



Rintamamiestalon korjaussuunnitelma

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2025

Verner Jalon

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinöörikoulutus
Tekijä Verner Jalonon
Työn nimi Rintamamiestalon korjaussuunnitelma
Ohjaaja Ilkka Paajanen (HAMK)

Tiivistelmä
Vuosi 2025

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Satakunnassa sijaitsevaa 1950- luvulla rakennettua rintamamiestaloa, joka toimii esimerkkikohteena korjaussuunnitelman laatimiselle. Työn tavoitteena oli kehittää realistinen toteuttamiskelpoinen ja energiatehokkuutta parantava korjaussuunnitelma rakennukselle. Huomiota kiinnitettiin rakennuksen ilmeen säilyttämiseen ennallaan, joten korjaukset suunniteltiin siten, että rakennuksen ulkopuoli säilyy koskemattomana. Lämmöneristysratkaisuja suunniteltaessa keskityttiin aikaansaamaan rakennusfysikaalisesti toimiva rakenne, jossa ei ole ilmavuotoja ja kylmäsiltoja on mahdollisimman vähän. Suunnitelmissa otettiin huomioon myös korjaustöiden vaiheistaminen huonekohtaisesti, jolloin toteutus on mahdollista jakaa useaan osaan. Työn ulkopuolelle rajattiin LVIS- järjestelmät, sekä märkätilojen saneeraukset.

Rakenteiden nykytila selvitettiin paikan päällä tehtyjen havaintojen, tarkastelujen sekä haastatteluiden perusteella. Työssä esiteltiin yksityiskohtaisesti rakennuksen alkuperäiset rakenteet sekä laskettiin niiden U- arvot. Laskenta tehtiin Ympäristöministeriön ohjeiden perusteella. Laskentatuloksia verrattiin korjauskohteiden U- arvo vaatimuksiin, joiden perusteella alettiin suunnitella uusia korvaavia eristeratkaisuita. Korjaussuunnitelmassa käytettiin nykypäiväisiä lämmöneristeitä, kuten PIR- ja XPS- levyjä. Uudet suunnitellut rakenteet paransivat merkittävästi aiempia U- arvoja ja korjauskohteelle asetettuihin lämmöneristysvaatimuksiin päästiin. Työn yhteydessä laadittiin myös alustava työjärjestys, aikataulu ja suuntaa antava kustannusarvio, joiden avulla korjausten laajuutta ja aikataulua voidaan arvioida käytännön toteutuksen suunnittelussa.

Avainsanat Korjaussuunnitelma, U- arvo, rintamamiestalo
Sivut 38 sivua ja liitteitä 1 sivu

This thesis examines a detached house built in the 1950s, located in Satakunta, which serves as a case example for the renovation plan. The objective of the thesis was to develop a realistic and feasible renovation plan that improves the building's energy efficiency. Preserving the original appearance of the house was a key design principle, so the repairs were planned in such a way that the exterior of the building remains untouched. The insulation solutions focused on achieving a physically sound structure with minimal air leakage and thermal bridging. The plan also considers the possibility of carrying out the renovations in smaller parts, room by room. The HVAC systems and wet room renovations were excluded from the scope of this thesis.

The current state of the structures was assessed through on-site observations, examinations, and interviews. The thesis presents the original structures in detail and includes U-value for renovated structures. What was used as a basis for designing improved insulation solutions. The renovation plan includes the use of modern insulation materials such as PIR and XPS boards. The new proposed structures significantly improved the thermal performance and met the required U-values. Additionally, a preliminary work schedule and cost estimate were drafted to support planning and decision making in practical implementation.

Keywords Detached house, renovation plan, U-value
Pages 38 pages and appendices 1 page

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rintamamiestalo	2
3	Esimerkkikohte.....	3
3.1	Esimerkkikohteen rakenteet.....	5
3.1.1	Alapohja	6
3.1.2	Ulkoseinä	8
3.1.3	Yläpohja	11
3.1.4	Ikkunat ja ulko- ovet.....	13
3.2	Esimerkkikohteen alkuperäiset U-arvot.....	15
3.2.1	Ulkoseinä	19
3.2.2	Yläpohja	22
3.2.3	Ikkunat ja ulko- ovet.....	25
3.2.4	U- arvojen yhteenveto	25
4	Pientalon lämmöneristysvaatimukset	26
5	Korjaussuunnitelma	26
5.1	Alapohja.....	27
5.2	Ulkoseinä.....	28
5.3	Yläpohja.....	29
5.4	Ikkunat ja ulko-ovet.....	33
5.5	Rakennuksen vaipan U-arvo.....	33
5.6	Alustava työjärjestys- ja aikataulusuunnitelma	35
5.7	Kustannusarvio	35
6	Päätelmä.....	36
	Lähteet	38

Kuvat

Kuva 1.	Esimerkkikohteen julkisivu	4
Kuva 2.	Ensimmäisen kerroksen pohjakuva.....	5
Kuva 3.	Toisen kerroksen pohjakuva	6

Kuva 4. Alapohja 1 leikkauskuva.....	7
Kuva 5. Alapohja 2 leikkauskuva.....	8
Kuva 6. Ulkoseinä 1 leikkauskuva.....	9
Kuva 7. Ulkoseinä 2 leikkauskuva.....	10
Kuva 8. Alkuperäisen osan yläpohjan leikkauskuva	11
Kuva 9. Laajennusosan yläpohjan leikkauskuva	12
Kuva 10. Alkuperäinen ikkuna ulkopuolelta.....	13
Kuva 11. Rakennuksen ulko-ovi.....	14
Kuva 12. Alustava työaikataulu	35

Taulukot

Taulukko 1. Alapohja- 1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	17
Taulukko 2. Alapohja- 2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	18
Taulukko 3. Ulkoseinä-1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	19
Taulukko 4. Ulkoseinä-2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	20
Taulukko 5. Yläpohja- 1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	22
Taulukko 6. Yläpohja- 2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot.....	23
Taulukko 7. Ulkoseinän uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot.....	28
Taulukko 8. Yläpohja- 1 uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot	30
Taulukko 9. Yläpohja- 2 uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot	32
Taulukko 10. Rakenteiden uudet U- arvot.....	34

Kaavat

Kaava 1. Lämmönläpäisykerroin	16
Kaava 2. Kokonaislämmönvastus	16
Kaava 3. Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus	16
Kaava 4. Rinnakkaisten materiaalien kokonaislämmönvastus	16
Kaava 5. Yläliikiarvo	16
Kaava 6. Alaliikiarvo	17
Kaava 7. Alaliikiarvon kokonaislämmönvastus.....	17
Kaava 8. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö	34

Liitteet

Liite 1.	Kustannuslaskelma
----------	-------------------

1 Johdanto

Edelleen laajalti käytössä olevat rintamamiestalot ovat ehkä merkittävin osa suomalaista rakentamisen perintöä. Suomessa arvioidaan olevan yli 200 000 rintamamiestaloa (Taloekspertti.fi, n.d.), joskin tarkkaa virallista ja ajantasaista tietoa ei ole saatavilla. Rintamamiestalojen suosio on pysynyt yhä vahvana, sillä ne sijaitsevat usein keskeisellä sijainnilla taajamassa ja rauhallisessa naapurustossa sekä tontit ovat nykymittapuuhun verrattuna suuria ja vehreitä. Rintamamiestalot mahdollistavat monille mahdollisuuden yhdistää pientaloasuminen; oma piha sekä hyvä sijainti tekevät niistä edelleen houkuttelevan vaihtoehdon uusien asuntojen rinnalla (Rakentaja.fi, 2014). Vaikkakin näitä rakennuksia on kunnostettu ja pidetty asumiskuntoisina vuosikymmenten ajan, eivät niiden lämmöneristävyys ja energiatehokkuus vastaa nykyajan vaatimuksia. Korjausrakentamiselle on jatkuva tarve rakennusten keskuudessa. Korjauskustannukset ja lämmöneristävyden parantaminen voivat vaatia merkittäviä investointeja, siitä huolimatta korjaamiseen käytetty raha ei mene hukkaan. Rakennuksen arvo nousee ja energiankulutus laskee investoinnin myötä. Arvon nousuun vaikuttaa olennaisesti rakennuksen sijainti, joka määrittää monessa tapauksessa korjaustöiden kannattavuuden.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia korjaussuunnitelma Satakunnassa sijaitsevalle rintamamiestalolle, joka on rakennettu vuonna 1954 ja laajennettu 1970-luvun taitteessa. Kohde valikoitui mallikohteeksi sen hyvän fyysisen kunnon perusteella sekä henkilökohtaisesta yhteydestä rakennuksen omistajiin. Tämä on mahdollistanut dokumentoinnin ja tiedonkeruun paikan päällä kohteessa. Korjaussuunnitelman laatimista tukevat sekä antavat hyvän perustan a.) rakennuksen pääosin alkuperäiskuntoiset rakenteet sekä b.) tieto, että rakennus on ollut lähes koko historiansa ajan aktiivisessa käytössä. Työn tavoitteena on laatia perusteltuja ja toteuttamiskelpoisia parannuksia rakennuksen tärkeimpiin rakennusosiin. Erityisesti huomiota kiinnitetään energiatehokkuuden parantamiseen siten, että rakennuksen tämänhetkinen ulkoasu ja ilme säilyvät ennallaan korjaustöiden jälkeen. Korjaussuunnitelmassa keskitytään sisäpuolisiin ratkaisuihin, joiden avulla vältetään ulkopuoliselta purkutarpeelta. Opinnäytetyö rajataan keskittymällä työssä ainoastaan lämpötekniisiin sekä rakenteellisiin parannuksiin. Tarkastelun kohteena ovat keskeiset rakennusosat kuten alapohja, ulkoseinät, yläpohjat ja ulko- ovet ja ikkunat. Näille rakennusosille esitetään korjausratkaisuja ja parannuksia. Rajauksen ulkopuolelle jäävät LVI- ja sähköjärjestelmät, joita ei käsitellä tämän työn puitteissa. Myöskään sisätilojen muita remonteja, kuten pintamateriaalien uusimista ei käsitellä kuin siltä osin kuin ne liittyvät korjattaviin rakenteisiin. Korjausratkaisujen perusteella tehdään alustava korjausaikataulu

sekä suuntaa antava kustannuslaskelma, joiden avulla voidaan arvioida hankkeen laajuutta ja budjettitasoa yleisellä tasolla.

Työssä hyödynnetään käytännönläheisiä tutkimusmenetelmiä, joiden avulla rakennuksen nykytila pyritään selvittämään mahdollisimman luotettavasti. Keskeinen menetelmä on rakenteiden havainnointi ja dokumentointi paikan päällä. Kohteessa pyritään tarkastelemaan olemassa olevia rakenteita esimerkiksi yläpohjissa sekä mittaamalla rakennekerroksia silloin, kun se on mahdollista suorittaa rakenteita vaurioittamatta. Lisäksi työssä tukeudutaan rakennuksen historiaa tuntevien henkilöiden antamaan tietoon sekä käytetään U-arvojen laskentaa tukemaan arviointia rakennusosien lämmöneristyskyvystä. Näitä tietoja hyödynnetään työn myöhemmissä vaiheissa korjaustarpeiden määrittelyyn ja suunnitelmien laatimiseen.

2 Rintamamiestalo

Rintamamiestalot ovat tärkeä osa suomalaista rakentamisen historiaa. Ne edustavat Suomessa vallinnutta tilannetta 1940–1950-luvuilla, jolloin suurin osa rintamamiestaloista rakennettiin vastaamaan sodanjälkeiseen valtavaan asuntopulaan. Sotien jälkeen Suomi tarvitsi nopeasti ja paljon suhteellisen edullisesti rakennettavia koteja yli 400 000 asunnottomaksi jääneelle ihmiselle. Evakkojen lisäksi Suomen väkiluku oli kasvussa ja sen myötä asuntoja tarvittiin lisää. Tätä aikakautta kutsuttiin jälleenrakennusaikakaudeksi. Jälleenrakennusaikakauden rakennustyyli oli melko yksinkertainen ja vaatimaton, mikä johtui valtavasta asuntojen tarpeesta ja rakennusmateriaalien niukkuudesta. (Särkkinen. 2005, s.3) Rintamamiestaloista on käytetty myös nimitystä tyyppitalo. Kyseinen termi voidaan yhdistää puhekielessä myös myöhempien aikojen talotehtaiden talomalleihin.

Rintamamiestaloille tunnuksenomaisia piirteitä ovat harjakatto, symmetrinen julkisivu ja puuverhoilu. Talot ovat usein puolitoistakerroksisia, jossa tulisija sijaitsee keskellä taloa ja huoneet ovat sen ympärillä. Pohjaratkaisut ovat melko samanlaisia talosta riippumatta. (Käyhkö, 2024a.). Rintamamiestalot rakennettiin aikana, jolloin materiaalien saatavuus ja rakentamiseen käytettävät resurssit olivat erittäin rajalliset. Usein taloja rakennettiin talkoovoimin ja ilman aiempaa kokemusta rakentamisesta. Rakenteet suunniteltiin yksinkertaisiksi ja käytännöllisiksi siten, että ne ovat helppoja toteuttaa työmaalla ja onnistuu kokemattomammaltakin rakentajalta.

Alapohjissa käytettiin usein tuulettuvaa rossipohjaa, joka auttaa estämään kosteuden kertymistä rakenteisiin tehokkaasti ja on pitkäikäinen rakenne. Eristeenä käytettiin sahanpurua ja kutterilastua. Myös kellarillisia taloja rakennettiin paljon, joissa alapohja on betonista valettu. (Käyhkö, 2024a) Ulkoseinät ovat puurakenteisia tyypillisesti 50 x 100 mm tolilla ja sahanpuru eristyksellä. Rungon molemmin puolin on umpilaudoitusta ja tervapaperi ja julkisivuverhouksena pystylautavuoraus. (Käyhkö, 2024a) Yläpohjarakenteena toimii puurakenteinen työmaalla tehty kattotuolijärjestelmä, joka on laudoitettu umpeen molemmin puolin ja eristeenä toimii myös sahanpuru ja/ tai kutterilastu. Vesikatteenä toimi pärekatto, joka myöhemmin korvattiin pelti- tai huopakatteella. (Käyhkö, 2024a) Ikkunat olivat tyypillisesti puupuitteisia kaksilasisia ikkunoita, joiden U- arvo on korkea verrattuna nykypäivän ikkunoihin. Ulko-ovet olivat massiivipuuta ja niiden tiiveys on vaatimaton nykypäivän oviin verrattuna. Ulko-ovien heikkoa lämmöneristävyyttä paikkasi monesti viileä kuisti, joka esti kylmän kulkeutumista lämpimiin asuintiloihin.

3 Esimerkkikohte

Tämän opinnäytetyön esimerkkikohteena toimii Satakunnassa sijaitseva yksityisomisteinen 1950- luvulla rakennettu rintamamiestalo, jota on laajennettu myöhemmin 1970- luvulla. Rakennus on hyvä esimerkki jälleenrakennuskauden pientalosta. Rakennus on puurunkoinen ja harjakattoinen, jossa tulisija on keskellä taloa. Laajennuksen myötä talon yhteyteen on rakennettu autotalli sekä lisää asuineliöitä. Rakennuksen julkisivut on myöhemmin vuorattu mineriittilevyillä, joka loi rakennukselle tämänhetkisen yleisilmeen. Kuva 1 on esimerkkikohteen julkisivusta. Kuvassa etualalla on alkuperäinen rintamamiestalo ja taka-alalle jää myöhemmin rakennettu laajennusosa.

Kuva 1. Esimerkkikohteen julkisivu



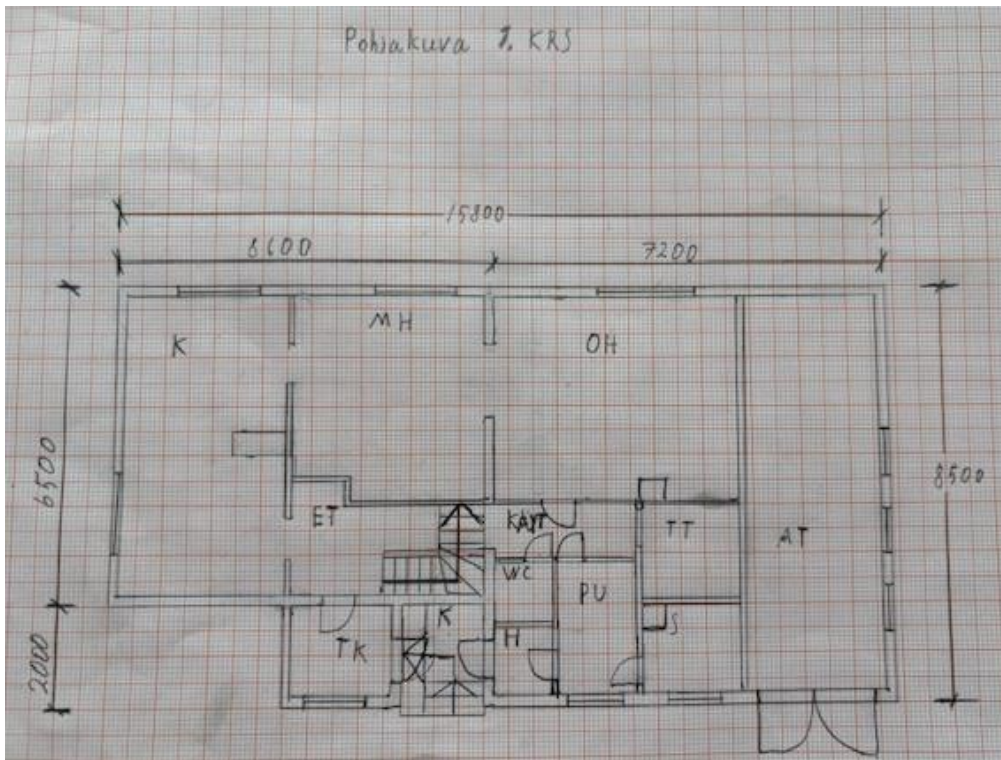
Rintamamiestalon ja myöhemmän laajennuksen on rakentanut kirvesmies omalle perheelleen kodikseen, joka näkyy talon huolellisessa ja laadukkaassa työjäljessä. Rakennus edustaa perinteistä suomalaista käsityötä, jossa korostuu rakennusmateriaalien tehokas käyttö ja rakennuksen pitkäikäisyys. Talo on ollut asuttuna lähes koko historiansa ajan sekä pidetty asumiskuntoisena myös silloin, kun siellä ei ole asuttu. Talossa on ollut asumattomanakin aikana peruslämpö jatkuvasti päällä, joka on osaltaan edistänyt talon säilymistä teknisesti hyväkuntoisena.

Kohde sopii hyvin opinnäytetyön mallikohteeksi, sillä sen rakenneratkaisut ovat tyypillisiä kullekin rakentamisen aikakaudelle ja antavat hyvän mahdollisuuden tarkastella millaisia korjaustarpeita ilmenee eri vuosikymmenien rakenteille. Rakenteet kuten alapohja, ulkoseinät, yläpohja sekä ikkunat ja ovet ovat suurelta osin alkuperäisiä tai aikakaudelle tyypillisiä. Taloon ei ole tehty nykyaikaisia muutoksia, mikä mahdollistaa vanhojen rakenteiden tarkastelun vertailun nykypäiväisiin. Esimerkkikohteen valintaan vaikutti myös henkilökohtainen yhteys rakennukseen. Minulla on ollut mahdollisuus mennä omatoimisesti tutustumaan rakennukseen sekä tutkia sen rakenteita pintapuolisesti ja dokumentoida niitä sekä haastatella talon historiaa tuntevia henkilöitä. Tämä kaikki on auttanut rakenteiden selvittämisessä.

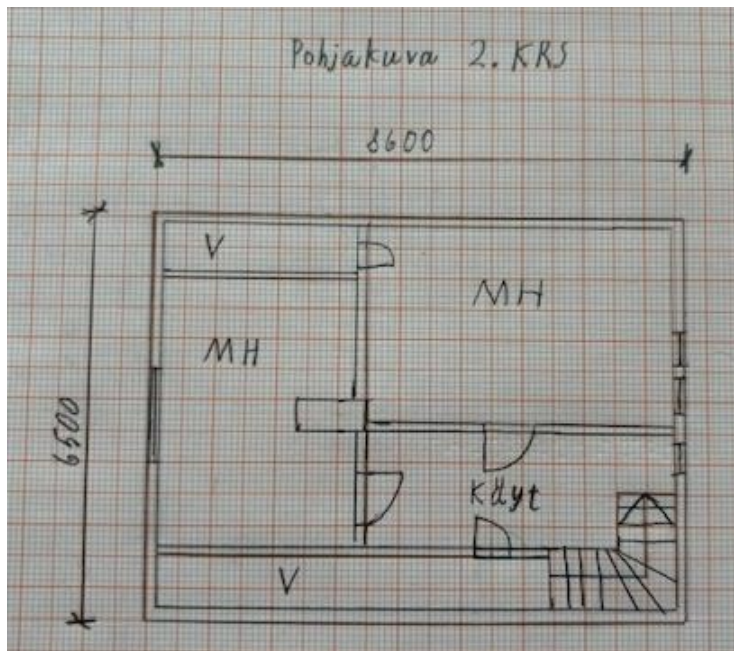
3.1 Esimerkkikohteen rakenteet

Tässä kappaleessa on esitelty esimerkkikohteen rakenteet, joita on kohteessa tutkittu ja selvitetty pintapuolisen tarkastelun perusteella sekä haastattelemalla henkilöitä, jotka tuntevat kyseisen rakennuksen historiaa. Rakennuksesta ei ole olemassa rakennusaikaisia piirustuksia tai suunnitelmia, joten olen käsivaralla piirtänyt rakennekuvia sekä pohjapiirustuksen. Kuvassa 2 on esitetty pohjapiirustus esimerkkikohteen ensimmäisestä kerroksesta havainnollistamaan. Kuvassa 3 on esitetty toisen kerroksen pohjapiirustus, josta hahmottuu helposti talon alkuperäinen puoli.

Kuva 2. Ensimmäisen kerroksen pohjakuva



Kuva 3. Toisen kerroksen pohjakuva

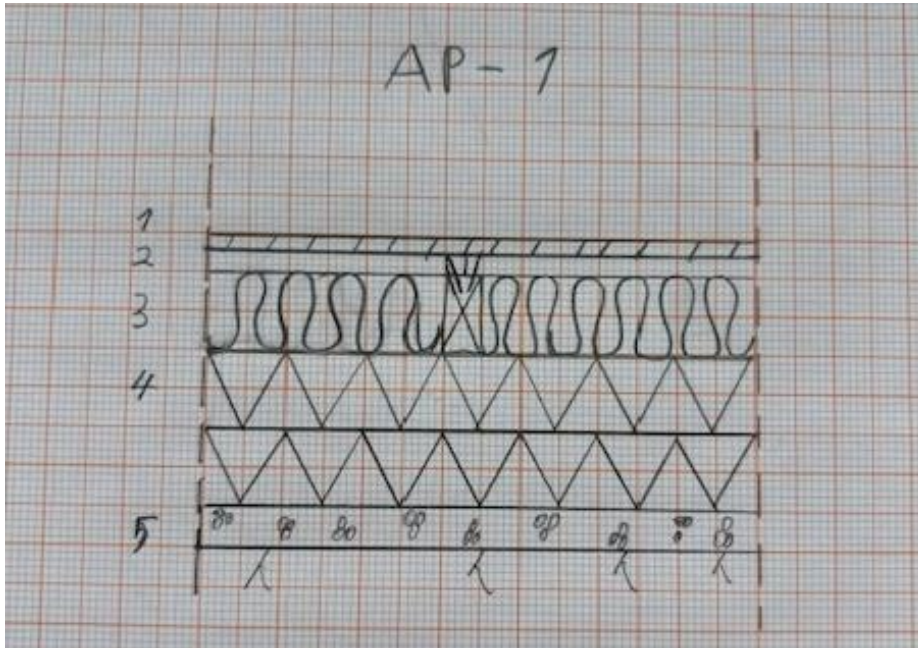


3.1.1 Alapohja

Rakennuksessa on kolmea erilaista alapohjarakennetta. Autotallin alapohjarakenteena toimii todennäköisesti noin 50–80 mm paksu betonilaatta, joka on valettu hiekka-/ sepelikerroksen päälle. Tätä rakennetta ei tässä opinnäytetyössä tutkita tai oteta huomioon korjaussuunnitelmaa tehtäessä, vaan se on tarkoitus jättää ennalleen. Toiset tutkittavat alapohjarakenteet on kuvailtu ja esitelty alla olevissa kappaleissa.

Rakennuksen AP- 1 alapohjarakenne kattaa talon kaikki asuintilat pois lukien saunan ja pesuhuoneen. Lattiarakenne ei ole alkuperäinen vaan on mahdollisesti remontoitu 1970-luvulla tehdyn talon laajennuksen yhteydessä. Alkuperäisessä rakenteessa on todennäköisesti eristeenä ollut sahanpuru/kutterilastu, mikä on ollut rintamamiestaloissa hyvin yleinen eriste alapohjissa. Nämä on vaihdettu paremmin eristäviin ja kosteusteknisesti toimivampaan mineraalivillaan (100 mm) ja EPS- eristeeseen (200 mm). Varmaksi ei voida todeta, että kyseinen rakenne olisi kaikkialla AP-1 tiloissa, sillä rakenneavauksia ei ole tehty erikseen. Kyseisen rakenteen on todettu olevan keittiössä, jossa oli mahdollisuus nähdä lattiarakenteeseen. Oletus kuitenkin on, että kaikkien AP-1 tilat olisi toteutettu samalla tavalla aiemman remontin yhteydessä. Alle on listattu nykyiset rakenteet ja kuvassa 4 on leikkauskuva lattiarakenteesta.

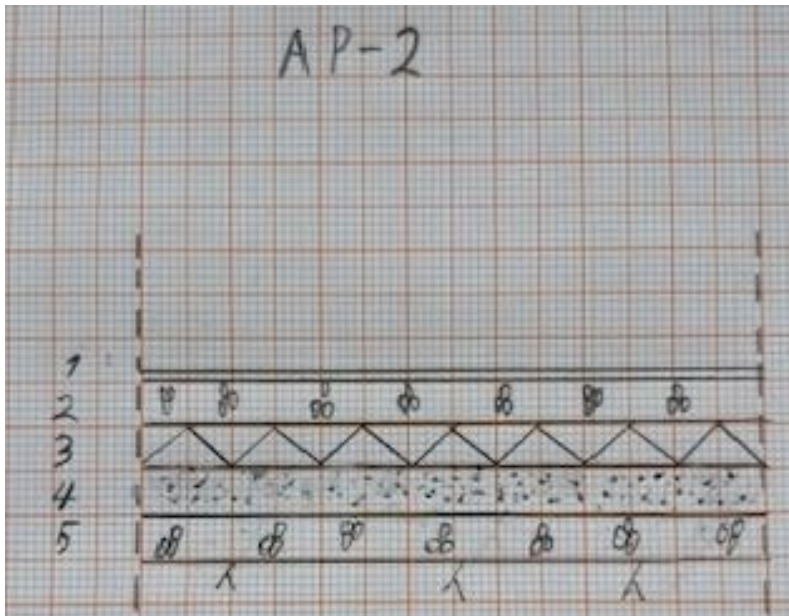
Kuva 4. Alapohja 1 leikkauskuva



1. Parketti 15 mm
2. Lastulevy 22 mm
3. Koolaus 50x100 k500 + mineraalivilla 100 mm
4. EPS 200 mm (100+ 100 mm)
5. pohjabetoni 50 mm

Alapohja 2:n rakenteet sijaitsevat rakennuksen märkätiloissa eli saunassa ja pesuhuoneessa sekä teknisessä tilassa, jotka rakennettiin 1970- luvulla tehdyn laajennuksen yhteydessä. Rakenteena AP- 2 on aikakaudelle tyypillinen kaksoisbetonilaatta, jota käytettiin tuolloin erityisesti omakotitaloissa ja niiden märkätiloissa. Tässä rakenteessa pintabetonilaatan alla oli lämmöneristeenä esimerkiksi EPS- levy, jonka alla saattoi olla hiekka- tai sorakerros tasaamassa epätasaisuuksia. Tasaushiekan jälkeen tuli pohjabetonilaatta, joka toimi rakenteen perustuksena. (Käyhkö, 2024b) Rakenteessa ei ole todennäköisesti nykypäiväistä vedeneristystä, lisäksi lämmöneristys on puutteellinen nykypäivän vaatimuksiin nähden. Käyttömukavuutta on tuonut lattiassa oleva vesikiertoinen lattialämmitys, joka on myös kuivattanut pintabetonilaattaan tulevan kosteuden. Kyseinen alapohjarakenne on rajattu korjaustyösuunnitelman ulkopuolelle. Tämä johtuu siitä, että rakenteen uusiminen kannattaa tehdä kylpyhuoneremontin yhteydessä. Märkätilaremontin ottaminen osaksi korjaussuunnitelmaa tekisi työstä tarpeettoman laajan. Alla olevassa kuvassa 5 on leikkauskuva rakenteesta ja sen alle on luetteloitu piirretyt rakenteet.

Kuva 5. Alapohja 2 leikkauskuva



1. Lattialaatta 9 mm
2. Pintabetonilaatta 50 mm
3. EPS 50 mm
4. Hiekka 50 mm
5. Pohjabetonilaatta 50 mm

3.1.2 Ulkoseinä

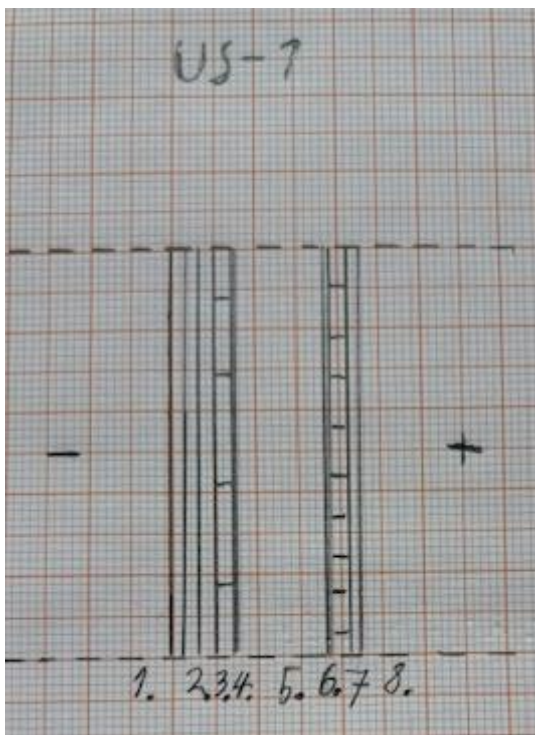
Rakennuksen ulkoseinät ovat alkuperäiskuntoiset lukuun ottamatta vanhan ulkovuorauksen päälle asennettua koko talon kiertävää mineriittilevyä. Rakennuksen ulkoseinärakenteet ovat muilta osin identtisiä, mutta laajennusosan eristeenä on käytetty mineraalivillaa sahanpurueristeen sijasta. Alla olevissa kappaleissa on esitelty tarkemmin ulkoseinärakenteet.

1950- luvulla valmistuneen rintamamiestalon US- 1 ulkoseinärakenne on alkuperäislaatuinen lukuun ottamatta myöhemmin tehtyä mineriittilevystä tehtyä ulkovuorausta. Seinä on rakennettu jälleenrakennusaikakauden tapaan yksinkertaisella ja materiaaleja säästävällä tavalla. Seinän alkuperäisenä ulkovuorauksena on toiminut lomalaudoitus, joka oli tyyppillinen tapa tehdä julkisivu rintamamiestaloihin. Myöhemmin lomalaudoituksen päälle on asennettu mineriittilevyt. Lomalaudoituksen takana on vinolaudoitus, joka toimii seinän jäykisteenä. Vinolaudoituksen alle on asennettu tervapaperi, joka toimii tuulensuojana rakenteessa.

Kantavana runkona toimii 50 x 100 mm tolpat ja niiden välissä sahanpuru/ kutterilastu eristeenä. Sahanpuru oli rintamamiestalon rakennusaikaan suosittu eriste, sillä sitä oli helposti saatavilla suuria määriä. Sahanpurueristeen huonona puolena on painuminen ajansaatossa ja mahdollinen kostuminen, jolloin lämmöneristävyys heikkenee. Rungon sisäpuolella on toinen tervapaperikerros, joka toimii rakenteessa höyrynsulkuna.

Tervapaperin päällä on vaakalaudoitus, jonka päällä on puukuitulevy. Sähköt on tehty kaikki pintaasennuksina eikä ulkoseinien välissä kulje johtoja tai vesiputkia. Kuvassa 6 on esitetty seinärakenne ja luettelossa seinän rakenteet.

Kuva 6. Ulkoseinä 1 leikkauskuva

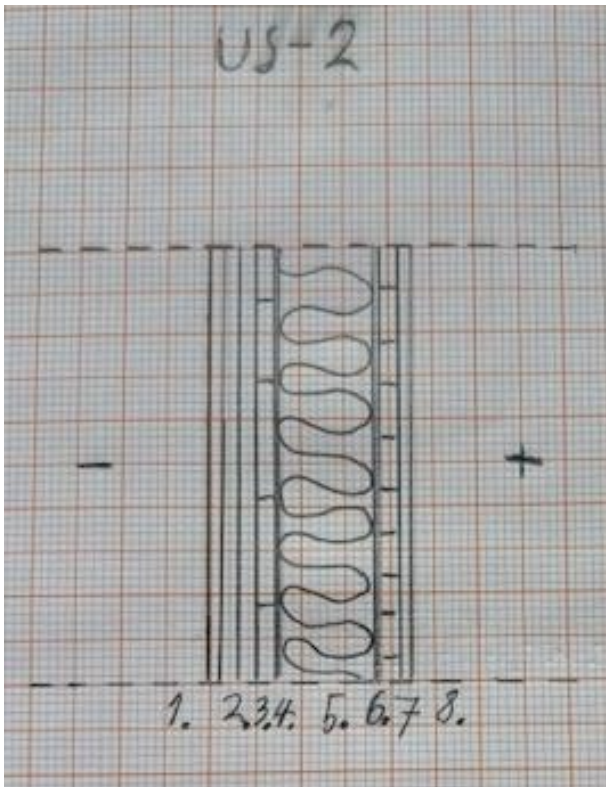


1. Mineriittilevy 5 mm
2. Pystyлаudoitus 22 x 100 mm + 22 x 50 mm
3. Vinolaudoitus 22 mm
4. Tervapaperi 0,3 mm
5. Runko 50 x 100 mm + sahanpuru
6. Tervapaperi 0,3 mm
7. Vaakalaudoitus 22 x 100 mm
8. Puukuitulevy 12 mm

Rakennuksen laajennusosa on toteutettu 1970- luvulla ja seinärakenne US- 2 poikkeaa alkuperäisestä seinärakenteesta oikeastaan vain eristyksen osalta. Sisäpuolella tervapaperin sijasta saattaa olla höyrynsulkumuovi, mutta asiasta ei ole varmuutta, joten oletuksena käytetään tervapaperia. Ulkoverhouksena on käytetty mineriittilevyä, joka ei todennäköisesti ollut vielä rakennusvaiheessa ulkoverhouksena vaan on myöhemmin asennettu.

Mineriittilevyjen takana on perinteinen lomalaudoitus, joka on samanlainen kuin alkuperäisen puolen ulkovuoraus oli alunperin. Nykyinen, hyvin säilynyt mineriittilevytetty ulkovuoraus on iso osa talon yleisilmettä, joten se on tarkoitus säilyttää. Tämä otetaan huomioon korjaussuunnitelmaa laatiessa. Alla olevassa kuvassa 7 on leikkauskuva rakenteesta, jonka alla on luetteloitu seinän rakenteet.

Kuva 7. Ulkoseinä 2 leikkauskuva



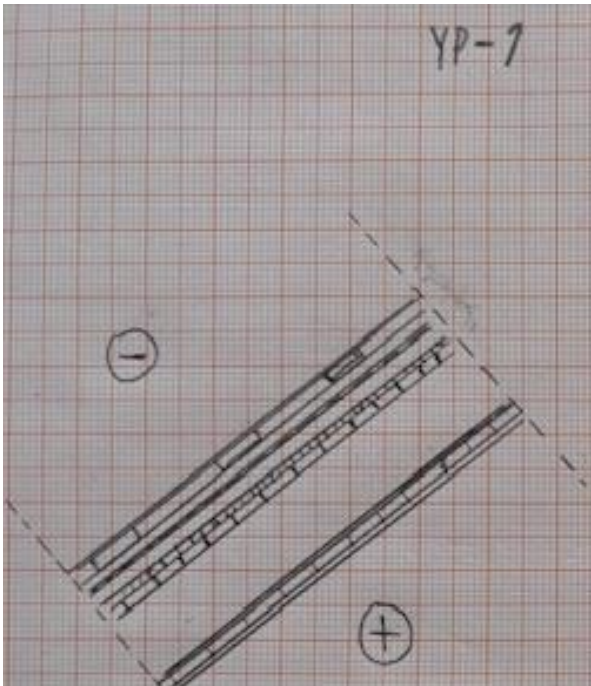
1. Mineriittilevy 5 mm
2. Pystyлаudoitus 22 x 100 mm + 22 x 50 mm
3. Vinolaudoitus 22 mm
4. Tervapaperi 0,3 mm
5. Runko 50 x 100 mm + mineraalivilla

6. Tervapaperi 0,03 mm
7. Vaakalaudoitus 22 x100 mm
8. Puukuitulevy 12 mm

3.1.3 Yläpohja

Rakennuksen alkuperäisen puolen vesikatto eli YP- 1 on rakenteeltaan melko korkea. Vesikate on myöhemmin uusittu (ehkä 1980-luvulla) ja alkuperäinen pärekatto on jätetty uuden peltikatteen alle. Kyseinen tapa tehdä kattoremontteja on ollut ilmeisen yleinen ja se on mahdollistanut kattoremontin tekemisen ilman laajamittaista purkua. Kattorakenteena toimii työmaalla käsintehdyt kattoristikot 900 mm jaolla (k900), jotka ovat 50 x 100 mm puutavarasta. Eristeenä toimii 100 mm sahanpurua kattoristikoiden välissä. Sisäpuolelle rakenne jatkuu tervapaperilla ja umpilaudoituksella, jonka päällä on puukuitulevy ja pintamateriaali. Kattotuolien päällä on umpilaudoitus ja pärekatto. Pärekaton päälle on myöhemmin rakennettu peltikate aluskatteella. Kattorakennetta pääsi tarkastelemaan yläkerran vintille tarkistusluukusta, lisäksi otsalautojen korkeudella pystyi vahvistamaan katon rakenteen. Alla olevassa kuvassa 8 on esitetty leikkauskuva kattorakenteesta ja luettelossa numeroitu siinä olevat rakenteet ulkopinnasta alkaen.

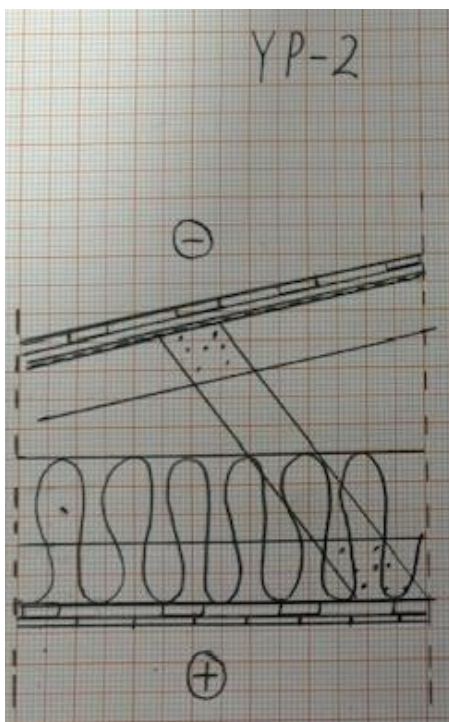
Kuva 8. Alkuperäisen osan yläpohjan leikkauskuva



1. Peltikate
2. Ruodelaudoitus 22 x 100 mm
3. Rima 22x50
4. Aluskate 0,3 mm
5. Pystyлаudoitus 32 x100 mm k900
6. Pärekatto 10 mm
7. Umpilaudoitus 22 x 100 mm
8. Kattotuolit 100 mm k900 + sahanpuru 100 mm
9. Tervapaperi 0,3 mm
10. Umpilaudoitus 22 x100mm
11. Puukuitulevy 12 mm

1970-luvulla on rakennettu laajennusosan vesikatto eli YP- 2, joka on paljon parempi lämmöneristykseltään kuin alkuperäisen puolen vesikatto. Vesikatteena toimii peltikate, jonka alla on ruodelaudoitus ja aluskate. Kantavana rakenteena toimii 50x100mm puutavarasta käsintehdyt kattotuolit k900 jaolla. Yläpohjassa on 250 mm mineraalivillaa eristeenä. Kattotuolin alapaarteessa on tervapaperi ja lautakoolaus koolausvälillä k300, johon kattopaneeli on kiinnitetty. Alla olevassa kuvassa 9 on esitetty leikkauskuva rakenteesta ja luettelossa esitellyt siinä olevat rakenteet ulkopinnasta sisäpintaan.

Kuva 9. Laajennusosan yläpohjan leikkauskuva



1. Peltikate
2. Ruodelaudoitus 22 x100 mm
3. Rima 22 x 50 mm
4. Aluskate 0,3 mm
5. Kattotuolit 50 x100 k900
6. Mineraalivilla 250 mm
7. Tervapaperi
8. Koolaus k300 22x100 mm
9. Kattopaneeli 15 x100 mm

3.1.4 Ikkunat ja ulko- ovet

Rakennuksen kaikki ikkunat ja ulko-ovet ovat rakennusaikaisia eli peräisin 1950- ja 1970-luvuilta. Ikkunat ovat kaksilaisia ja puukehyksisiä malleja, joiden väliin jää noin kymmenen senttimetrin ilmatila. Tämä ilmatila toimii lämmöneristeenä ja on ollut aikakautensa tyypillinen ratkaisu. Ikkunoiden puuosat ovat erityisesti ulkopuolelta vuosien saatossa haurastuneet, mutta lahoa niissä ei ole, joten rakenteellisesti ne ovat vielä kohtuullisessa kunnossa. Tiiveys on ikään nähden vielä tyydyttävällä tasolla. Viileällä ilmalla tuntuva vedontunne vaikuttaa asumismukavuuteen sekä lisää energiankulutusta. Kuvassa 10 on talon ikkunasta kuva lännen puolelta.

Kuva 10. Alkuperäinen ikkuna ulkopuolelta



Kuvasta havaitsee hyvin, että ikkunan ulkopuoliset osat ovat selvästi sään ja vuosien kuluttamia ja kaipaisivat uudistusta. Ulko- ovet ovat puurunkoisia ja lasiaukolla varustettuja. Ovien tarkkaa asennusvuotta ei ole tiedossa, mutta niiden arvioidaan olevan 1970- luvulta. Ovissa ei ole nykyaikaisia tiivistyksiä tai lämmöneristysratkaisuja, mikä heikentää niiden energiatehokkuutta. Ovien heikompaa lämmöneristystä kompensoi molempien sisäänkäyntien jälkeen olevat viileät kuistit, jotka estävät melko tehokkaasti kylmän ilman siirtymistä asuintiloihin. Kuvassa 11 on esitetty talon ulko-ovi.

Kuva 11. Rakennuksen ulko-ovi



3.2 Esimerkkikohteen alkuperäiset U-arvot

Tässä luvussa on laskettu jokaisen rakennusosan lämmönläpäisykertoimet alkuperäisillä rakenteilla. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien eli U- arvojen laskeminen perustuu rakennusfysikaalisiin kaavoihin. Yksinkertaisesti ilmaistuna U-arvo kertoo, kuinka paljon lämpöä siirtyy rakennusosan läpi yhtä neliometriä kohden, kun sisä- ja ulkopuolen lämpötilaero on yhden kelvin verran. Mitä pienempi U- arvo luku on, sitä parempi on rakennusosan lämmöneristyskyky. Laskenta ja kaavat perustuvat ympäristöministeriön ohjeisiin ja Puuinfo:n esimerkkilaskelmaan lämmönläpäisykertoimien laskemisesta. Alla laskelmissa käytetyt kaavat. (Ympäristöministeriö, 2024), (Puuinfo, 2025)

Lämmönläpäisykerroin eli U- arvo saadaan laskelmalla rakenteen kokonaislämmönvastuksen (R_t) käänteisluku kaavalla $U = 1 / R_t$. Kokonaislämmönvastus puolestaan kuvaa rakennusosan kykyä vastustaa lämmön siirtymistä sen lävitse. Se muodostuu sisä- ja ulkopintojen pintavastuksista sekä rakennekerrosten yksittäisistä lämmönvastuksista. Kokonaislämmönvastus lasketaan kaavalla $R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$, jossa R_{si} ja R_{se} ovat sisä- ja ulkopintojen pintavastukset ja R_1, R_2 jne. ovat rakenteen eri kerrosten lämmönvastukset.

Yksittäisen rakennekerroksen lämmönvastus saadaan jakamalla kerroksen paksuus sen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvolla ($R = d / \lambda_u$). Mitä suurempi arvo R on, sitä paremmin kyseinen kerros estää lämmön siirtymistä. Mikäli rakenteessa esiintyy rinnakkaisia materiaaleja, kuten esimerkiksi puuta ja lämmöneristettä lasketaan kokonaislämmönvastus käyttäen ala- ja ylälikiarvo menetelmää. Ylälikiarvo (R'_t) kuvaa tilannetta, jossa lämpö kulkee paremmin eristävien materiaalien lävitse. Se lasketaan kaavalla $1 / R'_t = f_a / R_{ta} + f_b / R_{tb} + \dots$, jossa f_a, f_b ovat eri materiaalien pinta- alaosuuksia ja R_{ta}, R_{tb} ovat niiden lämmönvastukset. Alaliikiarvo (R''_t) puolestaan kuvaa tilannetta, jossa lämpö siirtyy heikommin eristävien materiaalien läpi kuten esimerkiksi puun. Alaliikiarvo lasketaan ensiksi kerroksittain yhdistämällä rinnakkaisten materiaalien lämmönvastukset pinta- alaosuuksien mukaisesti $R''_j = f_a / R_{ja} + f_b / R_{jb} + \dots$, jonka jälkeen kerrosten vastukset summataan sisä- ja ulkopintojen pintavastusten sekä mahdollisten tasa-aineisten kerrosten kanssa kaavalla $R''_t = R_{si} + (R''_1 + R''_2 + \dots) + (R_1 + R_2 + \dots) + R_{se}$. Lopullinen kokonaislämmönvastus lasketaan ala- ja ylälikiarvon keskiarvona $R_t = (R'_t + R''_t) / 2$.

Kaava 1. Lämmönläpäisykerroin

$$U = \frac{1}{R_t}$$

- Jossa U on rakenteen läpi siirtyvän lämpövirran määrä (W/m^2K) ja R_t on rakenteen kokonaislämmönvastus (m^2K/W).

Kaava 2. Kokonaislämmönvastus

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$$

- Jossa R_{si} on sisäpinnan pintavastus, R_{se} on ulkopinnan pintavastus ja R_1, R_2 jne. ovat yksittäisen rakennekerrosten lämmönvastuksia.

Kaava 3. Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus

$$R = \frac{d}{\lambda_u}$$

- Jossa d on ainekerroksen paksuus (m) ja λ_u on materiaalin lämmönjohtavuuden suunniteluarvo (W/mK).

Kaava 4. Rinnakkaisten materiaalien kokonaislämmönvastus

$$R_t = \frac{(R'_t + R''_t)}{2}$$

- Jossa R'_t on ylälikiarvo ja R''_t on alaliikiarvo.

Kaava 5. Ylälikiarvo

$$\frac{1}{R'_t} = \frac{f_a}{R_{ta}} + \frac{f_b}{R_{tb}} + \dots$$

- Jossa f_a, f_b ovat eri materiaalien pinta-alaosuksia ja R_{ta}, R_{tb} ovat näiden materiaalien lämmönvastuksia.

Kaava 6. Alalikiarvo

$$\frac{1}{R''_j} = \frac{fa}{R_{ja}} + \frac{fb}{R_{jb}} + \dots$$

- Jossa fa , fb ovat eri materiaalien pinta-alaosuuksia ja R_{ja} , R_{jb} ovat näiden materiaalien lämmönvastuksia.

Kaava 7. Alalikiarvon kokonaislämmönvastus

$$R''_t = R_{si} + (R''_1 + R''_2 + \dots) + (R_1 + R_2 + \dots) + R_{se}$$

- Jossa R''_1 ja R''_2 ovat rinnakkaisten rakennekerroksien yhteenlaskettuja lämmönvastuksia pinta-alaosuuksien mukaan, R_1 ja R_2 ovat tasa-aineisten rakennekerroksien lämmönvastuksia. R_{si} ja R_{se} ovat sisä- ja ulkopintavastuksia.

Alapohjan U- arvo laskentaa varten rakenteen eri kerroksille on määritetty materiaalien paksuudet, sekä lämmönjohtavuusarvot. Näiden perusteella on laskettu kunkin kerroksen lämmönvastukset, jotka on myös esitetty alla olevassa taulukossa 1. Rakenteen rinnakkaisten materiaalikerrosten takia laskennassa on käytetty alalikiarvo- ja yläikiarvomenetelmää kokonaislämmönvastuksen saamiseksi.

Taulukko 1. Alapohja- 1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² *K)	Lämmönvastus $R = d / \lambda$ (m ² *K/W)
Parketti	0,02	0,42	0,048
Lastulevy	0,025	0,14	0,179
Koolaus k600 + Mineraalivilla	0,1	0,12 0,055	Puu: 0,833 Min.villa: 1,818
Polystyreeni	0,2	0,18	1,11
Betonilaatta	0,05	1,2	0,042

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{koolaus} = 1/0,6 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,083$$

$$f_{\text{villa}} = 1 / 0,083 = 0,917$$

alalikiarvo:

$$1/R''_j = (0,9/1,818) + (0,1/0,833) = 0,615$$

$$R''_j = 1,626 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R''_t = 0,17 + 0,048 + 0,179 + 1,626 + 1,111 + 0,042 + 0,04 = 3,216 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

yläikiarvo:

$$R_{t \text{ villa}} = 0,17 + 0,048 + 0,179 + 1,818 + 1,111 + 0,042 + 0,04 = 3,408 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t \text{ koolaus}} = 0,17 + 0,048 + 0,179 + 0,833 + 1,111 + 0,042 + 0,04 = 2,423 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1/R'_t = (0,9/ 3,408) + (0,1/ 2,423) = 0,305$$

$$R'_t = 1/ 0,305 = 3,279 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$R_t = 0,5 \cdot (3,279 + 3,216) = 3,248 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$U = 1/R_t = 1/ 3,248$$

$$U = 0,308 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty materiaalikerrokset, paksuudet, lämmönjohtavuudet ja laskettu kunkin kerroksen lämmönvastus laskutoimituksien helpottamiseksi. Rakenteessa ei ole rinnakkaisia rakennekerroksia, joten laskentakaava on yksinkertaisempi ja lasketaan kokonaislämmönvastuksen kaavalla.

Taulukko 2. Alapohja- 2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² K)	Lämmönvastus $R = d / \lambda$ (m ² K/W)
Pintabetonilaatta	0,05	1,2	0,042
Polystyreeni	0,1	0,18	0,556
Hiekka	0,1	2,0	0,05
Pohjabetonilaatta	0,05	1,2	0,042

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$R_i = 0,17 + 0,042 + 0,556 + 0,05 + 0,042 + 0,04 = 0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$U = 1/R_i = 1/0,9$$

$$U = 1,11 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

3.2.1 Ulkoseinä

US- 1 rakenteessa on rinnakkaisia rakenteita, (puuta ja sahanpurua) joten laskennassa täytyy käyttää alalikiarvo- ylälikiarvomenetelmää. Taulukossa 3 on esitetty laskennan lähtötiedot.

Taulukko 3. Ulkoseinä-1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² *K)	Lämmönvastus R= d/ λ (m ² *K/W)
Puukuitulevy	0,012	0,1	0,12
Vaakalautoitus	0,022	0,12	0,183
Tervapaperi	0,0003	-	-
Runko k600 + sahanpuru	0,1	0,12 puu 0,08 sahanpuru	puu: 0,833 sahanpuru: 1,25
tervapaperi	0,0003	-	-
vinolautoitus	0,022	0,12	0,183
pystyrimalautoitus	0,022	0,12	0,183
tuuletusrako	0,02	-	-
mineriittilevy	0,005	0,3	-

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{runko} = 1/0,6 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,083$$

$$f_{sahanpuru} = 1 - 0,083 = 0,917$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t\text{sahanpuru}} = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 1,25 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 2,089 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t\text{runko}} = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 0,833 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 1,672 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1/R_t = (0,917 / 2,089) + (0,083 / 1,672) = 0,489$$

$$R_t = 1 / 0,489 = 2,004 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alaliikiarvo:

$$1/R_j = (0,917 / 1,25) + (0,083 / 0,833) = 0,8336$$

$$R_j = 1 / 0,8336 = 1,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_t = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 1,12 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 1,96 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$R_t = 0,5 \cdot (1,96 + 2,004) = 1,982 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$U = 1/R_t = 1/1,982$$

$$U = 0,504 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Myös ulkoseinä 2 rakenteessa on rinnakkaisia rakennekerroksia, jolloin täytyy käyttää alaliikiarvo- ylälikiarvomenetelmää. Taulukossa 4 on kerrottu lähtötiedot laskentaan.

Taulukko 4. Ulkoseinä-2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² K)	Lämmönvastus R= d/ λ (m ² K/W)
Puukuitulevy	0,012	0,1	0,12
Vaakalaudoitus	0,022	0,12	0,183
Tervapaperi	0,0003	-	-
Runko k600 + Mineraalivilla	0,1	0,12 puu 0,055 mineraalivilla	puu: 0,833

			mineraalivilla: 1,818
tervapaperi	0,0003	-	-
vinolaudoitus	0,022	0,12	0,183
pystyrimalaudoitus	0,022	0,12	0,183
tuuletusrako	0,02	-	-
mineriittilevy	0,005	0,3	-

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{runko} = 1/0,6 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,083$$

$$f_{sahanpuru} = 1 - 0,083 = 0,917$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t\text{ villa}} = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 1,818 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 2,657 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t\text{ runko}} = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 0,833 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 1,672 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1/R_{\text{t}} = (0,917 / 2,657) + (0,083 / 1,672) = 0,394$$

$$R_{\text{t}} = 1 / 0,394 = 2,533 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alaliikiarvo:

$$1/R_{\text{j}} = (0,917 / 1,818) + (0,083 / 0,833) = 0,604$$

$$R_{\text{j}} = 1 / 0,604 = 1,655 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{\text{t}} = 0,13 + 0,12 + 0,183 + 1,655 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 2,494 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{\text{t}} = 0,5 \cdot (2,533 + 2,494) = 2,514 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$U = 1/R_{\text{t}} = 1 / 2,514$$

$$U = 0,397 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

3.2.2 Yläpohja

Yläpohja- 1 U- arvon laskentaa varten alla olevaan taulukkoon 5 on koottu lähtötiedot valmiiksi. Kattotuolien välissä on rinnakkaisia rakennekerroksia, joten laskennassa on käytetty alalikiarvo- ja ylälikiarvomenetelmää.

Taulukko 5. Yläpohja- 1 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² *K)	Lämmönvastus $R= d/ \lambda$ (m ² *K/W)
Peltikate	0,0005	-	-
Ruodelaudoitus 22 x 100 mm	0,022	-	-
Rima 22 x 50	0,022	-	-
Aluskate 0,3 mm	0,0003	-	-
Pystylaudoitus 32 x 100 mm k900	0,032	-	-
Pärekatto 10 mm	0,01	0,12	0,08
Umpilaudoitus 22 x 100 mm	0,022	0,12	0,183
Kattotuolit 100 mm k900 + sahanpuru 100 mm	0,1	0,12 0,08	puu: 0,833 sahanpuru: 1,25
Tervapaperi 0,3 mm	0,0003	-	-
umpilaudoitus 22 x 100 mm	0,022	0,12	0,183
Puukuitulevy	0,012	0,1	0,12

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{runko} = 1/0,9 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,055$$

$$f_{sahanpuru} = 1 - 0,055 = 0,944$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t_{runko}} = 0,1 + 0,12 + 0,183 + 0,833 + 0,183 + 0,08 + 0,04 = 1,739 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t_{sahanpuru}} = 0,1 + 0,12 + 0,183 + 1,25 + 0,183 + 0,08 + 0,04 = 2,156 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1/R_{t'} = (0,944 / 2,156) + (0,055 / 1,739) = 0,469$$

$$R_{t'} = 1 / 0,469 = 2,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alalikiarvo:

$$1/R_{j'} = (0,944 / 1,25) + (0,055 / 0,833) = 0,821$$

$$R_{j'} = 1 / 0,821 = 1,21 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t''} = 0,1 + 0,12 + 0,183 + 1,21 + 0,183 + 0,08 + 0,2 + 0,04 = 2,116 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$U = 0,5 \cdot (2,13 + 2,116)$$

$$U = 1/R_2 = 1/2,123$$

$$U = 0,47 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Alla olevaan taulukkoon 6 on koottu Yläpohja- 2 rakenteen U- arvo laskennan lähtöarvot rakenteen eri kerroksista. Koska rakenteessa on rinnakkaisia materiaalikerroksia, käytetään laskennassa, alalikiarvo- ylälikiarvomenetelmää.

Taulukko 6. Yläpohja- 2 rakenteen U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m ² K)	Lämmönvastus R= d/ λ (m ² K/W)
Peltikate	0,0005	-	-
Ruodelaudoitus 22 x 100 mm	0,022	-	-
Rima 22 x 50 mm	0,022	-	-

Aluskate 0,3 mm	0,0003	-	-
Kattotuolin alapaarre 50 x 100 k900	0,1	0,12	0,833
Mineraalivilla 250 mm	0,25	0,055	4,545
Tervapaperi	0,0003	-	-
Koolaus 22 x 100 mm (tuulettumaton ilmarako)	0,22	-	0,16
Kattopaneeli 15x 100 mm	0,015	0,12	0,125

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{gu} = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \text{ (tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastus)}$$

$$f_{runko} = 1 / 0,9 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,055$$

$$f_{villa} = 1 - 0,055 = 0,944$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t \text{ runko}} = 0,1 + 0,125 + 0,16 + 0,833 + 0,2 + 0,04 = 1,458 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t \text{ villa}} = 0,1 + 0,125 + 0,16 + 4,545 + 0,2 + 0,04 = 5,17$$

$$1 / R_{t'} = (0,944 / 5,17) + (0,055 / 1,458) = 0,22$$

$$R_{t'} = 1 / 0,22 = 4,538 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alaliikiarvo:

$$1 / R_{j''} = (0,944 / 4,545) + (0,055 / 0,833) = 0,273$$

$$R_{j''} = 1 / 0,273 = 3,653 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t''} = 0,1 + 0,125 + 0,16 + 3,653 + 0,2 + 0,04 = 4,539 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$U = 0,5 * (4,538 + 4,539)$$

$$U = 1/R_{t} = 1/4,5385 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$$

$$U = 0,220 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$$

3.2.3 Ikkunat ja ulko- ovet

Rakennuksen ikkunat ovat kaikki samanlaisia ja ovat todennäköisesti 1950–1970- luvulta. Ikkunat ovat kaksilasisia ja puukarmisia ja niiden arvioitu U- arvo on noin 2,7 W/(m²*K) (Oulun kaupunki, Rakennusvalvonta, 2014). Rakennuksen ovet ovat myös samalta aikakaudelta kuin ikkunat. Ne ovat yksinkertaisia puuovia, joissa ei ole erityistä eristettä tai tiivisteitä. Kyseisen aikakauden ovien U- arvot ovat 3,5–5,8 W/(m²*K) luokkaa ja riippuvat oven kunnosta ja rakenteesta (Oulun kaupunki, Rakennusvalvonta, 2013). Ulko- ovien U- arvoksi arvioidaan 4,5 W/(m²*K) viitaten lähteen antamaan vaihteluväliin.

Ikkunoiden ja ovien U- arvot ovat nykymääräyksiin verrattuna heikkoja ja ne muodostavat merkittävän osan rakennuksen lämpöhäviöstä. Tästä syystä niiden uusiminen on huomioitu korjaussuunnitelmassa. Tavoitteena on parantaa rakennuksen energiatehokkuutta valitsemalla nykyaikaiset lämpöä tehokkaammin eristävät ikkunat ja ulko- ovet, jotka täyttävät nykyiset vaatimukset.

3.2.4 U- arvojen yhteenveto

Laskentatulosten perusteella voidaan todeta, että parhaat lämmöneristysominaisuudet löytyvät laajennusosan yläpohjasta (YP-2), jonka U- arvo on 0,22 W/(m²K). Tämä selittyy laajennusosan myöhemmällä rakennusajankohdalla 1970- luvulla, jolloin eristeet olivat jo kehittyneempiä ja lämmöneristykseen panostettiin aiempaa enemmän. Heikoimmat U- arvot löytyvät ikkunoista ja ovista. Arvioitu U- arvo ikkunoille on 2,7 W/(m²K) ja ulko- oville 4,5 W/(m²K). Luvut ovat arvioimalla saatuja suuntaa antavia arvoja eikä laskelmilla todennettuja. Ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyys on selvästi nykymääräysten alapuolella, jolloin ne ovat myös rakennuksen suurimpia yksittäisiä lämpöhäviön aiheuttajia.

Ulkoseinien U- arvot sijoittuvat välimaastoon talon lämmöneristävydessä ollen kuitenkin selkeästi nykyisten vaatimuksien yläpuolella. Ulkoseinien arvot vaihtelivat välillä 0,4–0,5 W/(m²K). Laskentatulosten perusteella rakennusosien lämmöneristävydet eivät vastaa nykypäivän vaatimuksia. Näiden lähtötietojen pohjalta alettiin laatimaan tarkempaa lämmöneristykseen korjaussuunnitelmaa.

4 Pientalon lämmöneristysvaatimukset

Pientalojen lämmöneristysvaatimukset määritellään uudisrakentamisessa

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten energiatehokkuudesta (1010/2017).

Asetuksessa esitetään rakennusosakohtaiset vertailuarvot, jotka tulee täyttyä rakennusluvan vaativissa hankkeissa. Ulkoseinien lämmönläpäisykertoimen vaadittava U- arvo on 0,17 W/(m²K), alapohjan 0,17 W/(m²K), yläpohjan 0,09 W/(m²K), ikkunoiden ja ovien 1,0 W/(m²K). Nämä arvot on määritelty niin, että niiden täytyminen yhdessä kokonaisenergiankulutuksen kanssa varmistaa rakennuksen energiatehokkuuden (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017). Kyseiset arvot ovat nimenomaan uudisrakentamisen varten, mutta niillä on vaikutusta myös vanhojen rakennusten korjausta suunniteltaessa.

Korjauskohteissa lähes aina lämmöneristämisen lähtökohtana on rakennuksen alkuperäiset rakenteet, eikä nykypäivän vaatimusten mukaisiin arvoihin päästä ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Tästä syystä korjausrakentamiseen sovelletaan omaa asetusta, joka on Ympäristöministeriön asetus rakennuksen korjaamisen energiavaatimuksista (4/13).

Asetuksen mukaan korjausrakentamisessa tulee parantaa rakennuksen energiatehokkuutta siinä määrin kuin se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti mahdollista.

Rakennusosien lämmöneristävyttä ei tarvitse saattaa uudiskohteen tasolle, mutta sitä tulee parantaa merkittävästi lähtötilanteeseen nähden. Ulkoseinien osalta suositeltava parannustaso olisi puolittaa alkuperäinen U- arvo, kuitenkin enintään arvoon 0,17 W/(m²K).

Yläpohjassa tavoiteltavaa arvo olisi alittaa 0,6 W/(m²K). Alapohjan osalta tarkkaa raja- arvoa ei ole asetettu, mutta sen eristämisen parantaminen on suositeltavaa mahdollisuuksien mukaan. Ikkunoiden ja ulko- ovien osalta korvaaminen nykyaikaisilla ja

lämmöneristysvaatimukset täyttävillä tuotteilla, joiden U- arvo on enintään 1,0 W/(m²K) on selkeä parannus ja monesti järkevin tapa. Mikäli ikkunat ja ovet säilytetään, tulee niiden tiivistykseen ja mahdolliseen kunnostukseen kiinnittää huomiota (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (14/2013).

5 Korjaussuunnitelma

Lähdettäessä tekemään korjaussuunnitelmaa lähtökohtana on saada luotua suunnitelma, joka on teknisesti toteutuskelpoinen ja että kokonaiskustannukset pysyvät realistisina. Suunnitelmaa laatiessa on otettava huomioon rakennuksen olemus ja ulkonäkö, jotka

halutaan säilyttää ennallaan. Korjausten avulla pyritään parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta sekä lisäämään asumismukavuutta.

Eryteisesti kohteen julkisivut halutaan säilyttää nykyisellä mineriittilevypinnalla, jolloin ulkoseinien lisälämmöneristystä ei voida suorittaa ulkopuolelta vaan eristäminen suunnitellaan tehtäväksi sisäpuolelta. Yläpohjan lämmöneristäminen suunnitellaan myös tehtäväksi sisäpuolelta, jolloin ei tarvitse uusia vesikattoja eristystöiden yhteydessä. Eristevalintoja suunniteltaessa keskityttiin erityisesti rakennusfysikaalisesti toimiviin sekä rakenteellisesti hyvin toimiviin ratkaisuihin. Ilmatiiveyden parantaminen ja mahdollisuus vaiheittaiseen korjaamisen toteuttamiseen otettiin lisäksi huomioon. Materiaalien hinta ei ollut ensisijainen ohjaava tekijä, vaan pyrkimys saavuttaa hyvä lämmöneristävyys ja pitkäikäinen hyöty esimerkkikohteelle tehdyllä remontilla.

5.1 Alapohja

Alapohja- 1 tämänhetkinen U- arvo on $0,31 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$, jota pitäisi mahdollisuuksien mukaan parantaa. Uudeksi eristysratkaisuksi valitsin Finnfoamin rakennekortin AP06 mukaisen ratkaisun, jossa eristeenä toimii 210 mm paksu suulakepuristettu polystyreenilevy. Kyseinen rakenneratkaisu on suunniteltu erityisesti rossipohjan rakenteisiin. Valmistajan mukaan 210 mm eristevahvuudella alapohjan U- arvoksi saadaan $0,17 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, joka vastaa hyvin nykyisiä energiatehokkuusvaatimuksia (Finnfoam 2021). Kyseinen eristeratkaisu on oiva tähän rakennukseen, sillä nykyiset lattiavasat ovat k600 jaolla jo valmiiksi, joten niitä ei tarvitse kuin oikoa ja kiilata suoriksi. Eriste on kosteusteknisesti turvallinen materiaali polystyreeni, sillä se ei ime itseensä kosteutta ja on näin toimiva tiloissa, joissa on maasta nousevaa kosteutta. Eristekerrokseen ei myöskään synny kylmäsiltoja, koska levyt asennetaan tiivisti toisiaan vasten ja eristepinta nousee lattiavasojen yläpuolelle.

Kylpyhuoneen ja saunan alapohjarakenne (AP- 2) poikkeaa rakennuksen muista lattiarakenteista, sillä kyseisissä tiloissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Tämän korjaussuunnitelman yhteydessä ei paranneta lattian lämmöneristävyyttä, vaikka alapohjan nykyinen U- arvo $1,11 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ on selkeästi huonompi kuin nykyiset vertailuarvot. Lattialämmityksen ansiosta lattianlämpötila on käyttäjälle mieluinen ja lattiankuivatus toimii hyvin, eikä akuuttia korjaustarvetta lattiassa havaittu pintapuolisella tarkastelulla. Lattialämmitys kompensoi alapohjan heikompaa U- arvoa. Alapohjan lämmöneristysparannukset tulisi tehdä erillisen kylpyhuone- ja saunaremontin yhteydessä, jolloin rakenteet joudutaan muutenkin avaamaan.

5.2 Ulkoseinä

Rakennuksen ulkoseinien eristäminen tehdään sisäpuolelta, jolloin nykyinen siisti ja toimiva ulkoverhous voidaan jättää ennalleen. Sisäpuolinen eristäminen mahdollistaa myös huonekohtaisen remontoinnin. Nykyinen seinärakenne on 50 x 100 k600 runkotolpat, joiden välissä on 100 mm mineraalivillaa tai sahanpurua riippuen seinän osasta. Rakennuksen tämänhetkisten ulkoseinien U- arvot ovat n. 0,4–0,5 W/ (m²* K). Lämmöneristävyiden parantamiseksi vanhat eristeet puretaan pois ja korvataan 100 mm XPS- eristeellä, jotka tulevat runkotolppien väliin. Eriste leikataan n. 10 mm kapeammaksi reunoilta kuin tolppien väli ja raot tiivistetään lopuksi uretaanivaahdolla. Runkotolppien päälle sisäpintaan asennetaan lisäksi 50 mm paksu PIR- eristelevy. Levy asennetaan tolppiin nähden poikittain ja lopuksi saumat teipataan vielä höyrynsulkuteipillä, jolloin se toimii rakenteessa höyrynsulkuna. Levyn päälle tehdään vielä vaakakoolaus, johon kipsilevyt kiinnitetään. Kyseinen eristysratkaisu ei kasvata juurikaan seinän paksuutta alkuperäisestä, jolloin huonetilavuus pysyy ennallaan. Laskelmien mukaan ulkoseinän U- arvoksi saadaan noin 0,18 W/ (m²* K). Valittu eristeratkaisu ei ole ääneneristyksen kannalta optimaalisin, mutta esimerkkikohde sijaitsee rauhallisella alueella, jossa ei ulkoista meluhaittaa juurikaan ole. Alla olevassa taulukossa 7 on esitetty uusi seinärakenne ja U- arvon laskennan lähtöarvot käyttäen Finnfoamin XPS F-300 ja PIR- eristelevyjä.

Taulukko 7. Ulkoseinän uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m*K)	Lämmönvastus $R = d / \lambda$ (m ² *K/W)
Kipsilevy	0,012	0,1	0,052
Vaakakoolaus k600	0,022	-	-
PIR-eristelevy (vaaka)	0,05	0,022	2,277
Runko k600 + XPS	0,1	0,12 puu 0,035 xps	puu: 0,833 xps: 2,857
tervapaperi	0,0003	-	-
vinolaudoitus	0,022	0,12	0,183

pystyrimalaudoitus	0,022	0,12	0,183
tuuletusrako	0,02	-	-
mineriittilevy	0,005	0,3	-

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{runko} = 1 / 0,6 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,083$$

$$f_{xps} = 1 - 0,083 = 0,917$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t_{xps}} = 0,13 + 0,052 + 2,273 + 2,857 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 5,758 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t_{runko}} = 0,13 + 0,052 + 2,273 + 0,833 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 3,694 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1 / R_{ti} = (0,917 / 5,758) + (0,083 / 3,694) = 0,181$$

$$R_{ti} = 1 / 0,181 = 5,524 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alaliikiarvo:

$$1 / R_{tj} = (0,917 / 2,857) + (0,083 / 0,833) = 0,420$$

$$R_{tj} = 1 / 0,420 = 2,380 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{ti} = 0,13 + 0,052 + 2,273 + 2,38 + 0,183 + 0,183 + 0,04 = 5,241 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$R_t = 0,5 \cdot (5,524 + 5,241) = 5,3825 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$U = 1 / R_t = 1 / 5,3825$$

$$U = 0,18 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

5.3 Yläpohja

Yläpohja- 1:n tämänhetkinen U- arvo on 0,47 W/(m²·K), jota on tarkoitus parantaa huomattavasti poistamalla vanhat sahanpurueristeet kokonaan ja vaihtamalla ne FF PIR-eristeisiin. Kattotuolien välissä oleva sahanpuru poistetaan ja tilalle asennetaan FF PIR 100 k900- eristelevyt. Kattotuolien alapintaan asennetaan vielä lisäksi 50 mm paksu FF PIR-eristelevy vaakaan ja saumat teipataan höyrynsulkuteipillä. Näin yläpohjan eristeistä saadaan ennen kaikkea tiiviit ja lämpöä eristävät. Vaakalevytys katkaisee myös kylmäsilat

tehokkaasti, joka entisestään parantaa lämmöneristävyttä. PIR- eristeet ovat paras ratkaisu tiloissa, joissa eristetilan paksuutta ei ole mahdollisuutta kasvattaa. Rakennusfysikaalisesti PIR- eriste on tässä tapauksessa hyvä ratkaisu, sillä vesikatosta mahdollisesti vuotava vesi ei vaurioita tai heikennä eristeen toimivuutta. Valittu eristysratkaisu mahdollistaa vesikaton uusimisen siirtämisen myöhemmälle ajankohdalle, sillä tässä korjausvaihtoehdossa eristystyöt voidaan toteuttaa kokonaan sisäpuolelta. Tämä vähentää hetkellistä taloudellista rasitusta, koska vesikattoremonttia ei tarvitse tehdä samanaikaisesti. Laskelmien mukaan uudeksi U- arvoksi saadaan 0,14 W/ (m²*K), joka on riittävä kyseiseen korjauskohteeseen. Alla olevassa taulukossa 8 on esitetty uusi rakenne.

Taulukko 8. Yläpohja- 1 uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m*K)	Lämmönvastus R= d/ λ (m ² *K/W)
Peltikate	0,0005	-	-
Ruodelaudoitus 22 x 100 mm	0,022	-	-
Rima 22 x 50 mm	0,022	-	--
Aluskate 0,3 mm	0,0003	-	-
Pystyлаudoitus 32 x 100 mm k900	0,032	-	-
Pärekatto 10 mm	0,01	0,12	0,08
Umpilaudoitus 22 x 100 mm	0,022	0,12	0,183
Kattotuolit 100 mm k900 + PIR 100 mm	0,1	Puu0,12 PIR: 0,022	Puu: 0,833 PIR: 4,54
PIR 50 mm (vaaka)	0,05	0,022	2,272
vaakakoolaus k600	0,022	-	-

Paneeli	0,012	0,12	0,1
---------	-------	------	-----

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$f_{runko} = 1/0,9 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,055$$

$$f_{PIR} = 1 - 0,055 = 0,944$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t_{runko}} = 0,1 + 0,08 + 0,183 + 0,833 + 2,272 + 0,1 + 0,04 = 3,608 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{t_{PIR}} = 0,1 + 0,08 + 0,183 + 4,54 + 2,272 + 0,1 + 0,04 = 7,315 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$1/R_t = (0,944 / 7,315) + (0,055 / 3,608) = 0,144$$

$$R_t = 1 / 0,144 = 6,94 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Alaliikiarvo:

$$1/R_j = (0,944 / 4,54) + (0,055 / 0,833) = 0,273$$

$$R_j = 1 / 0,273 = 3,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_t = 0,1 + 0,08 + 0,183 + 3,66 + 2,272 + 0,1 + 0,2 + 0,04 = 6,635 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$U = 0,5 \cdot (6,94 + 6,635)$$

$$U = 1/R_2 = 1/6,787$$

$$U = 0,14 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Rakennuksen YP- 2 eristysratkaisuksi on valittu sisäpuolinen lisälämmöneristys, joka on helppo toteuttaa ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Kattotuolien alapaarteiden pintaan mineraalivillakerroksen alapuolelle asennetaan 50 mm paksu PIR- eristelevy, joka parantaa hyvin rakenteen U- arvoa ja ilmatiiveyttä. Levyjen saumat tiivistetään höyrynsulkuteipillä. Tämä ratkaisu katkaisee kattotuolien aiheuttamat kylmäsiilat ja parantaa näin kokonaislämmöneristävyyttä yläpohjassa. PIR- levy valittiin erityisesti sen erinomaisen lämmöneristävyytensä takia, sen avulla saavutetaan hyvä lisäparannus eristävyydessä eikä huonekorkeus laske huomattavasti. Levyt ovat myös helppoja asentaa ja työstää, mikä nopeuttaa työtä. Asentaessa täytyy huomioida, että mikäli katossa on jo ollut höyrynsulku aiemmin, täytyy se puhkoa huolellisesti tai mahdollisesti poistaa kokonaan. Levytys mahdollistaa myös myöhemmin tehtävän vesikattoremontin yhteydessä nykyisen

mineraalivillakerroksen vaihdon esimerkiksi puhallusvillaan, jonka voi puhaltaa levy pintaa vasten. Puhallusvillalla saadaan eristettyä tiiviimmin pienet kolot ja onkalot, joita jää kattotuolien ja muiden tukipuiden väliin. Laskelmien mukaan uudeksi U- arvoksi saadaan 0,14 W/ (m²*K), joka on riittävä kyseiseen korjauskohteeseen. Alla olevassa taulukossa 9 on esitetty uusi yläpohjarakenne lisälämmöneristyksellä.

Taulukko 9. Yläpohja- 2 uudet rakenteet ja U- arvo laskennan lähtötiedot

Kerros	Paksuus d (m)	Lämmönjohtavuus λ (W/m*K)	Lämmönvastus $R = d / \lambda$ (m ² *K/W)
Peltikate	0,0005	-	-
Ruodelaudoitus 22 x 100 mm	0,022	-	-
Rima 22 x 50 mm	0,022	-	-
Aluskate 0,3 mm	0,0003	-	-
Kattotuolin alapaarre 50 x 100 mm k900	0,1	0,12	0,833
Mineraalivilla 250 mm (kattotuolien välissä)	0,25	0,055	4,545
PIR- eriste	0,05	0,022	2,272
Koolaus 22 x 100 mm (tuulettumaton ilmarako)	0,22	-	-
Kattopaneeli 15 x 100 mm	0,015	0,12	0,125

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_{gu} = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \text{ (tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastus)}$$

$$f_{\text{runko}} = 1/0,9 \cdot 50 \cdot 1000 / 1000 \cdot 1000 = 0,055$$

$$f_{\text{villa}} = 1 - 0,055 = 0,944$$

Ylälikiarvo:

$$R_{t \text{ runko}} = 0,1 + 0,125 + 2,272 + 0,833 + 0,2 + 0,04 = 3,57 \text{ m}^2 \text{ K/ W}$$

$$R_{t \text{ villa}} = 0,1 + 0,125 + 2,72 + 4,545 + 0,2 + 0,04 = 7,73 \text{ m}^2 \text{ K/ W}$$

$$1/R_{t'} = (0,944/7,73) + (0,055/3,57) = 0,137$$

$$R_{t'} = 1/0,137 = 7,299 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Alaliikiarvo:

$$1/R_{j''} = (0,944/4,545) + (0,055/0,833) = 0,273$$

$$R_{j''} = 1/0,273 = 3,653 \text{ m}^2 \text{ K/ W}$$

$$R_{t''} = 0,1 + 0,125 + 2,72 + 3,653 + 0,2 + 0,04 = 6,838 \text{ m}^2 \text{ K/ W}$$

Kokonaislämmönvastus:

$$U = 0,5 \cdot (7,299 + 6,838) = 7,068$$

$$U = 1/R_{t'} = 1/7,068 \text{ W/ (m}^2 \text{ K)}$$

$$U = 0,14 \text{ W/ (m}^2 \text{ K)}$$

5.4 Ikkunat ja ulko-ovet

Rakennuksen alkuperäisten ikkunoiden ja ovien U- arvojen ollessa kaukana nykypäivän vaatimuksista, ei niiden kunnostamisella ja tiivistämisellä päästäisi riittävän lähelle vaadittua U- arvoa 1,0 W/ (m²*K). Ikkunat tulee vaihtaa nykyisten energiatehokkuusvaatimusten mukaisesti kolmilasisiin matalaenergiaikkunoihin. Uudet ikkunat vähentävät energiankulutusta sekä vedontunnetta, jota vanhat ikkunat aiheuttavat. Ikkunoiden vaihdon yhteydessä on hyvä vaihtaa vanhat puiset ulko-ovet (2kpl) nykyaikaisiin energiatehokkaisiin ulko-oviin, joiden U- arvo on enintään 1.0 W/ (m²*K). Tämä toimenpide parantaa huomattavasti rakennuksen tiiveyttä ja vähentää aiemmin mainittua vedontunnetta.

5.5 Rakennuksen vaipan U-arvo

Alla olevaan taulukkoon 10 on koottu korjaussuunnitelman mukaiset uudet U-arvot rakennusosille ja niiden pinta-alat. Taulukon avulla voidaan laskea rakennuksen

kokonaislämpöhäviö ja vertailla sitä alkuperäiseen rakenteeseen. Tiedot on esitetty selkeästi, jotta eri rakennusosien osuus kokonaisristytystasoon olisi helposti hahmotettavissa.

Taulukko 10. Rakenteiden uudet U- arvot

Rakennusosa	Pinta-ala m ²	Korjaussuunnitelman mukainen uusi U- arvo
AP- 1	78	0,17
AP- 2	33	1,11
US- 1-2	354	0,18
YP- 1	56	0,14
YP- 2	65,5	0,14
Ikkunat	17	1,0
Ovet	9,5	1,0

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan rakennusosien pinta-alojen ja niiden lämmönläpäisykertoimien (U-arvojen) perusteella. Kaava on esitetty Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017 § 24).

Kaava 8. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö

$$\Sigma H_{\text{joh}} = \Sigma(U_{\text{ulkoseinä}}A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma(U_{\text{yläpohja}}A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma(U_{\text{alapohja}}A_{\text{alapohja}}) + \Sigma(U_{\text{ikkuna}}A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma(U_{\text{ovi}}A_{\text{ovi}})$$

- Jossa U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin W/ (m²*K) ja A on rakennusosan pinta-ala m².

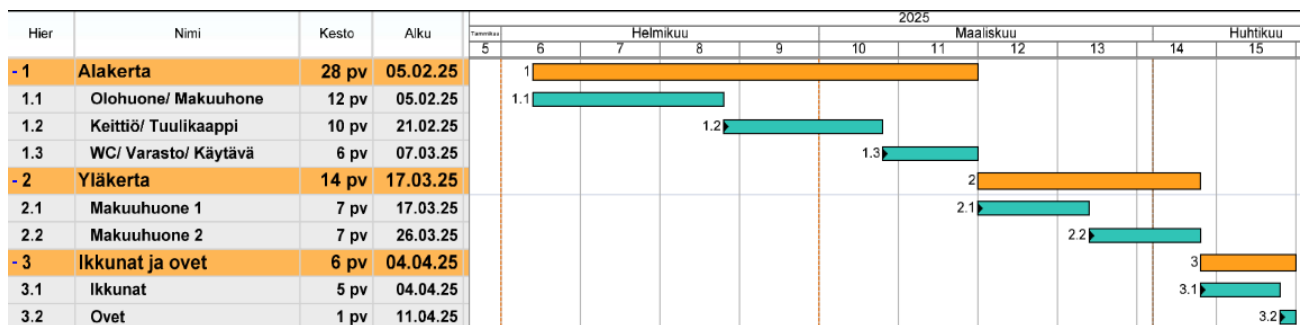
$$\Sigma H_{\text{joh}} = (0,18*354) + (0,14*56) + (0,14*65,5) + (0,17*78) + (1,1*33) + (1,0*17) + (1,0*9,5)$$

$$\Sigma H_{\text{johd}} = 156,79 \text{ W/K}$$

5.6 Alustava työjärjestys- ja aikataulusuunnitelma

Rakennuksen alustava remonttiaikataulu on laadittu huonekohtaisesti siten, että remontin tekeminen osittain on mahdollista. Remontoimalla muutamaa tilaa kerrallaan pystyy rakennusta samanaikaisesti käyttämään. Huonekalujen ja irtaimiston siirtäminen vapaana oleviin huoneisiin helpottaa lisäksi remontin läpivientiä. Aikataulusuunnitelma on karkean pelkistetty, jolla pyritään luomaan yleiskuvaa remontin kokonaisläpiviennin kestosta ja suunnitellusta saneerauksen etenemisjärjestyksestä. Kylpyhuoneen ja saunatilojen remontoimista ei ole otettu mukaan aikatauluun, mutta tyypillisesti pientalojen kylpyhuone-saunaremonttien kesto on kahdesta kolmeen viikkoon. Remonttiaikataulua luodessa on huomioitu, että työpanoksena käytetään kahta rakennusammattimiestä sekä yhtä rakennusapumiestä. Työvoiman määrä on otettu huomioon arvioitaessa työvaiheiden kestoja ja etenemisjärjestyksiä. Alla olevassa kuvassa 12 on esitetty alustava työaikataulu.

Kuva 12. Alustava työaikataulu



5.7 Kustannusarvio

Rintamamiestalon korjaussuunnitelman mukainen kustannusarvio on noin 80 000 euroa, joista materiaalikustannukset noin 46 000 euroa, työkustannukset noin 30 000 € ja muut kulut noin 2000 €. Tämän opinnäytetyön kustannusarvio on laadittu suuntaa antavana laskelmana, joka antaa kokonaiskuvan korjaushankkeen taloudellisesta laajuudesta. Kustannukset muodostuvat pääasiassa materiaali-, työ- sekä muista kuluista, joista materiaalit kattavat merkittävän osan kokonaiskustannuksista.

Materiaalien hinnat on haettu rautakauppojen ja valmistajien verkkosivuilta. Ne antavat melko hyvän yleiskuvan tämänhetkisistä markkinahinnoista. Todelliset kustannukset voivat kuitenkin vaihdella toimittajasta, tilausmääristä sekä tilausajankohdan mukaan. Merkittävästi kustannuksiin vaikuttavat valitut materiaalit. Esimerkiksi US- 1 ulkoseinärakenteessa käytetty 100 mm XPS- eriste on mahdollista vaihtaa 100 mm mineraalivillaan, mikä toisi noin 4000 euron säästön. Tämä heikentäisi seinärakenteen lämmöneristävyttä ja kasvattaisi lämpöhäviötä, mutta kustannuksia optimoidessa olisi hyvä ja tehokas tapa. Myös valittavilla pintamateriaaleilla voidaan vaikuttaa materiaalikustannuksiin.

Työkustannukset on arvioitu verkosta löytyneiden tuntiveloitusten ja itse arvioitujen työtuntimäärien perusteella. Rakennusammattimiehen ja rakennusmiehen tuntihinnat ovat yleisesti käytössä olevien verkosta löytyvien hintatietojen mukaisia. Työtuntimäärä perustuu omaan arvioon, johon on tässä kohtaa suhtauduttava pikemminkin suuntaa antavana kuin tarkkana arvona. On huomioitava, että kustannusarvio ei sisällä mahdollisia lisäkustannuksia, joita voi ilmetä työn edetessä. Piilossa olevat vauriot kuten laho, homeongelmat tai rakenteelliset heikkoudet voivat lisätä korjaustyön laajuutta, koska talon rakenteita ei ole juurikaan avattu. On mahdollista, että lopulliset kustannukset voivat muuttua materiaali- ja työhintojen vaihteluiden sekä mahdollisten lisätöiden perusteella. Tämän vuoksi kustannusarvio tulee nähdä ohjeellisena laskelmana, jota voidaan tarkentaa hankkeen edetessä ja rakenteiden kunnon selvityksessä tarkemmin. Kustannusarvion yksityiskohtaisempi erittely esitetty Liitteessä 1.

6 Päätelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä korjaussuunnitelma rintamamiestalon rakennusosille siten, että rakenteet saadaan vastaamaan nykyajan vaatimuksia erityisesti energiatehokkuuden osalta. Vanhojen rakenteiden kunto vaihtelee suuresti rakennuksen mukaan ja jokainen korjauskohde vaatii yksilöllistä tarkastelua. Teknisiä korjausratkaisuja suunniteltaessa on tärkeää huomioida rakennuksen yleiskunto, sijainti ja arvo. Oman näkemykseni mukaan korjausrakentamisen kannattavuus ei ole yksiselitteinen asia vaan siihen vaikuttaa useampi tekijä. Remontin vaikutus kiinteistön arvoon voi vaihdella suuresti ja siksi se on syytä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Mikäli talo sijaitsee taajama-alueella lähellä palveluita viihtyisässä korttelissa on todennäköistä, että onnistunut laajamittainen korjausremontti nostaa asunnon arvoa merkittävästi. Sen sijaan haja-asutusalueilla vanhojen rakennusten markkina-arvo on usein lähtökohtaisesti matalampi, jolloin laaja ja kustannuksiltaan merkittävä remontti ei välttämättä ole taloudellisesti järkevin

ratkaisu. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että tällaiset kohteet täytyisi jättää remontoimatta, vaan korjaustoimenpiteet pitää tehdä supistetusti tai tehdä vain välttämättömimmät. Korjaustarpeet tulisi arvioida aina tapauskohtaisesti ja kokonaisuutta katsoen.

Korjausrakentaminen on usein kompromissien tekemistä. Harvoin löytyy täydellistä ratkaisua, vaan lopputuloksen on tarkoitus olla mahdollisimman hyvä yhdistelmä teknistä toimivuutta, energiatehokkuutta ja kustannustehokkuutta. Tärkeintä on löytää ratkaisu, joka palvelee kohdetta pitkällä aikavälillä ja on toteutettavissa käytössä olevilla resursseilla. Tämän työn myötä oma ymmärrykseni korjausrakentamisen käytännön haasteista ja mahdollisuuksista on syventynyt. Onnistunut korjaussuunnitelma vaatii sekä teknistä osaamista että kokonaisvaltaista ajattelua.

Lähteet

- Finnfoam. (2021). *AP06 Rossipohjaeristelattialevy*. https://finnfoam.fi/wp-content/uploads/2022/11/Finnfoam-AP06_Rossipohjaeristelattialevy_2021_fi.pdf
- Käyhkö, K. (6.1.2024a). *1950-luvun omakotitalo*. Rakennukset. <https://www.rakennukset.fi/rakennukset/1950-luvun-omakotitalo/>
- Käyhkö, K. (6.1.2024b). *1970-luvun omakotitalo*. Rakennukset. <https://www.rakennukset.fi/rakennukset/1970-luvun-omakotitalo/>
- Oulun kaupunki, Rakennusvalvonta. (14.10.2014). *Ikkunakorjaus: Pientalo Tekninen kortti 4*. <https://www.ouka.fi/media/5967/download>
- Oulun kaupunki, Rakennusvalvonta. (1.2.2013). *Ovikorjaus: Pientalo Tekninen kortti 5*. <https://www.ouka.fi/media/5966/download>
- Puuinfo. (2015). Esimerkkilaskelma Ulkoseinän U- arvo ja vesihöyryn diffuusio. https://puuinfo.fi/wpcontent/uploads/2020/06/Moduuli_5_Esimerkki_1_Ulkosein%C3%A4n-U-arvo.pdf
- Rakentaja.fi. (22.9.2014). *Rintamamiestalot yhä suosiossa*. Rakentaja. <https://rakentaja.fi/artikkelit/rintamamiestalot-yh%C3%A4-suosiossa/>
- Särkkinen, Å. (2005). *Jälleenrakennusajan pientalo*. Rakennustieto
- Taloekspertti.fi. (n.d). *Rintamamiestalot Suomessa – historia, ongelmat ja remontointi*. <https://taloekspertti.fi/rintamamiestalot-suomessa-historia-ongelmat-ja-remontointi/>
- Ympäristöministeriö. (2024) *Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta*. [https://ym.fi/documents/1410903/0/Rakennuksen%20U-arvo+laskenta+Energiatehokkuus%2020250311%20\(5\).pdf/26ff3a26-edfa-28b2-1b1a-e6fbc2b61d73/Rakennuksen%20U-arvo+laskenta+Energiatehokkuus%2020250311%20\(5\).pdf?t=1741779342107](https://ym.fi/documents/1410903/0/Rakennuksen%20U-arvo+laskenta+Energiatehokkuus%2020250311%20(5).pdf/26ff3a26-edfa-28b2-1b1a-e6fbc2b61d73/Rakennuksen%20U-arvo+laskenta+Energiatehokkuus%2020250311%20(5).pdf?t=1741779342107)
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (14/2013). <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/40799>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017).

[https://www.Finnfoam.\(2021\).lex.fi/laki/alkup/2017/20171010](https://www.Finnfoam.(2021).lex.fi/laki/alkup/2017/20171010)

Liite 1. Kustannuslaskelma

Kustannusarvio

Materiaalikusatnukset	46381
Työkustannukset	30000
Muut kulut	2000
Yhteensä	78381 € (alv. 25,5%)

Materiaali	Määrä	Yksikkö	hukka%	a hinta €	yhteensä
AP- 1	78 m2				9598
Eristyslevy Finnfoam FL-K600 210x600x2600	78 m2		1,05	65,5	5364,45
Rima 21x48	130 jm		1,05	0,73	99,645
Lastulevy ympäräpöntattu 22mm	78 m2		1,05	15,3	1253,07
Vinyylilankku	78 m2		1,15	30	2691
Pu- vaahto	5 kpl		1	15,2	76
Jalkalista	50 jm		1,08	2,1	113,4
US- 1-2	354 m2				19535
Eristyslevy Finnfoam FI-300 100x600x2500	354 m2		1,05	24	8920,8
Eristyslevy FF-PIR 50 ALK 50x600x2400 täyspöntti	354 m2		1,05	20,5	7619,85
Alumiiniteippi 50mm	10 kpl		1	15	150
Pu- vaahto	10 kpl		1	15,2	152
lauta 22x100 k600	500 jm		1,05	0,9	472,5
Kipsilevy	354 m2		1,1	5,7	2219,58
Tasoiitteet ja maalit	1 erä		1	300	300
YP- 1	56 m2				5355
Eristyslevy FF-PIR 100 k900 100x600x820	56 m2		1,1	32,7	2014,32
Eristyslevy FF-PIR 50 ALK 50x600x2400 täyspöntti	56 m2		1,1	20,74	1277,584
Alumiiniteippi 50mm	20 kpl		1	15	300
Pu- vaahto	30 kpl		1	15,2	456
lauta 22x100 k600	100 jm		1,05	0,9	94,5
Sisustuspaneeli, päätypöntattu	56 m2		1,08	17	1028,16
Kattolista	40 jm		1,1	4,2	184,8
YP- 2					3754
Eristyslevy FF-PIR 50 ALK 50x600x2400 täyspöntti	66 m2		1,1	20,74	1505,724
Alumiiniteippi 50mm	20 kpl		1	15	300
Pu- vaahto	30 kpl		1	15,2	456
lauta 22x100 k600	150 jm		1,05	0,9	141,75
Sisustuspaneeli, päätypöntattu	66 m2		1,08	17	1211,76
Kattolista	30 jm		1,1	4,2	138,6
Ikkunat ja ulko-ovet					7140
Ikkuna 4x9	6 kpl		1	230	1380
Ikkuna 10x9	2 kpl		1	315	630
Ikkuna 6x9	3 kpl		1	260	780
Ikkuna 20x12	1 kpl		1	570	570
Ikkuna 17x12	3 kpl		1	510	1530
Ikkuna 12x11	1 kpl		1	380	380
Ikkuna 15x11	1 kpl		1	470	470
Ulko-ovi	2 kpl		1	700	1400
Kiinnikkeet ja pientarvikkeet	1 erä		1	300	300
Suojaus tarvikkeet	1 erä		1	700	700
Työkustannukset				€/h	30000
Rakennusammattimies	500			46	23000
Rakennusmies	200			35	7000
Muut kulut					2000
Vaihtolava ja jätemaksut	1 erä			1000	1000
Lupamaksut	1 erä			500	500
Laitte vuokrat	1 erä			500	500

