



Jens Ståhls

# Puukoolatun lattian korjaus eristämättömän maanvaraisen betonilattian päältä vahinkosaneerauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

13.1.2025

# Tiivistelmä

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Tekijä:               | Jens Ståhls   |
| Otsikko:              | Puukoolatun lattian korjaus eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päältä vahinkosaneerauksessa |
| Sivumäärä:            | 30 sivua + 1 liitettä   |
| Aika:                 | 13.1.2025   |
| Tutkinto:             | Rakennusmestari (AMK)   |
| Tutkinto-ohjelma:     | Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  |
| Ammatillinen pääaine: | Talonrakennustekniikka  |
| Ohjaajat:             | Lehtori Sakari Pesonen<br>Projektipäällikkö Tuomas Kärki  |

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia puukoolatun lattian korjaamista tilanteessa, jossa uusi puulattia rakennetaan alapuolelta eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päälle. Opinnäytetyön tilaajayrityksenä toimi Polygon Finland Oy.

Teoriaosuudessa tarkasteltiin kosteuden siirtymismuotoja, eristämättömän betonilaatan päälle tehtyä puukoolattua lattiarakennetta, siihen liittyviä vaurioitumismekanismeja sekä nykyisin voimassa olevia korjausrakentamista ohjaavia lakeja ja asetuksia. Tutkimuksessa esiteltiin vaihtoehtoinen korjausratkaisu, joka keskittyi kosteusteknisten puutteiden korjaamiseen ja lattiarakenteen toimivuuden parantamiseen. Tutkimusaineistona käytettiin kirjallista materiaalia, rakennusfysiikan yleisiä periaatteita sekä materiaalivalmistajien ohjeita. Vaihtoehtoisen rakennetyypin toimivuuden tarkastelu perustui kirjallisiin lähteisiin, eikä sen kosteusteknistä toimivuutta ole tarkastettu laskennallisesti. Lisäksi laadittiin kustannuslaskelmat alkuperäiselle ja vaihtoehtoiselle lattiaratkaisulle.

Tulokset osoittivat, että esitetty vaihtoehtoinen ratkaisu parantaa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta merkittävästi estäen maakosteuden kapillaarisen nousun lattiarakenteeseen. Vaihtoehtoinen ratkaisu oli kuitenkin alkuperäistä kalliimpi.

Työ tarjoaa hyödyllistä tietoa puukoolattujen lattiarakenteiden suunnitteluun ja korjaukseen erityisesti kosteusteknisten riskien hallinnan näkökulmasta.

Avainsanat: riskirakenne, vahinkosaneeraus, kustannusarvio, koolattu puulattia

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Jens Ståhls  
Title: Repair of Wooden Floor Frames Laid on Uninsulated Ground-Based Concrete Slab in Damage Reconstruction  
Number of Pages: 30 pages + 1 appendices  
Date: 13 January 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: House Building  
Supervisors: Tuomas Kärki, Project Manager  
Sakari Pesonen, Senior Lecturer

---

The aim of this thesis was to investigate the repair of a wooden-framed floor in situations where a new wooden-framed floor is constructed on top of an uninsulated concrete slab. The study was commissioned by Polygon Finland Oy.

The theoretical part examined the transfer of moisture within the structure, the structure of the wooden floor and its related damage mechanisms, as well as the laws and regulations affecting renovation. The study presented an alternative repair solution that focused on correcting moisture-technical deficiencies and improving the functionality of the floor structure. Written material, general principles of building physics and instructions from material manufacturers were used as study material. The verification of the functionality of the alternative structure type was based on written sources, and its moisture-technical functionality has not been verified computationally. In addition, cost calculations were prepared for the original and alternative floor solution.

The results showed that the proposed alternative solution significantly improves the moisture-related performance of the structure, effectively preventing the rise of moisture into the floor structure. However, the alternative solution was more expensive than the original one.

This thesis provides valuable information for the design and repair of wooden-framed floor structures, particularly from the perspective of managing moisture-related risks.

Keywords: risk structure, damage reconstruction, cost estimate, wooden floor frame

# Sisällys

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Johdanto  | 1  |
| 1.1 | Tilaaajayrityksen esittely ja työn lähtökohdat  | 1  |
| 1.2 | Aiheen valinta ja rajaus  | 2  |
| 1.3 | Tutkimuskysymykset ja tavoitteet  | 3  |
| 2   | Kosteus   | 4  |
| 2.1 | Ilman kosteus   | 4  |
| 2.2 | Vesihöyryn siirtyminen diffuusio  | 4  |
| 2.3 | Vesihöyryn siirtyminen konvektio  | 5  |
| 2.4 | Veden kapillaarinen siirtyminen   | 6  |
| 2.5 | Kondensoituminen  | 6  |
| 3   | Puukoolattu lattia eristämättömän maanvaraisen betonilattian päältä ja vauriomekanismit rakenteessa | 7  |
| 3.1 | Koolattu puulattia eristämättömän betonilaatan päältä   | 7  |
| 3.2 | Haitta-aineet rakenteessa   | 10 |
| 3.3 | Mikrobien kasvamisen edellytykset rakenteessa   | 12 |
| 4   | Korjausrakentamiseen vaikuttavia lakeja ja asetuksia  | 14 |
| 4.1 | Maankäyttö ja rakennuslaki  | 14 |
| 4.2 | Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä  | 14 |
| 4.3 | Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017                    | 15 |
| 4.4 | Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta                               | 15 |
| 5   | Uusi puukoolattu lattiarakenne ja materiaalivalinnat  | 17 |
| 5.1 | Suunnittelun lähtökohdat  | 17 |
| 5.2 | Uusi puukoolattu lattiarakenne  | 18 |
| 5.3 | Lämmöneristemateriaalin valinta   | 19 |
| 5.4 | Rakennekerrokset ja toteutus  | 20 |
| 6   | Kustannuslaskenta   | 24 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 6.1 | Rakennusosalaskenta  | 24 |
| 6.2 | Työmenekit sekä niiden arviointi ja soveltaminen   | 24 |
| 6.3 | Kustannuslaskenta MEPS-laskentaohjelmalla  | 25 |
| 6.4 | Alkuperäisen ja uuden lattiarakenteen kustannusten vertailu MEPS-laskentaohjelman avulla | 26 |
| 7   | Lopputulokset ja jatkotoimenpiteet   | 29 |
| 7.1 | Lopputulokset  | 29 |
| 7.2 | Jatkotoimenpiteet  | 30 |
|     | Lähteet  | 31 |
|     | Liitteet   |    |
|     | Liite 1: Detaljikuva uusi puukoolattu alapohjarakenne                                    |    |

# 1 Johdanto

## 1.1 Tilaajayrityksen esittely ja työn lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön tilaajayrityksenä toimii Polygon Finland Oy. Polygon on vahinkosaneeraukseen erikoistunut yritys, joka tarjoaa palvelut kiinteistövahinkojen korjaamiseen ja hallintaan. Sen palveluvalikoimaan kuuluvat muun muassa vahinkojen kartoitukset, tilapäiset kosteudenhallintaratkaisut, sisäilmapalvelut sekä erilaisten vahinkojen korjaustoimenpiteet. Polygonin toiminta kattaa esimerkiksi vesivahinkojen ja tulipalojen aiheuttamien vaurioiden saneerauksen. Yritys toimii kiinteistöjen saneeraus- ja korjausprojekteissa, joissa se vastaa vaurioiden korjaamisesta sekä vahinkojen ennaltaehkäisystä.

Yrityksen toiminta perustuu usein vakuutusyhtiöiden toimeksiantoihin. Vahinkotapauksissa vakuutusyhtiöiden korvaamat korjaustyöt koskevat lähtökohtaisesti vain vahingosta, kuten putkivuodosta aiheutuneita korjaustarpeita (JVT- ja Kivausliikkeiden Liitto ry 2021). Tämä korvauskäytäntö keskittyy vahinkokohteiden palauttamiseen niiden alkuperäiseen, vahinkoa edeltävään tilaan. Lähestymistapa ei kuitenkaan aina ole riittävä erityisesti tilanteissa, joissa vaurioitunut ja korjattava rakenne on riskirakenne. Riskirakenteella tarkoitetaan rakennetta, jonka kosteustekninen toiminta on ollut jo alun perin puutteellinen ja jossa vauriot voivat johtua muista syistä kuin itse vahinkotapahtumasta, kuten esimerkiksi rakenteeseen kapillaarisesti nousevasta maakosteudesta (RT 103528). Riskirakenteet ovat yleensä alun perin toteutettu aikansa määräysten ja ohjeiden mukaisesti, mutta niiden alttius riskeille on tullut ilmi vasta myöhemmässä vaiheessa (RT 103528).

Vakuutusyhtiöiden rajaama korvaus ei tällöin ota huomioon sitä, että riskirakennetta, jossa riski on toteutunut ei tule korjata palauttamalla sitä alkuperäiseen muotoonsa (ympäristöministeriön asetus 782/2017). Tällainen korjaus voi johtaa siihen, että riskit toteutuvat uudelleen. Esimerkiksi vesivahingon korjaustöiden yhteydessä voidaan havaita, että rakenteen vauriot johtuvat osittain tai

kokonaan maakosteuden vaikutuksesta eivätkä pelkästään sattuneesta vesivaingosta. Tämän vuoksi korjaustöissä tulisi kiinnittää huomiota kestäviin ratkaisuihin, jotka parantavat rakenteen toiminnallisuutta ja ehkäisevät riskien ja vaurioiden uusiutumista. Samalla korjaustöitä suorittavan yrityksen tulisi noudattaa hyvää rakennustapaa sekä voimassa olevia lakeja ja asetuksia. Tämä voi muodostaa hankalan tilanteen erityisesti silloin kun korjattavana on alun perin riskialttiiksi todettu rakenne.

Näistä lähtökohdista käsin on aloitettu opinnäytetyö, jonka tavoitteena on esittää taloudellisesti järkevä ja teknisesti kestävä korjausmenetelmä puukoolatun lattian korjaamiselle. Tavoitteena on esittää ratkaisu, joka ehkäisee tulevia riskejä ja mahdollistaa rakenteiden asianmukaisen korjaamisen.

## 1.2 Aiheen valinta ja rajaus

Tämä opinnäytetyö keskittyy puukoolatun lattian korjaamiseen kohteessa, jossa halutaan rakentaa uusi toimiva puulattia alapuolelta eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päälle. Työn lähtökohtana on lattiarakenteen kosteusteknisten puutteiden korjaaminen ja toiminnan parantaminen.

Työssä tarkastellaan korjausratkaisua yleisten rakennusfysikaalisten periaatteiden ja materiaalivalmistajien ohjeiden perusteella. Tämän lisäksi perehdytään työn taustalla vaikuttaviin keskeisiin ilmiöihin, periaatteisiin ja säännöksiin. Laskennallisia rakennusfysikaalisia-analyyseja kosteusteknisestä käyttäytymisestä ei sisälly tutkimukseen, vaan painopiste on käytännönläheisessä lähestymistavassa. Korjaus suunnitellaan erityisesti riskirakenteen, eli koolatun lattiarakenteen näkökulmasta. Muita mahdollisia riskirakenteita lattian välittömässä läheisyydessä tai vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä ei käsitellä tässä työssä. Valituilla rajauksilla pyritään luomaan mahdollisimman hallittu tutkimusalue.

Tutkimuksen rajaukseen kuuluu olettamus, että kosteudenhallinnan kannalta kriittiset toimenpiteet kuten salaojitus ja ulkopuolinen vedeneristys on toteutettu oikein ennen korjaustyöhön ryhtymistä. Näiden järjestelmien

tarkoituksenmukainen toiminta on perusedellytys kosteuden pääsyn estämiselle ja lattiarakenteen onnistuneelle korjaukselle.

### 1.3 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet

Tavoitteena on esittää taloudellisesti järkevä korjaussuunnitelma eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päältä koolatun lattiarakenteen korjaamiseksi. Korjauksen tarkoituksena on korjata olemassa olevat vahingot ja ehkäistä tulevat riskit. Tavoitteena on myös selvittää, onko vaihtoehtoinen korjaustapa kalliimpi kuin rakenteen palauttaminen alkuperäiseen tilaan ja kuinka paljon kustannukset eroavat prosentuaalisesti toisistaan. Näin saadaan käsitys kustannuksista ja siitä, mikä korjaustapa on sekä teknisesti kestävämpi että taloudellisesti järkevämpi pitkällä aikavälillä.

Tutkimuksessa keskitytään erityisesti seuraaviin kysymyksiin: Mitä rakenteen korjaustapa maksaa palauttamalla se vahinkoa edeltävään tasoon ja mitä riskejä tähän korjaustapaan liittyy? Mitä vaihtoehdoisen korjaustavan kustannukset ovat, joka ei ainoastaan poista toimeksiannon kohteena olevia vaurioita vaan myös ehkäisee riskien uudelleen syntymisen?

Tutkimuksen lopputuloksena saadaan prosentuaalinen vertailu uuden ja vanhan korjaustavan kustannuksista sekä selvitys siitä, onko kunnollinen korjaaminen merkittävästi kalliimpaa kuin virheellisesti toteutettu ratkaisu. Tämä tieto voi auttaa päätöksentekijöitä valitsemaan kestävämmän ratkaisun vahinkojen korjaamiseen ja tulevien riskien minimoimiseen.

## 2 Kosteus

### 2.1 Ilman kosteus

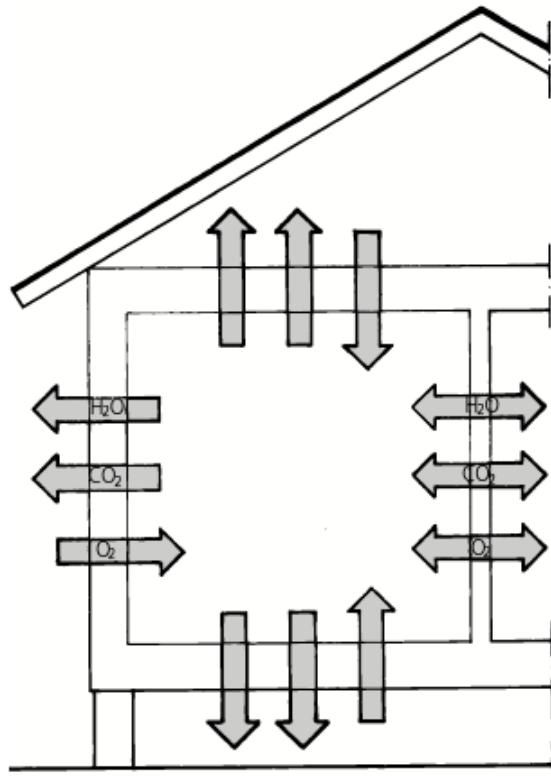
Ilman kosteus tarkoittaa vesihöyryä, joka on sekoittunut ilmaan ja joka on useimmiten näkymätöntä ja huomaamatonta. Ilman lämpötila vaikuttaa ratkaisevasti siihen kuinka paljon vesihöyryä ilma voi sisältää. Kylmä ilma pystyy sitomaan vain vähän vesihöyryä, kun taas lämpimässä ilmassa vesihöyryä voi olla huomattavasti enemmän. (Ilmatieteen laitos 2020.)

Ilman kosteutta voidaan mitata eri tavoilla kuten absoluuttisena kosteutena, suhteellisena kosteutena (RH) tai vesihöyryn osapaineena. Absoluuttinen kosteus ilmaisee ilmassa olevan vesihöyryn määrän joko grammoina kuutiometriä kohden ( $\text{g/m}^3$ ) tai kilogrammoina ilmaa kohti ( $\text{kg/kg}$ ). Suhteellinen kosteus puolestaan kertoo, kuinka suuri osa ilman maksimikosteudesta on käytössä tiettyyn lämpötilaan nähden ilmoitettuna prosentteina (%). Rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa kosteutta tarkastellaan yleensä absoluuttisena tai suhteellisena kosteutena. Lämpötila vaikuttaa siihen kuinka paljon vesihöyryä ilma voi pitää sisällään. Lämpimämpi ilma pystyy sitomaan enemmän kosteutta kuin kylmä. Sekä sisä- että ulkoilma sisältävät aina jonkin verran vesihöyryä mikä riippuu ympäristön lämpötilasta ja muista olosuhteista. (Siikanen 2017.)

### 2.2 Vesihöyryn siirtyminen diffuusio

Rakennustekniikassa diffuusio tarkoittaa kosteuden siirtymistä vesihöyryn muodossa rakenteen läpi. Lähes kaikki materiaalit päästävät jonkin verran vesihöyryä lävitseen. Yleensä diffuusio tapahtuu lämpimästä tilasta kylmempään koska lämpötilaerot vaikuttavat kosteuden liikkeeseen. Suurimpana vaikuttavana tekijänä on kuitenkin kosteusero tilojen välillä. Vesihöyry pyrkii siirtymään sinne missä ilman vesihöyryn osapaine on alhaisempi. Tämä tarkoittaa, että diffuusion suunta voi joskus olla myös kylmästä lämpimään, jos kylmän tilan ilman kosteus on huomattavasti korkeampi kuin lämpimän. Käytännössä rakenteiden sisällä kosteuden liike ei kuitenkaan ole aina pelkkää diffuusiota.

Huokoisissa materiaaleissa osa kosteudesta voi siirtyä myös kapillaarisen toiminnan kautta, jolloin nesteinä liikkuva kosteus täydentää vesihöyryn siirtymistä. (Siikanen 2017.) Kuvassa 1 on kuvattu diffuusioliimiötä rakennuksessa.



Kuva 4.5. Diffuusio.

Kuva 1. Diffuusio. (Siikanen 2017.)

### 2.3 Vesihöyryn siirtyminen konvektio

Vesihöyryn konvektio tarkoittaa vesihöyryn kulkeutumista kaasuseoksen kuten ilman mukana, kun se liikkuu kokonaispaine-erojen vaikutuksesta. Rakennuksissa konvektio tapahtuu yleensä ilmaa läpäisevien materiaalien tai rakenteissa olevien rakojen kautta. Ilmavirtauksia syntyy, kun rakenteen eri puolilla on paine-eroja. Sisätiloissa ilmanpaineet voivat vaihdella mikä vaikuttaa ilman liikkeeseen ja samalla kosteuden siirtymiseen. Konvektio voi esiintyä kahdella tavalla. Luonnollinen konvektio johtuu ilman tiheyseroista ja voi tapahtua esimerkiksi seinärakenteen sisällä. Pakotettu konvektio taas syntyy ilmanpaine-erojen

vaikutuksesta ja tapahtuu rakenteissa olevien reikien tai rakojen kautta. Kylmänä vuodenaikana ilmavirtaukset, jotka kuljettavat kosteutta sisältä ulos voivat olla merkittävä tekijä rakenteiden kannalta. Ne voivat siirtää rakenteisiin huomattavasti enemmän kosteutta kuin diffuusio yksinään. (Siikanen 2017.)

## 2.4 Veden kapillaarinen siirtyminen

Kapillaarivirtaus tarkoittaa nesteen liikkumista huokoisessa aineessa mikä johtuu huokosten alipaineen paikallisista eroista. Esimerkiksi maaperässä kapillaarivoimat voivat nostaa vettä pohjaveden pinnan yläpuolelle ja veden nousun määrä riippuu maaperän karkeusasteesta. Kapillaarista vedenliikettä aiheuttaa rakenteiden ja niiden materiaalikerrosten pyrkimys saavuttaa tasapainokosteus. Huokoisilla rakennusmateriaaleilla on kyky vetää vettä huokosiinsa mikä tunnetaan kapillaarisena imuna. Tämä voi johtaa veden siirtymiseen muista materiaaleista huokosiin rakenteisiin ja kosteuden liikkumiseen materiaalien sisällä. Rakenteiden suunnittelussa on tärkeää ehkäistä kosteuden kapillaarinen siirtyminen. Tämä saavutetaan lisäämällä kerros, joka katkaisee kapillaarisen veden nousun estäen kosteuden pääsyn huokosiin materiaaleihin. (Siikanen 2017.)

## 2.5 Kondensoituminen

Kondensoituminen on ilmiö, jossa vesihöyry muuttuu nestemäiseksi vedeksi. Tämä voi tapahtua rakenteen pinnalla tai sen sisällä, kun ilman suhteellinen kosteus saavuttaa 100 %. Rakenteissa vesihöyry tiivistyy aina pinnalle, joka on ympäröivää ilmaa viileämpi, edellyttäen että kastepiste ylitetään. Jotta diffuusion aiheuttamat haitat voidaan välttää, rakenteiden lämpimälle puolelle on tärkeää lisätä riittävän vesihöyrytiivitä kerroksia, jotka estävät vesihöyryn pääsyn viileämmille pinnoille ja siten tiivistymisen. (Siikanen 2017.)

### 3 Puukoolattu lattia eristämättömän maanvaraisen betonilattian päältä ja vauriomekanismit rakenteessa

#### 3.1 Koolattu puulattia eristämättömän betonilaatan päältä

Maanvastaiseen betonilaattaan perustuva puukoolattu lattiarakenne oli yleinen pientaloissa erityisesti vuosina 1960–1990. Tätä rakennetta on käytetty erityisesti rakennuksissa, joihin on haluttu puulattia. Rakenne koostuu maata vasten valetusta betonilaatasta ja sen päälle rakennetusta puulattiasta, joka on yleensä eristetty mineraalivillalla tai sahanpurulla. Betonilaatta on usein valettu kosteaa maaperää vasten. Rakenteessa voi olla käytetty kosteussulkuna betonilaatan alla muovikalvoa tai betonilaatan päällä pikisivelyä. Kyseisten kosteussulkujen kyky estää kapillaarisen kosteuden nousua rakenteisiin on pääosin heikentynyt tai kokonaan lakannut teknisen käyttöiän ylittymisen myötä. Aikanaan betonilaatan yläpuolinen eristäminen oli yleinen ratkaisu ennen kuin paremmin kosteutta kestävä solumuovieristeet tulivat käyttöön. (Koskinen-Tammi & Laurila, 2022; Käyhkö, 2024.)

Maanvaraisen betonilaatan päälle tehty puukoolattu lattiarakenne, jossa lämmöneriste on betonilaatan päällä, on kosteusteknisesti aina riskirakenne. Hienojakoisen maa-aineksen käyttö maanvaraisen betonilaatan alapuolella kasvattaa kosteusriskiä sillä hienojakoinen maa-aines kykenee sitomaan huomattavan määrän kosteutta itseensä ja sen kuivuminen on hidasta. Kun betonilaatta on suoraan maata vasten, se pysyy viileänä mikä johtaa korkeaan suhteelliseen kosteuteen. Tämä aiheuttaa pitkään jatkuvaa kosteusrasitusta betonirakenteessa. Betoni voi siirtää kosteutta kapillaarisesti tai diffuusion kautta ylöspäin puu- ja eristemateriaaleihin, mikä luo suotuisat olosuhteet mikrobikasvustolle. Mikrobikasvustolle otollisten olosuhteiden jatkuessa riittävän pitkään alkaa lämmöneristeiden ja puurakenteiden mikrobivaurioituminen. (Sisäilmayhdistys 2022.)

Puukoolatun lattiarakenteen kosteusvaurioitumisen yleisperiaate on esitetty kuvissa 2 ja 3.

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Kosteuden siirtymät  
Vauriot ja niiden aiheuttajat

### 06B PUULATTIA ERISTÄMÄTTÖMÄN BETONILAATAN PÄÄLLÄ



#### VAURIOT

Orgaanisen aineksen homehtuminen betonilaatan päällä.  
Lattian eristeiden homehtuminen.

#### VAURIOIDEN AIHEUTTAJA

Maaperästä siirtyvä kosteus, joka tasaantuu lattian eristekerrokseen.



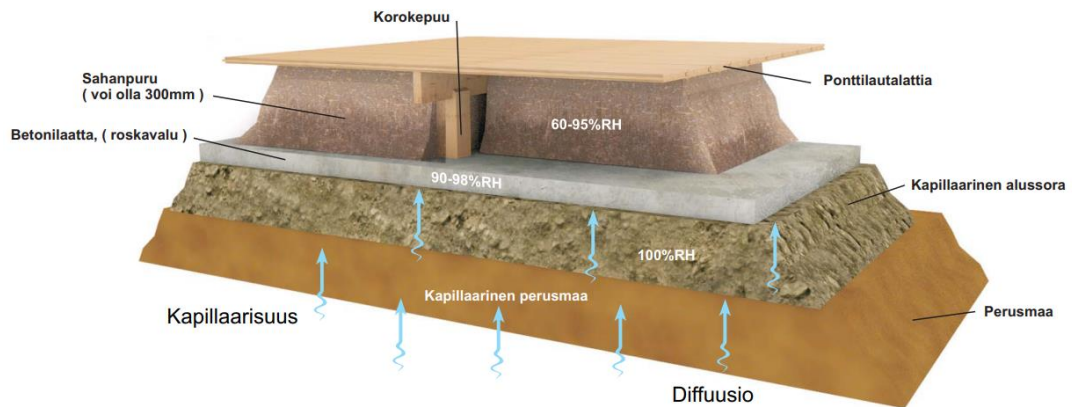
KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

Kuva 2. Esimerkkikuva puulattiasta, joka on asennettu eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päälle (Hometalkoot.fi).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Kosteuden siirtymät

### 07A PUULATTIA SAHANPURUERISTE



#### VAURIOT

- Purueriste homehtuu ja lahoaa alaosastaan
- Lattian korokepuut lahoavat
- Betonilaattaa vasten olevat puuosat lahoavat

#### VAURIOIDEN AIHEUTTAJA

Maaperästä siirtyvä kosteus, joka tasaantuu betonilaattaan ja siitä lattian eristekerrokseen.  
Rakennuksen ulkoseinien vierustoilla voi alalaatta olla erittäin kylmä. Laatan pintaan voi kondensoitua kosteutta sisäilmasta



KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

Kuva 3. Esimerkkikuva puulattiasta, joka on asennettu eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päälle (Hometalkoot.fi).

Kosteuden aiheuttamat riskit koolattuun puulattiaan voidaan jakaa kahteen eri riskiin. Ensimmäinen riski liittyy maaperän kosteuden kapillaariseen nousuun maanvaraisesti rakennetussa betonilaatassa. Kosteus voi siirtyä maaperästä betonilaataan ja edelleen sen päällä oleviin rakenteisiin mikä voi johtaa lämmöneristeiden ja puurakenteiden vaurioitumiseen. Toinen vaurioriski liittyy sisäilman kosteuden tiivistymiseen rakenteessa. Sisäilman vesihöyry voi tiivistyä betonilaatan ja lämmöneristeen rajapintaan tai muuhun rakenteessa olevaan kylmään pintaan. Edellä mainitun lisäksi kosteutta voi kulkeutua rakenteeseen epätiividen kohtien kautta kuten kylmästä kellarista. Lisäksi rakenteissa kulkevat putket, jotka on usein asennettu betonilaatan ja lattian väliin voivat aiheuttaa ongelmia. Putkivuodot voivat jäädä huomaamatta pitkäksi aikaa. Jatkuva vuoto voi ajan myötä aiheuttaa laajoja vaurioita rakenteisiin. Yleensä kosteuden nousu johtuu puutteellisesta tai kokonaan puuttuvasta salaojituksesta sekä liian hienojakoisesta täyttömaasta betonilaatan alla. Myös kosteussulun puute puu- ja kivirakenteiden välillä edistää kosteuden pääsyä maaperästä rakenteisiin. (Sustera 2022.)

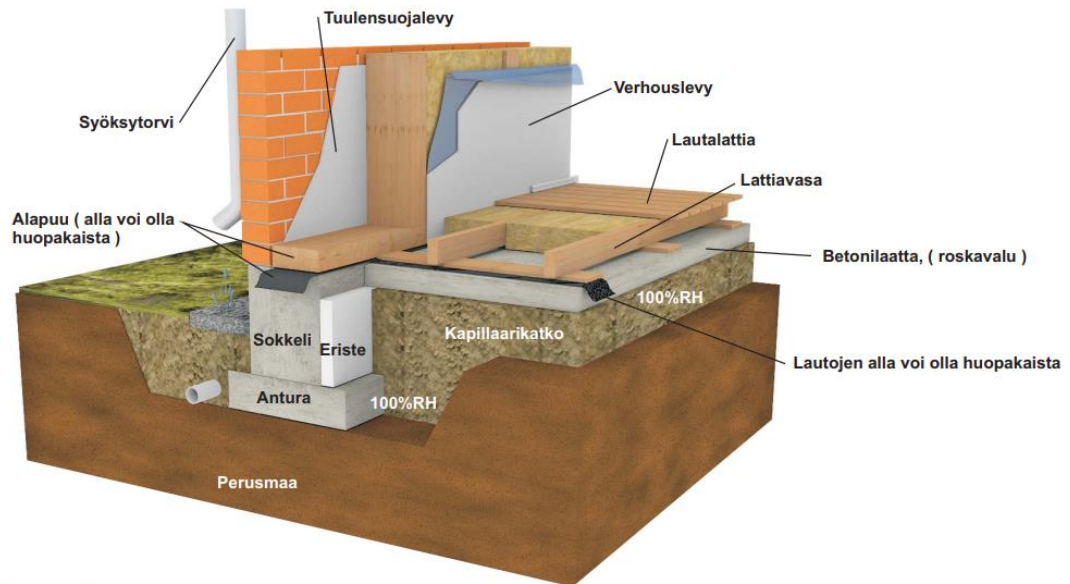
Kosteuden kertyminen rakenteisiin voi aiheuttaa mikrobikasvua lämmöneristeissä ja puukoolauksessa. Lisäksi betonilaatan yläpintaan levitetty pikisively voi sisältää haitallisia PAH-yhdisteitä kuten kreosottia mikä saattaa heikentää sisäilman laatua. Mikrobivaurioituneet tai haitallisia aineita sisältävät materiaalit voivat päästää epäpuhtauksia sisäilmaan mikä voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. Betonilaatan pintakäsittely voi vaihdella. Pikisivelyn sijasta voi olla käytetty myös pelkkää muovikalvoa estämään kapillaarista kosteuden nousua. Jos kapillaarikatko puuttuu kokonaan lisää se merkittävästi riskiä puu- ja eristemateriaalien vaurioitumiselle. (PRKK 2024.)

Kuvassa 4 on esitetty havainnekuva riskirakenteesta.

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Rakennemalli

06A PUULATTIA ERISTÄMÄTTÖMÄN  
BETONILAATAN PÄÄLLÄ



1950 1980  
RAKENNUSAIKAKAUSI

KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

Kuva 4. Esimerkkikuva Puulattia eristämättömän betonilaatan päällä (Hometalkoot.fi).

RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot ohjekortti antaa viitteellisiä ohjeita rakenteille ja rakennusosille niiden teknisestä käyttöiästä. Sen mukaan puukoolatun lattian tekninen käyttöikä eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päällä on normaalissa rasitusluokassa noin 40 vuotta. Tämä tarkoittaa siis sitä, että lähes kaikki ennen vuotta 1984 tehdyt kyseiset rakenteet olisivat tulossa teknisen käyttöikänsä päähän.

### 3.2 Haitta-aineet rakenteessa

Puukoolatuissa lattiarakenteissa betonilaatan ja lämmöneristeen väliin saatettiin aikanaan tehdä bitumisively, jonka tehtävänä oli estää maaperästä nousevan kosteuden pääsy puurakenteisiin ja lämmöneristeisiin. Bitumisivelyn arvioitu elinkaari on kuitenkin noin 30 vuotta minkä jälkeen materiaali alkaa kovettua ja haurastua heikentäen sen toimivuutta. Lisäksi bitumisively voi sisältää terveydelle haitallisia PAH-yhdisteitä, kuten kreosoottia ja asbestia. Nämä aineet

voivat muodostaa terveystarve erityisesti korjausvaiheessa, kun rakenteita käsitellään tai puretaan. (Sivén 2021.)

Asbesti on kuitumineraali, jota hyödynnettiin laajasti rakennusmateriaaleissa sen erinomaisen tulenkestävyyden ja muiden hyvien ominaisuuksien vuoksi. Alun perin asbestia pidettiin ihanteellisena rakennusaineena mutta myöhemmin havaittiin sen vakavat terveystarvit. Hengitettynä asbestikuidut kerääntyvät pysyvästi keuhkoihin ja voivat aiheuttaa vakavia hengityselinsairauksia kuten asbestoosia, keuhkosityöpää ja keuhkopussin syöpää. Sairaudet kehittyvät hitaasti ja oireet voivat ilmetä vasta vuosikymmeniä altistumisen jälkeen. Asbestia käytettiin rakennusmateriaaleissa laajasti Suomessa vuosina 1922–1993 ja erityisesti sen käyttö oli huipussaan 1960 ja 1970-luvuilla. Lähes kaikissa tänä aikana rakennetuissa taloissa on mahdollisesti käytetty asbestia. Vanhimmat rakennukset, jotka on rakennettu ennen 1920-lukua eivät yleensä sisällä asbestia, ellei sitä ole lisätty myöhempien remonttien yhteydessä. (Työterveyslaitos; Bestlab.)

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet) ovat syöpävaarallisia kemikaaleja, joita voi esiintyä rakennusmateriaaleissa erityisesti kivihiilitervasta valmistetuissa tuotteissa. Näitä yhdisteitä löytyy muun muassa vesieristeinä käytetyistä kivihiilitervapohjaisista tuotteista, öljypohjaisista bitumeista ja bitumin sekä kivihiilitervatuotteiden seoksista. PAH-yhdisteiden pitoisuus voi olla erityisen korkea kreosoottieristeissä joissa se saattaa ylittää 1000 mg/kg. Bitumit sisältävät PAH-yhdisteitä pienempiä määriä kuin kivihiilitervatuotteet. Rakennus- ja purkutöissä, joissa käsitellään PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja, tarvitaan erityisiä suojautumistoimenpiteitä työntekijöiden terveyden suojelemiseksi. Mikäli epäillään että materiaalit sisältävät PAH-yhdisteitä tulee tehdä PAH-analyysi, jonka avulla määritetään tarvittavat suojaustoimet ja niiden laajuus. PAH-yhdisteiden analysointi on myös tärkeää jätteenkäsittelyn kannalta, jotta valitaan oikeanlainen käsittelymenetelmä vaarallisten aineiden asianmukaiseen käsitteeseen ja hävittämiseen. (Työterveyslaitos.)

Korjaus- ja purkutöiden yhteydessä on aina varmistettava sisältävätkö purettavat tai korjattavat rakenteet haitallisia tai vaarallisia aineita kuten esimerkiksi asbestia tai PAH-yhdisteitä. Ennen vuotta 1994 rakennettujen kiinteistöjen osalta on lain mukaan tehtävä asbestikartoitus. Tämä varmistaa, että mahdolliset vaaralliset aineet tunnistetaan ja käsitellään asianmukaisesti työn aikana, jotta työntekijöiden ja asukkaiden terveys ei vaarannu. (RT 103500 Haitalliset aineet rakennuksissa. Tilaajan ohje.)

Sisäilman naftaleenipitoisuuden toimenpiderajaksi on säädetty asumisterveysasetuksessa  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tämän lisäksi on säädetty, ettei naftaleenin hajua saa olla havaittavissa huoneilmassa. Naftaleeni on PAH-yhdisteistä herkimmin haihtuva ja sen tunnusomainen tuoksu muistuttaa ratapölkyn hajua. Sisäilmassa tällainen haju voi viitata toimenpiderajan ylittymiseen. On kuitenkin tärkeää huomioida, että hajuaistimukset vaihtelevat yksilöllisesti mikä tekee hajusta epäluotettavan indikaattorin pelkästään terveyshaitan arviointiin. (Valvira 2016.)

### 3.3 Mikrobin kasvamisen edellytykset rakenteessa

Mikrobin kasvu rakennusmateriaaleissa ja rakenteissa riippuu useista tekijöistä, joista tärkeimpiä ovat suhteellinen kosteus, lämpötila ja kosteuden lähde. Homeet voivat alkaa kasvaa, kun ilman suhteellinen kosteus on jatkuvasti yli 70–75 % ja lämpötila vaihtelee välillä  $+5 \dots 55 \text{ }^\circ\text{C}$ . Erityisesti sädesienet ja bakteerit vaativat kuitenkin vielä korkeampaa kosteutta sillä niiden kasvu käynnistyy vasta kun suhteellinen kosteus ylittää 90–95 %RH. Mikrobikasvun nopeuteen vaikuttaa myös lämpötila. Kasvu on nopeinta, kun lämpötila on  $+20 \dots 30 \text{ }^\circ\text{C}$  ja suhteellinen kosteus ylittää 95 %. Rakenteissa, joissa kosteus on peräisin vuotovedestä tai kondenssivedestä, mikrobikasvu on yleensä nopeampaa kuin rakenteissa, jotka ovat kastuneet pelkästä vesihöyrystä. Suotuisissa olosuhteissa kuten kosteissa ja lämpimissä ympäristöissä mikrobit voivat alkaa kasvaa erityisen herkillä materiaaleilla muutaman päivän tai viikon sisällä. Lämpötilan lasku alle  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  pysäyttää mikrobin kasvun lähes kokonaan ja pakkasolosuhteissa niiden kasvu on hyvin hidasta. Samoin täysin veden alla olevissa rakenteissa mikrobikasvu on vähäisempää hapenpuutteen vuoksi, ellei kyseessä ole jätevesi,

jossa hapettomat olosuhteet voivat tarjota kasvualustan tietyille mikrobeille. Mikrobikasvu on nopeampaa materiaaleissa, jotka ovat altistuneet lialle tai säilytetty ulkona pitkään ennen käyttöä sillä tällaiset materiaalit sisältävät usein valmiiksi korkeampia mikrobipitoisuuksia kuin täysin puhtaat materiaalit. (Rakennustieto 2023.)

Korjauskohteissa ongelmana voi olla, että rakenteisiin jää purkutöiden jäljiltä mikrobikasvustojen jäämiä tai pölyä mikä voi edistää uuden mikrobikasvun syntymistä. Kun kosteustaso laskee tai lämpötila muuttuu epäsuotuisaksi mikrobien kasvulle esimerkiksi pakkasen tai liiallisen kuumuuden vuoksi mikrobit siirtyvät lepotilaan. Monet rakennuksissa esiintyvät mikrobit tuottavat itiöitä, jotka säilyvät elinkelpoisina pitkiä aikoja odottaen olosuhteiden muuttumista suotuisammiksi kasvulle. Olosuhteiden palautuessa sopiviksi mikrobikasvu voi aktivoitua uudelleen. Tämä tekee mikrobikasvun hallinnasta erityisen haastavaa sillä pienetkin kosteusongelmat voivat johtaa mikrobikasvustojen aktivoitumiseen pitkänkin ajan kuluttua. (Rakennustieto 2023.)

## **4 Korjausrakentamiseen vaikuttavia lakeja ja asetuksia**

### **4.1 Maankäyttö ja rakennuslaki**

Maankäyttö ja rakennuslaki säätelee rakentamista ja maankäytön suunnittelua Suomessa. Tämä laki koskee myös korjausrakentamista eli olemassa olevan rakennuksen korjaamista, laajentamista tai muuttamista. Lakipykälät sisältävät yleiset periaatteet ja vaatimukset, joita korjausrakentamisessa on noudatettava. (MRL 132/1999.)

Rakennusten korjaus- ja muutostöiden tulee täyttää vaatimukset terveelliselle ja turvalliselle sisäilmalle sekä kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteille. Korjaustöissä on otettava huomioon rakennuksen huollettavuus ja muunneltavuus käytön tarpeiden mukaan ja tunnistettava rakennuksen erityispiirteet sekä soveltuvuus tulevaan käyttöön. Ympäristöministeriö voi antaa asetuksella yksityiskohdaisempia määräyksiä, jotka koskevat uuden rakennuksen rakentamista, rakennusten korjaus- ja muutostöitä sekä rakennusten käyttötarkoituksen muutoksia. Nämä säännökset voivat koskea rakennuksilta edellytettäviä terveellisyyteen liittyviä vaatimuksia kuten fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia olosuhteita. Lisäksi asetuksilla voidaan säätää tarkemmin taloteknisistä järjestelmistä ja laitteista, joita rakennuksessa käytetään sekä niissä käytettävistä rakennustuotteista. Näiden säädösten tarkoituksena on varmistaa, että rakennukset täyttävät terveellisyyden ja turvallisuuden vaatimukset kaikissa tilanteissa. (MRL 132/1999 § 117.)

### **4.2 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä**

Asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa hyödynnetään energiaa sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi kuten valaistukseen, tilojen lämmitykseen, ilmanvaihtoon tai jäähdytykseen. Lisäksi asetus koskee rakennuksia, joihin kohdistuu maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 mukaisia rakennus- tai toimenpideluvan edellyttämiä korjaus- tai muutostöitä tai joiden käyttötarkoitusta muutetaan.

Asetuksen mukaan alapohjarakenteiden energiatehokkuutta parannetaan korjaushankkeissa mahdollisuuksien mukaan. (YM asetus 25/2013 1 §; 4 §.)

#### 4.3 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

Asetuksessa säädetään rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta korjaus- ja muutostöissä sekä käyttötarkoituksen muutoksissa. Mikäli rakenne on kosteusteknisesti toimiva, ei muutoksia tarvitse tehdä korjaus- tai muutostöiden yhteydessä. Kosteusteknisesti toimiva rakenne, jonka tekninen käyttöikä on päätynyt tai joka on vaurioitunut, voidaan korjata alkuperäistä rakentamistapaa noudattaen. Mikäli rakenteessa ei esiinny kosteusteknisen toimivuuden näkökulmasta muutosta edellyttäviä suunnittelu- tai toteutusvirheitä, korjaus- ja muutostöissä on ensisijaisesti pyrittävä säilyttämään alkuperäisen rakenteen toimintaperiaate. Mikäli rakenne on vaurioitunut kosteusteknisten puutteiden vuoksi eikä teknisen käyttöiän ylittymisen seurauksena rakennetta ei tule korjata vastavaksi kuten esimerkiksi koolatuksi puulattiaksi. Asetusta voidaan soveltaa myös tilanteissa, joissa korjaustöiden tavoitteena on parantaa rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta. Asetuksen määräyksiä on kuitenkin noudatettava aina, jos rakenne voi aiheuttaa terveyshaittoja tai vaarantaa rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden. Näin ollen asetuksessa korostuu kosteusteknisen toimivuuden ylläpitäminen ja parantaminen korjaus- ja muutostöissä sekä käyttötarkoituksen muutoksissa ottaen huomioon myös mahdolliset terveyshaitat ja vauriot. (YM asetus 782/2017 4 §.)

#### 4.4 Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta

Korjaus- ja muutostöissä voidaan ohjeen mukaan toimia joustavasti siten, ettei korjaus- ja muutostyö johda kohtuuttomiin ratkaisuihin. Jos rakenteen kosteustekninen toimivuus voidaan todeta riittäväksi sen parantamiseen ei ole tarpeen tehdä muutoksia. Rakenne, joka on aiemmin toiminut kosteusteknisesti hyvin mutta jonka tekninen käyttöikä on päätynyt tai joka on jostain syystä

vaurioitunut, voidaan kunnostaa alkuperäisen rakennustavan mukaisesti. Mikäli rakenne on kosteusteknisesti toimiva ei siihen tarvitse tehdä muutoksia muiden korjaus- tai muutostöiden yhteydessä. Kosteusteknisesti toimivaa rakennetta, jonka tekninen käyttöikä on päättynyt tai joka on muista syistä vaurioitunut, voidaan korjata alkuperäistä rakentamistapaa noudattaen. Mikäli rakenteessa ei ole todettu kosteustekniseltä toimivuudeltaan muutoksia vaativia suunnittelu tai rakennusvirheitä noudatetaan korjaustöissä ensisijaisesti rakenteen alkuperäistä toimintatapaa. (YM ohje 2020.)

Mikäli rakenteessa todetaan kosteus- ja mikrobivaurioita ja niistä on ilmayhteys sisäilmaan, on yleisesti tunnetut riskirakenteet korjattava. Korjaustöissä huomioidaan rakenteen kosteusteknisen toimivuuden parantaminen niiltä osin, kun se on taloudellisesti, teknisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. Korjaus- ja muutostöiden sekä käyttötarkoituksen muutosten yhteydessä asetusta voidaan soveltaa, mikäli toimenpiteiden tavoitteena on rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden parantaminen. Asetusta on noudatettava erityisesti, jos rakenne voi aiheuttaa terveyshaittoja tai vaurioita kosteustekniselle toimivuudelle. Esimerkkeinä ovat riskirakenneratkaisut, jotka tunnetusti ovat johtaneet kosteusvaurioihin tai sisäilmaongelmiin. Korjaustarve sekä tapa ja laajuus arvioidaan aina tapauskohtaisesti yksityiskohtaisten kuntotutkimusten perusteella. Tämä tarkoittaa, että jokainen korjausprojekti on suunniteltava huolellisesti ottaen huomioon rakennuksen erityispiirteet. (YM ohje 2020.)

## 5 Uusi puukoolattu lattiarakenne ja materiaalivalinnat

### 5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Alapohjarakenteiden korjaussuunnittelussa tavoitteena on ensisijaisesti estää vaurioiden syntyminen ja minimoida olosuhteet, jotka voivat altistaa rakenteet vaurioitumiselle. Kosteusvaurioituneiden lattioiden korjauksen periaatteet perustuvat muutamaan keskeiseen tekijään. Ensimmäinen keskeinen tekijä on, että maanvastaisten rakenteiden suunnittelussa oletetaan maaperän huokosilman suhteellisen kosteuden olevan aina 100 %. Tästä syystä kapillaarisesti nousevan kosteuden nousu rakenteisiin on kyettävä estämään käyttämällä kapillaarikatkoa. Toinen keskeinen tekijä on maaperästä diffuusion avulla tuleva kosteus. Kolmas merkittävä tekijä on ympäristöolosuhteiden mahdolliset muutokset. Edellä mainitut kaikki kolme tekijää on kaikki otettava huomioon korjaussuunnittelussa ja kyettävä estämään tai vähintään minimoimaan niiden vaikutus rakenteisiin. Rakennusosien ja materiaalien on oltava sellaisia, että ne kestävät maasta mahdollisesti rakenteeseen nousevan kosteuden. (Leivo & Rantala 2002.)

Lämmöneristys eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päältä voidaan toteuttaa uivassa lattiarakenteessa solumuovieristeellä, joka on tähän tarkoitukseen riittävän lujaa. Solumuovieristeeseen voidaan upottaa tarvittavat naulauspuut lattiapäällysteen asennusta varten. Koska naulauspuut sijaitsevat eristemateriaalin lämpimällä puolella ne pysyvät kuivina eivätkä altistu lahovaurioille. (Björkholtz 1997.)

Puukoolatun lattiaratkaisun korjaamiseksi on olemassa useita eri vaihtoehtoja. Yleisimmin nykyisin käytetty ratkaisu on muuttaa rakenne ns. kaksoislaattarakenteeksi, jossa vanhan pohjabetonilaatan päälle asennetaan uudet lämmöneristeet ja uusi pintabetonilaatta. Kyseinen rakenneratkaisu on kuitenkin toteutusajaltaan pitkä ja huomattavasti kalliimpi kuin alkuperäinen rakenne. Lopullinen valinta riippuu useista tekijöistä, kuten ratkaisun soveltuvuudesta kohteen erityispiirteisiin, kustannusvaikutuksista sekä korjauksen tavoitellusta

elinkaaresta. Korjausvaihtoehtoja arvioitaessa on tärkeää huomioida myös se, kuinka pitkään valittu korjaustapa kykenee säilyttämään rakenteen toimivuuden ja kestävyuden. Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan yhtä vaihtoehtoa korjaustapaa puukorotetulle lattiaratkaisulle. Oletuksena on, että purkutyöt on jo suoritettu. Rakenteen korjaus alkaa puhtaan runkolaatan pinnasta, joka toimii uuden puukoolatun rakenteen pohjana.

## 5.2 Uusi puukoolattu lattiarakenne

Suunnittelun lähtökohtien ja käytössä olevan kirjallisuuden perusteella on uudeksi lattiarakenteeksi valittu kuvassa 6 esitetty lattiarakennetyyppi. Lähtökohdiana on noudattaa Dick Björkholtzin teoksessa Lämpö ja kosteus esittämää lattiarakennetta, mutta ottaa lisäksi paremmin huomioon rakenteiden kosteudenkestävyys ja muut esim. sisäilmaan vaikuttavat tekijät.

Uudessa lattiarakennetyypissä tasoitetaan ensin pohjabetonilaatta. Seuraavaksi asennetaan tasoitetun pohjabetonilaatan päälle XPS-lämmöneristelevy, joka kiinnitetään tasoitettuun pohjabetonilaattaan saneerauslaastilla. XPS-lämmöneristelevyjen saumakohtat teipataan höyrynsulkuteipillä. Lämmöneristeiden päälle asennetaan harvalaudoitus esim. k400. Harvalaudoitus kiinnitetään XPS-lämmöneristeiden läpi pohjabetonilaattaan riittävän korroosionkestävillä betoniruuveilla. XPS-lämmöneristeeseen tulevaan reikään asennetaan liimatiivistemassa. Harvalaudoituksen päälle asennetaan koolauspuut esim. 48\*98 k400. Koolauspuut kiinnitetään harvalaudoitukseen kulmaraudoin. Koolauspuiden väliin voidaan asentaa vähäinen kerros esim. puhallusvillaa lämmöneristävyuden parantamiseksi. Ennen lattiapinnoitteen asentamista asennetaan koolauspuiden päälle ilmansulkupaperi. Viimeiseksi voidaan asentaa kyseisissä lattioissa yleisesti käytetty ponttilautalattia. (Kärki 2025.)

Luvuissa 5.3 ja 5.4 on tarkemmin selostettu rakenteeseen valittavat materiaalit sekä perusteltu, miksi kyseisten materiaalien käytöllä lattiarakenteesta saadaan rakennusfysikaalisesti toimiva.

### 5.3 Lämmöneristemateriaalin valinta

Uuden lattiarakenteen korjauksen merkittävin rakennekerros on lämmöneristys. Lämmöneristemateriaalin tulee kestää huomattavaa kosteusrasitusta ja estää kosteuden tunkeutuminen rakennekerroksen läpi sekä kapillaarisesti että diffuusiolla.

Markkinoilla olevat XPS-lämmöneristeet (suulakepuristettua polystyreeniä) vastaavat ominaisuuksiltaan sitä, mitä uuden lattiarakenteen toteutuksessa tarvitaan. XPS-lämmöneristeiden ominaisuudet kosteuden suhteen perustuvat materiaalin yhtenäiseen ja tiiviiseen solurakenteeseen, jossa pienten solujen muodostama ristikkorakenne ulottuu koko lämmöneristeen läpi. Rakenne tekee XPS-lämmöneristeestä erittäin kestäväää sekä antaa sille korkean puristuslujuuden. Levyn pinnalla on lisäksi yhtenäinen ”nahkapinta”, joka edelleen parantaa levyn jäykkyyttä, sillä tämä kerroslevyrakenteinen pinta lisää levyn vetolujuutta. XPS-lämmöneristeen ydinaineen korkea puristuslujuus sekä pintojen ja ydinaineen tiivis yhteys muodostavat rakennusmateriaalin, jossa ei ole oikein käytettynä heikkoja lenkkejä, ilmakehviä tai ilmaliitoksia. Suomalaisen XPS-lämmöneristevalmistajan Finnfoamin vakiolevyjen pitkäaikainen puristuslujuus vaihtelee hieman levytyypistä riippuen välillä 90–210 kPa. Tämä vastaa paineen suhteen noin 9–21 tonnia/m<sup>2</sup> (Finnfoam.)

Suomalaisen Finnfoam valmistajan XPS-lämmöneriste on kosteusteknisten ominaisuuksien ansiosta eristelevy, joka sopii käytettäväksi alapohjarakenteisiin. Lämmöneristeen täysin yhtenäinen ja suljettu solurakenne ulottuu läpi koko levyn ja antaa materiaalille erinomaisen kosteudenkestävyyden. Levyn tiivis pinta hylkii tehokkaasti vettä, mikä osaltaan parantaa sen kosteusteknistä toimivuutta. Valmistaja on suorittanut XPS-lämmöneristeellä upotuskokeita, joissa levyä on pidetty veteen upotettuna vuoden ajan. Upotuskokeet ovat osoittaneet lämmöneristeen hyvät ominaisuudet koska vuoden mittaisen upotuksen aikana vettä on imeytynyt vain levyn sahattujen pintojen osalla levyn pinnan pieniin soluihin. Upotuskokeissa havaittiin, että kosteuspitoisuus ei lisääntynyt

merkittävästi kahden vuorokauden upotuksen jälkeen, vaikka levyä pidettiin vedessä huomattavasti pidempään. (Finnfoam.)

Suljetun ja yhtenäisen solurakenteensa ansiosta Finnfoamin valmistama XPS-lämmöneriste toimii myös höyrynsulkuna, jolloin rakenteen lämmöneriste toimii samalla myös höyrynsulkuna vähentäen työvaiheita. XPS-lämmöneristemateriaali ei johda vettä kapillaarisesti mikä estää kosteuden siirtymisen rakenteessa. Finnfoamin valmistama XPS-lämmöneriste on hyvin heikosti homehtuva mikä tekee siitä kestäväen rakenteessa, jossa voi olla jatkuvaa kosteusrasitusta. (Finnfoam.)

Edellä olevien materiaalin teknisten ominaisuuksien perusteella XPS-lämmöneriste sopii tässä opinnäytetyössä esitetyn uuden puukoolatun lattiarakenteen lämmöneristeeksi, joka asennetaan pohjabetonilaattaa vasten. Finnfoamin valmistaman XPS-lämmöneristeen kosteustekniset ominaisuudet on esitetty kuvassa 5.

| Kosteustekniset ominaisuudet                 | EN13164 muk. CE-merkintä | F-200    | F-300    | F-400    | F-500    | F-700    |
|--|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Veden imeytyminen upotuksessa 28 vrk (t%)    | WL(T)0,7                 | <0,7     | <0,7     | <0,7     | <0,7     | <0,7     |
| Sulatus-jäädytys kestävyys (300 sykliä) (t%) | FTCD2 tai FTCD1          | ≤2       | ≤1       | ≤1       | ≤1       | ≤1       |
| Vedenimeytyminen diffuusiolla                | WD(V)1 tai WD(V)2        | ≤1       | ≤2       | ≤2       | ≤2       | ≤1       |
| Vesihöyryn läpäisevyys [kg/(m s Pa)]         |                          | <1,6E-12 | <1,5E-12 | <1,3E-12 | <1,0E-12 | <1,0E-12 |
| Kapillaarisuus                               |                          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Kuva 5. Kosteustekniset ominaisuudet (Finnfoam).

#### 5.4 Rakennekerrokset ja toteutus

Koska runkolaatan pinta on voi olla hyvinkin epätasainen, tulee runkolaatta ensin tasoittaa ennen lämmöneristeen asentamista. Tasoitteena tulee käyttää itse-tasoittuvaa lattiatasoitetta, jolla voidaan saavuttaa riittävä kerrospaksuus alustan oikaisemiseksi. Tasoitteen tulee lisäksi kestää käytönaikaista kosteutta vaurioitumatta ja ilman ominaisuuksien heikkenemistä. Lattiatasoitteen

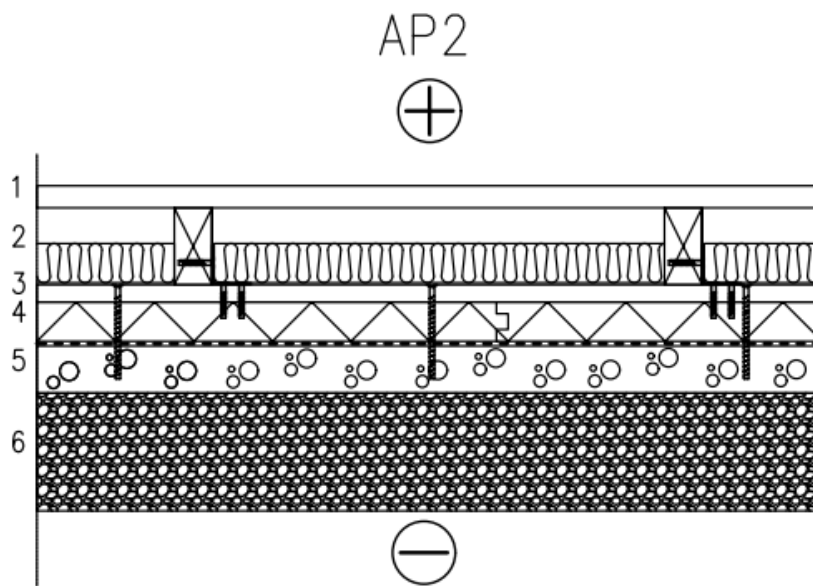
kerrospaksuudella voidaan myös varmistaa, että tulevina koolauspuina voidaan käyttää ns. kakkosnelosta. Ennen tasoitustöiden aloittamista on varmistettava runkolaatan kosteuspitoisuus virallisilla kosteusmittauksilla. Mittausten avulla selvitetään alustan kosteuspitoisuus, jotta voidaan varmistaa, että se alittaa lattiatasoitteen materiaalivalmistajan ohjeissa määritetyt raja-arvot. Mikäli kosteuspitoisuus ylittää sallitut raja-arvot, runkolaatta voidaan tarvittaessa kuivattaa koneellisesti ennen tasoitustöiden aloittamista. Esimerkiksi RT-kortissa 103333 (Betonin suhteellisen kosteuden mittausta) esitetään yleisesti hyväksytyt menetelmät betonirakenteen kosteuden mittaukselle. (Kärki 2025.)

Kun runkolaatta on oikaistu ja suorassa asennetaan täyspontatut XPS-lämmöneristelevyt 50-100 mm liimaamalla saneerauslaastilla tasoitettuun lattiaan. Asennusvaiheessa levyjen pontteihin ja seinäliitoksiin asennetaan uretaanivaahdotus ja saumat teipataan höyrynsulkuteipillä. Lämmöneristelevyn saumakohtien sekä ulkoseinän liittymäkohtien ilmatiiveydellä on merkittävä vaikutus tilan käytönaikaiseen sisäilman laatuun. Lämmöneristelevyjen päälle asennetaan 22\*100 mm naulauspuut k400, jotka toimivat kiinnitysalustana varsinaiselle lattian puukoolaukselle. Naulauspuut kiinnitetään betonilattiaan betoniruuvein k600. Betoniruuviin tulee olla riittävän korroosionkestäviä. Ruuvien XPS-lämmöneristeeseen aiheuttamiin reikiin asennetaan liimatiivistemassa ennen ruuvien asentamista. Tällä estetään kosteuden ja epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteeseen ruuvien reikien kautta. (Kärki 2025.)

Varsinainen puukoolaus 48\*98 mm kiinnitetään naulauspuihin kulmaraudoin. Puukoolauksen tiheys määräytyy käytettävän ponttilaudan materiaalivahvuuden mukaan. Suositeltava ponttilaudan paksuus on 28 mm, kun tukien välinen etäisyys on 400 mm (Puuinfo). Puukoolauksen väleihin voidaan asentaa esim. ekovillalämmöneriste lämmöneristävyden sekä ääneneristävyden parantamiseksi. Ekovillalämmöneristeen paksuus riippuu XPS-lämmöneristeen paksuudesta ja se on aina tapauskohtaisesti suunniteltava. Koolausvälin ollessa k400 voidaan levyvillan sijaan käyttää myös käsin levitettävää ekovillapurua, jolla vältytään levyvillojen työstämiseltä koolausväleihin. Eristekerroksen ja puukoolauksen päälle asennetaan ilmansulkupaperi, joka liitetään ulkoseinän höyry- tai

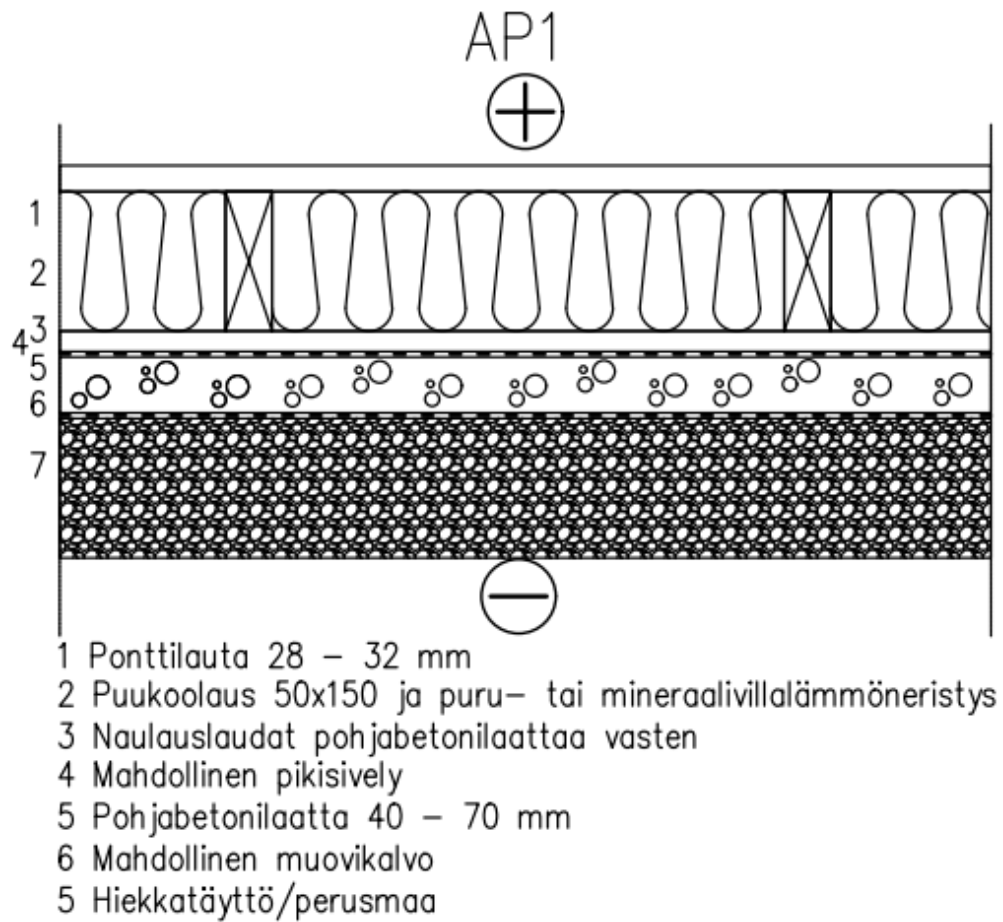
ilmansulkuun. Ilmatiiveys varmistetaan teippaamalla saumat höyrynsulkuteipillä. Ilmansulkupaperilla estetään eristemateriaalin kulkeutuminen ekovillakerroksesta sisäilmaan. Ilmansulun jatkuvuus on varmistettava myös huoneistojen välisten väliseinien kohdalla. Lopuksi asennetaan lattiaaudat ja haluttu pintakäsittely. (Kärki 2025.)

Kuvassa 6 esitetään havainnekuva uudesta puukoolatusta alapohjarakenteesta. Kuvassa 7 näkyy alkuperäinen eli vanha lattiarakenne.



- 1 Ponttilauta 28 – 32 mm
- 2 Puukoolaus 48x98 ja ekovillalämmöneristys erillisen suunnitelman mukaan
- 3 Harvalaudoitus 22x98 k400, kiinnitys betoniruuvein pohjabetonilaattaan k400
- 4 Täyspontattu XPS-lämmöneristys 50–100 mm
- 5 Pohjabetonilaatta 40 – 70 mm
- 6 Hiekkatäyttö/perusmaa

Kuva 6. Havainnekuva uudesta puukoolatusta alapohjarakenteesta (Kärki 2025).



Kuva 7. Havainnekuva alkuperäisestä eli vanhasta puukoolatusta alapohjarakenteesta (Kärki 2025).

## 6 Kustannuslaskenta

### 6.1 Rakennusosalaskenta

Rakennusosalaskenta on menetelmä, jota hyödynnetään rakennushankkeiden kustannusten arvioinnissa suunnitteluvaiheessa, tarjouslaskennassa sekä hankintojen kustannusvertailussa. Rakennusosien määrät ja ominaisuudet kootaan piirustusten tai tietomallien pohjalta ja laskennan tuloksena syntyy rakenneluettelo, jossa esitetään eri rakennusosat ja niiden rakenteet. Tämän lisäksi rakennusosien määrien perusteella selvitetään niiden yksikkökustannukset ja kokonaiskustannukset muodostuvat kaikkien rakennusosien kustannusten summana. Rakennusosalaskenta on keskeinen työkalu myös eri suunnitteluratkaisujen kustannusvertailussa koska se mahdollistaa vaihtoehtoisten ratkaisujen tarkastelun kustannusten näkökulmasta. Lisäksi sitä käytetään toteuttajien tarjouslaskennan ja omakustannehintojen määrittämisen tukena. Menetelmän vahvuus on sen tarjoama tarkkuus, joka riittää yleensä tarjouslaskennan pohjaksi. Rakennusosalaskennan avulla voidaan myös vertailla hankkeen kustannuksia vastaavanlaisiin projekteihin käyttämällä rakennusosien suhteellisia määriä. Rakennusosien yksikkökustannuksia saadaan sekä kustannuslaskennan kirjallisuudesta että erilaisista kustannuslaskentaohjelmistoista. Usein yksikkökustannukset perustuvat yleisiin tietokantoihin tai yritysten itse ylläpitämiin kustannusluetteloihin. Laskennan tarkkuutta ja selkeyttä tukee yleisesti käytössä oleva nimikkeistö kuten Talo 80, Talo 90 tai Talo 2000 jonka avulla rakennusosat ja niiden työsuoritukset voidaan luokitella yhdenmukaisesti. (Koskenvesa 2018.)

### 6.2 Työmenekit sekä niiden arviointi ja soveltaminen

Työmenekkitiedot ovat keskeinen osa kustannus- ja aikataulusuunnittelua hankkeen eri vaiheissa. Niiden avulla voidaan arvioida miten erilaiset työmenetelmät, materiaalivalinnat ja tuotantotavat vaikuttavat kokonaisuuden kestoon ja kustannuksiin. Kustannusten suunnittelussa työmenekkitietojen rinnalla tarvitaan myös tietoa työn ja materiaalien hinnoista, jotta suunniteltuja kustannuksia voidaan verrata asetettuihin kustannustavoitteisiin. Työvaiheeseen käytetty kokonaisaika

kattaa kaikki työhön kuluneet tunnit mukaan lukien tunnin tai pidemmät keskeytykset työskentelyssä. Tätä kokonaisaikaa hyödynnetään arvioitaessa kustannuksia ja laadittaessa yleisaikatauluja. Korjausrakentamisessa uuden rakenteen työmenekkiä voidaan arvioida uudisrakentamisen työmenekkien perusteella. Arviossa on kuitenkin huomioitava korjauskohteen erityispiirteet kuten pienemmät osakohteet, pitkät materiaalien siirtomatkat, puutteelliset suunnitelmat tai lisääntynyt suojauksen tarve. Näistä syistä johtuen korjauskohteiden työmenekit ovat yleensä suurempia kuin uudisrakentamisen. Joissakin korjausrakennustöissä työmenekkiä ei kuitenkaan voida määrittellä yleisten tietojen perusteella koska ne ovat harvinaisia tai riippuvat kohteen yksilöllisistä ominaisuuksista. Tällöin työmenekki on arvioitava tapauskohtaisesti. (Talonstrakennusteollisuus 2019.)

### 6.3 Kustannuslaskenta MEPS-laskentaohjelmalla

Opinnäytetyössä haluttiin käyttää MEPS-laskentaohjelmaa korjausratkaisujen hintavertailussa. MEPS on yleisesti käytössä vahinkosaneerauskohteissa, kun vakuutusyhtiöt ovat mukana hankkeissa.

MEPS-laskenta perustuu huonekohtaiseen ja materiaalikerroksittaiseen analyysiin. Jokainen työtehtävä ja korjaustoimenpide kootaan järjestelmään toimenpideriveinä tai koodeina, jotka muodostavat hankelaskelman. Ohjelman koodit ja laskenta-algoritmit on kehitetty rakennusalan työvaiheiden ja todellisten suoritteiden perusteella. Tämä tekee laskelmista paitsi tarkkoja myös käytännönläheisiä, sillä laskentaprosessi jäljittelee työmaalla tapahtuvia toimintoja ja materiaalin menekkiä. (CAB Group.)

MEPSin erityispiirre on, että kustannukset eivät perustu yksittäisiin tuntiveloituksiin vaan työvaiheiden todellisiin työmääriin, joita vahinkoon tai korjaukseen liittyvän työn suorittamiseen tarvitaan. Laskennassa otetaan huomioon matka-ajat, materiaalikuljetukset sekä tilojen rakenteet ja mitat. Materiaalikustannukset määräytyvät erikseen ja niiden laskenta perustuu materiaalin menekkiin. Ohjelma arvioi materiaalin menekkin käyttäjän ilmoittamien korjaustoimenpiteiden ja työvaiheiden perusteella. Jokaiselle toimenpiteelle on määritetty tietty materiaalityrve,

joka sisältyy ohjelman tietokantaan ja jota hyödynnetään tarkkojen määrälaskelmien tuottamiseen. (CAB Group; Viertola 2015.)

Kun MEPSillä luodaan kustannusarvio ohjelma tuottaa samalla materiaalilistan ja työtehtäväluettelon. Näitä voidaan hyödyntää paitsi kustannusten hallinnassa myös materiaalihankinnoissa, työnjohdossa ja aikataulutuksessa. Näin ohjelma tukee projektin kokonaisvaltaista suunnittelua ja hallintaa. (CAB Group.)

#### 6.4 Alkuperäisen ja uuden lattiarakenteen kustannusten vertailu MEPS-laskentaohjelman avulla

Työssä tutkittiin kahta eri lattiarakennetta. Alkuperäistä puukoolattua lattiaa sekä uutta parannettua lattiarakennetta. Alkuperäisen, eli vanhan lattiarakenteen havainnekuva on esitetty kuvassa 7. Liitteessä 1 ja kuvassa 6 esitetään havainnekuvat uudesta puukoolatusta alapohjarakenteesta. Kuvat tarjoavat visuaalisen lähtökohdan rakenteiden eroavaisuuksien ymmärtämiseksi. Laskennan lähtökohdana oli 10 m<sup>2</sup>:n suorakaiteen muotoinen huoneterila, jonka mitat ovat 2,5 m \* 4 m. Molemmille lattiarakenteille tehtiin omat laskelmat, joissa huomioitiin laskentaohjelman tuottamat menekit

- työn osuudelle
- materiaalikustannuksille
- kuljetus- ja muille kustannuksille kuten työmaan perustamiskustannuksille.

Laskelmien perusteella uuden lattiarakenteen asentaminen on 72 % työläämpi kuin vanhan lattiarakenteen uudelleen toteuttaminen. Työläys johtuu uuden lattiarakenteen monivaiheisemmista työprosesseista, joka sisältää useampia rakennusvaiheita kuin vanhan lattiarakenteen toteutus. Uuden lattiarakenteen materiaalikustannukset ovat laskelmien mukaan 94,70 % kalliimmat kuin vanhan lattiarakenteen materiaalikustannukset. Tämä ero johtuu siitä, että uusi lattiarakenne vaatii enemmän materiaaleja ja rakennekerroksia verrattuna vanhan lattiarakenteen toteutustapaan. Uuden lattiarakenteen kuljetus- ja muut lisäkustannukset ovat 45,39 % korkeammat kuin vanhan lattiarakenteen vastaavat kulut.

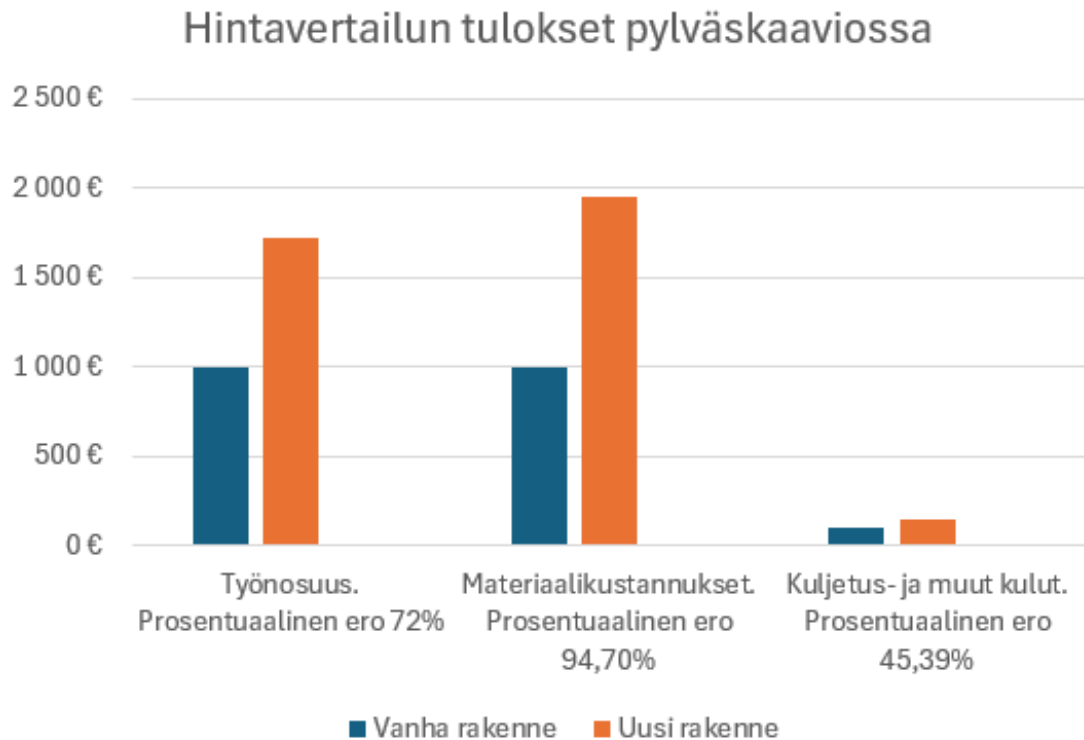
Kuljetuskustannusten ero johtuu laskentaohjelman tuottamasta suuremmasta materiaalmäärästä ja niiden toimituksesta työmaalle.

Hintavertailun tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa euromääräisesti, mikä havainnollistaa kustannusten nousua uuden ja vanhan lattiarakenteen välillä. Taulukossa 1 esitetyt euromäärät eivät perustu laskelmista saatuihin tuloksiin, mutta ne kuvaavat suhteellisia eroja ja kustannusten nousua eri osa-alueilla.

Taulukko 1. Hintavertailun tulokset.

| <b>Kustannuserä</b>     | <b>Vanha rakenne [€]</b> | <b>Uusi rakenne [€]</b> | <b>Prosentuaalinen ero [%]</b> |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Työosuus                | 1000,00                  | 1720,00                 | 72,00                          |
| Materiaalikustannukset  | 1000,00                  | 1947,00                 | 94,70                          |
| Kuljetus- ja muut kulut | 100,00                   | 145,39                  | 45,39                          |

Hintavertailun tulosten havainnollistamiseksi laadittiin myös pylväskaavio, joka on esitetty kuvassa 8. Pylväskaaviossa esitetään vanhan ja uuden lattiarakenteen kustannukset työn, materiaalien sekä kuljetuksen ja muiden lisäkustannusten osalta. Kaavio auttaa visualisoimaan prosentuaaliset erot eri osa-alueilla.



Kuva 8. Vanhan ja uuden lattiarakenteen kustannusvertailu pylväskaaviossa eri osa-alueilla. Kaavio havainnollistaa työn, materiaalien sekä kuljetus- ja muiden kustannusten osuuksia sekä niiden suhteellisia eroja vanhan ja uuden lattiarakenteen välillä.

Tulosten mukaan uuden lattiarakenteen kustannukset ovat kaikilla osa-alueilla huomattavasti korkeammat kuin vanhan lattiarakenteen korjauskustannukset. Suurimmat erot havaittiin materiaalikustannuksissa, mutta myös työn ja kuljetuksen osuudet nousivat merkittävästi uuden rakenteen kohdalla.

## 7 Lopputulokset ja jatkotoimenpiteet

### 7.1 Lopputulokset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella puukoolatun lattian korjaamiseen liittyviä ongelmia tilanteessa, jossa uusi toimiva ja kestävä puulattia halutaan rakentaa eristämättömän maanvaraisen betonilaatan päälle. Työn keskiössä oli lattiarakenteen kosteusteknisten puutteiden korjaaminen ja toimivuuden parantaminen. Tarkoituksena oli esittää ratkaisu, joka ehkäisee tulevia riskejä ja mahdollistaa rakenteen asianmukaisen korjaamisen.

Työn aikana perehdyttiin kosteusteknisiin ilmiöihin, kuten ilman kosteuteen, vesihöyryn siirtymiseen ja kondensoitumiseen, sekä analysoitiin vauriomekanismeja ja puukoolattua lattiaa riskirakenteena. Näitä taustatekijöitä vasten tarkasteltiin uutta korjausratkaisua hyödyntäen yleisiä rakennusfysikaalisia periaatteita sekä materiaalivalmistajien ohjeita.

Tutkimustulokset osoittivat, että XPS-lämmöneristeen käyttö estää maakosteuden kapillaarisen nousun ja suojaa lattian puurakenteet kosteuden aiheuttamilta vaurioilta. Uuden lattiarakenteen kosteustekninen toimivuus perustuu XPS-lämmöneristeen kykyyn katkaista maakosteuden nousu lattian puurakenteisiin. Samalla eriste muodostaa höyrynsulun, joka estää kosteuden kulkeutumisen alhaaltapäin eristekerroksen läpi puurakenteisiin. Lisäksi uudessa rakenteessa puurakenteet sijoitetaan XPS-eristeen lämpimälle puolelle. Lämpimässä ympäristössä puurakenteet pysyvät kuivina ja niiden alttius kosteuden aiheuttamille vaurioille vähenee merkittävästi. Näin ollen esitetty korjausratkaisu vastaa Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 vaatimuksiin, joissa painotetaan rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden ylläpitämistä ja parantamista korjaus- ja muutostöissä.

Osana tutkimusta laadittiin kustannuslaskelmat, joissa vertailtiin alkuperäisen lattiarakenteen ja esitetyn uuden korjausratkaisun kustannuksia. Vertailu osoitti, että uusi vaihtoehtoinen lattiarakenne on huomattavasti alkuperäistä rakennetta

kalliimpi. Korkeammista kustannuksista huolimatta uuden lattiarakenteen kosteustekninen toimivuus on selkeästi parempi kuin alkuperäisessä rakenteessa.

Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 mukaan korjaus- ja muutostöiden yhteydessä havaittavat puutteet rakenteiden kosteusteknisessä toimivuudessa on aina korjattava. Näin ollen, jos rakenteessa havaitaan puutteita sen kosteusteknisessä toimivuudessa, kustannuksia ei voida käyttää ainoana ratkaisevana tekijänä korjausratkaisua valittaessa. Samalla Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta mahdollistaa joustavan lähestymistavan, jossa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta parannetaan niiltä osin, kuin se on taloudellisesti, teknisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa.

Tarkastellussa korjausratkaisussa kustannukset eivät vaikuta kohtuuttomilta ja ne ovat perusteltuja, kun huomioidaan rakenteen parantunut kosteustekninen toimivuus ja sen pitkäaikaiset edut.

## 7.2 Jatkotoimenpiteet

Tutkimuksen pohjalta voidaan esittää useita jatkotoimenpiteitä, jotka syventäisivät ja täydentäisivät tämän työn tuloksia. Ensisijaisena toimenpiteenä tulisi suorittaa uuden lattiarakenteen rakennusfysikaalisen toiminnan tarkempi laskennallinen analyysi erityisesti kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi käytännössä. Analyysissa tulisi ottaa huomioon lämmön ja kosteuden siirtyminen rakenteessa sekä näiden vaikutukset rakenteen toimivuuteen pitkällä aikavälillä. Lisäksi materiaalivalintoja ja rakenneratkaisua voisi kehittää entistä kustannustehokkaammaksi säilyttäen kuitenkin rakenteen kosteustekniset ominaisuudet. Tämä mahdollistaisi sekä kustannussäästöt että rakenteen toimivuuden optimoinnin. Lisäksi muiden tietolähteiden ja materiaalien tarkempi analysointi voisi tarjota arvokasta lisätietoa suunnittelun ja toteutuksen tueksi.

## Lähteet

Bestlab. Asbesti. Bestlab.fi. Verkkojulkaisu: <<https://www.bestlab.fi/asbesti/>>. Viitattu 25.10.2024.

Björkholtz, D. & Rakennustieto. 1997. Lämpö ja kosteus: Rakennusfysiikka. 2. p. Helsinki: Rakennustieto.

CAB Group. MEPS FI Säännöt ja ohjeet (2.12.2019). Verkkojulkaisu: <<https://cabgroup.se/download/18.5c69cc6179f5c2033816f76/1624967618625/MEPS%20FI%20S%C3%A4nn%C3%A4nn%C3%B6t%20ja%20ohjeet%202019-12-02.pdf>>. Viitattu 25.11.2024.

CAB Group. Näin MEPS-laskelma toimii. Verkkojulkaisu: <<https://cabgroup.se/fi/meps/info-about-meps/nain-meps-laskelma-toimii.html>>. Viitattu 25.11.2024.

Finfoam Oy. Kosteustekninen toimivuus. Verkkojulkaisu: <<https://finnfoam.fi/kosteustekninen-toimivuus/>> Viitattu 1.11.2024.

Finfoam Oy. Lujuus. Verkkojulkaisu: <<https://finnfoam.fi/lujuus/>>. Viitattu 1.11.2024.

Hometalkoot.fi. Rakennusten kosteus- ja homevauriot tarkastus ja korjaus. Verkkojulkaisu: <<https://www.hometalkoot.fi/file/15814.pdf>>. Viitattu 29.11.2024.

Ilmatieteen laitos 2020. Ilman kosteus. Verkkojulkaisu. < <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus>>. Viitattu 20.10.2024.

Koskenvesa, A., Soila, J., Talonrakennusteollisuus, Rakennustietosäätiö & Soila, J. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskinen-Tammi, T. & Laurila, L. 2022. Mikä on puukoolattu lattia ja miksi se on riskirakenne. Asianajotoimisto Alfan Talojuristit-blogi. Verkkojulkaisu: <<https://talojuristit.fi/post/mika-on-puukoolattu-lattia-ja-miksi-se-on-riskirakenne>>. Viitattu 21.10.2024.

Kärki, T. 2025. Diplomi-insinööri rakennustekniikka (Master's Programme in Building Technology), Polygon Finland Oy, Lahti, Sähköposti.

Käyhkö, K. 2024. Maanvastainen puukoolattu lattia. Rakennukset.fi. Verkkojulkaisu: <Maanvastainen puukoolattu lattia on riskirakenne>. Viitattu 21.10.2024.

Leivo, V. & Rantala, J. 2002. Maanvastaiset alapohjarakenteet – kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Verkkojulkaisu: <[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116629/leivo\\_rantala\\_maanvastaisten\\_alapohjarakenteiden\\_kosteustekninen\\_toimivuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116629/leivo_rantala_maanvastaisten_alapohjarakenteiden_kosteustekninen_toimivuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Viitattu 30.10.2024

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Finlex. Verkkojulkaisu: <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>>. Viitattu 30.10.2024.

PRKK, 2024. Betonilaatan päälle puukoolattu lattiarakenne – riskirakenne. PRKK.fi. Verkkojulkaisu: <<https://www.prkk.fi/blogi2/asuntokauppa/betonilaatan-paalle-puukoolattu-lattiarakenne>>. Viitattu 20.10.2024.

Puuinfo. Puulattian asennus. Verkkojulkaisu: <<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/Puulattian-asennus.pdf>>. Viitattu 2.11.2024.

Rakennustieto. 2022. RT 103500, Haitalliset aineet rakennuksissa. Tilaajan ohje. Rakennustieto.

Rakennustieto. 2023. RT 103528, Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Yleistä. Rakennustieto.

Siikanen, U. 2017. *Rakennusfysiikka: Perusteet ja sovelluksia*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys, 2022. Maanvastaiset rakenteet. Sisäilmayhdistyksen kotisivut. Verkkojulkaisu: <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet>>. Viitattu 19.10.2024.

Sivén, M. 2021. Mestarin vinkit. Puukoolatun lattian korjaustapoja. Rakennustaito.fi. Verkkojulkaisu: <<https://rakennustaito.fi/mestarin-vinkit-puukoolatun-lattian-korjaustapoja/>>. Viitattu 24.10.2024.

Suomen JVT- ja Kuivausliikkeiden Liitto ry. 2021. Rakennusten vahinkoselvitykset ja korjaaminen. Verkkojulkaisu: <<https://vahinkopalvelut.net/wp-content/uploads/2023/10/rakennusten-vahinkoselvitykset-ja-korjaaminen-2021.pdf>>. Viitattu 1.12.2024

Sustera, 2022. Betonilaatan yläpuolinen puulattiarakenne lasketaan riskirakenteeksi. Sustera.fi. Verkkojulkaisu: <<https://sustera.fi/ajankohtaista/asumisvinkit/betonilaatan-ylapuolinen-puulattiarakenne-lasketaan-riskirakenteeksi/>>. Viitattu 20.10.2024.

Talonrakennusteollisuus, Hotinen, H., Kivimäki, C., Lahtinen, M., Rakennustietosäätiö, Hotinen, H. k., . . . Lahtinen, M. k. 2019. Rakennustöiden menekit 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Työterveyslaitos. Asbesti. Työterveyslaitos.fi. Verkkojulkaisu: <<https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijöille/kemiallisten-tekijöiden-hallinta-tyopaikalla/asbesti>>. Viitattu 25.10.2024

Työterveyslaitos. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) materiaalinäytteistä. Työterveyslaitos.fi. Verkkojulkaisu: <<https://www.ttl.fi/palvelut/laboratoriopalvelut/naytteenotto-ohjeet/polysykliset-aromaattiset-hiilivedyt-pah-materiaalinaytteista>>. Viitattu 25.10.2024

Valvira. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa III. Asumisterveysasetus § 14-19. Ohje 8/2016. Valvira.fi. Verkkojulkaisu: <<https://valvira.fi/documents/152634019/163413488/Asumisterveysasetuksen-soveltamisohje-osa-3.pdf/dfb9ad3e-63d7-dafd-008e-7c34e674acf6/Asumisterveysasetuksen-soveltamisohje-osa-3.pdf?t=1714729761507>>. Viitattu 26.10.2024.

Viertola, S., Engineering, R. I. –. D. o. C., Environment, T. j. r. t. -. F. o. B. a. B., Technology, T. U. o., Teriö, O. & Kähkönen, K. 2016. Pienten korjaushankkeiden tuotannonohjaus. Verkkojulkaisu <<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23651/viertola.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>. Viitattu 30.11.2024.

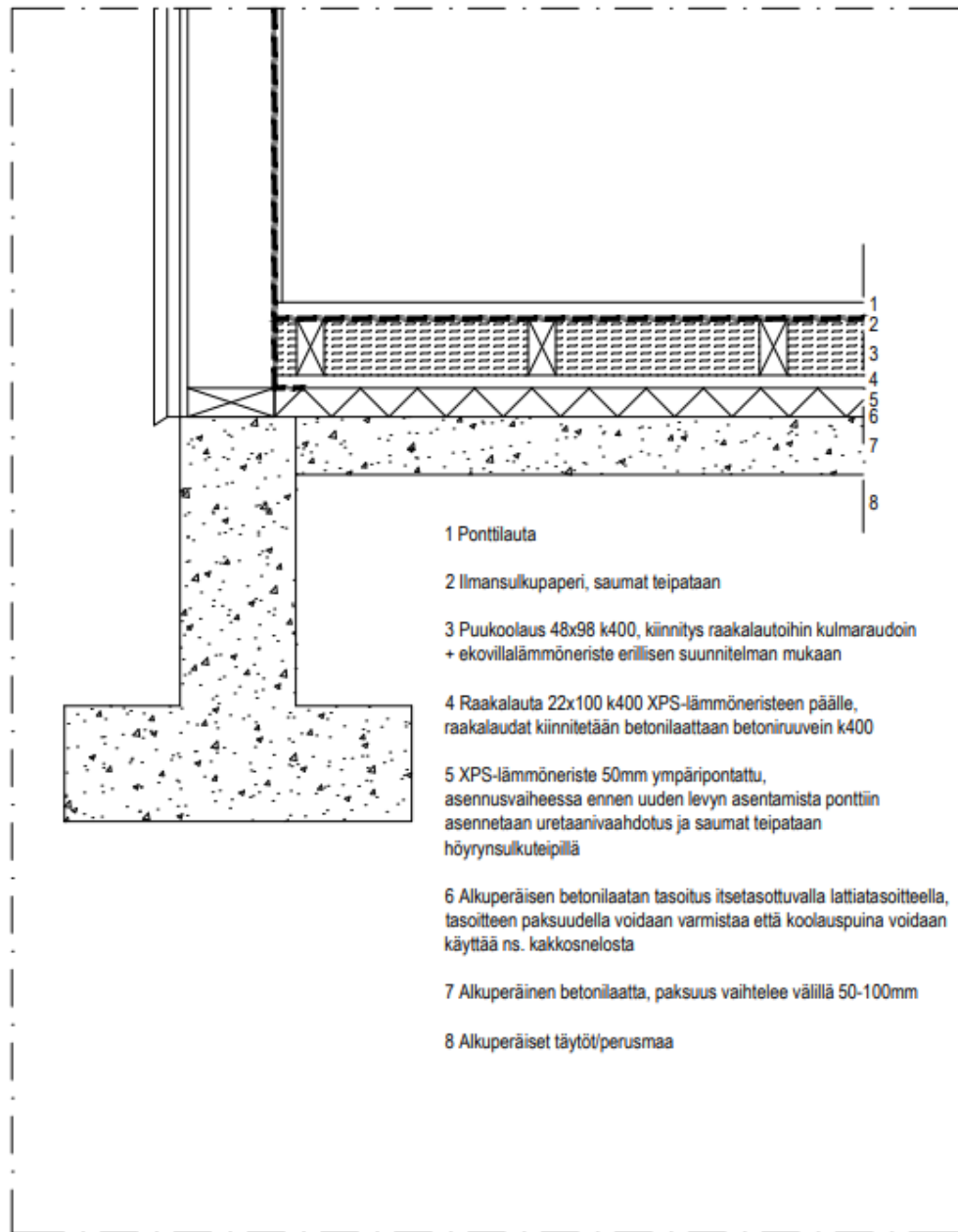
Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 25/2013. Ympäristöministeriö. Verkkojulkaisu: <[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25\\_2\\_2013YM\\_\\_asetus\\_lopullinen\\_FIN-\(2\)-924394EF\\_BED0\\_42F2\\_9AD2\\_5BE3036A6EAD-31396.pdf/24f8256a-4247-8a95-51bf-3f2440bdf5/NUMEROITU-25\\_2\\_2013YM\\_\\_asetus\\_lopullinen\\_FIN-\(2\)-924394EF\\_BED0\\_42F2\\_9AD2\\_5BE3036A](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-(2)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A6EAD-31396.pdf/24f8256a-4247-8a95-51bf-3f2440bdf5/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-(2)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A)>. Viitattu 30.10.2024.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Finlex. Verkkojulkaisu: <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>>. Viitattu 30.10.2024.

Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2020. Ympäristöministeriö. Verkkojulkaisu: <[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje\\_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA\\_E374\\_4983\\_A396\\_CC15D6830B7B-156354.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf)>. Viitattu 30.10.2024.

|       |  |                         |              |
|-------|--|-------------------------|--------------|
|       | TYÖNUMERO  |                         | TUNNUS       |
|       | PÄIVÄYS  | PIIRTAJA<br>JENS STÄHLS | <b>DET 1</b> |
| KOHDE | SISÄLTÖ<br>UUSI PUUKOOLATTU ALAPOHJARAKENNE<br>ULKOSEINÄN JA LATTIARAKENTEEN LIITTYMÄKOHTA |                         |              |

MITTAKAAVA 1:10



1 Ponttilauta

2 Ilmansulkupaperi, saumat teipataan

3 Puukoolaus 48x98 k400, kiinnitys raakalautoihin kulmaraudoin + ekovillalämmöneriste erillisen suunnitelman mukaan

4 Raakalauta 22x100 k400 XPS-lämmöneristeen päälle, raakalaudat kiinnitetään betoniastian betoniruuvein k400

5 XPS-lämmöneriste 50mm ympäriontattu, asennusvaiheessa ennen uuden levyn asentamista ponttiin asennetaan uretaanivaahdotus ja saumat teipataan höyrynsulkuteipillä

6 Alkuperäisen betoniastian tasoitus itetasottuvalla lattiatasoiteella, tasoitteen paksuudella voidaan varmistaa että koolauspuina voidaan käyttää ns. kakkosnelosta

7 Alkuperäinen betoniastia, paksuus vaihtelee välillä 50-100mm

8 Alkuperäiset täytöt/perusmaa