

PIENTALON TOTEUTUS- JA KUSTANNUSSELVITYS

Himanen Vertti

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri AMK

2019

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Vertti Himanen	Vuosi	2019
Ohjaaja	Juha Vesa		
Työn nimi	Pientalon toteutus- ja kustannus selvitys		
Sivu- ja liitesivumäärä	47 + 13		

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka rakentaa puurunkoinen pientalo ja mitkä ovat hankkeen kustannukset Rovaniemen kustannusalueella. Talopakettien hinnoista ja toteutustavoista oli saatavilla kattavasti tietoa valmistajilta, mutta kappale tavaratoteutuksista ei niinkään. Tavoitteena oli tuottaa validia informaatiota perinteisestä hanke- ja rakentamismuodosta, jota voidaan hyödyntää vastaavissa hankkeissa tai vertailtaessa eri toteutustapoja rakentamisen ja kustannuksien näkökulmasta. Työssä perehdyttiin kuhunkin rakennusosaan omana kokonaisuutenaan, jossa kerrottiin jokaiseen työvaiheeseen hyväksi todettu toteutustapa ja rakennusosan kustannukset.

Työn pohjaksi oli piirretty rakennuslupakuvat, joihin kustannukset ja toteutustavat pohjautuivat. Toisin sanoen työssä esitetyt kustannukset sekä toteutustavat ovat eksakteja tämän kyseisen hankkeen kohdalla, mutta käyttökelpoisia myös vastaavissa hankkeissa. Työssä rakennus pilkottiin pienempiin Talo 2000 -nimikkeistön mukaisiin kokonaisuuksiin, joille on määritelty alan teoksiin sekä omaan kokemukseen perustuen toteutustapa. Jokaisesta rakennusosasta on laskettu materiaaliset massat sekä työmenekit *ROK 2016 Rakennusosien kustannuksia* -teoksen perusteella. Materiaalien kustannukset tarkennettiin paikallisten vähittäistavaramyymälöiden hintatietojen perusteella ja työn hinta määriteltiin alan työehtosopimuksen sekä sivukulujen perusteella, eli hankkeeseen ryhtyvä palkkaa työnsuorittajat. Osa työ- ja materiaalikokonaisuuksista on korvattu urakkamuotoisilla kokonaiskustannuksilla, jotka pohjautuvat paikallisilta toimijoilta kysytyihin tietoihin.

Työn edetessä kävi ilmi, että monet rakenteista ja rakennusosista voidaan toteuttaa usein eri menetelmin ja yhtä oikeaa tapaa on vaikea määrittää. Menetelmien lisäksi rakennetyypeillä ja materiaalivalinnoilla on suuri vaikutus kustannusten kehittymiseen. Samaan lopputulokseen voidaan päästä usean eri muuttujan kokonaisuuksilla, jotka kaikki vaikuttavat työaikaan ja kustannuksiin kuitenkin muuttamatta lopputuotetta radikaalisti. Lopputuloksena työssä selvisi, kuinka kukin rakenne ja rakennusosa voidaan toteuttaa ja mitkä ovat tällöin kustannukset.

Avainsanat

rakennusosa, kustannuslaskelma, kustannusvertailu

Technology, Communication and
Transport
Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Vertti Himanen	Year	2019
Supervisor	Juha Vesa		
Subject of thesis	Cost Estimate of a Detached House		
Number of pages	47 + 13		

The purpose of the thesis was to research how to build a timber framed detached house in the Rovaniemi area and estimate the cost of the building project. Effect of the extra insulation was studied. The gathered information and results can be used in similar building projects and in comparing these different ways to build a detached house.

The research method was to do a case study by producing a plan to build a detached house. Blueprints of an exact detached house lay the basis of the work. The house is divided into small structural sections and building methods are studied on the basis of literature and experience.

Working on the subject clarified the idea that many of the structural sections can be built with various methods and it is hard to define the right way. These decisions have an enormous effect on the cost of the project. Extra insulation in a new house was rarely seen as a good investment. As the result in the case study, the building method of the house was decided and the cost estimate of the whole project was calculated.

Key words

structural section, cost estimate, costs comparison

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PUU RAKENNUSTEOLLISUUDEN HYÖDYKKEENÄ.....	7
3	LUVANVARAINEN RAKENTAMISPROSESSI	9
3.1	Rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuus.....	9
3.2	Vaadittavat luvat, asiakirjat ja lausunnot.....	10
3.3	Valvonta ja tarkastukset.....	11
4	TALONRAKENNUSPROJEKTIN KUSTANNUKSET JA TOTEUTUS	12
4.1	Kustannuslaskennan lähtökohdat	12
4.2	Kustannukset ja työtavat rakennusosittain.....	14
4.2.1	Alueosat	14
4.2.2	Talo-osat: perustukset.....	17
4.2.3	Talo-osat: seinärunko ja vesikatto	21
4.2.4	Talo-osat: ulkoseinät ja julkisivu	25
4.2.5	Talo-osat: alapohja.....	28
4.2.6	Tilaosat: jako-osat, pinnat ja varusteet.....	31
4.2.7	Tekniikkaosat	38
4.2.8	Hankeosat	39
5	LISÄERISTÄMISEN KANNATTAVUUS.....	41
5.1	Lisäeristämistutkimusten lähtökohdat	41
5.2	Seinärakenteen eristevahvuus.....	42
5.3	Yläpohjan eristevahvuus.....	43
5.4	Lisäeristämisen kannattavuus.....	44
6	POHDINTA	45
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	48

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

LVIS	lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö
XPS	suulakepuristettu polystyreenit
OSB-levy	oriented Strand Board
EPS	paisutettu polystyreeni
U-arvo	lämmönläpäisykerroin
Talo 2000	standartisoitu rakennusalalla käytettävä nimikkeistö

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja perehtyä kappaletavarasta toteutettavan pientalon valmistusprosessiin kokonaisvaltaisena hankkeena sekä rakentamisen että kustannusten näkökulmasta. Lisäksi työssä tutkitaan eristevahvuuden kasvattamisesta aiheutuvien kustannusten suhdetta lämmityskustannuksiin. Tavoitteena on selvittää rakentamisen kustannuksia kokonaisvaltaisesti kyseisillä toimintamalleilla.

Työssä aihetta käsitellään esimerkkihankkeen kautta tietyin rakennetyypein ja rakennusosin Rovaniemen toimintaympäristössä. Rakennus on puurunkoinen villaeristeinen talo, jonka kutakin rakennusosaa käsitellään omana osionaan toteutuksen sekä kustannusten kautta. Työssä maanrakennus- ja LVIS-töiden toteutukseen ei paneuduta tarkemmin ja niiden kustannukset perustuvat arvioihin.

Aiheen valintaan vaikuttivat henkilökohtaiset intressit sekä yleinen mielenkiinto aihetta ja eritoten kustannusten kehittymistä kohtaan. Valmistalojen suosio on ollut pitkään kasvussa kilpailukykyisen hintatason ja helppouden vuoksi, hintatietoutta on niistä kattavasti saatavilla eri valmistajilta. Siksi onkin merkityksellisempää tutkia kappaletavarasta tehtävän talon toteutusta ja kustannuksia, jolloin työstä selviävillä tiedoilla voidaan tehdä vertailua näiden kahden toteutustavan välillä.

2 PUU RAKENNUSTEOLLISUUDEN HYÖDYKKEENÄ

Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana puun käyttö rakennusmateriaalina on ollut koko ajan nousujohteinen. Puurakentamisen tekninen kehitys ja puun ekologisuus rakennusmateriaalina kasvattavat puun merkitystä rakentamisessa jatkuvasti. Kuluttajat arvostavat yhä enemmän toiminnallisia ominaisuuksia, joita puu materiaalina voi tarjota. Puu on sekä yksi maailman vanhimmista rakennusmateriaaleista että yksi tulevaisuuden innovatiivisimmista materiaaleista. Kysyntä on tuottanut tarpeen kehittää puun käyttöä entisestään, mikä on luonut positiivisen kierteen puun käytön näkökulmasta. (Haapio 2016, 26—36.)

Puun rakenteelliset ominaisuudet ovat monipuoliset ja sen työstäminen helppoa verrattain esimerkiksi betoniin. Euroopan mittakaavassa rakentaminen on eniten raaka-aineita kuluttava teollisuuden ala painossa mitattuna ja rakennusjätteen osuus kaikista jätteistä jopa 40–50 %. Yksi puun käytön eduista on myös sen tuottaman jätteen vähäisyys ja käyttökelpoisuus jatkojalostuksessa. Suuri osa nykyisistä rakennusmateriaaleista on uusiutumattomia. Puutuotteiden jalostuksessa käytettävän energian määrä on verrattain vähäinen. Nykypäivänä kuutioidissa mitattuna puun osuus runkomateriaalista Suomessa on noin 40–45 %, mutta tätä osuutta on mahdollisuus kasvattaa entisestään. Euroopassa ainoastaan 4 % rakentamiseen käytettävästä materiasta on puuta. Suomen vuotuisen rakentamisen tarpeeseen menevä puu kasvaa maamme metsissä yhden työpäivän aikana. Uusiutuvuutensa lisäksi puu sitoo itseensä hiilidioksidia, mikä osaltaan auttaa hidastamaan ilmastonmuutosta. (Rakentaja.fi 2010; Puuinfo 2016.)

Suomesta käsin tarkasteltaessa puun käytön lisääntyminen on positiivinen asia myös kansantaloudellisesti. Pitkällä aikavälillä talouskasvun on perustuttava uusiutuviin luonnonvaroihin, joista yksi merkittävimpiä on puu. Puu vientituotteena todennäköisesti kasvattaa osuuttaan entisestään tulevaisuudessa.

Kansantaloudellisesta näkökulmasta metsäteollisuuden merkitys on huomattava. Metsäsektori kattaa viidenneksen Suomen vientituloista, 5 % koko Suomen brut-

tokansantuotteesta, työllistää noin 200 000 suomalaista ja tuottaa noin 70 % uusiutuvasta energiasta Suomessa. Suurin sahatavaran kuluttaja 75 prosentilla on rakennusteollisuus. Metsien käyttöaste huomioiden puun käyttöä olisi mahdollisuus lisätä entisestään, sillä nykyinen käyttöaste on 60–65% luokkaa. Ympäristöministeriön tavoite on ottaa rakennusten hiilijalanjälki huomioon säädöksissä vuoteen 2025 mennessä. Ministeriössä on vireillä myös hanke, joka pyrkii selvittämään materiaalien valmistuksessa vapautuneet päästöt. Selvityksen pohjalta pyritään luomaan tiekartta päästöjen vähentämiseksi. Uudistusten myötä puulla ekologisena lähimateriaalina tulee olemaan entistä kilpailukykyisempi asema rakennusmateriaalina. (Puuinfo 2016; Haapio 2016, 26—36.)

3 LUVANVARAINEN RAKENTAMISPROSESSI

3.1 Rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuus

Rakennushankkeeseen ryhtyvää velvoittaa useat lait ja määräykset sekä erilaiset säädökset. Hankkeeseen ryhtyvän vastuulla on, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan vallitsevien määräysten mukaan sekä noudatetaan rakennuslupapäätöstä. Mikäli hankkeeseen ryhtyvällä itsellään ei ole riittäviä edellytyksiä hankkeen läpivientiin on hänen palkattava siihen pätevä taho. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 119 §.)

Ennen rakentamista on rakennushankkeeseen ryhtyvän haettava rakennuslupa rakennuslupahakemuksella tarvittavine liitteineen hankeen vaativuudesta riippuen. Hankkeeseen ryhtyvän tulee varautua rakennustyön valvontaan luvan, aloituskokouksen ja tarkastusasiakirjan edellyttämiltä osin. Pääsääntöisesti huolehtimisvelvollisuuden täyttämiseen palkataan ulkopuolinen pätevä taho. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 119 §; Rovaniemi.fi 2019.)

Pääsääntö lain puitteissa on, että rakennushankkeeseen ryhtyvää velvoittaa huolehtimisvelvollisuus kaikkien lakien, säädösten ja määräysten osalta. Mikäli ammattitaitoa valvoa ja toteuttaa hanketta näissä puitteissa ei ole, hankitaan ammattitaito ulkopuolisilta tahoilta. Hankkeeseen ryhtyvän velvollisuudeksi jää kuitenkin huolehtia, että nämä ulkopuoliset tahot, kuten suunnittelijat ja työnjohtajat täyttävät hankkeen ja työntehtäviensä vaativuus huomioiden kelpoisuusvaatimukset.

Kyseisen hankkeen rakennuspaikaksi on valittu Rovaniemi, joten erinäisten asiakirjojen ja dokumenttien tuottamisen tarpeellisuutta arvioidaan Rovaniemen kaupungin lakisääteisesti laatiman rakentamisjärjestyksen näkökulmasta.

3.2 Vaadittavat luvat, asiakirjat ja lausunnot

Olennaisin haettava lupa pientalohankkeessa on rakennuslupa, jonka myöntää kunnan rakennusvalvonta. Lupaprosessissa tarkastetaan edellytykset rakennusluvalla. Rakennuslupahakemukseen liitetään useita muita asiakirjoja, joista selviää hankkeen spesifimmät tiedot, joiden perusteella valvova taho tekee päätöksen luvan myöntämisestä.

Rakennuslupahakemukseen tulee liittää seuraavat asiakirjat:

- todistus rakennuspaikan hallinasta
- tonttikartta, kaavaote tai rekisterikartta
- asemapiirros
- rakennuspiirustukset
- energiaselvitys
- lvi-suunnitelmat
- jätevesijärjestelmän suunnitelma
- tilastolomake RH1
- rakennushankeilmoitus
- naapureiden kuuleminen
- vastaavan työnjohtajan hakemus rakennustöihin
- vastaava työnjohtajan hakemus kiinteistön vesi- ja viemäriasennustöihin
- rakennushankkeen pääsuunnittelijan sitoumus
- selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista
- tarvittaessa paloselvitys.

Näiden lisäksi lupaviranomainen voi pyytää käsittelyn aikana muita erityissuunnitelmia ja lisäselvityksiä laadun varmistamiseksi. (Rovaniemi.fi 2019.)

3.3 Valvonta ja tarkastukset

Kun rakennuslupa on saanut lainvoiman eli 14 päivää lupapäätöksestä, voidaan rakennustyöt sen puolesta aloittaa. Viranomaisnäkökulmasta valvonnallinen prosessi alkaa aloituskokouksesta, jonka järjestämisestä määrätään rakennusluvassa ja jota ennen rakennustöitä ei saa aloittaa. Ennen rakentamisen aloittamista tulee myös rakennuksen paikan ja korkeusaseman olla merkattuna. Valvonnallinen prosessi päättyy rakennusvalvonnan pitämään loppukatselmukseen. Tähän väliin mahtuu useita eri katselmuksia hieman hankkeesta luonteesta riippuen. Muita katselmuksia ovat:

- sijaintikatselmus
- pohjakatselmus
- rakennekatselmus
- hormikatselmus
- lvi-katselmus
- käyttöönotto ja loppukatselmus.

Mikäli koetaan tarpeelliseksi, voidaan luvassa määrätä myös muita hankekohtaisia tarkastuksia, kuten radonmittaus. Viranomaiskatselmusten lisäksi työmaan vastaava työnjohtaja on velvollinen huolehtimaan, että työt toteutetaan suunnitelmien, lakien ja määräysten mukaisesti hyvää rakennustapaa noudattaen. Kunnan rakennusjärjestyksen mukaisesti työmaalla on ylläpidettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaa, joka on ensisijaisesti vastaavan työnjohtajan tehtävä. Tarkastusasiakirjaan kirjataan myös pidetyt tarkastukset ja katselmukset. (Rovaniemi.fi 2019; Rakentaja.fi 2006.)

4 TALONRAKENNUSPROJEKTIN KUSTANNUKSET JA TOTEUTUS

4.1 Kustannuslaskennan lähtökohdat

Rakennusprojektin kustannukset koostuvat useista eri lähteistä useille eri toimijoille. Erinäisiä kustannuseriä ovat muun muassa palkkakulut sivukuluineen, materiaalikustannukset, käsittelymaksut, lupamaksut, liittymiskustannukset, vuokrat ja jätemaksut.

Rakennustekniset työt on laskettu suorittavan hankkeeseen ryhtyvän palkkaamat kaksi kirvesmiestä, jolloin tuntiveloitus koostuu työehtosopimuksen mukaisesta tuntipalkasta sekä sivukuluista. Euromääräiseksi tuntipalkaksi sivukuluineen on laskettu 36 euroa tunnilta, tätä kustannusta käytetään työn hinnan määrittämisessä. Laskennassa käytetyt työmenekit *pohjautuvat ROK 2016– rakennusosien kustannuksia* -teokseen.

Erityistyöt kuten LVIAS-tekniset työt, vesikatteen asennus, lattialaatan valu sekä kaivuutyöt on laskettu teetettäväksi aliurakoina paikallisilla toimijoilla, kyseisten töiden hinnat perustuvat kysytyihin alustaviin tarjouksiin ja yleiseen hintatasoon alueella. Laskelmien materiaalien hinnat perustuvat Rovaniemen kustannusalueen vähittäistavaramälöiden niin sanottuihin listahintoihin.

Kustannuslaskennan lähtökohtana on lupakuvien mukainen puurunkoinen omakotitalo Rovaniemen kustannusalueelle pois lukien kuvissa esiintyvä autokatos ja varasto (liite 5). Kerrosala talossa on 135 k-m² ja huoneistoala 120,6 m². Talon muotokieli on selkeälinjainen; neliskulmainen pulpettikattoinen talo. Rakennetyypit talossa ovat tavanomaisia määräysten mukaisia ratkaisuja, eristevahvuudet vaadittujen U-arvojen mukaisia. Runkomateriaalina on käytetty puuta ja pääasiallinen eriste seinissä ja yläpohjassa on kivivilla, alapohjassa EPS-polystyreeni levyt. Routaeristys XPS-suulakepuristetusta polystyreenistä. Perustukset talossa on suunniteltu tehtäväksi paikallavaluna teräsbetonirakenteisina kuin myös maanvarainen laatta. Yläpohjan runko on puuristikkorakenteinen ja vesikatteenä OSB-levy, johon asennetaan hitsattava kaksinkertainen bitumikermi. Ulkoverhousmateriaali talossa on vaaleaa puuta,

tehosteena seinissä tummempia sävyjä. Lämmitysmuotona talossa on kaukolämpö ja vesikiertoinen lattialämmitys, taloon asennetaan koneellinen ilmanvaihto. Varuste -ja pintamateriaalien taso talossa on normaali hintaluokassa.

Kustannukset on koottu kutakin rakennusosaa käsittelevän kappaleen loppuun taulukkoon, josta selviävät tarvittavat materiaalit kustannuksineen sekä niiden asentamiseen tarvittava työaika ja hinta. Taulukosta selviävät myös aliurakoina toteutettavaksi suunnitellut kokonaisuudet kunkin rakennusosan kohdalta. Rakennusosien ulkopuolelle jääviä kuluja, kuten suunnittelua, liittymiä ja vuokria käsitellään luvussa *Hankeosat*.

4.2 Kustannukset ja työtavat rakennusosittain

Kustannukset rakennusosittain osiossa käydään hanke läpi rakennusosittain, kussakin osassa käsitellään omaa rakennusosaansa, sen toteuttamista ja siitä syntyviä kustannuksia. Kussakin osiossa esitetty toteuttamistapa on vain yksi mahdollinen monista, mutta kuitenkin hyvään lopputulokseen tehokkaasti tähtäävä sellainen. Jäsentely noudattelee Talo 2000 -nimikkeistöä, mutta on muokattu vastaamaan paremmin hankkeen todellista rakennusjärjestystä.

Osiossa rakentamisprosessia käsitellään konkreettisin toteutustavoin, jotka on selitetty sanallisesti ja niiden havainnollistamiseksi on lisätty kutakin työvaihetta vastaavia kuvia. Rakennusosan toteutuksesta syntyvät kustannukset esitetään kunkin osion lopussa taulukoituna kokonaisuutena, josta selviää rakennusosaan käytettävät materiaali- ja työmenekit tai urakkakokonaisuudet kustannuksineen.

4.2.1 Alueosat

Pohjatöiden laajuus tarkentuu kussakin kohteessa pohjatutkimusten ja tämän pohjalta laaditun perustamistapaselvityksen mukaisesti. Tässä työssä kustannusvertailussa käytetään oletusarvoja, jotka voivat poiketa huomattavasti hankekohtaisesti. Laskennassa käytettävä tontti on pinta-alaltaan 1200 m² suuruinen koskematon raivaamaton tontti. Alueosien kustannukset muodostuvat raivaukseen, kaivamiseen ja täyttöön käytetystä työstä sekä täyttömassoista (taulukko 1).

Oletetaan tontilla olevan jonkin verran puustoa, joten pohjatyöt alkavat tontin raivauksella. Raivauksen jälkeen tontille sijoitetaan rakennettavan rakennuksen nurkkapisteet maanmittauslaitoksen antamien korko- ja nurkkapisteiden pohjalta. Nurkkapisteet on hyvä otattaa ylös esimerkiksi täkymetrin tai GPS-keilaimen omaavan tahon avulla, jolloin ne ovat helposti uudelleen merkattavissa, kun tarve vaatii.

Pohjatöiden ohessa kaivetaan kiinteistöön tulevat liittymät eli sähkö-, vesijohto-, viemäri- ja hulevesiliittymä (kuvio 1). Tässä tapauksessa oletetaan liittymien tulevan tontin rajalle, josta ne jatketaan haluttuihin kohtiin tonttia.



Kuvio 1. Vesijohto- ja viemärikaivanto

Kun rakennettavan rakennuksen paikka on selvillä, voidaan aloittaa varsinaiset maanrakennustyöt pintamaiden poistolla tarvittavilta osin. Oletetaan että maita on poistettava kauttaaltaan 800 mm, kuitenkin turhaa liian syväälle kaivamatta koska tämä luonnollisesti lisää kustannuksia ja toisaalta saattaa häiriinnyttää pohjaa. Kun perusmaan haluttu taso on saavutettu, täytetään sen päälle tasaus-sora perustuskorkoon. Kun perustustyöt on tehty, levitetään tasausoran päälle 300 mm vahvuinen kerros 8—16 kapillaarisora katkaisemaan kosteuden kapillaarisen nousun maapohjassa. Kukin kerros tiivistetään huolellisesti käsikäyttöisellä maantiivistäjällä. Kapillaarikerroksen päälle levitetään suodatinkangas, joka ehkäisee maa-ainesten sekoittumisen keskenään. Kapillaarikerroksen päälle tehdään loput sisäpuolen täytöstä kivettömällä täyttösoralla.

4.2.2 Talo-osat: perustukset

Kun rakennuksen anturoiden alapinnan taso on saavutettu ja maapohja tiivistetty, voidaan aloittaa anturamuottien laudoitustyöt. Antura on kauttaaltaan ulkoseinälinjoilla 200 mm korkea ja 600 mm leveä. Anturaan asennetaan harjateräsraudoitus: kolme 10 mm pitkittäisrautaa ja 10 mm poikittaishakaset 400 mm jalla. Nykyisin on saatavilla useita erilaisia järjestelmiä anturoiden tekoon, mutta kyseisessä hankkeessa anturamuotit tehdään sahakappaletavarasta.

Muotit tehdään valmiiksi 200 mm korkeiksi siivuiksi lautarakenteisina, joista ne sitten lankkuja apuna käyttäen kasataan haluttuihin mittoihin (kuvio 2). Ennen muottien asentamista on merk kautettava rakennuksen ulkonurkat, mikäli ne eivät enää ole tiedossa. Nurkkapisteiden avulla voidaan mitoittaa anturoiden paikat tarvittavilta osin. Anturoiden linjaamisessa käytetään apuna linjalankaa sekä linjalaseria, tasolaserin avulla muotin yläpinta asennetaan haluttuun korkoon. Anturat valetaan suunnitelmien mukaisella rakennemassalla, taloudellisin ja tehokkain ratkaisu valuun on pumppusäiliöauto massan määrän ollessa alle 6 m³, jolloin erillistä säiliöautoa ei tarvita.



Kuvio 2. Anturamuotit ennen valua

Perusmuuri kohteeseen muurataan 200 mm leveistä 200 mm korkeista ja 600 mm pitkistä valuharkkoista (kuvio 3). Harkkokertoja perusmuuriin tulee neljä, näin ollen perusmuuri on 200 mm leveä ja 800 mm korkea. Jokaiseen harkkosaumaan asennetaan kaksi 8 mm harjaterästä. Ensimmäinen harkkokerta asennetaan anturavaluun, jolloin saavutetaan parempi tartunta, tämän lisäksi anturaan upotetaan 10 mm hajateräksiä pystyyn 600 mm jaolla perusmuurin ja anturan saumakohdan tartunnan takaamiseksi. Ensimmäisen harkkokerran asennuksessa käytetään apuna tasolaseria, jotta harkkojen yläpinta on kauttaaltaan samassa korossa helpottaen näin tulevien kerrosten muurausta. Perusmuuri linjataan linjalangoin oikeisiin kohtiin, jolloin muuraaminen on vaivatonta. Anturavalua seuraavana päivänä muurataan seuraavat kolme kerrosta, jonka jälkeen ne valetaan täyteen notkealla rakennemassalla tarvittaessa tärysauvaa apuna käyttäen. Valun yläpinta tasoitetaan huolellisesti, jotta välttyään ylimääräiseltä hionta ja tassaustyöltä alajuoksupuuta asennettaessa. Massaa tilattaessa lisätään varsinaisen valuun menevään määrään 0,3 m³ betonia anturan ulkopuolisen yläpinnan viistämiseksi.



Kuvio 3. Valuharkkoista tehtävä perusmuuri

Talon sisäpuolinen täyttö voidaan aloittaa jo perusmuurin tekoa ennen tai sen yhteydessä, mutta lopulliseen korkoon se täytetään vasta kun perusmuuri on muurattu ja valettu lopulliseen korkoonsa. Sisäpuolen maanpinnan haluttu korko tiivistettynä on alapohjaeristeen alapinnassa, noin 300 mm lattiapinnan alapuolella. Täyttö toteutetaan mahdollisimman pitkälle koneellisena kerroksittain, jokainen täyttökerros tiivistetään huolellisesti maantiivistäjällä.

Kun perusmuuri on valmis ja sisätäyttö käynnissä voidaan samalla tehdä alustavia töitä salaojitusta ja sadevesijärjestelmää silmällä pitäen, jotta sisätäytön valmistuttua voidaan sujuvasti jatkaa kyseisiin työvaiheisiin kaivinkonetta seisottamatta. Järjestelmistä ensin asennetaan salaojat niin, että verkoston korkeimman kohdan yläpinta on anturan alapinnan tasolla kapillaarikerroksessa. Salaojaputkien ympärille voidaan kapillaarikatkon lisäksi asentaa suodatinkangas pussille, jolloin putken ympäryys täytetään varsinaisella salaojasoralla. Putkien asentamisessa käytetään apuvälineenä kallistusominaisuudella varustettua tasolaseria, minimikallistuksena käytetään 1:200 eli 0,5 %. Kullekin talon nurkalle asennetaan tarkastuskaivo ja verkoston vedet johdetaan kokoajakaivoon, josta ne edelleen johdetaan hulevesisuunnitelman mukaisesti. Sadevesijärjestelmässä periaate on vastaavan kaltainen, mutta verkosto asennetaan anturapinnan yläpuolelle ja vain talon etuseinustalle, jonne pulpettikatto ohjaa vedet. Myös sadevesiverkoston vesi ohjataan padotusventtilein varustettuun kokoajakaivoon ja siitä hulevesisuunnitelman mukaisesti eteenpäin.

Sadevesi- ja salaojajärjestelmien teon ohella ulkopuolen täyttötyö etenee vaiheittain, joten tähän työvaiheeseen on hyvä liittää myös patolevyn ja routasuojauksen asennus. Patolevy asennetaan kauttaaltaan perustuksien suojaksi hieman tulevaa maanpinnan tasoa korkeammalle. Routasuojaukseksi kyseisessä hankkeessa asennetaan lämpimille osille suulakepuristettua polystyreeniä eli xps-eristettä viettämään rakennuksesta pois päin sadevesi- ja salaojaverkostojen yläpuolelle. Eristettä asennetaan kauttaaltaan rakennuksen ympärille 1800 mm leveydeltä 50 mm vahvuisesti ja sen päälle 1500 mm leveydeltä 50 mm vahvuisesti. Routaeristeen päälle tehdään lopullinen täyttö, jonka pintakerros on ruokomultaa.

4.2.3 Talo-osat: seinärunko ja vesikatto

Rakennuksen rungon teko aloitetaan kiinnittämällä seinärungon alaohjauspuut painekyllästetystä 48 x 198 lankusta perusmuurin yläpintaan. Tässä vaiheessa tarkistetaan vielä seinälinjojen mitoitus ja suorakulmaisuus koska alaohjauspuilla on mahdollisuus korjata mahdollisia pieniä mittaheittoja. Alaohjauspuun ja perusmuurin väliin laitetaan solumuovikaista tiivistämään sekä estämään mahdollisen kosteuden nousun kiviaineksesta puurunkoon. Alaohjauspuut kiinnitetään kiviainekseen haponkestävin 8x100 ruuviankkurein 800 mm tiheydellä.

Seuraavaksi merkataan alaohjauspuuhun runkotolppien paikat tolppien pystyttämistä varten. Tolpat katkotaan valmiiksi määrämittaan ennen pystytystä, vaihtoehtoisesti voidaan koota maassa runkoelementtejä, jotka sitten nostetaan kerralla pystyyn. Päätyseinien tolpat nostetaan villoin eli ylipitkinä ja lyhennetään mittaansa ristikoiden asennuksen jälkeen kattoa tehtäessä. Tolppajako on 600 mm keskeltä keskelle, jolloin se on juuri sopiva seinävillalle ja levyjaolle, aukot eli ovet ja ikkunat tietenkin sekoittavat osaltaan jakoa. Tolppien pystytys aloitetaan nurkasta, tolpat kiinnitetään runkonaulaimella 90 mm pitkillä kampanauloilla alaohjauspuuhun. Nurkkatolppa revataan laudoin suoraan, tästä edetään tolppa ja edelleen seinä kerrallaan eteenpäin seinä kerrallaan (kuvio 4). Kukin seinä revataan noin kolmen metrin välein lankuin ja maakilojin pystyyn, kun tolpat on asennettu.

Kun seinärungon kaikki tolpat on asennettu, voidaan aloittaa yläohjauspuiden juoksutus. Yläohjauspuun asennus aloitetaan nurkasta kiertäen koko rakennus. Tässä vaiheessa apuna tarvitaan telineitä, joiden on syytä olla kevyet esimerkiksi alumiinirakenteiset telineet helpottaen näin liikuttelua. Lappeelleen asennettavaan yläohjauspuuhun asennetaan jo tässä vaiheessa ristikkokulmat suunnitellulla mitoituksella 900 mm jaolla.

Seinärungon valmistuttua revoituksineen ja tarpeellisine väliaikaisine tuentoinen aloitetaan kattorakenteiden valmistus. Ensimmäinen työvaihe katon teossa on naulalevyristikoiden asennus, jotka on valmiiksi koottu tehdasoloissa. Ristikoi-

den nostoa varten varataan hyvissä ajoin nostotyöhön soveltuva nosturiauto. Kyseisen kohteen ristikoiden arvioitu asennusaika on noin kuusi tuntia kahdella ammattimiehellä ja nosturiauton kuljettajalla. Nostokaluston lisäksi tarvitaan telineet molemmille seinälinjoille ristikon päihin. Ristikot kiinnitetään yläohjauspuuhun kulmaraudoin molemmin puolin ristikkoa. Asennusvaiheessa riittää toisen kulmaraudan kiinnitys nostotyön nopeuttamiseksi. Hyvä apuväline asennustyössä on 900 mm jaolle tehty sapluuna ristikon suoruuden varmistamiseen.

Ristikoiden asennus aloitetaan rakennuksen toisesta päädyistä, ensimmäinen ristikko asennetaan ja tuetaan huolella suoraan, jotta myös seuraavat ristikot tulisivat suoraan sapluunaa apuna käyttäen. Suoruus on syytä varmistaa asennustyön edetessä. Ristikoiden yläpaarteissa juoksutetaan lautoja väliaikaisina asennustukina, jotta ristikot pysyvät pystyssä ennen lopullisia kiinnityksiä. Kun ristikot ovat paikoillaan ja tuettuna voidaan vapauttaa nosturiauto ja aloittaa ristikoiden lopulliset kiinnitykset ja tuennat, kiinnitykset tehdään ristikkokuvan mukaisesti (kuvio 5).

Ennen vesikatteen asentamista tehdään räystästyöt tarvittavilta osin. Päätyihin rakennetaan päätyräystäät niin sanotuista poikasista eli määrämittaisista lankuista, jotka ovat vahvuudeltaan samaa kuin ristikon yläparre joka muodostaa sivuräystäät. Poikaset kiinnitetään päätyristikkoon ja runkotolppiin nurjahduksen estämiseksi. Pääty- ja sivuräystäille kierretään otsalaudat pohjamaalatusta hienosahatusta laudasta, räystään suoruuden varmistamisessa käytetään linjalankaa. Kun räystästyöt saadaan valmiiksi, aloitetaan vesikatteen teko. Kyseisessä kohteessa kate tehdään 18 mm OSB-levystä, jonka käypä vaihtoehto olisi perinteinen ponttilauta. OSB-levyllä saavutetaan kuitenkin ajallista säästöä mikä tässä rakennusvaiheessa halutaan hyödyntää, jotta saataisiin rakennus mahdollisimman nopeasti säältä suojaan. OSB-levy kiinnitetään kattoristikoiden yläpaarteeseen naulaamalla. Levyt ladotaan paikoilleen ja asennetaan pontteihinsa, tässä vaiheessa ne naulataan sieltä täältä käsinauloin. Kun kattoa on valmiina koko lappeen mitalta, tehdään varsinainen naulaaminen paineilmatoimisella naulaimella. Naulauslinjat on syytä merkata esimerkiksi värilangalla naulauksen onnistumiseksi. Vaikkakin levy on ympäripontattua, tehdään jatkokset vain tuelle eli

ristikoiden yläpaarten kohdille, koska levyä on saatavilla 2700 mm pitkänä menee jako tasan 900 mm ristikkovälille. Räystäillä levy viedään 20-30 mm otsalaudan yli, jotta katolta tuleva vesi valuu varmuudella räystäskouruun. Kun räystäät on viimeistely ja katto naulattu kauttaaltaan, tehdään kattoluukku sekä mahdolliset muut läpiviennit. Kattoluukun kauluksen tulee olla vähintään 300 mm korkea, jotta siihen voidaan toteuttaa määräysten mukainen ylösnosto huovalla. Muut läpiviennit, kuten ilmanvaihdon hormit, toteutetaan tehdasvalmisteisilla läpivientikauluksilla. Tämän jälkeen kattopinta puhdistetaan sahapurusta ja roskista, jonka jälkeen voidaan aloittaa huopatyöt. Alushuopa kiinnitetään alustaansa niin sanotusti hitsaamalla, eli huovan alapinnassa oleva bitumi kuumentetaan nestekaasupolttimella sulaksi, jonka jälkeen huopa levitetään alustalle ja bitumin jäähtyessä huopa tarttuu OSB-levyyn. Koska kyseessä on tilapäisellä tulityöpaikalla tehtävä tulityö, täytyy työssä noudattaa vakuutusyhtiöiden suojeleuhjetta tulitöiden osalta, muun muassa riittävän ensisammutus- ja raivauskaluston osalta. Alushuovan jälkeen asennetaan räystäille tippapellit ja tämän jälkeen pin-tahuopa.

Vesikatteen asennuksen jälkeen yläpohjasta puuttuu vielä kivivillaeriste, joka kohteessa asennetaan puhaltamalla. Ennen tätä täytyy vaipan olla vuorattuna vähintään tuulensuojalevyllä yläpohjan osalta ja katon höyrynsulun sekä koolauksen olla asennettuna.



Kuvio 5. Seinärunko revoineen



Kuvio 4. Rakennuksen puurunko

4.2.4 Talo-osat: ulkoseinät ja julkisivu

Kun rakennuksen vesikate tehdään valmiiksi ennen seinien eristystä, päästään se tekemään sateelta suojassa, joka on kuivaketjun kannalta erittäin edullinen asia. Ulkoseinärakenteet tehdään tässä vaiheessa valmiiksi ulkoverhousta myöden. Sisäpuolen osalta työt keskeytetään höyrynsulun ja sisäpuolen koolausten asentamiseen. Työt rakennuksen vaipan osalta sisäpuolella jatkuvat lattialaatan valun jälkeen.

Työt etenevät porrastetusti vaihdellen seinärakenteen eristämällä ja tuulensuojalevyn asentamisella. Kun ensimmäinen lohko ulkoseinästä on eristetty 200 mm kivivillalla levytetään se heti perään, lohkojakona voidaan käyttää esimerkiksi yhtä suoraa seinää. Pääsääntö on, että eriste asennetaan ulkopuolelta ennen levyttämistä, jotta molemmin puolin rakennetta on silmämääräisesti todennettavissa eristeen oikeanlainen asennus. Tuulensuojakipsilevy asennetaan rakennukseen runkoon naulaamalla. Koska runkojako on pääsääntöisesti keskeltä keskelle 600 mm sopii tämä sekä villa- että levyjaolle. Kun ulkoseinän vaippa on kauttaaltaan levytetty, aloitetaan rakennuksen julkisivuverhouksen teko samalla seinälohko periaatteella. Mikäli ikkunat ja ovet ovat asennettavissa tässä vaiheessa asennetaan ne ennen ulkoverhousta. Runkoa tehtäessä on aukot jätetty 10 – 15 mm isoiksi kultakin sivulta, tämä väli tiivistetään asennuksen jälkeen viltilikkeellä tai uretaanivaahdolla. Ovien ja ikkunoiden osalta on tärkeä muista huolellinen suojaaminen betoni- ja maaliroiskeilta sekä mekaanisilta iskuilta, jotka rakennusaikana ovat tyypillisiä.

Ulkoverhouksena rakennuksessa käytetään 28 mm vahvaa välimaalattua ponttilautaa eri levyisinä. Pääsääntöisesti leveys on 145 mm vaaka-asennuksena, mutta tehosteena tietyiltä osin 95 mm leveää paneelia pystyyn asennettuna. Ulkoverhouksen ja tuulensuojalevyn väliin jätetään tuuletusrako koolauslaudoin, laudat ammutaan naulaimella levyn läpi rakennuksen runkoon kiinni. Vaakaan paneloitavilla osilla koolauslaudoitus asennetaan pystyyn, ja pystyyn paneloitavilla osilla laudoitus asennetaan tuplana niin sanottuna ristikoolauksena. Koolauksen yhteydessä teipataan tuulensuojalevystä näkyviin jäävät saumat tuulensuojateipillä. Ennen panelointia merkataan seinään korko, miltä kunkin seinän

panelointi aloitetaan, näin varmistetaan verhouksen suoruus ja alareunan yhtenäisyys kullakin seinällä. Paneloinnin etenemään on seurattava mittanauhan ja vatupassin avulla työn edetessä. Ulkoverhouspaneeli kiinnitetään koolauslautoihin naulaamalla paineilmanaulaimella. Panelointi etenee seinä kerrallaan, kunnes koko rakennus on verhoiltu. Erityistä tarkkuutta vaaditaan verhouksen yläreunassa, joka ulottuu vesikatteeseen tuuletusrakoa lukuun ottamatta, koska rakennukseen ei tule räystäslautoja ja myös yläreuna jää näkyviin. Kun ulkoverhous on asennettu, voidaan se maalata kertaalleen, joka välimaalatussa puutavarassa riittää lopulliseksi pinnaksi. Maalaustyön jälkeen, kun ovet ja ikkunat on asennettu, viimeistellään lopputulos reuna- ja peitelaudoin sekä vesipellein. Reuna- ja peitelaudoitukset voidaan maalata irrallaan ennen asennusta. Kun ulkoverhous on kauttaaltaan valmis, tehdään rakennukseen kiinteästi liitettävät terassit ja kuistit. Ne toteutetaan painekyllästetystä puutavarasta. Jännevälien jäädessä alle 2,5 metriin, käytetään kantavina niskoina 48x148 lankkua, johon 28x120 kansilaudoitusta ruuvataan kiinni.

Sisäpuolelle siirryttäessä ensimmäisenä oikaistaan seinävillat niiltä osin kuin tarve vaatii. Tämän jälkeen voidaan asentaa höyrynsulkumuovi, jonka asennus aloitetaan katosta. Katon muovi ulotetaan seinäpinnoille niin paljon, että seinämuoviksi riittää yksi veto täysleveää 3000 mm muovia 200 mm limityksellä, ja niin että seinämuovi voidaan kääntää 500 mm alapohjaan. Näin vältetään ylimääräisiltä leikkauksilta ja saumoilta, kaikki saumat teipataan huolellisesti höyrynsulku-teipillä. Höyrynsulkumuovi kiinnitetään runkoon nitomalla ja sisäpuolen koolaus-työ aloitetaan heti muovin asennuksen perään, jolla varmistetaan muovin irtoamattomuus. Myös koolaus-työ aloitetaan katosta, johon asennetaan kahta eri vahvuista koolaus-työtä. Alaslaskettavalle osalle riittää lautakoolaus 400 mm jaolla, osalle johon ei tule alaslaskua asennetaan 48x73 rimoitus 300 mm jaolla. Koolauksen tulee tällä osalla olla syvempi, jotta valojen ja muiden kattoon upotettavien osien asennus onnistuisi. Seiniin naulataan 48x48 rimoitus 600 mm jaolla, jolloin seiniin on helppo asentaa tarvittava 50 mm vahvuinen kivivilla.

Ulkoseinien ja terassiosien kustannukset muodostuvat alihankinnoista sekä niiden ulkopuolelle jäävien osien materiaali- ja työkustannuksista (taulukko 4).

4.2.5 Talo-osat: alapohja

Ennen varsinaisia alapohjatöitä asennetaan rakennuksen viemärit täyttökerrokseen LVI-suunnitelmien mukaisesti. Viemäreiden paikat mitoitetaan tarkasti pohjakuvan perusteella. Viemäreiden asennuksessa apuna voidaan käyttää kallistuvaa pistelaseria sekä vatupassia riittävien kaatojen tekemiseen. Ennen lattialaatan valua kuvataan viemärit liitosten ja kallistusten oikeellisuuden varmistamiseksi.

Viemäreiden asennuksen jälkeen tasoitetaan täyttökerros oikeaan koroon ja tiivistetään tärylätkällä tarvittavilta osin. Tämän jälkeen aloitetaan alapohjaeristeen asennus. Kyseisessä kohteessa alapohjaeristeeksi asennetaan EPS-eriste kauttaaltaan 200 mm kerroksena kahdesta 100 mm levystä. Kerrokset ladotaan vastakkaisiin suuntiin levyn ollessa 1000 mm x 1200 mm, jolloin levyjen saumakohtat eivät tule koskaan samaan kohtaan kerroksissa. Mikäli eristekerrokseen jää rakoja voidaan ne täyttää polyuretaanivaahdolla tiiviin eristekerroksen saavuttamiseksi. Seinälle 500 mm ylipitkinä asennettu höyrynsulkumuovi käännetään eristekerrosten väliin, tällä tavoin parannetaan rakenteiden liitoskohdan tiiveyttä (kuvio 6). Myös käyttövesijohdot asennetaan eristekerrosten väliin urittamalla ne alemman eristeen yläpintaan, kylmä- ja kuumavesijohdot erilleen toisistaan. Eristekerroksen yläpinnassa vedetään lattiavaluun jäävät sähköjohdot ennen lattiaraudoitusta.



Kuvio 6. Alapohjaeristeeseen limittyvä höyrynsulku

Laatan rauditus asennetaan suunnitelmien mukaisesti eli 8 mm harjateräsverkko 150 mm silmäkoolla kauttaaltaan verkot limittäen (kuvio 7). Verkot sidotaan toisiinsa sidontalangoin ja verkkojen alle asennetaan 45/50 mm korkeat raudituskorokkeet. Tämän jälkeen sidotaan vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän putket kiinni harjateräsverkkoihin. Koska perusmuuria vasten pystyyn asennettu 50 mm xps eriste ulottuu valupintaan asti, ei tarvita erillistä irrotuskaistaa seinille. Ennen valua kierretään lattian ala kauttaaltaan läpi varmistaen ettei mikään valuun jäävistä osista ole liian lähellä valupintaa.



Kuvio 7. Alapohja eristettynä ja raudoitettuna

Lattiavalun kaikilta osin suorittaa palkattu urakoitsija, joka valun ja hierron yhteydessä tekee alustavat kaadot märkätiloihin. Valun jälkeen laattaan asetetaan etäluettava kosteusanturi RT kortin mukaisesti 40 % syvyyteen laatan paksuudesta, eli tässä tapauksessa 40 mm syvyyteen (Rakennustieto 2010). Anturin avulla voidaan seurata jäljemmin suhteellisen kosteuden kehitystä betonilaatassa. Koska mittausmenetelmä ei kaikilta osin täytä RT kortin standardia, tehdään kohteeseen vielä porareikä- tai näytepalamittaus, kun anturin antamat lukemat niin edellyttävät. Laatalle ei levitetä erillisiä jälkihoitoaineita, mutta kun valupinta on käveltävissä kastellaan laatta kauttaaltaan, jonka jälkeen sen päälle levitetään raken-

4.2.6 Tilaosat: jako-osat, pinnat ja varusteet

Sisäpuolen töiden etenemisestä sovitaan etukäteen hankkeen LVI, sähkö- ja automaatiourakoitsijoiden kanssa, jotta töiden yhteensovittaminen menisi mahdollisimman sujuvasti. Työt tehdään aikataulun mukaisessa järjestyksessä, jolloin kukaan taho voi ennakoida omaa työmaalla oloaan, eikä työt seisaudu missään vaiheessa. Esimerkiksi väliseiniä tehdessä täytyy sähköurakoitsijan johdottaa ja rasioida seinät ennen toisen puolen levytystä, ja ilmavaihto järjestelmä täytyy asentaa ennen alaslaskujen tekoa, mutta vasta väliseinävaiheen jälkeen.

Sisäpuolen työt aloitetaan ulkoseinien villoittamisella ja levytyksellä. Jo aiemmin 48x48 rimalla 600 mm jaolla koolatuille ulkoseinille asennetaan 50 mm vahva kivivilla vaakaan. Viimeistään tässä vaiheessa tulee sähkömiehen tehdä tarvittavat johdotukset ja rasiot ulkoseinien osalta. Kun seinät on villoitettu ja kaikki seiniin tuleva tekniikka asennettu, voidaan se verhoilla kipsilevyllä. Ulkoseinissä käytetään normaalia 13 mm kipsilevyä, joka kiinnitetään kipsilevyruuvein koolauspuihin.

Ulkoseinien jälkeen rakennetaan rakennukseen tulevat väliseinät, jotka ovat kaikilta osin kertopuurunkoisia, poikkeuksena seinien yläjuoksu, joka tehdään peltirangasta. Kun yläjuoksuna käytetään U-profiilin peltirankaa ei runkotolppien tarvitse olla millimetrin tarkasti oikean pituisia, joka helpottaa työtä esimerkiksi vinokattoisella osalla. Kevyet väliseinät levytetään molemmin puolin kipsilevyllä ja seinään asennetaan äänieristevilla. Seinien rakentaminen aloitetaan mitoittamalla ja merkkäämällä seinälinjat betonilaatan pintaan. Tämä vaihe on tehtävä tarkoin, jotta tiloihin suunnitellut kalusteet ja varusteet sopivat suunnitellusti paikoilleen ja tilat palvelevat käyttötarkoitustaan suunnitellusti. Seinälinjojen merkitsemisessä käytetään apuna ristiviivalaseria sekä värilankaa. Kun linjat ovat merkattu ja tarkemitattu aloitetaan alaohjauspuiden kiinnittäminen betonilaattaan, kiinnitys tapahtuu mekaanisesti pikanauloin. Alaohjauspuiden asentamisen jälkeen ruuvataan peltirangat yläjuoksuksi kattokoolauksiin ja nostetaan runkotolpat pystyyn, tolpat kiinnitetään ruuvein 600 mm jaolla, laatoitettavilla osin käytetään 400 mm runkojakoa ja levynä erikoiskovaa kipsilevyä. Seinärungon väliin asennetaan vanerin tai vastaavan levyn palasia kohtiin, joissa tarvitaan tukevampi

kiinnitysalusta, kuten keittiön kaappien ja altaiden taakse (kuvio 8). Kun seinien toinen pinta on levytetty, kytkee sähkö- ja putkiasentaja varusteet seiniin tarvittavilta osin, jonka jälkeen seinät voidaan villoittaa ja myös toinen puoli levyttää.



Kuvio 8. Kiinnitystukia väliseinärungossa

Väliseinien valmistuttua asennetaan rakennuksen ilmavaihto putkisto sekä ulospuhallushormi ja raittiin ilman ottoputki. Mikäli kattoon tulevia sähköjä ei ole vielä asennettu, asennetaan nekin tässä vaiheessa. Kun ilmanvaihtokanavat ja katon sähköistys on asennettu, aloitetaan alaslaskukattojen teko ja vinoksi jäävän katon levytys (kuvio 9). Vinon osan levytys tapahtuu seinälevytystä vastaavalla tavalla ruuvaamalla levyt kipsilevyruuvein kattokoolauksiin. Levyjen asennuksessa käytetään apuna levyhissiä. Kattoon tulevat rasiat ja valaisimet mitoitetaan tässä vaiheessa paikoilleen ja niille tehdään tarvittavat aukot levyihin. Alaslaskettavalla osalla kierretään kunkin tilan seinille 48x48 mm vahvat rimat haluttuun korkoon, jonka jälkeen rakennetaan samasta puutavarasta alaslasku pukit, olevan lautakoolauksen vastaiseen suuntaan samaan korkoon seinille asennetun riman kanssa. Kun 48x48 runko on valmis, kiinnitetään sen alapintaan vastakkaiseen suuntaan vielä lautakoolaus 400 mm jaolla. Tämän jälkeen voidaan asentaa kipsilevyt vastaavaan tapaan kuin vinolla osalla.



Kuvio 9. Alaslaskuun asennettavaa tekniikkaa

Kun kipsilevyseinät ovat valmiit, voi maalaustöihin palkattu aliurakoitsija aloittaa tasoitus- ja maalaustyöt. Märkätilojen pinnoitustyöt aloitetaan, kun on mittauksin todettu betonilaatan suhteellisen kosteuden olevan halutulla tasolla. Seinä ja kattopintojen valmistuttua asennetaan huoneistoon vinyylilankkulattia. Lattian asennuksen jälkeen kiinnitetään välit, keittiön kalusteet ja makuuhuoneiden kaapit. Tämän jälkeen viimeistellään tilat listoituksin tarvittavilta osin ja asennetaan loput kiintokalusteet kuten allaskaapit. Märkätilojen laatoittamisen jälkeen paneloidaan sauna, rakennetaan lauteet ja asennetaan suihkut.

Väliseinä- ja alaslaskurunkojen kustannukset muodostuvat puutavarasta sekä niiden tekoon käytetystä työstä (taulukko 6).

Taulukko 6. Väliseinä- ja alaslaskurunkojen kustannukset

Materiaali / työ	määrä	yks	€/yks	Hinta € (alv 24%)	työ h (ROK - 16)	Hinta työ €	Hinta työ + mat. €
VS rungot							
39x66 kertop. 3000mm	100	kpl	5	525	16	576	1101
kivivilla 50mm	122	m ²	2,6	336	8	288	624
Alaslasku rungot							
48x48 soiro runko	250	m	1	262	16	576	838
25x100 lauta koolaus	200	m	0,8	160	8	288	448
Hinta yh- teensä €							3 011

Hankeessa makuuhuoneiden ja eteisen kustannukset muodostuvat seiiniin asennettavista kipsilevyistä ja niiden maalauksesta sekä muista pintamateriaaleista (taulukko 7). Muina pintamateriaaleina käytetään lattiassa vinyyliä ja ka-
tossa mdf-paneelia. Materiaalien lisäksi kustannuksiin sisältyvät kiintokalusteet.

Taulukko 7. Makuuhuoneiden ja eteisen kustannukset

Materiaali / työ	määrä	yks	€/yks	Hinta € (alv 24%)	työ h (ROK - 16)	Hinta työ €	Hinta työ + mat. €
MH1 MH2 MH3 pinnat							
kipsilevy 13mm N	110	m ²	4	462	24	864	1326
maalauk + ta- soitus	110	m ²	2,5	275	25	900	1175
liukuväliovi	3	kpl	350	1050	5	180	1230
kattopaneeli MDF	34	m ²	15	535	21	756	1291
vinyyli	34	m ²	30	1071	16	576	1647
jalkalistat	41	m	2	86	3	108	194

peitelistat	3	erä	15	45	2	72	117
kaapisto	2	erä	800	1600	8	288	1888
ET							
kipsilevy 13mm N	28	m ²	4	118	4	144	262
maalauk + ta- soitus	28	m ²	2,5	70	5	180	250
kattopaneeli MDF	9	m ²	15	142	6	216	358
vinyyli	9	m ²	30	285	4	144	429
jalkalistat	11	m	2	25	1	36	61
peitelistat	3	erä	15	45	2	72	117
kaapisto	2	erä	800	1600	4	144	1744
Hinta yh- teensä €							12 089

Myös WC ja kodinhoitohuoneessa kustannukset muodostuvat kipsilevyistä sekä pintamateriaaleista ja kiintokalusteista (taulukko 8). Kodinhoitohuoneessa työ- ja materiaalimenekkien lisäksi on laatoitustyölle annettu kiinteä hinta. Kiintokalusteet muodostavat merkittävän osan kustannuksista.

Taulukko 8. WC- tilan ja kodinhoitohuoneen kustannukset

Materiaali / työ	määrä	yks	€/yks	Hinta € (alv 24%)	työ h (ROK - 16)	Hinta työ €	Hinta työ + mat. €
WC							
kipsilevy 13mm N	15	m ²	4	63	2	72	135
maalauk + ta- soitus	15	m ²	2,5	40	3	108	148
kattopaneeli puu	4	m ²	50	200	2	36	236
seinäpaneeli puu	5	m ²	50	250	2	36	286
vinyyli	4	m ²	30	125	2	36	161
jalkalista	8	m	2	20	1	36	56
kalusteet	1	erä	1300	1300	4	144	1444
väliovi	1	kpl	150	150	1	36	186
KHH							
kipsilevy 13mm N	42	m ²	4	177	7	252	429

maalaus + ta-soitus	42	m ²	4	168	8	288	456
lattia-laatta 100x100 har.	10	m ²	25	262			262
saneeraus- laasti	2	sk	20	40			40
sauma-aine	1	erä	25	25			25
silikoni	1	erä	20	20			20
laatoitus ali- urakka				400			400
primer poh- juste	1	erä	20	20	2	72	92
vesieriste	1	erä	120	120	2	72	192
peitelista	2	erä	15	30	2	72	102
kalusteet	1	erä	3000	3000	6	216	3216
liukuväliovi	1	kpl	350	350	2	72	422
Hinta yh- teensä €							8 308

Pesuhuoneen, saunan ja keittiön kustannukset käytettävistä kiintokalusteista, pinta-
tamateriaaleista sekä väliovista ja listoista (taulukko 9). Runsaasti laatoitusta si-
sältävissä tiloissa materiaalivalinnoilla on suuri merkitys muodostuvaan koko-
naiskustannukseen. Kiintokalusteet yksittäisenä kokonaisuutena on suurin me-
noerä keittiössä.

Taulukko 9. Pesuhuoneen, sauna ja keittiön kustannukset

Materiaali / työ	määrä	yks	€/yks	Hinta € (alv 24%)	työ h (ROK - 16)	Hinta työ €	Hinta työ + mat. €
PH + S							
kipsilevy 13mm EK	17	m ²	5	90	3	108	198
lattia-laatta 100x100 har.	10	m ²	25	262			262
seinälaatta 200x300 val.	20	m ²	35	700			700
saneeraus- laasti	5	sk	20	100			100
sauma-aine	2	erä	25	50			50
silikoni	1	erä	20	20			20
laatoitus ali- urakka				1000			1000

primer pohjuste	2	erä	20	40	2	72	112
vesieriste	2	erä	120	240	6	216	456
20x120 lämpöhaapa pan.	20	m ²	45	945	4	144	1089
liukuväliovi	1	kpl	350	350	2	72	422
suihku	2	kpl	350	700			700
kalusteet	1	erä	350	350	2	72	422
saunasatu 30mm	6	m ²	15	95	1	36	131
alumiinipaperi	20	m ²	20	20	1	36	56
rima 28x30 koolaus	erä	1	40	40	2	72	112
lauteet	1	erä	500	500	8	288	788
lasiseinä elementti	1	kpl	800	800	5	180	980
kiuas	1	kpl	400	400			400
TUPAK.							
kipsilevy 13mm N	80	m ²	4	336	16	576	912
maalauk + tasoitus	80	m ²	2,5	200	14	504	704
kattopaneeli MDF	50	m ²	15	780	28	1008	1788
vinyyli	50	m ²	30	1600	20	720	2320
jalkalista	30	m	2	60	2	72	132
kattolista	30	m	3	90	4	144	234
keittiökalusteet	1	erä		8800	15	540	9340
Hinta yhteensä €							23 428

Tilaosien kokonaishinnaksi kaikkine töineen ja materiaaleineen muodostuu 46 836 euroa.

4.2.8 Hankeosat

Hankeosiin kyseisessä kohteessa katsotaan luettavaksi kaikki rakennusosien ulkopuolelle jäävät kustannukset. Kustannukset koostuvat rakentamista edeltävistä suunnittelu -ja tutkimuskuluista, liittymäkustannuksista sekä työn aikaisista sivukuluista, kuten vuokrista ja jätemaksuista (taulukko 8).

Ensimmäisenä hankkeessa maksettavaksi tulee tontin lohkomismaksu, mikäli tontti sijaitsee asemakaava-alueella, niin kuin kyseisen hankkeen suunnitelmien mukainen tontti. Suurin yksittäinen kustannuskokonaisuus hankekustannuksissa on suunnittelu ja valvonta, joka pitää sisällään arkkitehti -ja rakennesuunnitelmat, LVI-suunnitelmat, pääsuunnittelun ja hankkeen aikaisen vastaavan työnjohtajan tehtävät. Näiden lisäksi täytyy rakennushankkeeseen ryhtyvän teettää kiinteistöä energiatodistus ennen rakennustöiden aloittamista rakennusluvan liitteeksi. Tutkimuksellisia kuluja hankkeessa syntyy ainoastaan jo hankkeen alkuvaiheessa teetettävästä pohjatutkimuksesta. Rakennus täytyy liittää kunnallisiin verkostoihin, joiden kustannukset vaihtelevat sijainnin ja esimerkiksi sähköliittymän sulakekoon mukaan. Kustannusarvioon on otettu arvioidut liittymien hinnat, myös kaukolämmön liittymismaksu täytyy arvioida, koska kyseinen rakennus on suunniteltu liitettäväksi kunnalliseen kaukolämpöverkostoon. Muita kerta- ja jatkuvaluonteisia kuluja muodostuu vuokrista, rahdeista ja jätemaksuista. Vuokratkustannuksia syntyy muun muassa työkaluvuokrista ja jätelavan vuokrasta. Muu työ pitää sisällään hankkeen yleistöistä kuten siisteyden ja järjestyksen ylläpidosta aiheutuvat kustannukset. Rahti kustannukset ovat arvioitu kokonaiskustannus hankkeen aikana syntyville rahtikustannuksille muun muassa harkkojen, puutavarain ja ikkunoiden kuljetuksesta.

Taulukko 8. Hankeosien kustannukset

Materiaali / työ	määrä	yks	€/yks	Hinta € (alv 24%)	työ h (ROK - 16)	Hinta työ €	Hinta työ + mat. €
Suunnittelu ja valvonta	1	erä		9780			9780
Projektinjohto	1	erä		2890			2890
Liittymät							
sähkö	1	kpl		2600			2600
kaukolämpö	1	kpl		4000			4000
vesi	1	kpl		8680			8680
Pohjatutki- mus	1	kpl		1400			1400
Jäte							
lavavuokra	1	kpl		400			400
tyhjennus	3	kpl	70	210			210
jättemaksu	4	tn	200	800			800
Vuokra							
maantiivistäjä	1	erä		900			900
telineet	1	erä		500			500
työmaakeskus	1	erä		600			600
muu	1	erä		500			500
Lohkomis- maksu	1	kpl		750			750
Muu työ	40	h	36	1440			1440
Rahti	1	erä		1870			1870
Hinta yh- teensä €							37 320

Kaikkine kustannuksineen kyseisen hankkeen hinnaksi muodostuu 215 139 euroa. Hinta pitää sisällään kaikki lupakuvien mukaisen rakennuksen rakentamiseen liittyvät työt ja materiaalit. Projektin luonne on tyypillinen yksityishenkilön toteuttama pientaloprojekti, jossa hankkeeseen alava toimii projektin vetäjänä, mutta palkkaa ammattihenkilöt hoitamaan työt tarvittavilta osin myös projektin johtoon liittyen.

5 LISÄERISTÄMISEN KANNATTAVUUS

5.1 Lisäeristämistutkimusten lähtökohdat

Tarkastelussa tutkitaan eristevahvuuden kasvattamista kustannuslaskelmissa käytettyihin rakennetyyppeihin. Kustannuslaskelmissa käytetyt eristevahvuudet alapohjan, seinien ja yläpohjan osalta ovat määräykset täyttäviä tyyppillisiä vahvuuksia. Tarkastelussa ei oteta kantaa rakenteen kosteustekniseen toimintaan, mutta eristevahvuuden kasvattaminen pidetään maltillisena. Koska johtumalla tapahtuva lämpöhäviö rakenteiden läpi on suurinta yläpohjassa sekä seinissä ja verrattain vähäistä alapohjassa, rajataan tarkastelu koskemaan yläpohja- ja seinärakenteita (Puuinfo 2013). Yläpohja on pääsääntöisesti helpoin ja kustannustehokkain osa eristevahvuuden kasvattamiselle rakennusaikana tai myöhemmin rakennuksen käytön aikana. Tästä syystä yläpohjan lisäeristäminen onkin eniten käytetty lisäeristysmuoto pientaloissa. Tarkastelussa tuodaan esille laskennallisen U-arvo parannuksen lisäksi lisäeristetyt rakenteen investointikustannuksen suhde energiankulutukseen ja tästä selviävä takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaikaa tarkasteltaessa on huomioitava, että takaisinmaksuaikaa määritettäessä ei oteta huomioon energian hinnan kehitystä tai koroista aiheutuvia kustannuksia, vaan se määritetään investoinnin ja vuotuisen energiasäästön absoluuttisena suhteena.

5.2 Seinärakenteen eristevahvuus

Kustannuslaskelmissa käytetty rakennetyyppi seinissä ulkoverhousta lukuun ottamatta sisältä ulos on: kipsilevy 13 mm, vaakakoolaus + eriste 50 mm, höyrynsulkumuovi 0,2 mm seinärunko + eriste 200 mm, tuulensuojakipsilevy 9 mm. Tällä rakenteella laskennallinen U-arvo on 0,1552 W/m²K (Liite 1). Tämä alittaa ulkoseinärakenteelle asetetun 0,17 W/m²K vaatimuksen (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 24§).

Mikäli eristevahvuutta ulkoseinillä halutaan kasvattaa, on paras paikka sille vaiipan ulkopinnassa. Ulkopinnan tuulensuojakipsilevy voidaan korvata 50 mm vahvalla tuulensuojavillalla kasvattaen näin ulkoseinän eristevahvuutta 50 millimetrimillä. Tällöin rakenne seinässä ulkoverhousta lukuun ottamatta sisältä ulos on: 13 mm kipsilevy 13 mm, vaakakoolaus + eriste 50 mm, höyrynsulkumuovi 0,2 mm, seinärunko + eriste 200 mm, tuulensuojavilla 50 mm. Tällä rakenteella laskennallinen U-arvo on 0,1267 W/m²K (Liite 1).

Hintaero rakennetyyppien välillä muodostuu materiaalien hintaerosta sekä työn osuudesta. Työmenekkiin tuulensuojakipsilevyn ja tuulensuojavillan välillä ei muodostu merkittävää eroa, joten myöskään hintaeroa asennuksesta syntyvistä kuluista synny. Hintaeroksi materiaalien välillä K-Raudan hintatietojen mukaan muodostuu 12,92 euroa neliölle tuulensuojavillan ollessa kalliimpi vaihtoehto. Määrällisesti hintaero voi vaihdella kaupoittain ja paikkakunnittain, mutta hintaeron suhde pysyt samankaltaisena kaikissa tapauksissa, mikä tämän tarkastelun kannalta on olennaista.

Hintaeron konkretisoimiseksi tarkastellaan lisäeristyksestä koituvan kustannuksen suhdetta vuotuisiin lämmityskustannuksiin neliöllisesti, kun lämmitysenergian hinta on 0,1 €/kWh. Lisäeristykseen kokonaiskustannus on 12,92 euroa neliölle sisältäen arvonlisäveron ja vuotuinen säästö lämmitysenergiassa Rovaniemen ilmasto-olosuhteissa 0,41 euroa neliölle (Liite 3). Näin ollen lisäeristykseen takaisinmaksuaika on 31,5 vuotta.

5.3 Yläpohjan eristevahvuus

Kustannuslaskelmissa käytetty rakennetyyppi yläpohjassa vesikatetta lukuun ottamatta sisältä ulos on: mdf-paneeli, koolaus 25x100 mm, höyrynsulkumuovi 0,2 mm, puuristikko + kivivilla puhaltamalla 500 mm. Tällä rakenteella saavutetaan U-arvo 0,0874 W/m²K (Liite laskelma). U-arvo alittaa yläpohjarakenteelle asetetun vaatimuksen 0,009 W/m²K (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 24§).

Mikäli eristevahvuutta yläpohjassa halutaan kasvattaa, on järkevin tapa lisätä puhallusvillan kerrospaksuutta olettaen, että kattorakenteessa riittävästi tilaa lisäeristeelle sekä tuuletukselle lisäeristämisen jälkeen. Kasvattamalla puhallusvilla-kerroksen vahvuutta 100 mm on yläpohjan rakennetyyppi vesikatetta lukuun ottamatta vesikatetta sisältä ulos: mdf-paneeli, koolaus 25x100, höyrynsulkumuovi 0,2 mm, puuristikko + kivivilla puhaltamalla 600 mm. Tällä rakenteella saavutetaan U-arvo 0,0745 W/m²K.

Puhallusvillalle saatavilla on kuutiollinen hinta sisältäen työn ja materiaalin. Eristevahvuuden lisääminen 100 mm tarkoittaa 0,1 m³ lisäystä neliöllisesti. Puhallusvillan kuutiahinnan ollessa 25 euroa kuutiolle sisältäen arvonlisäveron tulee neliölliseksi kustannuksen kasvuksi 2,5 euroa.

Hintaeron konkretisoimiseksi tarkastellaan lisäeristyksestä koituvan kustannuksen suhdetta vuotuisiin lämmityskustannuksiin neliöllisesti kun lämmitysenergian hinta on 0,1 €/kWh. Lisäeristykseen kokonaiskustannus on 2,5 euroa neliölle sisältäen arvonlisäveron ja vuotuinen säästö lämmitysenergiassa Rovaniemen ilmasto-olosuhteissa 0,19 euroa neliölle (Liite 4). Näin ollen lisäeristykseen takaisinmaksuaika on 13,2 vuotta.

5.4 Lisäeristämisen kannattavuus

Seinärakenteen eristevahvuuden kasvattamista asetukset täyttävästä rakennetyypistä ei voida pitää kustannustehokkaana. Lisäeristämisen takaisinmaksuajat kasvavat erittäin pitkiksi ja onkin hankala ennustaa vallitsevia olosuhteita niin pitkälle. Voidaan myös ajatella taloudellisesta näkökulmasta, että lisäeristämiseen sijoitetulle pääomalle saadaan varmasti nopeampi ja varmempi tuotto monella muulla investointitavalla. On kuitenkin huomioitava, että laskelmissa käytetyt olosuhteet kuvastavat vain Rovaniemen toimintaympäristöä ja lisäeristämisen kannattavuus on aina tutkittava tapauskohtaisesti. Lisäeristystä suunniteltaessa on myös huomioitava rakenteen kosteustekninen käyttäytyminen eli mikäli eristevahvuutta runsaasti lisätään kasvaa aina riski kastepisteen muodostumiselle rakenteen sisään.

Yläpohjan lisäeristämistä uuteenkin asetukset täyttävään rakennetyyppiin voidaan pitää ainakin jokseenkin kannattavana. 100 millimetrin lisäeristämällä saavutetaan investoitu pääoma takaisin alle 14 vuodessa. Tämän jälkeen taloudellisesta näkökulmasta rakenne tuottaa koko ajan lisää arvoa investoinnille. Myös yläpohjaa eristettäessä eristevahvuutta on tarkasteltava kosteusteknisen toimivuuden kannalta, mutta 600 mm eristevahvuutta hyvin tuulettuvassa yläpohjassa ei vielä pidetä riskirakenteena.

Työssä esitetyt laskelmat ovat yksi esimerkki lisäeristämisen tehokkuudesta ja niissä keskitytään arvioimaan lisäeristämistä taloudellisesta näkökulmasta, mutta sitä voitaisiin ajatella myös ekologisuuden kannalta. Lisäeristämisen kannattavuutta on aina tarkasteltava tapauskohtaisesti ja erityisesti vanhemmassa rakennuskannassa, missä eristevahvuudet ovat ennalta pienempiä, se voi osoittautua hyvinkin tehokkaaksi. Laskelmista on tulkittavissa, että lisäeristäminen yläpohjassa on selkeästi tehokkain lisäeristämisen muoto. Yleensä vanhoja rakennuksia lisäeristettäessä kannattaa työ tehdä yhdessä muiden kunnostustoimien kanssa, jolloin rakenteita joudutaan muutoinkin purkamaan. Vanhoissa rakennuksissa suunnitelmallisuus korostuu entisestään, sillä niissä on huomioitava erityisesti mahdollisesti puuttuva höyrynsulku sekä ilmanvaihdon ajanmukaisuus.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää puurunkoisen pientalon rakennustapa sekä kustannukset. Molempiin kysymyksiin työ antaa vastauksen esimerkkinä käytetyn hankkeen kautta, ei siis täysin yleispäteviä vastauksia, mutta täysin vertailukelpoisia vastaaviin hankkeisiin. Lisäksi työssä tutkittiin eristevahvuuden kasvattamisen kannattavuutta, myös tähän työ antaa vastauksen rajatulle osa-alueelle.

Rakentamisprosessi on työssä jaettu pienempiin rakennusosia käsitteleviin kokonaisuuksiin, jolloin saatiin tarkemmin käsiteltyä pienempiäkin työmenetelmiin liittyviä nyansseja. Työtapoja kunkin rakenteen toteuttamiseen on hyvin paljon ja voidaan todeta, että ei ole sitä ainoa oikeaa. Työssä esitettyjä menetelmiä varten on hankittu sekä teoreettista pohjaa että hyödynnetty työelämästä karttunutta tietotaitoa. Työmenetelmät on pyritty valitsemaan toteutettavaksi kahden henkilön työryhmää hyödyntäen, joka rajaa tiettyjä tapoja pois, jotka voisivat toimia toisenlaisessa lähestymistavassa. Työstä siis löytyy yksi täysin käyttökelpoinen ratkaisu tavoitteeksi asetettuun tutkimusongelmaan koskien pientalon rakennustapaa rakennusteknisiltä osin. Itselleni työmenetelmien läpikäynti antoi teoreettista pohjaa, jota on hyvä jalostaa työelämässä toimiessani.

Myös kustannuslaskenta on työssä pilkottu rakennusosia kattaviin kokonaisuuksiin, joka helpotti kokonaisuuden hallintaa ja rajasi kulloinkin käsiteltävän osan laajuutta parantaen näin laskelmien tarkkuutta. Kustannukset työssä laskettiin massoittamalla kukin rakennusosa mahdollisimman tarkoin, mikä on avainasemassa kustannusten paikkansapitävyyden kannalta. Tämän jälkeen laskettiin työmenekit ja hinnoiteltiin sekä työ että materia. Vaikka kustannuslaskenta yksinkertaista matematiikkaa summine ja tuloineen, vaatii se oikeat lähtötiedot kullekin osa-alueelle. Saatua 215 139 euron kokonaishintaa kyseiselle projektille voidaan pitää realistisena, ja se on linjassa toteutuneiden vastaavien hankkeiden kanssa. Projektin hinta jää alle vastaavien valmistalojen, mutta on huomioitava, että hankkeeseen ryhtyvälle prosessi on vaativampi ja vie enemmän ajallisia resursseja myös tältä taholta. Oman työelämästä saadun kokemuksen tueksi laskentaan haettiin tietoa kirjallisuudesta. Kirjallisuutta olisi ollut saatavilla enemmänkin ja var-

masti vielä enemmän kustannuslaskennan teoreettisiin menekkeihin perehtymällä olisi vielä voitu tarkentaa laskelmia joiltain osin. Näiltäkin osin voidaan todeta työstä löytyvän ratkaisu asetettuun tutkimusongelmaan koskien pientalon kustannuksia. Selkein jatkotutkimuksen osa-alue kustannuslaskelmissa on LVIS-tekniiset työt, jotka nyt oli rajattu varsinaisen laskennan ulkopuolelle ja niistä käytettiin vain suuntaa-antavia urakoitsijoilta saatuja kokonaishintoja. Itselleni kustannusten laskeminen oli jo entuudestaan tuttua, mutta työn kautta teoriapohjaa karttui runsaasti.

Usein puheenaiheena esiintyvä lisäeristäminen käytiin työssä läpi seinien ja yläpohjan osalta. Näiltä osin tutkittiin eristevahvuuden kasvattamisen kannattavuutta nykymääräykset täyttävien rakenteiden lisäksi. U-arvojen laskenta suoritettiin laskentapohjalla, joka käsin tarkastamalla todettiin luotettavaksi menetelmäksi. Vertailun pohjaksi laskettavissa arvoissa voi tietenkin olla virheitä, mutta tulosten perusteella ne vaikuttavat valideilta. Näin ollen myös vertailua ja sen tuloksia voidaan pitää luotettavina. Vaikkakin vertailu rajautui melko suppeaksi, oli hajontaa seinä- ja yläpohjarakenteen välillä siinä määrin, että siltäkin pohjalta suosittelisin aina tutkimaan lisäeristämisen kannattavuutta tapauskohtaisesti. Tämän tutkimuksen pohjalta ei voida todeta yleispäteviä normeja lisäeristävyyden kannattavuudesta, mutta se antaa suuntaa, kun harkitaan eristevahvuuden kasvattamista. On myös huomioitava, että kyseiset laskelmat on laskettu Rovaniemen ilmasto-olosuhteissa. Työssä olisi voinut käydä läpi laajamittaisemmin eri rakennetyyppejä ja ottaa tutkimukseen mukaan aiemmilla vuosikymmeniltä käytettyjä ohuempia eristevahvuuksia. Tämä siis selkeä jatkotutkimuksen kohde. Itselleni U-arvojen laskenta oli entuudestaan tuttua, mutta tässä mittakaavassa sen kannattavuuden tutkiminen täysin uutta. Oli mielenkiintoista nähdä, vaikkakin suppealla otannalla - milloin eristevahvuuden kasvattaminen voisi olla kannattavaa.

LÄHTEET

Haapio, A. 2013. Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät - haastattelututkimus. VTT. Viitattu 15.3.2019 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T141.pdf>.

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 17.1.2014/41.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Niemi, S. 2010. Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen. Rakennustietosäätiö. Viitattu 5.5.2019 <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100401.pdf>.

Puuinfo 2016. Puurakentaminen. Viitattu 4.5.2017 <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen>.

Puuinfo 2013. Infokortti: pientalon energiasaneeraus. Viitattu 5.5.2019 <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeet/pientalon-energasaneeraus/pientalon-energasaneeraus/pientalonenergasaneeraus-korjaustarpeenarviointi.pdf>.

Rakentaja.fi 2006a. Puurakentaminen. Viitattu 4.5.2017 <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/595/puurakentaminen.htm>.

- 2006b. Tarkastukset ja katselmukset. Viitattu 3.3.2019 https://www.rakentaja.fi/artikkelit/635/tarkastukset_katselmukset.htm.

Rovaniemi 2019. Rakennusvalvonta. Viitattu 12.4.2019 <https://www.rovaniemi.fi/fi/Palvelut/Rakentaminen/Rakennusvalvonta>.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.

LIITTEET

Liite 1. Ulkoseinärakenteen U-arvolaskelmat

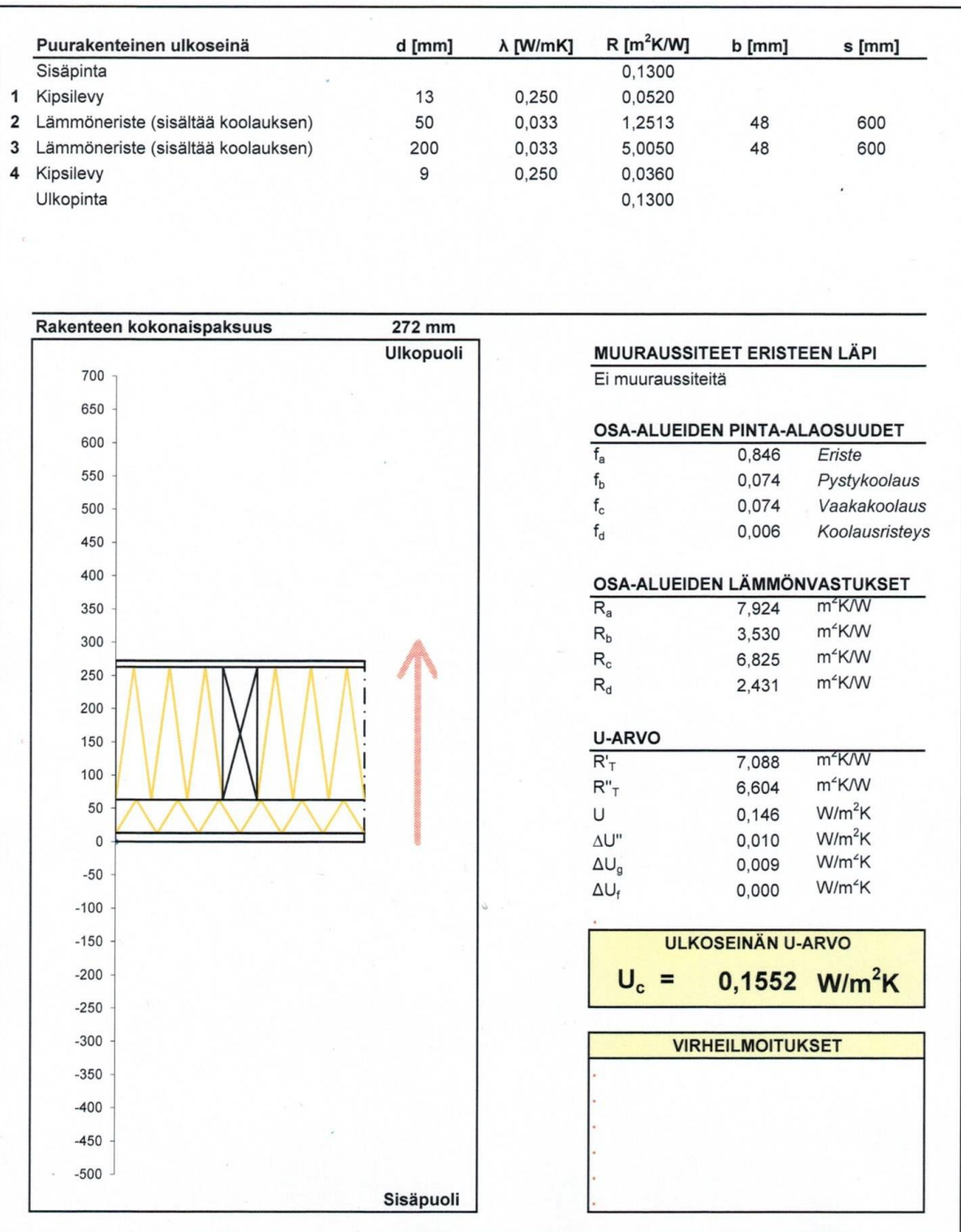
Liite 2. Yläpohjarakenteen U-arvolaskelmat

Liite 3. Vuotuisen säästön laskelma seinän lisäeristämiseksi

Liite 4. Vuotuisen säästön laskelma yläpohjan lisäeristämiseksi

Liite 5. Kohteen lupakuvat

RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan) ▼		
RAKENNEKERROKSET		ILMARAKOJEN TIEDOT
Sisäpinta		Ulkopuolen tuuletusrako: Hyvin tuulettuva ▼
1	Kipsilevy ▼ Kerroksen paksuus [d] 13,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,250 W/mK	Ilmarakojen korjaustekijä: Korjaustaso 1 ▼
2	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) ▼ Kerroksen paksuus [d] 50,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,033 W/mK Koolaussuunta (p / v) v	METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) ▼ Kerroksen paksuus [d] 200,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,033 W/mK Koolaussuunta (p / v) p	Muuraussiteiden tyyppi: Ei muuraussiteitä ▼
4	Kipsilevy ▼ Kerroksen paksuus [d] 9,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,250 W/mK	KOOLAUKSEN TIEDOT
5	Ei rakennekerrosta ▼	Koolauspuun leveys [b] 48 mm ▼
6	Ei rakennekerrosta ▼	Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,120 W/mK
7	Ei rakennekerrosta ▼	Pystykoolauksen k-jako [s] 600 mm
8	Ei rakennekerrosta ▼	Vaakakoolauksen k-jako [s] 600 mm
Ulkopinta		
RAKENNE / LÄMPÖVIRTA		



RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan) ▼		
RAKENNEKERROKSET		
<i>Sisäpinta</i>		
1	Kipsilevy ▼	
	Kerroksen paksuus [d]	13,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,250 W/mK
2	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) ▼	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,033 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	v
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) ▼	
	Kerroksen paksuus [d]	200,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,033 W/mK
	Koolaussuunta (p / v)	p
4	Lämmöneriste ▼	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,031 W/mK
5	Ei rakennekerrosta ▼	
6	Ei rakennekerrosta ▼	
7	Ei rakennekerrosta ▼	
8	Ei rakennekerrosta ▼	
<i>Ulkopinta</i>		
ILMARAKOJEN TIEDOT		
Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva ▼	
Ilmarakojen korjaustekijä	Korjaustaso 1 ▼	
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT		
Muuraussiteiden tyyppi	Ei muuraussiteitä ▼	
KOOLAUKSEN TIEDOT		
Koolauspuun leveys [b]	48 mm ▼	
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ]		0,120 W/mK
Pystykoolauksen k-jako [s]		600 mm
Vaakakoolauksen k-jako [s]		600 mm
RAKENNE / LÄMPÖVIRTA		

RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin) ▼		
RAKENNEKERROKSET		ILMARAKOJEN TIEDOT
Sisäpinta		Ulkopuolen tuuletusrak: Hyvin tuulettuva ▼
1	Kuitulevy Kerroksen paksuus [d] 10,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,140 W/mK	Ilmarakojen korjaustekijä: Korjaustaso 1 ▼
2	Ilman- ja höyrynsulku ▼	METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) Kerroksen paksuus [d] 150,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,039 W/mK Koolaussuunta (p / v) p	Muuraussiteiden tyyppi: Ei muuraussiteitä ▼
4	Lämmöneriste Kerroksen paksuus [d] 350,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,039 W/mK	KOOLAUKSEN TIEDOT
5	Ei rakennekerrosta ▼	Koolauspuun leveys [b] 42 mm ▼
6	Ei rakennekerrosta ▼	Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,120 W/mK
7	Ei rakennekerrosta ▼	Pystykoolauksen k-jako [s] 900 mm
8	Ei rakennekerrosta ▼	
Ulkopinta		
RAKENNE / LÄMPÖVIRTA		

Ohjelmaversio 1.03	
Suunnittelutoimisto	Työn nro
Insinööritoimisto V. Himanen Oy	1
	Sivu
	2 / 2
Rakennuskohde	Sisältö
OKT HIMANEN	U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)

Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1000		
1 Kuitulevy	10	0,140	0,0714		
2 Ilman- ja höyrynsulku	0,2	0,330	0,0006		
3 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	150	0,039	3,5063	42	900
4 Lämmöneriste	350	0,039	8,9744		
Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus 510 mm

Ulkopuoli

Sisäpuoli

MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI

Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOJUDET

f_a	0,953	<i>Eriste</i>
f_b	0,047	<i>Pystykoolaus</i>
f_c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>
f_d	0,000	<i>Koolausristeys</i>

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	13,093	m ² K/W
R_b	10,496	m ² K/W
R_c	0,000	m ² K/W
R_d	0,000	m ² K/W

U-ARVO

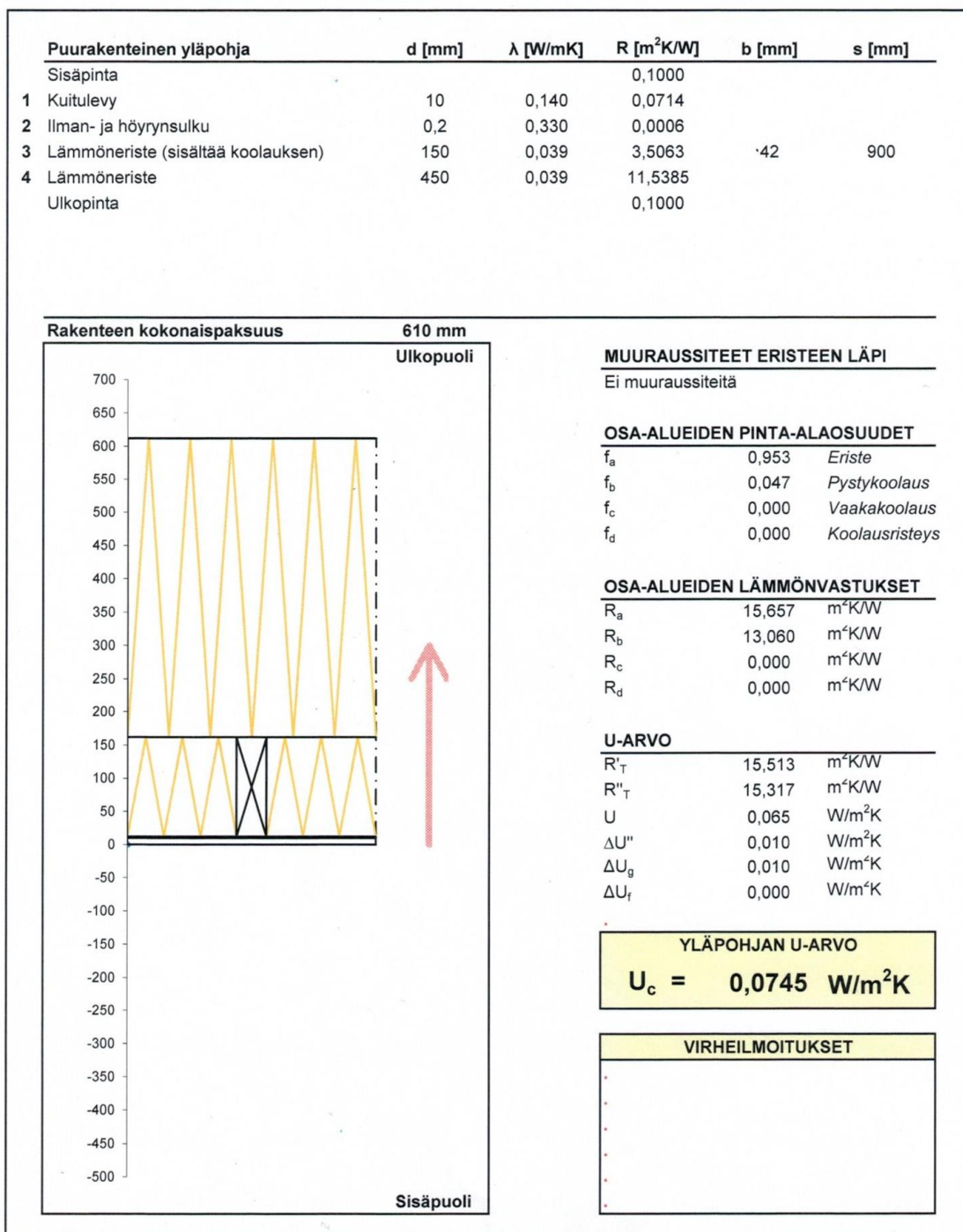
R''_T	12,943	m ² K/W
R''_T	12,753	m ² K/W
U	0,078	W/m ² K
$\Delta U''$	0,010	W/m ² K
ΔU_g	0,010	W/m ² K
ΔU_f	0,000	W/m ² K

YLÄPOHJAN U-ARVO

$U_c = 0,0874 \text{ W/m}^2\text{K}$

VIRHEILMOITUKSET

RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen yläpohja (lämpövirran suunta ylöspäin) ▼		
RAKENNEKERROKSET		
<i>Sisäpinta</i>		
1	Kuitulevy ▼ Kerroksen paksuus [d] 10,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,140 W/mK	
2	Ilman- ja höyrynsulku ▼	
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) ▼ Kerroksen paksuus [d] 150,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,039 W/mK Koolaussuunta (p / v) p	
4	Lämmöneriste ▼ Kerroksen paksuus [d] 450,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,039 W/mK	
5	Ei rakennekerrosta ▼	
6	Ei rakennekerrosta ▼	
7	Ei rakennekerrosta ▼	
8	Ei rakennekerrosta ▼	
<i>Ulkopinta</i>		
ILMARAKOJEN TIEDOT		
Ulkopuolen tuuletusrako Hyvin tuulettuva ▼		
Ilmarakojen korjaustekijä: Korjaustaso 1 ▼		
METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT		
Muuraussiteiden tyyppi Ei muuraussiteitä ▼		
KOOLAUKSEN TIEDOT		
Koolauspuun leveys [b] 42 mm ▼		
Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,120 W/mK		
Pystykoolauksen k-jako [s] 900 mm		
RAKENNE / LÄMPÖVIRTA		



$$\text{Øjoht} = U * A * (\Delta T)$$

U on lämmönläpäisykerroin (W/m² °C)

A on pinta-ala (m²)

ΔT on rakennusosan sisä- ja ulkopuolisten lämpötilojen erotus (°C).

U-arvo erotus: 0,0285 W/m²K

Pinta-ala: 1 m²

Lämmitystarveluku vuodessa: 6000 °C vrk * 24h -> 144 000 °C h

Vuotuinen lämpöhäviö = 0,0285 W/m²K * 1 m² * 144 000 °C = 4104 Wh => 4,104

kWh

=> 0,41 €

$$\text{Øjoht} = U * A * (\Delta T)$$

U on lämmönläpäisykerroin (W/m² °C)

A on pinta-ala (m²)

ΔT on rakennusosan sisä- ja ulkopuolisten lämpötilojen erotus (°C).

U-arvo erotus: 0,0129 W/m²K

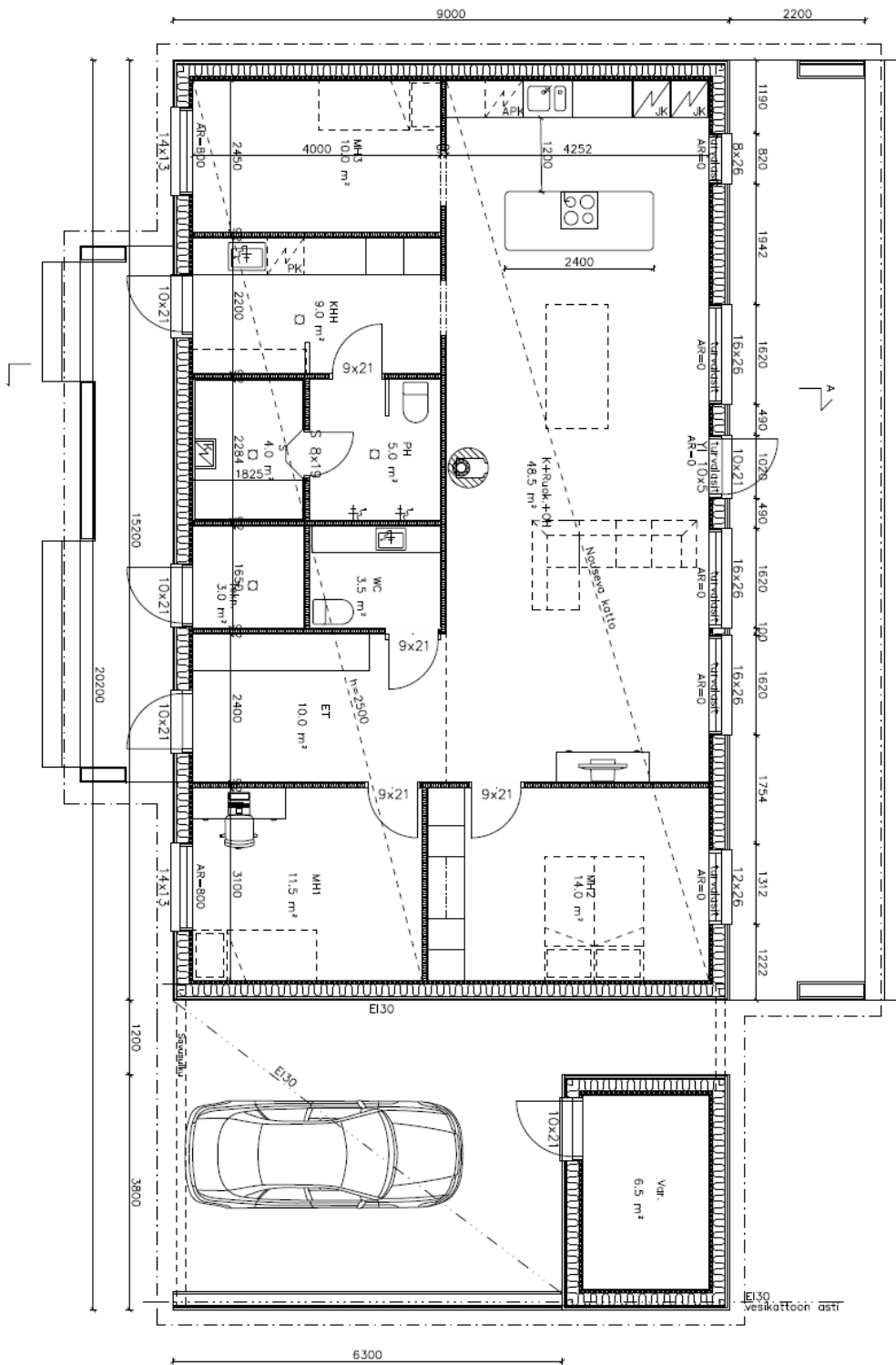
Pinta-ala: 1 m²

Lämmitystarveluku vuodessa: 6000 °C vrk * 24h -> 144 000 °C h

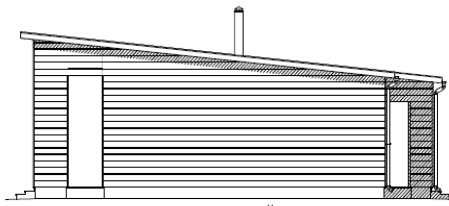
vuotuinen lämpöhäviö = 0,0129 W/m²K * 1 m² * 144 000 °C = 1857,6 Wh =>

1,858kWh

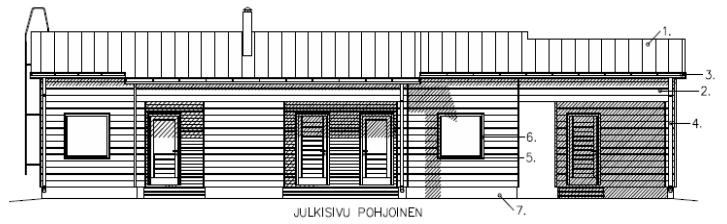
=> 0,19 €



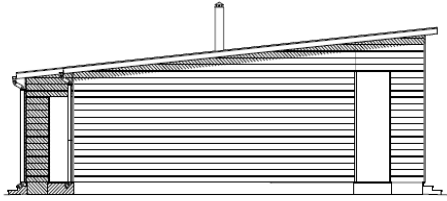
Liite 5 2(2)



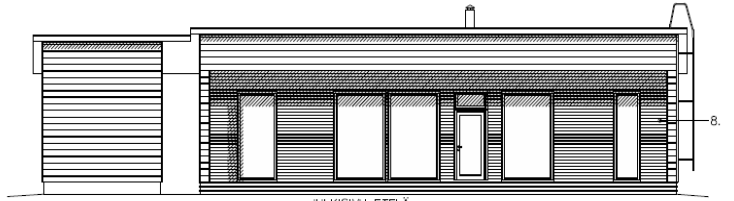
JULKISIVU ITÄ



JULKISIVU POHJOINEN



JULKISIVU LÄNSI



JULKISIVU ETELÄ

