

Muurattujen ja rapattujen rakenteiden kuntotutkijan pätevyys

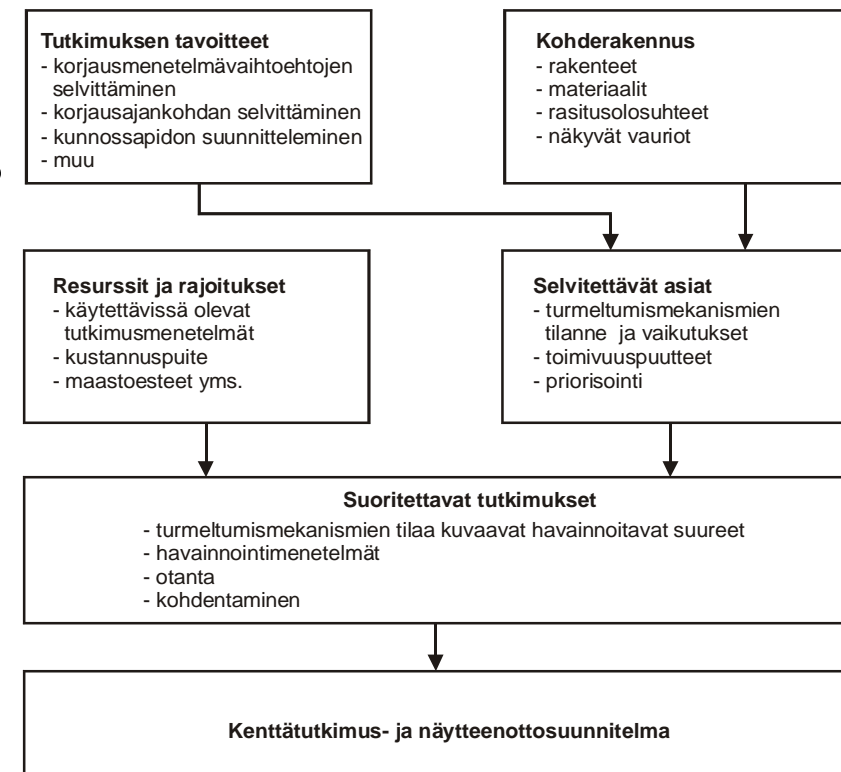
Osa 6: Kuntotutkimuksen vaiheet ja suunnittelu

09.11.2023, Toni Pakkala

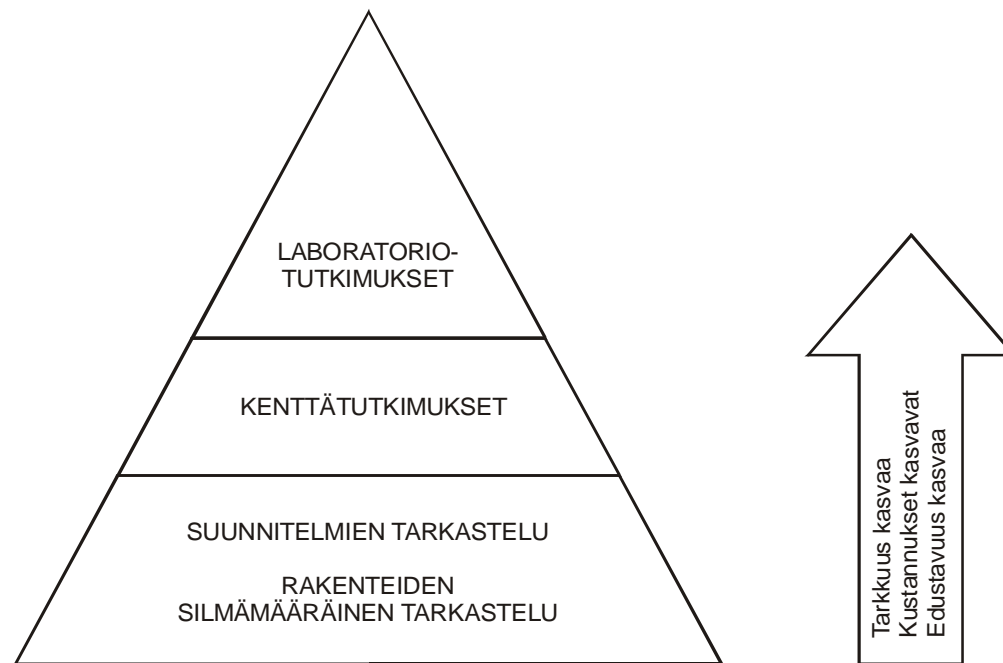
Kuntotutkimuksen tavoitteet

- Ovatko rakenteet korjauksen tarpeessa?
- Onko kannattavaa korjata?
- Millaiset korjaustavat ovat teknisesti mahdollisia?
- Mikä korjaustapa eri vaihtoehdoista on taloudellisin?
- Milloin korjaus on ajankohtainen?

- Tilaaja tarvitsee tietoa, ei tutkimustuloksia!
- Korjaussuunnittelija tarvitsee tietoa ja tutkimustuloksia!



Kuntotutkimuksen vaiheet



Vaihe 1: esiselvitys

Tyypillisiä esiselvitysvaiheen tehtäviä ovat mm.

- suunnitelmien läpikäynti
- korjaus- ja kuntotutkimushistorian selvitys
- rakennejärjestelmän ominaisuuksien selvitys
- silmämääräinen kartoitus
- kohteen huoltohenkilöstön haastattelu
- tutkimussuunnitelman laatiminen

Vaihe 1: esiselvitys

Perusteet kohdekäynnille suunnittelu-
/tarjousvaiheessa:

- varmistetaan, että julkisivupinta/-järjestelmä on todellisuudessa tarjouspyynnössä esitetyn mukainen
- varmistetaan esiselvitysvaiheessa tunnistetut tutkimustarpeet sekä kenttätutkimusten toteutusmahdollisuudet
- mahdollisuus keskustella tilaajan/tilaajan edustajan kanssa



Vaihe 1: esiselvitys

- Esiselvityksen tulee olla vähintään niin laaja, että sen avulla voi laatia kohteen tutkimussuunnitelman
- Erityisesti laaja esiselvitys on tehtävä silloin, kun yksi tai useampi seuraavista edellytyksistä täyttyy:
 - tutkittava rakennus on vanha
 - siitä ei ole saatavilla selkeitä lähtötietoja
 - rakennetyypit ja rakenteen toimintatapa eivät ole selvillä

Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

- Yleensä kuntotutkimuksen yhteydessä on tarpeen tutkia rakenteen vaurioitumista ja säilyvyysominaisuuksia materiaalinäytteiden analyysien avulla
- Varauduttava siihen, että viimeistään kenttätutkimusten yhteydessä havaitaan näytteenotto- tai rakenneavaustarve
 - käytävä tutkimussuunnitelmassa selkeästi ilmi, miten toimitaan kyseisessä tilanteessa ja mitkä ovat kustannukset
- Rakenneavauksen toteuttamiselle oltava aina perusteltu syy
- Näytteille tulee olla suunniteltu jatkotoimenpiteet
 - **aina aistinvarainen tarkastelu**
 - lisäksi mahdollista mm. petrografinen tutkimus
- Näytteenottokohdat päätetään lopullisesti kohteella tehtyjen havaintojen perusteella



Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Näyteanalyysit eivät tyypillisesti ole tarpeen seuraavissa tapauksissa:

- Rappauksissa, kun
 - kenttätutkimuksissa ei havaita vaurioitumista
 - laastien ominaisuuksien tunteminen ei ole tarpeen
 - vaurioitumisen syyt ja laajuus ovat selviä aistinvaraisin havainnoin
- Muuratuissa julkisivuissa, kun
 - kenttätutkimuksissa ei havaita vaurioitumista
 - laastien ominaisuuksien tunteminen ei ole tarpeen
 - vaurioitumisen syyt ja laajuus ovat selviä aistinvaraisin havainnoin

HUOM! Rapatun julkisivun kenttätutkimusten yhteydessä on yleensä aina tarve tehdä koeporauksia, vaikkei irroteta näytteitä. Porauksilla

- selvitetään rappauskerroksen paksuus 5...10 kohdasta/julkisivusuunta riippuen rappauspinnan muodoista
- arvioidaan rappauksen lujuuden/rapautuneisuuden arviointiin



Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Mittaukset ja otanta:

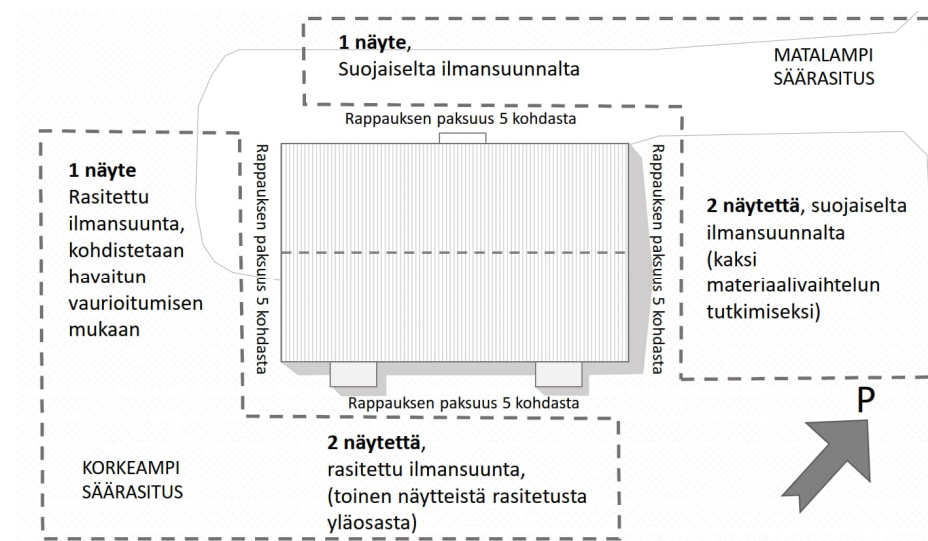
- Mittaukset tehtävä riittävänä otantana, jotta saadaan korjaustavan valintaa varten riittävät tiedot
- Otoksen laajuus vaikuttaa kuntotutkimuksen luotettavuuteen ja tutkimustuloksista tehtäviin päätelmiin julkisivun korjaustarpeesta
 - suppealla otos tehdyssä kuntotutkimuksessa johtaa varmuuden ottamiseen korjaustavan valinnassa
- Rapattujen julkisivujen kuntotutkimus tulisi aina tehdä kauttaaltaan kaikille julkisivuille
- Erityisesti piilevien vaurioiden sekä ”rajalla” olevien havaintojen perusteella otannan tulee olla suurempi
 - Jos vaurioitumisen aste on jo aistinvaraisesti suuri, mikä rajaa korjausmenetelmiä, näytteillä vain varmistetaan havainnot
 - Jos havaittu vaurioituminen on paikallista, se tulee rajata riittävällä otannalla
 - Jos mikään ei viittaa vaurioitumiseen, se tulee varmistaa riittävällä otannalla (ei aina muuratuilla ja rapatuilla)
- Suuren (taloudellisen) merkityksen päätöksiä varten kannattaa teettää perusteellinen selvitys

Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Näyteanalyysien tarve peruskohteessa:

- Peruskohde: *4-kerroksinen ja 2-rappuinen asuinkerrostalokohde, jonka julkisivu on pääasiassa tasainen ei-koristeellinen*
- Vähintään 3 kpl rinnakkaisia näytteitä / tapaus
 - erilaisia tapauksia on aina vähintään kaksi



Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Näyteanalyysien tarve peruskohteessa:

- Rappauksissa, kun
 - halutaan tuntea laastin ominaisuudet suunniteltaessa paikkauskorjauksia
 - halutaan selvittää rakenteen säilyvyyttä ja jäljellä olevaa käyttöikää
 - halutaan selvittää materiaaliominaisuuksien toteutumista ja kelpoisuutta
 - halutaan todentaa alkuvaiheen vaurioituminen
 - on tarpeen selvittää pintakäsittelyiden määrä, tyyppi ja mahdolliset haitta-aineet
- Muuratuissa julkisivuissa, kun
 - korjaus edellyttää laastien ja tiilien ominaisuuksien tuntemista
 - epäillään vaurioitumisen aiheutuvan rakenteeseen tunkeutuneista haitallisista aineista kuten suoloista
 - halutaan todentaa alkuvaiheen vaurioituminen
 - halutaan selvittää tiilien pakkasenkesto-ominaisuudet



Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Näytemäärää tulee kasvattaa peruskohteen näytemäärästä:

- Rappauksissa, kun
 - lähtötietojen tai havaintojen mukaan tarkastellaan monessa eri rakennusvaiheessa rakennettua rakennusta
 - rappauksessa on useita eri kerroksia eri rakennus- ja korjausvaiheista
 - julkisivussa on monia eri laasteilla toteutettuja rappauksia
 - lähtötietojen tai havaintojen mukaan julkisivurakenteita on korjattu eri vaiheissa
 - rasiustaso vaihtelee suuresti eri julkisivuilla tai julkisivunosissa
 - lähtötietojen mukaan tarkastellaan käsin lyötyä rappausta (usein epähomogeenisempi kuin koneellinen rappaus)
 - lähtötietojen mukaan tarkastellaan työmaalla märkäläästistä sekoitettua rappauslaastia (tyypillisesti suurempi ominaisuuksien hajonta kuin kuivatuotteissa)
- Muuratuissa julkisivuissa, kun
 - lähtötietojen tai havaintojen mukaan tarkastellaan monessa eri rakennusvaiheessa rakennettua rakennusta
 - julkisivussa on useita eri rakennus- ja korjausvaiheita
 - lähtötietojen tai havaintojen mukaan julkisivurakenteita on korjattu eri vaiheissa
 - rasiustaso vaihtelee suuresti eri julkisivuilla tai julkisivuosissa

Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Näytteenoton kohdistamisen periaatteita pakkasrapautumisen tutkimisessa:

- Vaurioalue selvitetään lähtökohtaisesti muilla menetelmillä, kuten koputtelemalla
- Jos pakkasrapautumisesta ei saada viitteitä muilla tutkimusmenetelmillä -> näytteet julkisivun rasiitetuimmilta alueilta
- Jos rappauksessa havaitaan merkkejä mahdollisesta rapautumisesta -> näytteet kyseisestä kohdasta
- Jos rappauksessa havaitaan paikallisesti pitkälle edennyttä pakkasrapautumista, joka ei selity esimerkiksi paikallisesti suuremmalla rasiitustasolla, -> näyte kyseisen kohdan lähistöltä ehjältä vaikuttavasta kohdasta (pakkasrapautumisen syyn selvittämiseksi)
- Jos havaitaan laajaa ja pitkälle edennyttä pakkasrapautumista -> näytteet kevyemmin rasiitetuilta alueilta ja alueilta, joissa rapautumista ei ole havaittavissa
- Jos julkisivurappauksen purkaminen aistinvaraisten havaintojen perusteella ainoa kyseeseen tuleva korjaustapa -> näytteenotto muilta julkisivuilta
- Jos rappauksen yhtenäisen kalvon muodostavassa pintakäsittelyssä (esimerkiksi silikonihartsipinnoite, Kenitex tms.) vaurioita -> näyte pintakäsittelyvaurion kohdasta

Vaihe 1: esiselvitys

Näytteenoton ja rakenneavausten suunnittelu

Tartunnan vaurioitumisen tutkimisessa näytteenottoa riippuu julkisivun kunnosta seuraavasti:

- Jos rappauksessa havaitaan merkkejä mahdollisesta tartunnan vaurioitumisesta -> näyte kyseisestä kohdasta
- Jos rappauksessa havaitaan alueita, jossa pinnoite irronnut tai tartunta on heikentynyt (pinnoite kuplii), näyte kyseisen kohdan lähietäältä vaikuttavasta kohdasta

Vaihe 2: kenttä- ja laboratoriotutkimukset

Tyypillisiä kenttä- ja laboratoriotutkimusvaiheen tehtäviä ovat

- rakenteiden tarkastaminen aistinvaraisesti
- rakenteiden liitosten, saumojen ja detaljien tarkastaminen aistinvaraisesti
- vaurioiden mittaaminen (esimerkiksi vaurioalan tai halkeamaleveyden ja -pituuden mittaaminen)
- rakenteiden koestaminen vasaroimalla tai raaputtamalla (eristerappauskohteessa menetelmän hyöty on arvioitava tapauskohtaisesti)
- eristerappausjärjestelmän rakennekerrosten tutkiminen rakenneavauksesta (myös avauksen paikkaus on suunniteltava)
- näytteenotto rappauskerroksesta (jos se sisältyy tutkimussuunnitelmaan tai kenttätutkimuksen havaintojen perusteella)



Laboratoriotestaus muuratuilla rakenteilla

- Ohuthietutkimusta voidaan hyödyntää muuratuista rakenteista irrotetuissa kappaleissa rajallisesti; voidaan arvioida
 - käytetyn laastin tartuntaa muurauskappaleeseen
 - sideainesuhteita
 - pakkasenkesto-ominaisuuksia sekä pakkasrapautumista
 - kiviaineksen tyyppiä, jakaumaa ja maksimiräekokoa
 - sideaine-kiviainessuhdetta
 - sideaine-kiviaineskontaktia
 - kiteytymiä
- Jos ohuthienäytteestä saatavan tiedon määrästä ja siten sen hyödyllisyydestä on epävarmuutta, kannattaa näytteestä olla yhteydessä tutkivaan laboratorioon



Tiilen pakkasenkestävyyden testaus

Räsänen, A. 2022. Tiilien uudelleenkäytettävyyden arviointi. Diplomityö. Tampereen yliopisto. 111 s.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202201211502>

- 0 = pakkasenkestävä tiili, jossa ei vaurioita
1 = lohkeamia tai pieniä vaurioita
2 = isoja halkeamia tai suuria vaurioita ja
3 = tiili kahdessa tai useammassa osassa.

Taulukko 21. Tiilien pakkasenkestävyyttä kuvaavat mikrorakenneindeksit (Ohuthietukimuksen tutkimusraportti, liite 2).

Taulukko 24. Poltettujen tiilien luokitus jäädytys-sulatuskestävyyden mukaan.

Taulukko 9. Tutkimuksessa käytetty tiilien merkintätapa.

Merkintä	Kuvaus	Numerointi
MRT 85	Puretut moduulikokoiset reikätiilet vuodelta 1985	Vaaleat tiilet: 1–10 Tummat tiilet: 11–20
NT(A)	Ikkuna-aukkopalkista puretut umpitiilet vuodelta 1930	1–20
NT(B)	Väliseinästä puretut umpitiilet vuodelta 1950	1–20 (Vaaleimmasta tummimpaan)
NKH	Väliseinästä puretut kalkkihiekkatiilet vuodelta 1982	1–20
MRT 75	Uudet moduulikokoiset reikätiilet	1–20
PT	Uudet umpitiilet	1–20
NKH (uusi)	Uudet kalkkihiekkatiilet	1–20

Tiilityppi (nro)	Mikrorakenneindeksi
MRT 85 (9)	3
MRT 85 (13)	3
MRT 85 (17)	3
NT(B) (2)	1
NT(B) (19)	0–1
NT(B) (20)	3
NT(A) (1)	1
NT(A) (14)	0
NT(A) (15)	2

Tiilityppi	Tiilen numero
Jäädytys-sulatuskestävyys	
MRT 85	2 5 8 9 10 13 14 16 17 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
NT(A)	1 7 9 11 13 14 15 17 18 20 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
NT(B)	2 3 5 6 8 10 12 17 19 20 0 3 0 0 0 2 2 2 2 3
MRT 75	2 4 6 7 9 11 12 13 16 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PT	2 3 7 8 10 11 12 16 17 20 1 2 3 3 3 1 3 3 3 2

Suurempi mikrorakenneindeksi tarkoittaa heikompaa pakkasenkestävyyttä. Mikrorakenneindeksi 0 tarkoittaa pakkasenkestävää tiiltä. (Silvennoinen et al. 1995)

Laboratoriotestaus kovalle alustalle toteutetuilla rappauksilla

Taulukko 7.1. Kovalle alustalle rapatun julkisivun kuntotutkimusmenetelmiä.

Tutkittava ominaisuus	Menetelmä
Rappauksen kunto yleisesti	- silmämääräinen tutkimus - valokuvaus
Rappauksen tartunta, rapautuminen ja rappauspinnan lujuus	- rappauspinnan vasarointi - pinnan raaputtaminen - näytteenotto ja laboratoriokeet (esim. ohuthie)
Halkeamat ja niiden kehittymisen seuranta	- silmämääräinen tarkastelu - mitta-asteikolla oleva luuppi - halkeamaleveyden mittari - rullamitta - näytteenotto ja halkeaman syvyyden selvitys - rappauspinnan kastelu (helpottaa havainnointia)
Pintakäsittelyn laatu (sideaine)	- raaputus ja kostutus kohteella (epäorgaaninen vai orgaaninen) - näytteenotto ja laboratoriokeet (tarkempi analyysi)
Pinnalla esiintyvät suolat ja niiden tunnistus	- silmämääräinen tarkastelu - raaputus - näytteenotto ja suolojen määrittäminen laboratoriossa
Rappausverkon sijainnin ja tyyppin määrittäminen	- näytteenotto ja näytteen silmämääräinen tarkastelu sekä sijainnin mittaus
Rappauksen koostumuksen (sideaineen, kiviaineksen, huokoisuuden, mikrohalkeilun, pinnoitetyypin, kerrospaksuuksien) määrittäminen	- näytteenotto ja ohuthietutkimus
Tartuntavetolujuus ja pintalujuus (vain erikoistapauksissa, huomioon otettava vertailuarvojen puute)	- alusrakenteeseen asti rajatun kappaleen irti-vetäminen (rappauskerrosten välinen tartunta, pinnoitteen tartunta tai rappauksen tartunta alustaan) - irrotetun poralieriön näytteen vetolujuuskoe laboratoriossa (rappauskerrosten välinen tartunta tai pinnoitteen tartunta)
Vedenimunopeus pinnasta tai alustasta	- vedellä täytetyn astian kiinnitys seinään - näytteenotto ja vedenimunopeuden määrittäminen laboratoriossa
Pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys (vain erikoistapauksissa, huomioon otettava vertailuarvojen puute)	- näytteenotto ja vesihöyrynläpäisevyuden määrittäminen laboratoriossa

Laboratoriotestaus kovalle alustalle toteutetuilla rappauksilla

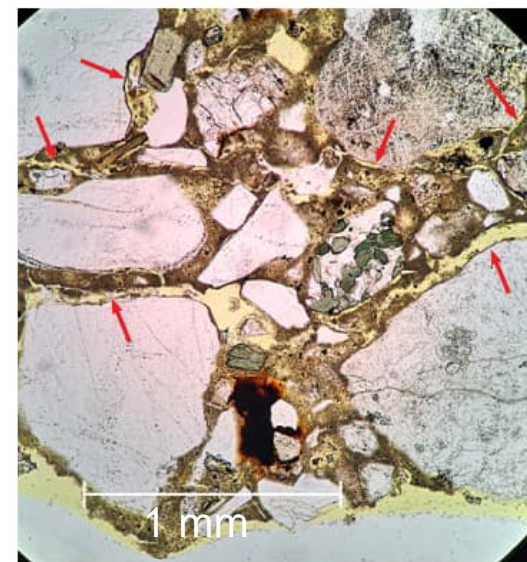
- Poraus alusrakenteeseen asti (kaikki tutkittavat kerrokset)
- Ohuthieeseen lähetettäessä vähintään $d = 50$ mm, suositavammin $d = 60 \dots 80$ mm
- Näytteet suojattava hyvin (teippaus, pehmusteet jne.)
- Paksuutta, verkon sijaintia jne. voi selvittää myös porareiän avulla
- Paikkaus soveltuvalla laastilla (riittävän heikko), jotta ei itsessään aiheuta vaurioitumista



Laboratoriotestaus kovalle alustalle toteutetuilla rappauksilla

Ohuthietutkimuksella voidaan selvittää

- rappauskerrosten tartuntaa toisiinsa
- pinnoitteen tartuntaa rappaukseen
- rappaus- ja pinnoitekerrosten paksuutta
- rappausverkon olemassaoloa, sijaintia ja tartuntaa rappaukseen
- pinnoite- ja maalikerrosten määrää
- pohjusteaineen käyttöä
- laastin sideainetta (orgaaninen / epäorgaaninen)
- KS-laastien sideaineiden suhdetta, jos laastin kiviaines ei ole kalkkikiveä
- kiviaineksen, jakaumaa ja maksimiraekokoa
- sideaine-kiviainesuhdetta
- sideaine-kiviainekontaktia
- kiteytymiä



Kuva 7.9. Rappauslaastin pakkasvaurioita ohuthieessä. Kuvassa on runsaasti pakkasrapautuman aiheuttamaa halkeilua kiviainesrajapinnoilla. Kuva: Labroc Oy.

Laboratoriotestaus kovalle alustalle toteutetuilla rappauksilla

Ohuthietutkimuksen haasteet:

- Ei välttämättä saada vastaavia tietoja halkeilun syistä tai huokosrakenteesta kuin esimerkiksi betoninäytteistä
 - vähemmän referenssinäytteitä
 - pakkasenkestävyysominaisuuksien arvioimiseen ole vastaavaa ohjeistusta
- Mm. pigmentit tai runsas kalkkikiven määrä voivat haitata sideaineen koostumuksen selvittämistä
- Tarvittaessa selvitettävä koostumus röntgendiffraktiolla

Laboratoriotestaus eristerappauksilla

- Porauskohta eristeeseen asti
 - tarvittaessa tarkastellaan porauskohdasta eristeen ja alusrakenteen tartuntaa
- Näytteenoton tarpeen perustelu vaatii erityistä pohdintaa
 - ohuthietutkimuksessa vastaavat rajoitteet kuin rappauksissa yleensä, lisäksi polymeeripitoisilla laasteilla ei saada tarkkaa koostumusta selvillä
 - paikkaus voi olla erityisen haasteellista (ohut rappauskerros, pehmeä eriste)



Vaihe 3: tulosten analysointi ja raportointi

Tyypillisiä tulosten analysointi- ja raportointivaiheen tehtäviä ovat

- kenttätutkimusten muistiinpanojen ja valokuvien purku ja jäsentäminen
- näytteiden aistinvarainen tarkastelu
- näytteiden laboratorioanalyysien lopullinen kohdistaminen ja tekeminen näytekohtaisesti
- johtopäätösten muodostaminen rakenteen kunnosta, vaurioitumisesta ja vaurioitumisen etenemisestä perustuen lähtötietoaineiston tarkasteluihin, kenttätutkimusten havaintoihin sekä laboratorioanalyysien tuloksiin
- tutkimustulosten raportointi tilaajalle

Vaihe 3: tulosten analysointi ja raportointi

Tulosten analysoinnissa muistettavaa:

- Varauduttava siihen, että näyteanalyysien tulos muuttaa ennakkonäkemyksen
 - esim. rappausmateriaali havaitaan säilyvyysominaisuuksiltaan kelvottomaksi
- Havaintoja ja tuloksia pyrittävä arvioimaan alustavasti jo tutkimusvaiheessa, jotta tutkimuksen sisältöä voidaan tarvittaessa korjata välittömästi

Kiitos!

toni.pakkala@tuni.fi

toni.pakkala@renovatek.fi

[Väitöskirja: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1)

www.julkisivuyhdistys.fi

https://twitter.com/ren_tut

