Rakennusterveysasiantuntija, RTA

2015-2017

Juha Lappalainen

VALESOKKELIRAKENTEEN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOKORJAUSME-NETELMÄ

– Menetelmän esittely ja vertailu kahteen yleisesti käytettyyn vaihtoehtoon

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

HELSINGIN YLIOPISTO
KOULUTUS- JA KEHITTÄMISPALVELUT

Rakennusterveysasiantuntija

Opinnäytetyön valmistumisajankohta | Sivumäärä

Juha Lappalainen

VALESOKKELIRAKENTEEN KOSTEUS- JA HOMEVAURIOKORJAUSMENETELMÄ

- Menetelmän esittely ja vertailu kahteen yleisesti käytettyyn vaihtoehtoon

Opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä uusi valesokkelin korotuskorjausmenetelmä, joka sopii erityisesti rivitalokohteisiin ja periaatteessa kaikkiin ulkoseinärakenteisiin, joissa ulkoseinän alajuoksupuu sijoittuu lattialaatan pinnan alapuolelle.

Opinnäytetyössä käsitellään ensin kahta valesokkelirakenteen korjauksessa tavallisesti käytettyä menetelmää ja niiden käytössä todettuja lämpöteknisiä ja tiivistämiseen liittyviä haasteita. Esittelyjen jälkeen kuvaillaan uusi menetelmä yksityiskohtaisesti. Menetelmä on alun perin kehitetty todelliseen rivitaloyhtiön kosteus- ja homevauriokorjaukseen ja edelleen kehitetty kohteessa saatujen kokemusten pohjalta. Menetelmästä on tarkoitus jatkossa kehittää kokonaisuus, joka käsittää alajuoksukorjauksen ja höyrynsulkujen tiivistämisen lisäksi myös ohjeistuksen kriittisistä tarkastuskohteista korjausvalvonnan yhteydessä.

ASIASANAT:

Valesokkeli, kosteus- ja homevauriokorjaus, korotuskorjaus, täyttövalu, tiivistyskorjaus, sisäilmakorjaus

Juha Lappalainen

MOLD AND MICROBE DAMAGED FALSE SOCKLE REPAIR METHOD

- Introduction of new method and comparison with two commonly used methods

The purpose of this thesis is to introduce a new external wall's base plate moisture and mold damage repair method that is suitable especially for row house renovation and basically to all outside wall structures that are based below floor level.

The thesis first discusses two presently used base plate repair methods and challenges relating to their thermal insulation capabilities and airtightness. The new method will then be discussed in more detail and will include the repair of vapor barriers in external wall and roof. The method is based on a real life moisture and mold damage renovation plan that has been further developed based on the experience gained during renovaltion.

The plan is to develop a comprehensive repair method not including only base plate, vapor barrier renovation, but also critical inspections and instructions for renovation supervision.

KEYWORDS:

External wall, moisture and mold damage, renovation, indoor air

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO **1**

2 VALESOKKELI **2**

2.1 Valesokkelin rakenne ja fysikaalinen toiminta 3

2.1.1 Rakenteesta tehty malli ja sen kuvaus 5

2.1.2 Betoninen valesokkeli 7

2.1.3 Kevytsoraharkkoinen valesokkeli 11

3 VALESOKKELIN KORJAAMINEN **16**

3.1 Alajuoksupuun korotuskorjaus kevytsoraharkolla muuraamalla 17

3.2 Valesokkelirakenteen korjaaminen termopalkilla ja –kengällä 22

3.3 Uusi korjausmenetelmä: valesokkelin korotuskorjaus lämpöä eristävällä täyttövalulla ja liittymien tiiviyden varmistaminen. 33

3.3.1 Alajuoksupuun korotuskorjaus 38

3.3.2 Yläpohjan tiivistäminen 45

3.3.3 Väliseinien tiivistäinen yläpohjan höyrynsulkuun 46

3.3.4 Huoneistojen välinen seinä 47

3.3.5 Rakennuksen päätyseinien eristetilan ilmantiivistäminen 48

3.3.6 Ilmanvaihto 50

4 LOPUKSI **51**

LÄHTEET **52**

KUVAT

Kuva 1. Valesokkelin tyyppirakenne 1957 julkaistun RT-kortin 820.1 mukaan. 2
Kuva 2. Valesokkelin perusrakenne ja tunnistaminen. */www.hometalkoot.fi/file/15814.pdf/* 4
Kuva 3. Betonisen valesokkelirakenteen malli. 5
Kuva 4. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 8
Kuva 5. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm alajuoksupuun tasolle asti. 9
Kuva 6. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm tiilimuurin alareunan tasolle asti. 10
Kuva 7. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 12
Kuva 8. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm alajuoksupuun tasolle asti. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 12
Kuva 9. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm tiilimuurin alareunan tasolle asti. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 13
Kuva 10. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 18
Kuva 11. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty pelkällä harkkomuurauksella. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 18
Kuva 12. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty harkkomuurauksella ja 50 mm:n XPS-levyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 19
Kuva 13. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuu on jo lähtöjään lämpimämpi kuin betonisokkelin kanssa. 20
Kuva 14. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty pelkällä harkkomuurauksella. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuun lämpötila pysyy kokonaan nollan yläpuolella. 21
Kuva 15. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty harkkomuurauksella ja 50 mm:n XPS-levyllä . Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuu pysyy jo riittävän lämpimänä rakenteen kuivana pysymiseksi. 22
Kuva 16. Termopalkin ja -kengän asennuksen mallikatselmus. 23
Kuva 17. Jatkoksen ilmavuotoreittejä tiivistetty uretaanivaahdolla. 25
Kuva 18. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty 100 mm:n termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 26
Kuva 19. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 27
Kuva 20. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 28
Kuva 21. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Malliin lisätty jatkospellin kevennysreiät. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 29
Kuva 22. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 30

Kuva 23. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Valesokkelimateriaalina kevytsoraharkko. Korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +19˚C ja ulkoilma 0˚C. 31
Kuva 24. Sama huoneisto kuin yllä. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Vasemmalla jatkoksen kohdalla näkyy ilmavuoto kipsilevyn taakse. 31
Kuva 25. Sama huoneisto ja rakenne. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Keskellä jatkoksen kohdalla näkyy ilmavuoto kipsilevyn taakse. 32
Kuva 26. Sama huoneisto ja rakenteena ulkonurkka, eli kahden ulkoseinän liittymä. Lämpökuva vielä kipsilevyttämättömästä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Ulkolämpötila n. 0˚C. 32
Kuva 27. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty EPSCement-täyttövalulla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. 34
Kuva 28. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty EPSCement-täyttövalulla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Rakenteiden mitoitus sama kuin termokengän mallinnuksessa. 35
Kuva 29. Täyttövalumenetelmällä korjattu ulkoseinärakenne takapihan ulko-oven vierestä. Runkotolppa ja oven apukarmi näkyvät haaleasti lämpökuvassa. Sisäilma n. 22˚C ja ulkoilma n. +2 ˚C. 36
Kuva 30. Täyttövalumenetelmällä korjattu ulkoseinärakenne keskeltä pitkää seinää. Runkotolppa näkyy tummempana pystykuviona keskellä kuvaa. Sisäilma n. 23˚C ja ulkoilma n. +2 ˚C. 36
Kuva 31. Huoneiston yläpohja on tuettu holvituilla. 39
Kuva 32. Alajuoksurakennetta on purettu ja tuulensuojalevytystä leikattu oikeaan korkoon. Kuvassa näkyy valesokkelin sijaan tiilimuuri, joka lähtee lattian koron alapuolelta. Kohteessa oli kevytsoraharkoista tehty sokkeli. 40
Kuva 33. Alajuoksupuu, jatkokset ja kulmaraudat asennettuna. 42
Kuva 34. Ulkoseinän höyrynsulun tiivistys alajuoksun alueella sekä lattialaatan ja alajuoksupuun välinen tiivistys. 44
Kuva 35. Ulkoseinän höyrynsulun tiivistäminen alajuoksuun ja ikkunoiden ympärille. 45
Kuva 36. Yläpohjan höyrynsulun tiivistäminen kantavan väliseinän yläjuoksupalkkiin. 46
Kuva 37. Rakennuksen päätyseinän yläosan ilmantiivistys tervapaperilla. Paperin alareuna on teipattu ulomman lämmöneristekerroksen vaakarimaan. 49

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Alajuoksu	Ulkoseinän alin osa, jonka päälle ja sivuille on rakennettu muu seinä. Alajuoksu on kiinnitetty sokkelin pintaan ja siirtää seinän kuormia perustuksille.
Alapohja	Rakennuksen lattian ja sen alapuolinen rakennettu osa perusmaahan asti.
Alustäyttö	Lattialaatan ja alapohjan lämmöneristyksen alapuolinen maatäyttö.

Betoni	Sementistä, vedestä ja runkoaineesta sekoittamalla valmistettu massa, joka kovetuttuaan kestää huomattavia määriä puristusta.
EPS-kevytbetoni	EPS-palloista ja erikoissementistä koostuva valumassa, joka toimii samalla kantavana ja lämmöneristävänä kerroksena.
HEAT2	Lämmön siirtymisen mallintamiseen kehitetty ohjelma.
Homevaurio	Liiallisesta kosteusrasituksesta seuraavan mikrobikasvuston kehittyminen materiaalin pinnalle.
Höyrynsulku	Ulkoseinän ja yläpohjan lämpimälle puolelle yleensä pintaverhouksen taakse asennettava, kosteuden liikkeitä estävä materiaalikerros. Höyrynsulun tehtävä on estää kosteuden kulkeutuminen ulkoilman vastaisiin rakenteisiin.
Kapilaarisuus	Materiaalin kyky siirtää vettä ohuissa materiaalihuokosputkissa vaikuttavien kapilaarivoimien vaikutuksesta huokosputkien täyttyessä kokonaan vedellä. */RIL 255-1-2014/*
Kevytsora	Luonnon savesta polttamalla valmistettava keraaminen tuote. Poltossa savi paisuu ja muotoutuu pyörivän uunin liikkeen vaikutuksesta pinnaltaan sintraantuneiksi rakeiksi. */RIL 255-1-2014/*
Kevytsoraharkko	Kevytsorasta sementin ja veden kanssa valettu harkko.
Kosteusvaurio	Materiaalin kestävyyden ylittävän kosteusmäärän aiheuttama vaurio. Johtaa yleensä homevaurioon.
Lämmöneristys	Lämpöenergian liikettä hidastava materiaali.
Lämmönjohtavuus (λ)	Ilmoittaa lämpömäärän, joka stationääritilassa läpäisee aikayksikössä pinta-alayksikön suuruisen ja pituusyksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen, kun ainekerrosten eri puolilla olevien ilmatilojen lämpötilaero on yksikön suuruinen */RIL 255-1-2014/*
Mineraalivilla	Yleisin asuinrakennuksissa käytetty lämmöneristemateriaali. Mineraalivilla voi olla tehty lasista tai kiviaineksesta.
Perusmuuri	Rakennuksen painon kantavan perustuksen maa alapuolinen osa
Runkotolppa	Alajuoksun päälle pystyyn asennettu, yleensä puinen tolppa, joka siirtää yläpohjan kuorman alajuoksun kautta perustuksille.
Sokkeli	Rakennuksen painon kantavan perustuksen maan päälinen osa
Ulkoseinä	Rakennuksen sisätilat ulkoilmasta erottava seinärakenne.

Valesokkeli	1960-1990-luvuilla käytetty rakenne, jossa sokkelin ulkopuolelle näkyvä osuus ulottuu korkeammalle kuin ulkoseinän kantavan rungon alla oleva sokkelin pinta. Ulkoseinän alajuoksupuu sijoittuu valesokkelissa tyypillisesti 150-200 mm lattiapinnan alapuolelle.
Vierustäyttö	Sokkelin ja perusmuurin viereinen maatäyttö rakennuksen ulkopuolella.
Väliseinä	Rakennuksen huoneet/tilat toisistaan erottava seinärakenne.
Yläjuoksu	Runkotolppien päälle vaakaan asennettava rungon osa, jonka päälle asennetaan kattotuolit ja joiden kuorman yläjuoksu jakaa runkotolpille.
Yläpohja	Sisätilojen yläpuolinen osa aluskatteeseen asti.

1 JOHDANTO

Omakotitaloihin ja erityisesti rivitaloissa on 1960 - 1980 luvuilla yleisesti käytetty valesokkelirakennetta, jossa sokkelin ulospäin näkyvä sivu ulottuu korkeammalle kuin ulkoseinän rungon alapuolinen osa. Ulkoseinän kantava puurunko on tyypillisesti perustettu 150-200 mm lattian pinnan alapuolelle ja alajuoksupuun alapinta on maanvaraisen lattialaatan kohdalla yleensä samalla tasolla alustäytön yläpinnan kanssa. Rakenneratkaisusta johtuen suuri osa 1970 ja -80 -luvuilla rakennettujen talojen ulkoseinien alajuoksurakenteista alkavat olemaan peruskorjauksen tarpeessa. Rakenteen kautta on tyypillisesti olemassa myös maaperäyhteys alustäytön ja sisäilman välillä, joka rakenteiden ikääntyessä aiheuttaa sisäilmaongelmia asukkaille.

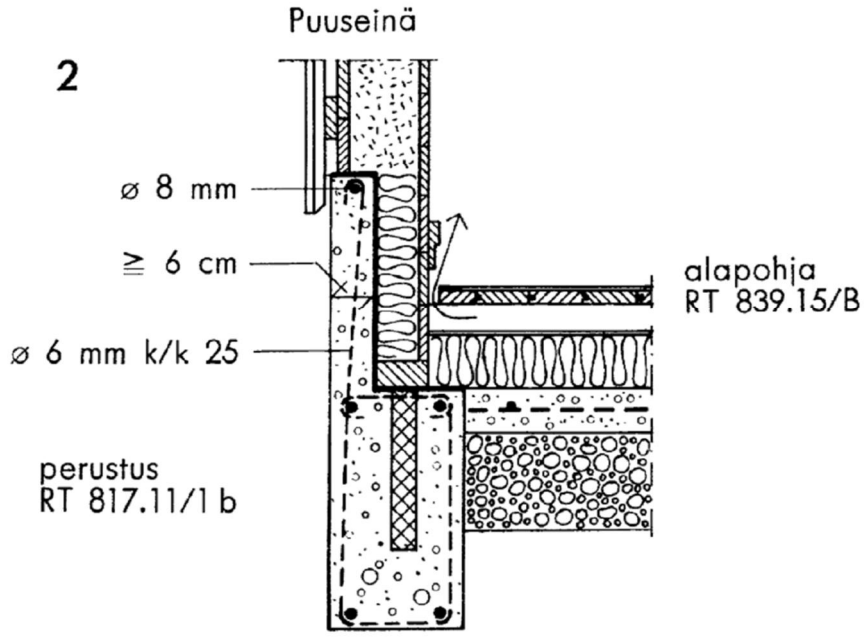
Päättötyön aihe on muotoutunut korjaussuunnittelun yhteydessä syntyneestä tarpeesta kehittää muita nykyisin käytössä olevia menetelmiä yksinkertaisempi, halvempi ja nopeampi menetelmä. Samalla tavoitteena oli kuitenkin myös korjatun rakenteen lämpimyyden, tiiviyden ja kestävyyden varmistaminen. Työvaiheita tulee näiden vaatimusten lisäksi olla mahdollisimman vähän ja jokainen työvaihe pitää pystyä tekemään kerralla loppuun.

Menetelmää on kehitetty urakoitsijana toimivan Sisäilmasaneeraus Laitinen Oy:n kanssa, menetelmällä on tähän mennessä korjattu toista kymmentä huoneistoa ja kehityksen aikana on tehty kaksi menetelmäpatenttihakemusta, FI20175009 ja FI20175256. */Sisäilmasepät Oy/*

2 VALESOKKELI

Valesokkelia on käytetty yleisesti 1960-1990-luvuilla.rakennuksissa, joissa lattian pinta on haluttu saada mahdollisimman lähelle maan pintaa. Maan pinnan läheisyyden vuoksi julkisivuverhous olisi sijoittunut liian lähelle maan pintaa, jolloin verhouksen alareuna on nostettu korkeammalle jatkamalla sokkelin ulkoreunaa julkisivuverhouksen alapuolella muuta perustusta korkeammalle. Rakenteeseen kuuluu myös ulkoseinän alajuoksupuun sijoittuminen lattiapinnan alapuolelle, jolloin se voi sijoittua myös rakennusta ympäröivän maanpinnan alapuolelle.

Rakenteesta on ollut käytössä RT-kortti ” RT-820.1, Ulkoseinän alaosa maanvaraisalapohjaisissa rakennuksissa” vuodelta 1957. Kortti on peruutettu vuonna 1993, eli rakennetta on tehty yleisesti hyväksyttynä ratkaisuna n. 36 vuotta. Rakenteen tiedettiin olevan kosteustekniseltä toiminnaltaan heikko jo 1950-luvulla, sillä RT-kortissa oli maininta rakenteen taipumuksesta kondensoida kosteutta sisäpinnalleen. *”Purutäytteen tai muun lahoavan täytteen käyttöä alaosassa on vältettävä koska seinän betonipinnassa ajoittain saattaa esiintyä vesihöyryn tiivistymisestä kondenssimuodostunutta vettä, joka lahottaisi sen.” /RT 820.1/. Kuvakaappaus RT-kortin ohjeistamasta valesokkelirakenteesta alla (kuva 2.).*



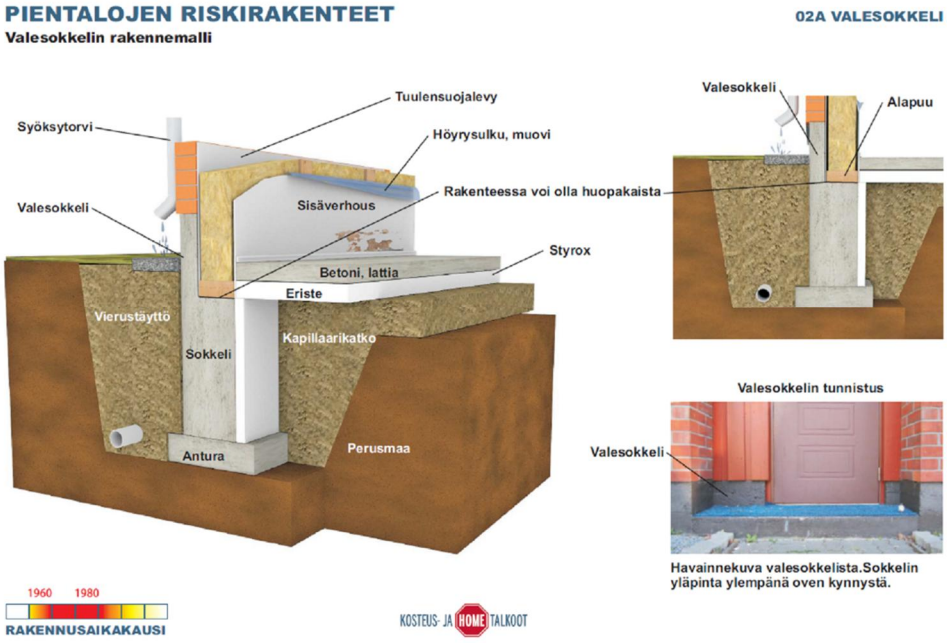
Kuva 1. Valesokkelin tyyppirakenne 1957 julkaistun RT-kortin 820.1 mukaan.

2.1 Valesokkelin rakenne ja fysikaalinen toiminta

Valesokkelirakenne on tavallisesti tehty joko valamalla betonista tai muuraamalla kevytsoraharkoista. Alla havainne kuva Hometalkoiden ”tutki ja tunnista riskirakenne” –diasarjasta (Kuva 2.). Julkisivun ja alapohjan lattiarakenne voivat vaihdella kohteesta riippuen, mutta niiden vaikutus valesokkelin toimintaan on marginaalinen, joten niihin ei tässä työssä oteta kantaa kuin sokkelirakenteeseen liittyvin osin. Tyypilliset tutkitusta kohteesta toiseen toistuneet ja eniten vikaantumiseen vaikuttaneet rakenteet ovat:

- sokkeli, jolla siirretään rakennuksen kuorma maaperään. Varsinaisen sokkelin yläpinta sijoittuu samaan korkoon alustäytön hiekan yläpinnan kanssa. Betoninen sokkeli aiheuttaa huomattavan suuren kylmäsillan ja kosteuden nousureitin rakenteisiin, mikäli sitä ei ole lämmöneristetty ulkopuolelta.
- julkisivuverhouksen ja varsinaisen sokkelin välissä sokkelin korotus (valesokkeli), jolla verhouksen alareuna saadaan nostettua korkeammalle maan pinnasta. Valesokkeli aiheuttaa huomattavan suuren kylmäsillan rakenteeseen. Valesokkelin aiheuttamaa kylmäsiltaa ei pystytä julkisivumuurin tapauksessa katkaisemaan edes ulkopuolisella lämmöneristyksellä.
- puurunko, joka on perustettu varsinaisen sokkelin yläpinnasta ja yleensä 15-20 cm lattiapinnan alapuolelta. Alajuoksu-/alaohjauspuu sijaitsevat tavallisesti suorassa maaperäyhteydessä sekä huomattavan kylmässä ja kosteassa kohdassa rakennetta.
- alapohja, jonka alustäytöstä/eristetilasta on ilmayhteys ulkoseinän alajuoksurakenteisiin ja jossa käytetty lämmöneristys estää asuintilojen lämmön siirtymistä ulkoseinän alajuoksupuun alueelle.

Yllä mainittujen rakenteiden vikaantuessa vaurioista irtoavat epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan ulkoseinärakenteen epätiiviyskohtien sekä ulkoseinän ja lattialaatan liittymän kautta. Mikäli höyrynsulku on riittävän tiivis ulkoseinän ja alapohjan liittymässä, hajut voivat kulkeutua sisäilmaan pistorasioiden, lämmityspatterien läpivientien ja höyrynsulun/levytyksen saumojen kautta.

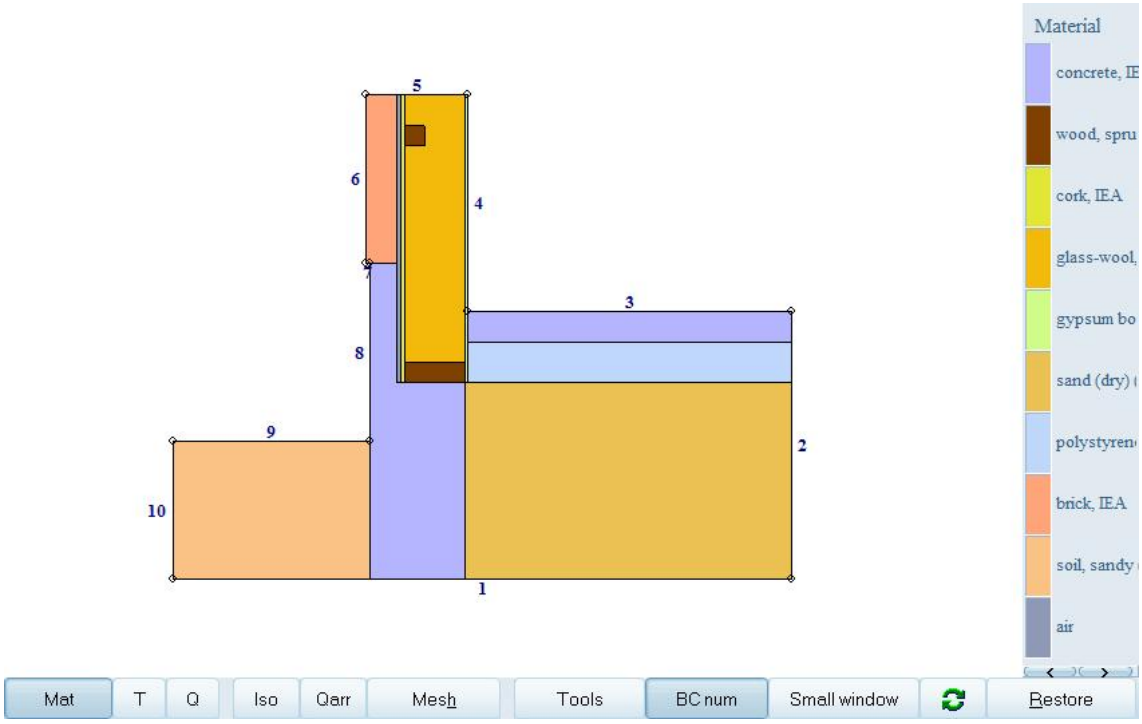


Kuva 2. Valesokkelin perusrakenne ja tunnistaminen. */Hometalkoot 2015/*

Eri materiaaleista rakennettujen valesokkelimallien fysikaalisessa toiminnassa on huomattavia eroja, joista johtuen niiden vauriomekanismitkin poikkeavat toisistaan. Lopputyössä käsitellään selkeyden vuoksi ainoastaan muuratulla julkisivulla tehtyä valesokkelirakennetta. Ainoat valesokkelin kosteuden kannalta oleelliset erot paneloidun ja muuratun julkisivun välillä ovat rakenteen muodostamassa kylmäsillassa ja julkisivun ilmanpitävyydessä */Juha Lappalainen 2016/*. Paneloidun julkisivun kohdalla sokkelin ulkopinnan lisälämmöneristämisellä saadaan huomattavasti parempi tulos kuin muuratun julkisivun kanssa, sillä tiilimuuri aiheuttaa lisälämmöneristyksen kiertävän kylmäsillan. Paneloitu julkisivu on helposti myös muurattua epätiiviimpi valesokkelin ja paneloinnin liittymä kohdalla ja korvausilmaa pääsee helpommalla virtaamaan ulkoseinärakenteisiin. Itse valesokkelin käytös on pitkälti sama molemmilla julkisivuratkaisuilla.

2.1.1 Rakenteesta tehty malli ja sen kuvaus

Kuvassa 3. esitellään HEAT2 v10.11 lämpöjakauman laskentaohjelmalla mallinnettu leikkaus valesokkelirakenteesta */Blocon Sweden 2017/*. Kuva mallintaa tilannetta, jossa lämpövirrat ovat vakiintuneet, rakenteet oletetaan kuiviksi eikä ilmavirtojen vaikutusta rakenteissa huomioida. Kuvan tulkinnassa pitää huomioida, että lämpöjakauma erityisesti mallin nurkkausten kohdilla vastaa todellisuutta. Esimerkiksi sisäpuolen pintojen lämpötilaksi on annettu +20˚C, jolloin myös lattian ja seinän liittymä on mallissa saman lämpöinen. Todellisuudessa liittymän kautta kulkee hieman enemmän lämpöä seinärakenteisiin ja liittymän pintalämpötila on siksi hieman matalampi kuin ehjällä seinällä. Myöskään seinässä olevat, yksittäiset kapeat kylmäsillat eivät mallissa aiheuta seinän ulkopinnalle lämpimämpää kohtaa, kuten todellisuudessa. Rakenteen sisällä oleva lämpöjakauma on kuitenkin todellisuutta vastaava.



Kuva 3. Betonisen valesokkelirakenteen malli.

Kuvan 3. mukaisessa mallissa käytetään tuulensuojalevyn materiaalina korkkia, jonka lämmönjohtavuus on lähellä tuulensuojalevyn lämmönjohtavuutta. Käytetyt lämmönjohtavuudet ovat mallintamisohjelman tietokannassa valmiina olevat:

- Betoni λ=0,27 W/(mK)
- Puu, mänty syitä vastaan λ=0,1255 W/(mK)
- Korkki, λ=0,042 W/(mK) (Huntonin tuulensuojalevyn lämmönjohtavuudeksi ilmoitetaan λ=0,05 W/(mK). Materiaalikerros on kuitenkin niin ohut, että ero ei ole merkittävä.)
- Lasivilla, λ=0,033 W/(mK)
- Kipsilevy, λ=0,1 W/(mK)
- Kuiva hiekka, λ=0,3347 W/(mK)
- EPS-levy, λ=0,033 W/(mK)
- Tiili, λ=0,45 W/(mK)
- Hiekkainen maa, λ=0,5858 W/(mK)
- Ilma, λ=0,0251 W/(mK)

Rakenteet on mallinnettu 10 mm:n jaolla. Ulkoseinän rakenne on seuraava:

- Kipsilevy, 10 mm
- Runko 100+50 mm
    - Mineraalivilla 100+50 mm
- Tuulensuojalevy 10 mm
- Ilmarako 10 mm
- Tiilimuuri 80 mm
- Valesokkeli 70 mm
- Sokkeli 240 mm

Alapohjarakenne:

- Betonilaatta 80 mm
- EPS-levytys 100 mm
- Alustäyttö, kuiva hiekka

Ulkoilman lämpötilaksi on valittu -10 ˚C ja sisälämpötilaksi +20 ˚C.

Annetuilla arvoilla saadaan alla oleva lämpöjakauma:

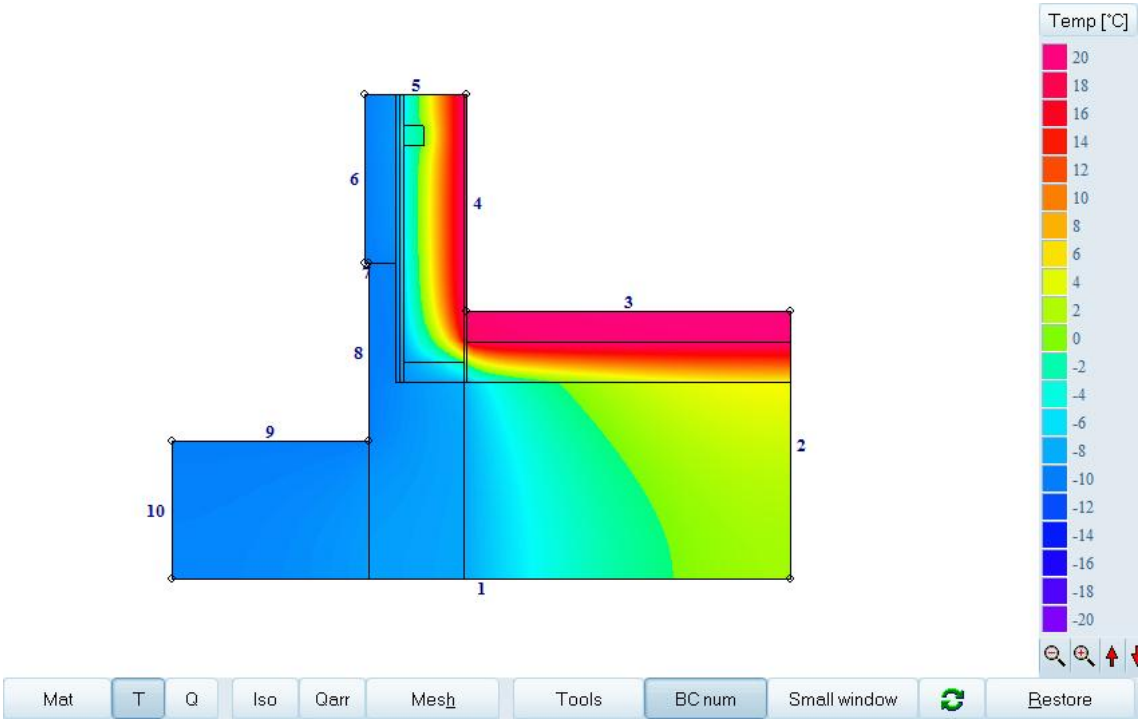
2.1.2 Betoninen valesokkeli

Betoninen valesokkeli nostaa rakenteessaan olevista kapilaarisista kanavista johtuen kosteutta kapilaarisesti huomattavasti enemmän kuin harkkomuuri, jossa vastaavia kanavia ei ole. Maaperästä nouseva kosteus voi yksinään aiheuttaa puurungon alajuoksun alueen vaurioitumisen, mikäli alustäyttöön tai sokkelin vierustäyttöön pääsee kosteutta esim. puutteellisen tai huonosti toimivan salaojituksen vuoksi. Betoni on lisäksi massiivinen materiaali (n. 2000 kg/m^3) */RakMk 2003, C4/* ja siksi hidas muuttamaan lämpötilaansa ympäristön mukaan */RIL* 255-1-2014/. Suuret lämpötilan muutokset voivat aiheuttaa kondenssia betonin pinnalle tai valun sisään riippuen muutoksen suunnasta. Sokkeliin vaikuttaa ainakin seuraavia lämpökuormia */Juha Lappalainen 2016/*:

- Ympäristön lämpötilan noustessa nopeasti, betonisokkelin lämpötila muuttuu viiveellä, jolloin ympäröivän ilman sisältämä kosteus voi kondensoitua sokkelin pintaan ja kastella rakenteita.
- Ympäristön lämpötilan kylmetessä nopeasti, sokkelibetonin ilmahuokosissa oleva kosteus voi kondensoitua ja aiheuttaa rakenteen kastumisen. Esimerkiksi, sokkelibetonin ollessa lämpötilaltaan +20 astetta ja sen ilmahuokosten suhteellinen kosteuden ollessa RH 90 %, huokosten absoluuttinen kosteus on 15,56 g/m^3. Betonin lämpötilan laskiessa 0 asteeseen ilmahuokosiin mahtuu kosteutta enää 4,48 g/m^3. Mikäli lämpötilan pudotus tapahtuu esimerkiksi parin päivän aikana, absoluuttisten kosteusmäärien erotus poistuu huokosilmasta kondenssina, joka muodostuu huokosten seinämiin ja kastelee betonin.
- ulkopuolelta tuleva lämpökuorma esim. auringon lämmitysvaikutuksena aiheuttaa sokkelin ulkopinnan lämpenemistä ja betonissa olevan huokosilman laajenemista. Sokkelin pinta voi lämmetä jo maaliskuun loppupuolella yli +30 asteiseksi, jolloin myös sokkelin ulkopinnan alla huokosissa oleva kosteus ja ilma lämpenevät ja ajavat laajetessaan syvemmällä olevaa ilmaa ja kosteutta syvemmälle seinärakenteeseen. Mikäli sokkelibetoni on syvemmältä vielä riittävän kylmää, kosteus kondensoituu huokosten seinämiin ja betoni kastuu. Kosteus voi myös purkautua sokkelin kylmältä puolelta seinärakenteisiin tai alustäyttöön.

Ulkoseinän alajuoksupuu sijaitsee valesokkelirakenteessa alueella, johon vaikuttavat kaikki yllä mainitut tapahtumat. Betoninen sokkeli hidastaa lisäksi alajuoksupuun alueen

lämpötilan muutoksia, jolloin myös alajuoksupuun pinnassa voi tapahtua kondenssia. Tämä näkyy yleensä kondenssijälkinä puun pinnassa. Puu itsessään voi olla mekaanisesti täysin kunnossa, mutta kosteus on aiheuttanut kapilaarikatkoon ja puun pintaan kasvuston muodostusta.

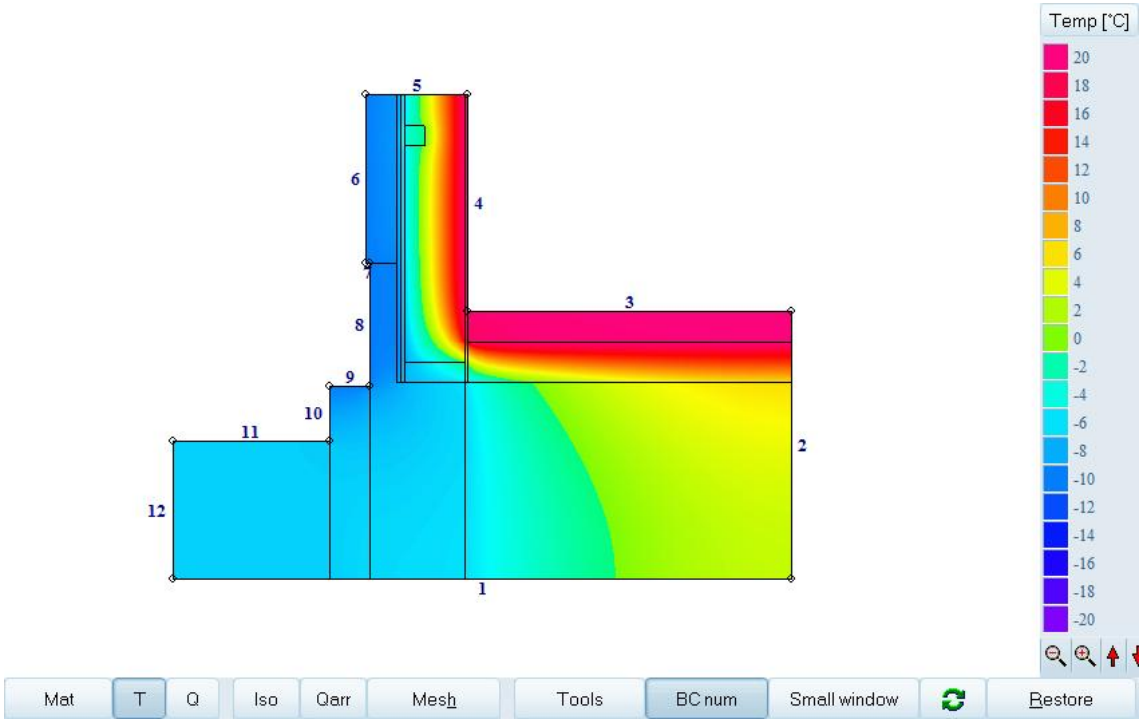


Kuva 4. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

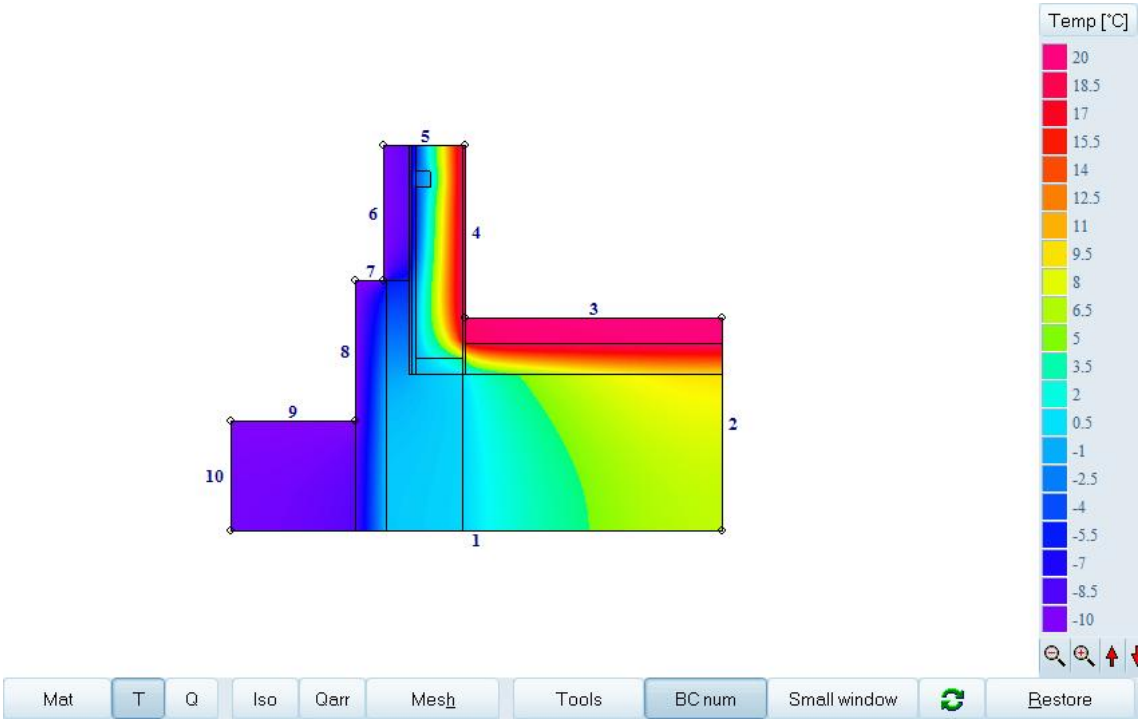
Kuvasta 4. näkyy, miten talviaikaan sokkelin ja alajuoksupuun lämpötilat ovat kokonaan nollan alapuolella ja kylmä ulottuu melko pitkälle alapohjaan. Sokkelin ja sen vierustan ollessa kylmänä, lämpö- ja kosteusvirta ovat rakennuksen alta reunoille päin. Kosteuden siirtyessä kylmemmälle alueelle se kondensoituu alustäyttöön ja sokkelin kylkeen, josta se maaperän ja sokkelin lämmetessä pääsee siirtymään sokkelibetoniin ja tuulettumaan alapohjalaatan ja sokkelin välisestä raosta ulkoseinän eristetilaan.

Usein alapohjan ja sokkelin pitämiseksi lämpimämpänä suositellaan sokkelin ulkopintaan asentamaan lämmöneristyskerros. Betoninen valesokkeli toimii kuitenkin niin massiivisena kylmäsiltana, että ulkopuolisella lämmöneristyksellä ei ole suurta vaikutusta rakenteiden kylmenemiseen.

Seuraavana esitetään HEAT:lla tehdyt mallinnukset lämpöjakaumakuvasta (kuva 4.) johon on lisätty 100 mm EPS-levytys sokkelin kylkeen. Ensimmäisessä alajuoksun tasolle asti ja toisessa tiilimuurin alareunaan asti.



Kuva 5. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm alajuoksupuun tasolle asti.



Kuva 6. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm tiilimuurin alareunan tasolle asti.

Kuvien 5. ja 6. perusteella huomataan, että tiilimuurilla toteutettu julkisivu aiheuttaa betonisen valesokkelin kanssa kylmäsillan, jota ei voida kunnolla katkaista ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä ja alajuoksupuu jää aina kylmäksi. valesokkelin osittainen lämmöneristys ainoastaan siirtää 0-asteen rajaa hieman lähemmäs sokkelia rakennuksen alla. Kun EPS-levytys nostetaan tiilimuurin alareunan tasolle, saadaan alajuoksupuu pysymään aavistuksen plussan puolella. Voidaan miettiä, saadaanko lisälämmöneristämisestä oikeasti hyötyä, sillä ensimmäinen vaihtoehto ei juurikaan eroa alkuperäisestä ja jälkimmäisessä tapauksessa kosteus pääsee itseasiassa liikkumaan alajuoksupuun alueella runsaampana ja todennäköisesti lisää kondenssin määrää ja kosteusrasitusta. Yllä olevien lämpöjakaumien perusteella voidaan todeta, että rakenne hyvin todennäköisesti kondensoi ja mahdollisesti muodostaa jäätä alajuoksupuun alueelle joissain vaiheissa vuotta.

Betoninen valesokkeli on itsessään erittäin tiivis, eikä mahdollista alajuoksupuun alueelle kulkeutuvan kosteuden siirtymistä sokkelin läpi tehokkaasti, kosteus kertyy herkästi alajuoksupuun alueelle ja voi aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioitumista. Koska valesokkelirakenteen valta-aikana ei tavallisesti kiinnitetty huomiota höyrynsulun tai

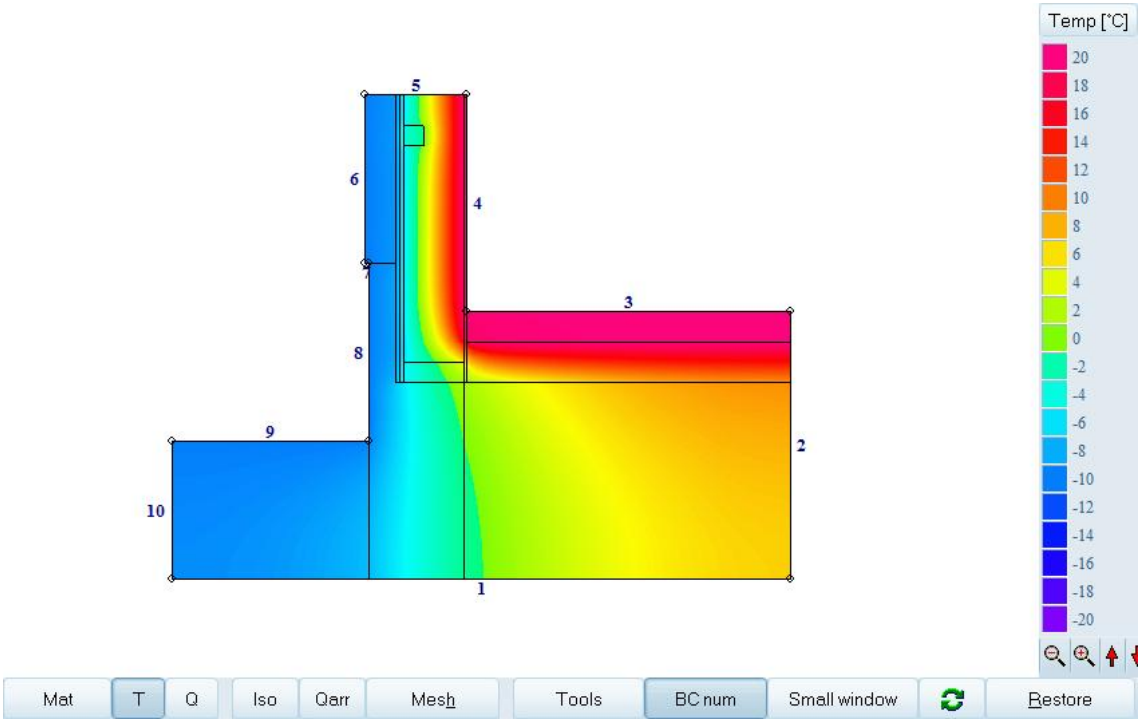
rakenteiden liittymien tiiviyteen, kosteus on päässyt tuulettumaan rakenteiden kautta virtaavan korvausilman mukana sisätiloihin. Ilmavirran avulla rakenne on pysynyt ainakin jossain määrin kuivana sekä toimivana, vaikkakin kylmänä.

Mikäli rakenteeseen tehdään yksittäinen muutos tiivistämällä lattialaatan ja pintaverhouslevyn tai lattialaatan ja mahdollisen höyrynsulkumuovin/-paperin välinen liittymä, valesokkelin alue ei enää tuuletu tehokkaasti ja kosteus pääsee kertymään rakenteisiin suuremmissa määrin kuin ennen tiivistämistä. Seurauksena on yli 20 vuoden aikana jo valmiiksi rasittuneen rakenteen lisääntynyt kosteusrasitus ja erittäin suurella todennäköisyydellä alajuoksupuun alueen nopeutunut kosteus- ja mikrobivaurioituminen.

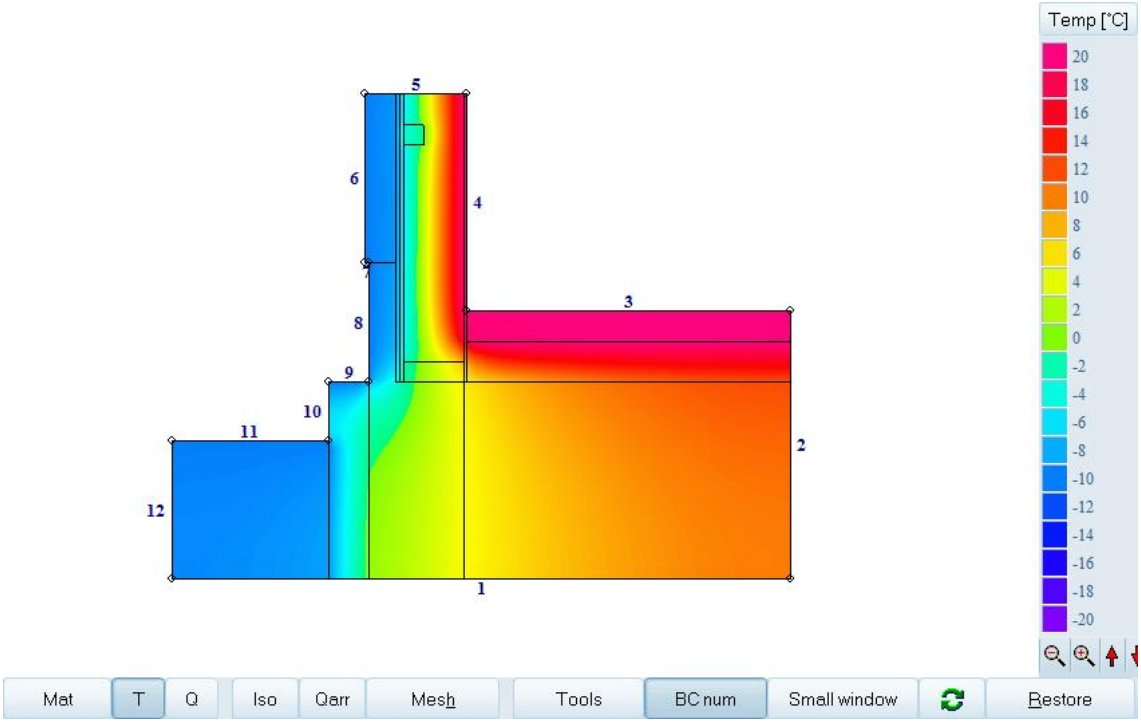
2.1.3 Kevytsoraharkkoinen valesokkeli

Kevytsoraharkon massa on noin neljännes betonista (650 kg/m^3) */Rakentamismääräykset, C4/* ja se kostuu sementin avulla yhteen valetusta kevytsorasta, eli paisutetusta savesta. Harkkorakenteen lämmöneristyskyky on huomattavasti betonista parempi (Kevytsoraharkon lämmönjohtavuus 0,24 W/(mK), kun betonilla 1,7 W/(mK)) /RakMk 2003, C4/, jolloin valesokkelirakenteen lämpötilan vaihtelu on hitaampaa ja hallitumpaa. Lisäksi harkkorakenne sisältää huomattavasti enemmän ilmaa ja rakenteen kosteuskapasiteetti on huomattavasti parempi sekä kosteuden haihtuminen tehokkaampaa kuin betonilla. Harkon rakenteessa ei ole kapilaarisia huokosia, jolloin itse harkko ei nosta kosteutta kapilaarisesti. Ainoa osa kevytsoraharkkomuurissa, joka pystyy varsinaisesti nostamaan kosteutta kapilaarisesti, on saumalaasti. Saumalaasti on verrannollinen betonin kosteusteknisiin ominaisuuksiin ja voi nostaa kosteutta rakenteessa toista metriä.

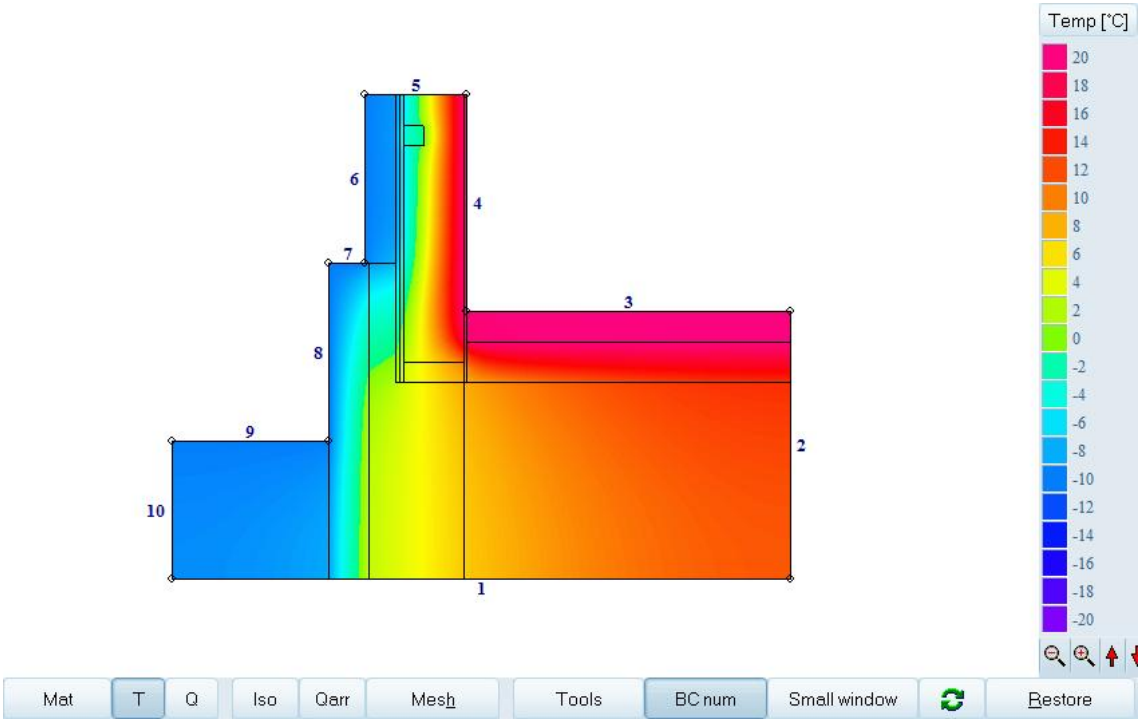
Alla esitetään vastaavat mallinnukset kevytsoraharkoista muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakaumasta kuin yllä betonisesta valesokkelirakenteesta:



Kuva 7. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.



Kuva 8. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm alajuoksupuun tasolle asti. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.



Kuva 9. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun sokkelin ulkopintaan on lisätty EPS-eriste 100 mm tiilimuurin alareunan tasolle asti. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Kuvien 7., 8. ja 9. perusteella nähdään, että kevytsoraharkosta tehty valesokkelirakenne on jonkin verran paremmin lämpöä eristävä ja alajuoksupuu pysyy muutaman astetta lämpimämpänä kuin betonisessa valesokkelissa. Koska runkorakenne on itsessään lämpöä eristävä, eikä valesokkeli muodosta niin massiivista kylmäsiltaa kuin betoni, lisälämmöneristyksellä voidaan alajuoksupuun alue saada merkittävästi lämpimämmäksi kuin betonin kanssa.

Kevytsoraharkko edellyttää kuitenkin toimiakseen harkkomuurin pintojen tasoittamista umpeen, ettei ilma pääse virtaamaan rakenteen läpi ja viilentämään rakennetta. Tähän mennessä vastaan tulleiden kohteiden perusteella harkkosokkeli on tavallisesti pinnoitettu ulkopuolelta maan pinnan yläpuoliselta osuudelta, mutta ei maan pinnan alapuolelta tai alustäytön vastaisilta pinnoiltaan. Sokkelin maanvastasien osuuden tyypillisimmät pintaa vasten olleet materiaalit ovat olleet multainen vierustäyttö, joka on painettu suoraan harkkosokkelin raakapintaa vasten ja sokkelinvieruslevy/patolevy suoraan harkon raakapintaa vasten. Patolevyn kohdalla sokkelin vieressä on erittäin

tehokas korvausilmareitti, sillä patolevy pitää harkon kyljen avoimena ja hyvin ilmaa läpäisevänä.

Tasoitteen puuttumisen vuoksi ilma pääsee kulkemaan melko kevyesti harkkomuurin läpi ja maaperästä on hyvin toimiva ilmayhteys rakenteisiin sekä sisäilmaan. Ilmayhteys tuulettaa harkkosokkelin läpi maaperästä nousevan kosteuden melko tehokkaasti seinärakenteisiin ja sisätiloihin. Yllä olevista mallinnuksista nähdään, että vaikka alajuoksupuun lämpötila onkin korkeampi kuin betonisen valesokkelin kanssa, lämpötila pysyy kuitenkin niin matalana, että rakenteisiin maaperästä diffusiivisesti nouseva kosteus riittää pitämään rakenteissa olevan ilman suhteellisen kosteuden riittävän korkeana mikrobikasvuston muodostumiselle.

Esimerkkinä voidaan miettiä ilman suhteellisen kosteuden muutoksia maaperästä kulkeutuvan kosteuden osalta. Alustäytöstä kulkeutuvan ilman suhteellinen kosteus on heikosti toimivan salaojituksen yhteydessä helposti RH 100 %. Maaperän lämpötilaksi voidaan Kuvasta 7. ottaa +5˚C, jolloin ilma sisältää vettä 6,8 g/m^3 */Rakennusfysiikka, Unto Siikanen, taulukko 4.2., ilman suhteellinen kosteus/*. Kun alustäytöstä harkkomuurin ja alapohjan välistä nouseva ilma siirtyy alajuoksupuun alueelle, ilman lämpötila mallinnuksen mukaan nousee alajuoksupuun alueella enimmilläänkin +10˚C:een, jolloin suhteellinen kosteus on vielä n. RH 70%. Kun kohdassa huomioidaan rakenteen heikko ilmatiiviys ja todellisuudessa rakenteen kautta kulkeva korvausilma, maaperästä nousevan ilman lämpötila itseasiassa laskee ja suhteellinen kosteus kasvaa ilmavirtojen sekoittuessa alajuoksupuun läheisyydessä. Tämä tarkoittaa, että erityisesti viileään vuodenaikaan alajuoksupuun pintojen kosteusrasitus on ilmankosteuden vuoksi varsin korkea.

Tekemieni kevytsoraharkkoisten valesokkelirakenteiden kosteus- ja homevauriotutkimusten yhteydessä alajuoksupuu onkin tyypillisesti ollut mekaanisesti ja kantavuuksiltaan täysin moitteettomassa kunnossa. Puun pinta on kuitenkin ollut näkyvästi tai näytteen mukaan kosteusvaurioitunut ja haista erittäin voimakkaasti mikrobiperäiseltä.

Mikäli kevytsoraharkosta tehtyä valesokkelirakennetta lähdetään korjaamaan pelkällä tiivistyskorjauksella ja seinän sekä lattialaatan väli tiivistetään lattialaatasta sisäverhouslevyn pintaan tai höyrynsulkuun, rakenteen tuulettuvuus heikkenee ja kosteus tasaantuu lähemmäs maaperän suhteellisen kosteuden tasoa ja alajuoksupuun vaurioituminen voi olla erittäin nopeata.

Yhteenvetona kuvailluista valesokkelirakenteista voidaan todeta, että molempien rakenteiden kohdalla maaperäyhteys alajuoksurakenteeseen ja alajuoksurakenteen kosteus- ja mikrobivaurioituminen on enemmän ominaisuus kuin vika. Alustäytön kanssa samaan korkoon sijoitetun ulkoseinän alajuoksupuun vuoksi maaperäyhteys sisätiloihin riippuu ainoastaan höyrynsulun asennuksen sekä lattialaatan ja sisäverhouslevyn välisen raon tiiviydestä.

3 VALESOKKELIN KORJAAMINEN

Valesokkelirakenteen kosteus- ja homevauriokorjauksessa rakenteiden korjaussuunnittelemisessa tulee erityisesti huomioida uuden ratkaisun tiiviys, sillä alustäyttöä ei useimmiten kannata lähteä vaihtamaan ja rakenteisiin jää vanhaa mikrobipitoista materiaalia. Tiiviyden jälkeen oleellinen ominaisuus on riittävä kantavuus ja kolmantena riittävä lämmöneristävyys, jolloin uusi alajuoksurakenne saadaan pysymään riittävän lämpimänä ja kuivana.

Lämpöteknisesti uusi alajuoksupuu tavallaan nostetaan pois esitetyissä malleissa näkyvästä lämpöjakauman ”mutkasta”. Alajuoksu siirtyy lähemmäs rakenteen sisäpintoja ja samalla lähemmäs lämpimiä tiloja.

Kaikissa vaihtoehtoisissa alajuoksun korotuskorjausmenetelmissä on karkeasti seuraavat työvaiheet /Juha Lappalainen 2017/:

1. Ulkoseinän alaosan purkaminen julkisivumuuriin takapintaan ja sokkelin yläpintaan asti
2. Pintojen puhdistaminen
3. Korotuksen tekeminen valitulla menetelmällä
4. Uuden rungon asentaminen korotuksen päälle
5. Rungon lämmöneristäminen
6. Höyrynsulun ja pintalevytyksen asentaminen

Tässä lopputyössä ei puututa kosteus- ja homevauriokorjauksen pölynhallintaan tai puhdistuksiin. Halutessa kannattaa tutustua Hometalkoot.fi-sivustoon ja sieltä löytyviin korjausten aikaisiin ohjeistuksiin.

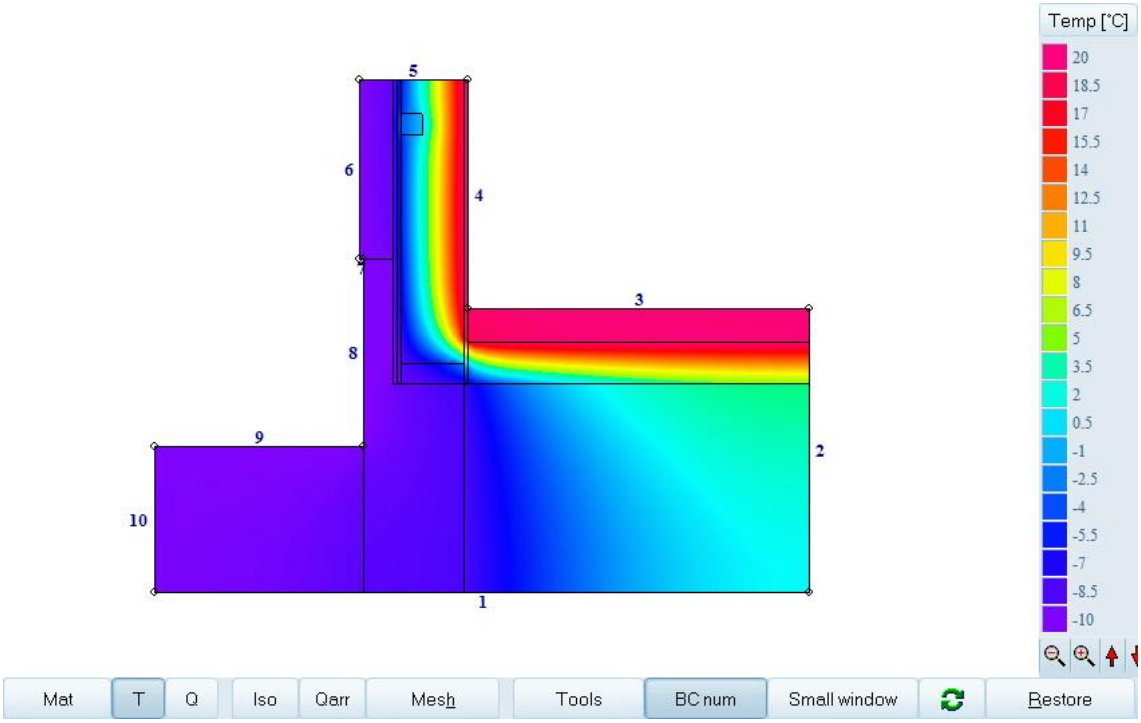
Koska puhdistettuun uraan tehtävä korotus on ainoa kohta, jossa menetelmät varsinaisesti poikkeavat toisistaan, keskitytään kahden ensimmäisen menetelmän tarkastelussa tähän rakenteeseen. Uutta menetelmää kuvaillaan pitkällisemmin, sillä siihen liittyy oleellisesti myös höyrynsulun tiivistäminen.

3.1 Alajuoksupuun korotuskorjaus kevytsoraharkolla muuraamalla

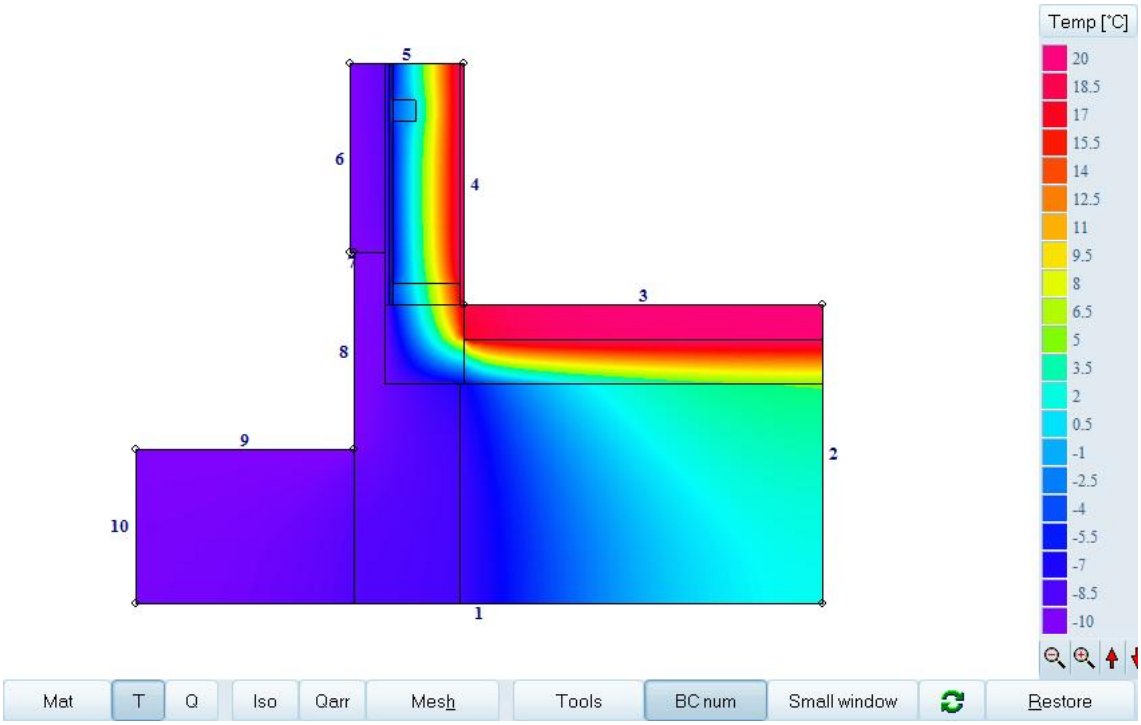
Kevytsoraharkon puristuslujuus on eri valmistajien ilmoittamina välillä 2,3-3 N/mm^2, eli ne kestävät normaalin rivitalotyyppisen kaksikerroksisenkin rakennuksen kuormat. Harkko on kuitenkin rakenteensa vuoksi erittäin epätiivis ja tämä aiheuttaa tiettyjä rajoituksia sen käyttömahdollisuuksiin. */http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf/*

Alajuoksupuuta puretaan pois kahdesta kolmeen tolppaväliä kerrallaan. Alajuoksun poistamisen ja muodostuneen uran puhdistamisen jälkeen uran pohjalle muurataan kerros kevytsoraharkkoja. Harkkojen koko pyritään valitsemaan uran mittojen mukaan. Ulkoseinän kohdalle muodostuva ura on yleensä 120-200 mm leveä ja 180-200 mm syvä, jolloin normaali 190 mm korkea harkko yleensä sopii tarkoitukseen. Kun ensimmäinen osuus on saatu muurattua, laastin annetaan kovettua ja uusi alajuoksurakenne rakennetaan harkon päälle. */Fise, 2017/*. Kun ensimmäisen osuuden runko on saatu valmiiksi, siirrytään seuraavaan 2-3 tolpan väliin ja rakenne puretaan. Menetelmää voidaan nopeuttaa tekemällä purku esim. jokaisella korjattavalla seinällä samaa tahtia.

Kevytsoraharkoilla saadaan vahva ja ikääntymistä hyvin kestävä korotus. Työmenetelmänä muuraus on hidas ja sisältää useita työvaiheita joiden välissä pitää odottaa rakenteiden kuivumista.Eräässä kohteessa urakkatarjousta kysyttäessä pelkän alajuoksupuun korotuskorjauksen kestoksi 76 m^2:n rivitalohuoneistoon arvioitiin 8 viikkoa */Koistinen 2017/*. Hitaan rakentamisen lisäksi rakenne on itsessään erittäin hyvin ilmaa läpäisevä, joten pintojen ja liittymien tiivistämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Vielä hyvin tehdyn tiivistämisen jälkeenkin ilman on mahdollista kulkea muurauksen sisällä ja aiheuttaa rakenteiden viilentymistä samoin kuin mineraalivillan kohdalla. Epätiiviistä rakenteesta johtuen korjattavien rakenteiden puhdistaminen on ensisijaisen tärkeää, että jäljelle jäävät epäpuhtaudet eivät pääse leviämään muurauksessa ja siirtymään sisäilmaan jonkin etäämmällä olevan epätiiviin kohdan kautta. Lisäksi alajuoksurakenne pysyy yhä osittain kylmänä ja kondenssin muodostuminen alajuoksurakenteisiin on mahdollista.



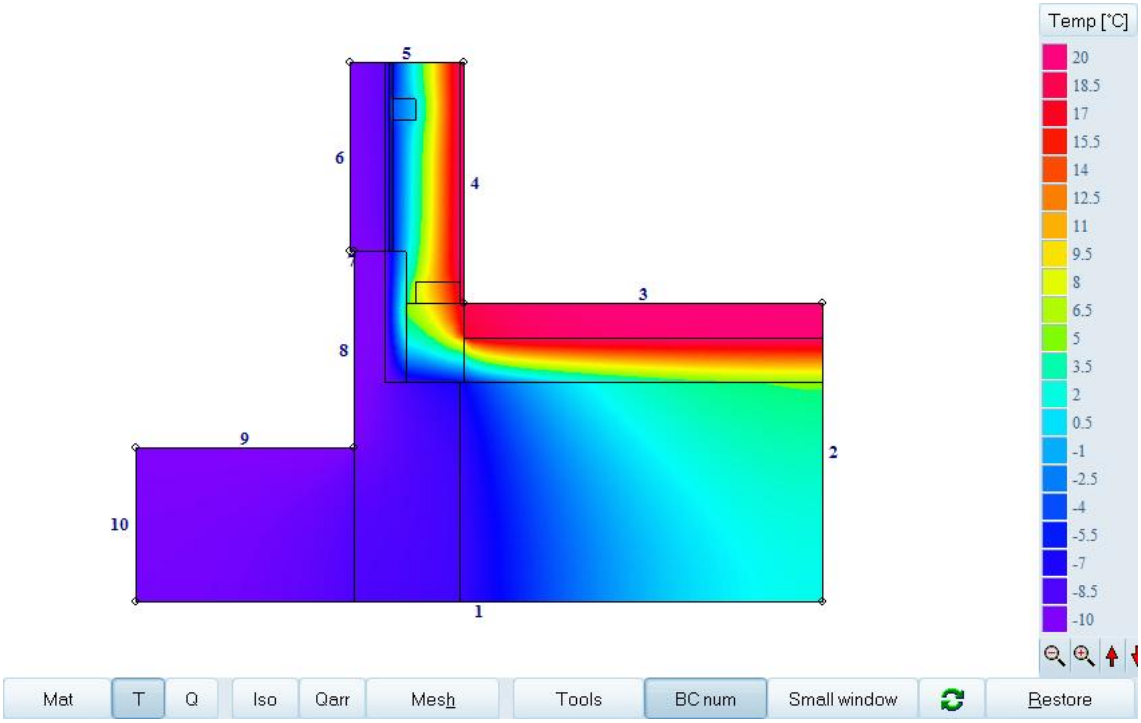
Kuva 10. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.



Kuva 11. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty pelkällä harkkomuurauksella. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Kuvista 10. ja 11. nhdään, että koska kevytsoraharkon lämmönjohtavuus on luokkaa λ=0,2 W/(mK) verrattuna vanhan rakenteen mineraalivillan teoreettiseen arvoon λ=0,033 W/(mK), */Rak Mk 2003, C4/* Saadaan 150 mm:n harkkorakenteella aikaiseksi ainoastaan kuudesosa vanhan rakenteen teoreettisesta lämmöneristävyydestä. Lämmöneristävyyden parantamiseksi valesokkelin ja harkon väliin asennetaan usein vähintään 30 mm paksu XPS-lämmöneristyslevy, λ=0,033 W/(mK), joka vastaa teoreettiselta lämmöneristävyydeltään 30 mm paksua mineraalivillaa. Jos korjattavan seinän (kuva 10) eristekerroksen vahvuus on 150 mm, niin 30 mm:n XPS-levy ja 120 mm:n kevytsoraharkko vastaavat teoreettisesti 50 mm:n mineraalivillaeristystä, eli rakenne jää huomattavasti kylmemmäksi kuin alkuperäinen. Mikäli käytetään 50 mm vahvaa XPS-levyä ja 100 mm:n harkkoa, rakenne vastaa 66 mm:n mineraalivillakerrosta. Tästä kapeampaa harkkoa ei kannata käyttää, sillä ulkoseinän kantavan rungon paksuus on minimissään 100 mm.

Kuvassa 12. nähdään, että XPS-lisäeristys aiheuttaa seinärakenteen paikalisen lämpiämisen alajuoksupuun alueella ja alajuoksu saadaan riittävän lämpimäksi.

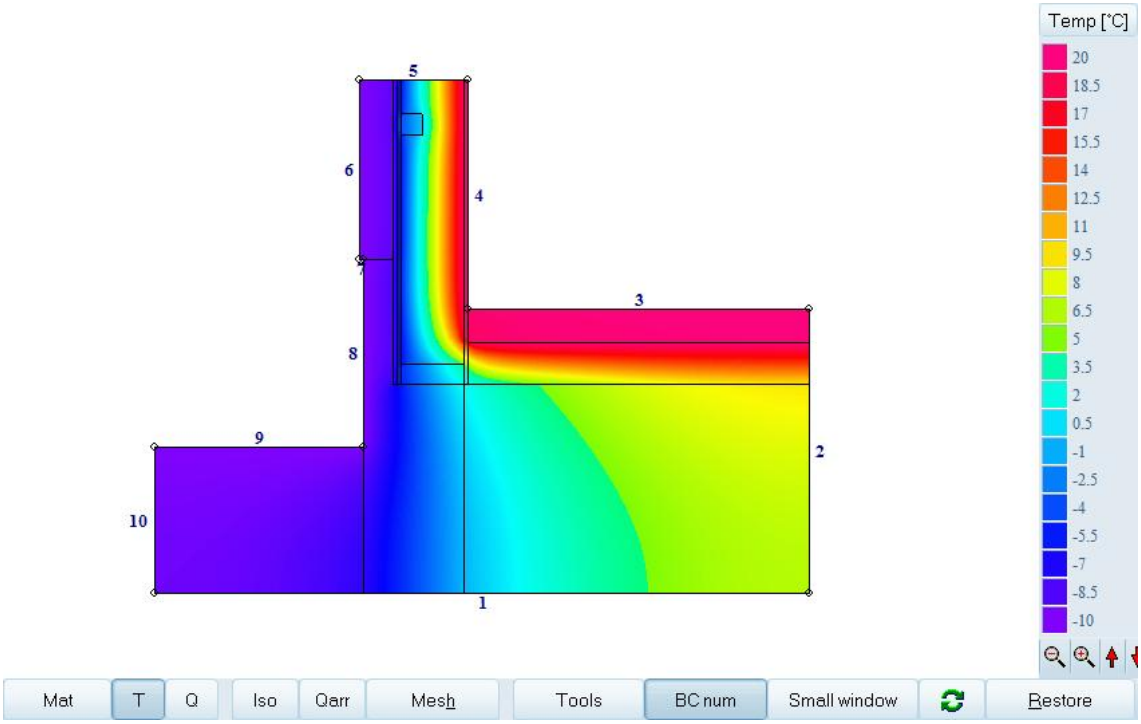


Kuva 12. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty harkkomuurauksella ja 50 mm:n XPS-levyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

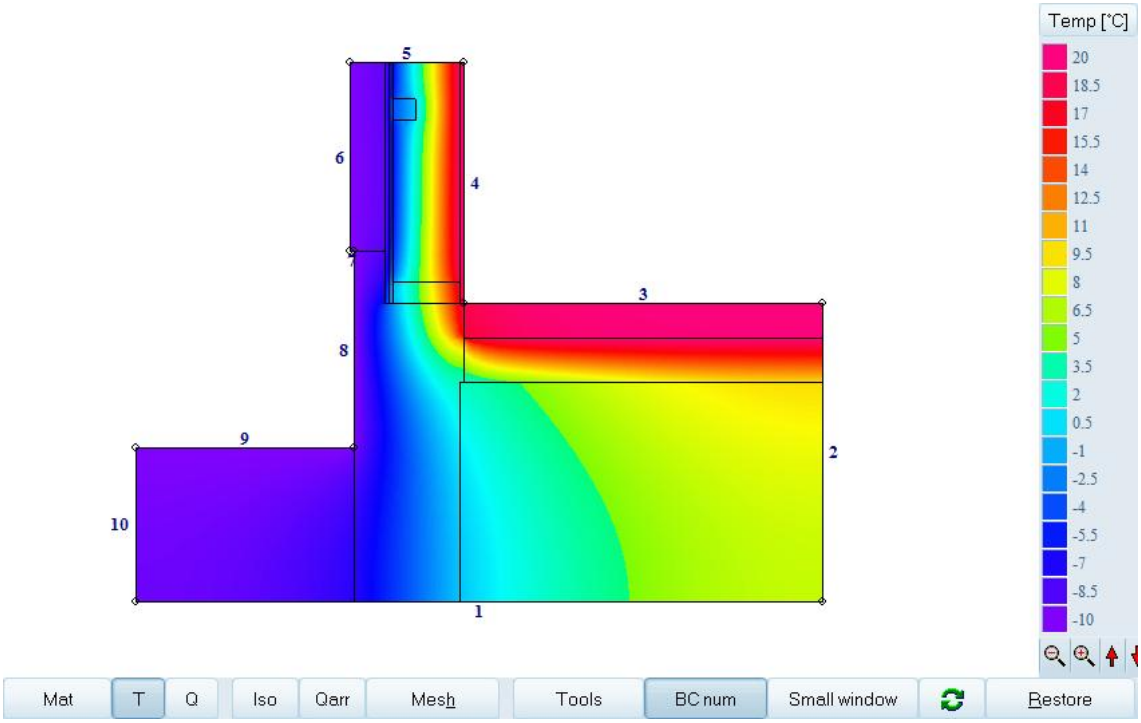
Yhtenä ongelmana tulee vielä, jos kantava runko on ulompana ja lisäkoolaus sisempänä. Silloin valesokkelin kylkeen ei mahdu asentamaan riittävän paksua lisälämmöneristystä ja rakenteesta tulee kylmä. Kantavan rungon ollessa ulompana alajuoksupuuta ei saada sijoitettua riittävästi kevytsoraharkon päälle, mikäli valesokkelin ja harkon väliin asennetaan 50 mm:n XPS-levytys.

Harkkoratkaisulla ei siis betonisen valesokkelirakenteen kanssa päästä alkuperäistä vastaavaan laskennalliseen lämmöneristävyyteen korotuksen alueella, mutta alajuoksupuu saadaan nostettua pois uran pohjalta ja lämpimämpään osaan rakennetta. Käytännössä, jos XPS-levy saadaan painettua tiiviisti valesokkelin kylkeen, levyn yläreuna teipattua huolellisesti tuulensuojalevyyn, höyrynsulku tiivistettyä lattialaattaan ja pitkittäinen ilmavirta muurauksessa estettyä, niin rakenne on todennäköisesti vähintään yhtä lämmin kuin epätiivis alkuperäinen puurankarakenne.

Alla olevista malleista nähdään vielä toisen yleisen sokkelimateriaalien, eli kevytsoraharkon vaikutus rakenteen lämpöjakaumiin:

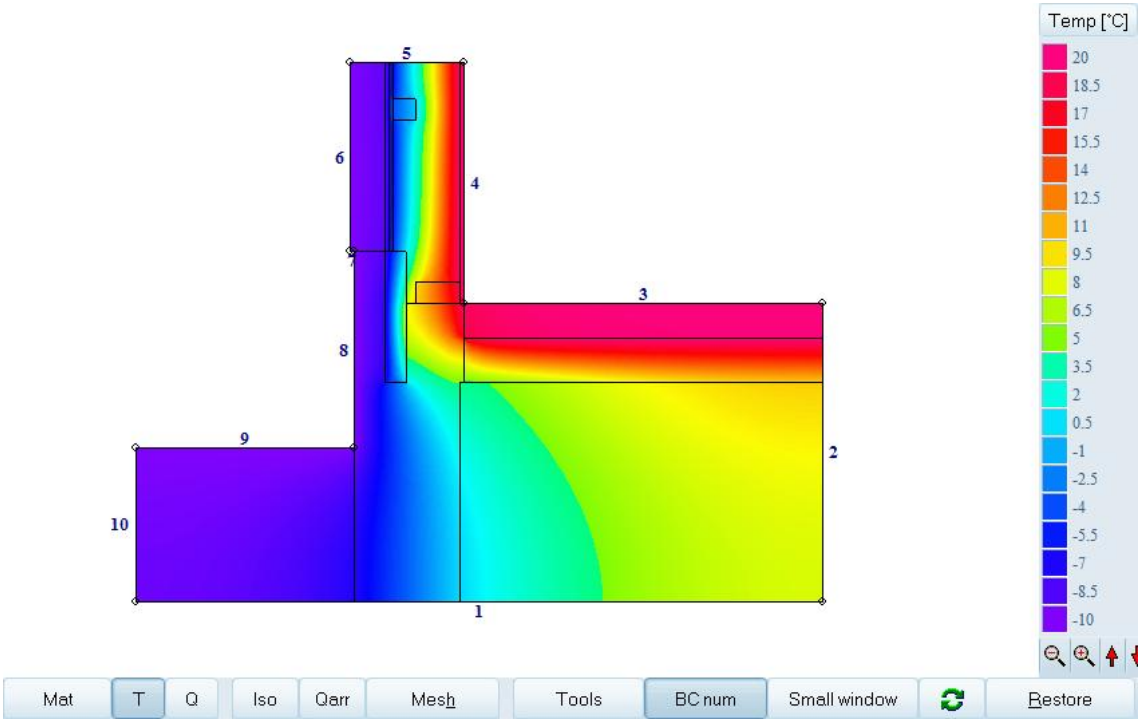


Kuva 13. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuu on jo lähtöjään lämpimämpi kuin betonisokkelin kanssa.



Kuva 14. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty pelkällä harkkomuurauksella. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuun lämpötila pysyy kokonaan nollan yläpuolella.

Kuvasta 14. nähdään, että kevytsoraharkoista tehty sokkeli pitää alajuoksurakenteen lisäksi myös alustäytön lämpimämpänä, jolloin rakennuksen alusta myös kuivuu paremmin kuin betonisokkelin kohdalla.



Kuva 15. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty harkkomuurauksella ja 50 mm:n XPS-levyllä . Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Alajuoksupuu pysyy jo riittävän lämpimänä rakenteen kuivana pysymiseksi.

3.2 Valesokkelirakenteen korjaaminen termopalkilla ja –kengällä

Valesokkelirakenteen korjaaminen Lamoxin termopalkilla ja -kengällä toteutetaan samalla periaatteella kuin harkkomuurauskin. Menetelmässä käytetään lämmöneristeenä XPS-palkkeja ja kuormia siirtävinä elementteinä erikoisteräksestä tehtyjä termokenkiä. Menetelmän ohjeen mukaisesti kantavaa runkoa katkotaan 2-3 tolppaa kerrallaan, alajuoksurakenne puretaan pois ja ura puhdistetaan huolellisesti ennen termorakenteiden asentamista. Ensin asennetaan termokenkä, joka kiinnitetään uran pohjalle sokkelin pintaan mekaanisesti. Kengän ja sokkelin pinnan väliin asennetaan bitumikermin pala kapilaarikatkoksi. Kengät asennetaan määrävälein katkottujen tolppien alapuolelle, jonka jälkeen tolpat jatketaan termokenkään kuuluvan ulomman C-profiilin, eli jatkospellin kanssa. */Lamox Oy 2017/.* Asentamisen kannalta C-profiilissa on hankala mitoitus. Profiili on mitoitettu 5 mm oletettua tolpan vahvuutta suuremmaksi, jolloin toinen kylki pellistä jää 5 mm irti tolpan kyljestä. Mikäli runkotolppa

on kiinni tuulensuojalevyssä, pellin ylimitta joudutaan ottamaan sisälevytyksen puolelle runkoa. Silloin runkotolpan kylkeen joudutaan asentamaan sopivan paksuinen soiro, että sisäverhouslevytyksen saa myöhemmin asennettua. Jatkospelti pitää lisäksi ohjeen mukaan kiinnittää tolpan kylkeen ruuveilla, joiden kanta kohoaa pellin pinnan ulkopuolelle ja jotka osaltaan myös vaikeuttavat myöhempää levytystä.

Kuva 16. Termopalkin ja -kengän asennuksen mallikatselmus.

Jatkosten teon jälkeen ylimääräistä kenkien väliin sokkelin pintaan levitetään uretaanivaahtoa ja termopalkki painetaan vaahdon päälle. Tolppien ja termopalkin väliin jätetään ilmarako, joka täytetään uretaanivaahdolla. Termopalkin ja tuulensuojalevyn väliin kannattaa asentaa vielä lisälämmöneristys XPS-levystä, mikäli tuulensuojalevyn ja palkin väliin jää riittävästi tilaa. Yllä olevassa kuvassa palkin ja tuulensuojalevyn väliin asennetaan 50 mm:n paksuinen EPS-levy lisäeristeeksi.

Ohjeessa neuvotaan asentamaan höyrynsulkuna käytettävän PE-kalvon soiro termopalkin ja lattialaatan väliin siten, että soiron alareuna jää termopalkin alle ja

yläreuna tulee lattian pinnan yläpuolelle näkyviin. PE-kalvon ja lattialaatan välinen rako ohjeistetaan tiivistämään uretaanivaahdolla uran pohjasta lähtien. Menetelmän materiaalivalinnat ovat tässä kohtaa ongelmalliset, sillä uretaanipohjainen aine ei tartu PE-kalvoon. */Tuotetietoesite Versio 09/2013, SikaBoom® Flex/.* Uretaanivaahto pysyy kiinni kalvossa siihen asti, että vaahto on kuivunut, jonka jälkeen se irtoaa kalvon pinnasta. Samaten uretaanipohjaiset liimamassat pysyvät kiinni PE-kalvossa vain siihen asti, että massa on kuivunut. Kuivumisen jälkeen tartuntaa ei enää ole. Tämä ominaisuus on todettu itse tehdyissä tartuntakokeissa, joissa kahta PE-kalvoa yritettiin liimata toisiinsa uretaanipohjaisilla liimamassoilla.

Termokengän kohdalla termopalkin ja lattialaatan välinen rako voi olla jopa 25-30 mm riippuen vanhasta seinälevytyksestä, lattialaatan valussa käytetystä irrotuskaistasta sekä lattialaatan kutistumasta. Rakoon asennettavaan vaahtoon ja liimamassaan kohdistuu käytännössä ainoastaan vetäviä ja leikkaavia voimia, jolloin tiivistyksen pitävyys on kiinni käytettyjen materiaalien tartunnasta vastinpintoihin. Ohjeen mukaan tehdyssä tiivistyksessä tartuntaa ei ole, joten materiaalien väliin muodostuu suurella todennäköisyydellä ilmareitti alapohjan ja sisäilman välille käytetyn uretaanivaahdon kutistuessa.

Korjausmenetelmänä termopalkki/-kenkä on harkkomuurausta huomattavasti nopeampi, sillä siinä ei tarvitse käsitellä painavia kappaleita, materiaaleja on helppo leikata, eikä työvaiheiden välissä ole merkittäviä kuivumisaikoja. Sivulla 17 mainitun urakkatarjouksen yhteydessä kysyttiin myös arviota termopalkilla korjaamisesta. Arvio korjaamisesta samalla korjauslaajuudella oli 3 viikkoa. */Markus Koistinen, KL-Sealing Oy/* Lisäksi rakenteesta saadaan huomattavasti lämpimämpi kuin harkoilla. Varjopuolena rakenteessa on erittäin paljon saumoja, jotka tiivistetään uretaanivaahdolla. Vaahdon tasaisesta leviämisestä saumoissa ei voi olla varma ja vaahto kutistuu merkistä ja toimituserästä riippuen vaihtelevan määrän ensimmäisen vuoden aikana. Vaahdotettu sauma voi melko suurella todennäköisyydellä aueta remontin valmistumisen jälkeen ja aiheuttaa paikallisia ilmayhteyksiä alapohjan ja seinärakenteiden sekä mahdollisesti sisäilman välillä. Erityisesti, jos termopalkin ja lattialaatan väliin asennetaan PE-kalvo, uretaanivaahdolta puuttuu toinen tartuntapinta kokonaan ja vaahdon kutistuma aiheuttaa automaattisesti ilmaraon.

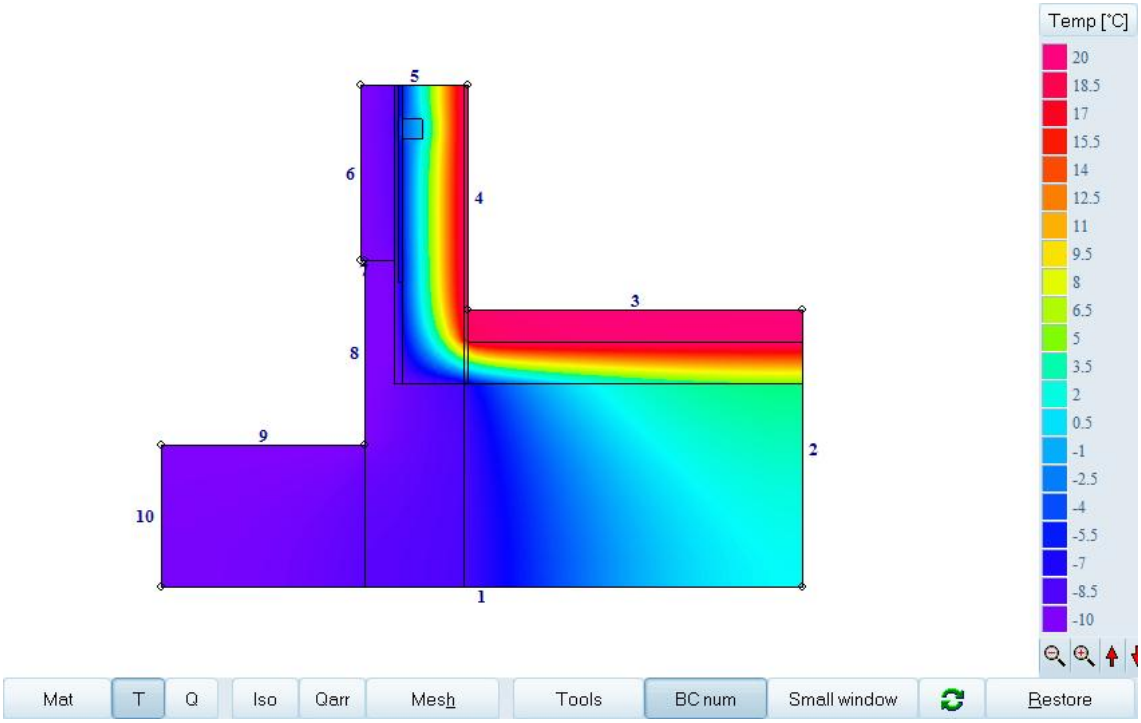
Erittäin todennäköinen ilmareitti rakenteessa muodostuu myös termokengän jatkoksessa käytetyn C-kiskon ja termokengän/tolpan väliin, jonne uretaanivaahto ei pääse tunkeutumaan. Tässä tapauksessa ilmareitti muodostuu sekä vaakasuunnassa

tuulensuojalevystä höyrynsulkumuoviin asti että pystysuunnassa vanhan sokkelin pinnasta termopalkin yläpuolelle. Erityisesti, kun höyrynsulku ja osa tai kaikki mineraalivilla korvataan esimerkiksi XPS-levytyksellä, ilmavuotojen päätyminen sisäverhouslevyn taakse on todennäköistä. Vuoden 2016 lopulla aloitetun rivitalokorjauksen yhteydessä urakoitsija on yrittänyt erikseen poistaa tätä ilmareittiä uretaanivaahdon kanssa, mutta myöhemmässä lämpökameralla tehdyssä tarkastuksessa todettiin kuitenkin jatkoksen vierestä ilmavuotoja levytyksen taakse (kuvat 17., 24. ja 25.).

Kuva 17. Jatkoksen ilmavuotoreittejä tiivistetty uretaanivaahdolla.

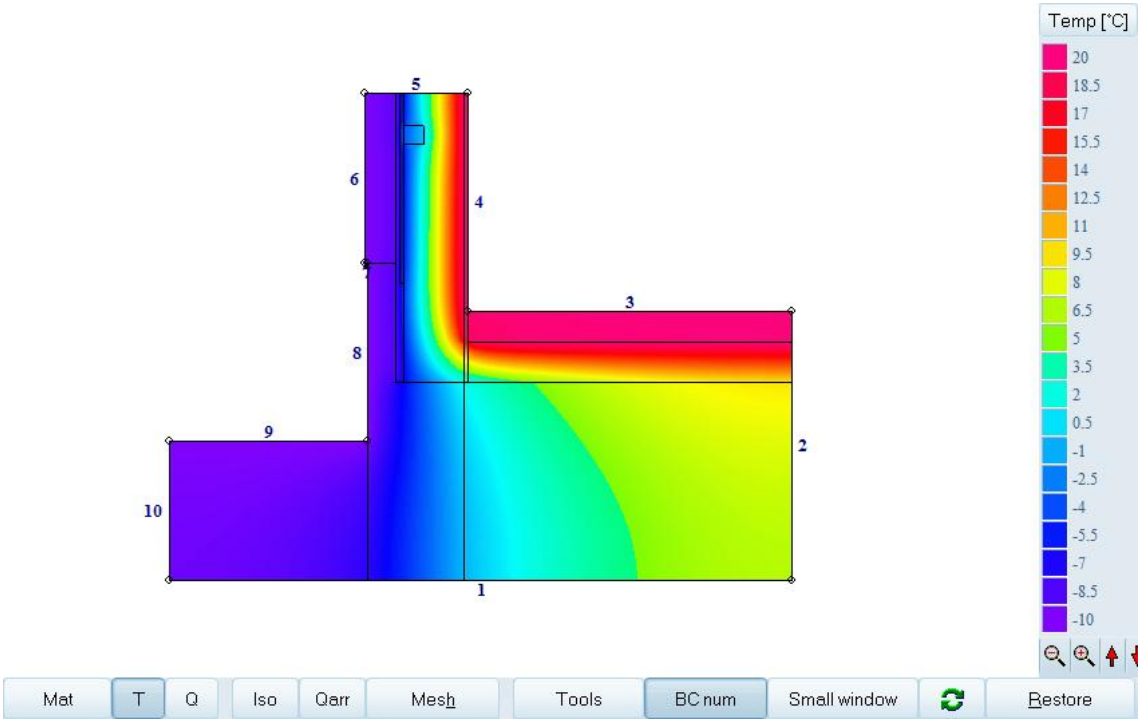
Lämpöteknisesti Termopalkilla saadaan rakenteesta huomattavasti lämpimämpi kuin harkkoratkaisulla. Kuvassa 18. näkyy, miten korotuskorjauksen lämpöjakauma sijoittuu tasaisemmin koko seinärakenteen vahvuuteen. Mitä heikompi lämmöneristys, sitä lähempänä lämmintä pintaa ja tiiviimpi mallissa näkyvä väriskaala on. Mallissa on käytetty yhteensä 150 mm:n XPS-eristystä. Mallissa on huomattavaa, että uutta alajuoksupuuta ei termokengällä tehdyn korjauksen yhteydessä asenneta ja

runkotolppien välissä seinän pystysuuntainen lämmöneristys pysyy yhtenäisempänä muihin korjausratkaisuihin verrattuna.



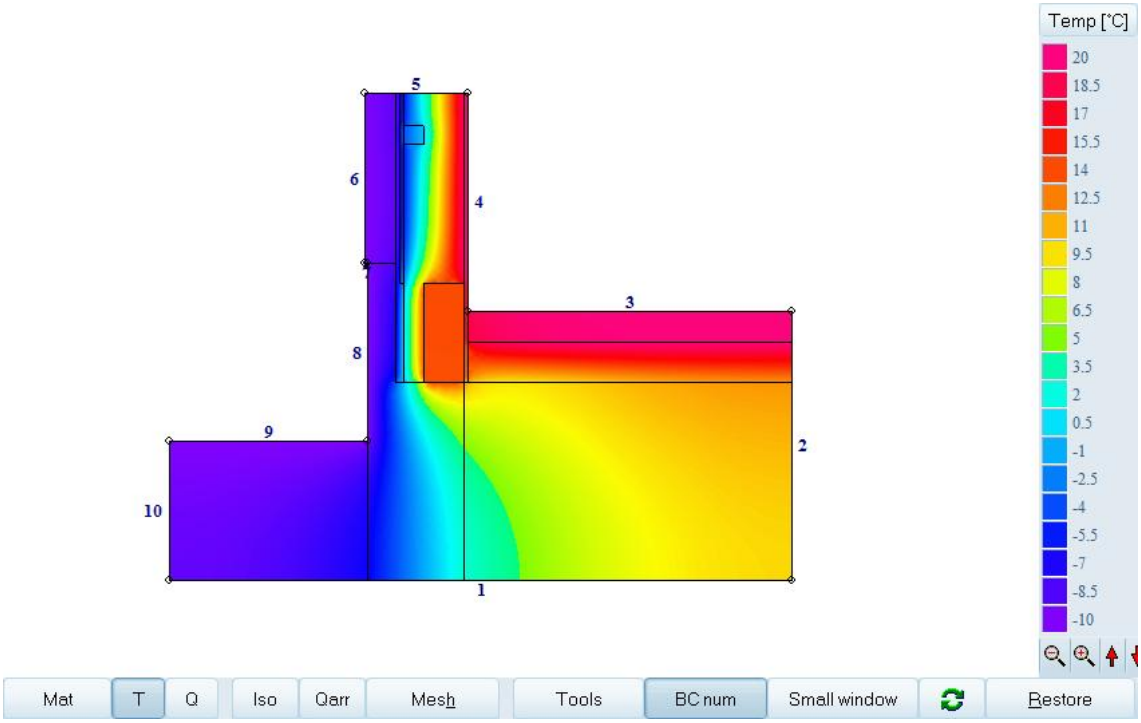
Kuva 18. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty 100 mm:n termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Kun korjaus tehdään kevytsoraharkoista muurattuun valesokkelirakenteeseen (kuva 19.), lämmöneristävyys ja lämpöjakauma ovat jo erittäin hyvällä tasolla, eivätkä vertailun muut korjausratkaisut pääse aivan vastaavaan tasoon.



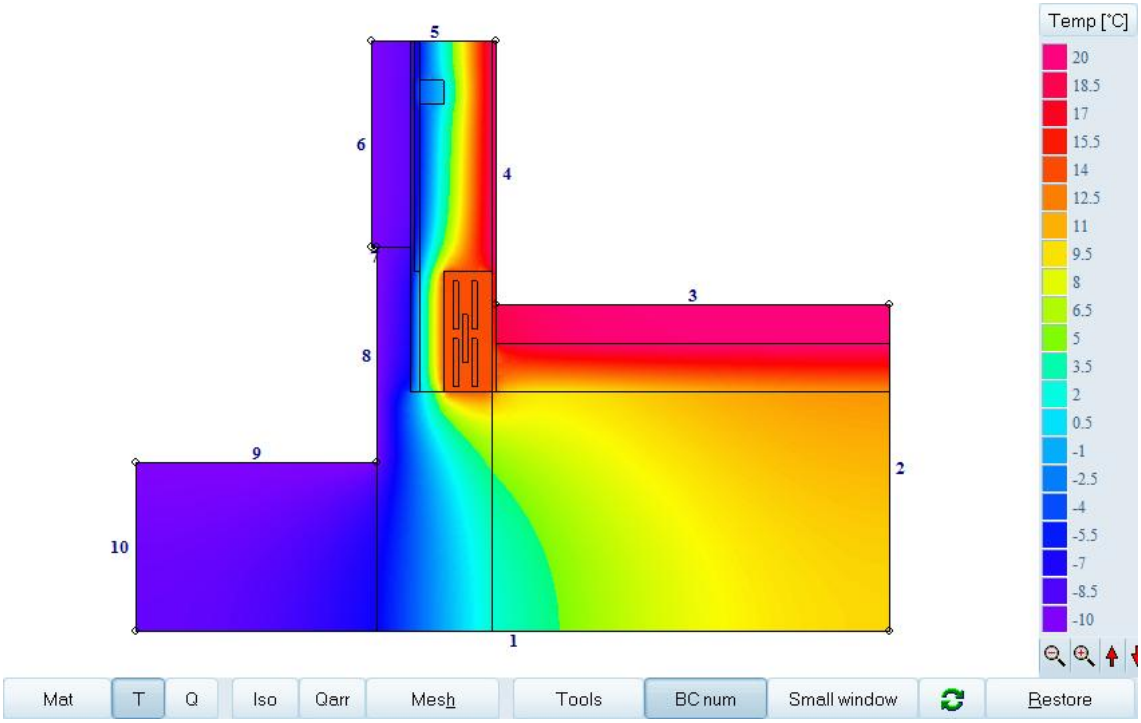
Kuva 19. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Korjausratkaisun varsinainen ongelma on yllä todetusta huolimatta lämpötekninen. Tolppien alle asennettava termokenkä ja sen jatkospelti on tehty metallista, joka johtaa lämpöä erittäin hyvin. Termokengän suunnittelussa näkyy, että siinä on otettu huomioon seinän läpi ulkoilmaan päin kulkeva lämpöenergia tekemällä pelteihin pystysuuntaisia pitkittäisiä reikiä. Reikien ansiosta lämpö joutuu kulkemaan pidemmän matkan pellissä, jolloin pellin eristävyys paranee. Rakenteessa ei kuitenkaan ole pystytty poistamaan termokengän muodostamaa, alaspäin sokkeliin suuntautuvaa kylmäsiltaa. Rakenteessa on yhtenäinen pelti sokkelin pinnasta runkotolpan jatkoskohdan yläpuolelle asti, joka aiheuttaa rakenteessa huomattavan paikallisen kylmenemisen jokaisen runkotolpan alaosaan. Alla kevytsoraharkkoinen valesokkeli (kuva 20.), jossa on mallinnettu termokengän kohta seinärakenteessa.



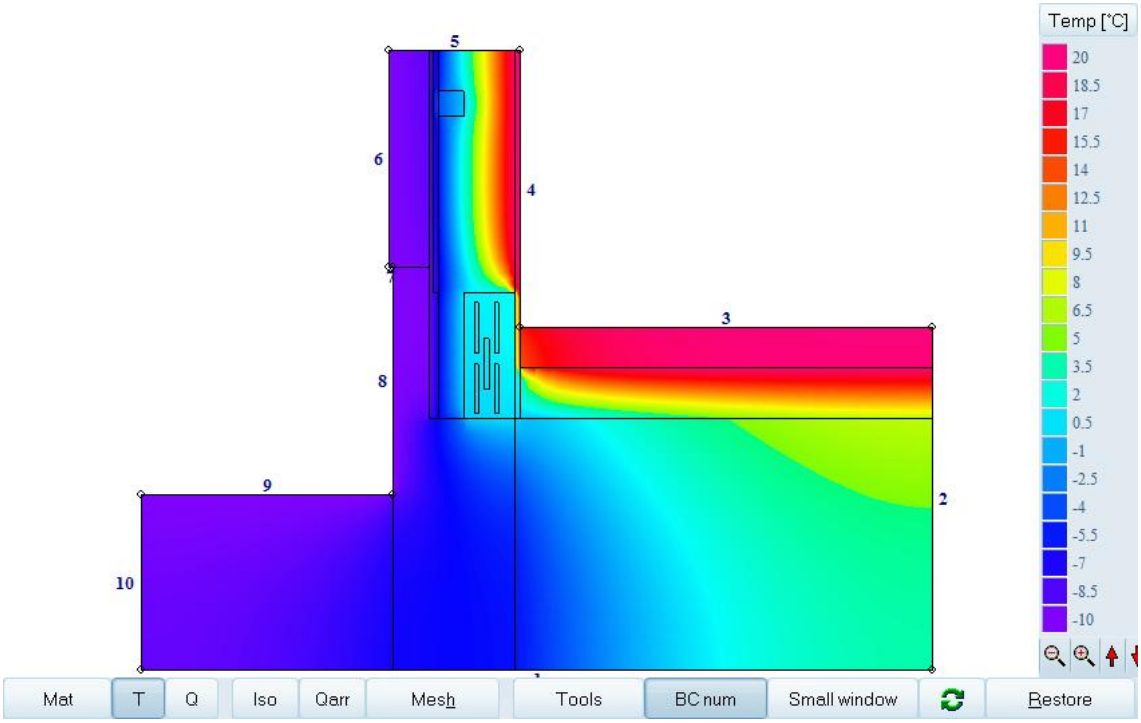
Kuva 20. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Kuvassa 21. termokengän jatkospeltiin lisättiin mallissa pitkittäisiä reikiä, joiden materiaaliksi valittiin joustava uretaanivaahto, λ=0,0418 W/(mK). Reikien lisääminen ei vaikuttanut sisäverhouslevyn pintalämpötilaan, joka mallin rajoitukset huomioiden on n. +14 ˚C.



Kuva 21. Kevytsoraharkkoisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Malliin lisätty jatkospellin kevennysreiät. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

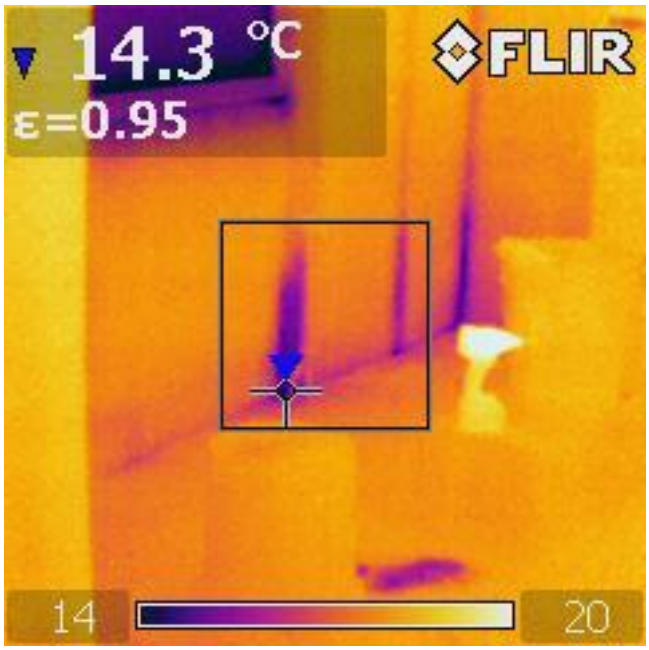
Kun kuvassa 22. sokkelirakenne vaihdetaan betoniseksi, saadaan tolppien kohdalle jatkospellin vaikutukseksi vielä huomattavampi lämpötilan alenema.



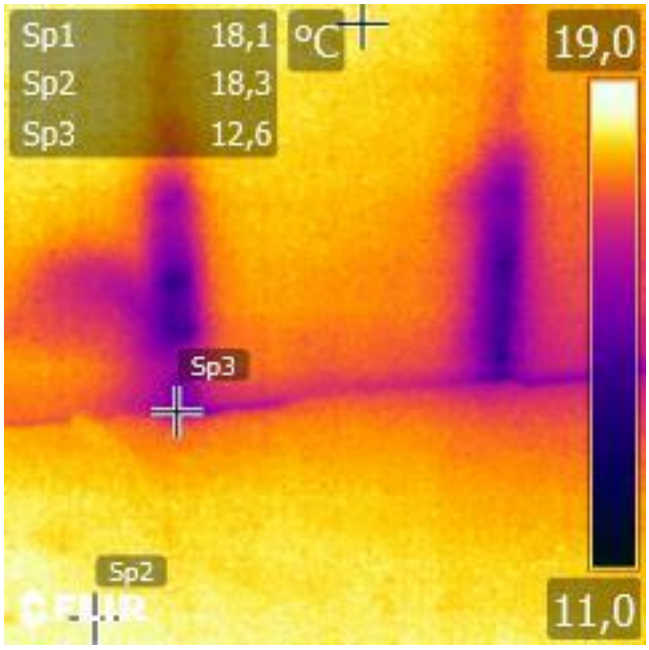
Kuva 22. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma tolpan kohdalla, kun korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

Rakenteeseen muodostuu jatkospellin vuoksi laskennallisesti kylmäsilta, jonka vaikutus ei ole hyväksyttävissä. Seinän sisäpinnan lämpötila laskee jälleen mallin rajoitukset huomioiden lähelle nollaa ja voi aiheuttaa seinälevytyksen pintaan sekä levyn taakse höyrynsulun pintaan kondenssin muodostusta.

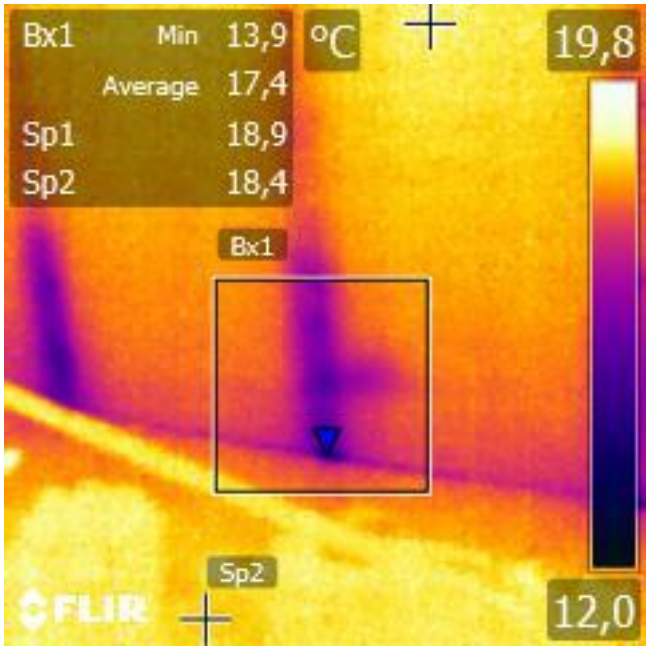
Mallin paikkansapitävyyttä voidaan arvioida ottamalla lämpökuva valmiista rakenteesta. Kuviat 24. - 26. on otettu valvontakohteessa korjatusta rakenteesta. Kuvat on otettu maaliskuussa 2017, jolloin maaperä ja sokkelirakenne oli vielä kylmä. Kuvien ottamisen aikana ulkolämpötila oli n. 0˚C ja sisälämpötila n. +19˚C. Valesokkelin materiaalina on kevytsoraharkko ja ulkoseinän eristekerroksen vahvuus 150 mm.



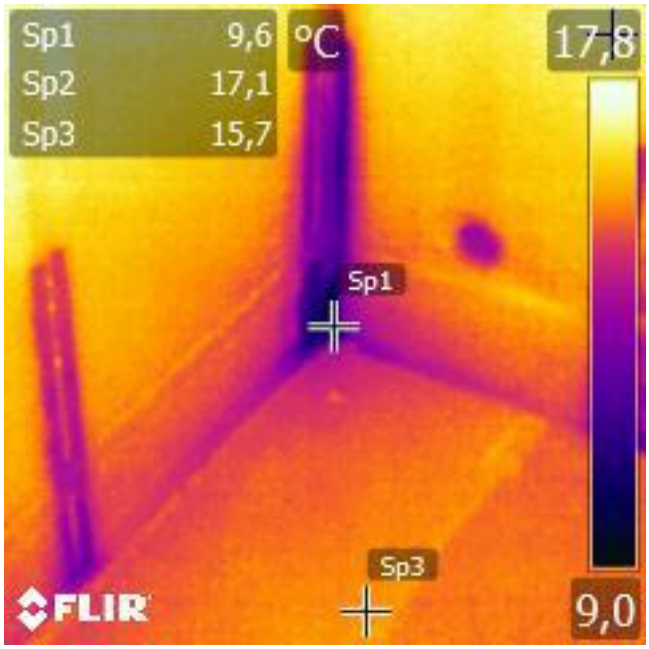
Kuva 23. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Valesokkelimateriaalina kevytsoraharkko. Korjaus on tehty termopalkilla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +19˚C ja ulkoilma 0˚C.



Kuva 24. Sama huoneisto kuin yllä. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Vasemmalla jatkoksen kohdalla näkyy ilmavuoto kipsilevyn taakse.



Kuva 25. Sama huoneisto ja rakenne. Lämpökuva levytetystä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Keskellä jatkoksen kohdalla näkyy ilmavuoto kipsilevyn taakse.



Kuva 26. Sama huoneisto ja rakenteena ulkonurkka, eli kahden ulkoseinän liittymä. Lämpökuva vielä kipsilevyttämättömästä, termopalkkimenetelmällä korjatusta ulkoseinärakenteesta. Ulkolämpötila n. 0˚C.

Lämpökuvien perusteella voidaan päätellä, että mallinnuksissa todettu kylmäsilta on olemassa lopullisessa rakenteessa ja aiheuttaa ulkoseiniin huomattavan voimakkaita kylmiä alueita ja jotka voivat olla riittävän kylmiä aiheuttamaan sisäilman kosteudesta muodostuvaa kondenssia. Erityisesti betonisokkelin yhteydessä kylmäsilta voi lopputalvesta aiheuttaa seinän sisäpinnan lämpötilan laskemisen pakkasen puolelle. Kylmäsillan vaikutusta voimistaa pellin ympärillä oleva hyvä lämmöneristys, jonka vuoksi lämpöenergia kulkeutuu kylmäsiltaan hyvin pienen pinta-alan kautta. Mikäli lämmöneristys jatkospellin ympärillä olisi heikompi, seinän sisäpintaan muodostuisi laajempi viileä alue, mutta paikallinen lämpötilan pudotus ei olisi yhtä suuri.

3.3 Uusi korjausmenetelmä: valesokkelin korotuskorjaus lämpöä eristävällä täyttövalulla ja liittymien tiiviyden varmistaminen.

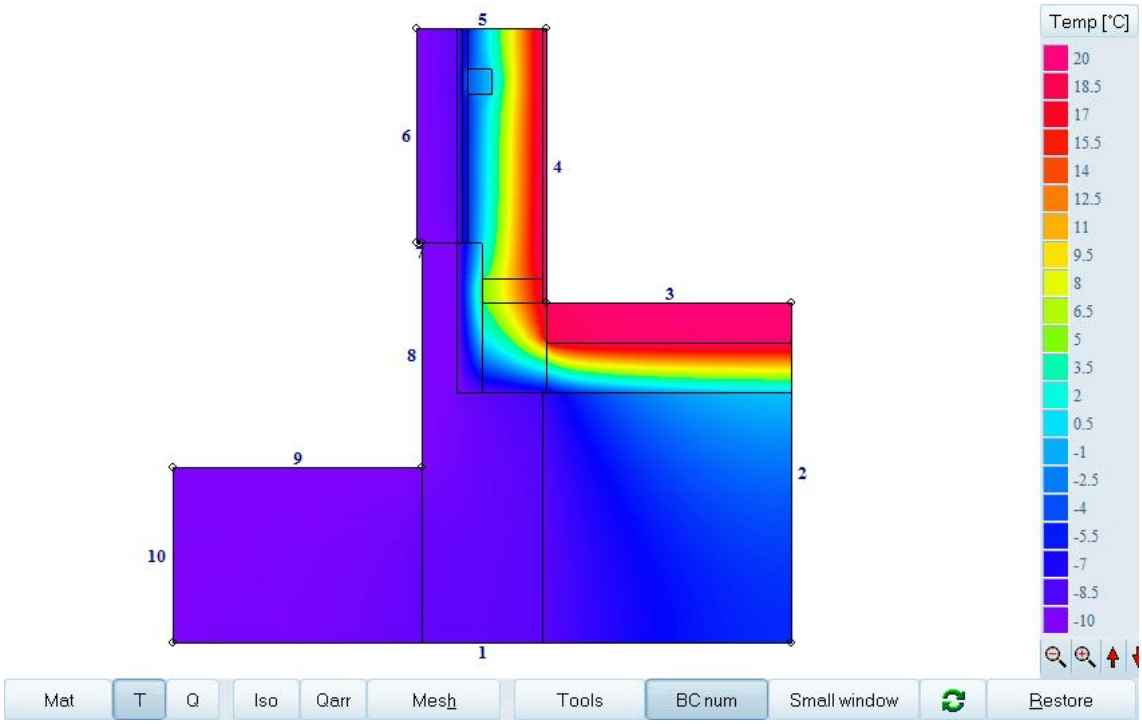
Kuten edellä on todettu, valesokkelin korotuskorjaus on lämpöteknisesti, sekä ilman- ja höyryntiiviyden kannalta hyvin haastava toteuttaa. Uuden rakenteen mekaaninen kantavuus on helppo saavuttaa, mutta oikean tyyppisten materiaalien, kuten lämmöneristeen ja tiivistystavan valitseminen voi olla haastavaa. Lisäksi useamman rakennekerrosten läpi kulkevat saumat tuovat aina haasteita tiivistämiseen.

Nyt esiteltävässä täyttövaluun perustuvassa korjausmenetelmässä on mietitty, miten muissa menetelmissä vastaan tulleita haasteita voisi välttää ja miten rakenteiden tiivistyksen voisi tehdä uudella tavalla siten, että saumoissa ei tarvitsisi luottaa vetorasituksessa olevien massojen tartuntaan. Suurimmat mietinnän paikat eivät loppujen lopuksi olleetkaan kantavien rakenteiden kehittämisessä, vaan kylmäsiltojen minimoimisessa sekä tiivistysmateriaalien ja niiden oikean sijoittamisen kehittämisessä. Myös työvaiheiden jaossa on tehty perinteisistä menetelmistä poikkeavia ratkaisuja. Kantavana ajatuksena suunnittelussa on ollut, että työvaiheiden pitää olla selkeästi vaiheistettavissa ja eri työvaiheet pitää pystyä tekemään vuorollaan koko huoneiston alueelle. Esimerkiksi kaikkien runkotolppien katkominen yhdellä kertaa, täyttövalu koko huoneiston osalta yhdellä kertaa, jne.

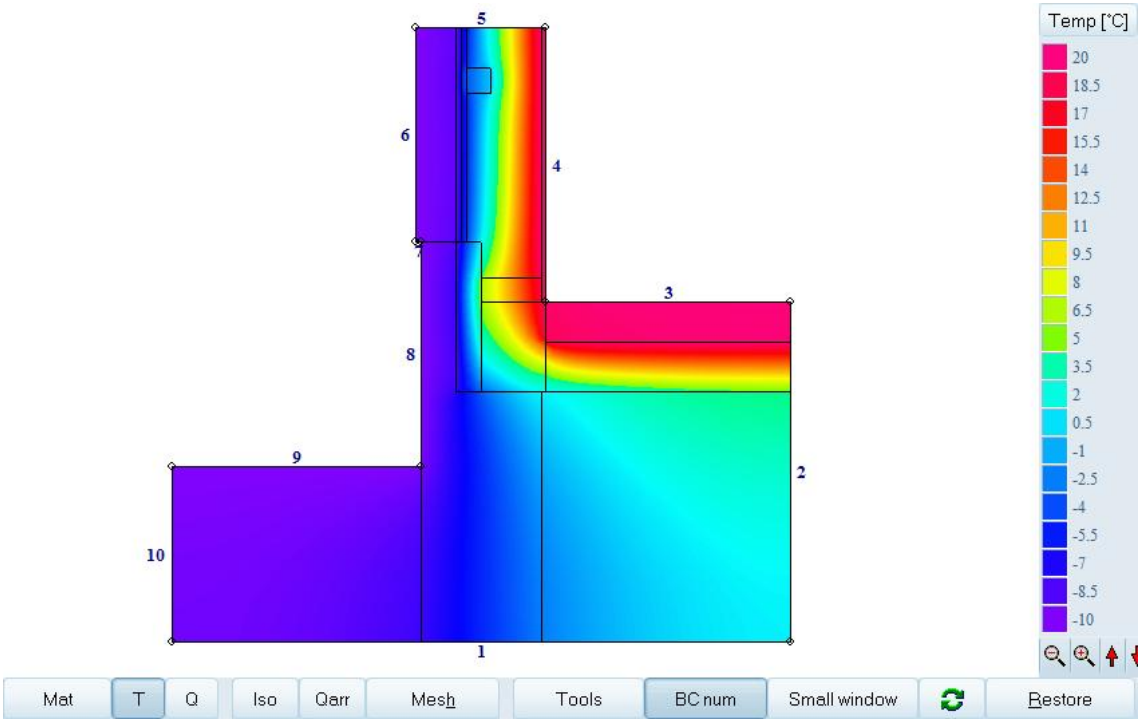
Lämpöteknisesti menetelmällä saadaan aikaan vastaavan tasoinen lämmöneristävyys kuin Termopalkilla runkotolppien välissä, mutta ilman rakenteisiin ei syntyviä kylmäsiltoja Rakenteeseen ei myöskään muodostu sellaisia ilmavuotokohtia, joita ei voitaisi hallitusti

tiivistää korjausten aikana. Rakenteessa käytettävät materiaalit ovat myös edullisia ja niiden asentaminen on nopeaa, jolloin korjaus on myös hyvin edullinen vaihtoehto.

Kuvissa 27. ja 28. on rakenteen lämpöjakauma mallinnettuna:

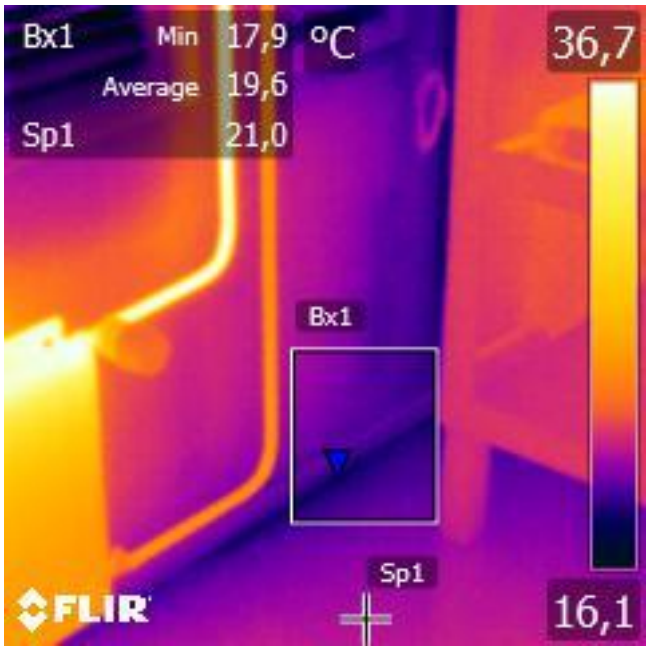


Kuva 27. Betonisen valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty EPSCement-täyttövalulla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C.

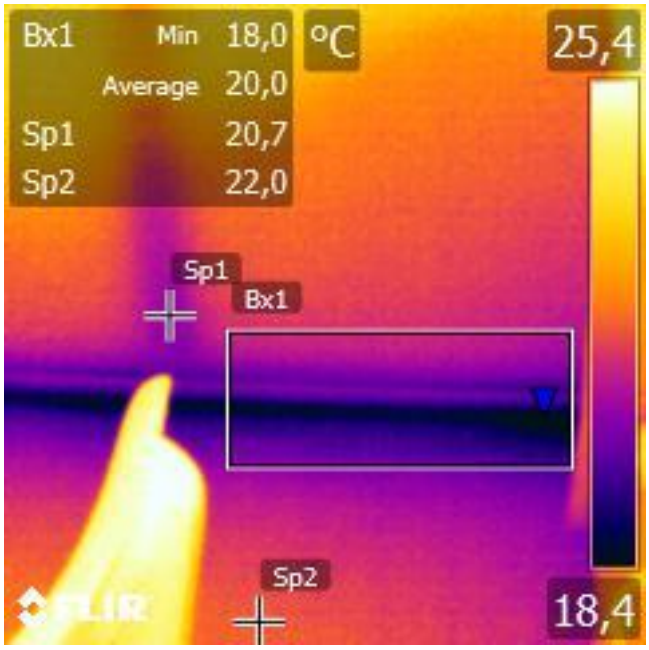


Kuva 28. Kevytsoraharkosta muuratun valesokkelirakenteen lämpöjakauma, kun korjaus on tehty EPSCement-täyttövalulla ja 50 mm:n XPS-lisäeristyslevyllä. Sisäilma +20˚C ja ulkona -10˚C. Rakenteiden mitoitus sama kuin termokengän mallinnuksessa.

Lämpökuvat 29. ja 30. on otettu EPS-kevytbetonitäyttöä edeltävästä, hieman heikommin lämpöä eristävästä kehitysversiosta, sillä EPS-kevytbetonista ei vielä lopputyönvalmistumisen aikaan ole saatu lämpökuvia. Lämmöneristeenä on käytetty 50 mm:n XPS-levyä sekä valesokkelin kyljessä, että sokkelin päälipinnassa ja täyttövaluna on pikabetoni. Valu on viety jokaisen runkotolpan kohdalta sokkelin pintaan asti, jolloin jokaisen runkotolpan kohdalle muodostuu pystysuuntainen kylmäsilta sokkelin pinnasta Termokengän tyylisesti. Tämä kehitysversio ei ole runkotolppien välistä yhtä lämmin kuin termopalkki, mutta kokonaisuutena rakenne on kuitenkin lämpimämpi.



Kuva 29. Täyttövalumenetelmällä korjattu ulkoseinärakenne takapihan ulko-oven vierestä. Runkotolppa ja oven apukarmi näkyvät haaleasti lämpökuvassa. Sisäilma n. 22˚C ja ulkoilma n. +2 ˚C.



Kuva 30. Täyttövalumenetelmällä korjattu ulkoseinärakenne keskeltä pitkää seinää. Runkotolppa näkyy tummempana pystykuviona keskellä kuvaa. Sisäilma n. 23˚C ja ulkoilma n. +2 ˚C.

1970 ja -80 luvulla tehtyjen rakennusten kohdalla on usein perusteltua uusia myös ulkoseinien ja yläpohjan höyrynsulut alajuoksupuun korotuskorjauksen yhteydessä. Rakennusten rakentamisen aikaan ei ollut käytössä sopivia höyrynsulkujen tiivistysmenetelmiä, tiivistysmateriaaleja eikä tiiviyden merkitystä puurankarakentamisessa ja mineraalivillan käytön yhteydessä ollut juurikaan tiedostettu. Mineraalivillan valmistuksessa käytetty urea- tai fenoliformaldehydihartsi alkaa hajoamaan ajan, kosteuden ja lämmön vaikutuksesta, jolloin hartsin hajoamistuotteena ilmaan haihtuu mm. formaldehydiä ja eristeestä alkaa irtoamaan mineraalikuituja. Kuidut ja hartsin hajoamistuotteet sekä muita epäpuhtauksia pääsee kulkeutumaan sisäilmaan yläpohjan ja ulkoseinien alaosien ilmavuotokohdista sisäilmaan. Tutkimuskohteissa mikrobiperäistä hajua useammin todettu ”vanhan villan” haju on tekemieni sisäilman formaldehydimittausten perusteella kytköksissä höyrynsulun ilmavuotoihin ja mineraalivillan ikääntymiseen.

Mineraalivillan ikääntyessään aiheuttamista formaldehydipäästöistä ei löydy tutkimustietoa suomen kielellä, eikä ulkomaisiakaan julkaisuja ole tarjolla. Suurimmat tutkimusten yhteydessä passiivikeräimellä viikon mittausajalla sisäilmasta todetut, mineraalivillan ilmayhteydestä johtuvat formaldehydipitoisuudet ovat olleet 36-42 µg/m^3:ssa ilmaa. Hajukynnyksenä pidetään 35 µg/m^3:n pitoisuutta, mutta herkimmät voivat saada oireita jo 5-10 µg/m^3:n pitoisuuksissa. Formaldehydin OVA-ohjeessa aineen todetaan seuravaa:

- Saattaa aiheuttaa syöpää
- Epäillään aiheuttavan perimävaurioita
- Myrkyllistä hengitettynä
- Myrkyllistä joutuessaan iholle
- Myrkyllistä nieltynä
- Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa
- Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktioin

Formaldehydi on lisäksi Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen N:o 1272-2008 aineluettelossa luokiteltu syöpää aiheuttavaksi ja mutageeniseksi, eli perimää vaurioittavaksi aineeksi. /*TTL 2017/*

Kun huomioon otetaan yllämainitun lisäksi mineraalivillakuitujen ärsyttävä vaikutus ja että iholle ja limakalvoille joutuvat kuidut ovat yhä jossain määrin hartsin peitossa, niin yhteisvaikutus on todennäköisesti suurempi kuin kumpikaan erikseen. Edellä kerrotun

perusteella höyrynsulun tiiveys on vähintään yhtä tärkeää kuin alajuoksupuun alueen rakennusfysikaalinen toimivuus ja sen vuoksi seuraavassa yksityiskohtaisesti kuvailtava alajuoksun korotuskorjaus on laajennettu käsittämään myös seinien ja yläpohjan korjaukset.

3.3.1 Alajuoksupuun korotuskorjaus

Korjaustyöt aloitetaan avaamalla kaikki pinnat ulkoseinistä ja sisäkatosta. Ulkoseinät puretaan runkoon ja tuulensuojalevyyn asti. Ulkoseinissä voidaan höyrynsulku jättää tässä vaiheessa paikoilleen, mikäli korjausta tehdään kylmänä vuodenaikana. Katossa jätetään rimoitus/laudoitus paikoilleen. Ulkoseinään liittyvistä väliseinistä poistetaan levytys ulkoseinää lähinnä olevasta tolppavälistä työtilan aikaansaamiseksi. Pintojen purkamisen jälkeen tehdään alajuoksupuun korotuskorjauksen aikainen tuenta (kuva 31.). Yläpohjan paino kannatellaan holvituilla, jotka asennetaan lattialaatan ja kattotuolien väliin n. 2-3 m:n välein. Holvituen ja kattotuolien alapaarteen väliin asennetaan tukipalkki, joka ottaa kuorman vastaan useamman kattotuolin kautta. Holvitukien alle asennetaan tukipalkki jakamaan kuormaa isommalle alueelle laatassa. Tuennat asennetaan n. 1-1,5 m:n etäisyydelle ulkoseinistä ja holvituet kiristetään siten, että yläpohja nousee n. 5 mm.

Kuva 31. Huoneiston yläpohja on tuettu holvituilla.

Tuennan jälkeen ulkoseinien runkotolpat katkotaan sopivalta korkeudelta, eli n. 0,3 m lattiapinnan yläpuolelta ja alajuoksurakenteet poistetaan. Tuulensuojalevytys leikataan poikki valesokkelin yläpinnan tasolta, jonka jälkeen syntynyt ura puhdistetaan huolellisesti ja vanhan lattialaatan pystyreuna tarkastetaan, puhdistetaan ja tarvittaessa oikaistaan jyrsimällä tai tasoittamalla (kuva 32.). Tästä seuraava työvaihe vaihtelee hieman sokkelin materiaalista riippuen.

Kuva 32. Alajuoksurakennetta on purettu ja tuulensuojalevytystä leikattu oikeaan korkoon. Kuvassa näkyy valesokkelin sijaan tiilimuuri, joka lähtee lattian koron alapuolelta. Kohteessa oli kevytsoraharkoista tehty sokkeli.

Betonivalesokkelin kohdalla sokkelin vaakapinta käsitellään vesitiiviillä pinnoitteella, Flexcrete FCR 851, joka toimii kapilaarikatkona alhaalta päin nousevaa kosteutta vastaan ja hidastaa kosteuden diffusiivista siirtymistä yläpolisiin rakenteisiin. Tämän jälkeen valesokkelin pystypintaan liimataan 50 mm:n XPS-levy saneerauslaastilla siten, että levyn ja sokkelin väliin ei jää ilmatilaa. Levyn yläreuna viistetään viettämään tiilimuuriin päin ja alareuna painetaan sokkelin päälipintaa vasten. Lämmöneristys toimii kondenssisuojana ja höyrynsulkuna valesokkelin kautta nousevaa kosteutta vastaan ja lisäksi ohjaa tiilimuurin taakse pääsevän irtoveden poispäin kantavista seinärakenteista.

Kevytsoraharkoista muuratun valesokkelin kohdalla sokkelin päälipinta ainoastaan puhdistetaan ja valesokkelin kylkeen liimataan 50 mm:n XPS-levy, kuten betonisessa sokkelissakin. XPS-levyjen päittäissaumat ja tuulensuojalevyn alareunaa vasten oleva sauma tiivistetään kangasselkäisellä ilmansulkuteipillä, Tescon VANA.

Seuraavaksi Vanhan lattialaatan kylkeen liimataan kiinni 100 mm leveä butyylinauha, Extoseal Encors, koko korjattavalle alueelle. Nauhassa on suojapaperi, joka on jaettu pitkittäin 20 mm:n ja 80 mm:n levyisiin osiin. 80 mm leveä osa liimataan laatan kylkeen laatan suuntaisesti siten, että vielä avaamaton sivu nauhasta jää lattialaatan yläpuolelle. Kiinnittämisen jälkeen näkyvillä oleva osa taitetaan lattialaatan päälle ja suojataan suojausteipillä seuraavien työvaiheiden ajaksi. Butyylinauha kiinnitetään laatan kylkeen, sillä tämän ikäluokan huoneistoissa on usein betonilaattaan liimattu palaparketti, eikä laatan yläpinnasta silloin saada riittävää tartuntapintaa.

Nauhan suojaamisen jälkeen uraan tehdään korotusvalu, jonka korko määräytyy lattialaatan pinnan koron mukaan, eikä korkoa tarvitse määritellä erikseen. Ura täytetään EPSCement-kevytbetonilla, jonka kantavuus on >2 N/mm^2. Betonimassan lämmönjohtavuus on λ=0,08 W/(mK), eli valun alle ei tarvitse tehdä erillistä lämmöneristystä. Paloluokitus on A1-s1-d0. Lisäksi massa käyttää kovettumisessaan kaiken sekoitusvaiheessa lisätyn veden, jolloin massa on kovetettuaan kuiva. Valu ei myöskään vaadi erillisiä jälkitöitä. Mikäli valu tehdään iltapäivästä, sen päälle voidaan jatkaa rakentamista seuraavana aamuna.

Valun kovetuttua laatan kylkeen liimattu butyylinauha taitetaan uuden valun päälle ja suojanauha poistetaan. Valun päälle taitettu nauhan osa kiinnitetään uuden valun pintaan toisella butyylinauhalla, Tescon Naidec MONO. Molemmat butyylinauhat ovat muoviselkäisiä, jolloin niissä ole mitään kosteusvaurioituvaa materiaalia, kuten joissain kangasselkäisissä butyylinauhoissa. Tärkeämpi ominaisuus on kuitenkin butyylinauhan muoviselän avulla valusaumaan saatava laakeripinta, sillä täyttövalu ei tartu nauhan selkään ja vanha ja uusi rakenne voivat tarvittaessa liikkua toisiinsa nähden jopa yli 10 mm tiivistyksen repeämättä. Lisäksi tiivistys on helppo myöhemmin paikata irrottamalla peitelista ja lisäämällä saumaan esim. butyylimassaa.

Valusauman tiivistämisen jälkeen korotusvalun päälle asennetaan EPDM-kuminen kapilaarikatko, Isover sokkelikaista, jossa on kaksi tiivistyshuullosta, sekä alajuoksupuu. Kaista sijoitetaan alajuoksupuun ja täyttövalun väliin siten, että sisempi tiivistyshuullos jää puristuksiin butyylinauhan ja alajuoksupuun väliin. Seuraavaksi asennetaan runkotolppien jatkospalat, jotka tehdään mitallistetusta C24-lujuusluokan rakennuspuusta. Jatkospala katkaistaan 3-4 mm pitemmäksi kuin asennusvara ja kiilataan paikoilleen. Kun runkopuun jatkos kiilataan paikoilleen rakennuksen paino puristaa liitoksen tiiviiksi. Jatkopala kiinnitetään alajuoksupuuhun naulaamalla ja runkotolppaan kahdella 300 mm pitkällä kulmaraudalla. Kulmaraudat kiinnitetään 5x45

mm:n kupukantaruuvilla, 8 kpl/rauta. Raudat kiinnitetään vastakkaisiin kulmiin kylmäsillan estämiseksi. Raudat voidaan asentaa joko tolpan kulman ympäri, eli molemmat sivut runkoa vasten tai vain toinen sivu runkotolppaa vasten. Kun höyrynsulun puoleinen kulmarauta kiinnitetään siten, että toinen sivu on poispäin tolpasta ja samassa linjassa tolpan kyljen kanssa, rauta ei haittaa kipsilevytyksen asentamista (kuva 33.). Holvituet voidaan poistaa jatkosten asentamisen jälkeen.

Kuva 33. Alajuoksupuu, jatkokset ja kulmaraudat asennettuna.

Seuraavaksi seinään asennetaan uusi mineraalivilloitus. Mineraalivillan vaihtaminen ulkoseinässä on perusteltua materiaalin vanhenemisen vuoksi. Mineraalivillan valmistamisessa käytetty fenoliformaldehydihartsi alkaa hajoamaan ajan, lämmön ja kosteuden vaikutuksesta ja aiheuttaa villan rakenteen hajoamista, pölyämistä sekä lämmöneristävyyden heikkenemistä. Mikäli eristyskerrosta ei vaihdeta korjauksen yhteydessä, villan vaihtosykli tulee vastaan ennen muiden rakenteiden seuraavaan peruskunnostuskierrosta. Yläpohjan mineraalivilloja ei välttämättä tarvitse vaihtaa korjausten yhteydessä, sillä ne voidaan vaihtaa yläpohjan puolelta myöhemminkin rikkomatta rakenteita.

Villoituksen jälkeen asennetaan höyrynsulku ulkoseiniin ja kattoon. Ulkoseinillä höyrynsulun tiiviys alapohjaan varmistetaan liimaamalla PE-kalvo alajuoksupuun kylkeen PE-kalvon liimaamiseen sopivalla liimamassalla, kuten Casco FoilFix tai Orcon-F. Liimamassalla saadaan alajuoksuun tehtyä tiivistehuullos, jota vasten PE-kalvo puristuu mekaanisesti kipsilevytyksen yhteydessä. Liimamassan yhtämittainen levitys on helppo tarkastaa läpikuultavan PE-kalvon läpi, sillä massa näkyy kalvon läpi vaaleampana kuin tausta (kuva 34). PE-kalvon liimaamiseen tai läpivientien tiivistämiseen tulee käyttää vain tarkoitusta varten tehtyjä massoja, sillä uretaanipohjaisilla ja osalla polymeeripohjaisistakaan massoista ei ole minkäänlaista tartuntakykyä PE-kalvoon.

Ulkoseinän höyrynsulun saumat tiivistetään Tescon POWER-höyrynsulkuteipillä. Teipin tartunta on erittäin hyvä ja teippi on vaalea sekä läpikuultava, jolloin teipin vajaa tartunta näkyy vaaleampana alueena teipin läpi. Mikäli vaalea alue ulottuu teipin reunasta PE-kalvojen saumaan asti, kohdassa on ilmavuoto.

Ikkunoiden ja ovien ympärykset ja tiivistetään myös Tescon POWER-höyrynsulkuteipillä (kuva 35.). Höyrynsulkumuovi leikataan aukon ympäriltä siten, että apukarmin pintaa tulee näkyviin 5-10 mm, jonka jälkeen höyrynsulkuteippi asennetaan siten, että se osuu PE-kalvoon, apukarmiin ja ikkunan karmiin. Minimi tartuntapinta 5 mm.

Kuva 34. Ulkoseinän höyrynsulun tiivistys alajuoksun alueella sekä lattialaatan ja alajuoksupuun välinen tiivistys.

Kuva 35. Ulkoseinän höyrynsulun tiivistäminen alajuoksuun ja ikkunoiden ympärille.

3.3.2 Yläpohjan tiivistäminen

Yläpohjan höyrynsulku asennetaan vanhan harvalaudoituksen tai rimoituksen päälle (kuva 36.). Vanha höyrynsulkumuovi poistetaan ennen uuden asentamista tai puhkotaan huolellisesti. Mikäli mahdollista, vanha muovi viilletään auki jokaisesta laudoituksen välistä koko kattotuolien välisen matkan. Jos lämmöneristeenä on puhallusvilla, viiltoja voidaan tehdä esimerkiksi kaksi lyhyempää per väli. Höyrynsulun tiivistäminen tehdään teippaamalla samoin kuin ulkoseinilläkin. Kytkentärasioiden ja muiden läpivientien kohdalla höyrynsulku asennetaan ensin ehjänä yli, jonka jälkeen muoviin leikataan rasian kohdalle sen halkaisijaa pienempi aukko. Höyrynsulkumuovin ja kytkentärasian väliin laitetaan PE-kalvon liimaamiseen sopivaa liimamassaa, jonka jälkeen muovi painetaan paikoilleen korotusrenkaalla. Kytkentärasian reiät ja johtojen asennusputken pää tukitaan palokatkoakryylillä rasian sisältä. Samaa menetelmää käytetään myös ulkoseinien kytkentärasioiden kanssa. Putkiläpivientien kohdalla käytetään teippaamista höyrynsulkuteipillä tai tiivistämistä liimamassalla. Valmiita läpivientikauluksia ei

suositella, koska ne eivät sovellu vanhoille ML-johdoille. Mikäli sähköjohdotuksia uusitaan korjausten yhteydessä, voidaan läpivientikauluksia käyttää MMJ-johdotusten kanssa.

Kuva 36. Yläpohjan höyrynsulun tiivistäminen kantavan väliseinän yläjuoksupalkkiin.

3.3.3 Väliseinien tiivistäinen yläpohjan höyrynsulkuun

Huoneiston sisällä väliseinien yläjuoksu on usein kiinnitetty yläpohjan harvalaudoituksen päälle, eikä uutta höyrynsulkua pystytä vetämään yhtenäisenä väliseinien yli. Ongelmakohta saadaan ratkaistua asentamalla höyrynsulku huonekohtaisesti siten, että väliseinien levytyksen yläreunaa leikataan yläjuoksupuiden kylkien paljastamiseksi. Yläjuoksupuiden kylkiä paljastetaan 2-3 cm:n korkeudelta ja yläpohjan höyrynsulku tiivistetään tähän pintaan teippaamalla. Mikäli väliseinälevytys poistetaan korjausten yhteydessä, voidaan höyrynsulun kiinnittämiseen käyttää samaa menetelmää kuin ulkoseinän alajuoksun kohdalla.

Kantavan väliseinälinjan yläjuoksu on -70 ja -80 -luvuilla usein tehty kahdesta koolingista yhden palkin sijaan, jolloin puiden väliin muodostuu korjausten yhteydessä suora yhteys yläpohjan eristetilaan vanhan höyrynsulun puhkomisen vuoksi. Yläjuoksun pitkittäissaumat on helpoin täyttää teipata tiiviiksi ja kaikki runkotolppien liittymät kiertää teipillä tai liimamassalla. Mikäli väliseinän runkopuut vaihdetaan, yläjuoksun sauman saa tiivistettyä oikein ja uudesta rungosta tulee suorempi kuin vanhoilla tolpilla.

3.3.4 Huoneistojen välinen seinä

Huoneistojen väliset seinät pyritään korjausten yhteydessä tiivistämään lattiaan, ulkoseiniin ja yläpohjan höyrynsulkuun siten, että seinän eristetila on auki ainoastaan yläpohjan suuntaan.

Huoneistojen välisen seinän ollessa tuplarankaseinä, sille tehdään vastaava alajuoksupuun korotuskorjaus kuin ulkoseinillekin. Korotuskorjaus tehdään vain toisen huoneiston puolelta, jolloin sen puoleisen väliseinän kipsilevytys puretaan kokonaan ja mineraalivilloitus vaihdetaan. Seinän toiselta puolelta puretaan myöhemmin sen huoneiston korjausten yhteydessä osa päällimmäisestä levykerroksesta n. 1 m leveydeltä sivuilta ja katosta tiivistysten tekoa varten.

Huoneistojen väliset seinät jätetään höyrynsulun sisäpuolelle asentamalla höyrynsulku suorana väliseinän ohi seuraavaan huoneiston puolelle ja jatkamalla sulkua viereisen huoneiston korjausten yhteydessä. Koko rakennukselle on siis tarkoitus tehdä yksi höyrynsulku ja osastoida huoneistot tiivistämällä väliseinät ulkoseinien höyrynsulkuun.

Mikäli huoneistojen välinen seinä on alun perin jatkunut ulkoseinän sisään, ulkoseinässä olevat väliseinätolpat poistetaan ja uudet tolpat asennetaan höyrynsulun sisäpuolelle. Ulkoseinään jäävä tila täytetään palovillalla huoneistojen välisen palokatkon varmistamiseksi. Uudet runkotolpat tuetaan ulkoseinän vanhoihin tolppiin kulmaprofiililla, Gyproc H 50/50. Pelti kiinnitetään ulkoseinän höyrynsulun ja kipsilevytyksen väliin runkotolppiin ruuvaamalla. Väliseinässä kulmarauta kiinnitetään kipsilevytysten väliin ruuveilla. Halutessa pellin ja taustalevyn väliin voidaan levittää liimamassa varmistamaan liittymän tiiviys.

Yläpohjan höyrynsulku limitetään väliseinän levytysten väliin n. 1 m ja teipataan kipsilevyn pintaan. Sisemmän kipsilevyn ja alajuoksun väli kannattaa tiivistää liimamassalla ja levytyksen saumat tasoittaa yli, jolloin levysaumojen kautta

levykerrosten väliin ja levyjen välistä katonrajan sekä lattianrajan kautta kulkeutuva korvausilma saadaan katkaistua pois. Tämä vuotoilmareitti on yllättävän voimakas, kun muita ilmareittejä ei korvausilmaventtiilien lisäksi ole.

Jos yläpohjan rakenteisiin jää huoneiston korjausten yhteydessä vanhoja vaurioita, tai kosteus- ja mikrobivaurioitunutta naapurihuoneistoa ei jostain syystä olla korjaamassa, niistä voi kulkeutua korjatun huoneiston sisäilmaan kaasumuotoisia epäpuhtauksia. Nämä epäpuhtaudet voivat kulkeutua diffusiivisesti väliseinän kipsilevytyksen läpi. Tässä tapauksessa huoneistojen väliseen seinään voidaan asentaa alumiinipaperi kipsilevyjen väliin. Myös ulkoseinissä voidaan käyttää alumiinipaperia höyrynsulkumuovin sijaan, mikäli urakkarajan ulkopuolisista rakenteista epäillään kulkeutuvan PE-muovin läpäiseviä epäpuhtauksia.

Väliseinän ollessa massiivinen, kuten muurattu tai betonielementti, ulkoseinän höyrynsulku jatketaan yhtenäisenä muurin ohi koko rakennuksen ympäri, kuten puurankaisen väliseinän kohdallakin. Väliseinän liittymät ulkoseiniin, lattialaattaan ja yläpohjan höyrynsulkuun toteutetaan kangasselkäisellä butyylinauhalla, Ardex STB 75-50 tai vastaava. Ulkoseinien kohdalla väliseinästä haetaan tiivistämistä varten kova pinta. Betoniseinässä puhdas betonipinta ja tiilimuurissa kaivetaan tarvittaessa muurin pinta esiin. Pinta tasoitetaan tarvittaessa ennen teippaamista. Myös muurin tiiviys pitää varmistaa ja tarvittaessa tasoittaa yli tiiviillä tasoitteella. Väliseinän kohdalla epoksointikin on mahdollinen, sillä se ei todennäköisesti heikennä rakenteen kosteusteknistä toimivuutta ratkaisevasti.

Lattialaatan kohdalla seinän ja laatan väli puhdistetaan ja täytetään uretaanivaahdolla. Vaahdon kovetuttua ylimääräinen vaahto leikataan pois ja sauma teipataan butyylinauhalla. Nauha painetaan voimakkaasti ja huolellisesti puhdistettuihin vastinpintoihin ilman primerointia. Primerin kanssa on usein käynyt, että nauha tarttuu primeriin, mutta primeri ei ole ollut kunnolla kiinni alustassa. Butyylinauha pyritään massiiviväliseinässä tasoittamaan yli, jolloin nauhan epävarmempi liitos saadaan jäämään lastin sisään.

3.3.5 Rakennuksen päätyseinien eristetilan ilmantiivistäminen

Tavallisesti rivitalon yläpohjan kuormat ohjataan pitkien sivujen ulkoseinille ja mahdollisesti kantavalle väliseinälinjalle. Pitkien sivujen ulkoseinissä on kuormien

vastaanottamista varten tukeva yläjuoksupalkki, joka toimii samalla lämmöneristetilan ylhäältä päin tiivistävänä rakenteena. Koska päätyseinillä ei ole vastaavaa tehtävää kuormien kantamisessa, niistä puuttuu yläjuoksupuu ja sitä kautta lämmöneristetila on runkotolppien välissä auki yläpohjaan. Koska lämmöneristys on tavallisesti tehty hyvin ilmaa läpäisevästä mineraalivillasta, eristetilassa oleva, sisätilojen lämmittämä ilma pääsee nousemaan yläpohjan puolelle ja tilalle tulee kylmää ilmaa seinän alaosasta jäähdyttäen seinärakenteita. Ilman liikkeen estämiseksi päätyseinän eristetilaan tulee asentaa ilmansulku katonrajaan (kuva 37.). Sulku toteutetaan tervapaperilla, joka teipataan kiinni tuulensuojalevyn pintaan ja runkotolppien kylkiin jokaisen tolpan väliin. Tervapaperin sisäreuna taitetaan alaspäin n. 0,1 m mineraalivillan ja myöhemmin asennettavan höyrynsulun väliin, jolloin ilman liike seinästä yläpohjaan saadaan katkaistua.

Kuva 37. Rakennuksen päätyseinän yläosan ilmantiivistys tervapaperilla. Paperin alareuna on teipattu ulomman lämmöneristekerroksen vaakarimaan.

3.3.6 Ilmanvaihto

Mikäli korjaukset tehdään oikeassa laajuudessa, eli alajuoksupuun korotuskorjauksen lisäksi varmistetaan höyrynsulun tiiviys, huoneistoon voidaan halutessa asentaa nykyaikainen koneellinen tulo-poisto -ilmanvaihto. Korjausten aikana IV-putkitukset pystytään vetämään oikeisiin paikkoihin rakenteissa ja järjestelmän vaatima tila pystytään huomioimaan suunnittelussa.

Useimmiten asukkaat tai As Oy ei ole lähtenyt nykyaikaistamaan IV-järjestelmää, jolloin on pitäydytty korvausilman saatavuuden varmistamisessa. Korvausilmareittien lisääminen ja tuloilman varmistaminen on erityisen tärkeää korjausten yhteydessä, sillä oikein tehtynä höyrynsulun tiivistys katkaisee kaikki rakenteiden läpi tulevat ilmavirrat, eikä huoneistoon pääse korvausilmaa mitään muuta kautta kuin erikseen tehtävien reittien kautta.

4 LOPUKSI

Korjausmenetelmällä on lopputyön kirjoittamiseen mennessä tehty n. 12 huoneistoa. joissa on alajuoksun korotuskorjauksen lisäksi korjattu ulkoseinien ja yläpohjan höyrynsulku. Huoneistoissa on tehty alipainetesti ja vuotoilmareittien kartoitus ennen korjauksia ja samat uudelleen höyrynsulkujen tiivistämisen jälkeen ennen seinäpintojen levytystä. Alipaineistuksessa on käytetty Heylo Compact 1500 –aksiaalipuhallinta, jonka nimelliskapasiteetti on n. 1400 m^3/h. Ennen korjauksia alipaineeksi on saatu 0..-2 Pa ja korjausten jälkeen parhaimmillaan -34 Pa. Alajuoksupuun alueelta ei ole ilmavuotoja saatu näkyviin yhdessäkään kohteessa.

Korjaukset tehnyt Sisäilmasaneeraus Laitinen Oy on ollut menetelmään tyytyväinen sen helpon vaiheistamisen ja selkeiden työvaiheiden vuoksi.

LÄHTEET

Blocon v10.11, lämpöjakauman mallinnusohjelma, 2017, http://www.buildingphysics.com/index-filer/heat2.htm

FISE virhekortti, Valesokkelirakenne, http://fise.fi/virhekortti/valesokkelirakenne/ s.17

Harkkokäsikirja 2016, Betoniteollisuus ry, 2016, http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf

Juha Lappalainen, Sisäilmasepät Oy, 2016, korjaussuunnittelun rakenneanalyysien yhteydessä

Markus Koistinen, KL-Sealing Oy, 3.5.2017, suullinen tiedonanto

Rakennusfysiikka 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset, RIL ry, 2014

RakMk 2003, C4, Lämmöneristys

Patenttihakemus, Sisäilmasepät Oy, 2017, https://patent.prh.fi/patinfo/tiedot.asp?NroParam=20175009&NID=&offset=&ID=X1009436&Inx=1

Patenttihakemus, Sisäilmasepät Oy, 2017, https://patent.prh.fi/patinfo/tiedot.asp?NroParam=20175256&NID=&offset=&ID=X1009909&Inx=1

Tunnista ja tutki riskirakenne -opetusmateriaali, Hometalkoot, www.hometalkoot.fi/file/15814.pdf

TTL, Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet, Formaldehydi, 2015, *https://www.ttl.fi/ova/formalde.pdf*

Ulkoseinän alaosa maanvaraisalapohjaisissa rakennuksissa, RT 820.1, Rakennustieto Oy, 1957

Unto Siikanen, Rakennusfysiikka, Rakennustieto Oy, 2015