



Juhana Hietämäki

BETONIRAKENTEISEN VÄLIPOHJAN TUOTANTOTAPA- VERTAILU

BETONIRAKENTEISEN VÄLIPOHJAN TUOTANTOTAPAVERAILU

Juhana Hietämäki
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelu

Tekijä: Juhana Hietamäki
Opinnäytetyön nimi: Betonirakenteisen välipohjan tuotantotapavertailu
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: K 2014
Sivumäärä: 32 + 2 liitettä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä betonirakenteisen kerrostalon välipohjaratkaisujen taloudellinen vertailu. Vertailtavat ratkaisut olivat ontelolaatasto kelluvalla pintalaatalla sekä paikallavalettu massiivilaatta. Vertailu toteutettiin laatimalla suoriteperusteiset kustannuslaskelmat viisikerroksiselle asuinkerrostalolle, jossa välipohjien pinta-ala oli 360 m².

Kustannustarkastelu tehtiin joulukuun 2013 hintatasossa. Työtunnin hintana sosiaalikuluneen oli tarkastelussa 30,60 €/h. Elementtien työmaahintana käytettiin 40 €/m². Tarkastelu tehtiin arvonlisäverottomin hinnoin. Työmenekkitiedot perustuvat TALO-Ratu-kortiston menetelmäkortteihin.

Ontelolaattarakenteen hinta oli 72,90 €/m² ja paikallavalurakenteen 95,66 €/m². Hintaero aiheutui pääosin paikallavalurakenteen korkeammasta työmenekistä. Esimerkkihankkeessa keston ero oli 13,77 työvuoroa. Ero kuivumisajassa oli 20 viikkoa. Tarkastelun perusteella suositellaan ontelolaattarakenteen käyttämistä.

Työssä on kustannustarkastelun lisäksi tarkasteltu vaihtoehtojen teknisiä ominaisuuksia ja vaikutusta hankkeen aikatauluun. Ontelolaattoja käytettäessä hankkeen kokonaisrakennusaika lyhenee 20 viikkoa, jos valmistuminen riippuu välipohjien päällystettävyydestä. Ontelolaattoja käytettäessä välipohjan kuivumisaika on noin 1/3 paikallavalurakenteen vaatimasta kuivumisajasta.

Asiasanat:
Betonivälipohja, ontelolaatta, kelluva laatta, paikallavalu, tuotanto, kustannus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural design

Author: Juhana Hietamäki
Title of thesis: Production comparison of concrete floors
Supervisor: Martti Hekkanen
Term and year when the thesis was submitted: S 2014
Pages: 32 + 2 appendices

The theme of this final thesis was to make an economical comparison between two different concrete floor solutions. These solutions were a hollow slab structure with floating floor and a cast-in-place floor. The comparison was made by calculating the costs, which grounded on performance, for a five-floor apartment building.

The cost examination was made in price level of December 2013. The cost for working hour in this comparison was 30,60 €/h including social costs. The cost for hollow slabs was 40€/m². The costs did not include value added tax.

The costs for hollow slab structure was 72,90 €/m² and for cast-in-place floor 95,66 €/m². The difference in costs can be explained by cast-in-floor's higher amount of work. The difference in the amount of work was 13,77 shifts. The difference in drying time was 20 weeks. Based on this examination, the hollow slab structure will be recommended for concrete floor solution.

Keywords:
Concrete floor, hollow slab, floating floor, cast-in-place, production, cost

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 TALONRAKENNUKSEN VERTAILULASKELMAT	8
3 VAIHTOEHTOJEN TEKNISET OMINAISUUDET	9
3.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla	9
3.2 Paikallavalu	12
3.3 Kuivumisajat	13
3.3.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla	14
3.3.2 Paikallavalu	16
4 MATERIAALIPANOSTEN HINNAT	18
4.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla	18
4.1.1 Ontelolaatat	18
4.1.2 Teräkset	18
4.1.3 Askeläänieriste	19
4.1.4 Betoni	19
4.2 Paikallavalu	20
4.2.1 Teräkset	20
4.2.2 Betoni	20
4.2.3 Holvimuotti	20
5 TYÖMENEKIT JA TYÖPANOSTEN HINNAT	22
5.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla	22
5.1.1 Ontelolaattojen asennus	22
5.1.2 Askeläänieristys	23
5.1.3 Pintalaatan raudoitus	24
5.1.4 Pintalaatan betonointi	24
5.1.5 Nostotyö	25
5.2 Paikallavalu	25
5.2.1 Muotin pystytys	25
5.2.2 Raudoitus	26
5.2.3 Betonointi	26

5.2.4 Muotin purku	27
6 TULOSTEN VERTAILU	28
7 POHDINTA	30
LÄHTEET	30
LIITTEET	32
Liite 1 Työmenekkilaskelmat	
Liite 2 Esimerkkikohteen 2. kerroksen seinät ja katto	

1 JOHDANTO

Betonirakenteisten kerrostalojen uudisrakentamisessa päädytään välipohjaratkaisun osalta yleisimmin joko ontelolaatoilla tai paikallavalulla toteutettuun rakenteeseen. Näiden rakenteiden tuotantotekniikat ja materiaalit eroavat toisistaan, joten valittaessa edullisempaa ratkaisua valinnan perustaksi tarvitaan vertailulaskelma.

Opinnäytetyö on tehty Kaarron rakennus Oy:lle, joka saneeraa sekä tekee uudisrakennuksia Ylivieskan alueella. Työn tavoitteena on selvittää paikallavaletun välipohjarakenteen ja ontelolaattarakenteen työmaahinnat ja luoda vertailu, joka toimii välipohjaratkaisun valinnan perustana. Työn tavoitteena on myös selvittää vaihtoehtojen kestojen ja kuivumisaikojen eroja.

Työssä esitellään yleisesti molemmat rakenteet ja niiden tekniset ominaisuudet. Vertailulaskelmassa otetaan huomioon työn menekit ja hinnat sekä materiaalien menekit ja hinnat. Vertailussa pyritään ottamaan huomioon myös muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa välipohjaratkaisun valintaan.

Vertailulaskelmien pohjana käytetään todellista vuonna 2012 valmistunutta viisi kerroksista kohdetta, jonka välipohjan pinta-ala on noin 360 m². Kohde toteutettiin ontelolaattarakenteella. Työssä lasketaan kyseisen kohteen välipohjan materiaali- ja työkustannukset kummallakin rakenneratkaisulla. Kohteesta löytyy tarvittavat asiakirjat vertailulaskelman toteuttamiseen.

2 TALONRAKENNUKSEN VERTAILULASKELMAT

Vertailulaskelmia tekemällä pyritään löytämään suunnittelu- tai tuotantoratkaisu, jolla saadaan alennettua kustannuksia tai nostettua kilpailukykyä.

Vertailulaskelmilla saadaan vaihtoehtoisten suunnittelu- tai tuotantoratkaisujen valinnasta järjestelmällinen. Valintapäätös on perusteltu, kun valinnan perustana on laskelma. Suunnittelun vertailulaskelmilla haetaan vaatimukset täyttävää, edullista suunnitteluratkaisua, joka koskee rakennuksen muotoa, runkoa tai sen osia. Tuotannon vertailulaskelmilla yritetään löytää hankkeen toteutuksen kannalta edullisin työmenetelmävaihtoehto. Vertailulaskelmien tavoitteena voi myös olla vaihtoehtoisen suunnittelu- tai tuotantoratkaisun löytäminen, jolla lyhennetään hankkeen kestoa tai nostetaan lopputuotteen laatua. (14, s.108.)

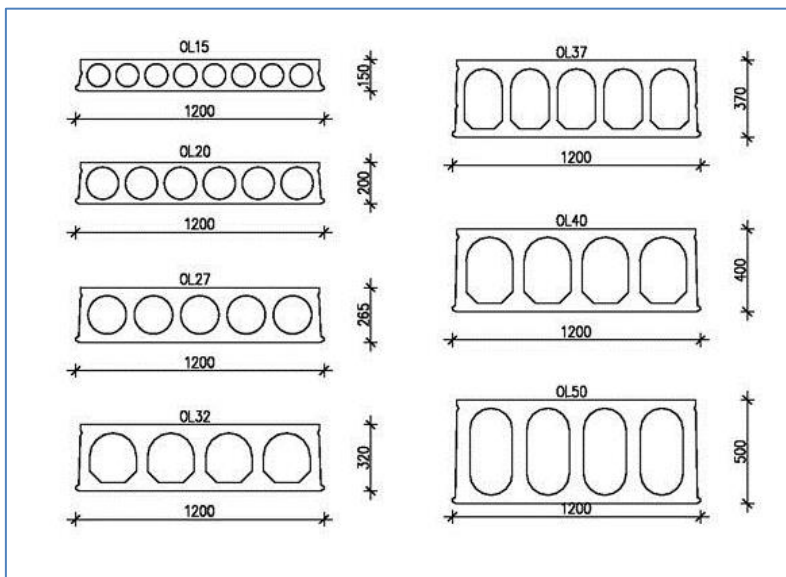
Rakennushankkeessa ylemmissä tehtävissä toimiva henkilö joutuu usein tekemään päätöksiä, jotka perustuvat aikaisempaan kokemukseen ja ammattitaitoon. Päätökset ovat monesti niin merkittäviä, että ongelman ratkaisun on syytä perustua järjestelmällisesti laadittuihin vertailulaskelmiin. Päätöksentekoa auttavat vertailulaskelmat sisältävät vain selvästi mitattavissa olevia suureita. Vaihtoehdon valintaan liittyy myös tekijöitä, joita ei voi ilmaista selkeillä mittayksiköillä. Näiden tekijöiden merkitys voi olla suuri, joten päätöstä ei tule tarkastella ainoastaan laskelmien tulosten kannalta. Vertailulaskelmat tulee nähdä osana päätöksentekoprosessia. (14, s.108-109.)

3 VAIHTOEHTOJEN TEKNISET OMINAISUUDET

3.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla

Ontelolaatta on selvästi käytetyin betonirunkoisten rakennusten elementtitasorakenne. Tavallisimpia käyttökohteita ovat väli- ja yläpohjat. Ontelolaattaa voidaan käyttää eristettynä myös alapohjissa. Suomessa kehitettiin vuosina 1968 -1970 avoin BES- järjestelmä vastaamaan 1970-luvun alun ennätysmäistä asuntotuotantoa. Ontelolaatta on oleellinen osa tätä järjestelmää ja se on taannut ontelolaatan suosion. (3, s.105.)

Ontelolaatta on hyvin pitkälle standardoitu tuote. Ontelolaatan korkeus määrittää onteloiden korkeuden, määrän ja muodon. Laatan perusleveys on 1200 mm. Suomessa käytettäviä korkeuksia ovat 150 mm, 200 mm, 265 mm, 320 mm, 400 mm ja 500 mm. Kuvassa 1 on esitetty ontelolaattojen poikkileikkaukset. Yleisin ontelolaattatyyppi on asuntotuotantoon käytettävä O27. Taulukosta 1 voidaan nähdä ontelolaattojen painot sekä maksimijännevälit. (4.)



KUVA 1. Ontelolaattojen perustyyppit (4)

TAULUKKO 1. Ontelolaattojen painot ja maksimijännevälit (4)

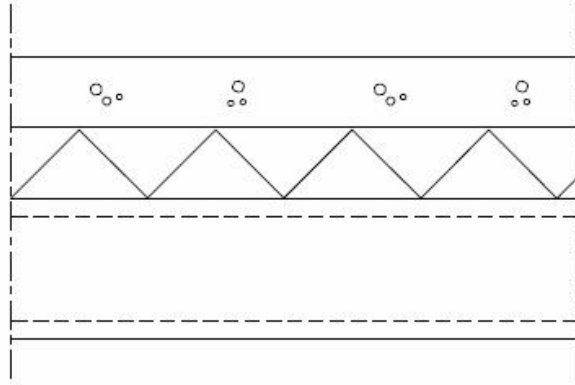
LAATTA TYYPPI	LAATAN KORKEUS [mm]	ELEMENTIN PAINO [kg/m ²]	PAINO SAUMATTUNA [kg/m ²]	VÄHIMMÄIS TUKIPINTA [mm]	MAKSIMIJÄNNEVÄLI [m]
O15	150	205	215	60	7
O20	200	245	260	60	11
O27	265	360	380	60	13,5
O32	320	380	400	60	16
O37	370	485	510	60	14
O40	400	435	465	100	18,5
O50	500	560	600	100	20

Ontelolaatat valmistetaan liukuvaluna siihen tarkoitettulla valukoneella.

Ontelolaatat esijännitetään korkealaatuisilla jänneteräksillä suunnitelmien mukaiselle tasolle. Valukone valaa ontelolaatat tavanomaista jäykemmästä betonimassasta pitkälle valupedille liukuvaluna. Erittäin jäykän betonimassan ja valukoneen betonia tiivistävän vaikutuksen vuoksi valualustan lisäksi ei tarvita erillisiä muotteja. Tuoreeseen betoniin tehdään suunnitellut aukot ja varaukset. Tämän jälkeen valu peitetään ja annetaan saavuttaa laukaisulujuus, jolloin esijännitetyt teräkset voidaan vapauttaa. Jännityksen päästämisen jälkeen valu sahataan suunnitelmien mukaisiin pituuksiin timanttiterillä ja ontelolaatat siirretään välivarastoon odottamaan kuljetusta työmaalle. (3, s.106-107.)

Tässä työssä vertailtava ontelolaatalla toteutettu rakenneratkaisu on esitetty kuvassa 2. Käytettävä 200 mm:n ontelolaatta poikkeaa tavanomaisesti asuntokäytössä olevasta 265 mm:n laatasta. Pelkkä 200 mm:n ontelolaatta ei läheskään saavuta Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 vaadittavia ääneneristyksen ja meluntorjunnan tasoja. Nämä tasot ovat asuinhuoneistojen väliselle ilmanääneneristysluvulle vähintään 55 dB ja asuinhuoneistojen väliselle askeläänitasoluvulle enintään 53 dB. Taulukon 2 mukaan kelluvan lattian kantavana rakenteena olevan ontelolaatan massa tulee olla suurempi kuin 250kg/m², ja tässä tapauksessa käytettävän ontelolaatan massa on saumattuna 260kg/m². Askeläänieristeenä toimii 100 mm:n EPS-eristelevy. Pintalaatassa kulkee vesikiertoinen lattialämmitys, jonka

ansiosta asunnossa ei tarvita seinille asennettavia pattereita. Lattiassa kulkevat vesikiertoputket kiinnitetään pintalaattaan tulevaan 5 mm:n vahvuiseen ja 150 mm:n silmikkoväliseen harjateräsverkkoon. Pintalaattaan voidaan tehdä märkätilojen kohdille niiden vaatimat kaadot.



Rakenne ylhäältä alas:

Lattiapinta ja pintakäsittely huoneselityksen mukaan.

100 mm Betonilaatta.

100 mm Askeläänieristys EPS100

200 mm Ontelolaatta P20

Kattopinta ja pintakäsittely huoneselityksen mukaan.

KUVA 2. Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla

TAULUKKO 2. Ääneneristysvaatimukset täyttävien välipohjien rakenneperiaatteet (13)

Joustava rakennekerros	Kantava rakenne
Joustava lattianpäällyste	Ontelolaatta massa $\geq 370 \text{ kg/m}^2$
	Massiivilaatta paksuus $\geq 240 \text{ mm}$
	Ontelolaatta ja tasausvalu massa $\geq 500 \text{ kg/m}^2$
Lautaparketti ja alusmateriaali	Massiivilaatta paksuus $\geq 240 \text{ mm}$
	Ontelolaatta ja tasausvalu massa $\geq 500 \text{ kg/m}^2$
Kelluva lattia	Massiivilaatta paksuus $\geq 190 \text{ mm}$
	Ontelolaatta massa $\geq 250 \text{ kg/m}^2$
Joustava asennuslattia	Massiivilaatta paksuus $\geq 190 \text{ mm}$
	Ontelolaatta massa $\geq 250 \text{ kg/m}^2$
Välipohjan alapinnan joustava umpinainen levyerhoitus	Massiivilaatta paksuus $\geq 240 \text{ mm}$
	Ontelolaatta massa $\geq 370 \text{ kg/m}^2$

3.2 Paikallavalu

Paikallavaletun holvin isona etuna ontelolaatastoon nähden on sen monipuoliset tekniset mahdollisuudet. Paikallavalamalla voidaan tehdä hyvin monimuotoisia rakenteita. Näitä mahdollisuuksia ovat muun muassa rakenteen aukotukset sekä ulokkeet ja sisäänvedot. Myös kaarevat rakenteet ovat helposti toteutettavissa. Paikallavalurakenteella on huomattavasti parempi kuormien jakokyky elementteihin nähden. Tämä mahdollistaa muutosten tekemisen rakenteessa, jotka aiheuttavat alkuperäisen suunnitelman hyötykuorman muuttumisen. Paikallavalun toteutussuunnitteluun tarvittava työmäärä on pieni ja piirustusten määrä on vähäinen elementtirakenteeseen verrattuna. (3, s. 75-76.)

Paikallavaletun laatan ääneneristävyys on hyvä. Taulukon 2 mukaan ääneneristysvaatimukset täytyvät jo 240 mm paksulla massiivilaatalla. Tämä rakenne on 160 mm matalampi kuin vertailtava ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla.

Paikallavalettua massiivilaattaa ja ontelolaatasta vertailtaessa on hyvä ottaa huomioon paikallavaletun laatan vaatima tuenta. Käytännössä tämä voi tarkoittaa tarvetta useammalle kantavalle väliseinälle kuin ontelolaatastolle on tarpeen.

Toisin kuin kelluvaan laattaan, massiivilaattaan ei voida asentaa vesikiertoista lattialämmitystä. Tämä johtuu lämmöneristeen puuttumisesta. Kelluvan rakenteen askeläänieristäminen toteutetaan EPS-eristeellä, joka estää lämmön johtumisen alemman kerroksen huoneistoon. Massiivilaatalla toteutetun rakennuksen huoneistojen lämmitys hoidetaan esimerkiksi seinille asennettavilla vesikiertoisilla lämmityspattereilla.

Tässä työssä vertailtavaksi rakenteeksi valitaan 240 mm paksu paikallavalettu massiivilaatta. Todellisuudessa laatan paksuus määräytyy tukipisteiden ja jännevälien mukaan.

3.3 Kuivumisajat

Betonirakenteiset lattiat useimmiten päällystetään jollakin muulla materiaalilla, kuten keraamisilla laatoilla, muovimatolla tai parketilla. Nämä päällystystyöt vaativat sen, että betonirakenteen kosteuden tulee olla riittävän alhainen. Liian kostean rakenteen päällystämisestä voi seurata kosteusvaurio, kuten päällysteen irtoaminen, värjäytyminen, hajuhaitta sekä terveydelle haitalliset mikrobit ja emissiot. (1, s.32.)

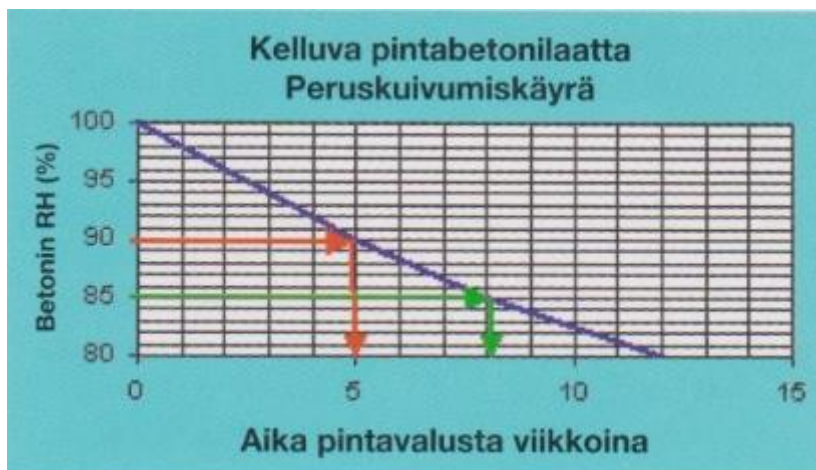
Kun tiedetään tavoitekosteus ja rakenneratkaisu, voidaan arvioida betonirakenteen kuivumisaika. Arviota tehdessä muuttujina voidaan käyttää rakenneratkaisua, betonin ominaisuuksia sekä kuivumiseen vaikuttavia ympäristön olosuhteita. Kuivumisaika-arvioon vaikuttavat eniten rakenneratkaisu, betonin vesisementtisuhde sekä kuivumisolosuhteet. (1, s.32.)

Vertaillaan välipohjaratkaisujen kuivumisaika-arvioita, kun tavoitekosteutena on yleisimpien lattian päällystysmateriaalien usein vaatima 85 % (2, s.19, 22, 25, 34). Oletetaan lämpötilan olevan kummassakin tapauksessa vakio 18 °C sekä ilman suhteellisen kosteuden 60 %. Oletetaan myös rakenteen pysyvän molemmissa tapauksissa kuivassa, sillä rungon rakentamista jatketaan heti sen ollessa mahdollista, mikä suojaa välipohjarakennetta kastumiselta.

3.3.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla

Koska kyseessä on kerroksellinen rakenne, kuivumisaika-arvio tehdään erikseen ontelolaatastosta ja äänenvaimennuskerroksen päälle tulevasta pintabetonilaatasta. Ennen ylempien kerrosten tekemistä tavoitteena on runkolaatan kuivuminen alle 90 % suhteelliseen kosteuteen. (1, s.56.)

Tässä työssä ontelolaataston kuivuminen ei sinänsä ole merkittävää, sillä askeläänieristys ja kelluvan laatan valaminen tehdään vasta myöhemmin, kun rungon pystytys on edennyt ylempiin kerroksiin. Oletetaan, että ontelolaatasto on kuivunut alle 90 % suhteelliseen kosteuteen ennen kuin ylempien rakennekerrosten tekeminen on ajankohtaista. Kuivumisaika-arvioon käytetään kuvassa 3 esitettyä peruskuivumiskäyrää sekä kuvassa 4 esitettyjä olosuhteista riippuvia kertoimia.



KUVA 3. Kelluvan pintabetonilaatan peruskuivumiskäyrä (1, s.56)

Runkolaatan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin	Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
Alle 90 %	1,0	0,7	1,0
90-95 %	1,1	0,6	0,7
yli 95 %	1,5	0,5	0,5

Kelluvan laatan paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)		
	0,7	0,6	0,5
50	0,8	0,7	0,7
70	1,0	0,8	0,8
90	1,2	1,1	1,1
100	1,5	1,3	1,3

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kastuminen	Pintabetonin vesisideainesuhde		
	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0

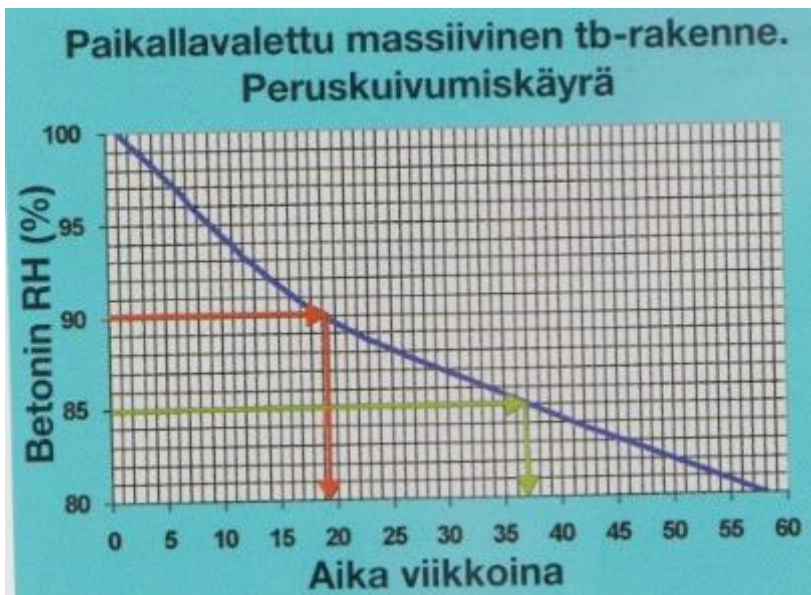
KUVA 4. Kelluvan pintabetonilaatan kuivumisarvion kertoimet (1, s.56)

TAULUKKO 3. Kelluvan pintalaatan kuivumisaika

Peruskuivumisaika (vk)	8
Runkolaatan kosteus alle 90%	1
Vesisideainesuhde 0,7	1
Kelluvan laatan paksuus 100mm	1,5
RH60%/18°C	1
Kuivassa	0,8
	9,6

3.3.2 Paikallavalu

Paikallavaletun massiivisen teräsbetonilaatan peruskuivumisaika päällystyskuivaksi kuvan 5 mukaisesti on yli nelinkertainen kelluvaan pintabetonilaattaan nähden. Tästä seuraa, että paikallavalun kuivumisarviossa kerrointen vaikutus on ajallisesti merkittävämpi kuin pintabetonilaatassa. Kuivumisajan muutoskerroimet ovat hyvin samankaltaisia molemmissa tapauksissa kuvan 6 mukaisesti. Merkittävin tekijä massiivisen teräsbetonilaatan kuivumisen suhteen on se, kuivaako rakenne kahteen vai yhteen suuntaan. Tässä tapauksessa laatta kuivaa edullisesti kahteen suuntaan.



KUVA 5. Massiivisen teräsbetonilaatan peruskuivumiskäyrä (1, s.41)

Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
200	0,7	0,7	0,7	0,8
230	0,9	0,9	0,9	0,9
250	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

Kuivumisuunta	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1,0	1,0	1,0	1,0
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2,0

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kastuminen	Vesisideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

KUVA 6. Massiivisen teräsbetoniilaatan kuivumisarvion kertoimet (1, s.41)

TAULUKKO 4. Paikallavaletun massiivilaatan kuivumisaika

Peruskuivumisaika (vk)	37
Vesisideainesuhde 0,7	1
Rakenteen paksuus 250 mm	1
Kuivuminen kahteen suuntaan	1
RH60/18°C	1
Kuivassa	0,8
	29,6

4 MATERIAALIPANOSTEN HINNAT

4.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla

Kelluvalla pintalaatalla olevan ontelolaattarakenteen materiaalit koostuvat itse ontelolaatoista, teräksistä, saumavalujen ja pintalaatan betonista sekä askeläänieristeestä. Näille kaikille materiaaleille on yksikköhinnat tiedossa ja tehtäväksi jääkin selvittää piirustuksista niiden menekit.

4.1.1 Ontelolaatat

Yhden kerroksen välipohjaan menee piirustusten mukaan 51 ontelolaattaa. Näiden pinta-ala yhteensä on 360 m². 200 mm paksun ontelolaatan hinnaksi on annettu työmaalle toimitettuna 40 €/m² (11). Yhden välipohjan ontelolaattojen hinnaksi saadaan näillä tiedoilla laskettuna 14400 €.

4.1.2 Teräkset

Terästen määrä koostuu ontelolaattojen sauma- ja rengasteräksistä sekä pintalaataan tulevasta harjateräsverkosta. Ontelolaattojen rengasterästen määrä voidaan laskea piirustuksista. Rengasteräksinä toimii jokaisen ontelolaattakentän reunasaumoilla kaksi päällekkäistä 10 mm:n harjaterästä. Deltapalkkien kohdalla rengasterästen määrä kaksinkertaistuu eli niitä on neljä. Rengasterästen yhteispituudeksi saadaan noin 400 m (LIITE 2). Yksi metri 10 mm:n harjaterästä painaa 0,617 kg ja yhteensä yhden kerroksen rengasteräkset painavat noin 250 kg.

Esimerkkikohteen rakenneleikkauspiirustuksista selviää, että ontelolaattojen ulkoreunalla oleviin päihin tulee 12 mm paksut taivutetut harjateräkset joiden pituus on 1350 mm. Näitä teräksiä tulee yhteen kerrokseen 35 kappaletta. Näiden yhteispituus on noin 50 m (LIITE 2). Kantavien väliseinien sekä deltapalkkien kohdalle tulee 2400 mm pitkät suorat saumateräkset. Näitä tulee yhteen kerrokseen 45 kappaletta ja niiden yhteispituudeksi saadaan noin 110 m. Yksi metri 12 mm:n harjaterästä painaa 0,888 kg. Näillä tiedoilla saadaan yhden kerroksen taivutettujen saumaterästen painoksi noin 45 kg ja suorien

saumaterästen painoksi noin 100 kg. Teräksen hinnaksi on annettu noin 1 €/kg (11).

Pintalaattaan tulevan 5 mm:n vahvuisen harjateräsverkon neliöhinnaksi on annettu 3 € (11). Verkoitettavan alan ollessa 360 m² (LIITE 2) saadaan yhden kerroksen pintalaatan harjateräsverkkojen hinnaksi yhteensä noin 1100 €.

4.1.3 Askeläänieriste

Piirustusten mukaan 100 mm:n paksuista lattiaeristettä tulee 360 m² alalle (LIITE 2). Hinnaksi on annettu työmaalle toimitettuna 6 €/m² (11). Tästä saadaan yhden kerroksen askeläänieristeen kokonaishinnaksi noin 2200 €.

4.1.4 Betoni

Taulukon 1 mukaan 200 mm paksun ontelolaatan saumabetonin määrä on 15 kg/m². Oletetaan että betonin paino on 2400 kg/m³. Näin saadaan yhden kerroksen saumabetonin määräksi noin 2,25 m³. Betonin hinnaksi on annettu 150 €/m³ (11), joten yhden kerroksen saumabetonin hinnaksi saadaan noin 370 €.

Piirustusten mukaan pintalaatta tulee 360 m²:n alalle (LIITE 2). Pintalaatan paksuus on 100 mm. Betonimenekiksi yhdelle kerrokselle saadaan näin 36 m³. Betonin hinnan ollessa 150 €/m³ saadaan yhden kerroksen pintalaatan betonin hinnaksi noin 5400 €.

TAULUKKO 5. Ontelolaattarakenteen materiaalien määrät ja hinnat

Rakennusosa	Määrä	Hinta/määrä	Hinta
Ontelolaatat	360 m ²	40 €/m ²	14 400 €
Saumateräkset	400 kg	1 €/kg	400 €
Teräsverkko	360 m ²	3 €/m ²	1 100 €
Askeläänieriste	360 m ²	6 €/m ²	2 200 €
Saumabetoni	2,25 m ³	150 €/m ³	370 €
Pintalaatan betoni	36 m ³	150 €/m ³	5 400 €
			23 870 €

4.2 Paikallavalu

Paikallavaletun holvin materiaalimenekeissä lasketaan laattaan tulevat teräkset sekä betoni. Pientarvikkeiden kuten korotuspalojen, sidelankojen ja suojamuovien arvo on pieni joten niitä ei huomioida materiaalimenekeissä.

4.2.1 Teräkset

Paikallavaletun massiivilaatan ylä- ja alapintaan tulee raudoitus 10 mm:n vahvuisesta harjateräsverkosta. Tämän lisäksi laatan reunoille tulee hakaset. Teräksen menekkilaskelmissa otetaan huomioon myös lisäraudoituksen määrä. Teräksen menekiksi on annettu noin 25 kg/m^2 (11). Raudoitettavan alan ollessa 360 m^2 (LIITE 2) saadaan menekiksi 9000 kg. Teräksen hinnan oletetaan olevan 1 €/kg joten yhden kerroksen raudoituksen hinnaksi saadaan noin 9000 €.

4.2.2 Betoni

Paikallavaletun holvin paksuuden oletetaan olevan 240 mm. Betonoitava ala on yhteensä yhden kerroksen osalta 360 m^2 (LIITE 2). Betonin menekiksi saadaan näin laskettuna $86,4 \text{ m}^3$. Betonimassan hinnaksi on annettu 150 €/m³ (11) kerrokseen pumpattuna. Näillä tiedoilla saadaan yhden kerroksen betonimassan hinnaksi noin 13000 €.

4.2.3 Holvimuotti

Holvimuotin hinnaksi on annettu 40 €/m² (11). Tarvittava muottiala on 360 m^2 (LIITE 2). Tästä saadaan holvimuotin hinnaksi 14400 €. Yhden kerroksen muottikaluston lisäksi tarvitaan ylimääräisiä pystytukia jotka jätetään alempiin kerroksiin kun muu muottikalusto puretaan pois. Huomioidaan tämä pyöristämällä hinnaksi 15000 €. Koska muottikalustoa käytetään esimerkki kohteessa neljässä kerroksessa, voidaan muottikaluston hinta jakaa neljälle välipohjalle jolloin hinnaksi saadaan kerrosta kohden 3750 €.

TAULUKKO 6. Paikallavalun materiaalien menekit ja hinnat

Rakennusosa	Määrä	Hinta/määrä	Hinta
Raudoitus	9000 kg	1 €/kg	9 000 €
Betoni	86,4 m ³	150 €/m ³	13 000 €
Muotti	360 m ²	40 €/m ² /4	3 750 €
			25 750 €

5 TYÖMENEKIT JA TYÖPANOSTEN HINNAT

Työmenekkien laskemiseen sovelletaan Talo-Ratu-Ohjekortteja. Kyseisissä korteissa on kuvattu työsuorituksen eteneminen sekä taulukoitu eri työosien työmenekit. Työn hinnaksi oletetaan 18 €/h (15) ja tähän lisättävän sosiaalikulujen osuuden 70 % jolloin saadaan työtunnin kokonaishinnaksi 30,6 €/h.

5.1 Ontelolaatta kelluvalla pintalaatalla

Tämän rakenteen tekeminen voidaan aloittaa kun alapuoliset rakenteet ovat valmistuneet ja tarkastettu. Käytännössä tämä tarkoittaa alemman kerroksen kantavien betoniseinien riittävää lujutta.

5.1.1 Ontelolaattojen asennus

Ontelolaattojen paikat mitataan rakennuksen mittalinjoista kohdilleen ja tehdään tarvittavat merkinnät asennustyötä varten. Asennusalustasta poistetaan epäpuhtaudet ja tarvittaessa suuret epätasaisuudet poistetaan piikkaamalla. Ontelolaatat säädetään vaakasuoraan asennustyön yhteydessä ruostumattomilla asennuspaloilla. Ontelolaattojen kuljettamiseen tehtaalta työmaalle ei tarvita erikoiskalustoa. Kuorman saavuttua ontelolaatat pyritään asentamaan suoraan kuormasta. Näin ei tarvita tilaa vievää välivarastointia. Ontelolaatat nostetaan kuormasta paikalleen nostosaksilla. Nostosaksien lisäksi käytetään varmuusketjua joka asennetaan niin, että se voidaan avata holvin puolelta. Kun ontelolaatta on saatu nostettua kohdalleen, voidaan varmuusketju irroittaa. Ontelolaatta säädetään paikalleen asennuskankien avulla. Tässä vaiheessa varmistetaan valmistajan määräämien tukipinnan vähimmäismittojen täytyminen. Vierekkäisten ontelolaattojen kaarevuudet tasataan pysty- ja poikittaistuilla, jotka poistetaan vasta saumabetonin kovetuttua. (6.)

Paikalleen nostamisen jälkeen ontelolaatastoon tehdään saumaraudoitus ja – betonointi. Laatastoa ei kuormiteta ennen saumaustöiden valmistumista. Saumaustyö aloitetaan seinien ja laatan kulmiin asennettavilla tiivistysmuoteilla ja saumojen tukkolaudoituksella. Ontelolaattojen tukialueelle tehdään

rakennesuunnitelmien mukaiset raudoitukset. Ontelolaatastoa kiertävät rengasteräokset saavat sen toimimaan levyrakenteena. Rengasteräokset ankkuroidaan huolellisesti. Saumat puhdistetaan epäpuhtauksista ja varmistetaan, että onteloiden päissä on valutulpat. Ennen valua asennetaan saumoissa kulkevat sähköputket. Saumat betonoidaan notkealla betonimassalla ja tiivistetään täryttämällä. Lopuksi saumabetonin liian nopea kuivuminen estetään peittämällä saumat muovilla. (6.)

Kun saumabetoni on kovettunut riittävästi, muotit ja ontelolaattojen kaarevuuksien tasaamiseen käytetyt tuet puretaan. Muotit puhdistetaan ja valmistellaan seuraavaa valua varten. (6.)

Oletetaan työryhmäksi kolme elementtiasentajaa sekä nostokoneen kuljettaja nostoissa. Kun ontelolaattojen asennuksen työmenekiksi on laskettu 31,68 tehokasta työtuntia. Kun työvuoron kesto on 8 tuntia ja työntekijöitä 3 saadaan työn kestoksi 1,32 työvuoroa (LIITE 1).

5.1.2 Askeläänieristys

Askeläänieristuksen työmenekkien laskemisen ja työsuorituksen kuvauksen apuna käytetään lämmöneristystyöhön käytettävää Ratu-korttia. Työn eteneminen kuvaillaan maanvaraisen laatan solumuovieristuksen avulla ja laskemiseen sovelletaan piha-alueen routasuojauksen työmenekkejä.

Askeläänieristys voidaan aloittaa, kun ontelolaatat ja saumabetoni ovat riittävän kuivia. Laataston pinnalta poistetaan epäpuhtaudet. Eristelevyt ladotaan huolellisesti paikoilleen. Eristelevyjen kiinnittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi liimaa. Lopuksi työväliteet puhdistetaan ja työskentelytila siivotaan. (7.)

Askeläänieristuksen työmenekiksi on laskettu 14,4 tehokasta työtuntia. Kun työryhmäksi oletetaan 2 työntekijää ja työvuoron pituudeksi 8 tuntia, saadaan työn kestoksi 0,9 työvuoroa (LIITE 1).

5.1.3 Pintalaatan raudoitus

Pintalaatan työvaiheet voidaan aloittaa kun askeläänieristys on valmis. Raudoitus tehdään harjateräsverkolla ja betonin siirto pumppaamalla. Kiertovesiputkiston asennusta ei huomioida työmenekissä.

Laatan verkkoraudoitus asennetaan laatan jännevälin suuntaisesti. Asennuksen jälkeen verkot nostetaan irti alapinnasta korokkeilla tarvittavan suojakerroksen saavuttamiseksi. Tämän jälkeen verkkoon leikataan tarvittavat aukot. Lopuksi asentamiseen tarvittu kalusto puhdistetaan sekä siirretään varastoon ja työalue siivotaan. (9.)

Raudoitustyössä työryhmän oletetaan olevan kaksi työntekijää. Pintalaatan raudoittamisen työmenekiksi on laskettu 5,28 tehokasta työtuntia. Työvuoron ollessa 8 tuntia saadaan työn kestoksi 0,36 työvuoroa (LIITE 1).

5.1.4 Pintalaatan betonointi

Laatan valu aloitetaan reunasta ja etenee kaistoittain tekemällä toiseen laitaan. Betonimassa tasoitetaan lapiolla. Betoni tiivistetään sauvatäryttimellä jonka jälkeen tarkastetaan kerroksen paksuus. Kun valu on oikean paksuinen, sen pinta hierretään. Betonin jälkihoito tehdään suunnitelmien mukaisesti. Lopuksi työhön käytetty kalusto puhdistetaan huolellisesti ja siirretään varastoon. Työstä syntynyt jäte siivotaan ja kuljetetaan jätelavoille. (8.)

Betonoinnin työryhmän oletetaan olevan 3 työntekijää. Betonoinnin työmenekiksi on laskettu 7,2 tehokasta työtuntia. Kun työvuoron pituus on 8 tuntia saadaan työn kestoksi 0,3 työvuoroa (LIITE 1).

TAULUKKO 7. Ontelolaattarakenteen työn menekit, kestot ja hinnat

Työvaihe	Työmenekki	Työryhmä	Työn kesto	Työn hinta	Hinta/m ²
Ontelolaattojen asennus	31,68 tth	3	1,32 tv	970 €	2,69 €/m ²
Askeläänieristys	14,4 tth	2	0,9 tv	440 €	1,22 €/m ²
Pintalaatan raudoitus	5,82 tth	2	0,36 tv	180 €	0,5 €/m ²
Pintalaatan betonointi	7,2 tth	3	0,3 tv	220 €	0,61 €/m ²
		Yht.	2,88 tv	1 810 €	5,03 €/m ²

5.1.5 Nostotyö

Ontelolaattojen asentamiseen tarvitaan torninosturia tai ajoneuvonosturia. Yhden välipohjan ontelolaattojen asennukseen voidaan ajatella varattavan yhden työvuoron. Vaikka yrityksellä olisi oma torninosturi, tulee sen käytön kustannukset ottaa huomioon vertailussa. Kun ontelolaattojen nostotyöhön oletetaan käytettävän yhden työvuoron eli 8 tuntia ja hinnaksi arvioidaan 70 €/h saadaan yhden välipohjan nostotyön hinnaksi 560 €. Nostotyön hinnaksi yhtä neliometriä kohden saadaan 1,56 €/m².

5.2 Paikallavalu

Paikallavalun merkittävin työ määrä syntyy muottityöstä. Muottina oletetaan käytettävän Rami 20 –holvimuottijärjestelmää, joka koostuu tuista, niskapalkeista, koolauspalkkeista ja muottilevyistä (12). Muottityö koostuu periaatteessa kahdesta osasta, aloittavista töistä ja muotin pystyttämisestä sekä muotin purkamisesta ja lopettavista töistä. Näiden kahden välissä tapahtuu raudoitus ja betonointi sekä aika joka kuluu betonin riittävän lujuuden kehittymiseen. Raudoitus oletetaan tehtävän 10 mm:n harjateräsverkolla jonka silmäväli on 150 mm. Teräsverkko tulee laatan ylä- ja alapintaan. Verkon lisäksi laattaan tulee reunoille haat ja lisäteräkset. Raudoitteet oletetaan olevan esivalmisteisia eli niitä ei tarvitse valmistaa erikseen työmaalla. Betonointi tapahtuu kerrokseen pumppaamalla.

5.2.1 Muotin pystytys

Muottityö alkaa mittaamalla ja merkitsemällä laatan korkeus seinille ja holvituille. Muottipinnan teon jälkeen mitataan rajoittimet ja varaukset paikoilleen. Mittaamisen jälkeen pystytetään teräksiset tukijalalliset holvituet. Tämän jälkeen säädetään tukien lukitustapit oikeaan korkeuteen ja tukiin kiinnitetään pudotuspäähaarukat joihin niskapalkit asennetaan. Niskapalkkien asentamisen jälkeen tuet säädetään oikeaan korkeuteen. Tässä vaiheessa asennetaan tarvittavat niskapalkkien lisätuet. Lisätuissa on kierrettävä tukipää, joka estää tolppien kaatumisen. Niskapalkkien päälle asennetaan koolauspalkit ja tarkistetaan oikea palkkijako käytettävän laattapaksumen ja muottilevyn mukaan. Levysaumojen kohdille laitetaan tarvittaessa lisäkoolauspalkit.

Seuraavaksi asennetaan muottilevyt. Muottilevyt ladotaan koolauspalkkien päälle ja kiilataan tiiviksi muottipinnaksi. Rajoittimien ja varauksien paikat mitataan ja rajoittimet ja varausmuotit asennetaan paikoilleen. Lopuksi muottipinta öljytään ja tarkistetaan korkeusasema ennen valun aloittamista. (10.)

Oletetaan muotin pystyttämisen työryhmäksi 2 työmiestä. Työmenekiksi on laskettu 90,9 tehokasta työtuntia. Työvuoron ollessa 8 tuntia saadaan työn kestoksi 5,68 työvuoroa (LIITE 1).

5.2.2 Raudoitus

Laatan alapintaan tulevat verkot ladotaan paikoilleen laatan jännevälin suuntaisesti. Ladonnan jälkeen verkot tuetaan tarvittavaa suojakerrosta varten korokkeilla. Yläpinnan raudoitusverkkojen tueksi asennetaan valmiit ansaat tai tukipukit. Yläpinnan verkot ladotaan tukien päälle. Asennustyön jälkeen laattojen reunat vahvistetaan haoilla ja asennetaan tarvittavat lisäteräkset. Lopuksi käytetty kalusto puhdistetaan ja siirretään varastoon. Työstä syntynyt jäte siirretään jätelavoille poiskuljetettavaksi. (9.)

Raudoituksen työryhmäksi oletetaan 2 työmiestä. Laskettu työmenekki raudoitustööhön on 56,1 tehokasta työtuntia. 8 tunnin työvuorolla saadaan työn kestoksi 3,5 työvuoroa (LIITE 1).

5.2.3 Betonointi

Laatan valu aloitetaan pumppuautosta nähden kaukaisimmasta reunasta ja se etenee kaistoittain tekemällä toiseen laitaan. Betonimassa tasoitetaan lapiolla. Betoni tiivistetään sauvatäryttimellä jonka jälkeen tarkastetaan kerroksen paksuus. Kun valu on oikean paksuinen, sen pinta hierretään. Lopuksi työhön käytetty kalusto puhdistetaan huolellisesti ja siirretään varastoon. Työstä syntynyt jäte siivotaan ja kuljetetaan jätelavoille. (8.)

Betonoinnin työryhmäksi oletetaan 3 työmiestä. Betonoinnin työmenekiksi on laskettu 17,28 tehokasta työtuntia. Työvuoron ollessa 8 tuntia saadaan työn kestoksi 0,72 työvuoroa (LIITE 1).

5.2.4 Muotin purku

Muotin purkutyö alkaa vino- ja vaakasiteiden irroittamisella. Tämän jälkeen teräksisiä pystytukia löysätään. Pystytukia irroittaessa on tärkeää, että kaikkia tukia ei poisteta kerralla. Pystytuet irroitetaan ja lasketaan maahan. Muottilevyt irroitetaan varovasti rikkomatta betonipintaa. Muotin purkamisen yhteydessä muottikalusto puhdistetaan ja sidotaan nipuiksi seuraavaa käyttöä varten. (10.)

Muotin purkamisen työryhmäksi oletetaan 2 työmiestä. Työmääräksi on laskettu 108 tehokasta työtuntia. 8 tunnin työvuorolla saadaan työn kestoksi 6,75 työvuoroa (LIITE 1).

TAULUKKO 8. Paikallavalun työn menekit, kestot ja hinnat

Työvaihe	Työmenekki	Työryhmä	Työn kesto	Työn hinta	Hinta/m ²
Muotin pystytys	90,9 tth	2	5,68 tv	2 780 €	7,72 €/m ²
Raudoitus	56,1 tth	2	3,5 tv	1 720 €	4,78 €/m ²
Betonointi	17,28 tth	3	0,72 tv	530 €	1,47 €/m ²
Muotin purku	108 tth	2	6,75 tv	3 300 €	9,17 €/m ²
		Yht.	16,65 tv	8 330 €	23,14 €/m ²

6 TULOSTEN VERTAILU

TAULUKKO 9. Vaihtoehtojen vertailutaulukko

	Ontelolaattarakenne	Paikallavalu	Ero
Materiaalit	66,31 €/m ²	71,53 €/m ²	5,22 €/m ²
Työkustannukset	5,03 €/m ²	24,13 €/m ²	19,10 €/m ²
Nostotyö	1,56 €/m ²	-	1,56 €/m ²
Yht.	72,9 €/m ²	95,66 €/m ²	22,76 €/m ²
Kesto työvuoroina	2,88 tv	16,65 tv	13,77 tv
Kuivumisaika	9,6 vk	29,6 vk	20 vk

Taulukosta 9 voidaan nähdä, että välipohjaratkaisujen välillä ei ole merkittävää eroa materiaalikustannuksissa jos otetaan huomioon, että paikallavaletun holvin kustannuksiin kuuluu muottikalusto jota voidaan käyttää uudelleen. Materiaalikustannuksia tarkastellessa on hyvä ottaa huomioon, että materiaalien hinnat voivat muuttua ajankohdasta riippuen. Vaikka ontelolaattarakennetta tehdessä on useampia työvaiheita, sen työmäärä jää huomattavasti pienemmäksi. Myös kuivumisaajan pituus on ontelolaattarakenteen eduksi. Paikallavaletun holvin kuivumisaika on yli kolminkertainen ontelolaattarakenteeseen verrattuna.

TAULUKKO 10. Ontelolaattarakenteen aikataulu

Työvaihe	1. vk	2. vk	3. vk	4. vk	5. vk	6. vk	7. vk	8. vk	9. vk	10. vk	11. vk	12. vk	13. vk	14. vk
1. VP ontelolaattojen asennus	■													
2. krs väliseinät		■	■	■										
2. VP ontelolaattojen asennus				■	■	■								
3. krs väliseinät					■	■	■							
1. VP eristys ja pintalaatta						■	■	■						
3. VP onteloaattojen asennus							■	■	■					
4. krs väliseinät								■	■	■				
2. VP eristys ja pintalaatta									■	■	■			
4. VP onteloaattojen asennus										■	■	■		
5. krs väliseinät											■	■	■	
3. VP eristys ja pintalaatta												■	■	■
VP ontelolaattojen asennus													■	■
4. VP eristys ja pintalaatta														■

TAULUKKO 11. Paikallavalurakenteen aikataulu

Työvaihe	1. vk	2. vk	3. vk	4. vk	5. vk	6. vk	7. vk	8. vk	9. vk	10. vk	11. vk	12. vk	13. vk	14. vk	15. vk	16. vk
1. VP muotitus, raudoitus ja betonointi	■															
2. krs väliseinät			■													
1. VP muotin purku				■												
2. VP muotitus, raudoitus ja betonointi					■											
3. krs väliseinät							■									
2. VP muotin purku								■								
3. VP muotitus, raudoitus ja betonointi									■							
4. krs väliseinät										■						
3. VP muotin purku											■					
4. VP muotitus, raudoitus ja betonointi												■				
5. krs väliseinät													■			
4. VP muotin purku														■		

Taulukoissa 10 ja 11 on esitetty molempien rakenneratkaisujen aikataulut. Työvaiheiden kestot on sovitettu täysin työviikkoihin. Näistä ilmenee, että viimeinen valu tapahtuu molemmissa ratkaisuisa 14 viikkoa ensimmäisen välipohjan rakentamisen aloittamisen jälkeen. Koska paikallavaletun holvin kuivumisajaksi on arvioitu noin 30 viikkoa ja ontelolaattarakenteen noin 10 viikkoa, kuivumisaika aikatauluun sijoitettuna on selkeästi ontelolaattarakenteen eduksi.

Paikallavaluholvin eduksi voidaan ajatella se, että sen päälle olisi mahdollista nostaa kerroksessa myöhemmin tarvittavia materiaaleja, kuten väliseinien levyt, ikkunat ja ovet. Tämä olisi helpointa tehdä kun ylemmän kerroksen holvi on vielä avoin. Muutoin kyseiset materiaalit pitäisi nostaa kerrokseen jostain avoimesta seinästä, mikä on melko hankalaa ja hidasta. Tätä ei kuitenkaan voi laskea vahvaksi eduksi mikäli materiaalien säilytys hankaloittaa ylemmän kerroksen holvin muottitöitä.

7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli vertailla yrityksen käytäntönä olevaa ontelolaattarakennetta kelluvalla pintalaatalla sekä vaihtoehtoista paikallavalettua holvia. Vertailu tehtiin suoritelaskentana ja siinä otettiin huomioon työ- ja hankintapanosten hinnat ilman arvonlisäveroa joulukuun 2013 kustannustasossa.

Tulosten perusteella ontelolaattarakenne kelluvalla pintalaatalla on kaikin puolin edullisempi rakenneratkaisu. Materiaalikustannuksissa vertailtavat rakenteet ovat lähes yhdenvertaisia, mutta työmäärät ja kuivumisajat tekevät ontelolaattarakenteesta tehokkaamman ratkaisun. Ontelolaattarakenne tulisi 22,76 €/m² halvemmaksi kuin paikallavalu. Paikallavalettu holvi olisi vartenotettava vaihtoehto, jos muottityötä saisi tehostettua eikä pitkä kuivumisaika olisi ongelma. Ontelolaattojen hintojen merkittävä nousu puoltaisi paikallavalun valintaa.

Vertailussa käytetyt materiaalien hinnat olivat melko suurpiirteisiä, mutta ne perustuivat Kaarron rakennus Oy:n todellisiin tietoihin. Tulosten perusteella materiaalikustannukset eivät kuitenkaan ole ratkaisevin tekijä vertailun kannalta. Vertailusta olisi saanut kattavamman, mikäli huomioon olisi otettu myös talven vaikutus. Myös kuorilaatan ottaminen mukaan vertailuun olisi tehnyt työstä monipuolisemman.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin vertailulaskelma. Laskelma auttaa Kaarron rakennus Oy:tä betonirakenteisen välipohjaratkaisun valinnassa.

LÄHTEET

1. Merikallio, Tarja 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
2. Merikallio, Tarja – Niemi, Sami – Komonen, Juha 2007. Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
3. Laitinen, Eero 1996. Teollinen betonirakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy.
4. Ontelolaatat. Elementtisuunnittelu.fi. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>. Hakupäivä 13.1.2014.
5. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998. C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Määräykset ja ohjeet 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.
6. Ontelo- ja TT-laattaelementtityö. Menetelmät ja menekit. 2012. Ratu 0389. Talonrakennusteollisuus RT ry ja rakennustietosäätiö RTS.
7. Lämmöneristys. Menetelmät ja menekit. 2007. Ratu 61-0300. Talonrakennusteollisuus RT ry ja rakennustietosäätiö RTS.
8. Betonointi. Menetelmät ja menekit. 2012. Ratu 0403. Talonrakennusteollisuus RT ry ja rakennustietosäätiö RTS.
9. Raudoitus. Menetelmät ja menekit. 2012. Ratu 0402. Talonrakennusteollisuus RT ry ja rakennustietosäätiö RTS.
10. Levymuottityö. Menetelmät ja menekit. 2012. Ratu 0398. Talonrakennusteollisuus RT ry ja rakennustietosäätiö RTS.
11. Korva, Pekka 2013. VS: Materiaalia opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: juhana.hietamaki@gmail.com. 31.12.2013.

12. RAMI 20 holvimuottijärjestelmä. Ramirent Oyj. Saatavissa:
[http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/turva-
_ja_muottitekniikka/rami_20_-holvimuot_jarj_.pdf](http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/turva-
_ja_muottitekniikka/rami_20_-holvimuot_jarj_.pdf). Hakupäivä 20.3.2014.
13. Äänitekniset kortit. Betoniyhdistys. Saatavissa:
http://www.betoniyhdistys.fi/default/www/julkaisut/aanitekniset_kortit/.
Hakupäivä 20.3.2014.
14. Enkovaara Esko, Haveri Heikki, Jeskanen Pekka 1994. Rakennushankkeen
kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
15. Rakennusalan keskituntiansion kehitys Pohjois-Suomen piirissä.
Rakennusteollisuus RT. Saatavissa:
<http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=575&intLinkedFromObjectID=10376>. Hakupäivä 24.3.2014.

Liite 1 Työmenekkilaskelmat

Liite 2 Esimerkkikohteen 2. kerroksen seinät ja katto.

Ontelolaattojen asennus				Ontelolaattojen asennus	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	3
Mittaus	0,12 tth/kpl	51 kpl	6,12 tth	Työvuoro	8 tth
Asennus				Työn kesto	1,32 tv
Ontelolaatta	0,28 tth/kpl	51 kpl	11,88 tth		
Saumaus ja kiinnitys					
Pumppubetonointi	0,01 tth/m ²	360 m ²	3,6 tth		
Raudoitus ja laudoitus	0,028 tth/m ²	360 m ²	10,08 tth		
			31,68 tth		
Askeläänieristys				Askeläänieristys	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Käsinsiirrot	0,01 tth/m ²	360 m ²	3,6 tth	Työryhmä	2
Levyjen ladonta	0,02 tth/m ²	360 m ²	7,2 tth	Työvuoro	8 tth
Siivous	0,01 tth/m ²	360 m ²	3,6 tth	Työn kesto	0,9 tv
			14,4 tth		
Pintalaatan raudoitus				Pintalaatan raudoitus	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	2
Siirrot, nosturi	0,1 tth/1000kg	765 kg	0,08 tth	Työvuoro	8 tth
Raudoitus				Työn kesto	0,36 tv
6 mm, k/k 150 mm	7,5 tth/1000kg	765 kg	5,74 tth		
			5,82 tth		
Pintalaatan betonointi				Pintalaatan betonointi	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	3
Laatat	0,02 tth/m ³	36 m ³	0,72 tth	Työvuoro	8 tth
Pumppubetonointi				Työn kesto	0,3 tv
Laatat	0,15 tth/m ³	36 m ³	5,4 tth		
Lopettavat työt					
Laatat	0,03 tth/m ³	36 m ³	1,08 tth		
			7,2 tth		

Työvaihe	Työmenekki	Työryhmä	Työn kesto
Ontelolaattojen asennus	31,68 tth	3	1,32 tv
Askeläänieristys	14,4 tth	2	0,9 tv
Pintalaatan raudoitus	5,82 tth	2	0,36 tv
Pintalaatan betonointi	7,2 tth	3	0,3 tv

Muotin pystytys				Muotin pystytys	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	2
Siirrot nostokoneella	0,05 tth/muotti-m2	360 m2	18 tth	Työvuoro	8 tth
Mittaustyö				Työn kesto	5,68 tv
Laatat	0,0025 tth/muotti-m2	360 m2	0,9 tth		
Muotin pystytys					
Laatat	0,2 tth/muotti-m2	360 m2	72 tth		
			90,9 tth		
Raudoitus				Raudoitus	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	2
Siirrot, nosturi	0,1 tth/1000kg	11000kg	1,1 tth	Työvuoro	8 tth
Raudoitus				Työn kesto	3,5 tv
Laatta, verkko	5,0 tth/1000kg	11000kg	55 tth		
			56,1 tth		
Betonointi				Betonointi	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Aloittavat työt				Työryhmä	3
Laatat	0,02 tth/m3	86,4 m3	1,73 tth	Työvuoro	8 tth
Pumppubetonointi				Työn kesto	0,72 tv
Laatat	0,15 tth/m3	86,4 m3	12,96 tth		
Lopettavat työt					
Laatat	0,03 tth/m3	86,4 m3	2,59 tth		
			17,28 tth		
Muotin purku				Muotin purku	
Työnosa	Työmenekki	Määrä	Aika	Työmenekki	
Muotin purku				Työryhmä	2
Laatat	0,25 tth/muotti-m2	360 m2	90 tth	Työvuoro	8 tth
Lopettavat työt				Työn kesto	6,75 tv
Laatat	0,05 tth/muotti-m2	360 m2	18 tth		
			108 tth		

Työvaihe	Työmenekki	Työryhmä	Työn kesto
Muotin pystytys	90,9 tth	2	5,68 tv
Raudoitus	56,1 tth	2	3,5 tv
Betonointi	17,28 tth	3	0,72 tv
Muotin purku	108 tth	2	6,75 tv

