

Patrik Ramsay

# Kellarin seinän korjausvaihtoehdot

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

12.11.2013

## ALKULAUSE

Tämä työ tehtiin arkkitehti- ja insinööritoimisto Doventus Oy:lle. Haluan kiittää yrityksen omistajia ja kaikkia työntekijöitä kärsivällisestä ja asiantuntevasta ohjauksesta koko opiskeluaikanani. Erityiskiitokset opinnäytetyötä koskien ansaitsevat työn ohjaaja Jari Leppänen, sekä Tuomas Koski-Lammi, joka käytti vähäistä aikaansa auttaakseen opinnäytetyön edistymistä.

Lisäksi haluan kiittää vanhempiani jatkuvasta tuesta kärsimättömyydestäni huolimatta, jota tämäkin työ ajoittain aiheutti.

Kouluni puolesta haluan kiittää työni ohjannutta Jouni Kalliomäkeä ja kieliasun korjannutta Tuomo Suorsaa.

Jessica Rouviselle kiitokset englanninkielisen tiivistelmän tarkastamisesta.

Espoossa 22.11.2013

Patrik Ramsay

Tekijä Otsikko	Patrik Ramsay Kellarin seinän korjausvaihtoehdot
Sivumäärä Aika	31 sivua + 6 liitettä 12.11.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Tekninen johtaja Jari Leppänen Koulutusvastaava Jouni Kalliomäki
<p>Kellarirakentaminen asuinkäyttöön alkoi yleistyä 1940-luvulla, kun sotien jälkeen tarvittiin lisää tehokkaita neliöitä. Sitä ennen kellari oli ollut pelkkä talon alla sijaitseva kylmä talouskellari, jonka olosuhteet eivät sopineet asumiseen.</p> <p>1970-luvulta eteenpäin kellarin merkitys asumuksen osana vain korostui. Kellarissa saattoi sijaita jopa ylelliset kylpytilat. Nykyaikana kellaritiloihin ei suositella rakennettavaksi makuuhuoneita. Jotta kellari voisi toimia asuinkäytössä, on sen oltava siihen sopiva. Huoneen on oltava riittävän lämmin, sekä huoneilma terveellistä hengittää.</p> <p>Tämä opinnäytetyö tutkii, miten korjata tyypillinen 1960–70-luvulla rakennettu kivirakenteinen kellarinseinä. Korjauksella pyritään parantamaan seinän kosteusteknistä toimintaa, sekä lämmöneristävyttä.</p> <p>Kosteusteknisiä näkökulmia tutkittiin DOF Lämpö -tietokoneohjelmalla huonoimmassa mahdollisessa tilanteessa Suomessa (vuoden kolme kylmintä ja kosteinta päivää). Homeen muodostumista tutkittiin myös realistisessa tilanteessa, jossa käytettiin kaikkien kuu-kausien keskiarvolämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia. Kustannuslaskelmat perustuvat ”Rakennusosien kustannuksia 2013” ja ”Korjausrakentamisen kustannuksia 2013” kirjojen tietoihin.</p> <p>Yksi tärkeimmistä tuloksista oli se, että kosteuteen liittyvät olosuhteet kellarin seinässä ovat niin ankarat, että pelkästään ulkopuolista lisälämmöneristystä lisäämällä on vaikea päästä olosuhteisiin jotka eivät sallisi mikrobikasvustoa seinän sisällä. Näin ollen tuuletusväli rakenteen sisällä ja/tai huonosti mikrobien kasvua tukevat materiaalit ovat vaatimuksia, mikäli halutaan toimiva rakenne. Sisäpuolinen lämmöneristys vaaditaan usein, jottei maanpinnan yläpuolella olevalle kellarinseinän osalle muodostu kylmäsiltaa. Tämä toisaalta siirtää kastepistettä kohti sisätilaa, jota on kompensoitava ulkopuolisella lämmöneristykellä. Toinen tärkeä tutkimustulos oli, että Isodränillä toteutettu korjaus havaittiin olevan huomattavasti halvempi toteuttaa muihin vaihtoehtoihin nähden.</p>	
Avainsanat	kellari, korjaus, kosteustekninen, kustannukset, riskit

Author(s) Title	Patrik Ramsay Basement wall repairing alternatives
Number of Pages Date	31 pages + 6 appendices 12th November 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Jari Leppänen, Technical director Jouni Kalliomäki, Programme coordinator
<p>Basement construction for residential use started to gain popularity in the 40's post-war era, and presented a need for more effective square meters in the building. Prior to that the basement was just a cold economic cellar located under the house, in which conditions were not appropriate for living.</p> <p>From the 70's onward, there was an emphasis on the significance of a basement as part of a house; even luxurious bathing areas could have been located in the basement. Nowadays, bedrooms are not recommended to be located in the basement. In order for the basement to be operated as residence, it must be suitable for that purpose; it should be warm enough and the indoor air healthy to breathe.</p> <p>This thesis researches how to renovate a typical stone basement wall from 1960-1970. Renovation is intended to improve the moisture behavior of the wall, as well as thermal insulation.</p> <p>Moisture technical aspects are examined with "DOF-Lämpö" –computer program during the worst weather scenarios in Finland (three of the most cold and moist days of the year). Mold formation is also analyzed in a realistic environment, where average temperatures and relative humidities for all months were examined. The cost calculations are based on the data in the books "Rakennusosien kustannuksia 2013" and "Korjausrakentamisen kustannuksia 2013".</p> <p>One of the most important results were that the humidity conditions of cellar walls are so challenging that through only adding more external heat insulation, it is difficult to achieve conditions which do not allow microbial growth inside the wall. Accordingly, a ventilation space inside the structure and/or materials which do not support mold growth are requirements if a functional structure is desired. Inside heat insulation often requires that it is placed in the portion of the wall that is above ground level and should be insulated from the inside so that it does not form a cold bridge within the structure. On the other hand this moves the dew point towards the inner space, which must be compensated by external thermal insulation. A renovation done with Isodrän was found to be significantly cheaper to implement compared with other alternatives.</p>	
Keywords	basement, repair, moisture technical, costs, risks

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kellarirakentamisen historiaa	1
2.1	1940–1970	2
2.2	1970–1980	3
3	Miksi korjataan?	4
4	Mistä kellarien ongelmat johtuvat	5
5	Mitä kellarien ongelmat aiheuttavat	8
5.1	Mikrobikasvusto	8
5.2	Maaperän routiminen	9
5.3	Korkeat radonpitoisuudet	9
5.4	Terveydelle haitalliset orgaaniset aineet	11
5.5	Lämmöneristävyyden heikkeneminen	11
6	Korjaushankkeen kulku	11
7	Tutkimuksessa käytettävän seinän valinta ja korjausvaihtoehdot	14
8	Kosteustekniset tutkimustulokset	16
8.1	Ohjelmisto ja laskentaperusteet	16
8.2	Olemassa olevan seinän tulokset	20
8.3	Korjausvaihtoehtojen tulokset	21
9	Kustannukset	23
9.1	Toteutuneita salaojakorjauskohteita	25
10	Muut näkökohdat	26
11	Yhteenveto	27
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Seinien korjausvaihtoehdot	

Liite 2. DOF Lämpö – mallit

Liite 3. Kustannuslaskelmat

Liite 4. Toteutuneita korjauskohteita

Liite 5. Vanhat seinätyypit

Liite 6. DOF Lämpö – ohjelman laskentaperusteet

## 1 Johdanto

Kellari on usein pientalon korjaushankkeessa haastavin osa-alue. Sen suunnittelussa kannattaa ehdottomasti käyttää asiantuntijoita. Kosteuden kulkeutuminen kellarinseinässä on usein monimutkaisesti mallinnettavissa, ja esimerkiksi omaehtoinen lisäeristäminen saattaa muuttaa seinän kosteusteknistä toimintaa aiheuttaen kosteusvaurioita ja sitä kautta mikrobikasvustoa.

Työn tilannut Doventus Oy on 2003 perustettu arkkitehti- ja insinööritoimisto. Yritys työllistää hieman yli kymmenkunta henkilöä ja on toimivan johdon omistama. Doventus Oy suunnittelee vuositasolla 10–20 kohdetta, jotka vaativat toimenpiteitä kellarinseinissä. Tutkimuksella voidaan perustella asiakkaalle korjausvaihtoehdon toimivuus, kustannukset ja riskit.

Opinnäytetyön tarkoitus on valita erilaisia korjausvaihtoehtoja tyypilliselle 60–70-lukujen seinälle, tutkia niiden teknistä toimivuutta, sekä kustannuksia. Korjausvaihtoehdot ovat sekä ulko- että sisäpuolisia, ja niiden erilaisia yhdistelmiä. Teoriaosuuden tulee lisäksi palvella kellarin korjaukselle täysin uutta henkilöä, esimerkiksi yrityksen asiakasta.

## 2 Kellarirakentamisen historiaa

Korjausrakentamisesta puhuttaessa katsaus rakennushistoriaan on paikallaan. Vaikka ohjeet (RT-kortit ja RIL-julkaisut) eivät 60- ja 70-luvulla olleetkaan nykypäivän tasoa, on sen aikakauden rakentajan turha käyttää niiden puutetta tekosyynä tehtyihin virheisiin. Vaikka tutkimustietoa esimerkiksi eri aineiden kapillaarisuudesta ei vielä ollut, tunnettiin rakennusfysiikka (kosteuden siirtymistavat ja sen haittavaikutukset) jo hyvin <sup>[8], [9]</sup>.

Ohjeetkin olivat kieltämättä heikompia kuin nykyaikana, esimerkiksi salaojakerroksessa sai soran ja sepelin lisäksi olla hiekkaa, kunhan maalaji oli routimatonta. Kapillaarikerroksen pystyi sen ajan ohjeiden mukaan korvaamaan myös lämmöneristeellä tai muovikalvolla. Nämä eivät nykytiedon valossa ole hyväksyttäviä rakentamistapoja. Tämä ei

kuitenkaan selitä sitä, miten salaojakorjauksessa täytöstä löytyy usein saviainesta, tai kapillaarikatko puuttuu kokonaan anturan ja perusmuurin välistä <sup>[8], [9]</sup>.

Kellarirakentaminen jaetaan tässä kahteen aikakauteen: kellarillisten rintamamiestalojen aika ja rinnetalojen aika. Erot ovat pääosin käyttötarkoituksessa, rakennusmateriaaleissa sekä rakentamishojeissa.

## 2.1 1940–1970

Varsinainen kellarikerros alkoi yleistyä vasta 1940-luvulla. Tähän asti kellari oli ollut usein pelkkä talon alla sijaitseva pieni talouskellari, johon laskeuduttiin lattialuukun kautta. Sotien jälkeisellä jälleenrakennuskaudella tarvittiin neliöiltään ja kustannuksiltaan tehokkaita pientaloja. Myös asutusalueilla tontin rajallinen koko saattoi sanella tarpeen kellaritilojen rakentamiselle <sup>[3]</sup>.

Kellarillisia, puolitoistakerroksisia rintamamiestaloja rakennettiin 1940-luvulta 1960-luvun puoliväliin, jolloin kellarirakentamisen saralla oli hiljaisempaa pientalojen osalta aina 1970-luvun loppuun asti <sup>[3]</sup>.



Kuva 1. 1950-luvun rintamamiestalo <sup>[3, s. 19]</sup>

Rintamamiestalojen kellarit olivat melko kosteita ja kylmiä paikkoja, mutta koska ne toimivat pääosin toissijaisina tiloina (talouskellari, varasto, kattilahuone, sauna). Vuosisadan puolivälissä tapahtuva saunominen oli kerran viikossa tapahtuvaa nopeaa pe-



seytymistä, ei nykyaikana tuntemaamme joka toinen päivä tapahtuvaa parin tunnin nautiskelua. Näin ollen tilojen käyttömukavuudelle ei asetettu niin suuria vaatimuksia. Tilat olivat tavallisesti viimeistelemättömiä betonipintoja, joissa osassa saattoi olla jopa maapohja <sup>[3]</sup>.

Perusmuurin kosteuseristys oli käytössä aina 1970-luvun kokeiluihin asti, joista lisää myöhemmin. Menetelminä toimivat ohut savisively, sementtirappaus tai kaksinkertainen bitumisively. Bitumisively oli suositeltavaa, mutta lämmittämättömissä tiloissa saatiin käyttää myös kahta ensin mainittua menetelmää <sup>[3]</sup>.

Sementti oli kallista, joka johti säästöbetonin käyttöön. Säästöbetonissa massaan on sekoitettu suurikokoisia kiviä. Tämä alentaa betonin laatua. Myös raudoitusteräksestä oli pulaa. Muita perusmuurin materiaalivaihtoehtoja olivat täry- ja betonireikätiilet <sup>[3]</sup>.

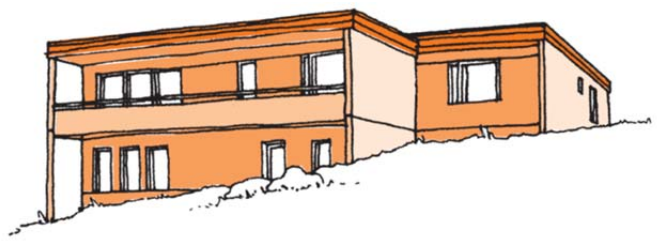
Kellarin seinien sisäpuolista lämmöneristystä alkoi esiintyä ohjeissa 1940-luvulta lähtien. Eristysmateriaaleina toimi mm. sementtilastuvillalevy (Toja-levy) ja tuuletusraallinen verhomuuraus <sup>[3]</sup>.

Vaikka nykyajan valossa ohjeet salaojitukselta ja täyttöainekselta olivatkin hyvät, kairutyö usein paljastaa poikkeavuudet suunnitelmista. Täyttö on tehty tontin omilla kairumailloilla ja salaojat ovat tukkeutuneet, rikkoutuneet tai puuttuvat kokonaan. Allekirjoittanut on jopa todistanut salaojajatkohdetta, jossa tarkastuskaivoihin oli sijoitettu vain metrin pätkä salaojaputkea, ilmeisesti valvojan hämäämiseksi <sup>[3]</sup>.

Kellarin alapohja oli lähes aina maanvarainen betonilaatta, joskin vanhimmissa rintamamiestaloissa saattaa tavata vielä maapohjaisia varastotiloja. Useimmat vanhat alapohjat on valettu suoraan sorakerroksen päälle; alapohjan alapuolinen lämmöneristys alkoi yleistyä 1950-luvulta lähtien, samoin kuin betonilaatan raudoittaminenkin <sup>[3]</sup>.

## 2.2 1970–1980

1970-luvun lopulta lähtien pientalot alkoivat monimuotoistua verrattuna pääpiirteiltään samaa kaavaa noudattavaan rintamamiestaloon. Eräs ajalle tyypillinen ratkaisu oli rintatalo, jossa kellarikerros on osittain maan päällä <sup>[3]</sup>.



Kuva 2. 1970-luvun rinnetalo <sup>[3, s. 19]</sup>

Elintason noustessa kellaritilojen viihtyvyydelle asetettiin uusia vaatimuksia. Kellarissa saattoi saunan lisäksi olla nyt jo oma uima-allas. Pesukoneen yleistyessä tarvittiin oma tila kodinhoitohuoneelle. Rosoinen betonipinta vaihtui siistiin laatoitukseen tai panelointiin pintamateriaalina. Vesikiertoinen lattialämmitys tunnettiin jo 1950-luvun lopussa, mutta se yleistyi vasta 1970-luvulla <sup>[3]</sup>.

Ohjeissa tehtiin 1970-luvun alkupuolella suuri virhe: kellarin seinän kosteuseristyksestä luovuttiin, koska ulkopuolisen mineraalivillan katsottiin toimivan pystysalaojana, ja sisäpuolisen tuuletuksen hoitavan oman osansa kosteuden poistumisesta seinärakenteesta. Kermi- tai sivelyeristystä pidettiin jopa virheellisenä <sup>[3]</sup>.

Virheelliseksi havaitusta tavasta palattiin nopeasti takaisin tuttuun rakenteeseen, jossa vedeneristys oli seinän ulkopuolella ja lämmöneristys sisäpuolella. Yleensä lämmöneristys oli seinään koolattu mineraalivillaeristys, jota käytettiin myös vanhoja kellaritiloja lisäeristettäessä. Pintana toimi useimmiten kipsi- tai lastulevyypinta. Kevytsora- ja kevytbetoniharkot (Siporex) tulivat paikalla valetun betonin rinnalle perusmuurin rakennusmateriaaleina <sup>[3]</sup>.

Nykyisin kellaritiloissa saattavat sijaita vielä 1980-lukua hienommat tilat, kuten kotiteatteri, kuntosali tai kotikylpylä. Vaatimukset lämpötalouden ja kosteusrasituksen osalta kiristyvät siis entisestään <sup>[3]</sup>.

### 3 Miksi korjataan?

Korjaustarve voi syntyä jo tapahtuneista vaurioista tai lisätilojen tarpeesta. Lisätilojen tarve lisää kosteusrasitusta, sekä aiheuttaa vaatimuksia viihtyvyydelle ja sisäilman laa-

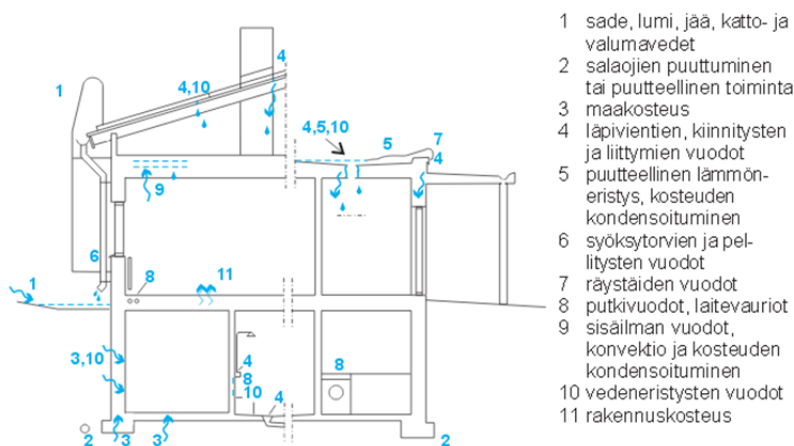
dulle. Korjauksen tavoitteen voi tiivistää kahteen peruseriaatteeseen: lämmön pitäminen sisällä ja kosteuden pitäminen ulkopuolella.

Perheen lisäys tai tontin vähäinen tila johtaa usein siihen, että lisää asumiskäyttöön soveltuvia neliöitä haetaan kellaritiloista. Toisaalta suuret lämmityskustannukset saattavat johtaa kellarin seinän lisäeristämiseen. Rakennuksessa suositellaan asumaan noin vuosi ennen korjaustoimenpiteiden aloittamista, jotta kaikki puutteet varmasti paljastuvat [3].

Suomen maaperässä on suuret radonpitoisuudet ja ne voivat aiheuttaa toimenpiteitä viimeistään silloin, kun kellaritiloihin suunnitellaan asuintiloja. Radonpitoisuudet ovat pahimmillaan talvella, kun maankuori on jäässä ja radon pääsee pakenemaan ainoastaan rakennuksen kohdalla sulana olevan kellarin alapohjan kautta [5].

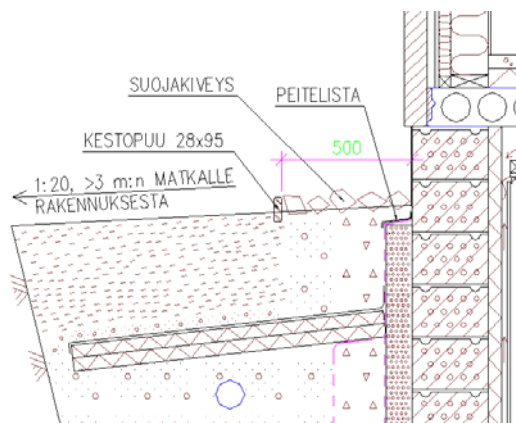
#### 4 Mistä kellarien ongelmat johtuvat

Kellarien ongelmat johtuvat fyysikaalisista ilmiöistä, joiden hallitsemiseen ei ole tehty tarpeellisia rakennusteknisiä toimenpiteitä. Näitä ovat virheellinen pintavesien johtaminen, väärin tehty salaojitus, epäsopiva täyttömateriaali, liian varhain asennetut pintamateriaalit, puuttuva tai huonosti toimiva vedeneristys, rakenteiden heikko ilmatiiveys, puutteellinen ilmanvaihto, sisäpuolinen lämmöneristys, käyttövirheet ja liian suuri vedenkäyttö [3], [6].



Kuva 3. Rakennuksen kosteuden lähteitä [17, s. 4]

Painovoimaisesti kulkeutuvat sade-, sulamis- ja valumavedet rasittavat kellarin seinää. Nykyohjeiden mukaan rakennuksen viereisen maanpinnan tulee viettää 1:20 vähintään kolmen metrin matkalla. Seinän vierustalle asennettava 500 mm leveä suojakiveys estää sadevesien roiskumisen sekä kapillaarisen imeytymisen sokkeliin. Kiviaineksen vieressä on vettä vähän läpäisevä tiivis savikerros, jonka pinnalla valumavedet poistuvat rakennuksen välittömästä läheisyydestä. Katoilta tulevat vedet ohjataan sadevesikaivoihin tai muuten pois sokkelin läheltä [3], [6].



Kuva 4. Periaateleikkaus maanpinnasta sokkelin vieressä

Liian lähelle maanpintaa rakennetut salaojat saattavat jäätyä, erityisesti silloin kun rou-taeristys on riittämätön. Seinustalle istutetut kasvit voivat tunkeutua salaojaputkiin ja tukkia ne. Myös rautapitoinen vesi saattaa tukkia salaojat, kun se pohjaveden pinta on matalalla ja rauta pääsee hapen kanssa kosketuksiin. Maanpinnan routiminen tai painuminen aiheuttaa notkokohtia salaojiin. Salaojiin on mahdollista asentaa lämmitys-kaapelit jäätyksen estämiseksi [3], [6].

Rakennuksen täytön tulee olla vettä läpäisevää siten, että se ohjaa painovoimaisesti liikkuvan veden salaojiin. Toisaalta täyttöaineksen raekoon tulee olla niin suuri, jottei merkittävää kapillaari-imua pääse syntymään. Kapillaarisuus tarkoittaa huokoisen materiaalin kykyä imeä ja siirtää vettä pystysuunnassa. Vesi voi kapillaari-ilmiön takia nousta maaperässä muutamasta sentistä (sora) jopa kymmenien metrien korkeuteen (savi). Seassa ei myöskään saa olla hienompijakoista ainesta tai humusta [3], [6].

Kellarin lattia, joka on yleensä aina maanvarainen betonilaatta, imee vettä kapillaarisesti maaperästä, ellei sen alla ole kapillaarisuuden katkaisevaa kerrosta. Toinen syy

laatan kosteuteen on se, että kuutio betonia sisältää noin 200 litraa vettä, josta aikanaan 85 litraa kuivuu haihtumalla huoneilmaan. Mikäli pintarakenteet asennetaan liian aikaisessa vaiheessa tai ne ovat liian tiiviitä, tämä kosteus jää tietysti rakenteisiin <sup>[3]</sup>.

Vedeneristyksen virheet voivat johtua rikkoutuneesta kerroksesta, epäsovivista materiaaleista, liian lyhyistä limityksistä tai puutteellisesti tiivistetyistä läpivienneistä. Lattian vedeneristys nostetaan vähintään 100 mm seinälle. Seinän vedeneristys limitetään lattian vedeneristyksen päälle vähintään 30...50 mm. Tuotteiden tulee olla sertifioituja. Vedeneristeen kalvopaksumuksissa on noudatettava tuotevalmistajan ohjeita ja ne on todettava mittaamalla. On varmistuttava eri tuotteiden yhteensopivuudesta, helpoiten tämä onnistuu käyttämällä saman tuoteperheen tuotteita. Täytettäessä kellarinseinän viereistä kaivantoa, on tärkeitä huolehtia vedenpaine-eristyksen suojaamisesta mekaanista kulumista vastaan, esim. jäykällä lämmöneristelevyllä <sup>[7]</sup>.

Rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto vaikuttavat rakennukseen siten, että rakennuksen yläosassa vallitsee ylipaine ja kellaritiloissa useimmiten alipaine. Alipaine imee rakennuksen vaipassa olevien aukkojen (alapohjan raot, läpiviennit, liitoskohdat) ilmaa. Tämä ilma voi sisältää kosteutta, hajuja, maaperän epäpuhtauksia ja radonia <sup>[3]</sup>.

Toimiva ilmanvaihto poistaa ihmisten hikoilusta, tilojen käytöstä, ulkopuolelta alipaineen imemää ja rakennusmateriaaleista syntyvää kosteutta. Tilojen käytöstä syntyvä kosteus voi olla esimerkiksi saunomista, suihkussa käyntiä tai pyykinpesua. Ilmanvaihto poistaa myös ilman epäpuhtaudet ja pitää tilojen happipitoisuuden virkeällä tasolla <sup>[3]</sup>.

Sisäpuolelta mineraalivillalla eristetyissä ja levytetyissä rakenteissa on todettu usein kosteusvaurioita. Koska rakenne vaatii höyrynsulun, jottei mineraalivilla kostuisi kellarin sisätiloista tulevasta kosteudesta, seinästä tulee niin kutsuttu suljettu rakenne. Suljettu rakenne voisi teoriassa toimia, jos kosteussulut/vedeneristykset olisi täydellisesti toteutettu, mutta näin ei käytännössä ikinä ole. Rakenteeseen pääsee siis nopeammin kosteutta kuin mitä se tuulettuu. Lisäksi materiaalin sisältämä oma kosteus ei tässäkään tapauksessa pääse kuivumaan <sup>[3]</sup>.

Tilojen vääränlainen käyttö saattaa muuttaa rakenteen toimintaa. Yksi esimerkki tästä on tiiviisti suoraan seinän viereen kootut hyllyt, jotka estävät kosteuden haihtumista

huoneilmaan, vaikka seinärakenne muuten olisikin kelpoinen. Tuloksena seinä ja hyllyt kasvavat [3].

Kosteusrasitus vaihtelee paljon käyttäjäkunnasta. Vedenkulutukseen vaikuttaa ainakin perheenjäsenien lukumäärä, ikä ja kulutustottumukset. Tästä esimerkkeinä voi olla suuren lapsiperheen villit vesileikit verrattuna vähällä toimeen tulevan tottuneen eläkeläislesken peseytymiseen. Löylyhuoneen pintojen kuivausta ei myöskään tule laiminlyödä [3].

## 5 Mitä kellarien ongelmat aiheuttavat

### 5.1 Mikrobikasvusto

Kun rakennusmateriaalin suhteellinen kosteus on jatkuvasti 70–75 % ja lämpötila on +10–55 °C, on olemassa olosuhteet homeiden ja muiden mikrobien kasvulle. Niiden kasvu kiihtyy suhteellisen kosteuden noustessa. Katsotaan, että olosuhteet ovat kasvulle suotuisat kun suhteellinen kosteus on yli 90 % ja lämpötila n. +20 °C. Alle 0 °C:n lämpötilassa kasvua ei tapahdu. Mikäli materiaali kuivuu välillä, mikrobit siirtyvät lepotiilaan, mutta suhteellisen kosteuden noustessa jälleen ne jatkavat kasvuaan [1].

Orgaanisiin rakennusaineisiin (puu, kuitu- ja lastulevyt, kankaat, orgaaniset saumamassat ym.) tulee mikrobikasvustoa helpommin kuin epäorgaanisiin rakennusaineisiin (esim. betoni, metallit) [1].

Mikrobien itiöt ja hajut pääsevät huoneilmaan ilmanvaihdosta tai tuulesta aiheutuvasta alipaineesta johtuen. Rakennuksen alemmat osat, tässä yhteydessä kellaritilat, ovat useimmiten alipaineisia. Itiöitä tulee eniten materiaalin kuivuessa, kun taas hajut syntyvät enimmäkseen mikrobien kasvaessa [1].

Mikrobit aiheuttavat henkilön herkkyydestä ja altistusajasta riippuen erilaisia oireita. Näitä ovat lievimmillään yleinen väsymys, nuha ja tukkoisuus, kurkun karheus ja ihon kutina. Pahimmillaan altistunut henkilö voi saada keuhkojen tulehduksen tai sairastua astmaan tai homepölykeuhkosairauteen [1].

## 5.2 Maaperän routiminen

Routiminen aiheuttaa tilavuuden muutoksia maaperässä, jolloin se saattaa aiheuttaa pakkovoimia rakenteisiin tai maanpinnan siirtymistä. Routiminen johtuu maaperässä olevan veden jääytymisestä ja laajenemisesta. Olosuhteet ovat huonoimmat silloin kun on käytetty routivaa täyttöä ja salaojituksessa sekä pintavesien poisjohtamisessa on puutteita.

Perusmuurin lämmöneristys ja vaakasuora routaeristys suuntaa rakennuksesta poistuvan lämmön perustuksiin. Lämpimien rakennusten perustukset pitää routasuojata jo sokkelin takia, vaikka perustussyvyys ulottuisikin routimattomaan syvyyteen. Kalliolla, hiekkamaalla ja sorapohjalla perustettaessa ei periaatteessa tarvita routasuojauksia, mutta salaojien jääytymisen estäminen useimmiten sanelee routasuojauksen käytön <sup>[10]</sup>.

Maaperän routivuus on suurinta silttimaalajeissa, keskinkertaista savessa ja moreenissa ja vähäistä hiekkamoreenissa. Pohjaveden pinta ja mahdollinen rinnetontilla tapahtuva virtaus on otettava routivuutta arvioitaessa huomioon. Mitä suurempi on alapohjan eristävyys, sitä tehokkaampi routaeristys tarvitaan. Kun perusmuurin eristävyys on pieni, vaaditaan routasuojaukselta enemmän <sup>[10]</sup>.

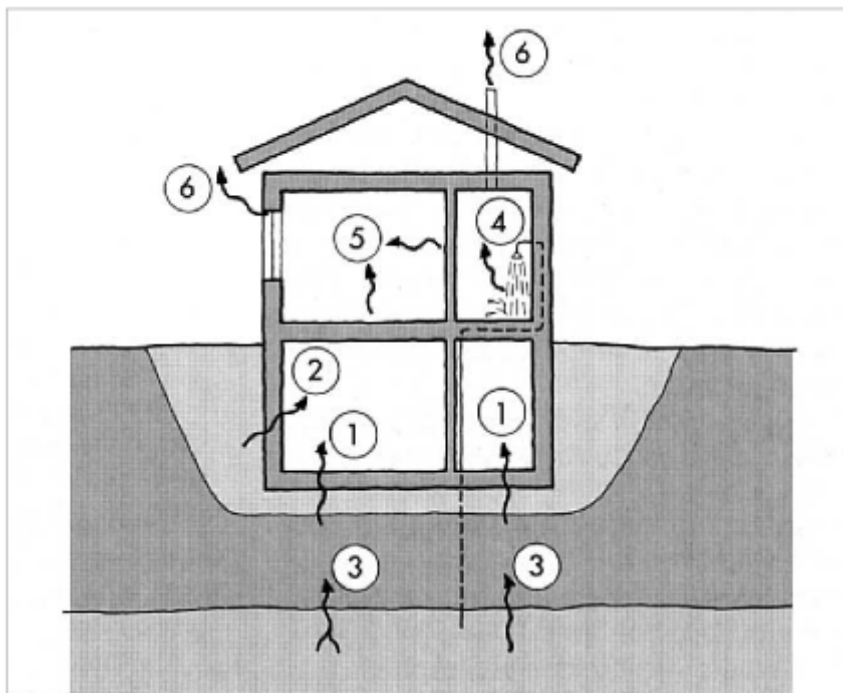
## 5.3 Korkeat radonpitoisuudet

Radonpitoisuutta mitataan becquereleissa. Radonpitoisuus maaperän huokosilmassa vaihtelee 30 000 ja 100 000 Bq/m<sup>3</sup> välillä. Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaan asunnon ja työpaikan huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää arvoa 400 Bq/m<sup>3</sup> ja uudet kohteet tulisi rakentaa siten, ettei 200 Bq/m<sup>3</sup> ylity <sup>[5]</sup>.

Perustusratkaisuilla on suuri merkitys huoneilman radonpitoisuuksiin. Radonin kannalta edullisin kohde on tuulettuva alapohja, koska maasta nouseva radonpitoinen ilma tuulettuu ennen kuin se pääsee läpäisemään alapohjaa. Suunnittelulle haastavampia rakenteita ovat maanvaraiset laatat, erityisesti kellaritiloissa, joissa radonilla on kulkeutumismahdollisuuksia kolmiulotteisesti laatan yhden tason sijaan <sup>[5]</sup>.

Radonia pääsee huoneilmaan myös jossain määrin käyttövedestä, sekä rakennusmateriaaleista. Betonisen kerrostalon rakenteet nostavat sisäilman radonpitoisuutta 40 Bq/m<sup>3</sup>. Pientalo, jossa vain alapohja on betonia, on vaikutus 20 Bq/m<sup>3</sup> [5].

Korjausrakentamisessa pienenä etuna mainittakoon, että vanhan rakennuksen maaperästä nousevat radonpitoisuudet voivat olla pienemmät, sillä oikeaoppinen karkea sala-  
ojasora päästää radiumvirtaukset lävitseen paremmin. Radontorjunnalla on usein myös kosteusteknisesti positiivisia vaikutuksia [5].



- 1 rakennuksen alla ja ympärillä oleva maaperä
- 2 täytemaa
- 3 kallioperä
- 4 talousvesi
- 5 rakennusmateriaalit
- 6 ilmanvaihto

Kuva 5. Huoneilman radonpitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä [12, s. 7]

Huoneilmassa olevat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat keuhkoihin. Keuhkojen saama säteily lisää keuhkosyövän riskiä. Keuhkosyövän aiheuttajaksi on todettu 90 % tapauksissa tupakointi ja 9 % radon. Henkilöllä, joka tupakoi ja altistuu lisäksi korkeille radonpitoisuuksille, on erityisen suuri riski sairastua keuhkosyöpään. Vaikutus ei ole tutkimusten mukaan pelkästään kumulatiivinen [11, 14].



#### 5.4 Terveydelle haitalliset orgaaniset aineet

Erityisesti vanhojen rakennusten rakennustarvikkeista ja – aineista erityy ilmaan haitallisia määriä oireita aiheuttavia orgaanisia yhdisteitä niiden vettyessä. Nämä voidaan joskus sekoittaa mikrobivaurioihin, sillä oireet ovat samantyyppisiä. Pistävä, kellarimainen tai tunkkainen hajua on tyypillinen kosteudesta johtuville hajoamisreaktioille. Alkalinen kosteus aiheuttaa betonissa värimuutoksia hajoamistuotteena syntyvän ammoniakkin takia <sup>[12]</sup>.

#### 5.5 Lämmöneristävyden heikkeneminen

Lämmöneristeen eristyskyky heikkenee sen vettyessä. Esimerkiksi Suomen Rakentamismääräyskokoelman arvo lämmönjohtavuudelle on ihanneolosuhteissa 0,045 W/(mK) ja suunnittelu-arvo on 0,055 W/(mK). Kyseiseen arvoon vaikuttaa muutkin tekijät kosteuden lisäksi. Eristyskyvyn heikkeneminen riippuu eristeen muista ominaisuuksista, mineraalivillalla se on suurempaa kuin polyuretaanilla, sillä jälkimmäinen ei sido juurikaan kosteutta <sup>[13]</sup>.

## 6 Korjaushankkeen kulku

Korjaushankkeen eri vaiheet ovat pääpiirteittäin seuraavat: kuntoarvio, toimenpideluettelo, lupamenettely, suunnittelijoiden valinta, rakentajien valinta, sopimukset, purkutyöt, suunnitelmien päivitys, korjaustyö, tarkastukset ja vastuu, sekä huolto. Alla on kerrottu eri vaiheista tarkemmin.

Kun tarve korjaushankkeelle syystä tai toisesta syntyy, arvioidaan ensin rakennuksen nykytilanne kuntoarviolla. Alustavassa kartoituksessa voidaan käyttää aistinvaraisia havaintoja, suunnitelma-asiakirjoja ja pintarakenteiden ja huoneilman suhteellisen kosteuden mittauksia. Mikäli jokin rakennusosa vaatii tarkempaa tutkimista, voidaan rakennekerroksia avata tarpeen mukaan <sup>[1], [3]</sup>.

Kuntoarvion pohjalta laaditaan toimenpideluettelo. Tämän pohjalta tehdään alustava kustannusarvio, jota käytetään rahoituksen suuruuden selvittämiseen ja sen saamiseen. Yhdessä toteutusaikataulun kanssa ne toimivat suunnittelun pohjana <sup>[3]</sup>.

Rakentaminen on luvanvaraista toimintaa silloin, kun tilojen käyttötarkoitus muuttuu. Alla esitetyt korjausvaihtoehdot (salaojan- ja perusmuurin korjaus sisäpuolisen seinärakenteen korjauksella ja ilman) eivät vaadi erillistä lupamenettelyä. Kuitenkin jos esimerkiksi kyseisissä tapauksissa rakennetaan kellariin saunatilat, on toimenpiteelle lupa haettava. Lisäeristäminen vaatii lupamenettelyn. Pientalon kellarin seinän korjaamisessa myös riittävän osaamisen omaava rakennesuunnittelija voi toimia pääsuunnittelijana. Ammattisuunnittelija säästää asiakkaan hermoja hoitamalla lupamenettelyn hänen puolestaan <sup>[3], [15]</sup>.

Kun hankkeen raamit ovat selvillä, tarvitaan erityissuunnittelijat. Näitä ovat vähintäänkin rakennesuunnittelija, sekä useimmissa tapauksissa LVI- ja sähkösuunnittelijat, sekä pohjatutkija. Muita erityissuunnittelijoita voivat olla mm. sisustus-, valaistus-, tai automaatio-suunnittelijat. Jokaisen alan osaaja tekee omat piirustuksensa ja tekevät yhteistyöstä siten, että suunnitelmat ovat keskenään ristiriidattomia. Loppukädessä pääsuunnittelija on vastuussa suunnitelmien yhteensopivuudesta <sup>[3]</sup>.

Rakentamisen toteutukseen kolme yleisintä tapaa ovat: omatoimirakentaminen, työvoiman palkkaaminen tai teettäminen alan yrityksellä. Toteutustapoja on mahdollista yhdistellä, esimerkiksi tilaaja itse hoitaa sisäseinän purku- ja eristämistyöt, tuttu kirvesmies tekee rungon koolauksen ja levytyksen ja alan yritys hoitaa kaivutyöt, salaojituksen, sekä perusmuurin purku- ja eristämistyöt kellarin seinän ulkopuolella <sup>[3]</sup>.

Joka tapauksessa tarvitaan riittävän koulutuksen ja kokemuksen omaava työnjohtaja. Ulkopuolinen valvoja on tarpeen, kun tilaajalla itsellä ei ole riittävää tietoa eri rakennusvaiheiden toteutuksesta. Valvoja katsoo, että työ tulee suoritettua voimassaolevien määräysten ja ohjeiden, sekä hyvän rakentamistavan mukaan. Lisäksi valvojan tehtävänä on pitää huoli siitä, että työ tulee suoritettua taloudellisesti. Pienissä hankkeissa pääsuunnittelija, työnjohtaja ja valvoja voivat olla yksi ja sama henkilö <sup>[3]</sup>.

Alan yritystä valittaessa on otettava huomioon ainakin kolme kriteeriä: hinta, referenssit sekä yrityksen ennakkoperintä- ja luottotiedot. Yrityksen palkkaaminen on tilaajan kan-

nalta helpompaa, sillä tällöin hänen ei tarvitse hoitaa työnantajaa koskevia lakisääteisiä velvoitteita, kuten työttömyys-, eläke- ja tapaturmavakuutuksia <sup>[3]</sup>.

Sopimukset estävät ristiriitatilanteiden syntyä ja ne kannattaa laatia aina, oli sitten kuinka tuttu yhteistyökumppani tahansa. Niiden pohjana toimivat urakka-asiakirjat: tarjouspyyntö, piirustukset, työselostukset ja urakkaohjelma. Urakkaohjelma määrittelee miten ja missä ajassa korjaus toteutetaan, mikä on vaadittu laatutaso ja vastuunjako. Työn suorittaja tekee tarjouksen urakkaohjelman perusteella ja mikäli tilaaja hyväksyy sen, laaditaan sopimus. Sen laadinta voidaan antaa myös valvojan tehtäväksi, joka pitää huolen siitä, että tilaaja välttyy hänelle epäedullisilta sopimusehdoilta <sup>[3]</sup>.

Purkutöitä suorittavan urakoitsijan tehtävänä on huolehdittava, että hän on saanut riittävät suunnitelmat purkutyön turvalliseksi toteuttamiseksi. Useimmiten urakasopimuksessa määritellään, että purkujätteen varastointi ja poiskuljetus on myös hänen vastuullaan. Vastaava rakennesuunnittelijan tehtävänä on puolestaan kirjata suunnitelmiin väli aikaisten tukien poistoajankohta. Työturvallisuuden valvonta kuuluu pääosin työturvallisuuskoordinaattorilla (joka on usein valvoja), mutta esimerkiksi kantavia rakenteita purettaessa vastuu on vastaavalla rakennesuunnittelijalla <sup>[3], [16]</sup>.

Miltei aina purkutöissä ilmenee jonkin tyyppisiä asioita, joita ei olemassa olevien tietojen perusteella voitu ennakoida. Tämä edellyttää jatkosuunnittelua, jossa suunnittelijoilta vaaditaan kykyä sopeutua uuteen tilanteeseen nopeasti. Päivitetyt suunnitelmat toimitetaan ideaalitulanteessa työmaalle siten, etteivät työt missään vaiheessa keskeydy <sup>[3]</sup>.

Ennakoimattomat tilanteet saattavat myös vaikuttaa rakennushankkeen hintaan, kestoon tai laajuuteen. Mikäli jokin näistä muuttuu oleellisesti, on sovittava erikseen lisätöistä tai hyvityksistä. Tärkeätä on myös dokumentoida käytettyjen tuotteiden ja materiaalien tiedot huoltokirjaa varten. Lisäksi tulee päivittää purkutyössä havaitut poikkeamat vanhoissa suunnitelmissa. Tämä helpottaa myös mahdollisten tulevien korjausten suunnittelua <sup>[3]</sup>.

Korjattaessa vanhaa, riittää entiseen tasoon palauttaminen. Toisaalta motiivi korjaustyölle on usein vanhan parantaminen. Kuitenkin nykymääräyksiin pääseminen saattaa

joskus olla mahdotonta, esimerkiksi seinäpaksuuden ollessa rajaava tekijä. Korjaustyöt suoritetaan voimassa olevien suunnitelmien mukaan hyvää rakennustapaa noudattaen.

Rakennustyön takuu-aika on kaksi vuotta. Asumista haittaavat ongelmat, kuten homevauriot, tulee korjata välittömästi. Mikäli virhe johtuu törkeästä huolimattomuudesta, urakoitsija on velvollinen korvaamaan sen vielä kymmenen vuoden kuluttua. Kaikki nämä vaativat sen, että työ on teetetty kirjallisen sopimuksen alaisena, ja toteuttava yritys on merkitty yritysrekisteriin <sup>[3]</sup>.

Aivan kuten autoissa, rakennuksien huollon helpottamiseksi on olemassa huoltokirja. Pientalossa tämä voi yksinkertaisimmillaan olla ruutupaperivihko. Se on uusissa rakennuksissa ja uudisrakentamiseen verrattavissa korjauskohteissa pakollinen. Myyntitilanteessa oikeaoppinen voi auttaa myyjää saamaan enemmän vastinetta rahoilleen, sekä auttaa vastuukysymysten selvittämisessä. Tulevissa korjauksissa huoltokirjasta selviää käytetyt rakennusmateriaalit ja – vaiheet <sup>[3]</sup>.

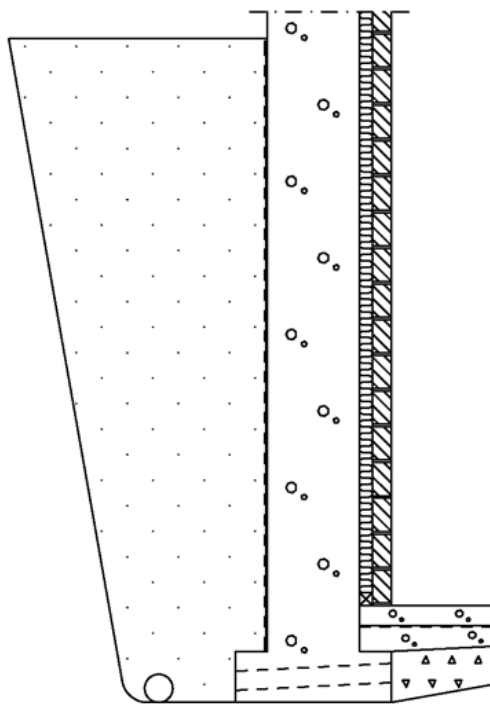
Kellariin liittyen huoltokirjassa voidaan seurata esim. salaoja- ja sadevesiviemärien pysymistä auki, kellarin kosteutta, ilmanvaihdon tehoa ja ilmanvaihtolaitteiden puhtautta, kosteuden poistumista, kulutuspintojen kestämistä, ja maalipintojen uusintakäsittelyn tarvetta <sup>[3]</sup>.

## **7 Tutkimuksessa käytettävän seinän valinta ja korjausvaihtoehdot**

Tutkimusta varten tuli valita korjattava seinärakenne. Olemassa oleva seinä valittiin rakennusalan kirjallisuudesta, sekä yrityksen toteutuneista korjauskohteista. Erilaisista 60- ja 70-lukujen kivirakenteisista seinistä haettiin mahdollisimman paljon yhteisiä piirteitä, jotta saataisiin valittua mahdollisimman yleispätevä seinä. Lähteinä käytettiin yrityksen toteutuneita kohteita, Kerrostalot 1880–2000 –kirjaa, sekä RT-kortteja. Nämä seinärakenteet on esitetty liitteessä 5. Lopulta päädyttiin 360 mm paksuun teräsbetoni-seinään, jossa on ulkopuolisena kosteuseristyksenä bitumisively. Sisäpuolella on virheellisesti tehty 50 mm paksu koolaus ja mineraalivillaeriste, jonka peittää 75 mm paksu reikätiilimuuraus. Tuuletusväliä ei ole olemassa. Seinän ulkopuolelta puuttuu myös vaakasuuntainen routaeristys. Kohde on Kerrostalot 1880–2000 –kirjasta (lähde n:o 2). Kirjan seinästä poiketen salaoja on nostettu anturapinnan yläpuolelle, jotta se kuvastai-

si mahdollisimman hyvin huonointa mahdollista tilannetta (joka on usein realismia salaojakorjauksissa).

### ALKUPERÄINEN



- SORAA JA/TAI HIEKKAA
- BITUMISIVELYT
- SLAMMAUS
- TERÄSBETONI 360 mm
- MINERAALIVILLA 50 mm
- TIILI 75 mm

Kuva 6. Tutkimuksen kohteena oleva seinärakenne

Ulkopuolisiksi korjausvaihtoehdoiksi valittiin kevyimmäksi ratkaisuksi perusmuurilevyllä eristäminen. Lisää rahallista panostusta vaativaa, mutta kosteusteknisesti parempana pidetty bitumikermieristys valittiin toiseksi vaihtoehdoksi. Nämä vaihtoehdot ovat yleisiä, nykyaikaisia tapoja korjata kellarin seinä. Yrityksellä ei ole kuitenkaan esittävä varsinaista tutkimustietoa näiden vaihtoehtojen toiminnasta. Lisäksi kaivattiin tutkimusdataa lupaavasta Isodrän-tuotteesta, joten se oli luonnollinen kolmas valinta. Doventus Oy on suunnitellut parisenkymmentä kohdetta Isodränille, mutta vasta aika näyttää niiden todellisen toimivuuden.

Isodrän on tuote, joka toimii sekä lämmöneristeenä että pystysalajana. Vedeneristyskerros puuttuu, jolloin seinä pääsee hengittämään ulospäin. Tuotteen yksi suurin etu on se, että suuret massanvaihdot vähenevät. Isodrän toimii nimittäin kapillaarikatkona seinän ja maa-aineksen välissä. Se koostuu yhteen liimatuista, 5-10 mm kokoisista pyöreistä EPS-solumuovipalloista. Isodränillä on VTT:n sertifikaatti.

Sisäpuolisia korjauksia oli kaksi. Yhdeksi vaihtoehdoksi voidaan laskea myös seinän korjaamatta jättäminen, sillä kuten myöhemmin todetaan, kustannukset nousevat roimasti heti kun kellarin seinän sisäpuolta aletaan korjata. SPU tarjoaa oman vaihtoehdonsa kellarin seinän korjaamiseen. Toisaalta mikäli kohteen esteettiset seikat vaativat tiilimuurausta, valittiin toiseksi korjausvaihtoehdoksi teräsranka mineraalivillalla ja tiilimuurauksella. Alkuperäisestä poiketen oikeaoppisesti tuuletusraolla.

Työ käyttää ajoittain taulukossa 1 esitettyjä lyhenteitä eri korjausvaihtoehtoista:

Taulukko 1. Korjausvaihtoehtojen selitykset

PE	Ulkopuolinen korjaus perusmuurilevyllä, ei sisäpuolista korjausta
KE	Ulkopuolinen korjaus bitumikermillä, ei sisäpuolista korjausta
IE	Ulkopuolinen korjaus Isodränillä, ei sisäpuolista korjausta
PS	Ulkopuolinen korjaus perusmuurilevyllä, sisäpuolinen korjaus SPU-eristeillä
KS	Ulkopuolinen korjaus bitumikermillä, sisäpuolinen korjaus SPU-eristeillä
IS	Ulkopuolinen korjaus Isodränillä, sisäpuolinen korjaus SPU-eristeillä
PT	Ulkopuolinen korjaus perusmuurilevyllä, sisäpuolinen korjaus teräsrangalla ja tiiliverhouksella
KT	Ulkopuolinen korjaus bitumikermillä, sisäpuolinen korjaus teräsrangalla ja tiiliverhouksella
IT	Ulkopuolinen korjaus Isodränillä, sisäpuolinen korjaus teräsrangalla ja tiiliverhouksella

## 8 Kosteustekniset tutkimustulokset

### 8.1 Ohjelmisto ja laskentaperusteet

Laskelmissa käytettiin DOF-Lämpö ohjelmaa. Ohjelman käyttämät kaavat löytyvät liitteestä 6. Ohjelmaan syötetään eri rakennekerrokset ja niiden tiedot, vähintäänkin pakkuus, lämmönjohtavuus, sekä vesihöyrynläpäisy. Ohjelmassa on kirjasto eri rakennusmateriaaleille, mutta luotettavia internet-lähteitä on myös mahdollista käyttää. Yhtenä esimerkkinä on rakentamismääräyskokoelman C4-osa. Lisäksi useilla valmistajilla on nämä tiedot omista tuotteistaan. Rakennetta voidaan tutkia ohjelmassa kaikkien kuu-kausien keskiarvolämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa. Nämä tiedot ovat valmiina ohjelman kirjastossa.

Rakennetiedot Tarkasteluhetket Tulokset Lisätiedot						
Lisää...		Muuta...		Poista		Hae tietokannasta...
Nro:	Nimi:	T_ulko [c]:	T_sisä [c]:	SK_ulko [%]:	SK_sisä [%]:	Kesto [h]:
1	Kuukausi 1	-6.10	20.00	88.00	50.00	744.00
2	Kuukausi 2	-6.60	20.00	87.00	50.00	672.00
3	Kuukausi 3	-3.50	20.00	82.00	50.00	744.00
4	Kuukausi 4	2.60	20.00	76.00	50.00	720.00
5	Kuukausi 5	8.90	20.00	66.00	50.00	744.00
6	Kuukausi 6	14.00	20.00	64.00	50.00	720.00
7	Kuukausi 7	17.20	20.00	71.00	50.00	744.00
8	Kuukausi 8	16.00	20.00	78.00	50.00	744.00
9	Kuukausi 9	11.10	20.00	84.00	50.00	720.00
10	Kuukausi 10	5.40	20.00	86.00	50.00	744.00
11	Kuukausi 11	1.00	20.00	89.00	50.00	720.00
12	Kuukausi 12	-2.60	20.00	89.00	50.00	744.00

Kuva 7. DOF Lämpö – ohjelman tarkasteluhetket

Kaikki seinät tutkittiin 0,1 m syvyydessä ja 2,2 m syvyydessä. Eroina on maa-aineksen paksuus, sekä ulkopuolisen lämmöneristeen paksuus (metrin syvyyteen asti on ylimääräiset 50 mm seinän ulkopuolista eristettä). Ulkolämpötilaksi oletettiin -20 °C ja sisälämpötilaksi +20 °C. Laskentaperusteet eivät siis ota huomioon sitä, että seinään saatua tiettyinä kausina tiivistyä kosteutta, mutta se voi toimia silti hyvin, kunhan kosteus pääsee kuivumaan. Kuitenkin mikäli seinät toimivat huonoimmassa oletetussa tilanteessa, ne toimivat aina.

Rakentamismääräyskokoelman C4-osa antaa kellarinseinän lämpötekniseen laskentaan ohjeen, jonka mukaan pintavastusta voidaan korottaa metrin matkalla maanpinnasta ja lisätä edelleen metriä syvemmälle mentäessä. RakMK C4 ottaa huomioon ainoastaan erilaisten maalajien lämmönjohtavuudet. Se ei ota huomioon sitä, että kostea maa johtaa paremmin lämpöä. Tämä on tutkimuksen kannalta oleellista, sillä Iso-dränissä on oletettava, että maa on märkää. Kustannuslaskelmissa katsotaan, että täytössä voidaan käyttää osittain kaivumaata. Mikäli kaivumaa on hiekkaa, kosteus pääsee nousemaan kapillaarisesti ja maa-aines on märkää. Tällöin sen lämmönjohtavuus paranee (eristävyys huononee).

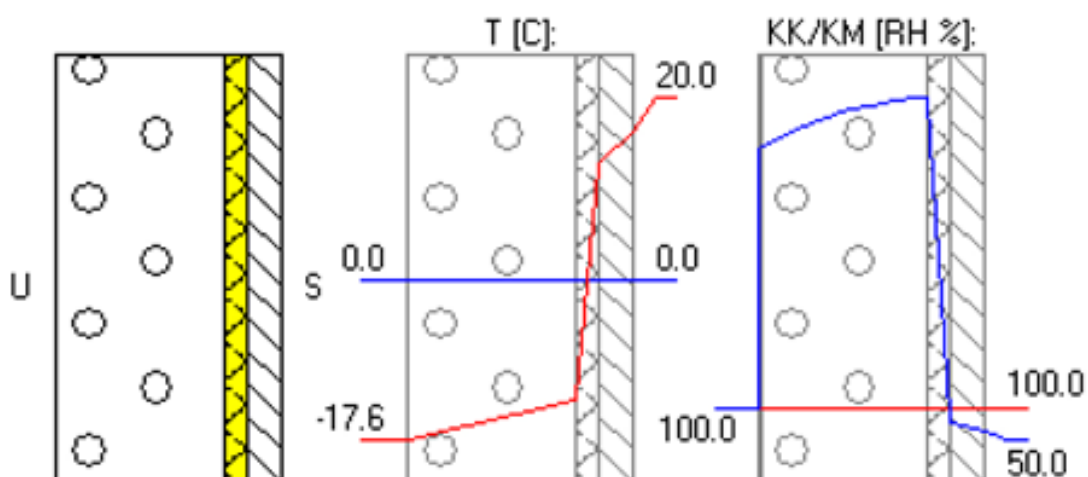
Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Hiekka ja sora	100/2550	2,300	4,000000e-12	1950
Isodrän 100 mm / 70 kPa	100	0,039	2,000000e-10	50
Betoni raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Vanha mineraalivilla	50	0,055	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	1500

Kuva 8. Ainekerrosten ominaisuudet

Kyseistä asiaa testattiin laskemalla sama seinä korotetulla pintavastuksella ja toisaalta käyttämällä samalla syvyydellä olevalle seinälle maa-aineksen paksuutta, joka vastaa lyhintä etäisyyttä, jonka lämpö joutuu kulkemaan maan läpi kiertämällä vaakasuuntaisen routaeristeen. Tulokset olivat samansuuntaisia (heittoa eri pintojen lämpötiloissa oli enintään puoli celsius-astetta), jolloin voitiin katsoa teorian toimivan.

Kosteustekninen laskenta aiheutti omat ongelmansa. DOF Lämpö osaa lähtökohtaisesti mallintaa seinän, mutta kosteuden kulku maa-aineksessa aiheutti ongelman. Huonoin mahdollinen tilanne on se, että maan suhteellinen kosteus on 100 %. Pohjavedenpinta ei pitäisi nousta näin ylös, mikäli salaojitus on kunnossa. Lyhyellä aikavälillä (3 päivää) tällainen tilanne voi kuitenkin syntyä, mikäli alueella esiintyy jatkuvia rankkasateita, eikä maaperä pääse välissä kuivumaan. Kun ohjelmaan määritetään ulkopuoliseksi suhteelliseksi kosteudeksi 100 %, pintavastus tiputtaa tätä lukua ensin, jonka jälkeen se putoaa entisestään maa-aineksen sisällä. Joissakin seinissä kosteus aivan seinän ulkopinnalla jäi alle 70 % prosenttiin, joka ei missään nimessä voi pitää paikkaansa (koska maa-aines olisi seinän vieressä tällöin kuivempaa kuin missään luonnonolosuhteissa). Tutkimusongelma ratkaistiin siten, että kosteusteknisiä laskelmia varten maa-aines ja pintavastus poistettiin kokonaan ja seinän ulomman pinnan lämpötilana käytettiin sitä, joka oli aiemmista lämpötilalaskelmista saatu <sup>[18]</sup>.





Kuva 9. Alkuperäisen seinärakenteen rakenneleikkaus ja kuvaajat 0,1 m syvyydessä

Yllä on esimerkki tietokoneanalyysin tuloksista. Vasemmalla näkyy rakenteen leikkaus. Keskellä on kuvaaja, jossa sininen viiva osoittaa vertailupisteen 0 °C. Punainen viiva osoittaa rakenteessa tietyllä syvyydellä olevan lämpötilan. Vain ulkopuolinen ja sisäpuolinen lämpötila ovat näkyvissä numeerisina arvoina. Ohjelma näyttää tarkemmat tiedot lämpötiloista taulukoituna kullakin pinnalla, mutta liitteissä ei ole esitetty tarkempaa erittelyä. Kuten kuvaajasta näkyy, ulkopinnan lämpötila ei ole lähtöarvoksi sovittu -20 °C. Tämä johtuu edellä mainitusta laskentatavasta, jolloin ulkopinnan lämpötila laskettiin ensin syöttämällä kuvassa 8 näkyvä maakerroksen paksuus, sekä pintavastus. Kuvassa 9 näkyy siis toinen mallinnus, jossa ulkolämpötila on syötetty edellisten laskelmien perusteella (tässä tapauksessa -17,6 °C) ja maakerros sekä pintavastus on jätetty pois. Oikealla oleva kuvaaja näyttää suhteellisen kosteuden rakenteessa. Punainen vertailukäyrä osoittaa suhteellisen kosteuden 100 %. Kun sininen käyrä ylittää punaisen käyrän, pääsee kosteutta tiivistymään rakenteeseen. Toisin sanoen vesihöyry on kylläistä ja osa siitä pääsee kondensoitumaan. Tämä osa on se määrä, joka ylittää suhteellisen kosteuden 100 %.

Mikrobikasvusto on mahdollista suhteellisen kosteuden ylittäessä 70–75 % ja lämpötilan ollessa yli 10 °C. Kun tilannetta tarkastellaan vuoden kolmen epäedullisimman päivän kannalta, olisi mikrobikasvusto jokaisessa seinässä mahdollinen (rakennusmateriaalin ollessa homekasvustolle otollinen). Kuitenkin voidaan olettaa, ettei mikrobikasvustoa ehdi syntyä kolmen päivän aikana. Tämän takia tehtiin toinen tarkastelu,

jossa tarkasteltiin seinää koko vuoden ympäri käyttäen eri kuukausien keskimääräisiä lämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia <sup>[1]</sup>.

Ongelmana on, että maaperän suhteellista kosteutta on lähes mahdotonta määrittellä. Itse termi on vieras niin pohjatutkijoille, kuin jopa VTT:n tutkijoille. Maaperän suhteellinen kosteus oletetaan alapohjan alla olevan pahimmassa mahdollisessa tilanteessa 100 %. Kellarin seinässä tilanne ei voi olla näin huono, ellei pohjaveden pinta ole nousut, joka taasen ei ole mahdollista korjatun salaojituksen ansiosta. Kosteus ei lisäksi käyttäydy maaperään sitoutuneena samoin kuin maanpinnalla. Huokostilassa olevien vesimolekyylien ja maa-aineksen välillä on vetovoimaa. Toisin sanoen vesihöyry ei liiku konvektion ja diffuusion takia samaan tapaan kuten ilmassa maan pinnan yläpuolella. Vaikka käytettäisiin niin alhaista suhteellista kosteutta kuin 80 % (silmävaraisin tarkasteluin ”täysin kuiva” maa-aines), seinissä esiintyisi siltikin tutkimuksen mukaan homevaurion riski n. 3-5 kylmimmän kuukauden aikana. Realistinen luku maaperän suhteelliselle kosteudelle VTT:n mukaan on 97 % <sup>[18, 19, 20, 21]</sup>.

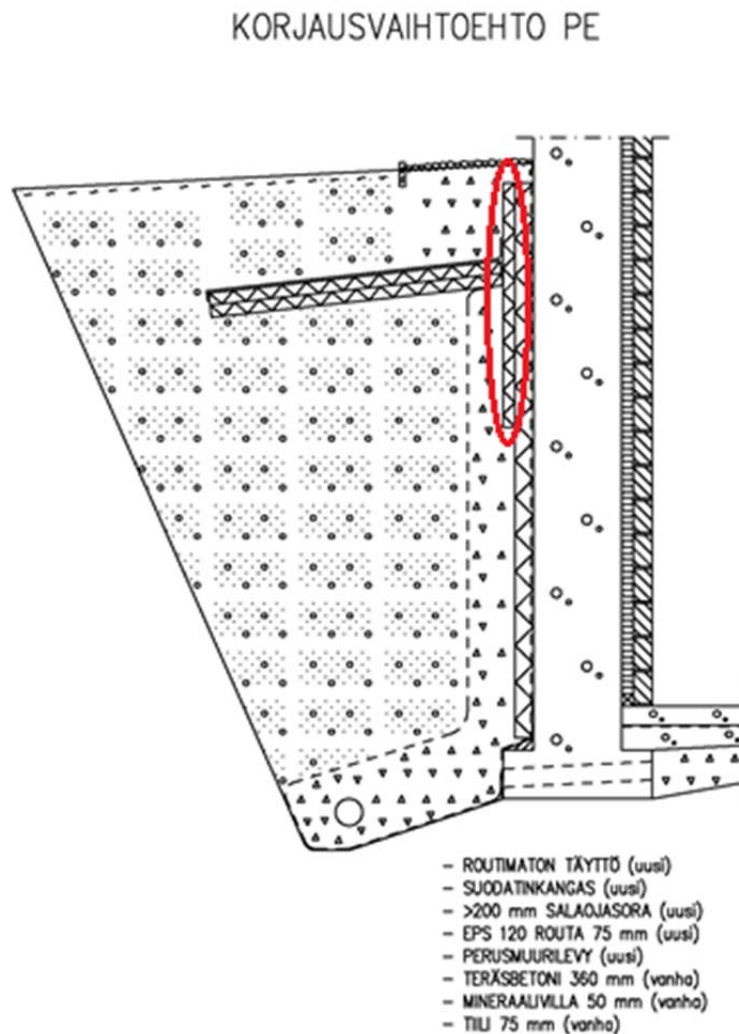
## 8.2 Olemassa olevan seinän tulokset

Kosteus tiivistyy eristeen sisällä kaikilla syvyyksillä. Tämä heikentää eristävyyttä entisestään. Kosteus ei myöskään pääse tuulettumaan. Lisäksi koko betonin paksuudelta suhteellinen kosteus on laskennallisesti yli sata prosenttia, joten kosteutta tiivistyy betoniin. Koska salaojat ovat anturapinnan yläpuolella, kosteutta nousee luultavasti myös kapillaarisesti. Kostean betonin lämpötila on koko seinän matkalla pakkasen puolella, jolloin rapautumisvauriot ovat mahdollisia. Seinä on yksiselitteisesti riskirakenne. Lisäksi U-arvon voidaan katsoa olevan nykystandardien mukaan todella heikko (0,543 W/m<sup>2</sup>K). Tulokset on nähtävissä liitteessä 2.

### 8.3 Korjausvaihtoehtojen tulokset

Mallinnus tehtiin ensin korjausvaihtoehdolla, jossa 75 mm paksu ulkopuolinen pysty-eriste jatkuisi koko perusmuurin matkalta. Kuitenkin havaittiin, että kosteutta tiivistyy perusmuurin yläosissa, joissa lämmöneristys on pienemmän maakerroksen takia heikompi. Lisättiin 50 mm paksu lisäeriste metrin syvyyteen asti, koska RakMK C4 oh-

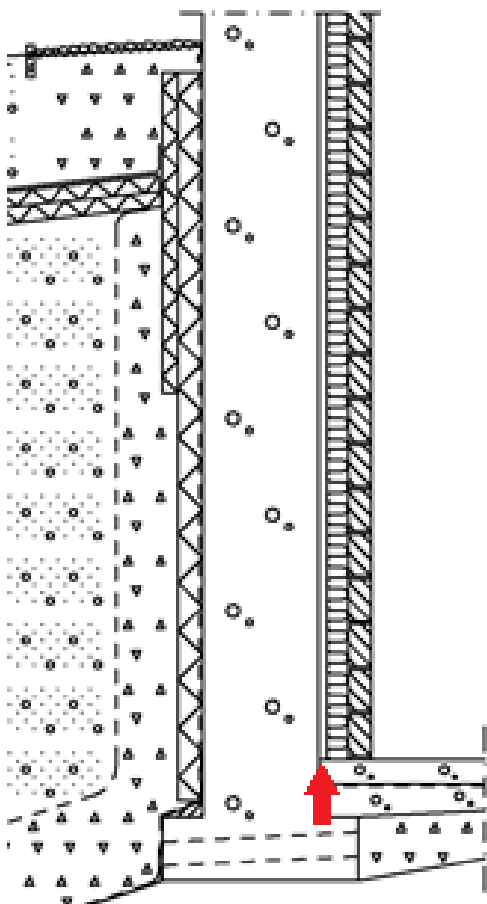
jeessa esitetään, että alle metrin syvyinen alue on reuna-alue, jolla vaaditaan lisäeristystä. Laskelmat suoritettiin eristeen lisäyksen jälkeen uudelleen. Huomattiin että 50 mm paksu eriste riittää ongelman ratkaisemiseen.



Kuva 10. Lisäeriste metrin syvyydelle

Ainoa korjausvaihtoehto, jossa havaittiin kondensoitumisriskin mahdollisuus, oli Isodränillä toteutettu ulkopuolinen korjaus, jossa sisäpuolen rakenteisiin ei tehtäisi muutoksia. Kosteuden tiivistyminen hu-

nommissa mahdollisissa olosuhteissa eristeen ja betonin väliin oli määrältään vähäinen, mutta mahdollinen. Ongelma esiintyi ainoastaan 0,1 m syvyydessä ja korjaantuu heti syvemmälle mentäessä. Mahdollinen ongelma korjaantuisi myös käyttämällä paksumpaa Isodrän-levyä. Toisaalta vähäinen kosteus poistuu paksunkin rakenteen läpi, kunhan kuivumiskausi on riittävän pitkä.

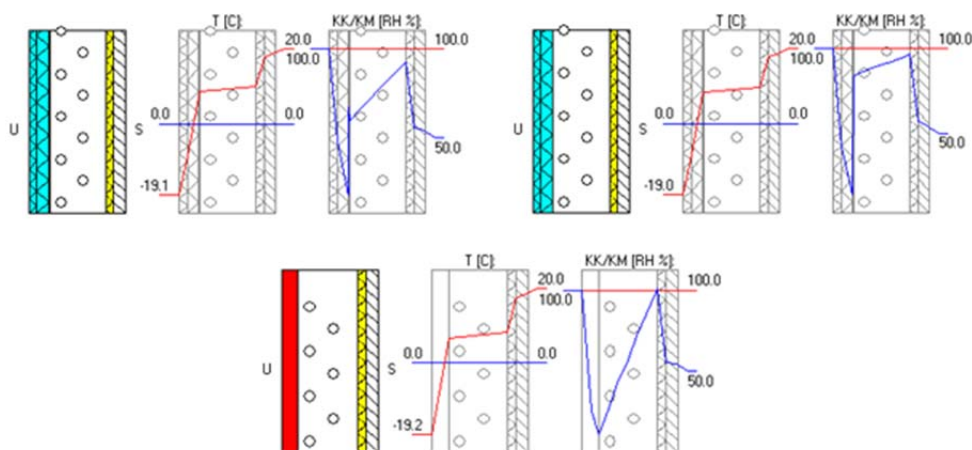


Tuuletusvälillisessä korjatussa tiiliseinässä (vaihtoehdot PT, KT ja IT) kosteutta tiivistyi mineraalivillan tuuletusraon puolelle, jolloin kosteus tuulettuu pois oikeaoppisesti.

Kuva 11. Tuuletusväli

DOF Lämpö – mallinnukset on esitetty liitteenä. Mallit ovat huonoimmassa mahdollisessa tilanteessa (vuoden kolmen kylmimmän päivän keskiarvo, maaperän suhteellinen kosteus). Kuten aiemmin mainittiin, kosteusteorian toimivuus vaati tiettyjä toimenpiteitä. Tästä syystä kuvaajissa näkyvät ulkopinnan lämpötilat ovat arvoja pintavastuksen ja maakerroksen jälkeen (lämpötila on täten korkeampi kuin  $-20\text{ °C}$  jota käytettiin kaikissa laskelmissa lähtöarvona).

Mikrobikasvuston mahdollisuutta tutkittaessa todettiin, että se on jokaisessa seinässä kosteuden ja lämpötilan kannalta mahdollista. Aikaväli jolloin mikrobikasvusto saattaisi olla mahdollista, oli 3-5 kuukautta riippuen seinätyypistä. Kosteus tuulettuu sisäpuolisessa teräsranka ja tiilimuuraus korjauksessa oikeaoppisesti pois. Myös SPU:n ratkaisussa on tuuletus, mutta se on vain seinän alaosassa sijaitseva peltikanava. Kanava ei tuuleta koko seinää sen matkalta, ainoastaan anturasta nousevaa kosteutta. Poistukseen eristeestä kosteuden tulisi ensin kulkea betoniin ja sieltä pystysuunnassa tuuletuskanavaan. Tämä ei ole kovinkaan tehokasta korkealla seinällä. SPU:n korjaustavassa on riski, että kahden SPU-eristelevyn välissä on mikrobikasvustolle mahdolliset kosteus- ja lämpöolosuhteet. Kuitenkin homeen ei pitäisi valmistajan mukaan kasvaa tuotteessa. Jäljelle jää vaihtoehto, jossa ei korjata sisäpuolta ollenkaan. Mikrobikasvustoa saattaa tässä vaihtoehdossa esiintyä betonin ja eristeen pinnan välissä. Yksi ratkaisu tähän olisi poistaa sisäpuolinen eriste kokonaan tai lisätä ulkopuolista eristettä. Kuitenkin sisäpuolisen eristeen poistaminen saattaa aiheuttaa ongelmia kellarin seinän yläosassa, joka on maanpinnan yläpuolella.



Kuva 12. Vaihtoehtojen tulokset, joissa ei sisäpuolista korjausta (PE, KE, IE)

## 9 Kustannukset

Kustannukset on laskettu käyttäen pääosin Rakennusosien kustannuksia 2013 ja Korjausrakentamisen kustannuksia 2013 – kirjojen tietoja. Osa tiedoista on saatu valmistajilta, jälleenmyyjiltä tai arvioimalla käyttäen hyväksi yrityksessä olevia alan asiantuntijoita. Lähteet on esitetty kunkin rakennusosan jäljessä liitteenä olevissa laskelmissa. Alla olevassa taulukossa on yhteenveto siitä, mitä eri korjausvaihtoehdot maksavat kuluttajalle pääkaupunkiseudulla. Taulukoissa käytetyt lyhenteet on selitetty luvussa 7.

Taulukko 2. Korjausvaihtoehtojen kustannukset kuluttajalle

PE	135 401 €
KE	140 944 €
IE	126 953 €
PS	186 916 €
KS	192 459 €
IS	178 468 €
PT	211 580 €
KT	217 124 €
IT	203 132 €

Liitteenä olevassa tarkemmassa erittelyssä kokonaishinnat on esitetty kahdessa eri sarakkeessa. Ensimmäinen näyttää mitä rakennusosa maksaa urakoitsijalle halvan rakentamisen alueella ilman arvonlisäveroa, urakoitsijan yleiskuluja ja katetta. Toinen sarake näyttää kuluttajahinnan kun hinta urakoitsijalle kerrotaan edellä mainituilla luvuilla, sekä otetaan huomioon, että rakentaminen tapahtuu tässä tapauksessa pääkaupunkiseudulla. Esimerkiksi pelkkä ulkopuolinen korjaus patolevyllä maksaisi urakoitsijalle 81 256 €. Kun mukaan lisätään urakoitsijan yleiskulut (8 %), kate (7 %) ja arvonlisävero (24 %), sekä työkustannukset kerrotaan 1,45 on hinta 135 401 €.

nimike	määrä	yks	materiaali työ		€		€	
			€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	Lähde	
<b>KOKONAISHINTA PE</b>					<b>81 256</b>		<b>135 401</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>		<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>		<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000	10788	
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000	3720	
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>		<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200	12946	KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>		<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000	3720	
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>62 056</b>		<b>104 227</b>	
<b>Rakennusosat</b>								
<b>Alueosat</b>					<b>24 762</b>		<b>41 148</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	98,95	68,07	167	15867	26776	KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934	6723	KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955	1456	KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon	1	kpl	368,95	33,54	402	402	595	KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500	2139	KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen	50	m2	27,80	12,79	41	2030	3304	KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin	8	kpl	9,36	9		75	155	KOR s. 16
<b>Maasodat</b>					<b>8 730</b>		<b>14 735</b>	
Maankaivu pihalle, putkistuksen kohdalla	70	m3		2,11	2	148	305	ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32	krm		65,55	66	2098	4337	ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730	5576	ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540	985	ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589	990	KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499	731	KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755	1132	KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371	679	KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>		<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625	9848	ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285	3714	ROK s. 23
<b>Talo-osat</b>					<b>5 008</b>		<b>8 253</b>	
<b>Runko</b>								
Yksinkertainen bitumisively ja kumibitumikerami	40	m2	9,65	4,66	14	572	936	ROK s.94
Perusmuurilevy	180	m2	8,03	2,97	11	1980	3167	ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180	m2	8,02	5,62	14	2455	4150	ROK s. 94
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>		<b>2 191</b>	
Painevesipesu	180	m2	0,85	5,30	6	1107	2191	KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>								
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>		<b>12 406</b>	
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)	1	kk		6000,00	6000	6000	12406	KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>7 539</b>		<b>11 932</b>	
Remontin purkujäte, kuorma	3	kpl	640,00		640	1920	2738	KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt	180	m2	0,35	2,81	3	569	1136	KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahat	1	erä		1000,00	1000	1000	2068	
Työmaateknikka	2	kk	1755,00		1755	3510	5005	KOR s. 44
Suoja-aita	50	jm	4,13	6,68	11	541	985	KOR

Kuva 13. Perusmuurilevyratkaisulla korjatun seinän kustannusarvio

Laskelmissa käytetyn rakennuksen pohjan ala on 450 brm<sup>2</sup>. Sokkelin korkeus on 2,4 m ja sisäseinän korkeus 2,0 m. Isodränin kohdalla on oletettu, että kaivumassoja vaihdetaan 20 % muihin ratkaisuihin nähden.

Taulukko 3. Korjausvaihtoehtojen vuotuiset säästöt lämmityskuluissa

PE	712 €
KE	703 €
IE	619 €
PS	774 €
KS	768 €
IS	742 €
PT	751 €
KT	744 €
IT	712 €

Tuskin koskaan voidaan katsoa, että kellariseinän korjaus maksaisi itseänsä takaisin lämpötaloudellisesti. Silti koska U-arvon lisäys on kaikissa korjausvaihtoehdoissa niin merkittävä, voidaan säästö lämmityskuluissa katsoa mukavaksi lisäeduksi. Kun sähkön hinta on 7 snt/kWh, tulee korjaustavasta riippuen n. 700 euroa säästöä vuodessa. Pienin säästö oli pelkällä ulkopuolisella Isodrän-korjauksella (619 €) ja suurin patolevyllä ja SPU:n järjestelmällä korjatulla seinällä (774 €). Kuitenkin kun ero näiden kahden vaihtoehdon kokonaiskustannuksissa on miltei 60 000 €, olisi takaisinmaksuaika lähes 400 vuotta. Tällä perusteella tutkimus pitää erilaisten korjausvaihtoehtojen U-arvojen erojen painoarvoa suhteellisen pienenä.

### 9.1 Toteutuneita salaojakorjauskohteita

Doventus Oy on kilpailuttanut salaojakorjauskohteita. Yksi kohde on esitetty alla olevassa taulukossa ja loput on koottu neljänteen liitteeseen. Kohteet eroavat suuresti toisistaan, mutta luvuista nähdään, että yllämainittujen kirjojen tietojen pohjalta lasketut summat ovat uskottavia. Toisaalta hajonta on suurta, joka kertoo sen, ettei kustannus-

laskelmia tule ottaa eksaktina tieteenä. Urakoitsijoiden toteutustavat, kulut, kateprosentit, sekä omat laskentatavat vaikuttavat kaikki tarjottuihin hintoihin.

Taulukko 4. Kohteen 1 tarjotut urakkahinnat ja arvioidut työmaan kestot

	Kokonaishinta (€)	Kesto (kk)
Urakoitsija 1	185 000	3
Urakoitsija 2	198 645	3
Urakoitsija 3	125 952	-
Urakoitsija 4	89 790	3
Urakoitsija 5	112 904	-
Urakoitsija 6	204 672	-
Urakoitsija 7	98 224	3

Kohde 1 on suunniteltu korjattavaksi ulkopuolelta käyttäen Isodrän-järjestelmää. Rakennuspaikka on Espoo. Perusmuurin keskimääräinen syvyys on 2,2 m ja pituus on 60 ja 51 m (kaksi eri rakennusta).

## 10 Muut näkökohdat

Sisäpuolisista korjausvaihtoehdoista SPU:n ratkaisulla korjaaminen vähentää kellarin seinän sisäpuolista tilaa alkuperäiseen nähden 55 mm. Vastaavasti uusi muurattu seinä kasvattaa seinää 41 mm. Muutoksina kyseisen kohteen kerrosalassa tämä luku on n. 3-5 neliötä.

Allekirjoittanut katsoo, että SPU:n ratkaisussa käytettävä tuuletuskanava on kykenevä ainoastaan poistamaan anturan kautta kapillaarisesti nousevaa kosteutta, joten sitä ei varsinaiseksi tuuletusväliksi korkealla perusmuurilla voida katsoa. Tämä on perusteltu sivulla 21. Toisaalta tutkimuksessa ei havaittu kosteutta tiivistyvän rakenteisiin SPU:n korjaustavalla.

Mikäli rakenteen vanha ilme halutaan säilyttää, on tiilimuuraus tai korjaamatta jättäminen ainoa vaihtoehto. Tiililaattaelementeillä saatettaisiin päästä ohuempaan seinään,



mutta toistaiseksi yksikään valmistaja ei tuota tiililaattaelementtiä sisätiloihin, ja näin kustannusten voidaan olettaa nousevan liian suuriksi.

Isodränin heikkous on se, että mikäli seinän viereinen salaojakerros tulvii (esim. sadeveden viemäriputken rikkoutumisen takia), suhteellisen ohut levy saattaa päästää kosteutta läpi rakenteisiin. Perusmuurilevy ja bitumikermi ovat oikein asennettuina niin tiiviitä, ettei näin pitäisi päästä tapahtumaan näillä vaihtoehdoilla. Myös pohjaveden nouseminen on yksi mahdollisuus, mutta tätä vaivaa hoidetaan lähinnä salaojituksella ja toisaalta kosteus pääsisi nousemaan rakennuksen alta, oli kellarinseinän eristys kuinka tiivis tahansa.

Vaikkakin tutkimus keskittyy kellarin seiniin, on korjauksessa huomioitava myös maapinnan yläpuolisen seinän käyttäytyminen, mikäli kellarin seinä jatkuu sisäpuolella. Tämä kohta on tutkittava aina erikseen korjauksessa. Ratkaisuna kosteuden tiivistymiseen tai kylmäsiltaan maapinnan yläpuolella on esimerkiksi eristerappaus arkkitehtonisten näkökohtien niin salliessa.

## 11 Yhteenveto

Alla olevaan taulukkoon on koottu eri korjausvaihtoehtojen vertailua lyhennetyssä muodossa. Mikrobikasvusto mahdollinen kertoo oliko tutkimuksen mukaan haitallisten mikrobien synty mahdollista seinään yli 3 kk aikavälillä. Kokonaishinta on vaihtoehdon hinta pääkaupunkiseudulla kuluttajalle, kuten kustannuslaskelmien toisessa sarakkeessa on esitetty. Laskelmat löytyvät liitteestä. Tilantarve on sisäpuolisen tilan muutos vanhaan tilanteeseen verrattuna. Lämmityssästö on vuotuinen säästö euroissa kun kellari lämmitetään sähköllä ja sen hinta on 7 snt/kWh. Tiilipinnan säilyminen kohdassa todetaan, säilyykö arkkitehtoninen ilme entisen kaltaisena, tilantarvetta huomioimatta. Kosteuden tiivistyminen ottaa huomioon vähäisen tiivistymisen huonoimmassa tilanteessa Isodränin kohdalla. Vihreällä värillä on esitetty kolme parasta vaihtoehtoa kyseisessä kriteerissä. Punainen väri antaa kolme huonointa kriteeriä. Taulukoissa käytetyt lyhenteet on selitetty luvussa 7.

Taulukko 5. Korjausvaihtoehtojen vertailua

Nimi	Mikrobi- kasvusto mahdol- linen	Kokonais- hinta (€)	Tilantarve (mm)	Tiilipinnan säilyminen	Lämmitys- säästö (€/v)	Kosteuden tiivistymi- nen
PE	Kyllä	135 401	+-0	Kyllä	712	Ei
KE	Kyllä	140 944	+-0	Kyllä	703	Ei
IE	Kyllä	126 953	+-0	Kyllä	619	Kyllä
PS	Ei	186 916	-41	Ei	774	Ei
KS	Ei	192 459	-41	Ei	768	Ei
IS	Ei	178 468	-41	Ei	742	Ei
PT	Ei	211 580	+55	Kyllä	751	Ei
KT	Ei	217 124	+55	Kyllä	744	Ei
IT	Ei	203 132	+55	Kyllä	712	Ei

Korjausvaihtoehtoa valittaessa ensisijaisesti rajaava tekijä on käytettävissä oleva rahamäärä. Toisaalta epäkelpoon seinään on turha käyttää rahaa, mikäli tuloksena on vain tuorempi riskirakenne. Arkkitehtoniset näkökulmat saattavat määrätä paljon: haluaako asiakas, että tiilipinnan ilme säilyy, vai onko kipsilevytys hyväksyttävä vaihtoehto? Toisaalta joissakin sisätiloissa ei ole varaa tehdä seinärakenteesta paksumpaa sisäpuolella. Lämmityssäästö on melko pieni kokonaiskustannuksiin nähden jopa pitkällä aikavälillä.

Mikäli allekirjoittanut korjaisi oman talonsa, valitsisin ulkopuoliseksi korjaukseksi Isodränin ja sisäpuolelle SPU:n vaihtoehdon. Kustannukset ovat Isodränillä n. 8000–14 000 € pienemmät muihin ulkopuolisiin ratkaisuihin nähden. Sekä Isodrän ja SPU ovat nopeita ja suhteellisen helppoja asentaa, jolloin korjausaika jää lyhyemmäksi. Sisälle saadaan lisätilaa, sekä rakenne on tutkimuksen perusteella kohtuullisen turvallinen. Lämmityskuluissa kyseinen vaihtoehto ei häviä kuin 32 euroa vuodessa parhaalle (PS) ratkaisulle.

Esitetyt korjausvaihtoehdot eivät ole täydellisiä eivätkä lopullisia. Suunnittelijan on sallittua ja suotavaa luoda toinen toistaan parempia ratkaisuja. Yksi parannusehdotus

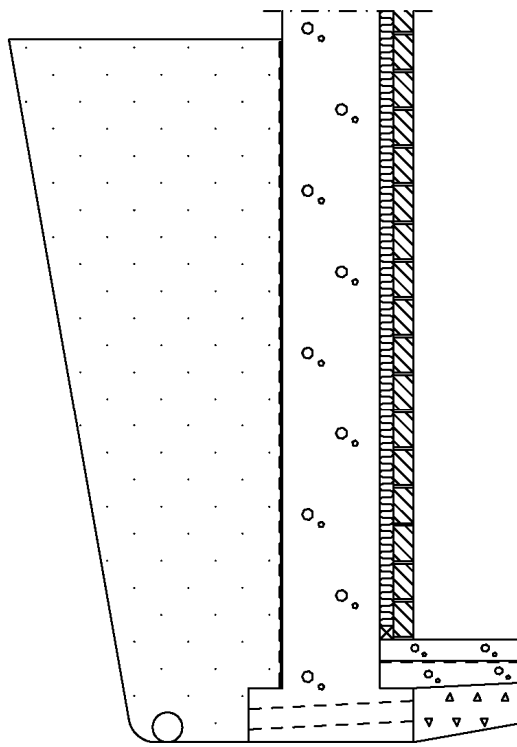
yllämainittuun ratkaisuun olisi lisätä kipsilevyn ja SPU-eristeen väliin koolaus/tuuletusrako. Näin kosteus ei pääse siirtymään kipsilevyyn. Tämä kuitenkin kasvattaa tilantarvetta ja kustannuksia jonkin verran tutkimuksessa esitettyyn ratkaisuun nähden. Toisaalta kaikissa vaihtoehdoissa kastepistettä saadaan siirtymään ulospäin kasvattamalla ulkopuolisen eristeen paksuutta. Ulkopuolinen tila maanpinnan alapuolella on harvoin rajoittava tekijä. Toisaalta ongelmaksi saattaa muodostua maanpinnan yläpuolella oleva osuus kellarinseinää: sokkeliin ei usein voida tehdä rumannäköistä paksunnosta. Suunnittelijan on tarkasteltava kellarinseinä aina jokaisessa kohdassa ja eri syvyyksillä erikseen.

## Lähteet

- 1 Lappalainen, Markku. 2011. Kerrostalon peruskorjaus, Suunnittelu ja toteutus taloyhtiössäni. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Neuvonen, Petri. 2006. Kerrostalot 1880–2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 SPU Systems Oy; Tampereen teknillinen yliopisto. 2012. Kellari. Kankaanpää: SPU Systems Oy.
- 4 Lindberg, Rita; Palolahti, Tuomas; Kivimäki, Christian; Koskenvesa, Anssi; Sahlstedt, Satu. 2013. Rakennusosien kustannuksia 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 5 Rakennustietosäätiön toimikunta 227 Radon. 2013. RT 81-11099, Radonin torjunta. Vammala: Rakennustieto Oy.
- 6 Rakennustietosäätiön toimikunta 205 Rakennusten kosteusvauriot. 1999. RT 80-10712, Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 7 Rakennustietosäätiön toimikunta 303 Märkätilojen korjaus. 2012. RT 84-11093. Asuntojen märkätilojen korjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 8 Rakennustietosäätiö. 1961. RT 813.511, Kellarinseinä betonireikätiilistä. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 9 Suomen rakennusinsinöörien liitto, 1976. RIL 107, Rakennusten veden- ja kosteuseristysohjeet 1976. Helsinki: RIL ry.
- 10 Rakennustietosäätiö. 1995. RT 81-10590, Routasuojusrakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 11 Rakennustietosäätiö. 2004. RT STM-21232, Asumisterveysohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 12 Rakennustietosäätiö. 1995. RT 07-10564, Rakennuksen sisäilmasto. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 13 Ympäristöministeriö. 2002. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, C4 Lämmöneristys, Ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 14 Säteilyturvakeskus. 2004. Tiedote: Radon ja tupakka tappavat yhdessä ja erikseen. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

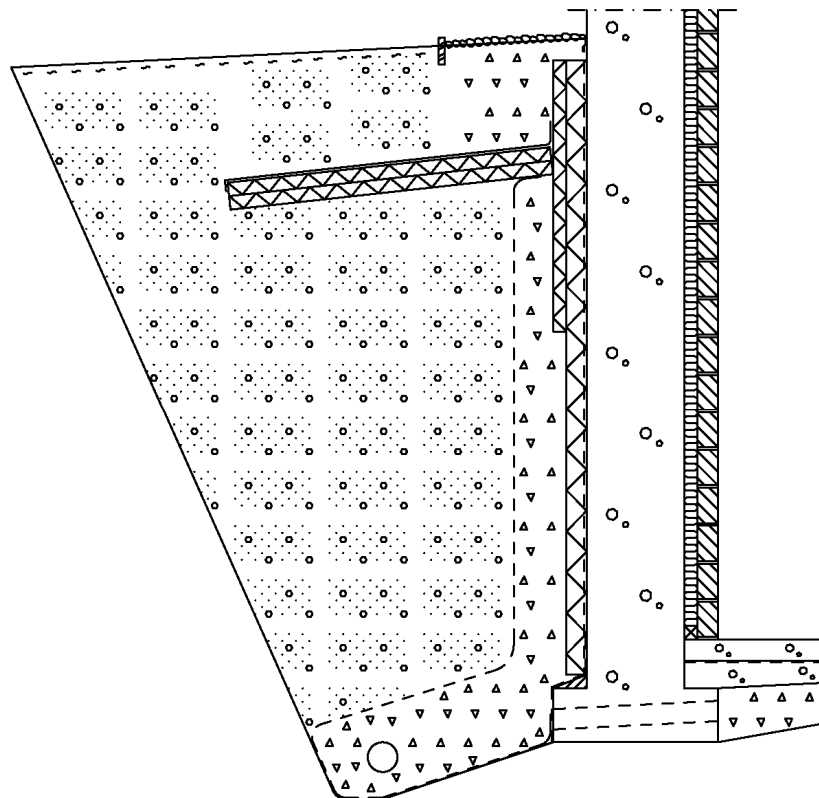
- 15 Ympäristöministeriö. 2002. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, Määräykset ja ohjeet 2002. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 16 Rakennustietosäätiö. 2010. RT 10-11011, Rakennesuunnittelijan työturvallisuustehtävät. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 17 Rakennustietosäätiö. 1999. RT 80-10712, Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot, korjausrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 18 Puhelinkeskustelu erikoistutkija Jouko Törnqvistin kanssa (VTT).
- 19 Puhelinkeskustelu pohjatutkija Matti Mäntysalon kanssa (Geounion Oy).
- 20 Puhelinkeskustelu Isodränin teknisen asiantuntijan Mikko Aallon kanssa (Muotio Kolmio Oy).
- 21 Sisäilmayhdistys. 2008. Perustus ja alapohja (verkkójulkaisu).

ALKUPERÄINEN



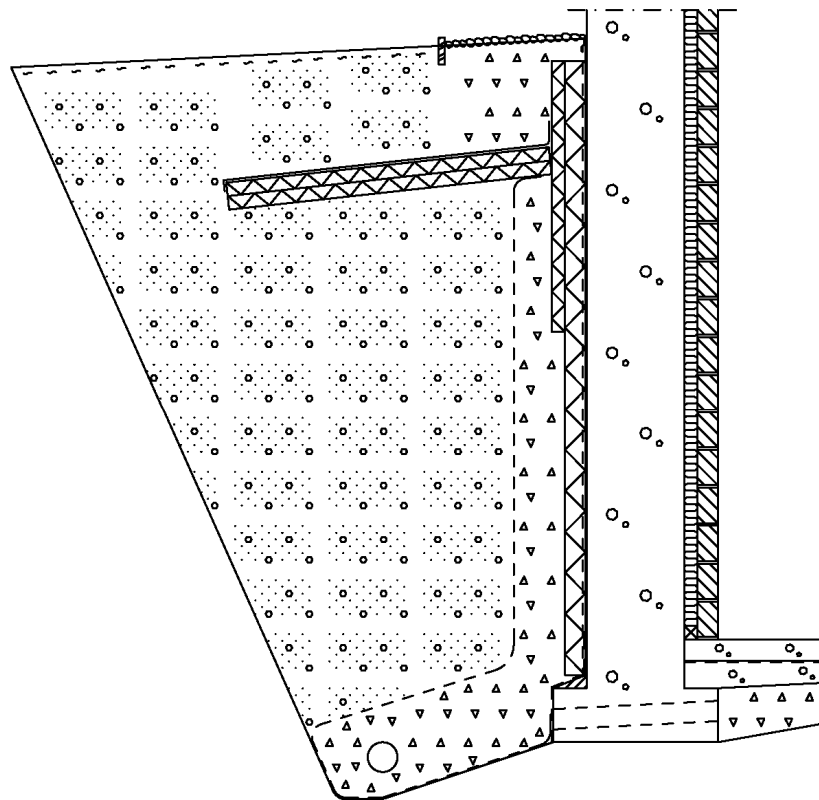
- SORAA JA/TAI HIEKKAA
- BITUMISIVELYT
- SLAMMAUS
- TERÄSBETONI 360 mm
- MINERAALIVILLA 50 mm
- TIILI 75 mm

KORJAUSVAIHTOEHTO PE



- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- PERUSMUURILEVY (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- MINERAALIVILLA 50 mm (vanha)
- TILLI 75 mm (vanha)

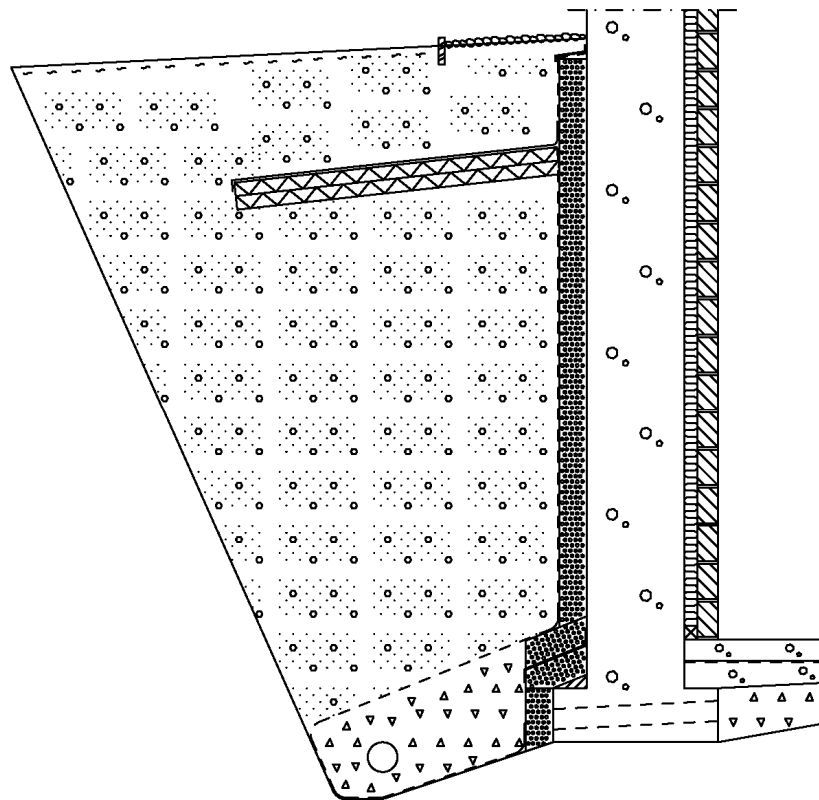
KORJAUSVAIHTOEHTO KE



- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- KUMIBITUMIKERMI (uusi)
- SLAMMAUS (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- MINERAALIVILLA 50 mm (vanha)
- TIILI 75 mm (vanha)

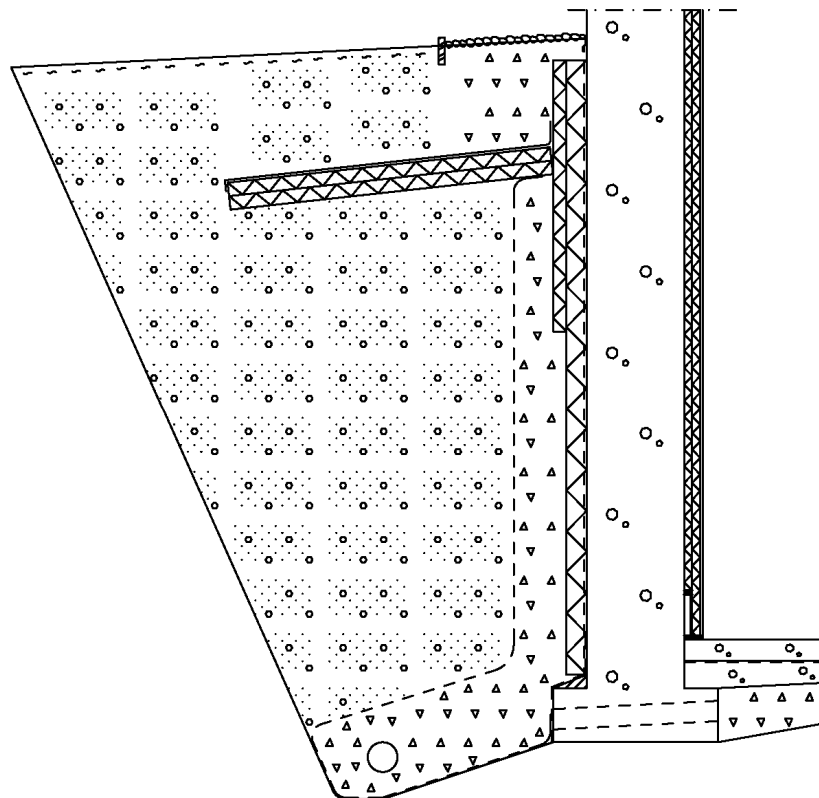


KORJAUSVAIHTOEHTO IE



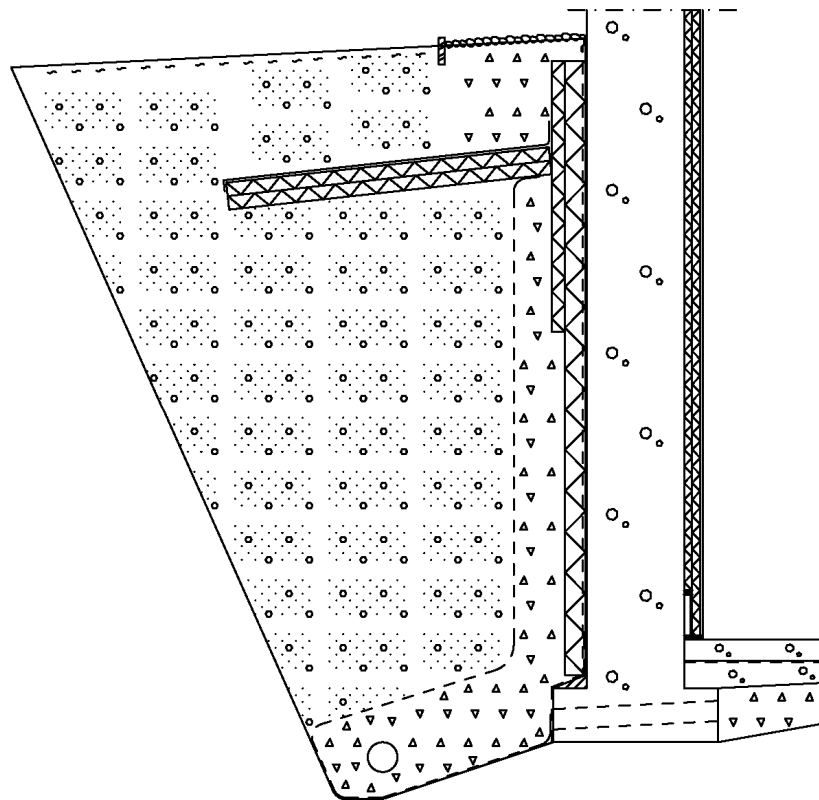
- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- TERMISESTI SIDOTTU SUODATINKANGAS (uusi)
- ISODRÄN 100 mm / 70 kPa (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- MINERAALIVILLA 50 mm (vanha)
- TIILI 75 mm (vanha)

KORJAUSVAIHTOEHTO PS



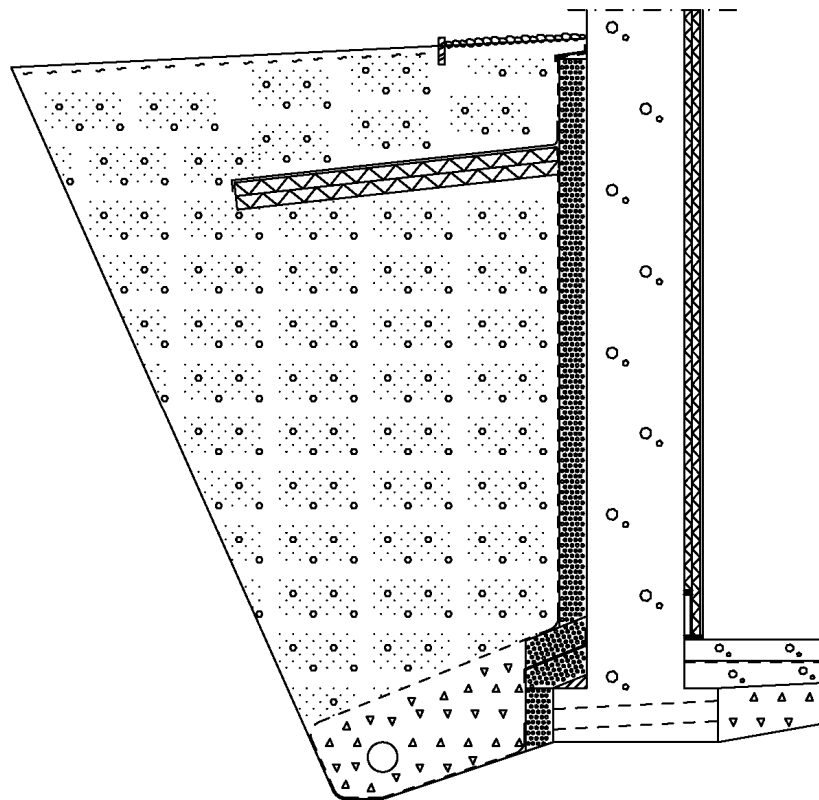
- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- PERUSMUURILEVY (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- SPU AL 30 mm (uusi)
- SPU ANSELMI 39 mm (uusi)

KORJAUSVAIHTOEHTO KS



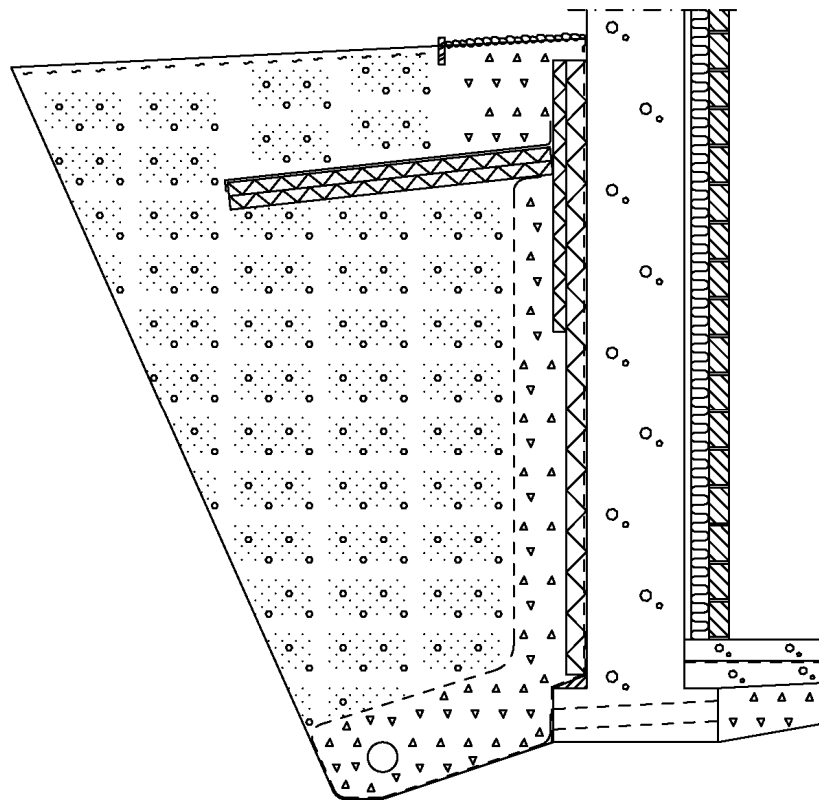
- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- KUMIBITUMIKERMI (uusi)
- SLAMMAUS (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- SPU AL 30 mm (uusi)
- SPU ANSELMI 39 mm (uusi)

## KORJAUSVAIHTOEHTO IS



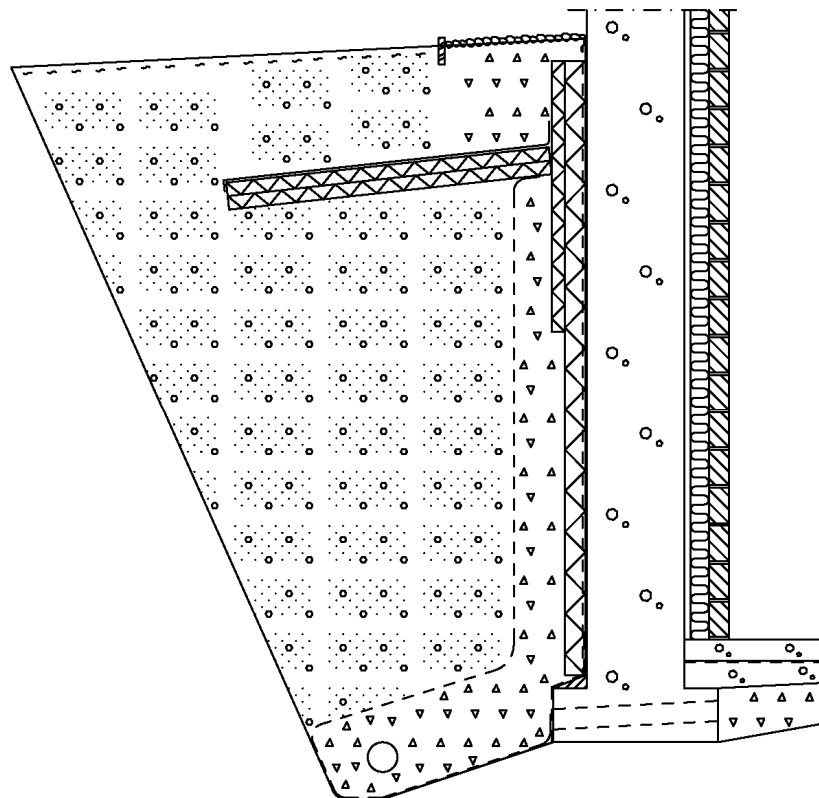
- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- TERMISESTI SIDOTTU SUODATINKANGAS (uusi)
- ISODRÄN 100 mm / 70 kPa (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- SPU AL 30 mm (uusi)
- SPU ANSELMI 39 mm (uusi)

KORJAUSVAIHTOEHTO PT



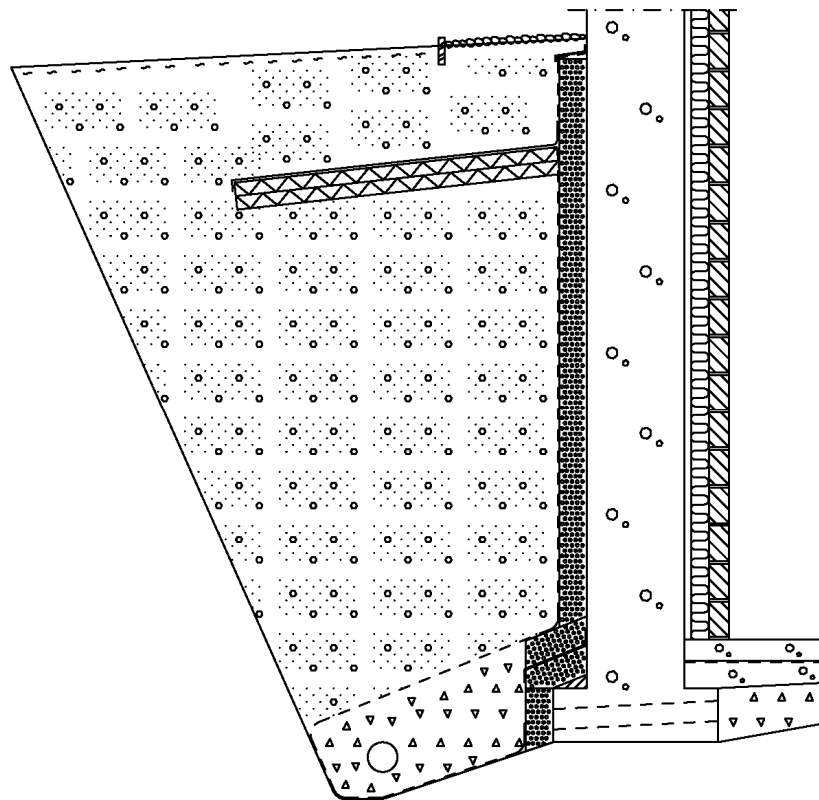
- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- PERUSMUURILEVY (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- TUULETUSVÄLI 25 mm (uusi)
- TERÄSRANKA 66 mm / MINERAALIVILLA 66 mm (uusi)
- TIILI 75 mm (uusi)

KORJAUSVAIHTOEHTO KT

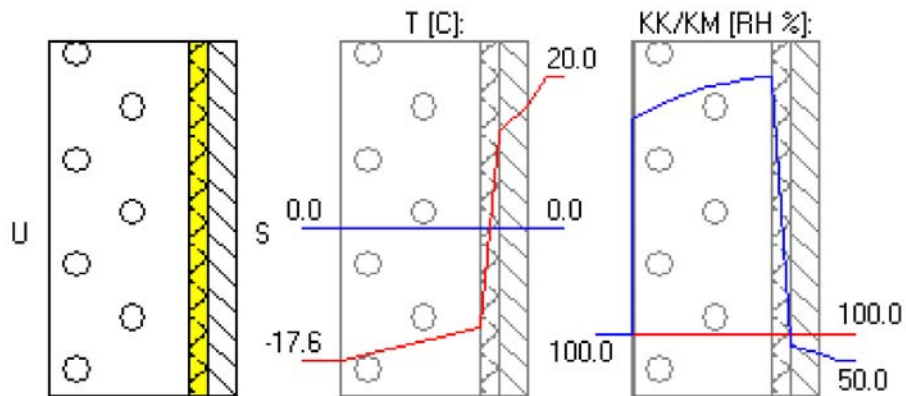


- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- SUODATINKANGAS (uusi)
- >200 mm SALAOJASORA (uusi)
- EPS 120 ROUTA 75 mm (uusi)
- KUMIBITUMIKERMI (uusi)
- SLAMMAUS (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- TUULETUSVÄLI 25 mm (uusi)
- TERÄSRANKA 66 mm / MINERAALIVILLA 66 mm (uusi)
- TIILI 75 mm (uusi)

## KORJAUSVAIHTOEHTO IT

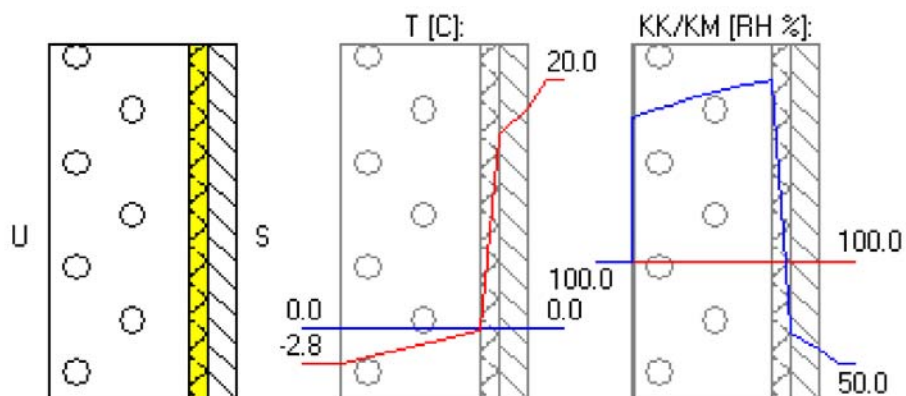


- ROUTIMATON TÄYTTÖ (uusi)
- TERMISESTI SIDOTTU SUODATINKANGAS (uusi)
- ISODRÄN 100 mm / 70 kPa (uusi)
- TERÄSBETONI 360 mm (vanha)
- TUULETUSVÄLI 25 mm (uusi)
- TERÄSRANKA 66 mm / MINERAALIVILLA 66 mm (uusi)
- TIILI 75 mm (uusi)



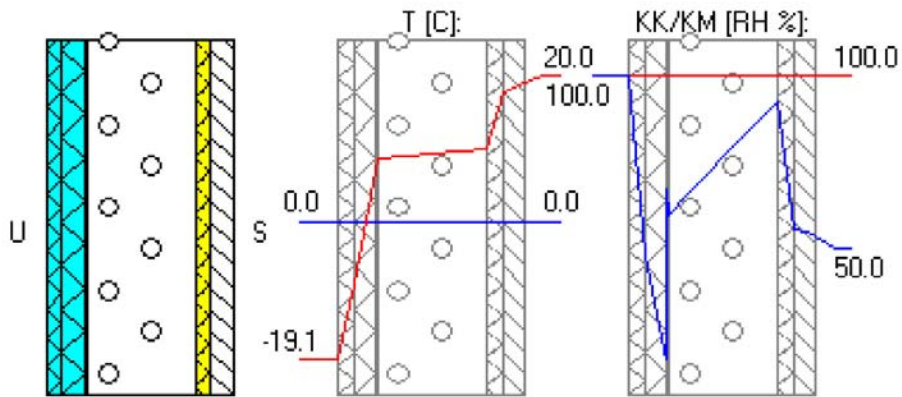
Kuvaaja 1: Alkuperäinen seinärakenne 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Hiekka ja sora	100/2200	2,300	4,000000e-12	1950
Bitumi, Huopa/Kermi	1	0,230	4,000000e-15	1100
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Vanha mineraalivilla	50	0,055	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	1500



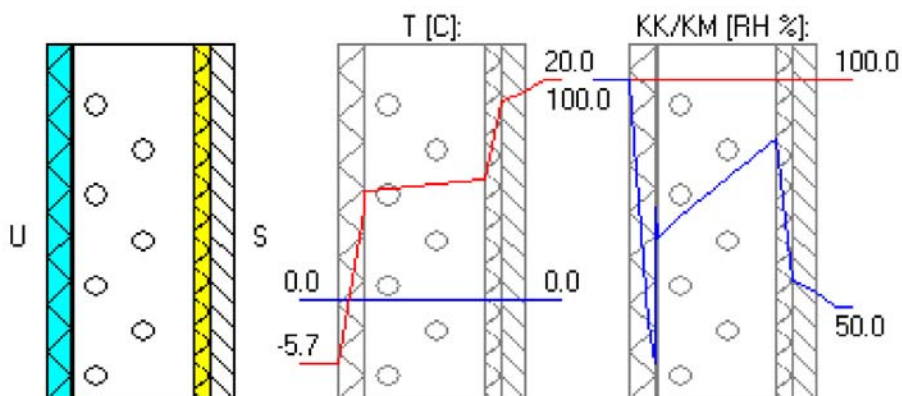
Kuvaaja 2: Alkuperäinen seinärakenne 2,2 m syvyydessä



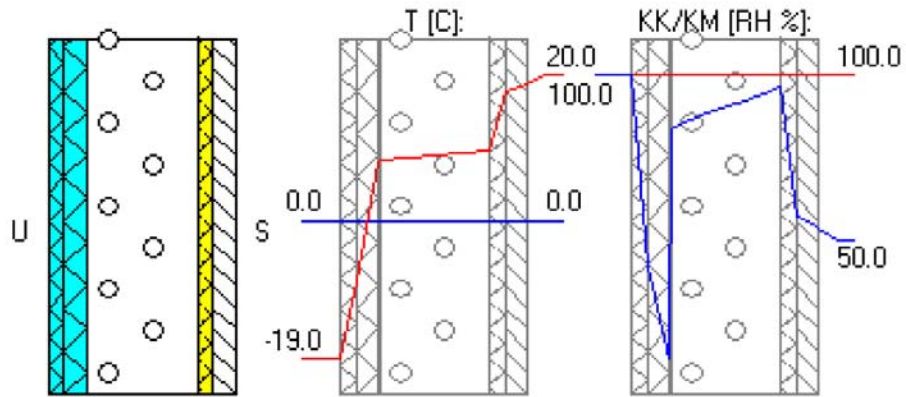


Kuvaaja 3: PE 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Patolevy	0,5	0,500	2,000000e-15	800
Ilma	5	0,025	2,000000e-10	1,23
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Vanha mineraalivilla	50	0,055	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	1500

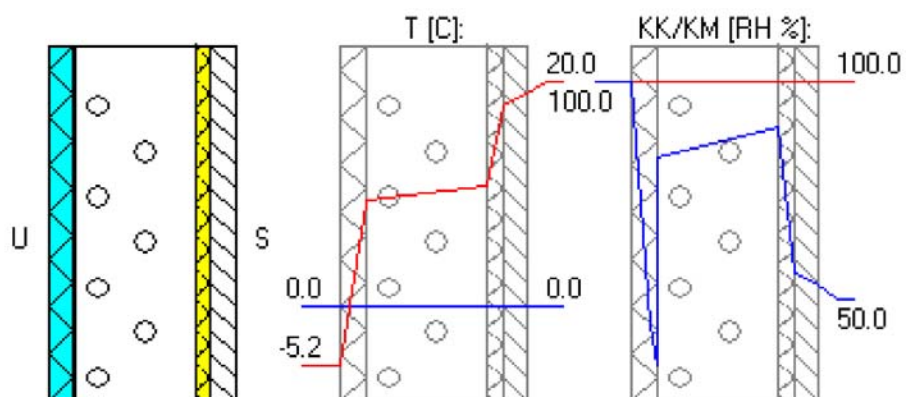


Kuvaaja 4: PE 2,2 m syvyydessä

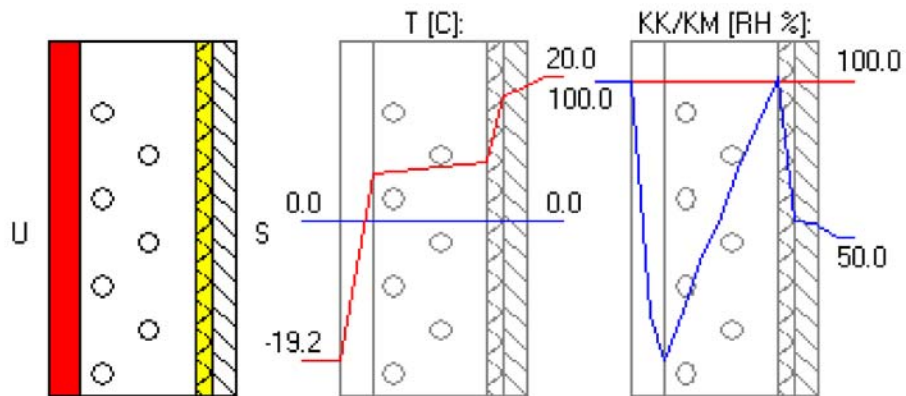


Kuvaaja 5: KE 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Bitumi, Huopa/Kermi	3	0,230	4,000000e-15	1100
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Vanha mineraalivilla	50	0,055	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	1500

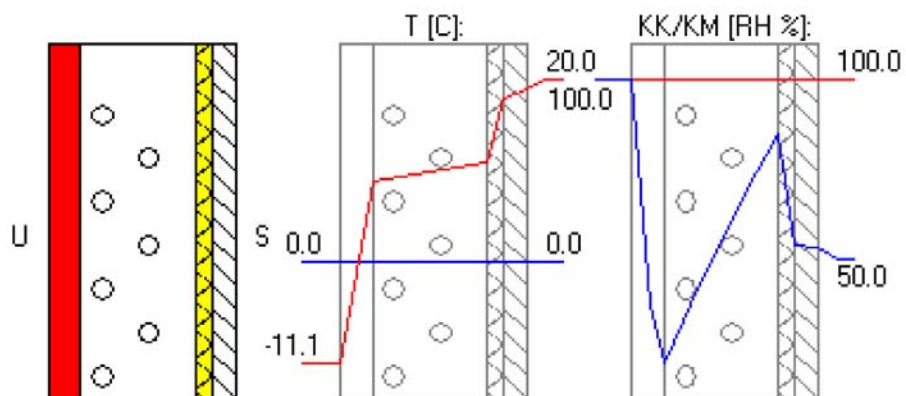


Kuvaaja 6: KE 2,2 m syvyydessä

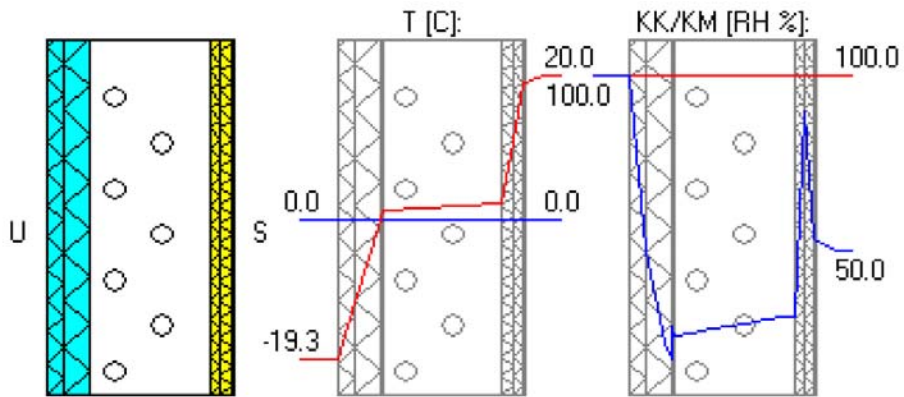


Kuvaaja 7: IE 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Hiekka ja sora	100/2550	2,300	4,000000e-12	1950
Isodrän 100 mm / 70 kPa	100	0,039	2,000000e-10	50
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Vanha mineraalivilla	50	0,055	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	1500

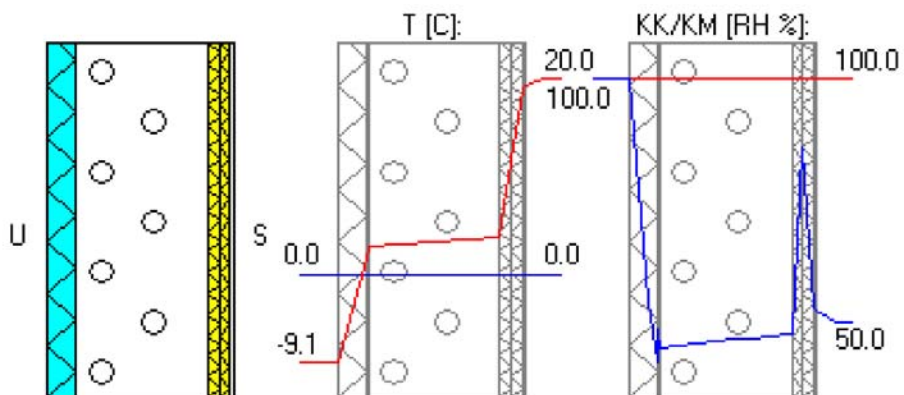


Kuvaaja 8: IE 2,2 m syvyydessä

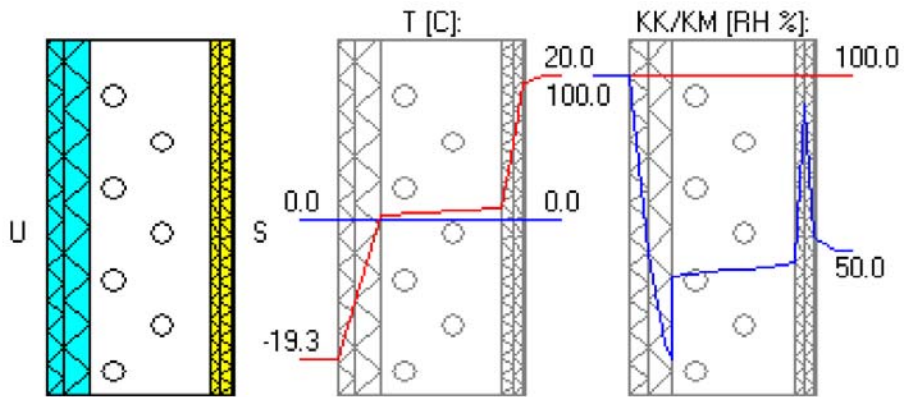


Kuvaaja 9: PS 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Patolevy	0,5	0,500	2,000000e-15	800
Ilma	5	0,025	2,000000e-10	1,23
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
SPU AL 30 mm	30	0,023	7,407407e-15	43
SPU Anselmi (eristeosa)	30	0,023	5,555555e-13	43
SPU Anselmi (kipsilevy)	9	0,300	2,000000e-11	900

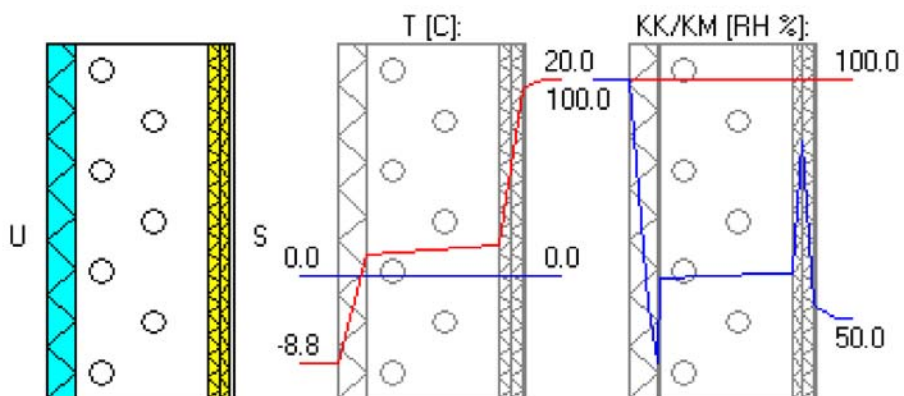


Kuvaaja 10: PS 2,2 m syvyydessä

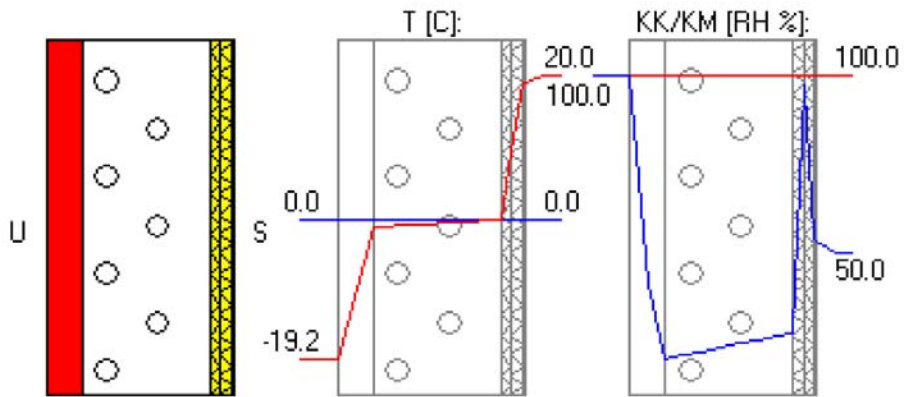


Kuvaaja 11: KS 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Bitumi, Huopa/Kermi	3	0,230	4,000000e-15	1100
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
SPU AL 30 mm	30	0,023	7,407407e-15	43
SPU Anselmi (eristeosa)	30	0,023	5,555555e-13	43
SPU Anselmi (kipsilevy)	9	0,300	2,000000e-11	900

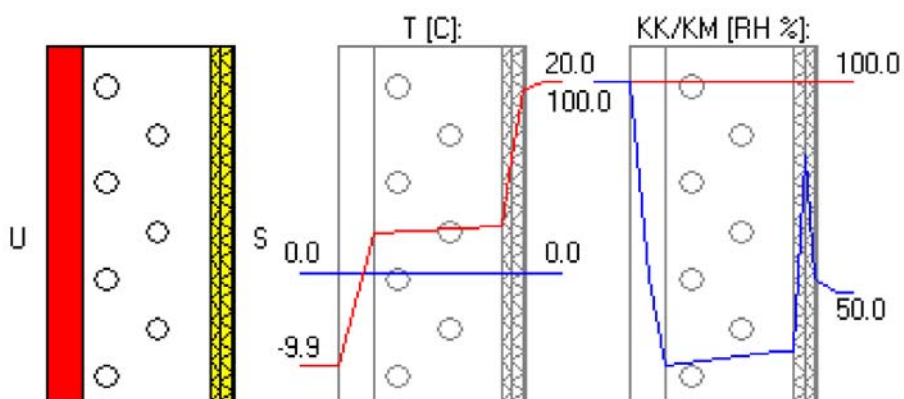


Kuvaaja 12: KS 2,2 m syvyydessä



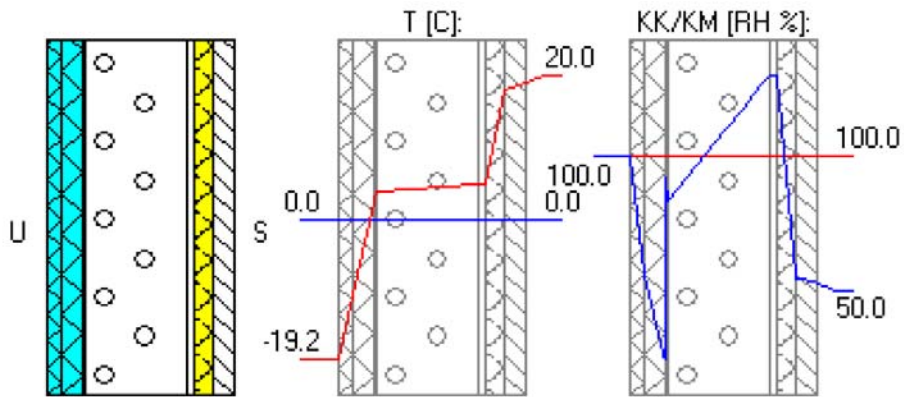
Kuvaaja 13: IS 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Hiekka ja sora	100/2550	2,300	4,000000e-12	1950
Isodrän 100 mm / 70 kPa	100	0,039	2,000000e-10	50
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
SPU AL 30 mm	30	0,023	7,407407e-15	43
SPU Anselmi (eristeosa)	30	0,023	5,555555e-13	43
SPU Anselmi (kipsilevy)	9	0,300	2,000000e-11	900



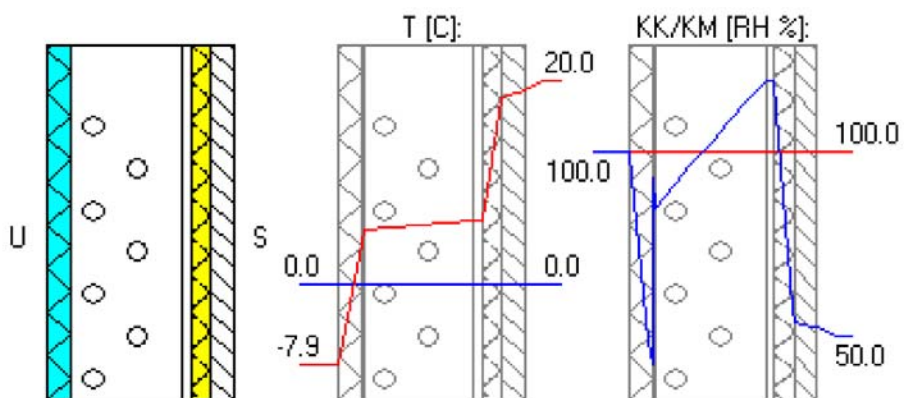
Kuvaaja 14: IS 2,2 m syvyydessä



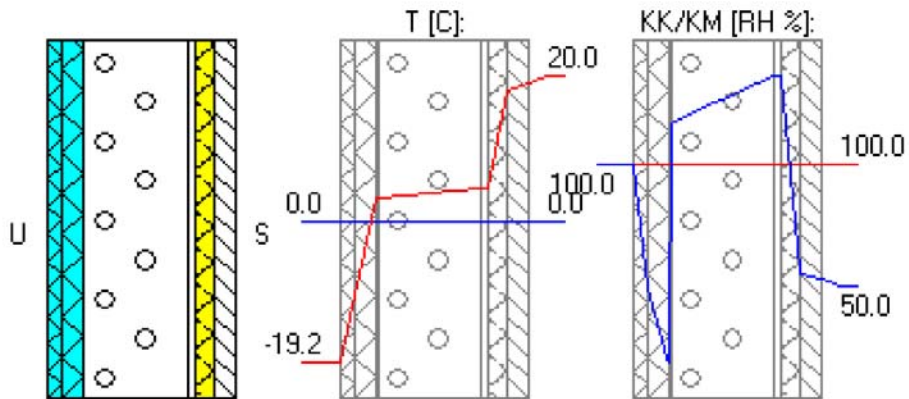


Kuvaaja 15: PT 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Patolevy	0,5	0,500	2,000000e-15	800
Ilma	5	0,025	2,000000e-10	1,23
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Ilma	25	---	---	1,23
Mineraalivilla	66	0,036	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	150

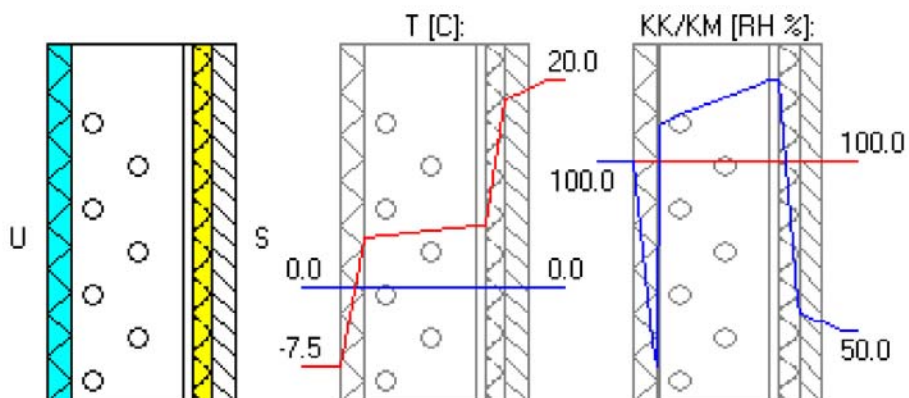


Kuvaaja 16: PT 2,2 m syvyydessä



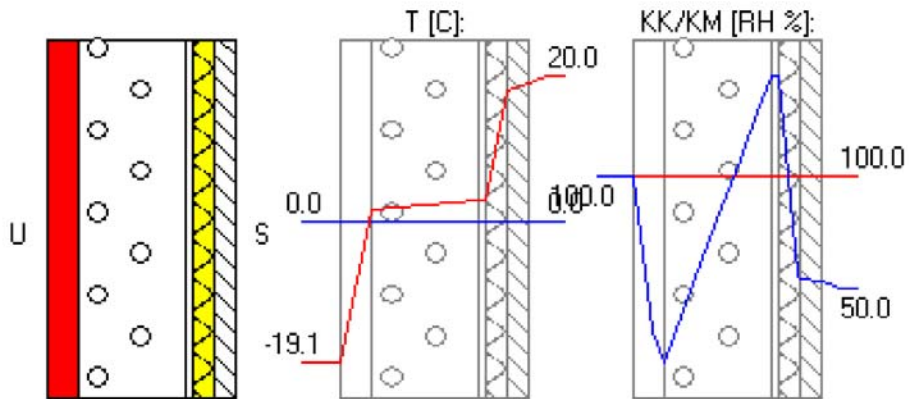
Kuvaaja 17: KT 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Salaojakerros	100/2550	1,400	4,000000e-12	1950
EPS 120 ROUTA	75/125	0,041	3,600000e-12	50
Bitumi, Huopa/Kermi	3	0,230	4,000000e-15	1100
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Ilma	25	---	---	1,23
Mineraalivilla	66	0,036	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	150



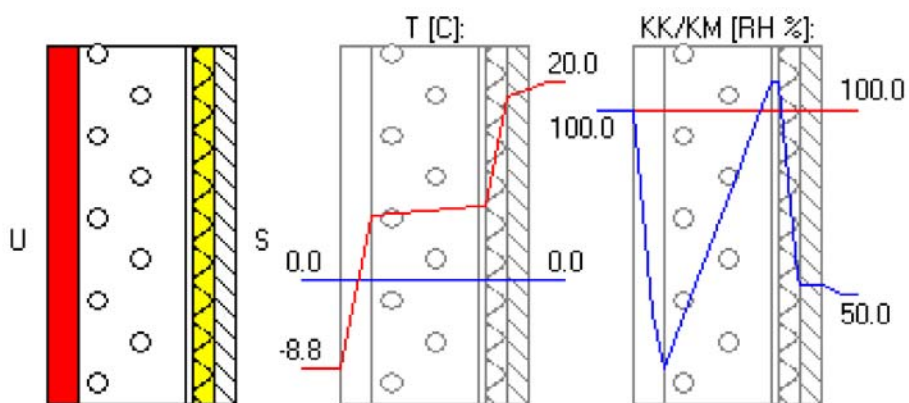
Kuvaaja 18: KT 2,2 m syvyydessä





Kuvaaja 19: IT 0,1 m syvyydessä

Kerros	T [mm]	LJ [W/mK]	VHL [kg/msPa]	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]
Hiekka ja sora	100/2550	2,300	4,000000e-12	1950
Isodrän 100 mm / 70 kPa	100	0,039	2,000000e-10	50
Betoni, raudoitettu	360	2,300	1,538462e-12	2300
Ilma	25	---	---	1,23
Mineraalivilla	66	0,036	1,050000e-10	50
Reikätiili	75	0,600	5,000000e-12	150



Kuvaaja 20: IT 2,2 m syvyydessä

nimike	määrä yks	materiaali työ		€		€	Lähde
		€/yks	€/yks	€/yks	(ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA PE</b>						<b>81 256</b>	<b>135 401</b>
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>						<b>19 200</b>	<b>31 174</b>
<b>Hanketehtävät</b>						<b>9 000</b>	<b>14 508</b>
Rakennuttaminen	1 erä		6000	6000	6000		10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1 erä	3000		3000	3000		3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>						<b>7 200</b>	<b>12 946</b>
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450 m2		16	16	7200		12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>						<b>3 000</b>	<b>3 720</b>
Hulevesiliittymä	1 erä	3000		3000	3000		3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>						<b>62 056</b>	<b>104 227</b>
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>						<b>24 762</b>	<b>41 148</b>
Perusmuurin viereinen kaivuun ja sepelitäyttö	95 jm	98,95	68,07	167	15867		26776 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95 jm	23,15	18,26	41	3934		6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1 kpl	808,00	146,76	955	955		1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon	1 kpl	368,95	33,54	402	402		595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500 m2	3,00		3	1500		2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen	50 m2	27,80	12,79	41	2030		3304 KOR s. 16
Pensaisten siirto ja takaisin	8 kpl		9,36	9	75		155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>						<b>8 730</b>	<b>14 735</b>
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70 m3		2,11	2	148		305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32 krm		65,55	66	2098		4337 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200 m2	16,65	2,00	19	3730		5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100 jm	2,05	3,35	5	540		985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8 kpl	44,50	29,17	74	589		990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1 kpl	470,10	29,17	499	499		731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3 kpl	222,40	29,17	252	755		1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8 kpl	17,22	29,17	46	371		679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>						<b>8 910</b>	<b>13 562</b>
Asfaltointi koneellisesti	500 m2	12,00	1,25	13	6625		9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500 m2	3,15	1,42	5	2285		3714 ROK s. 23
<b>Talo-osat</b>							
<b>Runko</b>						<b>5 008</b>	<b>8 253</b>
Yksinkertainen bitumisively ja kumibitumikermi	40 m2	9,65	4,66	14	572		936 ROK s.94
Perusmuurilevy	180 m2	8,03	2,97	11	1980		3167 ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180 m2	8,02	5,62	14	2455		4150 ROK s. 94
<b>Julkisivut</b>						<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107		2191 KOR s. 23

<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)	1 kk	6000,00	6000	6000	12406	KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>				<b>7 539</b>	<b>11 932</b>	
Remontin purkujäte, kuorma	3 kpl	640,00	640	1920	2738	KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahdit	1 erä	1000,00	1000	1000	2068	
Työmaatekniikka	2 kk	1755,00	1755	3510	5005	KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR

nimike	määrä yks	materiaali työ		€		Lähde
		€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	€ (Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA KE</b>					<b>84 241</b>	<b>140 944</b>
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>	<b>31 174</b>
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>	<b>14 508</b>
Rakennuttaminen	1 erä		6000	6000	6000	10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1 erä	3000		3000	3000	3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>	<b>12 946</b>
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450 m2		16	16	7200	12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>	<b>3 720</b>
Hulevesiliittymä	1 erä	3000		3000	3000	3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>65 041</b>	<b>109 771</b>
<b>Rakennusosat</b>						
<b>Alueosat</b>					<b>24 762</b>	<b>41 148</b>
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95 jm	98,95	68,07	167	15867	26776 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95 jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1 kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1 kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500 m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50 m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8 kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>					<b>8 730</b>	<b>14 735</b>
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70 m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32 krm		65,55	66	2098	4337 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200 m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100 jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8 kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1 kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3 kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8 kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>	<b>13 562</b>
Asfaltointi koneellisesti	500 m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500 m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23

<b>Talo-osat</b>						
<b>Perustukset</b>					<b>2 961</b>	<b>5 435</b>
<hr/>						
Vedeneristysbitumikermin						
purku betonipinnasta	180 m2		3,63	4	653	1351 KOR s. 36
Betonisokkelin korjaus						
laastirappauksella ja						
maalauk	90 jm	11,91	13,73	26	2308	4084 KOR s. 19
<b>Runko</b>					<b>5 031</b>	<b>8 362</b>
<hr/>						
Yksinkertainen bitumisively						
ja kumibitumikermi	180 m2	9,65	4,66	14	2576	4211 ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180 m2	8,02	5,62	14	2455	4150 ROK s. 94
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
<hr/>						
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
<hr/>						
Työnjohto (50 % työmaan						
kestosta)	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>7 539</b>	<b>11 932</b>
<hr/>						
Remontin purkujäte,						
kuorma	3 kpl	640,00		640	1920	2738 KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja						
aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston						
siirrot, rahdit	1 erä		1000,00	1000	1000	2068
Työmaatekniikka	2 kk	1755,00		1755	3510	5005 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR

nimike	määrä	yks	materiaali työ		€		Lähde
			€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA IE</b>					<b>76 642</b>	<b>126 953</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>	<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>	<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000	10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>	<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200	12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>	<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>57 442</b>	<b>95 779</b>	
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>					<b>20 727</b>	<b>35 393</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	56,47	68,07	125	11831	21021 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1	kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50	m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8	kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>					<b>7 091</b>	<b>11 347</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70	m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	7	krm		65,55	66	459	949 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>	<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23

<b>Talo-osat</b>						
<b>Runko</b>					<b>6 068</b>	<b>8 948</b>
Isodrän eristelevy ja						
kiinnikkeet	180 m2	28,12	1,87	30	5398	7914 Muottikolmio Oy
Suodatinkangas KL-2	160 m2	0,72	0,16	1	141	217 ROK s. 53
Muovikalvo	95 jm	0,11	0,16	0	26	46 ROK s. 238
Isodrän peitelista	95 jm	4,44	0,86	5	504	770 Muottikolmio Oy
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>7 539</b>	<b>11 932</b>
Remontin purkujäte, kuorma	3 kpl	640,00		640	1920	2738 KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahdit	1 erä		1000,00	1000	1000	2068
Työmaatekniikka	2 kk	1755,00		1755	3510	5005 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR

nimike	määrä yks	materiaali työ		€		€	Lähde
		€/yks	€/yks	€/yks	(ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA PS</b>						<b>109 537</b>	<b>186 916</b>
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>						<b>19 200</b>	<b>31 174</b>
<b>Hanketehtävät</b>						<b>9 000</b>	<b>14 508</b>
Rakennuttaminen	1 erä		6000	6000	6000		10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1 erä	3000		3000	3000		3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>						<b>7 200</b>	<b>12 946</b>
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450 m2		16	16	7200		12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>						<b>3 000</b>	<b>3 720</b>
Hulevesiliittymä	1 erä	3000		3000	3000		3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>						<b>90 337</b>	<b>155 742</b>
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>						<b>24 762</b>	<b>41 148</b>
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95 jm	98,95	68,07	167	15867		26776 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95 jm	23,15	18,26	41	3934		6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1 kpl	808,00	146,76	955	955		1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1 kpl	368,95	33,54	402	402		595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500 m2	3,00		3	1500		2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50 m2	27,80	12,79	41	2030		3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8 kpl		9,36	9	75		155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>						<b>8 730</b>	<b>14 735</b>
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70 m3		2,11	2	148		305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32 krm		65,55	66	2098		4337 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200 m2	16,65	2,00	19	3730		5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100 jm	2,05	3,35	5	540		985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8 kpl	44,50	29,17	74	589		990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1 kpl	470,10	29,17	499	499		731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3 kpl	222,40	29,17	252	755		1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8 kpl	17,22	29,17	46	371		679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>						<b>8 910</b>	<b>13 562</b>
Asfaltointi koneellisesti	500 m2	12,00	1,25	13	6625		9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500 m2	3,15	1,42	5	2285		3714 ROK s. 23



<b>Talo-osat</b>						
<b>Runko</b>						
					<b>14 623</b>	<b>25 775</b>
Yksinkertainen bitumisively						
ja kumibitumikermi	40 m2	9,65	4,66	14	572	936 ROK s.94
Perusmuurilevy	180 m2	8,03	2,97	11	1980	3167 ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180 m2	8,02	5,62	14	2455	4150 ROK s. 94
Tiiliseinän purku						
piikkaamalla	170 m2		25,40	25	4318	8928 KOR s. 31
Lämmöneristekerroksen purku						
	170 m2		4,75	5	808	1670 KOR s. 21
Lämmöneriste 30 mm, polyuretaanilevy	170 m2	5,25	1,87	7	1210	1930 ROK s. 173
Lämmöneriste 39 mm, kipsilevyypintainen PU-levy	170 m2	16,13	1,87	18	3060	4568 SPU Oy
Tasoite, kipsilevyseinän saumatasoitus	170 m2	0,24	1,05	1	219	427 ROK s. 189
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)						
	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>26 205</b>	<b>45 924</b>
Remontin purkujäte, kuorma						
	11 kpl	640,00		640	7040	10039 KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt						
	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahat						
	11 erä		1000,00	1000	11000	22745
Työmaatekniikka	3 kk	1755,00		1755	5265	7508 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR
Lattian suojaus	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490 ROK s. 42
Sisätilan osastointi mm. asbestityössä						
	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021 ROK s. 43

nimike	määrä	yks	materiaali työ		€		Lähde
			€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA KS</b>					<b>112 522</b>	<b>192 459</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>	<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>	<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000	10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>	<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200	12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>	<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>93 322</b>	<b>161 286</b>	
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>					<b>24 762</b>	<b>41 148</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	98,95	68,07	167	15867	26776 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1	kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50	m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8	kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>					<b>8 730</b>	<b>14 735</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70	m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32	krm		65,55	66	2098	4337 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>	<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23

<b>Talo-osat</b>							
<b>Perustukset</b>						<b>2 961</b>	<b>5 435</b>
<b>Vedeneristysbitumikermin</b>							
purku betonipinnasta	180 m2		3,63	4	653	1351	KOR s. 36
Betonisokkelin korjaus							
laastirappauksella ja							
maalauk	90 jm	11,91	13,73	26	2308	4084	KOR s. 19
<b>Runko</b>						<b>14 646</b>	<b>25 884</b>
<b>Yksinkertainen bitumisively</b>							
ja kumibitumikermi	180 m2	9,65	4,66	14	2576	4211	ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180 m2	8,02	5,62	14	2455	4150	ROK s. 94
<b>Tiiliseinän purku</b>							
piikkaamalla	170 m2		25,40	25	4318	8928	KOR s. 31
<b>Lämmöneristekerroksen</b>							
purku	170 m2		4,75	5	808	1670	KOR s. 21
<b>Lämmöneriste 30 mm,</b>							
polyuretaanilevy	170 m2	5,25	1,87	7	1210	1930	ROK s. 173
<b>Lämmöneriste 39 mm,</b>							
kipsilevy pintainen PU-levy	170 m2	16,13	1,87	18	3060	4568	SPU Oy
<b>Tasoite, kipsilevyseinän</b>							
saumatasoitus	170 m2	0,24	1,05	1	219	427	ROK s. 189
<b>Julkisivut</b>						<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191	KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>							
<b>Suunnittelutehtävät</b>						<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
<b>Työnjohto (50 % työmaan</b>							
kestosta)	1 kk		6000,00	6000	6000	12406	KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>						<b>26 205</b>	<b>45 924</b>
<b>Remontin purkujäte,</b>							
kuorma	11 kpl	640,00		640	7040	10039	KOR s.43
<b>Ulkoremontin suojaus- ja</b>							
aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136	KOR s.42
<b>Materiaalien ja kaluston</b>							
siirrot, rahdit	11 erä		1000,00	1000	11000	22745	
Työmaatekniikka	3 kk	1755,00		1755	5265	7508	KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985	KOR
Lattian suojaus	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490	ROK s. 42
<b>Sisätilan osastointi mm.</b>							
asbestityössä	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021	ROK s. 43

nimike	määrä	yks	materiaali työ		€		Lähde
			€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA IS</b>					<b>104 923</b>	<b>178 468</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>	<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>	<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000	10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>	<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200	12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>	<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>85 723</b>	<b>147 294</b>	
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>					<b>20 727</b>	<b>35 393</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	56,47	68,07	125	11831	21021 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1	kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50	m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8	kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>					<b>7 091</b>	<b>11 347</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70	m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	7	krm		65,55	66	459	949 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>	<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23

<b>Talo-osat</b>						
<b>Runko</b>					<b>15 683</b>	<b>26 471</b>
<b>Isodrän eristelevy ja</b>						
kiinnikkeet	180 m2	28,12	1,87	30	5398	7914 Muottikolmio Oy
Suodatinkangas KL-2	160 m2	0,72	0,16	1	141	217 ROK s. 53
Muovikalvo	95 jm	0,11	0,16	0	26	46 ROK s. 238
Isodrän peitelista	95 jm	4,44	0,86	5	504	770 Muottikolmio Oy
<b>Tiiliseinän purku</b>						
piikkaamalla	170 m2		25,40	25	4318	8928 KOR s. 31
<b>Lämmöneristekerroksen</b>						
purku	170 m2		4,75	5	808	1670 KOR s. 21
Lämmöneriste 30 mm,						
polyuretaanilevy	170 m2	5,25	1,87	7	1210	1930 ROK s. 173
Lämmöneriste 39 mm,						
kipsilevyypintainen PU-levy	170 m2	16,13	1,87	18	3060	4568 SPU Oy
Tasoite, kipsilevyseinän						
saumatasoitus	170 m2	0,24	1,05	1	219	427 ROK s. 189
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
<b>Työnjohto (50 % työmaan</b>						
kestosta)	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>26 205</b>	<b>45 924</b>
<b>Remontin purkujäte,</b>						
kuorma	11 kpl	640,00		640	7040	10039 KOR s.43
<b>Ulkoremontin suojaus- ja</b>						
aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
<b>Materiaalien ja kaluston</b>						
siirrot, rahdit	11 erä		1000,00	1000	11000	22745
Työmaatekniikka	3 kk	1755,00		1755	5265	7508 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR
Lattian suojaus	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490 ROK s. 42
<b>Sisätilan osastointi mm.</b>						
asbestityössä	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021 ROK s. 43

nimike	määrä yks	materiaali työ		€		€	Lähde
		€/yks	€/yks	€/yks	(ALV 0 %)	(Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA PT</b>						<b>123 359 211 580</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>						<b>19 200 31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>						<b>9 000 14 508</b>	
Rakennuttaminen	1 erä		6000	6000	6000	10788	
Toimenpidelupa, kopiokulut	1 erä	3000		3000	3000	3720	
<b>Suunnittelutehtävät</b>						<b>7 200 12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450 m2		16	16	7200	12946 KOR s.41	
<b>Kiinteistötehtävät</b>						<b>3 000 3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1 erä	3000		3000	3000	3720	
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>						<b>104 159 180 406</b>	
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>						<b>24 762 41 148</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95 jm	98,95	68,07	167	15867	26776 KOR s. 17	
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95 jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17	
Sadevesikaivon uusiminen	1 kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17	
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1 kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17	
Asfaltin purku koneellisesti	500 m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16	
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50 m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16	
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8 kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16	
<b>Maaosat</b>						<b>8 730 14 735</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70 m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20	
Kaivumaiden kuljetus	32 krm		65,55	66	2098	4337 ROK s. 20	
Piha-alueen routasuojaus	200 m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21	
Salaoja-asennus	100 jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37	
Salaojakaivo	8 kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto	
Tarkastuskaivo	1 kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto	
Tarkistusputki	3 kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto	
Rännikaivo	8 kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto	
<b>Päällysteet</b>						<b>8 910 13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500 m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22	
Nurmetus ja multa	500 m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23	

<b>Talo-osat</b>						
<b>Runko</b>						
					<b>26 689</b>	<b>47 937</b>
Yksinkertainen bitumisively						
ja kumibitumikermi	40 m2	9,65	4,66	14	572	936 ROK s.94
Perusmuurilevy	180 m2	8,03	2,97	11	1980	3167 ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm	180 m2	8,02	5,62	14	2455	4150 ROK s. 94
Tiiliseinän purku piikkaamalla	170 m2		25,40	25	4318	8928 KOR s. 31
Lämmöneristekerroksen purku	170 m2		4,75	5	808	1670 KOR s. 21
Tiili NKH 130 mm, huoneistojen välinen seinä	170 m2	36,81	37,31	74	12600	22038 ROK s. 104
Teräsranka 66 mm k600	170 m2	3,92	11,03	15	2542	4827 ROK s. 104
Lämmöneriste 66 mm, mineraalivilla, VS	170 m2	6,45	1,87	8	1414	2221 ROK s. 239
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)						
	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>27 960</b>	<b>48 426</b>
Remontin purkujäte, kuorma						
	11 kpl	640,00		640	7040	10039 KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt						
	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahdit						
	11 erä		1000,00	1000	11000	22745
Työmaatekniikka	4 kk	1755,00		1755	7020	10011 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR
Lattian suojaus	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490 ROK s. 42
Sisätilan osastointi mm. asbestityössä						
	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021 ROK s. 43

nimike	määrä	yks	materiaali työ		€		Lähde
			€/yks	€/yks	€/yks (ALV 0 %)	€ (Kuluttaja-hinta)	
<b>KOKONAISHINTA KT</b>					<b>126 343</b>	<b>217 124</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>					<b>19 200</b>	<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>					<b>9 000</b>	<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000	10788
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>7 200</b>	<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200	12946 KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>					<b>3 000</b>	<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000	3720
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>					<b>107 143</b>	<b>185 950</b>	
<b>Rakennusosat</b>							
<b>Alueosat</b>					<b>24 762</b>	<b>41 148</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	98,95	68,07	167	15867	26776 KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934	6723 KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955	1456 KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1	kpl	368,95	33,54	402	402	595 KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500	2139 KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50	m2	27,80	12,79	41	2030	3304 KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8	kpl		9,36	9	75	155 KOR s. 16
<b>Maaosat</b>					<b>8 730</b>	<b>14 735</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70	m3		2,11	2	148	305 ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	32	krm		65,55	66	2098	4337 ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730	5576 ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540	985 ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589	990 KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499	731 KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755	1132 KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371	679 KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>					<b>8 910</b>	<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625	9848 ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285	3714 ROK s. 23



<b>Talo-osat</b>							
<b>Perustukset</b>				<b>2 961</b>		<b>5 435</b>	
<b>Vedeneristysbitumikermin</b>							
purku betonipinnasta	180 m2		3,63	4	653	1351	KOR s. 36
Betonisokkelin korjaus laastirappauksella ja maalaus							
	90 jm	11,91	13,73	26	2308	4084	KOR s. 19
<b>Runko</b>				<b>26 713</b>		<b>48 046</b>	
<b>Yksinkertainen bitumisively ja kumibitumikermi</b>							
	180 m2	9,65	4,66	14	2576	4211	ROK s. 36
Lämmöneriste 75/125 mm							
	180 m2	8,02	5,62	14	2455	4150	ROK s. 94
<b>Tiiliseinän purku piikkaamalla</b>							
	170 m2		25,40	25	4318	8928	KOR s. 31
<b>Lämmöneristekerroksen purku</b>							
	170 m2		4,75	5	808	1670	KOR s. 21
Tiili NKH 130 mm, huoneistojen välinen seinä							
	170 m2	36,81	37,31	74	12600	22038	ROK s. 104
Teräsranka 66 mm k600							
	170 m2	3,92	11,03	15	2542	4827	ROK s. 104
Lämmöneriste 66 mm, mineraalivilla, VS							
	170 m2	6,45	1,87	8	1414	2221	ROK s. 239
<b>Julkisivut</b>				<b>1 107</b>		<b>2 191</b>	
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191	KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>				<b>6 000</b>		<b>12 406</b>	
<b>Suunnittelutehtävät</b>							
Työnjohto (50 % työmaan kestosta)							
	1 kk		6000,00	6000	6000	12406	KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>				<b>27 960</b>		<b>48 426</b>	
Remontin purkujäte, kuorma							
	11 kpl	640,00		640	7040	10039	KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja aputyöt							
	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136	KOR s.42
Materiaalien ja kaluston siirrot, rahdit							
	11 erä		1000,00	1000	11000	22745	
Työmaatekniikka							
	4 kk	1755,00		1755	7020	10011	KOR s. 44
Suoja-aita							
	50 jm	4,13	6,68	11	541	985	KOR
Lattian suojaus							
	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490	ROK s. 42
Sisätilan osastointi mm. asbestityössä							
	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021	ROK s. 43

nimike	määrä	yks	materiaali		työ		€		Lähde
			€/yks	€/yks	€/yks	€/yks	(ALV 0 %)	hintaa	
<b>KOKONAISHINTA IT</b>							<b>118 745</b>	<b>203 132</b>	
<b>Rakennuttajan kustannukset</b>							<b>19 200</b>	<b>31 174</b>	
<b>Hanketehtävät</b>							<b>9 000</b>	<b>14 508</b>	
Rakennuttaminen	1	erä		6000	6000	6000		10788	
Toimenpidelupa, kopiokulut	1	erä	3000		3000	3000		3720	
<b>Suunnittelutehtävät</b>							<b>7 200</b>	<b>12 946</b>	
Rakenne-/LVI-suunnittelu	450	m2		16	16	7200		12946	KOR s.41
<b>Kiinteistötehtävät</b>							<b>3 000</b>	<b>3 720</b>	
Hulevesiliittymä	1	erä	3000		3000	3000		3720	
<b>Urakoitsijan kustannukset</b>							<b>99 545</b>	<b>171 958</b>	
<b>Rakennusosat</b>									
<b>Alueosat</b>							<b>20 727</b>	<b>35 393</b>	
Perusmuurin viereinen kaivu ja sepelitäyttö	95	jm	56,47	68,07	125	11831		21021	KOR s. 17
Sadevesiviemäriputkiston uusiminen	95	jm	23,15	18,26	41	3934		6723	KOR s. 17
Sadevesikaivon uusiminen	1	kpl	808,00	146,76	955	955		1456	KOR s. 17
Perusvesien kokoojakaivon asennus	1	kpl	368,95	33,54	402	402		595	KOR s. 17
Asfaltin purku koneellisesti	500	m2	3,00		3	1500		2139	KOR s. 16
Pihabetonilaatoituksen purku ja uusiminen	50	m2	27,80	12,79	41	2030		3304	KOR s. 16
Pensaiden siirto ja takaisin istutus	8	kpl		9,36	9	75		155	KOR s. 16
<b>Maaosat</b>							<b>7 091</b>	<b>11 347</b>	
Maankaivu piha-alueella, putkitusten kohdalla	70	m3		2,11	2	148		305	ROK s. 20
Kaivumaiden kuljetus	7	krm		65,55	66	459		949	ROK s. 20
Piha-alueen routasuojaus	200	m2	16,65	2,00	19	3730		5576	ROK s. 21
Salaoja-asennus	100	jm	2,05	3,35	5	540		985	ROK s. 37
Salaojakaivo	8	kpl	44,50	29,17	74	589		990	KOR hinnasto
Tarkastuskaivo	1	kpl	470,10	29,17	499	499		731	KOR hinnasto
Tarkistusputki	3	kpl	222,40	29,17	252	755		1132	KOR hinnasto
Rännikaivo	8	kpl	17,22	29,17	46	371		679	KOR hinnasto
<b>Päällysteet</b>							<b>8 910</b>	<b>13 562</b>	
Asfaltointi koneellisesti	500	m2	12,00	1,25	13	6625		9848	ROK s. 22
Nurmetus ja multa	500	m2	3,15	1,42	5	2285		3714	ROK s. 23

<b>Talo-osat</b>						
<b>Runko</b>						
					<b>27 750</b>	<b>48 632</b>
Isodrän eristelevy ja						
kiinnikkeet	180 m2	28,12	1,87	30	5398	7914 Muottikolmio Oy
Suodatinkangas KL-2	160 m2	0,72	0,16	1	141	217 ROK s. 53
Muovikalvo	95 jm	0,11	0,16	0	26	46 ROK s. 238
Isodrän peitelista	95 jm	4,44	0,86	5	504	770 Muottikolmio Oy
Tiiliseinän purku						
piikkaamalla	170 m2		25,40	25	4318	8928 KOR s. 31
Lämmöneristekerroksen						
purku	170 m2		4,75	5	808	1670 KOR s. 21
Tiili NKH 130 mm,						
huoneistojen välinen seinä	170 m2	36,81	37,31	74	12600	22038 ROK s. 104
Teräsranka 66 mm k600	170 m2	3,92	11,03	15	2542	4827 ROK s. 104
Lämmöneriste 66 mm,						
mineraalivilla, VS	170 m2	6,45	1,87	8	1414	2221 ROK s. 239
<b>Julkisivut</b>					<b>1 107</b>	<b>2 191</b>
Painevesipesu	180 m2	0,85	5,30	6	1107	2191 KOR s. 23
<b>Hanketehtävät</b>						
<b>Suunnittelutehtävät</b>					<b>6 000</b>	<b>12 406</b>
Työnjohto (50 % työmaan						
kestosta)	1 kk		6000,00	6000	6000	12406 KOR s. 41
<b>Työmaatehtävät</b>					<b>27 960</b>	<b>48 426</b>
Remontin purkujäte,						
kuorma	11 kpl	640,00		640	7040	10039 KOR s.43
Ulkoremontin suojaus- ja						
aputyöt	180 m2	0,35	2,81	3	569	1136 KOR s.42
Materiaalien ja kaluston						
siirrot, rahat	11 erä		1000,00	1000	11000	22745
Työmaatekniikka	4 kk	1755,00		1755	7020	10011 KOR s. 44
Suoja-aita	50 jm	4,13	6,68	11	541	985 KOR
Lattian suojaus	400 m2	0,35	1,56	2	764	1490 ROK s. 42
Sisätilan osastointi mm.						
asbestityössä	1 erä	158,62	868,17	1027	1027	2021 ROK s. 43

**Kohde 1** on suunniteltu korjattavaksi ulkopuolelta käyttäen Isodrän-järjestelmää. Rakennuspaikka on Espoo. Perusmuurin keskimääräinen syvyys on 2,2 m ja pituus on 60 ja 51 m (kaksi eri rakennusta).

Taulukko 6. Kohteen 1 tarjotut urakkahinnat ja arvioidut työmaan kestot

	Kokonaishinta (€)	Kesto (kk)
Urakoitsija 1	185 000	3
Urakoitsija 2	198 645	3
Urakoitsija 3	125 952	-
Urakoitsija 4	89 790	3
Urakoitsija 5	112 904	-
Urakoitsija 6	204 672	-
Urakoitsija 7	98 224	3

**Kohde 2** on suunniteltu korjattavaksi ulkopuolelta käyttäen bitumikermiä. Vaihtoehto 2 sisältää suunnitelmassa louhintaa. Rakennuspaikka on Espoo. Perusmuurin keskimääräinen syvyys on 0,7 m ja pituus on 164 m.

Taulukko 7. Kohteen 2 tarjotut urakkahinnat

	Vaihtoehto 1 (€)	Vaihtoehto 2 (€)
Urakoitsija 1	115 996	-
Urakoitsija 2	120 100	129 600
Urakoitsija 3	194 340	-
Urakoitsija 4	131 000	112 000
Urakoitsija 5	50 676	-
Urakoitsija 6	137 497	-

**Kohde 3** on suunniteltu korjattavaksi ulkopuolelta käyttäen bitumikermiä. Kohde sisältää myös osittain louhintaa. Rakennuspaikka on Espoo. Perusmuurin keskimääräinen syvyys on 2,4 m ja pituus on 134 m.

Taulukko 8. Kohteen 3 tarjotut urakkahinnat ja arvioidut työmaan kestot

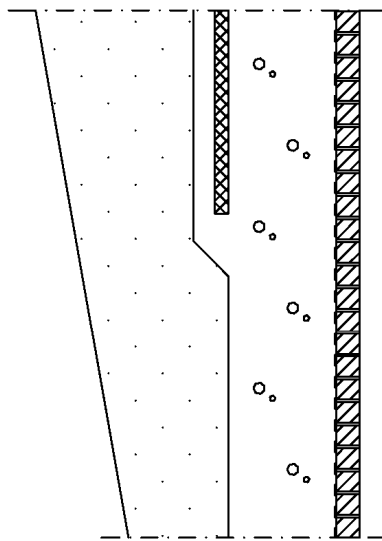
	Kokonaishinta (€)	Kesto (€)
Urakoitsija 1	113 160	3
Urakoitsija 2	115 620	2
Urakoitsija 3	115 128	3
Urakoitsija 4	128 900	3
Urakoitsija 5	92 127	2,5
Urakoitsija 6	107 010	-
Urakoitsija 7	81 395	2,5

**Kohde 4** on suunniteltu korjattavaksi ulkopuolelta käyttäen bitumikermiä (vaihtoehto A) tai Isodrän-järjestelmää (vaihtoehto B). Rakennuspaikka on Helsinki. Perusmuurin keskimääräinen syvyys on 1,9 m ja pituus on 73 m.

Taulukko 9. Kohteen 4 tarjotut urakkahinnat ja arvioidut työmaan kestot

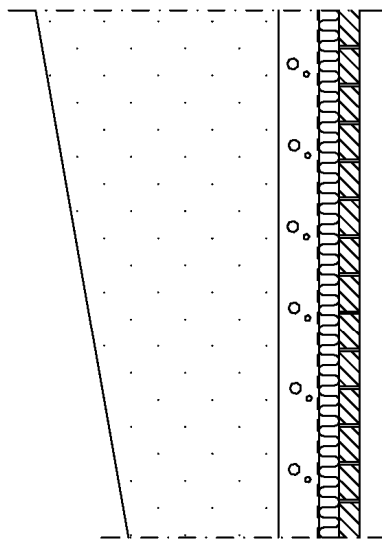
	Vaihtoehto A (€)	Vaihtoehto B (€)	Kesto (kk)
Urakoitsija 1	-	286 440	3
Urakoitsija 2	81 500	79 000	-
Urakoitsija 3	109 900	111 900	2

KERROSTALON KELLARIN PERUSMUURI 1960



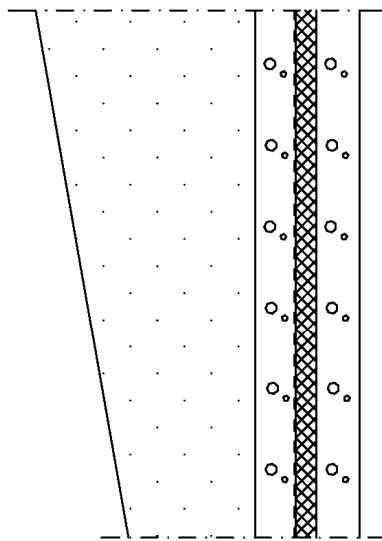
- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 80 mm
- KORRKILEVYERISTE 50 mm
- TERÄSBETONI 400 mm
- KOSTEUSERISTYS
- TIILI 85 mm

KERROSTALON KELLARIN PERUSMUURI 1960



- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 150 mm
- MINERAALIVILLA 70 mm
- KOSTEUSERISTYS
- TIILI 75 mm

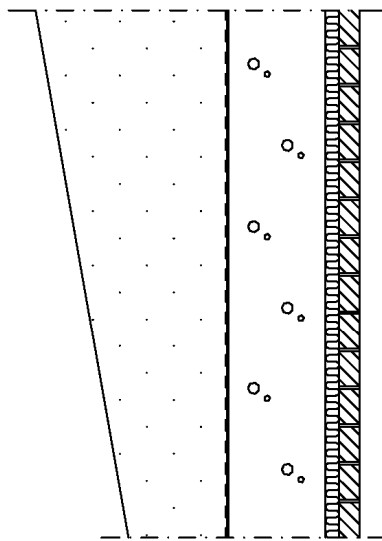
KERROSTALON KELLARIN PERUSMUURI 1960



- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 150 mm
- KOSTEUSERISTYS
- TOJA-LEVY 75 mm
- TERÄSBETONI 160 mm

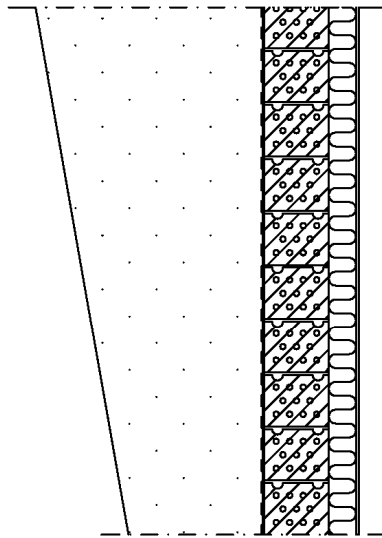


KERROSTALON KELLARIN PERUSMUURI 1963



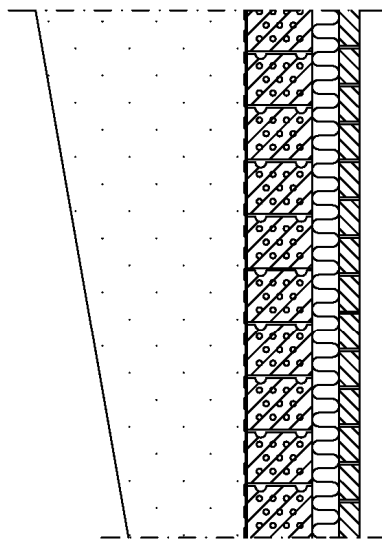
- TÄYTTÖMAA
- SLAMMAUS
- BITUMISIVELYT
- TERÄSBETONI 360 mm
- MINERAALIVILLA 50 mm
- TIILI 75 mm

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1961



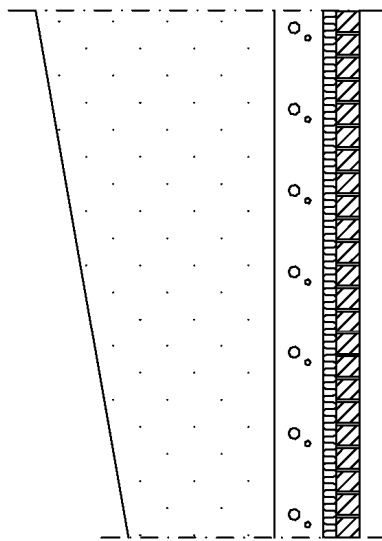
- TÄYTTÖMAA
- KAKSINKERTAINEN BITUMISIVELY
- LIETERAPPAUS
- KEVYTSORAHARKKO 240 mm
- MINERAALIVILLA 100 mm
- PUUKUITULEVY 12 mm

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1961



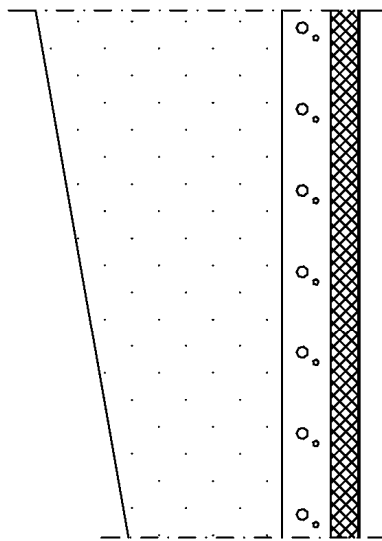
- TÄYTTÖMAA
- KAKSINKERTAINEN BITUMISIVELY
- LIETERAPPAUS
- KEVYTSORAHARKKO 240 mm
- MINERAALIVILLA 100 mm
- TIILI 75 mm

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1966



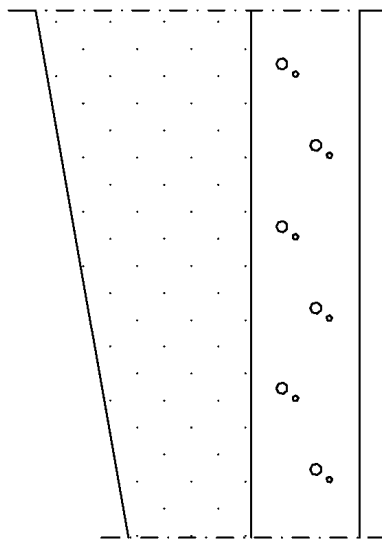
- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 180 mm
- MINERAALIVILLA 50 mm
- TIILI 85 mm

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1966



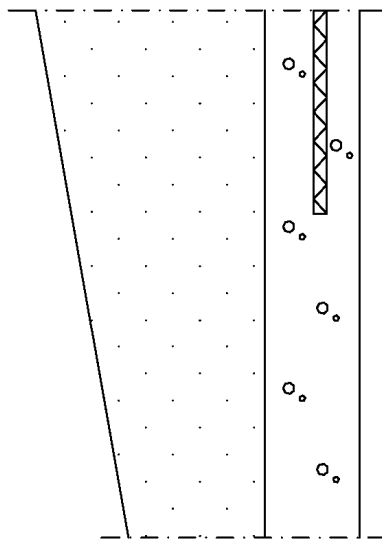
- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 180 mm
- TOJA-LEVY 100 mm
- SEINÄVERHOLU

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1971



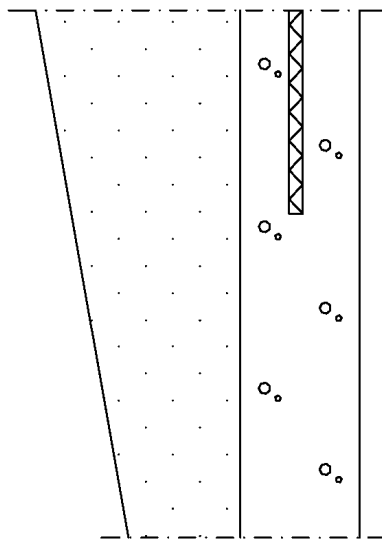
- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 400 mm

PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1971



- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 80 mm
- KOVA ERISTE 50 mm
- TERÄSBETONI 120 mm

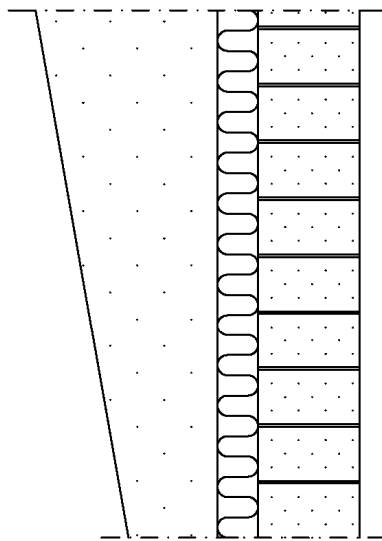
PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1971



- TÄYTTÖMAA
- TERÄSBETONI 80 mm
- KOVA ERISTE 50 mm
- TERÄSBETONI 210 mm



PIENTALON KELLARIN PERUSMUURI 1979



- TÄYTTÖMAA
- MINERAALIVILLA 150 mm
- KEVYTBETONIHARKKO 375 mm

## 6 Laskentateoria

### 6.1 Lämmönläpäisykerroin U

Lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavasta:

$$U = 1 / R_T \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

missä

kokonaislämmönvastus saadaan kaavasta:

$$R_T = (W_{\text{lower}} * R_T'' + W_{\text{upper}} * R_T') / (W_{\text{lower}} + W_{\text{upper}})$$

missä

$R_T''$  = Lämmönvastuksen alaraja-arvio (RakMk:ssa käytetty)

$R_T'$  = Lämmönvastuksen yläraja-arvio

Lämmönvastuksen alaraja-arvio saadaan kaavasta:

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

missä

$R_j$  is  $d_j / \lambda_j$ , and  $\lambda_j$  is  $f_a * \lambda_{aj} + f_b * \lambda_{bj} + \dots + f_q * \lambda_{qj}$

Lämmönvastuksen yläraja-arvio saadaan kaavasta:

$$R_T' = 1 / (f_a / R_{Ta} + f_b / R_{Tb} + \dots + f_q / R_{Tq})$$

missä

$R_{Ta}$ ,  $R_{Tb}$ , ...,  $R_{Tq}$  ovat kokonaislämmönvastuksia eri alueille (joissa eri rakennekerrokset)

$f_a$ ,  $f_b$ , ...,  $f_q$  ovat suhteellisia pinta-aloja eri alueille

RakMK C4 / EN ISO 13788:n mukaan tuulettuun ilmaan ja sen ulkopuoliseen rakenteeseen lämmönvastusta ei saa ottaa huomioon ilman erillistä selvitystä rakenteen käyttäytymisestä.

RakMK C3 asettaa seuraavat lämmönläpäisykertoimien ylärajat:

Ulkoilmaa tai lämmitätöntä tilaa vastaan olevat rakennusosat

Rakennusosa	k (W / m <sup>2</sup> K )	
	Lämmin tila <sup>1)</sup>	Puolilämmin tila <sup>2)</sup>
Seinä	0.28	0.45
Ylä- tai alapohja	0.22	0.45

Maata vastaan olevat rakennusosat

Rakennusosa	k (W / m <sup>2</sup> K )	
	Lämmin tila	Puolilämmin tila <sup>2)</sup>
Alapohja / seinä	0.36	0.45

1) Teollisuusrakennuksessa ja varastossa saa seinärakenteen arvo olla kuitenkin enintään 0.45 W/m<sup>2</sup>K ja yläpohja enintään 0.36 W/m<sup>2</sup>K.

2) Teollisuusrakennuksessa ja varastossa kuitenkin enintään 0.65 W/m<sup>2</sup>K.

## 6.2 Lämpötilat kerroksissa

Lämpötilat kerroksittain homogeenisille rakenteille ajasta riippumattomassa tilassa ratkaistaan kaavasta 6.2.

$$t_x = t_s - \frac{\sum_x m_i}{M} \cdot (t_s - t_u) \quad (6.2)$$

missä

M	= rakenneosan lämmönvastus (kts. kappale 6.1)
$t_s$	= sisäilman lämpötila (°C)
$t_u$	= ulkoilman lämpötila (°C)
$t_x$	= tarkasteltavan pinnan x lämpötila (°C)
$\sum_x m_i$	= kerroksien lämmönvastuksien summa sisältä tarkasteltavaan kerrokseen

## 6.3 Kyllästymiskosteus kerroksissa

Rakenteen kyllästymiskosteus on verrannollinen rakenteen kerroksien lämpötiloihin. Liitteessä 3 on taulukko ilman kyllästymiskosteudesta normaali ilmakedän paineessa (101.325 kN/m<sup>2</sup>). Ohjelma laskee kerroksen i lämpötilan kappaleen 6.2 mukaisesti ja ottaa kyllästymiskosteudeksi lämpötilaa vastaavan arvon. Liitteen 3 mukaiset arvot on tallioitu ASCII-tiedostoon nimeltä *kkvalues.dat*, mikäli tämä tiedosto puuttuu/on tuhouttu, lasketaan kyllästymiskosteus alla olevilla kaavoilla (Euronormin mukaiset arvot, poikkeavat joiltain osin liitteen 3 arvoista):

$$p_{\text{sat}} = 610.5 * e^{((17.269 * \theta) / (237.3 + \theta))} \quad \text{kun } \theta \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ja

$$p_{\text{sat}} = 610.5 * e^{((21.875 * \theta) / (265.5 + \theta))} \quad \text{kun } \theta < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 6.4 Kosteusmäärä kerroksissa

Rakenteen kerroksien kosteuspitoisuus lasketaan kaavasta:

$$\gamma_x = \gamma_s - \frac{\sum_x DV_i}{\sum_n DV_i} \cdot (\gamma_s - \gamma_u)$$

missä

$\gamma_s$	= sisäilman kosteuspitoisuus (g/m <sup>3</sup> )
$\gamma_u$	= ulkoilman kosteuspitoisuus (g/m <sup>3</sup> )
$\gamma_x$	= tarkasteltavan pinnan x kosteuspitoisuus (g/m <sup>3</sup> )
$\sum_x DV_i$	= kerroksien diffuusiiovastusten summa sisäpinnasta tarkasteltavaan kerrokseen
$\sum_n DV_i$	= kerroksien diffuusiiovastusten summa sisäpinnasta ulkopintaan
$DV_i$	= $d_i / \delta_i$ = vesihöyryn vastus kerroksessa i
$d_i$	= kerroksen i paksuus
$\delta_i$	= kerroksen i vesihöyryn läpäisevyys (gm/Nh)

Mikäli kosteusmäärä ylittää kyllästymiskosteuden, tapahtuu kyseisessä alueessa tiivistymistä. Oikea kosteusmääräkäyrä kulkisi silloin kyllästymiskosteuskäyrää pitkin.

## 6.5 Kondensaatio

Ohjelma arvioi kondensaation määrää kaavoilla jotka on esitetty esistandardissa prEN ISO 13788.

## 6.6 Lämpöhäviön laskenta

Ohjelma laskee tarkasteluhetken lämpöhäviön seuraavasti:  
(ainoastaan ulospäin menevä lämpöhäviö huomioidaan)

$$\text{Lämpöhäviö} = k * (\text{sisätilan lämpötila} - \text{ulkoilman lämpötila}) * \text{kesto}$$

Kokonaishäviö on tarkasteluhetkien summa kerrottuna rakenteen pinta-alalla.