

Petri Räikkönen

Kylpyhuonetoteutusten vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK)
Rakennusalan työnjohto
Mestarityö
22.4.2012

Tekijä(t) Otsikko	Petri Räikkönen Kylpyhuonetoteutusten vertailu.
Sivumäärä Aika	33 sivua + 7 liitettä 22.4.2012
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Niilo Kemppainen Työpäällikkö Jorma Tuononen
<p>Mestarityössä oli tavoitteena selvittää kerrostalotuotannossa käytettävien kylpyhuoneratkaisujen toteutus uudisrakentamisessa yrityksen kannalta kustannustehokkaimmalla tavalla. Työn on tilannut YIT Rakennus, jonka tuotantokriteerien pohjalta tuloksia tarkasteltiin.</p> <p>Kylpyhuone voidaan toteuttaa uudisrakennuskohteessa, joko perinteisesti paikan päällä rakentaen, käyttämällä valmista elementtiratkaisua, tai näiden yhdistelmiä. Työssä vertailtiin näiden vaihtoehtojen toteutuksista syntyviä kokonaiskustannuksia. Materiaalipanoksen lisäksi eri vaihtoehtojen kalusto- ja työvoimakustannukset vaihtelevat, lisäksi vaihtoehtojen ajallisessa toteutuksessa on eroja. Näiden kustannusten yhteisvertailulla oli tarkoitus saada yritystä varten tulevaisuuden hankintoja palveleva tutkimustulos.</p> <p>Työn esimerkkikohteena oli Vihdin Nummelassa sijaitseva kiinteistö Oy Kataja, jonka tuotantomäärien pohjalta tiedot on laskettu. Laskennassa on käytetty pohjana yrityksen hintatietoja ja valmiita tarjouksia, jotka on kerätty tavoitearvioista ja toteutuneista kohteista. Lisäksi talotekniikan kustannuksista ja ajallisista menekeistä on saatu tietoa kyseisen esimerkkityömaan urakoitsijoilta. Ajalliset menekit on pääasiassa laskettu RATU:n työaika-menekkejä hyödyntäen, näin on saatu ajallisille menekeille vertailukelpoinen pohja.</p> <p>Laskelmien tuloksena edullisimmiksi toteutusvaihtoehtoiksi osoittautuivat ratkaisut, joissa seinät on tehty kipsilevy- ja peltirankarunkoisina. Lattiaratkaisu oli toteutettu joko ontelolaatalla ja paikan päällä valetulla lattialla tai valmiilla tekniikkalaattarakaisulla. Näiden vaihtoehtojen keskinäiseen järjestykseen vaikutti eniten se, millä tavalla työjärjestys oli työmaalla toteutettu. Työjärjestyksellä oli suora suhde siihen, mikä oli vaihtoehtojen työmaatoteutuksen välinen ero. Tällä tavalla työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset nousivat suurimmaksi eron aiheuttajaksi vaihtoehtojen välillä.</p>	
Avainsanat	Tekniikkalaatta, ontelolaattavälipohja, märkätilaelementti, peltirankaseinä, ACO-seinä, Silotek-elementti

Author(s) Title	Petri Räikkönen Comparing the executions of bathrooms
Number of Pages Date	33 pages + 7 appendices 22 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Jorma Tuononen, Production Manager Niilo Kemppainen, Senior Lecturer
<p>The main objective of this bachelor's thesis was to find out the most cost-effective methods for bathroom solutions used in multi-storey building production. The thesis was commissioned by YIT construction and the results were examined on the basis of the company's production criteria.</p> <p>When constructing new buildings, the bathrooms can be made traditionally on site, or using pre-made elements, or (as well,) both of these methods combined. In the thesis the total costs of these methods are compared. When comparing different methods there is not only variation in material, equipment and labor costs, but also in the scheduling. The objective for the comparison of these costs is to serve the future procurements of the company. The construction site used as an example for this thesis, from which the cost information was taken from, was the real estate company.</p> <p>Vihdin Kataja Oy, located in Vihti, Nummela. The calculations are based on the price information used by YIT and their completed offers that have been extracted from the cost assessment or have been collected from previous projects. In addition, information on building services costs and temporal consumption has been received from the subcontractors who operate on the site. Temporal consumption has mostly been calculated by using working time consumption attributes taken out of RATU time book, thus we have a comparable base for temporal consumption.</p> <p>According to the calculation, the solution in which the walls were made on site from plasterboard with a steel frame turned out to be the most cost effective. The floor solution was a hollow core slab with an onsite casted floor or with a pre-made HVAC-slab with pre-installed plumbing. In the reciprocal order of the solutions, affected the most The manner in which the procedure was conducted affected the superiority of the solutions the most. The procedure had a direct relation to what the difference in the implementation of the options at the construction site was. Thus the operating and general costs of the construction site rose to a major role in causing the differences between the options.</p>	
Keywords	Technique-tablet, hollow core slab, Parma bathrooms, plasterboard with steel frame, ACO-wall, HVAC-element.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tuotantoteknisen tietämyksen merkitys	3
3	Rakennusmääräyksiä ja ohjeita märkätilan rakentamisesta	4
4	Kiinteistö Oy Vihdin Kataja	6
5	Toteutusvaihtoehtojen esittely	7
5.1	Kololaattaratkaisu	7
5.2	Parma-tekniikkalaattaratkaisu	9
5.3	Seinätoteutus	11
5.3.1	Teräsrankarunkoinen kipsilevyseinä	11
5.3.2	ACO-seinä	12
5.4	Talotekniikan toteutus	14
5.5	Märkätilaelementti	16
5.6	Sisäpuoliset pintarakenteet	18
6	Toteutusmuotojen vertailu	19
6.1	Perusteita kustannusvertailun tekemiselle	19
6.2	Pohdinta eri vaihtoehtojen välisistä kustannuseroista	21
6.3	Pohdinta muista huomioon otettavista asioista	22
6.4	Ongelmat, syyt ja ratkaisut	24
7	Laskentatulokseen vaikuttavat asiat	26
7.1	Työmaatoteutuksesta aiheutuneet kustannukset	26
7.2	Sääolosuhteiden ja työjärjestyksen vaikutus toteutuskustannuksiin	27
7.3	Esimerkkityömaan varautuminen sään vaikutuksiin	28
8	Ajallinen ja kustannuksellinen vertailu	29
8.1	Töiden, materiaalien ja kaluston kustannukset	29
8.2	Toteutusmuodon vaikutus aikaan	30
9	Tulos	31
10	Yhteenveto ja johtopäätökset	32

Liitteet

Liite 1. Alkuperäinen aikataulu

Liite 2. Tekniikkalaatta- ja peltirankakipsilevyseinätoteutuksen aikataulu

Liite 3. Tekniikkalaatta- ja ACO-seinätoteutuksen aikataulu

Liite 4. Paikalla valetun lattian- ja ACO-seinätoteutuksen aikataulu

Liite 5. Märkätilaelementtitoteutuksen aikataulu

Liite 6. Lattiavaihtoehtojen kustannusvertailu eri tilanteissa (luottamuksellinen materiaali)

Liite 7. Vaihtoehtojen kustannuserot verrattaessa esimerkkikohteeseen (luottamuksellinen materiaali)

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty YIT Rakennus Oy:n tilauksesta, ja sen tarkoituksena on toimia hankinnan tukena kylpyhuonetoteutustapaa valittaessa. Tuotantoyksikön pääasiallinen tuotantokanta on uudisrakentamisen puolella olevat pien- ja rivitaloasunnot. Suurin osa rakennuskannasta on omaa tuotantoa (gryndi), mutta tilauskannan ja rakennusmarkkinoiden suhdanteiden vaihdellessa myös urakointikohteita on toteutettu.

Aikaisemmasta tuotantosuunnasta poiketen yksikön rakennuskantaan on viime vuosina nousseet pienkerrostalot pien- ja rivitaloasuntojen rinnalle. Tämä on asettanut omat haasteensa tuotannolle, sillä tuotantotyypit vaihtelevat keskenään hyvin paljon toisistaan. Tästä johtuen myös rakenneratkaisut ovat yksikölle vieraampia kuin pientalotuotannossa käytetyt.

Opinnäytetyön tarkoituksena onkin siis yrityksen laskentatietoja käyttäen pyrkiä löytämään pääasiassa pien- ja rivitaloja tuottavalle yksikölle kerrostalotuotantoa varten räätälöity tutkimustulos kylpyhuoneiden osalta. Näin varmistetaan se, että kylpyhuonetoteutuksen osalta käytetään kustannustehokkainta rakenneratkaisua.

Perinteisesti kylpyhuoneet on toteutettu tämän tyyppisessä kerrostalotuotannossa ontelolaattaväli­pohjalla, jossa sijaitsevaan kololaattaan on valettu kylpyhuoneen lattia kaatoineen. Seinäratkaisuina on käytetty kipsilevyväliseinää tai muurattua seinäratkaisua, kuten ACO-väliseinäelementtiä tai jotain muuta kivirakenteista väliseinäratkaisua.

Oman ryhmänsä muodostavat tuotannossa käytettävät märkätilaelementit, jotka rungon nousun yhteydessä asennetaan ontelolaataston kololaattojen pohjalle. Elementti tehdään ulkoisessa tuotantolaitoksessa ja se kuljetetaan työmaalle sisältä täysin valmiina yksikkönä. Tämän tyyppisessä ratkaisussa aikaa säästetään sisävalmistusvaiheessa, sillä kylpyhuoneeseen kohdistuva työnosuus jää kokonaan pois työmaalta.

Uusimpana ratkaisuna kylpyhuoneiden toteutukseen on tullut Parman tekniikkalaatasto vaihtoehto. Se on eräänlainen kylpyhuone-elementin ja paikallaan tehdyn kylpyhuoneen välimuoto, jossa laatasto toimitetaan työmaalle valmiiksi valettuna kaatoineen, viemäreineen ja lämmityskaapeleineen. Ratkaisua käytettäessä työmaalta jää pois lattiaan kohdistuvat talotekniikka-asennukset ja valutyöt.

Työn tarkoituksena on siis löytää edellä mainituista ratkaisuista taloudellisin yrityksen tuotantoon nähden. Taloudellisimman vaihtoehdon löytämiseksi vaihtoehtoja joudutaan tarkastelemaan monelta eri kantilta. Materiaalin hinnan lisäksi vertailussa pitää ottaa huomioon eri vaihtoehtojen muutkin ominaisuudet, kuten työhön käytettävä aika, vaihtoehdon vaatima kalusto- ja työpanos, sekä käyttö- yhteiskulujen ero. Lisäksi sääolosuhteiden ja työjärjestyksen osuutta kustannuksien aiheuttajana sivutaan.

2 Tuotantoteknisen tietämyksen merkitys

1980- ja 1990-luvuilla elementtirakentamisen yleistyessä monet ajattelivat, että työmaa on tulevaisuudessa vain asennuspaikka ja sen merkitys rakentamisprosessissa vähenee. Näin ei ole kuitenkaan käynyt. Rakennusten tekninen kehitys sekä laatu-, ympäristö-, energiatehokkuus- ja työturvallisuusvaatimusten tiukentuminen ovat lisänneet työmaavaiheen merkitystä ja tuotantoteknisen osaamisen tarvetta.

Suunniteltaessa esimerkiksi energiatehokkaita rakenteita on tunnettava tuotantotekniset mahdollisuudet ja rajoitukset, jotta suunnitteluratkaisut saadaan työmaalla toteutettua. Varsin usein vielä nykyisinkin suunnitellaan rakenteita ja rakenneliitoksia, joiden tekeminen työmaalla on vaikeata tai jopa mahdotonta.

Vastaavasti työmaan tuotannonsuunnittelussa on hallittava tuotantomenetelmät ja –tekniikat, kun ajoitetaan ja yhteen sovitetaan eri urakoitsijoiden töitä tai valitaan koko työmaata mahdollisimman tehokkaasti palvelevaa logistiikkajärjestelmää.

Oman osa-alueensa muodostaa työturvallisuus, joka rakennusalan merkittävistä ponnisteluista huolimatta on edelleen heikommalla tasolla kuin muussa teollisuudessa. Ehdoton edellytys turvalliselle työskentelylle on tuntea tuotantotekniikoiden ominaisuudet ja erityispiirteet sekä osata valita kuhunkin työkohteeseen soveltuvat työmenetelmät ja opastaa ja valvoa niiden käyttöä.

Myös rakentamisprosessi on ketjuna yhtä vahva kuin sen heikoin lenkki. Hyvin suunniteltu ja toteutettu työmaa tuottaa tehokkaasti ja turvallisesti laadukkaan, suunnitelmien mukaisen lopputuloksen. Tämä edellyttää kaikilta rakennushankkeeseen osallistuvilta riittävää tuotantoteknistä osaamista. [1, s. 13.]

3 Rakennusmääräyksiä ja ohjeita märkätilan rakentamisesta

Märkätilojen vedenpoisto ja rakenteet on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei vettä pääse valumaan tai siirtymään kapillaarivirtauksena ympäröiviin rakenteisiin ja huoneiloihin. [2, s. 10.]

Märkätilan lattianpäällysteen ja seinäpinnoitteen on toimittava vedeneristykseenä tai lattiaan päällysteen alle ja seinään pinnoitteen taakse on tehtävä erillinen vedeneristys. Märkätilojen vedeneristykseenä toimiva lattianpäällyste tai lattianpäällysteen alla oleva vedeneristys on ulotettava riittävän korkealle seinälle sekä liitettävä vedenpitävästi seinän vedeneristykseen estämään veden pääsy seinä- ja lattiarakenteiden sisään. Märkätilat suositellaan varustettavaksi lämmitysjärjestelmään liitettävällä ja erikseen käytettävissä olevalla lattialämmityksellä. [2, s. 10.]

Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot sekä ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytyslaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei se ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Putket, kanavat ja laitteet on sijoitettava, eristettävä tai varustettava siten, ettei vesi putkistoissa jäädy ja ettei putkien, kanavien tai laitteiden pinnoille tiivisty haitallisesti vettä tai tiivistyvä vesi on johdettavissa pois haittaa aiheuttamatta. [2, s. 11.]

Märkätilojen lattian suositeltava kaltevuus veden poisjohtamiseksi on lattiakaivoon päin 1:80, suihkun alueella 1:50. RakMK:n osassa C2 Kosteus ja julkaisussa RIL 107-2000 esitetään vähimmäiskaltevuus 1:100. [3, s. 5.]

Märkätilojen seiniksi soveltuvat parhaiten kiviaineiset seinät, kuten betoni-, kevytbetni-, kevytsoraharkko- tai tiiliseinät. Seinän on oltava riittävän jäykkä, jotta vedeneristys ja päällyste ei vaurioidu. Kalusteiden kiinnittämistä varten seinän runkoon tehdään riittävän lujat kiinnitysalustat. [3, s. 5.]

Muovimattoa suositellaan käytettäväksi vedeneristeenä vain silloin, kun se on samalla lattianpäällyste. Vedeneristeenä käytettävän muovimaton tulee olla tarkoitukseen soveltuvaa pesun- ja kulutuksenkestävää lattianpäällystettä, joka täyttää julkaisun RIL 107-2000 asetetut vaatimukset mm. alkalinkestävyydestä. Maton hitsautuvan pintakerroksen paksuuden on oltava vähintään 1,5 mm. Matto asennetaan niin, että saumat eivät tule suihkun tai lattiakaivon kohdalle. Matto liimataan kiinni alustaansa ja saumat hitsataan vesitiiviiksi. Myös nurkat ja ulkokulmat hitsataan. Nurkissa hitsaus tehdään viistoon tai erillisellä nurkkapalalla. [3, s. 5.]

Nestemäisinä levitettävät vedeneristeet ovat siveltäviä, valettavia tai ruiskutettavia. Niiden on täytettävä julkaisun RIL 107-2000 vaatimukset. Vedeneristämisessä noudatetaan vedeneristeen valmistajan ohjeita. [3, s. 8.]

Maalattavat pinnat oikaistaan, tasoitetaan ja maalataan rasitusluokan 4 pinta ja ulkönäkövaatimusten mukaan kosteudenkestävillä aineilla. Maalauksenkäsittely-yhdistelmiä esitetään RT- käsikirjassa maalaus RYL 2001. Maalauksenkäsittely voidaan tehdä märkätilan kattoon ja seiniin. Maalauksia ei suositella usein kastuville seinäpinoille. [3, s. 9.]

Lattiakaivon, sen putkiliitosten sekä vedeneristysten liitokset mahdollisine korotusrenkaineen tehdään vedenpitäviksi. Lattiakaivon osien ja vedeneristeen tulee olla tyyppikokein yhteensopiviksi todettuja (järjestelmäsertifikaatti). Suositeltavaa on käyttää kaivotyyppejä, joiden kaikki tiivisteosat ovat valmisosia. Lattiakaivo sijoitetaan pääsääntöisesti vesirasitetuimmalle alueelle. Lattiakaivo suositellaan sijoitettavaksi siten, että kaivonkansi on kaikilta reunoiltaan vähintään 500 mm:n päässä valmiista seinäpinnasta. Tällä varmistetaan vedeneristeen asianmukainen kiinnitys lattia- ja seinäpintoihin. Lattiakaivon sijoituksessa otetaan huomioon myös lattiakaivoon kohdistuva mekaaninen rasitus. Suihkun kohdalla lattiakaivo sijoitetaan riittävän etäälle seinistä, kuitenkin mieluiten niin, ettei se ole suoraan suihkun alla. [3, s. 10.]

Hormirakenteet tehdään niin, että myös niihin tulevat tarkastus- ja huoltoluukut täyttävät hormirakenteille asetettavat veden-, äänen- ja paloneristysvaatimukset. [3, s. 12.]

4 Kiinteistö Oy Vihdin Kataja

Laskentatietojen pohjana toimii Vihdin Nummelassa sijaitseva Kiinteistöosakeyhtiö Kataja (ks.kuva1), jonka määrätietojen pohjalta työn laskennat on tehty. Kohteen rakentaa Yrjö ja Hanna -säätio, jossa YIT Rakennus Oy toimii pääurakoitsijana. Kohteeseen valmistuu ryhmäkoti- ja palveluasuntoja vanhuksille ja erityistukea tarvitseville ja sen on määrä olla valmis vuoden 2012 lokakuussa. Kohteen erityispiirteet huomioon ottaen myös eräät rakenneratkaisut poikkeavat tavanomaisesta. Normaaliin kerrostalotuotantoon verrattuna on pitänyt ottaa huomioon liikkumisen rajoittumiseen vaikuttavat tekijät, kuten rakenneratkaisut on jouduttu toteuttamaan ilman kynnyksiä ja kulkemista helpottavia käsijohteita ja tukia on jouduttu käyttämään normaalia kerrostalotuotantoa enemmän. Kohteen laitospäivänsä vuoksi myös kohteen helppohoitaisuus on määräävä tekijä. Esimerkiksi lattiamateriaalina on käytetty lattiamattoa, koska se on kestävyytensä ja puhtaana pitonsa puolesta tavanomaisia lattiamateriaaleja parempi. Kaikkiaan erillishuoneistoja kohteessa on 63 kappaletta, joiden kylpyhuoneiden toteutuskustannuksia työssä vertaillaan.



Kuva 1. Kiinteistö Oy Katajan työmaa.

5 Toteutusvaihtoehtojen esittely

5.1 Kololaattaratkaisu

Perinteisimpinä välipohjaratkaisuina kerrostalotuotannossa on käytetty joko massiivista paikan päällä valettua välipohjaratkaisua tai ontelolaatalla toteutettua välipohjaratkaisua. Ontelolaattaa käytettäessä pesuhuoneen sijoitus rakenteeseen vaatii jonkin verran erityistoimenpiteitä suunnittelussa, sillä märkätilan vaatima viemäröinti ja kaatolattiavalu täytyy sovittaa ontelokenttään. Tämä tila toteutetaan niin sanotulla kololaatalla (ks.kuva2), jossa ontelon paksuutta on madallettu pesuhuoneen vaatiman alueen kohdalta. Yleensä kololaatan kolon syvyytenä voidaan pitää 170 mm, johon viemäröinti, lattialämmitys ja kaatolattiavalu sijoitetaan.

Kololaatta tehdään elementtitehtaalla tamppaamalla vielä tuoreen ontelolaatan pintaa alaspäin siltä osalta, kuin se kylpyhuoneen koon kannalta on tarpeellista. Ontelolaatan leveys 1200mm ja kylpyhuoneen leveys määrää sen, kuinka moneen laattaan leveys-suunnassa tamppaus täytyy tehdä. Tehtaalla laattaan tehdään myös tarvittavat aukotukset ja halkaisut, jonka jälkeen ne ovat valmiita toimitettaviksi asiakkaille. Kolo- ja ontelolaatat toimitetaan työmaalle rekka-atorahdilla ja kuorma asennetaan suoraan auton kyydistä asennuskohteeseen. Asennuksen etenemisen kannalta on tärkeää, että esivalmistelut, kuten ontelojaon merkitseminen ja pohjan vaaitseminen, on tehty huolella ennen ontelolaattakuorman saapumista. Näin saadaan kuorman odotusaika minimoitua ja kustannuksia säästyy. Turvallisuuden kannalta tulee myös noudattaa valmistajan antamia ohjeita, joilla määrätään, kuinka pitkältä matkalta laatan tulee ylettyä päästään tuelle. Tämä pituus on yleensä noin 40- 50 mm ja sitä tulee noudattaa, sillä näin varmistetaan se, ettei laatta putoa ja aiheuta tapaturman vaaraa. Myös muita työturvallisuusmääräyksiä on noudatettava huolellisesti, sillä asennuksessa tapahtuvat tapaturmat ovat aina vakavia.

Seuraavassa vaiheessa ontelokenttä raudoitetaan, asennetaan sähköasennusten suoja-putket ja saumat valetaan. Näin ollen ontelokentästä muodostuu yhtenäinen kokonaisuus elementtiseiniä kanssa ja se kestää rakenteelle aiheutuneet kuormat. Onteloiden saumavalu voidaan suorittaa joko betonipumpulla tai käyttäen nosturia ja nostoastiaa. Nostoastiaa käytettäessä työryhmän ja nosturin töiden yhteen sovittaminen vaatii hyvää ammattitaitoa ja kokemusta. Kustannusten kannalta järkevämmäksi vaihtoehdoksi nousee usein nostoastiavalu, sillä astian nostoon tarvittava kalusto on jo valmiiksi työmaalla ja elementtiasennusta varten oleva nostokalusto seisoisi muuten käyttämättömänä ontelosaumavalun ajan.

Tavallisimmin kololaatan syvennykseen asennetaan viemärintien vaakavedot ja lattialämmityskaapelit, jonka jälkeen kaatolattiat valetaan paikan päällä. Tämä työvaihe vaatii huolellisuutta ja ammattitaitoisen lattiavaluryhmän, sillä korjaustoimenpiteet vaativat lisäkustannuksia ja sitovat työvoimaa.

Samanlaista kololaattaratkaisua käytetään myös, jos kylpyhuonerakenne toteutetaan märkätilelementillä. Tässä ratkaisussa märkätilelementti asennetaan kumityynyjen varaan kololaatan pohjalle ja valetaan reunoiltaan kiinteäksi kokonaisuudeksi. Tässä vaihtoehdossa varsinaista kaatolattiavalua tarvitse tehdä, vaan lattia laatoituksineen on tehty valmiiksi jo elementtitehtaalla.

Kiristyneiden ääneneristysvaatimusten johdosta on yleisin välipohjaonteloiden paksuus nykyään 370 mm. Aikaisemmin käytettyä 265 mm:n ontelopaksuutta voidaan vielä käyttää ala- ja yläpohjissa, joissa askeläänen eristykselle ei ole asetettu vaatimuksia. Lisäksi alapohjan ontelolaatat toimitetaan yleensä lämpöeristettynä, jolloin laatan alapintaan on liimattu lämpöeriste jo valmiiksi ja näin eristystä ei tarvitse toteuttaa enää työmaalla. Logistisesti alapohjan ontelolaatat vaativat enemmän kuljetuskapasiteettia välipohjaonteloihin nähden, sillä laatan pohjaan kiinnitetty lämpöeriste kasvattaa laatan paksuutta.



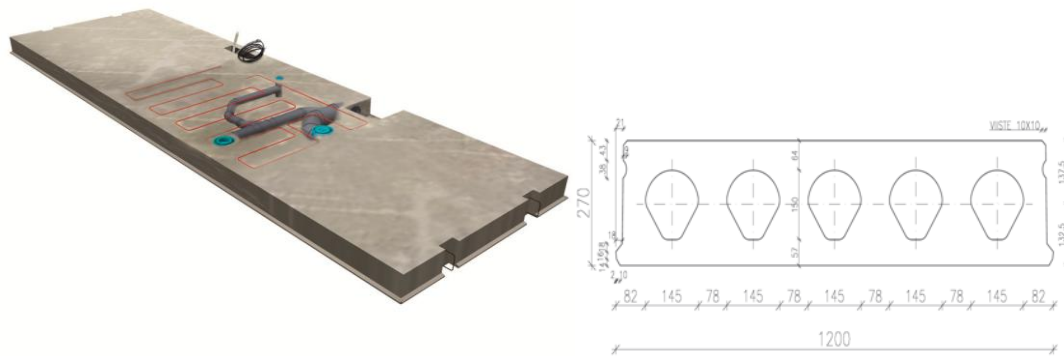
Kuva 2. Kololaatta-alapohjaa Oksalan työmaalla.

5.2 Parma-tekniikkalaattaratkaisu

Toisena laattaratkaisuna työssä tutkittiin Parma Oy:n kehittämää tekniikkalaattaa (ks.kuva3), jossa kaatolattiavalut on tehty jo valmiiksi elementtitehtaalla. Myös viemäroinnit ja lattialämmityskaapeloinnit on asennettu tehtaalla valmiiksi ja näin ollen työmaalle jää kytkettäväksi ainoastaan viemäriin liitos pystyhormiin ja lattialämmityskaapelin liittäminen sähköverkkoon. Laatta toimitetaan työmaalle massiivilaattana, jossa on sama jänneväli, kuin ympäröivässä ontelolaatastossa. Laattaratkaisun eduksi perinteiseen paikan päällä valettuun ratkaisuun voidaan todeta se, että se on asennuksen jälkeen täysin valmis pinnoitustyölle. Näin perinteisen lattiavalun jälkeistä kuivumisaikaa ei tarvita.

Tekniikkalaatta on paksuudeltaan 270 mm ja sen rinnalla ympäröivässä holvirakenteessa käytetään P 27 R-ontelolaattaa (ks.kuva3), joka ohuemmasta rakenteestaan huolimatta täyttää nykyaikaiset ääneneristysvaatimukset. Tämä ominaisuus perustuu laatan erilaiseen rakenteeseen perinteiseen ontelolaattaan verrattuna. Laatan reikien rakenne muistuttaa hieman pisaraa, eli reiän kokoa on pienennetty perinteiseen onteloreikään verrattuna. Tämä taas tarkoittaa sitä, että laattaan on saatu saman verran massaa, kuin 370 mm:n laattaan ja se on ääneneristysominaisuuksiltaan samantasoinen. Hintatasoltaan P 27 R-laatta on samansuuruinen, kuin perinteisesti käytetty 370 millimetrin laatta.

Tekniikkalaatta ja P27R-ontelolaatta muodostavat Parman välipohjaratkaisukokonaisuuden, jossa toimitukseen sisältyy aina koko välipohjalaatasto suunniteltuna. Laatasuunnitteluun sisältyy mm. laattajaon määrittäminen. [4]



Kuva 3. Periaatekuva tekniikkalaatasta ja P27R ontelolaatasta [5].

5.3 Seinätoteutus

5.3.1 Teräsrankarunkoinen kipsilevyseinä

Teräsrankarunkoisessa kipsilevyseinässä (ks. kuva4) on käytetty 68 mm paksua peltirankarakennettä, joka on pinnoitettu 13 mm paksulla kipsilevyllä kummaltakin puolelta. Kylpyhuoneen puoleinen seinä on pinnoitettu märkätilojen seiniin tarkoitetulla märkätilojen kipsilevyllä ja ulkopuoli normaalilla kipsilevyllä. Runkojakona on käytetty 400 mm, joka on tyypillinen laatoitettavissa pinnoissa. Tällä tavalla varmistetaan, että rakenteesta tulee tarpeeksi jäykkä, eikä seiniin kohdistuvat kuormitukset irrota laattoja. Päätyvissä pielissä, kuten oven reunoilla, käytetään kertopuusta valmistettuja pystyrankoja. Peltirankaa tukevampana niillä varmistetaan, että pielistä tulee tarpeeksi tukevat laatoitusta ajatellen. Alas laskettu katto toteutetaan kipsilevystä, runkomateriaalina käytetään normaalia 22x100 mm:n lautaa ja seinillä L-mallista reunakiskoa. Tuenta toteutetaan yläpuolella olevista laatoista ripustamalla, käyttäen lautaa ja L-reunakiskoa. Seiniin tarvittavat tukirakenteet on tehty vanerista.

Logistiikan kannalta ratkaisussa tulee huolehtia, että materiaali saadaan mahdollisimman vaivattomasti kerrokseen. Tämä toteutetaan tavallisesti niin, että materiaalit nostetaan kohteeseen varsinaisen elementtityön edetessä samalla nostokalustolla, kuin elementtiasennus suoritetaan. Materiaalin säilyvyyden kannalta tämä asettaa joskus haasteita, sillä varsinkin sateisena vuoden aikana kastuminen saattaa aiheuttaa materiaalin tuhoutumista.

Kevytrakenteiset talotekniikkahormit levytetään kipsilevyllä kaksinkertaisena levytyksenä. Tällä tavalla saadaan äänieristykselliset vaatimukset viemärien osalta täytettyä.



Kuva 4. Väliseinärunkoa Katajan työmaalla.

5.3.2 ACO-seinä

ACO-elementti (ks. kuva5) on kevytbetonista valmistettu ontelorakenteinen väliseinien teossa käytetty tuote. Elementit ovat 600 mm leveitä ja huonetilan korkuisia pystyreunoiltaan pontattuja elementtejä, jotka liitetään toisiinsa ohutsaumaliimauksella. Paksuudeltaan elementit ovat 68- 120 mm, joista esimerkkikohteessa käytetään 92 mm paksua elementtiä.

Elementtien asennuksen suorittaa lähes aina ulkopuolinen urakoitsija, laskelmassakin se on huomioitu ulkopuolisena urakkana. Peltirankarunkoisen seinärakenteen tapaan, myös ACO-elementit on nostettava kohteeseen runkotyön edetessä. Elementti ei ole niin arka kosteuden vaikutukselle, kuin kipsilevyrakenne, mutta se saattaa vaurioitua hyvinkin helposti nostossa. Tämän takia elementtejä on käsiteltävä todella varovasti ja nostot tehtävä oikein.

Ennen varsinaiseen vedeneristys- ja laatoitustyöhön ryhtymistä seinien sisäpinnat joudutaan tasoittamaan märkätilatasoitteella pinnan karheuden takia. Alakaton osalta työ toteutetaan samalla periaatteella, kuin peltirankarakenteisessa seinässä. Pystyviemärien osalta äänitekniset asiat saadaan täytettyä, kun Silotek-elementit koteloidaan ACO-elementtien sisään. Haittapuoleksi Silotek-elementin käytölle ACO-ratkaisun yhteydessä voidaan mainita sen vaatima tilan tarve verrattaessa muihin ratkaisuihin. Siinä missä kipsilevyrakenteisessa seinässä Silotek-elementtiä voidaan käyttää osana seinärakennetta, joudutaan se ACO-seinää käytettäessä asentamaan kokonaan seinän ulkopuolelle. Lisäksi 92 mm:n ACO-rakenne vaatii koteloinnissa enemmän tilaa, kuin levytettävässä rakenne tuplalevytyksellä. [6, s. 1-2.]



Kuva 5. ACO-väliseinää Katajan työmaalla.

5.4 Talotekniikan toteutus

Talotekniikan rakenne on toteutettu esimerkkikohteessa pystynousujen osalta Silotek-talotekniikkahormeja käyttäen. Hormirakenne on peltirakenteinen kehikko (ks. kuva6), jonka sisään LVI-nousuputkisto on asennettu. Urakoitsija toimittaa hormielementit työmaalle, hoitaa siirron kerrokseen asennuksineen ja asentaa elementit paikoilleen. Järjestelmän etuna on se, että asennus ei sido omaa siirto- ja työvoimaresursseja, vaan urakoitsija hoitaa kaiken alusta loppuun. Lisäksi runkovaiheen aikana elementtien siirrosta ja logistiikasta ei tarvitse välittää. Suunnitteluvaiheen aikana sovitaan, millaisella aikataululla ja missä järjestyksessä elementit toimitetaan työmaalle. Esimerkkikohteessa elementit toimitettiin kerroskohtaisesti hieman runkotyön jäljessä. Tämä järjestelmä soveltuu hyvin silloin, kun lattiavalut toteutetaan runkotyön edetessä erillisenä työvaiheena. Toteutettaessa valutyö yhtä aikaa saumavalujen kanssa ja käytettäessä tekniikkalaattaa on asennustyön täsmäittävä tarkemmin runkotyövaiheeseen. Hormit tulisi tällaisessa tapauksessa asentaa kerroskohtaisesti samassa tahdissa kuin runkotyö etenee. Näin hormien läpimenot saataisiin valettua yhtä aikaa sauma- ja lattiavalun kanssa eikä ylimääräistä valukierrosta tarvitsisi suorittaa.

Silotek-rakennetta on käytetty pohjana laskennan jokaisessa vaihtoehdoissa, paitsi märkätilaelementissä, jossa nousuputkistot on asennettu tehtaalla elementin kylkeen. Tässä vaihtoehdossa työmaalla liitetään ainoastaan elementtien putkistot toisiinsa.

Muilta osin asuntokohtainen talotekniikka-asennus toteutetaan yleensä paikan päällä, kuten myös esimerkkikohteessa tehtiin. Viemäröinti on toteutettu kololaattaan asentamisen, samoin kuin lattialämmityskaapelointi. Ilmastointi, sähköjohdot ja vesiputkisto on haaroitettu alas lasketun katon yläpuolelle, jossa ne ovat piilossa kattorakenteen alla. Vesijohtojen syötöt vesipisteille on toteutettu pinta-asennuksena ja sähkön ohjaukset peltirankarakenteisen seinän väliin. Poikkeuksen muodostavat kuitenkin tekniikkalaatta- ja märkätilaelementtivaihtoehdot, joissa talotekniikan osuus on pidemmälle esivalmistettu tehdasolosuhteissa. Tekniikkalaatan osalta viemäröinti ja lattialämmityskaapelointi työvaiheena jää pois, kun taas märkätilaelementin kohdalla ainoa työvaihe työmaalla on viemäri- ja sähköliitosten tekeminen.



Kuva 6. Silotek-hormi Katajan työmaalla.

5.5 Märkätilaelementti

Elementtejä valmistaa Forssassa sijaitseva Parmarine Oy, jonka toimialaan kuuluu myös laivanrakennusteollisuudessa toteutetut kylpyhuone- ja hytti-elementtiratkaisut. Yrityksen toiminta keskittyi alkutaipaleella laivojen hytteihin, mutta laajeni myöhemmin palo-oviin ja myöhemmin vuonna 1988 rakennusteollisuudessa käytettäviin märkätilaelementteihin. [7]

Märkätilaelementti toimitetaan työmaalle täysin valmiina yksikkönä (ks. kuva7), jossa se runkotyön edetessä nostetaan suoraan kuljetuskalustolta asennuskohteeseen. Elementit toimitetaan työmaalle aina kerroskohtaisesti, kun seinäelementit ovat kerroksessa paikoillaan, mutta onteloholvia ei vielä ole asennettu.

Asennus suoritetaan kololaatan pohjalle pedattujen asennuslaattojen päälle. Asennusalan täytyy olla täysin suora, sillä ainoastaan näin saadaan varmistettua lattia-kaatojen toiminta elementissä. Lisäksi elementin lattiapinnan koron kanssa tulee olla tarkkana, jotta se sopii yhteen ympäröivän valmiin lattiapinnan kanssa. Nykyajan tarkat rakennussäädökset vaativat sen, että pykälää kylpyhuoneen ja muun ympäröivän lattiakerroksen välille ei saa syntyä yli 20 mm. Viimeiseksi kerrokseksi asennuslaattojen ja elementin pohjan väliin asennetaan kumiset asennuspalat, joilla estetään runkoäänien kulkeutuminen pesuhuoneesta alempiin kerroksiin. Nostettaessa elementti paikoilleen täytyy noudattaa suurta huolellisuutta ja äkkinäisiä nostoliikkeitä täytyy välttää, elementin rikkoutumisvaaran vuoksi. Kun elementti on asennettu paikoilleen, kierretään sen ympärille kololaatan syvennyksen kohdalle irrotuskaista. Tällä tavalla estetään se, ettei reunojen täyttövaluja tehtäessä betoni yhdistä elementin pohjalaattaa ja ontelolaattaa ja edesauta näin runkoäänien etenemistä.

Taloteknisten töiden osalta työmaalla yhdistetään ainoastaan elementtien väliset pystyhormit toisiinsa. Muilta osin hormirakenteet ja nousuputkistot ovat valmiina elementin kyljessä olevassa kotelossa.

Ennen työmaalle toimitusta valmistaja sulkee elementin oven sinettilukolla. Tällä varmistetaan se, että elementin sisäpuoli ei pääse missään rakentamisen vaiheessa vaurioitumaan. Sinetin saa murtaa ainoastaan elementtitehtaan luvalla, muissa tilanteissa elementille myönnetty takuu raukeaa.

Elementit toimitetaan työmaalle muovilla suojattuina. Suojat estävät elementtien rakennustyön ja kuljetuksen aikaisen kastumisen ja likaantumisen. Tämän johdosta suojat olisi syytä pitää elementin päällä niin kauan, kuin veden valuminen rakennuksen ylemmistä kerroksista on saatu loppumaan. Elementti kyllä kestää vettä jonkin verran, mutta sisäpuolella olevat valmiiksi asennetut kylpyhuonekalusteet saattavat vaurioitua.

Ulkopuoliselta rakenteeltaan elementti on peltikasettirunkoinen, jonka päälle väliseinätien yhteydessä asennetaan kaksinkertainen kipsilevytyös.



Kuva 7. Märkätilaelementti Oksalan työmaalla.

5.6 Sisäpuoliset pintarakenteet

Pintarakenteeltaan kylpyhuoneiden (ks. kuva8) seinät ovat laatoitettu ja lattiat toteutettu mattorakenteisina. Kattopintana on käytetty sileää kipsilevyä, joka on käsitelty kosteudenkestävällä maalilla. Tilan erityisluonteisuudesta johtuen on kylpyhuoneisiin jouduttu asentamaan erilaisia liikkumista helpottavia apuvälineitä ja tukia. Tällaisia ovat esimerkiksi wc-istuimen käsituki, suihkuistuimien ja muut kulkua helpottavat käsituet. Tilan säästämiseksi ja kulkemisen helpottamiseksi kylpyhuoneet on varustettu liukuovilla. Näin ollen oven avaaminen myös pyörätuolilla kulkien on helpompaa. Märkätilaelementeissä nämä kylpyhuonekalusteet ja varusteet on asennettu jo tehtaalla valmiiksi, kun taas käytettäessä muita toteutusratkaisuja on ne asennettava työmaalla paikan päällä. Tämä taas on otettava tarkasti huomioon jo seinien runkorakenteita tehtäessä. Jokaista tukirakennetta varten tulee olla oikea määrä kiinnitystaustoja seinärakenteen sisällä.



Kuva 8. Periaatekuva Katajan kylpyhuoneesta [8].

6 Toteutusmuotojen vertailu

6.1 Perusteita kustannusvertailun tekemiselle

Rakennushankkeen johto- ja suunnittelutehtävissä toimivan henkilön työ on suurelta osin päätösten tekemistä. Yksittäisten päätösten teko on vastausten etsimistä seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on ongelma?
- Mitkä ovat vaihtoehdot?
- Mikä vaihtoehto on paras?

Usein päätös joudutaan tekemään nopeasti aikaisempaan kokemukseen ja ammattitaitoon perustuen. Monet ratkaisut ovat kuitenkin niin tärkeitä ja merkittäviä, että vain järjestelmällisesti laaditut vertailulaskelmat antavat pohjan ongelman ratkaisulle.

Päätöksen teon tueksi laaditut vertailulaskelmat sisältävät vain selvästi mitattavissa olevat suureet. Näiden lisäksi vaihtoehdon valintaan vaikuttavat olennaisesti harkinnanvaraiset tekijät, joita ei voi mitata selvillä mittayksiköillä. Niiden merkityksen ei tarvitse olla vähäinen.

Koska päätöksen teko tavallisimmin suuntautuu tulevaisuuteen, epävarmuus on merkittävimpiä harkinnanvaraisia tekijöitä. Tämän vuoksi laskelmat tulee laatia siten, että päätöksentekijä näkee, missä riskitekijät ovat olennaisia.

Kun seuraavassa tarkastellaan vertailulaskelmien laatimista on pidettävä mielessä, että laskelmat eivät vielä kokonaan ratkaise ongelmaa. Laskelmien ulkopuolelle jäävät harkinnanvaraiset tekijät saattavat painaa enemmän, kuin laskelmien tulokset. [9, s. 108.]

Vertailulaskelmien tarkoituksena on

- esittävät ratkaisujen kustannukset ja mahdolliset tuotot, joiden avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä niiden keskinäisestä kannattavuudesta ja taloudellisuudesta
- pienentää niiden tekijöiden lukumäärää, joiden huomioon ottaminen jää harkinnanvaraiseksi, sekä ohjata päätöksentekijän huomio tekijöihin, jotka vaativat harkintaa.

Vertailulaskelmat eivät saa muodostua itsetarkoitukseksi. Ne on nähtävä osana päätöksentekoprosessia, joka voidaan jakaa

- ongelman määrittelyyn
- toimintavaihtoehtojen etsimiseen ja kehittämiseen
- vaihtoehtolaskelmien suorittamiseen
- harkinnanvaraisten tekijöiden huomioimiseen ja lopullisen järjestyksen määrittämiseen
- päätöksen tekoon [9, s. 109.]

Vertailulaskelmissa on syytä käyttää samaa nimikkeistöä ja hinnoitteluperusteita, kuin kustannuslaskennassa, yrityksessä sovittujen toimintatapojen mukaisesti. Hinnoitteluperiaatteen mukaan hinnoittelussa käytetään arvonlisäverottomia hintoja. Näin varmistetaan vertailukelpoisuus myös hinnoitteluun ja jälkilaskentaan. [9, s. 109.]

Laskelmien laajuuteen liittyvinä pääperiaatteina on, että laskelmissa huomioidaan kaikki kustannukset, jotka aiheuttavat eroja eri vaihtoehtojen välillä. Vaikka vaihtoehtolaskelmat eivät anna vastausta harkinnan varaisiin kysymyksiin, tulisi laskelmien laatijan kirjata ne tekijät, joita ei ole huomioitu. [9, s. 109.]

Työ- ja tuotantomenetelmien valinnan puitteet luodaan jo yritystasolla tehdyissä ratkaisuissa, jotka liittyvät yrityksen valitsemaan tuotanto- ja tuotepolitiikkaan. Yleensä tällaiset ratkaisut tehdään päätettäessä, millaista omaa tuotantotoimintaa yritys harjoittaa (esim. elementtitehdas) tai millainen muottikalusto ja konekanta yrityksessä on. Tähän yhteyteen on luettava myös käytettävissä oleva osaaminen. Työmaalla tehtäviin ratkaisuihin vaikuttaa siis aina yritystasolla tehdyt päätökset.

Mikäli laskelmissa päädytään useissa vaihtoehtoissa samoihin kustannuksiin, voidaan lopullista päätöstä tehtäessä valintaperusteina käyttää:

- Oman kaluston ja koneiden korkean käyttöasteen varmistamista
- Omien työntekijöiden työllisyyttä ja muita työvoiman ammattitaitoon ja saataavuuteen liittyviä tekijöitä
- Työturvallisuustekijöitä
- Lopputuloksen laatua
- Yrityksen kehityspolitiikkaa ja ongelmia
- Yrityksen teknistä imagoa sekä
- Toteutusaikaa (kesto) [9, s. 111.]

6.2 Pohdinta eri vaihtoehtojen välisistä kustannuseroista

Toteutumistavan vaikutuksesta kustannuksiin voidaan sanoa se, että mitä pidemmälle rakennustuote on esivalmistettu tuotantolaitoksessa, sen kalliimmaksi materiaali tulee. Toisaalta voidaan myös todeta, että mitä pidemmälle tuote on jalostettu, sen vähemmän aikaa menee työmaatuotannossa.

Esivalmistetuista tuotteista pisimmälle on viety märkätilaelementti, joka on tehty tehdasolosuhteissa sisältä täysin valmiiksi. Tässä toteutustavassa työmaa-asennus käy hyvinkin nopeasti, mutta valmiina tuotteena sen hinta rahteineen nousee melko korkeaksi.

Eniten työmaalla tehtävää työtä vaatii kololaatalla ja peltirankarakenteella toteutettu ratkaisu. Tässä ratkaisussa materiaali toimitetaan työmaalle erillisinä rakennustuotteina, jonka johdosta esivalmistusaste jää pieneksi ja materiaalin osuus on halvin. Toisaalta suuren työnosuuden johdosta sen työmaakustannukset nousevat korkeimmiksi.

Muissa vaihtoehdoissa on yritetty luoda eräänlaisia kompromisseja tehdastuotteen ja työmaalla toteutetun välillä. Tekniikkalaattaa käytettäessä lattiarakenteet saadaan työmaalle valmiiksi muotoon valettuina, mutta seinät ja sisävalmistusvaihe joudutaan tekemään työmaatuotantona. ACO-elementtiä käytettäessä seinät saadaan työmaalle puolivalmisteena, jossa ne liimataan seinärakenteeksi. Menetelmän etuna on myös, että näin saadaan melko helposti paloluokiteltua seinärakennetta.

Näiden toteutusmuotojen väliltä työssä oli tarkoitus löytää se, joka esivalmistusasteen ja työmaatoteutuksen suhteessa on kustannustehokkain yrityksen kannalta.

6.3 Pohdinta muista huomioon otettavista asioista

Toteutusmuodon hinnan lisäksi on muitakin asioita, jotka saattavat vaikuttaa toteutustavan valintaan. Ensinnäkin jo tuotteen saatavuus ja tätä kautta hintakehitys saattaa vaikuttaa tuotteen hintaan. Työssä on huomioitu hinnat sellaisina, kuin ne esimerkiksi kohdetta rakennettaessa ovat olleet. Tuotteiden hintojen muutokset saattavat jopa tehdä sen, että niiden keskinäinen järjestys muuttuu.

Työvoiman saatavuus vaikuttaa myös toteutusmuodon valintaan. Erityisesti nousukauden aikana, kun työvoiman saatavuus on vaikeaa, saattaa kysymykseen tulla vaihtoehdot, joissa esivalmistusaste on korkea. Tämä sen takia, koska työvoiman saanti on rajallista.

Vaikutusta on myös sillä, miten vaadittavat kriteerit ja toleranssit suhtautuvat valittuun vaihtoehtoon. Tällainen saattaa olla esimerkiksi se, kuinka nopeasti paikan päällä valetusta lattiarakenteesta saadaan riittävän kuiva ennen pinnoitustöihin ryhtymistä. Tekniikkalaatta ja märkätilaelementti toimitetaan työmaalle valmiina tuotteina, joten niiden kohdalla asia ei nouse kynnyskysymykseksi. Työmaalla valettavan lattiarakenteen kohdalla asiaan joudutaan perehtymään. Joudutaanko rakennusaikaa pidentämään, vai suunnitellaanko työjärjestys niin, että työ toteutetaan lohkoittain ja työ etenee ilman katkoja. Esimerkkikohteessa kaatolattioiden valu on toteutettu lohkoissa niin, että ensimmäiset laatat ovat jo päällystettävissä, kun viimeksi valetut vielä kuivuvat. Lisäksi rakennetta on kevennetty polystyreeni eristeellä ja saatu valettavasta laatasta ohuempi. Tällä tavalla on saatu ratkaisevaa säästöä kuivumisaikaan.

6.4 Ongelmat, syyt ja ratkaisut

Taulukko 1. Tässä taulukossa on vaihtoehtojen keskeisimmät ongelmat, syyt ja ratkaisut:

Vaihtoehto	Ongelmat	Aiheutumissyyt	Ratkaisu ongelmaan
Paikalla valettu laatta ja peltirankakipsiseinä	Laatan kuivaksi saaminen pinnoitustöitä varten	Väärin toteutettu ja suunniteltu työjärjestys, sekä olosuhteet. Lisäksi olosuhteisiin nähden väärän betonin käyttö.	Suunnitellaan ja toteutetaan työt huolellisesti niin, että lattiarakenteelle jää riittävästi aikaa kuivua ja työn keskeytymätön suoritus varmistetaan. Lisäksi tarvittaessa nopean kuivumisen varmistamiseksi käytetään nopeasti päällystettävää NP-betonia.
Paikalla valettu laatta ja peltirankakipsiseinä	Lattiavalussa esiintyvät laatuongelmat	Työ suoritettu liian kovalla kiireellä ja huolimattomasti	Pyritään eliminoimaan kiire, merkitään korot huolellisesti ja panostetaan työn valvontaan.
Paikalla valettu laatta ja peltirankakipsiseinä	Seinätyöstä aiheutuva korkea hukkaprosentti	Levyjakoa ei suunnitella riittävän huolellisesti.	Seurataan väliseinätyöskentelyä, puututaan ja opastetaan tarvittaessa
Paikalla valettu laatta ja peltirankakipsiseinä	Kalusteita ja varusteita varten olevien kiinnitystaustojen puute.	Ei seurata tarpeeksi huolellisesti piirustuksissa olevia kalusteiden paikkoja	Tarkistetaan kiinnitysalustojen paikat ennen seinän tuplausta.
Paikalla valettu laatta ja peltirankakipsiseinä	Väliseinämaterialin pilaantuminen kosteuden vaikutuksesta	Rikkinäinen levynipun suojahuppu.	Varmistetaan, että suojahuppu on ehjä ja tarvittaessa poistetaan huppu ilman kierron varmistamiseksi.

Vaihtoehto	Ongelmat	Aiheutumissytyt	Ratkaisu ongelmaan
Märkätilaelementti	Asennusvaiheessa tapahtuvat vauriot	Äkkinäiset liikkeet nostettaessa elementtiä.	Noudatetaan huolellisuutta elementin nostossa.
Märkätilaelementti	Elementti asennetaan vinoon ja kaadot eivät toimi	Elementti pedattu vinoon.	Varmistetaan elementin suoruus asennuksen jälkeen, vaikka alusta olisikin asennettu suoraan.
Märkätilaelementti	Elementti asennettu valmiiseen lattiapintaan nähden väärään korkoon.	Korkokuvia tulkittu väärin.	Määritetään tarkasti myös materiaalien vaikutus lattiakorkoon.
ACO-seinä	Materiaalin vaurioituminen nostettaessa kerroksiin tai elementtiasennuksen aikana.	Materiaalin nosto suoritettu väärästä kohtaa tai äkkinäiset nostoliikkeet.	Kiinnitetään huomiota nostoihin. Kuormalava oltava ehjä, nostopaikka vapaana, ei elementtitukien tiellä.
ACO-seinä	Materiaalin työstöstä aiheutuva pöly	Materiaalia joudutaan leikkaamaan työmaaolosuhteissa timanttileikkurilla	Käytetään joko märkäkatkaisu-menettelmää tai liitetään imuri leikkuriin.
Tekniikkalaatta	Nostokaluston valintaan vaikuttava laatan paino	Laatat toteutetaan massiivilaattaratkaisuna, jolloin niiden paino nousee perinteistä ontelolaattaa painavammaksi	Otetaan laattaratkaisu huomioon alkusuunnittelussa ja sijoitetaan nostopaikat niin, että saadaan käytettyä kustannuksellisesti järkevää nostokalustoa

7 Laskentatulokseen vaikuttavat asiat

7.1 Työmaatoteutuksesta aiheutuneet kustannukset

Työvoimasta, materiaaleista ja kalustosta syntyvien kustannusten lisäksi kustannuksia aiheutui muistakin vaihtoehtoissa esiintyvistä eroavaisuuksista. Yksi tärkeimmistä kustannuksia aiheuttavista tekijöistä edellisten lisäksi olikin aika, jonka kukin vaihtoehto vei työmaatoteutuvavaiheessa. Kustannusten tarkastelussa otettiin huomioon vaihtoehtoissa esiintyneiden tuotannon aikaeroista johtuvien käyttö- ja yhteiskulujen vaikutus, sisältäen työnjohdosta aiheutuneet lisäkustannukset. Märkätilaelementin kohdalla huomioon otettiin myös arvio aikaistuneiden urakkasopimuserien korkojen tulosta, koska vaihtoehdon ajansäästö oli siinä määrässä merkittävä. Vaihtoehtoja vertailtiin siis niissä syntyvien kokonaiskustannusten ja ajan tuomien säästöjen eroina.

Tärkeänä osana kustannusten muodostumista tutkittiin myös toteutusmuotojen vaikutusta maksimimääräiseen työvoimaresurssien tarpeeseen, ja tätä kautta mitoitettaviin sosiaaliloihin. Tutkimuksessa huomattiin kuitenkin, että esimerkkitilanteessa käytetty mitoitus 20 henkilölle riitti jokaisessa vaihtoehdossa, ja laskelmissa käytettiin tätä tietoa. Liitteissä 1-5 on esitetty pystyviivalla kohta, jossa työvoiman tarve on kyseisillä toteutusvaihtoehdoilla suurimmillaan.

Pesuhuoneen rakenteessa tärkeimpiä ominaisuuksia on, kuinka lattialle putoava vesi ohjautuu lattiakaivolle. Kustannusten syntyemisessä tällä on vaikutusta lähinnä paikallaan tehdyn lattiarakenteen kanssa, jossa rakennetta joudutaan usein korjaamaan ennen pinnoitustöitä. Tämä vaihtoehdossa syntyvä lisäkustannus on työssä otettu huomioon arvioituna työvoima- ja materiaalienekkinä.

Jätehuoltokustannustenmuutos eri vaihtoehtojen välillä jäi melko vähäiseksi, eikä sitä työssä otettu huomioon. Kipsilevyjätteen osalta jätemateriaali toimitettiin takaisin kipsilevytehtaalle, jonne sen sai toimittaa pelkällä rahdin kustannuksella. Muiden jätteiden osalta vaihtoehdot voitiin katsoa lähes tasavertaisiksi.

7.2 Sääolosuhteiden ja työjärjestyksen vaikutus toteutuskustannuksiin

Sääolosuhteiden vaikutus korostui eniten lattiarakenteen toteutuksen kohdalla. Erityisesti pakkaskauden aikana toteutetuissa rakenteissa lämmityskulujen vaikutus vaihtelee eri vaihtoehtojen välillä. Elementtirakenteisen talon runkovaiheen kohdistuessa talvikauden rakenteita joudutaan lämmittämään tilapäisratkaisuin lähes aina. Toteutustavan ja työjärjestyksen valinnalla vaikutetaan ratkaisevasti siihen, kuinka paljon lisälämmityksestä aiheutuu lisäkuluja.

Paikan päällä toteutetussa lattiarakenteessa työjärjestyksellä on suuri merkitys. Toteutettaessa rakenne runkotyövaiheessa saadaan kaatolattiat valmiiksi yhtä aikaa rungon kanssa, mutta työtavasta johtuen lattiavalua joudutaan lämmittämään vielä saumavalun jälkeenkin kunnes betoni on saavuttanut jäätymslujutensa. Tämä taas aiheuttaa lisäkustannuksia lämmitysenergiaan ja kalustoon. Jos runkotyö toteutetaan omilla työvoimaresursseilla, kuten esimerkkilaskelmissa, joudutaan resursseja lisäämään 1-2 rakennusmiehen verran runkotyön ajaksi. Tämä taas johtuu siitä, että lattiavaluvalmistelut sitovat työvoimaa ja työssä käytettävät resurssit on jo sidottu runkotyön toteutukseen

Muissa lattiarakennevaihtoehtoissa esivalmistusasteen korkeasta tasosta johtuen niillä on pääsääntöisesti rakennusaikaa lyhentävä vaikutus. Esimerkiksi käytettäessä tekniikkalaattaa edelliseen toteutustapaan verrattuna säästetään sekä työvoimaresursseissa että muissakin kuluissa. Laataston asennuksen jälkeen pesuhuoneen lattia on periaatteessa pinnoitusta vaille valmis ja näin ollen lattiavalun vaatimat työvoima- ja materiaaliressit jäävät paikan päällä tehtyyn rakenteeseen verrattuna käyttämättä. Periaatteessa tämä tarkoittaa sitä, että runkovaiheessa valutyön valmisteluun tarvittavaa kahden rakennusmiehen työpanosta ei tarvita ja näin runkotyö saadaan toteutettua pienemmällä henkilökapasiteetilla. Lisäksi varsinaisen valutyön suorittavaa aliurakoitsijaa ei tarvita.

Runkotyön sijoittuessa talveen myös lattian valussa tarvittavassa lisälämmitystarpeessa säästetään. Esimerkkikohteessa lisälämmitysmuotona käytettiin nestekaasusäteilijöitä, joiden mukaan myös lisälämmityskustannuksia tarkasteltiin. Jos runkotyö sijoittuu kokonaisuudessaan pakkaskaudelle eikä runkotyön aikana saada lopullista lämmitystä, on säästön osuus lattian osalta noin 3000 €.

Märkätilaelementin kohdalla lattiarakenteen osuus ei nouse ongelmaksi, koska elementti on sisäpuoleltaan täysin valmis kokonaisuus. Ainoaksi valutyöksi jää elementin juurivalu, joka voidaan tehdä joko seuraavan holvisaumavalun yhteydessä, tai runkotyön jälkeen täysin erillisenä valuna. Tämä taas tarkoittaa sitä, että runkotyötä varten ei tarvitse varata ylimääräisiä työvoimaresursseja, vaan työ saadaan toteutettua tavanomaisella runkotyöryhmällä. Lisäksi väliaikaisiin lämmityskustannuksiin ei mene lisäkustannuksia, varsinkin jos työ toteutetaan erillisenä valuna ja työmaa on jo kytketty lopulliseen lämmitysverkkoon.

7.3 Esimerkkityömaan varautuminen sään vaikutuksiin

Esimerkkikohteessa työjärjestys pyrittiin suunnittelemaan niin, että runkotyön edetessä asennettiin ikkunat aina kerroskohtaisesti paikoilleen ja kerros kytkettiin lopulliseen lämmitysjärjestelmään työn edetessä. Näin saatiin väliaikaislämmityksen osuus mahdollisimman pieneksi ja rakenteet lämpenivät lopullisella lämmitysjärjestelmällään. Työmaatoteutuksen kohdalla tämä vaatii saumatonta yhteistyötä putkiurakoitsijan kanssa ja ammattitaitoista urakoitsijaa. Esimerkkikohteen kohdalla järjestelmä toimi hyvin ja kerrokseen saatiin tarvittava lämpö lattiavalun suoritusta varten.

Työnsuunnittelussa rakenne oli huomioitu siten, että lattiavalupaksuutta ohennettiin kololaatan pohjalle asennetulla Styrox-eristeellä. Näin valupaksuutta saatiin ohennettua 170 millimetristä 120 millimetriin ja kuivumisaikaa lyhennettyä. Yleensä perussääntönä voidaan pitää, että lattiavalu vaatii kuivuakseen suotuisissa olosuhteissa noin viikon/senttimetri. Tällä toimenpiteellä saatiin lattian pinnoitustoimenpiteisiin ryhtymistä aikaistettua noin viidellä viikolla.

Kohteessa sisävalmistusvaihe etenee niin sanotussa käänteisessä toteutusjärjestyksessä ylhäältä alaspäin. Näin syntyvä rakennusjäte ja yli jäävä rakennusmateriaali saadaan siirrettyä aina valmiista kerroksesta keskeneräiseen niin, että ei tarvitse kulkea valmiin kerroksen läpi. Kylpyhuoneen osalta työjärjestys voidaan toteuttaa myös niin, että laatoitetaan ensin kaikki seinät koko kohteen osalta ja siirrytään sen jälkeen uudelle kierrokselle pinnoittamaan lattioita. Näin saadaan lattiapinnan kuivumisaikaa pidennettyä vielä seinälaatoituksen työn keston verran.

8 Ajallinen ja kustannuksellinen vertailu

8.1 Töiden, materiaalien ja kaluston kustannukset

Töiden, materiaalien ja kaluston kustannuksilta halvimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui esimerkkikohteessa käytetty toteutustapa, kun muita kustannuksia ei otettu huomioon. Hieman edellistä ratkaisua kalliimmaksi osoittautui tekniikkalaatalla toteutettu vaihtoehto. Ero näiden vaihtoehtojen välillä jäi kuitenkin melko pieneksi, kun ottaa huomioon työmaan koon ja ero jaetaan kylpyhuoneittain.

Voidaankin todeta, että edellä mainittujen toteutusmallien keskinäinen hintaero on siinä määrin marginaalinen, että suurimmat erot niiden välille tehdään työjärjestyksen ja tätä kautta aikataulukeston kautta. Huomioitavaa on myös tekniikkalaatan virheettömyys verrattaessa sitä paikallaan valettuun laattaan. Paikalla valetussa laatussa on lähes aina joitain kohtia, joita joudutaan jälkityönä korjaamaan. Näitä ongelmia ei tehdasolosuhteissa tehdyllä tekniikkalaatalla ole ja jälkipaikkausvaihe jää pois.

Seuraavina järjestyksessä olivat ACO-seinärakenteella toteutetut ratkaisut. Pohjaratkaisun osalta paikan päällä valettu kaatolattia nousi edelleen hieman tekniikkalaatalla toteutettua vaihtoehtoa halvemmaksi. Kustannuksiltaan nämä vaihtoehdot nousivat kuitenkin joka tapauksessa edellisiä niin paljon kalliimmiksi, että ne eivät enää kilpaile kipsilevyllä toteutetun seinärakenteen kanssa. ACO-seinän etu piilee sen kivirakenteessa, joten sitä voidaan käyttää kohteissa, joissa vaaditaan palon- ja ääneneristystä.

Kalleimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui märkätilelementillä toteutettu ratkaisu. Tämän esivalmistusasteeltaan pisimmälle jalostetun ratkaisun materiaalikustannukset nousivat jo niin suuriksi, että niitä ei enää työmaan aika- ja resurssisäästöillä esimerkkikohteen osalta saatu kurottua kiinni. Toteutusajassa ratkaisulla saatiin säästettyä noin 5 viikkoa, mutta työn ja materiaalien kustannukset olivat edellisiä huomattavasti kalliimpia.

8.2 Toteutusmuodon vaikutus aikaan

Ajallisesti nopeimmaksi ratkaisuksi osoittautui märkätilaelementillä toteutettu vaihtoehto. Ratkaisu pidentää esimerkkikohteen tiedoilla laskettaessa runkovaihetta noin 3 päivää, mutta sisävalmistusvaiheen osalta toteutusaika on kirkkaasti muita lyhyempi. Korkean esivalmistusasteen johdosta työmaalla toteutettavat työvaiheet vähenevät ja sisävalmistusvaihe nopeutuu. Liitteessä 5 on esitetty aikataulu, jos esimerkkityömaan toteutuksessa käytettäisiin märkätilaelementtiä.

Seuraavaksi nopeimmiksi ratkaisuksi osoittautuivat kipsilevyrakenteisina toteutettavat seinäratkaisut, joista tekniikkalaatalla toteutettu lattiaratkaisu oli esimerkkikohteen paikallaan tehtyä lattiarakennetta nopeampi. Liitteessä 2 on esitetty aikataulu, jos työmaan kylpyhuonetoteutuksessa käytettäisiin tekniikkalaattaa. Runkovaiheen ajan suhteen lattiaratkaisut olivat melko lailla samalla tasolla, mutta kololaatan kohdalla pesuhuoneen lattiat jouduttiin valamaan erillisenä työvaiheena, joka lisäsi vaihtoehdon toteutusaikaa. Liitteessä 1 on esimerkkityömaan alkuperäinen aikataulu, jota käytetään työmaan toteutuksessa. Jos työvoimaresursseja lisättäisiin runkotyön aikana, ja lattia-valut toteutettaisiin samanaikaisesti runkotyön kanssa, olisivat ratkaisut ajallisesti keskenään lähes samalla tasolla. Tällä tavalla vaikutettaisiin työmaan toteutusaikaan ja tätä kautta kokonaiskustannuksiin.

Ajallisesti hitaimmiksi ratkaisuksi osoittautuivat ACO-väliseinällä toteutetut ratkaisut. Näistä vaihtoehdoista edelleen hitaampi oli paikan päällä valetulla lattialla toteutettu rakenne. Liitteissä 2 on esitetty aikataulu, jos työmaan kylpyhuoneet toteutettaisiin käyttäen ACO-seinärakennetta ja tekniikkalaattaa. Liitteessä 3 on esitetty aikataulu, jos työmaan kylpyhuoneet toteutettaisiin ACO-seinärakennetta ja paikallaan valettua lattiarakennetta.

9 Tulos

Lopullinen tulos on laskettu toteutusmuotojen välisenä erotuksena esimerkikohteen toteutustapaan. Kustannuksissa on huomioitu kaikki toteutuksesta ja ajallisesta säästöstä syntyneet erot. Laskennan eri vaihtoehdoissa on käytetty myös samoja työvoimaresursseja, jolloin tuloksista on saatu keskenään vertailukelpoisia. Lisäksi aikataululliset vertailut on tehty pääasiassa RATU:n ja esimerkikohteen urakoitsijoiden tietoja hyödyntäen.

Tuloksena voidaan todeta, että kustannuksiltaan halvimmaksi vaihtoehdoksi esimerkikohteeseen verrattuna osoittautui tekniikkalaaatalla ja peltirunkoisella kipsilevyseinärakenteella toteutettu vaihtoehto. Suurimmaksi eron aiheuttajaksi osoittautui työmaajan pidentymisestä aiheutuneet kustannukset, jotka aiheutuivat esimerkikohteen 12 päivää pidemmästä toteutusajasta. Käyttö- ja yhteiskulujen vaikutusta kustannuksiin voidaan pitää siinä määrin merkittävänä, että jos tuotantoaikaa olisi saatu pienennettyä samaan tekniikkalaaatan kanssa, olisi esimerkikohteen toteutusmalli noussut halvimmaksi vaihtoehdoksi, vaikka talvikauden lisälämmityskulut ja mahdolliset kaatolattioiden korjauskulutkin otettaisiin huomioon.

Voidaankin todeta, että näiden kahden vaihtoehdon kustannusero on siinä määrin marginaalinen, että kumpikin toteutustapa on varteenotettava vaihtoehtoa valittaessa. Enemmän painoarvoa pitääkin asettaa työn ajallisiin ja laadullisiin tavoitteisiin, joilla todellinen ero vaihtoehtojen välille luodaan. Kuitenkin kokonaisuudessaan tekniikkalaaatan eduksi voidaan katsoa sen virheettömyys ja valmiiksi kuiva rakenne, jolla vältytään usein vaikeasti ennustettavilta lisäkustannuksilta.

Muiden toteutusratkaisuiden ero edellisiin nousi siinä määrin korkeammaksi, että niistä ei hinnan puolesta löytynyt selvää kilpailijaa kevyellä seinärakenteella toteutetuille vaihtoehtoille. ACO-seinän kivrakennetta ei saatu toteutuksissa hyödynnettyä, koska rakenteille ei ollut asetettu palo- tai äänieristysvaatimuksia. Kivirakenteinen kylpyhuoneen seinärakenne on toki tukevuutensa ja kosteudenkestävyytensä puolesta hyvä, mutta sen kustannukset nousivat edellisiä huomattavasti korkeimmiksi.

Kalleimmaksi toteutusvaihtoehdoksi osoittautui märkätilaelementillä toteutettu ratkaisu. Tämän ero kaikkiin edellisiin oli todella huomattava, vaikka se työmaatoteutusajaltaan oli esimerkikohteen toteutusmallia lähes 5 viikkoa nopeampi. Märkätilaelementin korkea hinta suhteessa muihin ratkaisuihin voidaan osaksi selittää sillä, että muihin vaihtoehtoihin nähden siinä ei saatu hyödynnettyä jo valmiina olevaa betonirunkoa. Muissa vaihtoehdoissa oli kylpyhuoneen sijainnista johtuen puolet seinärungosta valmiina. Näin materiaali- ja työkustannukset vähenivät rungon osalta merkittävästi.

10 Yhteenveto ja johtopäätökset

Lopullisena johtopäätöksenä voidaan todeta, että taloudellisesti kannattavimmiksi vaihtoehtoiksi osoittautuivat toteutusratkaisut, joissa seinämateriaalina käytetään kipsilevytiranrakennetta ja lattiarakenne on toteutettu joko paikalla valettua lattiarakennetta tai tekniikkalaattaa käyttäen. Muiden vaihtoehtojen hintaero edellisiin verrattuna nousi jo materiaalikustannusten osalta niin korkeaksi, että niiden käytöllä ei päästy kilpailukykyiseen hintaan.

Paikalla valetun ja tekniikkalaatalla toteutetun lattian kustannuserot vaihtelivat suuresti sen mukaan, mikä oli niiden suhde tuotantoaikaan. Esimerkikohteeseen verrattuna tekniikkalaatalla toteutettu vaihtoehto tulisi halvemmaksi sen viemän lyhyemmän tuotantoajan johdosta, mutta toisaalta jos toteutusaika saataisiin kavennettua samaksi, olisi paikalla toteutettu lattiavaihtoehto halvempi. Tästä voidaankin päätellä vaihtoehtojen eron marginaalisuus ja se, kuinka paljon tuotantoaika kustannuksineen vaikuttaa vaihtoehtojen välillä. Enemmän painoarvoa tuleekin asettaa sille, kuinka kyseisten vaihtoehtojen virheettömyys ja tuotannon riskittömyys vaikuttaa kustannuksiin. Tekniikkalaatan eduksi voidaankin katsoa se, että laatta on kaatojen ja viemärivetojen osalta virheetön sen tehdasolosuhteissa tapahtuvan tuotannon johdosta. Lisäksi laatan valuun tarvittavia lisälämmityskuluja ei tarvita runkovaiheessa.

Yhteenvedona voidaan todeta taloudellisesti kannattavimmaksi vaihtoehto, jossa seinät on toteutettu peltirankarunkoisella kipsilevyseinällä. Lattiarakenteen osalta vaihtoehdot ovat kustannuksiltaan lähes samalla tasolla, mutta kun tekniikkalaatan virheettömyys ja ennalta vaikeasti ennustettavien lisäkulojen osuus otetaan huomioon, tulee tekniikkalaatasta yrityksen kannalta riskittömin ja edullisin vaihtoehto. Lopullinen ero tuotantokustannusten välillä luodaankin sillä, kuinka hyvin yritys onnistuu työmaan tuotannon suunnittelussa ja tuotantoaikaa saadaan lyhennettyä.

Lähteet

- 1 Tuotantoteknisen tietämyksen merkitys. Verkkodokumentti. Rakentamisen tuotantotekniikka < www.rakennustietofi.ezproxy.metropolia.fi/bin/get>. Luettu 5.2.2012.
- 2 Määräykset ja ohjeet 1998. Verkkodokumentti. Rakentamismääräyskokoelma C2. <www.rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/bin/get>.Luettu 5.2.2012.
- 3 Märkätilojen rakenteet. Verkkodokumentti. RT 84-10759. <www.rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/bin/get>.Luettu 5.2.2012.
- 4 Tekniikkalaatta ja P27R ontelolaatta. Verkkodokumentti. Parma Oy. <www.parma.fi/fi/Tuotteet/Laatastot/Tekniikkalaatta+ja+P27R-ontelolaatta>. Luettu 12.2.2012.
- 5 Parma Oy, *Parman tekniikkalaatta*. 2010. Verkkodokumentti. Parma Oy. <<http://www.parma.fi/fi/parma-kansio/tekniikkalaatat>>.Luettu 14.2.2012.
- 6 Kevytsorabetoninen seinäelementti ACO. Verkkodokumentti. RT G G22-37619: <www.rakennusbetoni.fi/PDF/acoRTkortti08>.Luettu 12.2.2012.
- 7 Parmarine LTD, *tietoa yrityksestä*. Verkkodokumentti.<www.parmarine.fi>.Luettu 12.2.2012.
- 8 Periaatekuva Katajan kylpyhuoneesta.12.2.2012. Kiinteistö Oy Katajan arkkitehtikuvat.
- 9 Esko Enkovaara, Heikki Haveri, Pekka Jeskanen. 2000. *Rakennushankkeen kustannushallinta*. Saarijärvi: Rakennustieto Oy. Gummerus Oy.

