liitteen alussa yleisistä asioista todetaan, että kuorilaattojen suunnittelu voidaan toteuttaa kuten samanmuotoisten monoliittisten laattojen, mikäli leikkausvoimat voidaan siirtää kuorilaatan ja paikallavaletun betonin välisen työsauman läpi.

Liitteen F mukaan kuorilaattojen taivutusmurtorajatilatarkastelut voidaan laskea EN1992-1-1 mukaan, kunhan otetaan huomioon liitteessä ja EN 13747 standardissa esitetyt tapaukset. Liitteen mukaan kuorilaatastoihin syntyvä poikittainen taivutusmomentti tulee olla edellä mainitun EN1992 standardin mukainen ja kevenysten, ripojen ja muiden erikoistapausten eri materiaalilujuudet tulee ottaa huomioon. Mikäli kuorilaatoissa on myös jännittämätöntä raudoitusta ja ne on sijoitettu eri tasoille kuin jänteet, tulee vetovoimien noudattaa sen mukaista jännitys-muodonmuutoskäyrää. Liitteessä todetaan myös, että raudoituksen vähimmäispinta-alan tulisi olla 1,2 kertaa murtorajatilamitoituksen mukainen, ei kuitenkaan suurempi kuin kaavan 5.3.3.1 antama betonirakenteiden normaalin minimiraudoituksen määrä.

$$A_{s,\min} = 0,18(f_{ctm} / f_{yk})b_t d \quad (5.4.3.1)$$

Kaavan termi  $b_t$  tarkoittaa vedetyn vyöhykkeen keskimääräistä leveyttä.

[6,s. 48-50]

Liitteen F mukaan kuorilaattojen käyttörajatilatarkasteluissa tulisi ottaa huomioon kahdenlaisia tapauksia, ”ohuet” laatat ja ”paksut” laatat. Laatta voidaan todeta ”ohueksi”, kun sen paksuus täyttää kaavan 5.3.3.2 ehdot.

$$h_p \leq (h_t / 2)mm \text{ tai } h_p \leq 80mm, \text{ valitaan pienempi arvoista} \quad (5.4.3.2)$$

Kaavan termi  $h_t$  on liittolaatan nimellispaksuus.

Parman valmistamien kuorilaattojen nimellispaksuudet ylittävät aina kaavan antamat ehdot, joten niitä voidaan aina käsitellä ”paksuina” laattoina.

Paksuilla kuorilaatoilla liitteen F mukaan tulee tarkastella eri rakennusvaiheet tavanomaisia jännityksiä laskettaessa. Rakenteen poikkisuuntainen taivutus tulisi tarkastella liitteen kohdan F.4.1.1 b) mukaan, joka tarkoittaa seuraavien tarkastelujen toteuttamista:

Poikkisuuntaista taivutusta ei tarvitse tarkastella, mikäli seuraavat ehdot toteutuvat

- Liittolaatta on tuettu kahdelta vastakkaiselta sivulta
- Laatoille tulevat kuormitukset ovat pääasiassa staattisia

- Rakenteiden tulee kantaa vain normin EN1991-1-1 kategorioiden A ja B mukaisia kuormia
- Rakennetta kuormittavat liikennekuormat rajoittuvat vain luokan F mukaisiin kuormiin.

[6,s. 50.]

Luokkien A ja B kuormat tarkoittavat asuntoja, sairaaloita ja toimistoja. Kuormitusluokka F tarkoittaa kevyeen liikenteen liikenne- ja pysäköintialueita. Liitteessä mainitaan huomiona myös, että mikäli kyseisten ehtojen täytyessä kuorilaattojen ollessa alle 1,2 m leveitä, niissä ei tarvita erillistä poikittaisraudoitusta. Muissa tapauksissa laattoihin tulisi asentaa minimiraudoitus mm. kutistumista vastaan. Minimiraudoitukselle asetetun arvon tulee olla vähintään  $(20/f_{yk})\%$  laatan poikkileikkauksesta, termin  $f_{yk}$  ollessa käytettävän raudoituksen myötöraja.

Käyttörajalimitoitukset kuorilaatoille tulisi tehdä liitteen F kohdan 4.2.2 mukaan. Kappale käsittelee kuorilaattojen taipuman rajoittamista. Kuorilaatoille muodostuvan taipuman voidaan olettaa johtuvan seuraavista asioista:

- Valmiiseen rakenteeseen kohdistuvat kuormat ennen päälle tulevia rakenteita. Näitä kuormia tulee käsitellä pitkäaikaisina, joten rakenteen vauriolla on vaikutusta taipuman suuruuteen.
- Päälle tulevien rakenteiden jälkeiset pysyvät kuormat, joita voidaan käsitellä pitkäaikaisina.
- Päälle tulevien rakenteiden jälkeiset muuttuvat kuormat, joita voidaan käsitellä lyhytaikaisina.
- Edellä mainittujen kuormitusten lisäksi paikallavaletun betonin ja kuorilaatan välisestä kutistumaerosta johtuvat rasitukset, joita voidaan käsitellä pitkäaikaisina.

Kuorilaatastojen taipuma tulisi rajata tiettyihin arvoihin, jotta vaurioilta vältytään. Raja-arvot riippuvat päälle tulevista rakenteista ja laatan jännevälisestä. Liite F esittää seuraavia raja-arvoja päällysrakenteista riippuen:

- Muuratut väliseinät tai muut hauraat lattiapinnoitteet: L/500
- Muunlaiset väliseinät sekä sitkeämmät lattiapinnoitteet: L/350

- Kattoelementit L/250

Taipumaa määritettäessä tasaisille kuormille tulisi sen määrittäminen tehdä yksinkertaistetulla tavalla. Yksinkertaistetussa tavassa kuormitukset voidaan erotella seuraavanlaisesti

- $G_v$  ovat kuormia, jotka vaikuttavat ennen lattianpäällystettä.
- $G_a$  ovat kuormia, jotka muodostuvat lattianpäällysteen omasta painosta.
- $G_p$  ovat kuormia, jotka vaikuttavat rakenteeseen lattianpäällysteen jälkeen
- $Q$  ovat muuttuvia kuormia

Rakenteeseen muodostuvien taivutusmomenttien voidaan olettaa olevan seuraavanlaiset:

$$\sum M = \sum M_{G_v+G_a+G_p} + M_Q \quad (5.4.3.3)$$

Paikalla valetulle betonille voidaan käyttää kimmomodulina EN1992-1-1 esittämää  $E_{cm}$  arvoa, joka on saatavissa kyseisen standardin taulukosta 3.1.

Pitkäaikaisrasituksille vastaava termi  $E_{cmv}$  saadaan kaavan 5.4.3.4 mukaan, ellei laskelmia toteuteta tarkemmin.

$$E_{cmv} = E_{cm} / (1 + \varphi) \text{ jossa termi } \varphi = 2 \text{ (virumaluku)}. \quad (5.4.3.4)$$

Edellä mainittujen kimmokeromien lisäksi betonin ja teräksen kimmomodulien suhteen oletetaan olevan 15. Paikallavaletun betonin ja kuorilaatan betonin kimmomodulisuhteen voidaan olettaa olevan 1, kun betoni on halkeilematonta. Halkeamismomentti  $M_{cr}$  vastaa betonin vetojännitystä, joka on termi  $f_{ctm}$  kun kyseessä on tasalaatuinen poikkileikkaus.

Kokonaistaipuma rakenteelle voidaan laskea seuraavien kaavojen mukaan:

$$w_t = \xi_t w_{t,fc} + w_{t,uc} (1 - \xi_t) \quad (5.4.4.5)$$

$$w_{t,fc} = (M_{G_v+G_a+G_p} / (E_{cmv} * I_{fc}) + M_Q / (E_{cm} * I_{fc})) L^2 / 10 \quad (5.4.4.6)$$



$$w_{t,uc} = (M_{Gv+Ga+Gp} / (E_{cmv} * I_{uc}) + M_Q / (E_{cm} * I_{uc})) L^2 / 10 \quad (5.4.4.7)$$

$\xi_t$  on 0, jos  $\Sigma M_{Q+Gv+Ga+Gp} \leq M_{cr}$  jai  $\xi_t = 1 - (M_{cr} / \Sigma M_{Q+Gv+Ga+Gp})^{0.5}$ , jos arvo on suurempi kuin  $M_{cr}$ .

Termi  $I_{uc}$  on poikkileikkauksen jäyhyysmomentti halkeilemattomana ja termi  $I_{fc}$  halkeilleena.



Kuva 13. Raudoitettu kuorilaatasto

Liite F määrittelee edellä mainittujen kaavojen lisäksi vielä erikseen kaavat, joilla voidaan laskea taipumat ennen lattiapäällysteen asentamista. Kaavoilla on mahdollista laskea myös taipumat riippuen päällysteen asentamisajasta (heti tukien poiston jälkeen, määrätyn ajan jälkeen tai hyvin pitkän ajan jälkeen).

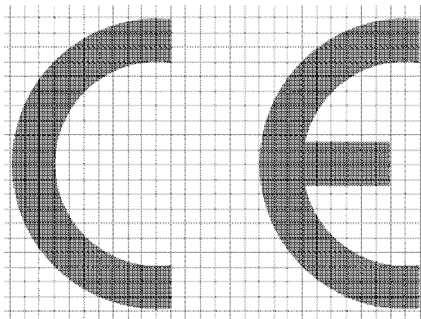
Edellä mainitut taipuman laskentakaavat on tarkoitettu normaaliraudoitetuille kuorilaatoille. Niiden soveltaminen onnistuu jännitettyihin laattoihin, mutta niiden lisäksi tulee ottaa huomioon jännevoimien aiheuttamat myöhemmät muutokset sekä betonien kutistumat ja viruma [6,s. 53]. Jännevoimissa tapahtuu ajan kanssa mm. luistamista ja venymistä, joka vähentää jänteiden vaikutusta rakenteessa. Luistolla ja venymällä on taipumaa lisäävä vaikutus [4,s. 94]. Yleisesti jännitetty rakenteet ovat myös jännevoimista johtuen ”taipuneita” ylöspäin eli kohuma vähentää lopullista taipumaa kuten tämän insinööriyön luvussa 3.2.4 on esitetty.

Parman käyttämät kuorilaatastojen mitoitus- ja laskentaohjelmat ottavat huomioon tässä kappaleessa mainitut ja käsitellyt asiat. Tämän perustella Parman nykyisen mitoitusmallin voidaan todeta noudattavan eurokoodin ja myös liitteen F mukaista suunnittelua.

## 5.5 Kuorilaattojen CE-merkintä

### 5.5.1 CE-merkki

Tuotteisiin merkitty CE-merkki tarkoittaa sitä, että tuotteen valmistaja vakuuttaa oman tuotteen täyttävän juuri sitä koskevien EU-direktiivien asettamat vaatimukset ja mahdolliset tarkastukset. CE-merkintä on ollut Euroopassa pakollinen jo mm. leluissa ja sähkölaitteissa, mutta merkintä on vasta nyt yleistymässä käyttöön rakennustuotteilla. CE-merkintä esittää tuotteen ominaisuudet yhtenäisellä tavalla kaikissa Euroopanunionin maissa. CE-merkintä mahdollistaa sillä merkittyjen tuotteiden vapaan liikkumisen EU-alueella. Suomessa CE-merkintää koskevat periaatteet on vahvistettu lailla. [17.]



Kuva 14. CE-merkin viralliset mitat

Eurokoodiajan tultua voimaan tuotteiden CE-merkitseminen edellyttää tietyn tuotestandardin ehtojen täyttämistä. Liittorakenteita varten SFS standardisoimisliitto on julkaissut SFS-EN 13747 + A2 *betonivalmisosat, kuorilaatat* standardin, jossa asetettujen ehtojen täyttämisen jälkeen voidaan kuorilaattojen todeta täyttävän CE-merkintään oikeuttavat vaatimukset. [6,s.68.] Kuorilaattojen suunnittelu toteutetaan EN 1992-1-1:2004 standardin mukaan mutta yllä mainittu betonivalmisosien standardi asettaa kuorilaatoille tiettyjä lisävaatimuksia esimerkiksi raudoitusten sijoittelun suhteen. EN13747 + A2 standardi pohjaa vahvasti EN 13369 *betonivalmisosien yleiset säännöt* standardiin, joka määrittelee yleissäännöt kaikille betonivalmisosille. [6,s.10-11.]

### 5.5.2 Materiaalit

EN 13747 + A2 standardi asettaa kuorilaatoille vaatimuksia materiaaleista, joita on käytettävä laattoja valmistettaessa. Standardi vaatii, että valmistettaessa betonin ja terästen tulee täyttää EN 13369 asettamat vaatimukset. Standardi määrittelee mm. sallitut seosaineet betonille sekä jänneteräksille asetettavat vaatimukset jännittämisestä ja käytettävistä materiaaleista. [6,s.14.]

Standardi määrittelee jänneteräksille vaatimuksia esimerkiksi sijoittelun, alkujännityksen, luiston ja lujuuksien suhteen. Kuorilaatan palon- ja säänkestävyyden vaatimuksena on se, että jänneteräksset on sijoitettu riittävän kauas rakenteen ulkoreunoista ja niiden keskinäiset etäisyydet täyttävät standardin vaatimukset.

Parma Oy käyttää tuotannossaan vain varmennettuja materiaaleja (CE-merkintä, BY:n käyttöseloste, SFS-standardit).

### 5.5.3 Valmistustoleranssit

CE-merkinnän täyttäminen vaatii tuotteilta tarkkaa valmistusprosessia ja tuotteiden on pysyttävä vaadituissa toleranssirajoissa. Terästen sijoittelulle asetettujen vaatimusten tarkoituksena on varmistaa rakenteen oikeanlainen toiminta. Betonipintojen suoruuden ja mittatarkkuuden varmistaminen on valmistajan vastuulla, mutta niitä valvoo yleensä myös jokin kolmas osapuoli. Mittatarkkuuksilla varmistetaan laatan toiminta niin kantavuuden kuin palotilanteidenkin osalta. Laattojen oikea muoto on myös edellytys onnistuneille laatastojen asennuksille. Työmaahenkilökunnan tulisi myös tarkastaa laattojen mitat toimituksen yhteydessä. Alla olevaan taulukkoon 3 on kerätty standardin SFS-EN 13747 + A2 määrittämät valmistustoleranssit.

Taulukko 3. SFS-EN 13747 + A2 mukaiset mittatoleranssit kuorilaatoille [6,s. 23]

<b>Nimellispituus (<math>L_e</math>)</b>	$\pm 20\text{mm}$
<b>Keskimääräinen paksuus (<math>h_p</math>)</b>	$+10\text{mm}, -X\text{mm}^{1)}$ , paikallisesti voidaan hyväksyä isompia toleransseja <sup>2)</sup>
<b>Nimellisleveys (b)</b>	
-kokonainen laatta	$+ 5\text{mm}, - 10\text{mm}$
-kavennettu laatta	määritellään erikseen tapauskohtaisesti
<b>Reunojen suoruus</b>	$\pm(5+L_e^3)/1000$
<b>Pinnan tasomaisuus</b>	$1\text{mm}^{4)}$ , $3\text{mm}^{5)}$
<b>Loveusten ja urien sijainti</b>	$\pm 30\text{mm}$
<sup>1)</sup> $X = \min(h_p/10, 10\text{mm}) \geq 5\text{mm}$ <sup>2)</sup> Kuten $+15\text{mm}, -10\text{mm}$ <sup>3)</sup> $L_e$ on kuorilaatan reunan nimellispituus <sup>4)</sup> Mitattuna suorakulmalla jonka pituus on 20cm <sup>5)</sup> Mitattuna suorakulmalla jonka pituus on 100mm	
<b>Punoksen tai langan sijainti pystysuunnassa</b>	$\pm 5\text{mm}$
<b>Punoksen tai langan painopiste mitattuna kuorilaatan leveyden metriä kohden</b>	$\pm 3\text{mm}$
<b>Liitto- ja leikkausraudoituksen sijainti pystysuunnassa</b>	$\pm 10\text{mm}$

Parma käyttää laattoja valmistettaessa toleransseja, jotka ovat osittain tiukempia kuin standardin, joten niiden voidaan todeta täyttävän standardin asettamat minimirajat. Parman valmistustoleranssit kuorilaatoille on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Parman käyttämät valmistuksen mittatoleranssit

<b>Pituus</b> Mitattuna laattaelementin yläpinnaasta laatan keskeltä	±15 mm
<b>Leveys (b)</b>	
<b>kokonainen laatta</b>	+0 mm,-6 mm
<b>kavennettu laatta</b>	± 20 mm
<b>Paksuus (h)</b> Laattaelementin poikkileikkauksen paksuus mitataan laatan keskilinjalta	±5 mm
<b>Pään kulmapoikkeama</b> 1200 mm kohti	±10 mm
<b>Sivukäyryys</b> Enintään ±10 mm	±L/1000 mm
<b>Taipuma</b> ennen asentamista	±10 mm
<b>Reiät ja varaukset</b> tuoreeseen betoniin tehdyt	+50mm, -0 mm
jälkikäteen tehdyt	±15 mm

#### 5.5.4 CE-merkintäkelpoisuuden toteaminen

Standardin liiteosiossa on Liite ZA, jonka avulla valmistaja valitsee menettelytavan jolla todetaan tuotteen tai valmisosan CE-merkintäkelpoisuus. Liite ZA määrittelee kolme erilaista menettelyä.

- Menettely 1: *ilmoitetaan mittatiedot ja materiaaliominaisuudet.*
- Menettely 2: *ilmoitetaan geometrisien ominaisuuksien, materiaaliominaisuuksien ja tuotteen ominaisuuksien arvot, jotka on määriteltä SFS-EN 13747 + A2 ja EN-eurokoodien mukaan.*
- Menettely 3: *ilmoitetaan, että tuote on suunnitteluasiakirjojen mukainen*

Kohta 3 sisältää määrittelyt 3a ja 3b. Menettely 3a tarkoittaa sitä, että valmistaja ilmoittaa tuotteensa olevan asiakkaan toimittamien suunnitelmien mukainen. Menettely 3b tarkoittaa taas sitä, että valmistaja ilmoittaa tuotteen olevan asiakkaan tilauksen pohjalta laadittujen suunnitelmien mukainen.

Edellä mainituista menettelyistä Parma käyttää valmistamiensa kuorilaattojen CE-merkintäkelpoisuuden määrittämiseksi menettelyä 3b.

Standardissa liitteen ZA taulukko 1 määrittää kyseisessä menettelyssä kyseeseen tulevat vaatimukset. Alla sijaitsevassa taulukossa 5. on esitetty kuorilaattojen Menettelyn 3b mukaiset vaatimukset. [6,s. 68-69.]

*Taulukko 5. Menettelyn 3b mukaiset vaatimukset*


<b>Puristuslujuus:</b>	Valmistusta koskevat vaatimukset (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Vetomurto- ja myötölujuus:</b>	Jänneteräkset (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Mekaaninen lujuus (laskennallinen):</b>	Suunnitteluasiakirjat
<b>Palonkestävyys (kantavuuden):</b>	Suunnitteluasiakirjat
<b>Ilman - ja askelääneneristävyyss indeksi</b>	Ääneneristysominaisuudet (dB)
<b>Detaljisuunnittelu:</b>	Geometriset ominaisuudet, tekninen dokumentaatio
<b>Säilyvyys:</b>	Säilyvyys (ympäristöolosuhteet)

Menettelyä 3b käytettäessä valmistajan tulee CE-merkinnässä ilmoittaa seuraavat asiat:

- betonin puristuslujuus
- betoniteräksen vetomurtolujuus
- jänneteräksen vetomurtolujuus
- jänneteräksen 0,1-venymisraja
- palonkestävyysluokka
- viittaus asiakkaan tilaukseen perustuviin suunnitteluasiakirjoihin (esimerkiksi mittatietojen ja yksityiskohtien suunnittelun osalta).

Merkinnästä selviää edellä mainittujen laatan ominaisuuksien lisäksi mm. valmistajan tiedot, tilauskoodi, sisäisen laadunvalvonnan tunnus ja eurooppalaisen standardin tunnus ja otsikko [6,s. 78].

Kun kaikki CE-merkintään vaadittavat asiat voidaan luotettavasti todeta täytetyiksi, tulee valmistajan laatia ja ylläpitää EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Vaatimustenmukaisuusvakuutus oikeuttaa valmistajan kiinnittämään kuvan 15 mukaisen CE-merkinnän tuotteisiinsa.[6,s. 70.]

 0123
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 08 0123-CPD-0456
EN 13747 Kuorilaatat  JÄNNITETYT KUORILAATAT  Betoni: Puristuslujuus . . . . . $f_{ck} = xx \text{ N/mm}^2$  Betoniteräs: Vetomurtolujuus . . . . . $f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$ Myötölujuus . . . . . $f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$  Jänneteräs: Vetomurtolujuus . . . . . $f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$ 0,1-venymisraja . . . . . $f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$  Mittatiedot, yksityiskohtien suunnittelu, mekaaninen lujuus, palonkestävyys, ääneneristävyyssarvot ja säilyvyys, ks. suunnitteluasiakirjat  Suunnitteluasiakirjat: . . . . . (asiakkaan tilaus)

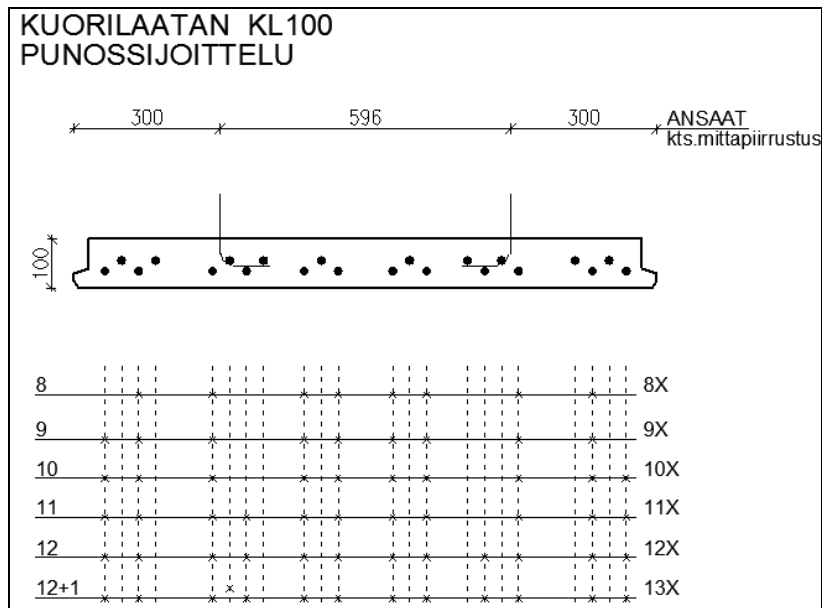
Kuva 15. Menettelyn 3b mukainen CE-merkintä [5,s.78]

## 5.6 Johtopäätökset ja tulokset

Luku 5 käsitteli eurokoodin ja etenkin kuorilaatoille säädetyn SFS-EN13747 + A2 standardin määräyksiä. Parma on uudistanut kuorilaattojen mitoitusohjelmansa eurokoodin mukaiseksi ja niistä saatujen laskelmien voidaan todeta täyttävän edellä mainitut vaatimukset. Kuorilattojen ja normaalien paikallavalettujen betonilaattojen eurokoodin mukaista perusteoriaa ei tässä insinööriyössä käsitelty vaan niiden sijasta keskityttiin yksinomaan kuorilaattoihin tuomiin selviin muutoksiin. Suurimpana uudistuksena oli juuri SFS-EN13747 + A2 standardin vaatimukset kuorilaatoille.

Parman tavoitteen oli vakioida tyypistönsä ja samalla varmentaa kuorilaatat CE-merkinnällä. Parman kuorilaattatuotanto noudattaa SFS-EN 13747 + A2 mukaisia vaatimuksia ja joiltain osin jopa tiukempia vaatimuksia. Tältä osin laattojen voidaan todeta olevan CE-merkintäkelpoisia.

Insinööriyön lopputuloksena Parmalle laadittiin kuvan 16 mukainen taulukko, jonka perusteella tehdyt laatat täyttävät SFS-EN 13747 + A2 standardin vaatimukset. Taulukko ottaa huomioon myös luvussa 5 käsitellyt kuorilaattojen palomitoituksen vaatimat minimietäisyydet jännepunoksille. Taulukon tarkemmat tiedot ovat Parman sisäistä kehystietoa, joten niiden julkaiseminen tässä insinööriyössä ei ole mahdollista.



Kuva 16. Kuorilaatan punossijoittelu

Jokaiselle punokselle on esitetty keskeiset mitat toisiinsa nähden sekä tarvittava korkeusasema halutun paloluokan saavuttamiseksi. Kaikki Parman valmistamat laatat noudattavat vastaavien taulukoiden mukaista punostamista ja ovat täten standardin mukaisia. Laatan kapasiteetit ja tarvittavat punosmäärät saadaan laskentaohjelmista. Uudistetun kuorilaatastojen suunnitteluohjeessa on esitetty mitoituskäyrästäjä, joiden avulla suunnittelijat voivat määrittää ainakin alustavasti laatatyyppin.

## 6 HAASTATTELUTUTKIMUS

### 6.1 Haastattelututkimuksen tavoite

Parman tavoitteena on uusia vanha suunnitteluohje nykyaikaisempaan muotoon. Suurimpana muutoksena ohjeistuksessa on sen päivittäminen eurokoodin mukaiseen mitoitukseen. Uusitun suunnitteluohjeen tärkeimpiä funktioita on sen lyhyt ja ytimekäs sisältö, helppo käytettävyys sekä selkeä ulkoasu. Haastattelututkimuksen oli tarkoitus kartoittaa kaikkia tekijöitä, joita suunnittelijat kokevat tarvitsevänsä kuorilaatastoja suunniteltaessa.

Haastattelututkimuksella pyrittiin kartoittamaan sitä millaista yleistä tietoa kuorilaatastojen suunnittelussa tarvitaan ja millaisia mitoituskäyrästäjä suunnittelijat tarvitsevat. Haastattelututkimuksen tavoitteena oli myös kartoittaa

Parman julkaisemien suunnitteluohjeiden käytettävyyttä ja ulkoasua, jotta kuorilaatasto-ohjeen muotoilu ja käyttäjäystävällisyys saataisiin hiottua mahdollisimman toimivaksi.

## 6.2 Haastateltavat

Haastattelut tehtiin kolmen yrityksen edustajille, jotka kaikki toimivat rakennesuunnittelutehtävissä rakennusalalla. Yritykset olivat EJT-Rakennusinsinöörit Oy, Finnmap Consulting Oy ja Ylimäki & Tinkanen Oy. Haastateltavien määrä oli yhteensä 6 henkilöä. Neljä haastateltavista oli EJT-Rakennusinsinöörit Oy:stä, yksi Finnmap Consulting Oy:stä sekä yksi Ylimäki & Tinkanen Oy:stä.

Kaikki haastateltavat yritykset toimivat rakennusalalla suunnittelusektorilla. Yritykset tekevät rakennesuunnittelua niin toimitilarakentamisen kuin asuinrakentamisen sektoreilla. EJT-Rakennusinsinöörit Oy on rakennesuunnitteluun erikoistunut yritys, joka on toiminut pääasiassa pääkaupunkiseudun asuntorakentamiskohteiden rakennesuunnittelussa 18 vuoden ajan. Finnmap Consulting Oy on toiminut nykyisessä muodossaan vuodesta 1993, mutta yrityksen juuret ulottuvat aina 1950-luvulle asti. Finnmap Consulting tekee laaja-alaista rakennesuunnittelua ja konsultointia kaikille rakennusalan sektoreille. Ylimäki & Tinkanen Oy on toiminut Suomessa vuodesta 1984 lähtien. Ylimäki & Tinkanen Oy tekee rakennesuunnittelua kaikilla rakennusalan sektoreilla. Haastattelut tehtiin kunkin yrityksen henkilökunnalle yrityksen tiloissa. Haastattelujen kestoksi arvioitiin noin 30 minuuttia ja ne toteutettiin noudattaen valmiiksi laadittua haastattelu suunnitelmaa. Haastattelut äänitettiin ja niiden perusteella suoritettiin koonti ja yhteenveto haastattelujen tavoitteiden täyttymisestä.

## 6.3 Haastattelujen sisältö

Haastattelututkimuksen sisältö noudatti valmiiksi laadittua tutkimussuunnitelmaa, jossa oli eritelty tutkimuksen tavoitteet ja toiveet sekä kysymyslista, joka käytiin läpi kaikkien haastateltavien kanssa. Jotta tutkimuksen tavoitteet saavutettaisiin, tuli kysymyslistan sisältää kysymyksiä suunnittelijoiden toiveista koskien ohjetta sekä heidän kokemuksistaan Parman aiemmista suunnitteluohjeista. Ennen haastatteluja haastateltaville esitettiin Parman uudistettu suunnitteluprosessi, jotta he osaisivat vastata kysymyksiin toivotulla laajuudella.



Kysymyslistan (kts. LIITE 1) kysymykset oli jaettu kahden otsikon alle; *Katse taaksepäin* ja *Katse eteenpäin*. Otsikkojaolla pyrittiin selkeyttämään kysymysten tavoitetta. Katse menneisyyteen otsakkeen alle kerättiin kysymykset, jotka koskevat rakennesuunnittelijan kokemusta kuorilaatastojen suunnittelun parissa sekä suunnittelijoiden kokemuksia ja mielipiteitä Parman julkaisemasta *Parma Parel liittolaatastot* suunnitteluohjeesta. Katse eteenpäin otsakkeen alle on koottu kysymykset, jotka tähtäävät suoraan uudistettuun ohjeeseen ja sen sisältöön. Otsakkeen alla olevilla kysymyksillä pyritään saamaan suunnittelijoilta tietoja juuri niistä asioista, joita ohjeen tulee sisältää. Katse eteenpäin osiossa oli tarkoitus myös kartoittaa haastateltavien tuntemusta eurokoodista ja etenkin koskien liittorakenteita. Haastatteluissa haluttiin tiedustella myös haastateltavien mielipiteitä Parman suunnitteluprosessin uudistamisesta ja sen vaikutuksista projektien vastuujakoon.

## 6.4 Koonti

### 6.4.1 *Katse taaksepäin*

Yleisesti ottaen haastateltavilla oli suhteellisen vähäinen kokemus kuorilaatoista. Haastateltavat kokivat kuorilaatat ja laatastot suhteellisen vieraana rakenteena, joita suunnitellaan vain silloin, kun jokin erikoistekijä on sitä vaatinut. Yleisesti ottaen kokemus kuorilaatoista, niiden käytöstä ja suunnittelusta oli suhteellisen vähäinen. Kuorilaattakohteiden määrä vaihteli haastateltavien välillä kahdesta pariin kymmeneen. Kuorilaattojen ja ontelolaattojen yhteiskäyttö koettiin hiukan sekavaksi tavaksi toimia ja toiveena oli, että kohde toteutettaisiin samoilla laatoilla mikäli vain mahdollista. Haastateltavista viisi kuudesta oli käyttänyt tai tutustunut Parman julkaisemaan vanhaan suunnitteluohjeeseen kuorilaatastoja suunniteltaessa. Kyseinen ohje oli heidän mielestään kuitenkin hiukan raskaan oloinen ja liian laaja, koska se sisältää paljon tarkkoja kaavoja ja laskentatapoja kuorilaattojen ja -laatastojen suunnittelusta. Kaavoja pidettiin kuitenkin tarvittaessa hyödyllisinä, joten jotkut haastateltavista pitivät ohjetta sopivan kattavana. Haastateltavat eivät olleet törmänneet kuorilaatastoja suunniteltaessa ongelmiin, jotka eivät olisi selvinneet suunnitteluohjeesta.

### 6.4.2 *Katse eteenpäin*

Ensimmäinen kysymys tiedusteli haastateltavilta heidän kokemuksiaan eurokoodista. Haastateltavista kukaan ei ollut tutustunut kuorilaattoja koskevaan

SFS:n tuottamaan standardiin SFS-EN 13747 + A2. Standardin vähäinen tuntemus oli yllätys.

Kysymysten pohjalta saatiin selville myös haastateltavien toiveet uudistettavan ohjeen sisällöstä. Lähes kaikki haastateltavat nostivat esille kuorilaatastojen työnaikaisen tuennan. Haastateltavat toivovat selkeätä ohjeistusta tuennan suorittamiseen, sen tarpeesta sekä milloin tuenta voidaan poistaa. Toisena isona asian haastatteluissa nousi esille pysäköintirakennusten ja niiden kansien vesitiiveyteen vaikuttavat asiat. Useat haastateltavat toivoivat suunnitteluohjeeseen sisältävän luvun siitä, miten varmistaa kansirakenteen vesitiiveys. Erityisesti yhdessä haastattelussa nousi esille tärkeä edellytys suunnitteluohjeelle. Haastateltava toivoi, että suunnitteluohjeesta löytyisi kaikki tarvittava tieto asioista, jotka vaikuttavat kuorilaataston kokonaispaksuuteen. Kokonaispaksuuden oikea valinta jo luonnossuunnitteluvaiheessa koettiin tärkeäksi sillä välipohjien kokonaispaksuus vaikuttaa rakennusprojektissa moniin asioihin ja sen muuttaminen loppuvaiheessa on haastavaa ja ongelmia tuottavaa.

Kaikki haastattelijat toivoivat, että ohjeistus tulisi sisältämään kuormituskäyriä, joista selviää kuorilaatastojen kantavuus ja taipumat. Kuormituskäyrästä tulisi selvittää myös selkeästi milloin laatastot vaativat työnaikaista tuentaa.

Parman uudistettu suunnitteluprosessi herätti haastateltavissa lähes pelkästään positiivisia ajatuksia. Suunnitteluprosessi siirtää kuorilaatastojen raudoitussuunnittelun Parman vastuulle. Suunnittelijat eivät kuitenkaan kokeneet, että uudistus muuttaisi projektien hinnoittelua ja katteita mitenkään merkittävästi. Haastatteluissa kävi ilmi myös, että suunnittelijat uskovat projektin kokonaisvastuun pysyvän ennallaan suunnitteluprosessin muutoksesta huolimatta. Osa haastateltavista koki myös, että poistuvien tehtävien tilalle tulee nyt uusia tehtäviä kuten Parman suunnitelmien tarkastamista.

## **6.5 Haastattelututkimuksen johtopäätökset ja tulokset**

Haastattelututkimus vastasi hyvin pitkälti niihin kysymyksiin, joihin sillä toivottiinkin vastausta. Tutkimuksella saatiin kartoitettua lähtötietoja suunnitteluohjetta varten. Haastatteluista saatujen tietojen avulla voidaan ohjeesta tehdä työkalu, jota suunnittelijat tarvitsevat ja osaavat käyttää työssään. Tutkimuksen tulokset vahvistivat Parman näkemystä uudistetun suunnitteluohjeen tarpeesta. Eurokoodiaikaan siirtyminen ja Parman suunnitteluprosessin uudistaminen on

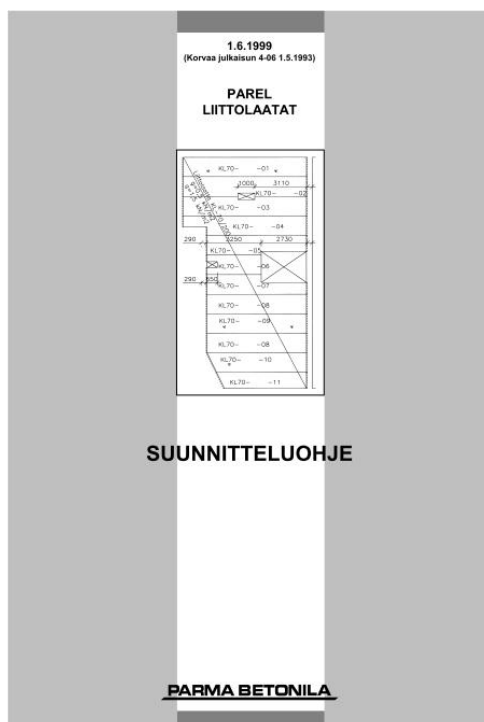
ajoitettu hyvin oikeaan aikaan, ilman uutta ohjetta suunnittelijat suunnittelisivat kuorilaatat vanhentuneiden normistojen mukaan.

Jokaisella haastateltavalla oli jotain uutta annettavaa, joten mahdollinen tutkimuksen laajentaminen olisi saattanut tuottaa vielä uusia tärkeitä asioita ohjeen muodostamiselle. Toisaalta taas myös iso osa kysymyksistä menetti merkityksensä viimeisimmissä haastatteluissa, koska niistä saatava asiasisältö ei muuttunut yhtään haastatteluista toiseen. Uusitulla kysymyslistalla ja tarkemmin asetelluilla kysymyksillä olisi mahdollista saada hiukan tehokkaampi haastattelututkimus, mutta jo näillä haastatteluilla saatiin paljon tärkeää tietoa.

## 7 KUORILAATTOJEN SUUNNITTELUOHJEEN UUDISTAMINEN

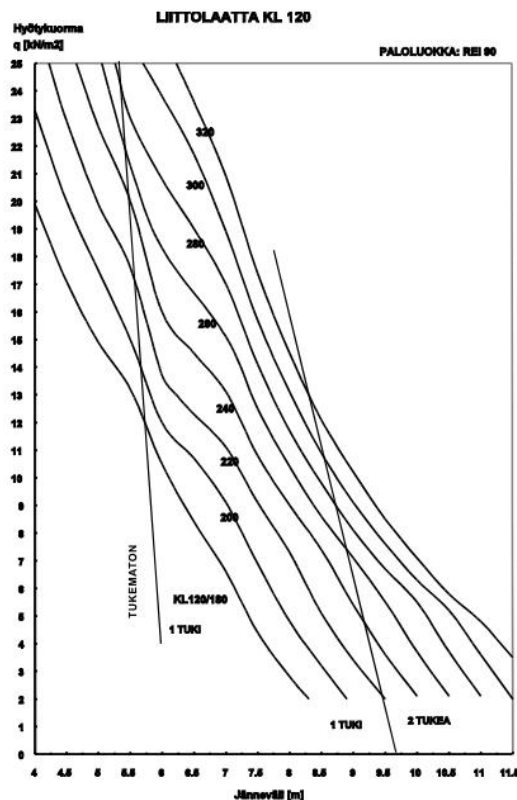
### 7.1 Parel-liittolaatat suunnitteluohje

Parel-liittolaatat suunnitteluohje on julkaistu 1.6.1999 ja sen pituus on 65 sivua + liitteet. Liittolaattaohje pitää sisällään kaiken, mitä tarvitaan liittolaatosten suunnittelussa. Suunnitteluohje on rakennettu siten, että sen opiskelemalla ja hyödyntämällä tietoja kuka tahansa pystyy valitsemaan kuorilaattatyyppin sekä laskemaan ja suunnittelemaan kuorilaataston paikallavalun raudoituksineen. Kuvassa 17 on esitetty kuorilaattaohjeen kansisivu.



Kuva 17. Parma Betonila PAREL LIITTOLAATAT suunnitteluohje

Suunnitteluohje käsittelee laajasti kaikki tärkeät erikoistilanteet, kuten reikien raudoittamisen, tukien yli jatkuvat laatat sekä ulokkeet. Rakenteellisen suunnittelun lisäksi sisältää suunnitteluohje ohjeistusta työmaita varten käsitellen tärkeitä asioita kuten oikeanlaista valun ja väliaikaistuennan toteuttamista. Työmaaosion ohjeet ovat tärkeitä, koska liittorakenteiden käyttö työmailla eroaa yleisesti käytetystä ontelolaatasta juuri väliaikaistuentojen osalta. Suunnitteluohje pitää sisällään jokaiselle liittolaattatyypille kapasiteettikäyrät (kts. kuva 18), joista selviää laataston kantavuus eri suuruisilla kuormilla, jänneväleillä paikallavalun paksuuksilla. Käyrästä on esitetty myös välitukien tarve ja niiden määrä.



Kuva 18. Liittolaatan KL 120 kapasiteettikäyrät

Liiteosiossa on esitetty erilaisia rakenteellisia piirustuksia, kuten mittapiirustukset erilaisista laattatyypeistä sekä useita erilaisia liitosdetaljeja. Suunnitteluohje on kattava mutta samalla myös raskas, mikä on osasy uudistetun ohjeen laatimiseen. Vanhassa ohjeistuksessa ei ole vikaa, mutta se ei sellaisenaan sovellu eurokoodin mukaiseen mitoituseseen eikä Parman uudistettuun suunnitteluprosessiin.

## 7.2 UUDISTETTU SUUNNITTELUOHJE

### 7.2.1 Yleistä

Uudistetun suunnitteluohjeen tavoitteena on olla selkeä ja ytimekäs työkalu rakennuskohteen pääsuunnittelijoille. Uudistetun ohjeistuksen päämääränä on sisältää vain ne tiedot, joita rakennesuunnittelijat tarvitsevat kuorilaatastoja valittaessa ja suunniteltaessa. Insinööriyön liitteenä (kts. LIITE 2) on suunnitteluohjeen sisältöluonnos. Kyse on vielä luonnoksesta, joka tulee muuttumaan ulkoasultaan ja sisällöltään ennen ohjeen lopullista julkaisua. Seuraavissa luvuissa 7.2.2 – 7.2.6 on kuitenkin käsiteltynä lyhyesti ohjeen tärkein sisältö insinööriyön loppuvaiheessa.

### 7.2.2 Yleistiedot ohjeessa

Ohjeen yleistieto-osio selvittää suunnittelijoille ja mahdollisesti myös työmaahenkilökunnalle kuorilaatastoihin ja laattoihin liittyviä yleisiä asioita. Yleistiedotosiossa käsitellään kuorilaattojen käyttökohteet, suunnitteluprosessin kulku sekä tekniset tiedot. Teknisissä tiedoissa esitetään laatan rakenteellisia tietoja mm. palonkestoajat, ääneneristävyys sekä rasitusluokat joihin kuorilaatastot suunnitellaan. Edellä mainittujen tietojen lisäksi tekniset tiedot- osiossa käsitellään valmistamiseen liittyviä määräyksiä ja standardeja. Osiossa on esitetty mm. kuorilaatastojen CE-merkintä ja Parman tehtaiden laadunvarmistus menettely.

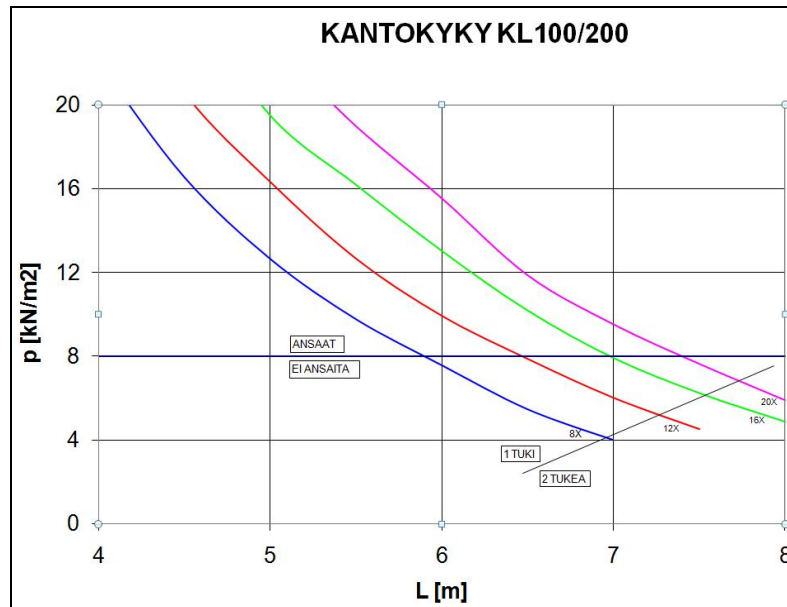
Osio pitää sisällään kaiken tarvittavan tiedon siitä, mitä ulkoisensuunnittelijan tulee tietää kuorilaattojen yleisistä ja teknisistä tiedoista uudistetussa suunnitteluprosessissa. Tarkemmat tiedot kuorilaatoista on eritelty suunnitteluosiossa.

### 7.2.3 Kuormituskäyrät

Parma tekee hyvin tiivistä yhteistyötä rakennesuunnittelusektorilla toimivan Koskela Consulting Oy:n kanssa. Koskela Consulting on yritys, joka tekee pääasiassa rakennesuunnittelua vain Parmalle. Koskela Consulting on erikoistunut Parman tarvitsemiin suunnitelmiin ja tehtäviin, eli kuori- ja ontelolaattojen ja -laatastojen suunnitteluun.

Suunnitteluohjeen sisältämät kuormituskäyrästöt on laskettu ja piirretty Koskela Consulting yhtiön avustuksella. Kuormituskäyrästöt ovat pääasiassa perinteisiä kuorma/jänneväli-käyriä, jotka on piirretty laskemalla kullekin laatalle maksimikuormitus suhteessa jänneväliin eurokoodin mukaisille kuormille.

Kantokykykäyrä ottaa huomioon laskelmissa taipuman, joten kuvaajat eivät suoraan esitä kuorilaattojen murtorajaa. Taipumarajojen ylittyessä rakenne ei enää toimi suunnitellulla tavalla ja sen käyttö ei ole sallittua. Kuvassa 19 on esitetty kantokäyräluonnos.



Kuva 19. Kuorilaatan KL100/200 kantokykykuvaaja eri punosmäärillä

#### 7.2.4 Mitoitusohjeet

Parman uudistettu suunnittelumalli poistaa kohteen varsinaisten rakennesuunnittelijoiden tehtävistä kuorilaattojen yksityiskohtaisen raudoitusten suunnittelun. Vanhasta ohjeesta poiketen uusi ohje ei siis pidä sisällään juurikaan rakenteellista suunnittelua (esim. paikallavalun raudoitusten laskemista, reikäkohtien raudoitusta yms.), joka toteutetaan Parman toimesta. Parman suunnittelijat laskevat raudoitukset ja erikoiskohtat ja kuormitukset päärakennesuunnittelijoiden ilmoittamien lähtötietojen perusteella. Päärakennesuunnittelijan tulee suunnitteluvaiheessa ilmoittaa tarvittavat lähtötiedot Parman suunnittelijoille. Suunnitteluohjeessa on listattuna selkeästi kaikki suunnittelijoiden tarvitsemat tiedot, kuten jännevälit paloluokat ja liittyvät rakenteet.

Suunnitteluohjeessa on yleisesti selostettuna liittorakenteiden toimintamalli, jotta suunnittelijat ymmärtävät tekemiensä ratkaisuiden taustan ja niiden mahdolliset vaikutukset. Ohjeessa on käsitelty lyhyesti myös joitain kaavoja kuten viiva- ja pistekuormien jakaminen. Kaavojen tarkoituksena on helpottaa kohteen rakennesuunnittelijoiden kuorilaattatyyppin valintaa.

### 7.2.5 Työohjeet

Aikaisemmin toteutettu haastattelututkimus osoitti, että suunnittelijat joutuvat usein vastailemaan työmaatuentaa, laattojen asennusta ja nostamista koskeviin kysymyksiin. Työohjeet-osiossa käsitellään työmaatuen (kts. kuva 20) lisäksi myös elementtien rakentamisaikaisia toleranseja, kuorilaatan paikallavalun ja sen raudoituksen toteuttamista, elementtien nostamista ja kuorilaatojen asennukseen liittyvää työturvallisuutta.



*Kuva 20. Kuorilaataston työnaikainen tuenta*

Elementtien oikeanlaisella nostamisella on suuri merkitys työmaan työturvallisuuteen sekä laattojen asennusaikaiseen kestävyteen. Väärin nostetut kuorilaatat voivat halkeilla tai murtua. Nosto-ohje sisältää ohjeita oikeanlaisista nostotavoista (kts. kuva 21), kuten 8-pistenoston ja nostopalkin käytöstä.

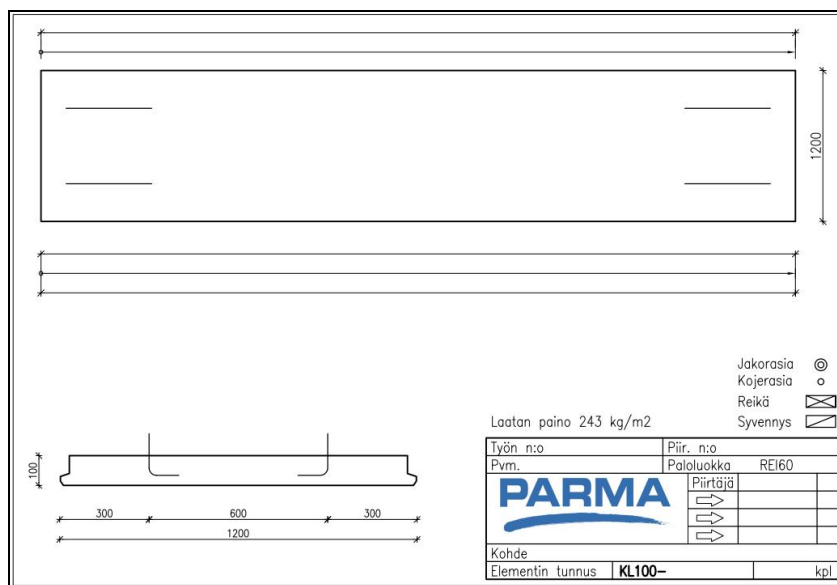


*Kuva 21. Kuorilaattojen nostoon soveltuvat nostosakset*

Rakentamistoleranssit kohdassa on esitetty kuorilaattojen rakentamistoleranssit. Betonikeskus Ry:n julkaisu Betonielementtien toleranssit määrittelee kuorilaattojen asennustoleranssit. Rakennusaikaisten toleranssien määrittäminen ja niissä pysyminen on erityisen tärkeää, jotta voidaan varmistaa rakenteiden toiminta niille suunnitellulla tavalla sekä työturvallisuus.

### 7.2.6 Liitteet

Suunnitteluohjeen liiteosio sisältää kuorilaatan mittapohjia (kts. kuva 22) ja esimerkkipiirustuksia koskien työmaatuentaa. Elementtisuunnittelijan tehtävänä on laatia laatastoista mittapiirustukset, joiden pohjalta Parma suunnittelee punostuksen ja valmistaa laatat. Työmaatukien esittäminen suunnitelmissa on välttämätöntä, jotta työmaa osaa toteuttaa laataston oikeanlaisen tuennan.



Kuva 22. Kuorilaattojen mittapohja, KL100



## 8 YHTEENVETO

Kuorilaatastojen suunnittelun eurokoodin mukaistamisen yhteydessä tavoitteena oli varmistaa Parman valmistamien kuorilaattojen CE-merkkikelpoisuus. ja sen vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 13747 + A2, joka käsittelee betonivalmisteita ja tarkemmin juuri kuorilaattoja. Kuorilaatat täyttävät standardin liitteessä ZA menetelmän 3b mukaisen menettelyn CE-merkintäkelpoisuuden suhteen.

Parma Oy uusii kuorilaatastojen suunnitteluprosessinsa ja uudistuksen yhteydessä tavoitteena oli laatia suunnitteluohje, joka pohjautuu EN-standardien mukaiseen mitoitukseen. Parman vuonna 1999 julkaisema kuorilaatastojen suunnitteluohje on tietyiltä osin jälkeen jäänyt. Parma uudistettu suunnitteluprosessi tarkoittaa sitä, että ulkoiset suunnittelijat eivät enää suunnittele kuorilaatastojen paikallavaluraudoitteita vaan niiden suunnittelu siirtyy täysin Parman vastuulle. Suunnitteluprosessin uudistaminen johti uuden suunnitteluohjeen tarpeeseen. Uusi suunnitteluohje on edeltäjänsä suppeampi ja sen tarkoituksena on olla tehokas työkalu ulkoisille suunnittelijoille.

Suunnitteluohjeeseen tarvittavaa tietoa kartoitettiin haastattelututkimuksen avulla. Haastattelututkimus toteutettiin laadittujen kysymysten pohjalta kolmen eri yrityksen henkilöille. Kaikki yritykset toimivat rakennusalalla suunnittelusektorilla. Yhteensä haastattelututkimukseen osallistui 6 henkilöä. Haasteluista saadut tiedot olivat hyödyllisiä ja niistä saatiin hyviä kannanottoja suunnitteluohjeen sisältöön.

## VIITELUETTELO

- [1] Sepa Group, <http://www.sepa.fi/FI/muut-tuotteet/kevytlaatta.html/>, luettu 20.4.2011
- [2] -, 1995, Valmisosarakentaminen II Osa I LIITTORAKENTEET, RTT Rakennusteollisuus Ry, Suomen betonitieto Oy
- [3] Rautaruukki Oyj, [http://www3.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/F27834E98A7530F0C225746500432B41/\\$File/Liittolevy%20CS48\\_tuoteohje\\_fi.pdf?openElement](http://www3.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/F27834E98A7530F0C225746500432B41/$File/Liittolevy%20CS48_tuoteohje_fi.pdf?openElement), luettu 20.4.2011
- [4] Paasikallio Kari, Mikkola Martti, Nyman Karl-Gustav, 1986, by131 Jännebetonirakenteiden mekaniikka ja mitoitus, Suomen betoniyhdistys Ry
- [5] Kakko Heimo, Juhana Torvinen ym. ,1981, by113 Jännitetyt Rakenteet, Suomen betoniyhdistys Ry
- [6] Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2010,SFS-EN 13747 +A2 BETONIVALMISOSAT. KUORILAATAT.
- [7] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, <http://www.sfs.fi/files/ce-cpd.pdf>, luettu 4.3.2011
- [8] Valtion ympäristöhallinto, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=69650>, luettu 4.3.2011
- [9] <http://www.parma.fi/fi/Parma+Oy/> , luettu 4.3.2011
- [10] Eurokoodi help desk, <http://www.eurocodes.fi/Eurokoodien%20tilanne%20nyt/Contentstilanne.htm>, luettu 4.3.2011
- [11] Suomen betoniyhdistys ry, 1988, LIITTORAKENTEET Suunniteluohjeet
- [12] Betoniteollisuus Ry, <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/liittorakenteet/print>, luettu 4.3.2011
- [13]Parma Oy, <http://www.parma.fi/download.aspx?intFileID=470&intLinkedFromObjectID=10894> luettu 11.3.2011 + lisätty pohjaan havainnollistavat punokset alkuperäispohjasta eroten.
- [14] Ympäristöministeriö, 2005,B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma Betonirakenteet
- [15]Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2005,SFS EN-1992-1-1 EUROKOODI 2: BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU.
- [16] Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2005,SFS EN-1992-1-2 EUROKOODI2: BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. OSA 1-2. YLEISET SÄÄNNÖT. RAKENTEIDEN PALOMITOITUS
- [17] Euroopan komissio, [http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779\\_fi.htm](http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779_fi.htm), luettu 8.4.2011

**Haastattelututkimuksen kysymyslista:****Katse taaksepäin / henkilön aikaisemmat kokemukset ja tietämys**

1. Oletko suunnitellut aikaisemmin Parman valmistamia kuorilaattoja asunto-, teollisuus-tai pysäköintirakennuksiin ?
2. Kuinka moneen kohteeseen olet suunnitellut kuorilaattoja ? (noin arvio)
3. Koetko, että tunnet Parman valmistamat kuorilaattatuotteet riittävän hyvin, vai ovatko niiden edut ja käyttö jääneet pimentoon ?
4. Oletko kuorilaattojen suunnitteluvaiheessa törmännyt ongelmiin, joihin et ole löytänyt ratkaisua ohjeista?
5. Oletko tutustunut Parman Parel Liittolaatat – ohjeeseen kuorilaattoja suunniteltaessa?

**Katse eteenpäin**

6. Oletko tutustunut EN-standardeihin koskien Liittorakenteita (SFS-EN 13747) ?
7. Minkälaista yleistä tietoa toivot uudistetun ohjeen sisältävän kuorilaatastojen suunnittelusta ?
8. Miten koet kuorilaattavalmistajan tavoitteen laajentaa toimitussisältöään kuorilaattaelementeistä kokonaisen kuorilaatistorakenteen toimittajaksi ?
9. Miten edellä kuvattu toimintatapa vaikuttaa rakennesuunnittelijan työn sisältöön ja vastuuseen ?
10. Koetko, että vanhassa ohjeessa jotkut asiat ovat esitetty niin hyvin, että toivoisit niiden olevan samalla tavalla myös uudistetussa ohjeessa?
11. Koetko, että vanhan ohjeen joku osio on hyvin vaikeasti käytettävä, tai se ei mielestäsi sisällä mitään hyödyllistä tietoa /sisältää epäolennaista tietoa?
12. Minkälaisia kuvaajia koet tarvitsevasi kuorilaatta tyyppiä valittaessa ?
13. Oletko tutustunut uusiin työturvallisuus määräyksiin ( viite !!), mitä vaatimuksia se tuo suunnittelijoille paikallavalun ja kuorilaattojen työnaikaiseen tuentaan ?
14. Koetko ParmaParel ontelolaattaohjeen ulkoasun ja sisältöasettelun mieluiseksi?
15. Uuden suunnitteluohjeen saatavuus / käytettävyys; [www.parma.fi](http://www.parma.fi) ja / vai painotuote?
16. Mitä haluaisit omalta osaltasi painottaa uutta ohjetta laadittaessa ?

**PARMAN UUSITTU KUORILAATASTOJEN SUUNNITTELUOHJELUONNOS 27.4.2011****SISÄLTÖ**

<b>1</b>	<b>YLEISTIEDOT</b>	<b>3</b>
1.1	Määritelmät	3
1.2	Kuorilaattojen käyttökohteet	3
1.3	Suunnitteluprosessi	3
1.4	Tekniset tiedot	5
1.41	<i>Vastaavuus tuotestandardiin EN 13747</i>	5
1.42	<i>Laadunvarmistus</i>	5
1.43	<i>Materiaalit</i>	6
1.44	<i>Palonkestävyys</i>	6
1.45	<i>Ääneneristävyys</i>	6
1.46	<i>Rasitusluokat ja käyttöikä</i>	6
1.47	<i>Laattojen valmistustoleranssit</i>	9
<b>2</b>	<b>SUUNNITTELU</b>	<b>10</b>
2.1	Laatastosuunnittelun lähtötiedot	10
2.2	Suunnittelutietojen lähetysohjeet	10
2.3	Laatastojen mitoitus	11
2.3.1	<i>Suunnittelunormit</i>	11
2.3.2	<i>Laatastojen merkinnät</i>	11
2.3.3	<i>Rakennepaksuuksien valinta</i>	11
2.3.4	<i>KL100/200</i>	14
2.3.5	<i>KL120/220</i>	16
2.3.6	<i>KL150/260</i>	18
2.3.7	<i>Paksummat pintavalut</i>	20
2.4	Viiva- ja pistekuormien jako laatastoissa	22
2.5	Jakoraudoitus	23
2.6	Saumaterästystarve	27

2.6.1	<i>Rengasraudoitus</i>	27
2.6.2	<i>Onnettomuustilanteiden raudoitus</i>	27
<b>3</b>	<b>TYÖOHJEET</b>	<b>27</b>
3.1	<b>Laattaelementtien nostaminen</b>	<b>27</b>
3.2	<b>Rakentamistoleranssit</b>	<b>28</b>
3.3	<b>Työnaikainen tuenta</b>	<b>29</b>
3.4	<b>Pintavalu</b>	<b>29</b>
3.5	<b>Työturvallisuus</b>	<b>29</b>

## YLEISTIEDOT

### 1.1 Määritelmät

Kuorilaatat ovat tyyppimerkinnöiltään KL100, KL120 ja KL150 ja ne voivat olla joko ansastettuja tai ansastamattomia.

Kuorilaatasto on kuorilaattojen ja pintavalun yhteistoiminnan muodostama liittorakenne. Oleellinen osa liittorakennetta on yleensä myös laataston tukena toimiva palkisto tai seinä.

### 1.2 Kuorilaattojen käyttökohteet

Kuorilaattoja käytetään asunto-, teollisuus- ja pysäköintirakentamisessa sekä kohteissa, joissa on tarvetta erikoissovelluksille. Asuinrakentamisessa kuorilaattoja käytetään useasti ulokeparvekesovelluksissa, joissa ulokkeen tarvitsema lisäraudoitus on helppo liittää kuorilaataston pintavaluun. Pysäköintitaloissa kuorilaatasto, jännitetyt palkit ja pintavalu muodostavat vesitiiviin rakenteen. Teollisuusrakentamisessa kuorilaattoja käytetään niiden hyvän kuormituskyvyn ansiosta. Tukemattoman kuorilaataston edut voidaan hyödyntää pysäköintitalojen ja korkeiden tilojen laatastoissa, kun runkojärjestelmän valintaan on käytetty Parma Oy:n asiantuntemusta.

### 1.3 Suunnitteluprosessi

Kohteen päärakennesuunnittelija määrittelee kuorilaataston kohdan 2.4 mukaisilla kuormituskäyrästöillä. Kuorilaataston ja pintavalun suunnittelun toteuttaa Parma Oy. Päärakennesuunnittelija vastaa siitä, että osasuunnitelmista syntyy toimiva kokonaisuus. Työmaa toteuttaa laattojen asennuksen, tarvittavan työnaikaisen tuennan, pintavalun sekä sen raudoituksen Parman suunnitelmien mukaisesti.

### KUORILAATASTON VALINTA

- Valmiit tasopiirustukset, joista selviää kuorilaatastojen mittatiedot sekä käytettävät laattatyypit ja pintavalun paksuus
- Laatastojen eurokoodien mukaiset kuormitustiedot
- Reiät, viemärit ja muut erikoiskohdat

Päärakennesuunnittelija



Parma Oy



Päärakennesuunnittelija



Työmaa

### KUORILAATASTON RAKENNESUUNNITTELU

- Kuorilaatan valmistuspiirustukset
- Pintavalun raudoitusten suunnittelu
- Pintavalun raudoituspiirustukset
- Laattojen tuennat ja niiden paikat
- Suunnitelmien hyväksyttäminen rakennusvalvonnassa
- Päärakennesuunnittelija vastaa kuorilaattojen ja tarvittavien palkkituenteiden merkitsemisestä tasopiirustuksiin
- Kuorilaatastojen toteutus suunnitelmien mukaisesti

## 1.4 Tekniset tiedot

### 1.41 Vastaavuus tuotestandardiin EN 13747

Parman kuorilaatat täyttävät tuotestandardin EN 13747:2005+A2 (Betonivalmisosat. Kuorilaatat) liitteen ZA menettelyn 3b mukaiset vaatimukset ja laatat suunnitellaan eurokoodien mukaan.

### 1.42 Laadunvarmistus

Parma Oy:n toimintajärjestelmän hallinta perustuu seuraavaan päivittyvään kuvaukseen;



Edellä olevan toimintajärjestelmäkuvauksen myötä Parman tehtaiden laadunvalvonta on Inspecta Sertifiointi Oy:n jatkuvan FI-tarkastuksen piirissä.

Parman tehtaat ja valmistusmenetelmät ovat myös sertifioitu sekä ISO 9001:2008, että ISO 14001:2004 standardien mukaan.

Kuorilaattojen jatkuvassa laadunvalvonnassa laatan vaatimustenmukaisuutta valvotaan mm. materiaalikokeiden, mittatoleranssien, punosjännitys/ -luistomittausten avulla.



#### 1.43 *Materiaalit*

Kuorilaattojen betonin suunnittelulujuusluokka on joko C40 tai C50. Punosten vakiohalkaisija on 9,3 mm. KL150- tyypissä käytetään tarvittaessa myös 12,5 mm jännepunoksia. Parma Oy käyttää tuotannossaan vain varmennettuja materiaaleja (CE-merkintä, BY:n käyttöseloste, SFS-standardit).

#### 1.44 *Palonkestävyys*

Kuorilaatastolla saavutetaan yleisesti sama palonkestävyys, kuin vastaavan paksuisella massivilaatalla. Kuorilaatastojen palonkestoajat ovat vähintään REI60. Jos kuorilaatastoon tehdään isoja reikiä, on palonkestoluokka määritettävä erikseen.

Kuorilaattojen standardipalonkestoluokat on määritelty *SFS EN1992-1-2* laskennallisen palomitoituksen mukaisesti. Palonkestoluokitus on riippuvainen laatan kokonaispaksuudesta sekä alapinnan jänneterästen keskiöetäisyydestä laataston alapinnasta. Kuorilaattojen palonkestoaikaa voidaan korottaa lisä- ja tukiraudoituksella.

#### 1.45 *Ääneneristävyys*

Kuorilaataston ääneneristävyys on sama, kuin saman paksuisten paikalla valettujen laattojen. Kuorilaatastot täyttävät Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa [C1](#) määritellyt ääneneristysvaatimukset askel- ja ilmaäänien osalta osoitteessa [www.elementtisuunnittelu.fi](http://www.elementtisuunnittelu.fi) esitetyillä rakennepaksuuksilla ja pintarakenteilla.

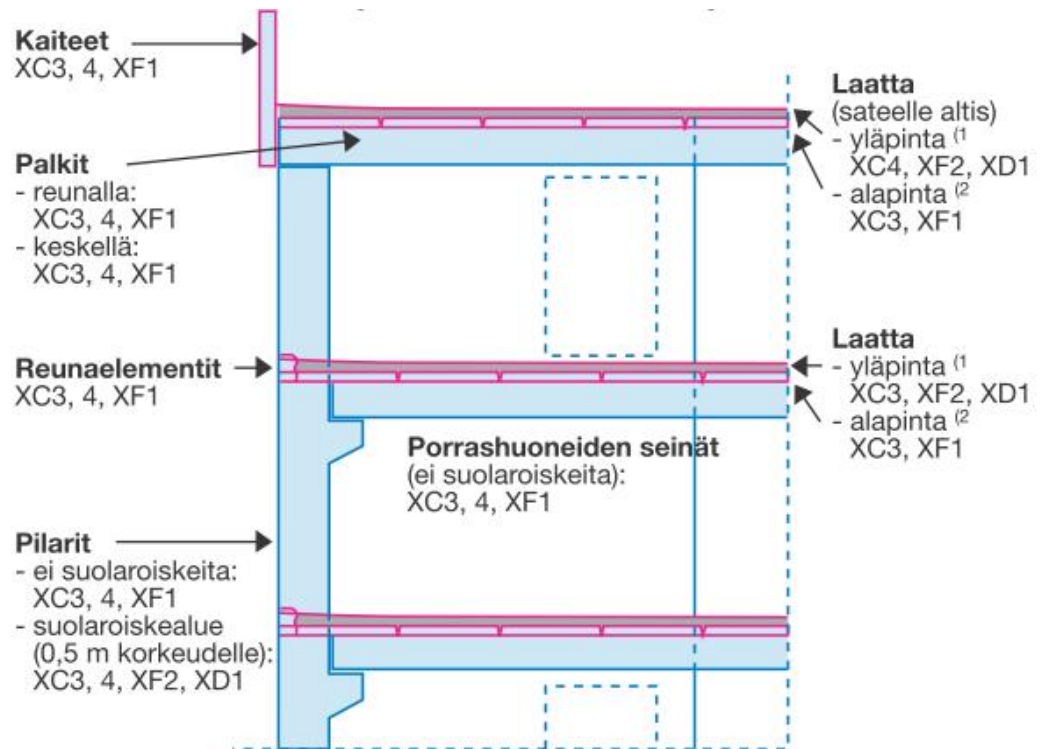
#### 1.46 *Rasitusluokat ja käyttöikä*

Rasitusluokilla on merkitystä rakenteen suunniteltuun käyttöikään. Valitut rasitusluokat ja käyttöikä määrittävät kuorilaatan punosten ja pintavalun raudoituksen betonipeitteen paksuuden.

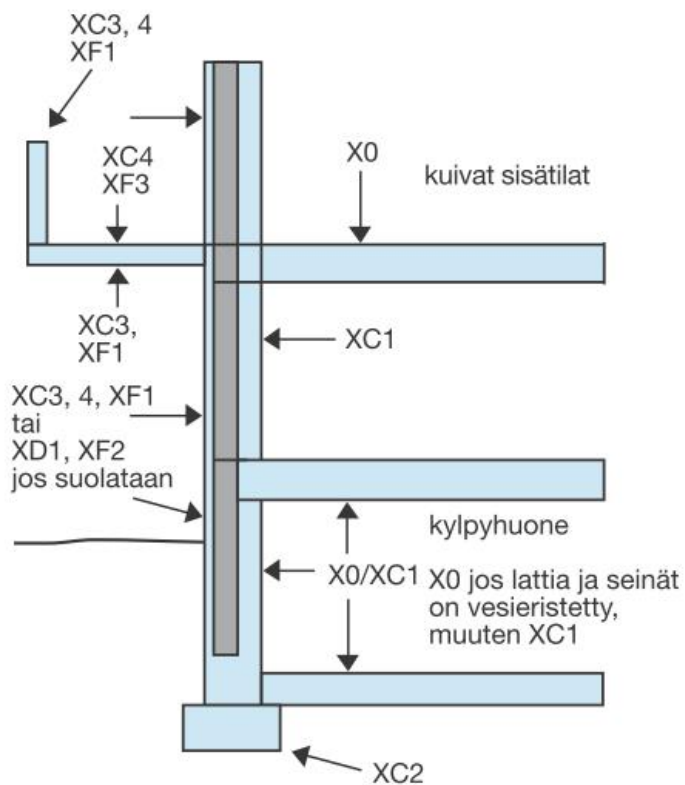
Kuorilaatastot suunnitellaan kuivissa sisätiloissa rasitusluokkaan XC1. Parman kuorilaatat täyttävät ko. rasitusluokan vaatimukset 50 - 200 vuoden suunnittelukäyttöikäillä.

Kuorilaatastot suunnitellaan ulkotiloissa yläpinnoiltaan 50 vuoden käyttöikään julkaisun By51 kohtien 6.8 (rakenne 8 s. 62-63) ja 6.9 (rakenne 9 s. 64-65) mukaisiin rasitusluokkiin. Alapinnoiltaan kuorilaatat suunnitellaan rasitusluokkiin XC3 ja XF1.

Suolarasitetut ulkorakenteet ja erikoisrasitetut teollisuusrakennukset on tarkasteltava aina erikseen yhteistyössä Parma Oy:n suunnittelun kanssa. Käyttöikää koskevia lisätietoja löytyy edellä mainitun BY51 lisäksi Parman julkaisusta ”Betonirakenteiden käyttöikäsuunnitteluohje”; <http://www.parma.fi/fi/Ammattirakentajalle/Esitteet+ja+ohjeet/>.



Kuva 23. Pysäköintitalon rasitusolosuhteet (suolausta ei sallita)



Kuva 24. Asuinkerrostalon rasitusolosuhteet

### 1.47 Laattojen valmistustoleranssit

Parma noudattaa laattojen valmistuksessa seuraavia valmistustoleransseja, jotka ovat vähintään EN 13747+AC standardin minimivaatimusten mukaiset.

1. Pituus  $\pm 15$  mm

Pituus mitataan laattaelementin yläpinnasta laatan keskeltä

2. Leveys (b)

kokonainen laatta  $+ 0$  mm,  $-6$  mm

kavennettu laatta  $\pm 20$  mm

3. Paksuus (h)  $\pm 5$  mm

Laattaelementin poikkileikkauksen paksuus mitataan laatan keskilinjalta.

4. Pään kulmapoikkeama

1200 mm:ä kohti  $\pm 10$  mm

5. Sivukäyryys  $\pm L/1000$ , enintään  $\pm 10$  mm

6. Taipuma

ennen asennusta  $\pm 10$  mm, tai  $L/1000$

Poikkeama ennakkoon suunnitellusta taipumasta, johon sisältyy mahdollinen ennakkokorotus ja laskennallinen taipuma.

7. Reiät, varaukset

tuoreeseen betoniin tehdyt  $+ 50$  mm,  $-0$  mm

jälkikäteen tehdyt  $\pm 15$  mm

8. Tartunnat

tehtaalla asennetut  $+20$  mm

9. Eristeen sijainti

sivusijainti  $\pm 10$  mm

poisto tukipinnalta  $\pm 20$  mm

## **2 SUUNNITTELU**

### **2.1 Laatastosuunnittelun lähtötiedot**

Parman suorittaman kuorilaataston suunnittelun tarvitsemat lähtötiedot:

- Rakennepiirustukset
- Tasopiirustukset
- Kuormat
- Rasitusluokat
- Seuraamusluokat
- ARK -piirustukset
- Leikkaukset ja detaljit
- Rakennetyypit
- Reikäpiirustukset
- Elementtityöselostus
- Yhteystiedot

### **2.2 Suunnittelutietojen lähetysohjeet**

Suunnittelu- ja muun projektihallintatietojen siirtämistä varten Parmalla on Projektikeskus, johon lähtötiedot siirretään internetin välityksellä. Parma toimittaa kyseisen projektin tietoja tarvitseville osapuolille Projektikeskuksen käyttöoikeudet ja -ohjeet.

Projektikeskuksessa tasopiirustukset viedään dwg -tiedostoina hakemistoon KAAVIOT JA DETALJIT ja mittapiirustukset pdf-tiedostoina hakemiston ELEMENTTISUUNNITELMAT alihakemistoihin.

Mallinnetuissa kohteissa viedään tietomalli hakemistoon TIETOMALLIT ja Tasopiirustukset dwg -tiedostoina hakemistoon KAAVIOT JA DETALJIT.

Sähköpostia ei käytetä suunnittelutietojen siirtoon.

## 2.3 Laatastojen mitoitus

### 2.3.1 Suunnittelunormit

Kuorilaatastojen mitoituskäyrät on laskettu seuraavien standardien mukaisesti eri punosmäärille sekä eri paksuisille laatoille:

- SFS-EN 13747 + A2 *Betonivalmisosat. Kuorilaatat*
- SFS-EN 1990-1-1 *Rakenteiden suunnitteluperusteet*
  - RIL201-1 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.
- SFS-EN 1992-1-1 *Betonirakenteiden suunnittelu*
- SFS-EN 1992-1-2 *Betonirakenteiden palomitoitus*
- SFS-EN 13369 *Betonivalmisosien yleiset säännöt*

### 2.3.2 Laatastojen merkinnät

Parma Oy:n valmistamat kuorilaatat ovat tyyppimerkinnöiltään KL100, KL120 ja KL150.

Esimerkki laataston merkintätavasta:

#### **KL150/260**

- **KL** Kuorilaatan tunnus
- **150** Kuorilaatan paksuus (mm)
- **260** Kuorilaataston kokonaispaksuus (mm)

### 2.3.3 Rakennepaksuuksien valinta

Seuraavat seikat vaikuttavat laataston kokonaispaksuuteen:

#### **Laatastolta vaadittava kuormituskapasiteetti (kN/m<sup>2</sup>)**

Kuorilaatastojen kuormituskapasiteetti sekä laataston jänneväli määrittävät useimmin laataston kokonaispaksuuden muussa kuin kerrostalorakentamisessa, jossa putkivetojen vaikutukset rakennepaksuuteen on otettava huomioon.

#### **Rakenteelta vaadittava palonkesto-aika**

Kaikki kuorilaattatyypit täyttävät vähintään paloluokan R60. Suuremman paloluokan saavuttaminen vaatii lisäraudoittamista tai punosten nostamista, joka saattaa joissain tapauksissa johtaa paksumpien kuorilaattojen käyttöön.

### **Työnaikaisen välituennan tarve / tukemattomuus tavoite**

Kuorilaatastot voidaan toteuttaa työnaikaisesti tukemattomina kapasiteetin sallimissa rajoissa. Tietyissä tapauksissa tukemattomuudella voidaan saavuttaa merkittäviä rakentamisaikaisia säästöjä. Tukemattomuus liittyy oleellisesti koko rakennuksen runkosuunnitteluun. Työnaikaiset tuentarajat on esitetty kapasiteettikäyrästäöissä. Kuorilaattojen perustyytit voidaan toteuttaa tukemattomana seuraavasti valunaikaisista kuormituksista ja punostuksesta riippuen.

- KL100/200 voidaan toteuttaa tukemattomana 5 m pituisena
- KL120/220 voidaan toteuttaa tukemattomana 6 m pituisena
- KL150/260 voidaan toteuttaa tukemattomana 7 m pituisena

### **Pintavalunraudoitus jatkuvilla laatastoilla ja eri rasisluokissa**

Yläpinnan raudoitus jatkuvan laataston tuilla vaatii poikkileikkaukselta riittävän korkeuden toimiakseen oikein. Raudoituksille on tämän lisäksi taattava rasisluokkien edellyttämä betonipeite. Tarkempaa tietoa rasisluokista ja käytöistä löytyy ohjeen kohdasta 1.46.

### **Erytiskohdat ja niiden sijainti (esimerkiksi reiät)**

Reikien vaatimat jakoraudoitukset saattavat vaikuttaa laataston kokonaispaksuuteen.

### **Jännevoimien aiheuttama ennakkokaarevuus ja kaarevuuserot**

Kuorilaatasto muodostuu elementtiosasta ja sen päälle valettavasta paikallavaluosasta. Elementtiosa raudoitetaan aina esijännitetyillä punoksilla. Jännepunosten epäkeskeinen sijainti poikkileikkauksen painopisteen suhteen ja viruma käyristävät laattaa ylöspäin. Tätä luonnostaan syntyvää kaarveutta voidaan hyödyntää ennakkokorotuksena, kun määritetään laataston lopullista taipumaa.

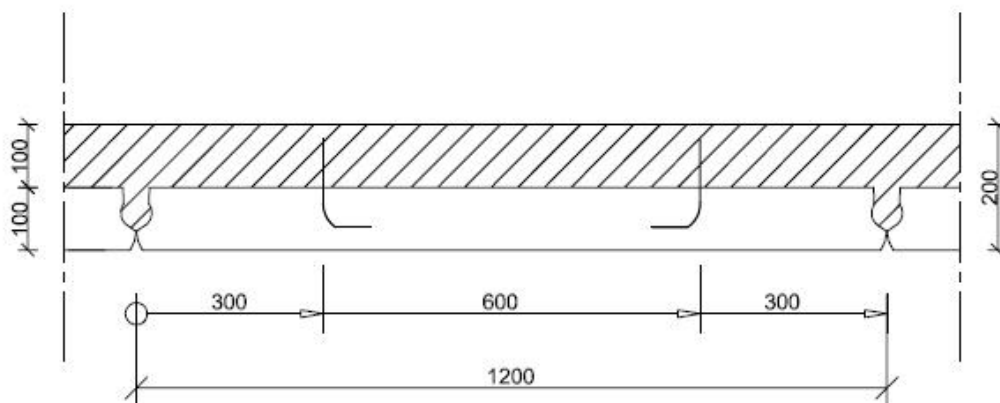
Toisaalta erilaiset valuajankohdat, varastointiaikojen pituudet ja tuennat voivat aiheuttaa samanpituisiin laattoihin kaarevuuseroja. Laatastossa elementtien jännevälit voivat vaihdella, jolloin niiden maksimitaipumat ovat eri kohdassa aiheuttaen taasoeroja. Näitä mittapoikkeamia voidaan osittain korjata laattojen asennuksen yhteydessä. Esimerkiksi alkukaarevuuserot voidaan tasata työaikaisella tuennalla. Tarkemmat ohjeet on esitetty erillisessä asennus ja työmaaohjeessa.

### **Putket ja viemärit**

Putkistovetojen ja viemäreiden takia laataston pintavalun paksuus vaihtelee. Putkistovetojen kohdilla jälkivalun paksuuden putken kohdalla tulee olla vähintään 40 mm.



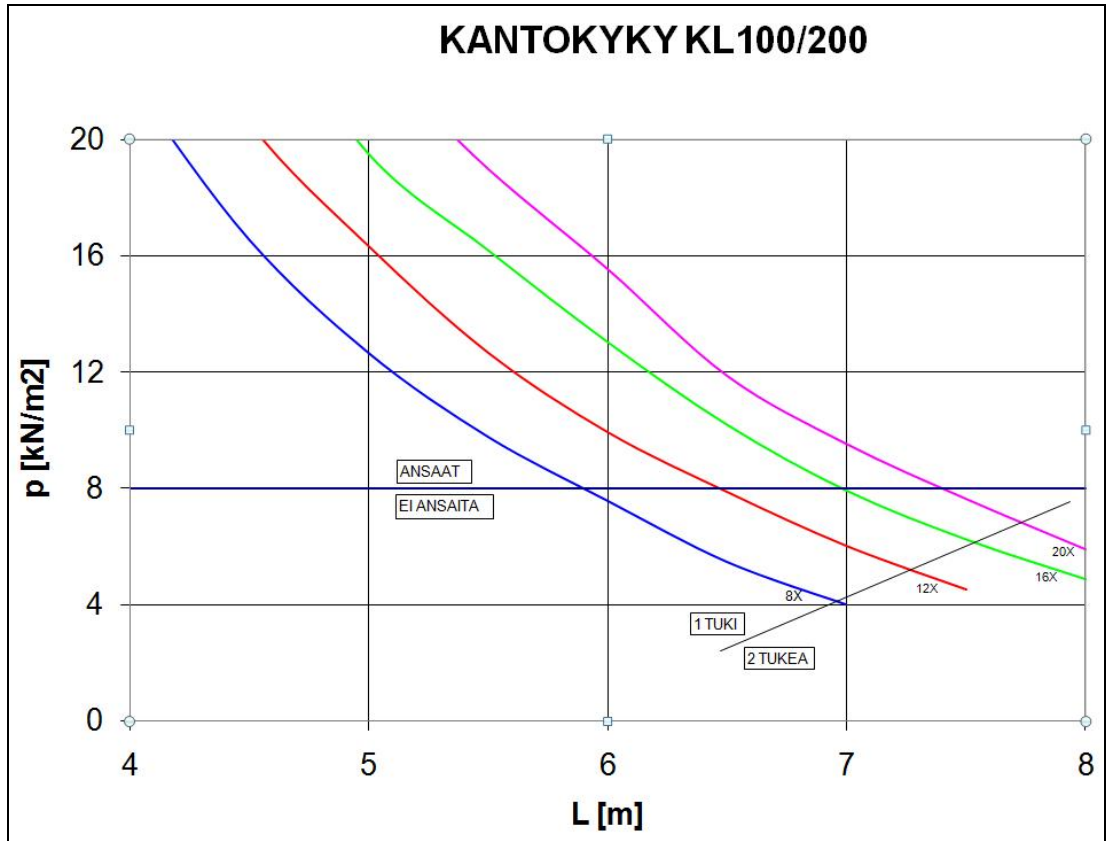
### 2.3.4 KL100/200



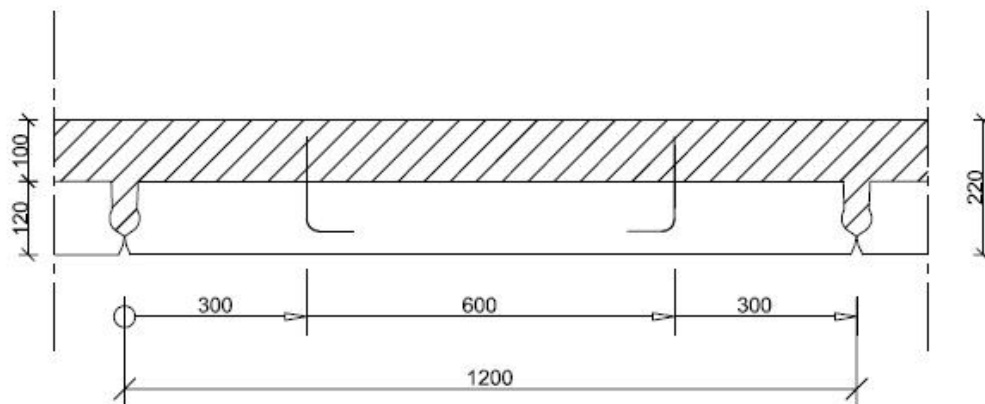
Kuva 25. KL100/200 poikkileikkaus ansastettuna, KL voi olla myös ansastamaton.

#### Tekniset tiedot

- Kuorilaatan tukipinnan suunnittelupituus on vähintään 60 mm. Palkkiin tukeutuessa tukipituus on 100 mm.
- Kuorilaatan omapaino  $250 \text{ kg/m}^2$ , pintavaluvalu  $250 \text{ kg/m}^2$ , yhteensä  $500 \text{ kg/m}^2$
- Kuorilaataston palonkestävyys on vähintään REI60.
- Kuorilaatastojen ilmapääneneristysluku on  $R'w \geq 55 \text{ db}$  ja askeläänitasoluku  $L'_{nw} \leq 53 \text{ dB}$  kohdan 1.45 mukaan



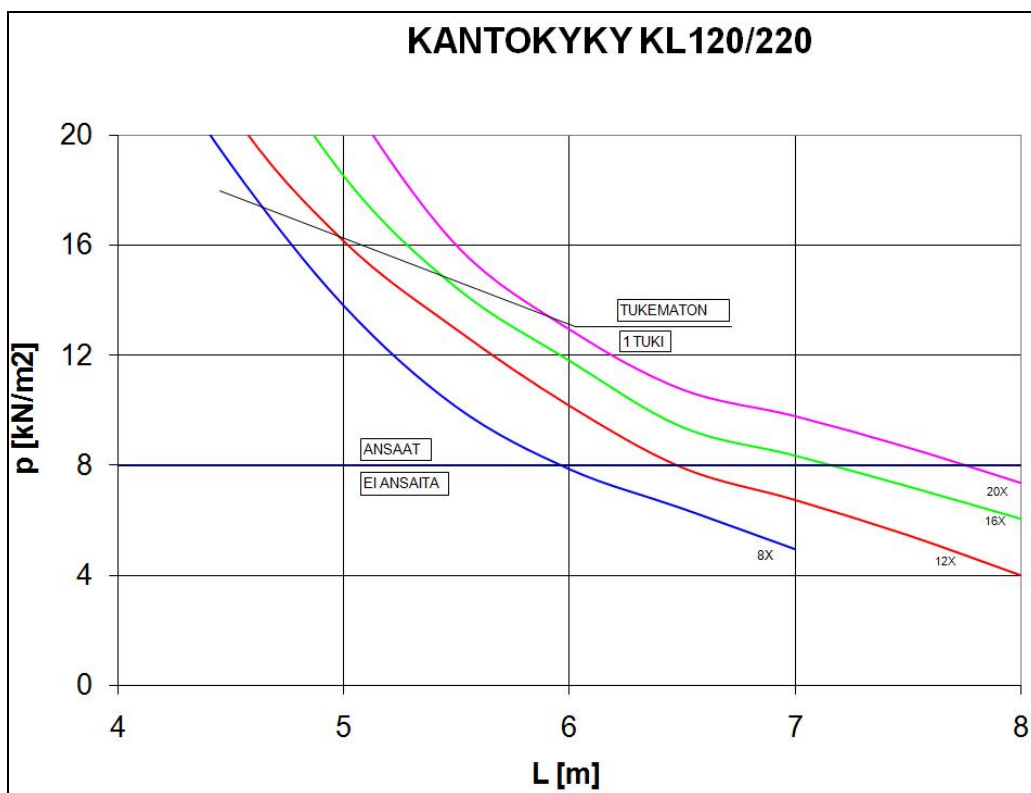
### 2.3.5 KL120/220



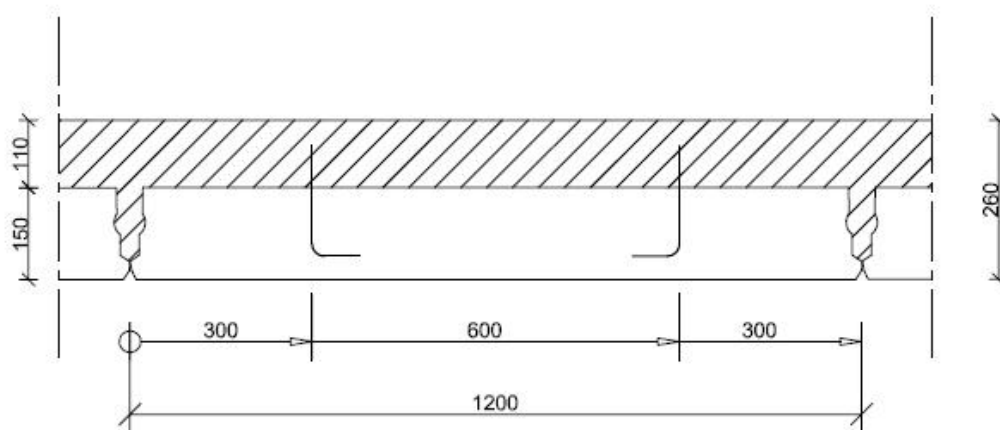
Kuva 26. KL120/220 poikkileikkaus ansastettuna, KL voi olla myös ansastamaton

#### Tekniset tiedot

- Kuorilaatan tukipinnan suunnittelupituus on vähintään 60 mm. Palkkiin tukeutuessa tukipituus on 100 mm.
- Kuorilaatan omapaino on  $300 \text{ kg/m}^2$  ja paikallavalun  $250 \text{ kg/m}^2$
- Kuorilaataston palonkestävyys on vähintään REI60.
- Kuorilaatastojen ilmajääneneristysluku on  $R'_w \geq 55\text{dB}$  ja askeläänitasoluku  $L'_{nw} \leq 53\text{dB}$ .



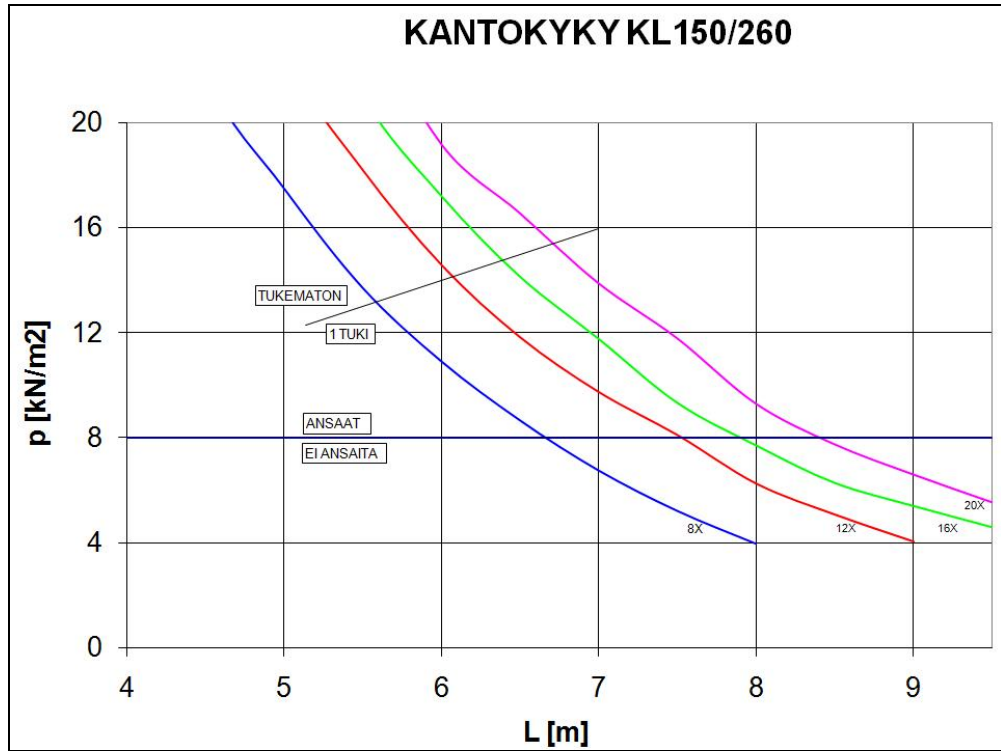
### 2.3.6 KL150/260



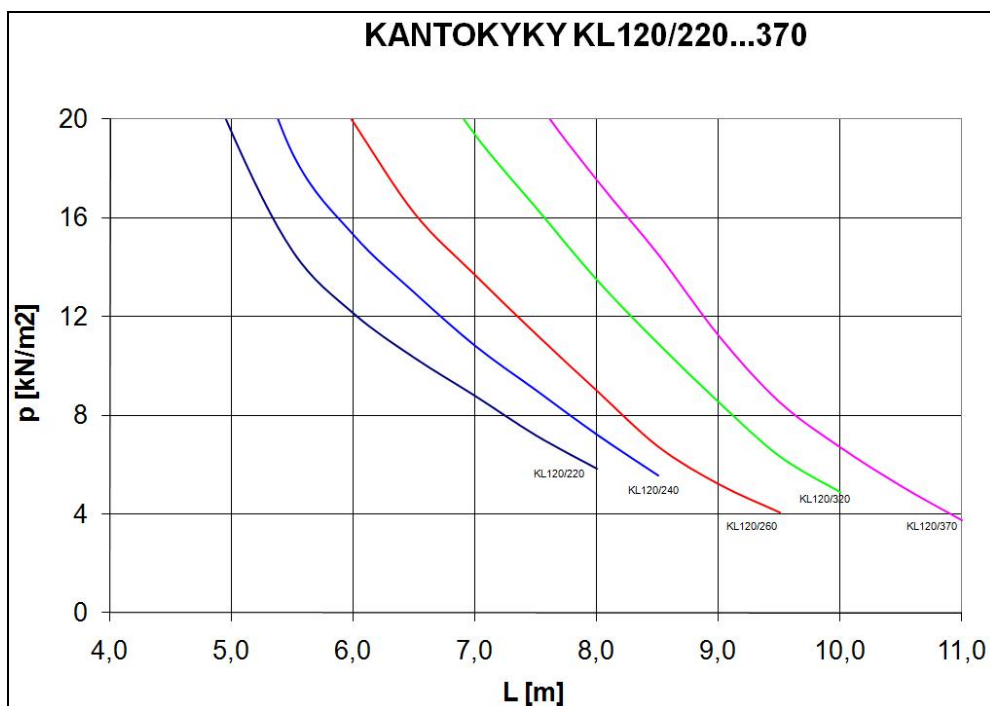
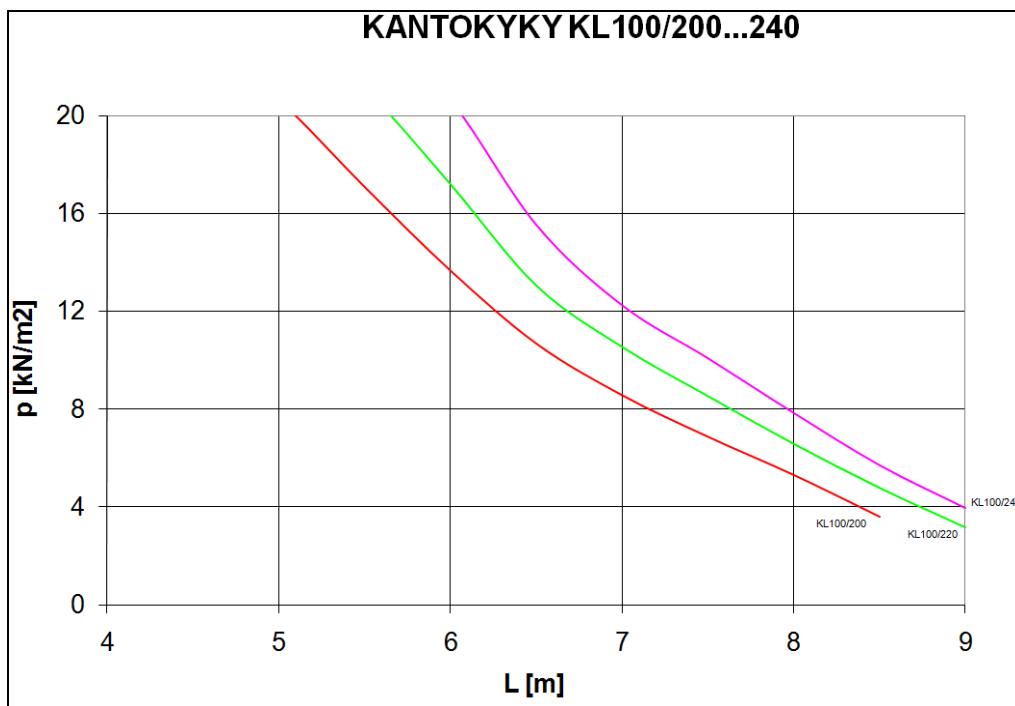
Kuva 27. KL150/260 poikkileikkaus ansastettuna, KL voi olla myös ansastamaton

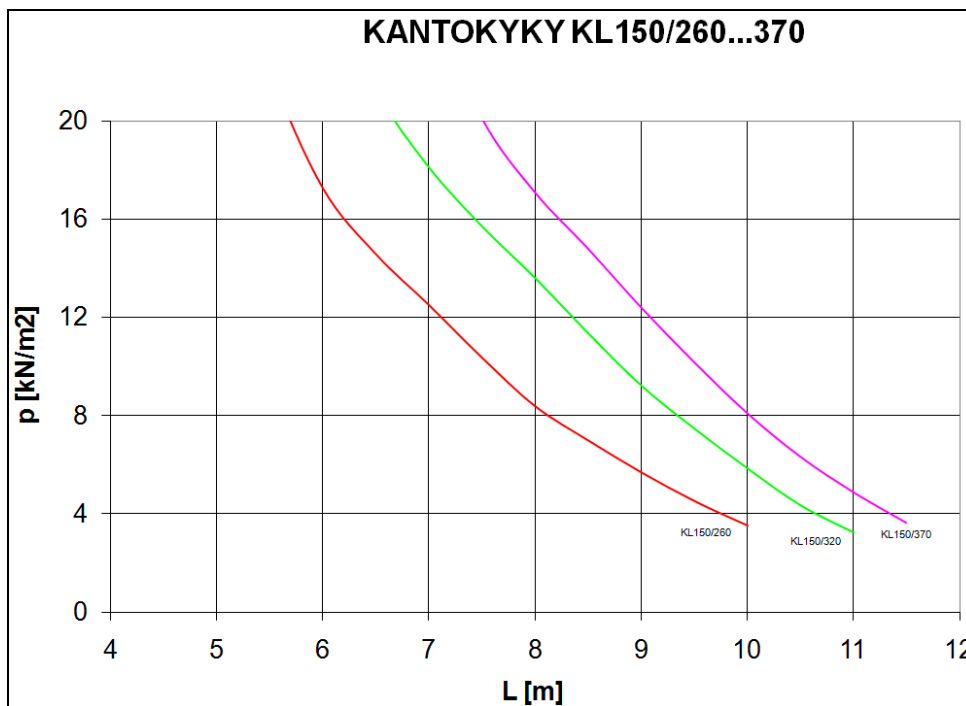
#### Tekniset tiedot

- Kuorilaatan tukipinnan suunnittelupituus on vähintään 60 mm. Palkkiin tukeutuessa tukipituus on 100 mm.
- Kuorilaatan omapaino on  $375 \text{ kg/m}^2$  ja paikallavalun  $275 \text{ kg/m}^2$ .
- Kuorilaataston palonkestävyys on vähintään REI60.
- Kuorilaatastojen ilmäääneneristysluku on  $R'_w \geq 55\text{dB}$  ja askeläänitasoluku  $L'_{nw} \leq 53\text{dB}$ .



2.3.7 Paksummat pintavalut







## 2.4 Viiva- ja pistekuormien jako laatastoissa

Kuorilaataston keskeisiä rakenteellisia tapauksia ovat mm.

- Reiät
- Viiva ja pistekuormat
- Ripustukset

Keskittyneiden kuormien, kuten piste- ja viivakuormien, vaikutuksen oletetaan jakautuvan tasaisesti laajemmalle alueelle. Kuormien jaossa voidaan noudattaa samoja sääntöjä ja periaatteita, kuin ontelolaatoille. Viiva- ja pistekuormien jakautumiselle voidaan myös käyttää oheista yksinkertaistettua menetelmää.

Momenteja ja leikkausvoimia laskettaessa oletetaan kuormituksen jakautuvan tasaisesti alueelle, joka ulottuu kuormitusalueen reunasta etäisyydelle  $b_m$ , kuitenkin enintään laataston reunaan.

Pistekuorman jakautumisleveydelle kuorman molemmin puolin voidaan käyttää seuraavia arvoja:

- Taivutusmomenttia laskettaessa

$$b_m = t + \frac{h}{2} + 1,25x \left(1 - \frac{x}{L}\right) \leq a_y$$

- Leikkausvoimaa laskettaessa

$$b_m = t + \frac{h}{2} + 0,25x \leq a_y$$

$t$  on pintakerroksen paksuus

$h$  on kuorilaattarakenteen kokonaispaksuus (= kuorilaatan + paikallavalun paksuus)

$x$  on pistekuorman etäisyys tuelta

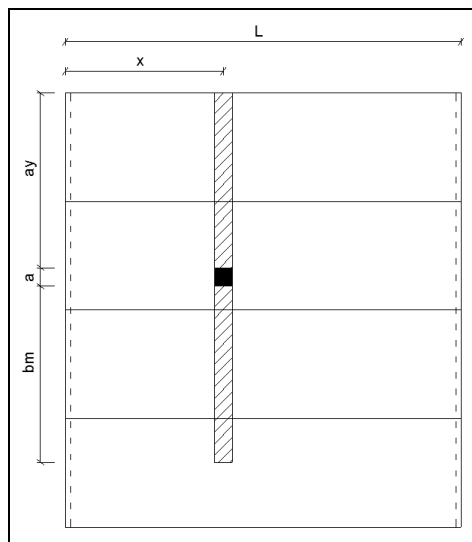
$L$  on jänneväli

$a$  on kuormitusalueen sivumitta laatan leveyssuunnassa

$a_y$  on kuormitusalueen etäisyys laatan reunasta

- Viivakuorman jakautumisleveys vastaavasti

$$b_m = t + \frac{h}{2} + 0,6L \leq a_y$$



Kuva 28. Pistekuorman jakautumisalue

## 2.5 Jakorauhoitus

Viiva- ja pistekuormien jakautumisesta poikkisuunnassa kuormituspintaa laajemmalle alueelle syntyy laatastoon jänneväliin nähden poikittaista taivutusrasitusta. Poikittaisesta taivutuksesta laatastoon alapintaan syntyvät vetojännitykset saattavat aiheuttaa halekampia laattaelementtien välisten saumojen kohdalle. Halkeamaleveyden rajoittamiseksi sekä kuormien jakautumisen varmistamiseksi voidaan laatastoon asentaa jakorauhoitus.

Poikittaista jakorauhoitusta ei tarvita, jos käyttötilan poikittainen taivutusmomentti ei ylitä paikallavaluosan halkeamakapasiteettia.

$$M_{rj} = 1,4 f_{ctjk} \frac{h_j^2}{6} \approx 0,23 f_{ctkj} h_j^2$$

missä

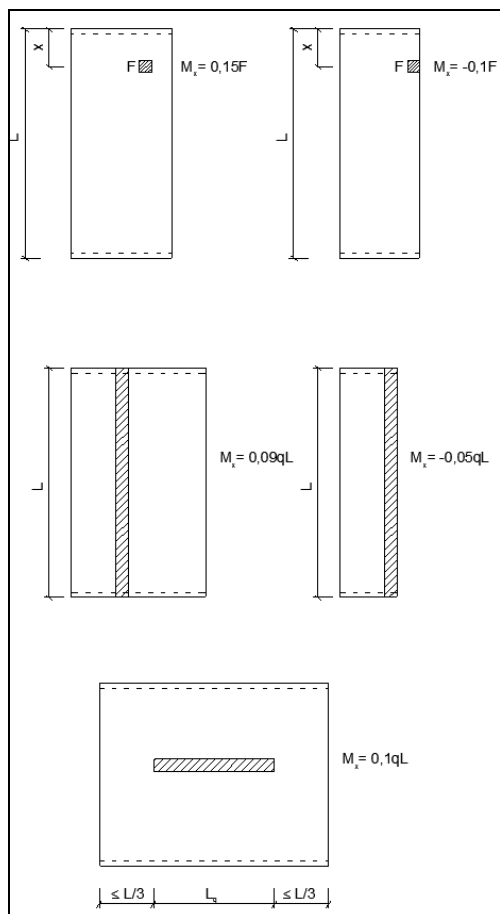
$f_{ctjk}$  on paikallavalubetonin vetolujuus

$h_j$  on paikallavalun paksuus

Tällöin halkeaman leveys laatan alapinnassa sauaman kohdalla ei todennäköisesti ylitä

0,3 mm tavanomaisilla laattaelementin ja paikallavalun paksuuksilla.

Jos paikallavaluosan halkeilukapasiteetti ylitetään, niin jakorauδοitus mitoitetaan poikittaiselle momentille  $M_{xEd}$ . Jakorauδοitus sijoitetaan paikallavaluosan alapintaan elementtiosan päälle. Piste- ja viivakuorman sijaitessa laataston reunalla jakorauδοitus sijoitetaan paikallavaluosan yläpintaan. Ohessa on esitetty ohjeita poikittaisen taivutusmomentin laskemiseksi.



Kuva 29. Piste ja Viivakuormien poikittaiset momentit

Kuorman jakautumiskyvyn varmistamiseksi tarkistetaan myös sauman leikkauskestävyys.

$$v_{sd} = 2 \frac{a_j F_d}{b_m I_s}$$

missä

$b_m$  on pistekuorman jakautumisalueen leveys

$a_j$  on jakautumisalueen leveys kuormaan nähden toisella puolella saumaa

$F_{Ed}$  on pistekuorman laskenta-arvo

$I_s$  on leikkausjännityksen jakautumismatka

Leikkausjännityksen oletetaan jakautuvan saumassa kolmiomaisesti sauman teholliselle pituudelle

$$I_s = \frac{L}{6} + H_L + a_x$$

$$I_s \leq 2x$$

missä

$L$  on laataan jänneväli

$H_L$  on laataston kokonaispaksuus

$a_x$  on pistekuorman kuormitusala pituus sauman suunnassa

$x$  on pistekuorman etäisyys tuelta

Sauman suuntaisen viivakuorman aiheuttama leikkausjännitys kN/m sauman pituusyksikköä kohden on

$$v_{sd} = \frac{a_s}{b_m} q_{vEd}$$

missä

$q_{vEd}$  on viivakuorman kN/m laskenta-arvo

Raudoittamattoman sauman leikkauskestävyys kN/m sauman leikkauskestävyys kN/m sauman pituusyksikköä kohden saadaan kaavasta

$$v_c = 0,15 f_{ctd} h_s$$

missä

$f_{ctd}$  on paikallavalubetonin laskentavetolujuus

$h_s$  on laataston toimiva korkeus sauman kohdalla  $\approx H_L - 30$  mm

Jos sauman leikkausjännitys  $v_{sd}$  ylittää raudoittamattoman sauman leikkauskestävyyden  $v_c$  tai taivutusmomentti ylittää paikallavalun halkeamakapasiteetin, on paikallavaluun piste- ja viivakuormien kohdalle sijoitettava poikittaiselle momentille  $M_x$  mitoitettu jakoraudoitus. Jakoraudoituksen tehollinen korkeus lasketaan paikallavalun paksuuden  $h_1$  mukaan:

jakoraudoitus paikallavalun alapinnassa  $d_j \approx h_1 - 15$  mm

jakoraudoitus paikallavalun yläpinnassa  $d_j \approx h_1 - 30$  mm

Pistekuorman kohdalla jakoraudoitus sijoitetaan pistekuormaan nähden keskeisesti leveydelle  $0,5 b_m$ . Jakoraudoitus ulotetaan pituussuunnassa kuormasta molempiin suuntiin matkalle  $b_m/2 + l_b, rqd$ . Pistekuorman sijaitessa laataston reunalla yläpintaan sijoitettava jakoraudoitus ulotetaan jakautumismatkan  $b_m$  päähän pistekuormasta.

Laatan suuntaisen viivakuorman kohdalla jakoraudoitus ulotetaan matkalle  $0,3 L + l_b, rqd$  viivakuorman sijaitessa laataston reunalla yläpintaan sijoitettava jakoraudoitus ulotetaan  $0,5 L$ :n päähän.

Jakoraudoituksen ollessa tarpeellinen on jakoraudoituksen vähimmäismäärä

$$\frac{A_{st}}{s} = 120 \frac{f_{ctkj}}{f_{yk}} h_j, \quad [mm] \quad mm^2/mm$$

missä

$f_{ctkj}$  on paikallavalubetonin vetolujuuden ominaisarvo

$f_{yk}$  on jakoraudoituksen myötölujuuden ominaisarvo

$h_j$  on paikallavalun paksuus

## 2.6 Saumaterästystarve

### 2.6.1 Rengasraudoitus

Laataston ympärille lähelle ulkoreunaa on aina sijoitettava rengasraudoitus, kun laatasto toimii runkoa jäykistävänä levyrakenteena. Jos laatastoille tulee huomattavia vaakasuuntaisia taivutusrasituksia tai normaalivoimia, niin rengasteräkset mitoitetaan niistä lasketuille vetovoimaresultanteille. Rengasraudoitusta on syytä käyttää aina laaston toiminnan varmistamiseski.

### 2.6.2 Onnettomuustilanteiden raudoitus

Tuille sijoitetaan aina onnettomuustilanteiden raudoitus, Tuelle sijoitettavan raudoituksen tarkoituksena on mahdollistaa se , että laatasto kantaa kuormia vaurioituneen alueen yli vedettynä köysi- ja kalvorakenteena kiinnittämällä laatta viereiseen kenttään estäen samalla jatkuvan sortuman.

Reunatuella raudoitus sijoitetaan aina paikallavaluosan alapintaan, välituella raudoitus voi sijaita myös paikallavaluosan yläpinnassa, kunhan huomioidaan yläpinnan terästen betonipeitteen mahdollinen lohkeilu. Tukimomentti yms. vastaava raudoitus voi toimia myös onnettomuustilanteiden raudoituksena.

## 3 TYÖOHJEET

### 3.1 Laattaelementtien nostaminen

Elementtien nostaminen tulee toteuttaa vain kuorilaattojen nostoon soveltuvilla nostoelimillä. Oikeanlainen nosto tulee tehdä nostopalkin avulla neli- tai 8-pistenostolla siten, että laattaelementtien tasapaino on varmistettu esimerkiksi tassaulevyin. Jos nostot toteutetaan nelipistenostona ansaista tai nostolenkeistä tulee työmaan varmistaa Parman rakennesuunnittelijalta, että ne soveltuvat rakenteen nostamista varten. Tarkemmat ohjeet kuorilaattojen oikeanlaisesta nostoa varten löytyvät Parman laatimasta [liittolaattojen nosto-ohjeesta](#).

SKOL Ry:n sivuilta on saatavissa myös [betonielementtien käsittelyohjeet](#), joka sisältää kuvia oikeanlaisesta elementtien nostosta, kuljettamisesta sekä säilyttämisestä.

### 3.2 Rakentamistoleranssit

SFS:n laatima standardi EN13670 määrittelee rakentamisen aikaisia normaalitoleransseja.

Normaalipoikkeamien perusrajat, jotka varmistavat että rakenne

- a) täyttää suunnitteluoletukset
- b) täyttää muut rakennuskohteen toiminnalliset vaatimukset

Asennussuunnitelmassa on esitettävä betonielementtien asentamista koskevat vaatimukset.

Asennuksen aikana on tarkistettava betonielementtien oikea sijainti, tuentojen oikeat mitat, saumojen kunto ja rakenne kokonaisuutena. Tarvittaessa on tehtävä säätöjä.

Betonikeskus Ry:n julkaisema teos [betonielementtien toleransseista](#) määrittelee toleranssit seuraavasti

*Taulukko 2. Rakentamisen edellyttämät toleranssit*

RAKENTAMISTOLERANSSIT	
Sivusijainti	± 20mm
Sauman leveys	± 10mm
Sauman hammastus	
-tuella	5mm
-keskellä	8mm
Korkeusasema tuella	± 15mm

### 3.3 Työnaikainen tuenta



*Kuva 30. Kuorilaattojen työnaikainen tuenta*

Kuorilaattojen liittorakenteesta johtuen rakenteen pintabetoni ei kanna kuormia ennen kuin betoni on saavuttanut nimellislujuutensa. Valun aikana pintabetoni on asennetuille kuorilaatoille merkittävä kuormitustekijä. Liittorakennemallista johtuen kuorilaatat on tuettava työmaalla väliaikaistuilla, kun jänneväli ylittää tukemattoman laataston rajan. Tuet lyhentävät laatosten jännevälejä kovettumisen ajaksi varmistuen niiden kapasiteetin valun ja kovettumisen ajaksi. Tuennat voidaan poistaa, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden joka yleensä on noin 70% suunnittelulujuudesta.

Päärakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu varmistaa laattojen ja palkkien tuentojen merkitseminen tasopiirustuksiin sekä vastata rakenteen kokonaisuudesta.

### 3.4 Pintavalu

Kuorilaataston pintavalu toteutetaan työmaalla, kun kuorilaatat on asennettu ja tarvittaessa tuettu paikoilleen. Ennen valua alusta on puhdistettava kaikesta liasta ja roskasta, eikä kuorilaatan pinnalla saa olla irtonaista vettä, lunta tai jäätä.

Pintavalusta laaditaan betonointisuunnitelma, jossa otetaan kantaa lujuudenkehityksen seurantaan, tuentojen poistamiseen sekä betonin jälkihoitoon.

### 3.5 Työturvallisuus



Valtioneuvoston asetus [205/2009](#) määrittä työturvallisuus lakiin täydennyksiä. SKOL ry on määritellyt rakennesuunnittelijoiden työturvallisuustehtävät ja eri osapuolien vastuut projektin eri vaiheissa.

SKOL:n julkaisema ohje uusista [työturvallisuusmääräyksistä](#) on esitetty SKOL:n sivuilla.

Ohjeistuksen lisäksi SKOL on julkaissut myös betonielementtien käsittelyohjeet, vaaratekijöiden arvioinnin ja teräselementtien käsittelyohjeet. Ohjeistukset löytyvät SKOL:n [sivuilta](#)