



SAVONIA

AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RIVITALON KELLARIN SEI- NÄRAKENTEIDEN KUSTAN- NUSVERTAILU

TEKIJÄ: Jonne Oksman

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jonne Oksman			
Työn nimi Rivitalon kellarin seinärakenteiden kustannusvertailu			
Päiväys	11.4.2016	Sivumäärä/Liitteet	48/11
Ohjaajat Hannu Haaranen, tuntiopettaja, Savonia-ammattikorkeakoulu Teppo Houtsonen, tuntiopettaja, Savonia-ammattikorkeakoulu			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Juha Semberg Oy			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kustannusvertailu rivitalon kellarikerroksen valuharkkorakenteen ja betonielementtirakenteen välillä ja selvittää näistä edullisempi vaihtoehto. Työssä laskettiin kustannukset työlle ja materiaalille sekä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Työn tarkoituksena oli tuottaa kustannustietoa, jota työn tilaaja voi hyödyntää tulevien kohteiden suunnittelussa.</p> <p>Laskentakohteena työssä oli suunnitteilla oleva rivitalokohde As Oy Kuopion Niilonranta, joka rakennetaan Kuopion Saaristokaupunkiin. Laskennassa käytettiin myös rakenteilla olevan vastaavan rivitalokohteen As Oy Kuopion Mansikkarinteen suunnitelmia. Laskennassa noudatettiin Talo-80 -määrälaskentaohjetta ja Ratu Aikatalukirjan mukaisia työmenekkejä. Työhön suunniteltiin ja arvioitiin käyttö- ja yhteiskustannuksia, jotta lopputulos saatiin luotettavaksi. Materiaalien ja työn kustannustiedot saatiin tilaajalta. Opinnäytetyön kustannuslaskenta toteutettiin tilaajan ohjeiden mukaisesti käyttäen Microsoft Excel -ohjelmaa.</p> <p>Kustannusvertailusta valuharkko- ja betonielementtirakenteen välillä saatiin merkittävimmät erot työ- ja materiaalikustannusten sekä käyttö- ja yhteiskustannusten välillä. Opinnäytetyön tuloksen mukaan betonielementtirakenteen kokonaiskustannus oli opinnäytetyön perusteella 10,3 % pienempi kuin valuharkkorakenteen. Kustannuslaskennan ohella työssä käsiteltiin valuharkkorakentamista, betonielementtirakentamista ja pohdittiin menetelmiin liittyviä kustannusriskejä. Tilaaja voi käyttää opinnäytetyön kustannuslaskentaa hyödyksi tulevien kohteiden suunnittelussa ja rakenteiden valinnoissa.</p>			
Avainsanat Betoni, valuharkko, kellari, rivitalo, kustannusvertailu, elementti			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Jonne Oksman			
Title of Thesis Comparison of Costs between Two Wall Structures of the Basement in the Row House			
Date	11 April 2016	Pages/Appendices	48/11
Supervisors Mr Hannu Haaranen, Lecturer, Savonia University of Applied Sciences and Mr Teppo Houtsonen, Lecturer, Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Juha Semberg Oy			
Abstract <p>The purpose of this thesis was to compare the costs of two wall structures of the basement in a row house and to calculate which one is the more cost-effective choice between the concrete block structure and the concrete element structure. In this thesis the costs were calculated taking work, material and operating costs into account. The purpose was to make a reliable calculation of costs which could be used in future projects by the client organization.</p> <p>The target of the calculations was the row house Kuopion Niilonranta which is currently being planned and will be built in Saaristokaupunki in Kuopio. The plans of the row house Kuopion Mansikkarinne which is currently being built were used in this thesis. The calculations were made complying with the Talo-80 quantity calculation guidelines and Ratu Aikatalukirja scheduling guidelines. The operating costs of the construction site were estimated and planned to get a reliable result. The client organization supplied the basic information about the costs of materials and work for the calculation and comparison of costs. The calculation of costs in this thesis was done in accordance with the instructions from the client organization using the Microsoft Excel spreadsheet program.</p> <p>The comparison of the costs between the concrete block structure and the concrete element structure provided the most significant differences in the work, material and operating costs. As a result of the thesis, it was found out that the total costs of the concrete element structure were 10.3 per cent smaller than the costs of the concrete block structure. In addition, concrete block and concrete element methods were also covered in this thesis. The factors that could cause the risk of increasing costs were considered in this thesis. The client organization can utilize the calculation of the costs in this thesis for planning future projects.</p>			
Keywords Concrete, concrete block, basement, rowhouse, calculation of costs, element			

ESIPUHE

Haluan kiittää Juha Sembergiä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö ja suorittaa opintoihini liittyvät harjoittelut hänen yrityksessään. Haluan myös kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Hannu Haarasta asiantuntevasta ohjauksesta opinnäytetyöprosessin aikana.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	7
1.2	Juha Semberg Oy	7
1.3	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	VALUHARKKOTYÖT	9
2.1	Valuharkot.....	9
2.2	Valuharkkotyön vaiheet	10
2.2.1	Aloittavat työt	10
2.2.2	Työkohteen vastaanotto	11
2.2.3	Materiaalien vastaanotto ja varastointi.....	11
2.2.4	Kaluston, koneiden ja olosuhteiden tarkastus.....	11
2.2.5	Mittaus	12
2.2.6	Telinetyöt	12
2.2.7	Valuharkkojen ladonta, raudoitus ja betonointi.....	12
2.2.8	Jälkihoito ja lopettavat työt.....	14
2.2.9	Valuharkkomenetelmän hyvät ja huonot puolet.....	14
2.3	Laskentakohteen toteutus valuharkkorakenteella	14
3	BETONIELEMENTTISEINÄTYÖT	19
3.1	Betoniset seinäelementit.....	19
3.2	Betonielementtiseinätyön vaiheet.....	20
3.2.1	Aloittavat työt	20
3.2.2	Työvälineiden tarkastus	21
3.2.3	Työkohteen valmistelu.....	22
3.2.4	Elementtien vastaanotto ja varastointi	22
3.2.5	Paikalleenmittaus ja alustan tasaus	23
3.2.6	Betonielementtien asennus ja tuenta.....	23
3.2.7	Juotosbetonointi.....	25
3.2.8	Lopettavat työt	25
3.2.9	Betonielementtimenetelmän hyvät ja huonot puolet	25
3.3	Laskentakohteen toteutus elementtirakenteisena	26
4	KUSTANNUSTEN LASKENTA	28

4.1	Kustannuslaskenta rakennusalalla	28
4.2	Opinnäytetyön kustannuslaskennan reunaehdot	28
4.3	Valuharkkorakenteen määrät	29
4.4	Elementtirakenteen määrät.....	31
4.5	Työkustannukset.....	32
4.6	Materiaalikustannukset	34
4.7	Käyttö- ja yhteiskustannukset	37
4.8	Alihankintakustannukset	39
5	KUSTANNUSVERTAILU	40
6	POHDINTA	43
6.1	Menetelmien kustannusriskit.....	43
6.2	Aikatauluvaikutusten arviointi	44
6.3	Kustannuslaskennan luotettavuuden arviointi.....	44
6.4	Mahdolliset jatkokehitysaiheet	45
7	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITE: 1 LEIKKAUSPIIRUSTUS AS OY MANSIKKARINNE TALO A.....	49
	LIITE: 2 RAKENNELEIKKAUS MAANPAINESEINÄSTÄ AS OY MANSIKKARINNE TALO A.....	50
	LIITE: 3 LEIKKAUS VÄESTÖNSUOJAN KOHDALTA AS OY MANSIKKARINNE TALO A	51
	LIITE 4: ASEMAPIIRUSTUS AS OY NIILONRANTA.....	52
	LIITE 5: POHJAPIIRUSTUS 1. KERROS AS OY NIILONRANTA TALO D.....	53
	LIITE 6: POHJAPIIRUSTUS 2. KERROS AS OY NIILONRANTA TALO D.....	54
	LIITE 7: LEIKKAUS AS OY NIILONRANTA TALO D	55
	LIITE 8: JULKISIVU KOILLISEEN AS OY NIILONRANTA TALO D	56
	LIITE 9: JULKISIVU KAAKKOON AS OY NIILONRANTA TALO D	57
	LIITE 10: JULKISIVU LOUNAASEEN AS OY NIILONRANTA TALO D	58
	LIITE 11: JULKISIVU LUOTEeseen AS OY NIILONRANTA TALO D.....	59

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyöni käsittelee rivitalon kellarikerroksen rakentamista käyttämällä kahta eri rakenneratkaisua sekä niistä aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi työssä pohditaan työmenetelmien välisiä eroja aikaluvuvaikutusten, työergonomian, työturvallisuuden ja menetelmien kustannusriskien realisoitumisen kannalta. Työn tarkoituksena on vertailla valuharkkorakenteen ja betonielementtirakenteen välisiä kustannuksia ja tavoitteena on selvittää edullisempi vaihtoehto opinnäytetyön tilaajalle Juha Semberg Oy:lle. Työssä lasketaan kustannukset työlle, materiaalille, alihankinnalle ja muut kustannukset sekä arvioidaan työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten eroa menetelmien välillä. Opinnäytetyössä tuotettua kustannustietoa voidaan hyödyntää Juha Semberg Oy:n tulevien kohteiden suunnittelussa ja työmenetelmien valinnoissa.

Juha Semberg Oy toteutti kesällä 2015 As Oy Kuopion Mansikkarinteen työmaalla rivitalon kellarikerroksen valuharkkorakenteisena. Menetelmä todettiin työlääksi ja aikaavieväksi. Lisäksi painavat valuharkot osoittautuivat työergonomian kannalta haastaviksi mikä aiheutti muun muassa sairaspotilaita. Tästä johtuen yrityksen toimitusjohtaja Juha Semberg kiinnostui selvittämään millä menetelmällä kellarikerros olisi edullisempaa toteuttaa. Sovimme syksyllä 2015, että teen opinnäytetyönä kustannusvertailun elementtirakenteen ja valuharkkorakenteen välillä. Kustannuslaskennan määrien pohjatietona käytän tilaajayrityksen suunnitteilla olevan kohteen As Oy Kuopion Niilonrannan talo D arkkitehtipiirustuksia ja parhaillaan rakenteilla olevan kohteen As Oy Kuopion Mansikkarinteen rakennepiirustuksia. Jälkilaskentatietoja ei opinnäytetyötä varten ole saatavilla, joten kaikki hinnoittelu perustuu tarjouksiin ja yrityksen ostohintoihin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään molempien rakenteiden työskentelytavat, menetelmät ja materiaalit. Lisäksi käsitellään menetelmien haittoja ja hyötyjä. Työn tutkimusosiossa selostetaan ja tarkastellaan määrä- ja kustannuslaskennan kulkua sekä näihin liittyviä ohjeistuksia. Tämän jälkeen työssä vertaillaan kustannuksia ja pohditaan, mistä erot johtuvat ja nimetään edullisempi vaihtoehto. Työn lopussa molemmille rakenteille tehdään kustannusriskien arvioinnit ja tutkitaan millaisia vaikutuksia riskien realisoitumisella voisi olla. Lisäksi pohditaan millaisia jatkokehitysmahdollisuuksia työllä voisi olla menetelmien ja kustannussäästöjen osalta. Johdannon lopussa, ennen varsinaista tekstiosiota selostetaan työssä käytettävät yksiköt, lyhenteet ja termien selitykset.

1.2 Juha Semberg Oy

Juha Semberg Oy on siilinjärveläinen Kuopion alueella toimiva rakennuspalveluita tuottava yritys, joka on perustettu vuonna 2005. Juha Semberg Oy:n pääasiallinen liiketoimi on omaperustainen rivitalotuotanto. Liikevaihto oli vuonna 2014 noin 4,3 miljoonaa euroa. Työntekijöitä yrityksessä on nykyään 20 ja sen toimitusjohtajana toimii Juha Semberg.

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

Lyhenteet

jm	juoksumetri, yhden metrin mittainen matka
m ²	neliometri
m ³	kuutiometri
mm	millimetri
tth	työntekijätunti
tth/yks	työntekijätunti jotakin yksikköä kohden esim. tth/m ²
yks/tv	työryhmän työsaavutus yhdessä työvuorossa esim m ² /tv
kg	kilogramma
kpl	kappale
tn	tonni
h	tunti
kk	kuukausi
€/tv	hintaa työvuoroa kohden
C30/37	betonilujuus lieriölujuus/kuutiolujuus

Määritelmät

EPS-eriste	Paisutetusta solupolystyreenistä valmistettu eriste
Nostoraksit	Ketjuista ja lukittuvista koukuista koostuva nostoapuväline
Elementtituki	Betonisten tai puisten seinäelementtien tuentaan käytettävä teräksinen tuki
Talo 80	Rakennusalan nimikkeistöjärjestelmä

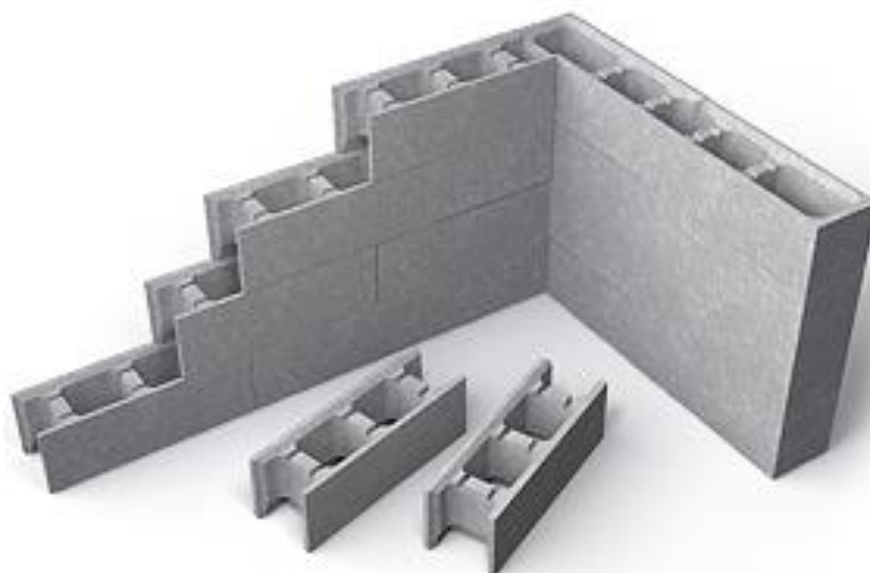
2 VALUHARKKOTYÖT

Betoniharkkoja on käytetty Suomessa 1940-luvulta lähtien. Aluksi betoniharkkoja käytettiin pienteollisuus- ja maatalousrakennuksissa. (Lammin Betoni Oy 2016.) Betonimuottiharkot eli valuharkot tuotiin markkinoille 1980-luvulla ja pian tämän jälkeen 1980-luvun loppupuolella kehitettiin eristevaluharkko, jossa on kahden betonisen kuoren välissä eristemateriaalia esim. EPS-eristettä. Ladottavat valuharkot ovat syrjäyttäneet vähitellen muurattavia harkkoja. (Betoniteollisuus ry 2016a.)

2.1 Valuharkot

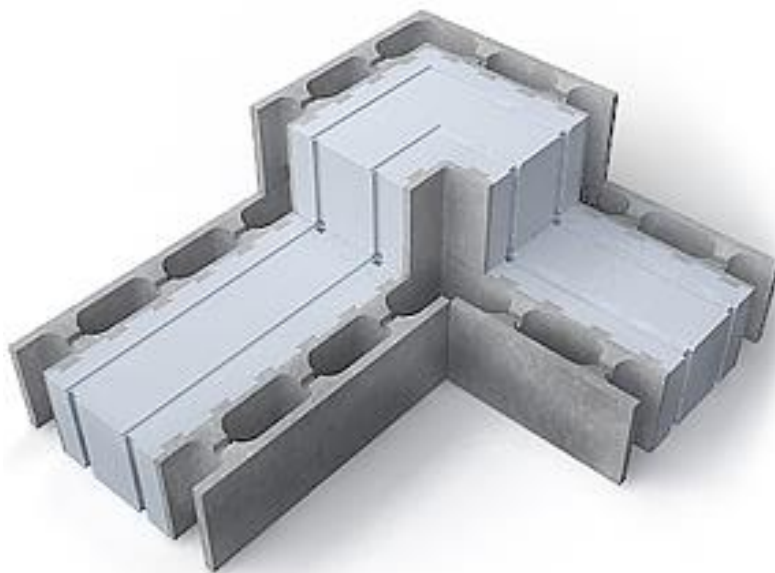
Valuharkkoja voidaan valmistaa betonista, kevytsorabetonista tai EPS-eristeestä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään betonista valmistettuja valuharkkoja.

Betonisten valuharkkojen tarkoitus on toimia seinävalumuottina, jota ei tarvitse purkaa valun jälkeen. Valuharkoissa on ontelot, jotka ladontatyön aikana raudoitetaan vaakaraudoituksella ja rakenteen lujuuden niin edellyttäessä myös pystyraudoituksella. Kuvassa 1 näkyy hyvin ontelot, joihin rauditus ja betonivalu tulevat. Pystyraudoitus tarvitaan esimerkiksi maanpainesseinissä, joissa maanpaine aiheuttaa seinään vaakakuormaa. Pystyraudoituksen käyttö mahdollisuus on merkittävin ero valuharkon ja muurattavan harkon välillä, koska muurattavassa harkossa voidaan käyttää ainoastaan vaakaraudoitusta. Valuharkkojen ontelot muodostavat ladottaessa verkoston, joka valetaan ladonta- ja raudoitustyön jälkeen täyteen betonilla. (Betoniteollisuus ry 2016.). Betonin kovettuttua rakenteesta muodostuu massiivinen betoniseinä tai eristevaluharkoilla eräänlainen sandwich-rakenne, jossa on kahden betonikuoren välissä eristettä.



Kuva 1. Ladottuja Lammin Betonin MH200 valuharkkoja (Lammin Betoni Oy 2016)

Betoniset valuharkot soveltuvat monenlaisiin perustus- ja seinärakenteisiin. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi sokkeleissa, ulkoseinissä, osastoivissa seinärakenteissa ja maanpaineisiin. Parhaimmillaan valuharkot ovat rakenteissa, joilta vaaditaan hyvää ääneneristävyyttä, osastoivuutta tai korkeaa kuormituskestävyyttä. (Betoniteollisuus ry 2016.) Eristevaluharkoista löytyy ulkoseiniin ja sokkeleihin sopivia vaihtoehtoja matalaenergiarakennuksiin ja passiivitaloihin. Tästä esimerkkinä kuvassa 2 näkyvä Lammin betonin LL-500, jolla saavutetaan seinärakenteen U-arvoksi 0,11 W/m²K.



Kuva 2. Ladottuja Lammin Betonin LL500 eristevaluharkkoja (Lammin Betoni Oy 2016)

2.2 Valuharkkotyön vaiheet

2.2.1 Aloittavat työt

Ennen töiden aloittamista työmaalla järjestetään aloituspalaveri. Aloituspalaveriin osallistuvat työntekijät ja työnjohtajat. Palaverissä käydään läpi suunnitelmat, valuharkkotyön aikataulu, materiaalien, työvoiman, tarvikkeiden ja kaluston saatavuus työhön. Lisäksi käydään läpi työturvallisuuteen liittyvät asiat, työkohteen valmius töiden aloittamiseen, laatuvaatimukset ja niihin liittyvä laadunvarmistus, olosuhteiden vaikutus töihin ja mahdolliset ongelmakohtat. Jos tilaaja edellyttää mallitöiden tekemistä, myös näistä sovitaan aloituspalaverissa. Varmistetaan, että työntekijöille löytyy työssä tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet, kuten silmäsuojaimet, suojakypäriä sekä hengitys- ja kuulosuojaimet. Aloituspalaverin jälkeen varmistetaan, että kaikki työntekijät on perehdytetty työmaalle. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 3.)

2.2.2 Työkohteen vastaanotto

Vastaanotettaessa työkohdetta tarkastetaan, että ladonnan aloittamista edeltävät työvaiheet ovat riittävässä valmiudessa. Ladottavan seinän alle jäävien rakenteiden tulee olla valmiita ja hyväksytyjä. Työkohteen vastaanottotarkastuksesta tehdään pöytäkirja, johon merkitään virheet ja puutteet, jotka tulee olla korjattu ennen töiden aloittamista. Tarkistettavia asioita ovat kapillaarikatkot, anturan riittävä tasaisuus ja tartuntaterästen oikea sijainti. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 3.)

2.2.3 Materiaalien vastaanotto ja varastointi

Valuharkot toimitetaan työmaalle sopimuksen mukaisena ajankohtana toimitusehdon mukaan joko purkavalla autolla tai vapaasti työmaalle toimitettuna, jolloin työmaalla on oltava purkava työkone, joka on varustettu vähintään 1 200 mm pitkillä trukkipiikeillä (Lujabetoni Oy, Valuharkkojen ME-380 ja ME-400 työohje 2010, 4). Valuharkkojen kunto tarkastetaan vastaanoton yhteydessä ja ne varastoidaan työmaalla ennalta sovitulle, tasaiselle ja harkkojen painon kestäväälle varastoalueelle. Valuharkkoja käsitellään ja varastoidaan suojattuina, jotteivat ne vaurioituisi. Alimman valuharkkokerroksen tekemiseen tarvittavalle laastille valmistellaan laastiasema sekä kuljetusreitit harkoille ja laasteille. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 4.)

2.2.4 Kaluston, koneiden ja olosuhteiden tarkastus

Alimman valuharkkokerroksen tekemiseen tarvittavalle laastille valmistellaan laastiasema sekä kuljetusreitit harkoille ja laasteille. Tarkistetaan, että olosuhteet työkohteessa ovat sellaiset, että työssä vaadittava laatutaso on saavutettavissa. Siirtokoneiden, telineiden ja laitteiden kunto ja soveltuvuus työhön tarkastetaan. Järjestetään sähkön ja veden saanti työkohteeseen ja varmistetaan työkohteen siisteys ja riittävä valaistus. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 4.)

Työssä tarvittavaa kalustoa ovat esimerkiksi

- betonimylly
- telineet
- kottikärrit
- linjalanka
- mittausvälineet
- työkone siirtoja varten esim. kurottaja
- muurausjohteet
- hakastaivutin
- lankasakset
- ja timanttilaikalla varustettu kulmahiomakone.

2.2.5 Mittaus

Perusmuurin tai seinän paikka mitataan työmaan käytännön mukaan linjapukkeihin asetettujen linjalankojen mukaan, työmaan mittapisteistä mittaamalla tai takymetrimittauksella. Kulmapisteet merkitään alapuolisen rakenteen päälle ja näiden merkkien mukaan merkitään muurauslinjat sekä asennetaan valmiit alumiiniset muurausjohteet tai puiset linjalaudat pystysuoraan. Linjoja merkitessä ja johteita asentaessa huomioidaan mahdollisen pintakäsittelyn vaatima työvara. Johteeseen tai linjalautaan valuharkkojen kerroskorkeudet, jotta voidaan tarkkailla ladonnan pysymistä vaakasuorassa. Aukkojen paikat merkitään muurauslinjalle ja aukkojen korot johteisiin. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 4.) Valuharkkoilla jako suunnitellaan lähtemään kulmasta erillisellä kulmapalalla ja aukkojen pieliin suunnitellaan sopivat palat (Lujabetoni Oy 2010, 5).

2.2.6 Telineyöt

Telineet kootaan työkohteeseen sovittuna ajankohtana ladontakerrosten kohottua niin sanottuun telinekorkeuteen. Telineasennuksissa noudatetaan työmaan telinesuunnitelmaa ja telineiden on oltava riittävän lujia, jäykkiä ja hyvin tuettuja, jotta ne kestäisivät valuharkkojen painon. Telineissä täytyy olla aina turvalliset työtasot ja kulkutiet. Työtason leveyden täytyy olla minimissään 1,2 m ja 1,8 m, kun telineitä käytetään työskentelyn lisäksi työssä tarvittavan materiaalin väliavarastointiin. Työtasojen tulee sijaita työn tekemisen kannalta oikealla korkeudella ja telinetasoja nostetaan ladonnan edetessä. Telineen nostoväli on riippuvainen harkkojen koosta ja tehtävästä rakenteesta. Tavallisesti nostoväli on noin 1,5 m, mutta painavemmilla harkkoilla väli on yleensä matalampi. (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 4.)

2.2.7 Valuharkkojen ladonta, raudoitus ja betonointi

Ladonnan aloituskorko on anturan korkein kohta +5 mm ja se etsitään käyttämällä esimerkiksi tasolaseria (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 7). Ensimmäinen valuharkkokerros ladotaan mahdollisimman suoraan käyttämällä tasauslaastia tai kiiloja. Ensimmäisen kerroksen suoruteen on syytä kiinnittää erityistä huomiota, sillä seuraavat kerrokset ladotaan toistensa päälle ilman laastia ja tästä johtuen kaikki vaakasuoruuden korjaukset ylemmissä harkkokerroksissa ovat hankalia. Vaakasuoruus tarkistetaan riittävän usein ja mahdollisesta oikaisusta syntyvät raot täytetään ennen betonointia laastilla. Harkot ladotaan (kuva 3) kerros kerrallaan kulmasta lähtien käyttäen apuna linjalankaa, joka nostetaan ja kiristetään harkkokerroksen vaihtuessa. Valuharkkojen eristeiden saumat tiivistetään uretaanivaahdolla ladonnan yhteydessä ja harkkoja voidaan tarvittaessa katkaista kulmahiomakoneella, joka on varustettu timanttilaikalla. (Lujabetoni Oy 2010, 4-5.)



Kuva 3. Valuharkkojen ladontatyö (Lammin Betoni Oy 2016)

Valuharkkoseinä raudoitetaan vaakarautojen osalta ladontatyön edetessä kerroksittain ja pystyteräket asennetaan seinään ennen betonointia, mutta pystyteräsiä asentaessa on kuitenkin varottava seinässä mahdollisesti olevia vesi- ja sähköasennuksia. Pystyteräsiä asentaessa on huomioitava myös riittävät jatkospituudet ja pelkästään vaakaraudoitettuun seinää asennetaan pystyyn vain työsaumaraudoitteet esim. 150+150 k300. (Lujabetoni Oy 2010, 5.)

Ikkuna- ja oviaukkojen pielet voidaan joko muotittaa tai tehdä valmiilla päätyharkoilla. Aukon ylälaita on aina muotitettava puutavaralla tai tehtävä aukonylitysrraudalla ja tuettava valupainetta vastaan pystytuilla. Palkit raudoitetaan rakennepiirustusten mukaan. Aukkojen pieliin ensimmäiseen täyteen onteloon asennetaan 8 mm pystyteräs, jos rakennesuunnitelmissa ei mainita muuta. (Lujabetoni Oy 2010, 6.)

Vesi- ja sähköasennusten pystyvedot pystytään tekemään valuharkon onteloissa ja ne tulisi tehdä ennen betonointia, jolloin asennuksille ei tarvitse tehdä roiloja. Sähköasennukset täytyy aina putkittaa ja valuharkkoseinässä tehdään vain pystysuuntaisia putkituksia, kun taas vaakasuuntaiset putkitukset tehdään aina vaakarakenteissa, kuten väli- ja yläpohjissa. (Lujabetoni Oy 2010, 6.)

Muottiharkkoseinää voidaan latoa maksimissaan kolme metriä kerrallaan ja korkeammat seinät on tehtävä useammassa osassa (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 8). Betonointi tehdään lähes aina pumppuvaluna pienimmällä letkukoolla ja betonimassana suositellaan käytettäväksi lujuusluokan K35-2 itsestivistävää ja säänkestävää betonimassaa. Betonointi tehdään noin 1 metrin korkuisina kerroksina, jotta harkkoille ei aiheudu liian suurta valupainetta. Jos betonoinnissa ei käytetä itsestivistävää betonia, on betoni tiivitettävä pienellä sauvatäryttimellä tai harjaterässullonnalla. Betonointia voidaan helpottaa kastelemalla ontelot ennen valua. Pakkassäällä kastelua ei kuitenkaan tehdä jäätymisvaaran takia. Rakennetta ei saa myöskään kastella niin paljon, että vesi lammikoituu rakenteen pohjalle. (Lujabetoni Oy 2010, 6-7.)

2.2.8 Jälkihoito ja lopettavat työt

Harkkojen pinnat puhdistetaan heti valun jälkeen karkealla harjalla tai suihkuttamalla vedellä. Puhdistus on tärkeää, koska sen avulla vähennetään tarvittavaa etuputsityötä ja tasoitetyötä. Betonin halkeilun estämiseksi rakenne pidetään kosteana vähintään kolme päivää, kesällä jopa viikon ajan. (Lujabetoni Oy 2010, 7.) Rakenne suojataan tarvittaessa sateelta tai liian nopealta kuivumiselta. Varsinaisten töiden päätyttyä puhdistetaan työvälineet, astiat ja telineet (Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Ratu 42-0290 2005, 9.)

2.2.9 Valuharkkomenetelmän hyvät ja huonot puolet

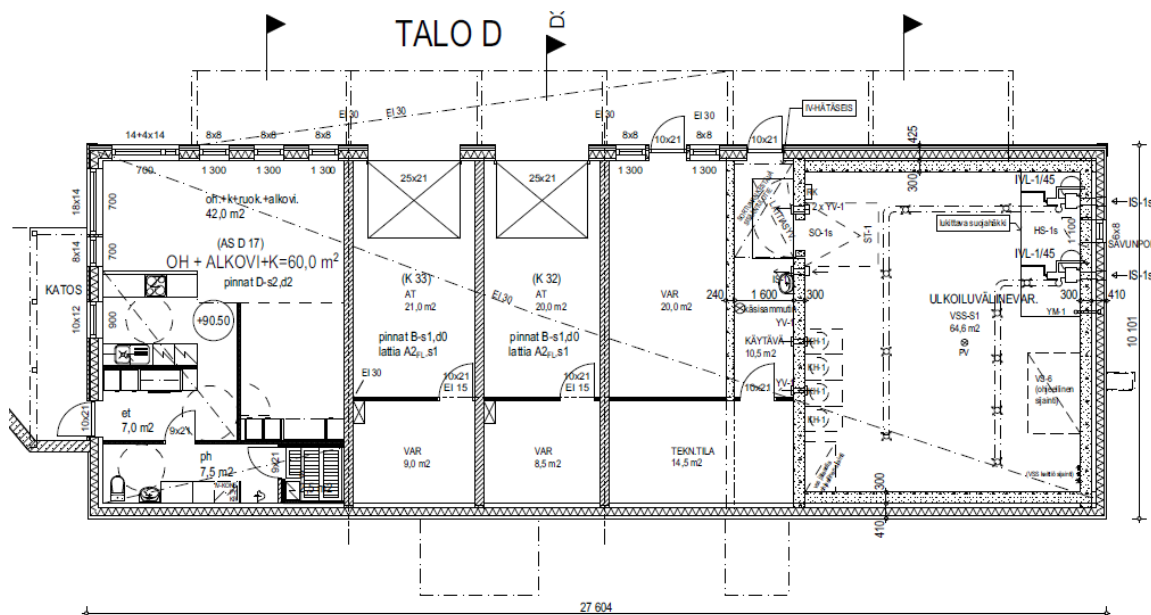
Valuharkkomenetelmän hyvänä puolena on, että valuharkkoilla saadaan helposti lähes tasoitevalmista pintaa, koska harkot ovat erittäin mittatarkkoja. Valuharkkotyön suorittaminen on melko yksinkertaista, joten uusi työntekijä on helppo perehdyttää työhön nopeasti. Valuharkkoseinän rakentamiseen ei tarvita laastia alinta riviä lukuunottamatta, mikä säästää työtä verrattuna harkkomuuraukseen. Valuharkkoseinään tehtävät sähkö- ja vesiputkitukset voidaan tehdä roiloamatta harkkojen valuonteloissa, mikä ei ole mahdollista harkkomuuratussa seinässä.

Valuharkkomenetelmän huonona puolena on, että painavien valuharkkojen ladonta on fyysisesti erittäin kuormittavaa työtä, mikä voi aiheuttaa tuki- ja liikuntaelinsairauksia ja tästä johtuen lisätä sairaspöissaoloja. Työmenetelmä on myös melko aikaa vievä, mikä on todettu käytännössä työmaalla ja tämän opinnäytetyön laskelmissa.

2.3 Laskentakohteen toteutus valuharkkorakenteella

Tässä kohdassa esitellään kohteen suunnitelmat ja käytännön toteutus valuharkkorakenteella laskentakohteessa. Laskentakohteena tässä opinnäytetyössä toimii As Oy Kuopion Niilonrannan talo D:n 1.kerros (kellari). Kohteesta oli opinnäytetyön tekemisen aikaan saatavilla vain arkkitehti piirustukset. Valuharkkorakenteeseen oli kuitenkin saatavilla edellisen vastaavan tilaajan rakentaman kohteen rakennepiirustukset, joita voidaan soveltaa tähän kohteeseen. Kohteen laskennassa käytetään kuvissa 4 - 9 näkyviä piirustuksia, joihin sisältyy pohjapiirustus, leikkauspiirustus, julkisivupiirustukset ja rakenneleikkauksia. Kohteen on suunnitellut Arkkitehtuuritoimisto Visio Oy.

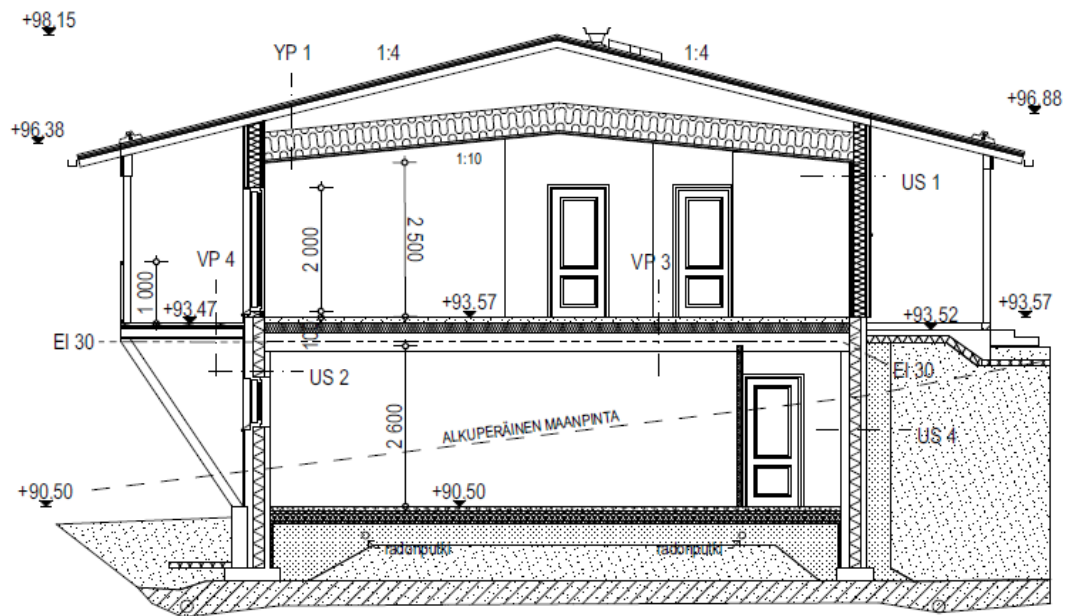
Pohjapiirustuksesta (kuva 4) nähdään, että 1. kerroksessa sijaitsee väestönsuoja, varastotiloja, tekninen tila, kaksi autotallia ja asunto. Väestönsuojan seinät rakennetaan tässä rakenneratkaisussa paikallavalettuna. Ulkoseinät rakennetaan valuharkkorakenteisina lukuunottamatta asunnon puoleisen päätyseinän (kuva 8) tiiliverhoitua osaa, jonka rungon toteutustavaksi valittiin ohutsaumamuurattu kalkkikiiekkaharkko. Kantavat väliseinät ovat valuharkkorakenteisia.



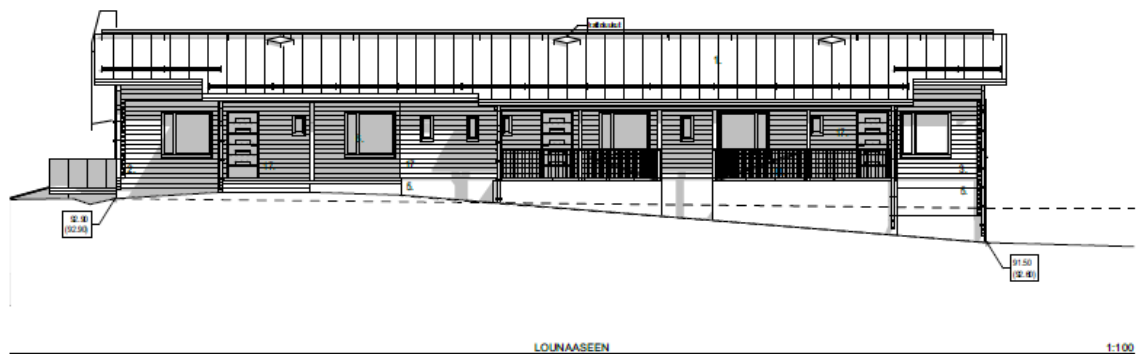
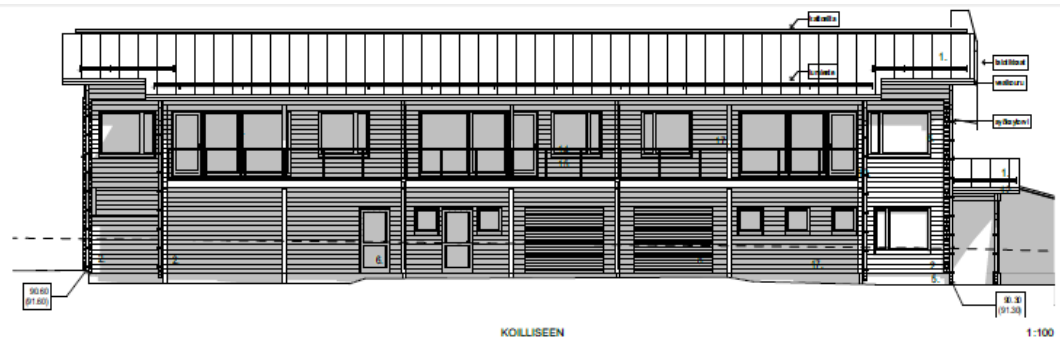
Kuva 4. Pohjapiirustus. Pohjapiirustuksesta mitataan seinien pituudet ja aukotukset pinta-alojen laskentaa varten.

Väestönsuojan seinärakenteena toimii 300 mm paksu paikallavalettu betoniseinä (kuva 9). Ulkoseinärakenteina toimivat 400 mm paksu eristevaluharkkoseinä (kuva 9) ja 425 mm paksu kahirunkoinen seinä, jossa on julkisivumuuraus, tuuletusväli, eristekerros ja ohutsaumamuurattu kalkkikiiekkaharkko. Väliseinärakenteena toimii 200 mm paksu valuharkko.

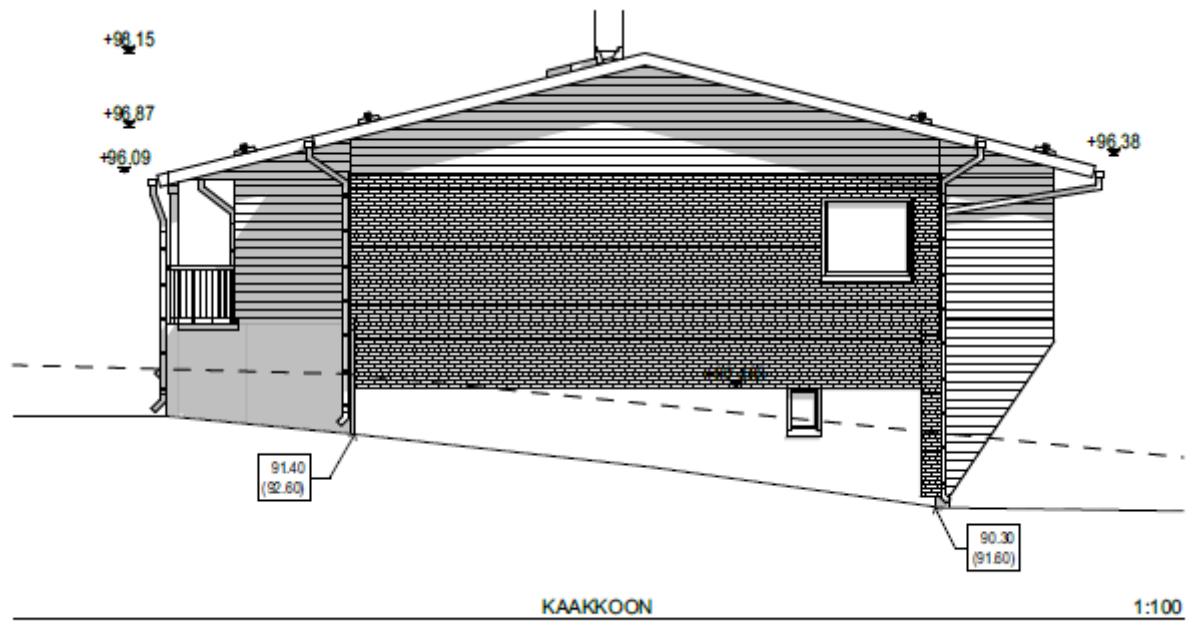
Kellarin rakentaminen aloitetaan väestönsuojasta, jonka seinille tehdään levymuotit. Ensin tehdään työmuotti, johon kiinnitetään raudoitteet ja väestönsuojan varusteet. Muotti tuplataan, minkä jälkeen väestönsuojan seinät voidaan valaa betonista. Valun kovetuttua seinien muotit puretaan, minkä jälkeen aloitetaan ulkoseinien ladonta eristevaluharkoista. Ulkoseinät ladotaan, raudoitetaan ja valetaan. Kantavat väliseinät ladotaan valuharkosta ulkoseinien väliin. Väliseinien valun jälkeen kellarin runko on pintatöitä vaille valmis. Betonipinnat hiotaan ja tehdään mahdollisesti tarvittavat etuputsityöt, minkä jälkeen betonipinnat ovat valmiita muihin työvaiheisiin. Valuharkkoseinien ulkopuolen näkyvät osat pinnoitetaan rakenteen kuivuttua riittävästi.



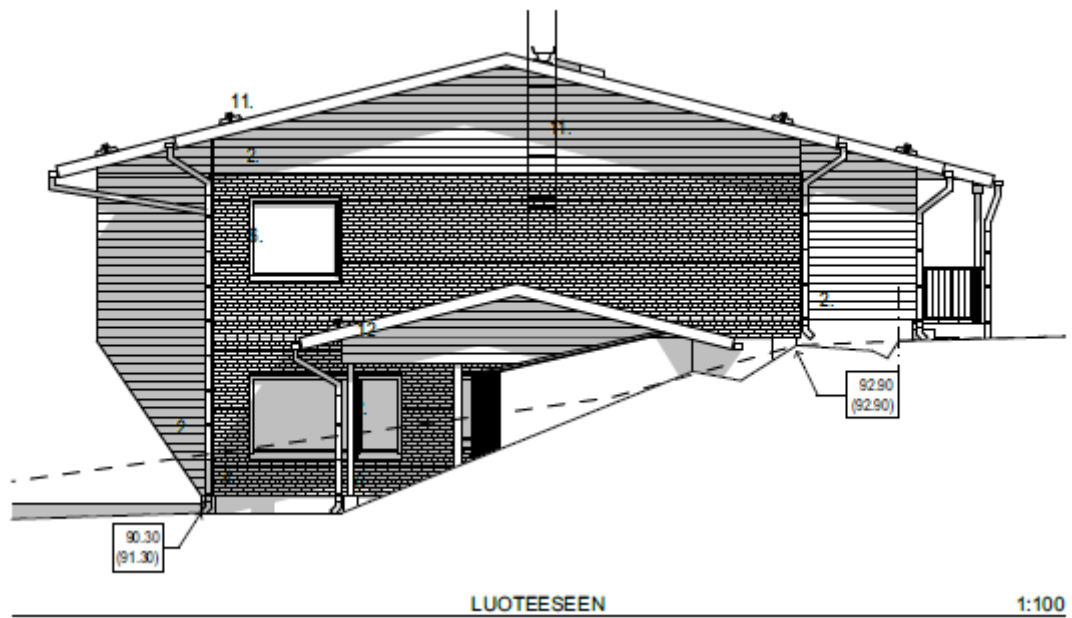
Kuva 5. Leikkauspiirustus. Leikkauspiirustuksesta mitataan seinien korkeudet pinta-alojen laskentaa varten.



Kuva 6. Julkisivut koilliseen ja lounaaseen. Julkisivupiirustuksista saadaan maanpintojen korkojen avulla määritettyä maanpaineeseinissä käytettävien kuorielementtien korkeuksia.



Kuva 7. Julkisivu kaakkoon



Kuva 8. Julkisivu luoteeseen

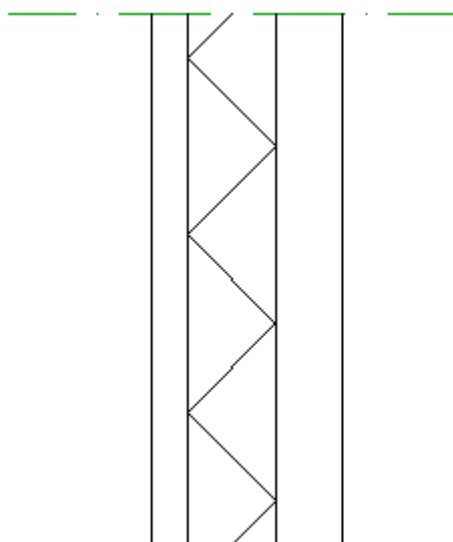
3 BETONIELEMENTTISEINÄTYÖT

Teollinen betonielementtituotanto alkoi yleistyä Suomessa 1960-luvulla rakentamismenetelmien kustannuseroja tasoittaneiden liikevaihtoverotuksen muutosten myötä. Samalla vuosikymmenellä aloitettiin avoimen betonielementtijärjestelmän kehitystyö. BES-järjestelmää kehittänyt tutkimus valmistui vuonna 1970 ja se yhdenmukaisti elementtien mitoituksen. Tämä helpotti suunnittelijoiden työtä ja elementtituotantoa. Suomesta tuli edelläkävijä avoimen elementtijärjestelmän käytössä BES-järjestelmän käyttöönotosta johtuen. (Hytönen ja Seppänen 2009, 58 - 59, 96 - 98.)

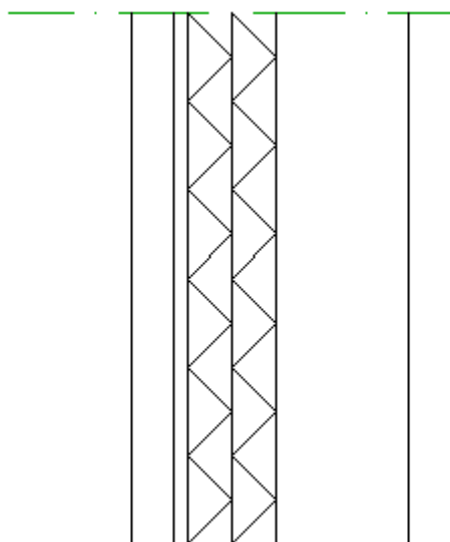
Järjestelmän perustana toimii elementtirakenteisissa taloissa yleisesti välipohjarakenteena käytävä 1 200 mm leveä ontelolaatta. Muut rakennuksen runkomittoina käytetään 12M-moduulimitan kerrannaisia ja liittyvien rakenteiden mittoina 3M-moduulimitan kerrannaisia. (Hytönen ja Seppänen 2009, 98.) BES-järjestelmän käyttö on vakioinut betonielementtien mittoja ja lisännyt elementtirakentamisen suosiota Suomessa. Nykyään talonrakentamisessa betonielementtirakenteiden osuus rakennusrungoista on noin 33 % ja julkisivuista noin 15 %. (Betoniteollisuus Ry 2016b.)

3.1 Betoniset seinäelementit

Betonisia seinäelementtejä käytetään rakennuksen kantavassa rungossa, osastoivissa rakenteissa ja julkisivuissa. Betoniset seinäelementit voidaan jaotella elementtityypin perusteella kuorielementteihin (kuva 11), sandwich-elementteihin ja väliseinäelementteihin. Kuorielementit ovat nimensä mukaisesti erillisiä betonikuoria, jotka eristetään pystyksen jälkeen rakennustyömaalla. Sandwich-elementeissä (kuva 10) on kahden betonisen kuoren välissä eristemateriaalia ja ulkokuoren tartunta-ansaat. Sandwich- ja kuorielementtejä käytetään rakennuksen julkisivuissa kantavina rakenteina ja julkisivupintana. Väliseinäelementit ovat myös betonisia kuorielementtejä, mutta ne eritellään käyttötarkoituksen perusteella eri nimikkeen alle johtuen siitä, että väliseinäelementtejä käytetään rakennuksen sisällä kantavina, jäykistävinä ja osastoivina seinärakenteina. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2004, 453 - 455.)



Kuva 10. Rakennetyyppiin kuuluva 430 mm paksu sandwich-elementistä



Kuva 11. Rakennetyyppiin piirustus väestönsuojan ulkoseinästä, joka on rakennettu erilliskuurilla.

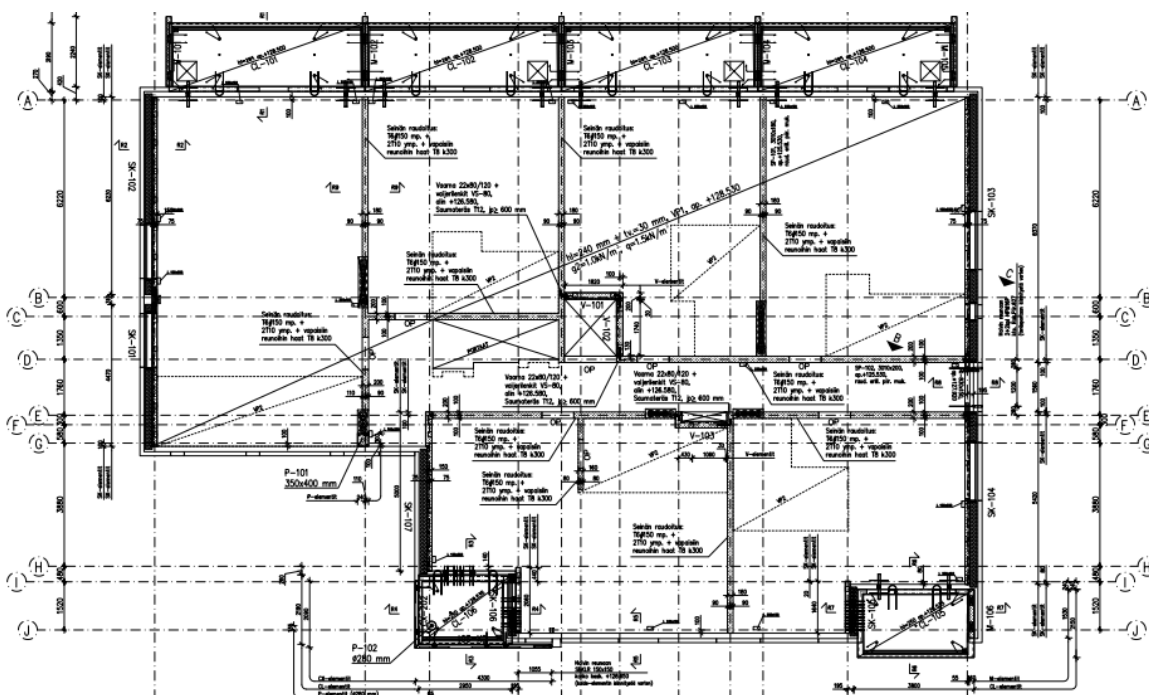
3.2 Betonielementtiseinätyön vaiheet

3.2.1 Aloittavat työt

Ennen töiden aloittamista elementtiasennukseen osallistuvat työntekijät ja työnjohtajat pitävät aloituspalaverin, jossa sovitaan työn toteuttamiseen liittyvät asiat. Aloituspalaverissa varmistetaan, että asennustyöryhmällä on käytettävissään uusimmat suunnitelmat, kuten urakkaohjelma, elementtein asennussuunnitelmat ja rakennepiirustukset. Lisäksi varmistetaan elementtien toimitusaikataulujen paikkansapitävyys. Suunnitelmat käydään tarkasti läpi aloituspalaverissa mahdollisten ongelmakoh- tien ja huomittavien asioiden havaitsemiseksi. Muita palaverissa käsiteltäviä asioita ovat elementti- asennuksen aikataulu, asennuksen limittyminen muihin töihin, kalusto, rakenteen laatuvaatimukset ja laadunvarmistus, työturvallisuusasiat, työmenetelmät- ja järjestys ja lisäksi sovitaan mahdollisesta mallityökäytännöstä. Lisäksi selvitetään työssä käytettävät koneet ja laitteet, runkorakenteiden työn- aikaiset tuennat ja vahvistukset sekä toiminta vaaran tai onnettomuuden sattuessa. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 5.)

Asennustyö tulee suunnitella siten, että elementtiasennuksen ja sen aputöiden yhteydessä ei tehdä päällekkäisiä työturvallisuutta ja työterveyttä haittaavia tai vaarantavia töitä. Asennustyön kulku ja limitys muihin töihin suunnitellaan mahdollisimman sujuvaksi siten, että seuraava työkohte vapaana edellisen valmistuttua. Kalustojen siirrot yritetään pitää mahdollisimman vähäisinä ja tarpeeton kulku asennustyöalueella estetään. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 5.)

Aloituspalaverin jälkeen varmistetaan, että asennustyöryhmällä on käytettävissä riittävä määrä hen- kilökohtaisia suojarusteita. Työmaalla käytetään suojakypärää sekä tarvittaessa silmäsuojaimia, hengityssuojaimia ja kuulosuojaimia. Asentajat ja nosturinkuljettajat perehdytetään työmaalle ja var- mistetaan, että asentajilla ja nosturinkuljettajalla on yhtenevä käsitys elementtien asennusjärjestyk- sestä. Asennusjärjestys suunnitellaan elementtien asennuspiirustusta, jollaisesta on esimerkki ku- vassa 12, hyödyntäen ja hyväksytetään rakennesuunnittelijalla. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 5.)



Kuva 12. Esimerkki elementtien asennuspiirustuksesta. Kuvasta käy ilmi elementtien tunnuksat ja sijainti rakennuksessa.

3.2.2 Työvälineiden tarkastus

Asennustyöhön käytettävät koneet, kalusto ja materiaali siirretään työkohteeseen. Työkoneiden, kaluston ja materiaalin soveltuvuus, toimivuus ja turvallisuus tarkastetaan. Erityisen tärkeää on tarkastaa laikkojen ja terien soveltuvuus aiottuun työstämiseen sekä varaterien ja -laikkojen riittävyys. Työnjohtaja ja ajoneuvonosturinkuljettaja tekevät nosturille käyttöönotto tarkastuksen, josta laaditaan pystytyspöytäkirja, joka toimitetaan päätoteuttajalle. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 5.)

Työssä tarvittavaa välineistöä ovat esimerkiksi

- elementtituet
- iskuporakone
- piikkauskone
- betoniruuvit
- betonimylly
- puikkohitsauskone
- kulmahiomakone timanttilaikalla
- elementtikangat
- talja, esim. 4 tn vaijeritalja
- mutterinväännin
- nosturilla siirrettävä pakki työkaluja varten
- työpukkeja ja a-tikkaita
- ja turvalajjat.

3.2.3 Työkohteen valmistelu

Työkohte otetaan vastaan ja tarkastetaan edeltävien työvaiheiden valmius. Työkohteen vastaanototarkastuksesta laaditaan muistio, johon kirjataan ylös huomautetut virheet ja puutteet. Virheet ja puutteet laitetaan kuntoon ja tarkastetaan ennen elementtien asennusta. Työkohteeseen järjestetään sähkö, vesi ja jäteastiat sekä olosuhteiden niin vaatiessa valaistus. Asennustyökohte erotetaan tarpeettoman liikumisen estämiseksi muusta työmaasta esimerkiksi lippusiimalla. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 6.)

3.2.4 Elementtien vastaanotto ja varastointi

Työmaalle saapuvat elementtikuormat tarkastetaan ja mahdolliset virheet, puutteet ja vauriot merkitään rahtikirjaan. Tarvittaessa vaurioituneet elementit (kuva 13) kuvataan ja vauriot raportoidaan elementtitoimittajalle. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 6.)



Kuva 13. Vaurioituneen elementin julkisivupinnasta on rikkoutunut kulma. Taustalla näkyy elementtien nostoihin käytettävä ajoneuvonosturi. (Oksman 2015)

Jos elementtejä ei asenneta suoraan kuormasta, ne varastoidaan työmaalle kampatelineisiin tai puretaan kuormasta konttitalineessä. Varastoalueen pohjan täytyy olla kova, kantava ja vaakasuora. Varastotelineen painuminen estetään pohjalevyillä sekä aluspuilla ja sen vakautta tulee tarkailla aina, kun telineen kuormitusta muutetaan. Elementtien eristeet suojataan kastumiselta varastoinnin ajaksi. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 6.)

3.2.5 Paikalleenmittaus ja alustan tasaus

Seinäelementtien paikat mitataan rakennuksen mittalinjoista tai työmaalle paikannetuista mittapisteistä käyttäen takymetriä, teodoliittiä tai mittaa. Asennuslinjat tai -paikat merkitään selkeästi ja siten, että ne pysyvät näkyvissä asennustyön edetessä. Elementtien asennuskorot mitataan vaaituskojeella tai tasolaserilla. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 7.)

Asennuskorko alustan mukaan määritetään etsimällä alustan korkein kohta esimerkiksi tasolaserilla. Korkeimmalle kohdalle asetetaan 10 mm korkea asennuspala tai 20 mm korkea asennuspala, jos elementin alasauma valetaan jälkivaluna. Asennuspaloja laitetaan elementtien molempiin päihin ja palojen korko määritetään tasolaserilla ja erikorkuisia asennuspaloja käyttämällä sellaiseksi, että elementit ovat asennuksen jälkeen vaakasuorassa. Alusta puhdistetaan jäästä, vedestä ja epäpuhtauksista sekä tarvittaessa timanttihiotaan tai piikataan tasaiseksi. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 7.)

3.2.6 Betonielementtien asennus ja tuenta

Kun elementtien asennusjärjestys on suunniteltu ja hyväksytetty rakennesuunnittelijalla voidaan aloittaa elementtiasennus. Ulkoseinät asennetaan ensin ja väliseinät niiden jälkeen. Sandwichelementtejä asennettaessa eristekerroksen kohdalle laitetaan villakaista ennen elementinasennusta. Elementin asennus aloitetaan levittämällä juotosbetoni sandwichelementin sisäkuoren, väliseinäelementin tai erillisen sisäkuoren alle. Juotosbetonikerroksen tulee olla hieman paksumpi kuin asennuspalojen korkeus, jotta betoni tarttuisi kauttaaltaan elementin pohjaan. Elementin nostolenkkeihin kiinnitetään nostoraksit, joissa täytyy olla lukkiutuvat koukut. Nostoapuvälineiden tulee olla tarkastettuja ja niissä pitää näkyä suurimmat sallitut kuormitukset. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 7.)

Holvilta puretaan kaiteet tulevan elementin kohdalta ja tästä johtuen asennustyössä on käytettävä turvavaljaita. Elementit nostetaan paikalleen suunnitellussa järjestyksessä. Nostot tehdään vapaiden alueiden kautta ja nostoalueelle liikkuminen estetään lippusiimojen ja puomien avulla. Nosturin kuljettajan ja asentajien välillä on oltava joko näkö- tai radioyhteys. Oman kokemuksen mukaan radioyhteys on yleensä parempi, koska tällöin elementin nostoa pystyy ohjaamaan tarkoilla ohjeilla käsi-merkkien sijaan. Elementin nostoa ohjataan käsimerkellä tai radiolla ja tarvittaessa ohjausköydellä. Elementin paino lasketaan ensin osittain asennuspalojen varaan. Elementin sijainti tarkastetaan ja säädetään tarvittaessa elementtikangilla. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 7 - 9.)



Kuva 14. Valmis sandwich-elementtiasennus Juha Semberg Oy:n paritalotyömaalla (Oksman 2015)

Kun elementti on saatu oikeaan paikkaan, tuetaan elementti vähintään kahdella elementtituella. Elementtituet voidaan kiinnittää pulteilla elementteihin tehtaalla valettuihin sisäkierreankkureihin tai betoniruuveilla, joille porataan reikä elementtiin. Holviin elementtituet voidaan kiinnittää muottiluokilla sinne valettuihin tartunta rautoihin, pulteilla sisäkierreankkureihin tai betoniruuveilla, jos holvissa ei ole putkia, jotka voisivat rikkoutua porattaessa.

Elementtitukien sokat kiinnitetään ja tuet kiristetään. Nosturinkuljettaja laskee merkistä nostoraksit löysälle ja nostoraksit irroitetaan elementistä. Elementin pystysuoruus tarkistetaan pitkän vesivaa'an avulla useasta eri kohdasta. Elementin pystysuoruutta säädetään kiristämällä ja löysäämällä elementtitukia. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 9.) Kuvissa 14 ja 15 näkyy elementtituilla pystyyn tuettuja sandwichelementtejä.



Kuva. 15 Paritalon sandwich-elementtirunko. Elementtituet näkyvät 2. kerroksen ikkunaaukoista (Oksman 2015).

Elementin alasauma puhdistetaan muurauskauhalla ylimääräisestä juotosbetonista seuraavien työvaiheiden helpottamiseksi. Kun yhden seinä kaikki elementit on saatu asennettua, oikaistaan seinälinja ja elementtilinjan pienet mittavirheet tasataan elementtien paikkaa ja elementtitukien säätöjä muuttamalla. Sandwichelementtien saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla, jos niissä ei ole käytetty villakaistaa. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 10.)

3.2.7 Juotosbetonointi

Elementtisaumoihin valmiiksi asennetut vaijeri- tai teräsenkitit taivutetaan rakennesuunnitelmien mukaan ja saumoihin asennetaan tarvittavat raudoitteet. Saumat muotitetaan ja valetaan joko pystysaumabetonoinnilla tai juotosvaluna. Notkistettua juotosbetonia ei tarvitse tiivistää. Juotoksista syntyneet betoniroiskeet ja valumat puhdistetaan heti valun päätyttyä. Saumojen betonoinnissa talvi aikaan on turvattava betonin riittävän lujuuden kehitys. Liitoskohta voidaan suojata esimerkiksi eristematolla ja betonoinnissa voidaan käyttää pakkas- tai kuumabetonia. Saumaa voidaan lämmitellä lankalämmityksellä ja betonin lujuuden kehitystä seurataan lämpötilamittauksilla. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 11 - 12.)

3.2.8 Lopettavat työt

Saumojen jälkihoito tehdään suojaamalla ja kastelemalla saumoja halkeilun estämiseksi. Työvälineet sekä koneet puhdistetaan ja viedään takaisin varastoon. Työkohde siivotaan jätteistä ja juotosbetoniroiskeista ja lisäksi jätteet lajitellaan ja viedään jätelavoille odottamaan toimitusta jatkokäsittelyyn. Saumavalujen muotit puretaan, puhdistetaan ja varastoidaan uudelleenkäyttöä varten, mutta elementtituet poistetaan vasta saumavalujen saavutettua riittävän, rakennesuunnittelijan määrittelemän lujuuden. Elementtituet jätetään työnaikaisen jäykistyksen niin edellyttäessä paikallisen esimerkiksi seinien varaan tulevan holvin valuun ja kovettumiseen saakka. (Kivimäki ja Koistinen 2012, 12.)

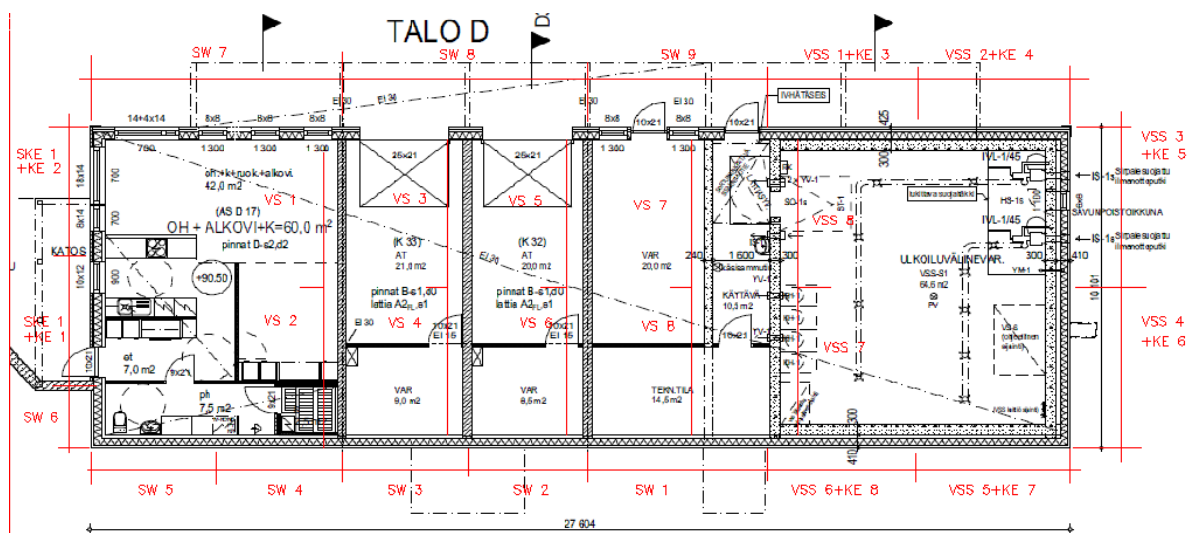
3.2.9 Betonielementtimenetelmän hyvät ja huonot puolet

Elementtirakentamisen hyvänä puolena on, että rakennuksen runko saadaan korkeasta esivalmistusasteesta johtuen nopeasti pystyyn. Tästä johtuen myös vesikatto saadaan nopeammin valmiiksi ja rakenteet saadaan nopeammin säältä suojaan kuin paikalla rakennettaessa. Elementoinnilla saavutetaan lyhyempi rakennusaika, josta saadaan kustannussäästöjä työmaan käyttökustannuksista. Elementointi helpottaa työsuunnittelua, koska työmaalla tehtävä työmäärä on huomattavasti pienempi kuin paikalla rakennettaessa.

Elementtirakentamisen huonona puolena on suuri kustannusriski esimerkiksi elementtitoimitusten viivästymisen takia, koska betonielementtien nostoihin tarvitaan yleensä suuritehoinen ajoneuvonosturi. Elementtien mittaheitot voivat toleranssien puitteissa olla verrattain isoja, mikä voi lisätä etuputs- ja tasoitettöiden määrää huomattavasti.

3.3 Laskentakohteen toteutus elementtirakenteisena

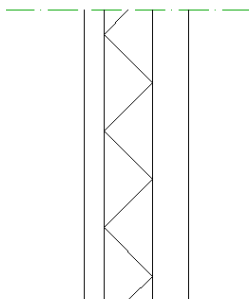
Tässä kohdassa esitellään, kuinka kohde toteutettaisiin elementtirakenteisena. Kohteesta ei ollut saatavilla rakennesuunnitelmia, joten opinnäytetyön laskentaa varten hahmoteltiin mahdollinen elementtikaavio (kuva 16). Elementtikaavioon suunniteltiin mahdolliset elementtijaot ja elementtityypit. Muutoin laskelmissa on käytetty kuvissa 4-8 näkyviä arkkitehtisuunnitelmia. Koko kellarin runkorakenteet mukaan lukien väestönsuoja toteutetaan tässä vaihtoehdossa elementtirakenteisina.



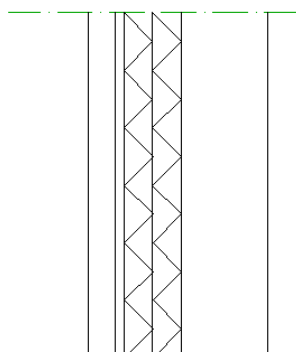
Kuva 16. Laskentaa varten laadittu elementtikaavio. Elementtikaaviosta nähdään millaisia elementtejä rakennuksen eri osissa sijaitsee.

Betonielementein toteutetut seinärakennetyypit ovat kuvan 16 mukaisesti

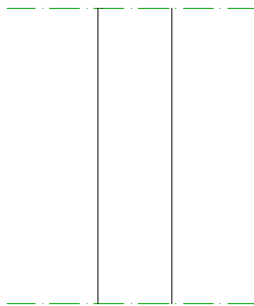
- SW, sandwich-elementti 430 mm (ulkokuori 80 mm, eriste 200 mm, sisäkuori 150 mm)



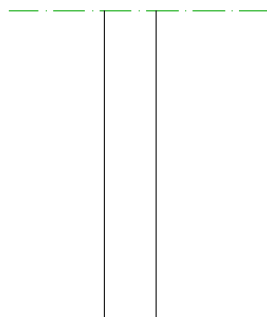
- VSS + KE, väestönsuojaelementti 300 mm, eriste 200 mm, tuuletusväli, ulkokuorielementti 100 mm (rakenteen kokonaisvahvuus 630 mm)



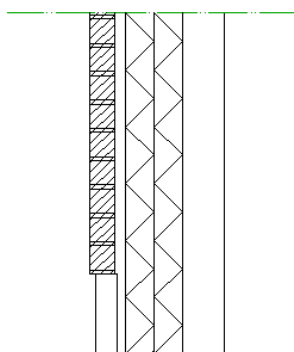
- VSS, väestönsuojaelementti 300 mm



- VS, väliseinäelementti 200 mm



- Ja SKE + KE, sisäkuorielementti 150 mm, eriste 200mm, tuuletusväli, sokkelikuorielementti ja julkisivumuuraus 85 mm (rakenteen kokonaisvahvuus 455 mm).



Seinäelementtien asennus aloitetaan ulkoseinien runkoelementeistä, joita ovat tässä kohteessa väestönsuojaelementit, sandwich-elementit ja yksi sisäkuorielementti. Kun ulkoseinien runkoelementit on saatu asennettua, asennetaan väliseinäelementit. Kun runkoelementit on saatu asennettua ja tuettua pystyyn, tehdään tukkolaudoitukset ja valetaan saumojen juotosbetonoinnit. Tukkolaudoitukset puretaan, tehdään eriliskuorten eristykset ja asennetaan ulkokuorielementit. Ulkokuorielementit saumataan saumanauhalla ja kitillä. Betonipinnat hiotaan ja tehdään etuputsityö, minkä jälkeen elementtirunko on valmis seuraaviin työvaiheisiin.

4 KUSTANNUSTEN LASKENTA

4.1 Kustannuslaskenta rakennusalalla

Rakennusalan kustannuslaskennalla pyritään suunnitelmista laskettujen määrien perusteella ennustamaan rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia (Haataja 2014a). Määrälaskenta muodostaa ensimmäisen vaiheen rakennuksen kustannuslaskennassa. Määrälaskennan tarkoitus ja tavoite on tuottaa tarkkoja määrätietoja rakenteista kustannuslaskentaa varten. Hyvin onnistunut ja tarkka määrälaskenta on perusedellytys tarkalle kustannusten laskennalle. Määrälaskennan tuloksena syntyy määräluettelo, josta käyvät ilmi rakennuskohteen suoritteet, työt ja hankinnat. (Haataja, 2014b.)

Määrät lasketaan lähtökohtaisesti teoreettisina ja materiaalien hukkaprosentit käsitellään hinnoittelun yhteydessä. Jos tästä poiketaan, on siitä aina ilmoitettava erikseen määräluettelossa. Määrät pyritään laskemaan paikottain, jolloin helpotetaan muuta tuotannon suunnittelua, kuten aikataulujen laadintaa ja materiaalien tilaamista. (Haataja, 2014b.) Määrien laskennassa noudatetaan laskentaohjeita, jotka voivat olla yrityskohtaisia tai yleisessä käytössä olevia, kuten Talo-80 -määrälaskentaohje. Tämän opinnäytetyön määrälaskennat noudattavat Talo-80 -määrälaskentaohjetta.

Määrät lasketaan mittaamalla mittaamalla sähköisistä tai paperisista suunnitelmista, arvioimalla tai työselostuksista. Määrälaskennassa on pyrittävä huolellisuuteen, koska virheet määrälaskennasta aiheuttavat virhettä kustannusarvioon. Tyypillisimpiä virheitä määrälaskennassa puuttuvat nimikkeet, laskuvirheet ja samojen määrien laskeminen moneen kertaan. (Haataja, 2014b.)

Saaduille määrille tehdään hinnoittelu, jonka jälkeen laskelmia voidaan käyttää erilaisten vaihtoehtojen vertailuun, budjetointiin ja tarjousten tekemiseen. Kustannuslaskennalla on erilaisia tehtäviä rakennusprojektin aikana. Tarvesuunnitteluvaiheessa lyödään lukkoon projektin tunnusluvut. Hanke-suunnitteluvaiheessa tehdään rakennuksen pinta-aloihin ja tilaohjelmaan perustuvia laskelmia, joiden perusteella laaditaan tavoitearvio. Rakennussuunnitteluvaiheessa tehdään rakennusosa-arvio, joka on paljon tarkempi kuin aikaisempien vaiheiden arviot. Rakentamisvaiheessa seurataan kustannuksia ja tarkkaillaan budjetissa pysymistä. Käyttöönottovaiheessa tehdään jälkilaskentaa, josta saatuja tietoja voidaan käyttää taloudelliseen loppuselvitykseen ja hyödyntää tulevilla projekteilla. (Haataja, 2014a).

4.2 Opinnäytetyön kustannuslaskennan reunaehdot

Tässä opinnäytetyössä lasketaan kuopiolaisen rivitalokohteen As Oy Kuopion Niilonrannan kellarikerroksen kantavat seinärakenteet, maanpaineseinät, väestönsuoja ja sokkelit anturan yläpinnasta 1. kerroksen välipohjaan saakka. Opinnäytetyössä lasketaan työ- ja materiaalikustannukset sekä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset menetelmien viemillä ajoilla. Vuodenajan vaikutus rakentamiseen sekä rahoituskulut on jätetty laskennassa huomioimatta.

Kohteen suunnittelu oli opinnäytetyön laskennan tekemisen aikaan valmis arkkitehtisuunnittelunosalta ja rakennesuunnittelu oli kesken. Tästä johtuen määrät on laskettu lähinnä As Oy Kuopion Niilonrannan arkkitehtisuunnitelmien, jotka on esitelty luvussa 2.4, perusteella sekä edellisen Juha Semberg Oy:n valuharkoilla rakentaman vastaavan kohteen, As Oy Kuopion Mansikkarinteen rakennesuunnitelmien (kuva 9) perusteella. Elementtijaot ja määrät on tässä työssä arvioitu suositeltavien elementtikokojen ja -painojen (n. 100 kN) sekä arkkitehtisuunnitelmien perusteella. Näistä elementtijaosta tehtiin elementtikaavio, joka esitellään luvussa 3.4. Rakennuksessa oleva väestönsuoja lasketaan opinnäytetyössä harkkorakenteen yhteydessä paikallavalettuna ja elementtirakenteisessa kellarissa elementtiseinillä, kuten luvuissa 2.4 ja 3.4 esitetään.

4.3 Valuharkkorakenteen määrät

Määrät valuharkkorakenteelle lasketaan Talo-80 -määrälaskentaohjeen mukaisesti. Ladotut harkkorakenteet ja muuratut rakenteet mitataan neliömetreinä rakenteen keskeismitoin vähentämättä alle yhden neliömetrin kokoisia aukkoja. Raudoituksen teräsmäärään mitataan kilogrammoina rakenteessa toimiva teräsmäärä suunnitelmista sekä aukkojen pieliteräkset, jatkospituudet, tartuntapituudet ja seinien sideraudoitteet. Työraudoitteita ei huomioida teoreettiseen määrään. Tasoitettavat ja jälkityötä vaativat betonipinnat mitataan neliömetreinä. Aukkojen pielet mitataan juoksumetreinä. Eristykset mitataan rakenteiden ulkomitoin vähentämättä alle yhden neliömetrin kokoisia aukkoja. (Talo-80 -määrälaskentaohje.) Valuharkkojen betonointiin tarvittava betonimäärä kappaletta kohti lasketaan Lujabetonin Valuharkkojen ME-380 ja ME-400 sekä työohjeen (2010) mukaan.

Väestönsuojan levymuottityöt mitataan betonin ja muotin välisen kosketuspinnan mukaan rakenteen ulkomitoin. Betonin määrä mitataan kuutiometreinä rakenteen nimellismitoin ja yli 200 mm paksussa betonivalussa vähennetään kaikki yli 0,2 neliömetrin kokoiset aukot betonoitavasta määrästä. Muottiin tarvittavat puutavarat arvioidaan muottineliometriä kohden. Lisäksi määräluetteloon merkitään väestönsuojaan tarvittavat suojaovi, sulkulaite ja läpivientikappaleet. (Talo-80 -määrälaskentaohje.)

Lasketaan valuharkkorakenteisen kellarin seinäpinta-alat. Seinäpinta-alat lasketaan kertomalla seinän pituus korkeudella ja tämän jälkeen vähennetään aukot seinän pinta-alasta. Valuharkkoseinien pinta-alojen laskenta esitetään taulukossa 1. Seinäpinta-alojen perusteella voidaan laskea kaikki muut määrät suunnitelmista laskettujen menekkien (yksikköä/m²) perusteella.

Taulukko 1. Valuharkkorakenteisen kellarin seinäpinta-alojen laskenta

	pituus, m	korkeus, m	pinta- ala, m ²	aukot, m ²	määrä	yksikkö
Sivuseinä, ei maanpainetta	27,2	3,8	103,4	22,7	80,6	m ²
Sivuseinä, maanpaine	27,2	3,8	103,4	0,0	103,4	m ²
Päätyseinä, asunto	9,7	3,8	36,9	5,3	31,6	m ²
Päätyseinä, VSS	9,7	3,8	36,9	0,0	36,9	m ²
Väliseinät h=3,2m	37,2	3,2	119,0	5,7	113,4	m ²

Lasketaan väestönsuojan määrät. Väestönsuojan muotit lasketaan kertomalla muottien pituus korkeudella. Betoni määrä lasketaan kertomalla seinien yhteenlaskettu pituus korkeudella. Tämän jälkeen vähennetään yli 0,2 m² aukot ja kerrotaan pinta-ala seinän paksuudella. Muottipinta-alat ja betonin määrä on laskettu taulukossa 2. Muut määrät lasketaan näiden määrien perusteella.

Taulukko 2. Väestönsuojan muotit ja betonointi

	pituus, m	korkeus, m	leveys, m	määrä	yksikkö
Muottityö, levymuotti	66,4	3,3		219,1	m ²
Betonointi	33,2	3,3	0,3	32,2	m ³
Aukot > 0,2 m ²				2,4	m ²

Lasketaan ja yhdistetään kaikki määrät määräluetteloksi.

Taulukko 3. Valuharkkorakenteisen kellarin seinien määräluettelo

Määräluettelo		
Kellarin seinät	määrä	yksikkö
Valuharkot ME-400 ulkoseinät ja maanpaineseinät	232,9	m ²
Harkkoja	1941	kpl
Valuharkot VH-200, väliseinät	113,4	m ²
Harkkoja	945	kpl
Betoni C30/37, betonimenekit Lujan työohjeesta, litraa/harkko	35,7	m ³
Raudoitus	2136,5	kg
Aukkojen pielet	56,1	m
Betonipintojen jälkityöt, näkyviin jäävät pinnat	477,7	m ²
Ulkopuolen pinnoitettava alue	97,8	m ²
Kahimuuraus 130 mm, asunnon päädyn tiiliverhottu osa	14,7	m ²
Eristeet kahiseinälle, VP:n yläpintaan asti	19,5	m ²
Telinekalusto esim. Haki, h= 3m, yhdet tasot	70	m
VSS seinät		
Muottityö, levymuotti	219,1	m ²
Betoni C30/37	32,2	m ³
Betonipintojen jälkityö, näkyviin jäävät pinnat	104,0	m ²
Raudoitus arvio 95 kg/m ³	3054,9	kg
Soiro 50x100	1424,2	m
Lauta 22x100	1460,0	m
Vaneri 12 mm	219,1	m ²
Suojaovi 9x21	1,0	kpl
Läpivientikappaleet <0,2 m ²	15,0	kpl
Sulkulaite 600x800	1,0	kpl

4.4 Elementtirakenteen määrät

Määrät elementtirakenteiselle kellarille lasketaan Talo-80 -määrälaskentaohjeen mukaan. Elementit mitataan neliömetreinä vähentämättä alle yhden neliömetrin kokoisia aukkoja käyttäen elementtien liittymismittoja ja määräluettelossa ilmoitetaan pinta-ala sekä levyelementtien lukumäärä (Talo-80 -määrälaskentaohje). Oman tulkintani mukaan liittymismittojen käyttäminen tarkoittaa käytännössä, että julkisivuelementit (sandwich- ja kuorielementit) mitataan julkisivupintaa pitkin ja erilliset sisäkuorielementit sekä väliseinäelementit mitataan keskilinjoja pitkin liitoskohtien välillä. Elementeille täytyy olla määrä kappaleina ja pinta-alana, koska materiaalikustannus hinnoitellaan pinta-alayksikköä kohden ja asennustyö kappaletta kohden. Elementtien saumausbetoni määrä mitataan saumojen tilavuutena. Elementtien saumaus saumanauhalla ja kitillä mitataan juoksumetreinä. Eristykset mitataan neliömetreinä rakenteen ulkomitoin vähentämättä alle yhden neliömetrin kokoisia aukkoja. (Talo-80 määrälaskentaohje.)

Lasketaan elementtien pinta-alat ja kappalemäärät. Elementin pinta-ala lasketaan kertomalla elementin pituus korkeudella ja vähentämällä yli yhden neliömetrin kokoiset aukot. Kappalemäärä saadaan laskettua elementtisuunnitelmista. Ulkokuorielementtien korkeus vaihtelee sijainnista riippuen ja ne on mitattu julkisivukuvien maanpinnan korkeusaseman perusteella.

Taulukko 4. Elementtien pinta-alojen ja kappalemäärien laskenta

	pituus, m	korkeus, m	Pinta-ala, m ²	Aukot, m ²	Pinta-ala, aukot väh. m ²	kpl
SW 430 maanpaine-seinä	21,1	3,8	80,2	0,0	80,2	6
SW 430 ei maanpaine-tta	19,1	3,8	72,6	22,7	49,8	3
KE 100			78,0	0	78,0	8
VS 200	37,2	3,2	119,0	5,7	113,4	8
Sisäkuorielementti 150	8,1	3,3	26,7	5,3	21,4	1
VSS 300	34,4	3,3	113,5	2,1	111,4	8

Lasketaan väestönsuojan ja sisäkuorielementin eristykset. Eristykset lasketaan kertomalla rakenteen pituus korkeudella ja vähentämällä yli yhden neliömetrin kokoiset aukot.

Taulukko 5. Elementtirakenteisen kellarin eristykset

	Pituus, m	Korkeus, m	Pinta-ala, m ²	Aukot, m ²	Pinta-ala, aukot väh. m ²
Eristeet sisäkuorelle	8,1	3,8	30,8	5,3	25,5
VSS eristeet	25,6	3,8	97,3	0	97,3

Mitataan ja lasketaan muut määrät ja tehdään määräluettelo.

Taulukko 6. Elementtirakenteisen kellarin määräluettelo

Määräluettelo, elementtirakenne	määrä	yksikkö		yksikkö
SW-elementti 430 maanpaine	80,2	m ²	6	kpl
SW-elementti 430 ei maanpainetta	49,8	m ²	3	kpl
Ulkokuorielementti 100	78,0	m ²	8	kpl
VS-elementti 200	113,4	m ²	8	kpl
Sisäkuorielementti 150	21,4	m ²	1	kpl
VSS-elementti 300	111,4	m ²	8	kpl
Eristeet sisäkuorelle	25,5	m ²		
VSS eristeet	97,3	m ²		
Elementtien valettavat saumat yhteensä	69,3	jm	21	kpl
Saumausbetoni C30/37	0,9	m ²		
Elementtien saumaus kitillä	50,5	jm		
Elementtien jälkityöt	411,6	m ³		
Elementtituet	52,0	kpl		
Alasaumalaasti 10kg/m	1118,0	kg		
Saumarauoitus T10	50,0	kg		
Muottivaneri	29,7	m ²		
Autonosturi 100 tn	1	kpl	18	h

Kun määrät on saatu laskettua, tarkastetaan, että määrät vaikuttavat paikkaansapitäviltä. Tarkastuksen voi tehdä esimerkiksi suuruusluokkatarkasteluna, johon varsinkin pidempään alalla työskennelleillä on olemassa hyvät edellytykset muodostuneiden menekkikäsitusten ja hahmotuskyvyn takia. Kun todetaan, että määrät on laskettu riittävän tarkasta, voidaan siirtyä kustannuslaskennan seuraavaan vaiheeseen.

4.5 Työkustannukset

Työkustannuksiin lasketaan yrityksen omasta työstä aiheutuvat suorat kustannukset eli palkat. Palkkojen sivukulut sen sijaan lasketaan työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Työkustannus lasketaan siten, että etsitään työlle menekki (tth/yks) ja työryhmä, jolla työtä tehdään, esimerkiksi resurssi 1+1, mikä tarkoittaa yhden rakennusammattimiehen ja yhden rakennusmiehen työryhmää. Rakennusammattimiehelle ja rakennusmiehelle määritellään laskennassa käytettävät tuntipalkat (€/h), jotka tässä opintyössä ovat tilaajayrityksen määrittelemät 20 €/h rakennusammattimiehellä ja 15 €/h rakennusmiehellä.

Menekin, työryhmän koon ja tuntipalkkojen perusteella saadaan laskettua nimikekohtainen työkustannus (€/yks), joka lasketaan kertomalla työmenekki työryhmän yhteenlasketulla tuntipalkalla ja jakamalla tulo työryhmän työntekijöiden määrällä. Toinen keino on laskea työryhmän keskituntiansio ja kertoa se työmenekillä. Nimikkeen kokonaistyökustannus saadaan laskettua kertomalla yksikköhintainen työkustannus nimikkeen määrällä. Työkustannukset lasketaan taulukoissa 7 ja 8.

Rakenteiden kustannukset töiden ja materiaalien osalta on laskettu samassa taulukossa ja tästä johtuen taulukoissa on nimikkeitä joilta puuttuu työ- tai materiaalikustannus.

Taulukko 7. Valuharkkorakenteisen kellarin työkustannukset

Valuharkkoseinät	Määrät		Työkustannukset					
	Määrä	Yks.	tth/yks	Resurssi	€/h	€/yks	tth	€ yht.
Valuharkkoseinän ladonta 400 mm	232,9	m ²	1,0	1+1	35	17,50	232,90	4075,75
Valuharkkoseinän ladonta 200 mm	113,4	m ²	0,6	1+1	35	10,50	68,02	1190,39
Betonipintojen jälkityöt, hionta	477,7	m ²	0,04	1+0	20	0,80	19,11	382,14
Ulkopuolen tasoitus	97,8	m ²	0,02	1+0	20	0,40	1,96	39,12
Aukkojen pielten tasoitus	56,1	m	0,14	1+0	20	2,80	7,85	157,08
Ulkopuolen hiertopinnote	109,0	m ²	0,22	1+1	35	3,85	23,98	419,69
Ohutsaumamuuraus, runkopontti	14,7	m ²	0,56	1+1	35	9,80	8,24	144,26
Kahiseinän eristys, 2 kerrosta	19,5	m ²	0,22	1+1	35	3,85	4,29	75,08
Laasti alasaumaan, arvio, työ sisältyy ladontaan	1500,0	kg					0,00	0,00
Harjateräs B500B, raudoitustyö sisältyy ladontaan	2136,5	kg					0,00	0,00
Betonointi pumpulla C30/37, työ sisältyy ladontaan	35,7	m ³					0,00	0,00
Yhteensä							366,35	6483,49
Väestönsuoja, paikallavalettu								
VSS seinän levymuottityö sis. Purun ja puhdistuksen	219,1	m ²	0,54	2+1	55	9,90	118,32	2169,29
Raudointu, kurottajasiirto	3,1	tn	9,57	2+1	55	175,45	29,24	535,98
Muotin varustelu VSS (Suojaovi, sulkulaite ym.)	1,0	erä	12	2+1	55	220,00	12,00	220,00
Betonointi C30/37, pumpattuna	32,2	m ³	0,29	2+1	55	5,32	9,33	170,97
Betonipintojen jälkityöt	104,0	m ²	0,04	1+0	20	0,27	4,16	27,73
Yhteensä							173,05	3123,97

Valuharkkorakenteisen kellarin ja paikallavaletun väestönsuojan rakentamiseen kuluu yhteensä noin 540 työntekijätuntia. Työkustannukset näillä menetelmillä ovat yhteensä 9 607,47 euroa. Huomioitavaa laskentataulukossa on, että se sisältää nimikkeitä, joilla ei ole työkustannusta. Tämä johtuu siitä, että joitain materiaaleja on hinnoiteltu omiin soluihin, koska niiden määrä ei ole suoraan sidoksissa työn hinnoitteluun käytettyihin yksiköihin. Työmenekit on otettu Aikataulukirjasta vuodelta 2016.

Taulukko 8. Elementtirakenteisen kellari työkustannukset

Elementtirakenteinen kellari ja VSS	Määrät		Työkustannukset					
	Määrä	yks.	tth/yks	Resurssi	€/h	€/yks	tth	€ yht.
SW-elementti 430	130,0	m ²						0,00
Ulkokuorielementti 100	78,0	m ²						0,00
Väliseinäelementti 200	113,4	m ²						0,00
Sisäkuorielementti 150	21,43	m ²						0,00
VSS-elementti 300	111,4	m ²						0,00
Elementtien asennus	34	kpl	1,5	3+0	60	30,00	51,00	1020,00
Juotoslaasti alasaumaan, arvio, työ sisältyy asennukseen	1118,0	kg						0,00
VSS eristys, 2 kerrosta	97,3	m ²	0,22	1+1	35	3,85	21,40	374,53
Sisäkuorielementin eristys, 2 kerrosta	25,48	m ²	0,22	1+1	35	3,85	5,61	98,10
Saumojen raudoitus	21,0	kpl	0,1	1+0	20	2,00	2,10	42,00
Saumojen tukkolaudoitus, saumavalu, purku	21,0	kpl	0,6	1+0	20	12,00	12,60	252,00
Saumausbetoni C30/37, pumilla	0,9	m ³						0,00
Elementtien saumaus kitillä	50,5	jm	0,08	1+0	18	1,44	4,04	72,72
Elementtien jälkityöt, hionta	411,6	m ²	0,05	1+0	20	1,00	20,58	411,58
Muottivaneri 12 mm, työ sis. tukkolaudoitukseen	29,7	m ²						0,00
Yhteensä							117,3	2270,93

Elementtirakenteiseen kellariin kuluu yhteensä 117,3 työntekijätuntia ja työkustannukset ovat 2 270,93 euroa. Huomioitavaa laskentataulukossa on, että se sisältää nimikkeitä, joilla ei ole työkustannusta. Tämä johtuu siitä, että joitain materiaaleja on hinnoiteltu omiin soluihin, koska niiden määrä ei ole suoraan sidoksissa työn hinnoitteluun käytettyihin yksiköihin. Työmenekit on otettu Aikataulukirjasta vuodelta 2016.

4.6 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannuksiin lasketaan työhön tarvittavien rakennusaineiden ja -materiaalien ostoista aiheutuvat kustannukset. Materiaalikustannuksen laskeminen aloitetaan etsimällä työlle materiaalihukat. Hinnoitellaan materiaalille yksikköhinta (€/yks). Yksikköhinnoittelu tehdään hankkimalla kyseessä olevalle materiaalille, esimerkiksi valuharkolle, hinta. Valuharkot myydään kappalehinnalla, mutta määrät ovat neliömetreinä, joten kappalehintaa on muutettava neliömetrihinnaksi. Valuharkkoja menee 8,33 kpl/m², joten hinta €/m² saadaan kertomalla kappalehintaa 8,33:lla. Samantyyppinen toimenpide tehdään kaikille materiaalihinnoille, mikäli ne eivät ole valmiiksi oikeassa muodossa. Esimerkiksi eristelevyjien hinta on yleensä valmiiksi muodossa €/m².

Kaikki materiaalihinnat muutetaan yksikköhinnoinnaksi ja taulukoidaan kustannuslaskentataulukkaan. Lopullinen kokonaismateriaalikustannus lasketaan lisäämällä materiaalihukkaan 100 prosenttia ja kerrotaan summalla yksikköhinta ja määrä. Tässä opinnäytetyössä hinnoitteluun on käytetty tilaajayrityksen ostohintoja sekä yritykseltä saatuja muita hintatietoja. Materiaalikustannukset lasketaan taulukoissa 9 ja 10.

Taulukko 9. Valuharkkorakenteisen kellarin materiaalikustannukset

Valuharkkoseinät	Määrät		Materiaalikustannukset		
	Nimike	Määrä	Yks.	hukka	€/yks
Valuharkkoseinän ladonta, 400 mm eristevaluharkko	232,9	m ²	8 %	80,80	20324,04
Valuharkkoseinän ladonta 200 mm valuharkko	113,4	m ²	8 %	22,32	2733,39
Betonipintojen jälkityöt, hionta	477,7	m ²			0,00
Ulkopuolen tasoitus	97,8	m ²	10 %	2,37	254,94
Aukkojen pielten tasoitus	56,1	m	10 %	1,20	74,05
Ulkopuolen hiertopinnoite	109,0	m ²	10 %	9,20	1103,18
Ohutsaumamuuraus, runkopontti	14,7	m ²	8 %	30,62	486,78
Kahiseinän eristys, 2 kerrosta	19,5	m ²	5 %	10,00	204,75
Laasti alasaumaan, työ sisältyy ladontaan	1500,0	kg	10 %	0,07	115,50
Harjateräs B500B, raudoitustyö sisältyy ladontaan	2136,5	kg	15 %	0,78	1916,43
Betonointi pumpulla C30/37, työ sisältyy ladontaan	35,7	m ³	5 %	150,00	5627,46
Yhteensä					32840,52
Väestönsuoja, paikallavalettu					
VSS seinän levymuottityö sis. Purun ja puhdistuksen	219,1	m ²	10 %	15,91	3834,82
Raudointi, kurottajasiirto	3,1	tn	15 %	780,00	2740,26
Muotin varustelu VSS (Suojaovi, sulkulaite ym.)	1,0	erä	0 %	4900,00	4900,00
Betonointi C30/37, pumpattuna	32,2	m ³	5 %	150,00	5064,73
Betonipintojen jälkityöt, hionta	104,0	m ²			0,00
Yhteensä					16539,81

Valuharkkorakenteisen kellarin ja paikallavaletun väestönsuojan materiaalikustannukset ovat yhteensä 49 380,33 euroa. Betonipintojen jälkitöille ei ole laskettu materiaalikustannusta, koska se oletetaan pelkästään hiontatyöksi. Muotin varustelu sisältää kaikki kyseisen kokoisen väestönsuojan seinien valamiseen tarvittavat varusteet. Varusteet ovat suojaovi, sulkulaite ja 15 erilaista läpivientiputkea. Materiaalihukat on otettu Rakennustyön menekkejä 2015 -kirjasta.

Talukko 10. Elementtirakenteisen kellarin materiaalikustannukset

Elementtirakenteinen kellari ja VSS	Määrät		Materiaalikustannukset			
	Nimike	Määrä	yks.	hukka %	€/yks	€ yht.
SW-elementti 430	130,0	m ²		0,00 %	240	31204,80
Ulkokuorielementti 100	78,0	m ²		0,00 %	90	7020,00
Väliseinäelementti 200	113,4	m ²		0,00 %	100	11337,00
Sisäkuorielementti 150	21,43	m ²		0,00 %	80	1714,40
VSS-elementti 300	111,4	m ²		0,00 %	195	21726,90
Elementtien asennus	34	kpl				0,00
Juotoslaasti alasaumaan, työ sisältyy asennukseen	1118,0	kg		10,00 %	0,07	86,09
VSS eristys, 2 kerrosta	97,3	m ²		5,00 %	20	2042,88
Sisäkuorielementin eristys, 2 kerrosta	25,48	m ²		5,00 %	20	535,08
Saumojen raudoitus	21,0	kpl		15,00 %	1,45	35,02
Saumojen tukkolaudoitus, saumavalu, purku	21,0	kpl				0,00
Saumausbetoni C30/37, pumilla	0,9	m ³		60,00 %	200	277,20
Elementtien saumaus kitillä	50,5	jm		5,00 %	1,3	68,93
Elementtien jälkityöt, hionta	411,6	m ²				0,00
Muottivaneri 12 mm, työ sis. Tukko- laudoitukseen	29,7	m ²		10,00 %	7,32	239,14
Yhteensä						76287,44

Elementtirakenteisen kellarin materiaalikustannukset ovat yhteensä 76 287,44 euroa. Elementtien asennuksella ei ole suoraa materiaalikustannusta, koska elementtien asennus on kappaleittain ja asennukseen käytettävä laasti lasketaan alasauman pituuden perusteella. Saumojen muottivaneri lasketaan eri soluun, koska osa saumoista täytyy muotittaa molemmin puolin. Saumausbetoni lasketaan eri soluun, koska saumojen koko vaihtelee elementtityypeittäin. Materiaalihukat on otettu Rakennustyön menekkejä 2015 -kirjasta.

4.7 Käyttö- ja yhteiskustannukset

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin lasketaan kustannuksia, jotka aiheutuvat koko työmaata tai useampaa osakohdetta palvelevista toiminnoista. Näitä ovat esimerkiksi työnjohdon palkat ja sosiaalikulut, mittaus, työmaatilat, varastotilat, koneet, laitteet, nostot, sähkö, vesi ja lämmitys. Käyttö- ja yhteiskustannukset voivat vaihdella suuresti vastaavanlaisten työmaiden välillä. (Helenius, 2008. 4.)

Ensin täytyy tehdä kohteen työsuunnittelu ja aikatauluttaa työt laskettujen määrien ja menekkien perusteella. Suunnitellaan ja arvioidaan menetelmien, jotka on esitelty luvuissa 2 ja 3, perusteella työmaalle tarvittava työmaatekniikka ja lasketaan määrät työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksille (tästä eteenpäin 8+9 kustannukset). 8+9 kustannukset hinnoitellaan ja muutetaan työvuorokohtaisiksi kustannuksiksi (€/tv). Työvuorokohtainen kustannus lasketaan jakamalla kokonais kustannus ajanjaksoon sisältyvien työvuorojen määrällä. Esimerkiksi työmaaparakit (3 kpl) maksavat 510 €/kk. Kuukaudessa on keskimäärin 21,5 työvuoroa, joten työvuorokohtainen kustannus työmaaparakeista saadaan jakamalla kuukausikustannus 510 €/kk kuukaudessa olevien työvuorojen määrällä 21,5 tv/kk, mistä saadaan työvuorokustannukseksi parkkien osalta 23,72 €/tv.

Menetelmien välinen 8+9 kustannusten ero saadaan menetelmän vaatiman ajan kautta. Menetelmä-aika nimikkeittäin lasketaan jakamalla nimikkeen määrä työryhmän työsaavutuksella (yks/tv). Työsaavutus lasketaan jakamalla työryhmän työvuorottainen työskentelyaika (esim. 2*8 tth/tv) työmenekillä (tth/yks). Menetelmän aika työvuoroina saadaan summaamalla kaikkien nimikkeiden ajat yhteen. Tämä laskentamenetelmä toimii sillä oletuksella, että työkohteessa työskentelee vain yksi työryhmä kerrallaan. Muussa tapauksessa laskenta vaatisi töiden tarkempaa aikatauluttamista.

Lopullinen 8+9 kustannus lasketaan kertomalla työvuorokohtaiset kustannukset (€/tv) menetelmäajalla (tv). Näihin summataan menetelmäkohtaiset 8+9 litteroille kohdistuvat kustannukset, joita ovat esimerkiksi nostot, telineet, rahdit ja työntekijöiden sosiaalikulut. Työntekijöiden sosiaalikulut lasketaan keskituntiansion (kta) kautta. Keskituntiansio (€/tth) lasketaan jakamalla työmenetelmän palkkasumma (€) työntekijätuntien (tth) määrällä. Keskituntiansio kerrotaan sosiaalikulujen osuudella, joka on tässä laskelmassa 0,72, ja saatu tulo kerrotaan työntekijätuntien kokonaismäärällä. Työntekijöiden sosiaalikulussa on huomattavaa, että eivät ole sidoksissa työmaan kestoon vaan menetelmän vaatimaan työntekijätuntien määrään, kun taas työnjohdon sosiaalikulut ovat sidoksissa työmaan kestoon. Muut kulut, kuten rahdit ja nostot, on suunniteltu ja laskettu luvuissa 2 ja 3 esiteltyjen menetelmien mukaan.

Laskennassa oletuksena on, että yhden työkohteen viivästyminen aiheuttaa viivettä myös muihin työkohteisiin työryhmien sitomisesta johtuen. Laskennassa ei ole huomioitu kaikkia käyttö- ja yhteiskustannuksia, vaan työmaalla kyseisessä työvaiheessa tarvittava työmaatekniikka. 8+9 kustannukset lasketaan taulukoissa 11 ja 12.

Taulukko 11. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset valuharkkorakenteella

Työmaan Käyttö- ja yhteiskustannukset 8+9							
	Määrä	yks.	€/yks.	€ yht.	€/tv	Aika, tv	8+9 kust.
Työmaaparakit 3 kpl	12	kk	510	6120	23,72	32,3	765,27
Varastokontit 4 kpl	12	kk	250	3000	11,63	32,3	375,13
Työturvallisuus	12	kk	2000	24000	93,02	32,3	3001,06
Kurottaja	12	kk	4000	48000	186,05	32,3	6002,12
Työkoneet	12	kk	900	10800	41,86	32,3	1350,48
Työkalut ja välineet	12	kk	200	2400	9,30	32,3	300,11
Työmaan käyttötarvikkeet	12	kk	600	7200	27,91	32,3	900,32
Työmaa-aikaiset sähköasennukset	12	kk	800	9600	37,21	32,3	1200,42
Työmaa-aikainen sähkö	12	kk	600	7200	27,91	32,3	900,32
Polttoaineet	12	kk	500	6000	23,26	32,3	750,26
Vesi	12	kk	20	240	0,93	32,3	30,01
Mittaus	6	kk	2900	17400	134,88	32,3	4351,53
Siivous ja raivaus	12	kk	500	6000	23,26	32,3	750,26
Työnjohto	12	kk	2800	33600	130,23	32,3	4201,48
Työnjohdon sos. kulut	12	kk	1904	22848	88,56	32,3	2857,01
Jättemaksut ja kuljetukset	120	tn	200	24000			
Yhteensä					859,72	32,3	27735,78
Menetelmäkohtaiset kustannukset 8+9							
Työntekijöiden sos. kulut	539,4	tth	12,82	6917,38	214,42	32,3	6917,38
Telineet, Haki, 70m, h=3 m, 1x tasot, vuokrattu	1,5	kk	3000	4500	139,53	32,3	4501,59
Rahti valuharkoille 20€/tn	69,3	tn	20	1386	x	x	1386,00
Yhteensä					353,95	32,3	12804,96

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset valuharkkorakenteella ovat 1 213,67 €/tv ja yhteensä 40 540,74 € 32,3 työvuoron aikana. Jättemaksut on jätetty vertailussa huomioimatta, koska jätteen määrä on sidoksissa rakennettavan rakennuksen kokoon, ei aikaan.

Taulukko 12. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset elementtirakenteella

Työmaan Käyttö- ja yhteiskustannukset 8+9							
	Määrä	yks.	€/yks.	€ yht.	€/tv	Aika, tv	8+9 kust.
Työmaaparakit 3 kpl	12	kk	510	6120	23,72	6,7	158,04
Varastokontit 4 kpl	12	kk	250	3000	11,63	6,7	77,47
Työturvallisuus	12	kk	2000	24000	93,02	6,7	619,77
Kurottaja	12	kk	4000	48000	186,05	6,7	1239,55
Työkoneet	12	kk	900	10800	41,86	6,7	278,90
Työkalut ja välineet	12	kk	200	2400	9,30	6,7	61,98
Työmaan käyttötarvikkeet	12	kk	600	7200	27,91	6,7	185,93
Työmaa-aikaiset sähköasennukset	12	kk	800	9600	37,21	6,7	247,91
Työmaa-aikainen sähkö	12	kk	600	7200	27,91	6,7	185,93
Polttoaineet	12	kk	500	6000	23,26	6,7	154,94
Vesi	12	kk	20	240	0,93	6,7	6,20
Mittaus	6	kk	2900	17400	134,88	6,7	898,67
Siivous ja raivaus	12	kk	500	6000	23,26	6,7	154,94
Työnjohto	12	kk	2800	33600	130,23	6,7	867,68
Työnjohdon sos. kulut	12	kk	1904	22848	88,56	6,7	590,02
Jättemaksut ja kuljetukset	120	tn	200	24000			
Yhteensä					859,72	6,7	5727,94
Menetelmäkohtaiset kustannukset 8+9							
Työntekijöiden sos. kulut	117,3	tth	13,94	1635,07	245,41	6,7	1635,07
Elementtituet, 60 kpl, vuokrattu	1	kk	858	858	39,91	6,7	265,88
Ajoneuvonosturi 100 tn	18	h	170	3060	1360,00	2,3	3060,00
Yhteensä					1645,32	6,7	4960,95

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset elementtirakenteella ovat 2 505,04 €/tv nosturin ollessa työmaalla (2,3 tv), 1 145,04 €/tv ilman nosturia ja yhteensä 10 688,89 € 6,7 työvuoron aikana. Jättemaksut on jätetty vertailussa huomioimatta, koska jätteen määrä on sidoksissa rakennettavan rakennuksen kokoon, ei aikaan.

4.8 Alihankintakustannukset

Alihankintakustannuksiin lasketaan aliorakoista aiheutuvat kustannukset. Nämä sisältävät yleensä aliorakasta aiheutuvat työ-, kalusto- ja materiaalikustannukset. Tässä työssä aliorakatyön osuutta ei ole laskettu, koska tilaajayrityksen tapana on tehdä perustus- ja runkovaiheen työt omalla työvoimalla.

5 KUSTANNUSVERTAILU

Kun kaikki kustannukset on saatu laskettua, vertaillaan kustannuksia menetelmien välillä. Vertailuja tehdään €/kellari ja €/seinä-m². Ensin vertaillaan kustannukset eriteltynä työ- ja materiaalikustannukset, työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset sekä menetelmästä aiheutuvat kustannukset, jotka kohdistuvat litteroille 8 ja 9. lopuksi vertaillaan kaikki kustannukset ja valitaan edullisempi rakenne. Vertailut lasketaan taulukoissa 13 - 17.

Taulukko 13. Työkustannusten vertailu

	tth	kta, €	€ yht	€/m ²
Valuharkkorakenne ja VSS paikallavaluna	539,40	17,81	9607,47	24,42
Elementtirakenne	117,3262	19,36	2270,93	5,77
Erotus	422,07	1,54	7336,54	18,65
Erotus %	78,25 %	7,98 %	76,36 %	76,36 %

Työkustannukset ovat elementtirakenteella 76,36 %, 7 336,54 € ja 18,65 €/m² pienemmät kuin valuharkkorakenteella. Työntekijätunteja kuluu elementtityöhön noin 422 vähemmän. Keskituntiansio nousee elementtirakenteella työryhmien koostumuksista johtuen hieman suuremmaksi kuin valuharkkorakenteella. Työkustannukset ovat elementtirakenteella huomattavasti pienemmät johtuen korkeasta esivalmistusasteesta.

Taulukko 14. Materiaalikustannusten vertailu

	€	€/m ²
Valuharkkorakenne ja VSS paikallavaluna	49380,33	125,51
Elementtirakenne	76287,44	193,90
Erotus	26907,11	68,39
Erotus %	35,27 %	35,27 %

Materiaalikustannukset ovat valuharkkorakenteella 35,27 %, 26 907,11 € ja 68,39 €/m² pienemmät kuin elementtirakenteella. Materiaalikustannusten ero aiheutuu pääasiassa elementtien hankintahinnasta.

Taulukko 15. Menetelmistä suoraan aiheutuvien 8+9 kustannusten vertailu

	€	€/m ²
Valuharkkorakenne ja VSS paikalla valuna	12804,96	32,55
Elementtirakenne	4960,95	12,61
Erotus	7844,02	19,94
Erotus %	61,26 %	61,26 %

Menetelmistä suoraan aiheutuvat 8 ja 9 litteroille kohdistuvat kustannukset ovat elementtirakenteella 61,26 %, 7 844,02 € ja 19,94 €/m² pienemmät kuin valuharkkorakenteella. Ero aiheutuu pääasiassa valuharkkorakenteen vaatimista telineistä ja valuharkkojen rahdeista. Elementtien rahti sisältyy materiaalikustannukseen.

Taulukko 16. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten vertailu

	€/tv	Aika, tv	€	€/m ²
Valuharkkorakenne ja VSS paikalla valuna	859,72	32,3	27735,78	70,50
Elementtirakenne	859,72	6,7	5727,94	14,56
Erotus €		25,6	22007,80	55,94
Erotus %			79,35 %	79,35 %

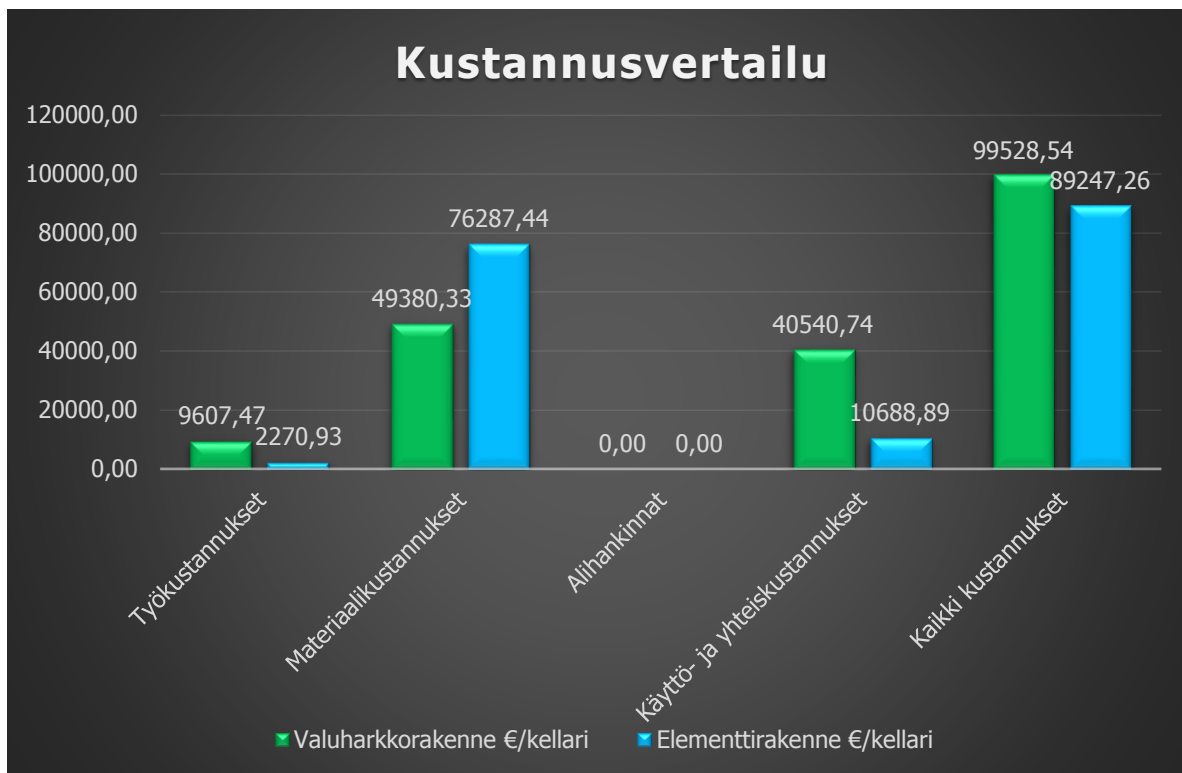
Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset ovat elementtirakenteella 79,35 %, 22 007,80 € ja 55,94 €/m² pienemmät kuin valuharkkorakenteella. Ero johtuu menetelmien vaatimasta ajasta, joka on elementtirakenteella 25,6 työvuoroa lyhyempi.

Taulukko 17. Kustannusvertailu, kaikki kustannukset

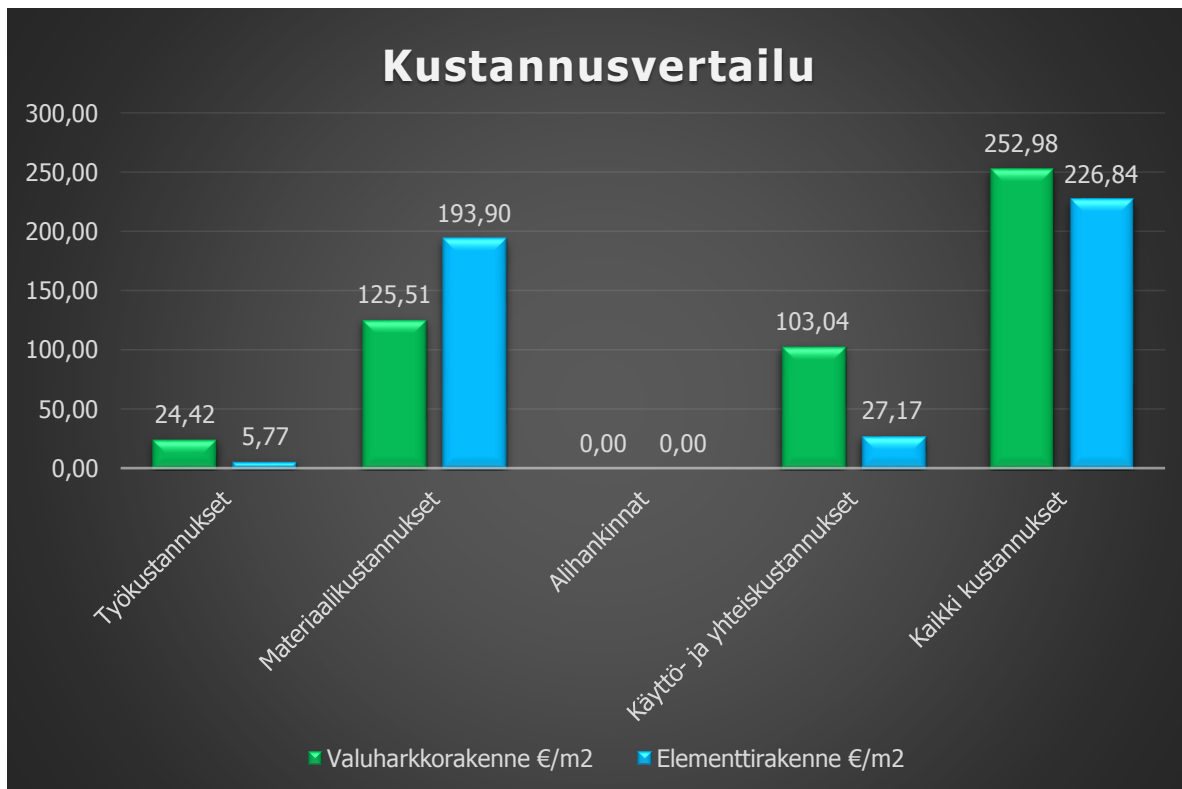
	Valuharkkorakenne		Elementtirakenne		Erotus €	Erotus €/m ²	Erotus %
	€/kellari	€/m ²	€/kellari	€/m ²			
Työkustannukset	9607,47	24,42	2270,93	5,77	7336,54	18,65	76,4 %
Materiaalikulut	49380,33	125,51	76287,44	193,90	26907,11	68,39	35,3 %
Alihankinnat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0 %
Käyttö- ja yhteiskustannukset	40540,74	103,04	10688,89	27,17	29851,85	75,88	73,6 %
Kaikki kustannukset	99528,54	252,98	89247,26	226,84	10281,28	26,13	10,3 %

Kaikkien kustannukset huomioituna elementtirakenne on 10,3 %, 10 281,28 € ja 26,13 €/m² edullisempi rakenneratkaisu kellarin seiniin. Alla on esitetty pylväsdiagrammeina kustannusten erot ja erojen suhteet euroina kellaria kohden kuviossa 1 ja euroina seinäneliometriä kohden kuviossa 2. Kummallakin rakenteella materiaalikustannus on suurin yksittäinen panos ja se on valuharkolla 35,3 % pienempi. Käyttö- ja yhteiskustannukset ovat toiseksi suurin kustannus molemmilla menetelmillä, mutta ne ovat elementtirakenteella 73,6 % pienemmät kuin valuharkkorakenteella. Työkustannukset ovat pienin kustannus molemmilla menetelmillä ja ne ovat elementtirakenteella 76,4 % pienemmät kuin valuharkoilla. Laskelmista käy ilmi, että suuret työkustannukset ja pitkä työskentelyaika aiheuttavat suuret käyttö- ja yhteiskustannukset. Tämä johtuu sosiaalikulusta ja siitä, että suuri osa työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksista on sidoksissa käytettyyn työvuoroaikaan. Työn tulos näyttää hyvin millainen vaikutus pidemmällä työajalla on kustannuksiin.

Työkustannusten sekä käyttö- ja yhteiskustannusten suuruus valuharkkomenetelmällä aiheuttaa eron elementtirakenteen hyväksi. Aliurakointikustannuksia ei laskelmissa ole huomioitu, koska tilajajiritys pyrkii teettämään kaikki perustus- ja runkovaiheen työt omilla työntekijöillä. €/m² hinta on laskettu seinärakenteille keskinäärin, mutta todellisuudessa tämä hinta vaihtelee eri rakennetyyppien mukaan kellarin eri osissa. Näiden eri rakennetyyppien hinnoittelu ei ole menetelmien eron selvittämisen kannalta oleellista ja on tästä johtuen rajattu pois näistä laskelmista. Näistä laskelmista on rajattu pois vuodenajan vaikutus ja rahoitukseen liittyvät asiat. Nämä asiat todennäköisesti lisäävät elementtirakenteen etua verrattuna valuharkkorakenteeseen. Näitä asioita käsitellään tarkemmin pohdintaluvussa.



Kuvio 1. Kustannusten vertailu €/kellari. Kuviosta nähdään eri €/kellari kustannusten koot ja suhteet toisiinsa verrattuna.



Kuvio 2. Kustannusten vertailu €/m². Kuviosta nähdään €/m² kustannusten koot ja suhteet toisiinsa verrattuna.

6 POHDINTA

6.1 Menetelmien kustannusriskit

Pohditaan menetelmiin sisältyviä kustannusriskejä. Oleellisin kustannusriski on työ keskeytyksestä aiheutuva lisäkustannus. Tämä voidaan määrittää laskemalla työvuoron mittaiselle viiveelle kustannus käyttö- ja yhteiskustannusten sekä työmiesten palkkojen kautta. Lasketaan pahin mahdollinen tilanne eli työmaalla on nosturi elementtien nostoa varten ja elementit eivät saavu työmaalle ajallaan. Valuharkolla vastaavan riskin voisi aiheuttaa esimerkiksi työntekijän sairaspöissaolo.

Taulukko 18. Yhdentyövuoron mittaisen viiveen laskenta

	Valuharkko	Elementti	Erotus €/tv	Erotus %
Viivehinta €/tv	1249,30	2563,11	1313,81	51 %

Taulukosta voidaan todeta, että elementtimenetelmällä on viiveriskin realisoituessa noin kaksinkertainen hinta verrattuna valuharkkomenetelmään johtuen elementtien nostoon tarvittavasta ajoneuvonosturista. Viiveelle tulisi todennäköisesti kertaumia muulle työmaalle aiheutuvasta viiveestä, mutta ne oletetaan samansuuruisiksi menetelmien välillä. Valuharkkomenetelmälle viiveen riski on työn raskaudesta aiheutuvista mahdollisista sairaspöissaoloista johtuen todennäköisesti aavistuksen suurempi kuin elementtimenetelmällä.

Ihmisten tekemässä työssä on aina jonkin verran eroja työtehossa yksilöiden välillä. Työskentelytehojen erot yksilöiden välillä voivat kokemuksesta ja motivaatiosta riippuen olla jopa 25 %. Tämä voi aiheuttaa jonkin verran kustannusriskiä varsinkin valuharkkomenetelmällä, jossa työmaalla tehty työmäärä on suuri. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi teettämällä työ urakkatyönä, mikä voi lisätä työntekijöiden työmotivaatiota. Elementtimenetelmässä suuri osa työstä tehdään elementtitehtaalla, jossa työskentelyolot ovat tasalaatuisemmat kuin työmaalla. Työtehon ennustettavuus tehdasoloissa on helpompaa kuin työmaalla, mikä pienentää työvoimaan liittyviä kustannusriskejä.

Rakennusajan suurempi pituus lisää rahoitukseen liittyviä riskejä, koska raha on pidempään kiinni käynnissä olevassa rakennustyömaassa. Myös rahoituksen korkoihin liittyvä riski kasvaa pidemmällä rakennusajalla, koska korkojen ennustettavuus heikkenee pidemmällä aikavälillä. Yleensä tuottoja saadaan rakennuksesta vasta sen valmistuttua, joten lyhyemmällä rakennusajalla tuotot saadaan aiemmin ja raha saadaan liikkeelle muihin projekteihin. Rahoituksen korot ovat tällä hetkellä pohjalukemissa, joten suunta on ainoastaan ylöspäin ja tilanne ei juurikaan pysty enää paranemaan rahoituksen osalta. Toisaalta talouden piristymisen voi nostaa elementtien hintoja, mikä voisi vaikuttaa rakentamistavan valintaan.

Työn laatu on myös oleellinen asia kustannusriskiä arvioitaessa. Valuharkoilla saadaan harkkojen hyvästä laadusta johtuen lähes tasoitevalmista betonipintaa. Elementeissä voi olla suorudessa koh- talaisen suuriakin heittoja toleranssien puitteissa ja niiden laatu riippuu hyvin paljon valmistajasta ja yksittäisen elementin valmistajasta. Huonolaatuiset elementit voivat pahimmillaan aiheuttaa viiväs- tyksiä, jos etuputsityö on arvioitu väärin.

Talvirakentamisesta aiheutuva kustannusriski on elementtimenetelmällä pienempi, koska elementti- menetelmällä saadaan rakenteet nopeammin säältä suojaan ja elementtirakenteiden juotosvalut vaativat lujuuden saavuttamiseen vähemmän lämmitystä, kuin valuharkkorakenteet.

6.2 Aikatauluvaikutusten arviointi

Arvioidaan mahdollisia vaikutuksia työmaan aikatauluun koko työmaan osalta. As Oy Kuopion Niilon- rantaan tulee 6 rivitaloa, yhteensä 27 huoneistoa. Valuharkkomenetelmä sitoo yhden työryhmän pit- käksi aikaa yhdelle työkohteelle. Tästä voi aiheutua viivettä muille työkohteille varsinkin, jos viivettä tulee valuharkkokohteella. Tämä taas voisi aiheuttaa joko lisätyövoiman tai alihankinnan tarvetta. Valuharkkotyökohteelta aukeaa uusia työvaiheita verrattain hitaasti ja työtä joudutaan tekemään pitkään alttiina sääolosuhteille, mikä voi aiheuttaa viivästyksiä.

Vastaavan tyyppisiä perustuksia on kyseisellä työmaalla kaksi joten aikaero menetelmien välillä muo- dostuu sitä kautta vielä merkittävämmäksi. Elementtimenetelmällä kellarien seinät saadaan pystyyn nopeasti ja saadaan nopeasti mestaa esimerkiksi täyttötöille, jolloin kaivinkoneille on paljon työkoh- teita. Tätä kautta koko työmaa edistyy huomattavasti nopeammin, koska työryhmiä ei tarvitse sitoa pitkiksi ajoiksi yhdelle työkohteelle ja maatyöt saadaan tehtyä hyvissä ajoin. Rakennus saadaan no- peammin säältä suojaan elementtimenetelmällä ja rakenteet saadaan tästä johtuen kuiviksi aiem- min, mikä parantaa työskentelyolosuhteita ja nopeuttaa rakentamista.

6.3 Kustannuslaskennan luotettavuuden arviointi

Työkustannukset laskettiin käyttäen Ratu Aikatalukirjasta (2016) löytyviä työmenekkejä. Meteriaali- kustannusten hinnoitteluun käytettiin tarjoushintoja ja tilaajalta saatuja hintatietoja. Materiaalihukat otettiin Rakennustyön menekkejä 2015 -kirjasta. Laskelmia voidaan pitää työ- ja materiaalikustan- nusten osalta melko luotettavina varmojen pohjatietojen johdosta.

Suoraan menetelmästä aiheutuvien käyttö- ja yhteiskustannuksia voidaan myös pitää melko luotet- tavina, koska ne on helppo suunnitella. Koko työmaata palvelevat käyttö- ja yhteiskustannukset ei- vät välttämättä ole yhtä luotettavia kuin muut laskelmat. Näissä on yleisellä tasolla paljon vaihtelua hyvin samantyyppistenkin työmaiden välillä. Myös työvuoroaikojen erot menetelmillä voivat olla to- dellisuudessa erilaiset kuin laskelmissa on esitetty, mikä aiheuttaisi muutoksia myös käyttö- ja yh- teiskustannuksiin. Näistä syistä johtuen laskelmia voidaan pitää melko luotettavina ja oleelliset kus- tannuseroja menetelmien välillä aiheuttavat asiat käyvät selkeästi ilmi laskelmista.

6.4 Mahdolliset jatkokehityksi-

Mahdollisia jatkokehityksi-

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin valuharkkorakenteiden ja betonielementtirakenteiden käyttöä rivitalon kellarin seinärakenteena. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kustannusvertailu kahden erilaisen kellarin seinärakenteen välillä. Työn tavoitteena oli selvittää tilaajalle edullisempi rakentamismenetelmä rivitalon kellarikerroksen seinärakenteisiin. Opinnäytetyön tekeminen oli haastava, mutta erittäin opettavainen prosessi. Oman haasteensa asetti opinnäytetyön tekeminen päivätyön ohessa. Paljon oppia tuli etenkin kustannuslaskennasta ja varsinkin työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten muodostumisen hahmottaminen parani huomattavasti, mistä on varmasti hyötyä työelämässä.

Työssä käsiteltiin menetelmien rakentamistavat käytännössä sekä menetelmien hyviä ja huonoja puolia käytännön toteutuksen kannalta. Molemmille rakenteille laskettiin kustannukset työlle ja materiaalleille sekä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Laskennat toteutettiin taulukkolaskentana Microsoftin Excel-ohjelmalla. Laskentojen välillä tehtiin vertailut eri panosten ja kokonaiskustannusten välillä. Vertailun lopputuloksena saatiin selville, että elementtirakenteisena toteutettu kellarin olisi 10,3 % edullisempi kuin valuharkkorakenne. Aikaa elementtirakenteisen kellarin tekemiseen kuluisi noin 26 työvuorokautta vähemmän kuin valuharkkorakenteisen kellarin tekemiseen, mikä selittää eron elementtirakenteen hyväksi.

Tässä työssä pyrittiin ottamaan käytännönläheinen näkökulma laskentaan huomioimalla myös käyttö- ja yhteiskustannukset laskennassa, koska ne aiheuttavat merkittävää eroa erilaisten menetelmien ja menetelmäaikojen välillä. Työstä käy suuntaa antavasti ilmi millainen merkitys pidemmällä työajalla on kustannuksiin rakentamisessa, koska työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset muodostavat merkittävän osan rakentamisen kustannuksista. Tämän työn mukaan taloudellisempaa olisi tehdä kellarin seinät elementtinä kuin valuharkolla. Todellisuudessa taloudellisemman vaihtoehdon määräytymiseen vaikuttavat kuitenkin monenlaiset asiat, kuten markkinatilanne, ammattitaitoisen työvoiman saatavuus ja hinta sekä vuodenajan vaikutus. Kun nämä asiat otetaan huomioon, saadaan edullisin vaihtoehto.

LÄHTEET

BETONITEOLLISUUS RY. 2016a. Harkot. Betoniharkot [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-03-05]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/betonituotteet/harkot/betoniharkot>

BETONITEOLLISUUS RY. 2016b. Valmisosarakentaminen. Talonrakentaminen [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-03-19]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/talonrakentaminen>

HAATAJA, Pasi. 2014a. Yleistä kustannuslaskennasta [pdf-kurssimateriaali]. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=3362>. polku: <http://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=3362>. Yleistä rakennushankkeen kustannuslaskennasta.

HAATAJA, Pasi. 2014b. Määrälaskenta [Powerpoint-esitys]. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=3362>. polku: <http://moodle.savonia.fi/course/view.php?id=3362>. Määrälaskenta.

HARKKOMUURAUUS. MENEKIT JA MENETELMÄT. RATU 42-0290. 2005. Helsinki: Rakennustieto Oy

HELENIUS, Tom. 2008. Insinööri työ. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksesta asuinrakentamisessa. Stadia Helsingin ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. [viitattu 2016-03-16]. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38557/stadia-1209106372-4.pdf?sequence=1>

HYTÖNEN, Yki ja SEPPÄNEN, Matti 2009. Tehdään elementeistä. Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: SBK-säätiö

KIVIMÄKI, Christian ja KOISTINEN, Lauri 2012. Ratu. Väli- ja ulkoseinäelementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö.

KIVIMÄKI, Christian, KOSKENVESA, Anssi, MÄKI, Tarja ja SAHLSTEDT, Satu 2016. Ratu Aikataulukirja 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö.

LAMMIN BETONI OY 2016. Harkot rakentamisessa [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-03-05]. Saatavissa: <http://www.lamminbetoni.fi/fi/harkot>.

LAMMIN BETONI OY 2016. LL500 eristevaluharkko [digikuva]. [viitattu 2016-03-05] Sijainti: Lammin Betoni Oy:n www-sivusto: <http://www.lamminbetoni.fi/fi/ll500>

LAMMIN BETONI OY 2016. MH200 valuharkko [digikuva]. [viitattu 2016-03-06] Sijainti: Lammin Betoni Oy:n www-sivusto: <http://www.lamminbetoni.fi/fi/mh200>

LAMMIN BETONI OY 2016. Valuharkkojen ladontatyö [digikuva]. [viitattu 2016-03-10] Sijainti: Lammin Betoni Oy:n www-sivusto: <http://www.lamminbetoni.fi/fi/muottikivet>

LUJABETONI OY. Valuharkkojen ME-380 ja ME-400 työohje 2010 [verkkajulkaisu]. [viitattu 2016-03-05]. Saatavissa: http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabetoniiwwwstructure/16720_Valuharkko_ME400_ME380_tyohje_09072010.pdf

OKSMAN, Jonne 2015. Vaurioitunut elementti [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2015.

OKSMAN, Jonne 2015. Valmis sandwich-elementtiasennus Juha Semberg Oy:n paritalotyömaalla [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2015.

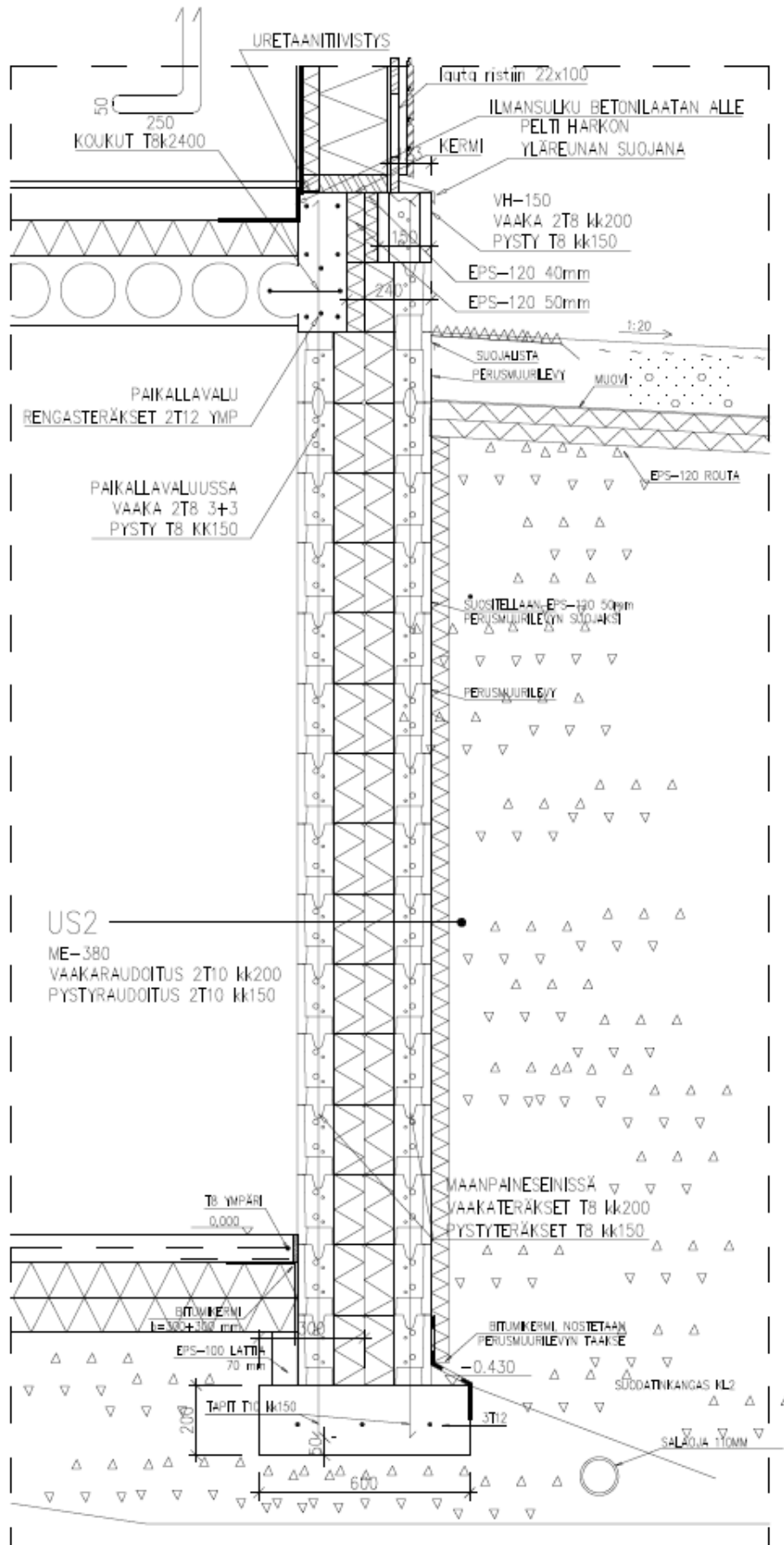
OKSMAN, Jonne 2015. Paritalon sandwich-elementtirunko [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat 2015.

SUOMEN BETONIIYHDISTYS RY 2004. BY 201 Betonitekniikan oppikirja. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

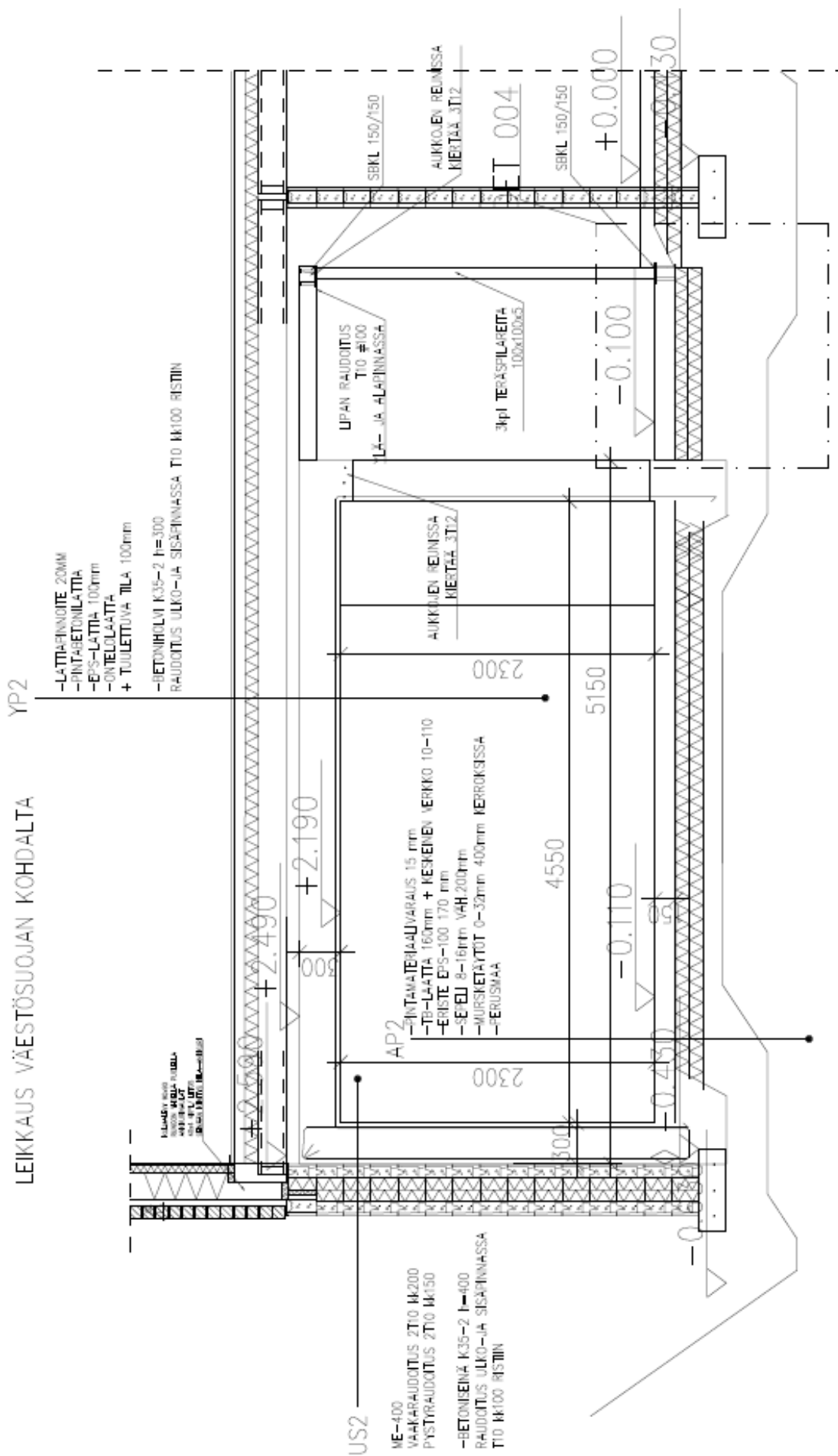
TALONRAKENNUSTEOLLISUUS RY 2015. Ratu Rakennustyön menekkejä 2015. Helsinki: Mittaviiva Oy, Rakennustieto Oy.

TALO-80-RYHMÄ. Määrälaskentaohje Talo-80 Nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Helsinki: Rakentajain kustannus 1989.

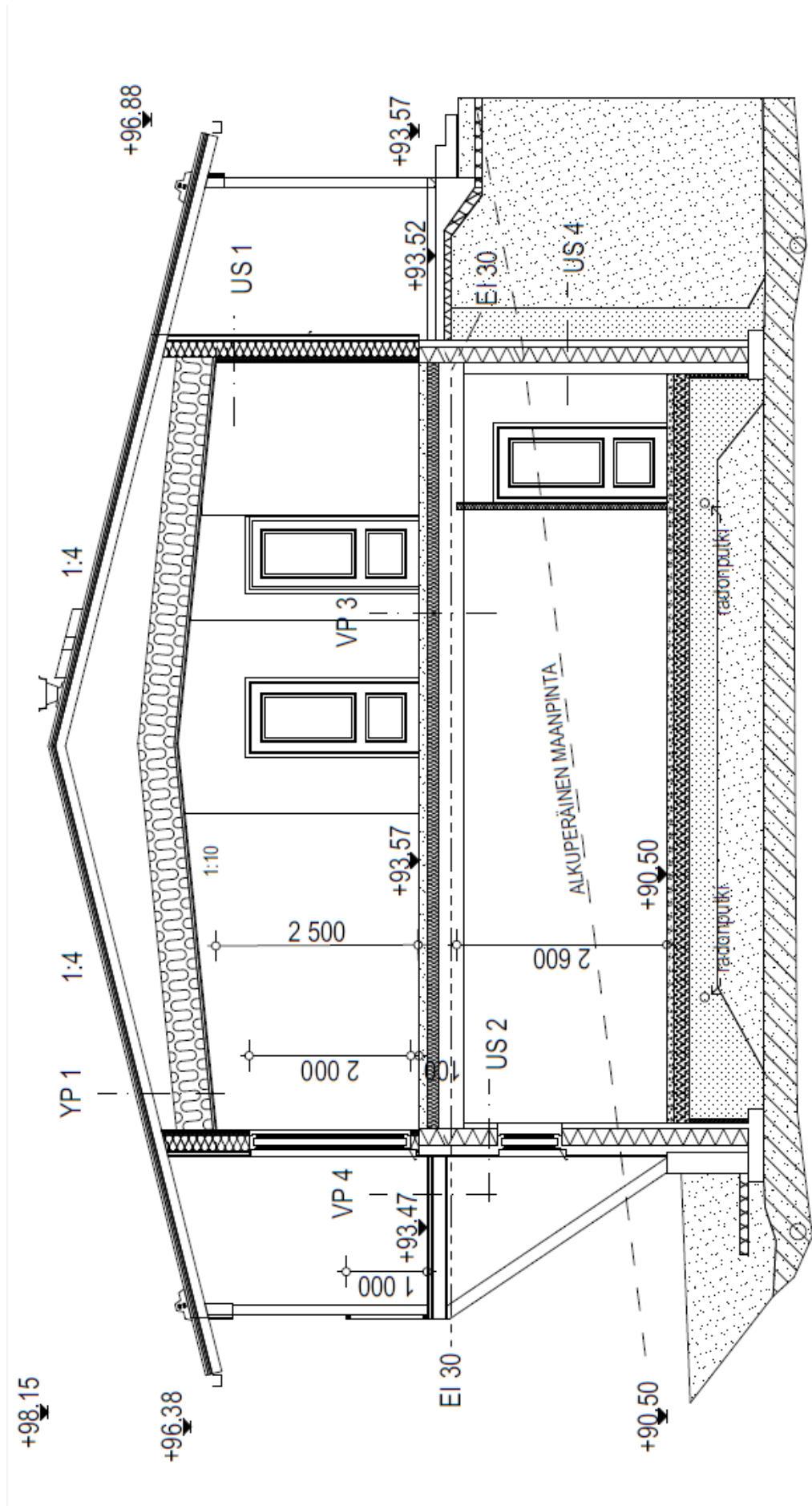
LIITE: 2 RAKENNELEIKKAUS MAANPAINESEINÄSTÄ AS OY MANSIKKARINNE TALO A



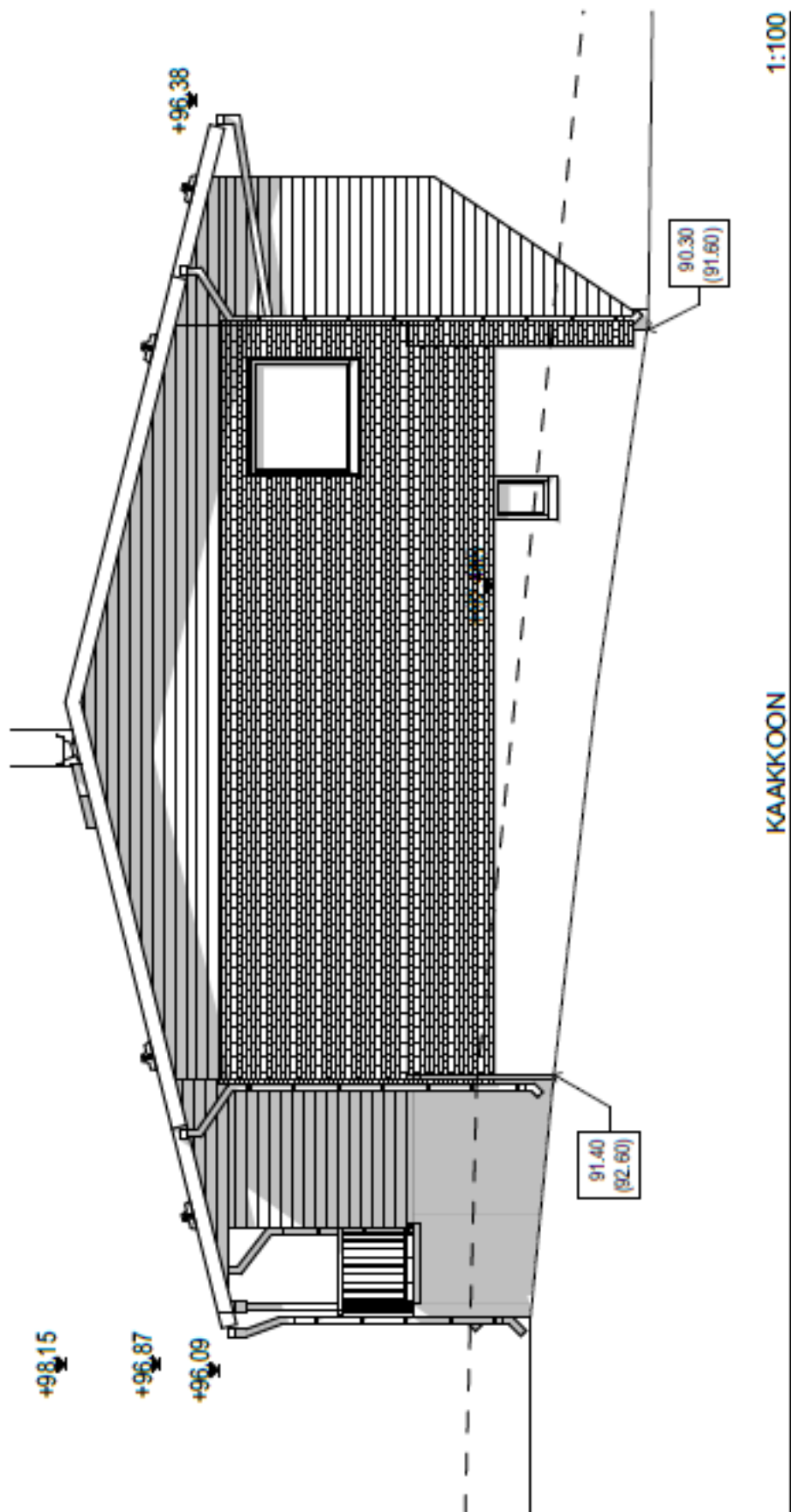
LIITE: 3 LEIKKAUS VÄESTÖSUOJAN KOHDALTA AS OY MANSIKKARINNE TALO A



LIITE 7: LEIKKAUS AS OY NIILONRANTA TALO D



LIITE 9: JULKISIVU KAAKKOON AS OY NIILONRANTA TALO D



LIITE 10: JULKISIVU LOUNAASEEN AS OY NIILONRANTA TALO D

