



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MÄRKÄTILOJEN VÄLISEINÄ- VAIHTOEHDOT ASUINKERROSTALOSSA

TE -

Erkka Kolari

KIJÄ/T:

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Erkka Kolari	
Työn nimi Märkätilojen väliseinävaihtoehdot asuinkerrostalossa	
Päiväys 30.10.2017	Sivumäärä/Liitteet 38/3
Ohjaaja(t) pt. tuntiopettaja Teppo Houtsonen, pt. tuntiopettaja Matti Ylikärppä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Talon Oy/Olli Vahvaselkä	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kustannusvertailu asuinkerrostalon erilaisten märkätilojen väliseinävaihtoehdojen välillä ja selvittää edullisin vaihtoehto. Työssä vertailtiin kolmea eri väliseinävaihtoehtoa, jotka olivat Ako-elementit, Kahi-harkot ja kipsilevyt. Työn tarkoituksena oli tuottaa toimeksiantajalle hyödyllistä kustannustietoa märkätilojen väliseinistä, jota toimeksiantaja pystyisi hyödyntämään tulevaisuudessa märkätilojen väliseinien kustannuslaskennassa ja suunnittelussa. Työssä kustannukset laskettiin materiaalien ja työn osalta. Kustannuslaskennan lisäksi työssä käsiteltiin työmaan logistiikkaa eri vaihtoehtojen osalta. Tarkoituksena oli selvittää työmaalla tehtävät logistiset toimet eri vaihtoehtojen osalta.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kolmea eri väliseinävaihtoehtoa ja niiden työvaiheita. Raportin tarkoituksena oli antaa lukijalle selkeä kuva kustakin väliseinävaihtoehdosta sekä niiden kustannuksista ja logistisista toiminnoista. Kustannuslaskennassa tarvittavat väliseinämäärät mitattiin kohdetyömaan pohjakuvista Auto-CAD-ohjelmistoa käyttämällä. Työn kustannuslaskenta tehtiin käyttämällä Excel-taulukoita. Materiaalien hinnoittelussa työssä käytettiin toimeksiantajan ja tavarantoimittajien välisiä sopimushintoja ja työkustannusten hinnoittelussa käytettiin toimeksiantajan kanssa sovittuja tuntihintoja. Työssä kustannukset on esitetty prosentiosuuksien ja kuvaajien avulla.</p> <p>Väliseinävaihtoehtojen kustannusvertailu esittää, miten jokaisen vaihtoehdon työ- ja materiaalikustannukset ja kaantuvat. Edullisimmaksi väliseinävaihtoehdoksi saatiin kipsilevyillä toteutettu rakenne, joka oli 28 prosenttia edullisempi rakenne kuin kalleimmaksi osoittautunut Kahi-harkoilla toteutettu seinä ja 17 prosenttia edullisempi kuin Ako-elementeillä toteutettu seinä. Työstä saatuja tuloksia toimeksiantaja pystyy hyödyntämään tulevissa kerrostalokohteissa ja niiden kustannusten selvittämisessä.</p>	
Avainsanat märkätilat, kustannuslaskenta, väliseinät	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Erkka Kolari			
Title of Thesis Alternatives for Partition Walls in Sanitary Cabins in Multistorey Apartment Houses			
Date	October 30, 2017	Pages/Appendices	38/3
Supervisor(s) Mr. Teppo Houtsonen, Lecturer and Mr. Matti Ylikärppä, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Talon Oy/Olli Vahvaselkä			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to compare the cost of different alternatives for partition walls in sanitary cabins in multistorey apartment houses and find out the cheapest alternative. Three alternatives were compared - Ako-elements, Kahi-blocks and plasterboard. The objective was to provide cost information which the client could utilize in future for cost calculation and planning. The costs were calculated for labor and material. Logistics at the workplace discussed as well.</p> <p>For cost calculation the volume of the partition walls was measured in the drawings by using the Auto-CAD programme. Cost calculation was made by using the Excel programme. The prices given by the client organisation were used for pricing. The results are presented in the report with percentages as well as graphically.</p> <p>The cost comparison of the alternative partition walls presented how costs are divided between labor cost and material cost. The cheapest alternative was plasterboard which was 28 per cent cheaper than the alternative with Kahi-block which was the most expensive alternative. Ako-elements were 17 per cent more expensive than plasterboard. As a result of this final project there was information that the client can use when planning building of sanitary cabins in multistorey apartment houses and counting their costs.</p>			
<p>Keywords sanitary cabins, cost accounting, partition walls</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	KÄSITTEET	7
3	VÄLISEINÄVAIHTOEHDOT TARKASTELLUSSA KOHTEESSA.....	7
3.1	Kahi-harkkoseinä	7
3.1.1	Aloittavat työt	8
3.1.2	Muuraustyö	9
3.1.3	Lopettavat työt	10
3.2	AKO- elementit	11
3.2.1	Elementtien käsittely työmaalla	11
3.2.2	Asennustarvikkeet.....	13
3.2.3	Asennustyö.....	13
3.2.4	Lopettavat työt	16
3.3	Levyrakenteinen seinä.....	16
3.3.1	Runkovaihtoehdot	18
3.3.2	Tavaroiden vastaanotto ja varastointi	18
3.3.3	Teräsrungon asennus	18
3.3.4	Levyjen työstö ja asennus	19
4	MÄRKÄTILOJEN VÄLISEINIEN KUSTANNUKSET	19
4.1	Seinäneliöiden laskenta	20
4.2	Määrälaskenta	22
4.3	Tarvittavat materiaalit	22
4.4	Materiaalikustannukset.....	24
4.5	Työkustannukset.....	26
4.6	Työmenekit	29
5	LOGISTIIKKA	30
5.1	Kohdetyömaan aluesuunnitelma	30
5.2	Ako-elementtien logistiikka	31
5.3	Kahi-harkkojen logistiikka	32
5.4	Kipsilevyjen logistiikka.....	33
6	TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA	35
	LÄHTEET	38

LIITTEET	39
LIITE 1: MATERIAALIKUSTANNUKSET (SALASSA PIDETTÄVÄ)	39
LIITE 2: TYÖKUSTANNUKSET (SALASSA PIDETTÄVÄ).....	40
LIITE 3: KOHDETYÖMAAN ALUESUUNNITELMA	41

1 JOHDANTO

Märkätilojen rakentamisessa tehdyt virheet voivat aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Tästä syystä on hyvä tietää märkätilojen väliseinissä käytettävistä materiaaleista ja työtavoista. Märkätilat ovat tiloja, jotka joutuvat vedelle alltiiksi. Kustannukset ohjaavat kaikkea rakentamista ja jokaisen rakennusalan johtotehtävissä työskentelevän on tunnettava kustannuslaskennan perusperiaatteet. Opin- näytetyö käsittelee märkätilojen rakentamista väliseinien osalta. Työn tarkoituksena on perehtyä eri väliseinävaihtoehtoihin ja laskea niille kustannukset.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Lemminkäinen Talo Oy. Lemminkäinen rakentaa asuntoja ja toimitiloja Suomessa ja Venäjällä. Lisäksi se toteuttaa vaativia korjaushankkeita. Lemminkäisen liikevaihto oli vuonna 2016 1,7 miljardia euroa ja se työllisti kaikilla liiketoimintansa aloilla yli 4700 henkilöä. (Lemminkäinen 2015.)

Tehdessäni kesätyösopimusta Lemminkäiselle keskustelimme työnantajani kanssa mahdollisista opinnäytetyön aiheista. Ehdotin työnantajalleni opinnäytetyön aiheeksi jonkinlaista kustannusvertailua tulevan kesän työmaasta. Työnantajani ehdotti, että vertailisin kustannuksia erilaisten märkätilojen väliseinävaihtoehtojen välillä. Se kuulosti minusta mielenkiintoiselta aiheelta. Haluan vastata opinnäytetyölläni toimeksiantajan tarpeisiin. Lisäksi erilaiset väliseinävaihtoehdot ja niiden vaikutus työmaan kustannuksiin ja aikatauluun kiinnostavat minua. Tilaaja taas pystyy hyödyntämään opinnäytetyöstä saatuja tuloksia tulevissa kohteissaan.

Opinnäytetyössä vertaillaan kustannuksia Ako-elementeistä, Kahi-harkoista ja kipsilevyistä tehtyjen väliseinien välillä. Lisäksi opinnäytetyössä perehdytään eri väliseinävaihtoehtojen vaikutuksiin työmaan logistiikkaa ajatellen. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tilaajalle kustannus- ja työmenekkitietoa eri väliseinävaihtoehdoista sekä selvittää, mikä on paras väliseinävaihtoehto asuinkerrostaloon. Tästä syystä työn keskeisimmät käsitteet ovat kustannuslaskenta, märkätilat ja työmenekki. Tärkeimpiä tiedonlähteitä ovat märkätilojen rakentamiseen liittyvät rakennusmääräykset, RT-ohjekortit ja tuotevalmistajien ohjeet. Lisäksi kustannuslaskentaa varten tärkeitä tietolähteitä ovat Rakennustiedon Klara Net ja tavarantoimittajilta saatava tieto. Lisäksi tärkeä tiedonlähde on yritykseltä saatu materiaali. Opinnäytetyössäni haluan saada vastaukset seuraaviin kysymyksiin: Mitä kukin väliseinävaihtoehto maksaa ja mikä on paras vaihtoehto?

Opinnäytetyön kohdetyömaana toimii As Oy Kuopion Keilanvalo ja Keilantähti. Työmaa sijaitsee Kuopion Lehtoniemessä. Tontille rakennetaan kaksi uudiskohdetta, joihin tulee yhteensä 57 asuntoa. Talot ovat kuusikerroksisia. Lisäksi samalle tontille on jo aikaisemmin rakennettu As Oy Keilanhelmi vuonna 2014. Urakkamuotona kohteessa on kvr-urakka, jossa Lemminkäinen toimii pääurakoitsijana. Talojen rungot ovat niin sanottuja sekarunkoja, eli ulkoseinät ovat elementtejä ja holvit sekä kantavat väliseinät paikallavalettuja. Kohteen märkätilojen väliseinät tehdään Ako-elementeistä. Työmaa käynnistyi keväällä 2017 ja sen on määrä olla valmis kesällä 2018.

2 KÄSITTEET

Kustannuslaskennalla ennustetaan suunnitelmien pohjalta rakennuskohteen kustannuksia. Rakennushankkeen kustannukset syntyvät pääosin työmaalla, mutta määräytyvät lähes kokonaan suunnitteluvaiheessa. Kustannukset ohjaavat kaikkea rakentamista. (Haataja s.a)

Märkätiloiksi määritellään huonetila, jonka lattiapinta joutuu tilankäyttötarkoituksen takia vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä. Aikaisemmin asuinhuoneistojen kylpyhuoneita on nimitetty kosteiksi tiloiksi. Suomalaisissa normeissa ja ohjeistuksissa märkätilojen suunnitteluohjeet ovat jääneet vähälle huomiolle. 1990-luvulla ilmenneet kosteus- ja homevauriot käynnistivät ohjeiden ja määräysten laajan uudistustyön. Märkätilojen seinärakenteet voidaan tehdä kivirakenteisina tai ranka- ja levyrakenteisina. Yleisesti on todettu että kivirakenteiset seinät ovat olleet kosteusteknisesti riskittämpiä kuin levyrakenteiset seinät. (Laamanen s.a, 595–598.)

Rakennustöissä työmenekillä tarkoitetaan työhön kuluvaan aikaan. Ratu-korteissa työmenekkitiedot ilmoitetaan työntekijätunteina yksikköä kohden, esimerkiksi tth/jm tai tth/m². Ratu-korteissa ilmoitetut työajat ovat T3-aikoja eli työvuoroaikoja. Työn kokonaisaika T4 saadaan kertomalla työvuoroaika TL3 lisäkertoimella. Kullekin työkokonaisuudelle on ilmoitettu oma lisäaikakerroin Ratu-kortin ylälaudassa. Työkohteen kokonaisuoritemäärä vaikuttaa työmenekkiin, lisäksi talviolosuhteet vaikuttavat työmenekkiin. Suoritemäärä- ja talviolosuhdekertoimet on ilmoitettu korteissa. Suoritusmäärän kasvaessa työmenekki pienenee. (Rakennustieto 2015, 6–8.)

3 VÄLISEINÄVAIHTOEHDOT TARKASTELLUSSA KOHTEESSA

Rakennusten märkätilojen väliseinät voidaan rakentaa monesta eri materiaalista, kuten kahi-harkoista, Ako-elementeistä tai kipsilevyistä. Osiossa esitellään jokainen väliseinävaihtoehto yleisesti ja käydään läpi työvaiheet kunkin väliseinävaihtoehdon osalta. Jokaiseen vaihtoehtoon on tutustuttu lukemalla valmistajien ohjeita ja perehtymällä Ratu-ohjekortteihin.

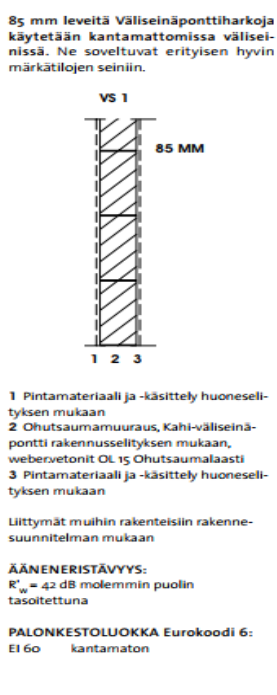
3.1 Kahi-harkkoseinä

Kalkkihiekkatiilistä ja harkoista löytyy erilaisia tuotteita ja ratkaisuja runkoihin, julkisivuihin ja väliseiniin niin uudis- kuin korjausrakentamisessa. Kalkkihiekkaharkot valmistetaan veden, poltetun kalkin ja kvartsipitoisen hiekan seoksesta. Seoksesta puristetaan mittatarkat harkkoaihiot korkean paineen avulla. Harkot saavat lopullisen lujuutensa autoklaavissa, jossa on 160 - 200 asteen lämpötila ja korkea höyrynpaine. Höyrykarkaisussa kalkki reagoi kvartsipitoisen hiekan kanssa ja muodostaa silikaattisen sidoksen. (Kivitaloinfo s.a.)

Kahi-järjestelmään kuuluvia harkkoja on saatavilla käyttötarkoituksen mukaan eri leveyksinä 85, 130 tai 240 millimetriä leveinä. Kapein 85 millimetrin Kahi-väliseinääharkko on tarkoitettu kantamattomiin seiniin, 130 millimetrin Kahi-runkoponttiharkko soveltuu kantaviin seiniin ja 240 millimetriä leveä Kahi-desibeliharkko huoneistojen välisiin seiniin, joilta vaaditaan ääneneristävyyttä. Tässä

työssä vertailtavana harkkokokona käytetään 85 millimetrin levyistä harkkoa, jonka pituus on 300 millimetriä ja korkeus 198 millimetriä. (Kivitaloinfo s.a.)

Pääsääntöisesti Kahi-harkot on tarkoitettu tasoitettaviin seiniin. Harkot muurataan ohutsaumamuuramalla noin kahden millimetrin paksuisella saumalla. Harkot voidaan kiinnittää myös käyttämällä kiviliimaa. Pituusmitoilta harkot soveltuvat 300 millimetrin moduulimittaan. Harkkojen päissä olevat pontit ohjaavat harkot muuratessa paikalleen ja pystysaumot voidaan jättää ilman laastia. Pystysuuntaiset sähkö ja lvi-putket sijoitetaan harkoissa oleviin pystyreikiin tai erillisiin roiloharkkoihin. Valmispalkit täydentävät Kahi-järjestelmää. Valmispalkeilla tehdään ikkuna- ja oviaukkojen yläpuolta kannattava rakenne. (Kivitaloinfo s.a.)



KUVA 1. Ponttiharkkoseinä (Weber 2010).

3.1.1 Aloittavat työt

Ennen varsinaisen muuraustyön aloittamista työnjohto järjestää aloituspalaverin, johon osallistuvat työnjohto ja työntekijät. Palaverissa käydään läpi muuraustyön aikataulu, kalusto, materiaalien ja tarvikkeiden saatavuus, suunnitelmat, laatuvaatimukset sekä työturvallisuus. Työntekijät perehdytään kyseiseen työmaahan ja työnjohto varmistaa, että työntekijöillä on tarvittavat työturvallisuusvälineet. (Ratu 2005.)

Ennen kuin työryhmä vastaanottaa työkohteen on varmistettava, että muuraustyön edellyttämät edelliset työvaiheet ovat valmiit ja suunnitelmien mukaiset. Ympäröivät rakenteet suojataan muuraukselta ja laastiroiskeilta. Vastaanottotarkastuksesta tehdään tarvittaessa muistio, johon kirjataan virheet ja puutteet, jotka on korjattava ennen töiden aloitusta. (Ratu 2005.)

Työssä tarvittavien materiaalien vastaanoton yhteydessä tarkastetaan, että toimitukset ovat sopimuksenmukaisia ja harkot ovat oikein pakattuja ja suojattuja. Harkot jaetaan yleensä suoraan työalueen läheisyyteen jo vastaanoton yhteydessä. Harkkoja käsitellään ja siirretään suojattuina, jotta ne eivät vaurioituisi varastoinnin ja siirtojen aikana. (Ratu 2005.)

Työssä tarvittavien koneiden ja laitteiden kunto tarkastetaan ennen niiden siirtoa työkohteeseen. Työpisteen olosuhteet on järjestettävä siten, että työssä voidaan saavuttaa vaadittu laatutaso ja työskentely tehdään turvallisesti. On varmistettava työkohteen riittävä valaistus sekä sähkön ja veden saatavuus. Lisäksi työkohteen on oltava siisti. (Ratu 2005.)

Muurattavat seinät mitataan paikalleen työmaan mittapisteistä joko mittanauhalla tai optisilla mittalaitteilla. Seinien paikat merkitään muurausalustaan ja muurauksen aloituskorko liittyvään rakenteseen tai muurausjohteisiin. Muurausjohteet asennetaan muurauksen lähtökorkoon, ja harkkojako merkataan muurausjohteisiin. Harkkojakoa suunnitellessa otetaan huomioon seinässä olevat oviaukot. (Ratu 2005.)

3.1.2 Muuraustyö

Ensimmäinen harkkokerros muurataan muurauslaastilla M 100/600. Muurauslaasti kiinnittää tiilet alustaan ja sillä saadaan tasattua mahdolliset alustan epätasaisuudet. Tarvittaessa alin kerros muurataan matalalla harkolla tai tiilellä korkeusmitoituksen sovittamiseksi huone- tai ovikorkeuteen sopivaksi. Muurauksen annetaan jäykistyä riittävästi ennen ohutsaumamuurauksen aloitusta. Ohutsaumamuurauksessa käytettävä laasti sekoitetaan porakonevispilällä puhtaaseen veteen. Laastin levityksessä käytetään laastikelkkaa tai hammastettua laastikauhaa. Laastikelkan käyttö on kätevää varsinkin isoilla seinäpinnoilla. Harkot muurataan puolen kiven limityksellä. Märkätiloissa käytetään laastia myös pontatuissa pystysaumoissa. Seinän suoruutta tarkkaillaan vesivaa'an avulla. Saumoista ylitse pursuava laasti poistetaan muuraustyön yhteydessä. (Weber 2010.)

Harkot voidaan katkaista kulmahiomakoneella, tiilisahalla tai tiilileikkurilla. Tiilileikkuria (kuva 2) käytettäessä pölyä syntyy muita vaihtoehtoja vähemmän, mutta katkaisusta ei tule niin mittatarkka kuin muita välineitä käytettäessä. Lisäksi tiilileikkurilla katkaistujen harkkojen päissä täytyy käyttää muurauslaastisaumaa. (Weber 2010.)



KUVA 2. Tiilileikkuri (Weber 2010)

Ovi- ja ikkuna-aukkojen ylityksessä käytetään 85 millimetriä leveää kahi-väliseinäpalkkia. Kahi seinässä pystysuuntaiset sähkö- ja lvi-putket sijoitetaan harkkojen pystyreikiin (kuva 3). Roilot sähköasennuksia varten tehdään seinään kulmahiomakoneella ja piikkauskoneella. Asennuksen jälkeen roilot täytetään muurauslaastilla tai täyttötasoitteella. (Weber 2010.)



KUVA 3. Sähköputkitus (Weber 2010)

3.1.3 Lopettavat työt

Muuraustyön päätyttyä poistetaan mahdolliset lattialle lentäneet ylimääräiset laastit. Työpiste siivotaan omista jätteistä, kuten harkkojen katkaisusta syntyvästä kivijätteestä, tyhjästä laastisäkeistä ja harkkolavojen suojamuoveista. Jätteet siirretään työmaalla niille varatuille jätelavoille. Lisäksi työvälineet pestään ja huolletaan siten, että ne ovat suoraan käytettävissä, kun muuraustyö jatkuu seuraavassa paikassa. Muuraustyöryhmän nokkamies tarkastaa työnjohdon kanssa, että työ täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset.

3.2 AKO- elementit

AKO-elementti on Rakennusbetoni ja -elementti Oy:n valmistama kevytsorabetoninen seinäelementti. Elementtejä on valmistettu vuodesta 1991 alkaen. Yritys toimittaa elementtejä asennettuna koko Suomen alueelle. (Kevytsorabetoninen seinäelementti AKO, Rakennusbetoni- ja elementti Oy. RT 38768, 1.)

Elementit ovat ontelorakenteisia ja ne valmistetaan tiiviistä kevytsorabetonista (kuva 4). Elementit ovat 600 millimetriä leveitä ja seinän korkuisia. Elementit ovat pystysaumoistaan pontattuja ja mittatarkkoja, ja tästä syystä ne ovat nopeita asentaa. Pystysuuntaiset ontelot keventävät seinärakennetta ja mahdollistavat LVIS-tekniikan helpon asentamisen rakenteisiin. AKO-seinät ovat paloluokiteltuja ja eristävät hyvin ääntä. (Kevytsorabetoninen seinäelementti AKO, Rakennusbetoni- ja elementti Oy. RT 38768, 1.)

AKO tarjoaa kevyestä rakenteesta huolimatta kiviseinän edut. Se on helposti työstettävä, luja, kosteuden kestävä, palamaton ja hyvin ääntä eristävä. Elementeissä olevia onteloita voidaan käyttää sähköjohtojen ja vesiputkitusten kanavina. AKO- elementtien tasoitustarve on vähäinen ja kiinnikkeet pysyvät elementeissä hyvin. (Kevytsorabetoninen seinäelementti AKO, Rakennusbetoni- ja elementti Oy. RT 38768, 2.)



KUVA 4. Ako-elementtejä (Rakennusbetoni 2014)

3.2.1 Elementtien käsittely työmaalla

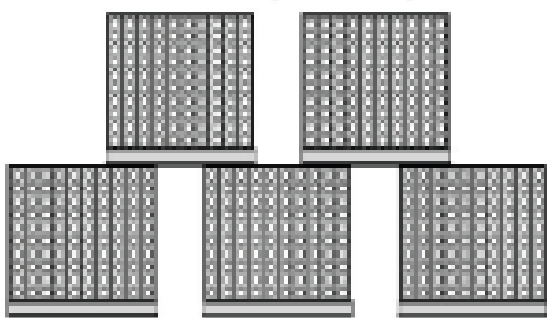
Ako-elementit toimitetaan työmaalle muovilla suojatuissa lavapakkauksissa. Pakkausten korkeudet ovat 76 senttimetriä ja leveydet 75 senttimetriä. Pakkausten pituudet vastaavat elementtien korkeutta. (Rakennusbetoni 2014). Kyseisessä kohteessa märkätiloissa käytetään 92 millimetrin paksuisia elementtejä joiden pituus on 2700 millimetriä ja leveys 600 millimetriä.

TAULUKKO 1. Ako-elementtien mitat ja tekniset tiedot. (Rakennusbetoni 2014)

Tuote	Mitat (mm)	Paino (kg/kpl)	Seinä (m ² /kpl)	Pakkaus (kpl/lava)	Reiän halkaisija (mm)	Rw (dB)	Palo- luokitus
AKO 6825	68x600x2500	93	1,50	10	38	38	EI30
AKO 68255	68x600x2550	94	1,53	10	38	38	EI30
AKO 6827	68x600x2700	100	1,62	10	38	38	EI30
AKO 68278	68x600x2780	104	1,67	10	38	38	EI30
AKO 6830	68x600x3000	112	1,80	10	38	38	EI30
AKO 9225	92x600x2500	117	1,50	8	62	41	EI60
AKO 92255	92x600x2550	119	1,53	8	62	41	EI60
AKO 9227	92x600x2700	126	1,62	8	62	41	EI60
AKO 92278	92x600x2780	130	1,67	8	62	41	EI60
AKO 9230	92x600x3000	140	1,80	8	62	41	EI60
AKO 9233	92x600x3300	154	1,98	8	62	41	EI60
AKO 12025	120x600x2500	162	1,50	6	62	44	EI120
AKO 120255	120x600x2550	165	1,53	6	62	44	EI120
AKO 12027	120x600x2700	175	1,62	6	62	44	EI120
AKO 120278	120x600x2780	180	1,67	6	62	44	EI120
AKO 12030	120x600x3000	194	1,80	6	62	44	EI120
AKO 12033	120x600x3300	214	1,98	6	62	44	EI120
AKO 13025*	130x600x2500	248	1,50	5	62	48	EI120
AKO 130255*	130x600x2550	252	1,53	5	62	48	EI120
AKO 13027*	130x600x2700	267	1,62	5	62	48	EI120
AKO 130278*	130x600x2780	275	1,67	5	62	48	EI120
AKO 13030*	130x600x3000	297	1,80	5	62	48	EI120
AKO 13033*	130x600x3300	327	1,98	5	62	48	EI120

*) Ei varastotuote

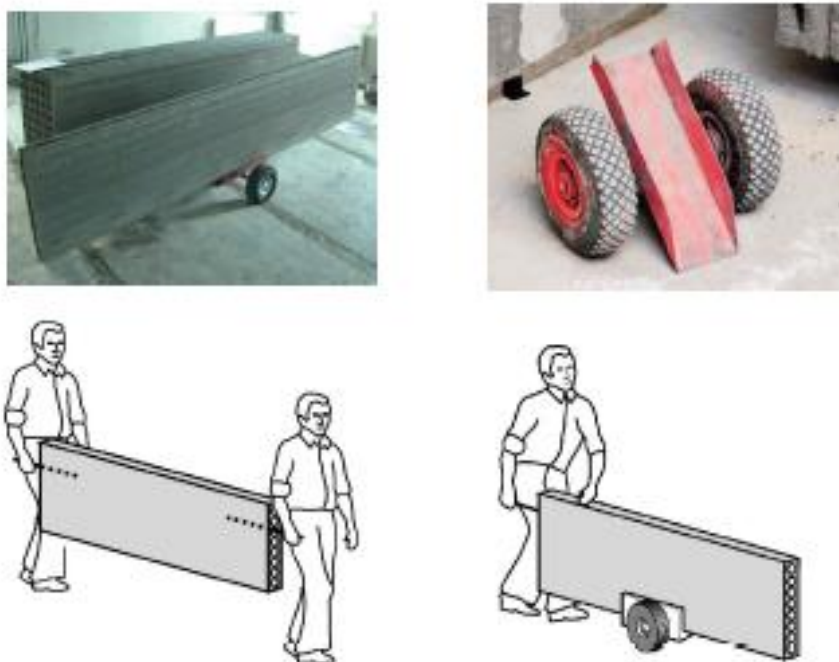
Työmaalla Ako-lavat varastoidaan tasaiselle alustalle enintään kaksi lavaa päällekkäin (Rakennusbetoni 2014). Lavoja varastoidessa on jätettävä lavojen väliin tila nostoliinujen pujottamista varten (kuva 5). Ihannetilanne olisi, jos Ako-lavat päästäisiin nostamaan suoraan kuljetusautosta kerrosten holville. Näin välttyttäisiin yhdeltä ylimääräiseltä siirtokerralta työmaalla.



KUVA 5. Ako-lavojen varastointi. (Rakennusbetoni 2014)

Ako-lavat nostetaan kerrokseen toimittajalta saadun jakolistan mukaan. Lavoja ei saa sijoittaa huoneistoissa elementtien asennuslinjalle tai huoneiston nurkkiin eikä päällekkäin. Lavoja siirrettäessä nostoliinat, trukkipiikit tai haarukkapumppu tulee asettaa pakkauslavan alle. Lavoja tulee käsitellä yksi kerrallaan lavapakkauksen mukana tulevan käsittelyohjeen mukaan. Yksittäisten elementtien

siirroissa käytetään kuljetuskärryä (kuva 6). Elementtejä voidaan myös kantaa rautatangoilla, jolloin tangot sijoitetaan kannettaessa kolmanneksi ylimpään onteloon. (Rakennusbetoni 2014).



KUVA 6. Elementtien siirto (Rakennusbetoni 2014)

3.2.2 Asennustarvikkeet

Elementtien pystysaumoissa käytetään AKO-liimaa ja paksuissa alasaumoissa muurauslaastia M100/500 tai vaihtoehtoisesti betonia. Elementtien yläpää tiivistetään polyuretaanivaahdolla, mikäli seinä ei ole paloluokiteltu. Paloluokitelluissa seinissä käytetään palokatkotuotteita tuotevalmistajien ohjeiden mukaisesti. Elementtien asennuksessa elementtien yläpäässä käytetään puukiiloja ja alapäässä muovisia elementtien asennuspaloja. Elementtien nurkat vahvistetaan 8 millimetriä paksuilla ruuvilla naulatulpilla. Nurkkaliitoksissa käytetään aina niin pitkiä ruuveja, että ne yltyvät vähintään 15 millimetriä yli täyden betonikannaksen. (Rakennusbetoni 2014.)

Elementtejä asennettaessa niitä liikutellaan ylös-alas-suunnassa asennusraudalla (esimerkiksi pitkä purkurauta). Näin varmistetaan Ako-liiman levittyminen tasaisesti pystysaumaan. Elementtien pystyyn nostamista helpottamaan on kehitelty Ako-nostin. Lavojen siirtoon on olemassa myös Ako-nippukärri. Elementtien työstö tapahtuu timanttiteräisellä betonileikkurilla. Leikkaustyössä syntyy paljon pölyä ja pölynsidontaan käytetään vettä. (Rakennusbetoni 2014.)

3.2.3 Asennustyö

Väliseinien paikat mitataan ja merkitään kattoon värilangalla. Työmaan mittamies suorittaa mittauksen runkotyövaiheessa. Elementtien pakkausmuovit poistetaan pakkauksen päistä heti elementtien sisäännoston jälkeen. Näin tehtäessä elementtien kosteus pääsee tasaantumaan huonekosteuden mukaiseksi. Loput pakkausmuovit poistetaan, kun elementtien asennus alkaa. Elementtejä asennettaessa lämpötilan tulee olla vähintään +10 astetta. Samanlaiset asennusolosuhteet tulee säilyttää

vähintään 2 vuorokautta asennustöiden jälkeen. (Rakennusbetoni 2014.) Työnjohto perehdyttää asennustyöryhmän ennen töiden aloitusta. Lisäksi pidetään aloituspalaveri. Tilaaja huolehtii, että tarvittavat vesi ja sähkö ovat asennusryhmän käytettävissä. Tilaaja osoittaa työryhmälle paikan, johon leikkauksista syntyvä jäte siirretään.

Seinälinjan ensimmäinen elementti nostetaan pystyyn korokepalojen päälle ja varmistetaan, että yläsauman leveys on 5-20 millimetriä (kuva 7). Tämän jälkeen elementti kiilataan yläpäästä paikoilleen puukiiloilla ja varmistetaan elementin suoruus vatupassilla. Ennen seuraavan elementin asennusta puhdistetaan elementin pystysauma pölystä ja roskista. Pystytetyn elementin ponttisyvennys täytetään Ako-liimalla ja seuraava elementti nostetaan paikoilleen ja liikutellaan sitä ylös-alas-suunnassa asennusraudalla. Tässä vaiheessa elementtien saumasta täytyy pursuta liimaa molemmin puolin ulos. Jos näin ei tapahdu, saumassa on liian vähän liimaa tai elementti ei ole ponttissaan. Ylipursumat liima slammataan lastalla tasaiseksi. Elementin suoruus tarkastetaan jälleen vatupassilla. (Rakennusbetoni 2014.)



KUVA 7. Elementtien asennusta (Rakennusbetoni 2014)

Nurkkaliitokset liimataan myös Ako-liimalla. Nurkkaliitokset varmistetaan vielä vähintään kahdella naulatulpalla (kuva 8). (Rakennusbetoni 2014).



KUVA 8. Nurkkaliitoksen varmistus (Rakennusbetoni 2014)

Yläsauma tiivistetään polyuretaanivaahdolla. Alasauma täytetään muurauslaastilla tai pystysauma-betonilla. Näitä tuotteita käytettäessä alasauman tulee 5-30 millimetriä leveä. Tasaisilla ja suorilla lattiapinnoilla alasauma voidaan vaihtoehtoisesti tehdä myös Ako-liimalla. Näin tehtäessä liima levitetään lattialle ja elementti asennetaan liiman päälle. Liimaa käytettäessä sauman tulee olla leveydeltään alle 5 millimetriä. (Rakennusbetoni 2014).

Ako-elementti kiinnitetään muihin rakenteisiin puskusaumalla. Märkätiloissa puskusauman vesieristettävä puoli täytetään Ako-liimalla tai muurauslaastilla vähintään 10 millimetrin syvyyteen asti. Kuivissa tiloissa puskusauma tiivistetään uretaanivaahdolla, ellei seinä ole paloluokiteltu. (Rakennusbetoni 2014.)

Oviaukon kohdalle jätetään elementtejä pystytettäessä aukko. Ovenylityspala (kuva 9) leikataan siten, että ontelot ovat vaakasuorassa. Pala asennetaan pielitelementteihin kiinnitettyjen lattarautojen varaan. Laatoitettavien ja vesieristettävien aukkojen ylityspalojen saumat täytetään Ako-liimalla tai muurauslaastilla. (Rakennusbetoni 2014.)



KUVA 9. Ovenylityspala (Rakennusbetoni 2014)

Läpiviennit ja rasiareivät (kuva 10) tehdään aina Ako-elementteihin timantti- tai kovapalaterällä. Läpimenojen tekemiseen ei saa käyttää vasaraa tai piikkauskonetta. Sähköasennukset elementeissä onnistuvat parhaiten käyttämällä MMJ-johtoja tai notkeita sähköputkia. Rasiat ja hanakulmat kiinnitetään muurauslaastilla tai pystysaumabetonilla. (Rakennusbetoni 2014).



KUVA 10. Rasiareikä (Rakennusbetoni 2014)

3.2.4 Lopettavat työt

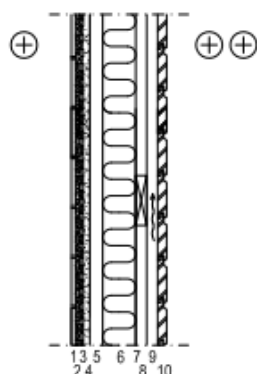
Lopuksi valmiista seinästä poistetaan kaikki asennuskiilat ja leikataan uretaanipurseet seinän tasolle. Lisäksi siivotaan työstä syntynyt jäte ja lakaistaan asennuspaikka lastapuhtaaksi. Työnjohto tarkastaa, että työn jälki on sopimusasiakirjojen mukainen.

3.3 Levyrakenteinen seinä

Tässä työssä levyrakenteisen seinän materiaalina käytetään Knaufin valmistamia kipsilevyjä. Knauf on valittu tuotevalmistajaksi, koska Lemminkäisellä on yrityksen kanssa vuosisopimus. Knauf-kipsilevyt valmistetaan Kankaanpäässä kipsilevytehtaalla. Ne on valmistettu kipsistä ja päällystetty kierrätyskartongilla. Levyjen painosta 95 prosenttia on kipsiä (kalsiumsulfaattia) ja 5 prosenttia kartonkia. Levyjen valmistuksessa hyödynnetään luonnonkipsin lisäksi voimalaitoskipsiä. Voimalaitoskipsi muodostuu hiilivoimalaitosten savukaasujen puhdistuksen sivutuotteena. Voimalaitoskipsi on luonnon kipsiä puhtaampi ja luontoa säästävämpi vaihtoehto. Kipsin käytöllä rakentamisessa on useita etuja. Kipsi tasaa sisäilman kosteutta, parantaa ääneneristävyyttä ja se on paloturvallinen materiaali. Lisäksi kipsilevy on elämätön tuote ja sitä on helppo työstää. (Knauf 2015.)

Knauf tarjoaa märkätilojen seinävaihtoehdoksi kolmea eri kipsipohjaista levyä ja yhtä sementtipohjaista levyä. Seinät voidaan toteuttaa, joko märkätilakipsilevyllä KH 13, erikoiskovalla kipsilevyllä KEK 13 tai AQUAPANEL Indoor-sementtilevyllä sekä tietyiltä osin kahdenkertaisella normaalilla kipsilevyllä. Levyt ovat 13 millimetriä paksuja reunaohennettuja ja niitä on saatavissa 1 200 millimetrin ja 900 millimetrin leveinä. Rankoina voidaan käyttää teräsrunkoa tai kertopuurunkoa. Rankajako mää-

räytyy levyjen leveyden mukaan. (Knauf 2015.) Oheisessa rakennekuvassa (kuva 11) on esitetty kylpyhuoneen ja saunan välisen seinän toteutus kipsilevyrakenteella. Lisäksi rankajaot eri levyvaihtoehdoille selviää kuvasta.



- 1 Seinälaatoitus
- 2 Kiinnityslaasti
- 3 Kosteussukukäsittely + VTT:n sertifioima vedeneristysjärjestelmä
- 4 Knauf rakennuslevy:

Rankajako	Levy
≤ k600	2xKH 13 (tai KER13) tai 1xAQUAPANEL Indoor
≤ k400	1xKH 13, 1xKER 13 tai 1xAQUAPANEL Indoor
≤ k450	1xKH 13, 1xKER 13 tai 1xAQUAPANEL Indoor
- 5 Tuuletusrako ≥ 26 mm
- 6 Teräs- tai puuranka ≥ 66 mm + lämmöneriste 40 mm
- 7 ALUMIT-paperi, saumat ilvitettyinä kuumuutta kestäväällä telpillä, saumat limitetään 150 mm, Alumiinipuoli ilmarakoon päin, kts. ohjeet alla.
- 8 Vaakakoolaus 22x100 k600
- 9 Tuuletusrako 22 mm + pystykoolaus 22x45 k600 (tuuletusrako avoin ylä- ja alareunassa ≥ 15 mm)
- 10 Vaaka- tai pystypaneeli (18x95 mm)

KUVA 11 Rakennekuva saunan ja kylpyhuoneen välisestä seinästä. (Knauf 2004)

Työssä lasketaan kustannukset märkätilakipsilevyä käytettäessä. Märkätilakipsilevyn erottaa erikoiskovasta kipsilevystä sen sinisestä sävystä. Erikoiskovassa ja märkätilalevyssä levyn ydin koostuu lasikuituvahvisteisesta kipsistä ja märkätilalevy on erikoiskäsitelty kosteudenkestävyyden parantamiseksi sekä vedenimeytymisen pienentämiseksi. (Knauf 2015.)

TAULUKKO 2. Vasen taulukko kertoo erikoiskovan kipsilevyn tuotetiedot ja oikealla puolella oleva taulukko märkätilakipsilevyn tuotetiedot. (Knauf 2014.)

Tuotetiedot			Tuotetiedot		
Ominaisuus	Arvo	Yksikkö	Ominaisuus	Arvo	Yksikkö
Mitta	Nimellispaksuus	13 mm	Mitta	Nimellispaksuus	13 mm
	Paksuus	12.5 mm		Paksuus	12.5 mm
	Leveys	1200 ja 900 mm		Leveys	1200 mm
	Pituus	*		Pituus	*
	Paino	10.2 kg/m ²		Paino	10.2 kg/m ²
	Tilavuuspaino	820 kg/m ³		Tilavuuspaino	820 kg/m ³
Toleranssit	Paksuus	±0.5 mm	Toleranssit	Paksuus	±0.5 mm
	Leveys	+0/-3 mm		Leveys	+0/-3 mm
	Pituus	+0/-3 mm		Pituus	+0/-3 mm
	Pitkä sivu, reunan suoruus	± 1 mm		Pitkä sivu, reunan suoruus	± 1 mm
	Suorakulmaisuus 1200 mm:ä kohti	± 2 mm		Suorakulmaisuus 1200 mm:ä kohti	± 2 mm
Lujuus	Taivutuslujuus, poikittais-suuntainen (EN 520)	> 725 N	Lujuus	Taivutuslujuus, poikittais-suuntainen (EN 520)	> 725 N
	Taivutuslujuus, poikittais-suuntainen (EN 520)	> 300 N		Taivutuslujuus, poikittais-suuntainen (EN 520)	> 300 N
	Leikkauslujuus	> 800 N		Leikkauslujuus	> 700 N
Lämpö	Lämmönjohtavuus (λ)	0.25 W/m ² K	Lämpö	Lämmönjohtavuus (λ)	0.25 W/m ² K
	Max. altistuslämpö, jatkuva	< 50 °C		Max. altistuslämpö, jatkuva	< 50 °C
Kosteus	Vesihöyrydiffuusion vastuskerron (μ)	10	Kosteus	Vesihöyrydiffuusion vastuskerron (μ)	10
	Vesihöyryn läpäisevyys	1.6 ⁻¹ kg/m ² sPa		Vesihöyryn läpäisevyys	1.6 ⁻¹ kg/m ² sPa
Palo	Paloluokka	A2-s1,d0	Palo	Paloluokka	B-s1,d0
	Suojaverhousaika 10 min (E1/2002)	täyttyy		Suojaverhousaika 10 min (E1/2002)	täyttyy
CE-merkintä	EN 520 mukainen tyyppitunnus	DIR	CE-merkintä	EN 520 mukainen tyyppitunnus	H2DIR

3.3.1 Runkovaihtoehdot

Kipsilevyväliseinien runkona voidaan käyttää joko puurunkoa tai teräsrunkoa. Puurunkoa käytettäessä runkotavarana tulee käyttää hyvälaatuista ja kuivaa puutavaraa. Teräsrunkona käytetään sinkitystä teräksestä valmistettuja rankoja. Rangat asennetaan lattiaan ja kattoon kiinnitettyjen kiskojen väliin. Seinien kulmakohtia ja aukkojen pieliä tukemaan käytetään kulma- ja vahvikeprofileja. Pystyrangoissa on valmiina määräväleihin reiät, jotka helpottavat sähköasennuksia. (Knauf 2015.) Tässä työssä keskitytään teräsrunkoiseen vaihtoehtoon.

3.3.2 Tavaroiden vastaanotto ja varastointi

Kipsilevyt toimitetaan työmaalle sivusta purettavalla rekalla. Levyt ovat 40 kappaleen nipuissa kevyesti suojattuna. Kipsilevyt tulisi varastoida kuivassa paikassa sateelta ja kosteudelta suojattuna. Levyjen toimituspakkaus ei ole riittävä suoja ulko-varastointiin (Knauf 2015). Ihannetilanne olisi, jos levyt nostettaisiin suoraan parvekkeille, josta ne siirrettäisiin käsin sisään huoneistoihin tai suurista aukoista suoraan talon sisälle. Mikäli tämä ei ole mahdollista ja levyjä joudutaan varastoimaan ulkona, on huomioitava seuraavia asioita. Levyniput tulee varastoida tasaiselle ja riittävän kovalle alustalle. Levynippujen tulee olla irti maasta ja levyt tuetaan aluspuiden avulla suoraan. Levyniput suojataan sateelta muovihuputtamalla. Lisäksi huolehditaan, että sadevettä ja kosteutta ei kerääny nippujen alle. (Knauf 2015). Sinkityt teräsrangat toimitetaan työmaalla määrämittaan katkaistuna. Lattia ja seinäkiskot toimitetaan kolme metriä pitkinä salkoina. Rangat varastoidaan työmaalla siten, että ne on siirrettävissä erilaisilla nostokalustoilla ja ne suojataan sateelta ja kolhuilta.

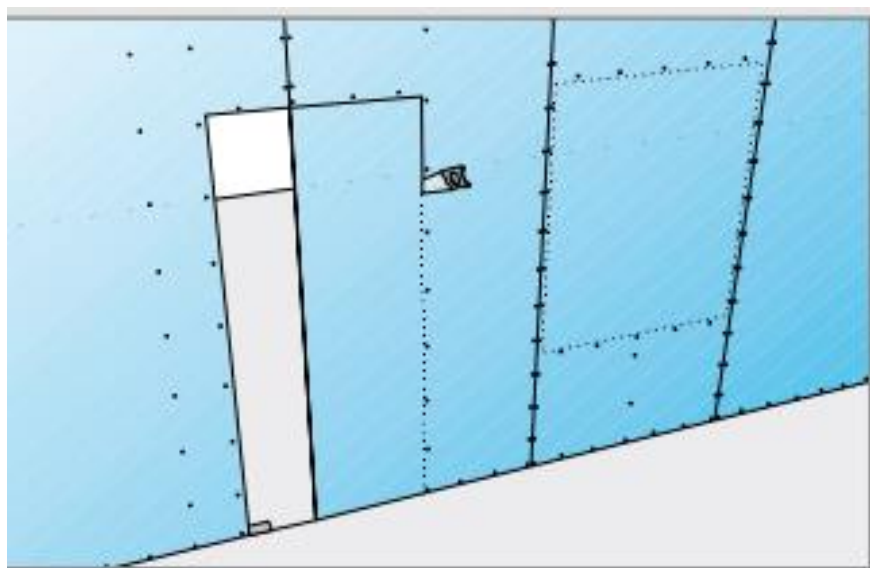
3.3.3 Teräsrunгон asennus

Väliseinien ja oviaukkojen paikat merkitään kattoon ja lattiaan. Lattia- ja kattokiskot kiinnitetään betoniin panosnaulaimella ampumalla 4,0 millimetriä kertaa 40 millimetriä teräsnauloilla 400 millimetrin välein. Lattiakiskojen kiinnityksessä tulee huomioida mahdolliset lattialämmitysputket. Kiskojen jatkos tehdään pitkittäisjatkoksena. Pystyrankojen paikat merkitään lattiakiskon kohdalle rankajaon mukaan. Pystyrangat pyöräytetään paikalleen kiskojen väliin, rankoja ei kiinnitetä kiskoihin. Rangat kiinnittyvät paikoilleen vasta, kun levyt ruuvataan niihin kiinni. Levyjen reuna ja keskilinja määrittää levytettäessä rankojen lopullisen paikan. Mikäli poikkeuksellisesti halutaan kiinnittää rangat tässä vaiheessa, se tehdään kiinnityspihdeillä tai itseporautuvilla ruuveilla. Ovenpielet vahvistetaan pieli-puulla tai vahvisterangalla. Oven yläreunaa mitoittaessa tulee huomioida tulevan lattiamateriaalin paksuus ja aukon sekä karmin väliin jäävä tilkevara. Lattiakiskosta taitetaan 100 millimetrin pituinen osa ylös tukemaan ovenpielirangan liitosta. Raskaiden kalusteiden kiinnitystä varten runkoon kiinnitetään vahvike joko vanerista tai vähintään yhden millimetrin vahvuisesta pellistä. Rankojen katkaisussa ja työstössä käytetään peltisaksia. (Knauf 2015.)

3.3.4 Levyjen työstö ja asennus

Kipsilevyjä kannetaan pystyasennossa. Levyjen leikkaaminen oikeaan mittaan onnistuu helposti leikkaamalla mattopuukolla kartonki ja taittamalla levy leikkauskohdasta. Mahdolliset loveukset ja oviaukkojen kohdat sahataan hienohampaisella sahalla. Leikatut reunat tulee viistää mattopuukolla. Reunat viistetään, jotta levyjen saumakohdat ovat helppo tasoittaa. Sähkörasioiden reiät tehdään rasiaterällä. (Knauf 2015.)

Levytyks aloitetaan siten, että ensimmäinen levy kiinnitetään rangan avoimelle puolelle. Levyt ruuvataan kiinni käyttäen nauharuuvainta. Ruuvivälien tulee olla reunoissa 200 millimetriä ja keskellä 300 millimetriä ruuvien etäisyys leikatusta reunasta vähintään 15 millimetriä ja kartonkireunasta 10 millimetriä. Levyt leikataan 10-20 millimetriä seinäkorkeutta lyhemmäksi ja nostetaan irti lattiasta levyrengin avulla. Levyt asennetaan täysinä oviaukkojen kohdalle ja aukot lovetaan asennuksen jälkeen (kuva 12). Kun toinen puoli seinästä on levytetty tehdään tarvittavat sähkö- ja putkiasennukset seinän sisälle ja seinä villoitetaan. Toisen puolen levytyksessä levysaumot sijoitetaan eri kohtaan kuin ensimmäisellä puolella. (Knauf 2015).



KUVA 12 Oviaukkojen kohdan levytyksen periaatepiirros. (Knauf 2004)

4 MÄRKÄTILOJEN VÄLISEINIEN KUSTANNUKSET

Kustannuslaskennalla ennustetaan rakennuskohteen kustannuksia suunnitelmien pohjalta. Rakennustöiden kustannukset muodostuvat materiaalikustannuksista ja työkustannuksista. Kustannuksiin vaikuttavat suunnitteluratkaisut, rakennuspaikka ja olosuhteet. Kustannusten laskenta alkaa määrälaskennalla.

4.1 Seinäneliöiden laskenta

Kustannusten laskentaa varten täytyy laskea kohteen märkätilojen väliseinäneliöt. Lisäksi lasketaan oviaukkojen määrät ja tutustutaan rakennuksen mahdollisiin erityispiirteisiin. Tässä opinnäytetyössä tutkitussa kohteessa niin sanottuja erityispiirteitä ovat saunoista löytyvät vinot ovipielet. Seinäneliöiden laskenta aloitetaan tutustumalla kohteen pohjakuviin. Pohjakuvia tarkastellessa käy ilmi, että molemmat talot ovat lähes identtiset. Ainoat eroavaisuudet löytyvät molempien talojen ensimmäisistä kerroksista. B-talossa ensimmäisessä kerroksessa on polkupyörä-/ulkovälinevarasto, kun taas C-talossa ensimmäisessä kerroksessa on pelkästään asuntoja. Lisäksi C-talossa on väestönsuoja, jonka yläpuolella olevien asuntojen Ako-asennuksissa käytetään pidempiä 3 000 millimetrin pituisia elementtejä. Lisäksi muuratessa tämä korkeusero on otettava huomioon. Levyrakenteisessa seinässä seinä aloitettaisiin vasta, kun väestönsuojan päälle tulevat rakenteet ovat valmiit. Talojen 2–5 kerrokset ovat samanlaisia ja kussakin kerroksessa on viisi asuntoa. Talojen ylimmissä eli kuudensissa kerroksissa on vain neljä asuntoa. Asunnot ovat kooltaan 37–59 neliometriä.

Piirustusten yleistarkastelun jälkeen tutustuttiin tarkemmin kohteen märkätiloihin. Peruskerroksen viidestä asunnosta kolmesta löytyy sauna. Kahdessa saunassa on vinoja ovipieliä. Jokaisessa asunnossa märkätilat rajoittuvat vähintään yhdeltä seinältä kantaviin betoniseiniin. Kaikki märkätiloista löytyvät ovet ovat leveydeltään 900 millimetriä. Märkätilat vaikuttivat vinoja ovipieliä lukuun ottamatta melko yksinkertaisilta niin sanotuilta peruskylpyhuoneilta.

Kuviin tutustumisen jälkeen alettiin hahmotella Excel-taulukkoa, jota apuna käyttäen seinäneliöt lasketaan (kuva 13). Työssä päädyttiin erittelemään B- ja C-talon seinät, vaikka talot olivatkin kutakuinkin samanlaisia. Molemmille taloille tehtiin taulukkoon neljä eri saraketta. Kustakin sarakkeesta löytyy kolme kohtaa: väliseinäneliöt aukkojen kanssa, ovineliöt ja väliseinäneliöt ilman aukkoja. Sarakkeet muodostuivat seuraavalla tavalla. Ensimmäisessä sarakkeessa on laskettu ensimmäisen kerroksen märkätilojen väliseinämäärät, toisessa sarakkeessa 2.–5. kerroksen vastaavat määrät, kolmannessa sarakkeessa 6. kerroksen määrät ja neljännessä sarakkeessa koko talon määrät. Lisäksi oviaukot eriteltiin kappaleina ja neliöinä.

Valo märkätilan seinäneliöt		Tähti märkätilan seinäneliöt	
Krs	märkätilan seinä yks		
1krs valo (ovet mukana)	m2	1krs tähti (ovet mukana)	m2
ovien ala (6kpl)	m2	ovien ala	m2
1krs ala ilman ovia	0,00 m2		0,00 m2
2-5 krs ala (ovet mukana)	m2	2-5 krs ala (ovet mukana)	m2
ovien ala 9kpl/kerros	m2	Ovien ala 9kpl/kerros	m2
	0,00 m2		0 m2
6 krs ala (ovet mukana)	m2	6krs ala (ovet mukana)	m2
ovien ala 9kpl	m2	Ovien ala 9kpl	m2
	0,00 m2		0,00 m2
Yhteensä ovien kanssa	0,00 m2	yhteensä ovien kanssa	0,00 m2
ilman ovia	0,00 m2	ilman ovia	0,00 m2
		Kohde yhteensä ovet vähän	0,00 m2
Ovia yhteensä	0,00 m2		
	kpl		

KUVA 13 Excel-pohja seinäneliöiden laskemista varten

Taulukon tekemisen jälkeen aloitettiin väliseinämäärien laskenta kuvista. Kuvat löytyivät sekä pdf-muodossa, että Autocad-piirroksina. Määrien laskennassa apuna käytettiin Autocadin mittautustyökalua. Kohteesta laskettiin märkätilojen väliseinämäärät kerroksittain juoksumetreinä, jonka jälkeen määrät syötettiin Excel-pohjaan ja kerrottiin huonekorkeudella, jolloin saatiin kerroksen seinäneliöt selville (kuva 14). Huonekorkeutena laskennassa käytettiin 2 750 millimetriä. Tämän jälkeen laskettiin kerrosten ovimäärät ensin kappaleina, jonka jälkeen määrä kerrottiin oviaukon koolla. Kyseinen vaihe toistettiin jokaiselle sarakkeelle Excel-tilukossa. 2. – 5. kerroksen määriä laskettaessa oli muistettava, että sarakkeessa lasketaan neljän kerroksen määriä, joten kaava oli erilainen kuin muissa sarakkeissa. Lopputuloksena saatiin taulukko josta käy ilmi kohteen märkätilojen väliseinien määrät. Taulukkoa käytettäessä on huomioitava, että siinä on laskettu vain määrät väliseinien osalta eli esimerkiksi laatoitusmääriä laskiessa on huomioitava myös seinät, jotka rajoittuvat kantaviin betoniseiniin.

Valo märkätilan seinäneliöt		Tähti märkätilan seinäneliöt	
Krs	märkätilan seinät yks		
1krs valo (ovet mukana)	106,37 m2	1krs tähti (ovet mukana)	140,63 m2
ovien ala (6kpl)	11,52 m2	ovien ala	16,989 m2
1krs ala ilman ovia	94,85 m2		123,64 m2
2-5 krs ala (ovet mukana)	537,405 m2	2-5 krs ala (ovet mukana)	537,405 m2
ovien ala 9kpl/kerros	67,956 m2	Ovien ala 9kpl/kerros	67,956 m2
	469,45 m2		469,449 m2
6 krs ala (ovet mukana)	105,56 m2	6krs ala (ovet mukana)	105,56 m2
ovien ala 9kpl	16,989 m2	Ovien ala 9kpl	16,989 m2
	88,58 m2		88,58 m2
Yhteensä ovien kanssa	749,34 m2	yhteensä ovien kanssa	783,60 m2
ilman ovia	652,87 m2	ilman ovia	681,67 m2
		Kohde yhteensä ovet vähennetty	1334,54 m2
Ovia yhteensä	198,40 m2		
	102 kpl		

KUVA 14 Seinäneliöt laskettuna Excel-tilukkaan

Neliöiden laskennan lopputuloksena saatiin kohteen märkätilojen väliseinien neliömäärät. Kohteessa on yhteensä märkätilojen väliseiniä 1 335 neliometriä. Tästä määrästä on vähennetty ovien pinta-ala. Ovia kohteen märkätiloissa on yhteensä 102 kappaletta. Ovien pinta-ala on yhteensä 198,4 neliometriä. Ovimäärät ja neliöt on eritelty, koska ne helpottavat tulevaisuudessa työmenekkien ja tarvikkeiden määrien laskentaa. Kerroksittain eriteltyt määrät helpottavat jatkossa materiaalien jakamista eri kerroksiin. Ako-elementtien kohdalla tilaaja toimittaa tehtaalle kohteen pohjakuvat ja tehdas lähettää tilaajalle elementtien jakolistat huoneistoittain. Muuratun rakenteen ja levyrakenteen kohdalla neliömäärät voisi laskea myös huoneistoittain ja tehdä taulukon pohjalta tavaroiden jakolistat samalla periaatteella kuin Ako-elementtien kohdalla. Tämä vähentäisi työmaalla ylimääräisiä siirtoja ja tarvittavat materiaalit olisivat valmiiksi lähellä työpistettä.

4.2 Määrälaskenta

Tarvittavien materiaalien määrälaskentaa varten luotiin kullekin väliseinävaihtoehdolle oma Excel-tilukko. Taulukosta löytyy seuraavat sarakkeet: materiaali, määrä, yksikkö, hinta/yksikkö, hukkaprosentti ja hinta yhteensä. Materiaalisarakkeeseen kirjataan laskettavan materiaalin tai tuotteen nimi. Tähän sarakkeeseen on myös kirjattu rahdit tuotteille. Määräsarakeeseen kirjataan tarvittava materiaalmäärä. Yksikkösarakeeseen kirjataan materiaalin määrän yksikkö esimerkiksi neliometri tai juoksumetri. Hintasarakeeseen kirjataan hinta euroina/yksikkö. Hukkasarakkeeseen kirjataan materiaalille työssä syntyvä hukkaprosentti. Hinta yhteensä -sarakeeseen syötetään kaava, jossa kerrotaan materiaalin määrä hinnalla/yksikkö ja hukkaprosentilla. Taulukon luonnin jälkeen selvitetään tarvittavat materiaalmäärät kullekin väliseinävaihtoehdolle.

4.3 Tarvittavat materiaalit

Aikaisemmin työssä on käyty läpi kunkin seinävaihtoehdon työvaiheet, joka helpottaa tarvittavien materiaalien selvittämistä. Aluksi materiaalit listattiin jokaisen seinävaihtoehdon osalta.

Ako- seinien materiaalit ja yksiköt:

- Ako-elementit m²
- Ako-liima kg
- muurauslaasti/elementin saumalaasti kg
- polyuretaanivaahdo kpl
- naulatulpat kpl
- lattarauta jm.

Kahi-harkkoseinien materiaalit ja yksiköt:

- Kahi väliseinäpönttihakko kpl
- muurauslaasti kg
- ohutsaumalaasti kg
- aukon ylityspalkit kpl.

Levyrakenteisten seinien materiaalit ja yksiköt:

- Kipsilevyt m²
- pohja- ja kattoranka jm
- pystyrangat jm
- mineraalivilla
- ruuvit kpl
- vaneri m².

Materiaalien listauksen jälkeen ne kirjattiin ylös Excel-taulukkoon. Tämän jälkeen tutustuttiin kuhunkin seinävaihtoehtoon tarkemmin ja selvitettiin materiaalimenekit ja -määrät. Lisäksi etsittiin materiaaleille hukkaprosentit. Hukkaprosenttien etsimässä apuna käytettiin Rakennustöiden menekit -kirjaa.

Tutkittaessa Lemminkäisen ja Rakennusbetoni ja -elementti Oy:n välistä tilausvahvistusta Ako-elementeistä ja elementtien asennuksesta käy ilmi seuraavaa. Tilaaja toimittaa kohteen suunnitelmat materiaalityöntekijälle vähintään neljä viikkoa ennen asennustöiden aloitusta. Suunnitelmista tulee ilmetä, mitkä seinät tehdään Ako-elementeistä. Lisäksi suunnitelmista tulee ilmetä seinien paksuus ja korkeus. Tehtaalle lähetetään alustava toimitusaikataulu. Tavarantoimittaja tekee suunnitelmien pohjalta elementtien jakolistat. Tilausvahvistuksessa mainitaan myös hukasta seuraavaa: elementtitehdas ei vastaa hukasta, jos kohteen suunnitelmat ovat muuttuneet, elementtejä ei ole varastoitu ohjeiden mukaisesti tai elementtejä ei ole jaettu jakolistan mukaisesti. Rakennusbetoni ja -elementti Oy tarjoaa myös elementtien asennusta, jonka hoitaa yrityksen valtuuttama aliurakoitsija. Asennustyön hinta sisältää Ako-liiman elementtien pystysaumoihin, paksuihin alasaumoihin tulevan muurauslaastin (tilaajan materiaaleista), polyuretaanivaahdon yläsaumaan sekä kiinnityksessä tarvittavat naularuuvit.

Tässä työssä asennustyö on laskettu tuntihinnoilla, joten materiaalikustannuksiin on laskettu kaikki työssä tarvittava materiaali. Ako-työohjeesta selviää, että muurauslaastin menekki alasaumassa on 5–7 kilogrammaa/neliömetri. Muurauslaastin menekki saatiin kertomalla neliömäärät laastin menekillä. Menekkinä käytettiin 6 kg/m², joten tarvittava laastimäärä on $6 \text{ kg/m}^2 * 1\,335 \text{ m}^2 = 8\,010 \text{ kg}$. Ako-liiman menekki on 2 kg/m², joten liiman kokonaismenekki on $1\,335 \text{ m}^2 * 2 \text{ kg/m}^2 = 2\,670 \text{ kg}$. Tilausvahvistuksessa on annettu elementeille neliöhinta, joten elementtien määrälaskennassa voidaan käyttää aikaisemmin laskettuja seinäneliöitä. Tilausvahvistuksessa on myös annettu ohjeet neliöiden laskentaa varten. Ohjeen mukaan alle 1 neliömetrin aukkoja ei vähennetä neliömäärästä, ja alle 2,5 metriä korkeat tilat oletetaan 2,5 metriä korkeiksi. Mittaus suoritetaan seinien ulkolinjaa pitkin ja vinot seinät mitataan korkeimman kohdan mukaan.

Harkkoseinien määrälaskenta aloitettiin selvittämällä kohteen harkkomäärä kappaleina. Harkkoina käytetään Kahi-väliseinäpönttiharkkoa, jonka koko on 300 mm * 198 mm * 85 mm. Yhden harkon pinta-ala saadaan laskettua kertomalla harkon korkeus harkon leveydellä. Korkeutena voidaan käyttää 200 millimetriä, koska jokaiseen harkkoon tulee 2 millimetrin paksuinen sauma. Pinta-alan laskennassa kannattaa muuttaa millimetrit metreiksi, koska seinien pinta-alat on laskettu neliömetreinä. Yhden harkon pinta-ala on $0,3 \text{ m} * 0,2 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$. Tarvittava harkkomäärä saadaan laskettua jakamalla kohteen seinäpinta-ala yhden harkon pinta alalla $1\,335 \text{ m}^2 / 0,06 \text{ m}^2 = 22\,250 \text{ kpl}$. Alasauman laastimäärän laskennassa käytettiin menekkinä, 5 kg/m^2 , alasauman laastimenekiksi saadaan $1\,335 \text{ m}^2 * 5 \text{ kg/m}^2 = 6\,675 \text{ kg}$. Ohutsaumalaastin menekki 2 kg/m^2 , saatiin Weberin tuoteluettelosta. Kohteen ohutsaumalaastimenekki on siis $1\,335 \text{ m}^2 * 2 \text{ kg/m}^2 = 2\,670 \text{ kg}$. Aukon ylityspalkkeina käytetään Kahi-väliseinäpalkkia, jonka koko on 1 200 mm * 198 mm * 85 mm. Palkkien määrä on sama kuin kohteen ovimäärä eli 102 kappaletta.

Levyseinävaihtoehdossa on otettava levyjen määriä laskiessa huomioon, että levyt tulevat molemmin puolin seinää, joten seinäneliömäärät on kerrottava kahdella. Lisäksi levymäärän laskennassa käytetään määrää, jossa oviaukkojen neliöt ovat mukana, koska oviaukkojen kohdalla levyt asennetaan täytenä aukkojen kohdalle ja niistä lovetaan oviaukon kohta. Levymäärä saadaan siis lisäämällä neliömäärään $1\,335 \text{ m}^2$ oviaukkojen neliömäärä 198 m^2 ja kerrotaan saatu tulos kahdella. Levytetäväksi alaksi saadaan $3\,066 \text{ m}^2$. Tästä määrästä vähennetään vielä saunojen neliömäärät, koska saunojen kohdalla levy tulee vain toiselle puolelle seinää. Jolloin levytettävää alaa on yhteensä $2\,753 \text{ m}^2$. Ala- ja yläjuoksujen määrät ovat samat kuin kohteen seinämäärät juoksumetreinä. Seinäneliöitä laskettaessa laskettiin aluksi seinämäärät juoksumetreinä. Tätä määrää käytetään ylä- ja alajuoksujen laskennassa. Seiniä on juoksumetreinä 557. Tämä määrä kerrottuna kahdella saadaan ylä- ja alajuoksujen määrä $1\,114 \text{ juoksumetriä}$. Määrässä on jo valmiiksi hukkaa, koska siitä ei ole vähennetty ovien metrimäärää, johon ei tule alajuoksua. Pystyrankojen menekki 450 millimetrin rankajaoelle on $3,3 \text{ jm/m}^2$, joten rankojen määrä on $1\,335 \text{ m}^2 * 3,3 \text{ m/m}^2 = 4\,406 \text{ jm}$. Seinään äänieristeeksi tulevan mineraalivillan määrä on sama kuin seinäneliöiden määrä. Kipsilevyruuvien menekki on 15 kpl/m^2 . Kokonaisruuvimäärä on levytettävät neliöt * ruuvimenekki, $3\,066 \text{ m}^2 * 15 \text{ kpl/m}^2 = 45\,990 \text{ kpl}$. Rankojen kiinnityksessä käytettävien panosnaulojen menekki on 3 kpl/jm , joten tarvittava määrä on $1\,114 \text{ jm} * 3 \text{ kpl/jm} = 3\,343 \text{ kpl}$. Jokaista huoneistoa kohden on laskettu myös vaneria $2,88 \text{ neliometriä}$ kalusteiden kiinnitystukia ja ovenpielien vahvistamista varten.

4.4 Materiaalikustannukset

Tarvittavien materiaalien määrän selvittämisen jälkeen aloitettiin etsimään materiaaleille hintoja ja sitä kautta kustannukset alkoivat hahmottua kunkin seinävaihtoehdon osalta. Tavarantoimittajilla on rakennusyrytysten kanssa omat sopimushintansa, joissa on suuri ero rautakaupan listahintoihin. Hinnat ovat yrityksen ja tavarantoimittajien välisiä, joten tässä työssä hinnat eivät tule ilmi euromäärinä, vaan niistä on tehty vertailudiagrammi. Seuraavassa kuvassa (kuva 15) on esimerkki materiaalikustannusten laskennassa käytetystä taulukosta. Materiaalikustannusten laskentataulukot löytyvät liitteenä (liite 1).

Levyseinä						
Materiaali	määrä	yks	€/yks	hukka %	€/yht	yks
Kipsilevyt 900 mm	2753	m ²		8,00 %	0 €	
pohjaranka	557	jm		5,00 %	0 €	
yläjuoksut	557	jm		5,00 %	0 €	
pystyranka	3404	jm		5,00 %	0 €	
mineraalivilla	1335	m ²		5,00 %	0 €	
ruuvit	41295	kpl		5,00 %	0 €	
naulat	3342	kpl		5,00 %	0 €	
rahti mineraalivilla	1	erä		0,00 %	0 €	
rahti levyt ja rangat	23,13	t		0,00 %	0,00 €	
vaneri	70	m ²		5,00 %	0 €	
Materiaalit yht					0,0 €	

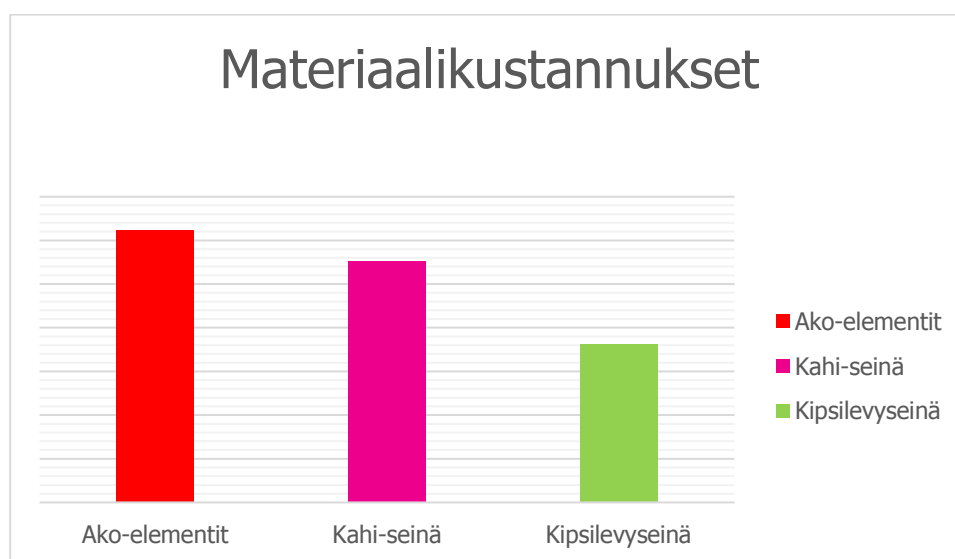
KUVA 15 Materiaalien kustannuslaskentataulukko

Ako-elementtien materiaali- ja rahtihinnat löytyivät jo aikaisemmin mainitusta tilusvahvistuksesta. Elementtien hinnat on annettu muodossa €/m². Hinnat vaihtelevat elementin paksuuden mukaan. Ako-liiman hintana on käytetty eri tuotevalmistajan vastaavan tuotteen hintaa. Alasauman laastina käytetään elementtisaumalaastia, jonka hinta löytyy Weberin hinnastosta. Laasti myydään 1 000 kilogramman suursäkeissä ja hinta on ilmoitettu yksikössä €/1 000 kg. Näin ollen laastin kilohinta saadaan jakamalla hinta tuhannella. Weber tarjoaa Lemminkäiselle listahinnoista alennusta erillisen alennusluettelon mukaan. Rahtien hinnat selviävät myös tavarantoimittajien ja yrityksen välisistä sopimuksista. Laskennassa on käytetty 5 prosentin hukkaa elementeille ja laastille. Materiaalihinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja.

Kahi-seinän kaikki materiaalihinnat löytyvät Weberin hinnastosta, ja alennusluettelosta käy ilmi Lemminkäisen alennusprosentit. Kertomalla hinnat alennusprosentteilla ja vähentämällä saatu tulos listahinnasta saadaan tuotteelle alennettu hinta. Harkkojen hinnat on annettu yksikössä €/kpl. Muurauslaastin hinta on yksikössä €/1 000 kg. Ohutsaumalaastit ovat 25 kilogramman säkeissä ja niiden hinta on annettu yksikössä €/25 kg. Aukon ylityspalkkien hinta on harkkojen tapaan €/kpl. Rahtien hinnat on eritelty tarjouksen liitteessä erikseen tiilille ja laasteille. Rahtien hinta määräytyy painon mukaan. Taulukossa muurauslaastin määrä on pyöristetty 7 000 kilogrammaan, koska laasti myydään 1 000 kilogramman säkeissä. Harkkoille ja laasteille on laskettu hukkaa 5 prosenttia.

Levyseinän materiaalihinnat on saatu myös tavarantoimittajan tarjouksen mukana olevasta hinnastosta. Kipsilevyn ja runkotavaran hinnat ovat Knaufin hinnastosta. Mineraalivillan hinnat Isoverin hinnastosta ja kiinnitystarvikkeiden ja vanerin hinnat on etsitty Klaranet-palvelusta. Rahtien hinnat löytyivät tarjouksen liitteenä olevasta rahtihinnastosta. Levyjen ja mineraalivillojen hinnat ovat yksikössä €/m². Rankojen, vanerin sekä ala- ja yläjuoksujen hinnat ovat €/jm. Levyseinässä hukkaa on laskettu levyille 8 prosenttia ja muille tarvikkeille 5 prosenttia.

Materiaalikustannuksia laskettaessa saatiin lopputulokseksi kunkin seinävaihtoehdon materiaalikustannukset. Kustannuksia tutkiessa huomataan, että levyrakenteinen seinä on huomattavasti halvempi materiaalien osalta kuin kivirakenteiset seinät. Kahi- ja Ako-seinän materiaalikustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan. Ako-elementtien hinta on kuitenkin kaikkein suurin. Oheisessa kuviossa (kuvio 1) on esitetty kunkin vaihtoehdon hinta suhteessa toisiinsa. Ako-elementtejä kuvataan punaisella pylväällä, Kahi-seinää sinisellä ja levyseinää vihreällä pylväällä. Prosenttiosuuksina Ako-seinän materiaalit ovat 11 prosenttia kalliimmat kuin Kahi-seinän materiaalit ja 42 prosenttia kalliimmat kuin levyseinän materiaalit. Kahi-seinän ja levyseinän ero on 34 prosenttia. On syytä huomioida, että kipsilevyseinän kustannuksiin ei ole laskettu levyn saumoihin tulevaa saumanauhoitusta. Saumanauhoitusta ei ole laskettu, koska sen on oletettu kuuluvan tasoiteurakkaan.



KUVIO 1 Materiaalikustannukset eri seinävaihtoehdoille

4.5 Työkustannukset

Työkustannusten laskentaa varten tehtiin oma Excel-taulukko. Taulukossa on seuraavat sarakkeet: tehtävä työ, työmäärä, työntekijätunnit/yksikkö, työntekijätunnit yhteensä, tuntipalkka, työn hinta yhteensä sekä työn hinta sosiaalikuluneen ja työryhmän koko. Aluksi taulukkoon listattiin kunkin seinävaihtoehdon työvaiheet, jonka jälkeen tehtävän työn määrät saatiin aikaisemmin tehdystä määrälaskennasta. Jokaiselle työvaiheelle etsittiin työmenekit. Työmenekit on ilmoitettu muodossa tth/yksikkö, eli työntekijätuntia/yksikkö. Menekit etsittiin Ratu-aikataulukirjasta. Ratu-aikataulukirja on rakennushankkeen ajallisen suunnittelun perustiedosto. Kirjaan on koottu työmenekki ja työsaavutustiedot yleisaikataulu-, rakentamisvaihe-, sekä viikko- ja tehtäväsuunnittelutasoilla. (Ratu 2016.) Työmenekkien etsinnässä täytyy huomioida, että työmenekki on samassa yksikössä kuin taulukkoon kirjattu työmäärä. Kirjassa on kerrottu kyseisen työmenekin vaativa työryhmä. Mikäli työryhmää kasvatetaan, työmenekki pienenee ja vastaavasti työryhmää pienennettäessä työmenekki kasvaa. Taulukoista selviää eri seinävaihtoehtojen kokonaistyötuntimäärä sekä hinnat työlle. Oheisessa kuvassa (kuva 16) näkyy laskennassa käytetty taulukko.

Työ	määrä	yks	tth/yks	tth/yht	€/tth	hinta yht	yks	hinta sis. soskulut 71%	työryhmä
				0		0 €		0	
				0		0 €		0	
				0		0 €		0	
Yhteensä					tth		€		

KUVA 16 Työkustannustenlaskenta taulukko

Seuraavissa luetteloissa on esitetty jokaiselle vaihtoehdolle työvaiheet ja työvaiheen työmenekit.

Ako-elementit:

- Elementtien nosto kerroksiin 0,12 tth/lava
- Elementtien asennus 0,3 tth/m²
- Läpivientien paikkaus 0,04 tth/m²
- Kapeat ovipielet 0,5 tth/kpl.

Elementtien asennuksen työmenekissä on huomioitu asennuksen lisäksi elementtien työstöt, tuennat ja saumojen viimeistelyn sekä työkohteen siivous.

Kahi-seinä:

- Materiaalien siirrot 0,05 tth/m²
- Muuraustyö 0,513 tth/m²
- Läpivientien paikkaus 0,04 tth/m².

Muurauksen työmenekki sisältää laastin valmistuksen ja siivouksen. Tavaroiden siirrossa on huomioitu koneelliset siirrot sekä käsin siirrot.

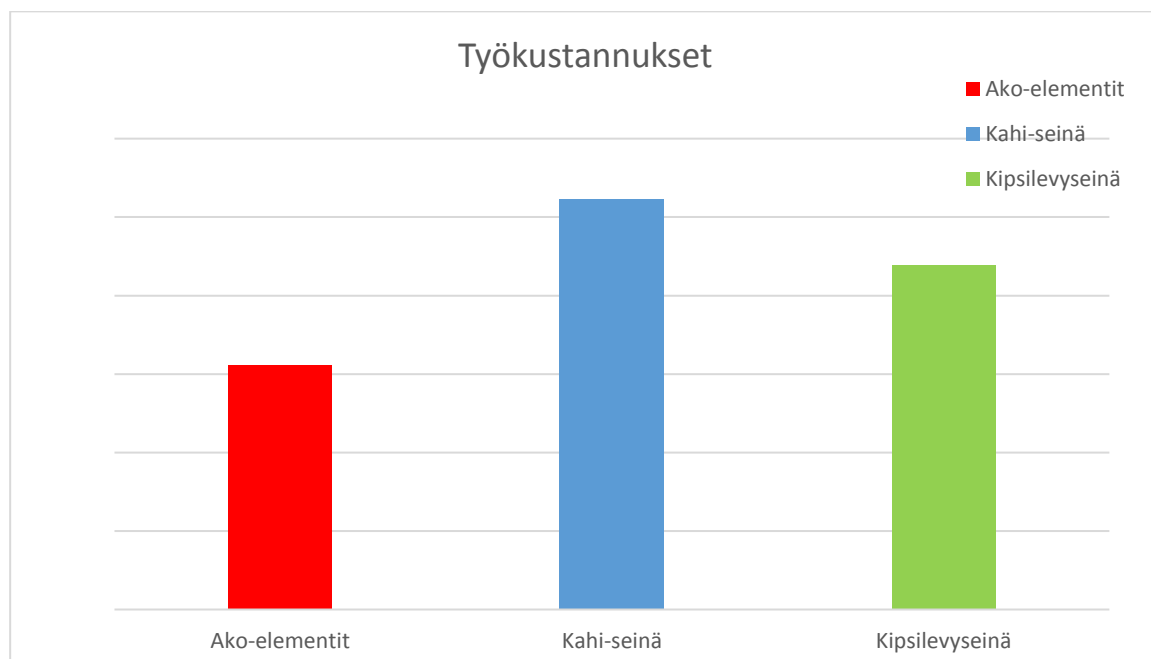
Levyseinä:

- Tavaroiden siirrot 0,042 tth/m²
- Rungon teko 0,168 tth/m²
- Villoitus 0,072 tth/m²
- Levytys molemmin puolin 0,252 tth/m².

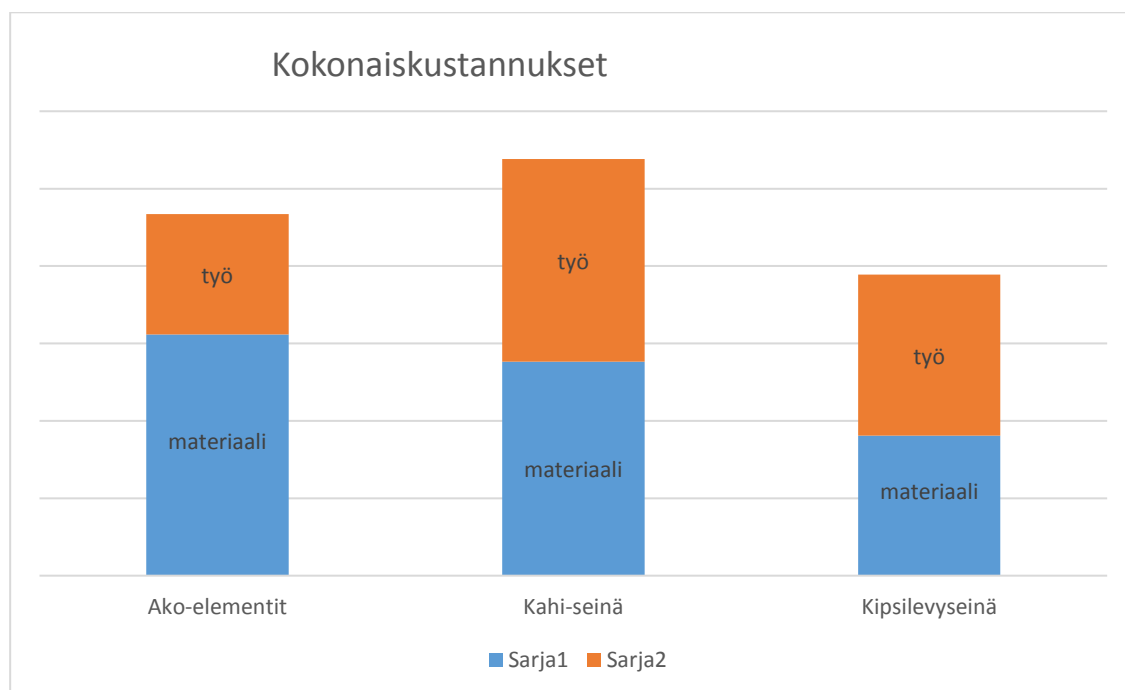
Levytyksen työmenekissä on huomioitu siivous. Tavaroiden siirroissa on laskettu koneelliset siirrot ja käsin siirrot.

Työkustannukset laskettiin käyttäen tuntihintoja. Työssä käytettävä tuntihinta on sovittu yhdessä toimeksiantajan kanssa. Työkustannukset saadaan siis laskemalla ensiksi työmenekit ja kertomalla ne tuntihinnalla. Tuntihinta ei sisällä sosiaalikulua, vaan ne on laskettu erikseen taulukon viimeisessä sarakkeessa. Kustannusten vertailussa on huomioitava, että kaikki vaihtoehdot on laskettu tuntihinnoilla. Mikäli esimerkiksi Ako-elementtien asennus suoritetaan aliurakointina, on työn hinta eri kuin mitä tässä vertailussa.

Seuraavissa kuvioissa (kuvio 2 ja 3) on esitetty työkustannukset ja kokonaiskustannukset jokaiselle vaihtoehdolle. Työkustannusten lopputuloksena saatiin selville, että Ako-elementit ovat halvin vaihtoehto ja Kahi-harkot taas kallein vaihtoehto. Prosenttiosuuksina Kahi-seinä on työkustannuksiltaan jopa 40 prosenttia kalliimpi verrattuna Ako-seinään ja Levyseinään verrattuna 16 prosenttia kalliimpi. Levyseinän ja Ako-seinän välinen ero 29 prosenttia. Työkustannusten laskentataulukot ovat liitteenä (liite 2).



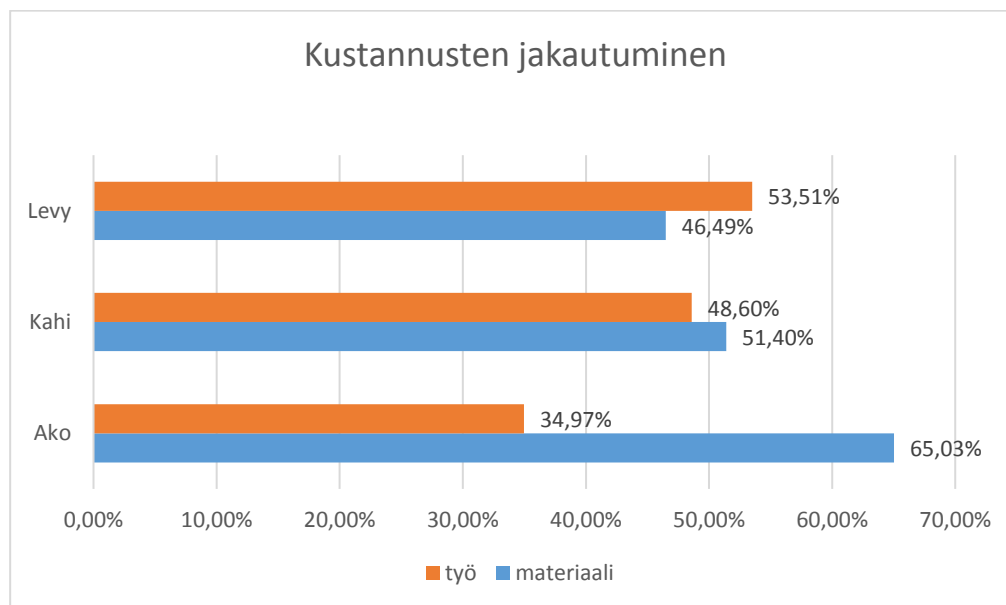
KUVIO 2 Työkustannusten vertailu



KUVIO 3 Kokonaiskustannukset

Vertaillaessa kokonaiskustannuksia osoittautuu levyrakenteinen seinä halvimmaksi vaihtoehdoksi, ja Kahi-seinä kalleimmaksi. Prosenttiosuuksina Kahi-seinä on Ako-seinää 13 prosenttia kalliimpi ja 28 prosenttia levyseinää kalliimpi. Ako-seinä on taas levyseinää 17 prosenttia kalliimpi vaihtoehto.

Seuraavassa kuviossa (kuvio 4) on vertailtu vaihtoehtojen työ- ja materiaalikustannusten jakautumista ja kuviosta huomataan, että kipsilevyseinässä työkustannukset ovat materiaalikustannuksia kalliimpia, kun taas muissa vaihtoehdoissa materiaalikustannukset ovat kalliimpia. Kuviosta selviää työkustannusten ja materiaalikustannusten prosenttiosuudet kokonaiskustannuksista.

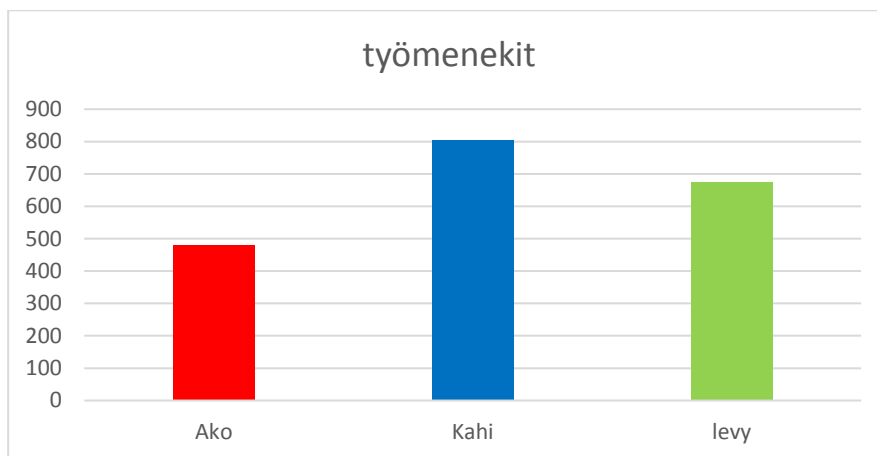


KUVIO 4 Kokonaiskustannusten jakautuminen

4.6 Työmenekit

Ako-vaihtoehdon kokonaistyömenekiksi saatiin laskennassa 479 työntekijätuntia. Työmenekki on laskettu kahden rakennusammattimiehen työryhmällä. Työntekijätunnit saadaan muutettua työvuoroiksi jakamalla saatu tulos työvuoron tuntimäärällä joka on 8 tuntia/työvuoro. Näin ollen työn kestoksi saadaan 60 työvuoroa. Muuratun seinän työmenekki on ilmoitettu kahden muurarin ryhmälle. Muurattavalla rakenteella työn kokonaiskestoksi saatiin 805 tth, joka on yhteensä 106 työvuoroa. Levyvaihtoehdon työmenekit on laskettu yhden ammattimiehen työryhmällä tehtynä. Levyseinän kokonaistyömenekki on 640 tth, joka on yhteensä 80 työvuoroa.

Työmenekkejä tutkittaessa huomataan, että Ako-seinä on huomattavasti muita vaihtoehtoja nopeampi toteuttaa ja siinä on vähemmän työvaiheita verrattuna muihin. Jos muilla vaihtoehdoilla halutaan päästä samaan työtahokkuuteen, tulee työryhmiä kasvattaa. Työmenekkeistä on tehty samanlainen kuvio kuin kustannuksista (kuvio 5). Prosenttiosuuksina Ako-elementit ovat Kahi-seinää 40 prosenttia nopeampi vaihtoehto. Levyseinä on Kahi-seinää 16 prosenttia nopeampi vaihtoehto. Vertaillaessa levyseinää ja Ako- seinää, Ako on 29 prosenttia nopeampi.



KUVIO 5 Työmenekit

5 LOGISTIIKKA

Logistiikka on materiaali-, raha- ja tietovirtojen hallintaan erikoistunut tieteenhaara. Logistiikassa käsitellään yritysten ja laitosten materiaalivirran fyysistä, tiedollista ja taloudellista hallintaa hankinnasta asiakkaalle saakka. Logistiikka-termiä käytetään yleisesti, kun puhutaan tavaroiden kuljetuksesta ja varastoinnista, ja nämä toiminnot ovat myös usein näkyvin osa organisaatioiden logistisia toimintoja. Logistiikan osuus hankintojen kokonaiskustannuksista rakennustyömaalla on noin 10–15 prosenttia ja logistiikan kustannuksista noin 60 prosenttia syntyy työmaalla. (Anttonen s.a.)

Rakennustyömaalla logistiikka tarkoittaa käytännössä seuraavia asioita:

- Materiaalien tulo työmaalle
- materiaalien varastointi työmaalla
- materiaalien siirto työkohteeseen
- rakennustyöstä syntyvän jätteen siirtoa roskalavoille
- jätteiden kuljetukset pois työmaalta.

Hyvällä logistiikkasuunnittelulla voidaan säästää työmaan logistiikkakustannuksista useita prosentteja. Onnistunut logistiikka taataan suunnittelemalla hyvin toimitusajat ja toimitusmäärät. Tällä pyritään minimoimaan työmaalla tehtävät välivarastoinnit. Materiaalien vastaanottoon ja varastointiin kiinnitetään huomioita ja se hoidetaan huolellisesti. Työstä syntyvät jätteet siirretään niille varattuihin paikkoihin. Tässä työssä keskitytään logistiikkaan märkätilojen väliseinävaihtoehtojen osalta.

5.1 Kohdetyömaan aluesuunnitelma

Kohdetyömaa on logistisesti haastava varsinkin runkotyövaiheessa, koska tontti on suhteellisen pieni ja tontille rakennetaan kahta taloa yhtä aikaa. Lisäksi kohteessa on niin sanottu sekarunko, jossa kantavat väliseinät ja holvit ovat paikallavalettuja ja ulkoseinät ja parvekkeet ovat elementtirakentei-

sia. Elementit ja muottikalusto tarvitsevat työmaalla varastotilaa runkotyövaiheessa suhteellisen paljon. Lisäksi tontilla on oltava tila betonipumpulle ja betoniautolle siten, että molempien talojen betonoinnit onnistuvat läheltä talojen ulkoseinälinjoja. Työmaan aluesuunnitelma on liitteenä (liite 3).

5.2 Ako-elementtien logistiikka

Ako-elementit tulee ottaa työmaalle jo runkotyövaiheessa, koska ne on huomattavasti helpompi nostaa työpisteille jo holvimuottityövaiheessa. Ako-elementtejä pystytään nostamaan myös kerrosten holville ikkuna- tai oviaukoista Ako-nostopuomin avulla. Tämä vaihtoehto elementtien nostoille tulee kysymykseen saneerauskohteissa ja tarvittaessa uudiskohteissakin. Elementit toimitetaan työmaalle täysperävaunurekalla. Yhteen täyteen kuormaan mahtuu 25–30 elementtilavaa. Elementtien purku rekasta voidaan tehdä joko torninosturilla tai rekan omalla nosturilla. Runkotyövaiheessa torninosturi on lähes jatkuvasti käytössä, joten purku auton omalla nosturilla on järkevin ratkaisu. Varastointialueita suunniteltaessa on otettava huomioon, että rekan on päästävä elementtien varastointipaikan viereen, jotta kuorma yltetään purkaa rekan nosturilla. Elementtien toimitus kannattaa mahdollisuuksien mukaan suunnitella siten, että elementit saataisiin nostettua auton kyydistä suoraan kerrosten holville. Elementtikuoorman purku kestää noin kaksi tuntia. Kyseisessä kohteessa elementtilavoja tuli yhdeksän kappaletta per kerros, joten elementtejä joudutaan joka tapauksessa varastoimaan työmaalla. Varastointialueen tulee olla vapaana muusta tavarasta, jotta kuorman purku onnistuu jouhevasti. Kuorman purkua nopeuttaa, jos autokuskin apuna on rakennusmies ohjaamassa elementtilavoja.

Elementit nostetaan holville torninosturilla. Nostoliinat pujotetaan elementtilavojen alta pakettien kyljessä olevan nosto-ohjeen mukaisesti. Elementit nostetaan holville siinä vaiheessa, kun holvimuotin pystytuet on saatu paikoilleen. Elementtien noston nopeuttamiseksi on hyvä varata kahdet nostoliinat, jotta elementin noston aikana työntekijä voi pujottaa toiset liinat seuraavan elementtilavan alle. Kun lavat on laskettu oikeille paikoilleen huoneistoissa, täytyy varmistaa, että liinat eivät tartu pois nostessa elementtilavan kulmaan ja kaada samalla lavaa, josta seuraa elementtien rikkoutuminen. Holvimuottia purettaessa on myös huomioitava, etteivät elementit rikkoudu.

Laastien nostot pystytään myös tekemään jo holvimuottityön aikana tai vaihtoehtoisesti laastit nostetaan parvekkeille, josta ne siirretään työpisteelle. Mikäli työkohte on elementtirakenteinen ja elementtien pystysaumaus hoidetaan pumppaamalla, kannattaa miettiä pystyykö pumppauksessa käytettävää laastia hyödyntämään myös elementtien alasaumassa. Pystysaumapumppaus pyritään tekemään ennen holvimuottityötä heti elementtiasennuksen jälkeen. Pumppauksen yhteydessä kannattaa laastia varata valmiiksi Ako-elementin paksuihin alasaumoihin.

Elementtiasennuksessa syntyvä jäte on pääasiassa kivijätettä sekä muovia, jolla elementit on suojattu. Elementtiasennus ryhmälle varataan nostolenkeillä ja -renkailla varustettu jäteastia kivijätettä varten, jota on helppo siirrellä kerroksissa. Jäteastia tyhjenetään sen täytyessä työmaan kivijätelavalle. Elementtien suojamuovit ja tyhjät laastisäkit työryhmä siirtää päivän päätteeksi työmaan sekajätelavalle.

Ako-elementtien logistiikan vaiheet:

- Elementtien tilaus
- tavaran vastaanotto
- elementtien ja laastien nosto työpisteeseen
- elementtien varastointi
- jätteiden siirto.

5.3 Kahi-harkkojen logistiikka

Harkot toimitetaan työmaalle pakattuina 40 kappaleen letkoihin. Pakkaukset on suojattu suoja-
muovilla. Harkot toimitetaan työmaalle täysperävaunurekalla. Kyseisessä kohteessa jokaiseen ker-
rokseen menee yhteensä 46 harkkoletkaa. Harkkoletkojen nostossa käytetään nostoapuvälineinä
joko tiilihäkkiä (kuva 17) tai letkanostinta. Nostoapuvälineillä taataan turvalliset nostot eivätkä letkat
pääse kaatumaan nostojen aikana. Tiililetkoja menee yhteen kerrokseen niin paljon, että tässä vaih-
toehdossa tavaroiden työkohteeseen siirto holvimuottityön yhteydessä ei ole ajallisesti järkevää. Li-
säksi tiililetkojen siirto parvekkeille/haalausaukkoihin on torninosturilla suhteellisen haastavaa, joten
letkojen siirrossa on käytettävä muuta siirtokalustoa. Harkot tilataan työmaalle täysin rekkakuor-
mina ja harkkojen tilaus työmaalle kannattaa ajoittaa muutamaa päivää ennen muuraustyön aloi-
tusta, jotta tavaroiden siirroille jää tarpeeksi aikaa. Harkkokuormien tilaus rytmitetään muuraustyön
mukaan siten, että tavara ei lopu kesken missään vaiheessa. Letkat puretaan varastoalueelle kulje-
tusauton omalla nostimella. Varastoalueelta letkat siirretään joko kurottajalla tai autonosturilla par-
vekkeille, josta ne siirretään tiilikärrien avulla työpisteille.



KUVA 17 Tiilihäkki

Muuraustyössä käytettävät ohutsaumalaastit tilataan harkkojen yhteydessä ja nostetaan myös par-
vekkeiden/haalausaukkojen kohdalta sisään kerrokseen. Alasaumoihin tuleva muurauslaasti toimitetaan
suursäkeissä. Säkkejä on saatavilla 1 000 ja 500 kilogramman kokoisina. Muurauslaastien nos-
toa holville muottityön yhteydessä kannattaa harkita. Mikäli näin tehdään, on muistettava nostaa
säkit kuormalavojen päälle, jotta niitä pystytään liikuttamaan kerroksissa pumppukärrien avulla.

Muuraustyössä syntyvä jäte on hyvin paljon samanlaista kuin Ako-vaihtoehdossa eli kivijätettä sekä pakkauksista syntyvää sekajätettä. Muuraustyöryhmälle varataan roska-astiat, jotka ovat helposti tyhjennettävissä nosturilla suoraan jätelavoille.

Kahi-seinän logistiikan vaiheet:

- Tarvikkeiden tilaus
- tavaran vastaanotto
- tavaroiden välivarastointi
- tavaroiden nosto kerrokseen
- tavaroiden siirto kerroksissa tiilikärreillä
- jätteiden siirrot.

5.4 Kipsilevyjen logistiikka

Kipsilevyt toimitetaan työmaalle lavoille pakattuna. Yhdessä lavapakkauksessa on 40 levyä. Levyt tilataan täysinä kuormina ja ne tulevat työmaalle yleensä sivusta purettavalla rekalla (kuva 18), joten torninosturilla kuorman purku ei tässä tapauksessa onnistu, vaan purkuun tarvitaan esimerkiksi kurottaja tai trukki. Kipsilevyniput on mahdollista ottaa rakennukseen sisään jo holvimuottityövaiheessa. Tässä vaihtoehdossa levyt puretaan varastoalueelle, josta ne siirretään torninosturilla kerrosten holveille. Levyt voidaan jakaa ennen nostoja lavoille siten, että huoneistoihin nostetaan siellä tarvittava määrä levyjä tai kerrokseen nostetaan tarvittava määrä levyjä, josta ne siirretään käsin-siirtoina huoneistoihin. Näin tehtäessä levyjen suojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä levyt rikkoutuvat helposti holvimuottia purettaessa. Levyt on myös suojattava kastumiselta ja niiden on oltava irti lattiasta. Tässä vaihtoehdossa levyjä joudutaan todennäköisesti varastoimaan myös työmaalla välivarastossa, jossa levyjen suojaamiseen on kiinnitettävä huomiota, sillä levyt eivät saa olla alttiina säärasiutuksille.



KUVA 18 Kipsilevyjen kuljetus (Knauf 2011.)

Toinen vaihtoehto on ottaa levyt työmaalle hieman ennen väliseinätyön aloitusta, jolloin levyjen nosto kerroksiin tapahtuu parvekkeiden tai muiden haalausaukkojen kautta. Tässä vaihtoehdossa levyt nostetaan kuorman purun yhteydessä parvekkeille, josta ne siirretään käsinsiirtoina huoneistoihin. Tässä vaihtoehdossa vältetään levyjen pidempiaikaiselta välivarastoinnilta, mutta käsinsiirtoja joudutaan tekemään edellistä vaihtoehtoa enemmän. Levyjä voidaan varastoida väliaikaisesti parvekkeilla, mikäli ne suojataan kastumiselta. Hyvällä työsuunnittelulla ja työntekijöiden ohjauksella levyjen siirrot onnistuu suhteellisen helposti ja nopeasti.

Rangat toimitetaan yleensä samassa kuormassa levyjen kanssa ja niiden nosto kerroksiin tehdään levyjen noston yhteydessä. Villat toimitetaan muovipakkauksissa ja ne siirretään työmaalta välittömästi säältä suojaan mielellään sisätiloihin, josta ne siirretään työpisteille käsin tai koneellisesti.

Levyseinässä syntyvä jäte on pääosin sekajätettä ja metallijätettä. Jäte koostuu kipsilevyn hukkapaloista, pakkausmuoveista ja rankojen hukkapaloista. Työryhmälle varataan helposti siirreltävä sekajätettä sekä astia metallijätteelle. Työryhmä tyhjentää jätteet työmaan jätelavoille työpäivän päätyttyä.

Kipsilevyeinän logistiikan vaiheet, kun levyt otetaan sisään holvimuottityön yhteydessä:

- Tarvikkeiden tilaus
- tavarain vastaanotto ja kuorman purku
- välivarastointi
- kerroksiin nosto
- tavaroiden suojaus
- käsin siirrot
- villojen siirrot
- jätteiden keräys ja siirrot.

Logistiikan vaiheet kun levyt otetaan parvekkeiden kautta kerroksiin:

- Tarvikkeiden tilaus
- tavarain vastaanotto ja kuorman purku
- kerroksiin nosto
- käsin siirrot
- villojen siirrot
- jätteiden keräys ja siirrot.

Otettaessa levyt sisään parvekkeiden kautta vältetään levyjen väliaikaiselta suojauselta, sillä ne otetaan suoraan sisään rakennukseen säältä suojaan.

6 TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA

Lopputuloksena työssä saatiin laskettua hinnat ja työmenekit jokaiselle vaihtoehdolle. Työssä haluttiin vastaus kysymykseen: Mikä on halvin vaihtoehto? Kipsilevy osoittautui halvimmaksi vaihtoehdoksi, Kahi-harkot kalleimmaksi ja Ako-elementit toisiksi halvimmaksi. Lisäksi työssä haluttiin saada vastaus kysymykseen: Mikä on paras vaihtoehto kyseiseen kohteeseen? Tätä kysymystä varten on listattu jokaisesta vaihtoehdosta hyviä sekä huonoja puolia.

Ako-elementtien plussat:

- Nopea
- kivipohjainen tuote
- logistiikka
- jakolistat tavarantoimittajalta.

Miinukset

- Kallis materiaali
- elementit rikkoutuvat helposti
- jälkityöt ja läpivientien paikkaukset.

Kahi-seinän plussat:

- Kivipohjainen tuote
- luja
- kalusteiden ja varusteiden kiinnitys.

Miinukset:

- Kallis
- logistiikka
- läpivientien paikkaukset
- hitain vaihtoehto.

Levyseinän plussat:

- Halpa
- suhteellisen nopea
- helppo
- ei läpivientien paikkauksia
- sähkörsioiden asennus.

Miinukset:

- Logistiikka
- ei kivipohjainen
- kevyt rakenne
- kalusteiden kiinnitys.

Mikäli vaihtoehtoja vertaillaan pelkällä hinnalla, on levyvaihtoehto paras. Tulosten analysoinnissa tulee ottaa huomioon, että työkustannukset on laskettu tuntihinnoilla. Ako-asennukset ja muuraustyö on yleensä aliurakointia ja hinnat saattavat poiketa tässä työssä käytetyistä hinnoista. Yleisesti ottaen kivipohjaiset tuotteet ovat kosteusteknisesti toimivampia kuin levyrakenteiset. Asuntoa ostaessa halutaan panostaa laatuun ja mielestäni kivirakenteinen kylpyhuone on helpompi mieltää laadukkaaksi kuin levyrakenteinen.

Ako- ja Kahi-seinä joudutaan tasoittamaan märkätilatasoitteella ennen vesieristystä. Levyseinässä tätä tasoitusta ei välttämättä tarvitse tehdä, vaan levynsaumojen nauhoituksen ja kittauksen jälkeen seinä on valmis vesieristettäväksi. Kyseisessä kohteessa jokaisessa huoneistossa märkätilat rajoittuvat yhdeltä seinältä kantaviin betoniseiniin, jotka on tasoitettava ennen vesieristystä. Näin ollen märkätiloissa jouduttaisiin joka tapauksessa käymään tasoituksen yhteydessä ja olisi syytä harkita koko tilan seinien tasoitusta. Mikäli märkätilat sijaitsisivat esimerkiksi keskellä huoneistoa, eivätkä ne rajoittuisi betoniseiniin, voisi levyrakenteinen vaihtoehto olla paras ratkaisu. Levyrakenteinen seinä sopisi mielestäni kyseiseen kohteeseen siinä tapauksessa, jos levyt otettaisiin huoneistoihin holvimuotityön yhteydessä. Tässä vaiheessa olisi fiksua ottaa sisään myös muihin väliseiniin tarvittavat kipsilevyt. Runkovaiheessa rakennus joutuu alttiiksi säärasituksille ja levyjen suojaukseen täytyisi kiinnittää erityistä huomiota. Lisäksi holvimuottia purkaessa levyjen rikkoutumiselle on suuri riski.

Mielestäni kohdetyömaalla sopivin vaihtoehto on Ako-elementit. Kyseisessä kohteessa on tiukka aikataulu ja kyseinen vaihtoehto on nopein tehdä. Lisäksi se on kivipohjainen tuote, joka on mielestäni levyä parempi vaihtoehto märkätiloihin. Ako-elementit eivät ole niin alttiita säärasituksille mitä kipsilevyt. Logistiikaltaan Ako-elementit ovat mielestäni helpoin ratkaisu kyseisistä vaihtoehdoista, koska ne saadaan nostettua kertanostolla asennuspaikalle, josta asennusryhmä asentaa ne oikeille paikoilleen.

Kahi-seinä on mielestäni kyseisistä vaihtoehdoista laadukkain ja se näkyy myös kyseisen vaihtoehdon hinnassa. Mielestäni tämä vaihtoehto ei soveltuisi kyseiseen kohteeseen logistiikkansa takia, sillä varsinkin C-talon parvekkeet sijoittuvat tontilla siten, että harkkojen nosto parvekkeiden kautta olisi ongelmallista ja aikaa vievää. Lisäksi harkkojen siirrot vaatisivat torninosturin lisäksi työmaalle muuta siirtokalustoa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kustannuksia erilaisten märkätilan väliseinävaihtoehtojen osalta ja tuottaa tilaajalle kustannustietoa eri vaihtoehdoista. Lisäksi työssä perehdyttiin jokaisen vaihtoehdon osalta työmaan logistiikkaan. Halusin vastata opinnäytetyölläni seuraaviin kysymyksiin. Mikä kukin vaihtoehto maksaa? Mikä on paras vaihtoehto? Aihe oli mielestäni kiinnostava, koska työskentelin itse opinnäytetyön kohdetyömaalla ja en ole ollut aikaisemmin tekemisissä Ako-elementtien kanssa. Muut väliseinävaihtoehdot olivat minulle ennestään tuttuja. Työ opetti minulle paljon kustannuslaskennasta ja kustannusten vertailusta. Lisäksi opin paljon eri märkätilojen väliseinävaihtoehdoista ja pääsin myös seuraamaan Ako-elementtien asennusta työmaalla. Haastavinta

työssä oli mielestäni Excel-ohjelman käyttö. Lisäksi haastavaa työssä oli se, että hintatietoja ei salassapitosyistä esitetä hintoina vaan kuvaajina ja prosentteina.

Mielestäni työ onnistui hyvin ja se vastaa kysymyksiin, joihin halusin saada vastauksen. Toimeksiantaja pystyy käyttämään työtä hyödyksi suunnitellessa tulevien kohteiden märkätiloja. Lisäksi työssä on selkeät työhjeet kullekin väliseinävaihtoehdolle. Työtä voitaisiin jatkaa tutkimalla esimerkiksi eri vaihtoehtojen kosteusteknisiä ominaisuuksia.

LÄHTEET

- ANTTONEN, Kimmo. Rakennuslogistiikka. [Verkkodokumentti]. Savonia amk. [Viitattu 2017-10-13] Saatavissa: <http://moodleold.savonia.fi/mod/resource/view.php?id=345432>
- HAATAJA, Pasi. Yleistä kustannuslaskennasta. [Verkkodokumentti]. Savonia moodle. [Viitattu 2017-10-12] Saatavissa: http://moodleold.savonia.fi/pluginfile.php?file=%2F313705%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FYleistae_kustannuslaskennasta.pdf
- KEVYTSORABETONINEN SEINÄELEMENTTI AKO. RT 38768. 2016. Rakennusbetoni- ja elementti oy. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-05-21.] Saatavissa: http://www.rboy.net/application/files/3314/7280/5987/AKO_Wall_RT-kortti.pdf
- KIVITALOINFO 2017. Kalkkiahiekkaharkot. [verkkojulkaisu]. Kivitaloinfo. [Viitattu 2017-05-14.] Saatavissa: <http://www.kivitaloinfo.fi/harkot/kalkkiahiekkaharkot/>
- KNAUF 2015. Esitteet ja aineistot. [verkkosivu]. Knauf.fi. [Viitattu 2017-09-13.] Saatavissa: <http://www.knauf.fi/esitteet-ja-aineistot/esitteet/tuotekasikirja/>
- LAAMANEN, Pekka s.a. Märkätilat. [verkkojulkaisu]. Rakennustieto.fi. [Viitattu 2017-04-06.] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010309.pdf>
- LEMMINKÄINEN 2015. Liiketoimintamme. [verkkosivu] Lemminkäinen. [Viitattu 2017-04-06.] Saatavissa: <http://www.lemminkainen.fi/lemminkainen/yritys/>
- RAKENNUSBETONI 2014. Ako työ-ohje. [verkkojulkaisu] Rakennusbetoni- ja elementti oy. [Viitattu 2017-09-07] Saatavissa: http://rakennusbetoni.fi/application/files/7614/7255/3660/AKO_TYOOH-JEET_2014.pdf
- RAKENNUSTIETO 2015. Rakennustöiden menekit. Rakennustieto oy: Helsinki
- RATU 2016. Aikataulukirja 2016. [verkkojulkaisu]. Rakennustieto. [Viitattu 2017-10-04.] Saatavissa: <http://rt.rakennustieto.fi.ezproxy.savonia.fi/resource/juha/content/17168#page=1>
- RATU 2005. Ohutsaumamuuuraus. [verkkojulkaisu]. Rakennustieto. [Viitattu 2017-08-13.] Saatavissa: <http://rt.rakennustieto.fi.ezproxy.savonia.fi/resource/juha/content/17744#page=1>
- WEBER 2010. Kahi-harkkorakenteet. [verkkojulkaisu]. Weber. [Viitattu 2017-09-06.] Saatavissa: <http://shop.e-weber.fi/kronodocs/24541.pdf>

LIITTEET

LIITE 1: MATERIAALIKUSTANNUKSET (SALASSA PIDETTÄVÄ)

LIITE 2: TYÖKUSTANNUKSET (SALASSA PIDETTÄVÄ)

LIITE 3: KOHDETYÖMAAN ALUESUUNNITELMA

