

# Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät ja kustannusvertailu

Lasse Väänänen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2025

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Rakennustuotanto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Rakennustuotanto

VÄÄNÄNEN, LASSE:

Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät ja kustannusvertailu

Opinnäytetyö 32 sivua  
Toukokuu 2025

---

Opinnäytetyössä selvitetään, mikä kaksoislaattapalkistoissa aiheuttaa sisäilma-ongelmia ja miten ongelmia aiheuttava rakenne korjataan. Kaksoislaattapalkistorakenteisia kerrostaloja, toimistoja ja koulurakennuksia on rakennettu vuosina 1910–1950. Opinnäytetyössä on tarkoitus määrittellä rakenteen vaurioitumisen syyt, tarvittavat kuntotutkimukset, korjausmenetelmät ja korjausmenetelmien kustannukset.

Kaksoislaattapalkistojen valamisessa käytetyt muottilaudat on usein jätetty rakenteen sisälle ja palkkivälien täyteaineena on käytetty orgaanista ainetta, joka kastuessaan aiheuttaa ajan myötä sisäilmaongelmia. Ongelmallisen rakenteen korjaamiseen on eri tapoja ja niiden välillä on suuria eroja työmäärän ja kustannusten kannalta. Työssä tarkastellaan erilaisia korjaustapoja rakenteelle.

Korjaustavoista esitetään kustannusvertailu. Kustannusvertailu auttaa korjausmenetelmän valinnassa. Korjausmenetelmien välillä on merkittävä ero työmäärän ja kustannuksien kannalta. Korjaustyön valinta riippuu myös kohteen rakennusvuodesta ja suunnitellusta käyttöikästä.

Kaksoislaattapalkiston korjauksen onnistumisen kannalta purkaminen ja uudelleenrakentaminen on paras vaihtoehto, koska siinä saadaan poistettua ongelman aiheuttaja. Kapselointi on huomattavasti nopeampi ja vaatii vähemmän työtä, mutta se ei poista ongelman aiheuttajaa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Construction Production

VÄÄNÄNEN, LASSE:  
Repair Methods and Cost Comparison of Double Slab Beams

Bachelor's thesis 32 pages  
May 2025

---

This thesis examined the repair methods of the double slab beam system and the associated costs. The purpose of this thesis was to present the background research required to identify indoor air problems and to help deciding which repair method is the most suitable for each worksite. The thesis also presents how the repair is implemented properly, which removes the origin of the problem that has led to the repair.

The double-slab beam system causes problems because the molding boards are usually left inside the structure after pouring concrete. Another problem with the structure is the filler material that was used between the years 1910–1950. The commonly used materials at that time were coke residue, sawdust, brick waste and mortar waste. Molding boards and the filler materials cause indoor air problems if water gets into the structure.

This thesis also includes a cost comparison of the repair methods to support decision making process and to help budget the repair. For the success of the double slab beam repair complete reconstruction is the best option, as it removes the root cause of the problem. Encapsulation is significantly faster, and it requires less work, but it does not eliminate the root cause of the problem.

---

Key words: indoor air, reconstruction, intermediate floors

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	YLEISTÄ KAKSOISLAATTAPALKISTOSTA .....	7
	2.1 Kaksoislaattapalkiston historia .....	7
	2.2 Kaksoislaattapalkiston rakenne .....	8
	2.3 Kaksoislaattapalkiston ongelmat .....	10
	2.4 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen .....	11
	2.4.1 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen diffuusiolla .....	12
	2.4.2 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen konvektiolla .....	13
	2.4.3 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen painovoiman avulla ..	13
	2.5 Mikrobivauriot .....	13
	2.5.1 Mikrobivaurioiden tunnistaminen .....	15
	2.6 Rakenteen kunnon selvittäminen .....	15
	2.6.1 Kosteusmittaukset .....	16
	2.6.2 Ilmanvuotoselvitys ja rakenneavaukset .....	17
	2.6.3 Asbestikartoitus ja haitta-ainetutkimukset .....	17
3	KORJAUSMENETELMÄT .....	18
	3.1 Kapselointi .....	18
	3.1.1 Kapseloinnissa käytettävät materiaalit ja menetelmät .....	18
	3.1.2 Kapselointi ja alipaineistus .....	19
	3.2 Orgaanisten aineiden poisto .....	20
	3.2.1 Purkaminen ja korjaaminen yläpuolelta .....	20
	3.2.2 Purkaminen ja korjaaminen alapuolelta .....	23
4	KUSTANNUSVERTAILU .....	26
	4.1 Kapseloinnin kustannukset .....	26
	4.1.1 Kapseloinnin ja alipaineistuksen kustannukset .....	26
	4.2 Purkamisen ja korjaamisen kustannukset yläpuolelta .....	27
	4.3 Purkamisen ja korjaamisen kustannukset alapuolelta .....	28
5	POHDINTA .....	30
	LÄHTEET .....	32

**LYHENTEET JA TERMIT**

VOC	Volatile organic compounds
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons

## 1 JOHDANTO

Vanhoissa 1910–1950 luvulla rakennetuissa betonirunkoisissa kerrostaloissa, kouluissa ja toimitilarakennuksissa esiintyy usein sisäilmaongelmia ja mikrobivaurioita. Sisäilmaongelmien aiheuttaja voi olla vaikea paikallistaa. Tärkeää on paikallistaa ongelman aiheuttaja ja sen korjaaminen. Riskirakenteet ovat yleisiä ongelman aiheuttajia, joten niiden tutkimisesta on hyvä aloittaa ongelman paikallistaminen. Rakennuksen riskirakenteet voidaan usein todeta vanhoja rakennepiirustuksia tutkimalla. Kaksoislaattapalkisto on todettu yhdeksi riskirakenteista vanhoissa rakennuksissa. Tässä työssä käsitellään pelkästään kaksoislaattapalkistoja.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmiä ja vertaillaan korjausmenetelmien kustannuksia. Työn tavoitteena on esittää mikä tekee kaksoislaattapalkistosta riskirakenteen ja mitkä tekijät aiheuttavat kosteus- ja mikrobivaurioita rakenteessa. Työssä käsitellään mitä kaksoislaattapalkiston kuntotutkimukset sisältävät ja miksi laajat kuntotutkimukset ovat tärkeä tehdä.

Työn tarkoituksena on esittää kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmiä ja niiden välisiä eroja, sekä mitä riskejä ja ongelmia eri korjausmenetelmissä voi tulla eteen. Työssä käydään läpi eri korjaustapojen toteuttaminen ja niissä tarvittavat työvälineet. Työn lopussa on esitetty kustannusvertailu, joka antaa kuvan korjaustapojen laajuudesta.

Työ on tehty itsenäisesti ja sitä varten on käytetty kirjallisuuslähteiden lisäksi Lu-jatalo Oy:n tietoja haastattelun, sekä käynnissä olevan korjauskohteen kuvien kautta.

## 2 YLEISTÄ KAKSOISLAATTAPALKISTOSTA

### 2.1 Kaksoislaattapalkiston historia

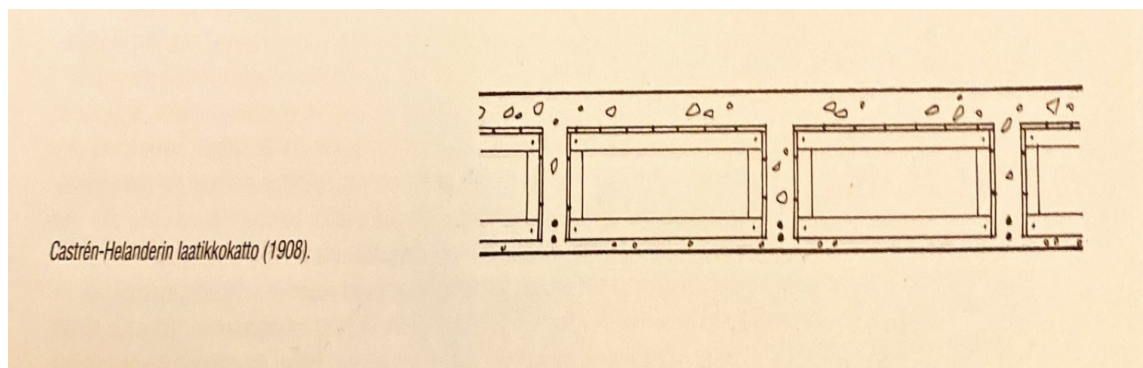
Ensimmäisiä kaksoislaattapalkistorakenteisia välipohjia on alettu rakentamaan vuonna 1909 Ruotsalaisen rakennusliikkeen Kreuger & Toll toimesta. Rakennetta on käytetty Suomessa ensimmäisen ja toisen maailmansodan välisenä aikana, sekä hieman toisen maailmansodan jälkeen. Tuohon aikaan lähes kaikki välipohjat olivat teräsbetoni rakenteisia. Kaksoislaattapalkistoa on käytetty suurimmaksi osin julkisessa- ja toimistorakennuksessa, mutta rakennetta on käytetty myös asuinkerrostalojen ylä- ja välipohjissa. Kaksoislaattapalkiston käyttö vähentyi toisen maailmansodan jälkeen. (Neuvonen, Mäkiö & Malinen 2002, 100.)

Betonin käyttöä alettiin suosia muiden materiaalien sijaan, koska teräsbetonin kanto- ja palonkestävyys oli parempi. Betoni ei myöskään lahonnut kuten puu. Betonirakentaminen ei rajoittunut rakennuksen muotoilun takia. Betonin käyttöönotto uudisti laajasti rakennusala. Suurin uudistus tapahtui, kun betonia alettiin jäykistämään raudoituksella. Suomeen betonirakentamisen osaaminen siirtyi ulkomailta kirjallisuuden, ammattilehdistön, ulkomaisten opintojen, opintomatkojen ja maahan tulleiden ammattiossaajien kautta. (Neuvonen ym. 2002, 28.)

Tärkein käyttökohde teräsbetonille oli välipohjat. Teräsbetonisen välipohjan hinta ei ollut puuvälipohjaa paljoa suurempi, mutta sen paloturvallisuus oli paljon parempi. Suomessa talonrakennuksessa tarvittiin harvoin insinöörien apua, joten maassa ei ollut juurikaan talonrakennukseen suuntautuneita insinöörejä. Teräsbetonirakentamisen myötä talonrakennusinsinöörit lisääntyivät, koska rakenteet vaativat laskennallista mitoitusta ja erityisymmärrystä statiikasta. (Neuvonen ym. 2002, 29.)

## 2.2 Kaksoislaattapalkiston rakenne

Kaksoislaattapalkiston rakenne koostuu kantavista teräsbetonipalkeista, ylälaatasta ja ohuemmasta ei-kantavasta alalaatasta. Yläpinnan kantavan teräsbetonilaatan paksuus on noin 60 mm. Kaksoislaattapalkistoissa yleensä on valettu ensimmäisenä alalaatta ja sen jälkeen tehty muotit palkistoille ja ylälaatalle. Teräsbetonisen alalaatan paksuus on noin 40 mm. Kantavien sekundääripalkkien korkeus vaihtelee 360–450 mm välillä. Sekundääripalkkien korkeuteen sisältyy molemmat teräsbetonilaatat. Palkkeihin ja ylälaattaan käytettiin laatikoiden muotoisia muotteja, josta rakenne sai myös nimen laatikkoholvi (kuva 1). Muottilaudoitustaatettiin purkaa tai jättää paikoilleen tilanteen mukaan. Tavanomainen jänneväli palkkeille oli noin 5–6 m ja etäisyys keskeltä keskelle noin 1000–1200 mm (Mäkiö, Malinen, Neuvonen, Sinkkilä, Tuunanen, & Saarenpää 2002, 122.)

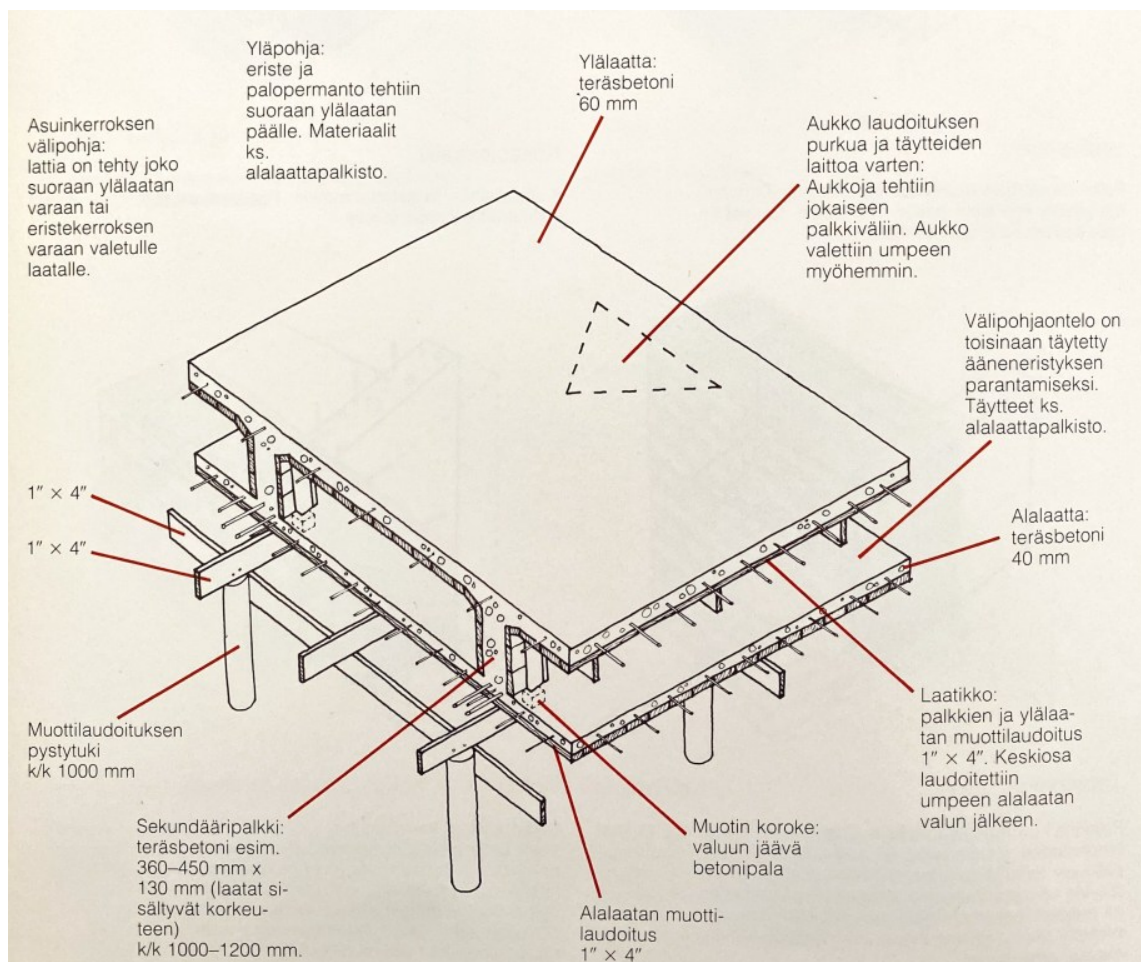


KUVA 1. Laattikkokattorakenne (Neuvonen ym. 2002, 98.)

Kaksoislaattapalkistolla on hyvä kanto- ja palonkestävyys. Teräsbetonipalkin kantokestävyys perustuu raudan ja betonin toimimiseen yhtenäisesti. Teräksen käyttäminen betonissa on mahdollista, koska Teräksellä ja betonilla on lähes samat lämpölaajenemiskertoimet. Betoniin suunnitellaan rauditus niin, että betoni ottaa puristusrasituksen vastaan ja rauta puolestaan vetorasituksen. Betoni kestää hyvin puristusta, mutta ei leikkausta, vetoa tai taivutusta. Betonin ja raudan yhdistämisen avulla saadaan molemmista materiaaleista parhaat puolet hyödynnettyä. Tavallisesti välipohjapalkeissa vetojännitys kohdistuu palkin keskiosassa rakenteen alareunaan, koska rakenne on tuettu molemmiin puolin ja rakenteen omapaino ja kuormat aiheuttavat väännön rakenteessa. Reuna-alueilla eli tukien lähellä vetojännitys siirtyy palkin yläpintaan tukien päällä olevan vastavoiman takia. Tämän vuoksi vetorauditus on sijoitettu keskellä palkin alapintaan ja lähellä

tukia se on taivutettu 45 asteen kulmaan ja nostettu palkin yläpintaan. (Neuvonen ym. 2002, 97.)

Teräsbetonin toiminnan kannalta raudan täytyy tarttua betoniin, jotta voimat siirtyvät betonista raudoitukselle. Ennen 1940-lukua raudoituksessa käytettiin sileitä pyörörautoja. Sileäpintainen raudoitus ei tarttunut betoniin riittävän hyvin, joten raudoitus toteutettiin kääntämällä rautatangon pää koukulle. Koukulle käännetty pää toimii betonin sisällä kuin ankkuri. 1940-luvun jälkeen harjateräksen käyttö yleisty ja raudoituksen tarttuvuus betoniin parantui raudan pinnan muotojen ansiosta, eikä rautojen päitä tarvinnut enää kääntää koukulle. Kuvassa 2. esitetty kaksoislaattapalkiston rakenne. (Neuvonen ym. 2002, 97.)



KUVA 2. Kaksoislaattapalkisto. (Mäkiö ym. 1990, 122.)

### 2.3 Kaksoislaattapalkiston ongelmat

Kaksoislaattapalkistoihin on useasti jätetty muottilaudat ontelotilaan valun jälkeen, koska muottilautojen purku valun jälkeen on työläs ja aikaa vaativa työvaihe. Toinen ongelma kaksoislaattapalkistoissa on 1910–1950-luvulla käytetyt täyteaineet. Osa täyteaineista on orgaanista, joka voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. Kaksoislaattapalkiston täyteaineena on voitu käyttää turvepehkoa, kutterinlastua, sahanpurua, tiilimurskaa, laastijätettä ja koksikuonaa (kuva 3). Rakenne luokitellaan siis riskirakenteeksi muottilautojen ja orgaanisten eristeaineiden vuoksi. Jos rakenteen sisälle pääsee kosteutta muottilaudat ja orgaaniset eristeaineet alkavat aiheuttamaan sisäilmaongelmia rakennuksessa. (Neuvonen ym. 2002, 106.)

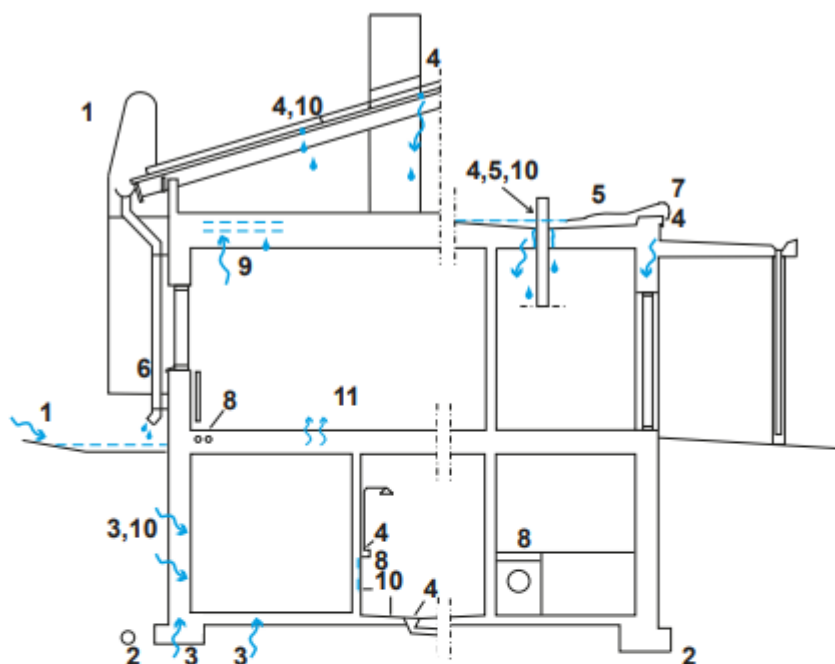


KUVA 3. Ylälaatta poistettu osittain ja palkkiväleissä koksikuonaa. (Pätsi 2024.)

Rakennetta on käytetty sodan jälkeen, koska sen rakentaminen on ollut nopeaa ja edullista. Rakenne toimii ongelmitta niin kauan, kun rakennukseen ei asenneta koneellista ilmanvaihtoa. Rakennuksissa ei ole ilmennyt ongelmia, kun käytössä on ollut vain painovoimainen ilmanvaihto ja rakennuksesta ei ole tehty alipaineistettua. Alipaineistettuna rakennuksessa korvausilma pääsee kulkemaan ongelmallisen välipohjarakenteen läpi sisäilmaan, joka aiheuttaa sisäilmaongelmia. Koksikuona sisältää PAH-yhdisteitä, joka pahentaa tilannetta. Pitkällä aikavälillä muottilaudat mätänevät myös sisäilman kosteuden kulkiessa rakenteen läpi. (Tikkamäki 2025.)

## **2.4 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen**

Käytön aikana rakennuksen sisällä on useita kosteuslähteitä kuten sisäilman vesihöyry, roiskevesi ja vesivahingot. Sisäilman vesihöyry lisääntyy, kun ihmiset hengittävät tai käyttävät vettä rakennuksessa. Vesivahingot johtuvat esimerkiksi putkivuodoista tai käyttövirheistä. Ulkoisia kosteuslähteitä ovat ulkoilman vesihöyry, vesi- ja lumisade, maaperän kosteus sekä pinta- ja pohjavesi. Rakennusmateriaaleista siirtyy myös kosteutta rakennuksen sisälle. Esimerkiksi rappaus ja tasointu kuivuu, jolloin sisäilmaan siirtyy kosteutta. Kuvassa 4. esitetty rakennuksen kosteuslähteitä. (Ympäristöministeriö 2020, 11.)



- 1 sade, lumi, jää, katto- ja valumavedet
- 2 salaojien puuttuminen tai puutteellinen toiminta
- 3 maakosteus
- 4 läpivientien, kiinnitysten ja liittymien vuodot
- 5 puutteellinen lämmöneristys, kosteuden kondensoituminen
- 6 syöksytörvien ja pellitysten vuodot
- 7 räystäiden vuodot
- 8 putkivuodot, laitevauriot
- 9 sisäilman vuodot, konvektio ja kosteuden kondensoituminen
- 10 vedeneristysten vuodot
- 11 rakennekosteus

KUVA. 4 Rakennukseen siirtyvän kosteuden lähteet (Rakennustieto 2023.)

#### 2.4.1 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen diffuusiolla

Diffuusiolla kosteus siirtyy suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään päin. Diffuusiota tapahtuu ilmassa ja kiinteän aineen huokosilmassa. Yleensä diffuusio tapahtuu rakennuksen sisältä ulospäin, koska sisäilman vesihöyryn osapaine on suurempi kuin ulkoilman. Talvella diffuusion merkitys on suurempi, koska ulko- ja sisäilman vesihöyryn osapaine-erot ovat suuremmat. Kaksoislaattapalkiston kotelotilaan voi siirtyä kosteutta diffuusion kautta, jos kotelotilan vesihöyryn osapaine on pienempi kuin huoneilman. Pahimmassa tapauksessa vesihöyry voi tiivistyä kotelotilaan, jos kosteuserot huoneilman ja kotelotilan välillä on tarpeeksi suuret. (Rakennustieto 2023, 3.)

### **2.4.2 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen konvektiolla**

Konvektiossa kosteus siirtyy ilmanvirtauksen mukana kokonaispaine-erojen takia. Ilman virtaussuunta on suuremmasta paine-erosta pienempään päin. Ilman virtausta tapahtuu rakeenteen läpi, jos materiaali on huokoista tai rakenteessa on ilman kulkemiselle riittäviä rakoja. Paine-eroihin rakennuksen sisällä vaikuttaa ilmanvaihto, tuuli ja lämpötilaerot. Kosteus kulkee ilmavirran mukana ja se voi aiheuttaa rakenteessa ongelmia, jos lämpötilaerot huoneilman ja rakenteen välillä ovat suuria. Vesi kondensoituu kaksoislaattapalkiston kotelotilassa, jos sen ja huoneilman lämpötilaerot ovat tarpeeksi suuret kastepisteen saavuttamiseksi. Kondensoitumisessa ilman vesihöyry tiivistyy nesteeksi ilmaan, aineen pinnalle tai sen huokosten sisälle. Kondensoitumista tapahtuu, kun ilman kosteus on suurempi kuin ilman lämpötilan kyllästyskosteus. Konvektiossa siirtyvät kosteusmäärät ovat yleisesti suuremmat kuin diffuusiosta.

(Rakennustieto 2023, 4.)

### **2.4.3 Kosteuden siirtyminen rakenteeseen painovoiman avulla**

Kosteus siirtyy painovoiman avulla rakenteita pitkin alaspäin. Jos rakenteen pinnat eivät ole tiiviit, kosteus pääsee valumaan painovoiman avulla rakennetta pitkin sen läpi. Kaksoislaattapalkistorakenteessa syntyy ongelma, jos vesivahingon jälkeen ei saada vettä heti välipohjan päältä pois. Painovoiman avulla vesi kulkeutuu kotelotilaan ja imeytyy orgaanisiin täyteaineisiin sekä muottilautoihin. Painovoimainen kosteuden siirtyminen kaksoislaattapalkistoon on yleisin ongelma vesivahinkojen ja timanttitorauksien takia. (Rakennustieto 2023, 4.)

## **2.5 Mikrobivauriot**

Mikrobeja kulkeutuu rakennusten sisälle ihmisten mukana ulkoilmasta ja sisätilojen mikrobilähteistä. Sisätilojen mikrobilähteitä on esimerkiksi elintarvikkeet. Sisäilman mikrobipitoisuudet ovat normaalisti pieniä ja harmittomia ihmiselle. Mikrobit ovat ihmisille ongelmallisia, jos ne pääsevät kulkeutumaan rakenteiden si-

sälle ja alkavat kasvamaan. Materiaalien homeutumisherkyys riippuu materiaalin huokoisuudesta, materiaalin orgaanisista aineista, mikrobien käyttämistä ravinteista ja pH-arvosta. Materiaalien homeutumisherkyys esitettynä taulukossa 1. (Rakennustieto 2023, 7.)

TAULUKKO 1. Rakennusmateriaalien homeutumisherkyysluokat. (Rakennustieto 2023, 9.)

Homeutumisherkyysluokka		Rakennusmateriaalit
HHL1	Hyvin herkkä	Karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty, kuusi ja lehtipuut), höylätty mänty, koivuvaneri, käsittelemätön huokoinen puukuitulevy, kartonki - pintainen 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, kevyt - betoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet, kuitusementtilevy, lasikuitupintainen kipsilevy.
HHL4	Kestävä	Lasi ja metalli, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homeensuoja-aineita sisältävät materiaalit.

Mikrobit vaativat kasvamiseen kosteutta, lämpöä ja aikaa. Homeiden kasvu alkaa, kun suhteellinen kosteus ylittää 70 %RH ja lämpötila on +5–55 °C. Bakteerien kasvaminen alkaa suhteellisen kosteuden ylittäessä 90 %RH. Paras kasvuympäristö mikrobeille on lämpötilassa +20–30 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa yli 95 %RH. Mikrobit kasvavat yleensä nopeampaa rakenteissa, kun kosteus on peräisin vuodosta tai kondensoitumisesta verrattuna vesihöyryn aiheuttamaan kosteuteen. Mikrobien kasvu hidastuu huomattavasti lämpötilan ollessa alle 0 °C. (Rakennustieto 2023, 8.)

### **2.5.1 Mikrobivaurioiden tunnistaminen**

Mikrobivaurion mahdollisuudet kasvaa, jos rakenne on päässyt kastumaan useita kertoja tai on jatkuvasti kostea. Välipohjarakenteen jatkuva kastuminen voi johtua esimerkiksi puutteellisesta vedeneristyksestä märkätilassa tai putkivuodosta. Mikrobivaurion merkkejä ovat tunkkainen haju, kosteusläikät, homekasvusto, tummuneet laatoituksen saumat, irtoava maali ja tummunut tai turvonnut puuverhous. Mikrobivaurioiden toteaminen vaatii kuitenkin kuntotutkimuksia ja rakenteesta otettavia mikrobiologisia näytteitä. (Rakennustieto 2023, 11.)

### **2.6 Rakenteen kunnan selvittäminen**

Kuntotutkimuksessa rakennuksen, rakennusosien ja järjestelmien kunto tutkitaan. Kuntotutkimuksissa rakenteita joudutaan usein rikkomaan, jotta saadaan tarpeeksi laaja kuva rakennuksen kunnosta. Kuntotutkimusten avulla saadaan tehtyä korjaustapaehdotuksia korjaussuunnittelun lähtötiedoksi. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaustöihin tarvitaan useita erilaisia kuntotutkimuksia ennen korjaustöiden aloittamista. (Rakennustieto 2023, 7.)

Rakenteen kuntoa lähdetään selvittämään, kun on havaittu sisäilma- tai mikrobi-ongelmia. Korjauksen onnistumisen edellytyksenä on rakenteen vaurioiden aiheuttajan etsiminen ja vaurioiden laajuuden riittävä tutkiminen. Tutkimuksissa tärkein kohta on rakenteen orgaanisten materiaalien kunnan selvitys. (Hongisto, L. 2016.)

Tutkiminen on hyvä aloittaa aistinvaraisella tarkastelulla, jonka jälkeen rakennuksen kuvia ja huoltohistoriaa tarkastelemalla. Kuvista selviää, onko rakennuksessa tiedettyjä riskirakenteita ja huoltohistoriasta voi löytyä tiedossa olevia ongelman aiheuttajia. (Hongisto, L. 2016.)

### 2.6.1 Kosteusmittaukset

Kosteusmittauksista selviää, jos rakenteen sisälle on päässyt kosteutta. Kosteutta rakenteisiin on voinut päästä esimerkiksi rakenteen vaurioitumisen takia. Kosteutta rakenteeseen voi päästä myös, jos rakenteen läpi virtaa sisäilman kosteus. Kosteusmittaukset tulisi ottaa useista eri kohdasta mitaten ontelotilan ja betonirakenteen kosteutta. Kosteusmittausten jälkeen on hyvä tehdä ilmavuotoselvitys. Kuvassa 5. kosteusvaurioituneita muottilautoja (Hongisto, L. 2016.)



KUVA 5. Kosteusvaurioituneita muottilautoja (Pätsi 2024.)

## 2.6.2 Ilmanvuotoselvitys ja rakenneavaukset

Ilmanvuotoselvitys tehdään esimerkiksi merkkisavun, tai merkkiaineanalyysointorin avulla. Ilmanvuotoselvityksestä saadaan selville, onko rakenteet tiiviitä vai löytyykö niistä vuotokohtia.

Rakenteeseen tulee tehdä rakenneavauksia useammasta kohdasta. Rakenneavauksien avulla päästään näkemään ja haistamaan mahdollisesti vaurioitunutta rakennetta. Rakenneavauksien avulla saadaan paljon tietoa korjauksen laajuudesta ja kustannuksista. Rakennusavauksen yhteydessä tulee heti ottaa mikrobinäyte ontelotilasta, jotta saadaan mahdollisimman tarkka tulos. (Hongisto, L. 2016.)

## 2.6.3 Asbestikartoitus ja haitta-ainetutkimukset

Vanhat rakennukset, jotka ovat rakennettu ennen vuotta 1994 saattavat sisältää asbestia. Asbestin myyminen ja käyttö kiellettiin 1.1.1994. Näissä rakennuksissa ennen korjaus- ja purkutöiden aloittamista tehdään asbestikartoitus ja haitta-ainetutkimus. Asbestikartoituksessa selvitetään mahdollisen asbestin sijainti rakenteissa, teknillisissä järjestelmissä, sekä asbestia sisältävien materiaalien pölyväisyys. Rakenteista otetaan näytteitä, jotka analysoidaan laboratoriossa asbestin varalta. Asbestianalyysia tarvitaan tilojen käyttöturvallisuuden arviointiin, korjaus- ja purkutöiden suunnitteluun, kustannuslaskentaan, työturvallisuusriskien hallintaan, sekä jätteiden lajitteluohjeiden laatimiseen. Haitta-ainetutkimuksessa tutkitaan rakennuksen sisältämiä haitta-ainepitoisia materiaaleja. Haitta-ainetutkimukset tehdään pintamateriaaleista, sekä rakenteiden sisällä olevista ja sinne imeytyneistä materiaaleista. Tulokset esitetään haitta-ainetutkimusraportissa. Tutkimusten laadukkuus on tärkeää työn kustannusten arvioinnin ja työturvallisuuden kannalta. (Rakennustieto 2023, 9.)

## 3 KORJAUSMENETELMÄT

### 3.1 Kapselointi

Kapseloinnissa pyritään estämään riskirakenteessa olevien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien siirtyminen konvektion ja diffuusion avulla puhtaaseen sisäilmaan. Kapseloinnin korjauslaajuus on usein normaalia tiivistämistä suurempi, koska rakenteita voidaan joutua avaamaan tai purkamaan. Kaikissa tapauksissa pelkkä tiivistäminen ei täytä haluttuja vaatimuksia, joten kapselointi on pakollinen.

Kapseloinnilla voidaan hallita esimerkiksi rakenteiden sisältämiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) ja polysyklisiä aromaattisia hiilivety-yhdisteitä (PAH). (Ympäristöministeriö, 59. 2019.)

Kapseloinnissa käytettävän eristävän materiaalikerroksen tulee ulottua täysin riskirakenteen pinta-alalle. Tärkeää on myös tietää käytettävän korjausmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys ja ilmanläpäisevyys riskirakenteessa sijaitsevalle epäpuhtaudelle. Korjausmateriaaliksi kannattaa valita aikaisemmin toimivaksi todettuja materiaaleja. Korjauksen seurauksena rakenteen toivomattomat ilmavuodot poistuvat ja rakenteeseen tulee lisää kerroksia, jonka seurauksena rakenteen sisäkerrosten kuivuminen voi vaikeutua.

#### 3.1.1 Kapseloinnissa käytettävät materiaalit ja menetelmät

Kapseloinnissa voidaan käyttää pinnoitteita tai höyrynsulkukalvoja. Käytettävillä pinnoitteilla ja höyrynsulkukalvoilla tulee olla korkea vesihöyrynvastus. Höyrynsulkukalvoa käytettäessä rakenteen kosteus voi kuivua sisälle ja ulospäin. Jos maanvastaisia rakenteita pitkin nousee kosteus kapillaarisesti, kapselointiepoksia ei kannata käyttää.

Käytettäviä pinnoitteita ovat esimerkiksi epoksihartsi, akryylihartsi, yksikomponenttinen polymeeripohjainen pinnoite ja kasviöljypohjainen elastinen pinnoite. Sopivia höyrynsulkukalvojen materiaaleja ovat esim. polyamidi, alumiinilaminoitu muovi ja bitumi.

Betonia kapseloidessa käytetään esim. höyrynsulkuepoksia. Öljypitoista betonia tai tiiltä ei voi kapseloida. Öljypintaisen betonin kapselointi onnistuu vain, jos betonin pinnasta on jyrstetty tai piikattu kaikki öljyn kyllästämät kerrokset pois. Betonipinnan täytyy olla luja, karhea ja puhdistettu kaikista tartuntaan vaikuttavista aineista. (Ympäristöministeriö, 60, 2019).

Betonilattian kapseloinnissa viimeiselle käsittelykerrokselle sirotellaan esimerkiksi kvartsihiekkaa reunatiivistyksen ja lattian tasoituksen tartuntaa varten. Suuren diffuusiovastuksen muovipäällystettä käytettäessä tasoitekerroksen tulee olla kuiva ja riittävän paksu, jotta päällysteen kiinnitysliiman kosteus pääsee tasaantumaan riittävästi. Tasoitekerroksen ollessa liian kostea, syntyy riski päällysteen tai liiman vaurioitumiselle. (Ympäristöministeriö, 60, 2019).

### **3.1.2 Kapselointi ja alipaineistus**

Kapseloinnin lisäksi voidaan tehdä vielä alipaineistus, tämä toimenpide tunnetaan myös nimellä rakenteellinen kapselointi. Tarkoituksena on tehdä ilmanvaihtokanavia kaksoislaattapalkiston ontelotilaan, joka tuuletetaan koneellisesti. Näin vanhan rakenteen haitta-aineet eivät pääse kulkeutumaan rakenteiden läpi puhtaaseen sisäilmaan, vaan Haitta-aineet kulkeutuvat suunniteltuun tuuletustilaan. (Ympäristöministeriö, 61, 2019).

Korvausilma järjestelmälle otetaan tuuletettavan tilan huoneilmasta. Tästä voi syntyä ongelma, jos korvausilman mukana kulkee paljon pölyä tuuletustilaan. Pöly tuuletustilassa heikentää ilmanvirtausta ja luo kasvualustan mikrobeille. (Ympäristöministeriö, 60, 2019).

Tämä vaihtoehto vaatii vähintään koneellisen poistoilmajärjestelmän ja korvausilmaventtiilien suodattimien säännöllisen vaihtovälin. Suositeltavin vaihtoehto on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on vaihdettavat suodattimet (Ympäristöministeriö, 61, 2019).

## **3.2 Orgaanisten aineiden poisto**

Orgaanisten aineiden poisto tehdään, kun tutkimusten perusteella todetaan rakenteen organiset aineet selvästi vaurioituneeksi. Orgaanisten aineiden selkeä vahingoittuminen johtuu yleensä ulkopuolisen kosteuden pääsystä rakenteeseen.

Orgaanisten aineiden poistossa rakenne avataan, joko ylä- tai alapuolelta ja rakenteesta poistetaan kaikki orgaaninen aine. Tämän jälkeen palkkivälit ja jäljellä olevan laatan sisäpuoli tulee hiekkapuhaltaa vielä puhtaaksi. Tällä korjausmenetelmällä varmentua siitä, että rakenteesta ei jatkossa kulkeudu haitta-aineita huoneilmaan. Orgaanisten aineiden poisto ja uudelleenrakennus on korjausvaihtoehtoista työläin, mutta ainoa tapa, jolla poistetaan ongelman aiheuttaja rakenteesta täysin. Tätä vaihtoehtoa kannattaa käyttää esimerkiksi, kun rakenteen käyttöikä lähenee loppua ja on riskinä muiden vieressä olevien rakenteiden vaurioituminen. Uudelleenrakentamisvaiheessa vanhat orgaaniset täyteaineet korvataan esimerkiksi lasimurskalla

### **3.2.1 Purkaminen ja korjaaminen yläpuolelta**

Yläpuolelta purkaminen aloitetaan laatan purkamisella. Hyvä taktiikka tähän on laatan sahaaminen pienemmiksi paloiksi ja sen jälkeen irrotus piikkaamalla tai kampeamalla sahattu laatta. Sahauksessa täytyy varoa, ettei sahan terä kulje liian syvällä ja tee palkkien yläosaan vahinkoa tai pahimmassa tapauksessa katkaise yläpinnan raudoitusta. Laatan poistamisen jälkeen palkkivälien päälle on hyvä rakentaa kulkusillat, koska alalaatta ei ole suunniteltu kantamaan, kuin oman painonsa.

Ylälaatan poistamisen jälkeen tulee purkaa mahdolliset muottilaudat ja täyteaineet palkkiväleistä. Täyteaineiden poistamisessa on hyvä käyttää esimerkiksi imukonttia, jonka avulla saadaan imettyä täyteaineet suoraan rakenteesta pois. Tämän vaiheen jälkeen alalaatta ja palkkivälit tulee imuroida ja hiekkapuhalttaa (kuva 6), jotta kaikki mahdollisesti tarttuneet mikrobit ja haitta-aineet saadaan poistettua rakenteesta.



KUVA 6. Palkkivälit puhdistettu, hiekkapuhallettu ja pölynsidontamaalattu. (Pätsi 2024.)

Uudelleenrakentamisessa on tarkistettava, että rakenteeseen ei ole jäänyt yhtään orgaanisia aineita eikä niitä päädy rakenteeseen työvaiheiden edetessä. Palkkivälit voidaan täyttää esimerkiksi lasimurskalla ja ylälaatan muottina käytetään esimerkiksi poimulevyä, jonka päälle asennetaan rauditus. Jos askeläänien kulkeutuminen rakenteita pitkin halutaan estää, voidaan palkkien päälle asentaa tärinää vaimentavaa materiaalia esimerkiksi sylomer (kuva 7). Ylälaatan valamisen jälkeen rakenne on pintamateriaalia vaille valmis ja korjattu.



KUVA 7. Palkkien päälle asennettu sylomer kaistat. (Pätsi 2024.)

Rakenteen purkamien yläpuolelta aiheuttaa haasteita työmaan logistiikan puolesta. Ylälaatan poistamisen jälkeen ei ole enää lattiaa, jonka päällä kuljettaa purkujätettä pois tilasta. Ongelmia voi tulla myös, jos palkkivälit imetään tyhjäksi ja koksikuonan lisäksi löytyykin muita täyteaineita, kuten laasti- ja tiilijätettä. Laasti- ja tiilijätettä imettäessä imuletkut ja imukone voi vahingoittua hidastaen työtä. Laasti- ja tiilijätettä löytyy täyteaineina vanhoissa tiilitaloissa, koska rikkinäiset tiilet ja ylimääräiset laastit on heitetty täyteaineeksi. Yläpuolelta purkaminen on kuitenkin turvallisempi vaihtoehto verrattuna alapuolelta purkamiseen. (Tikkamäki 2025)

### 3.2.2 Purkaminen ja korjaaminen alapuolelta

Rakenteen purkaminen alapuolelta tehdään, kun purku yläpuolelta on vaikeaa tai mahdotonta. Alapuolisen laatan purkaminen on vaikeampi toteuttaa, koska huone-tila on usein korkea. Alapuolen laatta on usein ylälaattaa hieman ohuempi, joten purkujätteen määrä on pienempi, kun yläpuolelta purettaessa.

Alapuolelta purettaessa osastointi on hankala toteuttaa laadukkaasti. Alapuolelta purettaessa laatta on vaarallista ja vaikea sahata, joten purkaminen toteutetaan purkurobotilla. Purkurobotilla purettaessa pitää varoa, ettei palkkien alapinta halkeaa. Palkin alapinnan haljetessa vetoterästen tartunta heikkenee ja palkin kantokyky laskee. Yli kolmen metrin korkeuteen purkurobotilla purkaminen on haastavaa, koska usein purkurobotit ei ole suunniteltu yli kolmen metrin ulottuviin purkutehtäviin. Yli kolmen metrin huonekorkeudessa purkuroboteilla joudutaan usein purkamaan suoraan ylöspäin, jolloin purkurobotin hydraulikkaletkut, sylinterit ja sähköjohto saattaa vaurioutua purkujätteen tippuessa niiden päälle. Alapuolelta purettaessa työmaalogistiikka on helpompi toteuttaa yläpuolelta purkamiseen verrattuna, koska lattiaa ei ole poistettu. (Tikkamäki 2025)

Alalaatan purkamisen yhteydessä palkkiväleistä saattaa tippua täyteainetta ja muottilaudoitusta (kuva 8). Täyteaineiden ja muottilautojen poistamisen jälkeen palkkivälit puhdistetaan ja hiekkapuhalletaan. Alakautta rakennetta korjattaessa täyteaineena ei voida käyttää vaahtolasimursketta, vaan palkkiväleissä käytetään esimerkiksi mineraalivillaa. Alalaatan uudelleen valaminen on haastavaa, joten helpompi tapa viimeistellä korjaus on levytys. Levytys onnistuu, kun palkkeihin kiinnitetään metalli tai puurunko (kuva 9) levytystä varten.



KUVA 8. Alalaatta purettu robotilla. (Pätsi 2024.)



KUVA 9. Puurunko asennettuna levytystä varten. (Pätsi 2024.)

## 4 KUSTANNUSVERTAILU

### 4.1 Kapseloinnin kustannukset

Kapseloinnin kustannukset muodostuvat pintamateriaalin poistamisesta, pinnan hiomisesta, mahdollisten halkeamien injektoimisesta, pinnan imuroinnista, primeroinnista, tasoitteen levittämisestä ja kapselointiaineen asentamisesta.

Kapseloinnin hinnan laskemisessa käytetty FESCON Tartuntapohjuste PLUS primeriä, FESCON FlowPlan tasoitetta ja FESCON Nanten Epoxy Barrier kapselointiainetta. Poistettava pintamateriaali on muovimatto ja purku tehdään petkeleellä. Työmenekit laskettu yhdellä rakennusammattihenkilöllä.

TAULUKKO 2. Kapseloinnin kustannukset.

Työnimike	Hinta
Pintamateriaalin poistaminen	3,54 € / m <sup>2</sup>
Pinnan hiominen / jyrsiminen koneellisesti	2,07 € / m <sup>2</sup>
Imuroiminen	0,68 € / m <sup>2</sup>
Primerointi	3,73 € / m <sup>2</sup>
Tasoitteen asennus	20,45 € / m <sup>2</sup>
Kapselointiaineen asennus	25,78 € / m <sup>2</sup>
<b>Hinta yhteensä</b>	<b>56,25 € / m<sup>2</sup></b>

#### 4.1.1 Kapseloinnin ja alipaineistuksen kustannukset

Rakenteen alipaineistuksen kustannukset riippuvat rakennuksen koosta. Ilmanvaihtokone mitoitetaan kotelotilan laajuuden mukaan. Kustannuksia kertyy kotelotilan läpivienneistä, läpivientien tiivistyksestä, ilmanvaihtoputkien asennuksesta, ilmanvaihtokoneista ja ilmanvaihtokoneiden ylläpidosta. Kustannusarvion

tekemiseen tarvitaan kohteesta tietoja. Kapseloinnin ja alpiaineistamisen kustannukset ovat suuremmat, kuin pelkällä kapseloinnilla. Kustannukset ovat kuitenkin pienemmät, kun rakenteen purkamisella ja korjaamisella.

## 4.2 Purkamisen ja korjaamisen kustannukset yläpuolelta

Yläpuolelta rakenteen purkamisessa kustannuksia tulee pintamateriaalin purkamisesta, ylälaatan purkamisesta, palkkivälien täyteaineiden ja muottilautojen purkamisesta, Hiekkapuhalluksesta, Palkkivälien imuroinnista, pölynsidontamaalauksesta, palkkivälien täyttämisestä, Tärinäeristyksestä, poimulevyjen asennuksesta, raudoituksesta ja uuden ylälaatan valamisesta.

Kustannusten laskennassa käytetty pintamateriaali on muovimatto, joka puretaan petkeleellä. Ylälaatta timantti sahataan ja laatan palat kuljetetaan nokkakärryillä. Palkkivälien täyteaineet imetään tyhjäksi imukontin avulla. Palkkivälit täytetään vaahtolasimurskeella, joka puhalletaan suoraan palkkiväleihin. Tärinäeristys toteutetaan sylomer-kaistalla. Raudoituksessa käytetään raudoitusverkkoa B500A-X 8–150. Ylälaatta valetaan pumppuauton avulla ja hierto tehdään koneellisesti.

TAULUKKO 3. Yläpuolelta purkamisen kustannukset.

Työnimike	Hinta
Pintamateriaalin poistaminen	3,54 € / m <sup>2</sup>
Laatan timanttisahaus (6–10 cm)	17,33 € / m <sup>2</sup>
Laattapalojen kuljetukset	6,8 € / m <sup>2</sup>
Muottilautojen purku	3,06 € / m <sup>2</sup>
Palkkivälien imutyö	37,26 € / m <sup>2</sup>
Hiekkapuhallus	23,40 € / m <sup>2</sup>
Palkkivälien imurointi	0,68 € / m <sup>2</sup>
<b>Hinta yhteensä</b>	<b>92,07 € / m<sup>2</sup></b>

TAULUKKO 4. Yläpuolelta uudelleenrakentamisen kustannukset.

Työnimike	Hinta
Pölynsidontamaalaus	1,56 € / m <sup>2</sup>
Vaahtolasimurskeen puhallus	58 € / m <sup>2</sup>
sylomer-kaistan asennus	36,94 € / m <sup>2</sup>
Poimulevyn asennus	12,37 € / m <sup>2</sup>
Raudoitus	12,60 € / m <sup>2</sup>
Ylälaatan valaminen	16,54 € / m <sup>2</sup>

Hinta yhteensä	138,01 € / m <sup>2</sup>
----------------	---------------------------

### 4.3 Purkamisen ja korjaamisen kustannukset alapuolelta

Alapuolelta rakenteen purkamisen ja korjaamisen kustannukset koostuvat purkutöistä, palkkivälien täyteaineiden ja muottilautojen purkamisesta, hiekkapuhalluksesta, pintojen imuroinnista, pölynsidontamaalauksesta, puurungosta ja äänikaton tekemisestä. Lisäkustannuksia tulee, jos palkkien alapinnan betoni murtuu. Betonipinnan murtumisen jälkeen palkkien terästen palo- ja korroosiosuojaus tuo lisäkustannuksia. Purkutyö toteutetaan purkurobotilla, täyteaineiden ja muottilautojen purku ja siirto käsin esimerkiksi kottikärryillä.

TAULUKKO 5. Alapuolelta purkamisen kustannukset.

Purkutyö purkurobotilla	45,83 € / m <sup>2</sup>
Purkujätteen siirrot	3,46 € / m <sup>2</sup>
Hiekkapuhallus	23,40 € / m <sup>2</sup>
Palkkivälien imurointi alapuolelta	0,96 € / m <sup>2</sup>

Hinta yhteensä	73,65 € / m <sup>2</sup>
----------------	--------------------------

TAULUKKO 6. Alapuolelta uudelleenrakentamisen kustannukset.

Pölynsidontamaalaus	1,56 € / m <sup>2</sup>
Puurunko	14,78 € / m <sup>2</sup>
Asennustila tekniikalle	56,38 € / m <sup>2</sup>
Äänikatto	68,73 € / m <sup>2</sup>
Hinta yhteensä	141,45 € / m <sup>2</sup>

Kaikkien työvaiheiden työmenekit on laskettu Rakennustöiden menekit 2020 kirjan avulla. Materiaalikustannukset on haettu taloon.com sivustolta. Purkurobotin vuokrahinta on saatu SLEGRENT konevuokraamon sivuilta. Betonin hinta on Ruduksen valmisbetonihinnasto esitteestä.

## 5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli esittää mikä tekee kaksoislaattapalkistosta riskirakenteen ja mitkä tekijät aiheuttavat kosteus- ja mikrobivaurioita rakenteessa, sekä esittää korjausmenetelmiä ja vertailla niiden kustannuksia. Työssä onnistuttiin kokoamaan kaksoislaattapalkistojen ongelmat ja tarjoamaan käytännön ratkaisuja niiden korjaamiseen.

Työn teoreettinen osuus keskittyi rakenteen historiaan, rakenteen ominaisuuksiin, kosteuden siirtymismekanismiin ja mikrobivaurioiden syntymiseen. Tulokset vahvistivat kirjallisuuden ja ohjeistusten mukaiset ongelmat rakenteessa. Kaksoislaattapalkiston suurimmaksi ongelmaksi todettiin muottilaudat, sekä palkkivälien täyteaine, joka sisältää VOC- ja PAH-yhdisteitä. Rakenteen kastuessa syntyy sisäilmaongelmia etenkin alipaineistetussa rakennuksessa.

Korjausmenetelmien ja kustannusten vertailu osoitti rakenteelle kaksi erilaista korjausmenetelmää, ongelman eristäminen kapseloinnilla ja ongelman poistaminen purkamalla. Kapseloinnissa haitta-aineet ja mikrobit pysyvät rakenteen sisällä, joten korjauksen tulee tehdä virheettömästi. Purkaminen ja korjaaminen on kuitenkin huomattavasti työläämpi ja kalliimpi verrattuna kapselointiin. Kapselointi on parempi vaihtoehto, jos rakennuksen elinkaari ei ole enää pitkä. Purkaminen ja korjaaminen on parempi vaihtoehto, jos rakennuksella on vielä pitkä elinkaari edessä.

Työn luotettavuus perustuu monipuoliseen lähdeaineistoon ja asiantuntijahaastatteluun. Työn aikana hyödynnettiin korjauskohteen dokumentaatiota, joka auttaa havainnollistamaan korjauksen kulkua. Työn kustannusarviot rajoittuvat yksittäisiin tuotteisiin ja kustannukset voi vaihdella olosuhteiden mukaan.

Työssä on huomioitu turvallisuusnäkökulmat esittämällä haitta-ainetutkimusten ja asbestikartoituksen tärkeys ennen purkutöiden aloittamista. Lisäksi työssä on käyty läpi riskialttiita työvaiheita työturvallisuuden kannalta.

Työ tarjoaa selkeän ja loogisen kokonaisuuden kaksoislaattapalkistojen korjauksesta. Kehityskohteena kaksoislaattapalkistojen korjauksissa voisi olla tarkempien kuntotutkimusten tekeminen ennen korjauspäätösten tekemistä. Jatkotutkimusaiheina voisivat toimia kapselointimenetelmän onnistumisen seuranta korjauksen jälkeen, tai purkumenetelmien hiilijalanjälki verrattuna purkamiseen ja uudelleenrakentamiseen.

## LÄHTEET

Neuvonen, P., Mäkiö, E. & Malinen, M. 2002. Kerrostalot 1880 – 1940. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A. & Saarenpää, J. 1990. Kerrostalot 1940 – 1960. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Tikkamäki, P. vastaava mestari. 2025. Haastattelu 15.4.2025. Kissanmaan koulu.

Ympäristöministeriön ohje. 2020. Rakennusten kosteustekninen toimivuus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RT 103528. 2023. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Yleistä. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 3.4.2025.

RT 103529. 2023. Rakennusten kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 16.4.2025.

Hongisto, L. 2016. Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät sisäilman laadun parantamiseksi. Viitattu 12.4.2025.  
<https://hometalkoot.fi/file/15942.pdf>

Ympäristöministeriön julkaisuja 18. 2019. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Hotinen, H. 2019. Rakennustöiden menekit 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Fescon. n.d. Tuotteet. Verkkosivu. Viitattu 21.4.2025.  
<https://www.fescon.fi/tuotteet>

Taloon.com. n.d. rakennustarvikkeet. Verkkosivu. Viitattu 21.4.2025.  
<https://www.taloon.com/rakennustarvikkeet>

SLEG RENT. n.d. Purkurobotit. Verkkosivu. Viitattu 23.4.2025.  
<https://selg.fi/tuote-osasto/purkurobotit/>

Rudus. 2025. Betonihinnastot. Verkkosivu. Viitattu 24.4.2025.  
<https://www.rudus.fi/Download/23921/Betonihinnasto%20Etel%c3%a4-Suomi%201.2.2025.pdf>