



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Maria Temonen

Teräs-, puu- sekä tiiliholvattujen välipohjien korjaustavan valinta 1900-luvun alkupuolen rakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

8.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Maria Temonen Teräs-, puu- sekä tiiliholvattujen välipohjien korjaustavan valinta 1900-luvun alkupuolen rakennuksessa 61 sivua + 0 liitettä 8.5.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	yksikönpäällikkö, Ramboll Finland Oy, Sami Suomela lehtori PhD, Metropolia, Paula Naukkarinen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia teräs-, puu- sekä tiiliholvattujen välipohjien vauriomekanismeja ja perehtyä niiden korjausmenetelmiin. Tutkimuksessa käsiteltävät välipohjat ajoittuvat 1900-luvun alkupuolen rakennuksiin. Työn tilaajana toimi konsulttitoimisto Ramboll Finland Oy.</p> <p>Välipohjien vaurioihin sekä korjaussuunnitteluun liittyviin ohjeisiin perehdyttiin rakennusalan kirjallisuuden ja asetusten avulla. Korjausratkaisut perustuvat Ympäristöministeriön vuonna 2019 julkaisemaan ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus”-oppaaseen. Kirjallisuustutkimuksen lisäksi haastateltiin yrityksen asiantuntijoita ja kerättiin tietoa aiemmista projekteista.</p> <p>Välipohjien korjausmenetelmät jaettiin kolmeen kategoriaan: rakenteen uusiminen, vaurioituneen materiaalin poisto ja ilmatiiveyden parantaminen. Tässä insinööriyössä perehdyttiin tarkemmin menetelmään, jossa vaurioitunut materiaali poistetaan rakenteesta, koska se on korjaussuunnittelun näkökulmasta haastavin korjaustapa.</p> <p>Työn perusteella yritykselle laadittiin esimerkit purku- ja korjausrakennetyypeistä. Niihin lisättiin suunnittelu- sekä toteutuksen kannalta tärkeät ohjeet. Tehdyt rakennetyypit ovat esitetty tämän insinööriyön loppuosassa.</p>	
Avainsanat	korjaussuunnittelu, välipohjat, mikrobi vaurio

Author Title Number of Pages Date	Maria Temonen Selection of Repair Method for Steel-, Timber- and Brick Arch Floors in an Early 20th Century Building. 61 pages + 0 appendices 8 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Professional Major Structural Engineering
Instructors	Sami Suomela, Head of unit Paula Naukkarinen, Senior Lecturer, Phd
<p>The aim of this bachelor's thesis was to investigate the potential failure mechanisms of steel, timber and brick arch floors and to learn about their repair methods. The investigated floors are in buildings from early 20th century. This thesis was commissioned by the Ramboll Finland Oy.</p> <p>The floors' damages and the guidelines of repair planning were studied with the help of professional literature and regulations. The repair guidelines proposed in this thesis are based on a guide book titled "Guide on renovation and repair of Buildings with Moisture and Microbial Damage " published by the Ministry of the Environment of Finland in 2019. In addition to the literature survey, the company's experts were interviewed and information on previous projects was collected.</p> <p>The methods of repairing floors were divided into three categories: replacement, removal of damaged material and air-tightness improvement. In this engineering thesis, the method of removing damaged material from the structure was studied in more detail because it is a more challenging repair method.</p> <p>On the basis of, the examples of demolition and repair construction structure types were drawn for the company. These were supplemented with important design guidelines. The types of structures produced are presented in the final part of this thesis.</p>	
Keywords	renovation design, floors, microbe damages

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön tausta ja tavoitteet	1
1.2	Insinööriyön rajaukset	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	1
1.4	Tutkimuskysymykset	2
2	Välipohjatyypit	3
2.1	Puuvälipohja	3
2.2	Tiiliholvattu välipohja	4
2.3	I-teräs välipohja	5
3	Välipohjien tyypilliset vauriot	6
3.1	Kosteus ja mikrobivauriot	6
3.2	Lahovauriot	10
3.3	Puurakenteiden tuhohyönteiset	10
3.4	Kantavien rakenteiden muodonmuutoksista aiheutuvat vauriot	11
4	Korjaussuunnittelun lähtötiedot ja tutkimukset	13
4.1	Vanhat piirustukset	13
4.2	Rakennushistoriallinen selvitys	14
4.3	Kuntotutkimus	14
4.4	Haitta-ainetutkimus	15
4.4.1	Asbesti	15
4.4.2	PAH- ja PCB-yhdisteet, mineraaliöljyt	16
4.4.3	Metalliyhdisteet	16
5	Korjaustavan valintaperusteet	17
5.1	Rakennuksen käyttötarkoitus ja käyttötarkoituksen muutos	17
5.2	Kosteustekninen toimivuus korjaushankkeissa	18
5.3	Sisäilman parantaminen	19
5.4	Kantokyky, lujuus ja vakaus	21
5.4.1	Puuvälipohja	22
5.4.2	Tiiliholvattu ja I-teräsvälipohja	23
5.5	Akustiset vaatimukset	24

5.6	Paloturvallisuus	27
5.6.1	Puurakenteiden paloturvallisuus	29
5.6.2	Teräsrakenteiden paloturvallisuus	31
5.6.3	Tiiliholvattujen rakenteiden paloturvallisuus	32
6	Korjausprosessiin liittyvä ohjeistus	33
6.1	Purkutyöt ja rakenteiden tuentatarpeet	33
6.2	Pölyn ja puhtauden hallinta	37
7	Kyselytutkimus	37
7.1	Puuvälipohjat	38
7.2	Tiiliholvattu välipohja	39
7.3	I-teräsvälipohjat	39
7.4	Märkätilat	40
7.5	Muut asiat	40
8	Korjausratkaisut ja korjaussuunnittelun ohjeistus	40
8.1	Puuvälipohja	41
8.1.1	Alapinnan rakenne säilytetään	41
8.1.2	Alapinnan rakenne puretaan	45
8.1.3	Ilmatiiveyden parantaminen	47
8.2	Tiiliholvattu välipohja	48
8.2.1	Tiiliholvattu välipohja, puukoolattu lattiarakenne	49
8.2.2	Tiiliholvattu välipohja, betonilaatta	51
8.2.3	Tiiliholvi ja uusi kantava rakenne	53
8.2.4	Tiiliholvin välipohjan ilmatiiveyden parantaminen	54
8.3	I-teräsvälipohja	55
9	Tutkimuskysymysten vastaukset	56
10	Yhteenveto ja pohdinta	57
	Lähteet	59

Lyhenteet

by	Betoniyhdistys
$L'_{n,w}$	Askeläänitasoluvulla
MRT	Moduulikokoinen reikätiili
NRT	Normaalikokoinen reikätiili
PAH-yhdisteet	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PCB-yhdisteet	Polyklooratut bifenyylit
RHS	Rakennushistorian selvitysopas
RUNKOJAKO KK	Runkojako keskeltä keskelle
R'_{w}	Ilmaääneneristysluku
t_{ch}	Puurakenteen hiiltymisen alkamishetki
TTY	Tampereen tekninen yliopisto
VNa	Valtioneuvoston asetus
VOC-yhdisteet	Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä
WuFi	Wärme Und Feuchte Instationär (Heat and moisture transien- cy)
YMa	Ympäristöministeriö

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön tausta ja tavoitteet

Tämän insinööriyön tilaajana toimii Ramboll Finland Oy ja työ toteutetaan korjausrakentamisen osastolle. Korjausrakentamisen toimialalla keväällä 2020 on aloitettu kehityshanke mallirakennetyyppien kirjaston laadinnasta. Kirjaston tarkoitus on auttaa rakennesuunnittelijoita korjaustavan valinnassa. Kirjaston mallirakennetyyppi sisältää varsinaisen rakennetyyppi- ja toteutusohjeet sekä suunnittelunäkökulmasta tärkeät ohjeet ja viittaukset normeihin. Mallirakennetyyppi ei ole käytännössä valmis korjausratkaisu, vaan se toimii ns. korjaussuunnittelijan muistilistana. Korjaushankkeet ovat erilaisia ja kohteissa edellytetään aina tapauskohtaista soveltamista. Kirjaston laadinta aloitettiin ala-, kaksois- ja ylälaattapalkistorakenteisten välipohjien mallirakennetyypeistä. Tämän insinööriyön ensimmäinen tavoite on tutkia teräs-, puu- sekä tiiliholvattujen välipohjien tyypilliset vauriot ja korjausmenetelmät sekä perehtyä välipohjien korjaussuunnitteluperusteisiin. Toinen tavoite on tutkimuksen perusteella laatia kyseisistä välipohjista mallirakennetyypit.

1.2 Insinööriyön rajaukset

Insinööriyö on rajattu käsittämään vain 1900-luvun alkupuolella rakennettuja teräs-, puu- ja tiiliholvattuja välipohjia. Korjausmenetelmät sekä niihin liittyvät perusteet ja ohjeet tutkitaan rakenneteknisestä näkökulmasta. Korjausmenetelmissä ja mallirakennetyypeissä keskitytään eniten kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamisen. Tutkimuksessa perehdytään kantavuuden, paloturvallisuuden ja äänitekniikan perusteisiin, mutta ei suoriteta laskennallisia tarkastuksia. Työmaahan liittyvään ohjeistukseen perehdytään vain siltä osiin, mitä rakennetyyppiä vastaava toteutusohje pitää sisällään.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa perehdytään rakennusalan kirjallisuuteen, kuten esim. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL:n julkaisuihin, RT-kortistoihin sekä perehdytään ympäristöministeriön julkaisuihin ja asetuksiin.

Tutkimuksessa tutkitaan Ramboll Finland Oy:n jo tehtyjä suunnitelmia ja rakennetyyppejä sekä haastatellaan asiantuntijoita.

Haastattelu pidetään puolistrukturoituna [32], eli asiantuntijoille esitetään etukäteen laadittuja kysymyksiä. Kysymyksiin vastaamisen tapa on vapaa, koska haastattelututkimuksen tavoite on saada mahdollisimman laajat tiedot korjaustavoista ja korjausmenetelmien yksityiskohdista. Haastattelut nauhoitetaan, jälkikäteen analysoidaan ja laaditaan yhteenveto.

1.4 Tutkimuskysymykset

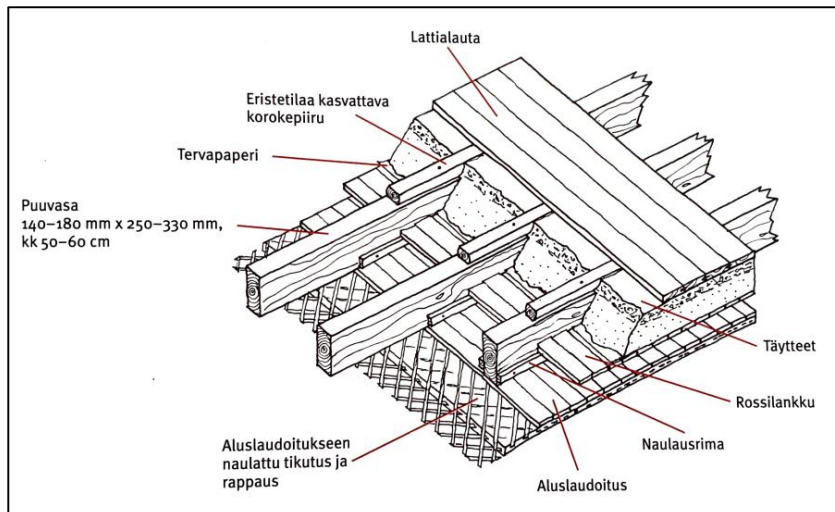
1. Mitkä ovat puu-, teräs- sekä tiiliholvattujen välipohjien vaurioitumismekanismit ja mistä ne johtuvat?
2. Mitä rakennesuunnittelijan tulee huomioida 1900-luvun välipohjien korjaustavan valinnassa?
3. Mikä on ensisijainen tavoite välipohjan korjaussuunnittelussa?

2 Välipohjatyypit

Suomessa alettiin rakentaa ensimmäisiä kerrostaloja 1800-luvun viimeisillä vuosikymmenellä. Helsingissä ensimmäisen kerrostalon rakennettiin 1870-luvulla, Turussa ensimmäiset asuinkerrostalot rakennettiin 1880-luvulla ja Tampereella ensimmäinen kolmikerroksinen asuintalo valmistui vuonna 1885. Tyypillinen runkotyyppi näissä oli tiilimuurirunko, eli kantavana pystyrakenteena toimivat ulkoseinät ja talon keskellä olevat pituussuuntaiset sydänmuurit. 1880-luvulta lähtien ja noin vuoteen 1915 asti tavallisin kerrostalojen välipohja oli puurakenteinen. Paloturvallisuussyistä välipohjat rakennettiin tiilestä kellareiden, porttikäytävien ja eteishallien päälle. Tulisijat kannateltiin myös joko rataakiskoilla tai tiiliholveilla. Vuosien 1900-1915 välillä alettiin käyttämään välipohjarakenteessa betonilaattoja, jotka valettiin teräspalkkien varaan. Varsinaisia teräsbetonivälipohjia alettiin rakentaa vuodesta 1910 lähtien ja yleisin oli alalaattapalkisto. [1, s.12,16.]

2.1 Puuvälipohja

Puurunkoinen välipohja oli tyypillinen välipohjatyypiksi vuosien 1880-1920 kerrostaloissa. Sen kantavat paksut puupalkit liittyvät yleensä massiivitiiliseiniin [1, s.17]. Palkkien päät suojattiin kosteudelta tervalla ja tervapaperilla. Puupalkkien poikkileikkauksen koko on noin 150x300 mm ja runkojako k 500-600 mm [1, s.44]. Palkkien kylkeen naulattiin naulausrima ja siihen kiinnitettiin täyteen kannatuslaudat (rossilankut). Eristetilan kasvattamiseksi palkkien päälle lisättiin korokepiirut ja niiden päälle asennettiin lattialauta [1, s. 19]. Lämmön- ja äänieristävyyden parantamiseksi välipohjan palkkien välit täytettiin puupohjaisilla levyillä, hiekalla, rakennusjätteellä sekä orgaanisella materiaalilla kuten esim. sahanpuru, sammal ja turve [2, s. 214]. Puupalkkien alapintaan kiinnitettiin aluslaudoitus ja siihen naulattiin tikutus, eli ohuita ristikkäin asennettuja puulistoja. Tikutus mahdollisti hyvän tartuntapohjan kalkkirappaukselle [1, s. 22]. Tyypillinen puuvälipohjan rakenne on esitetty kuvassa 1.

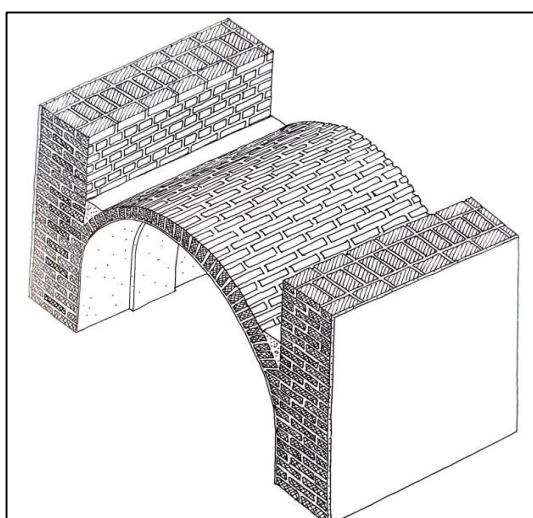


Kuva 1 Puuvälipohja, [1, s.19]

Puuvälipohjia ei rakennettu porttikäytävien, eteishallien ja kellareiden päälle paloturvallisuussyistä [1, s.17].

2.2 Tiiliholvattu välipohja

Tiilestä muurattuja välipohjia on kahta tyyppiä: muurattu tynnyri- (Kuva 2) tai ristiholvi (Kuva 3) sekä ratakiskoihin muurattu kappaholvi, mikä on esitetty kuvassa 4. Tiiliholvattu välipohja esiintyy tyypillisesti kellareissa, eteishalleissa ja porttikäytävillä [1, s. 17]. Kantavan rakenteen muodostavat toisiinsa kiilautuvat, kaaren muotoon muuratut tiiliskivet. Kaari tukeutuu sivuilta nk. tukimuureihin eli massiivirakenteisiin kantaviin seiniin.

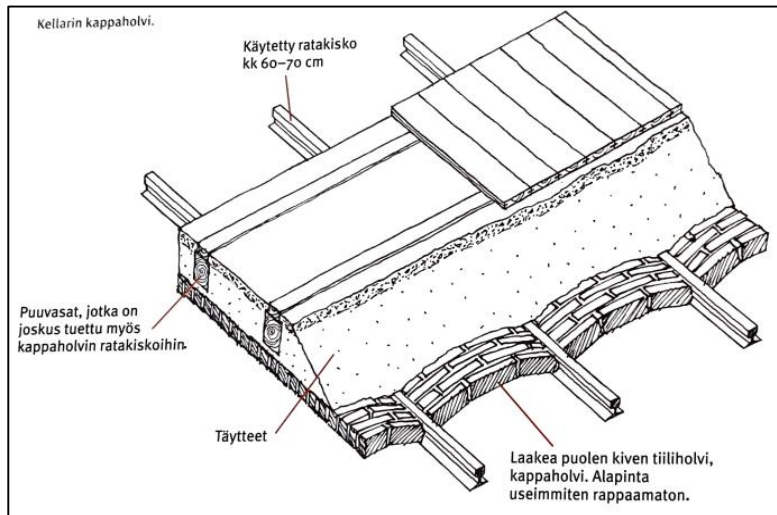


Kuva 2 Tynnyriholvi, [1, s.18]



Kuva 3 Ristiholvi, [24, s.23]

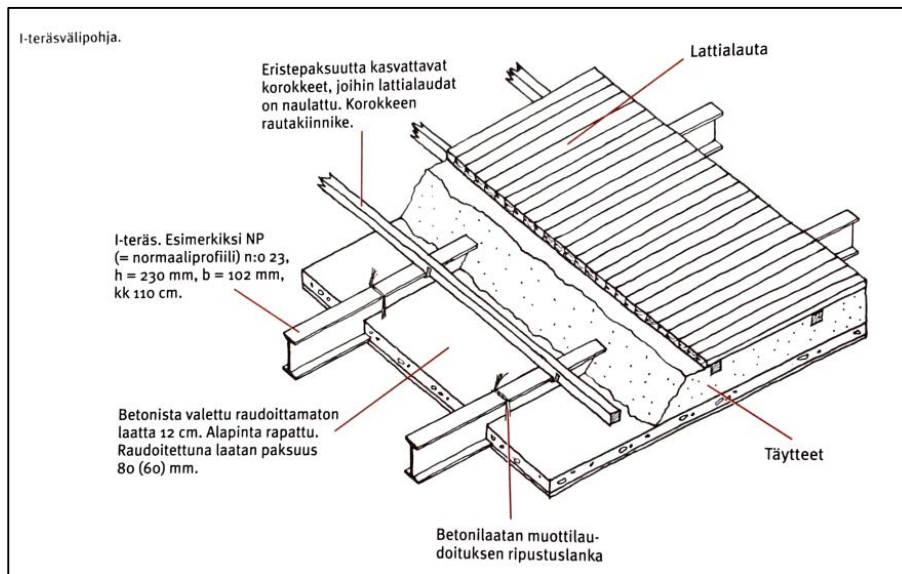
Kappaholvin ratakiskot ovat 600-700 mm etäisyydellä toisistaan ja niiden väliin muurattiin puolen kiven tiiliholvi. Holvin päälle asennettiin puuvasat ja niiden välit täytettiin eristeellä [1, s. 18]. Puupalkkien päät suojattiin kosteudelta tervalla ja tervapaperilla. Kellarin kappaholvin alapinta oli usein rappaamaton [1,18]. Kappaholvin rakenne on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Kappaholvi, [1, s.19]

2.3 I-teräs välipohja

1900-1915 vuosina rakennettiin runsaasti I-teräsvälipohjaa. I-teräsvälipohja muodostuu I-teräsprofiili palkeista ja niiden väliin valetuista betonilaatoista. (Kuva 5) Raudoittamattoman betonilaatan paksuus on tyypillisesti 120 mm ja raudoitettun 60-80 mm. I-terästen yläpintaan asennettiin rautakiinnikkeillä puukorokkeet, joihin naulattiin lattialaudat. Lattialaudan ja betonilaatan väli täytettiin eristemateriaaleilla. [1, 17-18.]



Kuva 5 I-teräsvälipohjia, [1, s.19]

3 Välipohjien tyypilliset vauriot

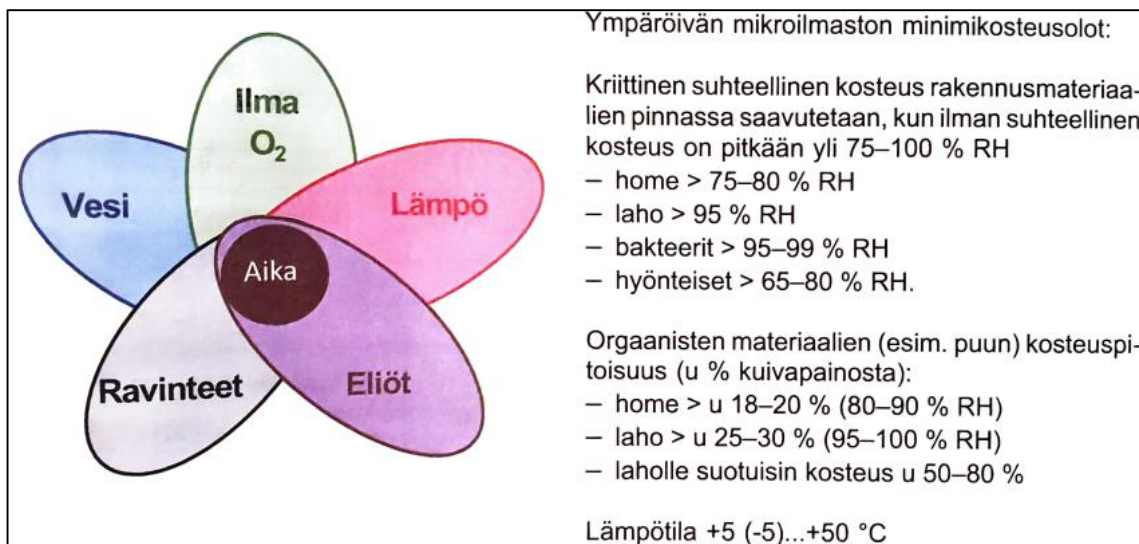
Vanhat välipohjat ovat poikkeuksellisen alttiita kosteus- ja mikrobivaurioille. Alttius johtuu rakenteissa käytetyistä materiaaleista, jotka sisältävät paljon jo valmiiksi epäpuhtaita tai nk. "orgaanisia" aineita ja toimivat alustana mikrobikasvustoille. Tyypilliset vauriot ovat myös välipohjien rakenteiden materiaalien vaurioituminen, kuten esim. puumateriaalin laho- ja tuhohyönteisten aiheuttamat vauriot, betonin halkeilu ja teräsrakenteiden korrosio.

Kosteus ja mikrobivauriot voivat aiheuttaa sisäilman laadun heikkenemistä ja johtaa sisäilmaongelmiin. Sisäilmaongelmilla voi olla haitallinen vaikutus rakennuksen käyttäjien terveydelle ja pahimmissa tapauksissa ne voivat johtaa käyttäjien sairastumiseen. Pitkälle edenneet materiaalien vaurioitumiset voivat vaikuttaa rakenteen kantavuuteen ja aiheuttaa välitömiä turvallisuusriskejä.

3.1 Kosteus ja mikrobivauriot

Rakennuksessa ja rakenneosissa kosteusvaurion takia voi aiheutua mikrobikasvustoa, jotka muodostuvat erilaisista mikrobilajeista, bakteereista tai home- ja lahottajasisienistä. Bakteerit, home- ja lahottajasisienet ovat eläviä organismeja ja voivat kasvaa erilaisissa materiaaleissa. Mikrobien takia materiaalit voivat pilaantua ja aiheuttaa hajua sekä terveydelle vaarallisia

toksisia aineita. Mikrobin kasvuun vaikuttavat kosteus, ravinteet, lämpötila, happamuus, happi ja ilman liikkeet. Suurin merkitys on sillä, kuinka pitkään lämpötilan ja kosteuden vaihtelut vaikuttavat samaan aikaan rakenteeseen. Kuvassa 6 on esitetty mikrobikasvun kannalta kriittiset tekijät ja olosuhteet. [6, s.226-22.9]



Kuva 6 Materiaalien vaurioitumisen kannalta kriittiset tekijät (RIL 250-2020) [6, s. 227])

Rakenteen kosteusvaurio voi olla äkillinen tai pitkäaikainen.

Äkillinen kosteusvaurio voi johtua esim. putken tai laitteiston vuodosta tai sammutusvedestä ja vaurion laajuus on selvitettävä kosteusmittauksilla pian tapahtuneen vahingon jälkeen sekä on ryhdyttävä nopeasti korjaustoimenpiteisiin. Yleensä äkillisen kosteusvaurion korjaustoimenpiteisiin kuuluu rakenteiden purku ja kuivaus. Tarvittaessa rakennetta joutuu avaamaan kuivauksen yhteydessä. Korjauksen yhteydessä kannattaa toteuttaa parannuksia rakenteisiin, jotta tapahtunut vahinko ei enää toistu. [4, s. 26.]

Pitkäaikainen kosteusrasitus edistää mikrobikasvua ja johtaa home- ja lahovaurioihin sekä sisäilmaongelmiin. Välipohjan kastumiselle on useita syitä: rakennusaikainen kastuminen, materiaalien rakennusaikainen kosteuspiitoisuus ja erilainen rakennuksen käytönaikainen kastuminen, kuten putki- ja märkätilojen vuodot sekä siivous runsaalla vedellä. Välipohjan ja ulkoseinän liittymäkohdassa kosteusvauriot ovat mahdollisia, esim. jos ulkopuolella oleva upotettu sadevesikouru vuotaa ja ulkoseinä kastuu, räystäspellitykset ovat puutteellisia tai kosteus pääsee seinärakenteeseen ikkunoiden tai parvekkeiden liittymäkohtien kautta. Kosteuden tiivistyminen kylmille pinnoille voi aikaansaada mikrobikasvulle otolliset olosuhteet. [2, s. 50.] Mikrobikasvu alkaa, jos materiaalissa on itiötä, mikrobeja tai olemassa oleva pieni

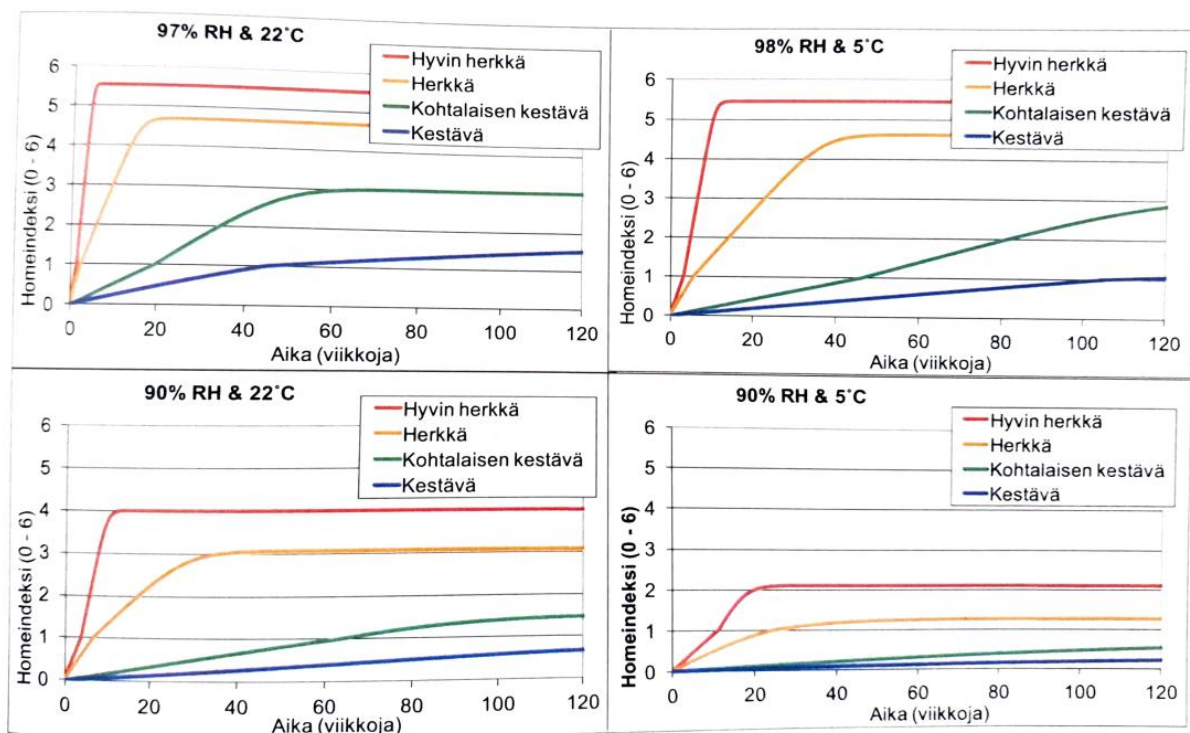
määrä kasvustoa. Eloperäiset materiaalit ovat otollisia kasvualustoja mikrobeille [3]. Vanhojen välipohjien eristemateriaalit ovat erityisesti herkkiä home- ja mikrobikasvustolle, koska niissä on käytetty orgaanisia materiaaleja kuten turvetta, sammalta, kutterinlastuja, sahanpurua ja olkia. Betonirakenteisiin välipohjiin jätetty muottilaudoitus ja mahdolliset purkujätteet ovat riskimateriaaleja [2, s. 50]. Betoni- ja tiilipinnoille voi muodostua mikrobikasvusto, mikäli pinnalla on pölyä tai muuta likaa [3]. Pääsääntöisesti mikrobiperäiset epäpuhtaudet siirtyvät rakenteesta sisäilmaan ilmavirtauksen mukana, mikäli rakenne ei ole riittävän tiivis. Ilmavirtaukset syntyvät rakennuksessa eri tilojen välisistä painesuhteista, joihin vaikuttavat tuuli, ulko- ja sisälämpötilan erot (nk. savupiippuvaikutus) ja ilmanvaihdon toiminta [4, s. 118].

Homesienien rihmasto alkaa kasvamaan erilaisilla pinnoilla, jos niille kertyy esim. orgaanista pölyä ja materiaaliin vaikuttaa pitkäaikainen kosteusrasitus. Rakennusmateriaalien homehtumisriski vaihtelee. Suomessa homekasvua tarkastellaan laskennallisesti VTT:n ja TTY:n yhdessä kehittämän Suomalaisen homemallin avulla [6, s. 230]. Homemallin mukaan materiaalit jaotellaan eri homehtumisherkkyyssluokkiin, jotka ovat esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien jaottelu homehtumisherkkyyssluokkiin [6, s. 121]

Homehtumisherkkyyssluokka		Rakennusmateriaalit
HHL1	Hyvin herkkä	Karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty, kuusi ja lehtipuut), höylätty mänty, koivuvaneri, käsittelemätön huokoinen puukuitulevy, kartonkipintainen kipsilevy
HHL2	Herkkä	Höylätty kuusi, paperipohjaiset bitumoidut/käsitellyt tuotteet ja kalvot, puupohjaiset liimatut levyt, havuvaneri, bitumoitu/käsitelty huokoinen kuitulevy
HHL3	Kohtalaisen herkkä	Mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet, kuitusementtilevy, lasikuitupintainen kipsilevy
HHL4	Kestävä	Lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

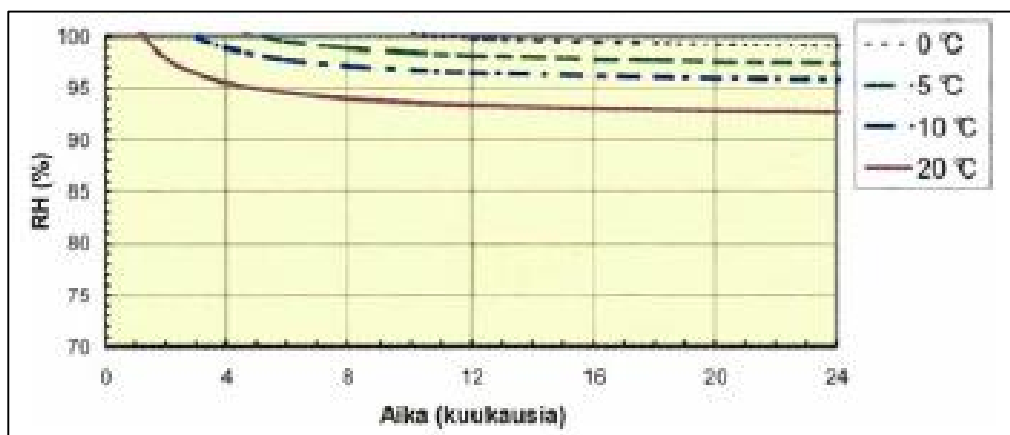
Homeenkasvua kuvataan homeindeksillä M, jonka vaihtelee välillä 0-6: 0 ei kasvua/puhdas pinta – 6 erittäin runsas kasvu [6, s.230]. Homeenkasvuun vaikuttaa se, kuinka pitkään materiaali altistuu kosteusrasitukselle. Homehtumisherkkyyssluokkien materiaalien homeenkasvukuvaajat eri lämpötiloissa ja suhteellisissa kosteuksissa ovat esitetty kuvassa 7.



Kuva 7 Homeen kasvu Suomalaisen homemallin mukaan [6, 233]

3.2 Lahovauriot

Puun lahovauriot tapahtuvat lahottajasiemien vaikutuksesta. Lahottajasiemen rihmasto muodostuu samalla tavalla kuin homerihmasto, mutta se vaurioittaa materiaalin pintaa syvemmältä, mikä voi johtaa materiaalin lujuuden heikentymiseen. Lahottajasiemenet kuuluvat kantasiemiin, jotka jaetaan valko-, rusko- ja katkolahottajiin. Rakennuksessa yleisimmät ovat ruskolahottajat. Ruskolahottajiin kuuluu lattiasieni (*Serpula lacrymans*), joka pystyy lahottamaan kuivaakin puuta. [4, s. 129.] Lahottajasiemenen kasvu riippuu lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta. Kuvassa on esitetty kasvun käynnistymisen ja olosuhteiden riippuvuus. Lahottajasiemenen kasvu tapahtuu lämpötilasta riippumatta, kun ilman suhteellinen kosteus on $RH > 93 \dots 95\%$, jolloin puun kosteuspitoisuus nousee. Optimaalinen lämpötila lahottajasiemenen rihmaston muodostamiselle on $+20-25^\circ\text{C}$ [4, s.131].



Kuva 8 Ruskolahottajasiemenen syntyminen eri lämpö- ja kosteusolosuhteista. [6, 233]

3.3 Puurakenteiden tuhohyönteiset

Suomessa on muutamia hyönteislajeja, jotka voivat aiheuttaa rakennuksessa puurakenteiden vaurioitumista. Puurakenteen pinnalla olevat reiät tai puun sisällä olevat käytäväverkotot ovat tyypillisiä merkkejä tuhohyönteisten aiheuttamista vaurioista. Kosteuden kasvaessa tuhohyönteiset voivat tunkeutua puun rakenteisiin syvemmälle, joten rakenteen kuivatus on oleellinen osa tuhohyönteisten torjuntaa. Tuhohyönteisten aiheuttamat vauriot voivat johtaa puurakenteen lujuuden ja kantavuuden heikentymiseen. [5, s. 1-2.]

Suomessa yksi yleisimmistä tuhohyönteisistä on tupajumi (*Anobium punctatum*). Tupajumi on ruskea, 2,5..5 mm pitkä, lieriömainen kuoriainen. Sen toukkavaihe kestää 2-3 vuotta.

Toukalle otolliset olosuhteet ovat 50-60% ilmankosteus ja lämpötila 22-23 °C. Toukat elävät puun sisällä ja nakertavat kiemurtelevia kanavia. Puun pinnalla olevat pienet pyöreät 0,8...1,9 mm reiät ovat tupajumin tuntomerkkejä. Suomessa tupajumi esiintyy vain sisätiloissa ja rakennuksissa, joissa on kosteusvaurioita. [5, s. 4.]

Toinen yleinen tuhohyönteinen on kuolemankello (*Hadrobregmus pertinax*). Kuolemankello on 5...6 mm pitkä, musta tai tummanruskea puunkaivaja. Se esiintyy kosteassa puutavarassa, jossa on lahottajasieniä. Kuolemankello voi elää vuosia paksussa puussa ja aikaansaada laajoja vaurioita. [5, s. 7.]



Kuva 9 Tupajumin aiheuttava vaurio [5, s. 4]



Kuva 10 Kuolemankellon aiheuttamat vauriot [5, s. 7]

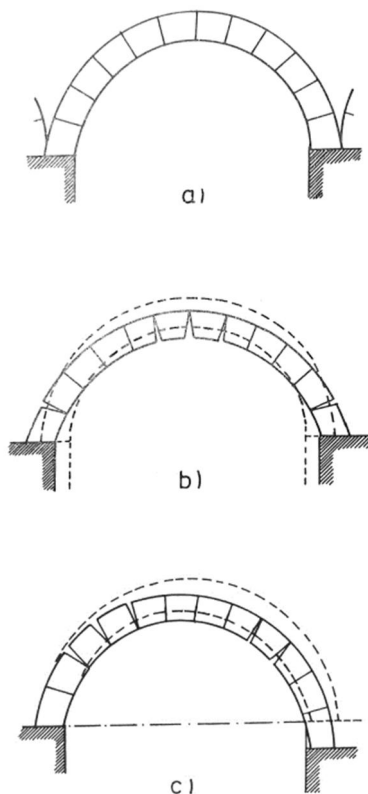
3.4 Kantavien rakenteiden muodonmuutoksista aiheutuvat vauriot

Kantavien rakenteiden muodonmuutokset voivat aiheuttaa rakenteisiin halkeamia, siirtymiä sekä liitosten löystymistä. Muodonmuutosten syitä ovat tyypillisimmin perustusten painumat, kuormitusten muutokset, kosteuden ja lämpötilan vaihtelu sekä mahdollinen tieliikenteestä aiheutuva rungon värähtely. [14, s. 21-22.]

Perustusten painuminen voi johtua mm. pohjatutkimuksen virheellisestä tulkinnasta, rakennuksen väärästä perustamistavasta, virheistä perustustöiden suorituksessa, perustusrakenteissa tai rakennustyöstä naapuritonteilla. Perustusten painuminen voi johtua myös ympäristön muutosten takia, jollainen voi olla esimerkiksi pohjaveden pinnan aleneminen. Rakennuksen muutostöiden takia kuormitusten lisääminen ja epätasainen jakautuminen kantaville rakenteille voivat aiheuttaa perustusten painumia. Perustusten painumat aiheuttavat rakenteisiin lisärasituksia, minkä seurauksena yläpuoliset rakenteet kuten kantavat tiiliseinät voivat halkeilla [26, s.19, 102]. Halkeamien kautta ulkoseinän kosteusrasitus voi kasvaa ja aiheut-

taa kosteusvaurioita [27, s.135]. Perustusten epätasainen painuma aiheuttaa rakenteiden kallistumia ja siirtymää. Kantavien seinien sivusiirtymät voivat aiheuttavat välipohjan kallistumista ja seinän ja välipohjan liitoksen halkeamista. Liitokset voivat irrota toisistaan, minkä takia ilmavirtaukset rakenteesta sisäilmaan voi lisääntyä.

Kuvassa 11 on esitetty tiiliholvattujen välipohjin kaarien halkeamat, jotka johtuvat tukien painumasta tai siirtymästä. A kohdassa on siirtymättömät tuet; B kohdassa esitetty holvin halkeilu, kun tuki siirtyy vaakasuunnassa ja C kohdassa esitetty tukien epätasainen painuma.



Kuva 11 Tiiliholvin tuen siirtymän vaikutus [5, s. 4]

Korjaussuunnittelussa on olennaista varmistaa, ettei rakenteelle kohdistu sellaisiin kuormia, joille sen ei ole alun perin suunniteltu. Esimerkiksi käytönaikana tehdyt lovetukset, reiät, suuret läpiviennit, aukotukset ja aukotusten paikkojen siirtäminen voivat muuttaa kantavan rakenteen staattista toimintaa niin, ettei se kestä siihen kohdistuvaa kuormaa [15, s.57]. Suurin haaste on se, ettei muutoksista aina löydy dokumentaatiota ja silloin aiempien muutosten vaikutusta korjaussuunnittelussa on mahdotonta ennakoida. Tässä tapauksessa korostuu urakoitsijan ja rakennesuunnittelijan yhteistyö. Purkutyönaikana tehdyissä havainnos-

ta ja poikkeamista kannattaa aina ilmoittaa rakennesuunnittelijalle, sillä rakennuksen käytön aikana tehdyillä muutoksilla voi olla suuri merkitys korjaussuunnittelussa.

4 Korjaussuunnittelun lähtötiedot ja tutkimukset

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä edellyttää, että korjaus- ja muutostyön lähtötietona käytetään rakennuksen kunnosta tehtyjä selvityksiä [7, §10]. Selvitysten pitäisi sisältää rakennushankkeen laajuuteen ja laadun huomioiden antaa riittävästi tietoa rakennuksen kunnosta ja vaurioista. Selvitykset voivat koskea rakennuksen ja rakenteiden stabiiliteettia; rakennusfysikaalista toimivuutta; rakennuksen turvallisuutta ja terveellisyyttä mm. sisäilmastoa; aiempia tehtyjä korjaus- ja muutostöitä sekä rakennushistoriallisesti merkittäviä asioita [7, §10]. Kuntoarvio, kuntotarkastus ja kuntotutkimus ovat rakennuksen kunnosta laadittuja selvityksiä. Perusteellisia rakennus- ja laiteteknisiä kuntotutkimuksia on tehtävä sisäilmaongelmien selvittämiseksi [8, s. 9-10]. Onnistuneen korjaushankkeen edellytys on kattava kuntotutkimus ja perusteelliset lähtötiedot. Ilman niitä korjaushanke voi epäonnistua [2, s. 7].

4.1 Vanhat piirustukset

Vanhat piirustukset ja laskelmat ovat korjaushankkeen tärkeitä lähtötietoja. Vanhat piirustukset ovat mahdollisesti saatavilla paperisina taloyhtiöiden arkistoissa sekä rakennusvalvonnan arkistoissa digitaalisessa muodossa. Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta löytyy mm. pääpiirustukset (vanhimmat 1880 v. loppupuolelta) ja työpiirustukset suuremmista kohteista vuosilta 1908-1990 sekä rakennepiirustukset vuodesta 1908. Sähköisestä Arskapalvelusta löytyy pää-, työ- ja erityissuunnitelmat monista pääkaupungin rakennuksista [11]. Korjaushankkeissa on todella tärkeä perehtyä korjaushistoriaan ja kaikkiin muutospiirustuksiin, koska rakennuksen rakenteet voivat poiketa alkuperäisistä suunnitelmista tehtyjen korjaustöiden vuoksi. Laserkeilausaineisto on hyödyllinen lähtöaineisto korjaushankkeissa, koska tarvittaessa sen avulla rakennesuunnittelija voi varmistaa välipohjan kokonaispaksuuden sekä välipohjan korkojen paikkansapitävyyden, mikäli kohteessa ei ole alaslaskettuja katto-rakenteita laserkeilauksen aikaan.

4.2 Rakennushistoriallinen selvitys

Rakennushistoriallinen selvityksen (RHS) tarkoitus on koota tarvittavassa laajuudessa tietoa rakennuksesta, sen historiasta, rakenteista, käyttöhistoriasta, muutos- ja korjaustöistä sekä nykytilanteesta. Selvityksen lähtötietona käytetään arkistoaainestoa sekä kohteessa tehtyjen katselmusten ja selvitysten tuloksia. Saatuja tulosten perusteella laaditaan raportti, johon tekstiosan lisäksi lisätään kuva-aineistoa. Raporttiin kannattaa lisätä piirustuksia, kaavioita sekä eri aikoina otettuja valokuvia havainnollistamaan rakennuksen muutoksia. Yleensä RHS tarvitaan, kun suunnitellaan korjaus- tai muutostöitä suojeltuun rakennukseen tai suoje-
lua vasta valmistellaan. RHS suositellaan tekemään korjaushankkeen alussa, sen perusteel-
la on mahdollista huomioida mitä erityistutkimuksia ja selvityksiä tarvitaan korjaussuunnitte-
lua varten. Kuntotutkimus on helpompi tehdä sen pohjalta. Suunnittelijan kannalta RHS:n
raportti on tarpeellinen asiakirja, koska se tuo esille rakennuksen ominaispiirteet, jotka tulee
huomioida korjaussuunnittelussa ja toteutuksessa. [9, s. 9-11.]

4.3 Kuntotutkimus

Kuntotutkimuksella tarkoitetaan tutkimusmenettelyä, jonka avulla todetaan rakennuksen ra-
kenteiden todellinen kunto, vauriot ja vaurioiden syyt sekä korjaustarpeet. Kuntotutkimus voi
koskea tiettyjä rakennuksen osia, esim. parvekkeita, putkistoja, julkisivuja, vesikattoja tai
koko kiinteistöä. Yleensä tutkimuksen yhteydessä on tarpeellista käyttää rakenteita rikkovia
menetelmiä rakenteiden kunnan arvioimiseksi. [4, s. 17.]

Peruskorjaushankkeessa vanhojen välipohjien korjaussuunnittelun näkökulmasta on erityi-
sesti tärkeä tehdä kosteus- ja sisäilmantekninen kuntotutkimus. Sen avulla varmistetaan
välipohjan kunto, rakennusfysikaalinen toimivuus sekä toteutuneen rakenteen vastaavuus
suunniteltuun rakennetyyppiin. Vuonna 2016 ympäristöministeriö julkaisi ”Kosteus- ja sisäil-
matekninen kuntotutkimus” oppaan, joka antaa ohjeita kuntotutkimustyön suunnitteluun, to-
teutukseen, tutkimustulosten analyysiin ja raportointiin. Oppaan luku 3.2.1 sisältää yleiset
tarkastuslistat, jotka koskevat eri rakennusosia tai tiloja. Välipohjien osalta tulee tarkasta
välipohjan rakenteen kerroksellisuus, täyttömateriaali ja sen kunto; liitoskohtien ilmapitävyys
ja läpivientien tiiviys sekä kulkeeko epäpuhtauksia huoneilmaan. Tulee myös selvittää, onko
välipohjissa vesi- ja viemäriputket ja millainen niiden kunto on; onko tulpattomia vanhoja
putkia, sillä niiden kautta epäpuhtaudet voivat kulkeutua eri tilojen ja rakenteiden välillä.
Puuvälipohjien osalta tulee tarkastaa kantavien palkkien kunto, parrujen päiden kunto ulko-
seinän liitoskohdassa sekä onko painumia. Välipohjien lattiapäällyste ja siihen kohdistuva

rasitus tulee myös tarkastaa [4, s. 44]. Kerroksellisten välipohjien kunto tutkitaan yleensä rakenneavauksilla sekä mittaamalla yläpinnan kosteuspitoisuutta. Yläpinnan kosteusmittaus suoritetaan pintakosteudenosoittimella. Rakenneavausten paikat kohdistetaan kohtiin, joita epäillään kosteusvaurioituneiksi. Usein rakenneavaukset tehdään välipohjan keskelle sekä ulkoseinäliittymään. Puuvälipohjien puupalkkien ja täyttömateriaalin kunto on tutkittava ulkoseinäliittymän kohdalla, koska sisäilman vesihöyry voi tiivistyä kylmissä kohdissa ulkoseinän ja täyttömateriaalin väliin. Rakenneavausten yhteydessä kannata mitata ja dokumentoida rakennekerrosten paksuudet sekä ottaa tarvittavat materiaalinäytteet haitta-ainepitoisuuden selvittämiseksi. [4, s. 46,200.]

4.4 Haitta-ainetutkimus

Haitta-ainetutkimus on tärkeä osa kuntotutkimusta. Sen perusteella tunnistetaan materiaalit, jotka sisältävät vaarallisia kemikaaleja ja voivat aiheuttaa vaaraa kiinteistön käytön ja/tai purkutyön aikana ja joiden purkujätteet vaativat erillistä jätteenkäsittelyä. Haitta-aineita sisältävien materiaalien purkamisen tai tarvittavassa paikalle jättäminen vaikuttaa merkittävästi korjaustavan valintaan ja kustannuksiin, joten haitta-ainetutkimus on tehtävä jo ennen hankesuunnittelu vaihetta [4, s. 78]. Haitta-aineanalyysit voidaan jakaa materiaali-, sisäilma- ja pintojen analyysihin. Korjaus- ja purkutyötä varten kohteesta tulee ottaa materiaalinäytteitä materiaalianalyysia varten. Korjaussuunnittelussa sekä materiaalien haitta-aineen näytteenotossa on otettava huomioon, että osa haitta-aineista voi imeytyä ympäröiviin materiaaleihin, mikäli vieressä oleva rakennusmateriaali on huokoinen kuten esim. puu, betoni tai tiili [4, s. 76]. Sisäilma- ja pintojen haitta-aineiden analyysjä hyödynnetään korjaustyön laadun varmistamiseksi. Haitta-aineiden pitoisuus määritetään ilma-, laskeuma- ja pyyhintänäytteellä [10. s.19]. Haitta-ainetutkimukseen liittyy asbestikartoitus, joka on asbestilain 864/2015 ja VNa 798/2015 mukaan suoritettava kaikissa ennen 1994 valmistuneissa rakennuksissa [4, s. 78]. Haitta-aineanalyysit sekä turvalliset näytteenottomenetelmät ovat esitetty Rakennustietosäätiön v.2016 julkaistussa RT kortissa ”RT-18-11245 Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet.”

4.4.1 Asbesti

Asbestipitoisia rakennusmateriaaleja käytettiin 1920-luvun alusta 1993-luvun asti. Vuonna 1994 asbestipitoiset rakennusmateriaalit kiellettiin. Vaikka korjaushankkeen kohde olisi rakennettu ennen 1920-lukua, on syytä tarkista sen korjaushistoria, koska on mahdollista, että asbestipitoisia materiaaleja asennettiin korjaustyön yhteydessä.

Asbesti on kuitumainen silikaattimineraali, jonka lajeja ovat krysotiili, krokidoliitti, antofyliitti, tremoliitti, aktinoliitti sekä amosiitti. Rakennusmateriaalien asbestianalyysit toteutetaan mikroskooppisesti ja tutkimuksen tuloksissa esitetään asbestilaji. Välipohjissa asbestia esiintyy yleensä tasoitteissa, bitumiliimoissa sekä lattianpäällysteissä. Märkätiloissa sitä esiintyy muovitapeteissa, lattianpäällysteissä ja keraamisten laattojen kiinnityslaasteissa. Usein vanhat ilmanvaihtokanavat sekä putkieristeet sisältävät asbestia. [4, s. 77-78.]

Asbestin purkutyön yhteydessä sisäilmaan leviävä pöly on terveydelle erittäin vaarallista ja voi aiheuttaa keuhkosairauksia, esim. keuhkosityöpää.

4.4.2 PAH- ja PCB-yhdisteet, mineraaliöljyt

PAH-yhdisteet ovat voimakkaan hajuisia, ne sisältävät aromaattisia hiilivetyrenkaita ja ovat terveydelle vaarallisia. Vanhoissa rakennuksissa käytettiin kiihihiilitervasta valmistettuja vesieristeitä, jotka ovat yleensä PAH-yhdistepitoisia. Myös rakennuspahvit, huovat, bitumituotteet, asfaltit ja valuasfaltit voivat sisältää PAH-yhdisteitä [4, s. 78-79]. Puurakenteisissa välipohjissa PAH-yhdistepitoinen materiaali on yleensä täyteen kannatuslautojen päällä sekä puupalkkien päissä olevassa tervapaperissa. Rakennusmateriaalit tutkitaan PAH-yhdistepitoisuuden osalta purkutyön suunnittelua varten materiaalinäytteillä. Mikäli epäillään PAH-yhdisteiden haihtumista sisäilmaan, tulee mitata sisäilman PAH-yhdistepitoisuutta sisäilmaongelman selvityksen yhteydessä [4, s. 80].

Hajuttomat PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ovat ympäristölle ja terveydelle haitallisia. Yleensä PCB-yhdisteitä esiintyy saumauslaasteissa sekä korroosionestomaaleissa. Rakennusmateriaalin PCB-yhdistepitoisuutta tutkitaan materiaalinäytteellä purkujätteen jäteloukan määrittämiseksi sekä selvittämään purkutyön suojaustarpeita.

Rakennuksen teknisissä tiloissa sekä vanhoissa teollisuuskiinteistöissä rakenteet voivat olla pilaantuneita öljyvuotojen takia. Vanhoissa rakennuksissa yleensä syynä on lämmitysöljyn säiliöiden vuoto sekä teollisuuskiinteistöissä tehtaiden koneiden ja jäteöljyn vuodot.

4.4.3 Metalliyhdisteet

Vanhat saumausmassat ja korroosionestomaalit voivat sisältää metalliyhdisteitä. On tärkeä tunnistaa välipohjien mahdollisia metalliyhdistepitoisia lattiamateriaaleja, sillä jotkut päälly-

teiden väriaineet voivat sisältää esim. kobolttia. Metalliyhdisteet ovat terveydelle vaarallisia, ja ne voivat aiheuttaa esim. syöpää, astmaa ja kosketusihottuma.

5 Korjaustavan valintaperusteet

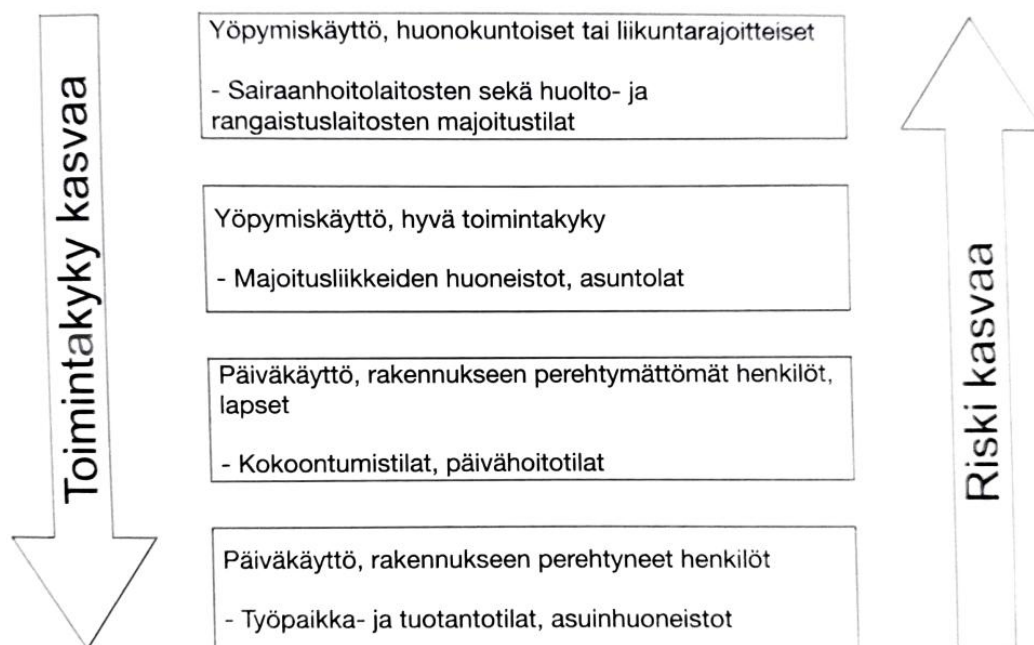
Korjauksen perustavoite on sisäilman epäpuhtauksista aiheutuva terveyshaitan, vaurioiden sekä vaurioiden syiden poistaminen. Korjaustapa tulee valita aina tapauskohtaisesti ottaen huomioon lähtötiedot ja korjaushankkeen laajuus. Korjaushankkeen syyt voivat ovat peruskorjaus, vesivahinko, rakennuksen käyttötarkoituksen muutos, rakennusvirheen korjaus ja sisäilmaongelman poistaminen. Korjaustavan valinnassa ja korjausalueen rajauksessa tulee ottaa huomioon vaurioiden vakavuus ja sijainti, vaurioitumismekanismi sekä korjausten tavoitekäyttöikä. Isoissa korjaushankkeissa tulee tarkastella rakenneosien ja taloteknisten järjestelmien toimivuutta kokonaisuutena.

5.1 Rakennuksen käyttötarkoitus ja käyttötarkoituksen muutos

Rakennuksen käyttötarkoitus määritetään sen mukaan, miten sen suurinta osaa kerrosalasta käytetään. Tilastokeskuksen voimassa oleva luokitus on uudistettu v. 2018 ja sen mukaan rakennukset jaetaan 15 pääluokkaan:

- asuinrakennukset
- vapaa-ajan asuinrakennukset
- liikerakennukset
- toimistorakennukset
- liikenteen rakennukset
- hoitoalan rakennukset
- kokoontumisrakennukset
- opetusrakennukset
- teollisuuden ja kaivannaistoiminnan rakennukset
- energiahuoltorakennukset
- yhdyskuntatekniikan rakennukset
- varastorakennukset
- pelastustoimen rakennukset
- maatalousrakennukset ja eläinsuojat
- muut rakennukset. [33]

Rakennuksen käyttötarkoitus määrittää sille asetettavat vaatimukset. Vaatimukset koskevat henkilöturvallisuutta, paloturvallisuutta, esteettömyyttä, sisäilmastoa ja ilmavaihtoa sekä muita olosuhteita. Jos rakennuksen käyttötarkoituksen muutos aiheuttaa henkilöturvallisuuteen liittyvien riskien kasvua, kasvavat rakennukseen kohdistuvat vaatimuksetkin. Kuvassa 12 on esitetty rakennuksen käytön riskialttius henkilöturvallisuuden kannalta. Esimerkiksi jos tuotantotila muutetaan kokoontumistilaksi, niin silloin rakennuksen riskit henkilöturvallisuuden kannalta kasvavat ja olosuhteita joudutaan parantamaan. Hankkeissa, joissa rakennuksen käyttötarkoitus halutaan muuttaa, on tärkeä jo hankkeen aikaisessa vaiheessa selvittää rakenteiden kunto ja ominaispiirteet. Se auttaa arvioimaan hankkeen riskit sekä toteamaan onko mahdollista saavuttaa olosuhteiden vaatimustasot kustannustehokkaasti. Esimerkiksi kustannukset voivat kasvaa liian suureksi, jos käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä vanhojen välipohjien palonkestoaikaa tai kantavuutta joudutaan parantamaan.



Kuva 12 Käyttötarkoituksen muutoksen riskien arviointi [18, s. 19]

5.2 Kosteustekninen toimivuus korjaushankkeissa

Rakennuksen korjaus- ja muutostyöt sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutos tulee suunnitella YMa:n asetuksen 782/2017 mukaisesti. Periaate on, että korjauksen, muutoksen

tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä rakennusosaan ei tarvitse tehdä muutoksia, jos rakennus on kosteusteknisesti toimiva. Mikäli rakennetta suunnitellaan korjattavaksi rakenteen käyttöiän loppumisen takia, silloin korjausta voi suunnitella alkuperäistä rakennusaikaisesta rakentamistapaa noudattaen. Jos korjauksen, muutoksen sekä käyttötarkoituksen muutoksen hankkeissa on tarkoitus parantaa kosteusteknistä toimivuutta, tulee silloin noudattaa nykyisiä määräyksiä ja ohjeita. [12, 4§.]

5.3 Sisäilman parantaminen

Sisäilman laatuun vaikuttavat monet tekijät: ilmavaihdon toiminta, rakenneliittymien kohtien tiiveys, rakennuksen ja rakenneosien rakennusfysikaalinen toimivuus, sisäilmatekijät (fysikaaliset tekijät, erilaiset epäpuhtaudet). Sisäilman ongelmat voivat johtua siitä, että epäpuhtaudet kulkeutuvat rakenteesta sisätilaan vuotoilman mukana tai siitä, että rakennuksessa on käytetty epäpuhtauksia sisältäviä rakennusmateriaaleja. Korjaushankkeissa vanhojen materiaalien haitalliset vaikutukset sisäilmalaadulle on yleinen korjaamiseen johtava tekijä.

Välipohjien korjaussuunnittelun alussa pitää selvittää ensisijaisesti rakenteen vaurioitumisaste, vaurion laajuus ja syyt sekä korjauksen käyttötavoiteikä. Niiden perusteella rakenne-suunnittelija määrittää seuraavat toimenpiteet tai niiden yhdistelmät:

- sisäilmaongelman ja kosteusvaurion syyn poistaminen
- mikrobivaurioiden materiaalien poistaminen rakenteesta
- jäljelle jäävien vaurioituneiden kantavien rakenteiden käsittely, esim. puhdistaminen ja kapselointi
- rakenteiden ilmatiiveyden parantaminen.

Vanhojen välipohjien korjauksessa tyypillinen korjaustoimenpide on täyttömateriaalien sekä haitta-aineita aiheuttavien materiaalien poistaminen rakenteesta. Näitä on käsitelty tarkemmin luvuissa 3.1 ja 4.4. Jos mikrobivaurio kohdistuu kantavaan rakenteeseen, silloin voi rakenteelle kohdistuva ensisijainen toimenpide olla mikrobivaurion poistaminen pintaa jyrsimällä tai hiomalla puhtaaseen pintaan asti [2, s. 57]. Kantavissa rakenteissa on kuitenkin arvioitava jäljelle jäävän rakenteen kestävyyttä. Tyypillinen esimerkki on puuvälipohjan palkkien korjaaminen.

Toinen tärkeä toimenpide korjaushankkeessa on konvektioilmavirtauksien rajoittaminen, mikä estää epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan.

Epäpuhtauksien kulkeutumista on mahdollista estää suorittamalla tiivistyskorjaus. Vaikka sen tavoite on kaikkien ilmapuotokohtien tiivistäminen, täytyy muistaa, että rakennusta ei saa koskaan kokonaan tiiviiksi. Rakenneosien tiivistyskorjausta on harkittava aina tapauskohtaisesti. Esimerkiksi kaksoislaattarakenteeseen välipohjaan tiivistyskorjaus soveltuu suhteellisesti hyvin, koska rakenne on tiivis, mutta puuvälipohjan tiiveyttä on vaikea saada aikaiseksi, koska välipohjarakenne kerroksellinen ja voi liikkua esim. värähtelyn ja puun kosteus- ja lämpötekniisten liikkeiden vuoksi. [5, s. 59.]

Jos VOC- ja PAH-yhdistepitoisia materiaaleja on jostain syystä mahdotonta purkaa rakenteesta, silloin rakenteet pitää kapseloida korjauksen yhteydessä. Kapseloinnin avulla materiaalit eristetään ympäröivästä ilmasta ja haitalliset aineet eivät pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Kapselointiin soveltuvat materiaalit ovat esim. pinnoitteet (akryyli- ja epoksihartsit, kasviöljypohjainen elastinen pinnoite) sekä höyrynsulkukalvot. Puuvälipohjan korjaussuunnittelussa riskipaikkana pidetään ulkoseinän ja välipohjan liitosta. Jos korjauksessa päädytään liitoksen tiivistämiseen ja kapselointiin, silloin kapseloinnin materiaalin ominaisuuksiin pitää kiinnittää erityistä huomiota. On varmistettava, että palkkien päät ja tiiliseinä pääsevät kuivumaan. Kapseloinnin käyttöä pohditaan huolellisesti, koska kapselointimateriaalit voivat sisältää terveydelle haitallisia aineita. Kapselointityössä työturvallisuuteen on kiinnitettävä huomiota ja rakennus on tuuletettava ennen käyttöönottoa [2, s. 60]. Tarkempia ohjeita kapseloinnista löytyvät mm. ympäristöministeriön julkaisemasta ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus”-oppaasta [2, s.59].

Kuten tässä insinööriyössä luvussa 3.1 on mainittu, haitta-aineet voivat kulkea sisäilmaan, jos rakennuksen paine-erot aiheuttavat ilmavirtauksia rakenteesta sisäilmaan. Korjaushankkeissa yllä mainitut rakennuksessa vallitsevat korjausmenetelmät mahdollistavat tehostetun painesuhteiden hallinnan. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että korjauksen yhteydessä rakennuksen paine-erot on pyrittävä tasapainoittamaan.

Korjauksessa on kiinnitettävä huomiota uusien materiaalien valintaan, sillä niillä on suuri vaikutus sisäilmalaatuun. Jos materiaaleilta vaaditaan luokittelua, suositellaan käyttämään M1 ja EC1 plus luokiteltuja materiaaleja [2, s. 36]. Rakenteissa, joissa tapahtuu liikettä, pitäisi liitoskohdissa materiaalien olla riittävän elastisia ja kestäviä.

Alla olevissa taulukoissa on esitetty eri rakenteisten rakenneosien korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia. Lähtötietojen ja näiden taulukoiden avulla korjaussuunnittelija voi arvioida myös välipohjien korjausmenetelmien soveltuvuutta erilaisiin korjauskohteisiin.

Taulukko 2. Kiviainesten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuus. [2, s. 56]

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen ⁴	Kapselointi	Paine-erojen hallinta ¹	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmuvoitojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x	x	x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita ³	x ²	x ²	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita ³	x ²	x ²	x	x

¹ Ali- ja ylipaineistustoimenpiteissä on otettava huomioon koko rakennuksen painesuhteet.

² Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

³ Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

⁴ Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmuvoitoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

Taulukko 3. Puu- ja kevytrakenteisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuus. [2, s. 56]

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen ⁴	Kapselointi	Paine-erojen hallinta ¹	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmuvoitojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x		x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita ³		x ²	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita ³			x	x

¹ Puurakenteiden yli- ja alipaineistus hankalaa puurakenteen huonon tiivistettävyyden vuoksi.

² Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

³ Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

⁴ Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmuvoitoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

5.4 Kantokyky, lujuus ja vakaus

Korjaus-, muutostyön- ja käyttötarkoituksen muutoksen suunnittelussa on selvitettävä rakenteiden kunto sekä mahdollinen kuormituksen lisääntyminen.

Jos korjauksen yhteydessä välipohjiin kohdistuva kuormitus ei lisäännä ja välipohjan rakenteessa on vaurioita, on korjauksen tavoite saada rakenteen kantavuus sellaiseksi, kuin se oli suunniteltu. Siinä tapauksessa vaurioitunut rakenneosa korvataan uudella vastaavalla tai

vahvistamalla se. Tässä tapauksessa korjauksen suunnittelussa sovelletaan rakennuksen rakentamisajankohtana olleita säännöksiä ja ohjeita.

Välipohjien kuormituksen lisääntyessä on selvitettävä kantavien osien kapasiteetti ja arvioitava vahvistustarve. Mikäli rakenteen kuormitus lisääntyy, tulee kantavien rakenteiden suunnittelu ja toteutus suorittaa voimassa olevien asetusten ja ohjeiden mukaisesti. [13, §10.]

5.4.1 Puuvälipohja

Puuvälipohjan kantavien palkkien kantavuutta tarkastellaan poikkileikkausmittojen avulla, mikäli ne ovat tiedossa. Palkkien kantavuus vastaa alkuperäistä kantavuutta, jos palkeissa ei ole lahovaurioita tai halkeamia. Mikäli puupalkit ovat altistuneet lahovauriolle, tulee vaurioiden vaikutusta puupalkkien lujuuteen arvioida ensisijaisesti silmämääräisellä tutkimuksella [15, s.40, 85]. Tiiliseiniin upotettuja puupalkkien päät joutuvat alttiiksi erityisesti kosteusrasitukselle ja lahovauriolle, joten niiden vahvistus- ja /tai korjaustarve on otettava huomioon korjauksessa. Tyypillinen vahvistusmenetelmä on lisäpalkin asentaminen vanhan puupalkin kylkeen. Mikäli palkkien päät ovat vaurioituneet, on korjaustapana usein kannatusrakenteen uudelleensuunnittelu ja -toteutus. Jos palkissa on suuria halkeamia tai sitä tarvitsee vahvistaa muista syistä, on lisäpalkin asentaminen vanhan puupalkin kylkeen käytetty vaihtoehto.

Välipohjien korjauksessa on otettava huomioon puupalkkien mahdolliset taipumat. Taipumat voivat muodostua pitkäaikaisen kuormituksen vaikutuksesta tai suuren kuormituksen vaikutuksesta kostumis- ja kuivumisaikana [15, s. 89]. Taipuma ei yleensä kerro sortumavaarasta, mutta se aiheuttaa esteettistä haittaa ja epämukavuutta käyttäjille. Mikäli puupalkit taipuvat liikaa, on korjauksen yhteydessä suunniteltava oikaisutoimenpiteet kuten esim. lisäkoolauksen lisääminen. Oikaisulla varmistetaan korjattavan välipohjan pintarakenteiden kuntoa.

Puuvälipohjan kantokyky useimmiten paranee, kun raskaat täytteet korvataan kevyillä eristemateriaaleilla. Suunnittelussa on otettava huomioon se, että painavan täytteen poistaminen voi lisätä puupalkkien värähtelyä ja heikentää merkittävästi äänen- ja paloneristystä. Mikäli korjauksen yhteydessä puuvälipohjan kantokykyä pitää parantaa, on silloin tyypillistä lisätä vanhojen puupalkkien väliin uusia puu- tai teräspalkkeja.

5.4.2 Tiiliholvattu ja I-teräsvälipohja

Tiiliholvattujen välipohjien muuratut holvit tai kaaret ovat puristettuja rakenteita eivätkä kestä lainkaan vetorasitusta. Niiden mitoituksessa tärkein ominaisuus on tiilien ja saumaustaastien puristuslujuus. Ensimmäiset tiilimääräykset julkaistiin vuonna 1932, taulukossa 4 on esitetty tiilien puristuslujuuksien vaatimukset 1932-1958 aikavälillä, taulukossa 5 on esitetty laastien puristuslujuuksien vaatimukset.

Taulukko 4. Tiilien puristuslujuudet eri aikoina. Puristuslujuus $1\text{kp}/\text{cm}^2 = 0,098\text{ N}/\text{mm}^2$ [15, s. 121]

Määräykset	Tiilien nimitys/tiheys t/m^3	Puristuslujuus kp/cm^2
Tiilimääräykset 1932	kovaksi poltetut/–	230
	normaali/–	175
	toisen luokan tiilet/–	125
Tiilimääräykset 1952	raskaat/1.61	175
	puoliraskaat/1.41	150
	kevyet/1.21	110
	hohkotiilet/–	45
Tiilinormit 1958	NRT, MRT, IRT, MIRT /450	450
	NT, MT, NRT, MRT, IRT, MIRT /350	350
	NT, MT, NRT, MRT, IRT, MIRT /250	250
	NT, MT, NRT, MRT, IRT, MIRT /150	150
	NT, MT /50	50

Taulukko 5. Laastien lujuusvaatimukset. Puristuslujuus $1\text{kp}/\text{cm}^2 = 0,098\text{ N}/\text{mm}^2$ [15, s. 121]

Määräykset	Laastin nimi	Puristuslujuus kp/cm^2
Tiilimääräykset 1932	kalkkilaasti	6
	sementinsekainen kalkkilaasti	50
Tiilimääräykset 1952	kalkkilaasti	6
	kalkkisementttilaasti no. 3	10
	kalkkisementttilaasti no. 2	20
	kalkkisementttilaasti no. 1	50

Muurattujen rakenteiden korjauksen suunnittelussa tulee muistaa, että vanhoissa rakennuksissa tiilien puristuslujuus voi vaihdella hyvin paljon [15, s.120]. Tästä syystä vanhoille raken-

teille sallittavien kuormien määrityksessä on käytettävä varovaisuutta. Taulukossa 6 on esitetty muuratun rakenteen suunnitteluarvoja 1900-luvun alkupuolella.

Tässä insinööriyössä ei perehdytty tiiliholvin mitoitukseen, mutta esimerkkejä löytyy Jukka Kinnusen ”Muuratut rakenteet 2 Rakennesuunnittelu”, Rakennustieto v. 1999 kirjasta [28, s.69].

Taulukko 6. Muuratun rakenteen suunnitteluarvoja 1900-luvun alkupuolella [15, s. 123]

Ohjeiden antaja	Muurausmateriaalit	Sallittu puristusjäännitys MN/m ²		
Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttori 1913	hyvin poltetut tiilet + kalkkilaasti kovaksi poltetut tiilet + sementti- laastimuuraus	0,8		
		1,5		
Sisäasiainministeriö 1932	a) kalkkilaastimuuraus + ko- vaksi poltetut ja normaalit tiilet + toisen luokan tiilet b) sementinsekainen kalkkilaas- timuuraus + kovaksi poltetut tiilet + normaalit tiilet	korkeus/pienin sivumitta		
		≤ 6	≤ 12	≤ 15
		1,0	0,5	–
		0,7	0,35	–
		2,0	–	0,9
1,6	–	0,7		
väliarvot interpoloidaan				

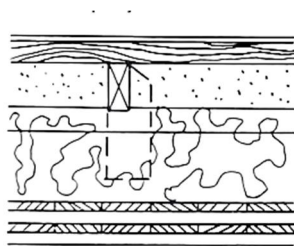
I-teräsvälipohjan kantava rakenne on I-teräspalkki tai ratakisko. Kuten puupalkkien lujuuden arvioinnissa, on tärkeä tietää palkkiprofiilin poikkileikkauksen mitat ja materiaalien ominaisuudet. Vanhojen ratakiskojen ja palkkien teräsprofiilitaulukot löytyvät vuonna 1919 ja 1941-1942 julkaistuissa Rakentajan kalentereissa.

Tiilimuurattujen ja I-teräsvälipohjien rakenteen vahvistamistarvetta esiintyy harvemmin korjaushankkeissa. Mikäli tiilivälipohjan kantavuuskapasiteettia joudutaan merkittävästi lisäämään, silloin on harkittava koko holvin korvaamista toisella rakenteella. Jos halutaan säilyttää holvin alapuoliset rakenteet, niin silloin on mahdollista rakentaa holvin päälle uusi kantava rakenne, joka ei välitä kuormia tiiliholville vaan ohjaa niitä suoraan kantaville pystyrakenteille.

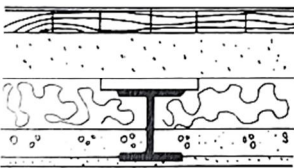
5.5 Akustiset vaatimukset

Korjaus- ja muutostyön suunnittelussa lähtökohta on se, että rakennuksen ääniympäristö ei saa heikentyä. Korjaustyön suunnittelussa sovelletaan ensisijaisesti rakennuksen valmistus-

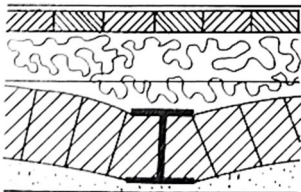
aikana voimassa olleita säännöksiä, jos rakennuksen käyttötarkoitus ei muutu. Mikäli rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu ääniteknisesti vaativammaksi, niin silloin äänieristävyyttä täytyy parantaa, jotta rakennuksen ääniympäristö ei aiheuta haittaa rakennuksen käyttäjille ja sen lähirakennuksen asukkaille [16, s. 40-41]. Välipohjien äänieristävyyttä kuvataan ilmaääneneristysluvulla $R'w$ sekä askeläänitasoluvulla $L'_{n,w}$. Kuvassa 13 on esitetty 1900-luvun tiilitalojen välipohjien likimääräisiä ääneneristysarvoja, $L'_{n,w}$ määräytyy pinnoitteen mukaan: 1-kovat lattiapäällysteet, 2-pehmeäpohjaiset päällysteet, 3-pehmeät päällysteet, tekstiilimatot.



$R'w$	— lattiaan päällyste
55–60	— lauta
$L'_{n,w}$	— korokepuut, painotäyte
1. 63 dB	— palkit, pehmeä täyte
2. 58 dB	— täytepohja
3. 55 dB	— ilmaväli
	— laudoitus
	— rappaus
	— pintakäsittely



$R'w$	— lattiaan päällyste
55–60	— lauta
$L'_{n,w}$	— korokepuut, painotäyte
1. 60 dB	— kiilaus
2. 55 dB	— betoni 50...70 mm
3. 50 dB	— rappaus
	— pintakäsittely



$R'w$	— lattiaan päällyste
50–60	— lauta
$L'_{n,w}$	— korokepuut, täyte
1. 60 dB	— teräspalkit, tiiliholvi
2. 55 dB	— rappaus
3. 50 dB	— pintakäsittely

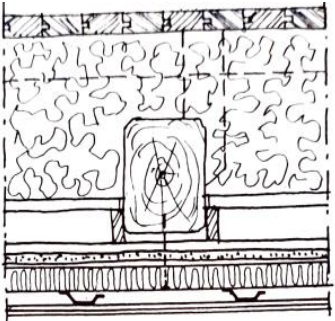
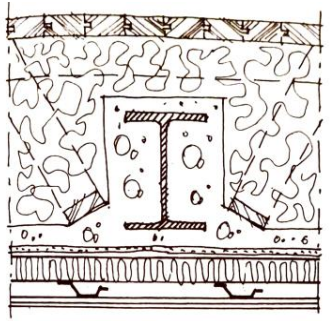
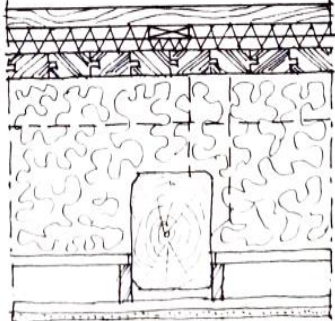
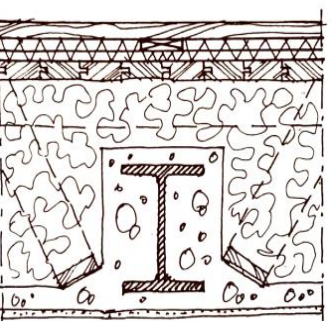
Kuva 13 Välipohjien $R'w$ sekä $L'_{n,w}$ luvut [15, s. 295].

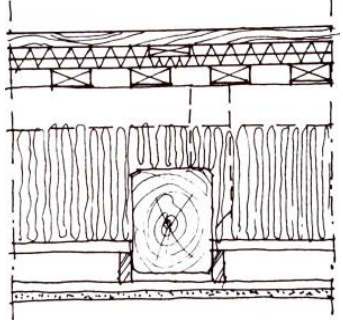
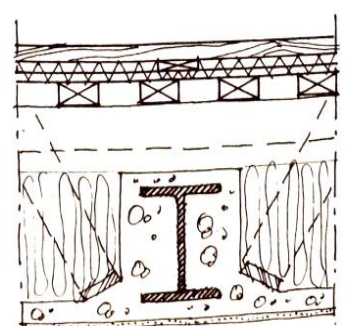
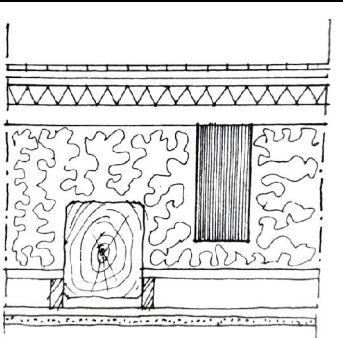
Rakenteen ilmaääneneristävyys paranee tyypillisesti erilaisia raskaita materiaaleja (levyt, eristeet) käyttämällä, mutta korjaushankkeissa se on usein ongelmallista, koska vanhojen rakenteiden kuormitusta ei voi lisätä. Tämän takia korjattavan välipohjan äänieristävyyttä on parannettava muilla keinoilla. Puuvälipohjan tyypillinen lähdemateriaaleissa ilmoitettu ilmaääneneristävyys on yli 50 dB. Sen askelääneneristys on heikko matalilla äänillä. I-teräsvälipohjan ääneneristävyys on puuvälipohjaa parempi, eli hieman yli 55 dB ja joustavalla lattiapäällysteillä askeläänitasoluku on alle 58 dB [17, s.181,183]. Jos alapuoliset rakenteet sallivat, molempien välipohjien ilmaääneneristystä ja askelääneneristystä on mahdollista parantaa asentamalla kattoon joustavasti kannateltu tiivis levytys, kuten esim. taulukossa 7 koh-

dassa A on esitetty. Puu- ja teräsvälipohjien askelääneneristystä on mahdollista parantaa yläpuolelta levyrakenteisella kelluvalla lattialla tai joustavalla lattianpäällysteellä, mutta nämä toimenpiteet eivät toimi kuitenkaan matalilla äänillä. (Taulukko 7 kohta B) Jos peruskorjauksen yhteydessä välipohjien täytöt poistetaan ja tehdään uutta puu- tai levylattiaa, on silloin puulattia suunniteltava harvalaudan varaan ja otettava huomioon uuden täyttömateriaalin ääneneristävyyden ominaisuudet. (Taulukko 7 kohta C). Taulukossa 7 kohdassa D on esitetty tapaus, jossa puuvälipohjan kantavuutta parannetaan asentamalla väliin uudet kantavat palkit. Uusi levylattia on suunniteltu kiinnitettäväksi uusien palkkien päällä olevaan harvalaudoitukseen. [17, s. 181-185.]

1900-luvun tiilirakennuksen äänieristyksen ongelmat johtuvat myös siitä, että rakenteet eivät ole riittävän ilmatiiviitä. Ilmatiiviyttä voi parantaa rappauksella, saumojen joustavalla tiivistysmassalla, tasoitteella ja levytyksellä [15, s.297]. Erityishuomiota vaativat ilmanvaihtokanavien seinämät ja väliseinät, koska ne eivät ole riittävän tiiviitä. Ääni kulkee myös kanavia pitkin.

Taulukko 7. Puu- ja teräsvälipohjan askelääneneristyksen ja ilmaääneneristyksen parantaminen 1900-luvun rakennuksissa. [17, s. 182,185,186]

<p>A. Askelääneneristys ja ilmaääneneristyksen parantaminen.</p> <p>Vanha välipohjarakenne + uudet alapuoliset rakenteet: rimat ja mineraalivilla, jousiranka ja kaksinkertainen rakennuslevy</p>		
<p>B. Askelääneneristyksen parantaminen.</p> <p>Vanha välipohjarakenne + uusi kelluva lattia.</p>		

<p>C. Askelääneneristyksen parantaminen.</p> <p>Vanhat kantavat rakenteet, uusi täyttö + uusi kelluvalla lattialla harvalaudan varassa</p>		
<p>D. Askelääneneristyksen parantaminen.</p> <p>Vanhat kantavat rakenteet + uudet kantavat palkit, uusi kelluvalla lattialla harvalaudan varassa, kiinnitys uusiin palkkiin</p>		

5.6 Paloturvallisuus

Paloturvallisuutta koskevat määräykset ja säännökset on esitetty Maankäyttö ja rakennuslaissa 117b pykälässä sekä 848/2017 ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta. Ympäristöministeriön asetusta sovelletaan myös korjaushankkeissa, joissa rakennus tai rakenneosia voi muuttua korjaus- ja muutostyön seurauksena vaarallisemmaksi paloturvallisuuden kannalta ja vaatii sen takia paloturvallisuuden parantamista. Nykyisiä määräyksiä sovelletaan myös rakennuksiin, joiden käyttötarkoitus muuttuu. Korjausrakentamisen yleissäännöt paloturvallisuudesta on koottu taulukkoon 8. Korjaushankkeissa on hyödyllistä selvittää myös rakennuksen rakentamisajankohtaiset palomääräykset, jotta voidaan säilyttää rakenteiden alkuperäiset hyvät ominaisuudet.

Taulukko 8. Yleissääntöjä paloturvallisuusvaatimuksista korjaushankkeissa [18, s.18]

Korjaus- tai muutostyön laatu tai kohde	Paloturvallisuusvaatimukset
Käyttötarkoitus ei muutu tai sitä muutetaan helpompaan suuntaan	Ei vaatimuksia. Voidaan kuitenkin harkita, mikäli henkilöturvallisuudessa on oleellisia puutteita
Käyttötarkoitusta muutetaan riskialttiimpaan suuntaan	Mikäli on perusteltua, paloturvallisuutta joudutaan parantamaan
Lisärakentaminen vaipan ulkopuolelle	Nykyvaatimukset
Lisärakentaminen vaipan sisäpuolelle	Pyritään lähelle nykytasoa
Ullakkorakentaminen	Pyritään lähelle nykytasoa

Ympäristöministeriön asetuksen 848/2017 mukaan rakennusten paloluokat ovat P0, P1, P2 ja P3. Paloluokka määritetään käyttötarkoituksen, kerroslukumäärän, korkeuden, pinta-alan ja palokuorman perusteella. Tämän lisäksi rakennuksen kantaville ja osastoiville rakenteille asennetaan palonkestoajan vaatimukset kantavuuden (R) ja eristyvyyden (E) ja tiiveyden (I) osalta. Palonkestovaatimus ilmoitetaan minuuteissa: esim. 30, 60, 90, 120, ja 240.

Vanhojen rakennusten välipohjat eivät aina täytä nykyisiä välipohjarakenteille asetettuja vaatimuksia. Usein se johtuu siitä, että välipohjan rakenteessa on mahdollisesti helposti palavaa eristemateriaalia. Nykyinen vaatimustaso on helppo saavuttaa peruskorjaushankkeissa, joissa päädytään uusimaan vanhoja välipohjarakenteita kokonaan. Siinä tapauksessa välipohjarakenteita on suunniteltava nykyisten määräysten mukaan ja nykyinen vaatimustaso on helposti saavutettavissa. Mikäli peruskorjaushankkeessa pyritään säilyttämään vanhoja rakenteita, on silloin rakennuksen paloturvallisuustasoa parannettava nostamalla suojaustasoa tai on tehtävä rakenteellisia ratkaisuja.

Paloturvallisuutta on mahdollista parantaa erilaisin keinoin. Tyyppihyväksytyillä palosuojauksilla ja suojaverhouksilla pidennetään rakenneosien palonkestoaikaa ja pintakerroksia parantamalla voidaan vähentää syttymisherkkyttä. Palosuojausmenetelmät jaetaan kuiviin ja märkiin menetelmiin. Kuiviin menetelmiin kuuluu erilaisten levyjen asennus, kuten esim. mineraalivillalevyt, vermikuliittilevyt, kalsiumsilikaattilevyt sekä kipsilevyt. Märkiin menetelmiin kuuluvat palosuojamaalaus, vermikuliitti- ja mineraalikuitturuiskutus sekä betonointi [21,513]. Välipohjan palosuojauksista on mahdollista parantaa alasasketulla katolla. Silloin palonkestävien levyjen liitosten pitäisi olla tiiviitä, jotta palokaasut ja lämpö eivät pääse välipohjarakenteeseen. Alasasketun katon suunnittelussa on otettava huomioon katon ripustus, koska se määrää rakenteen palonkestoajan [21, 513]. Rakenteiden suunnittelussa täytyy muistaa,

että alapuolelle sijoitettu alaslaskettu katto tai suojaverhous parantaa ensisijaisesti rakenteen palonkestoaikaa alapuolista paloa vastaan.

Jos korjauksen yhteydessä välipohjarakennetta avataan, silloin palavia täytteitä on helppo vaihtaa palamattomiin materiaaleihin, kuten esim. mineraalivilla. Uuden palamattoman mineraalivillan pitää tukeutua huolellisesti runkorakenteeseen. Palotilanteessa mineraalivillan pitää pysyä paikallaan, jotta se suojaa kantavia rakenteita ja estää korkean lämpötilan tunkeutumisen yläpuolella oleviin rakenteisiin [15, s.240, 225]. Nämä paloturvallisuutta parantavat ns. tavanomaiset keinot eivät välttämättä sovi kulttuurihistoriallisesti arvokkaisiin rakennuksiin, joiden pintarakenteisiin ei saa tehdä muutoksia.

5.6.1 Puurakenteiden paloturvallisuus

Korjaushankkeissa lähdetään yleensä siitä, että kantavat puurakenteet pyritään säilyttämään, vaikka rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitus muuttuisi vaativammaksi [18, s.90]. Puuvälipohjien kantavat palkit oletetaan paloturvallisiksi, koska niiden palonkesto aika on useimmiten riittävä ja palavien pintojen pinta-ala on suhteellisesti pieni. Palon sattuessa puun pinnalle muodostuu hiilikerros, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja palamista. Puun hiiltymisnopeus riippuu siitä, kuinka monta sivua hiiltyy samanaikaiseksi. Periaate on, että palonkestoajan lopussa hiiltyneestä puurakenteesta pitää olla jäljellä tehollinen poikkileikkaus, joka on mitoitettu palotilanteen rasitukselle [19, s. 80]. Kuvassa 14 on esitetty diagrammi, miten hiiltymissyvyys kasvaa ajan funktiona, kun puun hiiltymisen alkaa palosujauksen vaurioitumisen jälkeen. Puurakenteiden hiiltymisen alkamishetkiä tch on mahdollista pidentää erilaisilla levytuotteilla. Alla olevassa taulukossa on esitetty, miten levytuotteen valinnalla pidennetään puurakenteen hiiltymisen alkamishetkiä.

Tyypillinen tapa parantaa puuvälipohjan paloturvallisuutta on kipsilevyjen asentaminen puupalkkien kylkiin ja/tai kipsilevyjen asentaminen joko välipohjan täytteitä kannattelevien lautojen päälle tai puupalkin alapintaan.

Taulukko 9. Palosuojatun puurakenteen hiiltymisen alkamishetken t_{ch} pidentäminen levytuotteilla [20]

Palosuojaukseen käytettävä tuote		Pilari tai palkki	Seinä ¹⁾	Välipohja ¹⁾
Levyosauma ≤ 2 mm	Paksuus [d]	t_{ch}	t_{ch}	t_{ch}
Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi H)	9 mm	11 min	10 min	-
Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi A)	13 mm	22 min	15 min	10 min
Palokipsilevy (EN 520) (Tyyppi F)	15 mm	28 min	20 min	15 min
2x Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi H)	9 mm + 9 mm	23 min	-	-
2x Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi A)	13 mm + 13 mm	40 min	40 min	30 min
2x Palokipsilevy (EN 520) (Tyyppi F)	15 mm + 15 mm	61 min	≥ 60 min	60 min
Kipsilevy (EN 520) + Palokipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi F)	13 mm + 15 mm	46 min	55 min	40 min
Puulevy (EN 313-1, EN 309, EN 316, EN 300) + Kipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi A)	12 mm + 13 mm	-	40 min ³⁾	30 min
Puulevy (EN 313-1, EN 309, EN 316, EN 300) + Palokipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi F)	12 mm + 15 mm	-	55 min ³⁾	40 min

¹⁾ Rankarakenne, jonka ontelotila voi olla eristeellä täytetty tai eristeetön.

²⁾ Kyseinen levy palon puolella.

³⁾ Mikäli puulevy on paksumpi kuin 12 mm, voidaan arvoa korottaa määrällä $\Delta t = (d - 12 \text{ mm}) / \beta_d$.


Vaihe 1: Levytys suojaa ¹⁾ (ei hiiltymää)

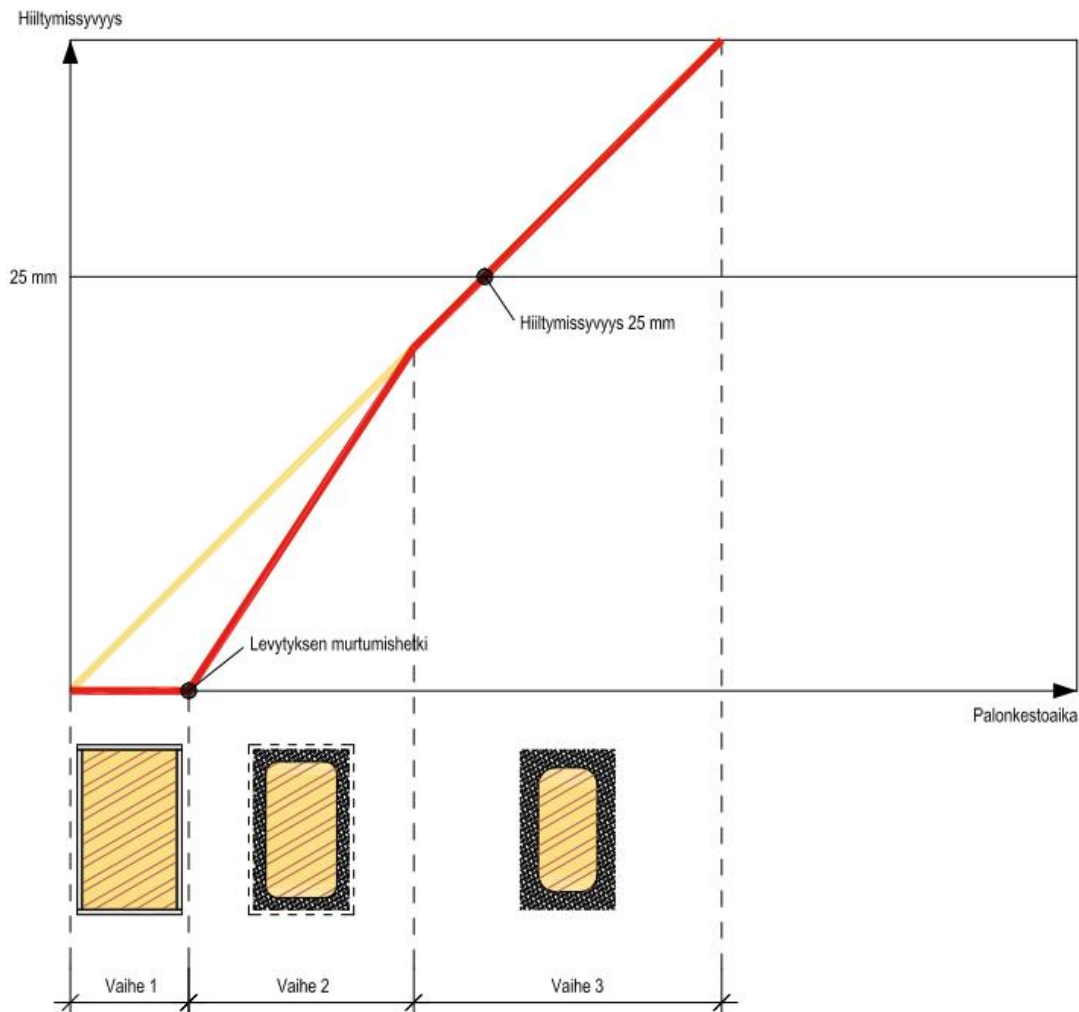
Vaihe 2: Levytys murtunut (nopea hiiltyminen)

Vaihe 3: Puurakenne hiiltyy sille ominaisella nopeudella

¹⁾ Levytys koostuu tavallisesta kipsilevystä, puulevystä tai näiden yhdistelmästä

 = Suojaamattoman puurakenteen hiiltymissyvyyden kasvu

 = Palosuojatun puurakenteen hiiltymissyvyyden kasvu

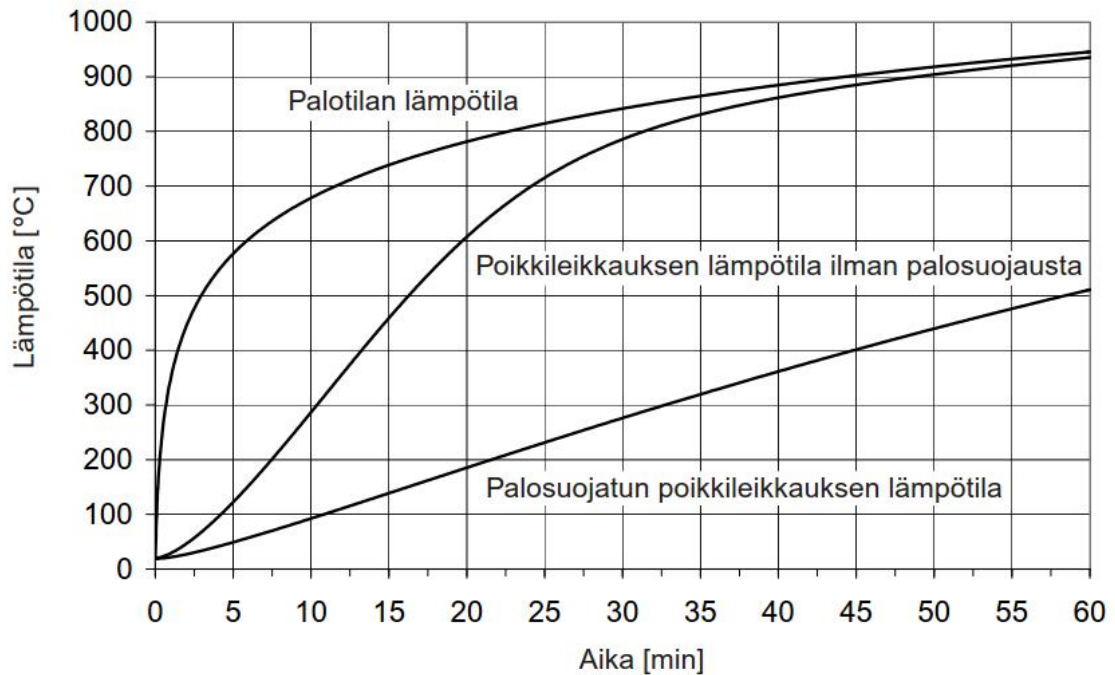


Kuva 14 Hiiltymissyvyyden kasvu ajan funktiona [19, s. 82]

5.6.2 Teräsrakenteiden paloturvallisuus

Teräs on palamaton materiaali, mutta se menettää nopeasti lujuutensa korkeissa lämpötiloissa. Teräsrakenteen palonkesto aika määritetään kriittisen lämpötilan mukaisesti. Kriittinen lämpötila on suurin lämpötila, jonka teräsrakenne kestää menettämättä kantokykyä. Kriittinen lämpötila riippuu rakenteesta ja voi vaihdella 400-600 °C. [18, s.34].

Alla olevassa kuvassa on esitetty kuvaajat, miten teräsprofiilin palonsuojaus vaikuttaa teräs-rakenteen lämpiämiseen palolämpötilan kasvattaessa.



Kuva 15 Palosuojatun ja palosuojaamattoman poikkileikkauksen lämpötila tulipalon aika-lämpötiläkäyrän suhteen [21, s. 509]

Kuten kuvasta 14 näkyy, palosuojatun profiilin poikkileikkauksen lämpötila kasvaa huomattavasti hitaammin kuin palosuojaamattoman, mikä pidentää teräsrakenteen kriittisen lämpötilan saavuttamista. Teräsrakenteen palosuojausta parannetaan eristämällä se palosuojaamalla tai palosuojalevyillä tai valamalla sen ympäri suojaava betonikerros. I-teräsvälipohjien palosuojauksen parantaminen riippuu siitä, että sijaitseeko teräspalkki betonilaatan sisällä vai ei. Jos teräspalkin alalaippa on näkyvässä, silloin sen palosuojausta parannetaan palosuojamaalilla. Jos välipohja avataan ylhäältä päin, voidaan palosuojata palkin yläosa, joka ei ole betonin sisällä.

5.6.3 Tiiliholvattujen rakenteiden paloturvallisuus

Tiiliholvattujen välipohjien palonkesto-aika on yleensä suhteellisen hyvä. Suomen Rakennusinsinöörien julkaisemassa "RIL174-4 Runkorakenteet" v. 1988 käsikirjassa on ohjeistettu tiiliholvin teräspalkkien suojauksesta seuraavalla tavalla:

"Teräskannatteisen tiilivälipohjan teräspalkkien palosuojaus voidaan useimmiten välttää osoittamalla terästen kantavuuden säilyvyys tiiliholvauksen sisällä."

On syytä kuitenkin huomata, että I-teräsvälipohjan tapaan teräspalkin alalaippa ei usein ole tiilen sisällä, jolloin se vaatii palosuojauksena palosuojamaalausta.

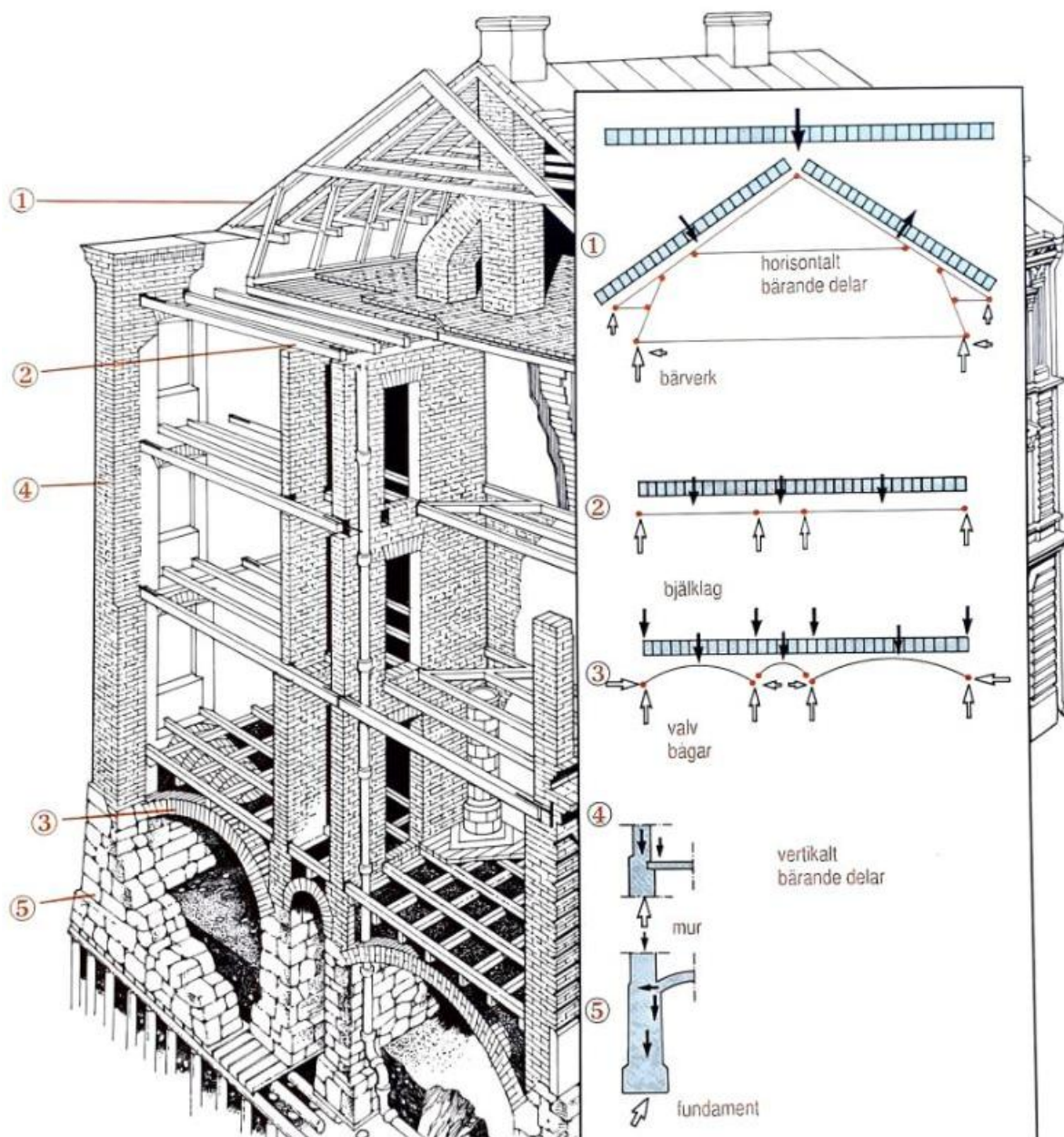
6 Korjausprosessiin liittyvä ohjeistus

6.1 Purkutyöt ja rakenteiden tuentatarpeet

Kuten muissa suunnitteluvaiheissa, purkusuunnittelu aloitetaan ensisijaisesti rakennuksen staattisen mallin ja jäykistävien rakenneosien selvittämisellä. Kun ne tunnetaan, korjaustyön prosessi voidaan suunnitella turvallisesti ja pystytään sisällyttämään rakennuksen kokonaisvakaus kaikissa työvaiheissa. Rakennuksen työnaikaisen vakauden kannalla on tärkeä selvittää seuraavat kuormat:

- tuulikuormat
- purettavien rakenteiden kuormat
- kuormien vaakakomponentit
- pystyrakenteiden vinoudesta aiheuttavat vaakavoimat ja momentit
- työnaikaiset kuormat
- mahdolliset dynaamiset kuormat.
- olosuhteiden muutoksesta aiheuttamat siirtymät.

1900-luvun tiilirakennuksen staattinen malli muodostuu yleensä kantavista ulko- ja väliseinistä sekä välipohjan palkistosta. Välipohjien kantavat puu- tai teräspalkit siirtävät kuormia vaakatasosta massiivitiiliseinille sekä toimivat pystyrakenteiden nurjahdustukina. Kantavat seinät siirtävät kuormitukset perustuksille ja aukotukset on tuettu teräspalkein. Kuvassa 16 on esitetty kuormien jakautuminen tyypillisessä 1900-luvun rakennuksessa. Tiilirakennuksissa kantavat tiiliseinät yleensä muodostavat ns. kennorakenteen ja sen avulla rakennus saavuttaa kokonaisstabiliteetin. Vaikka välipohjien kantavat palkit ovat yleensä kuormitettuja hyöty- ja oleskelukuormilla, on syytä tarkastaa, ettei niille kohdistu muita lisäkuormia. Vanhassa rakennuksessa välipohjille saattaa tulla muita kuormia, jos rakenteissa on tapahtunut muodonmuutoksia tai edellisten korjausten ja muutostöiden myötä syntyneiden kuormien siirtäminen ei ole asianmukaisesti toteutettu tai suunniteltu.



Kuva 16 Kuormien jakautuminen kantaville rakenteille 1900-luvun rakennuksessa [25, s. 30]

Välipohjien korjauksen ja purkutyön suunnittelussa tärkeimmät toimenpiteet ovat käytännössä kuormien johtaminen korvattaville rakenteille, mikäli vaakasuorat rakenteet puretaan kokonaan tai osittain sekä nurjahtavien ja kiepahtavien seinien vaakatuenta. Esimerkki yksittäisten palkkien pystytuennasta on esitetty kuvassa 17. Kuva 18 on otettu alhaalta päin osittain puretun tason alta ja tason yläpuolella näkyy seinien vaakatuenta.

Tiiliholvin purku vaatii yleensä tilapäisiä tukia, koska holvin osittainen purkaminen voi romahduttaa koko rakenteen. Myös tiiliholvien vaakatukireaktion äkillinen vapautuminen voi

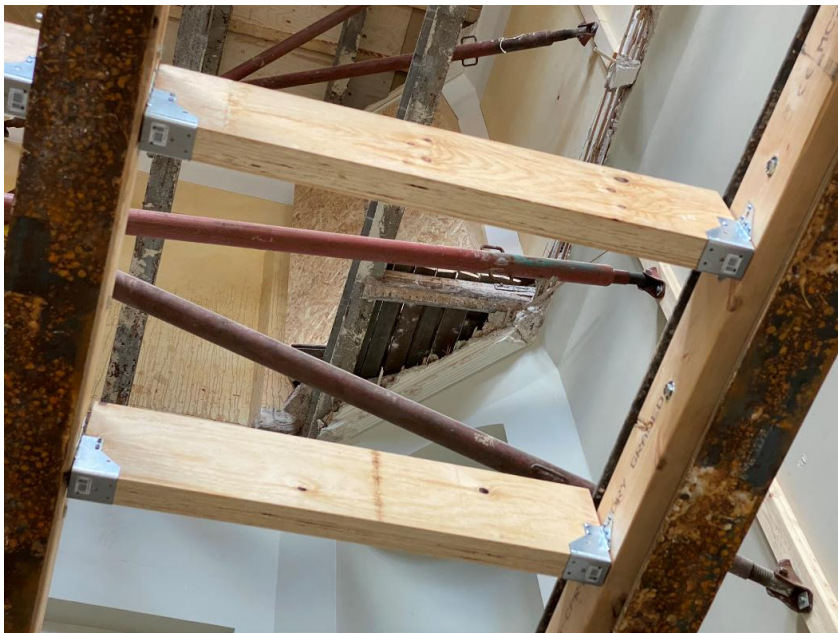
aiheuttaa liittyvän seinän tai rakenteen kaatumisen. Esim. jos puretun holvin vieressä on toinen holvi, kannattaa purkutyön ajaksi asentaa holvin ja kaarien kantojen väliin vaakatuki [15, s. 70]. Tiiliholvin purkumenetelmät on esitetty Ratu F27-0357 ohjekortissa [29, s. 7]. Tiiliholvien täytteiden purkamista varten on asennettava kulkusillat ja vältettävä suurien kuormien asettamista holvien päälle, koska tilapäinen pistekuorma voi vaurioittaa holvin rakennetta. Tarvittaessa rakennesuunnittelija voi määrittää tiiliholville sallitun maksimikuorman.

Kohteissa, joissa välipohjan alapinnan rakenteet ovat museoviraston suojelemia, on tärkeää kiinnittää huomiota työsuoritukseen, sillä alapinnoille ei saa syntyä vaurioita. Puuvälipohjien painavan täytön poistaminen voi aiheuttaa taipumien pienenemistä [2, s.215]. Tämän vuoksi suojeltu rappaus voi halkeilla sekä kipsikoristeet ja ornamentit voivat irrota ja lohkeilla [15, s. 70]. Alapinnan rakenteet voivat vaurioitua, jos työnaikainen mekaaninen rasitus aiheuttaa värähtelyä [2, s. 215]. Välipohjan alapinnan rakenteet on mahdollista tukea alapuolelta holvin valumuotin tapaisilla tuilla. Tuen ja pintarakenteen väliin on asennettava solumuovikerros.

Peruskorjaushankkeissa välipohjien purkulaajuus kannattaa esittää rakennustapaselostuksessa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa purkutyöhön liittyvää ohjeistus esitetään purkutyöselostuksessa ja purkusuunnitelmissa. Purkurakennetyypeissä pitää esittää purettavat ja säilytettävät rakenteet sekä maininta materiaaleista, mitkä sisältävät haitta-aineita.



Kuva 17 Palkkien pystytuenta [kuva Ramboll Finland Oy]



Kuva 18 Seinien vaakatuenta osittain puretun tason kohdalla [kuva Ramboll Finland Oy]

6.2 Pölyn ja puhtauden hallinta

Korjauskohteissa, joissa esiintyy kosteus- ja mikrobivaurioita, on tärkeää kiinnittää huomio työmaan aikaiseen pölyn- ja puhtaudenhallintaan. Purkuvaiheessa käsitellään vaurioituneita ja haitta-aineita sisältäviä materiaaleja, joten niiden purkutyöt on suunniteltava ja toteutettava niin, että niistä ei aiheudu terveydelle haittaa. Pölyn- ja puhtaudenhallinnalla varmistetaan myös se, että rakennuksen tilat ovat puhtaita luovutusvaiheessa. Suunnittelija voi laatia ns. pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja, joka sisältää työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet. Tämän asiakirjan perusteella urakoitsija laati pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmat [2, s.29]. Pölyn- ja puhtaudenhallinnasta ja sen laadunvarmistusmenetelmistä löytyy tietoa esim. ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus”-oppaasta sekä Ratu 1225-S -ohjekortista [30].

7 Kyselytutkimus

Tutkimuksen tueksi insinööristyössä haastateltiin Ramboll Finland Oy:n korjausosaston asiantuntijoita. Haastattelun kysymykset oli laadittu ja toimitettu haastateltaville etukäteen. Päätaavoite oli selvittää haastateltavien kokemuksia siitä, mitkä ovat tyypilliset tavat korjata puu-, teräs- sekä tiiliholvattuja välipohjia ja mitkä ovat ne asiat, jotka pitää korjaussuunnittelussa ottaa huomioon. Saatujen tietojen avulla laaditaan listan korjausvaihtoehdoista, jotka kannattaa esittää mallirakennetyypeissä sekä mihin olennaisiin asioihin piti keskittyä empiirisessä tutkimuksessa. Alla on esitetty haastattelukysymykset:

- Mikä on tyypillisin korjaustapa?
- Mitkä ovat näihin rakenteisiin liittyvät kohdat, jotka vaativat erityistä huomiota sekä suunnittelussa, että toteutuksessa?
- Jos korjauksen yhteydessä pitää vahvistaa rakenteita niin mikä on tyypillinen tapa? Kuinka usein joudutaan vahvistamaan rakenteita?
- Mitä pitää ottaa huomioon märkätilojen suunnittelussa?
- Mitkä ovat äänieristävyyden näkökulmasta tärkeät toimenpiteet?
- Mitä asioita on huomioitava liittyvien rakenteiden osalta välipohjien korjauksen yhteydessä?
- Onko sinulla ollut hanke, jossa oli rakennuksen käyttötarkoituksen muutos? Mitä siellä piti ottaa huomioon välipohjien korjauksen suunnittelussa?
- Missä kohteissa on ollut vastaavat välipohjat?

Ensimmäinen haastattelussa ilmitullut asia oli se, että käytännössä ei ole tyypillistä tapaa korjata rakenteita. Se johtuu siitä, että kaikki rakennukset ovat hyvin erilaisia ja saman aikakauden rakennuksissa on vaihtelevuutta sekä rakennetyypeissä, että välipohjien toteutuksessa. Myös rakenteiden vaihtelevuuteen vaikuttaa rakennuksen koko ja ns. käyttöiän aikana tehdyt muutokset ja korjaukset. Korjaussuunnittelussa on tärkeä aina tutkia lähtötilanne ja sen pohjalta miettiä korjausratkaisu tapauskohtaisesti. Toinen ratkaiseva asia koskee työmaan aikaista vaihetta. Välipohjien korjaussuunnittelussa on tärkeä miettiä, onko korjausratkaisu toteutettavissa ja saavutetaanko sen avulla rakennukselle asetettu käyttötavoiteikä. Rakennesuunnittelijan kannattaa korjaussuunnitelmissa ennakoida työmaan aikaiset olosuhteet ja tarvittaessa laatia ohjeistuksia työsuoritusta ja laadunvarmistusta koskien. Esimerkiksi miten yläpuolisten kerrosten tuenta vaikuttaa alemman kerrokseen välipohjaan. Työmaan aikaisten kuormitusten hallintaan on kiinnitettävä huomiota, koska se voi olla suurempi kuin käytönaikainen, jolle rakenne on mitoitettu.

Seuraavissa luvuissa käsitellään välipohjatyypeittäin haastattelussa esille tulleita ratkaisuja ja havaintoja.

7.1 Puuvälipohjat

Puuvälipohjan palkkien kunto on arvioitava purkutyön jälkeen, sillä kuntotutkimuksen yhteydessä kaikkien palkkien kuntoa on mahdotonta saada selville. Puuvälipohjan korjaussuunnittelussa on aina tarkistettava puupalkkien päiden kunto, koska seinän liittymän kohdalla olosuhteet muuttuvat ja palkit altistuvat mahdollisesti kosteusrasitukselle. Jos yksittäisen palkin pää on vaurioitunut, se voidaan vahvistaa asentamalla kylkeen esim. 2 metriä pitkä kesto-puupalkki. Uusi palkki kiinnitetään tiukasti vanhaan palkkiin ja upotetaan tiiliseinäin. Yksittäisen palkin korvaaminen kokonaan uudella palkilla on mahdotonta, jos alapinnan rakenne pitää säilyttää.

Jos puuvälipohjan kantavat rakenteet ovat hyvässä kunnossa, on niitä korjaussuunnittelussa pyrittävä säilyttämään. Korjaussuunnittelussa on otettava huomioon puuvälipohjan värähtely ja taipumat. Tarvittaessa rakennetta pitää vahvistaa. Jos yksittäiset palkit ovat lahovaurioituneet tai niiden värähtelyä pitää estää, silloin niitä vahvistetaan asentamalla kylkiin uusia puupalkkeja. Puuvälipohjan kapasiteettiä on mahdollista parantaa lisäämällä uudet palkit vanhojen palkkien väliin. Jos puuvälipohja puretaan kokonaan, uusi välipohja on suunniteltava ja toteutettava nykyisten määräysten mukaisesti.

Työmaan aikana yksittäiselle palkille ei saa aiheuttaa isoja kuormia, koska se voi aiheuttaa taipumia sekä vaurioita nk. tukipaineen/leimapaineen takia. Tuella tai suurten pistekuormien kohdalla kohdistuva voima aiheuttaa kisko- tai leimapaine. Tämän paineen takia puurakenne voi vaurioitua, koska puristuslujuus erityisesti kohtisuoraan syitä vastaan puulla on suhteellisesti heikko.

Puuvälipohjan ääneneristävyyttä on mahdollista parantaa joustavilla pintarakenteilla sekä alaslasketulla katolla.

7.2 Tiiliholvattu välipohja

Tiiliholvien välipohjien täyttömateriaali voi vaihdella ja se voi olla turve, koksikuona, hiekka, sora tai joku muu. Rakenteessa voi kulkea vanhoja viemäriputkia. Tiiliholvin päällä voi olla puurakenteinen lattia tai betonilaatta. Molemmissa vaihtoehdossa yläpuolinen rakenne puretaan, jotta kaikki täytteet ja vanhat putket saadaan puretuksi.

Vaikka tiiliholvattu välipohja sijaitsee kuivissa olosuhteissa, kappaholvien ratakiskojen kunto pitää tarkastaa ulkoseinän kohdalla. Useimmiten ratakiskojen päät on suojattu kosteudelta bitumilla, mutta jos suojaus ei ole ollut riittävä, voi teräsrakenne ruostua. Pitää ottaa huomioon, että suojamateriaali voi olla PAH-yhdistepitoinen. Jos ratakiskot tai I-teräspalkit ovat vaurioituneet, niiden korjaaminen tai vahvistaminen hitsaamalla voi olla mahdotonta, koska usein teräslaadusta ja hitsattavuudesta ei ole tarkkaa tietoa. Käytännössä teräsrakenne joudutaan vaihtamaan. Tiiliholvattua välipohjaa joutuu harvoin vahvistamaan. Usein niissä voi olla halkeamia, jotka korjataan injektoimalla. LVI-tekniikka on pyrittävä sijoittamaan niin ettei isoja hormoneja asenneta tiiliholvin läpi koska rakenne pitää säilyä puristettuna koko alueella. Pienet läpiviennit ovat mahdollisia, mutta niiden sijoituksessa on oltava riittävä etäisyys toisistaan. Märkätilan sijoittaminen tiiliholvin päälle voi tuottaa ongelmia viemäroinnin takia.

7.3 I-teräsvälipohjat

I-teräsvälipohjat ovat aika harvinaisia. Korjauksessa on otettava huomioon teräspalkin kunto sekä sen palosuojaustarve, jos alavaippa on näkyvässä. Kuten tiiliholvin ratakiskoja, niin I-teräsvälipohjan teräspalkkeja ei ole mahdollista vahvistaa hitsaamalla. Haastattelussa tuli mainituksi, että joissain hankkeissa I-teräsvälipohjaa vahvistettiin lisäämällä vanhan teräspalkin alle uusi teräspalkki tai kiilaamalla uudet teräspalkit betonilaatan alle.

7.4 Märkätilat

Märkätilojen suunnittelussa on tärkeä välttää putkiston vaakasiirtymiä rakenteessa ja putkistojen viemärointi on suunniteltava kulkemaan pystysuunnassa. Tällä tavalla vältetään mahdollisten vuotojen leviäminen laajalle alueelle. Märkätiloja suunniteltaessa on vanhojen välipohjien kapasiteettiä tarkasteltava, sillä uusi betonilaatta voi ylikuormittaa vanhaa välipohjaa. Mikäli märkätila suunnitellaan puuvälipohjan päälle, on otettava huomioon työnaikainen kosteus: betonivalusta syntyvä kosteus ei saa päästä välipohjaan. Tarvittaessa välipohjan onte-loihin lisätään kuivatusjärjestelmä. Myös suunnittelussa on otettava huomioon uuden laatan kuivuminen, sillä se kuivuu vain yhteen suuntaan.

7.5 Muut asiat

Välipohjien ja seinän liittymät pitäisi olla tiiviitä, koska ilmantiiveydellä on vaikutusta rakennuksen sisäilmaan, akustiikkaan sekä paloturvallisuuteen.

Käyttötarkoituksen muutoshankkeissa ratkaisevat asiat ovat rakenteen kantavuus, paloturvallisuus sekä sisäilmaan vaikuttavat tekijät, esim. haitta-ainepitoiset materiaalit.

8 Korjausratkaisut ja korjaussuunnittelun ohjeistus

Tässä insinööriyössä välipohjien korjausmenetelmien valintaperusteet pohjautuvat työn tutkimuksen tuloksiin ja 2019 julkaistun ympäristöministeriön ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus”-oppaaseen. Oppaan mukaan menetelmät jaetaan kolmeen kategoriaan: rakenteen uusiminen, rakenteen osittainen uusiminen sekä pintarakenteisiin liittyvä korjaus eli ilmatiivyyden parantaminen. Rakenteen uusimisella tarkoitetaan koko rakennuksen osan uusimista mm. kantavaa rakennetta. Tätä korjausmenetelmää sovelletaan, jos korjauksen tavoiteikä ylittää 50 vuotta. ”Osittainen uusiminen” korjausmenetelmä sisältää vaurioituneiden materiaalien poistamisen rakenteesta sekä ilmatiivyyden parantavat toimenpiteet tavoiteikällä 30-50 vuotta. Pelkällä ilmatiivyyden parantamisella tavoitellaan 15-20 vuoden käyttöikä. Korjausmenetelmässä vaurioitunut materiaali jää rakenteeseen ja korjaustoimenpiteet kohdistetaan pintarakenteisiin ja liitoskohtiin.

Tässä yhteydessä päätettiin olla tekemättä tiili- ja I-teräsvälipohjasta ”rakenteen uusiminen” vaihtoehtoa ja mallirakennetyyppejä. Se johtuu siitä, että korjaustapa on harvinainen ja uuden

välipohjarakenneteen tulee vastata nykyisiä määräyksiä, jolloin on mahdollista soveltaa uudispuolen mallirakennetyyppejä. Myös samoista välipohjista ei tehdä märkätila mallirakennetyyppejä.

Puuvälipohjan ”kokonaan uusiminen” vaihtoehdosta on tehty mallirakennetyypit, mutta tässä insinööriyössä tätä korjausvaihtoehtoa ei käsitellä, koska korjaustapa vastaa uutta rakentamista.

Välipohjien korjaussuunnittelussa on hyvä käyttää apuna palo- ja akustiikkasuunnittelijoiden erikoisosaamista. Sillä voidaan varmistaa, että korjattu rakenne saavuttaa sille asetetut vaatimukset.

Kaikissa välipohjan korjauksissa pitää selvittää mahdollinen välipohjan ja välipohjaan liittyvien seinien kosteuslähde ja mahdollisuuksien mukaan poistaa se tai ainakin vähentää kosteusrasitusta.

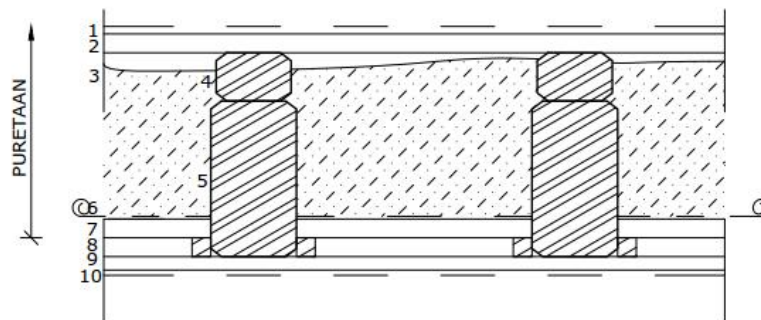
8.1 Puuvälipohja

Puuvälipohjan tyypillinen korjausmenetelmä on rakenteen osittainen uusiminen. Sen päätaavoite yleensä on kosteus- ja mikrobivaurioiduneiden materiaalien poistaminen rakenteesta. Useimmiten 1900-luvun rakennuksissa välipohjien alapinnat ovat suojeltuja, minkä takia korjausmenetelmät ja mallirakennetyypit jaettiin kahteen vaihtoehtoon: a) alapinnan rakenne säilytetään, b) alapinnan rakenne puretaan.

8.1.1 Alapinnan rakenne säilytetään

Tässä korjausvaihtoehdossa puretaan välipohjan yläpinnan rakenteet ja täytöt. Kantavat palkit ja alapuoliset rakenteet säilytetään. Kuvassa 19 on esitetty purkutyön laajuus. Täytteen kannatuslautojen (Kuva 19, kohta 7) purkamista on arvioitava tapauskohtaisesti, sillä naulattujen lautojen irtoaminen voi vahingoittaa alapuolista rappausta. Täytteen kannatuslaudat on mahdollista purkaa, jos ne ovat irtonaisia ja helposti purettavia. Täytteen kannatuslautojen päällä on mahdollisesti haitta-aineita sisältävä tervapaperi. Sen purkutyössä ja loppusijoituksessa ensisijaisesti on noudatettava voimassa olevaa lainsäädäntöä ja asetuksia. Purkutyön jälkeen kantavien palkkien ja erityisesti palkkien päiden kunto arvioidaan silmämääräisesti paikan päällä. Kantavien palkkien paikalliset lahovauriot poistetaan mekaanisesti, tarvittaessa palkit vahvistetaan. Puuosien puhdistustapa riippuu mikrobivaurion edennei-

syydestä materiaalipintaan sekä työteknisistä rajoituksista. Tyypilliset soveltuvat menetelmät ovat hiominen, jyräminen, höyläminen sekä kuivajääpuhallus. Lahovaurioituneita puuosia ei ole välttämätön poistaa, jos lahovaurion aiheuttanut kosteuslähde on poistunut ja rakennesosan kantavuus on riittävä ja jos voidaan varmistua, ettei tästä ole sisäilmateknistä haittaa. Jäljelle jäävät pinnat imuroidaan huolellisesti ennen uusien materiaalien asentamista. Purkutyössä painavan täytteiden poisto ja työn aikainen mekaaninen rasitus voivat aiheuttaa välipohjan alapintaan vaurioita. Tarvittaessa välipohjan tuetaan alapuolelta. Tuenta on tärkeä erityisesti suojelukohteissa, joissa välipohjan alapinnan pintamateriaalit ovat suojeltuja. Purkutyön yhteydessä puretut täytteet kannattaa punnita ja dokumentoida. Dokumentoitujen tietojen perusteella on mahdollista arvioida välipohjan ääneneristävyyden heikkeneminen ja sen seurauksena tarvittavat toimenpiteet. Purkutyössä on huolehdittava pölyhallinnasta ja tarvittaessa tehtävä tarvittavan laadunvarmistustoimenpiteet, esim. pölynmäärämittaus sisäilmasta.



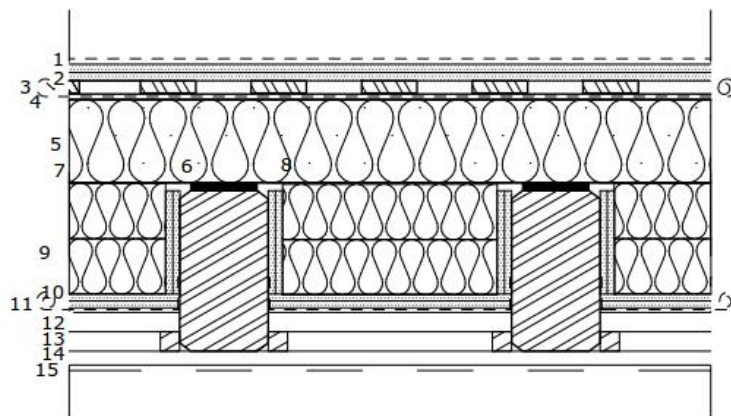
Kuva 19 Puuvälipohja, purkurakennetyyppi, alapinnan rakenteet säilyvät [kuva Ramboll Finland Oy]

Purkurakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 oleva pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia), puretaan
- 2 oleva lattialauditus, puretaan
- 3 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines), puretaan
- 4 oleva korokepiiru, puretaan
- 5 olevat hirsipalkit, puretaan
- 6 oleva tervapaperi, puretaan
- 7 täytteen kannatuslaudat
- 8 oleva naulausrima
- 9 oleva aluslauditus
- 10 oleva pintamateriaali

Kuvassa 20 on esitetty korjausrakennetyyppi. Rakenteen kokonaispaksuuteen on mahdollista vaikuttaa valitsemalla sopivan korkuinen koolaus (Kuva 20, kohta 5). Rakenteen koko-

naispaksuus määritetään alkuperäisen rakennetyypin mukaan. Käytännössä rakenteen yläpinnan korko ei saa poiketa vanhasta korosta, koska sillä on vaikutus liittyviin rakenteiden aukkoihin ja huonekorkeuteen. Jos vanhat puupalkit ovat taipuneet, määrittää rakennesuunnittelijaa oikaisutoimenpiteet, kuten kiillauksen uuden koolauksen ja palkin väliin. Jos välipohjan lattiarakenne suunnitellaan harvalaudoituksen vaaran, (kts. taulukko 7), voidaan parantaa välipohjan askelääneneristystä. Ääneneristävyyden parantamiseksi on hyödyllistä asentaa vaimennuskaista uuden koolauksen ja vanhan hirsipalkkiin väliin (Kuva 20, kohta 6).



Kuva 20 Puuvälipohja, korjausrakennetyypin alapinnan rakenteet säilyvät [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

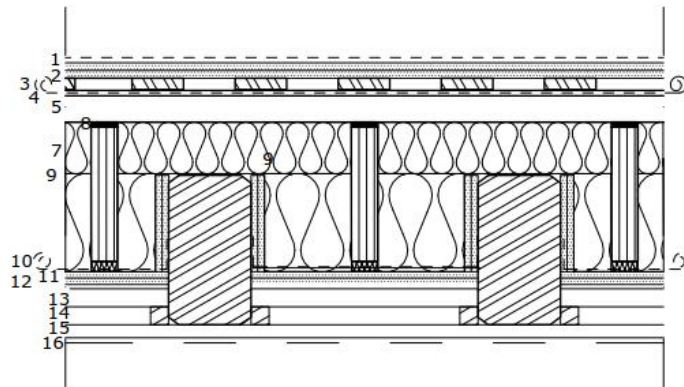
- 1 pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan
- 2 lattiakipsilevyt
- 3 harvalaudoitus
- 4 ilmansulku
- 5 koolaus
- 6 vaimennuskaista
- 7 puhallettava mineraalivillaeriste
- 8 olevat hirsipalkit
- 9 mineraalivilla
- 10 kipsilevyt, kipsilevyt hirsipalkkien kylkiin
- 11 ilmansulku
- 12 täytteen kannatuslaudat
- 13 oleva naulausrima
- 14 oleva aluslaudoitus
- 15 oleva pintamateriaali ja -käsittely

Mikrobivaurioituneet eristemateriaalit korvataan mineraalivillalla. Välipohja palosuojataan asentamalla kipsilevyt (Kuva 20, kohta 10) täytteen kannatuslautojen päälle tai niiden tilalle, jos laudat on mahdollista purkaa. Jos täytteen kannatuslaudoitus puretaan silloin, tarkiste-

taan naulausrimojen kiinnitykset. Tarvittaessa tässä tapauksessa on mahdollista palosuojata myös naulausrimat. Kantavat puupalkit palosuojataan asentamalla kipsilevyt palkkien kylkiin molemmilta puolilta. Välipohjan alapuolelle ja yläpuolelle asennetaan ilmasulkukerrokset kuvan 20 mukaisesti. Rakennussuunnittelijan on määritettävä miten ilmasulkukerroksen ja tiiliseinän liitos tehdään ilmatiiviiksi sekä miten ilmansulku limitetään. Suunnitelmissa pitää ottaa huomioon myös ilmansulun kiinnitys oleviin kantaviin palkkeihin.

Edellä esitetyn korjausvaihtoehtoon lisäksi laadittiin versio, jossa alapinnan rakenteet säilytetään, mutta vanhojen kantavien palkkien väliin asennetaan uudet kantavat puupalkit. Korjausrakennetyyppi on esitetty kuvassa 21. Tätä vaihtoehtoa on mahdollista soveltaa korjauskohteissa, joissa vanhat alapintarakenteet pitää säilyttää ja välipohjan kantavuutta pitää parantaa. Purku- ja korjaustoimenpiteet ovat vastaavat kuin edellisessä rakennetyypissä. Uusia kantavia palkkeja (kuva 21, kohta 8) ei asenneta tiiliseinässä oleviin syvennyksiin, vaan ne tuetaan tiiliseinän pintaan asennettavilla kannakkeilla. Palkkien ja seinän liitoskohdasta on laadittava erillinen detalji. Uuden kantavan puupalkin poikkileikkauksen mitoituksessa ja liitoksen suunnittelussa on otettava huomioon palosuojaustarve. Suunnittelussa otetaan huomioon se, että liitoskohdassa voi muodostua kylmäsilta, kun käytetään puupalkin asennuksessa esim. teräksisiä palkkikenkiä. Kuten edellisessä vaihtoehdossa on mainittu, on aina määrittävä rakenteen kokonaispaksuus. Tässä korjauksessa käytännössä kokonaispaksuus ylittää alkuperäisen.

Puuvälipohjia voi vahvistaa monilla tavoilla, joista yksi on esitetty kuvassa 21.

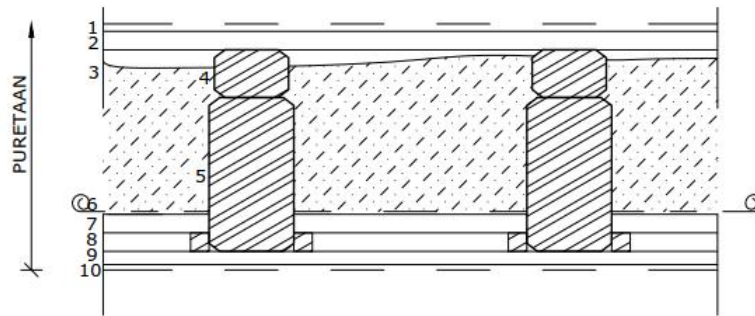


Kuva 21 Puuvälipohja, korjausrakennetyyppi, alapinnan rakenteet säilyvät, välipohjan kantavuuden parantaminen [kuva Ramboll Finland Oy]

- 1 pintamateriaali tai -käsittely
- 2 lattiakipsilevy
- 3 harvalaudoitus
- 4 ilmansulku
- 5 koolaus
- 6 vaimennuskaista
- 7 mineraalivilla
- 8 uudet kantavat palkit, alle villaluiskat
- 9 olevat hirsipalkit
- 10 ilmansulku
- 11 kipsilevy, kipsilevyt hirsipalkkien kylkiin
- 12 täytteen kannatuslaudat
- 13 oleva naulausrima
- 14 oleva aluslaudoitus
- 15 oleva pintamateriaali ja -käsittely

8.1.2 Alapinnan rakenne puretaan

Tämä korjausvaihtoehto ei poikkea merkittävästi korjausvaihtoehdosta, joka on esitetty luvussa 8.1.1. Tässä korjausvaihtoehdossa alapinnan rakenteet puretaan kokonaisuudessaan ja paikalle jäävät vain kantavat puupalkit. Kantaville puupalkeille tehdään samat toimenpiteet kuten luvussa 8.1.1. Alapinnan rakenteiden suojaus ei ole tarpeellinen, sillä ne puretaan. Kuvassa 22 on esitetty purkurakennetyyppi.

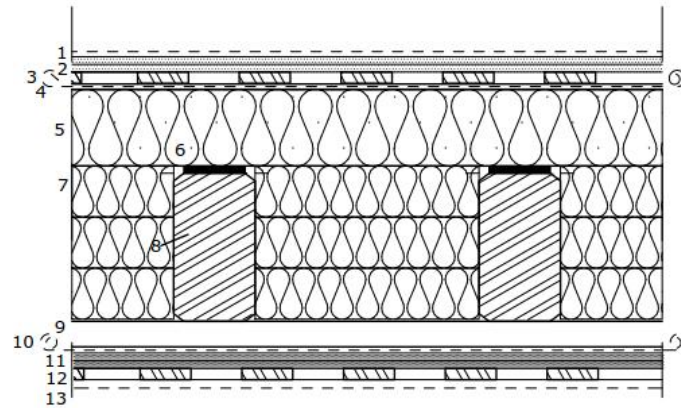


Kuva 22 Puuvälipohja, korjausrakennetyyppi, alapinnan rakenteet puretaan [kuva Ramboll Finland Oy]

Purkurakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 oleva pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia), puretaan
- 2 oleva lattialaudoitus, puretaan
- 3 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines), puretaan
- 4 oleva korokepiiru, puretaan
- 5 ovat hirsipalkit, puretaan
- 6 oleva tervapaperi, puretaan
- 7 täytteen kannatuslaudat, puretaan
- 8 oleva naulausrima, puretaan
- 9 oleva aluslaudoitus, puretaan
- 10 oleva pintamateriaali, puretaan

Kuvan 23 korjausvaihtoehto poikkeaa luvun 8.1.1 vaihtoehdosta alapuolisten rakennekerrosten osalta. Tässä kantavia puupalkkeja ei ole palosuojattu sivulta, koska kipsilevytys on asennettu välipohjan alapuolelle. Kipsilevyjen määrä ja paksuus on arvioitava rakennuksen paloluokan mukaan. Tarvittaessa kantavat puupalkit voi palosuojata myös sivuilta, kuten on esitetty luvun 8.1.1 korjausvaihtoehdossa. Koolauksen (Kuva 23, kohta 9) ja kipsilevyn väliin asennetaan ilmansulku. Kipsilevytyksen alle asennetaan harvalaudoitus, johon kiinnitetään alakaton levytys tai esim. panelointi.



Kuva 23 Puuvälipohja, korjausrakennetyyppi, alapinnan rakenteet puretaan [kuva Ramboll Finland Oy]

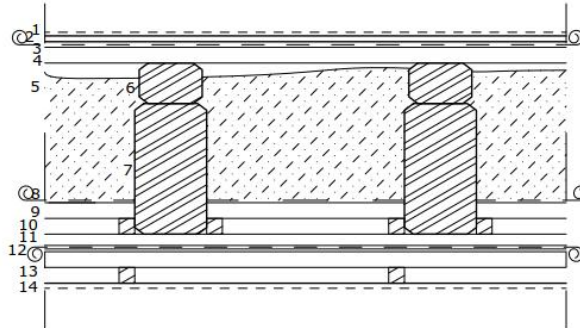
Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 pintamateriaali tai -käsittely
- 2 lattiakipsilevy
- 3 harvalaudoitus
- 4 ilmansulku
- 5 koolaus
- 6 vaimennuskaista
- 7 mineraalivilla
- 8 olevat hirsipalkit
- 9 koolaus
- 10 ilmansulku
- 11 kaksinkertainen kipsilevytys
- 12 harvalaudoitus
- 13 uusi pintamateriaali ja -käsittely

8.1.3 Ilmatiiveyden parantaminen

Tällä korjausvaihtoehdolla pyritään estämään välipohjan rakenteesta haihtuvien epäpuhtauksien pääsy rakennuksen huoneilmaan. Puuvälipohjan ilmatiiveyttä parannetaan uusilla ilmansulkukalvoilla, joiden sijoituspaikat on esitetty kuvassa 24 kohdissa 3 ja 22. Ilmansulun asentamista varten puretaan olevat pintamateriaalit sekä liitoskohdasta seinäpinnoitteet 150-200 mm leveydeltä. Ilmansulkukalvon liitos liittyviin rakenteisiin ja läpivienteihin pitää toteuttaa huolellisesti, jotta liitoskohdasta saadaan tiivis. Välipohjan tiiviyden parantamista tulee suunnitella ja toteuttaa kokonaisuutena. Jos osa ilmavuotoreiteistä jää tiivistämättä, jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot saattavat kasvaa ja epäpuhtauksia voi kulkea jopa lähtötilannetta enemmän. [2, s.213,215] Tämän korjauksen yhteydessä on suositeltava tasapainottaa ilmavaihdon toiminta.

Tätä korjausvaihtoehtoa käytetään esimerkiksi tapauksissa, joissa välipohjaa ei ole mahdollista purkaa. Korjausvaihtoehto kosteuden aiheuttamien liikkeiden vuoksi ei ole yhtä pitkäaikainen kuin ”rakenteen osittainen uusiminen” korjausvaihtoehto.



Kuva 24 Puuvälipohja, korjausrakennetyyppi, ilmatiiveyden parantaminen [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 uusi lattiapinnoite
- 2 levytys
- 3 ilmasulku
- 4 oleva lattialaudoitus
- 5 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines)
- 6 oleva korokepiiru
- 7 olevat hirsipalkit
- 8 oleva tervapaperi
- 9 täyteen kannatuslaudat
- 10 oleva naulausrima
- 11 oleva aluslaudoitus
- 12 ilma-/höyrysulku
- 13 ristiinkoolaus
- 14 kattoverhous

8.2 Tiiliholvattu välipohja

Tarkistaessa yrityksen aiempia suunnitelmia, havaittiin, että jossain kohteissa tiiliholvatun välipohjan rakenteet poikkeavat v.2006 Kerrostalot 1880-2000-kirjan [1] esitetystä välipohjista. Osassa kohteita tiiliholvin päällä oli betonilaatta. Ei pystytty arvioimaan, että onko se alkuperäinen rakenneratkaisu vai onko se valettu korjauksien aikana myöhemmin. Päätettiin,

että tehdään siitäkin korjausmallirakennetyyppi, vaikka tyypillinen vaihtoehto on puukoolattu lattia.

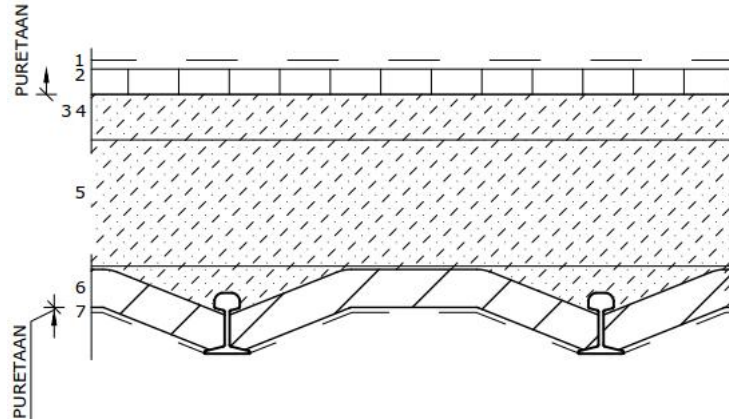
Välipohjien korjaussuunnittelussa on otettava huomioon haitta-ainepitoiset materiaalit. Alla olevissa korjausvaihtoehdoissa niitä ei ole esitetty, mutta niiden esiintyminen on mahdollista ja niihin kohdistuvat toimenpiteet on aina esitettävä suunnitelmissa. Mikäli PAH-yhdistepitoinen materiaali on tiukasti kiinni tiiliholvin yläpinnassa, sen poistaminen on arvioitava tapauskohtaisesti, sillä poistamisen aiheuttama räsitus voi aiheuttaa vaurioita tiiliholviin. Jos PAH-yhdistettä sisältävää materiaalia ei ole mahdollista poistaa rakenteesta, niin rakennemateriaali on suunniteltava kapseloitavaksi ja/tai tiivistettäväksi. Tiiliholvin tiiveyttä voidaan parantaa esim. tiiliholvin alapuolelle ruiskutettavalla polymeeripohjaisella tiivistysmassalla tai pinnoitteella.

8.2.1 Tiiliholvattu välipohja, puukoolattu lattiarakenne

Tässä korjausvaihtoehdossa on selvítettävä hirsipalkkien rakenteellinen toiminta. Jos palkit eivät ole kantavia, niin ne voidaan korjauksen yhteydessä purkaa ja niiden tilalle voidaan asentaa uudet puurakenteet eristetilaan. Puupalkkien purkaminen voi olla järkevää kohteissa, joissa puupalkkeja ei ole rakenteellisesti tai mekaanisesti kiinnitetty, koska purkutyön aikana ne mahdollisesti liikkuvat ja niiden takaisin asentaminen voi olla hankalaa. Alla olevassa rakennetyypissä puupalkit on esitetty jätettäväksi paikalleen.

Tässä korjausvaihtoehdossa tiiliholvin alapinnassa olevat rappaukset ja pintarakenteet puretaan. Välipohjaa puretaan ylhäältä päin: lattiarakenteet, korokepiirut, eristeet poistetaan ja jäljelle jäävät pinnat puhdistetaan huolellisesti. Tiiliholvin yläpinta puhdistetaan imuroimalla. Mikäli puupalkit jäävät paikoilleen, niiden kunto on arvioitava paikan päällä silmämääräisesti ja tarvittaessa mikrobi- ja lahovauriot poistetaan kuten on esitetty luvussa 8.1.1. Purkutyön jälkeen on tarkistettava rata- ja kiskojen kunto kappaholvien ja seinän liittymien kohdalla. Ratakiskot puhdistetaan ruosteesta ja liasta sekä mahdolliset irtomaalit poistetaan. Lopuksi ratakiskot maalataan korroosionestomaalilla.

Koko korjaustyön ajaksi tiiliholvattu välipohja on tarvittaessa tuettava alapuolelta. Tiiliholvin työmaan aikaisen vaurioitumisen estämiseksi rakennesuunnittelija voi määrittää tiiliholviin kohdistuvan pistekuorman sallitun arvon ja ohjeistaa purkutöiden turvallinen tekeminen. Turvallisuutta voidaan parantaa asentamalla kulkusilloja rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti.

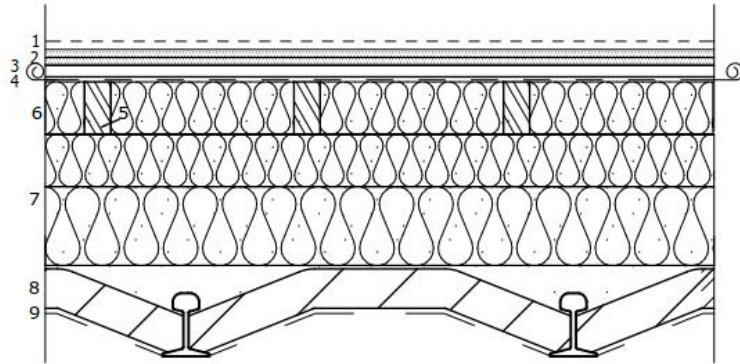


Kuva 25 Tiiliholvattu välipohja, puukoolattu lattia, purkurakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Purkurakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 oleva pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia), puretaan
- 2 oleva lattialaudoitus, puretaan
- 3 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines), puretaan
- 4 oleva korokepiiru, puretaan
- 5 oleva hirsipalkki
- 6 ovat tiiliholvi + ratakiskot
- 7 oleva pintamateriaali ja -käsittely, puretaan

Kappaholvien korjausrakennetyyppi on esitetty kuvassa 26. Tiiliholvin kunto tarkistetaan, halkeamat injektoidaan ja alapuolinen pinta tasoitetaan. Ratakiskojen alalaippaa palosuoja- maalataan. Jos vanhat puupalkit ovat taipuneet, niin rakennesuunnittelija voi määrittää oikaisutoimenpiteet, esim. kiilaus uuden koolauksen ja palkin väliin. Palkkien väliin asennetaan mineraalivilla. Palkkien päälle asennetaan riittävän tiheästi uusi koolaus, ilmasulku ja uudet lattiarakenteet harvalaudoituksen varaan. Koska välipohjarakenteiden ilmatiiveys on tärkeää, on rakennussuunnittelijan määritettävä liitosten ja limitysten toteutustapa. Tiiliholvin ja palkkien väliin on jätettävä rako, jotta mahdollinen puupalkkien taipuma ei aiheuta vaurioita tiiliholville.



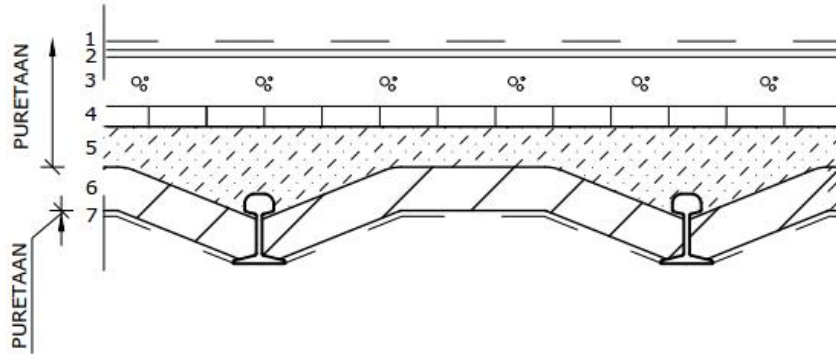
Kuva 26 Tiiliholvattu välipohja, puukoolattulattia, korjausrakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 pintarakenteet ja -käsittely
- 2 lattiakipsilevy
- 3 harvalaudoitus
- 4 ilmasulku
- 5 koolaus
- 6 puhallettava mineraalivillaeriste
- 7 oleva hirsipalkki
- 8 olevat tiiliholvi + ratakiskot, tiivistyskorjaukset tiivistyssuunnitelman mukaan
- 9 oleva pintamateriaali ja -käsittely

8.2.2 Tiiliholvattu välipohja, betonilaatta

Tässä korjausvaihtoehdossa puretaan tiiliholvin päällä oleva betonilaatta, muottilaudoitukset, täytöt sekä mahdolliset välipohjassa olevat vanhat putket. Alapinnasta puretaan mahdolliset rappaukset ja pintarakenteet. Tiiliholvin ja ratakiskojen kunto tarkistetaan. Tiiliholviin ja ratakiskoihin suoritetaan samat toimenpiteet kuten tiiliholvi ja puukoolattu lattia -vaihtoehdossa. Purkutyön laajuus on esitetty alla olevassa kuvassa.



Kuva 27 Tiiliholvattu välipohja, betonilaatta, purkurakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Purkurakennetyypin rakennekerrokset:

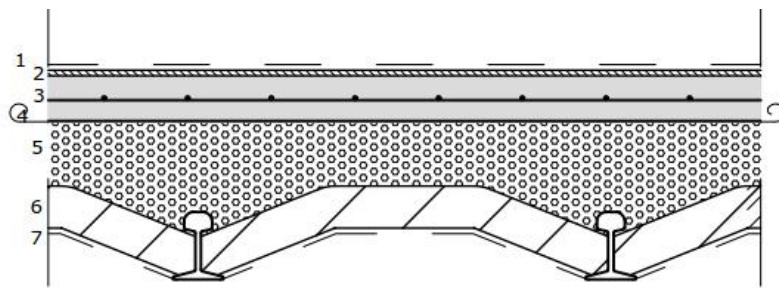
- 1 oleva pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia), puretaan
- 2 oleva tasoite, puretaan
- 3 oleva betonivalu, puretaan
- 4 oleva muottilaudoitus, puretaan
- 5 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines), puretaan
- 6 ovat tiiliholvi + rataiskot
- 7 oleva pintamateriaali ja -käsittely, puretaan

Tiiliholvin vanha täytekerros korvataan vaahtolasimurskeella. Vaahtolasimurske muodostaa tukevan alustan betonivalulle ja sillä on hyvät ilmaääneneristävyyssominaisuudet. Vaikka vaahtolasi on kevyt materiaali, on varmistettava, etteivät uudet rakenteet aiheuta haitallista lisäkuormitusta tiiliholville. Vaahtolasin päälle asennetaan suodatinkangas, joka on tyypillisesti luokan N3 suodatinkangas. Suodatinkankaan päälle valetaan uusi teräsbetonilaatta. Teräsbetonilaatan paksuus ja raudoitus valitaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon voimassa olevat määräykset ja ohjeet. Laatan suositeltava paksuus on vähintään 80 mm. Rakennetyypissä pitää esittää betonilaatan rasitus- ja laatuluokitus. Betonilaatan laatuluokitus määräytyy kohteen käyttötarkoituksen ja pinnan päällystettävyyden mukaan. Laatuluokituskentäjät ovat suoruuus, kulutuskestävyys ja halkeilu. Betonilaattojen laatuluokitukseen liittyvät ohjeet on määritetty betoniyhdistyksen julkaisemasta by45 Betonilattiat 2018 -ohjeesta. Betonilaatan rasitusluokan valinta on esitetty betoniyhdistyksen by 65 Betoninormeissa. Raudoitettu betonirakenteen rasitusluokka kuivissa sisätiloissa on XC1. Kuivumisen ja tartuntapinnan parantamiseksi betonoinnin jälkihoidon päätyttyä sementtiliima hiotaan pois laatan pinnasta.

Betonointitoissa on tärkeä noudattaa kosteudenhallintasuunnitelma. Ennen pintamateriaalin asennusta on varmistettava betonilaatan riittävä kuivuus, koska päällysten asentaminen märälle alustalle voi aiheuttaa epäpuhtauksien emissioita sisäilmaan. Betonin suhteellisen kos-

teuden mittauksiin liittyvät ohjeet löytyvät by 47 2019 Betonirakentamisen laatuohjeista sekä RT14-10984 kortista. Betonilaatta tasoitetaan matala-alkalisella tasoitteella, jos päällysteenä käytetään kiinteitä pinnoitteita, kuten esim. muovimattoa. Tampereen yliopiston tutkimuksessa on havaittu, että betonialustan korkea pH-arvo (pH-arvo >12,5) voi aiheuttaa liima-aineiden ja lattianpäällysteessä olevien aineiden hajoamista [31]. Matala-alkalisella tasoitteella, jonka pH arvo on alle 11, ehkäistään päällyste- ja liima-aineiden hajoamista ja haitta-aineiden emission syntymistä.

Jos välipohjan alapinnan ilmatiiveyttä pitää parantaa, tiiliholvin alapinnalle voidaan asentaa ruiskutettava tai telattava ilmatiivistysmassa tai pinnoite.



Kuva 28 Tiiliholvattu välipohja, betonilaatta, korjausrakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

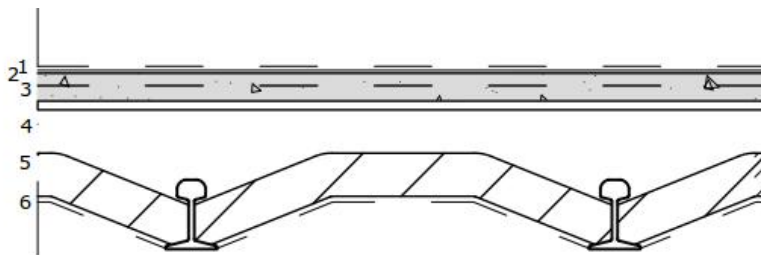
- 1 pintamateriaali tai -käsittely
- 2 matala-alkalinen tasoitekerros työselityksen mukaan
- 3 teräsbetonilaatta
- 4 suodatinkangas
- 5 vaahtolasimurske. murske käytetään holvin yläosan täytteenä.
- 6 ovat tiiliholvi + ratakiskot, tiivistyskorjaukset tiivistyssuunnitelman mukaan
- 7 pintamateriaali tai -käsittely

8.2.3 Tiiliholvi ja uusi kantava rakenne

Tässä korjausmenetelmässä kappaholvi säilytetään, mutta uusia kantavia rakenteita ei tueta siihen. Kaikki yläpinnan rakenteet ja täytöt poistetaan kokonaan. Tiiliholvin ja ratakiskojen kunto tarkistetaan. Tarvittaessa ratakiskot puhdistetaan, palosuojataan, korroosionestomateriaalilla ja tiiliholvin mahdolliset halkeamat injektoidaan. Tiiliholvin päälle suunnitellaan uusi kantava rakenne, joka valitaan tapauskohtaisesti. Tässä korjausvaihtoehdossa esimerkkinä on esitetty liittolaatta. Liittolaatan ja kappaholvin väliin on jätetty ilmatila. Liittolaatan suun-

nitellussa ja toteutuksessa on noudatettava voimassa olevia ohjeita ja normeja. Liittolaatan kuivumisajan arvioimisessa on huomioitava se, että laatta kuivuu vain yhteen suuntaan. Jos jänneväli on lyhyt, liittolaatan profiilinpelti on valittava siten, että se kestää valun aikaista kuormitusta ilman erillistä tuentaa. Jos jännevälit ovat pitkiä, profiilipelti tuetaan alapuolella teräspalkeilla, jotka jäävät rakenteeseen.

Tätä korjausvaihtoehtoa voidaan soveltaa kohteissa, joissa kappaholvin muotoa pitää säilyttää, mutta sitä ei ole turvallista tai tarpeellista käyttää kantavana rakenteena.



Kuva 29 Tiiliholvattu välipohja, uusi kantava rakenne [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

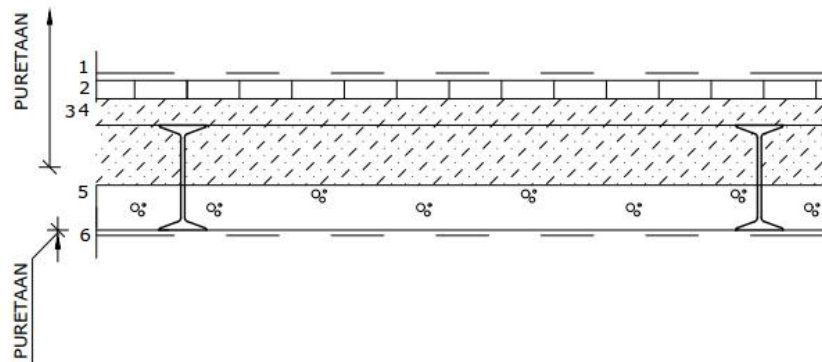
- 1 pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan
- 2 matala-alkalinen tasoitekerros työselityksen mukaan
- 3 betoni-teräs -liittorakenne
- 4 ilmatila
- 5 olevat tiiliholvi + ratakiskot
- 6 pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan

8.2.4 Tiiliholvin välipohjan ilmatiiveyden parantaminen

Kuten luvussa 8.2 esitetty, tiiliholvin päällä voi olla betonilaatta tai puurakenteinen lattia. Tiiliholvin puurakenteisella lattiarakenteella tiivistyskorjaus ei ole kosteuden aiheuttamien muodonmuutosten vuoksi pitkäaikainen ratkaisu ja sen käyttämisestä on harkittava tapauskohtaisesti. Tiivistyskorjauksen kestävämpi lopputulos saadaan tiiliholville, jonka päällä on betonilaatta. Tiivistys tehdään välipohjan yläpuolelle siten, että lattia- ja seinäpinnoitteet poistetaan välipohjan ja seinäliitoksen alueelta ja liitos korjataan ilmatiiviiksi valitulla tiivistysjärjestelmällä. Betonilaatassa ja tiiliholvissa olevat mahdolliset halkeamat injektoidaan ja läpiviennit tiivistetään vastaavalla tiivistysjärjestelmällä. Tiiliholvin alapinnalle asennetaan ruiskutettava tai telattava ilmatiivistysmassa tai pinnoite. Korjauksen yhteydessä ratakiskojen alalaidat palosuojataan.

8.3 I-teräsvälipohja

I-teräsvälipohjan purkulaajuus on esitetty kuvassa 30. Pintamateriaalit, lattialaudoitus ja täytteet puretaan kokonaan. Purkutyön jälkeen teräspalkkien ja betonilaatan kuntoa arvioidaan paikan päällä silmämääräisesti sekä tarvittaessa materiaalitutkimuksin. I-teräspalkit puhdistetaan ruosteesta, liasta sekä irtomaalit poistetaan. Alalaatan kunto tarkistetaan ja tarvittaessa halkeamat injektoidaan.

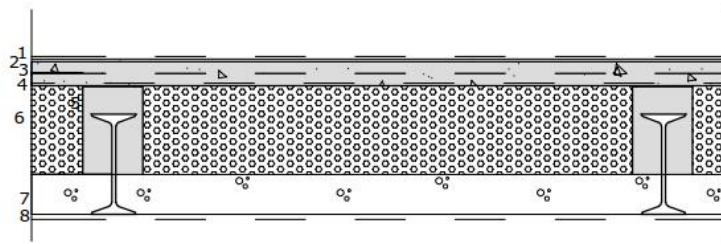


Kuva 30 I-teräs välipohja, purkurakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Purkurakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 oleva pintamateriaali (mahdollisesti useita kerroksia), puretaan
- 2 oleva lattialaudoitus, puretaan
- 3 oleva täyte- ja eristekerros (muurausjäte, hiekka, orgaaninen aines), puretaan
- 4 oleva korokepuu, puretaan
- 5 oleva kantava teräsbetoni-/betonilaatta + teräspalkit
- 6 oleva pintamateriaali ja -käsittely, puretaan
- 7 oleva pintamateriaali ja -käsittely

Kuvassa 31 on esitetty I-teräsvälipohjan korjausrakennetyyppi. Tässä vaihtoehdossa kantava I-teräspalkin yläosa mantteloidaan. Mantteloinnista on laadittava erillinen detalji. Manttelointi toimii teräspalkin palo- ja korroosiosuojana. Askelääneneristyksen parantamiseksi betonipalkin päälle voidaan asentaa vaimennuskaista. Ääneneristeenä ja betonilaatan alustana käytetään vaahtolasia, jolla täytetään palkkien välit. Vaahtolasin päälle asennetaan suodatinkangas. Suodatinkankaan päälle valetaan uusi teräsbetonilaatta. Betonilaatan valinta ja siihen liittyvä ohjeistus on esitetty luvussa 8.2.2.



Kuva 31 I-teräs välipohja, korjausrakennetyyppi [kuva Ramboll Finland Oy]

Korjausrakennetyypin rakennekerrokset:

- 1 pintamateriaali ja rakenteiden liittymien ja läpivientien tiivistykset.
- 2 matala-alkalinen tasoitekerros työselityksen mukaan
- 3 teräsbetonilaatta
- 4 suodatinkangas
- 5 betonipalkki
- 6 vaahtolasimurske/mineraalivilla
- 7 oleva kantava teräsbetoni-/betonilaatta + teräspalkit
- 8 pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan

9 Tutkimuskysymysten vastaukset

1. Mitkä ovat puu-, teräs- sekä tiiliholvattujen välipohjien vaurioitumismekanismit ja mistä ne johtuvat?

Puu-, teräs- sekä tiiliholvatut välipohjat ovat herkkiä kosteus- ja mikrobivauriolle. Se johtuu siitä, että välipohjien eristemateriaalit sisältävät orgaanisia aineita ja toimivat alustana mikrobikasvustolle altistuttuaan kosteudelle. Lisäksi tyypillisiä välipohjien vaurioita ovat mm. materiaalien vauriot:

- puumateriaalin laho- ja tuhohyönteisten aiheuttamat vauriot
- betonin halkeilu
- teräsrakenteiden korroosio.

Kuormituksen muutokset, perustusten painumat, kosteuden ja lämpötilan vaihtelu sekä mahdollinen tieliikenteestä aiheutuva rungon värähtely voivat aiheuttaa välipohjien rakenteesseen halkeamia ja liitosten löystymistä.

2. Mitä rakennesuunnittelijan tulee huomioida 1900-luvun välipohjien korjaustavan valinnassa?

Korjaustavan valinnassa on perehdyttävä korjauskohteeseen ja sen rakenteisiin, tehtyihin tutkimuksiin ja lähtöaineisiin. Korjaustavan valinnassa otetaan huomioon korjausten tavoitekäyttöikä, vaurioiden vakavuus ja sijainti, vaurioitumismekanismit, rakennuksen käyttötarkoitus ja sisäilmalaadulle asetetut tavoitteet. Välipohjan korjaussuunnittelussa huomioidaan mahdollinen kuormituksen lisääntyminen sekä välipohjan vahvistustarve, välipohjan ääni- ja palotekniset ominaisuudet ja tarvittaessa niiden parantaminen. Puuvälipohjan korjaussuunnittelussa pitää ottaa huomioon värähtely.

3. Mikä on ensisijainen tavoite välipohjan korjaussuunnittelussa?

Ensisijainen tavoite välipohjien korjauksessa on vaurioituneen materiaalin poistaminen rakenteesta ja teknisen toiminnan säilyttäminen tai parantaminen. Vanhojen välipohjien korjauksella pyritään parantamaan kohteen sisäilman laatua ja pidentämään rakennuksen käyttöikä.

10 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä insinööriyössä tutustuttiin puu-, teräs- ja tiiliholvattujen välipohjien rakenteisiin, vaurioitumismekanismeihin sekä niiden korjaustavan valintaan. Yleisimmät ongelmat kyseisissä välipohjissa opinnäytetyön selvityksen perusteella johtuvat rakennusmateriaalien vaurioitumisesta. Tämän lisäksi materiaalien ja niiden vaurioitumisen vaikutuksesta sisäilmaan on tullut uutta tutkimustietoa, mikä vaikuttaa peruskorjaushankkeissa korjauslaajuuden ja -tavan valintaan.

Tutkimuksessa perehdyttiin välipohjien korjauksen näkökulmasta tärkeisiin asioihin, kuten kosteus- ja mikrobivaurion vaikutukseen sisäilmaan, kantavuuteen sekä ääni- ja paloteknisiin vaatimuksiin. Korjaussuunnittelun suurin haaste on oikean korjausmenetelmän valinta huomioiden jokaisen hankkeen erilaiset lähtökohdat. Korjaussuunnittelussa on tämän takia tärkeää perehtyä lähtöaineistoihin sekä tehtyihin tutkimuksiin ja niiden pohjalta valita sopiva korjaustapa juuri kyseiseen kohteeseen.

Välipohjan korjaussuunnittelussa on tärkeää ymmärtää rakenteen kokonaisuus ja rakennusmateriaalien ominaisuudet. Vanhat materiaalit voivat sisältää haitta-aineita, joiden purkutyö

vaikuttaa korjausmenetelmän valintaan ja korjaushankkeen budjettiin. Välipohjien korjaussuunnittelussa pitää arvioida, miten eri materiaaleista tehdyt rakenneosat toimivat keskenään, esimerkiksi puu ja tiili, teräs ja puu sekä betoni ja puu. Koko suunnitteluajan on tärkeää pitää mielessä hankkeen lopullinen tavoite, koska rakenteen ali- tai ylikorjaamista on vältettävä.

Tämän insinööriyön suurin haaste oli mallirakennetyyppien tekeminen, koska oikean ratkaisun valitsemiseen vaikuttavat monet tekijät. Korjaustavan valinnassa suunnittelija tukeutuu omaan kokemukseensa, ja toisinaan kokemukset toteutuneista hankkeista ja niiden onnistumisesta voivat poiketa toisistaan. Mallirakennetyypeissä on pyritty esittämään korjaussuunnittelun näkökulmasta tärkeät asiat sekä täydentämään niitä yksityiskohdilla, jotka tulivat asiantuntijoiden haastatteluissa esiin.

Jatkotutkimuksessa voidaan selvittää korjattavan välipohjan ja ulkoseinän liittymän kosteusteknistä toimintaa. Jatkotutkimus voi sisältää rakennusfysikaalisia tarkastuksia hyödyntäen esimerkiksi Wufi-ohjelmaa.

Lähteet

- 1 Neuvonen, Petri (toim.). 2006. Rakennustietosäätiö RTS, Kerrostalot 1880-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Weijo, Inari; Lahdensivu, Jukka; Turunen, Timo; Ahola, Susanna; Sistonen, Esko; Vornanen-Winqvist, Camilla; Annila, Petri. 2019. Ympäristöministeriö, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 3 Sisäilmayhdistys, Kosteusvauriot: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- 4 Pitkäranta, Miia, 2016, Ympäristöministeriö, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Helsinki, Rakennustieto Oy
- 5 Huldén, Leena; Huldén, Larry, Heliövaara Kari, 2016, RT08-11229, KH90-00601, Puurakenteiden tuhohyönteiset ja niiden torjunta, Rakennustietosäätiö RTS
- 6 RIL250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen; 2020, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 7 12.3.2015/216 Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä
- 8 Säteri, Helena; Lukkarinen, Petri; Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä, YM3/601/2015, 2015 Ympäristöministeriö, Helsinki
- 9 Sahlberg, Marja; Talon tarinat-Rakennushistorian selvitys, 2010, Museovirasto, Rakennushistoriallinen osasto
- 10 RT18-11242, Haitta-ainetutkimus, Rakennustuotteet ja rakenteet, 2016, Rakennustieto
- 11 Helsingin kaupunki, arkistopalvelut: <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/ennakkotietoa-rakentamiseen/arkisto-palvelut/arkistopalvelut>
- 12 24.11.2017 782/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta
- 13 17.06.2014 477/2014 Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista
- 14 Askola Talja, Törnqvist Jouko; Tutkimusraportti, Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartointus ja rakenteisen vaurioitumisalttius, VTT-R-04703-14

- 15 RIL174-4 1988 Korjausrakentaminen IV, Runkorakenteet, Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 16 Ääniympäristö, Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, 2018
- 17 RIL129 Ääneneristyksen toteuttaminen, 2003, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 18 RIL195-3-2005, Rakenteellinen paloturvallisuus, Korjausrakentaminen, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 19 Paloturvallinen puutalo, Puuinfo, 2020
- 20 RIL205-2-2009, Puurakenteiden palomitoitus, Eurokoodi EN 1995-1-2, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 21 Ongelin Petri, Valkonen Ilkka, Hitsatut profiilit EN 1993 - käsikirja, Rautaruukki Oyj, 2010
- 22 Weber, Saint-Gobain <https://www.fi.weber/alkadryr/lattiatasoitteilla-parempaaisailmaa>
- 23 12.12.2017 847/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta
- 24 Bonsdorff Mikko, Nieminen Sirpa, Winterhalter Kati, Valtioneuvoston linna, keskeiset rakenteet, Rakennushistoriaselvitys, 2019
- 25 Berggeren, Krister; Fabricius Ole; Hellman Lars, Hidemark Ove, Humbe Olle, Kjellberg Henrik, Lanevik Hans, Trojelsgård Eduard, Wargsjö Lars-Erik, Westerberg Bo, Äldre murverkshus, Reparation och ombyggnad, 1990
- 26 RIL174-5 1991 Korjausrakentaminen V, Perustukset-Pohjarakenteet, Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- 27 Lahdensivu Jukka, Luonnonkiviverhottujen massiivitiiliseinien vaurioituminen ja korjausperiaatteet, Tutkimusraportti, 2003
- 28 Kinnunen, Jukka; Muuratut rakenteet 2, Rakennesuunnittelu, Rakennustieto, 1999
- 29 Ratu F27-0357, Betonivälipohjan ja tiilikaariholvin purku ja uuden betonivälipohjan rakentaminen, maaliskuu 2010
- 30 Ratu 1225-S, Pölyntorjunta rakennustyössä, joulukuu 2009

- 31 Leivo, Virpi; Sarlin, Essi; Suonketo, Jommi; Pikkuvirta, Jussa; Pentti, Matti; Muovipäällysteisten lattioiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta, Sisäilmastoseminaari, 2019
- 32 Hyvärinen Matti; Suoninen Eero; Vuori Jaana; Haastattelut. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto.
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/#Strukturoitu-puolistrukturoitu-vai-vahan-strukturoitu> Viitattu [29.4.2021]
- 33 Tilastokeskus, Rakennusluokitus 2018, <https://www.stat.fi/fi/luokitukset/rakennus/>, luetu 7.5.2021