

**KUORILAATTOJEN SOVELTUVUUS  
RAKENNUSTEN LAATTARATKAISUKSI**

Alexi Vipusaari

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja Liikenne  
Rakennustekniikka  
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Aleksi Vipusaari	Vuosi	2016
<b>Ohjaaja</b>	Matti Moilanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	YBT Oy		
<b>Työn nimi</b>	Kuurilaattojen soveltuvuus rakennusten laattaratkaisuksi		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	56 + 0		

---

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tarkastella kuorilaattojen käytöstä syntyviä etuja ja hyötyjä. Tarkastelu toteutettiin vertailemalla kuorilaatta-, ontelolaatta- ja massiivibetonilaattaväli­pohjien ajallisia, taloudellisia ja teknisiä ominaisuuksia. Lisäksi työssä selvitettiin kuorilaattojen suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita sekä asentamisvaiheeseen liittyviä työmaatoimintoja.

Vertailun esimerkkikohteena käytettiin asuinkerrostalon väli­pohjarakennetta, mutta vertailusta saatua tietoa voidaan hyödyntää myös muihin rakennuksiin tai rakenteisiin. Työssä perehdyttiin alan kirjallisuuteen, kuorilaattojen suunnittelua koskeviin EN-standardeihin sekä viranomaisten määräyksiin ja ohjeisiin. Näiden lisäksi työssä käytettiin YBT Oy:n omaa aineistoa. Teorialähteiden tueksi oltiin yhteydessä toimeksiantajan henkilökuntaan ja suunnittelijoihin.

Opinnäytetyön tuloksena esitetään vertailulaskelmia laattarakenteiden ajallisista ja taloudellisista ominaisuuksista. Laskelmat osoittavat, että YBT Oy:n valmistamien 2400 mm leveiden kuorilaattojen asentaminen on selvästi nopeinta muihin laattarakenteisiin verrattuna. Kustannusvertailussa kuorilaattarakenne sijoittuu toiseksi ontelolaattarakenteen jälkeen. Vaikka kuorilaattarakenteen suora­naiset kustannukset nousevat ontelolaattarakennetta suuremmaksi, niin epäsuorat kustannukset tulevat huomattavasti pienemmäksi.

Technology, Communication and  
Transport  
Degree Programme in Civil Engi-  
neering

---

<b>Author</b>	Aleksi Vipusaari	Year	2016
<b>Supervisor</b>	Matti Moilanen		
<b>Commissioned by</b>	YBT Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Suitability of Thin-Shell Slabs as a Structure Solution		
<b>Number of pages</b>	56 + 0		

---

The main objective was to examine the advantages and the benefits of the use of the thin-shell slab floors. The examination was carried out by comparing the temporal, technical and economical properties of the thin-shell slabs, hollow slabs and cast-in-situ floors. In addition the thesis studied the planning and dimensioning principles of the thin-shell slabs and site practises at the installation stage.

The example object in the comparison was the intermediate floor of the block of flats but the information gathered from the comparison can also be used to other buildings and structures. The literature in the field and the EN standards relative to the thin-shell slabs and the guidelines and the regulations given by the authorities were studied. The thesis also used the materials by YBT Oy. To support the theoretical references of the thesis, the staff and the planners of the commissioner were also contacted by email.

The results of the thesis comparison calculations about the temporal and economical properties of the floor structures were presented. The calculations show that the installation of the 2400 millimetres wide thin-shell slabs manufactured by YBT Oy is evidently the fastest compared to the other floor structures. In the cost comparison the thin-shell slab was ranked as the second after the hollow slab floor. Although the direct costs of the thin-shell slab rise higher than the costs of the hollow slab, the indirect costs are noticeably lower.

Key words

thin-shell slab, benefits, indirect costs

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KUORILAATTOJEN KÄYTTÖ .....	8
2.1	Yleistä kuorilaatoista .....	8
2.2	Käyttökohteet .....	9
2.2.1	Asuin- ja liikerakennukset .....	9
2.2.2	Pysäköintilaitokset .....	10
2.2.3	Teollisuusrakennukset .....	11
2.3	Suunnitteluperiaatteet .....	12
3	KUORILAATTOJEN SUUNNITTELU .....	15
3.1	Standardin SFS-EN 13747 +A2 mukaiset erityisvaatimukset .....	15
3.1.1	Jänneteräket .....	15
3.1.2	Ansaat .....	16
3.2	Valunaikaisen tuennan suunnittelu .....	18
3.3	Kuorilaataston kokonaispaksuuden mitoitus .....	19
4	KUORILAATTOJEN TYÖMAATOIMINTOJEN MENETELMÄKUVAUS .....	22
4.1	Tukien asennus .....	22
4.2	Betonitekniikka .....	23
4.3	Toleranssit ja mittaukset .....	26
4.3.1	Valmistustoleranssit .....	26
4.3.2	Rakentamistoleranssit .....	27
4.4	Työturvallisuus .....	29
5	LAATTARAKENTEIDEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU .....	31
5.1	Lähtötiedot .....	31
5.2	Rakennepaksuus .....	31
5.3	Palonkestävyys .....	34
5.4	Ääneneristävyys .....	36
5.5	Kosteudenhallinta .....	37
5.6	Kuivumisaika .....	39
5.6.1	Yleistä .....	39
5.6.2	Kuivumisaikojen vertailu .....	40
6	LAATTARAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU .....	44
6.1	Vertailun rajaus .....	44

6.2	Materiaalikustannukset .....	44
6.2.1	Kuorilaattavälipohja .....	44
6.2.2	Massiivibetonilaattavälipohja .....	45
6.2.3	Ontelolaattavälipohja .....	46
6.3	Työmenekit .....	47
6.4	Vertailun tulokset .....	50
7	POHDINTA .....	52

## 1 JOHDANTO

YBT Oy on kokenut betonivalmisteiden valmistaja, jonka historia betonituotteiden parissa on alkanut jo vuonna 1958. Yrityksen tuotantotehtaat sijaitsevat Kuhmossa, Raahessa sekä Ylitorniolla, missä sijaitsee myös yrityksen pääkonttori. Lisäksi YBT on osakkaana Prefabmästarna Sverige AB:ssa, jonka tuotantotehdas sijaitsee Öjebynissä, Ruotsissa. Yrityksen päätuotteita ovat julkisivuelementit, väliseinäelementit, pilarit, palkit, parvekelaatat, TT-laatat sekä kuorilaatat. Tuotteiden valmistamisen lisäksi yrityksen palvelut kattavat myös niiden asennuksen. (YBT Oy 2016.)

Kuorilaattojen käyttöön liittyvä tutkimus tuli yritykselle ajankohtaiseksi, kun Ylitornion tehdas aloitti esijännitetyjen kuorilaattojen valmistamisen. Kuorilaattojen asema Suomessa on haastava, koska kuorilaattojen käytöstä syntyviä välillisiä etuja ei kokonaan ymmärretä ja kustannuslaskelmissa huomio kiinnittyy pelkästään laattarakaisun suoriin kustannuksiin. Ontelolaattarakenteen ajatellaan olevan kuorilaattarakennetta huomattavasti edullisempi ratkaisu ja toisaalta kustannuseron paikallavalettavaan massiivilaattaan ajatellaan olevan niin pieni, että valinta kääntyy usein paikallavalulaatan hyväksi. Tästä syystä valtaosa YBT Oy:n valmistamista kuorilaatoista myydään Ruotsin puolelle, jossa kuorilaattojen käyttö markkinoihin suhteutettuna on paljon suositumpaa kuin Suomessa. Kuorilaattojen yleisimpiä käyttökohteita ovat asuin-, liike- ja teollisuusrakennusten sekä pysäköintilaitosten ala-, väli- ja yläpohjarakenteet (YBT Oy 2016).

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tarkastella kuorilaattojen käytöstä syntyviä etuja ja hyötyjä. Tarkastelu toteutettiin vertailemalla kuorilaatta-, ontelolaatta- ja massiivibetonilaattaväli- ja yläpohjien ajallisia, teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia. Ajallisista ominaisuuksista vertaillaan rakenteiden kuivumis- ja asennusnopeuksia. Taloudellisista ominaisuuksista puolestaan vertaillaan rakenteiden kustannuksia. Teknisistä ominaisuuksista vertaillaan rakenteiden palonkestävyyttä, ääneneristävyyttä sekä kosteudenhallintaa.

Vertailut rajattiin käsittämään kunkin laattarakenteen osalta laattatyyppiä, joka on yleisesti käytössä Suomessa. Esimerkkikohteena käytettiin kuvitteellisen asuinkerrostalon välipohjarakennetta. Vertailun tuloksia voidaan hyödyntää myös muihin rakennuksiin ja rakenteisiin.

Lisäksi työssä selvitettiin kuorilaattojen suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita sekä työmaatoimintoja. Suunnittelun osalta käydään läpi SFS-EN 13747 + A2 - tuotestandardin asettamia keskeisimpiä vaatimuksia. Mitoitusosiossa esitetään kuorilaattojen esivalintataulukko ja annetaan esimerkkipaksuuksia käyttökohteittain. Työmaatoimintojen osalta työssä tarkastellaan kuorilaattojen asennuskäytännön tuennan, betonitekniikan sekä työturvallisuuden menetelmiä. Niiden osalta työn on tarkoitus toimia työmaaohjeena asennusvaiheessa. Suunnitteluun, mitoitukseen ja työturvallisuuteen liittyvät tarkastelut koskevat vain YBT Oy:n valmistamia kuorilaattoja.

## 2 KUORILAATTOJEN KÄYTTÖ

### 2.1 Yleistä kuorilaatoista

Kuorilaatat voivat olla joko esijännitettyjä tai jännittämättömiä umpilaattaelementtejä, joita käyttäen voidaan valmistaa liittolaattoja kun elementtien kanssa yhteen valettu betoni toimii laattarakenteen puristusosana. Esijännitysmenettelyssä jänteet jännitetään muotissa ennen betonivalua ja ankkuroidaan alustan päissä oleviin kiinnityslaitteisiin. Betonin saavuttaessa suunnittelijan määrittämän lujuusarvon jännepunokset katkaistaan irti kiinnityslaitteista. Tällöin betonin ja teräksen välinen tartunta siirtää jännevoimat koko rakenneosan mitalla puristamaan betonia. Tartunnan parantamiseksi käytetään kuviopintaisia punoksia. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 260; Suomen Betoniyhdistys 2004, 549.)

Kuorilaattojen valmistuksessa käytettävän betonin lujuusluokan on oltava raudoitettujen kuorilaattojen osalta vähintään C25/30 ja esijännitettyjen kuorilaattojen osalta vähintään C30/37. Lisäksi toimitushetkellä betonin lieriölujuuden on oltava vähintään 15 MPa raudoitetuille kuorilaatoille ja vähintään 20 MPa esijännitetuille kuorilaatoille. Valmis kuorilaattaelementti toimii sekä paikallavalun muottina, että paikallavalun kovettuttua liittorakenteen osana, korvaten työmaalla tehtävän raudoituksen joko osittain tai kokonaan. Samalla se antaa tehdasvalmiin, sileän ja tasaisen alapinnan. (SFS-EN 13747 +A2 2010, 15; Lydman 1998, 17.)

Kuorilaattojen toimintaperiaate on sama kuin betoni-teräs-liittolaatoilla vaikka niitä ei varsinaisiksi liittorakenteiksi lasketakaan. Betoni-teräs-liittolaattojen tavoin kuorilaattarakenteissa elementin ja paikallavalun välinen liitos perustuu osien väliseen tartuntaan; laattaelementin ja paikallavalun välisen liitoksen toiminnan varmistavat betonipinnan karhennukset sekä elementissä olevat teräsenkit eli ansaat, jotka toimivat leikkausliitoksen leikkausvaaroina. Kuorilaattojen toiminnallinen ero betoni-teräs-liittolaattoihin syntyy siitä, että kuorilaattarakenteessa elementti ja sen kanssa yhteen valettu pintalaatta muodostavat liittorakenteen, jolla on suurempi taivutusjäykkyys kuin pelkällä laattaelementillä



vasta, kun pintavalu on kovettunut. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 13.)

YBT Oy valmistaa pääasiassa ansaallisia jännitettyjä kuorilaattoja, joiden vakioleveys on 2400 mm. Tarvittaessa yritys valmistaa myös kapeampia laattoja. Kuorilaattaelementtien paksuudet ovat 80-180 mm ja paikallavalun paksuudet ovat 100 mm:sta ylöspäin. Valmiiden laattojen pisimmät jännevälit ovat noin 10 metriä.

## 2.2 Käyttökohteet

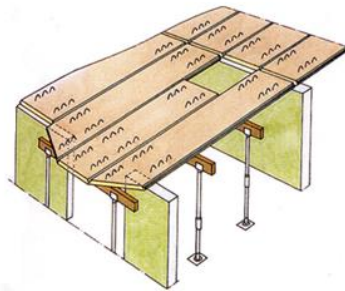
### 2.2.1 Asuin- ja liikerakennukset

Asuin- ja liikerakennusten ala-, väli- ja yläpohjien betonilattiarakenteet voidaan toteuttaa kuorilaattarakenteisina. Alapohjiin kuorilaatta soveltuu, kun rakenne toteutetaan kantavana ja siihen lisätään lämmöneristys. Suunniteltaessa kuorilaatasto tuillaan jatkuvana laatastolla saavutetaan massiivisen teräsbetonilaatan kaltaiset palonkesto- ja ääneneristysominaisuudet. Lisäksi kuorilaattarakenteen jälkivalu mahdollistaa joustavat LVIS-asennukset, kun installaatiot voidaan asentaa helposti ja tarkasti haluttuun kohtaan, kuten porrashuoneiden yhteyteen. (Lydman 1998, 21–24.)



Kuvio 1. Kuorilaatastolla voidaan toteuttaa monimuotoisia rakennuksia (YBT Oy 2016)

Kuorilaattarakenteinen rakennus taipuu helposti myös kaaren (kuvio 1) tai ympyrän muotoon ja laatastolla pystytään toteuttamaan muodoltaan hyvin vapaita rakennusten pohjamuotoja, koska rakennusten muoto ei ole sidottu käytettävän muotti- tai elementtijärjestelmän moduulimittoihin. Kun tiloilta halutaan enemmän joustavuutta ja muunneltavuutta kuin perinteisessä kantavat seinät - runkojärjestelmässä, kuorilaattarakenteiset rakennukset voidaan toteuttaa myös pilari-palkki- tai pilarilaattarakonkojärjestelmällä. Ulokkeiden sekä sisennysten toteuttaminen pilari- ja seinälinjoihin nähden on helppoa eikä laataston reuna- muodoille ole siten rajoituksia. Kuorilaatoilla voidaan toteuttaa myös erikoisrakenteita, jolloin pintavalu raudoitetaan erikoisraudoittein. Tällaisia erikoisrakenteita voivat olla muun muassa isot reiät (kuvio 2) tai ulokeparvekeliihtokset. (Lydman 1998, 24–28; Betoniteollisuus ry 2010d.)



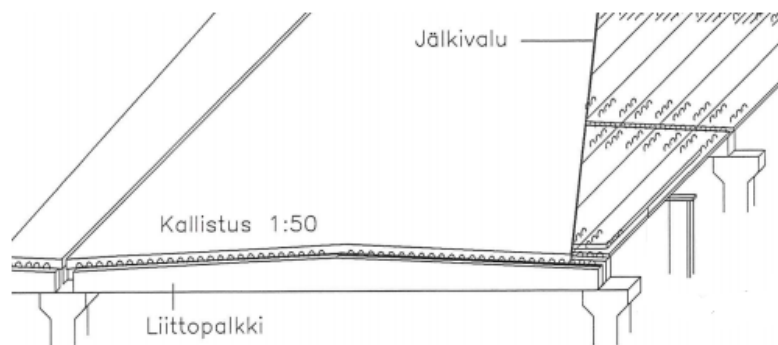
Kuvio 2. Kuorilaatasto on joustava rakenne (Lydman 1998, 23)

### 2.2.2 Pysäköintilaitokset

Pysäköintitiloille ominaiset vaatimukset tilojen avaruuden, tasojen vedentiivyyden sekä ympäristöolosuhteiden kestävyys suhteen saavutetaan käyttämällä runkoratkaisuna liittorakenteita. Kuorilaattojen ja liittopalkkien avulla pysäköintitasoista saadaan kaksinkertaisia liittorakenteita (kuvio 3), kun palkit toimivat pintavalun kanssa liittorakenteena palkkien suunnassa ja kuorilaatat pintavalun kanssa toisessa suunnassa. (Lydman 1998, 31; Betoniteollisuus ry 2010c.)

Palkit ovat vapaasti tuettuja yksiaukkoisia liittopalkkeja ja laatat sitä vastoin useampiaukkoisia jatkuvia yhteen suuntaan raudoitettuja laatastoja. Liittopalkkien avulla järjestelmällä on mahdollista saavuttaa pitkät jännevälit, jolloin pilarit

eivät ole paikoituksien esteenä. Kuorilaattarakenteisessa pysäköintilaitoksessa parkkitasojen erillinen vesieristys voidaan jättää pois, kun suunnittelussa ja toteutuksessa varmistetaan rakenteen säilyvyys betonirakenteiden säilyvyysohjeiden mukaisesti. Rakenteen vesitiiviyys varmistuu kun laatasto suunnitellaan puristettuna kaikissa normaaleissa kuormitustapauksissa. (Betoniteollisuus ry 2010c.)



Kuvio 3. Tyypillinen kuorilaattarakenteinen pysäköintilaitos (Suomen Betoniyhdistys ry 1992)

### 2.2.3 Teollisuusrakennukset

Teollisuus- ja varastorakennuksien runkoratkaisuna käytetään yleensä pilari-palkkijärjestelmää, jolla voidaan toteuttaa samaan aikaan sekä joustavat ja avarat tilat että suuria kuormia kestävät rakenteet. Suunnittelussa pitää huomioida mahdollisuus varautua muutoksiin, koska lähtökohtana voi olla se, että rakennusten tulevaa toimintaa ei tiedetä etukäteen tai siitä tiedetään sen verran, että tuotantotoimintaa voidaan joutua muuttamaan ajan kuluessa.

Avarat tilat saadaan toteutettua hyödyntämällä palkkien jännevälejä, joten itse laattarakenteelta ei välttämättä vaadita suuria jännevälejä. Palkkeina voidaan käyttää jännitettyjä palkkeja tai teräsbetonipalkkeja halutusta jännevälisestä ja kuormituksista riippuen. Pitkillä jänneväleillä käytetään jännitettyjä I- tai HI-palkkeja. Kuorilaatastoilla on mahdollista toteuttaa suuria hyöty- ja pistekuormia vaativia laattarakenteita. Laatat voidaan helposti suunnitella esimerkiksi 20

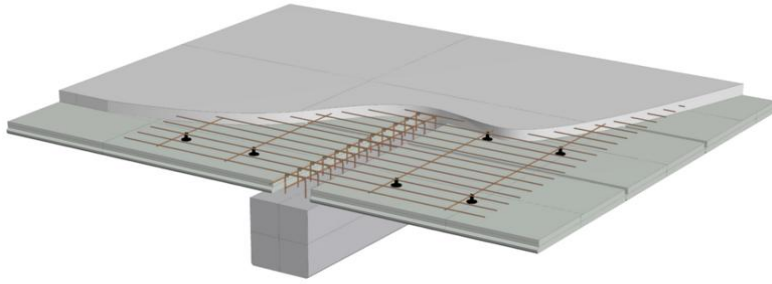
kN/m<sup>2</sup> kuormituksille. Massiivisena betonilaattarakenteena kuorilaatastolla on myös helppo toteuttaa palonkestoluokat REI60–REI120. (Lydman 1998, 31.)

Lisäksi kuorilaattarakenteella on mahdollista päästä työnaikaisesta tuennasta käyttämällä jäykempiä laattamalleja. Tukemattomuus on tarpeen erityisesti korkeilla tuentakorkeuksilla, jolloin tuentajärjestelmien pystyttämiset tulevat kalliiksi. Joissakin tilanteissa tuennan järjestäminen on lähes mahdotonta, kuten silloin kun valettavan laataston alapuoliset rakennustyöt vaativat täysin vapaata työskentelyaluetta. (Lydman 1998, 31.)

### 2.3 Suunnitteluperiaatteet

Kuorilaattojen suunnittelu toteutetaan standardin EN 1992-1-1 mukaan, mutta kuorilaattojen harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 13747 + A2 asettaa kuorilaatoille lisävaatimuksia. SFS-EN 13747 + A2 -standardin velvoittavassa osassa on detaljisuunnittelusääntöjä koskien kuorilaattojen raudoitusten ja ansaiden suunnittelua sekä valmistuksen minimimittoja ja toleransseja. Betonivalmisteiden perustandardi on puolestaan EN 13369. Se määrittää säännöt, jotka ovat yhteisiä kaikille tavanomaisille betonivalmisteille. Harmonisoidut tuotestandardit viittaavat EN 13369 -standardiin ja sisältävät tuotekohtaiset täydentävät säännöt. EN 13369 puolestaan viittaa eurokoodeihin ja betonistandardiin EN 206-1. (Betoniteollisuus ry 2010g.)

Jännitetyt kuorilaatat voidaan suunnitella joko yksiaukkoisena, jatkuvana laattana (kuvio 4) tai ulokelaattana toimiviksi. Kenttämomentin vaatima raudoitus sisältyy aina kuorilaattaelementtiin. Joissakin tilanteissa, kuormituksista riippuen, elementin pituussuuntainen jännitetty raudoitus voi riittää koko liittolaatan kenttäraudoitukseksi. Tarvittaessa laattaelementtiin lisätään poikittainen kenttäraudoitus. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 260; Lydman 1998, 79.)



Kuvio 4. Jatkuva kuorilaatasto (Betoniteollisuus ry 2010d)

Kuorilaatta suunnitellaan käyttörajatilassa alapinnastaan halkeilemattomaksi. Käyttörajatilan jännitykset saadaan laskemalla yhteen eri kuormitusvaiheista syntyvät jännitykset sekä ottamalla huomioon elementin ja paikallavalun kutistuma- ja virumaeroista syntyvät jännitykset. Murtorajatilassa rakenne on plastisoitunut siinä määrin, että kutistuma- ja virumaerosta aiheutuvat jännitykset häviävät eikä niitä tarvitse ottaa enää huomioon. (Liittorakenteet 1995, 8–9.)

Kuorilaatan taivutuskestävyys voidaan arvioida samalla tavalla kuin vetoraudoitetun teräsbetonipoikkileikkauksen, edellyttäen, että elementin ja paikallavalun betonien erisuuret lujuudet otetaan huomioon. Leikkauskestävyys riippuu betoniosien välisen leikkausliitoksen kestävydestä. Liitoksen tarkastelut paikallavalubetonin ja kuorilaatan välillä suoritetaan kimmoteorian mukaista leikkausvuota käyttäen. (Liittorakenteet 1995, 10; Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 260).

Kuorilaattaelementit sisältävät siis valmiin kenttäraudoituksen. Työmaan tehtäväksi jää siten vain tarvittavien ankkurointi-, jako-, rengas- ja tukiraidoitusien asentaminen pintavaluun. Tarvittavat raudoitukset riippuvat laattarakenteen käyttötarkoituksesta. Yksiaukkoisena rakenteena suunniteltaessa tuille järjestetään halkeilua rajoittava yläpinnan raudoitus. Jatkovana rakenteena suunniteltaessa tuille järjestetään massiivisempi tukiraudoitus. Laataston toimiessa runkoa jäykistävänä levyrakenteena laataston ympärille lähelle ulkoreunaa sijoitetaan rengasraudoitus stabiliteetin varmistamiseksi. Kantosuuntaan nähden poikittaista eli jakoraidoitusta tarvitaan piste- ja viivakuormien sekä suurten reikien

pielien kohdalle. Jakoraidoitusta tarvitaan myös estämään paikallavalun kutistumisen vaikutuksia, erityisesti silloin kun paikallavalun paksuudet ovat suuria ja/tai laattaelementit tukeutuvat palkeille. (Lydman 1998, 79; Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 260–261.)

Kuorilaataston paikallavalun paksuutta määriteltäessä on otettava huomioon elementtien jännevoiman aiheuttama käyristymä. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 261.) Käyristymän seurauksena elementtien reuna-alueiden korko voi olla elementtien keskikohdan vastaavaa huomattavasti korkeammalla.

### 3 KUORILAATTOJEN SUUNNITTELU

#### 3.1 Standardin SFS-EN 13747 +A2 mukaiset erityisvaatimukset

##### 3.1.1 Jänneteräkset

Jänneterästen sijoittelulla on merkitystä rakenteen toiminnan kannalta. Standardissa SFS-EN 13747 +A2 on erityisvaatimuksia, joiden mukaan esijännitetyt jänneteräkset on sijoitettava poikkileikkaukseen. Esijännitetyt jänneteräkset tulisi sijoittaa kuorilaatan paksuudesta riippuen yhdeksi tai useammaksi kerrokseksi (SFS-EN 13747 +A2 2010, 22). Jänneterästen sijoittelun tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- a) jänneterästen lukumäärä saa olla enintään 30 kerrosta ja metriä kohden
- b) jänneterästen tulee jakautua tasaisesti jokaiseen kerrokseen
- c) jokaisessa kuorilaatassa tulee olla vähintään kaksi jänneterästä
- d) yksittäisten jänneterästen vapaan välin  $l_f$  tulee täyttää seuraavat kaksi ehtoa

(kuvio 5)

- suurin vapaa väli = 300 mm
- pienin vapaa väli = 5 , jos  $\emptyset \leq 7,0$  mm tai 7  $\emptyset$ , jos  $\emptyset > 7,0$  mm

Jänneteräsryhmien jänneterästen välisen vapaan välin tulee olla vähintään:

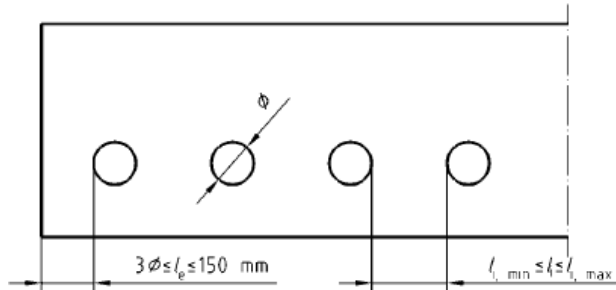
- vaakasuunnassa suurin seuraavista:  $(d_g + 5$  mm), 20 mm tai  $\emptyset$
- pystysuunnassa suurin seuraavista:  $d_g$  , 10 mm tai  $\emptyset$

- e) uloimman jänneteräksen reunan ja kuorilaatan lähimmän pituussuuntaisen

reunan välisen etäisyyden  $l_e$  tulee olla vähintään 3  $\emptyset$  ja enintään 150 mm

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

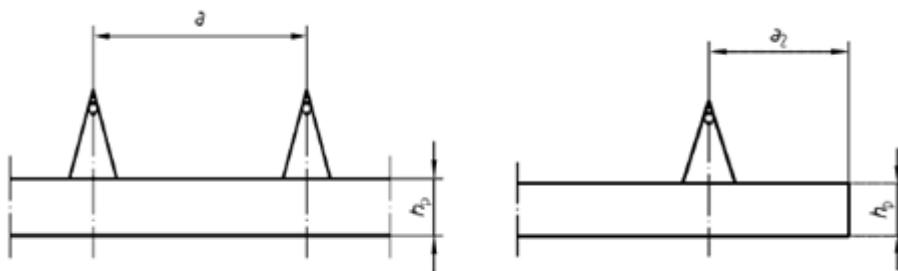
(SFS-EN 13747 +A2 2010, 22.)



Kuvio 5. Jänneterästen sijoittaminen kuorilaattoihin (SFS-EN 13747 +A2 2010, 22)

### 3.1.2 Ansaat

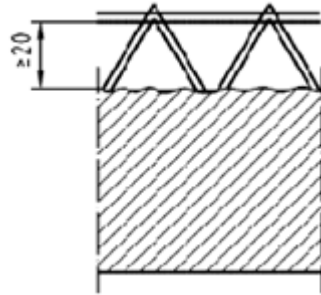
Kuorilaattojen tuotestandardi EN 13747 + A2 asettaa erityisvaatimuksia myös kuorilaatan ja paikallavalun välisen ansasraudoituksen sijoittelulle. Ansaiden akseleiden välisen nimellisetäisyyden tulee olla pienempi seuraavista arvoista:  $a \leq 835$  tai  $(15 h_p + 125)$  mm. Nimellisetäisyys on esitetty kuviossa 6. (SFS-EN 13747 +A2 2010, 20–21.)



Kuvio 6. Ansaiden vaaditut nimellisetäisyydet (SFS-EN 13747 +A2 2010, 20–21)

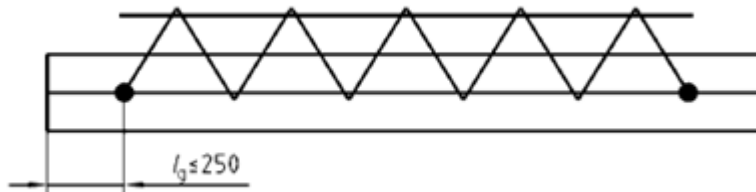
Lisäksi uloimman ansaan keskilinjan ja kuorilaatan lähimmän reunan välisen nimellisetäisyyden tulee pienempi arvoista:  $a_2 \leq 0,5 [835 \text{ tai } (15 h_p + 125)]$  mm. (SFS-EN 13747 +A2 2010, 18.)





Kuvio 7. Ansaisten minimiupotussyvyys (SFS-EN 13747 +A2 2010, 19)

Kuorilaatan yläpinnan ja lenkkien tai hakojen alapinnan vapaan välin tulee olla vähintään 35 mm. Jos lenkkien tai hakojen yläpintaan on hitsattu pitkittäisteräs, minimietäisyytenä voidaan käyttää 20 mm (kuvio 7). Ansaan alemman teräksen todellisen upotussyvyyden kuorilaattaan tulee olla vähintään 10 mm. (SFS-EN 13747 +A2 2010, 19–21.)



Kuvio 8. Ansaisten sijoittaminen pituussuunnassa (SFS-EN 13747 +A2 2010, 22)

Pituussuunnassa tarkasteltuna ansaan ensimmäisen diagonaalien alemman liitoksen ja kuorilaatan lähimmän reunan välinen nimellisetäisyys  $l_g$  saa olla enintään 250 mm kuvion 8 mukaisesti (SFS-EN 13747 +A2 2010, 22).

### 3.2 Valunaikaisen tuennan suunnittelu

Kuorilaattarakenne voidaan suunnitella joko valunaikaisesti tuettuna tai tukemattomana. Tuennan tarve tulee esille erityisesti pidemmällä jänneväleillä, kun elementtiin ennen paikallavalun kovettumista vaikuttava kuorma on suuri verrattuna kokonaiskuormaan. Tällöin asennus- ja paikallavaluvaihe saattaa olla kuorilaattarakenteen kannalta mitoittavin kuormitustilanne, koska elementille tuleva kuorma on valtaosa kyseisen osan sallitusta kuormasta.

Tilannetta voidaan parantaa tukemalla rakenne väliaikaisesti asennus- ja valuvaiheen ajaksi, kun elementti toimii tässä vaiheessa jatkuvana rakenteena. Kun väliaikaiset tuet poistetaan, vaikuttavat niiden tukireaktiot liittorakenteeseen piste-kuormina. Tuennan hyvinä puolina voidaan myös pitää mahdollisuutta esikorrota laatasto oman painon aiheuttaman taipuman verran ylöspäin, jolloin rakenteen kokonaistaipumat lopullisessa rakenteessa ovat pienempiä. Lisäksi tuenta varmistaa rakenteen tasaisen ja hammastuksettoman alapinnan. (Liittorakenteet 1995, 10; Lydman 1998, 79.)

Tarvittavien tukilinjojen määrä riippuu kuorilaattaelementin ja jälkivalun paksuudesta sekä rakenteen jännevälistä. Jotta jännitetyt elementit säilyvät halkeamattomina asennusaikaisten kuormien  $g_{as}$  (=omapaino + paikallavalu) vaikuttaessa, suurin momentti kuormasta  $g_{as}$  voi olla enintään kaavan (1) mukainen. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 262.)

$$M_{g.as.max} = r_t W_{cp} f_{ctm}(t_{as}) + P_{m0} \left( \frac{2}{3} h_p - e_p \right), \quad W_{cp} = \frac{bh_p^2}{6} \quad (1)$$

missä

$r_t < 1$  on betonin vetojännityssuhde =  $\sigma_{ct,max}/f_{ctm}(t_{as})$

$f_{ctm}(t_{as})$  on betonin keskivertolujuus asennuksen aikana

$P_{m0}$  on jännevoiman suuruus =  $A_p \sigma_{mp0}$

$A_p$  on jänneterästen poikkileikkausala leveydellä  $b$

$\sigma_{pm0}$  on jänneterästen jännitys asennusaikana

$e_p$  on jännevoiman vaikutuskohdan etäisyys laatan alapinnasta

$h_p$  on laattaelementin paksuus.

Joissakin tilanteissa laattoja kannattelevien palkkien työnaikainen tuenta voi olla riittävä ratkaisu. Tuennan määrän ja sijoituksen määrittelee aina laattojen valmistajan suunnittelija. (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 261.)

### 3.3 Kuorilaataston kokonaispaksuuden mitoitus

Kuorilaataston kokonaispaksuuden valintaan vaikuttavat laatan kuormituskapasiteetti, jänneväli, palonkesto aika, työnaikaisen tuennan tarve, viiva- ja piste-kuormat sekä suuret reiät. Muussa kuin asuinrakentamisessa, kokonaispaksuuden tärkeimmät valintakriteerit ovat yleensä laataston kuormituskapasiteetti sekä jänneväli. Joissakin tilanteissa myös työnaikainen tukemattomuus voi olla ratkaiseva kriteeri. Asuinrakennusten laataston kokonaispaksuuden mitoituksessa on tarkasteltava muitakin tekijöitä; muun muassa ääneneristävyyden sekä viemäriverojen ja lattiakaivojen vaikutukset on otettava huomioon. (Betoniteollisuus ry 2010d; Betoniteollisuus ry 2010b.)

Laatan poikkisuuntaan tulevien putkistojen yläpuolelle tulevan jälkivalun paksuuden on oltava laataston taivutuskapasiteetin turvaamiseksi vähintään 40 mm. Poikittaiseksi katsotaan putki, jonka suunta eroaa laatan pituussuunnasta enemmän kuin 30 astetta. Asuinrakennusten kuorilaattarakenteiset väli- ja yläpohjat toteutetaan yleensä työnaikaisesti tuettuina, koska sileän ja tasaisen alapinnan saamiseksi on käytettävä ohuempia ja taipuvampia laattaelementtimalleja. (Betoniteollisuus ry 2010d; Betoniteollisuus ry 2010f.)

Asuinrakennuksissa käytettävien elementtien paksuudet ovat yleensä 80, 100 tai 120 mm, rakenteen kuormituksista riippuen. Paikallavalun paksuudet vaihtelevat, mutta useimmiten laatastojen minimipaksuutena käytetään 260 mm:ä, jolloin huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset täyttyvät ja viemärintietäisyyksistä saadaan riittävät. Kelluvia lattioita käytettäessä välipohjan kokonaispaksuus voi olla jopa 300 mm. Liikerakennuksissa käytettävien kuorilaatta-

menttien paksuudet ovat yleensä 80–150 mm ja paikallavalujen paksuudet 100–200 mm. (Betoniteollisuus ry 2010f.)

Pysäköintilaitoksissa käytettävä kuorilaatasto voidaan tarvittaessa mitoittaa kestämään ilman työnaikaista tuentaa. Pysäköintilaitoksissa laatan alapinnan tasaisuudella ja hammastuksilla ei ole samanlaista merkitystä kuin asuinrakennuksissa, joten laattaelementin ei tarvitse olla niin taipuisa. Tyypillisessä kuorilaatatarkenteissa pysäköintilaitoksessa käytetään 120 tai 150 mm:n paksuisia kuorilaattaelementtejä. Paikallavalun paksuus mitoitetaan tilanteen mukaan, 100 mm:stä ylöspäin. (Betoniteollisuus ry 2010f.)

Teollisuusrakennuksissa käytetään yleensä muita rakennuksia paksumpia laattoja suurten kuormitus- ja palonkestävyysvaatimusten johdosta. Lisäksi suuret kerroskorkeudet rajoittavat usein työnaikaisten tukien käyttöä, joten teollisuusrakennusten laatastojen kokonaispaksuus voidaan pysäköintilaitosten tapaan valita tukemattomuuden perusteella. Laattaelementtien paksuudeksi valitaan yleensä 120, 150 tai 180 mm. Paikallavalun paksuus voi olla jopa yli 300 mm. Tarvittaessa paikallavalu voidaan tehdä useammassa valukerroksessa. (Betoniteollisuus ry 2010f.)

Kuorilaattojen valmistajilla on mitoitusapuneuvoja ja käyrästöjä, joiden avulla alustavat rakennepaksuudet voidaan helposti määrittellä. YBT Oy:llä on mitoitusapuneuvona taulukko, jonka avulla voidaan tarkastella kokonaispaksuuden ja maksimijänneväliden suhdetta kuormituksen ollessa vakio. Kuormituskapasiteetti on sitä suurempi, mitä paksumpi laataston kokonaispaksuus on. Taulukko 1 on suunniteltu YBT Oy:n valmistamien kuorilaattojen alustavien rakennepaksuuksien mitoittamiseen ja sitä ei saa käyttää muuhun tarkoitukseen. Jännevälillä ylittäessä maksimimitan laatta ei enää toimi suunnitellulla tavalla ja sen käyttö on kiellettyä. Lopullisen kohdekohtaisen rakennepaksuuden määrittää aina YBT Oy:n suunnittelija.

Taulukko 1. YBT Oy:n kuorilaattojen esivalintataulukko (YBT Oy 2016)

Elementin pak- suus (mm)	Paikallavalun paksuus (mm)	Kokonaispaksuus (mm)	Max. Jänneväli tuke- mattomana (mm)	Max. Jänneväli tuettuna (mm)
180	180	360	8200	9900
180	150	330	8300	9800
180	130	310	8500	9700
180	100	280	8800	9600
150	180	330	7400	9100
150	150	300	7600	9000
150	130	280	7700	9000
150	100	250	8000	8900
120	180	300	6200	8100
120	150	270	6400	8100
120	130	250	6500	8000
120	100	220	6800	7900

## 4 KUORILAATTOJEN TYÖMAATOIMINTOJEN MENETELMÄKUVAUS

### 4.1 Tukien asennus

Väliaikaisten tukien määrä ja sijoitukset määritellään momentin  $M_{g,as,max}$  perusteella (Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry 2012, 262). Toteutettaessa laatasto valunaikaisesti tuettuna sijoitetaan tukilinjoja yleensä 1–4 kpl vastaanottamaan pintavalun paino ennen valun kovettumista. Joissakin koh-teissa tukien sijoittaminen pelkästään laattoja kannattelevien palkkien alle voi olla riittävä tuentaratkaisu (kuvio 9). (Betoniteollisuus ry 2013.)

Asentajilla tulee työmaalla asennuksen alkaessa olla asennussuunnitelma ja laattojen sijoituskaavio, jossa tukilinjojen määrä ja sijainti sekä mahdollinen esi-korotus esitetään. Kuorilaattojen tukipinnan suunnittelupituus on väliaikaisesti tuettavilla laattaelementeillä 65 mm ja tukemattomilla laattaelementeillä 80 mm. Tukipinnan pienin asennuspituus valunaikaisesti tuetuilla elementeillä on 35 mm ja tukemattomilla elementeillä 50 mm. (Betoniteollisuus ry 2013.)



Kuvio 9. Palkkien valunaikainen tuenta (YBT Oy 2016)

Tukilinjat on asennettava paikoilleen ennen laattojen asennusta, jotta laatat saadaan kerralla oikeaan korkoonsa. Asennuksessa on huomioitava myös vierkkäisten tukemattomien laattojen taipumakäytös pintavalun johdosta. Maanvaraan tuettaessa maan kantavuus on varmistettava ennen tukien asennusta, etteivät tuet pääse painumaan valun aikana. Alemman holvin varaan tuettaessa on varmistettava, että holvin alla on riittävä taipumia estävä tuenta tai varmistetaan suunnittelijoilta, ettei holvin kantokyky ylitä eivätkä taipumat aiheuta tukien liiallista painumista. Reikien ja heikennysten kohdalla on käytettävä lisätukia aina, kun reiän leveys on 400 mm tai yli ja ne asennetaan laatan poikkisuuntaan vähintään reiän leveyden matkalle. Lisätukea ei saa kiristää niin tiukalle, että se nostaa kuormittamatonta kuorilaattaa. Lisätukia laatan alle voidaan tarvita myös tilanteissa, joissa pintavaluun joudutaan tekemään työsauma. (Betoniteollisuus ry 2013.)

Väliaikaisten tukien purkamisessa on noudatettava tuentasuunnitelmaa. Normaalisti tuennat saa poistaa, kun pintalaatan betoni on saavuttanut vähintään 60 % suunnittelulujuudesta. Betonin viruman estämiseksi on kuitenkin suositeltavaa käyttää kevennettyä tuentaa, kunnes jälkivalun lujuus on saavuttanut vähintään 70 % suunnittelulujuudesta. Mikäli laattaa kuormittavat seuraavan kerroksen väliaikaiset tuet, ei kaikkia tukia saa poistaa alemmista kerroksista, vaan sinne on jätettävä riittävän tiheä pistemäinen tuenta (Betoniteollisuus ry 2013.) YBT Oy:n valmistamien kuorilaattojen väliaikaisen tuennan määrän, sijoituksen ja purkulujuuden määrittelee aina yrityksen suunnittelija.

#### 4.2 Betonitekniikka

Kuorilaattojen pintavalua voidaan pitää kuorilaattojen asennusvaiheen kriittisimpänä työvaiheena, koska hyvin toteutetulla betonoinnilla säästetään sekä ajassa että kustannuksissa. Kuorilaataston pintalaatan betonointi suoritetaan normaalina paikallavalutyönä, joko pumppaamalla tai nostoastialla valamalla. Paikallavalun tartunnan varmistamiseksi kuorilaattojen pinta on ennen valua puhdistettava mekaanisesti paineilmalla, vedellä tai harjalla. Valun alkaessa kuorilaatan pinta saa olla kuiva tai kostea, mutta irtovettä laatan pinnalla ei saa olla. Tarvittaessa kuumalla tai kuivalla säällä kuorilaatan pintaa voidaan kosteuttaa

ennen valua, mikäli liian kuivan laatan imukyvyyn pelätään vaikeuttavan jälkivalun suoritusta. Kastelu pinnan puhdistamiseksi tai imukyvyyn rajoittamiseksi pitää kuitenkin lopettaa riittävän ajoissa, jotta pinta ehtii kuivua tarpeeksi ennen valua. (Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry 2012, 11–12; YBT Oy 2016.)

Pintalaatan betonoinnissa on kiinnitettävä huomiota betonimassan levittämiseen ja tiivistämiseen. Betoni on levitettävä mahdollisimman tasaisesti ja enintään laatan paksuisina kerroksina, koska kuorilaatta ja työnaikaiset tuet mitoitetaan normaalisti vain rakennepaksuuden mukaiselle betonimäärälle. Suuret betonikasat voivat aiheuttaa laattoihin epätasaisia taipumia sekä laattojen hammersusta ja pahimmassa tapauksessa laatan kantokyvyn ylittymisen. Tiivistäminen on tehtävä riittävän pitkään sauvatäryttimiä käyttäen, jotta pintavalun tarttumisen kuorilaattaan varmistuu. Tiivistäminen on tärkeää etenkin laataston reunalueilla, reikien ja aukkojen ympärillä sekä tiheästi sijoitettujen putkistojen tai raudoitusten kohdalla. Sileän alapinnan saamiseksi mahdolliset betonivalumat on poistettava tuoreeltaan, ennen niiden kovettumista. (Lydman 1998, 17; Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry 2012, 11–12.)

Betonilattiarakenteissa, kuten myös kuorilaattarakenteisissa välipohjissa on otettava huomioon riittävän kuivumisen varmistaminen ennen lattian päällystämistä. Ennen kuin lattia voidaan pinnoittaa, sen tulee kuivua päällystemateriaalikohtaiseen kosteusraja-arvon alapuolelle. Betonin kuivumista voidaan nopeuttaa käyttämällä nopeammin kuivuvia betonilaatuja, minimoimalla betonirakenteen kastuminen sekä luomalla rakenteen ympärille suotuisat kuivumisolosuhteet. (Merikallio 2002, 23, 37.)

Nopeammin päällystettävät betonilaadut (NP-betonit) kuivuvat päällystyskelpoiksi 2–3 kertaa nopeammin kuin tavanomaiset betonit – vastaavissa olosuhteissa. Niiden nopea kuivuminen perustuu normaalibetonia pienempään vesimenttisuhteeseen ( $v/s$ ) sekä massan huokoistamiseen, jota tarvitaan erityisesti kun betonilta vaaditaan alle 90 %:n suhteellisen kosteuspitoisuuden (RH) nopeaa saavuttamista. Kastumisen minimointi on tärkeää erityisesti käytettäessä tavallisia betonilaatuja, koska niissä haihtumiskuivuminen on suurempaa



kuin sitoutumiskuivuminen, ja tällöin niiden kyky imeä vettä on suurempi kuin alhaisen vesisementtisuhteen omaavilla betoneilla. Haihtumiskuivumisesta ei siis tapahdu niin kauan kuin betoni on huonoissa olosuhteissa, joten tavanomaisia betonilaatuja käytettäessä betoniin päässyt lisävesi hidastaa rakenteen kuivumisesta huomattavasti. (Merikallio 2002, 34–37.)

Betonirakenteen kuivumisolosuhteita voidaan parantaa lämmittämällä tai tuulettamalla rakennetta ympäröivää ilmaa, lämmittämällä betonia sekä tehostamalla kosteuden poistoa ilmakehällä. Kuorilaattarakenteelle parhaiten soveltuva menetelmä betonin suhteellisen kosteuden alentamiseksi on laataston lämmittäminen alapäin, jolloin betonin kosteus siirtyy ylöspäin. Kuivumisesta voidaan lisäksi tehostaa kuivattamalla laataston yläpuolista ilmatilaa. Kuorilaataston lämmitysmenetelmäksi parhaiten soveltuu infrapunasäteilylämmitys, jolloin laatan mahdolliset alapuoliset tuentarakenteet eivät estä lämmön siirtymistä laatas-  
toon. Betonin riittävän kuivumisen kannalta lämpötilan pitää olla vähintään +20 °C ja ilman suhteellisen kosteuden noin 50 % RH. Lämpötilan noustessa + 25–30 °C asteeseen betonin kuivuminen nopeutuu merkittävästi. (Lydman 1998, 41; Merikallio 2002, 35.)

Käytettäessä alhaisen vesisementtisuhteen betonilaatuja kuivumisolosuhteet eivät vaikuta kuivumisnopeuteen niin paljon kuin tavanomaisissa betoneissa (Merikallio 2002, 36). Joissakin tilanteissa betonirakenteen lämmittämisestä on kuitenkin hyötyä myös NP-betoneissa. Esimerkiksi talvella holvivalun alapuolinen lämmitys ja yläpinnan suojaus betonin sitoutumisen jälkeen nopeuttavat aina merkittävästi sekä betonin lujuudenkehitystä että betonin kuivumista, koska hyvissä olosuhteissa seosvettä kuluttava betonin hydrataatioreaktio pääsee nopeasti kehittymään. (Rudus 2016.)

Betonin jälkihoidolla on myös vaikutusta kuivumisolosuhteiden parantamiseen ja sitä kautta betonin kuivumisnopeuteen. Rakenteen kuivaamistoimenpiteet voidaan aloittaa vasta, kun riittävä jälkihoitoaika on kulunut. Kestääkseen kuivumisen aiheuttamat kutistumavoimat betonin on saavutettava riittävä lujuus. Vielä kuivumisnopeutta suurempi merkitys jälkihoidolla on betonipinnan laatuun, joka on tärkeä tekijä erityisesti betonilatioissa. Oikealla ja huolellisella jälkihoidolla

dolla voidaan vaikuttaa pinnan lujuuteen, kulutuskestävyyteen, tiiviyyteen ja pölyävyyteen, alustaan tarttuvuuteen, päällystettävyyteen ja halkeiluriskiin. (Betoniteollisuus ry 2016 a.)

Jälkihoidon tarkoituksena on estää betonipinnan liian varhainen kuivuminen. Betonilattioiden jälkihoito voidaan ajallisesti jakaa kahteen vaiheeseen: varhaisjälkihoitoon, joka tehdään heti pinnan oikaisun jälkeen, sekä varsinaiseen jälkihoitoon, joka tehdään pinnan hiertämisen jälkeen. Jälkihoidolla ei voida pienentää betonin kuivumiskutistumista, mutta samalla kun jälkihoito lopetetaan, kuivumiskutistuminen käynnistyy. Yleinen tuoreessa betonissa esiintyvä plastinen kutistuma estetään tehokkaalla jälkihoidolla siten, ettei betonista pääse poistumaan kosteutta liikaa. Plastisen kutistumahalkeilun riski korostuu pienen vesimenttisuhteen omaavissa betoneissa. (Betoniteollisuus ry 2016 b.)

Varhaisjälkihoito tehdään joko levittämällä muovi tasatun massan päälle tai sumuttamalla varhaisjälkihoitoaine massan pinnalle. Varsinaiseen jälkihoitoon käytetään veden haihtumista estävää varsinaista jälkihoitoainetta. Jälkihoitoaineen sijasta voidaan käyttää myös muovikalvoa. Muovikalvon alla olevan betonin tulee olla tässä vaiheessa kosteaa, jotta betonin kuivuminen ei etene liian nopeasti. Jos muovin alapinta ei helmeile vedestä, on betonin pintaa syytä kastella lievästi ja peittää uudelleen. Jälkihoitoa tulee jatkaa vähintään kolme vuorokautta, yleensä 3–14. (Rudus 2016.)

### 4.3 Toleranssit ja mittaukset

#### 4.3.1 Valmistustoleranssit

CE-merkinnän täyttäminen vaatii tuotteilta toleranssirajoissa pysymistä. Toleransseilla varmistetaan, että laatta toimii oikein niin kantavuuden kuin palotilanteidenkin osalta. Valmistustoleranssien varmistaminen on elementtien valmistajan vastuulla ja ne tarkistetaan valmistuksen yhteydessä. Mitattavia kohteita ovat elementin pituus, paksuus, leveys, sivukäyryys, kulmapoikkeama, teräsosat sekä reiät ja varaukset.

Esijännitettyjen kuorilaattojen valmistukseen suositellaan käytettäväksi Betonikeskus Ry:n julkaisun Betonielementtien toleranssit 2011 mukaisia valmistusto-

leransseja, jotka on esitetty taulukossa 2. (Betonikeskus Ry 2011.) Betonielementtien toleranssit 2011 täyttävät kaikilta osin kuorilaattojen tuotestandardin SFS-EN 13747 + A2 mukaiset minimivaatimukset.

Taulukko 2. Kuorilaattojen valmistustoleranssit (Betonikeskus ry 2011)

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]
Pituus (L)	±20
Paksuus (h) <sup>1)</sup>	+10; -5
Leveys (b)	
– kokonainen laatta	-5; +0
– kavennettu laatta	±20
Sivukäyryys (a)	±L/1000, enintään ±10
Pään kulmapoikkeama (p)	±10
Teräsosat (t) (tehtaalla asennetut)	±20
Reiät ja varaukset (t)	
– pituussuunta	±30
– poikkisuunta	±20

<sup>1)</sup> Ei koske ansaita.

<sup>2)</sup> Mitataan pinnan päätasoon.

#### 4.3.2 Rakentamistoleranssit

Rakentamistoleranssien avulla voidaan varmistaa rakenteiden toiminta sekä työturvallisuus työmaalla. Asennuksen aikana on tarkistettava betonielementtien oikea sijainti, tuentojen oikeat mitat, saumojen kunto ja rakenne kokonaisuutena. Esijännitettyjen kuorilaattojen asennuksessa suositellaan käytettäväksi Betonikeskus ry:n julkaisun Betonielementtien toleranssit 2011 mukaisia rakentamistoleransseja (taulukko 3). Rakentamistoleranssit mitataan tarvittaessa tai niiden mittaamisesta voidaan sopia erikseen. (Betonikeskus ry 2011.) Asentamista koskevat vaatimukset esitetään aina asennussuunnitelmassa (Betoniteollisuus ry 2010).

Taulukko 3. Kuorilaattojen rakentamistoleranssit (Betonikeskus ry 2011)

<b>Rakentamistoleranssit [mm]</b>	
Mittauksen kohde	
Sivusijainti	±20
Sauman leveys	+15; -5
Sauman hammastus alapinnassa	
– tuella	5
– keskellä	8
Korkeusasema tuella	±15

Laattojen asennuksessa on huomioitava olosuhteiden vaikutus rakentamistoleransseihin. Normaalisti mittaukset tehdään +20 °C:n lämpötilassa. Mikäli mittaukset suoritetaan poikkeavassa lämpötilassa, on mittaustuloksiin tehtävä tarvittavat korjaukset, jotta rakentamistoleranssit eivät ylitä väärin mittaustuloksien johdosta. Korjaustaulukko on esitetty taulukossa 4. (Betonikeskus ry 2011.)

Taulukko 4. Rakentamistoleranssien korjaustaulukko (Betonikeskus ry 2011)

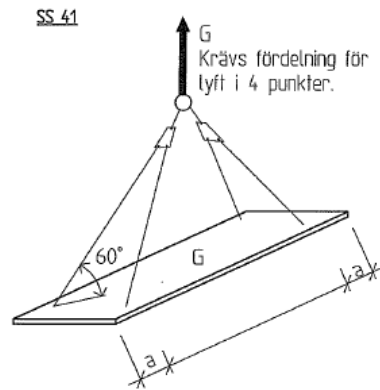
Lämpötila °C	Mittauspituus [m]			
	5	10	15	20
+30	-0,5	-1	-1,5	-2
+20	—	—	—	—
+10	+0,5	+1	+1,5	+2
0	+1	+2	+3	+4
-10	+1,5	+3	+4,5	+6
-20	+2	+4	+6	+8

#### 4.4 Työturvallisuus

Yksi kuorilaattarakentamisen eduista ovat sen turvalliset työmenetelmät. Suurimmat turvallisuusriskit liittyvät putoamisvaaroihin ja nostotöihin. Talvella rakennettaessa on huomioitava lisäksi liukkauden tuomat riskitekijät. Putoamisvaaran vuoksi korkealla tehtävässä asennustyössä tarvitaan alkuvaiheessa turvalajaat henkilökohtaisten suojavaarusteiden lisäksi. Kun laatat on asennettu ja turvakaitteet pystytetty, voidaan holvilla kulkea turvallisesti ilman rajoitteita. YBT Oy:n valmistamiin kuorilaattoihin voidaan asentaa kaidekiinnikkeet valmiiksi tehtaalla ja työmaalla kaitteet voidaan kiinnittää laattaelementtiin valmiiksi maassa ennen laattojen nostoa, jolloin holvin kaitteet tulevat asennetuksi paikoilleen sekä turvallisesti että nopeasti asennustyön edetessä. (YBT Oy 2016.)

Elementtien nostotyötä suunniteltaessa on varmistettava nostokaluston turvallisuus. Työmaan nostolaitteissa ja -apuvälineissä on oltava turvallisen käytön kannalta tarpeelliset merkinnät kuten esimerkiksi suurin sallittu kuorma. Elementtien siirroissa, nostossa ja varastoinnissa on noudatettava valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita. (Betoniteollisuus ry 2010a.)

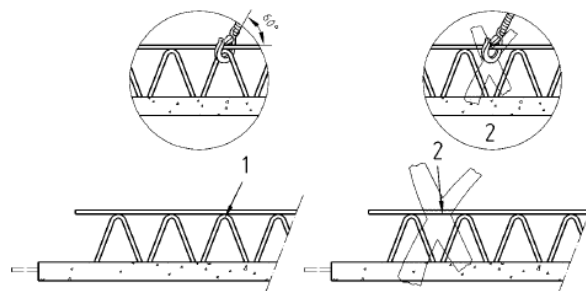
YBT Oy:n valmistamien kuorilaattaelementtien nostot suoritetaan elementtien ansaista, jotka toimivat leikkausraudoituksen lisäksi myös nostolenkkeinä. Laattojen käsittely ansaiden avulla on turvallista ja helppoa, koska niitä käyttäen erillisiä nostosaksia tai -palkkeja ei tarvita. Kuorilaattojen nostotyö toteutetaan nelipistenostona niin, että kunkin pisteen nostokohta on 200-1200 mm:ä laatan päästä mitattuna, laattatyypistä riippuen. Perusajatuksena on, että rasitus jakautuu kaikille nostolenkeille mahdollisimman tasaisesti. Nostoketjun haarakulma saa olla enintään 60° kuvion 10 mukaisesti. (YBT Oy 2016.)



Kuvio 10. Nostoketjun haarakulma saa olla enintään 60° (YBT Oy 2016)

Kuorilaattojen nostotyössä on huomioitava, että laattojen nostot suoritetaan aina ansaan toisesta ehjästä lenkistä, viimeisimmästä lenkistä nostaminen on kiellettyä. Nostokohta merkitään aina ansaaseen maalilla YBT Oy:n tehtaalla. Mikäli ansasta ei ole merkitty, laattaa ei saa käsitellä ansaiden avulla. Yli 5,75 tonnia painavien laattojen nostaminen ansaista ei ole sallittua vaan kyseisissä laatoissa on erilliset nostoelimet. Epäselvissä tilanteissa työmaan on aina varmistettava nostopisteiden määrä ja sijainnit YBT Oy:n suunnittelijalta. (YBT Oy 2016.)

Alle 5,75 tonnia painavien laattaelementtien nostaminen ansaista on turvallista kun nostoketju on kiinnitetty ansaaseen vähintään kolmesta solmupisteestä (kuvio 11). Pelkästään pitkittäisteräksestä nostaminen on kiellettyä. (SFS-EN 13747 +A2 2010, 25.)



Kuvio 11. Vasemmalla sallittu nostotekniikka, oikealla kielletty (SFS-EN 13747 +A2 2010, 25)

## 5 LAATTARAKENTEIDEN OMINAISUUKSIEN VERTAILU

### 5.1 Lähtötiedot

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kolmen eri betonirakenteisen laattarakenteen soveltuvuutta asuinkerrostalon välipohjarakenteeksi. Vertailtavia laattarakenteita ovat kuorilaatta-, ontelolaatta- sekä massiivinen teräsbetonilaattarakenne. Asuinkerrostalo on tavanomainen 4-kerroksinen kerrostalo, jonka yhden kerroksen pinta-ala on 350 m<sup>2</sup>. Vertailuun valitaan kunkin laattarakenteen osalta rakenneratkaisu, joka täyttää asuinrakennusten palonkesto- ja ääneneristävyysvaatimukset ja on yleisesti käytössä asuinkerrostalojen välipohjarakenteena Suomessa.

Ontelolaatat ovat kuorilaattojen tavoin esijännitetyjä laattaelementtejä. Ontelolaattojen erikoisuus on se, että laattoja on kevennetty laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla, joiden korkeus, määrä ja muoto vaihtelevat laatan korkeuden mukaan. Ontelolaattojen valmistuspaksuudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500 mm ja vakioleveys 1200 mm. Ontelolaattarakenteen suurin etu on sen pitkät jännevälit. Ontelolaattoja käyttämällä on mahdollista päästä aina 20 metrin jänneväleihin asti.

Massiivisella teräsbetonilaattarakenteella tarkoitetaan paikallavalettua välipohjarakennetta, jossa työnsuoritus sisältää muotti-, rauditus ja betonityön paikanpäällä rakennustyömaalla. Paikallavaletun välipohjan etuja ovat rakenteen joustavuus sekä saumattomuus.

### 5.2 Rakennepaksuus

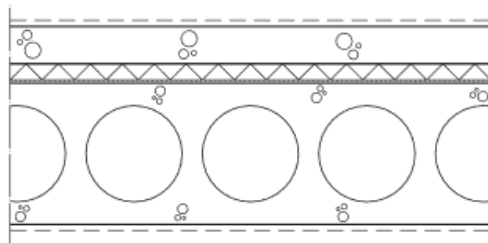
Asuinrakennusten välipohjien laattapaksuudet määräytyvät useimmiten ääneneristävyden sekä viemäriputkistojen vaatiman tilan perusteella. Välipohjien rakenneratkaisu voi perustua pintalaatan tai kelluvan laatan käyttöön, jolloin kantavan laatan ei tarvitse olla niin paksu kuin yksistään käytettynä täyttääkseen huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset.

Ääneneristysvaatimusten johdosta ontelolaattavälipohjien rakenneratkaisuna Suomessa käytetäänkin usein kelluvaa laattaa ja se valittiin myös tämän vertai-

lun ontelolaattavälipohjan rakenneratkaisuksi. Mikäli ontelolaattavälipohja halutaan toteuttaa ilman pintalaattaa, ontelolaattaelementin paksuuden on oltava vähintään 370 mm täyttääkseen ääneneristysvaatimukset. Kyseisessä rakenneratkaisussa elementin päälle on lisäksi laitettava lattiatasoite.

Vertailun ontelolaattatyypiksi valittiin O27, jota käytetään yleisesti Suomessa asuinkerrostalojen väli- ja yläpohjissa. Laattatyypin paksuus on 265 mm ja leveys 1200 mm. Välipohjissa O27 voidaan käyttää silloin, kun yläpuolelle asennetaan askelääneneristys ja pintabetonilaatta, jonka massa on vähintään 190 kg/m<sup>2</sup> eli käytännössä pintalaatan vähimmäispaksuuden on oltava 80 mm. (Betonteollisuus ry 2010e.) Tämä valittiin myös vertailun ontelolaattavälipohjan pintabetonipaksuudeksi. Kyseisessä ratkaisussa ontelolaattarakenteen lattiapinta on vapaasti valittavissa. Ontelolaattavälipohjan rakennetyyppi (kuvio 12) ylhäältä alas kuvattuna:

- lattiapinta vapaasti valittavissa
- 80 mm teräsbetonilaatta
- 30 mm askeläänieristys
- 265 mm ontelolaatta O27
- kattopinta ja pintakäsittely huoneselityksen mukaan.



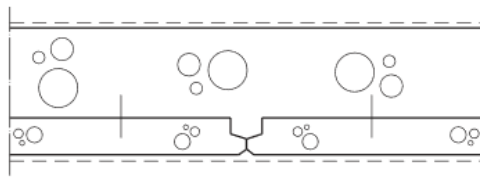
Kuvio 12. Ontelolaattarakenteinen välipohja kelluvalla lattialla (RT 83-10902 2007, 6)



Kuorilaatta- ja massiivilaattarakenteet täyttävät Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan C1 ääneneristävyysvaatimukset, kun laataston paksuus on vähintään 240 mm. Viemäröntietäisyyksien johdosta asuinrakennusten välipohjissa on kuitenkin käytettävä paksumpaa laattarakennettä. Kelluvana välipohjana toteutettaessa kuori- tai massiivilaataston paksuutena voidaan käyttää 240 mm. Kuori- ja massiivilaatoissa kelluvia lattiarakenteita käytetään lähinnä silloin, kun huoneistoon asennetaan lattialämmitys tai kun lattiapinnoitteen halutaan olla vapaasti valittavissa.

Vertailun kuorilaattatyypiksi valittiin kokonaispaksuudeltaan 270 mm oleva laattarakenne, jossa elementin paksuus on 100 mm ja pintavalun paksuus 170 mm. YBT:n valmistamien kuorilaattaelementtien vakioleveys on 2400 mm. Kuorilaattavälipohjan rakennetyyppi (kuvio 13) ylhäältä alas kuvattuna:

- lattiapinta muovimatto/ parketti + alusmateriaali (Tuplex)
- 170 mm teräsbetonilaatta
- 100 mm esijännitetty kuorilaatta
- kattopinta ja pintakäsittely huoneselityksen mukaan.

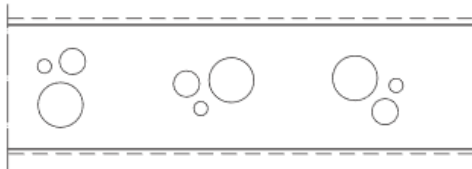


Kuvio 13. Kuorilaattarakenteinen välipohja (RT 83-10902 2007, 8)

Massiivilaatan osalta vertailuun valittiin 260 mm paksu laatta. Sekä 270 mm:n kuorilaattarakenteisen että 260 mm:n massiivilaattarakenteisen välipohjan lattian pintamateriaalina voidaan käyttää parkettia tai muovimattoa, kun materiaalin alle asennetaan joustava alusmateriaali. Massiivilaattavälipohjan rakennetyyppi (kuvio 14) ylhäältä alas kuvattuna:

- lattiapinta muovimatto/ parketti + alusmateriaali (Tuplex)

- 260 mm paikallavalettu teräsbetonilaatta
- kattopinta ja pintakäsittely huoneselityksen mukaan.



Kuvio 14. Massiivinen teräsbetonilaattavälipohja (RT 83-10902 2007, 12)

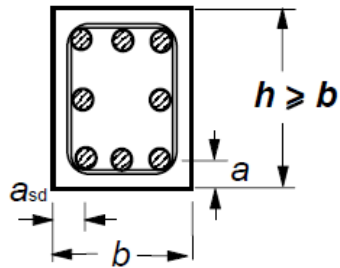
### 5.3 Palonkestävyys

Vertailun välipohjarakenteita yhdistää hyvä palonkestävyys. Betoni on kivipohjaisena materiaalina paloturvallinen: se ei syty, lisää palokuormaa eikä tuota myrkyllisiä savukaasuja ja toimii siksi myös luotettavana osastoivana rakenteena estäen palon leviämisen. Esimerkiksi kerrostaloissa syttyy vuosittain satoja tulipaloja, mutta betonitalossa palo rajoittuu yleensä siihen huoneistoon, jossa se on syttynyt. Betonitalojen palovahingot ovat tutkimusten mukaan selvästi muita pienemmät eikä betonirakennusten sortumisia tulipaloissa ole juurikaan tiedossa. (Betoniteollisuus ry 2016a).

Tuillaan jatkuvalla, ilman kevennyksiä omaavalla kuorilaatastolla saavutetaan yleisesti sama palonkestävyys kuin vastaavan paksuisella massiivilaatalla (SFS-EN 13747 +A2 2010, 26). EN 1992-1-2 -standardin taulukkomitoituksen mukaan yhteen suuntaan kantavien massiivilaattojen vähimmäispaksuuden paloluokassa REI60 pitää olla 80 mm. Yli 80 mm paksut kuorilaatat kestävät vähintään tunnin standardipalon eli ne täyttävät REI60 palonkestovaatimuksen ilman erillistoimenpiteitä kun jännepunosten keskiöetäisyyden nimellimitaksi mitoitetaan vähintään 35 mm. Jos laatastoon tehdään isoja reikiä, on palonkestävyys tarkistettava erikseen.

Massiivinen teräsbetonilaatta täyttää palonkestovaatimuksen REI60, kun laatan vähimmäispaksuus on 80 mm ja terästen keskiöetäisyyden nimellimitaksi mitoitetaan vähintään 20 mm. Ontelolaatta täyttää palokestoluokan REI60, kun laatan vähimmäispaksuus on 200 mm ja jännepunosten keskiöetäisyyden ni-

mellimitaksi mitoitetaan vähintään 35 mm. Kuori- ja ontelolaatoissa käytettävillä jännepunoksilla on alhaisempi kriittinen lämpötila kuin teräsbetoni-laatoissa käytettävillä harjateräksillä, jonka johdosta jännepunosten keskiöetäisyyteen on lisättävä aina 15 mm. (SFS-EN 1992-1-2 2005, 35-37, 49). Keskiöetäisyys on kuvattuna kuviossa 15.



Kuvio 15. Nimellinen keskiöetäisyys  $a$  (SFS-EN 1992-1-2 2005, 37)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 kantavien rakenteiden luokkavaatimuksien mukaan palonkestoluokka REI60 riittää 3-8-kerroksisten asuin- ja työpaikkarakennusten normaalitilojen kantavien ja jäykistävien rakenteiden palonkestoluokaksi. Yli 8-kerroksisten rakennusten palonkestovaatimus on yleensä R120. Talousirtaimiston säilytystilat mitoitetaan P1-luokan rakennuksissa 600–1200 MJ/m<sup>2</sup> palokuormalle, jolloin kantavien rakenteiden luokkavaatimus on 3-8-kerroksisessa rakennuksessa R120 ja yli 8-kerroksisessa R180. Irtaimistovarastot sijoitetaan yleensä väestönsuojiiin tai kellaritiloihin, jolloin luokkavaatimukset ja osastoinnit ovat helpommin toteutettavissa. (Betoniteollisuus ry 2010b.)

Esimerkkikohteen välipohjan palonkestovaatimus ei siis ole määräävä tekijä laataston kokonaispaksuudelle vertailussa mukana oleville laattatyypeille. Suurempien palonkestoajojen saavuttaminen tarkoittaa laatan vähimmäismittojen suurenemista. EN 1992-1-2 taulukkomitoituksella betonirakenteet voidaan mitoitaa standardipalolle 240 minuuttiin asti.

Kuori- ja massiivilaattojen osalta suuremmat palonkestoajat voidaan saavuttaa lisäraudoituksella. Kuorilaattojen tapauksessa suurempien palonkestoluokkien saavuttaminen saattaa johtaa paksumman laatan valintaan jännepunosten vaatiman suuremman keskiöetäisyyden johdosta. Myös ontelolaattojen osalta suu-

rempien palonkestoaikojen saavuttaminen johtaa paksumman laatan valintaan jännepunosten käytön vuoksi. Ontelolaattarakenteissa paloluokkien REI180 ja REI240 saavuttaminen edellyttää lisäksi alapuolisen paloeristyksen käyttöä.

#### 5.4 Ääneneristävyys

Rakennusten ääneneristävyteen vaikuttavat hyvin monet eri osatekijät. Ilma-äänien- ja askelääneneristävyden lisäksi rakennuksen ääneneristävyteen vaikuttaa merkittävästi äänen sivutiesiirtymät. Ilmaääneneristyksen tarkoituksena on vähentää puheen, musiikin ja vastaavien huonetilaan synnyttämän äänen siirtymistä toiseen huonetilaan. Rakennuksissa tilojen välisessä ilmaäänieristävyydessä ei ole merkitystä, miten yksittäinen rakennusosa välittää ääntä puoleltaan toiselle. Merkitystä on sillä, millaisten kulkuereittien kautta ääni voi siirtyä tilasta toiseen. Äänien sivutiesiirtymät on huomioitava niin ulkoseinien, väliseinien, ikkunoiden, ovien, alapohjien, välipohjien, LVIS- tekniikan kuin viemäreiden rakenneratkaisuissa. Esimerkiksi vierekkäisten asuinhuoneistojen välillä ääni voi siirtyä niitä erottavan väliseinän lisäksi myös sitä sivuavien rakenteiden, kuten ulkoseinien ja välipohjien kautta ikään kuin väliseinän ohi. (Kylliäinen 2011, 17–30.)

Askelääneneristävyys eroaa ilmaääneneristävydestä siten, että se kuvaa ilma-äänien sijasta runkoäänien siirtymistä kahden tilan välillä. Kävelystä, esineiden putoamisesta, huonekalujen siirtelystä ja muista vastaavista tapahtumista syntyviä iskuja kutsutaan runkoääniksi. Iskun saanut rakenne saa ympärillään olevan ilman värähtelemään, jolloin isku havaitaan rakenteen toisella puolella ilmaääninä. Askeläänierityksen tarkoituksena on siis vähentää runkoäänien siirtymistä tilojen välillä. (Betonikeskus ry & Rakennusteollisuus RT 2009, 24.)

Askelääneneristävyteen vaikuttaa eniten välipohjarakenteen massa. Mitä kevyempi välipohjarakenne on, sitä helpommin se värähtelee kävelyn vaikutuksesta, mikä havaitaan alapuolisessa asunnossa äänenä. Betonirakenteisten välipohjien hyvä askelääneneristys perustuu juuri niiden suureen massaan. Paikallavalettujen betonivälipohjien arvoja voidaan käyttää myös kuorilaattarakenteen suunnittelussa, kun kuorilaatasto suunnitellaan jatkuvana (SFS-EN-13747 +A2 2010, 26). Kuten aiemmin on jo todettu, hyvä askelääneneristävyys

ei kuitenkaan yksistään takaa riittävää ääneneristävyyttä, vaan huoneistojen väliseen ääneneristävyyteen vaikuttaa oleellisesti sivuavat rakenteet. Äänen sivutiesiirtymät vaikuttavat rakennuksessa saavutettavaan askeläänitasolukuihin jonkin verran vähemmän kuin ilmaääneneristyslukuihin.

Sivuavien rakenteiden lisäksi äänen sivutiesiirtymiin vaikuttaa merkittävästi rakennuksen tiiviys. Esimerkiksi ontelolaattarakenteisissa asuinkerrostaloissa ääneneristysongelmat johtuvat usein laattojen saumoihin jääneistä raoista, joiden löytäminen jälkikäteen voi olla hankalaa, vaikka se ääneneristysmittausten perusteella on selvästi havaittu. Rakojen ei tarvitse olla suuria pilatakseen huoneistojen välisen ääneneristävyyden. Kuorilaatta- ja massiivilaattarakenteisissa välipohjissa ääneneristävyyttä heikentäviä rakoja ei yhtä helposti pääse syntymään niiden massiivisen ja saumattoman rakenteen johdosta. Ontelolaattarakenteisissa välipohjissa ääneneristävyyttä heikentävien rakojen syntymistä voidaan vähentää pintabetonilla tai kelluvalla lattiarakenteella.

Lähtökohtaisesti kaikki vertailtavat välipohjarakenteet kuitenkin täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 ilmaääneneristävyyksivaatimukset, kun asuinrakennuksen huoneistojen väliset seinät sekä porraskäytävien ja huoneistojen väliset seinät ovat 200 mm paksuja betoniseiniä ja ulkoseinien sisäkuoret ovat vähintään 150 mm paksua betonia. (Betoniteollisuus ry 2010b.)

## 5.5 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallinnan ensisijaisena tavoitteena on kosteusvaurioiden syntymisen ehkäisy. Betonirakenteet voivat sisältää rakennusvaiheessa paljon kosteutta, joka on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä tai betonin kastumisesta rakennusaikana. Rakenteiden suunnittelussa on huomioitava ettei haitallinen kosteus pääse tunkeutumaan rakenteisiin ja että rakenteissa oleva rakennuskosteus pääsee riittävässä määrin poistumaan. Haitallinen vesihöyry, vesi tai lumi voi koostua sekä ulkoisista että sisäisistä kosteuslähteistä. Betoni itsessään sietää varsin paljon kosteutta. Esimerkiksi vesivahinkokohteissa riittää yleensä kuivaus eikä rakenteiden uusimisiin tarvitse betonirakenteiden osalta ryhtyä. (Betoniteollisuus ry 2016c.)

Välipohjarakenteiden kosteudenhallinnassa tärkeintä on estää kosteuden valuminen välipohjan päältä alempiin rakenteisiin sekä kosteuden siirtyminen ulkoseinien eristykseen. Välipohja suojaa alempia rakenteita kosteudelta, mikäli välipohja on tiivis ja vedenpoistosta on huolehdittu. Kastumisen minimoimiseksi välipohjalle satanut vesi ja lumi on johdettava hallitusti pois holvilta rakentamalla väliaikaisia vedenpoistoreittejä, jotka on johdettu viemäreihin tai lattiakaivoihin. Tarvittaessa välipohjalle päässyt vesi ja lumi on poistettava mahdollisimman nopeasti mekaanisesti vesi-imurilla, harjalla tai lastalla. Kosteuden minimointi on erityisen tärkeää välipohjan ja ulkoseinien liitoksissa seinissä olevien eristysten vuoksi. (Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy, TTY & Ympäristöministeriö 2015b.)

Yksi välipohjarakenteen riskitekijöistä on myös lattian liian aikainen pinnoittaminen. Haitallisen kosteuden määrä on riippuvainen siitä, millä materiaalilla rakenne päällystetään. Ennen kuin betonilattia voidaan pinnoittaa, sen tulee kuivua päällystemateriaalikohtaisen kosteusraja-arvon alapuolelle. Betonilaatan kosteuspitoisuus tulee aina varmistaa mittaamalla. Mikäli rakenteet päällystetään liian kosteana, seurauksena voi olla päällystemateriaalissa, tasoitteessa tai liimassa havaittava kosteusvaurio, jollaisia ovat mm. päällysteen irtoaminen, värjäytyminen, hajuhaitta tai terveydelle haitalliset mikrobit ja emissiot. (Betonteollisuus ry 2016c.)

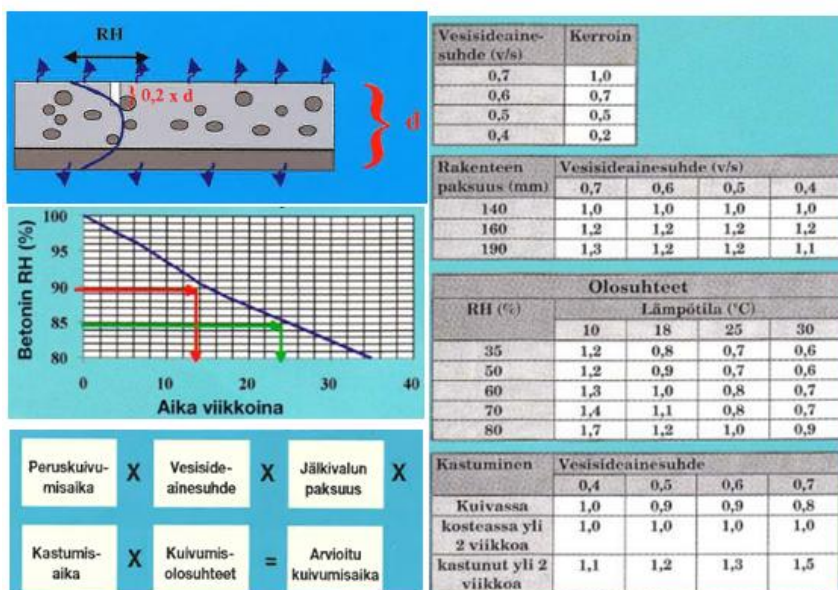
Ontelolaattarakenteiden kosteudenhallintaan liittyy vielä muitakin riskikohtia. Yleisimmin kosteusvaurion ontelolaattarakenteisiin aiheuttaa laattojen välisten saumojen vuoto sekä onteloihin jäänyt vesi. Huonosti tiivistynyt sauma saattaa läpäistä kosteutta laattarakenteeseen sekä niiden kautta alapuolisiin rakenteisiin. Onteloihin jääneen veden määrän ei tarvitse olla suuri aiheuttaakseen värimuutoksia katossa. (Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy, TTY & Ympäristöministeriö 2015a.) Yksi riskikohta on myös ontelolaattavälipohjissa usein käytettävä ääneneristyskerros, joka kastuessaan voi aiheuttaa kosteusvaurioita.

## 5.6 Kuivumisaika

### 5.6.1 Yleistä

Betonirakenteen kuivumiseen vaikuttavat betonin ominaisuudet, kuivumisolosuhteet sekä rakenneratkaisu. Kuivumisnopeudella on merkitystä niille betonirakenteille, jotka päällystetään kosteuserkällä materiaalilla tai joissa kuivumisesta aiheutuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa vaurioita. Kun rakenteen paksuus, kuivumissuunta, kerroksellisuus ja tavoitekosteus ovat tiedossa, betonirakenteelle voidaan laatia kuivumisaika-arvioita käyttäen muuttujina erilaisia betonilaatuja sekä kuivumisolosuhteita. (Merikallio 2002, 32.)

Kuivumisaika-arviot ovat suuntaa-antavia ja niitä voidaan käyttää rakennusaikataulujen sekä kuivatuksen suunnitteluun. Tarkkoja betonin kuivumisaikoja eri rakenteissa on mahdotonta määrittää ennakkoon, koska kaikki asiaan vaikuttavat tekijät eivät yleensä ole tiedossa etukäteen. Todellinen varmuus rakenteen kosteustilasta saadaan vain mittaamalla betonin kosteus. (Merikallio 2002, 38.) Kuviossa 16 on esitetty Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -julkaisun (2002) laatimat laskentakaavat ja kertoimet kuorilaattarakenteen kuivumisajan määrittämiseksi.

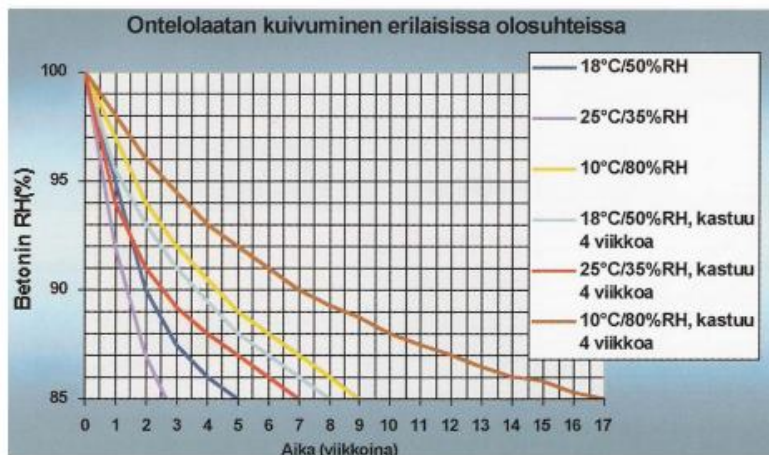


Kuvio 16. Kuorilaattarakenteen peruskuivumiskäyrä, laskentakaava ja kertoimet (Merikallio 2002, 46)

### 5.6.2 Kuivumisaikojen vertailu

Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -julkaisun (2002) arviointiohjeistossa ei ole valittavana täysin samanlaisia välipohjarakenteita kuin tämän vertailun rakenteet ovat, joten välipohjarakenteiksi valitaan lähimpänä vertailun rakenteita olevat laattatyypit. Kuivumisen katsotaan alkavan siitä, kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Vertailun selkeyttämiseksi valun jälkeisen kastumisen vaikutus on kaikilla rakenteilla samansuuruinen.

Ontelolaatat tehdään alhaisen vesisementtisuhteen omaavasta betonista ( $v/s = 0,4-0,5$ ), joka on tiivistä ja jossa kemiallisen kuivumisen osuus on merkittävä. Kerroksellisissa rakenteissa kuten vertailun ontelolaattarakenteisessa kelluvassa lattiassa runkolaatan tulee olla riittävän kuiva ennen askelääneneristyksen ja pintalaatan tekoa. Suosituksena pidetään, että runkolaatan suhteellinen kosteus olisi alle 90 % noin 50 mm:n syvyydeltä mitattuna. (Merikallio 2002, 27.)



Kuvio 17. Ontelolaattavälipohjan kuivuminen erilaisissa olosuhteissa (Merikallio 2002, 48)

Kelluvan lattian asennuksen aloitusajankohta riippuu siis siitä, millaisissa olosuhteissa ontelolaatat asennukseen jälkeen joutuvat olemaan. Kuviosta 17 nähdään, että ontelolaattojen kuivuminen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen huonoissa olosuhteissa vie noin 9 viikkoa. Hyvissä työmaaolosuhteissa kuivuminen voi tapahtua 5 viikossa. Lattian päällystettävyyden kannalta kelluvassa lattiassa on huomioitava myös pintalaatan kuivuminen. Vertailussa on oletettu, että kel-



luvan lattian valaminen aloitetaan vasta sitten, kun runkolaatan kosteuspitoisuus on alle 90 %. Vertailussa runkolaatan kuivumisaikana käytetään keskimääräistä kuivumisaikaa, 7:ää viikkoa. Ontelolaatat toimitetaan työmaalle yleensä noin viikon ikäisinä, jolloin runkolaatan kuivumisajaksi vertailuun saadaan 6 viikkoa. Ontelolaattavälipohjan tarkastelun lähtötiedot:

- runkolaattana ontelolaatta 265 mm, pintalaattana 90 mm betonilaatta
- pintalaatan tavoitekosteus 85 %, laatan peruskuivumisaika 8 viikkoa
- pintalaatan betonin vesisideainesuhte = 0,7 ja 0,5
- kastumisaika: kosteassa yli 2 viikkoa
- kuivatuksen alettua kuivumisolosuhteet : + 18 °C/60 % ja + 25 °C/50 %

Taulukko 5. Ontelolaattarakenteisen välipohjan kuivumisajat

Laskentakaava	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5
	18C/60%	18C/60%	25 C/50%	25C/50%
Peruskuivumisaika	8	8	8	8
Runkolaatan kosteus	1	1	1	1
Pintalaatan paksuus	1,2	1,1	1,2	1,1
Pintalaatan v/s	1	0,5	1	0,5
Kastumisaika	1	1	1	1
Kuivumisolosuhteet	1	1	0,7	0,7
Pintalaatan kuivumisaika	9,6	4,4	6,7	3,1
Runkolaatan kuivumisaika	6	6	6	6
Kuivumisaika yhteensä	15,6	10,4	12,7	9,1

Taulukon 5 mukaan 90 mm paksu kelluva pintalaatta kuivuu päällystyskelpoiseksi parhaimmillaan 3 viikossa, kun pintalaatan betonina käytetään nopeasti kuivuvaa betonia ja kuivumisolosuhteet ovat optimaaliset (+25°C/50%). Vastavälisissä olosuhteissa, tavanomaista betonia käytettäessä pintalaatta kuivuu

päälystyskelpoiseksi noin 7 viikossa. Näin ollen vertailun ontelolaattavälipohjan kokonaiskuivumisaika on parhaimmillaan noin 9 viikkoa.

Kahteen suuntaan kuivuvan massiivisen teräsbetonilaatan kuivumisen arviointisyvyys on  $0,2 \times$  rakenteen paksuus ( $d$ ). Paikallavaletun välipohjan kuivumisaikoja on tarkasteltu taulukossa 6. Tarkastelun lähtötiedot:

- massiivilaatta 250 mm
- tavoitekosteus 85 %, laatan peruskuivumisaika 37 viikkoa
- betonin vesisideainesuhde = 0,7 ja 0,5
- kastumisaika: kosteassa yli 2 viikkoa
- kuivatuksen alettua kuivumisolosuhteet : + 18 °C/60 % ja + 25 °C/50 %

Taulukko 6. Massiivisen teräsbetonilaattavälipohjan kuivumisaajat

Laskentakaava	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5
	18C/60%	18C/60%	25 C/50%	25C/50%
Peruskuivumisaika	37	37	37	37
Vesisideainesuhde	1	0,5	1	0,5
Rakenteen paksuus	1	1	1	1
Kastumisaika	1	1	1	1
Kuivumisolosuhteet	1	1	0,7	0,7
Arvioitu kuivumisaika	37,0	18,5	25,9	13,0

Kuorilaattarakenne kuivuu sekä ylös- että alaspäin. Kuoren tiiveydestä johtuen kuivuminen alaspäin on kuitenkin ylöspäin tapahtuvaa kuivumista vähäisempää. Kuorilaattarakenteen kuivumisen arviointisyvyys on  $0,2 \times$  koko rakenteen paksuus ( $d$ ). Tarkastelun (taulukko 7) lähtötiedot:

- kuorilaattaelementti 100 mm, jälkivalu 160 mm
- tavoitekosteus 85 %, peruskuivumisaika 24 viikkoa
- betonin vesisideainesuhde = 0,7 ja 0,5

- kastumisaika: kosteassa yli 2 viikkoa
- kuivatuksen alettua kuivumisolosuhteet: : + 18 °C/60 % ja + 25 °C/50 %

Taulukko 7. Kuorilaattarakenteisen välipohjan kuivumisajat

Laskentakaava	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5	Betonin v/s = 0,7	Betonin v/s = 0,5
	18C/60%	18C/60%	25 C/50%	25C/50%
Peruskuivumisaika	24	24	24	24
Vesisideainesuhde	1	0,5	1	0,5
Jälkivalun paksuus	1,2	1,2	1,2	1,2
Kastumisaika	1	1	1	1
Kuivumisolosuhteet	1	1	0,7	0,7
Arvioitu kuivumisaika	28,8	14,4	20,2	10,1

Ontelolaattavälipohjan kokonaiskuivumisaikaan vaikuttaa oleellisesti runkolaatan kuivuminen, koska kelluvan laatan valaminen voidaan aloittaa vasta sitten, kun runkolaatta on tarpeeksi kuiva. Riittävän kauan kosteissa olosuhteissa oltuaan ontelolaatat voivat kastua, mikä hidastaa merkittävästi rakenteen kokonaiskuivumisaikaa. Pintalaatan kuivumiseen vaikuttaa pintabetonin ominaisuudet sekä kuivumisolosuhteet. Kuorilaattarakenteen ja massiivilaattarakenteen kuivumiseen vaikuttaa kuivumisolosuhteet sekä erityisesti käytettävä betonilaatu. NP-betonia käyttämällä rakenteiden kuivumisajat puolittuvat. Kuorilaattarakenne voi parhaimmillaan kuivua päällystyskelpoiseksi 10 viikossa, kun jälkivalun betonina käytetään NP-betonia ja rakenteen lämmityksestä huolehditaan asianmukaisella tavalla.

Kuivumisaikojen vertailun tuloksena voidaan todeta, että ontelolaattarakenteisen välipohjan ja kuorilaattarakenteisen välipohjan kuivumisajoissa ei juurikaan ole eroja, mikäli jälkivalujen betonina käytetään NP-betonia ja jälkivalujen kuivumisolosuhteet ovat optimaaliset. Huonommissa kuivumisolosuhteissa ontelolaattarakenne kuivuu muutaman viikon nopeammin kuorilaattarakenteeseen verrattuna, ja tavanomaisia betoneja käytettäessä ero ontelolaattarakenteen hyväksi kasvaa entisestään. Massiivisen teräsbetonilaatan kuivuminen on selvästi hitainta jokaisessa tapauksessa.

## 6 LAATTARAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU

### 6.1 Vertailun rajaus

Kustannusvertailun kohteena on opinnäytetyön luvun 5.1 mukainen välipohjalaatasto. Kohteen materiaalimenekit määritetään suunnitelmien puuttuessa tavanomaisen kerrostalon välipohjalaataston menekkien perusteella. Materiaalien hinnat määritetään Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun sekä toimeksiantajan hintatietojen perusteella. Materiaalien hinnat eivät sisällä kuljetuksia.

Suunnitelmien puuttuessa kylpyhuonesyvennyksien, LVIS- varausten ja hormien vaikutus materiaali- ja työmenekkeihin jätetään huomioimatta. Kuorilaattojen osalta vertailuissa ei huomioida väliaikaisen tuennan vaikutuksia, koska myös ontelolaattoja pitää tukea esimerkiksi märkätilojen kohdalta, ja vertailun suhteuttaminen on näin ollen vaikeaa. Nostotöiden vaikutusta kustannuksiin ei huomioida minkään rakenteen osalta. Kustannus- ja työmenekkivertailut rajataan päättymään laattojen betonointiin.

### 6.2 Materiaalikustannukset

#### 6.2.1 Kuorilaattavälipohja

Kuorilaattarakenteisen välipohjan materiaalit koostuvat itse kuorilaatoista, paikallavalun raudoituksista sekä betonista. Yhden välipohjan pinta-ala on 350 m<sup>2</sup>, jolloin kuorilaattoja arvioidaan menevän rakenteeseen 24 kpl. 100 mm paksun kuorilaatan hinta ilman kuljetuskuluja on 42,5 €/m<sup>2</sup>. Kuorilaattaelementtien kokonaiskustannus yhden välipohjan osalta on siis 14 875 €.

Pintalaatan ala- ja yläpinnan raudoitukset toteutetaan 8 mm:n vahvuisesta harjateräsverkosta. 8 mm teräksen menekiksi yhden välipohjan osalta arvioidaan 6 kg/m<sup>2</sup>. 8-150 B500K harjateräsverkon hinnaksi määritetään 0,60 €/kg. Yhden välipohjan 8 mm teräksen kokonaismenekiksi tulee tällöin 2100 kg ja kokonaishinnaksi 1260 €. Ala- ja yläpinnan raudoituksen lisäksi kuorilaattarakenteisen välipohjan reunoille tulee hakaset sekä rengasraudoitus, jotka toteutetaan 12 mm salkotavarasta. 12 mm teräksen menekiksi arvioidaan 500 kg per välipohja,

ja hinnaksi 0,70 €/kg. 12 mm teräksen kokonaishinnaksi tulee siis 350 €. Kuorilaattarakenteen jälkivalun paksuus on 170 mm, jolloin yhden välipohjan betonimenekki on 59,5 m<sup>3</sup>. Kuorilaattarakenteen, kuten myös ontelolaatta- ja massiivilaattarakenteiden, betonina käytetään NP-betonia, jonka hinnaksi määritetään 120 €/m<sup>3</sup>. Kyseinen hinta on valmiskoncreetin hinta tehtaalla. Näillä tiedoilla betonin kokonaishinnaksi tulee 7140 €. Kuorilaattavälipohjan materiaalikustannusten kokonaishinnaksi tulee taulukon 8 mukaisesti 23 625 €.

Taulukko 8. Kuorilaattavälipohjan kustannukset

Kuorilaatta 100 mm+170 mm			ALV 0 %
Materiaalikustannukset	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Kustannus yhteensä
Esimerkkikohde, välipohja 350 m <sup>2</sup>			
Elementti, kuorilaatta 100mm	350 m <sup>2</sup>	42,5€/m <sup>2</sup>	14 875,00 €
Rauditus 8 mm, B500K	2100 kg	0,60 €/kg	1 260,00 €
Rauditus 12 mm, A500HW	500 kg	0,70 €/kg	350,00 €
Betoni C25/30, S2, #16, NP-betoni	59,5 m <sup>3</sup>	120 €/m <sup>3</sup>	7 140,00 €
Materiaalikustannukset yhteensä			23 625,00 €

### 6.2.2 Massiivibetonilaattavälipohja

Paikallavaletun holvin materiaalit koostuvat muottitarvikkeista, raudoituksista sekä betonista. Paikallavaletun holvin muottina käytetään holvimuottijärjestelmää, jonka hinnaksi määritetään 10,5 €/m<sup>2</sup>. Laatan ala- ja yläpintaan tulee rauditus 10 mm:n vahvuisesta harjateräsverkosta. 10-150 B500K harjateräsverkon hinnaksi määritetään 0,70 €/kg. Tämän lisäksi reunoille tulee hakaset. Paikallavaletun holvin teräksen kokonaismenekiksi arvioidaan 25 kg/m<sup>2</sup>. Massiivibetonilaatan paksuus on 260 mm, jolloin betonin kokonaismenekki yhden välipohjan osalta on 91 m<sup>3</sup> ja kokonaishinta 10 920 €. Paikallavaletun välipohjan kokonaiskustannukseksi materiaalien osalta tulee taulukon 9 mukaisesti 19 495 €.

Taulukko 9. Paikallavaletun välipohjan kustannukset

Massiivibetonilaatta 260 mm			ALV 0 %
Materiaalikustannukset	Materiaali- menekki	Materiaali- kustannus	Kustannus Yhteensä
Esimerkkikohde, välipohja 350 m <sup>2</sup>			
Muottityö	350 m <sup>2</sup>	10,50 €/m <sup>2</sup>	3 675,00 €
Raudoitus 10/12 mm	7000 kg	0,70 €/ kg	4 900,00 €
Betoni C25/30, S2, #16, NP-betoni	91 m <sup>3</sup>	120 €/m <sup>3</sup>	10 920,00 €
Materiaalikustannukset yhteensä			19 495,00 €

### 6.2.3 Ontelolaattavälipohja

Kelluvalla pintalaatalla toteutettavan ontelolaattavälipohjan materiaalit koostuvat ontelolaattaelementeistä, teräksistä, saumavaluista, sekä pintalaatan askeläänieristeestä ja betonista. Esimerkkikohteen välipohjaan arvioidaan menevät ontelolaattaelementtejä 48 kpl. 265 mm paksun ontelolaattaelementin hinnaksi ilman kuljetuskuluja arvioidaan 38 €/m<sup>2</sup>, jolloin elementtien kokonaiskustannus yhden välipohjan osalta on 13 300 €.

Teräsmenekki koostuu ontelolaattojen sauma- ja rengasraudoitteista sekä pintalaatan raudoituksesta. Sauma- ja rengasraudoitus toteutetaan 10 ja 12 mm harjaterästangoista ja pintalaatan raudoitus 6 mm:n vahvuisesta harjateräsverkosta. Terästen kokonaismenekiksi arvioidaan tankojen osalta 500 kg ja verkon osalta 1050 kg. Harjaterässalkojen kokonaishinta on 350 € ja teräsverkon 630 €. Ontelolaattojen saumabetonin määrä saadaan laskettua saumatun elementin ja saumattoman elementin painotiedoilla. Ontelolaatta O27:n paino saumatuna on 20 kg/m<sup>2</sup> suurempi kuin saumattomana. Kun betonin painoksi oletetaan 2400 kg/m<sup>3</sup>, saumabetonin menekiksi saadaan  $20 \text{ kg} \times 350 \text{ m}^2 / 2400 = 3 \text{ m}^3$ . Saumabetonin hinnaksi on arvioitu 140 €/m<sup>3</sup>, joten saumabetonin kokonaishinnaksi yhden välipohjan osalta tulee 420 €.

Koska ontelolaattavälipohja toteutetaan kelluvana, rakenteeseen asennetaan ennen pintalaatan tekoa askelääneneriste, jonka menekki on noin välipohjan pinta-alan verran eli tässä tapauksessa 350 m<sup>2</sup>. Eristeen hinnaksi arvioidaan 6,5 €/m<sup>2</sup>, jolloin kustannus yhden välipohjan osalta on 2275 €. Pintalaatan paksuus on 80 mm, jolloin sen menekki on 28 m<sup>3</sup> per välipohja. NP-betonin hinnan ollessa 120 €/m<sup>3</sup>, kokonaiskustannukseksi saadaan 3360 €. Ontelolaattavälipohjan materiaalien kokonaiskustannukseksi tulee taulukon 10 mukaan 20 344,75 €.

Taulukko 10. Ontelolaattavälipohjan kustannukset

Ontelolaatta 265 mm + pintalaatta 80 mm			ALV 0 %
Materiaalikustannukset	Materiaali- menekki	Materiaali- kustannus	Kustannus Yhteensä
Esimerkkikohde, välipohja 350 m <sup>2</sup>			
Elementti, ontelolaatta 265 mm	350 m <sup>2</sup>	38 €/m <sup>2</sup>	13 300,00 €
Sauma- ja rengasteräket 10/12 mm	500 kg	0,70 €/kg	350,00 €
Saumausbetoni, C25/30	3,0 m <sup>3</sup>	140 €/m <sup>3</sup>	429,75 €
Askelääneneriste	350 m <sup>2</sup>	6,50 €/m <sup>2</sup>	2 275,00 €
Teräsverkko 6-150 mm, B500K	1050 kg	0,60 €/kg	630,00 €
Betoni C25/30, S2, #8mm, NP	28 m <sup>3</sup>	120 €/m <sup>3</sup>	3 360,00 €
Materiaalikustannukset yhteensä			20 344,75 €

### 6.3 Työmenekit

Työmenekien laskenta suoritetaan Ratu-kortistojen sekä toimeksiantajan antamien tietojen pohjalta. Välipohjan rakennustyössä käytetään 3 rakennusammattimiestä ja työ tehdään kesällä. Työkokonaisuuteen kuuluu kaikkien rakenteiden osalta rakennustyön lisäksi turvakaiteiden pystytys ja purku. Massiivilaatan osalta työkokonaisuuteen kuuluu myös mittaukset, joten niiden osuutta ei ole työmenekkilaskelmissa erikseen esitetty.

Kuorilaattarakenteisen välipohjan työmenekit on esitetty taulukossa 11. Työvaiheita ovat alustan tasaus ja mittaus, kuorilaattojen asennus, pintalaatan raudointi sekä betonointi. YBT Oy:n valmistamien kuorilaattojen leveys on kaksinkertainen ontelolaattoihin nähden, joten niiden kokonaismenekki kohteeseen on 50

% vähemmän kuin ontelolaattojen menekki. Kohteen pieni koko nostaa pinta-  
laatan betonoinnin sekä koko asennusvaiheen työnkestoa.

Taulukko 11. Kuorilaattarakenteisen välipohjan työmenekit

Kuorilaatta, b = 2400 mm h= 100 mm + 170 mm	Työmenekki	Yksikkö	Määrä	Yhteensä (tth)
Työnosa				
Mittaus	0,12	tth/kpl	24	2,88
Kuorilaattojen asennus	0,2	tth/kpl	24	4,8
Raudoitustyöt	5	tth/1000 kg	2750	13,75
Betonointi, suoritemäärä > 50 m <sup>3</sup> = + 5%	0,2	tth/m <sup>3</sup>	59,5	12,50
Kokonaistyömenekki				33,9
Suoritemääräkerroin < 200 kpl = + 8 %			1,08	36,6
Työnkesto, 3 asentajaa	33,9 tth/ 8 tth/tv / 3 RAM			1,53
Yhteensä		Työtunnit		36,6 tth
		Kesto		1,5 tv
Työkustannukset €			30 €	1099,17

Massiivilaattarakenteisen välipohjan työmenekit on esitetty taulukossa 12. Työ-  
vaiheisiin kuuluu muotin pystytys, raudoitus, betonointi sekä muotin purku.  
Poikkeavaa muihin vertailussa oleviin laattarakenteisiin on se, että massiivilaat-  
ta rakennetaan kokonaan paikanpäällä työmaalla.

Taulukko 12. Massiivisen betonilaattavälipohjan työmenekit

Massiivinen teräsbetonilaatta, h= 260 mm	Työmenekki	Yksikkö	Määrä	Yhteensä (tth)
Työnosa				
Muotin pystytys	0,25	tth/m <sup>2</sup>	350	87,5
Raudoitus	5	tth/1000 kg	7000	35,00
Betonointi	0,2	tth/m <sup>3</sup>	91	18,2
Muotin purku	0,3	tth/m <sup>2</sup>	350	105
Kokonaistyömenekki				245,7
Työnkesto, 3 asentajaa	265,7 tth/ 8 tth/tv / 3 RAM			10,2
Yhteensä		Työtunnit		245,7 tth
		Kesto		10,2 tv
Työkustannukset €			30 €	7371,0



Ontelolaattarakenteisen välipohjan työmenekit on esitetty taulukossa 13. Välipohja koostuu runkolaatasta, askeläänieristyksestä sekä pintalaatasta. Runkolaatan työvaiheita ovat alustan mittaus ja tasaus, ontelolaattojen asennus sekä saumojen rauditus ja betonointi. Pintalaatan työvaiheita puolestaan ovat rauditus ja betonointi. Ontelolaattavälipohjan pintalaatan betonoinnin sekä koko välipohjarakenteen työnkesto nostaa kohteen pieni koko.

Taulukko 13. Ontelolaattarakenteisen välipohjan työmenekit

Ontelolaatta, b = 1200 mm h = 265 mm + pintabetoni 80 mm	Työmenekki	Yksikkö	Määrä	Yhteensä (tth)
Työnoisa				
Mittaus	0,12	tth/kpl	48	5,8
Ontelolaattojen asennus	0,28	tth/kpl	48	13,4
Rauditus, laudoitus + purku	0,028	tth/m <sup>2</sup>	350	9,8
Saumavalu	0,01	tth/m <sup>2</sup>	350	3,5
Askelääneneristys	0,04	tth/m <sup>2</sup>	350	14,0
Pintalaatan rauditus 6mm, k/k 150 mm	7,5	tth/1000 kg	1050	7,9
Pintalaatan betonointi	0,2	tth/m <sup>3</sup>	28	6,7
(suoritemäärä < 25 m <sup>3</sup> = + 20%)				
Kokonaistyömenekki				61,1
Suoritemääräkerroin < 100 kpl = + 10 %			1,1	67,2
Työnkesto, 3 asentajaa	67,6 tth/ 8 tth/tv / 3 RAM			2,80
Yhteensä		Työtunnit		67,2 tth
		Kesto		2,8 tv
Työkustannukset €			30 €	2016,1

Työmenekkivertailun tulokset osoittavat, että YBT Oy:n valmistamien erikoislevien kuorilaattojen asentaminen on helppoa ja nopeaa muihin rakenteisiin verrattuna. Ontelolaattarakenteisen välipohjan rakentamisessa on enemmän työvaiheita ja sen rakentaminen on näin ollen työläämpää kuin kuorilaattarakenteisen välipohjan. 2400 mm leveiden kuorilaattojen asentaminen on jopa puolet nopeampaa kuin 1200 mm leveiden ontelolaattojen asentaminen. Paikallavaletavan massiivilaatan rakentaminen on vielä selvästi ontelolaattarakennettakin työläämpää ja hitaampaa, vaikka työvaiheita on ontelolaattarakennettä vähemmän. Paikallavaletun massiivilaatan työmenekkejä ei voi kuitenkaan suoraan peilata rakennusnopeuteen, koska sen rakentamisessa työvaiheita voidaan li-

mittää keskenään. Massiivilaatan rakentamisen kokonaiskesto tässä tapauksessa lyhenee n. 50 %:lla työvaiheiden limittämisen johdosta.

#### 6.4 Vertailun tulokset

Kokonaiskustannuksiltaan edullisin välipohjarakenne taulukon 14 mukaan on ontelolaattarakenteinen välipohja. Työkustannuksiltaan edullisin vaihtoehto on puolestaan kuorilaattarakenne. Paikallavalettavan massiivilaatan työläs rakentamisprosessi näkyy myös kustannuksissa; massiivilaatan työkustannukset ovat moninkertaiset muihin rakenteisiin verrattuna. Ontelolaattarakenteen kokonaiskustannusten edullisuuden selittää sen pienet materiaalikustannukset. Kuorilaatta- ja massiivilaattarakenteiden kustannuksiin vaikuttaa oleellisesti NP-betoni, mutta toisaalta sen käyttö on usein näiden rakenteiden elinehto kilpailussa ontelolaattarakennetta vastaan.

Taulukko 14. Vaihtoehtojen kustannusvertailutaulukko

	Kuorilaattarakenne	Ontelolaattarakenne	Paikallavalu
Työkustannukset yhteensä	1 019,17 €	2 016,00 €	7 371,00 €
Työkustannukset/m <sup>2</sup>	2,91 €	5,76 €	21,06 €
Materiaalikustannukset yhteensä	23 625,00 €	20 344,75 €	19 495,00 €
Materiaalikustannukset /m <sup>2</sup>	67,50 €	58,13 €	55,70 €
Kokonaiskustannukset	24 644,17 €	22 360,75 €	26 866,00 €
Kokonaiskustannukset/m <sup>2</sup>	70,41 €	63,89 €	76,76 €

Välipohjarakenteiden kokonaiskustannuksia määriteltäessä ei kuitenkaan tule liikaa tuijottaa pelkästään yllä olevaa taulukkoa, koska lopullisessa kustannustarkastelussa pitää huomioida myös epäsuorien kustannusten vaikutus rakenteen kokonaiskustannuksiin. Epäsuorilla kustannuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ontelolaattarakenteen käytöstä syntyviä lisätöitä sekä toisaalta muiden rakenteiden ja erityisesti kuorilaattarakenteen käytöstä syntyviä säästöjä.

Ontelolaattarakenteissa merkittävimmän lisätyöerän yleensä aiheuttaa onteloiden kuivatustyöt. Onteloissa oleva vesi saadaan poistettua elementteihin porattavien reikien avulla. Reikien määrä riippuu kosteuden määrästä. Kelluvana välipohjana toteutettaessa myös pintalaatan käyritymät ja niistä aiheutuvat oi-

kaisutyöt ovat todennäköisiä menoeriä. Mikäli ontelolaatasto toteutetaan ilman pintalaattaa, menoeriä aiheuttavat mm. laattojen pykällyksien oikaisu sekä saumojen ja tasoitteiden korjaaminen.

Kuorilaattarakenteen käytöstä syntyviä säästöjä ovat aikataulu- sekä julkisivu- materiaalihyödyt. Kuorilaattarakennetta käyttämällä seinien pystyttäminen voidaan aloittaa selvästi aikaisemmin, koska kuorilaattojen asentaminen on nopeampaa. Tämän johdosta kuorilaattoja käyttämällä rakennuksen yläpohja saadaan nopeammin valmiiksi, joka tarkoittaa samalla rungon kuivumisen aikaisutumista ja rakennuksen kokonaisaikataulun nopeutumista. Kuorilaattavälipohjan eduksi voidaan lukea myös se, että välipohjan päälle on mahdollista nostaa kerroksessa myöhemmin tarvittavia materiaaleja, kuten väliseinien levyt, ikkunat ja ovet. Materiaalien nostot on helpointa tehdä kun ylemmän kerroksen holvi on vielä auki. Kelluvalla lattialla toteutetussa ontelolaattavälipohjassa runkolaatan pitää antaa kuivua riittävän kauan ennen pintabetonilaatan valamista, joten materiaaleja ei voida nostaa kerrokseen holvin ollessa vielä avoinna. Materiaalit pitää nostaa kerrokseen myöhemmin seinäaukoista, mikä on hankalaa ja hidasta.

Kuorilaattarakenteen näkökulmasta katsottuna säästöjä tuovat lisäksi rakennepaksuudesta saatavat julkisivumateriaalihyödyt. Ohuempana välipohjarakenteena kuorilaattarunkoisen rakennuksen julkisivujen materiaalienekit ja -kustannukset ovat pienemmät kuin ontelolaattarunkoisen rakennuksen. Julkisivumateriaaleista saatavien säästöjen merkitys korostuu suurissa tai monikerroksisissa rakennuksissa.

Kustannusvertailun tuloksena voidaan todeta, että vaikka ontelolaattarakenteen suoranaiset kustannukset ovat muita rakenteita pienemmät, niin sen epäsuorat kustannukset ovat muita rakenteita suuremmat.

## 7 POHDINTA

Suomessa kuorilaattojen käyttö rajoittuu lähinnä teollisuusrakennuksiin ja pysäköintilaitoksiin. Ruotsissa sen sijaan kuorilaattaa käytetään paljon myös asuin- ja liikerakennusten ala-, väli- ja yläpohjarakenteissa. Suomessa asuin- ja liikerakennusten kustannuslaskelmissa tuijotetaan liikaa suoria kustannustekijöitä eikä välillisten vaikutusten tuomia etuja osata arvioida oikein. Tästä johtuen asuin- ja liikerakennusten laattaratkaisuksi valitaan usein suoranaisilta kustannuksiltaan edullisin ratkaisu.

Ontelolaattarakenteeseen verrattuna kuorilaattarakenteen etuja ovat joustavuus, kosteudenhallinta sekä ääneneristävyys. Kuorilaattarakenteella voidaan toteuttaa erikoisrakenteita ja välipohjaan on helppo integroida tarvittavat LVIS-asennukset. Epäsuorat kustannukset, joita esimerkiksi onteloihin jäänyt kosteus tai saumoihin jääneet raot aiheuttavat, jäävät kuorilaattoja käyttämällä pienemmäksi. Paikallavalettuun massiivilaattaan verrattuna kuorilaattarakenteen etuja ovat kuivumisnopeus sekä kustannukset. Palonkesto- ja ääneneristysominaisuuksiltaan kuorilaattarakenne on massiivilaatan kaltainen.

Kuorilaattarakenteen suurimmat edut ovat sen tuomat aikatauluhyödyt, joiden merkitys korostuu korkeissa rakennuksissa. YBT Oy:n valmistavat 2400 mm leveät kuorilaatat ovat selvästi nopeampia asentaa kuin muut välipohjarakenteet, jolloin väliseinien pystyttäminen päästään aloittamaan aikaisemmin. Samalla rakennuksen rungon kuivuminen aikaistuu ja koko rakennusprosessin aikataulu nopeutuu. Tästä syystä kuorilaatasto on erityisen hyvä vaihtoehto laattaratkaisuksi kun rungon rakentamiselta vaaditaan lyhyttä läpimenoaikaa, kuten talvirakentamisessa. 2400 mm leveät kuorilaatat ovat myös työturvallisuuden kannalta hyvä vaihtoehto, koska niiden asentamisessa tarvitaan puolet vähemmän nostoja kuin ontelolaattojen asentamisessa ja monin verroin vähemmän kuin massiivilaatan rakentamisessa.

Välipohjarakenteiden vertailu kustannusten osalta oli haastavaa, koska eri rakenteiden tarkka vertailu vaatisi oikeita suunnitelmia jokaisesta toteutustavasta. Laattaratkaisun valintaan vaikuttaa oleellisesti mm. kohteen koko ja sijainti. Pie-  
nissä kohteissa elementtien siirtomatkat voivat nousta ratkaisevaksi valintakri-

teeriksi kustannusten kannalta. Toisaalta myös valmisbetonin siirtokustannukset voivat olla ratkaiseva tekijä. Laattarakenteiden valintaan vaikuttaa myös suunnitelmien monimutkaisuus. Mikäli suunnitelmat ovat monimutkaisia ja elementtivalipohjat vaativat paljon paikallavalukaistoja tai täytemuotteja, kustannuserot paikallavalu- ja elementtitekniikan välillä tasoittuvat.

Suunnitelmien puutteen lisäksi haastavuutta välipohjarakenteiden kustannusvertailuun toi eri materiaalien todellisten kustannusten ja työmenekkien selvittäminen. Esimerkiksi työmenekkien laskennassa joidenkin työvaiheiden osalta käytettiin Ratu-kortistojen työmenekkitietoja, jolloin lasketut menekit voivat vaihdella todellisista työmenekeistä työmaalla. Materiaalien todellisiin kustannuksiin vaikuttaa puolestaan yrityksen koko ja tavarantoimittajien kanssa solmitut sopimukset, joten materiaalien hinnat voivat vaihdella suurestikin eri toimijoiden välillä. Vaikka laskelmat ovat melko suurpiirteisiä, saadaan opinnäytetyön kustannusvertailusta suuntaa antavaa tietoa eri välipohjarakenteiden kustannuksista. Kustannusvertailusta saatua tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi hankesuunnitteluvaiheen kustannusarvioinneissa. Ennen kaikkea kustannusvertailusta saatiin tietoa eri laattarakenteiden kustannusrakenteista.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava. Sain työn aikana arvokasta tietoa eri betonilaattarakenteiden palonkestävyydestä, ääneneristävyydestä, kosteudenhallinnasta, kuivumisajoista, työmenekeistä sekä kustannuksista. Kuorilaattojen eduista ja hyödyistä saatiin konkreettista näyttöä, joten mielestäni työn tavoite saavutettiin. Kuorilaattojen hyödyt kertaantuvat korkeissa rakennuksissa. Yksi kiinnostava jatkotutkimuksen aihe voisi olla kuorilaattojen hyötyjen tarkastelu korkeiden rakennusten osalta. Tarkastelua voitaisiin kehittää esimerkiksi tutkimalla epäsuorien kustannusten vaikutusta eri laattarakenteisiin numeroiden muodossa. Lisäksi vertailuihin voitaisiin ottaa mukaan talviolosuhdeiden vaikutus kustannuksiin, jolloin vertailusta saataisiin vieläkin kattavampi.

## LÄHTEET

Betonikeskus ry. 2011. Betonielementtien toleranssit. Viitattu 27.1.2016  
[http://asv.fi/sites/default/files/asv\\_betonielementtien\\_toleranssit\\_2011.pdf](http://asv.fi/sites/default/files/asv_betonielementtien_toleranssit_2011.pdf)

Betonikeskus ry & Rakennusteollisuus RT. 2009. Asuinrakennusten ääniteknii-  
kan täydentävä suunnitteluohje. Viitattu 19.1.2016  
[http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21797/Suunnitteluohje\\_final\\_osa1.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21797/Suunnitteluohje_final_osa1.pdf).

Betoniteollisuus ry. 2010a. Elementtisuunnittelu. Elementtien asennus.  
Viitattu 20.12.2015  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>.

–2010b. Elementtisuunnittelu. Rakennejärjestelmät. Asuinrakennukset.  
Viitattu 12.12.2015  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/asuinrakennukset>.

–2010c. Elementtisuunnittelu. Rakennejärjestelmät. Pysäköintilaitokset.  
Viitattu 19.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/pysakointilaitokset>.

–2010d. Elementtisuunnittelu. Runkorakenteet. Laatat. Kuorilaatat.  
Viitattu 20.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat>.

–2010e. Elementtisuunnittelu. Runkorakenteet. Laatat. Ontelolaatat.  
Viitattu 29.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>.

–2010f. Elementtisuunnittelu. Runkorakenteet. Liittorakenteet.  
Viitattu 10.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/liittorakenteet>.

–2010g. Elementtisuunnittelu. Suunnitteluprosessi. Normit ja standardit. EN-  
tuotestandardit ja CE-merkintä. Viitattu 11.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit/en-tuotestandardit-ja-cemerkinta>.

Betoniteollisuus ry. 2013. Kuorilaattojen asennusohje. Viitattu 11.1.2016  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23917/Kuorilaattojen%20asennusohje.pdf>.

Betoniteollisuus ry 2016a. Valmisbetoni. Suunnittelu. Rakenteellinen paloturvalli-  
suus. Viitattu 12.1.2016  
<http://www.valmisbetoni.fi/suunnittelu/rakenteellinen-paloturvallisuus>.

–2016b. Valmisbetoni. Toteutus. Betonilattiat. Viitattu 15.1.2016  
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/betonilattiat>.

–2016c. Valmisbetoni. Toteutus. Kosteudenhallinta. Viitattu 15.1.2016  
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/kosteudenhallinta>.

Kylliäinen, M. 2011. Kivitalojen ääneneristys. Helsinki: Suomen rakennusmedia.

Lydman, M. 1998. Yhdistelmärakenteet. Helsinki: Lohja Rudus Oy.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

SFS-EN 13747 +A2. 2010. Betonivalmisosat. Kuorilaatat. Helsinki: SFS.

SFS-EN 1992-1-2. 2005. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2. Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. Helsinki: SFS.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja by 201. 5, uud. painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys, ry. 1992. Kuorilaattarakenteisen pysäköintilaitoksen ympäristöluokitus. Viitattu 8.1.2016  
[http://www.betoniyhdistys.fi/media/normikortit/normikortti\\_13.pdf](http://www.betoniyhdistys.fi/media/normikortit/normikortti_13.pdf)

Suomen Betoniyhdistys ry & Teräsrakenneyhdistys ry. 2012. Liittorakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 4- oppikirja BY 58. 1. painos. Helsinki: BY-Koulutus Oy, Teräsrakenneyhdistys ry.

Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy, TTY & Ympäristöministeriö. 2015a. Kosteudenhallinta. Rakenteet. Välipohjat. Ontelolaattavälipohjan kosteusriskikohtia. Viitattu 3.1.2016  
<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/vaelipohjat/ontelolaattavaelipohjan-kosteusriskikohtia>

–2015b. Kosteudenhallinta. Rakenteet. Välipohjat. Paikallavalettu välipohja. Viitattu 3.1.2016  
<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/vaelipohjat/paikalla-valettu-vaelipohja>.

Rakennusteollisuus RT, Betonikeskus ry. 2009. Asuinrakennusten äänitekniikan täydentävä suunnitteluohje. Viitattu 11.1.2016  
[http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21797/Suunnitteluohje\\_final\\_osa1.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21797/Suunnitteluohje_final_osa1.pdf).

Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry. 2012. Ratu 0390. Kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö. Helsinki: Rakennustieto Oy.  
RT 83-10902 2007= Rakennustietosäätiön ohjetiedosto RT 83-10902 . Välipohjarakenteita. Rakennustietosäätiö RTS.

RTT Rakennustuoteteollisuus ry. 1995. Valmisosarakentaminen II Osa I Liittorakenteet. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Rodus. 2016. Nopeammin päällystettävät NP-lattiabetonit. Viitattu 5.1.2016  
<http://www.rodus.fi/Download/23827/Nopeammin%20p%C3%A4%C3%A4llystet%20NP-lattiabetonit.pdf>.

YBT Oy. 2016. Materiaalia kuorilaattoihin liittyen.