



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Anssi Oinonen

# Välipohjaratkaisujen vertailu kerrostalorakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

19.2.2021

Tekijä Otsikko	Anssi Oinonen Välipohjaratkaisujen vertailu kerrostalorakentamisessa
Sivumäärä Aika	56 sivua 19.2.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Lehtori, Kimmo Sani, Metropolia AMK Hankinta ja Kehitysjohtaja, Päivi Hietanen, EKE-Rakennus Oy
<p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää erilaisten välipohjaratkaisujen toteutusta aikataulujen sekä kustannusten näkökulmasta. Aikatauluja määrittäessä ei keskitytty tuotannosuunnitteluun vaan määritettiin työmaalla tapahtuvien työvaiheiden kokonaiskesto. Tutkimus toteutettiin EKE-Rakennus Oy:n toimeksiantona.</p> <p>Tutkimus toteutettiin suurimmaksi osaksi kirjallisuustutkimuksena, mutta työtä varten järjestettiin myös kysely yrityksen henkilöstölle. Kyselyyn valittiin henkilöitä, joilla on pitkä kokemus erilaisten välipohjien toteuttamisesta. Kyselyn tuloksien avulla kartoitettiin erilaisten välipohjaratkaisujen hyviä ja huonoja puolia toteutuksen suhteen sekä mahdollisia potentiaalisia ongelmia. Työmaahenkilöstön kanssa käytiin myös vapaata keskustelua, jotta nykyiset käytännöt sekä toteutustavat tulivat paremmin selville.</p> <p>Kirjallisuustutkimuksen, kyselyn sekä vapaan keskustelun ansiosta saatiin määritettyä eri toteutustapojen kustannukset ja työvaiheiden määrät sekä kestot. Eri toteutustapojen välillä huomattiin olevan merkittäviä eroja kustannusten sekä työmaalla tapahtuvien työvaiheiden kanssa. Tutkimuksesta saadut tulokset pohjautuvat pääosin kirjallisuustutkimukseen, joten tulokset ovat puhtaasti teoreettisia.</p> <p>Välipohjaratkaisun valinnalla on erittäin suuri merkitys työmaatoteutuksessa. Valintaa tehdessä on tärkeää miettiä työmaalla aiheutuvia kustannuksia sekä työmaalla tapahtuvien työvaiheiden määrää. Työmaalla tapahtuvilla työvaiheilla on suuri merkitys ulkoisten resurssien käyttöön, työnsuunnitteluun, tuotannonohjaukseen sekä valvontaan. Eri välipohjaratkaisuissa kannattaa huomioida myös vuodenaikojen vaikutus toteutukseen, koska esimerkiksi betonointien kuivumisajat vaikuttavat merkittävästi hankkeen etenemiseen.</p>	
Avainsanat	Luja-Superlaatta, ontelolaatta, paikallavalu, välipohja

Author Title	Anssi Oinonen Comparison of Intermediate Floor Solutions in Apartment Building
Number of Pages Date	56 pages 19 February 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Construction Project Management
Instructors	Kimmo Sani, Principal Lecturer, Metropolia AMK Päivi Hietanen, Acquisition and Development Director, EKE-Rakennus Oy
<p>The aim of the thesis was to study the various intermediate floor solution (IFS) implementations from schedule and cost perspective. The focus in determining the schedules was on the durations of different work stages. Production planning was excluded. The research was commissioned by EKE-Rakennus Ltd.</p> <p>The thesis was mainly executed as a literature study. However open discussions and a survey were conducted among the company's staff to examine the advantages and disadvantages of various IFS implementations and the potential problems that may occur during their construction.</p> <p>Using the afore mentioned methods the cost of different implementations and work stage durations were determined. The result of the research is mainly based on the literature review, hence the results are theoretical.</p> <p>It is necessary to acknowledge costs and the number of work stages at the site when choosing the type of IFS solution. Working phases greatly affect the use of external resources, work planning, production control and supervising.</p>	
Keywords	hollow core slab, cast-in-place, Luja-Superlaatta, intermediate base solution.

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkimusongelma	1
1.3	Tavoite	2
1.4	Rajaus	2
1.5	Tutkimusmenetelmät	3
1.6	CASE-kohteen esittely	3
2	Välipohjaratkaisut	4
2.1	Luja-Superlaatta	4
2.1.1	Rakenne	5
2.1.2	Tekniset tiedot	7
2.1.3	Laattatyypit ja valmistus	7
2.2	Ontelolaatta ja lattialämmitys	9
2.2.1	Toteutus	10
2.2.2	Rakenne	11
2.2.3	Tekniset tiedot	12
2.2.4	Laattatyypit ja valmistus	13
2.3	Kylpyhuonelaatta ja talotekniikka	14
2.4	Kuorilaatta	15
2.5	Paikallavalurakenteinen välipohja ja lattialämmitys	17
2.5.1	Toteutus	17
2.5.2	Rakenne	24
2.5.3	Tekniset tiedot	24
3	Elementtiasennus	25
3.1	Toteutus	25
3.1.1	Toimitus työmaalle	25
3.1.2	Elementtien asennus	26
3.1.3	Holvin raudoitus ja saumavalut	26
3.2	Ontelolaatan asennus	27
3.3	Luja-Superlaatan asennus	27
3.4	Elementtiasennuksen aikataulusuunnittelu	28

4	Case-kohteen rakenteiden toteutus	30
4.1	Luja-Superlaatta	30
4.2	Ontelolaatta	30
4.3	Paikallavalurakenteinen	32
4.4	Case-kohteen välipohjaratkaisujen yhteenveto	33
5	Välipohjaratkaisujen vertailu	34
5.1	Kustannusten vertailu	34
5.1.1	Luja-Superlaatta	34
5.1.2	Ontelolaatta	35
5.1.3	Paikallavalurakenteinen välipohja	39
5.2	Aikataulujen vertailu	40
5.2.1	Luja-Superlaatta	40
5.2.2	Ontelolaatta	41
5.2.3	Paikallavalurakenteinen välipohja	44
5.3	Välipohjaratkaisujen vertailun yhteenveto	46
6	Kyselytutkimus	48
6.1	Käytetyin välipohjaratkaisu	49
6.2	Paikallavalurakenteinen välipohja	49
6.3	Ontelolaatoilla toteutettu välipohja	49
6.4	Luja-Superlaatoilla toteutettu välipohja	50
6.5	Toteutuksien potentiaaliset ongelmat	50
7	Johtopäätökset	51
8	Yhteenveto	53
	Lähteet	54

## Lyhenteet

2+1	Työryhmä, joka sisältää 2 rakennusammattimiestä (RAM) sekä yhden rakennusmiehen (RM).
12M	12 moduulimitta. Yksi moduulimitta vastaa 100 mm.
AP	Alapohja
Jm	Juoksumetri
OL32/O32	Ontelolaatta, jonka paksuus on 320 mm.
T3-aika	Tehollinen työaika, johon ei huomioida yli tunnin kestäviä keskeytyksiä.
Tth	Työntekijätunti
Työmenekki	Työntekijän, koneen tai työryhmän tarvitsema aika, yhden suoritusyksikön toteuttamiseen.
XC1	XC rasitusluokan rasitustekijänä on karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio. Luokka 1 tarkoittaa, että ympäristö on kuiva tai jatkuvasti märkä.
XC3	XC rasitusluokan rasitustekijänä on karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio. Luokka 3 tarkoittaa, että ympäristö on kohtalaisen kostea.
YP	Yläpohja

## 1 Johdanto

Välipohjaratkaisulla on suuri merkitys rakennushankkeen kulkuun, aikatauluihin sekä kustannuksiin. Rakennusaikaisten työvaiheiden yhteensovittamisen haasteisiin ja työmaalla tapahtuviin ylimääräisiin työvaiheisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota työmaan sujuvuuden ja aikataulujen takia. Välipohjien toteutus tahdistaa useita seuraavia työvaiheita, minkä takia niiden toteutus tulisi saada mahdollisimman nopeaksi ja ongelmattomaksi.

### 1.1 Tausta

Tämä opinnäytetyö tehdään EKE-Rakennus Oy:lle. EKE-Rakennus Oy on suomalainen perheyriety, jonka toimiala on asunto- ja toimitilarakentaminen. Yritys on aikaisemmin käyttänyt kohteissaan pääosin ontelolaatta välipohjaratkaisua, johon on asennettu vesikiertoinen lattialämmitys. Yritys on harkinnut ottavansa käyttöön tuleviin kohteisiin vaihtoehtoisen välipohjaratkaisun, Luja-Superlaatan. Luja-Superlaatta on 2017 julkistettu välipohjaratkaisu, jota Suomessa valmistaa ainoastaan Lujabetoni Oy. Luja-Superlaatatassa on jo tehtaalla asennetut lattialämmityspotket, kylpyhuoneiden talotekniikka ja lattiakaadot, jolloin suuri osa työvaiheista jää pois rakennustyömaalta.

Luja-Superlaattaa valmistaa vain yksi yritys. Tutkimuksessa huomioidaan paikallavälikenteisen välipohjaratkaisun toteutus, mahdollisten Luja-Superlaattojen toimitusongelmien takia varavaihtoehdoksi.

Tutkimuksessa esiintyvät elementtimäärät, rakennepaksuudet ja toteutustavat perustuvat EKE-Rakennuksen käynnissä olevaan CASE-hankkeeseen, joka sijaitsee Espoossa.

### 1.2 Tutkimusongelma

Edellä esitellyistä yrityksen tarpeista ja Luja-Superlaatan käyttöön ottamisen harkitsemisesta tulevissa rakennus kohteissa päädyin seuraavan tutkimusongelmaan. Tutkimusongelmana on selvittää onko Luja-Superlaatta välipohjaratkaisu kilpailukykyinen muihin välipohjaratkaisuihin verrattuna. Ongelman selvittämiseksi tulen vertailemaan

ontelolaattavälipohjan ja paikallavalurakenteisen välipohjan toteuttamisen kustannuksia ja työmaalla tapahtuvien työvaiheiden kestoja vertaillen niitä Luja-Superlaatan toteutukseen.

Paikallavalurakenteisten- ja ontelolaattavälipohjaratkaisujen toteutuksessa on useita eri vaiheita, joiden sujuva yhteensovitus on haasteellista. Jokaisessa toteutustavassa on lisäksi erilaisia huomioitavia näkökulmia, esimerkiksi ontelolaatan onteloihin voi kertyä vettä, jolloin työmaalla joudutaan tekemään onteloporauksia. Pahimmassa tapauksessa onteloporauksia joudutaan tekemään ontelon alapinnan ollessa tasoitettuna ja tällöin tasointi joudutaan uusimaan veden poistamisen jälkeen. Kaikki tällainen lisätyö vaikuttaa rakennusaikaisiin aikatauluihin ja kustannuksiin. Lattiavalujen kuivumisaikojen vaikutusta aikatauluihin ei myöskään tule väheksyä. Riippuen vallitsevista kuivumisolosuhteista esimerkiksi kylpyhuoneen kaatovalujen hidas kuivuminen voi vaikuttaa merkittävästi seuraavien työvaiheiden aloitukseen.

### 1.3 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on, että tutkimustuloksen perusteella yritys pystyisi muodostamaan selkeän kuvan erilaisten välipohjaratkaisujen kustannustehokkuudesta ja työmaatoteutuksien sujuvuudesta. Luja-Superlaatan hankintahinta on ontelolaattaa suurempi. Tutkimuksessa on tarkoitus selvittää onko työmaalla poisjäävien työvaiheiden kustannukset niin suuret, että Luja-Superlaatta tulee kokonaiskustannuksiltaan ontelovälipohjaratkaisua edullisemmaksi.

### 1.4 Rajaus

Tutkimuksessa tutkitaan puolueettomasti ontelolaatta-, paikallavalurakenteisen- ja Luja-Superlaattavälipohjaratkaisun kokonaiskustannusten ja aikataulullisten asioiden eroavaisuudet. Opinnäytetyön aihetta tarkastellaan rakentamisen ajan hankinta- ja työ- kustannuksien ja aikataulujen osalta. Tutkimuksessa huomioidaan eri ratkaisuiden kokonaiskustannukset, erilaisten toimijoiden määrä ja toimijoiden yhteensovituksen haasteet.

CASE-kohdetta tutkiessa välipohjaratkaisuiden teknisistä ominaisuuksista rajataan pois äänitekniset ominaisuudet, kantavuudet ja palonkestävyys. Kaikki välipohjaratkaisut

täyttävät edellä mainitut vaatimukset. Teknisistä ominaisuuksista huomioidaan esimerkiksi onteloporaukset ja välipohjalaattojen leveyserot, koska niillä on selkeä vaikutus kohteiden kustannuksiin ja aikatauluihin. Välipohjaratkaisujen vertailussa käytetään Case-kohteen O32 onteloiden, O32K kololaattojen sekä KL32 kuorilaattojen pinta-alaa, jotka on varustettu lattialämmityksellä.

### 1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään yrityksen aikaisempien kohteiden toteumatietoa ja työmaahenkilöstön aikaisempaa kokemusta välipohjaratkaisujen toteuttamisesta. Työmaahenkilöstön kanssa käydään vapaata keskustelua aikaisempien hankkeiden toteutuksien ongelmista ja onnistumisista. Aikaisempien kohteiden toteumatietoja etsitään yrityksen järjestelmästä ja niitä hyödynnetään tähän hankkeeseen. Toteumatietojen sekä urakkasopimusten avulla saadaan muodostettua työvaiheiden sekä erilaisten toteutustapojen kokonaiskustannukset. Aikaisempien kohteiden toteumatietoja sovelletaan tutkittavaan kohteeseen, esimerkiksi huomioimalla rakenteiden kerrospaksuudet. Lähteinä hyödynnetään materiaalitoimittajien tuotetietoja sekä alan kirjallisuutta.

Tutkimuksessa järjestetään myös kysely yrityksen henkilöstölle liittyen välipohjaratkaisujen työmaatoteutukseen sekä mahdollisiin potentiaalisiin ongelmiin. Kyselyt toteutetaan siten, että kysymykset ovat valmiiksi päätetty ja ne ovat kaikille kyselyyn osallistuville samoja. Kysymykset ovat avoimia kysymyksiä, ilman valmiita vastausvaihtoehtoja. Kysymykset esitetään välipohjaratkaisujen toteutuksen näkökulmasta huomioiden vaihtoehtojen aikataulut sekä kustannukset.

### 1.6 CASE-kohteen esittely

Tutkimuksessa mainitut välipohjaratkaisujen toteutustavat, elementtimäärät ja rakenepaksuudet perustuvat EKE-Rakennus Oy:n kohteeseen, joka sijaitsee Espoossa. Kohde on kolmiportainen 6-8-kerroksinen asuinkerrostalo. Tutkimuskohteeksi rajataan lattiapinta-ala, johon asennetaan lattialämmitys. Kohteessa on 1-tasoinen pysäköintilaitos ja sen yläpuolinen pihakansi. Tontin pinta-ala on 7488 m<sup>2</sup>. Koko kohteen kokonaisala on 9764 m<sup>2</sup>, huoneistoala 5143,5 m<sup>2</sup>, kokonaistilavuuden ollessa 34 237 m<sup>3</sup> (sisältää kylmän autohallin) [1].

Koko kohde kattaa 43 asuntoa ja yhden liiketilan, tutkimuksessa tutustutaan kuitenkin vain 38 lattialämmitettyyn asuntoon sekä niiden kylpyhuoneisiin. Perustustapana käytetään paikallavalettuja anturoita. Ulkoseinät ja kantavat väliseinät toteutetaan betonielementeillä. Kellarikerroksen katto toteutetaan paikallavaluna. Muiden kerrosten välipohjissa käytetään ontelolaattoja, kerrostasolaattoja, massiivilaattoja ja ulokeparvekkeiden kohdat toteutetaan kuorilaatoilla. Kohteen välipohjalaattojen pinta-ala on yhteensä 2285 m<sup>2</sup>. Tutkimuksessa käytetyt välipohjaneliöt ovat 2075 kappaletta. Välipohjat toteutetaan O32 ontelolaatoilla, KL32 kuorilaatoilla sekä O32K kylpyhuoneen kololaatoilla. [1.]

Kohteeseen on myös saatu tarjous Luja-Superlaattojen osalta, tätä tarjousta tullaan hyödyntämään välipohjaratkaisujen kokonaisvertailussa.

## 2 Välipohjaratkaisut

Tässä luvussa perehdytään erilaisten välipohjaratkaisujen rakenteisiin, toteutuksiin sekä välipohjaratkaisujen teknisiin tietoihin. Tämän luvun tietoja hyödynnetään erilaisten välipohjaratkaisujen vertailussa.

### 2.1 Luja-Superlaatta

Luja-Superlaatan innovaation alkuperäinen kehitystyö on tehty Kööpenhaminassa Tanskan Teknillisessä Yliopistossa. Tuotteen kaupallistamista varten perustettiin Abeo A/S vuonna 2010, joka esitteli tuotteen vuonna 2012 nimellä SL-Deck. [2, s. 2.] Luja-Superlaatta on Lujabetonin kehittämä välipohjaratkaisu, jonka tarkoituksena on yhdistää ontelolaatan sekä paikallavalun parhaat ominaisuudet [3]. Luja-Superlaatta on Lujabetoni Oy:n 2017 julkaisema välipohjaratkaisu, joten tuote on suhteellisen uusi. Tuote suunnitellaan Lujabetonin omilla suunnittelijoilla, jolloin tuotannon ja suunnittelun yhteistyö saadaan toteutettua tehokkaammin. [4, s. 5.] Luja-Superlaatta soveltuu kerrostalo- ja toimitilarakentamiseen. Elementit ovat kevyitä ja niiden maksimi leveys on kolme metriä. Superlaattojen asennusnopeus vastaa ontelolaattojen asennusnopeutta, mutta laattojen pinta-alan ollessa suurempi, välipohjan asennusneliöt toteutuvat nopeammin. Elementit ovat esijännitetyjä ja niiden avulla on mahdollista toteuttaa pitkät jännevälit välipohjassa. Tuotetta on toimitettu Suomessa jo yli 30 000 m<sup>2</sup>. [3.]

Elementin monikerroksinen rakenne mahdollistaa kylpyhuoneen kaivojen ja viemäreiden, sähköputkituksen, ulokeparvekevaraukset ja lattialämmityksen asennuksen elementin sisään. Asennukset tehdään jo tehtaalla laatan sisään, jolloin työvaiheet jäävät pois työmaalta. [2, s. 2.] Kylpyhuonelaatat kaatovaluineen, ulokeparvekevaraukset laatan sisäisine raudoituksineen ja hormielementtien kytkentävaraukset ovat osa mahdollisista ratkaisuista Luja-Superlaatan toteutuksessa [3].

Kolmen metrin laattaleveyden avulla voidaan vähentää nostojen määrää, työmaan nosturitunteja sekä saumavalujen määrää asennusvaiheessa [3]. Lopputuloksena työmaan läpivirtaus paranee merkittävästi.

### 2.1.1 Rakenne

Luja-Superlaatassa käytetään korkealujuusbetonia vain sillä osalla, jossa siitä saadaan rakenteellista etua. Korkealujuusbetonin lisäksi elementti sisältää kevytsorabetoniinserttejä. [3.] Luja-Superlaatan rakenne on esijännitetty teräsbetoni-laatta, joka rakenteeltään toimii esijännitetyn ripalaatan tavoin [2, s. 2]. Kevytsorabetoni suojaa raudoitettua poikkisuuntaista palkistoa mm. palorasitukselta. Valmistustekniikka ja rakenne mahdollistavat suurten aukkojen, erikoismuotoilujen, tartuntojen ja lisäraudoitusten toteuttamisen. [3.] Kuvasta 2 nähdään esimerkki Luja-Superlaatan erikoismuotoilusta.



Kuva 1. Valmistustekniikkansa ansiosta Luja-Superlaatta taipuu jopa 12 metrin jänneväleihin ja erilaisiin arkkitehtonisiin muotoihin [3].

Laatan itsetiivistävä betoni mahdollistaa joustavan muotoilun ja kevytsorabetoni-insertit keventävät laatan rakenteen [3]. Kevytsorabetoni-insertit valetaan laattaan täysin koneellisesti määritetyn suunnitelman mukaan. Laatan rakenne on suunniteltu siten, että siinä ei ole onteloita, joten vettä ei pääse kertymään laatan sisään. Kosteudenhallinta työmaalla helpottuu tämän ansiosta huomattavasti. [2, s. 2.] Kuvasta 3 nähdään Luja-Superlaatan rakenne.



Kuva 2. Luja-Superlaatan itsetiivistävä betonointi, kevytsorabetoni-insertit ja poikkisuuntainen raudoitettu palkisto [3].

Kevytsorabetoni-insertit keventävät laatan kokonaispainoa ja siten vähentävät tarvittavia tukevia rakenteita sekä helpottavat asennusta ja kuljetusta. Kevytsorabetoni-inserttien avulla saavutetaan myös laatan parempi palonkesto ja ääneneristävyys. [4, s. 15.]

Kylpyhuonelaattoihin ei normaalisti tule kevytsorabetoni-inserttejä, jolloin paino vastaa esijännitettyä massiivista betonilaattaa [4, s.14]. Kolmen metrin perusleveyyden ansiosta asennus nopeutuu ja saumavalujen kustannuksissa voidaan saavuttaa 60% säästö ontelolaattaan verrattuna. Vakiona laatan palonkesto on 120 minuuttia, kevytsorakeroksen suojatessa kantavia jännepunoksia. [3.]

Luja-Superlaatalla on mahdollista toteuttaa myös jäykkiä liitoksia, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi korkeassa rakentamisessa. Luja-Superlaatta on varustettu suoran noston mahdollistavilla nostoelimillä, jolloin nostosaksia tai -puomia ei tarvita. Suoran noston nostoelimillä elementin nosto on nopeampaa ja turvallisempaa. [3.]

### 2.1.2 Tekniset tiedot

Luja-Superlaatan perusleveys on 3 metriä ja maksimi pituus 12 metriä. Leveyden ollessa kolme metriä, laatan maksimipituus on 9 ja 9,5 metrin välillä. Laatan leveyttä voidaan muuttaa vapaasti, mutta normaalisti laatan minimileveytenä pidetään yhtä metriä. Märkätiloissa maksimijänneväli on 8-9 metriä riippuen laattaleveyksistä ja kohteen kuormista. [2, s. 2.] Kerrostasolaatan paksuus on 270 mm ja AP/YP-laatan 220 mm. Kahden erilaisen betonilaadun yhdistelmän avulla tuotteen ääneneristävyys on parempi kuin perinteisillä välipohjaratkaisuilla. Luja-Superlaatta antaa asuinnoille lisää sisäkorkeutta ontelolaattaan verrattuna, tuotteen paksuuden ollessa vain 270 mm, laatan paino on vain  $470 \text{ kg/m}^2$ , suositellun suunnittelupainon ollessa  $500 \text{ kg/m}^2$ . Tuotteen paksuuden ollessa 220 mm, laatan paino on vain  $382 \text{ kg/m}^2$ , suositellun suunnittelupainon ollessa  $405 \text{ kg/m}^2$ . [3.]

Luja-Superlaatta soveltuu hyvin lämpimiin ja kuiviin sisätiloihin, rasitusluokan ollessa XC1. Luja-Superlaatasta on tarkoitus kehittää myös parkkitaloihin ja muihin säärasituksen alaisiin rakenteisiin soveltuva erikoisversio. [2, s. 6.]

### 2.1.3 Laattatyypit ja valmistus

Luja-Superlaatan kaksi perustyyppiä on SL-270 / 270 mm paksu laatta ja SL-220 / 220 mm paksu laatta [2, s. 3].



Kuva 3. SL-270 tyyppipoikkileikkaus [2, s. 3].



Kuva 4. SL-220 tyyppipoikkileikkaus [2, s. 3].

Molempien laattatyypin pohjakerros muodostuu noin 10 mm paksuisesta ohuella kiviaineksella valetusta pohjakerroksesta, näin saavutetaan laatan tasainen alapinta. Kevytsorainserttien paksuus SL-270 laattatyypissä on 230 mm ja SL-220 laattatyypissä, 180 mm. [2, s. 3.] Kylpyhuonelaattoihin ei normaalisti asenneta kevytsorainserttejä [4, s. 14].

Luja-Superlaatta soveltuu hyvin ulokeparvekelaataksi, koska laatan yläpintaan on mahdollista lisätä rautaa lähes vapaasti. Normaalitapauksessa yläpunokset riittävät eikä ylimääräistä raudoitusta tarvita. Kevytsorainsertit jätetään pois ulokkeen tukipinnan alueelta. [2, s. 6.]

Luja-Superlaatan valmistus aloitetaan muotin rakentamisella puhdistetulle ja öljytylle teräspedille. Muottiin valetaan noin 10 mm paksu betonimassa, joka levitetään käsin. Pohjakerroksen jälkeen valetaan harkkoneella kevytsorainsertit BIM-mallin avulla. Kevytsorainserttien jälkeen vedetään esijännityspunokset ja ne jännitetään, tässä vaiheessa asennetaan myös poikisuuntaiset teräkset sekä mahdolliset lisäraudoitukset suunnitelmien mukaan. [2, s. 3.]

Kevytsorainserttien asennuksen jälkeen laattoihin asennetaan loput suunnitelluista talotekniikka-asennuksista, kuten esimerkiksi sähkö- ja lattialämmitysasennukset. Mahdolliset valaisin- ja jakorasiat on asennettu muottiin jo ennen pohjakerroksen valua. Laatan muiden varustelujen jälkeen asennetaan lattialämmitysputkistot. Lopuksi laatta valetaan itsetiivistävällä betonilla, valun pinta karhennetaan pintalattian tartuntaa varten. Teräspeti peitetään jälkihoitoa ja kovettumista varten lämpöpeitteellä. Luja-Superlaatan yläpintaan levitetään joko pumpattava lattiatasoite, pintabetoni tai LujaFlow 20/60-erikoispintabetoni. [2, s. 3; 4, s. 14.]

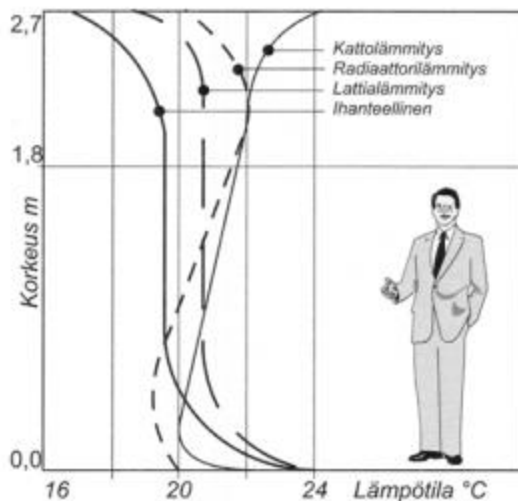
Märkätiloissa käytettävään Luja-Superlaataan asennetaan viemärit ja putkitukset esivalmistelluista osapaketeista heti muotituksen jälkeen. Märkätilalaattoihin ei tule kevytsorabetoni-inserttejä eikä erillistä noin 10 mm pohjakerrosta. Märkätilat valetaan pohjakerrokseen IT-betonivalun yhteydessä. Märkätilavaraukset valetaan noin 2-3 tuntia itsetii-

vistyvän betonivalun jälkeen erillisellä kaatolattiamassalla. Märkätilojen osalta laatan yläpintaan tehdään hiertopinta. [2, s. 3.]

## 2.2 Ontelolaatta ja lattialämmitys

Ontelolaatta on yleisin väli- ja yläpohjarakenne betonirunkoisissa rakennuksissa. Jos ontelolaatta eristetään, se soveltuu käytettäväksi myös alapohjarakenteissa. Ontelolaattoja käytetään asuin-, liike- ja teollisuusrakentamisessa. Ontelolaatat ovat esijännitetyjä laattaelementtejä, joiden rakennetta on kevennetty onteloilla. Ontelot kulkevat laatan pituussuunnassa. [5.]

Lattialämmityksen suosio vaihtoehtoisena lämmitysmuotona patterilämmitykselle asuinkerrostalossa on kasvanut koko ajan suuremmaksi. Patterilämmityksen pystynousut jäävät pois, jolloin äänien kantautuminen muihin asuntoihin vähenee. Lattialämmityspotkia varten asennettava eriste vähentää askeläänien kantautumista muihin asuntoihin. [6, s. 2.] Lattialämmityksen etuna on myös vedoton lämmöntuotto. Lämmöntuotto tapahtuu koko lattian pinta-alalla, lämmin lattia lisää asumisviihtyvyyttä. [7, s. 12.] Kuvasta 6 nähdään lämmön kerrostuminen erilaisilla lämmitysratkaisuilla.



Kuva 5. Lämmön kerrostuminen [7, s. 12].

Kuvasta nähdään, että lattialämmityksen lämmön kerrostumiskäyrä mukailee parhaiten lämmönkerrostumisen ihannekäyrää. Radiaattorilämmityksellä kerrostumiskäyrä poikkeaa merkittävästi lämmönkerrostumisen ihannekäyrästä.

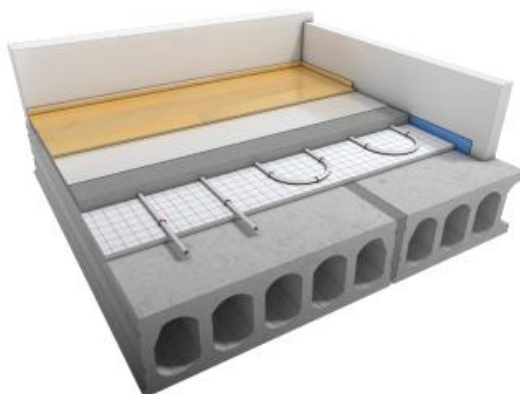
### 2.2.1 Toteutus

Betonirakenteisen välipohjan vesikiertoinen lattialämmitys voidaan toteuttaa monin eri tavoin, lattialämmitysratkaisu vaihtelee välipohjarakenteen mukaan. [8.] Kuvasta 7 nähdään ratkaisu, jossa lattialämmityspotket kiinnitetään raudoitusverkkoon.



Kuva 6. Putkipiirit kiinnitetty raudoitusverkkoon [8].

Jos välipohjaratkaisussa välipohjalaatta raudoitetaan ja valetaan, putkipiirit voidaan kiinnittää raudoitusverkkoon. Jos välipohjaa ei raudoiteta valun yhteydessä niin toteutustapana voidaan käyttää erilaisia eristekerroksia, joihin lattialämmityspotket kiinnitetään esimerkiksi tarkoitukseen soveltuvilla väkäsillä. Eristekerrosten avulla rakenteesta tulee lämpötekniisesti tehokas sekä nopeasti reagoiva ratkaisu. [8; 9.] Kuvasta 8 nähdään kyseinen toteutustapa.



Kuva 7. Tacker-lattialämmitysrakenne [8].

Tacker-lattialämmitysratkaisussa käytetään 30 mm paneelia, joka toimii askeläänieristeenä. Lattialämmityspotket kiinnitetään paneeliin väkäsillä, jonka jälkeen putket peitetään pumpputasoitteella. Lattialämmityspotkien halkaisija on 17 mm ja valumassan minimipaksuus on 40 mm. Molemmissa edellä mainituissa ratkaisuissa tulee huolehtia, että lattialämmityspotkien betonipeitteen paksuus on vähintään 30 mm. [8.]

Lattiapinnoite voidaan yleensä asentaa 1-3 viikon kuluttua tasoituksesta, lämpötilan ollessa +20 °C ja ilmansuhteellisen kosteuden ollessa RH 50%. Tasoitelaatan kuivumisaikaa voidaan nopeuttaa 1-3 viikosta lattialämmityksen avulla, tasoitteen on kuitenkin annettava kovettua vähintään 24 tuntia ennen lämpötilan nostamista. Kuivumisaikoihin vaikuttaa merkittävästi kuivumisolosuhteet ja käytetyt tuotteet. [9.]

### 2.2.2 Rakenne

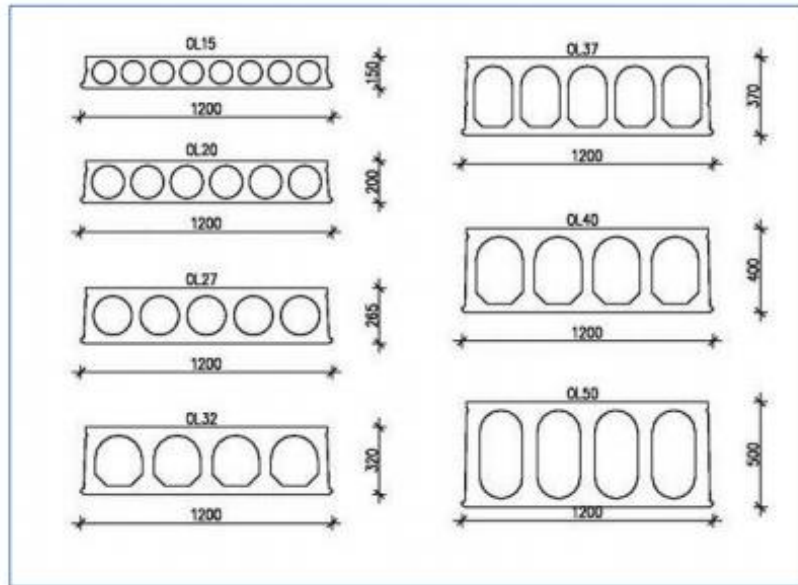
Ontelolaattojen sisällä on onteloita, joita voi käyttää sähkö, ym. putkitusten asennustilana. Onteloihin voi kerääntyä vettä, minkä vuoksi ontelolaattoihin porataan tehtaalla vedenpoistoreikiä. [10, s. 6.] Onteloiden muoto, määrä ja korkeus vaihtelevat laatan korkeuden mukaan. [5.]

Laatan molempien päiden alapintaan porataan reiät noin 500 mm etäisyydelle laatan päistä, reikien halkaisijat ovat 12 mm tai 14 mm. Jos laatan päähän on suunniteltu Deha-nostotapit, reiät porataan metrin etäisyydelle laatan päästä. Jos kylpyhuonelaatoissa varaus on laatan päässä, reiät porataan vain laatan toiseen päähän. Rakennusvaiheessa mahdollisesti laatan sisään kertyvä vesi pääsee poistumaan vedenpoistoreiän kautta. [10, s. 6.]

Vedenpoistoreiät on pidettävä auki, kunnes vesi ontelolaatan sisältä on poistunut. Tilaaajan on tehtävä tarvittavat lisäreiät vedenpoistoa varten, jos jälkivalu, varauskolo tai aukko estää veden poistumisen laatan päästä. Työmaan vastuulla on valvoa, että vesireiät pysyvät auki, eivätkä ne pääse tukkeutumaan. Vesireiät täytetään viimeistelytyöiden yhteydessä. Vesireikiä ei saa sulkea ulkotiloissa eikä muissa kosteissa tiloissa olevissa laatoissa. Jos kohteessa tarvitaan normaalia suurempia vedenpoistoreikiä, ne tehdään erikseen sovittavalla vastuujalla (tehdas/tilaaja). [10, s. 6.]

### 2.2.3 Tekniset tiedot

Ontelolaatta on hyvin standardoitu tuote. Ontelolaattojen valmistukseen käytetään C40-C70 betonia. Onteloiden määrä, muoto ja korkeus määrittyvät ontelolaatan korkeuden mukaan. Perusleveys ontelolaatassa on 1200 mm. Suomessa yleisesti käytettäviä ontelolaatan korkeuksia ovat 150 mm, 200 mm, 265 mm, 320 mm, 370 mm, 400 mm ja 500 mm. [5; 10, s. 12.] Kuvasta 9 nähdään ontelolaattojen poikkileikkaukset.



Kuva 8. Ontelolaattojen poikkileikkauksia [5].

Onteloiden päihin asennetaan tehtaalla muovitulpat, joilla estetään saumavalun pääsy onteloihin. Välipohjalaatta ja tuulettuvan alapohjan eristetty ontelolaatta mitoitetaan rasiusluokkaan XC1. Tuulettuvan alapohjan ontelolaatta mitoitetaan rasiusluokkaan XC3. [10, s. 7.] Ontelolaattojen maksimi jänneväli on 20 metriä. [5.] Taulukosta 1 nähdään erilaisten ontelolaattatyyppien korkeudet, painot ja maksimijännevälit.

Taulukko 1. Ontelolaattojen tekniset tiedot [5].

Laatta tyyppi	Laatan korkeus (mm)	Elementin paino ( $\text{kg/m}^2$ )	Paino saumattuna ( $\text{kg/m}^2$ )	Vähimmäistukipinta (mm)	Maksimijänneväli (m)
O15	150	205	215	60	7
O20	200	245	260	60	11
O27	265	360	380	60	13,5
O32	320	380	400	60	16
O37	370	485	510	60	14
O40	400	435	465	100	18,5
O50	500	560	600	100	20

Asuinkerrostalojen välipohjissa käytetään yleisesti paksuudeltaan 370 mm ontelolaatta, jotta ääneneristävyysvaatimukset täyttyvät. Ontelolaatan painon tulee olla vähintään 500 kg/m<sup>2</sup> saumattuna, jotta ääneneristävyys täyttyy ilman lisäeristystä. Ääneneristävyys voidaan täyttää myös 320 mm paksulla ontelolaatalla, jos välipohjaan lisätään ääneneristystä. [5; 10, s. 12.]

#### 2.2.4 Laattatyypit ja valmistus

Ontelolaattojen laattatyyppi vaihtelee käyttökohteen mukaan. Ontelolaattaa käytetään ylä-, väli- sekä alapohjarakenteena. Seuraavasta luettelusta nähdään erilaisten laattatyyppien tyypillisiä käyttökohteita. [11, s. 3.]

- **O20** Pientalorakentamiseen ja teollisuushallien vesikatteeksi.
- **O27** Yleisesti rakentamisessa. Valmistetaan myös kololaattana.
- **O32** Pääasiassa liike- ja toimistorakennuksissa. Valmistetaan myös kololaattana.
- **O37** Asuinrakennuksissa. Valmistetaan myös kololaattana.
- **O40** Pitkillä jänneväleillä toimisto- ja liikerakennuksissa. Soveltuu myös teollisuus- ja varastorakentamiseen.
- **O50** Raskaasti kuormitettujen varasto-, teollisuus- ja liikerakennusten väli- ja alapohjissa. Käytetään myös pysäköintitaloissa ja pihakansissa.

Laattojen valaminen toteutetaan liukuvaluna pitkien teräksisten valupetien päällä. Valussa käytetään niin jäykkää massaa, ettei erillisiä muottilaitoja tarvita vaan laatta säilyttää muotonsa valukoneen muotoilun ja tiivistämisen jälkeen. [5.] Mahdolliset varaukset ja aukot tehdään tehtaalla tuoreeseen betoniin, jonka jälkeen valu peitetään. Esijännitetyt teräkset vapautetaan, kun laukaisulujuus on saavutettu. Ontelolaatta sahaan oikeisiin pituuksiin ja toimitetaan välivarastoon odottamaan toimitusta työmaalle. Ontelolaattojen reikä- ja syvennysvarukset voidaan varustaa tehtaalla asennetuilla vanerisilla aukkosuojauslevyillä. Ontelolaattojen mukana toimitetut aukkosuojauslevyt tulee tarkistaa laattojen asentamisen jälkeen ennen muiden töiden aloittamista. [10, s. 6.]

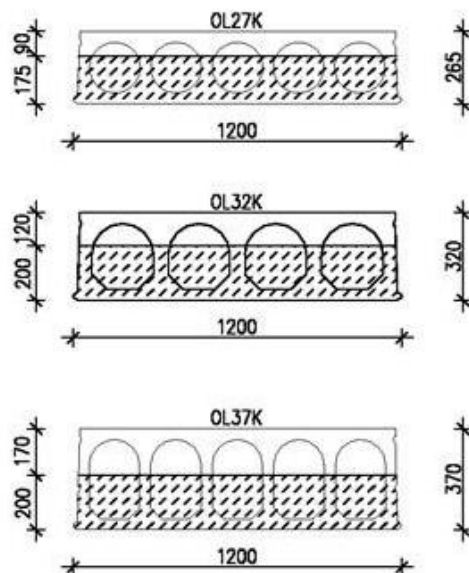
Ontelolaatasto pyritään toteuttamaan siten, että 1200 mm leveitä ontelolaattoja käytettäisiin mahdollisimman paljon. Jos rungon 12M-kerrannaismitoituksesta poiketaan, joudutaan ontelolaattoja kaventamaan. Kavennukset tehdään tehtaalla ehjistä laatoista sahaamalla, kavennus tehdään onteloiden kohdalta. Kustannustehokkainta on, jos mo-

lemmat puoliskot laatasta voidaan hyödyntää. Vaatimuksena kavennukselle on se, että kavennettuun laattaan jätetään vähintään kaksi ehjää kannasta. Laattatyypin mukainen minimileveys vaihtelee näiden kolmen kannaksen pohjalta, yleensä minimileveys on 400 mm. [5; 10, s. 12.]

Ulokeparvekelaatat voidaan toteuttaa myös ontelolaatoilla. Tällöin on käytettävä yläpunoslaattaa, jossa tarvittava punos asennetaan laatan yläpintaan tehtaalla. Työmaalla voidaan toteuttaa lyhyet ulokkeet laatan yläpinnan lisäraudoituksella. Raudoitus asennetaan joko pintabetoniin tai laattojen saumoihin. Jos ontelolaattoja on tarkoitus käyttää alapohjissa, laattoihin voidaan asentaa jo tehtaalla eristys. Kaikkia ontelolaatan perustyyppiä voi valmistaa myös eristettyjä. [5.]

### 2.3 Kylpyhuonelaatta ja talotekniikka

Kylpyhuoneisiin on kehitetty ontelolaattatyyppejä, joihin voidaan tehdä syvennyksiä talotekniikkaa ja kaatovaluja varten. Kylpyhuonelaattojen mahdollisina vaihtoehtoina on 265 mm, 320 mm ja 370 mm korkeat ontelolaatat. [5.] Kuvassa 10 on esitetty kylpyhuonelaattojen perustyyppit.



Kuva 9. Kylpyhuonelaattojen mitoituksia [5].

Laatan syvennys on 600 mm tai 1200 mm leveän laatan poikkisuunnassa ja syvennyksen korkeus vaihtelee laattatyypin mukaan. Pituussuunnassa laatan syvennys voi sijai-

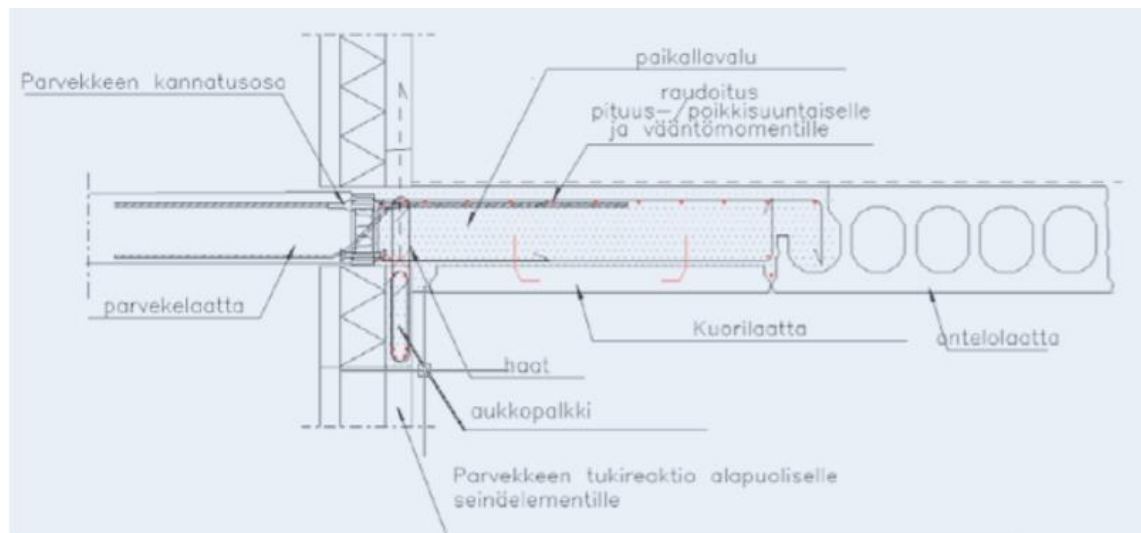
ta laatan keskellä tai päässä, pituusmitan voi valita vapaasti. Syvennyksen maksimipituudeksi suositellaan 3 metriä. Vaihtoehtoisesti kylpyhuoneen kohdalle voidaan sijoittaa matalampia ontelolaattoja talotekniikkaa ja kaatovalua varten. Matalamman ontelolaatan päälle tehdään pintavalu, jolla saadaan toteutettua laatastion kallistukset ja yläpinnan korkeusasema haluttuun korkeuteen. [10, s. 18.]

Tekniikka koostuu vesiputkista, viemäriputkista ja mahdollisista sähköjohdoista. Vesijohtot menevät pyykinpesukoneelle, wc-pöntölle, lavuaareille ja hanoille. Viemäriputket asennetaan lattiakaivoja, lavuaareja, pyykinpesukonetta ja wc-pönttöä varten. Kololaataan asennetaan ensiksi suunniteltu tekniikka, jonka jälkeen asennetaan rauditusverkko. Rauditusverkkoon kiinnitetään lattialämmityskaapelit/putket riippuen lämmitysmuodosta. Lopuksi lattia valetaan suunniteltuun korkoon ja valuun tehdään suunnitelmien mukaiset kaadot veden johtamiseksi kaivoon. [12, s. 3.]

## 2.4 Kuorilaatta

Kuorilaatta on ohut, esijännitetty umpilaattaelementti. Kuorilaatta sekä pintavalu muodostavat yhdessä liittorakenteen. Kuorilaattoja käytetään asuntorakentamisen lisäksi teollisuus-, varasto sekä pysäköintirakentamisessa. Kuorilaatasto sopii ala-, väli ja yläpohjarakenteisiin. Laatat voivat olla joko ansaallisia tai ansaattomia. Asuntorakentamisessa kuorilaattoja voidaan käyttää koko välipohjan alueella, jolloin viemäröinnit ja muu talotekniikka voidaan asentaa pintavaluun. [13, s. 3.]

Kerrostalokohteissa kuorilaattoja käytetään yleisesti osana laatastoaloikeparvekkeiden yhteydessä. Ulokeparvekkeiden tarvitsema lisäraudoitus ankkuroidaan reuna-alueen kuorilaatastion pintavaluun. [13, s. 3.] Kuvasta 11 nähdään kuinka ulokeparvekkeen kannatus toteutetaan laatastoon kuorilaatan välityksellä.



Kuva 10. Ulokeparvekkeen kannatus ja ankkurointi laatastoon [13, s. 3].

Kuorilaatat voivat olla tyyppimerkinnältään esimerkiksi KL100, KL120 ja KL 150. Kuorilaatan paksuuden ilmoittaa tunnuksen perässä oleva luku. Kuorilaatan vakioleveys on 1200 mm. Kavennettujen kuorilaattojen suositeltu minimileveys on 400 mm. Pintalaatan paksuus vaihtelee 100-200 mm välillä. Kuorilaattojen maksimijänneväli on noin 10 metriä. [5; 13, s. 3.]

Kuorilaattojen toteutuksessa tulee huomioida, ettei kuorilaatat itsessään kannata pintavalun aiheuttamia kuormia ennen kuin pintabetoni on saavuttanut nimellislujuuksensa. Tuennan avulla estetään myös laattojen taipuminen, kiertyminen sekä hammastus. Poikkeuksena ovat sellaiset tilanteet, kun laatasto on suunniteltu toteutettavaksi tukemattomana. Pintavalu on merkittävä kuormitustekijä kuorilaatalle valun yhteydessä. Liittorakennemallista, johtuen kuorilaatoissa käytetään väliaikaistukia, kun jänneväli ylittää tukemattoman laataston rajan. Laattojen suunniteltu tukipituus on työnaikaisesti tuettavilla laatoilla 65 mm ja tukemattomilla laatoilla 80 mm. Tukipinnan minimi asennuspituus on tuetuilla laatoilla 35 mm ja tukemattomilla laatoilla 50 mm. Kun betoni on saavuttanut 70 % suunnittelulujuudesta, tuet voidaan poistaa, ellei päärakennesuunnittelija ole määrittänyt muuta purkulujuutta. Kuorilaattojen raudoituksen suunnittelee kohteen rakennesuunnittelija, raudoitus suunnitellaan samoin kuin tavalliset paikallavalulaatat. [5; 13, s. 3.]

## 2.5 Paikallavalurakenteinen välipohja ja lattialämmitys

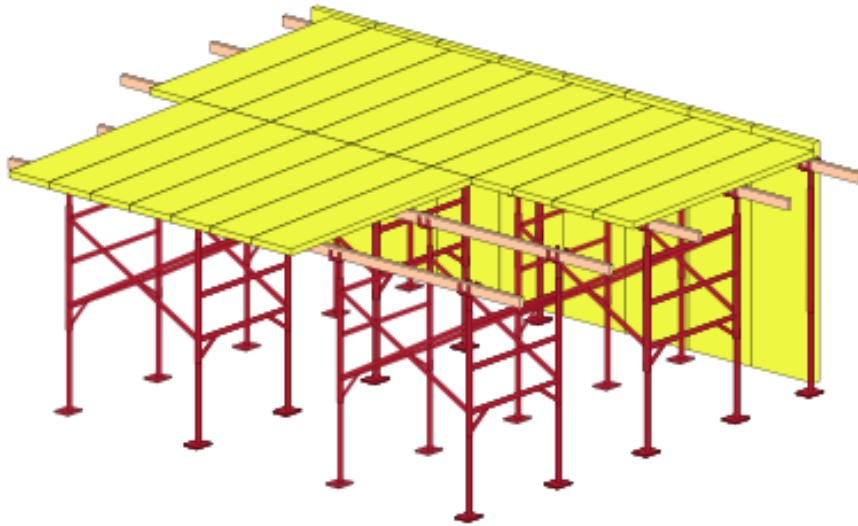
Välipohjien toteutus paikallarakentamalla oli 1960-1970 luvuilla käytetyin tuotantotekniikka. Elementtirakentamisen tullessa markkinoille, paikallavalurakentamisen määrä laski tasaisesti 1990-luvun lopulle saakka. Elementtirakentaminen oli tuotantotekniikaltaan merkittävästi nopeampi kuin paikallavalurakentaminen. Erilaiset elementtirakentamisen laatuongelmat ovat jälleen kasvattaneet paikallavalurakentamisen osuutta. Nykyisin paikallavalurakentamisen tuotantotekniikka on kehittynyt kilpailukykyiseksi elementtiasennuksen kanssa. [14, s. 6.] Paikallavalurakenteisten välipohjien ominaisuuksia ovat talotekniikan helppo integrointi, suunnittelun vapaus, muunneltavuus sekä rakenteiden jatkuvuus. [15, s. 12.] Yleisesti nykypäivän paikallavalurakentaminen mielletään laadultaan hyväksi. Paikallavaluholvin työvaiheita ovat muottityö, raudoitus, talotekniikan asennus, betonointi sekä muottien purku ja muotin huolto. [14, s. 6, 20-22.]

### 2.5.1 Toteutus

Ennen muottityön toteutusta valitaan käytettävä muottikalusto, kohteen laatuvaatimusten ja kaluston teknisen soveltuvuuden perusteella. Valitun kaluston avulla täytyy pystyä toteuttamaan suunniteltu muottikierto ja työturvallinen asennus suunnitellussa aikataulussa. [16, s. 4.]

Muottikaluston kierto saadaan sujuvaksi, kun muottimäärä on 3-4 kertainen valualueeseen nähden. Muottimäärään vaikuttaa merkittävästi välipohjan raudoituksen ja tekniikan asennukseen vaadittu aika, valun toteutusaika, betonin kovettumisaika ja muotin purku sekä kokoaminen. [17, s. 9.]

Asuinkerrostalon tyypillisiä holvimuotteja ovat pöytämuotti ja kasettimuotti, myös vakio-palkeista ja muottilevyistä koostuvaa järjestelmää käytetään. [18, s. 67.] Kuvassa 12 on esitetty kasettimuotin toteutus.



Kuva 11. Holvin kasettimuotti [18, s. 67].

Kasettimuotit ovat rakenteeltaan kevyempiä kuin pöytämuotit. Pöytämuotti on nosturilla siirrettävä kiinteämittainen muotti. Kasettimuotit ovat teräs- tai alumiinirunkoisia muotteja, joiden muottipinta on vaneria. Alumiinirakenteisia muottikalustoja voidaan siirtää käsin. [18, s. 67.]

Paikallavalurakenteisen välipohjamuotin kasaaminen aloitetaan muotin tukilinjoista, tukilinjojen alustan tulee olla tukeva ja tasainen. Alustan ollessa betonilaatta, pystytukien alle pohjapuiksi riittää yleensä laudat. [18, s. 87.] Pystytuet säädetään oikeaan korkoon ja tukiin asennetaan ns. kolmijalat tai tukijalat tuetaan vino- ja vaakatuken avulla. Tukilinjojen päälle asennetaan niskapalkkisto, jonka tehtävä on tukea muottipintaa. Niskapalkit asennetaan pudotuspäähaarukoihin. Niskapalkkien päälle asennetaan koolauspalkit. Koolauspalkit tulevat kohtisuoraan niskapalkkeihin nähden, koolauspalkkien määrä ja sijainti määritellään muottisuunnitelmassa. Muottilevyt nostetaan koolauspalkkien päälle ja kiinnitetään koolauspalkkeihin. Muottipinnasta täytyy tulla tiivis ja yhtenäinen. [15, s. 14.] Mahdollisten varauksien ja rajoittimien paikat mitataan ja asennetaan paikoilleen. Muottipinta täytyy öljytää, jotta betoni ei tartu muottiin. Huolellisella öljyämällä, muottikaluston käyttöikä kasvaa merkittävästi. [18, s. 85.] Lopuksi tarkistetaan vielä muotin korkeusasema [15, s. 14].

LVIS-töiden asennuksiin kuuluvat viemäri-, putki- ja sähkövedot. Jos lattialämmitys asennetaan paikallavaletun välipohjan sisään, laattaan tulee asentaa toinen rauditusverkko lähemmäksi yläpintaa, johon lattialämmitys kiinnitetään. Ensimmäiseksi asennetaan sähkörsiat, jotka tulevat alakerran kattoon sekä kaivot ja viemäriputket. Laatan

pohjaverkko asennetaan joko ennen lattiakaivo- ja viemäriasennuksia tai vasta sen jälkeen. Putkien liitokset ja kiinnitykset tulee tarkastaa huolellisesti ennen valua. [15, s. 14; 16, s. 17-18.] Kuvassa 13 nähdään holvimuotin raudoitus ja asennettua talotekniikkaa.



Kuva 12. Holvimuotin raudoitus, lattiakaivo, viemäriputket ja lattialämmitys [17, s. 7].

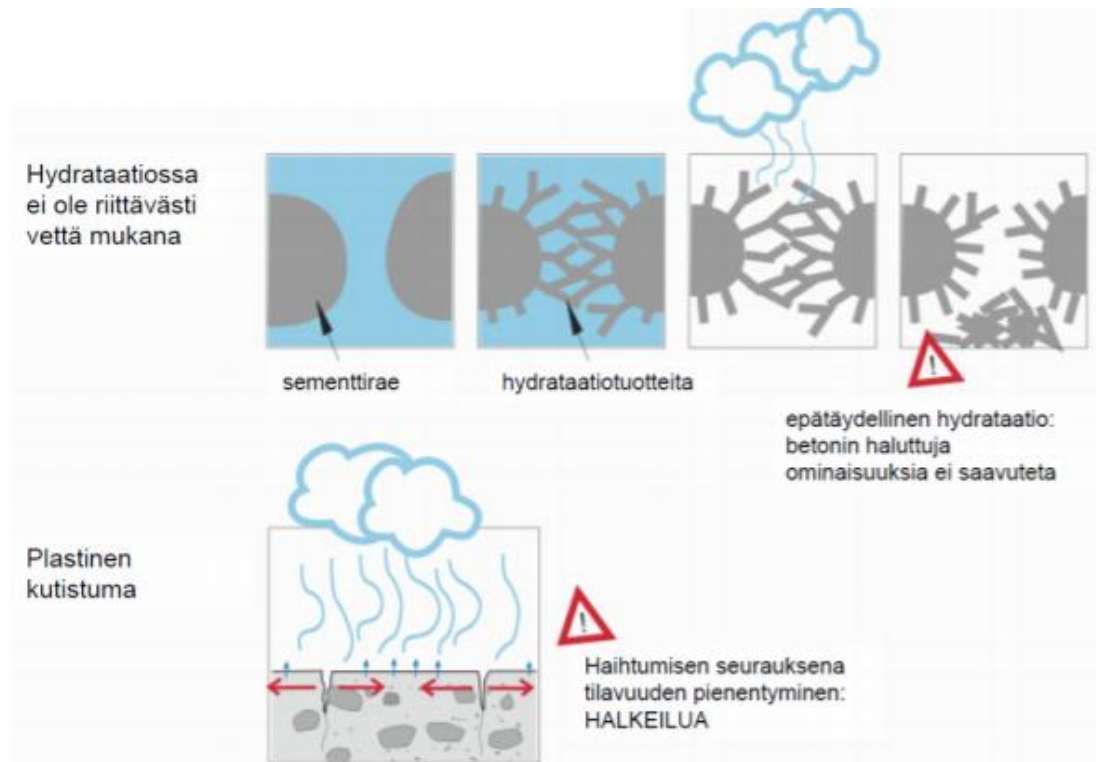
Lattialämmitystä varten holvimuotin yläpintaan asennetaan kuvan mukaisesti raudoitusverkko. Lattialämmityksen asentaminen paikallavaletun laatan sisään aiheuttaa tilanteen, jossa koko välipohjalaattaa lämmitetään. Jos lattialämmityksen alla ei ole eristettä, lämpö siirtyy keskimäärin 60 % ylöspäin ja 40 % alaspäin. Lämmön siirtyessä myös alaspäin syntyy vaikeasti hallittava katto-lattialämmitystilanne keskikerrokseen. Lämmön siirtymisen kannalta lattialämmitys olisi järkevämpi asentaa vasta paikallavaletun välipohjan päälle eristyksineen, jos välipohjan korkeus mahdollistaa toteutuksen. [19, s. 499.]

Välipohjien betonointi toteutetaan betonointisuunnitelman mukaan. Suunnitelmaan kirjataan muun muassa muotit ja niiden käyttö, raudoituksen toteuttaminen, betonointimäärät, käytetyt betonilaadut, jälkihoito ja laadunvalvonta, resurssit sekä työsuojelu.

Paikallavaletun välipohjan betonointi tehdään pumppubetonointina tai nostoastialla. Nostoastiaa käytettäessä betonimassa voi olla hieman jäykempää, jolloin betonilaatan halkeilun määrä vähenee. Betonimassan pudotuskorkeus saa olla korkeintaan 1-1,5 m betonoinnin aikana, betonimassan erottumisen välttämiseksi. Erotumisessa sementti ja raskas kiviaines erottuvat vedestä painovoiman vaikutuksesta. [16, s. 9-10.] Talvibetonoinnissa pyritään välttämään nostoastian käyttöä, koska betonin lämpötila laskee betonoinnin hitaamman toteutuksen vuoksi.

Betonimassa levitetään järjestelmällisesti välipohjamuottiin samalla poistaen betonimassasta ilmakuplat sauvatäryttimellä. [17, s. 19.] Täryttäessä on vältettävä liian pitkiä tärytyksiä, koska pitkäaikaiset tärytykset saavat betonimassan erottumaan. Betonimassa on tiivistynyt tarpeeksi, kun ilmakuplien nousu pintaan on lakannut sekä betonipinta on tasoittunut ja alkanut kostua tärysauvan lähietäisyydellä. [16, s. 10.] Betonointi pyritään tekemään yhtäjaksoisena suorituksena, huolehtien myös betonoinnin jälkeisestä betonin jälkihoidosta.

Betonin jälkihoidolla pyritään saavuttamaan riittävä lujuudenkehitys sekä estämään betonipinnan liian nopea kuivuminen. [20, s. 13]. Jälkihoidolla suojataan valettu rakenne tuulelta, auringonpaisteelta, pakkaselta ja sateelta. Betoni sitoutuu erityisen hitaasti talviolosuhteissa, jolloin kosteuden haihtuminen betonin pinnalta mahdollistuu. Runsas veden haihtuminen aiheuttaa plastisen kutistuman. [17, s. 28.] Kuvassa 14 esitetään plastisen kutistumisen syntyminen.



Kuva 13. Betonin jälkihoidon laiminlyönnin seuraus [21, s. 15].

Betonoinnin jälkihoitoon kuuluu valetun rakenteen suojaaminen, kosteana pitäminen ja kovettumislämpötilasta huolehtiminen. Rakenteen suojaamisessa käytetään muottia, muovikalvoa, ruiskutettavia jälkihoitoaineita sekä talvibetonoinnissa erilaisia lämpömattoja ja -muotteja. [16, s. 11.]

Betonoinnin peittäminen muovikalvolla on tehokas menetelmä, jos se tehdään heti valun jälkeen. Muovikalvon kaikki saumat on teipattava huolellisesti. Muovikalvon käyttö jälkihoitomenetelmänä on ongelmallinen, koska muovikalvo tulisi saada asennettua paikoilleen heti valun jälkeen tai jopa sen edistyessä. Yleensä pinnoille on tehtävä esimerkiksi pinnan hiertäminen, näissä tilanteissa kutistumishalkeamat ovat ehtineet muodostua ennen muovikalvon levittämistä. Tällaisissa tilanteissa betonipinnalle on ruiskutettava jälkihoitoaine. Muovikalvon levittäminen paikallavalettujen välipohjien päälle on haasteellista johtuen mahdollisesta tuulisesta säästä sekä läpivienneistä. [20, s. 14.] Valetun rakenteen kosteana pitämisellä varmistetaan rakenteessa kovettumisreaktioiden jatkuminen riittävän kauan, jotta betonipeite saavuttaa tavoitellun lujuuden ja tiiveyden [16, s. 11].

Lämmityksen avulla turvataan rakenteen lujuudenkehitystä. Vaihtoehtoina on lämmittää betonivalun ympäröivää ilmaa, muotteja tai suoraan betonimassaa. [17, s. 28.] Joskus kesäolosuhteissa kovettuvan rakenteen lämpötila kohoaa liian korkeaksi, jolloin rakennetta joudutaan jäähdyttämään. Liian korkea rakenteen lämpötila voi aiheuttaa lujuuskatoa. Nopeamman lujuudenkehityksen avulla saadaan myös nopeampi muottikierto. [16, s.11.]

Betonin on saavutettava vähintään 60 % nimellislujudesta, jotta muotinpurkutöitä voidaan aloittaa. Muotinpurkusuunnitelmassa määritellystä jälkituennasta tulee huolehtia. Muotinpurkusuunnitelma sisältää jälkituentaohjeistuksen ja muottien purkujärjestyksen. [17, s. 30.] Kuvasta 15 nähdään betonin lujuuden kehityksen vaiheet.



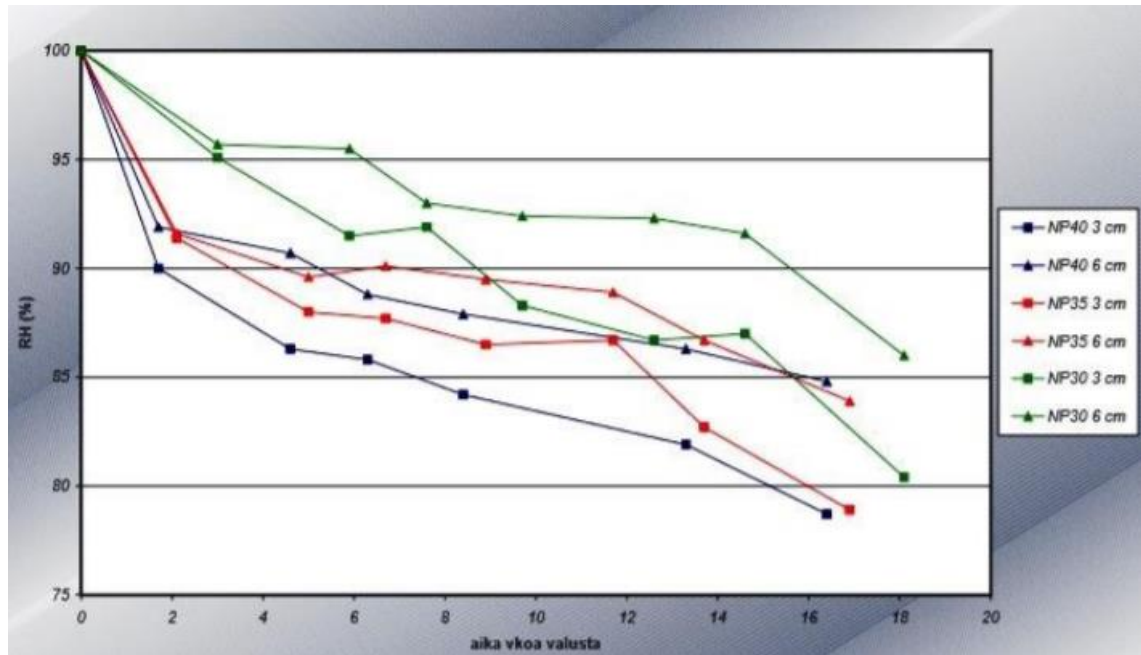
Kuva 14. Betonin lujuudenkehityksen tapahtumat sekä vaaditut lujuudet [16, s. 25].

Paikallavalurakenteisen välipohjan kuivumiseen vaikuttaa merkittävästi käytetty betoni-laatu, vallitsevat olosuhteet sekä kuivumisen yhteydessä mahdolliset laatan kastumiset. Taulukosta 2 on esitetty 240 mm paksun paikallavaluholvin kuivumisaikoja. [22, s. 31.]

Taulukko 2. Betonilaatujen kuivumisaikoja [22, s. 31].

Rakenteen suhteellinen kosteus	Perusbetoni	Nopeasti sitoutuva betoni	Nopeammin sitoutuva betoni (NP)
Holvi, 240 mm -tavoite RH 90 % -tavoite RH 85 %	noin 7 viikkoa noin 12 viikkoa	noin 7 viikkoa noin 12 viikkoa	noin 3 viikkoa noin 5 viikkoa
Olosuhteet: Lämpötila + 20 °C, RH 45 %. Jälkihoito: muovipeite 1 viikko, ei tasoitetta, ei kastumista Ajat ovat teoreettisia			

Betonilaatujen kuivumisajat ovat vain arvioita. Betonin kuivumisesta on todellisuudessa seurattava kosteusmittauksilla. Porareikämittauksilla saadaan luotettavimmat tiedot betonin kuivumisen kehityksestä. [22, s. 31.] Taulukosta 2 voidaan todeta, että NP betonin kuivumisaika on merkittävästi nopeampi kuin muilla betonilaaduilla. Kuvasta 16 nähdään NP betoneiden kuivumisaikoja, kun holvin paksuus on 300 mm.



Kuva 15. NP betonien kuivumisaika eri lujuusluokissa [22, s. 36].

Kuvasta 16 nähdään, että keskimääräinen betonin kuivumisaika on noin 17 viikkoa valun alusta, mittaussyvyyden ollessa 6 cm ja tavoitekosteuden RH 85% [22, s. 36]. Myöhemmissä laskelmissa käytetään paikallavaluholvin kuivumisaikana 17 viikkoa, jolloin ollaan suhteellisen varmalla puolella, koska holvin paksuus on todellisuudessa 260 mm [22, s.36].

Kun betonin kuivumisessa tavoitellaan betonin suhteellista kosteutta 85%, optimaalissimmassakin tapauksessa betonin kuivumisaika on noin 17 viikkoa, lämpötilan ollessa 30 °C ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa 50 %.

Muotinpurkulujuuden saavutuksen jälkeen aloitetaan muotin purku. Muotti pudotetaan käyttämällä pudotuspäähäarukoita, joiden avulla muotti laskeutuu noin 6cm. Koolauspalkit kaadetaan kyljelleen sekä siirretään muotin toiseen päähän yhteen muiden koolauspalkkien kanssa. Koolauspalkkien siirron avulla muottivanerit saadaan poistettua, jonka jälkeen myös koolauspalkit voidaan poistaa. Lopuksi poistetaan vielä tuet ja niska-palkit. Jälkituenta jätetään paljaalle holvipinnalle tukemaan rakennetta siihen asti, kunnes betonointi on saavuttanut nimellislujuuden. [15, s. 16.]

### 2.5.2 Rakenne

Paikallavaluholvilla voidaan toteuttaa noin 7x7 metrin kenttiä ristiin kantavana eli siten, että laatta tukeutuu jokaisen reunaansa. Lyhyt jänneväli lisää huoneiston sisäisten kantavien seinien määrää. Huoneiston sisäiset kantavat väliseinät rajoittavat muunneltavuutta ja tilan käyttöä. [14, s. 12.] Paikallavaletun välipohjan rakenne vaihtelee mahdollisen lattialämmityksen takia. Lattialämmitys voidaan asentaa välipohjalaatan sisään tai välipohjalaatan päälle tehtävään pintavaluun. Lämmitys voidaan toteuttaa myös patte-reilla, jolloin lattialämmitys jää paikallavaletusta välipohjasta kokonaan pois. Paikallavaluholvin raudoituksen määrä vaihtelee kohteittain merkittävästi erilaisien rakennepaksuuksien sekä rakenteelta vaadittujen kantavuuksista takia.

### 2.5.3 Tekniset tiedot

Kantavuutta ajatellen paikallavalettujen välipohjien paksuudeksi riittää 200 mm, ääneristävyuden takia laatan paksuuden tulee kuitenkin olla vähintään 240 mm. Viemä-röntien toteuttaminen asettaa kuitenkin omat haasteensa välipohjan paksuudelle, joten yleensä päädytään noin 260 mm paksuiseen paikallavaluholviin. [14, s. 10.]

### 3 Elementtiasennus

Tässä luvussa perehdytään ontelo- ja superlaattaväli­pohjien elementtiasennukseen. Luvussa käsitellään elementtien vastaanotto työmaalle, väli­varastointi, nostotyö, asennus sekä saumavalujen toteutus. Lisäksi käsitellään myös työmenekkejä ja työhön vaadittavia työryhmiä.

Rungon elementtiasennus tahdistaa merkittävästi työmaan aikatauluja, joten se on suunniteltava tarkkaan toteutuksen sujumuuden ja työturvallisuuden kannalta. Elementtiasennuksesta on tehtävä asennussuunnitelma. Rakennesuunnittelija antaa riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta, lopullisesta kiinnittämisestä, elementtien turvallisista nostoista ja käsittelyistä sekä työnaikaisista asennustavoista. Asennustyöstä laaditaan kirjallinen asennussuunnitelma, jonka tulee olla työmaan käytössä. Suunnitelma allekirjoitetaan päärakennesuunnittelijan, vastaavan työnjohtajan, asennustyönjohtajan sekä tarvittaessa valmisosasuunnittelijan ja elementtitoimituksen vastuuhenkilön toimesta. [23.]

Elementtien nostotyössä tulee huomioida vallitsevat sääolosuhteet, jos olosuhteet aiheuttavat poikkeuksellisia vaaroja, nostotyö tulee keskeyttää. Vaaratilanteita voivat olla esimerkiksi tuulenopeus ylittää yli 15 m/s, rankkasade tai sakea lumipyry. Elementtiasennuksen suurimpia vaaratekijöitä on korkealla työskentely, telineillä tai työtasoilla työskentely, elementtien nostot sekä työmaalla syntyvät kuilut ja aukot. [24, s. 13-14.]

#### 3.1 Toteutus

Tässä luvussa käydään läpi elementtiasennuksen työvaiheet. Työvaiheisiin kuuluvat elementtien vastaanotto, elementtien asennus, holvin rauditus sekä saumavalut.

##### 3.1.1 Toimitus työmaalle

Elementtien saapuessa työmaalle toimitussisältö on tarkastettava huolellisesti ja mahdolliset poikkeamat on kirjattava kuormakirjaan, mahdolliset elementtivauriot on dokumentoitava. Elementit voidaan nostaa paikalleen suoraan autosta tai mahdollisesti väli­varastoida työmaa-alueelle. Laattatyypiset elementit nostetaan yleensä autosta suoraan paikoilleen ilman väli­varastointia. [25, s. 7.]

### 3.1.2 Elementtien asennus

Elementtien siirrot tapahtuvat kyseiseen kohteeseen valitulla nosturilla sekä elementtityypistä riippuvalla nostoapuvälineellä. Elementteihin voidaan asentaa tarpeen mukaan myös ohjausköysi, jolla asennusryhmä voi käänellä elementtiä. Nostoapuvälineet irrotetaan vasta elementin kaatumisen estämisen jälkeen. [25, s. 7.]

Nostoapuvälineet on tarkastettava silmämääräisesti aina ennen nostotyön aloittamista. Ontelolaattaa asennettaessa laatan ollessa oikealla kohdalla, turvaketju irrotetaan ennen laatan laskemista paikoilleen. Laatta ohjataan paikoilleen asennuskangilla. Laatta asennetaan sopivan korkeisten asennuspalojen päälle. Asennuspalojen täytyy olla ruostumattomia, tai on varmistettava riittävä terästen peitesyvyys saumavalussa. Ontelolaattojen tuennat tehdään ontelolaattojen asennuksen jälkeen suunnitelmien mukaan. Ontelokenttä tuetaan alhaaltapäin säädettävillä pystytuilla. [24, s. 26, 38, 41.] Tuet voidaan poistaa rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan, saumavalun kovettumisen jälkeen [25, s. 9]. Superlaatta ei vaadi väliaikaisia alapuolisia tuentoja, ellei aukkojen määrä ole suuri tai muuten epäsymmetrinen [26, s. 3].

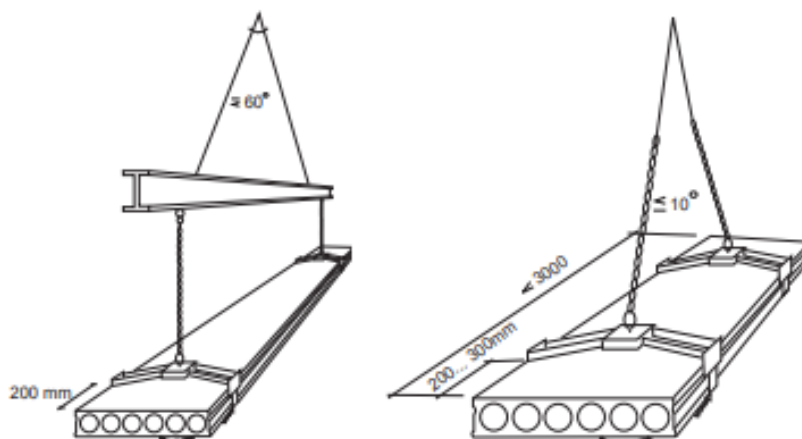
### 3.1.3 Holvin raudoitus ja saumavalut

Ontelokentän saumaraudoitus toteutetaan rakennesuunnittelijan piirustusten mukaan, saumaraudoituksen avulla laatastosta saadaan jäykistävä rakenne. Raudoitus alkaa saumojen huolellisella puhdistuksella. Saumaterästen tulee sijaita laatan korkeuden puolivälin alapuolella, mutta ei kuitenkaan sauman pohjalla, muuten teräksen tartunta betoniin jää huonoksi. [27, s. 21.]

Ennen saumavalua on tehtävä laataston sauma- ja rengasraudoitusten raudoitustarkastus. Lisäksi kaikki muotti- ja tukelaudoitukset sekä LVIS-putkitukset tulee olla tehtynä. Saumavalu suunnitellaan siten, ettei valuletkuja jouduta vetämään saumatun alueen yli, jolloin laatasto likaantuu. [28, s. 26.] Saumauksen ja läpimenojen betonoinnin huolellinen toteutus on tärkeää ääneneristävyyden kannalta. Saumavalun voi tehdä nostoastialla, pumppaamalla tai käyttäen kuivabetonia. Betoni tiivistetään aina sauvatäryttimellä, tarvittaessa betonointi tehdään kahdessa osassa. Pintabetonia käytettäessä sauma jätetään noin 20 mm vajaaksi, jotta pintabetonille saadaan parempi tartunta. Lattiatasoitetta käytettäessä sauma täytetään kokonaan. Saumaustyön jälkeen laataston pinta puhdistetaan huolellisesti. [29, s. 54-56.]

### 3.2 Ontelolaatan asennus

Pitkien ontelolaattojen nostoissa apuvälineenä käytetään nostopuomia, joka on varustettu nostosaksilla ja varmuusketjulla. Nostopuomeilla nostoketjujen haarakulma saa olla enintään 60 astetta. Alle kolme metriä pitkiin laattoihin nostopuomia ei tarvita, jos nostokulma on alle 10 astetta. [24, s. 37.] Kuvasta 17 nähdään ontelolaatan nostoapuvälineet.



Kuva 16. Onteloasennuksen haarakulmat [24, s. 37].

Nostosaksien kiinnityksessä tulee huomioida, että laatan pään ja nostosaksien vapaa-väli on vähintään 200 mm. Varmuusketjua käytetään aina noston aikana. Kavennetut ontelolaatat nostetaan tehtaalla laattaan valetuista nostolenkeistä, nostolenkkien puuttuessa käytetään kiristyviä ketjuja. Nostot suoritetaan vapaan alueen kautta ja henkilöiden liikkuminen nostoreittien alla estetään. Asentajalla ja nosturinkuljettajalla tulee olla näkö- tai radioyhteys työn aikana. [24, s. 28-29, 37.]

### 3.3 Luja-Superlaatan asennus

Superlaatta asennetaan peruseräiteiltään normaalin massiivilaatan asennuksen tavoin. Superlaatta nostetaan ketjuilla aina neljästä pisteestä nostolenkillä tai nostoankkurilla. Superlaattaa nostettaessa ketjujen haarakulma saa olla maksimissaan 60 astetta, liian suurta ketjukulmaa käytettäessä riski nostoelimen katkeamisen tai repeämiseen irti laatasta kasvaa. Superlaatta ei vaadi väliaikaisia alapuolisia tuentoja, ellei aukkojen määrä ole suuri tai laatta ole muuten epäsymmetrinen. Superlaatan asennustoleranssit poikkeavat ontelolaatasta, koska Superlaattojen avulla muodoste-

taan lopullinen rakenne etenkin kylpyhuoneiden viemäriiitöntöjen osalta. Kylpyhuoneiden osalta Superlaatta tulee asentaa tarkasti hormin kanssa korkeusasemaan, sallittu toleranssi putkien päiden keskipisteiden välillä on 10 mm. Kylpyhuonelaattojen viereiset Superlaatat asennetaan samaan korkeusasemaan kylpyhuonelaattojen kanssa. [26, s. 2-3.]

Superlaatat valetaan ontelolaataston tavoin levymäiseksi rakenteeksi saumavalulla ja rengasteräksillä. Saumavalujen betonimassamenekki vaihtelee Superlaatan paksuuden ja mahdollisten laattaan toteutettujen kaatojen takia. Superlaatan pitkän sivun betonimassamenekki on 11,5 litraa / jm laatan paksuuden ollessa 270 mm. Laatan paksuuden ollessa 220 mm, betonimassamenekki on 9,0 litraa / jm. Superlaataston päälle valetaan normaalitapauksissa pintabetoni tai plaano. [26, s. 6.]

Jos superlaatassa käytetään lattialämmitystä, laattaan merkitään tehtaalla porauspaikat seinäelementtien asennustuentapisteille nippusiteillä ja maalatuilla merkeillä. Porauksien maksimisyvyys on 100 mm, porauksia ei saa tehdä muualle kuin tehtaalla merkityille paikoille. Mahdolliset Superlaatan yläpinnan vauriot tulee paikata välittömästi betonilla tai laastilla, jos vaurio ulottuu kevytsorakevennykseen asti. [26, s. 4.]

#### 3.4 Elementtiasennuksen aikataulusuunnittelu

Työmenekki on aika, joka kuluu työntekijältä, koneelta tai työryhmältä yhden suoritusyksikön toteuttamiseen. Työtehtävien työmenekit ilmoitetaan työntekijätunteina yksikköä kohden. Työmenekki voi olla esimerkiksi  $0,2 \text{ tth/m}^2$ . T3-ajalla tarkoitetaan tehollista työaikaa, johon ei huomioida yli tunnin kestäviä keskeytyksiä. T3-aikoja hyödyntämällä laaditaan esimerkiksi rakentamisvaihe aikatauluja.

Silloin kun halutaan huomioida yli tunnin kestäviä keskeytyksiä, erilaisia odotusaikoja sekä esimerkiksi säähaittoja, T3- aikoihin lisätään TL3-lisäaikakerroin. TL3-lisäaikakerroin on 1,10-1,30 välillä. Kun T3-aikaan lisätään TL3-lisäaikakerroin, saadaan muodostettua T4-aika. T4-kokonaisaika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, T4-aikaja hyödynnetään esimerkiksi yleisaikataulujen laadinnassa, [30, s. 6- 8.]

Seuraavana on lyhyt laskuesimerkki työmenekin käyttämisestä. Elementtiasennuksen työmenekki on 0,40 tth/kpl, elementtien määrä kohteessa on 130 kappaletta. Element-

tiasennuksen työryhmä on 2+1 eli sisältää kaksi rakennusammattimiestä sekä yhden rakennusmiehen.

Työntekijätuntien lukumäärä saadaan selville seuraavalla tavalla. Työmenekki yksikköä kohden kerrotaan yksiköiden lukumäärällä, näin saadaan yhteenlaskettu työntekijätuntien lukumäärä.  $0,40 \text{ tth/kpl} \times 130 \text{ kpl} = 52 \text{ tth}$  eli tehtävän suoritukseen kuluu aikaa yhteensä 52 työntekijätuntia.

Kun työntekijätunnit halutaan muuttaa työvuoroiksi, tulee työntekijätunnit jakaa työvuoron pituudella sekä työryhmän koolla, esimerkiksi  $52 \text{ tth}/8 \text{ h}/3 \text{ henk.} = 2,1666 \text{ tv}$  eli tehtävän kestoksi tulee noin 2,17 työvuoroa. Näillä menetelmillä voidaan määrittää erilaisten tehtävien kestoja.

Uudiskohteen elementtiasennuksessa kolmen hengen työryhmän (2+1) työsaavutus on 32 ontelolaattaa saumauksineen työvuorossa. Uudiskohteessa ontelolaattojen asennuksen työmenekki mukaan lukien holvin rauditus sekä saumaus alle 3000 kg painoisilla onteloilla on 0,40 tth/kpl (T3-aika) ja yli 3000 kg painoisten ontelolaattojen 0,48 tth/kpl (T3-aika). Ontelokentän raudituksen, tukelaudoitusten sekä pumpulla saumauksen työmenekki uudiskohteessa on 0,33 tth/kpl (T3-aika). [30, s. 58.]

## 4 Case-kohteen rakenteiden toteutus

Tässä luvussa tutustutaan Case-kohteeseen valittuihin rakenneratkaisuihin. Välipohjaratkaisujen vertailu toteutetaan Case-kohteen perusteella. Tässä luvussa määriteltyjen materiaalivalintojen, rakenneratkaisujen sekä urakkatarjousten perusteella muodostetaan välipohjaratkaisujen teoreettiset kustannukset luvussa 5.

### 4.1 Luja-Superlaatta

Superlaatta välipohjaratkaisun kustannukset muodostuvat elementeistä sekä niiden asennuksesta, saumavalujen työ- ja materiaalipanoksista ja lattioiden tasoituksesta.

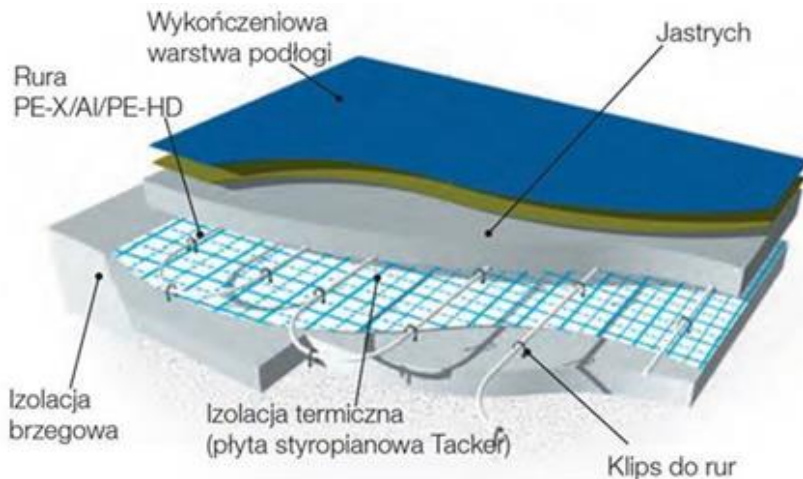
Luja-Superlaatan asennuksessa on samat vaiheet kuin ontelolaattojen asennuksessa. Superlaatan ollessa ontelolaattaa leveämpi, elementtinosojen ja saumavalujen määrä vähenee. Superlaatan harkkomaisen sisärakenteen vuoksi myös ontelolaatoissa olevien vesireikien poraus jää pois. [2, s. 2.] Case-kohteen Luja-Superlaattojen tarjouksessa Superlaattoihin on asennettu jo tehtaalla lattialämmitys, kylpyhuoneen talotekniikka sekä valettu kylpyhuoneen lattiakaadot [1]. Superlaatan asennus on mittatarkempi, johtuen talotekniikan liitoksista. Todellisuudessa asennusnopeus on ainakin aluksi jonkin verran ontelolaattaa hitaampi, mutta näissä laskelmissa oletetaan Superlaattojen nostokustannusten olevan kappalehinnaltaan sama kuin ontelolaattojenkin. Luja-Superlaatta välipohjaratkaisun kustannukset muodostuvat elementeistä sekä niiden asennuksesta, saumavaluista ja lattian pintavalusta.

Kohteeseen saadun Luja-Superlaatta tarjouksen perusteella välipohjassa käytetään 270 mm paksuja superlaattoja, joiden päälle valetaan noin 12 mm paksuinen plaano tasoite.

### 4.2 Ontelolaatta

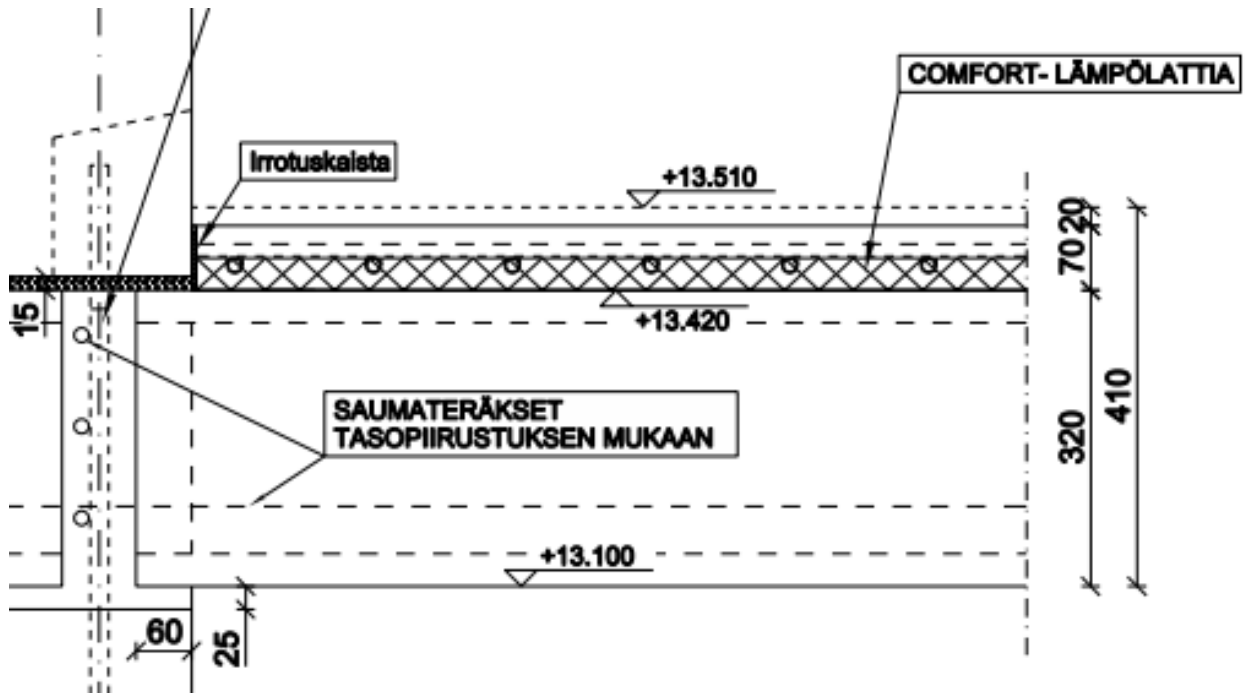
Ontelolaatta välipohjaratkaisun kustannukset muodostuvat elementeistä sekä niiden asennuksesta, saumavaluista raudoituksineen, lattialämmityksen asennuksesta, lattioiden tasoituksesta, kylpyhuoneen talotekniikan asennuksista, kaatovaluista ja onteloporauksista. Edellä mainittujen työ- ja materiaalipanosten avulla saadaan muodostettua neliöhinta ontelolaatta ja lattialämmitys välipohjaratkaisulle.

Ontelolaatta välipohjaratkaisussa lattialämmitys toteutetaan 30 mm paksulla eristelevyllä (Weberfloor Comfort Lite 30 mm), johon vesikiertoinen lattialämmitys kiinnitetään tarkoitukseen soveltuvilla hakasilla. Urakoitsija käyttää kohteessaan lattialämmitysputken halkaisijana 16 mm paksua putkea. Lattialämmitysputkien päälle asennetaan pumpputasoite, jonka kerrospaksuus on minimissään 40 mm. Tasoitteena käytetään Bostik base fiber tuotetta. [1.] Kuvasta 18 nähdään lattialämmityksen periaateleikkaus.



Kuva 17. Tacker platte lattian toteutus [1].

Kun lattialämmitys toteutetaan eristelevyllä, vältetään hankala katto-lattialämmitystilanne keskikerroksissa [9; 19, s. 499]. Suunnitelmissa on määritelty ontelolaattojen paksuudeksi 320 mm. [1.] Kuvasta 19 nähdään ontelolaattaratkaisun rakenneleikkaus.



Kuva 18. Välipohjan rakenneleikkaus [1].

Ontelolaatan suunnitelmien mukainen paksuus on 320 mm, eristelevyn paksuus on 30 mm ja tasoitteen kerrospaksuus on 40 mm. Ontelolaattavälipohjan kokonaiskerrospaksuus ilman pintamateriaalia on 390 mm. Kylpyhuoneiden kaatovalut toteutetaan maa- kostealla betonilla, nopeamman kuivumisen takia. [1.]

#### 4.3 Paikallavalurakenteinen

Paikallavalurakenteisen välipohjaratkaisun kokonaiskerrospaksuuden tulee olla mahdollisimman lähellä Luja-Superlaatan paksuutta, koska paikallavalurakentaminen on varasuunnitelma mahdollisten Superlaattojen toimitusongelmien takia. Varasuunnitelman kerrospaksuus ei voi muuttua merkittävästi, jotta rakenteiden korot pysyvät suunnitelmien mukaisina.

Paikallavalurakenteisen välipohjan lattialämmitys toteutetaan samalla tavalla kuin ontelolaattavälipohjaratkaisussa. Lattialämmityksen aiheuttama kerrospaksuuden kasvu on 70 mm eristeineen sekä tasoitteineen. [1.] Ilman eristettä lämpö siirtyy lattialämmityksestä keskimäärin 60% ylöspäin ja 40% alaspäin, jolloin kerrostalon keskikerrokseen muodostuu vaikeasti hallittava katto-lattialämmitystilanne. [19, s. 499.] Superlaatta välipohjan paksuus on 270 mm, joten paikallavalurakenteisen välipohjalaatan kerrospaksuuden on oltava 260 mm, jonka päälle asennetaan lattialämmitys. Lattialämmitys eris-

televyineen asennetaan vasta paikallavaletun välipohjan päällä. Paikallavalurakenteisen välipohjan kerrospaksuudeksi tulee 330 mm [1].

Paikallavalurakenteisella välipohjalla on haasteellista päästä lähemmäksi Superlaatan kerrospaksuutta, koska talotekniikka-asennukset vaativat oman tilansa paikallavalurakenteissa välipohjassa. Hankkeen suunnitteluvaiheessa kannattaa tehdä vaihtoehtoiset suunnitelmat paikallavalurakenteiseen välipohjaan. Järkevällä talotekniikkasuunnittelulla voidaan vaikuttaa paikallavalurakenteisen välipohjan paksuuteen ja siten saada eri välipohjaratkaisuiden korkomaailma sopimaan paremmin yhteen. [1.]

Paikallavalurakenteisen välipohjan kustannukset muodostuvat muottikalustosta, raudoituksesta, betonoinnista ja erilaisista työ- ja materiaalipanoksista. Raudoituksen voi toteuttaa irto-, rulla- tai verkkoraudoitteilla. [1.]

#### 4.4 Case-kohteen välipohjaratkaisujen yhteenveto

Ontelolaatta ja lattialämmitys välipohjaratkaisussa käytetään 320 mm paksuja ontelolaattoja, kololaattoja sekä 120 mm kuorilaattoja. Vesikiertoisien lattialämmityksen paksuus eristeineen sekä tasoitteineen on 70 mm. Ontelolaatta välipohjan kokonaiskerrospaksuus on 390 mm. Välipohjalaattojen kappalemäärä Case-kohteessa on 361 kappaletta. [1.]

Luja-Superlaatta välipohjaratkaisussa käytetään 270 mm paksua kerrostasolaattaa, laatta sisältää lattialämmityksen sekä muun talotekniikan. Luja-Superlaatan päälle valetaan noin 12 mm paksuinen plaano. Superlaatta välipohjan kokonaiskerrospaksuudeksi muodostuu noin 282 mm. Superlaattojen kappalemäärä Case-kohteessa on 161 kappaletta [1.]

Paikallavalurakenteisessa välipohjaratkaisussa valetaan 260 mm paksuinen välipohjalaatta, jonka päälle asennetaan lattialämmitys. Lattialämmityksen lisäämä kerrospaksuus eristeineen ja tasoitteineen on 70 mm, jolloin paikallavalurakenteisen välipohjan kerrospaksuus on kokonaisuudessaan 330 mm. Kohteen välipohjien kokonaisneliömääränä tutkimuksessa käytetään  $2\,075\text{ m}^2$ . Tämä neliömäärä kattaa sellaiset välipohjat, joihin asennetaan lattialämmitys. Kohteen kylpyhuoneiden kokonaispinta-ala on  $299,86\text{ m}^2$ . [1.]

## 5 Välipohjaratkaisujen vertailu

Tässä luvussa vertaillaan eri välipohjaratkaisujen kustannuksia sekä aikatauluja työmaatoteutuksen aikana. Vertailussa käytettävä tieto pohjautuu aikaisemmissa luvuissa kirjoitettuun teoriaan.

### 5.1 Kustannusten vertailu

Erilaisten välipohjaratkaisujen kustannusvertailua tehdessä hyödynnetään aikaisempien lukujen teoriaa sekä työmaalle tehtyjen tarjousten pohjalta muodostettuja kustannuksia. Kustannuksia vertaillessa käytetään ALV 0% hintoja. Laskelmissa urakkaan kuulumattomien töiden tuntiveloituksena käytetään 50 €/h. Jokaisen välipohjaratkaisun laskelmat kustannusten osalta ovat täysin teoreettisia, koska jokaisesta välipohjaratkaisusta ei ole saatavilla toteutuneita kustannuksia. Kustannusten vertailussa käytetään yleisiä tuotantotiedostoja sekä yrityksen omia tuotantotietoja. Työmenekissä keskitytään T3-aikoihin, jotka ovat tehollisia aikoja. T3-ajat eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Välipohjan toteutustapojen kustannuksia laskiessa ei huomioida mahdollista tuotannosuunnittelua.

#### 5.1.1 Luja-Superlaatta

Nosturin kustannuksia ei tässä laskelmassa huomioida, koska nosturi on työmaalla myös muiden elementtien asennuksen takia. Luja-Superlaattojen hinta on tässä kohteessa 61 €/m<sup>2</sup>, pinta-alan ollessa 2 075 m<sup>2</sup>. Kohteen Luja-Superlaattojen hankintahinta on 126 575 €. Lattialämmityksen asennuksen hinta tehtaalla toteutettuna on 26€/m<sup>2</sup>. Kohteen kuivien tilojen neliöiden pinta-ala on 1 775,14 m<sup>2</sup>, kohteen lattialämmityksen kokonaishinnaksi muodostuu 53 950 €. [1.]

Kylpyhuoneen mukavuuslattialämmityksen sekä kylpyhuoneen viemäröinnin ja kaatovalun hinta on 750 €/kylpyhuone. Kohteen kylpyhuoneiden kappalemäärän ollessa 38, kokonaishinnaksi 28 500 €. Saunan kuivakaivon asennuksen sekä saunan lattian kaatovalun hinta on 300 €/sauna. Kohteessa on saunoja 17 kappaletta, joten kokonaishinnaksi muodostuu 5 100 €. Superlaattojen kokonaishankintahinnaksi talotekniikka-asennuksineen sekä kaatovaluineen tulee 214 125 €. [1.]

Elementtiasennuksen hinta on tässä kohteessa 110 €/kpl. Hinta sisältää elementtien asennuksen valuineen, tukelaudoituksineen sekä raudoituksineen. Hinta ei sisällä saumojen rauditus tai betonointi materiaaleja. Superlaattojen määrä kohteessa on 161 kappaletta, jolloin elementtiasennuksen hinnaksi tulee noin 17 710 €. [1.]

Saumarauoituksen sekä saumavalujen työpanokset kuuluvat elementtiasennuksen hintaan. [1.] Superlaatta kentän saumavalujen betonimassamenekki on 11,5 litraa / j m laatan paksuuden ollessa 270 mm [27, s. 6]. Saumavalujen metrimäärät kohteessa on noin 1 359,95 metriä, saumavalujen betonimassamenekki on noin 15 639,48 litraa eli 15,64 kuutiota. Saumabetonin kuutiahinnan ollessa noin 160 €, saumabetonin kokonaishinta on 2 502,40 €. Saumarauoituksen metrimäärä on superlaatta välipohjaratkaisussa noin 3 127,42. Kun saumarauoituksen keskihintana pidetään 1 €/kg, rauditusmateriaalien hinnaksi muodostuu 3 127,42 €. [1.]

Plaanovalujen hinnaksi materiaaleineen muodostuu noin 16,86 €/m<sup>2</sup>, tasoitteen menekiksi on arvioitu noin 20 kg/m<sup>2</sup>. Tällä menekillä plaanojen kerrospaksuudeksi tulee noin 12 mm. Kohteen kuivien tilojen kokonaispinta-alan ollessa 1 775,14 m<sup>2</sup>, plaanovalujen kokonaishinnaksi muodostuu 29 928,86 €. [1.] Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 3.

Taulukko 3. Luja-Superlaatta välipohjan kustannukset

Kustannuslaji	Määrä	Hinta (€)
Superlaattojen hankinta	2 075 m <sup>2</sup>	214 125,00
Elementtien asennus	161 kpl	17 710
Saumabetonin hankinta	15,64 m <sup>3</sup>	2 502,40
Saumarauoituksen hankinta	3 127,42 kg	3 127,42
Plaano valut materiaaleineen	1 775,14 m <sup>2</sup>	29 928,86
<b>Hinta yhteensä euroissa</b>		<b>267 393,68</b>

Luja-Superlaatoilla toteutetun välipohjan kokonaiskustannukset ovat 267 393,68 €, kyseisten välipohjalaattojen kokonaispinta-alan ollessa 2075 m<sup>2</sup>. Kyseisen välipohjaratkaisun toteutushinnaksi materiaaleineen muodostuu 128,8 €/m<sup>2</sup>.

### 5.1.2 Ontelolaatta

Nosturin kustannuksia ei tässä laskelmassa huomioida, koska nosturi on työmaalla myös muiden elementtien asennuksen takia. Tässä kohteessa 320 mm ontelolaattojen

hankintahinta on  $38,16 \text{ €/m}^2$  ja niiden kohteessa oleva kokonaispinta-ala on  $906,79 \text{ m}^2$ . Ontelolaattojen hankintahinnaksi muodostuu  $34\,603,11 \text{ €}$ . Tämän kohteen  $320 \text{ mm}$  kololaattojen hinta on  $42,89 \text{ €/m}^2$  ja niiden pinta-ala kohteessa on  $885,05 \text{ m}^2$ . Kololaattojen hankintahinnaksi muodostuu  $37\,959,79 \text{ €}$ . Tämän kohteen  $120/320 \text{ mm}$  kuorilaattojen hankintahinta on  $43,89 \text{ €/m}^2$  ja niiden neliömäärä kohteessa on  $283,16$  kappaletta. Kuorilaattojen hankintahinnaksi muodostuu  $12\,427,89 \text{ €}$ . Tämän kohteen välipohjalaattojen hankintahinta yhteensä on  $84\,990,79 \text{ €}$ . [1.]

Elementtiasennuksen hinta on tässä kohteessa  $110 \text{ €/kpl}$ . Ontelolaattojen, kuorilaattojen sekä kololaattojen yhteismäärä kohteessa on  $361$  kappaletta, joten elementtiasennuksen kokonaishinnaksi muodostuu  $39\,710 \text{ €}$ . Elementtiasennuksen kappalehinta sisältää myös saumavalujen sekä saumaraudoituksen toteutuksen. [1.]

Saumojen raudat sekä saumausbetoni ei kuulu elementtiasennuksen hintaan. [1.] Saumabetonin menekki  $320 \text{ mm}$  paksulla ontelolaatalla on noin  $13 \text{ l/m}$  [31, s. 5]. Saumasmetrien ollessa noin  $3\,049,34$  kappaletta, saumabetonoinnin materiaalimenekiksi muodostuu noin  $39\,641,42$  litraa eli noin  $39,6$  kuutiota. Saumabetonin kuutionhinnan ollessa noin  $160 \text{ €}$ , saumabetonin hinnaksi kokonaisuudessaan muodostuu noin  $6\,336 \text{ €}$ . [1.]

Saumaraudoituksessa käytettävän  $10 \text{ mm}$  harjateräksen kokonaismetrimäärä on noin  $4\,289,4$  metriä, harjateräksen paino on  $0,617 \text{ kg}$  metrille. Saumarautojen kokonaispaino on  $2\,646,56 \text{ kg}$ . Saumaraudoituksessa käytettävän halkaisijaltaan  $12 \text{ mm}$  paksun harjateräksen paino on  $0,888 \text{ kg/m}$ , saumaraudoituksen kokonaismetrimäärä on  $269,6$  kappaletta. Saumarautojen kokonaispaino on  $239,40 \text{ kg}$ . Saumaraudoituksessa käytettävien  $16 \text{ mm}$  paksujen harjaterästen kokonaismäärä on  $2\,611,68$  metriä. Raudoituksessa käytettävän  $16 \text{ mm}$  paksun harjateräksen paino on  $1,58 \text{ kg}$  metrille. Kokonaiskilomäärä  $16 \text{ mm}$  harjateräkselle on  $4\,126,45$  kappaletta. Harjaterästen yhteen laskettu kilomäärä on  $7\,012,41$  kappaletta. Harjaterästen keskimääräisenä hintana voidaan pitää noin  $1 \text{ €/kg}$ , jolloin raudoitusmateriaalien hinnaksi muodostuu  $7\,012,41 \text{ €}$ . [1; 30, s. 54.]

Kuorilaattojen neliömäärä kohteessa on  $283,16$  kappaletta. Kuorilaatan valun paksuus on noin  $110 \text{ mm}$ , jolloin betonimenekki on yhteensä  $31,15 \text{ m}^3$ . Betonikuution hinnan ollessa noin  $150 \text{ €}$ , kuorilaattojen betonin hinnaksi muodostuu noin  $4\,672,14 \text{ €}$ . Betonoinnin työmenekki on noin  $0,20 \text{ tth/m}^3$ , työryhmän ollessa  $1+1$ . Betonoinnin työme-

nekki on 6,23 tth. Käytettäessä 50 € tuntiveloitusta, betonointityön kustannus on 311,5 €.

Kuorilaattojen betonoinnin yhteydessä asennetaan betonoinnin alapintaan #8-150 mm raudoitusverkko, verkon hinta on 6,27 €/m<sup>2</sup>. Betonoinnin alapinnan raudoitusverkkojen hinnaksi tulee noin 1 775,41 €, kun raudoitusverkkojen neliömäärä on 283,16 kappaletta. Betonoinnin yläpintaan asennetaan #12-150 mm raudoitusverkko, verkon hinta on 16,94 €/m<sup>2</sup>. Betonoinnin yläpinnan raudoitusverkkojen hinnaksi muodostuu noin 4 796,73 €, kun raudoitusverkkojen neliömäärä on 283,16 kappaletta. Raudoitusverkkojen asennuksen työmenekki käytettäessä #8-150mm verkkoa on siirtoineen 5,1 tth/1000kg, työryhmän ollessa 2+0. Käytettäessä #12-150mm raudoitusverkkoa, sen paino neliölle on 12,09 kg ja #8-150 mm raudoitusverkon paino neliölle on 3,99 kg. Raudoitusverkkojen kokonaispainon ollessa 4 553,21 kg, raudoitustyön työmenekiksi muodostuu 23,22 tth. Tuntiveloituksen ollessa 50 €/h raudoitustyö maksaa 1 161,07 €. Raudoitusverkkojen sekä kololaattojen pintabetonoinnin yhteishinta on 12 716,85 €. [1; 30, s. 54-56.]

Kylpyhuoneen kololaattojen kaatovalujen hinta on 170-210 mm kerrospaksuudelta 55 €/m<sup>2</sup>. Kohteen kylpyhuoneiden neliömäärän ollessa 299,86 kappaletta, kaatovalujen hinnaksi muodostuu 16 492,3 €. Kaatovalujen hintaan ei kuulu tilojen raivaus, imurointi eikä lattiavalun korkomerkit. [1.] Korkomerkkien vaaituksen työmenekki pintabetonoinnin yhteydessä on 0,02 tth/m<sup>2</sup>. Käytettäessä 50 € tuntiveloitusta, korkomerkkien hinnaksi muodostuu 299,86 €. Kaatovaluja varten tilojen raivaus ja imurointi kuuluvat valun rajaukseen sekä valmisteluun, työmenekki on 0,04 tth/m<sup>2</sup>. Käytettäessä 50 € tuntiveloitusta, raivauksen ja imuroinnin hinnaksi muodostuu 599,72 €. [1; 30, s. 62.] Kaatolattioiden kokonaishinnaksi tulee 17 391,88 €, sisältäen korkomerkit sekä tilojen raivauskustannukset.

Kylpyhuoneiden kololaattoihin tulevien viemäreiden asennusten hinta materiaaleineen on noin 450 €/kylpyhuone. Kylpyhuoneiden määrän ollessa 38 kpl, talotekniikka-asennusten kokonaishinnaksi tulee noin 17 100 €. Kylpyhuoneiden mukavuuslattialämmityksen asennushinta materiaaleineen on noin 110 €/kylpyhuone. Kylpyhuoneiden lukumäärän ollessa 38 kappaletta, kokonaishinnaksi muodostuu 4 180 €. [1.]

Lattialämmityspotkien asennus materiaaleineen maksaa koko kohteeseen 62 000 €. Lämpölatiavalujen hinta materiaaleineen on 47,8 €/m<sup>2</sup>, tasoitteen menekiksi on arvioitu noin 70 kg/m<sup>2</sup>. Tällä menekillä tasoitteen kerrospaksuudeksi tulee noin 40 mm. Lat-

tianeliöiden määrän ollessa 1 775,14 kappaletta, lämpölattiavalujen kokonaishinnaksi muodostuu 84 851,70 €. Ontelokentän muiden sähkötöiden osuus on arviolta keskimäärin 2 €/m<sup>2</sup>. Lattianeliöiden ollessa 1 775,14 kappaletta, muiden sähkötöiden osuus on 3 550,28 €. [1.]

Onteloiden vesireikien jälkiporauksien sekä aukaisuiden toteutuskustannukset ovat noin 1 €/m<sup>2</sup>. Neliöiden ollessa 1 791,84 kappaletta, kokonaishinnaksi muodostuu 1 791,84 €. Onteloihin voi jäädä silti vettä, joka tulee ilmi vasta kattojen tasoituksen jälkeen, aikaisemmissa vastaavan kokoisissa kohteissa tästä aiheutuneet keskimääräiset kulut ovat olleet noin 10 000 €. Kokonaisuudessaan onteloiden vesi aiheuttaa kuluja noin 11 791,84 €. Onteloiden keskimääräinen poraustarve on noin 15 reikää/ontelolaatta. Ontelolaattojen määrän ollessa 316 kappaletta, porauksia tulee tehdä arviolta 4740 kappaletta. [1.] Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Ontelolaattavälipohjan kustannukset

Kustannuslaji	Määrä	Hinta (€)
Välipohjalaattojen hankinta	2 075 m <sup>2</sup>	84 990,79
Elementtien asennus	361 kpl	39 710,00
Saumabetonin hankinta	39,6 m <sup>3</sup>	6 336,00
Saumarauoituksen hankinta	7 012,41 kg	7 012,41
Kololaattojen betonointi ja rauditus	283,16 m <sup>2</sup>	12 716,85
Lattialämmityksen asennus materiaaleineen	1 775,14 m <sup>2</sup>	62 000,00
Lämpölattiavalut materiaaleineen	1 775,14 m <sup>2</sup>	84 851,70
KPH talotekniikka materiaaleineen	38 kpl	17 100,00
KPH kaatolattiat materiaaleineen	299,86 m <sup>2</sup>	17 391,88
Ontelokentän muut sähkötyöt	1 775,14 m <sup>2</sup>	3 550,28
KPH lattialämmitys	38 kpl	4 180,00
Onteloporaukset	noin 4740 kpl	11 791,84
<b>Hinta yhteensä euroissa</b>		<b>351 631,75</b>

Ontelo-, kolo- sekä kuorilaatoilla toteutetun välipohjan kokonaiskustannukset ovat 351 631,75 €, kyseisten välipohjalaattojen kokonaisneliömäärä on 2075 kappaletta. Kyseisen välipohjaratkaisun toteutushinnaksi materiaaleineen muodostuu 169,46 €/m<sup>2</sup>.

### 5.1.3 Paikallavalurakenteinen välipohja

Nosturin kustannuksia ei tässä laskelmassa huomioida, koska nosturi on työmaalla myös muiden elementtien asennuksen takia. Paikallavalurakenteisen välipohjan kokonaisneliömäärä on 2 075 kappaletta. Muottikaluston materiaalikustannuksien sekä muottien pystytys, purku ja huoltokustannukset ovat neliölle yhteensä noin 50 €. Muottien kokonaiskustannukset ovat 103 750 €.

Paikallavalurakenteisessa välipohjassa keskimääräinen rauditusmäärä on neliölle 25 kg. Välipohjaneliöiden ollessa 2 075 kappaletta, välipohjien raudituskilot ovat yhteensä 51 875 kappaletta. [1.] Halkaisijaltaan 12 mm paksun raudituksen työmenekki on 5,5 tth/1000 kg, joten raudituksen käytettävä aika on 285,83 tth [30, s.54]. Tuntiveloituksen ollessa 50 €, raudituksen asennushinnaksi tulee 14 265,63 €. Raudituksen toteutus materiaaleineen maksaa yhteensä 66 140,63 €, silloin kun harjateräksien hintana käytetään 1€/kg.

Paikallavalurakentamisessa kylpyhuoneen talotekniikka-asennusten hinta on sama kuin ontelolaatta välipohjaratkaisussa. Kylpyhuoneiden talotekniikka-asennusten hinta on kokonaisuudessaan 17 100 €. Muiden sähkötöiden osuus paikallavaluholvissa on noin 1,5 €/m<sup>2</sup>. Neliöiden ollessa 1 774,14 kappaletta, kokonaishinnaksi muodostuu 2 662,21 €. Kylpyhuoneiden mukavuuslattiaämmityksen asennushinta materiaaleineen on noin 110 €/kylpyhuone. Kylpyhuoneiden lukumäärän ollessa 38 kappaletta, kokonaishinnaksi muodostuu 4 180 €. [1.]

Välipohjan kerrospaksuuden ollessa 260 mm, muodostuu valettavaksi betonimääräksi yhteensä noin 539,5 m<sup>3</sup>. Betonikuution hinta pumpattuna on noin 150 €/m<sup>3</sup>. [1.] Betonointityön työmenekki on 0,20 tth/m<sup>3</sup> eli betonointityön kesto on yhteensä 107,9 tth [30, s. 56]. Betonointityön kustannukset ovat noin 5 395 €, kun laskelmissa käytetään 50 € tuntiveloitusta. Betonointityön kokonaishinnaksi materiaaleineen tulee noin 86 320 €.

Lattialämmityspotkien asennus materiaaleineen maksaa koko kohteeseen 62 000 €. Lämpölattiavalujen hinta materiaaleineen on 47,8 €/m<sup>2</sup>, tasoitteen menekiksi on arvioitu noin 70 kg/m<sup>2</sup>. Tällä menekillä tasoitteen kerrospaksuudeksi tulee noin 40 mm. Lattianeliöiden määrän ollessa 1 775,14 kappaletta, lämpölattiavalujen kokonaishinnaksi muodostuu 84 851,70 €. [1.] Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Paikallavalurakenteiden välipohjan kustannukset

Kustannuslaji	Määrä	Hinta (€)
Muottikaluston työt sekä materiaalit	2 075 m <sup>2</sup>	103 750,00
Raudoituksen asennus materiaaleineen	51 875 kg	66 140,63
PV-holvin muut sähkötyöt	1 775,14 m <sup>2</sup>	2 662,21
KPH talotekniikka materiaaleineen	299,86 m <sup>2</sup>	17 100,00
KPH lattialämmitys	38 kpl	4 180,00
PV-holvin valu materiaaleineen	2 075 m <sup>2</sup>	86 320,00
Lattialämmityksen asennus materiaaleineen	1 775,14 m <sup>2</sup>	62 000,00
Lämpölattiavalut materiaaleineen	1 775,14 m <sup>2</sup>	84 851,70
Hinta yhteensä euroissa		427 004,54

Paikallarakentamalla toteutetun välipohjan kokonaiskustannukset ovat 427 004,54 €, kyseisten välipohjalaattojen kokonaisneliömäärä on 2075 kappaletta. Kyseisen välipohjaratkaisun toteutushinnaksi materiaaleineen muodostuu 205,79 €/m<sup>2</sup>.

## 5.2 Aikataulujen vertailu

Erilaisten välipohjaratkaisujen aikatauluvertailussa hyödynnetään aikaisemmin kirjoitettua teoriaa, yleisiä tuotantotiedostoja sekä yrityksen omia tuotantotietoja. Välipohjan toteutustapojen työaikoja laskiessa ei huomioida mahdollista tuotannonsuunnittelua. Työaikoja laskiessa lasketaan eri työvaiheiden kestot yhteen, ilman keskeytyksiä. Laskelmissa keskitytään T3-aikoihin, jotka ovat tehollisia aikoja. T3-aikoihin ei ole huomioitu yli tunnin sisältäviä häiriöitä tai keskeytyksiä.

Aikataulujen vertailu keskittyy eri välipohjaratkaisujen työmaalle jääviin työvaiheisiin. Työmaalla tehtävät työvaiheet vaativat tuotannonsuunnittelua sekä eri urakoitsijoiden töiden yhteensovitusta. Työmaan tuotannon toteuttamisen kannalta on riskittömämpää, jos työmaalla tehtäviä työvaiheita on vähemmän.

### 5.2.1 Luja-Superlaatta

Case-kohteen Superlaattojen määrä on 161 kappaletta. Oletetaan Luja-Superlaattojen asennuksen työmenekin olevan sama kuin ontelolaatoilla. Superlaattojen keskimääräi-

nen paino on yli 3000 kg, joten elementtiasennuksen työmenekki on 0,48 tth/kpl käytettäessä 2+1 työryhmää. Ontelolaattojen asennusajaksi tulee yhteensä 3,22 työvuoroa.

Oletetaan Luja-Superlaattojen saumauksen, raudoituksen sekä tukelaudoituksen työmenekin olevan sama kuin ontelolaatoilla. Ontelolaattojen pumpulla saumauksen, raudoituksen sekä tukelaudoituksen työmenekki on 0,33 tth/kpl, työryhmän ollessa 2+1. Laattojen kappalemäärän ollessa yhteensä 161, saumojen työvaiheiden yhteenlaskettu kesto on 2,21 työvuoroa.

Holvin plaanovalujen työmenekki on 0,04 tth/m<sup>2</sup>, työmenekki kattaa valmistelevat työt, tasoitteen pumppaamisen sekä jälkityöt. Lattianeliöiden määrän ollessa 1 775,14 kappaletta, työmenekiksi muodostuu 71,01 tth. Työryhmän ollessa 1+1, plaanovalujen toteutus kestää yhteensä 4,44 työvuoroa. Plaanovalujen toteutuksessa käytetään Bostik base 20 tuotetta, jonka kuivumisessa kestää noin 1 päivä/mm kerrospaksuutta kohti. Plaanovalun kerrospaksuuden ollessa 12 mm, lattiat ovat pinnoitettavissa noin 12 päivän kuluttua. [1; 32.] Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 6.

Taulukko 6. Luja-Superlaatta välipohjan toteutusaika työmaalla

Aikataulutehtävä	Määrä	Aika (tv)
Elementtiasennus	161 kpl	3,22
Saumaraudoitus	5413,54 kg	4,71
Saumabetonointi	161 kpl	2,21
Holvin plaanovalut	1 775,14 m <sup>2</sup>	4,44
Plaanovalujen kuivuminen	1 775,14 m <sup>2</sup>	12,00
Aika yhteensä työvuoroissa		26,58

Superlaatoilla toteutetussa välipohjaratkaisussa työmaalle jäävien työvaiheiden sekä kuivumisaikojen yhteenlaskettu aika on 26,58 työvuoroa.

### 5.2.2 Ontelolaatta

Case-kohteen välipohjalaattojen määrä on 361 kappaletta, josta ontelolaattoja on 316 kappaletta, ja kuorilaattoja 45 kappaletta. Ontelolaattojen asennuksen työmenekki on 0,40 tth/kpl, onteloiden painon ollessa alle 3000 kg sekä käytettäessä 2+1 työryhmää. Ontelolaattojen asennusajaksi tulee yhteensä 5,27 työvuoroa. Kuorilaatoilla aloittavien

töiden, laattojen asennuksen, muotituksen, raudoituksen, betonoinnin sekä lopettavien töiden yhteenlaskettu työmenekki on 2,25 tth/kpl työryhmän ollessa 2+1. Kuorilaattojen toteutus kestää yhteensä 4,22 työvuoroa. [30, s. 58.]

Holvin sähköputkitusten sekä rasioiden asennuksen työmenekki on noin 0,05 tth/m<sup>2</sup>. Holvin neliöiden ollessa 2 075 kappaletta, muiden sähkötöiden kokonaistyömenekki on 103,75 tth. Työryhmän ollessa 2+0, muiden sähkötöiden toteuttamiseen kuluu 6,48 työvuoroa.

Ontelolaattojen pumpulla saumauksen, raudoituksen sekä tukelaudoituksen työmenekki on 0,33 tth/kpl, työryhmän ollessa 2+1. Laattojen kappalemäärän ollessa yhteensä 361, saumojen työvaiheiden yhteenlaskettu kesto on 4,96 työvuoroa.

Kololaatan betonoinnin yhteydessä asennetaan #8-150 raudoitusverkko. Raudoitusverkon paino neliölle on 3,99 kg. Kylpyhuoneiden kokonaispinta-alan ollessa 299,86 kappaletta, raudoitusverkkojen yhteenlaskettu paino on 1 196,44 kg. Raudoitusverkkojen asennuksen työmenekki käytettäessä 8#-150 mm verkkoa on siirtoineen 5,1 tth/1000kg. Raudoitusverkkojen asennus kestää yhteensä 6,10 tth. Työryhmän ollessa 2+0, raudoitustyö kestää 0,38 työvuoroa. Kylpyhuoneiden kaatolattioiden betonoinnin toteutuksen työmenekki on yhteensä 0,24 tth/m<sup>2</sup>, kattaen valuvalmistelut, mittaukset, betonoinnin, käsin hierron sekä jälkityöt. Kylpyhuoneneliöiden ollessa 299,86 kappaletta, työmenekiksi muodostuu 71,97 tth. Työryhmän ollessa 1+1, kylpyhuoneiden betonointi kestää 4,50 työvuoroa. Kylpyhuoneiden kaatolattioiden toteutuksen kokonaisajaksi muodostuu 4,88 työvuoroa. [1; 30, s. 54, 62, 33.]

Lattialämmityksen eristelevyjen ladonnan työmenekki on 0,02 tth/m<sup>2</sup>. Lattianeliöiden ollessa 1 775,14 kappaletta, ladonnan kokonaistyömenekki on 35,50 tth. Työryhmän ollessa 2+0, eristelevyjen asennus kestää 2,22 työvuoroa. Vesikiertoisien lattialämmityksen lämmönjakoputkien asennuksen työmenekki on 0,05 tth/brm<sup>2</sup>. Kuivien tilojen lattioiden bruttoneliömäärän ollessa 1 775,14 kappaletta, muodostuu työmenekiksi 88,76 tth. Työryhmän ollessa 2+0, lattialämmityksen lämmönjakoputkien asennus kestää 5,55 työvuoroa. Kuivien tilojen lattioiden lattialämmityksen toteutus kestää yhteensä 7,77 työvuoroa. [1; 30, s. 117, 154.]

Lämpölattiavalujen työmenekki on 0,24 tth/m<sup>2</sup>, kattaen valuvalmistelut, mittaukset, betonoinnin, käsin hierron sekä jälkityöt. Lattianeliöiden ollessa 1 775,14 kappaletta, työ-

menekiksi muodostuu 426,03 tth. Työryhmän ollessa 1+1, lämpölattioiden betonointi kestää 26,63 työvuoroa. [1; 30, s. 62.]

Lämpölattiavalut toteutetaan Bostik Base fiber tuotteella, jonka kuivumisaika on 1 päivä/mm kerrospaksuutta kohden [34]. Lämpölattioiden betonoinnin kerrospaksuus on 40 mm, jolloin betonoinnin kuivumisaika pinnoituskuivaksi on noin 40 päivää. Teoreettista kuivumisaikaa voidaan pyöristää alaspäin johtuen viikonlopuista. Työvuoroiksi muutettuna kuivumisaika on noin 30 työvuoroa. Kuivumisaika edellyttää, että tilassa on riittävä ilmanvaihto, lämpötila on + 20 °C, ilman suhteellinen kosteus enintään 50%, alustan suhteellinen kosteus enintään 85 %. [32.]

Kylpyhuoneiden viemärihajotusten työmenekki on 0,05 tth/*brm*<sup>2</sup>. Kylpyhuoneiden yhteenlasketun bruttoneliömäärän ollessa 299, 86 kappaletta, tulee kokonaistyömenekiksi 14,99 tth. Työryhmän ollessa 2+0, viemärihajotusten työnkesto on yhteensä 0,94 työvuoroa. [1; 30, s. 154.]

Kylpyhuoneiden mukavuuslattialämmitysten työmenekki on 0,010 tth/*brm*<sup>2</sup>. Kylpyhuoneiden yhteenlasketun bruttoneliömäärän ollessa 299,86 kappaletta, tulee kokonaistyömenekiksi 3 tth. Työryhmän ollessa 2+0, mukavuuslattialämmitysten työnkesto on yhteensä 0,19 työvuoroa. [1; 30, s. 156.]

Kylpyhuoneiden kaatolattioiden kerrospaksuus on keskimäärin 80mm. Kaatovalut toteutetaan maakostealla betonilla, jonka kuivumisaika 100 mm paksuisella laattalla on noin 3 viikkoa. Kuivumisaika työvuoroina on noin 15 kappaletta, kun huomioidaan viikonloput mukaan laskelmiin. [33.] Onteloiden vesireikien määrä on keskimäärin 15 kappaletta/ontelolaatta. Kohteen ontelolaattojen määrän ollessa 316 kappaletta, laattojen vesireikien yhteismäärä on noin 4 740 kappaletta. Onteloiden vesireikien porausten työmenekki on noin 0,02tth/poraus. Työryhmän ollessa 0+2, onteloiden vesireikien poraus kestää yhteensä noin 2 työvuoroa. Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Ontelolaatta välipohjan toteutusaika työmaalla

Aikataulutehtävä	Määrä	Aika (tv)
Ontelolaattojen asennus	316 kpl	5,27
Kuorilaattojen asennus	45 kpl	4,22
Saumaradoitus, -betonointi	361 kpl	4,96
Holvin muut sähkötyöt	1 775,14 m <sup>2</sup>	6,48
Lattialämmityksen asennus	1 775,14 m <sup>2</sup>	7,77
Lämpölattiavalut	1 775,14 m <sup>2</sup>	26,62
Lämpölattiavalujen kuivuminen	1 775,14 m <sup>2</sup>	30,00
KPH viemäröinnit	38 kpl	0,94
KPH lattialämmitys	38 kpl	0,19
KPH kaatolattiat	299,86 m <sup>2</sup>	4,88
KPH kaatolattioiden kuivuminen	299,86 m <sup>2</sup>	15,00
Onteloporaukset	4740 kpl	2,00
Aika yhteensä työvuoroissa		108,33

Ontelolaatoilla toteutetussa välipohjaratkaisussa työmaalle jäävien työvaiheiden sekä kuivumisaikojen yhteenlaskettu aika on 108,33 työvuoroa.

### 5.2.3 Paikallavalurakenteinen välipohja

Muottityön työmenekki on noin 0,24 tth/muotti –m<sup>2</sup>. Välipohjan muottineliöiden ollessa 2 075 kappaletta, muottityön kokonaistyömenekki on 498 tth. Työryhmän ollessa 2+1, muottityön kesto on 20,75 työvuoroa. [1.]

Välipohjan raudoituksen määrä neliölle on noin 25 kg, välipohjien raudoituskilot ovat yhteensä 51 875 kappaletta. Raudoituksessa käytetään halkaisijaltaan 12 mm paksuja harjateräksiä. Harjaterästen asennuksen työmenekki on 8 tth/1000kg. Työmenekki kattaa raudoitteiden siirrot nosturilla, katkaisut sekä taivutukset. Työryhmän ollessa 2+0, raudoituksen toteuttamiseen kuluu 25,94 työvuoroa. [30, s. 55.]

Holvin sähköputkitusten sekä rasioiden asennuksen työmenekki on noin 0,05 tth/m<sup>2</sup>. Holvin neliöiden ollessa 2 075 kappaletta, muiden sähkötöiden kokonaistyömenekki on 103,75 tth. Työryhmän ollessa 2+0, muiden sähkötöiden toteuttamiseen kuluu 6,48 työvuoroa.

Kylpyhuoneiden viemärihajotusten työmenekki on 0,05 tth/brm<sup>2</sup>. Kylpyhuoneiden yhteenlasketun bruttoneliömäärän ollessa 299, 86 kappaletta, tulee kokonaistyömenekiksi

14,99 tth. Työryhmän ollessa 2+0, viemärihajotusten työnkesto on yhteensä 0,94 työvuoroa. [1; 30, s. 154.]

Kylpyhuoneiden mukavuuslattialämmitysten työmenekki on 0,010 tth/brm<sup>2</sup>. Kylpyhuoneiden yhteenlasketun bruttoneliömäärän ollessa 299,86 kappaletta, tulee kokonaistyömenekiksi 3 tth. Työryhmän ollessa 2+0, mukavuuslattialämmitysten työnkesto on yhteensä 0,19 työvuoroa. [1; 30, s. 156.]

Paikallavalurakenteisen välipohjan kokonaisneliömäärä on 2 075 kappaletta. Välipohjan kerrospaksuuden ollessa 260 mm, muodostuu valettavaksi betonimääräksi noin 539,5 m<sup>3</sup>. [1.] Betonoinnin työsaavutus on 80 m<sup>3</sup>/tv, työryhmän ollessa 1+1. Betonoinnin toteuttamiseen kuluu 6,74 työvuoroa. [30, s. 63.]

Lattialämmityksen eristelevyjien ladonnan työmenekki on 0,02 tth/m<sup>2</sup>. Lattianeliöiden ollessa 1 775,14 kappaletta, ladonnan kokonaistyömenekki on 35,50 tth. Työryhmän ollessa 2+0, eristelevyjien asennus kestää 2,22 työvuoroa. Vesikiertoisen lattialämmityksen lämmönjakoputkien asennuksen työmenekki on 0,05 tth/brm<sup>2</sup>. Kuivien tilojen lattioiden bruttoneliömäärän ollessa 1 775,14 kappaletta, muodostuu työmenekiksi 88,76 tth. Työryhmän ollessa 2+0, lattialämmityksen lämmönjakoputkien asennus kestää 5,55 työvuoroa. Kuivien tilojen lattioiden lattialämmityksen toteutus kestää yhteensä 7,77 työvuoroa. [1; 30, s. 117, 154.]

Lämpölattiavalujen työmenekki on 0,24 tth/m<sup>2</sup>, työryhmän ollessa 1+1. Työmenekki kattaa aloittavat työt, mittaukset, betonoinnin, betonipinnan hiertämisen sekä jälkityöt. [30, s. 62.] Lattianeliöiden ollessa 1 775,14 kappaletta, lämpölattioiden valaminen kestää yhteensä 26,63 työvuoroa.

Lämpölattiavalut toteutetaan Bostik Base fiber tuotteella, jonka kuivumisaika on 1 päivä/mm kerrospaksuutta kohden. Lämpölattioiden betonoinnin kerrospaksuus on 40 mm, jolloin betonoinnin kuivumisaika pinnoituskuivaksi on noin 40 päivää. Teoreettista kuivumisaikaa voidaan pyöristää alaspäin johtuen viikonlopuista. Työvuoroiksi muutettuna kuivumisaika on noin 30 työvuoroa. Kuivumisaika edellyttää, että tilassa on riittävä ilmanvaihto, lämpötila on + 20 °C, ilman suhteellisen kosteus enintään 50%, alustan suhteellinen kosteus enintään 85 %. [1; 32.]

Kappaleessa 2.5.1 on määritetty teoreettinen paikallavaluholvin kuivumisaika, silloin kuin tavoitekosteus on RH 85 % ja käytetään NP betonia. Holvin kuivumisaikana käy-

tään 17 viikkoa. Viikonloput huomioiden, kuivumisaika on noin 85 työvuoroa. Edellä mainitut laskelmat on listattu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Paikallavalurakenteisen välipohjan toteutusaika työmaalla

Aikataulutehtävä	Määrä	Aika (tv)
Muottityö	2 075 m <sup>2</sup>	20,75
Raudoitus	51 875 kg	25,94
Pv-holvin muut sähkötyöt	1 775,14 m <sup>2</sup>	6,48
KPH viemäröinnit	38 kpl	0,94
KPH lattialämmitys	38 kpl	019
Pv-holvin betonointi	539,5 m <sup>3</sup>	6,74
Pv-holvin kuivuminen	2 075 m <sup>2</sup>	85
Lattialämmityksen asennus	1 775,14 m <sup>2</sup>	7,77
Lämpölattiavalut	1 775,14 m <sup>2</sup>	26,63
Lämpölattiavalujen kuivuminen	1 775,14 m <sup>2</sup>	30,00
Aika yhteensä työvuoroissa		210,44

Paikallavalurakenteisessa välipohjaratkaisussa työmaalla tehtävien työvaiheiden sekä kuivumisaikojen yhteenlaskettu aika työvuoroissa on 210,44 työvuoroa.

### 5.3 Välipohjaratkaisujen vertailun yhteenveto

Välipohjaratkaisujen kustannukset sekä työmaalla toteutettavien työvaiheiden kestot on listattu taulukkoon numero 9.

Taulukko 9. Välipohjaratkaisujen vertailu

Toteutustapa	Kokonaiskustannus	Kustannukset/yks	Kokonaistyoaika
Luja-Superlaatta	267 393,68 €	128,80 €/m <sup>2</sup>	26,58 tv
Ontelolaatta	351 631,75 €	169,46 €/m <sup>2</sup>	107,19 tv
Paikallavalu	427 004,54 €	205,79 €/m <sup>2</sup>	200,44 tv

Kokonaiskustannusten osalta selkeästi kalleimmaksi muodostuu paikallavalurakenteinen välipohja, neliöhinnan ollessa 205,79 €/m<sup>2</sup>. Paikallavalurakenteisen välipohjaratkaisun työmaalla tapahtuvien työtehtävien kesto on vaihtoehtoratkaisujen suurin, 200,44 tv. Kaikki tämä aika vaatii työmaa-aikaista työsuunnittelua, tuotannosuunnittelua sekä useiden urakoitsijoiden töiden yhteensovittamista. Paikallavalurakenteisen välipohjan kustannuksia sekä työaikoja tutkiessa täytyy kuitenkin muistaa lattialämmi-

tysratkaisun toteutuksen suuri vaikutus kumpaankin asiaan. Paikallavalurakenteisen välipohjan saa toteutettua edullisimmin sekä nopeammalla aikataululla, jos lattialämmitys asennetaan paikallavalurakenteisen välipohjan sisään, ilman lämpölattiavalua. Tällä tavoin toteutettuna paikallavalurakenteisen välipohjan lattialämmityksen toiminta heikenee ja muuttuu hankalammin säädettäväksi.

Ontelolaatta välipohjaratkaisun kokonaiskustannukset olivat noin 75 000 € edullisemmat kuin paikallavalurakenteisen välipohjaratkaisun, neliöhinnan ollessa 169,46 €/m<sup>2</sup>. Ontelolaatta välipohjaratkaisun työmaalla toteutettavien työvaiheiden kesto 107,19 työvuoroa. Ontelolaattaratkaisussa työmaalla suunniteltavia sekä tahdistettavia töitä on noin puolet paikallavalurakenteiseen ratkaisuun verrattuna. Lattialämmitysratkaisun kokonaiskustannusten vaikutus ontelolaattavälipohjaratkaisuun on merkittävä, koska prosentuaalisesti pelkän lattialämmityksen kustannukset valuineen ovat noin 41,8 % välipohjaratkaisun kokonaishinnasta.

Luja-Superlaatta välipohjaratkaisun kokonaiskustannukset ovat vaihtoehtoista pienimmät, neliöhinnan ollessa 128,80 €. Superlaatta välipohjaratkaisun työmaalla tehtävien työvaiheiden kokonaiskesto on myös vaihtoehtoista pienin, 26,58 työvuoroa. Tätä välipohjaratkaisua käytettäessä kokonaiskustannukset ovat pienemmät, lisäksi työsuunnittelun sekä tuotannonohjauksen näkökulmasta tämä toteutustapa on järkevin. Yksi Luja-Superlaatan suurista hyödyistä on se, että työmaalla toteutettavien lattiavalujen määrä on todella vähäinen. Lattiavalujen vähäisyyden takia työmaan olosuhteiden hallinta helpottuu, eivätkä lattiavalujen kuivumisajat vaikuta niin merkittävästi seuraavien työvaiheiden toteutukseen.

## 6 Kyselytutkimus

Kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää erilaisten välipohjaratkaisujen hyvät ja huonot puolet. Lisäksi tarkoituksena oli saada vastauksia mahdollisiin potentiaalisiin ongelmiin. Välipohjan tekemiseen on useita erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, minkä takia välipohja voidaan toteuttaa monin eri keinoin. Tämän vuoksi esitin kysymykset rakennusalanalla pitkään toimineille rakennusalanammattilaisille, näin sain määriteltyä paremman kokonaiskuvan toteutuksessa huomioitavista asioista.

Kysymykset olivat valmiiksi päätetty, eikä niihin annettu valmiita vastausvaihtoehtoja. Kysymysten näkökulmana olivat toteutuksen aikataulut sekä kustannukset.

Kysymykset olivat:

- Minkä välipohjaratkaisun kanssa olet ollut eniten tekemisissä?
- Mitkä mielestäsi ovat paikallavalurakenteisen välipohjaratkaisun hyvät ja huonot puolet ajatellen työmaan aikatauluja ja kustannuksia?
- Mitkä mielestäsi ovat ontelolaattavälipohjan hyvät ja huonot puolet ajatellen työmaan aikatauluja ja kustannuksia?
- Mitkä mielestäsi ovat Superlaatan hyvät ja huonot puolet ajatellen työmaan aikatauluja ja kustannuksia?
- Minkälaisia potentiaalisia ongelmia toteutuksen suhteen mielestäsi eri välipohjaratkaisuille on?

Kyselyn tulokset avasivat käytännöntason ongelmia eri välipohjaratkaisussa sekä antoivat vastuksia siihen, miten useat eri näkökulmat tulisi ottaa huomioon välipohjaratkaisua valitessa. Jokaisesta välipohjaratkaisusta löytyi hyviä sekä huonoja puolia, valintaa tehdessä tulisi päättää mitä ominaisuutta arvostetaan eniten ja miksi juuri tämä ratkaisu on kyseiseen kohteeseen oikea. Välipohjaratkaisun valintaan vaikuttavat muun muassa aikataulu, suunnittelu, rakenteiden vaatimukset, logistiikka, tontin koko, rakennuksen muoto sekä tekijöiden ammattitaito ja kokemus. Tutkimuskyselyn avulla saatuja tuloksia hyödynsin johtopäätöksissä. Kysymysten avulla saatujen näkökulmien sekä laskettujen välipohjaratkaisujen kustannusten ja aikataulujen avulla sain muodostettua selkeämmät näkemykset välipohjaratkaisusta.

## 6.1 Käytetyin välipohjaratkaisu

Suurin osa kyselyyn vastanneista kertoi ontelolaattavälipohjaratkaisun käytetyimmäksi ratkaisuksi aikaisemmissa kohteissaan. Vain yksi vastanneista kertoi, että paikallavalurakenteinen välipohja oli yhtä käytetty kuin ontelolaattavälipohja.

## 6.2 Paikallavalurakenteinen välipohja

Kyselyn vastauksissa nousi esille seuraavia asioita paikallavalurakenteisen välipohjan hyvistä puolista. Paikallavalurakenteisessa välipohjassa ei ole onteloita, jonka vuoksi työmaa-aikainen kosteudenhallinta helpottuu. Paikallarakentamalla voidaan myös eniten vaikuttaa toteutukseen, hyvän työsuunnittelun ansiosta, sekä saada tarvittaessa toteutettua monimuotoisia rakenteita. Paikallavalurakenteisen välipohjan ääneneristävyysvaatimukset täyttyvät muita ratkaisuja ohuemmalla laadalla. Paikallavalurakenteisen välipohjan huonoiksi puoliksi nousi esille työsuoritus, joka vaatii eniten ammattitaitoa sekä työryhmien sitoutumista toteutukseen. Tämän takia myös toteutuksen kustannusriskit ovat silloin suuremmat. Lisäksi paikallarakentamisen huonoja puolia olivat erilaisten työvaiheiden suuri määrä sekä materiaalien ja kaluston varastoinnin suuri tarve.

## 6.3 Ontelolaatoilla toteutettu välipohja

Kysyttäessä ontelolaattavälipohjaratkaisun hyvistä puolista esille nousivat ratkaisun helppo hinnoiteltavuus sekä ratkaisun nopea toteutus. Lisäksi selvisi, ettei ontelolaattavälipohjaratkaisussa tule usein esille odottamattomia yllätyksiä. Onteloratkaisun huonoina puolina mainittiin onteloihin kertyvä vesi sekä veden aiheuttamat onteloporaukset. Lisäksi huonoina puolina nousivat esille ontelolaattojen ylä- ja alapinnan käyryyden aiheuttamat ylimääräiset työvaiheet sekä ontelolaattavälipohjan vaatima suurempi välipohjan paksuus, jotta se täyttäisi ääneneristävyysvaatimukset. Vastaajat kokivat, että ontelolaattojen punokset voivat aiheuttaa turhia haasteita suurempia reikiä ontelolaattoihin tehtäessä.

#### 6.4 Luja-Superlaatoilla toteutettu välipohja

Luja-Superlaatoilla toteutetun välipohjaratkaisun hyvinä puolina nousi esille Luja-Superlaatan olevan tehtaalla pitkälle valmistettu tuote, jolloin työmaalla toteutettavien työvaiheiden määrä on huomattavasti vähäisempi ja sen asennus on nopeaa. Superlaatan huonoina puolina mainittiin riippuvaisuus yhdestä toimijasta, mahdollinen monopolin tuoma hinnoittelu sekä yrityksen henkilöstön kokemuksen puute välipohjaratkaisun toteutuksessa.

#### 6.5 Toteutuksien potentiaaliset ongelmat

Eri välipohjaratkaisujen potentiaalisten ongelmien vastauksista nousi esiin ontelolaatta-välipohjien äänitekniset ongelmat, heikko vesitiiveys sekä taipumus kerätä vettä sisäänsä. Paikallavalurakenteisen välipohjan toteutukseen liittyviä potentiaalisia ongelmia oli ammattitaitoisen rakennesuunnittelijan löytäminen, jotta rakenneratkaisusta tulisi riittävän luja mutta ei yliraudoitettu. Lisäksi ongelmana pidettiin ammattitaitoisen asennusporukan löytämistä sekä pitkien kuivumisaikojen luomat haasteet paikallavalurakentamisessa. Luja-Superlaatan suurin potentiaalinen ongelma oli monopoliase-  
man tuomat kustannuspaineet sekä tuotteen käytön vähäinen kokemus, mikä voi tuoda yllätyksiä toteutuksessa.

## 7 Johtopäätökset

Välipohjaratkaisun valinnalla on erittäin suuri merkitys rakennushankkeen toteutukseen sekä etenemiseen. Välipohjaratkaisua pohtiessa tulisi ottaa huomioon useat eri näkökulmat, joita ovat kohdekohtaiset vaatimukset välipohjarakenteelle, toteutuksen aikataulu ja vuodenaika, työmaalle sijoittuvien työpanosten määrä sekä kustannuksien määräytyminen esimerkiksi elementtitehtaan ja työmaan välillä.

Välipohjaratkaisun toteuttamiseen osallistuu useimmiten monta eri urakoitsijaa ja työvaiheita välipohjan toteuttamisessa voi olla useita. Useiden työvaiheiden sekä urakoitsijoiden yhteensovittaminen luo omat haasteensa työmaalle vaatien huolellista työ- ja tuotannonsuunnittelua. Mahdollisimman pitkälle esivalmistellun välipohjaratkaisun käyttäminen vähentää päällekkäisiä työvaiheita sekä helpottaa jäljelle jäävien tehtävien rytmitystä keskenään.

Kuivumisaikojen merkitystä välipohjarakenteissa ei tule myöskään väheksyä. Kuivumisajoilla on erittäin suuri merkitys työmaan toteutukseen sekä seuraavien työvaiheiden aloittamiseen. Hidas kuivumisaika vaatii optimaalisten kuivumisolosuhteiden tarkkailua kauemmin ja mahdollisuus laatan uudelleen kastumiselle ennen pinnoitusta on suurempi. Optimaalisten kuivumisolosuhteiden järjestäminen on haasteellista vaihtelevien sääolosuhteiden takia. Rakenteiden suunniteltua hitaampi kuivuminen voi aiheuttaa merkittäviä aikataulumuutoksia. Siksi tulisi pohtia olisiko järkevää käyttää esivalmisteltua välipohjalaattaa, jotta työmaalla jouduttaisiin betonoimaan mahdollisimman vähän.

Tutkimuksen tuloksena muodostui vertailu erilaisten välipohjaratkaisujen kokonaiskustannuksista sekä toteutuksen aikatauluista. Lisäksi tutkimustuloksista saatiin selville jokaisen tarkastellun välipohjaratkaisun tarkka työaika työmaalle. Työajalla tässä tutkimuksessa tarkoitettiin sellaista aikaa, joka pitää sisällään työn- ja tuotannonsuunnittelua sekä rakenteiden mahdolliset kuivumisaikat. Tutkimuksessa saadut tulokset ovat täysin teoreettisia, mutta ne antavat suuntaa esimerkiksi kustannusten osalta verrattaessa välipohjarakenteita toisiinsa. Työaikoja laskiessa käytettiin T3-aikoja eikä mahdollisia yli tunnin pituisia keskeytyksiä huomioitu, näin saatiin tuotannonsuunnittelua vaativa työaika työmaalla.

Luvussa 5.3 toteutetussa välipohjaratkaisujen vertailussa huomattiin Luja-Superlaatan edullisemmat kokonaiskustannukset ja työmaalla tehtävien työvaiheiden kestojen vä-

häisyys verrattuna muihin välipohjaratkaisuihin. Luja-Superlaatan eduiksi tässä tutkimuksessa nousivat kaikki tutkimuksessa tutkitut osa-alueet. Niitä olivat kokonaiskustannusten edullisuus, vähäiset työvaiheet työmaalla, kuivumisaikojen lyhentyminen sekä tuotannonohjauksen ja työsuunnittelun vähentyminen välipohjan toteutukseen liittyen. Kyselytutkimuksen perusteella voin todeta, että Luja-Superlaatta täyttää muihin verrattuna paremmin useita vaatimuksia. Esimerkiksi Luja-Superlaatatassa on parempi ääneneristävyys, siinä ei ole tarvetta onteloporauksille eikä useiden eri urakoitsijoiden työvaiheiden yhteensovittamista tarvita. Lisäksi välipohjan toteutus on nopeaa.

Potentiaalisena ongelmana kuitenkin tulisi pitää Lujan monopoliasemaa kustannusten sekä mahdollisten toimitusvaikeuksien takia. Hanketta suunniteltaessa kannattaisi tehdä vaihtoehtoiset suunnitelmat Luja-Superlaatan suunnitelmien lisäksi paikallavalurakenteiselle välipohjalle. Kun mahdollisiin toimitusongelmiin varaudutaan jo hanketta suunnitellessa, saadaan vaihtoehtoisen välipohjaratkaisun korkomaailma sopimaan paremmin Luja-Superlaatan suunnitelmiin.

Tutkittavaan kohteeseen mietittiin välipohjaratkaisujen toteutusta Luja-Superlaatoilla ontelolaattojen sijaan, mutta asiaa ryhdyttiin pohtimaan liian myöhään. Yrityksen tekemien laskelmienkin mukaan Luja-Superlaatta olisi tullut ontelolaattaa kannattavammaksi, mutta muutosta ei aikataulusyistä haluttu enää tehdä. Liian myöhään tehty muutos olisi venyttänyt aikataulua liian paljon sekä rakennesuunnittelun muutoskustannusten jälkeen välipohjaratkaisun vaihdon hyöty olisi ollut vain marginaalinen. Lisäksi tässä tapauksessa riskin ottaminen välipohjaratkaisua vaihtamalla olisi ollut turhaa, huomioiden työmaahenkilöstön vähäisen kokemuksen Luja-Superlaatta välipohjaratkaisusta.

Huomioiden Luja-Superlaatan kustannusten ja toimituksien potentiaaliset ongelmat sekä työmaahenkilöstön vähäisen kokemuksen Luja-Superlaattavälipohjaratkaisusta, silti suosittelen Luja-Superlaattojen käyttöä tulevissa kohteissa. Luja-Superlaatoilla toteutettavaa välipohjaa suunnitellessa tulee kuitenkin aina huomioida vaihtoehtoinen välipohjaratkaisu, jonka avulla voidaan vastata mahdollisiin toimitusongelmiin.

## 8 Yhteenveto

Tutkin tutkielmassani ontelolaattarakenteisen, paikallavalurakenteisen sekä Luja-Superlaatta välipohjan toteutusta. Tavoitteena oli muodostaa selkeä näkemys välipohjaratkaisujen eroavaisuuksista työvaiheiden, aikataulujen sekä kustannusten osalta. Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, onko Luja-Superlaatta välipohjaratkaisussa riittävästi työmaalta poisjääviä työvaiheita, että sen kalliimpi hankintahinta kompensoituisi, jolloin siitä tulisi kilpailukykyinen muihin välipohjaratkaisuihin verrattuna.

Työn tutkimusmenetelminä olivat kirjallisuustutkimus sekä kysely, lisäksi käytiin avointa keskustelua yrityksen henkilöstön kanssa. Kirjallisuustutkimuksen avulla laajensimme osaamista erilaisten toteutusten työvaiheista. Kyselyyn valittiin pitkään rakennusalalla toimineita ammattilaisia, joilla on vahva kokemus erilaisista työmenetelmistä sekä toteutustavoista. Kyselyn avulla saatiin lisää näkökulmia välipohjaratkaisuihin. Välipohjaratkaisujen kustannuksia laskiessa, keskityimme jokaisen välipohjaratkaisun kokonaiseen hintaan toteutuksineen. Kun erilaisten ratkaisujen toteutusten työnkestoja laskettiin, laskelmiin huomioitiin vain työmaalla tapahtuvat työvaiheet.

Kyselyn avulla sain muodostettua hyvän yleiskuvan välipohjaratkaisujen monimuotoisuudesta. Välipohjien kokonaisuus sekä painotettavat vaatimukset vaikuttavat merkittävästi välipohjan valintaan, siksi välipohjan valintaa tehdessä ei ole yhtä ainoa oikeaa vaihtoehtoa. Välipohjaratkaisun valinnalla voi vaikuttaa kustannusten määräytymiseen työmaan ja esimerkiksi elementtitehtaan välillä sekä työvaiheiden määrään työmaalla. Työmaalla toteutettavien työvaiheiden suuresta määrästä seuraa enemmän työsuunnittelua, tuotannonohjausta ja samalla aikataulu- sekä kustannusriski kasvaa.

Lujabetoni yrityksellä on ilmestynyt markkinoille uutuustuote, joka on nimeltään Luja-Superkylpyhuone. Luja-Superkylpyhuoneessa on Luja-Superlaattaan jo tehtaalla valmiiksi yhdistetty ja täysin varusteltu kylpyhuonemuoduli. Olisikin mielenkiintoista selvittää jatkotutkimusaiheena pystyisikö saavuttamaan merkittäviä kustannus- sekä aikataulusäästöjä käyttämällä kyseistä valmista moduulia, kun sitä vertailtaisiin esimerkiksi ontelolaattavälipohjaratkaisuun ja työmaalla toteutettavaan kylpyhuonekokonaisuuteen.

## Lähteet

- 1 EKE-Rakennus Oy, kohdekohtaiset työmaatiedot.
- 2 Luja-Superlaatta-suunnitteluohje. Verkkodokumentti. Lujabetoni.fi. [https://www.luja.fi/app/uploads/sites/2/2018/03/Superlaatta\\_suunnitteluohje\\_1.3.pdf](https://www.luja.fi/app/uploads/sites/2/2018/03/Superlaatta_suunnitteluohje_1.3.pdf). Hakupäivä 13.10.2020.
- 3 Luja-Superlaatta. Verkkodokumentti. Lujabetoni.fi. <https://www.lujabetoni.fi/luja-superlaatta/>. Hakupäivä 13.10.2020.
- 4 Saaranen, Heli. 2019. Opinnäytetyö. Tutkimus Luja-Superlaattojen tuotannosta. Saimaan Ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262573/Saaranen\\_Heli.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262573/Saaranen_Heli.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- 5 Ontelolaatat. Verkkodokumentti. Elementtisuunnittelu.fi. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>. Hakupäivä 23.10.2020.
- 6 Heikkilä, Jasperi. 2016. Opinnäytetyö. Vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen elinkaarikustannusten vertailu asuinkerrostalossa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/109451/Heikkila\\_Jesper.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/109451/Heikkila_Jesper.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 7 Viljanen, Jere. 2013. Opinnäytetyö. Vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän vaikutus yleisaikatauluun. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57438/Viljanen\\_Jere.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57438/Viljanen_Jere.pdf)
- 8 Lattialämmityksen suunnittelu. Verkkodokumentti. Uponor.fi. [https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys\\_viilennys/lattiarakenteet](https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys_viilennys/lattiarakenteet). Hakupäivä 3.11.2020.
- 9 Comfort lite-lämpölatia. Verkkodokumentti. Weber.fi. <https://www.fi.weber/files/fi/2019-05/Comfort-lampolattia-Ratkaisukortti.pdf>. Hakupäivä 3.11.2020.
- 10 Parman ontelolaatatot suunnitteluohje. Verkkodokumentti. Parma.fi. [https://parma.fi/userassets/uploads/2018/12/parma\\_ontelolaatatot\\_suunnitteluohje\\_2018-1.pdf](https://parma.fi/userassets/uploads/2018/12/parma_ontelolaatatot_suunnitteluohje_2018-1.pdf). Julkaistu 12/2018. Hakupäivä 6.11.2020.
- 11 Ontelolaattojen suunnitteluohje. Verkkodokumentti, Luja.fi. <https://www.luja.fi/app/uploads/sites/2/2020/09/Luja-ontelolaattojen-suunnitteluohje-2020.pdf>. Julkaistu 25.8.2020. Hakupäivä 9.11.2020.

- 12 Kivioja. Lari. 2013. Opinnäytetyö. Märkätilojen lattiarakenneratkaisu. Metropolia Ammattikorkeakoulu.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53921/Mestarityo.pdf?sequence=1>
- 13 Parman kuorilaatatot. Verkkodokumentti. Parma.fi.  
[https://parma.fi/userassets/uploads/documents/2018/06/parma\\_kuorilaataston\\_sunnitteluohje\\_2016.pdf](https://parma.fi/userassets/uploads/documents/2018/06/parma_kuorilaataston_sunnitteluohje_2016.pdf). Julkaistu 1.9.2012. Hakupäivä 15.11.2020.
- 14 Saarinen. Juha. 2007. Opinnäytetyö. Betonivälipohjan tuotanto- ja kustannustekijöiden vertailu: Ontelolaatta vai paikallavalu? Tampereen Ammattikorkeakoulu.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9639/Saarinen.Juha.pdf?sequence=2>
- 15 Hartikainen. Pekka. 2016. Opinnäytetyö. Paikallavaluholvin ja elementtirakenteisen holvin kustannusvaikutukset kerrostalorakentamisessa. Savonia Ammattikorkeakoulu. <https://core.ac.uk/download/pdf/38134631.pdf>
- 16 Jussila. Eero. 2015. Opinnäytetyö. Paikallavaluholvin työtekniikan kehittäminen ja kustannusten tutkiminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/38119311.pdf>
- 17 Jasim. Mustafa. 2017. Opinnäytetyö. Paikallavaluholvin työohje. Hämeen Ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131591/Jasim-Mustafa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 18 Koski. Hannu; Kivimäki, Christian. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. KI-6020. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 19 Petrow. S; Vuorinen. P & Rydenfelt. V-P. Betoninen kelluva lattia. Verkkodokumentti. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020401.pdf>. Hakupäivä 22.11.2020
- 20 Vaaramo. Ville. 2015. Opinnäytetyö. Kantavien välipohjien laadunvarmistus ja kustannustehokkuus. Savonia Ammattikorkeakoulu.
- 21 Kempainen. Jani. Miten toimitaan oikein betonin kanssa? Verkkodokumentti. Rakennusteollisuus.fi. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2017/kiertue/miten-toimitaan-oikein-betonin-kanssa.pdf>. Hakupäivä 26.11.2020.
- 22 Huttu. Juho. 2014. Opinnäytetyö. Paikallavaluholvin kuivuminen. Tampereen Ammattikorkeakoulu.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83856/Huttu\\_Juho.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83856/Huttu_Juho.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 23 Elementtien asennus. Verkkodokumentti. Elementtisuunnittelu.fi.  
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/>. Hakupäivä 27.11.2020.

- 24 Betonielementtien turvallinen asennus. Verkkodokumentti. Betoni.com.  
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien-turvallinen-asennus.pdf>. Hakupäivä 2.12.2020.
- 25 Rundlöf, Robin. 2013. Opinnäytetyö. Betonirakenteisen asuinkerrostalon talvirungon tehtäväsuunnittelu. Metropolia Ammattikorkeakoulu.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56265/Betonielementtirakenteisen%20asuinkerrostalon%20talvirungon%20tehtavasunnittelu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 26 Luja-Superlaatan asennusohje. Verkkodokumentti. Luja.fi.  
<https://www.luja.fi/app/uploads/sites/2/2020/12/SUPERLAATAN-asennusohje-2021.pdf>. Hakupäivä 7.12.2020.
- 27 PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat asennus- ja työmaaohje. Verkkodokumentti. Parma.fi  
[https://parma.fi/userassets/uploads/2018/06/parmaperustukset\\_ontelosokkeli\\_ja\\_parmaontelolaatat\\_web.pdf](https://parma.fi/userassets/uploads/2018/06/parmaperustukset_ontelosokkeli_ja_parmaontelolaatat_web.pdf). Hakupäivä. 10.12.2020.
- 28 Kumpula. Saku. 2020. Opinnäytetyö. Elementtien saumabetonointi ja jälkityöt. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/336719/Kumpula\\_Saku.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/336719/Kumpula_Saku.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- 29 Koivisto. Mikko. 2005. Opinnäytetyö. Rungon elementtiasennuksen kehittäminen. Tampereen ammattikorkeakoulu.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9742/TMP.objres.26.pdf?sequence=2&isAllowed=y1>
- 30 Rakennustöiden menekit 2020. 2019. KI-6035. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 31 Ontelolaattojen asennusohje. Verkkodokumentti. Pielisenbetoni.fi.  
[https://www.pielisenbetoni.fi/wp-content/uploads/2017/11/asennusohje\\_ontelolaatta.pdf](https://www.pielisenbetoni.fi/wp-content/uploads/2017/11/asennusohje_ontelolaatta.pdf). Hakupäivä. 16.12.2020.
- 32 Bostik tuotteet. Verkkodokumentti. Bostik.fi.  
<https://www.bostik.com/fi/finland/bostik-products/>. hakupäivä 1.2.2021.
- 33 Maakostea betoni. Verkkodokumentti. Heikkinen.fi.  
[https://www.heikkinen.fi/upload/Heikkinen\\_maakostea-betoni\\_2018.pdf](https://www.heikkinen.fi/upload/Heikkinen_maakostea-betoni_2018.pdf). Hakupäivä 3.2.2021.