

Sami Matikainen

# Sisäilmakorjauskohteiden tuotannon tahdistus ja dokumentointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Mestarityö

11.11.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Sami Matikainen Sisäilmakorjauskohteiden tuotannon tahdistus ja dokumentointi  54 sivua + 2 liitettä 11.11.2018
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Lehtori Niilo Kemppainen Työmaainsinööri Jarkko Koskelo
<p>Tämän työn aiheena on käydä läpi sisäilmakorjauskohteiden tuotannon toteutus tahdistetuna suunnittelusta valmiiseen lopputulokseen asti dokumentoituna. Prosessiin kuuluu monia vaiheita, joiden avulla saadaan toteutettua laadukas sisäilmakorjattu rakennus tilojen käyttäjien käyttöön. Työn avulla saadaan käsitys sisäilmakorjaus kokonaisuudesta ja se toimii hyvänä oppaana ensi kertaa niiden parissa työskentelevälle. Oppaasta saadaan käsitys, että millä periaatteella sisäilmakorjauksia toteutetaan suunnitteluvaiheesta valmiiseen lopputulokseen ja mitä kaikkea kuuluu sisäilmakorjausprosessiin kokonaisuudessaan.</p> <p>Työn aluksi käyn läpi minkä takia korjauksia lähdetään tekemään, mistä ongelmat johtuvat ja minkälaisia tutkimusmenetelmiä ongelmien paikannusta/havainnointia varten löytyy. Tämän jälkeen kerron materiaaleista, jotka aiheuttavat ongelmia ja uusista M1-luokitelluista materiaaleista, joilla korvataan vanhat materiaalit. Materiaalien jälkeen siirryn tuotannon pariin, jossa käyn läpi tuotannon vaiheet ja yksityiskohdat työvaiheista, missä onnistuttiin ja mihin tulisi kiinnittää huomiota onnistuneen tuotannon tahdistuksen aikaansaamiseksi jatkaisuudessa. Tuotannon läpikäynnin jälkeen kerron erilaisista dokumentointi- ja laadunvarmistusmenetelmistä, mitä löytyy nykypäivänä ja mitä käytimme kesän aikana sisäilmakorjauskohteissamme. Kyseiset menetelmät ja apuvälineet takaavat onnistuneen projektin oikein käytettyinä. Dokumentoinnin ja laadunvarmistuksen jälkeen haastattelut ammattilaisten kanssa, joilla kokemusta sisäilmakorjauskohteiden suunnittelusta ja rakennustöiden laadunvarmistuksesta. Haastatteluilla pyrin saamaan näkemyksiä omieni rinnalle sisäilmakorjauksista ja uutta tietoa aiheesta, mitä ei välttämättä ole esillä missään tietokannoissa. Haastattelujen jälkeen omaa pohdintaa työn tekemisestä ja sisäilmakorjauksista yleisesti.</p> <p>Lopputuloksena ja ratkaisuna saatiin sisäilmakorjauksiin avuksi opas/toimintamalli NCC:n KRE-yksikön käyttöön. Toivon mukaan työtä voidaan hyödyntää tulevaisuuden sisäilmakorjauskohteissa.</p>	
Avainsanat	Sisäilmakorjaus, Aikataulu, Dokumentointi, Laadunvarmistus, NCC

Author Title	Sami Matikainen Synchronizing and Documenting Production of Indoor Ambient Repairs
Number of Pages Date	54 pages + 2 appendices 11 November 2018
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	House Building
Instructors	Niilo Kemppainen, Lecturer Jarkko Koskelo, Construction Engineer
<p>The purpose of the study was to examine the production of indoor air repairs from synchronous design to the documented result. The process involves many steps, with the aid of which it is possible to implement a high-quality indoor repaired building for users of the premises. The study gives an idea of the indoor climate correction and it serves as a guide for people new in the line of work. The guide gives an idea of the principle of indoor climate corrections from the design stage to the finished result as well as an overall understanding of the indoor repair process as a whole.</p> <p>The study introduces the corrections, the problems that arise and what kind of research methods can be found for finding / detecting the problems. Next, the paper explains the materials that cause problems and new M1-rated materials to replace the old ones. After the materials, the study introduces the stages of production and the details of the work steps, as to where it was successful and what should be further improved. The study includes various current documentation and quality assurance methods used in the project at hand. These methods and aids ensure a successful project when used properly. Professionals with experience in designing indoor climate corrections and quality assurance of construction work were interviewed for the study. The interview provides further insight and new information possibly not found in any of the databases.</p> <p>As a result and solution, a guide / operating model for the NCC KRE unit was provided for indoor air corrections. I hope this work can be utilized in future indoor climate corrections.</p>	
Keywords	Interior improvement, Schedule, Documentation, Quality Assurance, NCC

## Sisällysluettelo

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimukset ja selvitykset	2
2.1	Korjaustarpeiden selvitys	2
2.2	Ilma- ja lämpövuodot	3
2.3	Kosteus-/homevauriot ja niiden paikannus	4
2.4	Korjaustapaselvitykset ja mittaukset	5
2.4.1	Kosteusmittaukset	6
2.4.2	Lämpökuvaukset	9
2.4.3	Rakenneavaukset	11
2.4.4	Haitallisten aineiden haitta-arviot ja tutkimusvaiheet	11
2.4.5	Haitallisten yhdisteiden ja aineiden mittaukset	12
3	Materiaalit	14
3.1	Vanhat ja haitalliset rakennusmateriaalit ja -tuotteet	14
3.2	M1-materiaalit ja -tuotteet	15
3.2.1	Tiivistysmateriaalit ja tarvikkeet	16
3.2.2	Rakennusmateriaalit ja -tuotteet	19
4	Tuotannon tahdistus	21
4.1	Tuotannon aikataulutus	21
4.1.1	Käytetyt aikataulut työkalut ja niiden toteutus ja seuranta	22
4.2	Tuotannon tahdistus käytännössä ja jakaminen työryhmiin	25
4.2.1	Tavaroiden siirto ja raivaus	29
4.2.2	Suojaus ja osastointi	29
4.2.3	Rakenteiden purku	30
4.2.4	Tiivistettävien pintojen pohjatyöt ja tarkastus	31
4.2.5	Rakenteiden tiivistys	32
4.2.6	Merkkiainekokeet	33
4.2.7	Täydentävät rakenteet	35
4.2.8	Maalaus ja tasoitus	36
4.2.9	Lattiakapselointi	36

4.2.10	Lattiatyöt	38
4.2.11	Viimeistelyt	39
4.2.12	Loppusiivous	40
4.2.13	Valmiin kohteen luovutus	40
5	Dokumentointi ja laadunvarmistus	41
5.1	Dokumentoinnin ja laadunvarmistuksen menetelmät ja työkalut	41
5.1.1	Congrid	42
5.1.2	360-kuvaus	43
5.1.3	Mahdollisten vuotojen merkintä pohjakuvaan	44
5.1.4	Merkkiainelaitteet ja -tarvikkeet	46
5.1.5	Pölynhallinta menetelmät rakennusaikana	47
6	Haastattelututkimus	49
6.1	Suunnittelija	49
6.2	Laatupäällikkö	51
7	Omaa pohdintaa	52
8	Loppuyhteenveto ja ratkaisu	52
	Lähteet	53
	Liitteet	
	Liite 1. Excel-listaus kohteen tehdyistä töistä	
	Liite 2. Tarkistuslomake	

## Lyhenteet

VOC	Volatile organic compound= Haihtuva orgaaninen yhdiste
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
RH	Relative humidity= Kertoo materiaalin suhteellisen kosteuden
M1	Kertoo materiaalin vähäpäästöisyydestä

## 1 Johdanto

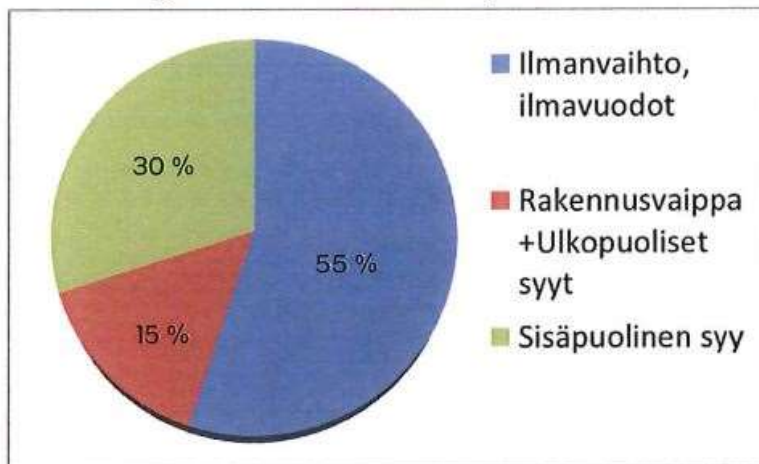
Tätä työtä tehtäessä perehdyttiin sisäilmakorjauskohteiden tuotantoon, eli millä keinolla sisäilmakorjauskohteet saadaan vietyä läpi mahdollisimman ripeällä ja tehokkaalla tuotannonsuunnittelulla laadun siitä kärsimättä ja että korjattavat kohteet saataisiin mahdollisimman nopeasti takaisin käyttöön sisäilmallisesti korjattuina. Työssä siis perehdytään ongelmien aiheuttajiin ja minkä takia korjauksia lähdetään tekemään. Vanhoista materiaaleista myös tietoa, jossa perehdyin lähinnä niiden haittavaikutuksiin ja uusista M1-luokitelluista materiaaleista, joita käytimme kohteissa vanhojen tilalle. Tuotannon prosessi pilkottuna tahdistaviin työvaiheisiin, joista selostan huomioitavia kohtia mihin kannattaa kiinnittää huomiota. Käytettyjä aikataulumuotoja käydään myös läpi ja niiden toimivuutta pohditaan kesän aikana saatujen havaintojen avulla korjauskohteissa.

Työn lopputuloksena saatiin sisäilmakorjauksiin opas/toimintamalli NCC:n KRE-yksikölle, josta toivon olevan apua tulevissa sisäilmakorjauskohteissa tulevaisuudessa. Oppaasta käy ilmi sisäilmakorjauskohteen tuotannon eri vaiheet, työmenetelmät, materiaalit ja dokumentoinnin vaihtoehdot tehtäville töille.

Sisäilmakorjauskohteet ovat päivä päivältä enemmän tapetilla ja suuri osa ongelmakohteista ovat kuntien päiväkoteja ja kouluja, eli kyseessä on lasten ja henkilökunnan terveys. Lehdistöissä ja tiedotusvälineissä useasti puhe on homekouluista, mutta todellisuudessa rakennusten ongelmat liittyvät suurimmaksi osaksi ilmanvaihtoon ja vanhoihin rakenteisiin, joista irtoaa hiukkasia sisäilmaan aiheuttaen sisäilmaongelmia. Kuvassa 1 on esitettyä diagrammi sisäilmaongelmien aiheuttajista.

Pahaksi ongelmaksi ovat osoittautuneet lattioissa käytetyt muovimatot, joihin käytettävät liimat ja tasoitteet yhdessä ovat aiheuttaneet sisäilmaan VOC-yhdisteitä, joista aiheutuu ongelmia tiloissa oleville henkilöille. Syynä muovimattojen asennus liian kostealle alustalle, jonka vuoksi kyseiset ongelmat ilmenevät uusissa, muutamia vuosia vanhoissa rakennuksissa. Ongelmien syy saadaan selville yleensä nopeasti poikkeavan hajun perusteella. Lopullinen varmistus ongelmalle saadaan tekemällä tilaan VOC-mittaus. Ongelmat eivät välttämättä selviä siis pelkällä lattialaatan kosteuden mittaamisella. [22.]

## Sisäilmaongelmien aiheuttajat



- Sisäilmakorjauksen tavoite on poistaa asuintiloista terveydellinen riski tai viihtyvyysongelma
  - liiallinen kosteus / emissiot /home, mikrobikasvustot
  - haju / veto / melu / korjata tilan lämpötila miellyttäväksi

Lähde: National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), USA

Kuva 1. Sisäilmaongelmien aiheuttajien osuudet prosentteina (Lähde: National institute of occupational safety and health (NIOSH), USA)

## 2 Tutkimukset ja selvitykset

### 2.1 Korjaustarpeiden selvitys

Sisäilmasto-ongelmien korjausten selvittämiseksi tarvitaan tietoja, käyttäjäkyselyitä ja ammattilaisia, että ne saadaan korjattua kunnolla. Näihin kuuluu alla olevan listan mukaisia tarkistuksia/huomioita, jotka on hyvä sisällyttää kunnolliseen korjausprosessiin. [1.]

- Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisvaltainen kunnon selvitys
- Tiloissa työskentelevien kokemuksista ja oireiluista
- Ongelmaan vaikuttavien tekijöiden esim. siivouksen ja huollon laiminlyöntien arvioimista
- Asiantuntijoiden johdonmukaista ohjaamista selvityksen aikana.



- Moniammatillista yhteistyötä
- Viestinnän oltava aktiivista ja suunnitelmallista

Sisäilmakorjaustarpeiden tutkimukset toteutetaan sisäilmakorjauksiin erikoistuneiden konsultti-/suunnittelufirmojen kautta, joilla löytyy ammattitaitoa ja kokemusta kyseisten tutkimusten ja korjaussuunnitelmien teosta rakennusurakoitsijan käyttöön korjausten tekoa varten. Näistä kyseisistä henkilöistä muodostuu konsulttiryhmä sisäilmakorjauskohteeseen ja henkilövalinnat tekee tilaaja johtavan asiantuntijan esityksestä. Kyseiseen ryhmään kuuluu rakennus-, lvi ja sisäilmastoasiantuntijoita ja heitä johtaa johtava asiantuntija. Jokaisen ryhmässä toimivan asiantuntijan on osoitettava pätevyytensä kyseiseen tehtävään. [1.]

Sisäilmakorjaukset ovat kuitenkin vielä nykypäivänä todella vaikea suunnitella ennakoon aikataulullisesti ja taloudellisesti, vaikka suunnitelmat olisi kuinka hyvät, koska korjausrakentamisessa tulee vastaan aina yllättäviä käännteitä ja yllätyksiä, kun rakenteita lähdetään avaamaan ja korjauksia ryhdytään tekemään. Valmiit suunnitelmat saattavat muuttua siis projektin aikana moneen kertaan ja niin muuttuu myös projektiin käytettävä aika ja raha, töiden seistessä lisäsuunnitelmia odottaessa. Selvityksiin kannattaa kuitenkin palkata ammatillaiset tutkimaan rakennus ja tekemään mahdolliset suunnitelmat korjauksia varten, niin säästytään virheiltä ja se heijastuu samalla käytettävään rahaan ja ihmisten terveyteen. [1.]

## 2.2 Ilma- ja lämpövuodot

Ilma- ja lämpövuodot korjattavissa kohteissa saadaan nykypäivänä hyvin selville kehittyneiden apuvälineiden ja hyvän dokumentoinnin avulla ja niiden pohjalta saadaan tehtyä tarvittavat suunnitelmat korjauksia varten. Kyseisistä vuodoista aiheutuu niin terveydellisiä haittoja ihmisille mikrobien lisääntyessä huoneilmassa, haittoja rakenteille kosteuden lisääntyessä rakenteissa ja taloudellisia haittoja lämpövuotojen ilmetessä ja käytettävän energiamäärän noustessa rakennuksessa. Ilma- ja lämpövuodot ovat yleisimpiä vanhoissa taloissa, mutta uusissakin taloissa niitä esiintyy rakennusvirheiden ja huolimattomuuden johdosta. [2.]

Vuotojen korjaus tiivistämällä on varmin tapa päästä ongelmista eroon ja lisätä rakennuksen energiatehokkuutta. Vedon vähentyessä rakennuksessa asumismukavuus ja

terveys paranevat myös, eli korjauksilla on isoja vaikutuksia, kunhan ne tehdään oikein ja oikeisiin paikkoihin oikeilla materiaaleilla. [2.]

### 2.3 Kosteus-/homevauriot ja niiden paikannus

Kosteus- ja homevauriot ja niistä aiheutuvat ongelmat kehittyvät pitkän ajan kuluessa ja harvoin lähdetään tekemään nopeita ratkaisuja. Tilojen sulkeminen ja työntekijöiden evakointi tulee siis harvoin kysymykseen kosteusvauriokohteissa. Tutkimuksiin on kuitenkin lähdettävä viivyttelämättä ja ongelmien ratkaisua helpottaa, jos ne toteutetaan projektiluontoisesti. [4.]

Rakennusten kosteus- ja homeongelmat ovat rakentamisen ja kiinteistöjen suurimpia laadullisia ongelmia. Niistä ei ole pelkästään teknistä ja taloudellista haittaa, vaan niistä koituu myös usein ihmisten terveydelle pahoja vaikutuksia. Kosteusvauriot voivat johtua todella monesta syystä rakennuksissa, eikä tyypillisintä kosteusvauriota ole olemassa vaan ne voivat vaihdella pienestä senttimetrin kokoisesta alueesta kokonaisen rakennusosan peittävään kosteusvaurioon. Ongelma syntyy kuitenkin yleisesti hankkeen ohjauksessa, suunnittelussa, rakentamisvaiheessa, ylläpidossa tai käytössä tapahtuneen virheen johdosta, jota ei olla pystytty hoitamaan asiallisesti kuntoon. [4, s.10]

Rakennuksen kunnon tarkkaileminen on paras keino varautua ja paikantaa alkava kosteusvaurio tai jo alkanut, jota voidaan lähteä korjaamaan ja estämään sen laajentuminen. Seurantaa on hyvä tehdä jatkuvasti, mutta paras aika tarkkailla vaurioita on keväisin lumien sulaessa ja vaurioiden tullessa esiin. Niiden korjaukset voidaan toteuttaa paikannusten jälkeen kesällä hyvien säiden aikaan. Kosteusvaurioiden näkyvät ongelmat voi paikantaa kuka vain tarvittaessa, mitkä ovat rakenteiden pinnalla. Yleisimmät näkyvät paikannuskeinot ovat alla olevan listauksen mukaiset asiat, joiden havaitessa hälytyskellojen pitäisi viimeistään alkaa soimaan ja korjaustoimenpiteisiin alettava.

- Tummat pisteet tai alueet rakenteiden pinnoilla ulkona ja sisällä
- Kosteusläiskät seinäpinnoitteissa
- Tapettien paikoitellen muuttunut väri
- Irtoavat tapetit, maalit, kaakelit ja muovimatot

- Laatoituksissa esiintyvät tummat saumat
- Parketissa näkyvät paikoittaiset tummumiset
- Muurahaisten ilmestyminen rakennuksen sisätiloihin
- Ikkunoihin ilmestyy jatkuvasti huurretta
- Rakennuksen sisällä jatkuvasti tunkkainen, maakellarin tai vanhan talon haju
- Näkyvä homekasvusto

Vakavaa kosteusvauriota voidaan epäillä myös vaikka ylläolevista asioista ei ole mitään näkyvissä, jos rakennuksen sisätiloissa suurella väkijoukolla havaitaan paljon terveysongelmia ja oireilua. Oireisiin kuuluu yleisesti hengitystieoireet, flunssa, yskä ja päänsärky. Kosteisiin tiloihin voi syntyä myös herkästi kasvustoa, joita ei luokitella yleisesti vaurioiksi vaan ylläpidon laiminlyönniksi. Tunnusmerkit ovat yleisesti seuraavanlaisia, jotka tulee välittömästi poistaa, mikäli niitä havaitaan rakenteissa. Riskipaikkoja ovat kylpyhuoneiden avosaumat, joihin jää kosteutta ja likaa, laattasaumojen silikonit, lattiakaivojen ympäristöt ja silikonisaumat pesupöydissä ja tasoissa. [4, s.121-123]

## 2.4 Korjaustapaselvitykset ja mittaukset

Erilaisten ongelmien paikannuksiin on kehitetty nykypäivänä monenlaisia apuvälineitä, jotka helpottavat ongelmien havainnointia ja korjaustarpeiden selvittämistä. Tutkimustapa on hyvä selvittää tarkkaan, että millä tavalla lähdetään tutkimaan, ettei rakenteita tarvitse purkaa turhaan. Monessa ongelmassa riittää ongelman havainnointi pintapuolisesti silmäämääräisesti, hajuaistilla tai mittarin avulla. Alla luettelen kyseisiin töihin tarkoitettuja mittaus- ja tutkimusmenetelmiä, joilla saadaan rakenteiden korjaustarpeet selville.

Tutkimusmenetelmiä käytettäessä terveydensuojelulain 49§:n mukaan ulkopuolisen asiantuntijan on osoitettava kunnan terveydensuojeluviranomaiselle käyttämiensä tutkimusmenetelmien luotettavuus. Arvioinnin kannalta ihmisten terveyden kannalta ensisijaisia menetelmiä ovat asumisterveysohjeessa ja -oppaassa mainitut menetelmät. Mikäli käyttää muita menetelmiä, on niiden toimivuus osoitettava vertailukelpoisin tuloksin ohjeen/oppaan menetelmiin nähden. [21.]

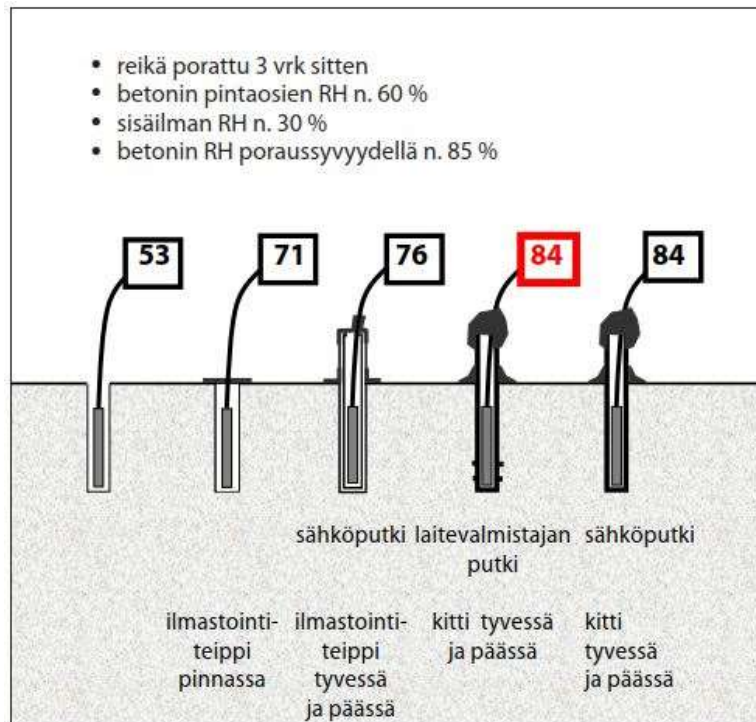
### 2.4.1 Kosteusmittaukset

Kosteusmittaus tulisi aina suorittaa rakenteissa, jos sisäilman mittaus paljastaa poikkeavia mikrobimääriä tai -laatuja huoneilmassa tai paikallistetussa riskirakenteessa epäillään olevan kosteusvaurio/-vaurioita. Kosteusmittaus on myös tehtävä aina vesivahinkotapauksissa, joissa vesi on päässyt kastelemaan kiinteistön eri rakenteita. Kosteusmittauksen teolla pystytään arvioimaan korjaustöiden laajuus ja mahdollisesti myös kesto, sillä rakenteen kuivumisaika voidaan arvioida nykypäivänä melko tarkkaan erilaisten kuivattimien ansiosta. [8.]

Tarkat menetelmät:

#### **Porareikämittaus**

- Mittaus tarkimmillaan +15c...+25c lämpötilassa. Olosuhteiden oltava mahdollisimman lähellä lämpötiloja, jotka vallitsevat normaalisti rakennuksessa ja porareikämittauksen suosituslämpötiloja unohtamatta.
- Rakenteessa olevan mittapään ja rakenteen yläpuolella olevan ilman lämpötilan näyttämien ero ei saa olla yli 2c. Jos mittaukselta vaaditaan erityistä tarkkuutta ja lämpötilan poiketessa halutusta lämpötilasta yli 5c tai betonin tai ilman lämpötila lukeman alittuessa 15c tai ylittyessä 25c, mittaus suoritettava näytepalamittauksena.
- Olosuhteet mitattavan reiän ympärillä ja ympäristössä tulisi pysyä riittävän vakaina porauksesta lukemien ottoon asti. Alueella missä on lattialämmitys, on lämmitys otettava pois päältä jo noin viikkoa ennen, koska betonin ja yläpuolisen ilman välinen lämpötilaero ja lämmityksen aikaansaama kosteuden tehostettu siirtyminen aiheuttaa pahimmassa tapauksessa hyvin suurta epätarkkuutta tuloksiin.
- Näyte on otettava näytepalamittauksena varman tuloksen saamiseksi, jos yllä olevia asioita laiminlyödään. Sama pätee tilanteessa, jossa betoniin on tehty tehokuivatusta juuri ennen mittaushetkeä betonin lämpötilaa nostamalla huomattavasti.



Kuva 2. Erilaisten toimenpiteiden vaikutus porareikämittaustuloksiin (RT 14-10984: Betonin suhteellisen kosteuden mittauss. 11)

### Näytepalamittaus

- Näytepalamittaus voidaan aina tehdä, mikäli näytepalaa ei tarvitse kaivaa todella syvältä. Tulos kuitenkin paljon nopeammin saatavilla, kuin porareikämittauksesta saatuna.
- Näytepalamittausmenetelmän lämpötilaraja on -20...+80c, joten se on todella moneen erilaiseen säähän varma menetelmä.
- Mittauksen aika tai tarkkuus ei ole riippuvainen sään muutoksista.
- Mittaussyvyyden oltava vähintään 2mm
- Varmimman tuloksen saamiseksi näytteenotto riittävän kaukaa kuopan työstön reunaa, että saadaan laadukkaita mittaustuloksia. Näytteitä olisi myös hyvä ottaa jokaisesta mittaussyvyydestä kaksi koeputkellista.
- Näytemäärä oltava vähintään 1/3 putken tilavuudesta [7, s.7]



Kuva 3. Näytelapamittauksen tuloksen tarkistus (<https://vertia.fi/kosteusmittaus/>)

Suuntaa antava menetelmä:

Tilanteissa, joissa ei tarvitse päästä hyvään mittaustulokseen käytetään suuntaa antavia menetelmiä. Näissä tilanteissa niiden hyvinkin suuri epätarkkuus on tiedostettava ja oltava luottamatta mittaustulokseen.

### **Pintakosteusmittaus**

- Pintakosteusilmaisim ei mittaa suhteellista kosteuta, vaan materiaalin sähköisiä ominaisuuksia.
- Pintakosteusmittarilla voidaan seurata materiaalin sisältämän kosteustilan muuttumista, arvioida materiaalien kuivumista tai kartoittaa eri kohtien välisiä kosteuspitoisuuseroja rakenteessa.
- Pintakosteusmittarin lukemiin vaikuttaa pintaan nousseet suolakerrostumat, teräksiset ja eri materiaalien koostumukset ja rakenteiden pintaosien vaihtelut kosteuden lisäksi.
- Pintakosteusmittari ottaa tuloksen koko syvyydeltä, eikä sen avulla voida tutkia kosteuden esiintymää eri syvyyksillä.

- Useimmat mittarit ilmoittavat kosteuspitoisuuden painoprosentteina ja jotkin antavat laskennallisen suhteellisen kosteuspitoisuuden, jonka vuoksi mittaustarkkuus on lähes aina erittäin alhainen. [7 s.11]



Kuva 4. Pintakosteusmittarilla kosteuden kartoitusta (<http://www.jmetek.fi/kosteusmittaus>)

#### 2.4.2 Lämpökuvaukset

Lämpökuvaksella saadaan mitattua mitattavan kohteen pintalämpötilan jakautumista infrapunasäteilyyn perustuen. Kaikki pinnat lähettävät infrapunasäteitä/sähkömagneettista säteilyä, jonka voimakkuus riippuu kohteen pintalämpötilasta, eli mittauksilla saadaan hyvin nopeasti selville kylmät ja vetoa aiheuttavat pinnat, jotka vaativat korjaustoimenpiteitä. [10.]

Lämpökuvauksessa on hyvää, ettei sen takia tarvitse rikkoa rakenteita ja sillä saadaan arvioitua rakennusten, rakenteiden, ja rakennusmateriaalien toimivuus, laatu ja kunto. Lämpökuvauksen käyttö on pääasiassa tutkimusmenetelmänä energiakatselmuksissa, uudisrakennusten laadunvalvontamittauksissa ja vanhojen rakennusten kuntotutkimuksissa. Lämpökuvauksella on lisäksi erittäin nopea, edullinen ja luotettava toimenpide. Kuvauksesta saadaan tehtyä kirjallinen raportti sähköiseen ja paperiseen muotoon, josta näkee lämpökuvan mittauksesta. [10.]

Ennen lämpökuvausta lämpökuvauksen tilaajan olisi hyvä lähettää alla olevat tiedot lämpökuvaajalle:

- Pohjapiirustukset
- Tarvittavat rakenneleikkaukset
- Rakennuksessa käytetty runkorakenne (joka yleisesti on puu, kivi, teräs, edellisten yhdistelmä, jokin muu)
- Alapohjarakenteen tyyppi rakennuksessa (tuuletettu tai maanvarainen) ja yläpohjan rakenne (ullakolla oleva tila, vesikattoa myötäilevä tila, pakettikatto, kuinka tuuletus hoidettu)
- Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi rakennuksessa
- Tieto rakennuksen lämmitys- ja lämmönjakamisen järjestelmästä (lämpöpatterilämmitys vesikierrolla, lattialämmitys, sähköinen lämmitys, varaavatakka/uunilämmitys).
- Valmistumisvuosi rakennuksessa.

Lämpökuvaajalta pitää löytyä ammattitaitovaatimuksena lämpökuvauksen, että rakennustekniikan asiantuntemus, joiden avulla ammattilainen pystyy arvioimaan yllä olevien tietojen perusteella korjaustarpeet. Nämä pätevyyydet voidaan määritellä VTT:n myöntämällä henkilösertifikaatilla.

Lämpökuvauksesta tehdään sen jälkeen tutkimussuunnitelma, jossa esitetään alla olevat tiedot suoritettavaksi:

- Mittauksen tavoitteet, jotka ollaan yhdessä sovittu. Tavoitteisiin voi kuulua mm. laadunvalvonta, ennakkoselvitystä korjaustoista, korjauksiin liittyvää laadunvalvontaa jne.
- Alustavasti on kuvailtava rakennusosat, rakenteet tai erityiskohteet
- Tutkimusajankohta suunnitellaan alustavasti, että voidaan varmistua sopivista sääoloista lämpökuvaukselle. Varapäivän varaus suotavaa kuvaukselle pilvisen sään yllättäessä. Riittävien suunnitelmien ja kuvausten jälkeen kuvauksista tehdään raportti. [10.]



### 2.4.3 Rakenneavaukset

Rakenneavauksia tehdään rakenteisiin, että saadaan selville ongelmien aiheuttaja rakennuksessa/rakenteessa ja voidaan suunnitella korjauksen toimenpide oikein tehtävään kohteeseen. Kaikkia ongelmia ei voida siis pintapuolisesti/silmämääräisesti tutkia/mitata, että voidaan lähteä tekemään korjauksia. Vanhoihin rakennekuviin ei voida myöskään luottaa, että niiden mukaan oltaisiin tehty täsmällisesti ja tiedettäisiin rakenteen sisältö. Kosteusmittauksillakaan ei saada usein selville rakenteen kunnosta tietoa. Rakenteet avaamalla on siis varmin tapa saada selville, miten rakenneratkaisu on toteutettu ja mikä on rakenteen kunto. Huonon sisäilman aiheuttajat sijaitsevat yleisesti rakenteiden sisällä piilossa. Mikrobeja ja homeita havaitaan harvoin silmämääräisesti, eli mittaukset on otettava rakenteiden sisältä materiaalien pinnoilta, jonka jälkeen voidaan varmistua ongelmasta ja aiheuttajasta. Selvästi vaurioituneen rakenteen/materiaalin kohdalla näytettä ei tarvitse ottaa, vaan voidaan ruveta suoraan poistamaan vaurioitunut kohta ja tekemään korjaavia toimenpiteitä rakenteisiin. [20.]

Rakenteiden avaamisen tavoitteet ovat:

- Voidaan varmistua käytetyistä materiaaleista rakenteessa.
- Saadaan selville erilaisten liitostapojen toteutustavat.
- Kunnan määrittäminen rakenteessa silmämääräisesti.
- Saadaan näytteitä tarvittaviin mittauksiin, kuten kosteuspitoisuuden varmennus, mikrobi tai kemialliset määritykset.

### 2.4.4 Haitallisten aineiden haitta-arviot ja tutkimusvaiheet

Haitta-ainearviolla ja tutkimuksella selvitetään rakenteessa/rakenteissa sisältämät haitalliset aineet ja määrät. Tämän tiedon perusteella voidaan suunnitella rakennuksen ja järjestelmien muutos- ja korjaustoimet terveyden kannalta turvallisesti ja rakennusta on turvallista käyttää. Selvityksen perusteella tilanteesta saadaan laadittua raportti. Raportissa esitetään kattavat tiedot haitta-ainepitoisista rakenteista ja järjestelmistä korjaus- ja purkusunnittelua sekä urakkalaskentaa ja työturvallisuussuunnitelmien tekoa varten. [11.]

## Lähtötiedot tutkimuksille

Haitta-ainetutkimusten olennaisia lähtötietoja ovat:

- Tieto siitä, mitä kiinteistön tulevaisuudelle suunnitellaan (esimerkiksi korjaus, purku tai käyttötarkoituksen muutos)
- Kiinteistön kattava käyttö- ja korjaushistoriaselvitykset
- Kulttuurihistoriallisesti merkittävien rakennusten osalta rakennushistoriaselvitys
- Suunnitelma-asiakirjat ja arkistolähteet: alkuperäiset ja muutosten jälkeiset rakennussuunnitelmat ja rakenne- ja LVIS-suunnitelmat
- Tiedot toteutetuista tilamuutoksista sekä tilojen käyttötarkoituksimuutoksista
- Tilaselvitykset (huonekortit) [11, s.2]

Selvitystyön vaiheisiin kuuluu ensimmäisenä lähtötietojen hankinta ja niiden käsittely. Tämän jälkeen asiasta tiedotetaan rakennuksen käyttäjille, että mistä on kyse ja mitä tullaan tekemään. Kohteesta otetaan sen jälkeen haitta-ainearvio ja paikallistetaan rakennuksen tutkittavat kohdat tilaajan antamien lähtötietojen perusteella. Haitta-ainearviossa, voidaan ehdottaa materiaalista otettavaa haitta-ainetutkimusta. Tilaaja päättää tämän jälkeen harkintansa mukaan teettääkö tutkimuksen vai ei. Mikäli tilaaja päätyy tutkimukseen, niin tutkimussuunnitelma laaditaan kohteesta. Tämän jälkeen kohteessa tehdään tutkimuksia, otetaan näytteitä ja analysoidaan tutkimuksista saatuja tuloksia. Lopuksi kootaan raportti, jonka avulla voidaan lähteä tekemään korjauksia. [11, s.2]

### 2.4.5 Haitallisten yhdisteiden ja aineiden mittaukset

Haitta-aineiden hallinnan onnistuminen voidaan mitata purkutöiden jälkeen, ettei puretuun ympäristöön ole levinnyt kyseisiä yhdisteitä. Kyseisiä mittauksia voidaan käyttää myös ennen korjaustoimenpiteiden aloitusta, kun halutaan arvioida purku- ja korjaustyöntekijöiden altistumisriskejä kyseisille yhdisteille. Mikäli korjauksissa päädytään kapselointiin, tulee korjauksien onnistuminen selvittää ammattitaitoisilla ja ennakkoon suunnitelluilla ilmatiiveysmittauksilla. Mikäli kyseisten yhdisteiden korjaustavaksi valikoidaan poistaminen rakenteista, tulee osastoinnin toimivuus ja tekijöiden altistuminen yhdisteille arvioida korjausten aikana. Tutkimussuunnitelmien laadinta laadunvarmistusmittausten

pohjalta haitta-ainepurkujen ja korjaustöiden jälkeen tehtäville tiloille, että voidaan varmistua siivouksen laadusta ja siitä etteivät haitalliset yhdisteet ole päässeet leviämään purku- ja korjausalueen ulkopuolelle. [11, s.19]

Alla lueteltuina mittauksia, joita tehdään yleisesti kohteisiin korjaustoimenpiteiden selvittämiseksi. Mittauksilla saadaan selville haitta-aineiden määrät tiloissa, joita ei silmämääräisesti näe.

### **VOC-yhdisteet ja -mittaus**

Sisäilmaan tehtäviä mittauksia tehdään siinä esiintyvien orgaanisten kaasumaisten yhdisteiden takia, joita voi esiintyä jopa satoja. Nämä yhdisteet jaetaan yleisesti neljään eri ryhmään niiden kiehumispisteiden vuoksi. Kaikki nämä kuuluvat VOC-pääryhmään, joka tarkoittaa suomeksi haihtuvaa orgaanista yhdistettä. Ryhmät ja kiehumispisteet lueteltuina alla. [22.]

- VVOC = Tarkoittaa erittäin hyvin haihtuvia yhdisteitä >0...50-100C, esim. formaldehydi ja pentaani
- VOC = Yhdisteet, jotka haihtuvat hyvin. Yhdisteiden kiehumispiste 50-100...240-260C, materiaaleihin kuuluu mm. styreeni, tolueeni ja ksyleeni
- SVOC = Tarkoittaa puolihaihtuvia yhdisteitä, joiden kiehumispiste on 240-260...380-400C, luokkaan kuuluu esim. PAH -yhdisteet = polysykliset aromaattiset hiilivedyt
- POM =Yhdisteet, jotka sitoutuvat hiukkasiin. Yhdisteiden kiehumispiste >380C, esim. pestisidit mitä käytetään yleisesti torjunta-aineissa.

Voc-yhdisteiden analysointi tapahtuu suoraan luettavilta instrumenteilta ja erotusmenetelmään pohjautuvilla menetelmillä. Suoraan luettavien mittareiden toimintaperiaate perustuu ajallisen vaihtelun ja huoneistojen välisten pitoisuuksien osoittamiseen. Suoraan laitteelta luettavien mittareiden käyttö on helppoa ja niillä voidaan tehdä mittauksia ympäri vuorokauden jatkuvana. Mittausten haittana on yksilöllisten yhdisteiden tunnistamattomuus, erilaiset keräysalueet laitteilla ja määrittäysraja korkea, jonka vaihteluväli voi olla 50-300 µg/m<sup>3</sup> välillä. [22.]

## Asbesti-mittaus

Jos epäillään, että asbestipurun aikana saneerauksessa on tiloihin vapautunut asbestikuituja, niin tilat mitataan sen varalta ilma- ja/tai pintamittauksin. Asbestipurkutyöntekijöiden altistumista arvioidaan myös asbestikuiduille ja asbestipurun osastoinnin tiiveyttä, joka tehdään ilmanäytteiden avulla. Purkutöiden jälkeen tehtyyn tilaan suoritetaan myös purkutöiden jälkeinen laadunvarmistus, eli ns. puhdastilamittaus, jolla saadaan selville tilan puhtaus. Asbestityöntekijöiden altistumista asbestille on myös hyvä seurata säännöllisin väliajoin. Asbestikuitujen ollessa ilmaa raskaampia, tulee asbestipitoisen tilan pintoja harjata, että kuidut lähtevät liikkeelle. Harjauksen yhteydessä on varmistuttava siitä, että jokaiseen harjaukseen käytetään uutta ja puhdasta harjaa, ettei synny kontaminaatiota ja harjauksen tekijän on oltava asianmukaisesti suojautunut. [11, s.19.]

Tilan asbestipitoisuus saadaan selvitettyä keräämällä ilmaa n.90-120 minuutin ajan n.1,5m korkeudelta huoneesta polykarbonaatti suodattimelle n. 2l/min nopeudella. Asbestityöntekijän hengittämän ilman asbestipitoisuus saadaan keräämällä hengityssuojaimen sisältä esim. injektioneulalla. Suodattimille jäävät asbestihiukkaset lasketaan ja tunnistetaan laboratoriossa elektronimikroskoopilla ja siihen liitetyllä alkuaineanalyysointilaitteella. Asbestitulokset ilmoitetaan aina yksikössä  $\text{kg}/\text{m}^3$ , joka meinaa asbestikuitujen määrää kuutiosenttimetrissä ilmaa. [11, s.19.]

## 3 Materiaalit

### 3.1 Vanhat ja haitalliset rakennusmateriaalit ja -tuotteet

Terveyshaittoja aiheuttavia materiaaleja ja usein myös ympäristölle vaarallisia aineita ovat mm. asbesti, kreosiitti (esim. kivihiilipiki), PCB-yhdisteet, öljyt ja raskasmetallit (esim. lyijy) sekä betoniin imeytyneet haitalliset yhdisteet ja mikrobivaurioiset rakennuksen osat. Suomen laki määrää kartoittamaan rakennuksissa esiintyvät haitalliset aineet. Rakennuksessa esiintyvien haitallisten aineiden esiintyminen ja niiden oikeaoppinen tunnistaminen ja poistaminen ovat rakennuksen omistajan vastuulla, etteivät ne pääse kulkemaan ympäristöön tai aiheuta henkilöille terveydellisiä haittoja. Purkutöistä irtoavien haitallisten aineiden hallinta myös omistajan vastuulla, että purkutyö tapahtuu oikein ja hallitusti, ettei haitallisista aineista aiheudu altistuksia niiden purkajille tai tilan käyttäjille. [14.]

Vanhat rakennusmateriaalit sisältävät todella useasti haitallisia aineita ja niistä suurimassa osassa on asbesti esillä. Kaikkien käytettyjen materiaalien asbestipitoisuuksista ei ole kuitenkaan mitään tietoa rakentajilla/purkajilla, kun niitä lähdetään työstämään, eli aina pitäisi asbestimittaus tehdä, jos on vähänkään epävarma materiaalin sisällöstä ja tulisi työt keskeyttää siksi aikaa, kun saadaan varmuus asiaan. [16.]

Asbesti on ohutta, kemiallisesti ja mekaanisesti kestävää kuitua. Kaikki asbestilajit ovat luokkaan 1 kuuluvia karsinogeeneja. Käsiteltäessä asbestipitoisia materiaaleja, ne aiheuttavat rikkoutuessaan ihmiselle vaarallista pölyä. Asbestipölyn päästessä hengitysteihin ja keuhkoihin, on mahdollista, että ihminen altistuu asbestisairauksille. Pienintä terveydelle haitallista altistusta ei tunneta. Asbestia on käytetty Suomessa rakentamisessa vuosien 1910-92 välisenä aikana. Asbestipitoisten tuotteiden valmistus sekä niiden tuominen maahan on kielletty 01.01.1994 lähtien, myyminen ja käyttöön ottaminen 01.01.1994 alkaen. [16.]

### 3.2 M1-materiaalit ja -tuotteet

M1 kertoo tuotteen olevan sisäilmallisesti laadukas, vähäpäästöinen ja että se on tutkittu laboratoriossa ennen luokituksen saamista. Puhdas sisäilma saadaan toteutettua, kun asiat otetaan huomioon suunnittelussa, rakentamisessa ja käytön vaiheissa. Lopputulokseen ja laatuun vaikuttaa kuitenkin monien ja erilaisten asioiden lisäksi käytetyt rakennuksen materiaalit ja niiden oikeaoppinen käyttäminen rakentamisessa.

Kaikki M1-luokitellut tuotteet löytyvät hakupalvelusta yritys- ja tuotekohtaisesti. Näiden lisäksi tiedot löytyvät rakennustietosäätiön sivuilta osoitteesta M1.rts.fi Talo 2000-luokituksen mukaisesti. M1-luokitus puuttuu tuotteelta/tuotteilta, jos sitä ei löydy yrityksen, tuotteen tai Talo 2000 luokituksen avulla. [10.]

## Sisäpuoliset päästölähteet; rakennusmateriaalit

Puolet sisäpuolisista päästöistä tulee pintakäsittelyistä ja rakennusmateriaaleista!

- M1- ja EC1-luokitellut materiaalit ovat vähäpäästöisiä
- Päästöluokituksessa testataan
  - ▷ Haihtuvat orgaaniset yhdisteet TVOC
  - ▷ Formaldehydi
  - ▷ Ammoniakki
  - ▷ Karsinogeenit
  - ▷ Hajut (M1)
- Luokiteltujen materiaalien päästöt voivat kasvaa
  - ▷ Väärä asennus, huolto, siivous
  - ▷ Materiaalien yhteensopimattomuus
  - ▷ Korkea kosteus alustassa jne.



Kuva 5. Sisäilmaongelmien päästölähteet ja niistä johtuvat syyt (<http://m1.rts.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus-m1>)

### 3.2.1 Tiivistysmateriaalit ja -tarvikkeet

Sisäilmakorjauksissa tiivistysmateriaalit ovat suuressa roolissa, että niiden käyttäjät osaavat käsitellä/käyttää niitä oikein ja oikeisiin paikkoihin. Materiaalien sekoituksilla ja kuivumisen laiminlyönneillä saadaan materiaalit toimimaan väärin ja tästä syystä tiivisyksissä saattaa ilmetä vuotoja ja aikataulut eivät pidä sen jälkeen korjausten lisääntyessä ja laadun kärsiessä.

Tiivistysmateriaaleja tulee koko ajan lisää tunnetuilta valmistajilta ja ei niin tunnetuilta valmistajilta, niinpä oikean materiaalin valintaan tulee kiinnittää huomiota tarkkaan, että mitä käyttää ja minne. Alla lueteltuina tällä hetkellä käytössä olevia tiivistysmateriaaleja, joita on ollut käytössä kohteissamme.

#### TKR

TKR peruspinnoitteet ovat tutkittu Vahasen haitta-aineläpäisevyytutkimuksella (vuosina 2012 ja 2015), joiden avulla tuotteet on todettu soveltuvan hyvin alustaan imeytyneiden haitta-aineiden kapselointiin ja rakenteiden tiivistyksiin betoni-, kipsi-, valuasfaltti-, puu-, ja teräslattioissa, seinillä ja kattorakenteissa. TKR toimii myös valmiina pinnoitteena ja

vedeneristeenä, joten sillä voidaan tehdä valmista pintaa tiivistystyön lisäksi. Tuote kuuluu myös vähäpäästöiseen M1-luokkaan.

#### TKR- tuotteen käyttökohteet

TKR- tuotteita käytetään yleisimmin lattioiden, seinien ja kattorakenteiden vedeneristeenä. Sillä voidaan tehdä myös alustan hajusulkuja, jonka avulla estetään hajujen kulkeutuminen korjattavassa tilassa. Haitta-aine jäämien sulkuja voidaan myös toteuttaa, mikäli haitta-ainepurun jälkeen rakenteisiin jää vielä kyseisiä aineita. Erilaisten yhdisteiden kuten PAH, VOC ja ammoniakkipitoisuuksia voidaan sulkea. TKR:n on todettu toimivan myös iv-kanavien kunnostuksissa, pinnoituksissa ja tiivistyksissä. Sillä voidaan myös pohjustaa muita pintamateriaaleja esim. maalattavia aloja ja tehdä kokonaan myös valmista pintaa.

TKR- aineelta löytyy myös paljon ominaisuuksia, joita tutkijat on tutkinut laboratorioissa ja VTT antanut raportin tuotteen pitävyydestä. Ominaisuudet löytyvät tuotteelta listattuna alla.

- Läpäisevyystutkimus teetetty haitta-aineita vastaan Vahasen toimesta 2012 ja 2015
- Läpäisevyystutkimus ammoniakkia vastaan lattiapinnoitteena (VTT-S-02095-16)
- Valmis vedeneristykseen
- Erittäin hyvä halkeamiensietokyky ilman vahvikekangasta 0,45mm kalvopaksuudella, joka on 7,1mm
- Sallii rakenteiden liikkeen joustavuutensa ansiosta esim. lattia- ja seinäliitoksissa ja liikuntasaumoissa
- Materiaaleihin tarttuvuus erittäin hyvä esim. betoniin yli 3N/mm<sup>2</sup>.
- Teräslattiakaivoissa ja niiden liittymissä erittäin luja pysyminen, SFS-EN 1253-2/9.1.2
- TKR on kutistumaton
- Voidaan asentaa myös epätasaisille ja huokoisille pinnoille

- TKR pysyy aina hajuttomana ja liuotteemattomana asennuksesta valmiiseen pintaan asti. Soveltuvuus elintarviketeollisuuden ja -tilojen pinnoittamiseen, tiivistämiseen ja kapselointiin.
- TKR:n asennus hoituu parhaiten pensselillä, telalla, lastalla, ruiskuttamalla tai injektioimalla. Tutustumisen arvoinen on myös 2-komponentti-prässi.

[15.]

### **Muut tiivistystuotteet ja materiaalit**

#### Ardex 8+9 ja Ardex Stb 75-15 vahvikenauha:

Ardexin 8+9 -vedeneriste ja Ardex Stb 75-15 -vahvikenauha muodostavat Ardexin kehittämän tiivistysratkaisun erilaisten rajapintojen tiivistykseen. Ardex 8 on nestemäinen aine, joka sekoitetaan yhteen Ardex 9 -jauheen kanssa. Tästä yhdistelmästä tulee Ardexin kaksikomponenttinen yhdistelmä, jota voidaan käyttää vedeneristykseen ja rakenteiden tiivistykseen. Tuotteen menekki on kaksi kertaa telattuna  $0,75\text{kg} + 0,75\text{kg} = 1,5\text{kg/m}^2$ . Aineen kanssa voidaan käyttää vahvikkeena/pohjana Ardexin Stb 75-15 -synteettistä kuminauhaa. Ardexin tuotteet kuuluvat pääosin luokkaan M1 heidän esitteensä mukaan. [24.]

#### Blowerproof

Blowerproof on liuotteeton polymeeripohjainen pasta, jota levitetään normaalin maalin tapaan pensselillä. Kuivuttuaan tuote on ilmatiivis elastinen suojapinnoite, jolla on hyvä kiinnittyminen alusmateriaaleihin. Tuotteen menekki kahteen kertaan levitettynä on  $n.1\text{kg/m}^2$

Tuotteen käyttöalueita ovat seinien/lattioiden/ikkunoiden liitokset ja saumat, putkiläpiviennit, vaaka- ja pystysaumaliitokset, rakenneliitokset, teollisten mineraalivillojen sulke-  
miset ja radon kaasun sulkuun. [25.]

#### Contega solido

Contega solidolla voidaan tiivistää ikkunat, ovet ja karmit sisäpuolisena tiivistyksenä. Nauhasta löytyy liimaa koko leveydeltä. Liitosnauhaa voidaan käyttää myös erilaisten liittymien tiivistykseen ja sen päälle voidaan tehdä tasoitukset ja maalaukset. Liitosnauhan



vahvuuksiin kuuluu sen ohut rakenne (0,2mm), joten se on toimiva ratkaisu ikkunoiden tiivistyksissä listoitustyön vuoksi. Nauhan asennus onnistuu myös helposti siitä löytyvän kaksi- tai kolmeosaisen suojapaperin vuoksi. [26.]

### KÄYTTÖKOHEET

- ✓ Ikkunoiden ja ovien karmien tiivistys
- ✓ Ala- ja yläpohjan liittymät
- ✓ Höyrinsulun liittymät kivi ja betonirakenteisiin
- ✓ Sileät ja tiiviit tasoitepinnat
- ✓ Maalatut pinnat
- ✓ Sileät betonipinnat
- ✓ Harkko- ja tiilirakenteet
- ✓ Kipsi- ja rakennuslevyt
- ✓ Puu-, muovi- ja metallipinnoille

### EDUT

- ✓ Pitkäikäiseksi todettu vedenkestävä liima.
- ✓ Joustava pintamateriaali.
- ✓ Säännösto 3 kk.
- ✓ Ei sisällä haitallisia haihtuvia yhdisteitä.
- ✓ Heti ylitsoitettavissa ja maalattavissa.
- ✓ Helppo työstää.
- ✓ 2- tai 3-osainen suojapaperi.
- ✓ Liimapinta koko nauhan leveydellä.
- ✓ Merkkiainekaasutiivis.
- ✓ Yksi tuote, monta käyttötarkoitusta.

Kuva 6. Contega solidon käyttökohteet ja edut ([https://www.tiivistalo.fi/wp-content/uploads/2016/03/tuotekortti\\_contegasolidosl.pdf](https://www.tiivistalo.fi/wp-content/uploads/2016/03/tuotekortti_contegasolidosl.pdf))

### Ardex Ep 2000

Ardex EP 2000 on lattioiden kapselointiin käytettävä aine, jolla voidaan sulkea lattiasta nousevat haitalliset yhdisteet sisäilmaan ja höyrinsulkuna nousevaa kosteutta vastaan. Höyrinsulku tehdään kauttaaltaan lattialle ennen lattian ja seinän rajakohtien tiivistystä, jonka päälle sirotellaan tartuntakerros rajapintojen tiivistyksille kvartsihiekkalla tai levittämällä Ardex P82- pohjustusaine.

Ardexin EP 2000 -järjestelmä täyttää sisäilmavaatimukset, jotka on todettu Vahasen haitta-aineiden läpäisevyytutkimuksella 2010 (<https://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2012/08/Ardex-EP-2000-I%C3%A4p%C3%A4isevyytutkimus.pdf>) ja materiaaliyhdistelmän haitta-aineiden läpäisevyytutkimuksella 2016 (<https://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2018/01/Tutkimusl0stus-27.1.2016-Ardex-EP-2000-Ardex-EP-2001-W.pdf>). Materiaalilla tehtyjen korjausten jälkeen kohteisiin tehty myös VOC-analyysit ennen ja jälkeen korjaustoimenpiteiden. [24.]

### 3.2.2 Rakennusmateriaalit ja -tuotteet

Sisäilmallisesti toimiva rakennus vaatii oikeanlaiset materiaalit ja tuotteet toimiakseen korjausten lisäksi, eli niillä on tärkeä rooli sisäilmakorjauskohteissa. Materiaalien on toi-

mittava keskenään, eli yhteensopivuus varmistettava ennen asennusten aloitusta tuotekorteista. Luokittelun piiriin kuuluvat rakennusmateriaalit, kiintokalusteet, Pääallystämättömät huonekalut ja pääallystetyt tuolit.

M1-luokan rakennusmateriaalit ovat pinnoittamattomia, eikä niistä irtoa huoneilmaan minkäänlaisia päästöjä. Tällä hetkellä selkeimmin M1-luokkaan kuuluvat tiili, luonnonkivi, keraaminen laatta, lasi ja metalli. Näiden tuotteiden käytöllä ja vanhojen materiaalien korvaaminen kyseisillä parantaa sisäilmanlaatua. Yllä olevien lisäksi mukaan voidaan laskea käsittelemättömästä puusta valmistetut laudat ja hirret, vaikka kyseisten tuotteiden päästöt saattavat olla tuoreina M1-raja-arvoa suuremmat. Mikään materiaali ei voi saada kyseistä luokkaa ilman kunnollista testausta laboratorio-oloissa.

M1-luokiteltujen tuotteiden pakkausselosteissa tulee lukea materiaaleista tärkeimmät tiedot. Tiedoista pitää käydä ilmi alla olevan listauksen mukaiset tiedot käyttökohteista materiaalien sisältöön ja turvallisuuteen. Tuotteen valmistaja voi mainita M1-luokituksesta esim. omilla kotisivuillaan, kun on saanut luokituksen tuotteelleen. [10.] (<http://m1.rts.fi/m1-vaatimukset-ja-luokiteltujen-tuotteiden-kaytto>)

- Käyttökohteet ja tuotteen soveltuvuus
- Minkälaiset vaatimukset alustalla (mm. kosteus ja lämpötila)
- Esikäsittelyjen tarve
- Käyttöturvallisuus
- Tuotteen pakkaukset
- Kuljetus (pakkaukset)
- Varastointi ohjeet (säilytysolosuhteet, pakattuna, muovitettuna tms.)
- Tuotteen käyttö- ja asennusohjeet
- Siivousohjeet (pesuaineen pH-vaatimukset)
- Ympäristö- ja jätehuoltoasiat

**Sisäilmastoluokitus 2008:  
Rakennusmateriaalien päästöluokitus**



Luokkaan M1 kuuluvat emissiotestatut materiaalit, joiden epäpuhtauspäästöt täyttävät seuraavat vaatimukset:

• Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden TVOC kokonaisemissio	< 200 µg/m <sup>2</sup> h
• Formaldehydin emissio	< 50 µg/m <sup>2</sup> h
• Ammoniakin emissio	< 30 µg/m <sup>2</sup> h
• IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio	< 5 µg/m <sup>2</sup> h
• Haju	ei haise

Kuva 7. Päästöluokkien raja-arvot (<http://m1.rts.fi/>)

## 4 Tuotannon tahdistus

### 4.1 Tuotannon aikataulutus

Aikataulutus korjausrakentamisessa on aina oma haasteensa jatkuvien muutosten ja yllätysten vuoksi. Kohteissa pitää mennä myös vanhan rakennuksen ehdoilla pitkälti, kun uudistuotannossa noudatetaan alusta alkaen uuden toteutusta ja selkeää suunnitelmaa. Tämän takia suunnittelijan on käytävä purkutöiden aikana ja jälkeen tarkistamassa jo tehtyjen suunnitelmien sopivuus ja paikkansa pitävyys kohteeseen todellista tilannetta vastaaviksi, joiden pohjalta aikataulutus kohteeseen voidaan toteuttaa. Suunnittelussa olisi hyvä jättää häiriöpelivaraa n. 20-50% purkutöiden jälkeen.

Ensimmäisenä lähtökohtana on määriteltävä hankkeelle varattu aika, eli milloin oltava valmista ja kuinka paljon rakentamiseen on aikaa. Korjauskohde on tämän jälkeen hyvä jakaa osakohteisiin ja tuotannot omiin tehtäviinsä, jolloin tahdistus voidaan toteuttaa työtehtävien välillä. [12.]

<b>Aloitus</b>
Määritellään tai annetaan hankkeelle tai hankkeen vaiheelle lupa edetä.
<b>Suunnittelu</b>
Määritellään ja jalostetaan tavoitteita sekä suunnitellaan toimintatapa, jolla saavutetaan projektin tavoitteet.
<b>Toteutus</b>
Koordinoidaan ihmiset ja muut resurssit toteuttamaan projektisuunnitelma.
<b>Seuranta ja valvonta</b>
Valvotaan projektia ja mitataan projektin edistymistä säännöllisin väliajoin jotta löydetään ristiriidat suunnitelmissa, ja jotta voidaan tarvittaessa ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin.
<b>Lopetus</b>
Hyväksytään virallisesti lopputulos ja viedään projekti tai sen vaihe hallitusti loppuun.

Kuva 8. Aikataulutuksen toteutuksen vaiheet alusta loppuun [13, s.13]

#### 4.1.1 Käytetyt aikataulut työkalut ja niiden toteutus ja seuranta

Aikataulutukseen löytyy monia erilaisia työkaluja ja niistä olisi hyvä valita kokeilemalla/kokemuspohjalta omiin tarpeisiinsa sopivat aikataulumuodot tuotannon sujuvaan aikataulutukseen. Aikataulujen toteutukseen kannattaa varata hyvin aikaa ennen kohteen alkua, jotta tiedetään tehtävien töiden määrä ja kohteen valmistumisen reaalisuus annettuun aikaan nähden.

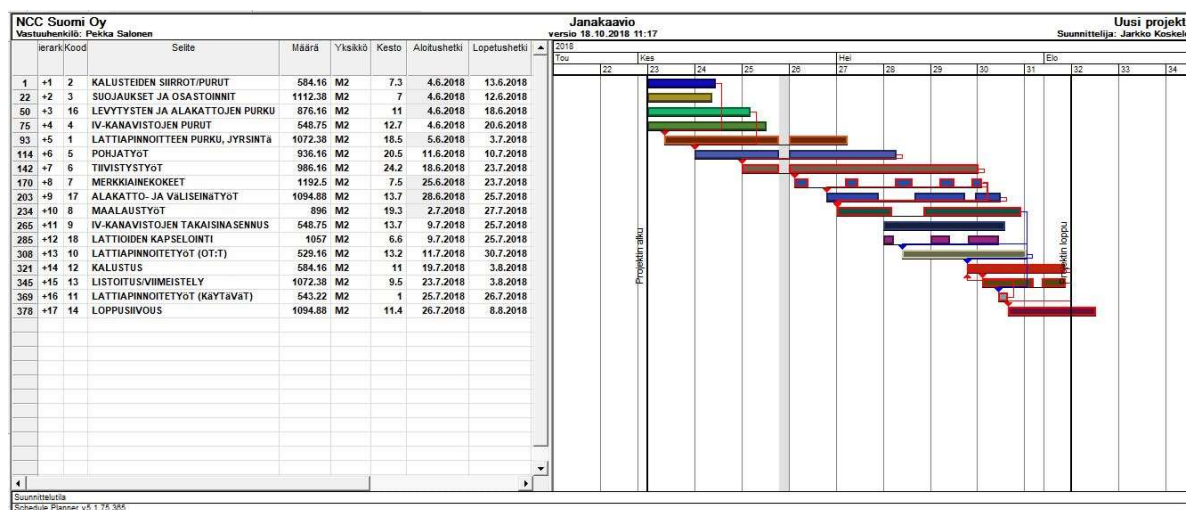
Tärkeimpänä on, että löytyisi koko projektin lopun ja alun näyttävä aikataulu ja sille kaveriksi toimiva viikoittainen seuranta-aikataulu, jota työnjohtaja päivittelee työmaakieroksien jälkeen työtilannetta vastavaksi. Viikkoaikatauluun olisi hyvä myös laittaa seuraavien viikkojen työtehtävät, jonka pohjalta voitaisiin varaila tulevien viikkojen työresurssit ja katsoa sitooko jokin työtehtävä mestaa itselleen muilta töiltä.

Projekteissa käytössämme oli koko kohteen näyttävä hankeaikataulu, eli projektiaika-  
taulu ja viikoittaisessa töiden suunnittelussa käytimme tarkentavaa Last planner -aika-  
taulua, jolla pystyimme mitoittamaan viikoittain tarvittavat resurssit tarkkaan tehtävien  
tilojen mukaan. Kyseisistä aikatauluista alla tarkemmin.

## Hankeaikataulu

Projektille laaditaan aina aluksi hankeaikataulu rakennuttajan toimesta, että siitä voidaan  
tarkistaa projektin toteutettavuus normaalin rakentamisajan puitteissa. Hanke-aikataulu  
kuvaava koko rakentamishankkeen etenemisen.

Aikataulun tärkeys on suuri rakennuttajalle, sillä siitä voidaan seurata kohteen valmistu-  
mista oikea-aikaisesti. Laatu heijastuu aikataulun pitävyyteen, koska huonosti suunnitel-  
lusta aikataulupidosta seuraa tyypillisesti laatuvirheitä. Aikataulun teko liian epärea-  
liseksi aiheuttaa vain ongelmia kohteessa. Kohteen luovutuksen valmistelu saadaan hoi-  
dettua kunnolla hyvällä aikataululla, että töiden kanssa ei tule liian kiire. Tilaaja pystyy  
hoitamaan myös omia asioita rakennuttajan tekemällä aikataululla, johon kuuluu mm.  
rahoitus, suunnitelmat ja sivu-urakat sovitulla tavalla. Hankeaikatauluun saadaan merkat-  
tua myös häiriövarat tehtävien välille, joiden avulla voidaan varautua mahdollisiin yllätyk-  
siin ja urakoitsijoiden tarpeettomiin kustannuksiin. Urakkamuodon valinnalla myös vai-  
kutusta hankeaikataulun toteutukseen. [13, s.41]



Kuva 9. Kuvakaappaus kohteemme hankeaikataulusta, joka on tehty Vico Schedule Plannerilla

## Last Planner System, LPS



## 4.2 Tuotannon tahdistus käytännössä ja jakaminen työryhmiin

Tuotannon tahdistus tarkoittaa työtehtävien jakoa ryhmiin ja ryhmien oikea-aikaista sijoittelua työmaalle riittävillä resursseilla, ettei ryhmä ala laahaamaan ja hidastamaan perässä tulevia työryhmiä. Tuotannon jakaminen työryhmiin ja työryhmien tahdistus sujuvaan työtahtiin on korjausrakentamisessa suuressa roolissa, että pysytään aikataulullisesti perillä kohteen kulusta ja sitä kautta taloudellisuus kasvaa turhien ylitöiden ja liiallisten resurssien vähentyessä työmaalla. Resurssien tarvetta hyvä seuralla viikoittain päivitetyllä viikkokohtaisella aikataululla, minkä avulla tiedetään missä tehdään mitä ja milloin.

Töiden väliset riippuvuudet voidaan jakaa yleisesti neljään eri ryhmää:

### **Looginen riippuvuus**

Ehdottomia riippuvuuksia, jotka johtuvat siitä, että tehtävät voidaan toteuttaa vain tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi muotti voidaan purkaa vasta, kun raudoitus ja betonointi on tehty ja betoni on saavuttanut riittävän lujuuden tai seinä voidaan maalata vasta, kun se on tasoitettu.

### **Olosuhderiippuvuus**

Työmaan olosuhteet voivat vaikuttaa tehtävien välisiin riippuvuuksiin. Eroja voivat aiheuttaa mm. sääolosuhteet, työmaajärjestelyt ja sopimukset. Esimerkiksi vesikaton tulee olla valmis, ennen kuin kastumiselle arat väliseinälevyt voidaan asentaa tai tilan ja rakenteiden kosteuden on oltava tietyllä tasolla ennen pintamateriaalien asentamista.

### **Tekniset riippuvuudet**

Toteutuksessa on käytetty tekniikkaa, joka vaikuttaa muihin tehtäviin. Esimerkiksi perusmuurin laudoituksen tulee olla toiselta puolelta valmis ennen raudoitusta ja sähköputkitusten ennen seinän toisen puolen levytystä.

## **Resurssiriippuvuus**

Samaa resurssia voidaan käyttää vain yhdessä kohteessa kerrallaan. Tyyppillisesti työmaalla oleva työryhmä tai kone siirtyy tekemään seuraavaa tehtävää edellisen valmistuttua. Esimerkiksi puisen vesikaton tehnyt kirvesmiesryhmä voi siirtyä tekemään kevyitä väliseiniä katon valmistuttua, jolloin näiden tehtävien välille syntyy riippuvuus. Myös paikka voidaan tässä ajatella resurssiksi, jolloin puhutaan "mestariippuvuudesta".

[13, s.81]

Yllä olevista riippuvuuksista käytössämme oli oikeastaan vain looginen riippuvuus ja olosuhderiippuvuus. Työjärjestyksen piti siis mennä joidenkin työtehtävien kohdalla oikeaan aikaan, ennen seuraavan vaiheen aloitusta. Tästä hyvänä esimerkkinä tiivistyksille tehtävät pohjatyöt, joiden tekeminen tiivistysten ollessa käynnissä pyrittiin minimoimaan samassa tilassa huolellisilla pohjatöiden tarkistuksilla.

Seuraavassa luvussa käyn tuotannon tahdistuksen käytännön pohjalta läpi, jonka toteutimme kesän aikana yllä olevia aikatauluja ja tuotannon tahdistusryhmiä apuna käyttäen työmaalla. Kesällä aikataulu oli tiukka oppilaiden ollessa poissa ja aikaa ei ollut hukattavaksi, että oppilaat pääsisivät ajoissa aloittamaan koulunsa korjatuissa tiloissa.

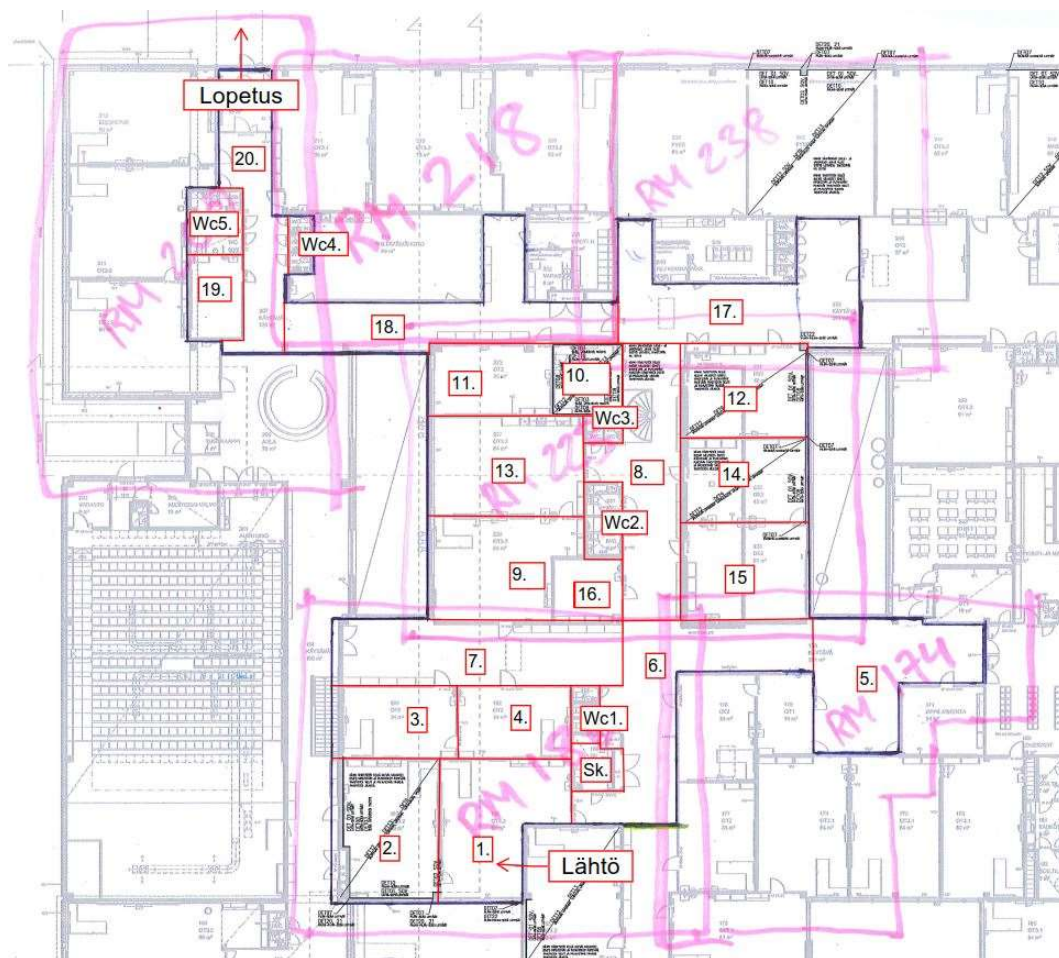
Työmaan alussa saimme pohjakuvan alueesta, johon hahmottelimme tehtävän alueen rajat kesän aikana tehtäviin korjauksiin. Pohjakuvaan piirsimme myös tarkentavien rakennesuunnitelmien sijainnit hahmottamisen helpottamiseksi projektin alussa.





Kuva 11. Työalueen rajausta ja tarkentavien työkuvioiden sijainnit pohjakuvassa

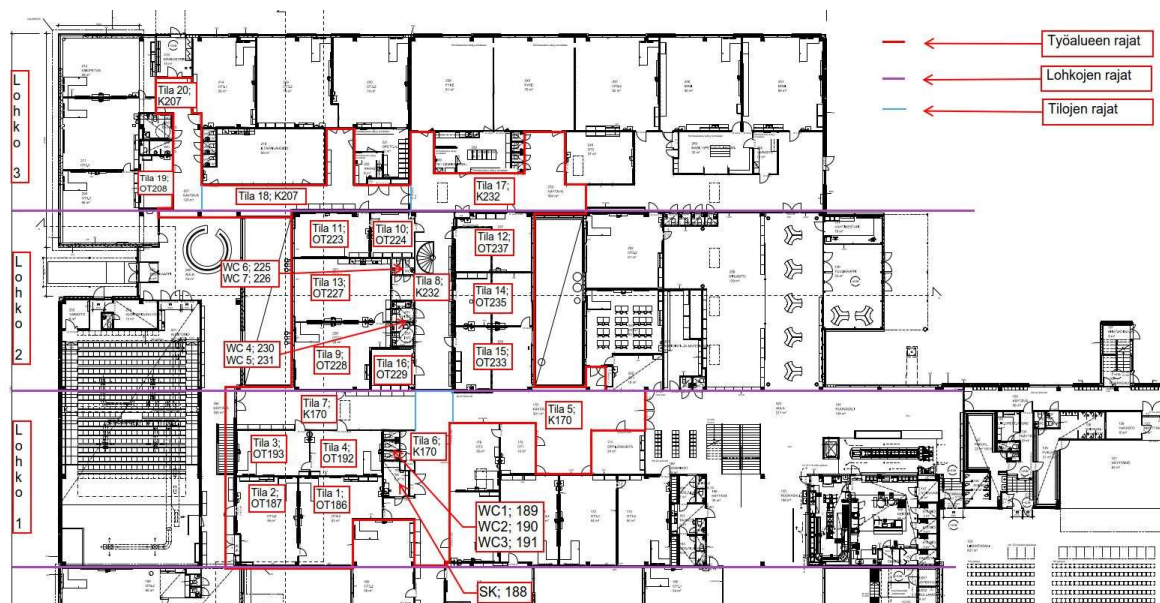
Työmaarajojen piirron jälkeen kävimme läpi työjärjestystä ja teimme pohjakuvaan tila- jaon numeroidusti 1→20, jonka perusteella työtehtäviä oli helppo tahdistaa ja seurata numeroidun järjestyksen avulla. Työjärjestyksen suunnittelimme pohjakuvaan tutkimalla tarkkaan ovien sijainteja ja mistä pääsisimme kulkemaan esimerkiksi purkujen ollessa käynnissä jollakin osiolla, ettei pöly pääsisi kulkeutumaan alueiden välillä liikkumisen yhteydessä. Työjärjestystä lähdimme toteuttamaan numerosta 1 eteenpäin kohti numeroa 20, missä sijaitsi toimistotilamme, kontit ja jätteille sijoituspaikat. Valmiita tiloja pyrimme saamaan siis numerosta 1 alkaen numeroa 20 kohti, jonka avulla saimme rauhoitettua kulkua valmiissa tiloissa.



Kuva 12. Tehtävien tilojen järjestys ja numerointi pohjakuvassa

Työvaiheita pyrimme miettimään kestojen mukaan, ettei seuraava työvaihe lähtisi liian nopeasti edellisen perään ja joidenkin vaiheiden huomasimme olevan haasteellisia tahdistuksen suhteen, jolloin työvaiheiden päällekkäisyyksiä tuli eteen. Korjaavilla liikkeillä, kuten resurssien lisäämisellä ja tarvittaessa poistolla, saatiin tuotannon tahdistus järjestykseen.

Viimeisessä ja lopullisessa pohjakuvaversiossa merkkasimme kuvaan lohkojen rajat ja mitkä tilat kuuluivat millekin lohkolle. Tiloihin merkattiin myös tilan todellinen numero meidän keksimämme työjärjestysnumeron lisäksi, mitä käytimme töiden tahdistukseen.



Kuva 13. Pohjakuvan lopullinen versio lohkorajoilla, työjärjestysnumeroilla ja luokkien todellisilla numeroilla.

#### 4.2.1 Tavaroiden siirto ja raivaus

Tavaroiden siirrot työalueelta/-alueilta toteutettiin pohjakuviin merkittyihin huoneisiin/tiloihin, joista projektin lopussa teimme siirrot takaisin paikoilleen alussa otettujen 360-kuvien avulla. 360-kuvauksesta kerron myöhemmin luvussa 5.1.2 Työalueet raivasimme mahdollisimman suurilta osin tavaroista loppusiivousten vähentämiseksi ja rikkimenevien tavaroiden estämiseksi. Tavaroiden siirtoon ja raivaukseen varasimme mahdollisimman paljon väkeä heti aluksi, että työalue saatiin mahdollisimman nopeasti käyttöön kaikilta osin. Siirtoihin varattava myös siirtokalustoa riittävästi, jotka auttavat siirroissa väistötiloihin ja varastoihin.

Tavaroiden raivausta ja siirtoa olisimme voineet vielä tehostaa niille erikoistuneen firman ottamisella esim. muuttofirma, jonka olemme todenneet kohteissamme toimivaksi. Työstä voidaan sopia urakkahinta, jolloin kyseisen työn hinta tiedetään valmiiksi ja työ tapahtuu nopeasti ammattitaitoisella porukalla.

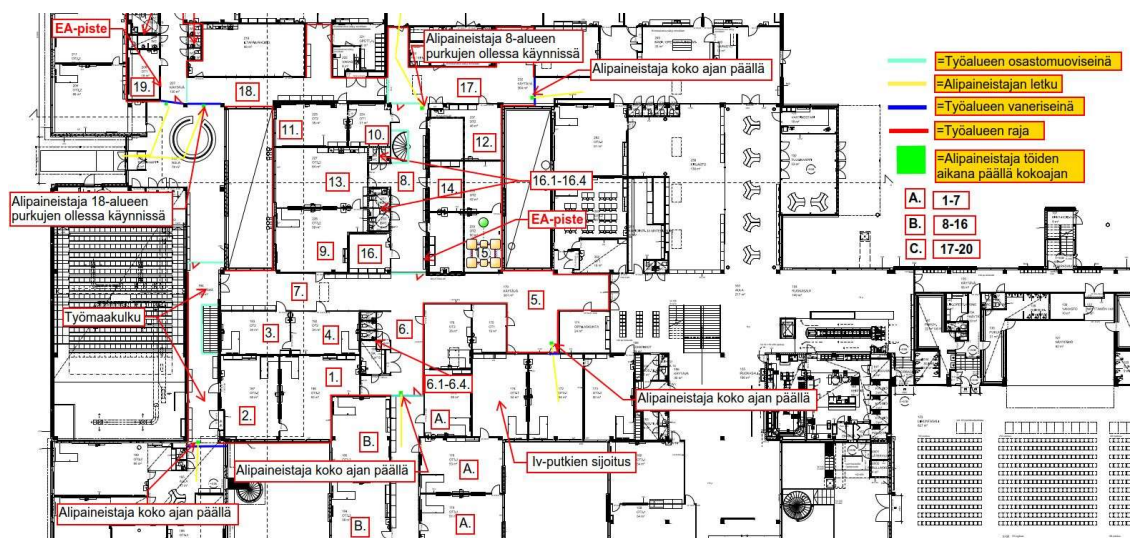
#### 4.2.2 Suojaus ja osastointi

Suojaukset ja osastoinnit lähtivät käyntiin, kun olimme saaneet raivattua tiloista n. puolet. Niissä piti kiinnittää erityistä huomiota lv-tulppauksiin ja herkkien laitteiden suojauksiin.



Mahdollisimman hyvällä suojauksella vähennetään myös loppusiivousten määrä huomattavasti ja siihen kannattaa panostaa heti työmaan alussa kunnolla.

Osastointiseinien sijainnit ja käytettävät materiaalit mietimme jo alussa pohjakuvaan valmiiksi, jonka perusteella oli helppo tilata tarvikkeet ja näyttää tekijöille, minne seinät on tehtävä ja mitä materiaaleja käytettävä. Seinien avulla saimme osastoitua tehtävän alueen muista koulun tiloista ja alipaineistettua pölyn hallitusti alipaineistajien avulla pölyn leviämisen estämiseksi. Alueilla sijaitsevien alipaineistajien lisäksi purkutöihin varattava omat alipaineistajansa tehtäviin tiloihin hoitamaan kohdepoisto tilassa, josta kerron tarkemmin luvussa 5.1.5.



Kuva 14. Suojausten, osastointien ja tavaroiden sijainnit merkitty kohteemme pohjakuvaan

#### 4.2.3 Rakenteiden purku

Lattioiden purkutyöt lähtivät suojausten perään, kun olimme saaneet suojattua ensimmäiset kaksi tilaa (1 ja 2) purkajien käyttöön. Purkutöihin on hyvä varata niihin erikoistunut yritys, että työt saadaan mahdollisimman nopeasti tehtyä pois alta oikeaoppisesti ja oikeilla välineillä. Purkutöiden hidastava vaikutus muihin vaiheisiin saadaan näin estettyä niiden hidastaessa kaikkia muita työvaiheita ja pölyttäessä työaluetta. Purkutöihin kuului vanhojen muovimattojen poisto ja liima+tasoitekerroksen hionta puhtaalle betonipinnalle, jotka purkajat veivät omille lavoilleen ennalta sovittuun paikkaan. Purkajat saatiin pidettyä ennalta suunnitellulla reitillä hyvin ennakkosuunnittelun ja työn läpikäynnin johdosta työntekijöiden kanssa.

Purkutöiden jälkeen tarkistimme ja dokumentoimme tehdyn työn laadunvarmistuspohjaan Congrid-sovellukseen. Jokaisesta puretusta tilasta olisi hyvä toteuttaa kyseinen pohja/tarkistuskortti, joiden avulla voidaan todentaa purkutyön jälki ja varmistua lattiapinnan teon jälkeen, että tarvittavat korjaukset ollaan tehty kunnollisille ja puhtaille pinnoille.



Kuva 15. Kuvakaappaus mattopurkujen tarkistuskortista Congrid-sovelluksessa

#### 4.2.4 Tiivistettävien pintojen pohjatyöt ja tarkastus

Tiivistettävien pohjien kohdalla tuli ensimmäiset ongelmat, koska niiden tekeminen oli tekijöille uutta ja pohjien tekemiseen tarvittavat työkalut eivät olleet selvillä. Tiivistettäviä pohjia ja rakenteiden avauksia pyrimme saamaan neljä kappaletta (1-4) valmiiksi tiivistäjille, ennen kuin tiivistäjät saapuivat ensimmäisen kerran työmaalle, jotta heille saatiin töihin jatkuvuutta pohjanteko-porukan mennessä edellä tekemään tiloja uusille tiivistyksille. Tiivistettävistä kohdista oli rakennekuvat, joiden avulla tutkittiin, minne tarvitaan rakenteiden tiivistyksiä ja niiden avulla avattiin rakenteita tarpeen mukaan. Tiivistyspohjien tekoon tarvitaan siis tietoa ja olisi hyvä, jos tekijöiltä löytyisi jonkinlaista tietämystä tiivistystöiden vaatimuksista.

Valmiiden tiivistyspohjien jälkeen tiloissa tehtävien pölyisten töiden määrää rajoitettiin ja pyrittiin estämään ennen niiden tarkistusta tehtäville tiivistyksille. Tiivistettävissä pohjissa kiinnitetään erityistä huomiota pölyttömyyteen ja alustan kuntoon, ettei siitä löydy mitään helposti irtoavaa esim. maalia, tasoitetta tai liimaa. Tiivistykset tehdään siis puhtaille ja karhennetuille pinnoille tiivistyksen pitävyyden varmistamiseksi. Hyviä ja varmoja tiivistyspintoja ovat puhdas kuiva betoni, puhdas teräs, terve puu ja erilaiset muovit, jotka kävivät ilmi suunnittelijoiden tekemistä suunnitelmista pohjien vaatimuksille.

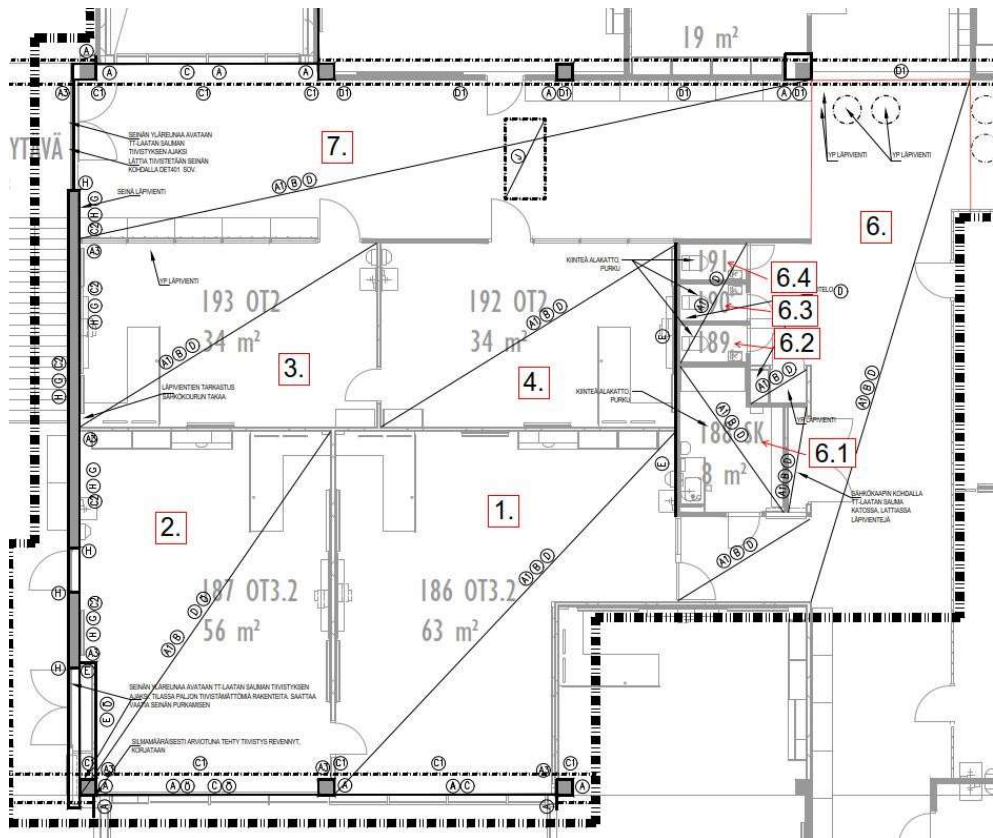
Tiivistyspohjien teko tärkeä työvaihe tiivistysten onnistumisen osalta, että niistä saadaan pysyvä ratkaisu sisäilmaongelmien ratkaisuun. Tiivistyspohjia ja merkkiainekokeita varten teimme lomakkeen itsellemme, jonka avulla voimme näyttää tilaajalle tehneemme tiivistettävien rakenteiden pohjatyöt ja merkkiainekokeet hyväksytysti suunnittelutoimiston kuittaamina. Liite on työn lopussa, josta selviää tarkistettut kohdat ja puutteet, mikäli niitä ilmenee pohjatöiden kohdalla. Tiivistystyöt aloitimme vasta, kun olimme saaneet lomakkeisiin kuittaukset tarkistetuista ja valmiista pohjatöistä.

#### 4.2.5 Rakenteiden tiivistys

Tiivistettävien pohjien tarkistuksien jälkeen rakenteiden tiivistäjät saapuivat paikalle aloittamaan tiivistystyöt tiloissa. Tiivistäjille teimme tarkentaviin pohjakuviin numeroinnin tiivistyksiä varten, jonka mukaan tiivistystöiden pitäisi edetä eteenpäin, että seuraavat työvaiheet perästä voitaisiin aloittaa hyväksytyjen merkkiainemittausten jälkeen tiivistetyissä ja mitatuissa tiloissa. Tiivistyksiä varten tilat täytyi rauhoittaa muista töistä pölyämisvaaran vuoksi.

Tiivistykset tekivät niihin erikoistunut yritys, jolta löytyy kokemusta kyseisten korjausten teoista monista kohteista ja laadullisesti tietoa myös pohjien laatuvaatimuksista, joka on tärkeä tieto tiivistysten onnistumisen kannalta. Rakenteiden tiivistäjille jaettiin työn alussa detaljit ja tiivistettävien rakenteiden työohjeet, jotka suunnittelutoimisto oli tehnyt kohteeseen. Kuvien avulla tiivistäjät tekivät suunnitellut rakenteiden tiivistykset ja epäselvyyksien tullessa eteen he ilmoittivat asiasta työnjohdolle, joihin puutuimme työn seisahtumisen estämiseksi.

Yleisimmät ongelmat liittyivät pohjatöihin, joissa tiivistettäviä rakenteita oli jäänyt avaamatta ja puhdistamatta, eikä tarvittavia tiivistyksiä päästy tekemään. Tällaiset tilanteet vaikuttavat myös merkittävästi työmaan tahdistukseen ja etenemiseen, koska työt joudutaan keskeyttämään, tilanne selvittämään ja rakenteita avaamaan lisää tai pohjia tekemään paremmin. Pohjatöiden tärkeys ja niiden huolellinen toteuttaminen korostuu siis vaiheessa, kun rakenteita lähdetään tiivistämään.



Kuva 16. Tiivistettävät kohdat ja työjärjestys pohjakuvaan merkattuna

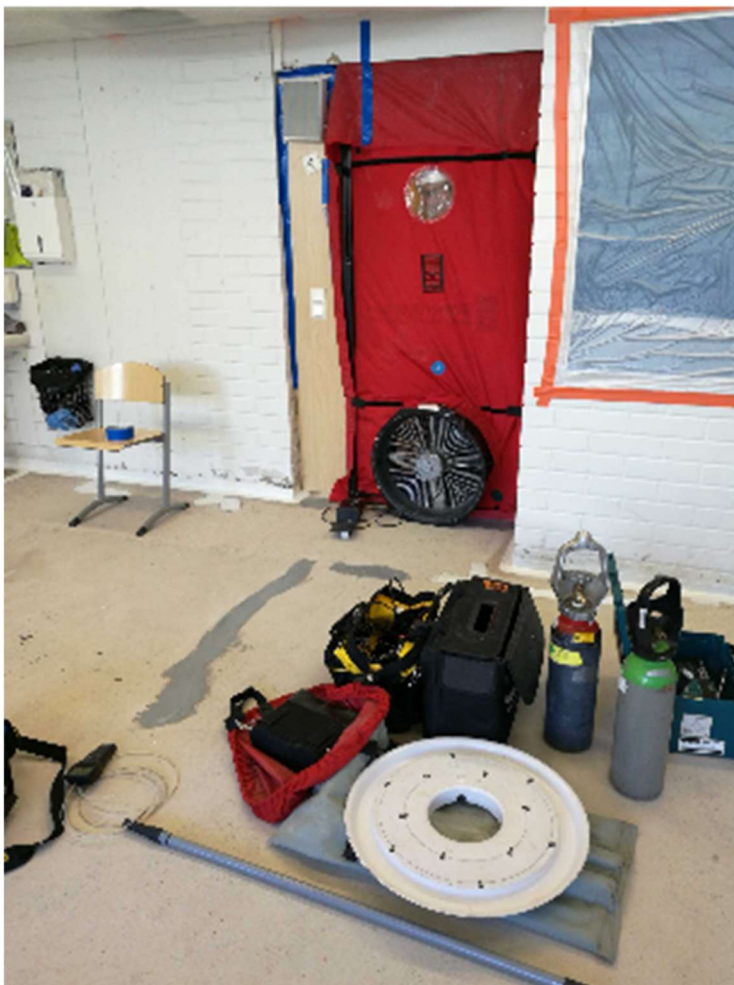
#### 4.2.6 Merkkiainekokeet

Tiivistyskorjauksia tehdessä on tärkeää, että niiden onnistuminen tutkitaan merkkiainekokein, joka paljastaa vuotokohtat tiivistyksistä, mikäli niitä on jäänyt tehdessä. Kyseessä on siis tiivistyskorjausten suurimpia laatutekijöitä, jolla voidaan varmistua tiivistysten pitävyydestä. Silmäääräisesti vuotoja on suurimmassa osista tapauksista mahdoton nähdä, joten merkkiainemittaus on ehdoton tapa vuotojen havaitsemiseksi.

Merkkiainekokeita varten tarvitaan omanlainen kalustonsa, josta lisää luvussa 5.1.4. Mittauslaitteilla tutkitaan tiivistettyä rakennetta ja vuotaako rakenteen taakse/alle laskettu merkkiainekaasu jostakin kohtaa mitattavaan tilaan. Tiiveysmittaajan mukana oli myös aina tiivistysurakoitsijan työntekijä paikkaamassa vuotokohdan sellaisen ilmetessä. Jokainen vuoto myös otettiin dokumenttiin ylös ja merkattiin joko korjatuksi tai korjaamattomaksi myöhempää korjausta varten, josta kerron myöhemmin lisää luvussa 5.1.3

Merkkiainemittaukset toimivat siis projektin työvaiheiden tahdistuksen puolivälinä, jonka jälkeen tiiviitä ja mitattuja rakenteita voitiin alkaa laittamaan umpeen täydentävillä/uusilla rakenteilla ja materiaaleilla. Merkkiainemittauksia kannattaa sopia alusta asti tasaisin määrääjoin, ettei mittaukset ajoitu projektin loppupäähän samalle ajanjaksolle. Aluksi sovimme yhden mittauspäivän viikolle, jonka aikana mittauksia tehtiin n.2-3 korjattuun tilaan. Mittauksien vaatima aika täysin riippuvainen tilan koosta ja tehtävistä kohdista. Vuotojen ilmetessä tiivistyksissä uusintamittauksilta ei välttytty ja mittauspäiviä vaadittiin lisää. Mittauspäiviä oli lopulta n.2-3 kertaa viikossa, jolloin tehtiin jo mitattuihin tiloihin uusintamittaukset merkittyihin ja korjattuihin vuotokohtiin ja näiden lisäksi siirryttiin uusiin huoneisiin mittaamaan tiivistettyjä rakenteita töiden jatkuvuuden takaamiseksi.

Mittausten aikataulutukseen ja tahdistukseen projektissa kannattaa siis kiinnittää huomiota ja jättää häiriövaroja. Rakenteiden ummistaminen siirtyy aina eteenpäin, jos vuotokohtia jää rakenteisiin ja ne pitää mitata uudelleen mittaajien tullessa seuraavan kerran työmaalle.





Kuva 17. Merkkiainelaitteisto ja alipaineistusovi kohteemme tilassa valmiina mittaukseen

#### 4.2.7 Täydentävät rakenteet

Merkkiainemittausten jälkeen täydentävien rakenteiden aloitus, joihin kuului mm. kipsitöitä, valutöitä, varusteiden kiinnityksiä ja iv-putkituksia kattoon. Kyseiset työt oli tehtävä vasta mittausten jälkeen, että korjatut kohdat pystyttiin mittaamaan ja varmistua niiden pitävyydestä. Mahdollisten vuotojen ilmetessä olisi tarvinnut purkaa muuten rakenteita ja selvittää vuodon sijainti.

Hyvänä esimerkkinä alla olevan kuvan mukainen kattoikkunan kipsilevytyö, joka pystyttiin toteuttamaan vasta mittauksen jälkeen vaihdettujen eristeiden ja tiivistettyjen saumojen päälle. Tiivistystöitä ei tarvinnut tämän vuoksi toteuttaa levyn pintaan, joka vähentää huomattavan paljon pintatöitä kipsilevypinnan kohdalla, tiivistysten jäädessä piiloon kipsilevypinnan taakse.



Kuva 18. Kipsilevityksen teko uusien eristeiden ja mitatun tiivistyksen päälle

#### 4.2.8 Maalaus ja tasoitus

Maalaus ja tasoitustyöt lähtivät täydentävien rakenteiden perään, kun tiloja oli tarpeeksi valmiina tasoituksille ja maalauksille. Maalarien määrä on hyvä mitoittaa tehtävien töiden mukaan ja se on täysin riippuvainen kohteesta, mitä tilaaja vaatii. Maalaukset ja tasoitukset siis täysin riippuvaisia maalaustarpeesta ja avattujen rakenteiden uudelleen rakentamisesta korjauskohteissa, joten maalarien ottaminen työmaalle mietittävä tehtävien määrän mukaan ja arvioita niihin menevä aika.

Tasoituksia ja maalauksia pystytään siis tekemään kapselointien jälkeenkin, mutta suojausten määrä ja kapseloinnin pohjatyöt lisääntyisivät mahdollisilta tasoitteiden ja maalien irroituksilla kapseloitavalta betonipinnalta. Tasoitus ja maalaustyöt on pyrittävä siis tekemään ennen kapseloiteja, mutta aina se ei ole mahdollista kunnollisellakaan ennakkosuunnittelulla yllätysten ilmetessä korjattavassa kohteessa ja lisätöiden ilmetessä. Kohteissamme pystyimme melko hyvin toteuttamaan kyseiset työvaiheet ennen kapseloiteja, mutta siihen tulisi kiinnittää vielä enemmän huomiota mielestäni, koska sen asian huomioimisella vältetään turhilta pintojen putsauksilta ja suojauksilta, jotka vaikuttavat käytettyyn aikaan ja rahaan.

#### 4.2.9 Lattiakapselointi

Lattioiden kapseloiteja lähdettiin tekemään tasoitettuihin ja maalattuihin tiloihin. Kapseloiteja tehdessä pyrimme tekemään pohjakuvista tutkittuna alueittain isoja ryhmiä valmiiksi lattioiden tekijöille, jolloin muut työvaiheet eivät menisi tehdyn kapseloinnin päälle sotkemaan pohjia ja mahdollisesti rikkomaan kapselointia.

Kapseloiteja toteutettiin n.200-400m<sup>2</sup> kerralla ilta-/viikonlopputöinä, jonka aikana muut työntekijät eivät liikkuneet kapseloidulla alueella. Ennen kapselointien aloituksia kapseloitavien pohjien tarkistus tärkeässä roolissa, ettei alueelle ole jäänyt purkujen jälkeen tasoitteita, liimoja ja lattiapinnoitteita heikentämään kapseloinnin pitävyyttä. Purkutöiden jälkeen kunnollinen mestan vastaanotto purkutöistä, että kapselointi saadaan pysyväälle pinnalle vastaamaan laatuvaatimuksia, jotka esitettyinä valmistajan ohjeissa ja suunnitelmissa.

Lattiakapselointien jälkeen alueille voidaan toteuttaa myös merkkiainekokeet kapseloinnin pitävyyden varmistamiseksi, jos tilaaja vaatii sitä tehtäväksi. Kapseloinnin päälle laitetaan kvartsihiekkoitus, jos laatoitus tulee valmiiksi lattiapinnaksi. Kvartsihiekalla saadaan tehtyä tartuntapinta laatoitukselle, joka parantaa kiinnityslaastin tarttuvuutta kapseloinnin ja laatan välillä. Tasoituksia tehtiin tarvittaessa kapseloiduille pinnoille, jos pinnan tasaisuus ei riitä esim. vinyylilankun asennukselle, joita sisäilmakorjauskohteissamme käytämme. Tasoituksen tullessa pohjustus toteutettiin pohjustusaineella/primeerilla valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Tasoituksen tarve kannattaa siis selvittää välittömästi kapselointien jälkeen lattiaurakoitsijan kanssa, koska tasoitustyö sitoo mestaa töiden jatkumiselta tiloissa n. yhden päivän ajan. Se vaikuttaa perässä tuleviin työvaiheisiin merkittävästi ja työtehtävien tahdistukseen, joka on mietittävä uudelleen.



Kuva 19. Luokkatilan lattia kapseloitu kauttaaltaan ennen vinyylilankkujen asennusta

#### 4.2.10 Lattiatyöt

Vanhojen liimattavien muovimattojen tilalle asensimme kapseloitujen lattioiden päälle vinyylilankut, joiden asennukseen ei tarvitse käyttää kemikaaleja ollenkaan, joten tässä kohtaa jää pois suurimpiin ongelmien aiheuttajiin kuuluva mattoliiman ja lattiatasoitteen muodostama kemiallinen yhdiste, josta kerroin työni alussa.

Vinyylilankkujen asennukseen pyrimme saamaan n.200m<sup>2</sup> aluetta tehtäväksi, jonka nopea ja hyvin tekevä asentaja tekee n. viikon aikana valmiiksi. Tiloissa tapahtuvien lattiatöiden aikana teimme lattiämiehelle edellä mestaa lisää työn jatkuvuuden takaamiseksi. Lattioiden asennus on montaa työvaihetta hidastava, jonka vuoksi niiden sujuva tahdistus ja resurssien varaaminen on tärkeä työvaihe. Luokkatiloja ei voi täyttää tavaroilla ja kapseloinnin päällä turhaa liikkumista kannattaa välttää sen mahdollisen rikkoontumisen ja likaantumisen vuoksi, jolloin vältetään hidastavalta siivoukselta ja pahimmillaan kapseloinnin korjaukselta, johon tuhraantuisi paljon aikaa.

Lattiatöiden suhteen oli suurimpia resurssipulia kesän aikana, kun lattiatyöt tuntuivat osuvan kaikissa kohteissa samalle aikavälille ja lattiaurakoitsijoita ei ollut saatavilla riittävästi. Tähän asiaan olisi voitu kiinnittää alussa enemmän huomiota ja jakaa lattia-asennus taakkaa useammille lattiafirmoille. Lattiatöistä olisi hyvä sopia myös työmaiden välillä, varsinkin kunnille ja kaupungeille tehdessä lapsien käyttämiin tiloihin lapsien ollessa lomilla rakennuksista ja töiden ollessa silloin käynnissä.



Kuva 20. Luokkatilan lattioiden tekoa kapseloidulle pinnalle viinylilankuilla

#### 4.2.11 Viimeistelyt

Viimeistelyvaiheen työt lähtivät käyntiin lattiapinnoitusten perään, joihin kuului mm. lisätoitustyöt, kalusteiden siirrot/kiinnitykset ja puutteiden korjauksia Congridiin (Congridista luvussa 5.1.1 tarkemmin) tehdyllä itselle luovutuslistan avulla. Viimeistelytyövaihetta voidaan pitää sisäilmakorjauskohteen selkeimpänä työvaiheena, kun tarvittavat korjaustoimenpiteet oltiin saatu korjattua ja mitattua. Viimeistelevillä töillä saatiin kohteelle loppusilaus vastaamaan kuntoa, jossa voidaan työskennellä/opiskella sisäilmallisesti korjatuissa tiloissa. Viimeistelytyövaiheisiin otimme niihin erikoistuneita tekijöitä, joilla on tarkka työnjälki, jottei viimeistelytyöihin tulisi enää lisää uusia puutekorjauksia kierrettäväksi.

#### 4.2.12 Loppusiivous

Loppusiivouksia korjattuihin tiloihin lähdettiin tekemään viimeistelytöiden perään. Tiloiissa pyrimme saamaan puutteet korjatuiksi ennen loppusiivousten aloituksia, mutta jotain jäi aina huomioimatta/näkemättä kiireellisen aikataulun vuoksi, jotka tulivat sitten esiin loppusiivousten aikana.

Loppusiivousten tärkeys sisäilmakorjauskohteissa on suuri, että korjatut tilat ovat puhtaina rakennuspölystä ne luovutettaessa. Huolimattomalla loppusiivouksella voidaan saattaa hyvin toteutettu projekti huonoon valoon käyttäjien tullessa huolimattomasti siivottuihin tiloihin. Loppusiivoukseen on varattava siis hyvin aikaa ja niiden aloitus vasta, kun siivottavassa tilassa on saatu kaikki pölyisät työvaiheet päätökseen kaikilta osin. Tämän aikaansaamiseksi työmaan tahdistuksen onnistuttava alusta alkaen loppusiivoukseen asti. Tuotannon tahdistuksen voidaan katsoa epäonnistuneen, jos loppusiivoustöiden aikana purkutöitä kohteessa vielä käynnissä. Tällaisia kohteita on varmasti monia ja tulee vielä olemaan, jos tuotannon tahdistukseen ja työvaiheiden tarkempaan suunnitteluun ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota.

#### 4.2.13 Valmiin kohteen luovutus

Kohteen luovutus ajallaan sisäilmallisesti korjattuna oppilaiden ja opettajien käyttöön projektin lopuksi on tärkein päämäärä sisäilmakorjauskohteissa. Siihen pääsemiseksi tuotannon ohjauksen sujuttava ja töiden edettävä niille suunniteltuina aikoina. Töiden tahdistus projektin läpi on siis edettävä saumattomasti ja suunnitelluista asioista pidettävä kiinni mitä on päätetty esim. kokouksissa. Suunnitelmiin ja työvaiheisiin tulee aina muutoksia jokaisessa korjausprojektikohteessa, mutta niiden vaikutus on tarkkaan mietittävä tuleviin ja varsinkin kriittisiin, eli mestaa sitoviin työvaiheisiin. Näihin asioihin pääsemiseksi viikoittaisen aikataulusuunnittelun on onnistuttava ja siihen on panostettava työmailla entistä enemmän.

Kesän aikana tehdyt projektit valmistuivat määräaikaan mennessä korjattuina, mutta niiden toimivuus selviää pidemmällä aikavälillä, kun tilojen käyttäjille tehdään kyselyjä lopputuloksesta aiempaan tilanteeseen verrattuna. Kyselyt tärkeitä varsinkin ihmisille, jotka oireilleet pahasti tiloissa, ennen korjausten aloituksia. Materiaalien vaihdoilla uusiin luokiteltuihin materiaaleihin on huomattavia vaikutuksia, jonka voi itse todeta alkutilanteen ja lopputilanteen nähneenä ja aistineena kohteiden tiloissa.

## 5 Dokumentointi ja laadunvarmistus

Rakennuksen on täytettävä kaikki sille asetetut laatuvaatimukset, jotta voidaan varmistua riittävästä laadusta ja rakennukselle asetetuista laatuvaatimuksista. Laadun mittaaminen, eli laaduntarkistus isona osana, jossa vertaillaan tehtyjä töitä asetettuihin ja tai sovittuihin vaatimuksiin. Laaduntarkastustoimenpiteille käytetään yhteisnimitystä laadunvalvonta. Työntekijöille on kerrottava ja selvitettävä laatuvaatimukset ennen työtehtävien aloittamista, koska laadunvarmistaminen ei voi nojata ainoastaan tarkastamisen varaan, vaan laadukasta jälkeä on synnyttävä ja vaatimukset tiedettävä. Laadukkaan lopputuloksen saamiseksi on projektin aikana käydyt laatuvaatimustekijät ja muu informaatio kuljettava projektissa mukana olevien osapuolten välillä saumattomasti. Väärinymmärretyt tiedot, puuttuvat tiedot ja niistä johtuvien ongelmien poisto myös varmistettava. Velvollisuuksien ja vastuualueiden ollessa selvät kaikille, saadaan tehty päätökset systemaattisesti palvelemaan korjaavaa toimintaa. [19, s.445]

### 5.1 Dokumentoinnin ja laadunvarmistuksen menetelmät ja työkalut

Dokumentointiin ja laadunvarmistukseen löytyy nykypäivänä hyvin tekniikka ja mobiililaitteille suunniteltuja sovelluksia, että tieto rakennushankkeen vaiheista ja dokumentoinnista saadaan toteutettua laadukkaasti rakennushankkeen alusta loppuun saakka kaikille osapuolille kulkevana. Dokumentointi on hyvin tärkeä osa sisäilmakorjauksia, koska suurin osa tehtävistä korjauksista jäävät rakenteiden alle piiloon ja niiden tarkistus jälkikäteen ei onnistu ilman rakenteen purkamista. Riittävä dokumentointi läpi urakan saattaa pelastaa rakenteen purkamisilta ja epätietoisuudelta tehdyistä korjaustoimenpiteistä.

Alempana on lueteltuina dokumentointitapoja, jotka olivat käytössä kesän aikana tehdyissä kohteissa ja joita voidaan hyödyntää myös muissa rakennusprojekteissa niiden hyödyllisyyden ja tehokkuuden vuoksi. Mobiilisovellukset ja uusin teknologia alkaa otta-  
maan koko ajan enemmän paikkaansa rakennusosalalla ja niihin tarttuminen parantaa rakennusalan tiedotusta, laatua ja turhaa tekemistä. Ongelmaksi muodostuu tällä hetkellä vain niistä tiedottaminen ja uuden teknologian käytön opettelu, joka vaatii aikaa, resursseja ja rahaa. Uusien dokumentointitapojen ja digitaalisten apuvälineiden käyttö ei kaikilta luonnistu itsestäänselvyys, joten tämä seikka pitäisi ottaa huomioon yrityksissä digitaalisuuteen mentäessä yhä enemmän rakennusyrityksissä.



## MIKSI SIIRTYÄ MOBIILIDOKUMENTOINTIIN

Mikään järjestelmä ei korvaa ihmisten tekemää päivittäistä johtamista, mutta hyvä johtaminen on ehdoton edellytys sille, että työt tehdään oikea-aikaisesti ja laadukkaasti:



Kuva 21. Syitä digitaaliseen dokumentointiin siirtymiseen (<https://www.congrid.fi>)

### 5.1.1 Congrid

Congrid on rakennusosalalle dokumentointiin, havainnointiin, työturvamittauksiin ja laadunvarmistukseen tehty mobiilisovellus, jolla saadaan pidettyä rakennushankkeeseen kuuluvat henkilöt ajan tasalla rakennushankkeen kulusta. Congridilla voidaan tehdä havainnot joko matkapuhelimella tai tablet-tietokoneella. Havaintojen muokkaus, järjestely ja tutkinta käy helpoiten tietokoneella oman työpisteen äärellä, jossa voidaan tehdyistä havainnoista tehdä pdf-muotoisia listoja tai sitten tulostettavia paperisia listoja tekijöille mukaan tehtäviä korjauksia varten.

## TUOTANNON DOKUMENTOINTI

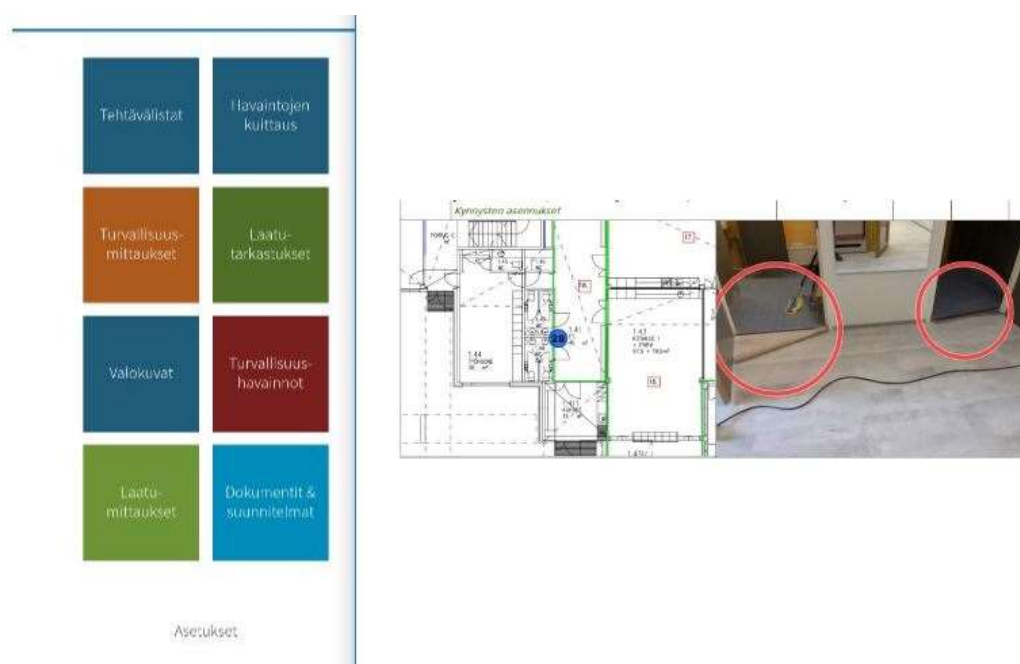
Paranna tuottavuutta ja helpota tuotannon arkea. Missiomme on parantaa työmaan tuottavuutta nykYTEKNIKAN avulla. Siirrä dokumentoinnin hallinta uudelle tasolle. Aika, joka aiemmin on mennyt paperien tulostamiseen, täyttämiseen, skannaamiseen ja järjestelmiin tallentamiseen, voidaan käyttää johtamiseen.



Kuva 22. Dokumentoinnin periaate digitaalisesti (<https://www.congrid.fi>)



Congridiin voidaan tehdä töistä laadunvarmistukseen tehtäviä listoja, joihin otetaan vaihe vaiheelta kuvat tehtävästä työstä. Listan avulla voidaan myös varmistaa, että työvaiheessa ollaan tehty vaaditut työt ja ne voidaan käydä läpi vaihe vaiheelta ja dokumentoida kuvin. Näin ollen voidaan varmistua, että työt ollaan tehty oikein rakenteen ummistuksen jälkeen, eikä ongelman ilmetessä tarvitse lähteä ensimmäisenä purkamaan dokumenttien puuttuessa tehdystä kohdasta. Mikäli työvaihe halutaan tarkistaa myöhemmin niin se onnistuu congridiin tehdyn listan avulla. Listojen avulla otetut kuvat pysyvät myös hyvin järjestyksessä, eikä halutun kuvan tai työvaiheen etsimiseen kulu ikuisuutta aikaa satojen tai mahdollisesti jopa tuhansien kuvien joukosta, kun ne ovat järjestyksessä valmiissa laatupohjassa dokumentoituna vaihe vaiheelta. [23.]



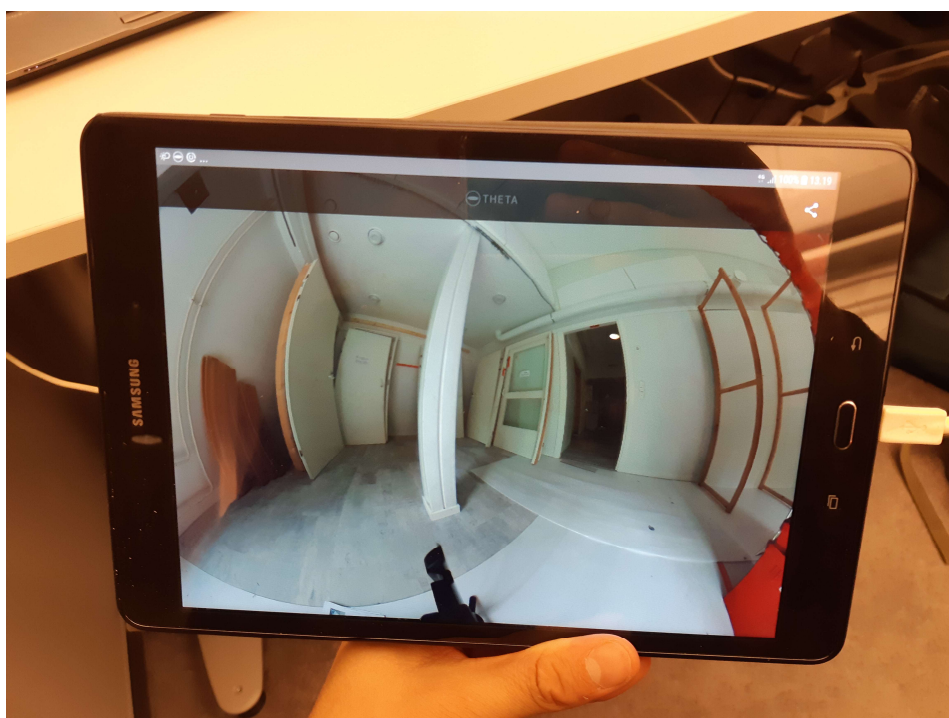
Kuva 23. Kuvakaappaukset Congridin alkuvalikkonäkymästä mobiiliversiossa ja pdf-itselleluovutuslistan puutekorjauskohdasta kohteessamme.

### 5.1.2 360-kuvaus

360-kamera ottaa yhdellä painalluksella kuvan tai videota kaikista suunnista, joten kameran kääntelyä tai useita kuvia ei tarvitse. 360-kuvauksella saatiin dokumentoitua helposti ja nopeasti tehtävät tilat ennen korjausten aloitusta ja sillä säästettiin huomattavan paljon aikaa alussa, kun ei tarvinnut ottaa tiloista monia kuvia tavaroiden ja alkutilanteen

dokumentoimiseksi. Kuvien avulla saatiin paikannettua mahdolliset erimielisyydet tilaajan kanssa, kalusteiden sijainnit ja määrät ja korjauksen edistyminen/tilanne, kun kuvia otettiin tasaisin määräjain kerran viikossa.

Kuvien katselu onnistuu parhaiten tabletilla, joita löytyy poikkeuksetta jo lähes jokaisen työmaan käytöstä. 360-kuvien ottamisella saadaan vähennettyä myös paperisten kuvien tulostamista, joita tulostellaan yleisesti korjausprojektin loppuvaiheessa tavaroiden ja kalusteiden sijaintien määrittämiseksi ennalleen ennen korjaustoimenpiteiden aloituksia.



Kuva 24. 360-kuvien pyörittelyä tabletilla

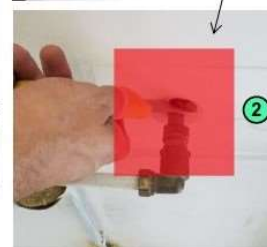
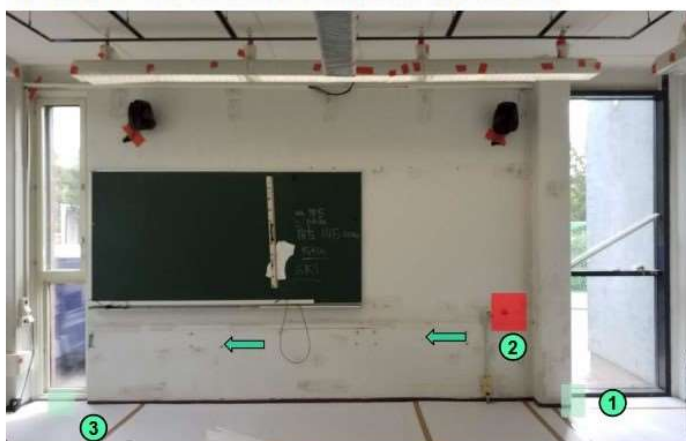
### 5.1.3 Mahdollisten vuotojen merkintä pohjakuvaan

Sisäilmakorjausten onnistuminen tiivistämällä saadaan selville merkkiainemittauksella, josta kerroin aiemmin luvussa 4.2.6 ja mittaukseen käytettävistä mittareista luvussa 5.1.4. Mittaus suoritettava tiivistyskorjausten jälkeen ennen rakenteiden ummistamista. Vuodot käyvät ilmi ilmaisimen avulla, joka kertoo vuodon laajuuden ja paikan. Hyvässä tapauksessa vuotoja ei ilmene, jos korjaukset ollaan tehty tarpeeksi laadukkaasti ja hyvin. Nämä tapaukset tuntuivat olevan kuitenkin vielä harvassa sisäilmakorjausten hankaluuden ja kiireellisen aikataulun vuoksi, joka lisää virheitä työn laadussa. Laadukkaan

tekemisen saavuttamiseksi vuotokohtien paikannus ensiarvoisen tärkeää, että vuotavat kohdat saadaan korjattua ja rakenteet pitämään korjausten jälkeen.

Vuotojen kuitenkin ilmetessä niiden dokumentointi tehtävä selkeästi ja hyvin, että tieto saadaan työmaasta vastaavalle taholle ja siitä edelleen vuotojen korjaajalle, eli tiivistysurakoitsijalle. Mittauksia tehdessä mittaajan mukana on hyvä olla tiivistysurakoitsijan työntekijä, joka vuodon ilmetessä paikkaa ilmenneen vuodon. Näin toimimme kesän aikana kohteissamme ja totesimme menetelmän hyväksi. Mikäli vuotoa ei saada korjattua tai korjausta pitämään, se jää raporttiin merkinnäksi vuodosta. Tässä kohtaa pohjakuvan hyöty käy ilmi, kun tiedetään tarkalleen missä kohtaa vuoto on pohja- ja valokuvien avulla. Seuraavan raportin tekoon pyrimme korjaamaan kaikki vuotokohdat, ettei niitä päässyt kerääntymään isoksi korjauslistaksi.

#### TILAN 1.23 ULKOSEINÄN 2 MERKKIAINEKOE 9.7.2018



#### MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

- ① Reikä tiivistyksessä karmin ja pilarin välissä
- ② Patterin läpivienti
- ③ Karmin ja alapohjan liittymä

Merkkiaiनेkoe tehtiin Formier 5 -kaasulla ja Sensistor XRS9012 -analysointilaitteella. Tila alipaineistettiin Blowerdoor -alipaineistimella -10...-12 Pa.

#### MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- ➡ MERKKIAINEKAASU ERISTETILAAN
- VUODON LAAJUUS, VUOTO KORJATTU
- VUODON LAAJUUS, VUOTOA EI KORJATTU
- Pa PAINE-ERO JA PAINE-ERON MITTAUSKOHTA



Kuva 25. Korjatut ja korjaamattomat vuotokohdat suunnittelutoimiston tekemässä laaturaportissa kohteessamme

#### 5.1.4 Merkkiainelaitteet ja -tarvikkeet

Laadunvarmistukseen kuuluu mittaukset merkkiainelaitteilla, joilla saadaan tietoa rakenteiden tehtyjen korjausten pitävyyksistä, joista kerroin aiemmin luvussa 4.2.6 Täydellisten tulosten saamiseksi laitteistosta pitää löytyä rakenteeseen laitettava kaasu (esim. typpivety-seos tai rikkiheksafluoridi) ja Kaasunilmaisimain esim. Dräger MSI Sensit 2 rikkiheksalle tai Trotec T300 varustettuna TS800 SDI ilmaisimella typpi-vetyseokselle. Tila pitää myös alipaineistaa, joissa tutkijat käyttävät yleisesti oveen asennettavaa alipaineistusovea, josta löytyy alipaineistin sisäänrakennettuna. Kyseisestä ovesta kuva luvussa 4.2.6

##### **Dräger MSI Sensit 2**

Paristokäyttöisellä Dräger MSI Sensit 2 -kaasunilmaisimella saadaan mitattua rikkiheksafluoridin määrä tilassa/rakenteessa. Sillä voidaan mitata myös kylmäaineina käytettyjä CFC- ja HFC-yhdisteitä. Kaasujen tunnistus onnistuu laitteella ilman kalibrointia ja se on manuaalisesti helposti säädettävä. Näytteidenotto ei perustu ilmanäytteestä saatuun, vaan mittarin CPI-9 sensori ilmaisee kaasumolekyylien sähkönjohtavuutta. Ilmoitus kaasusta tapahtuu äänimerkillä, joka voimistuu kaasulöydöksen löytyessä. Laite kykenee tunnistamaan kaasujen pitoisuudet välillä 0 – 885 ppm, vasteajan ollessa alle 1 sekunnin. [17, s.8-9]



Kuva 26. Dräger sensit 2 kaasunilmaisimain [17, s.9]

##### **Trotec T3000**

Trotecin T3000 on akkukäyttöinen mittari, jolla voidaan mittapäätä vaihtamalla mitata mm. ilman kosteutta, lämpötiloja ja ilman virtauksia. Vetykaasujen mittaukseen on mittariin asennettava TS 800 SDI-anturi. Anturin mittapää on erittäin tarkka ja sen havainnointi tapahtuu välillä 0-1000 ppm ja sen tunnistustarkkuus on alle 1ppm. Anturin puolijohdesensoria suojaa sintrattu ruostumattomasta teräksestä valmistettu filteri. Vedyn havaitessa, anturi ilmoittaa siitä merkkiäänellä ja välittää tiedon siitä T3000- laitteelle, jonka jälkeen laite ilmoittaa tuloksen 0,1 ppm:n tarkkuudella. Anturi ja mittari kytketään laitteistoon kuuluvaan keskusyksikköön. Mikäli tilassa tapahtuu mittaushetkellä vedyn taustapitoisuuden nousua, voidaan se nollata nollaustoiminnolla. Keskusyksiköstä löytyy myös 6-portainen herkkyyden säätö mittauksia varten. [17, s.8-10]



Kuva 27. Trotec T300 mittari ja lisävälineet. (<https://uk.trotec.com/products-services/measuring-devices/multifunction/t3000/>)

#### 5.1.5 Pölynhallintamenetelmät rakennusaikana

Tuotannonsuunnitelmista on löydyttävä pölyn aiheuttamien vaarojen torjunnan ohjeet. Suunnittelusta on käytävä ilmi, että miksi ja mihin kohteisiin pölyä muodostuu työpaikalla. Tehokkaimmat ratkaisut ja pölyn vähentäminen saadaan tarkastelemalla vaikuttavia tekijöitä asiaa. Pölyn hallitsemiseksi tulee tunnistaa, selvittää ja ymmärtää pölyn päästokohteet, muodostumisen mekanismit sekä pääsy ja leviäminen työympäristöön. [18.]

Pölyn vähentämiseen/poistoon löytyy monia keinoja mm. Materiaaleja vaihtamalla tai poistamalla pölynaiheuttama työmenetelmä, keräämällä pöly kohdepoistolla pois pölyävää työtä tekevältä työkoneelta, alueen osastoinnilla missä pölyä syntyy ja poistamalla pöly keräävästä alipaineistuslaitteesta ja varmistettava työntekijöiden varustautuminen tarkoituksen mukaisilla henkilösuojaimilla. Työnantajan toiminnan tulee olla ennakoivaa ja järjestelmällistä. [18, s.1]

Pölynhallinnassa pitää kiinnittää huomiota siis oikeanlaisesti mitoitettuihin suojauksiin ja laitteisiin, eli riittävä alipaineistus ja kunnollinen osastointi. Monesti alipaineistus ja kohdepoisto tehdään samalla laitteella, mutta näin ei pitäisi toimia vaan molemmille pitäisi olla omat laitteensa, niin kuin alla olevassa kuvassa numero 28.

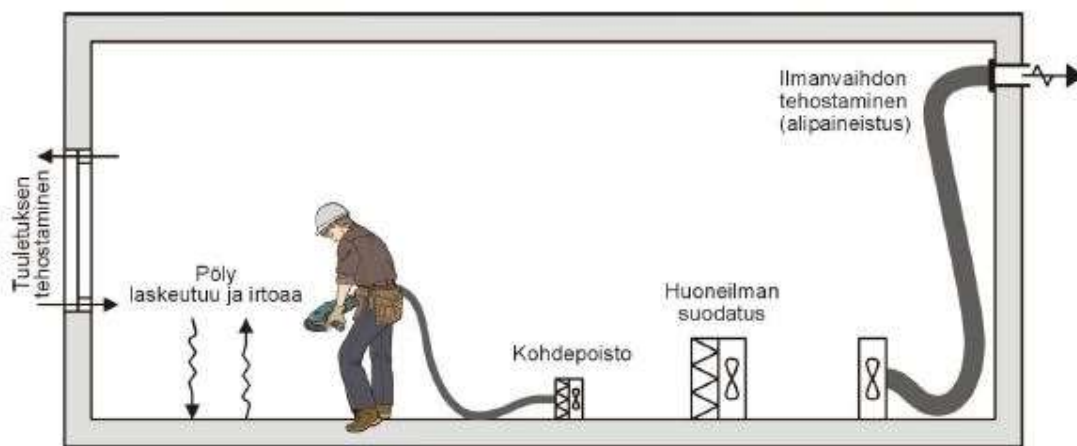
Pölyäviä töitä tehdessä pitää alla lueteltuihin asioihin kiinnittää huomio, niin päästään pölynhallinnassa ja leviämisessä työmailla pitkälle. Näihin asioihin kuuluu mm. pölyävien töiden ajoittaminen muiden töiden kanssa, kunnollinen osastointi tehtävälle alueelle, kohdepoisto koneisiin ja laitteisiin, materiaalien varastointi oikein ja pakkausten kunto.

Pölyävien töiden välissä myös tehtävä välisiivouksia aika-ajoin. Tehtävissä tiloissa on myös huolehdittava, että siellä on järjestetty yleisilmanvaihto. Siirrot kannattaa myös suunnitella pölyisten töiden mukaan työalueilla, ettei pölyt pääse kulkeutumaan osastoidulta alueelta pois.

Tärkeänä vaiheena on myös ilmanvaihtojärjestelmän suojaaminen, ettei rakennusaikaiset pölyt pääse järjestelmään. Henkilökohtaisilla suojaimilla saadaan suojeltua työntekijän terveys, jotka työnantajan on varattava työntekijöilleen. Purkutöiden kestoa kannattaa myös yrittää minimoida esim. kahdessa vuorossa tehtävillä purkutöillä, jonka avulla purkutyö saadaan tehtyä tuplasti nopeammin yhdessä vuorossa tehtäviin purkutöihin verrattuna.

Tiloja voidaan myös sulkea ja rajoittaa kulkua niihin purkutöiden ollessa käynnissä tai kun ne on siivottu kokonaan projektin loppuvaiheessa. Valmiita loppusiivottuja tiloja voidaan esimerkiksi sinetöidä. [18, s.2]





Kuva 28. Pölynhallinta toteutettu oikea oppisesti: ([http://www.rakennuskonepaallikot.fi/u\\_files/file/5\\_%20P%C3%B6lyntorjuntaratkaisut%20rakennusty%C3%B6maille%20Sami%20Metso.pdf](http://www.rakennuskonepaallikot.fi/u_files/file/5_%20P%C3%B6lyntorjuntaratkaisut%20rakennusty%C3%B6maille%20Sami%20Metso.pdf))

## 6 Haastattelututkimus

Työhön liittyen tein haastattelututkimuksen alan ammattilaisten kanssa, jonka avulla sain hyvin tietoa ja näkemystä omieni rinnalle sisäilmakorjauksista ja laadukkaasta rakentamisesta. Tutkimusta varten tein kysymyksiä asiantuntijoille, jotka laitoin ennen haastatteluja haastateltaville henkilöille mietittäviksi ennakoon ja moniin sain myös vastaukset haastatteluun mentäessä. Haastattelussa kävimme läpi lähettämiäni kysymyksiä ja paljon muuta aiheeseen liittyvää mitä en saanut kysymyksiini mukaan sisällytettyä tai ei tullut mieleeni kysyä kysymysten teko hetkellä. Haastattelusta oli mielestäni paljon hyötyä, koska aiheesta oli jäänyt paljon kysymyksiä, joihin kaipasi vastauksia kahdenkeskellä keskustelulla asiantuntijoiden kanssa ilman työmaan hälinää.

### 6.1 Suunnittelija

Suunnittelijan kanssa puhuin lähinnä sisäilmaongelmien korjaussuunnittelusta, hankaluuksista, korjausten lisääntymisestä ja kysynnän kasvamisesta. Työmaan tahdistuksen asiat, joihin merkkiainemittaukset liittyivät yleisesti vaikuttaessa työmaan ajalliseen suunnitteluun, olivat esillä myös keskustelun aikana. Merkkiainemittausten vaatima aika ja niiden mestan sitovuus kiinnostivat itseäni, että millä periaatteella suunnittelijat laskevat niille käytetyn ajan ja montako tilaa tulisi pystyä mittaamaan yhden työpäivän aikana.

suunnittelijan mukaan työmaalla tulisi kiinnittää enemmän huomiota merkkiainemittausten tasaisuuteen, että mittauksia olisi tasaisin väliajoin alusta alkaen, eikä kaikki mittaukset sijoittuisi viimeisille viikoille. Tämän asian aikaansaamiseksi tuotannon puolella tulisi kiinnittää huomiota kokonaan valmiisiin ja mitattaviin tiloihin, ettei tiloja tehtäisi ns. puoli-valmiiksi ja siirryttäisi toiseen tilaan kesken kaiken, jonka takia tilaa ei pääsisi mittaamaan vuotavien ja keskeneräisten paikkojen vuoksi. Suunnittelijan kanssa kävin keskustelua myös sisäilmakorjausten suunnittelun ajallisesta käytöstä verrattuna ”normaaliin” rakennussuunnitteluun, johon kuluu suunnittelijan mielestä huomattavasti vähemmän aikaa, kuin normaaliin rakennussuunnitteluun, koska kantavien rakenteiden puuttuessa ei tarvitse hakea rakennuslupia tai mitoittaa rakenteiden kestävyyskiä.

Huomioon otettavia asioita kysyin myös sisäilmakorjauksissa, että mihin pitäisi kiinnittää erityistä huomiota ja suunnittelijan mukaan tiloissa liikkuminen likaisissa työvaatteissa ja työasioista puhumiseen käyttäjien ollessa paikalla tulisi välttää. Puheilla voidaan saada joissakin tapauksissa käyttäjät hämilleen ja ymmärtämään asiat väärin, joiden perusteella saatetaan vetää vääriä johtopäätöksiä. Tiivistyskorjausten kestosta/kestävyydestä suunnittelija kertoi, että aika-arviot perustuvat materiaalivalmistajien ilmoittamiin. Korjaukset pyrittiin suunnittelemaan peruskorjaukseen asti kestäviksi ratkaisuiksi. Tällä hetkellä on vielä siis vaikea todeta korjausten todellista kestoa, koska kyseisten korjausten tekeminen ollaan aloitettu n. 5vuotta sitten. Korjausten sen hetkinen pitävyys saadaan kuitenkin selville merkkiainemittauksilla, joista kerroin tarkemmin luvussa 4.2.6 luvussa.

Suunnitelmien räätälöinnistä eri rakenteiden kohdalla keskusteliin myös ja suunnittelija kertoi, että suunnitelmat pyritään aina tekemään kohdekohtaisesti parhaan lopputuloksen saamiseksi. Lopuksi kysyin vielä tiivistysmateriaalien valinnoista, että millä perusteella niiden valinta tapahtuu tehtävään kohteeseen. Suunnittelijat pyrkivät valitsemaan aiempien toimivien kohteiden perusteella, joissa ollaan todettu aineet hyviksi ja toimiviksi ratkaisuiksi. Urakoitsijoiden perusteella voidaan myös räätälöidä kohteessa käytettäviä aineita sen mukaan, miten urakoitsija hallitsee tuotteet ja tiedetään aiempien kohteiden perusteella työn onnistuvuus valituilla aineilla.



## 6.2 Laatupäällikkö

Laatupäällikön kanssa kävin rakennusalan yleisiä laatuasioita läpi ja tein kysymyksiä lähinnä liittyen laadukkaaseen rakentamiseen tällä hetkellä ja missä pitäisi parantaa. Laatupäällikkökin oli kiinnittänyt huomiota tuotannon suunnittelun puutteellisuuteen ja kunnolliseen työvaiheiden suunnitteluun, josta työtäni olen juurikin tekemässä tuotannon tahdistukseen liittyen. Hän sanoi myös, että keskinäiseen viestintään ja kunnolliseen tehdyn työn tarkistukseen tulisi lisätä tarkkuutta, että rakennusvirheet huomattaisiin ja voitaisiin huomauttaa aliurakoitsijaa ajoissa asiasta.

Digitaalisuuden lisääntyessä vuosi vuodelta rakentamisessa kysyin hänen mielipidettään digitaalisuuden vaikuttamisesta rakentamisen laatuun. Itse digitaalisuuden hän ei kokenut parantaneen laatua, vaan hän koki sen ennemminkin helpottaneen joidenkin asioiden tekemistä oikeissa ja perehtyneissä käsissä. Digitaalisuudella ollaan saatu myös vähennettyä hukkaa ja erilaisten paperisten listojen tekemistä. Digitaaliset työkalut vaativat kuitenkin oman panoksensa ja opiskelun niiden käyttöön ja se on yksilöllistä jokaisen henkilön kohdalla, joten pienestä siirtymisestä digitaalisuuteen pariin täysipainoitteisesti ei ole kysymys.

Sisäilma-asiat ja -ongelmat ovat koko ajan enemmän esillä ja NCC:llä ei ole tällä hetkellä asiantuntijaa kyseisiin töihin. Siihen liittyen kysyin, että pitäisikö NCC:llä olla oma sisäilma-asiantuntija ja hänen mielestään osaamista sisäilmaongelmiin pitäisi ainakin lisätä nykyisestä. Omalla asiantuntijalla saataisiin myös kohteita paremmin haltuun alusta alkaen ja voitaisiin lisätä korjattavien kohteiden määrää kysynnän lisääntyessä. Aiheeseen liittyen kysyin vielä miten jatkuvasti olevat sisäilma-asiat vaikuttavat laadun määrittämiseen rakentamisessa ja ihmisten asenteissa. Hänen mielestään jatkuva esillä olo madaltaa ihmisten kynnystä ottaa asiat puheeksi sisäilmaongelmista. Suurin osa tapauksista ovat varmasti aiheellisia ja osa mahdollisesti ihmisten kokemuksia, joita ei voida todentaa ja yhdistää huonontuneeseen sisäilmanlaatuun.

Haastattelun lopuksi esitin kysymyksen, johon voidaan tiivistää aiemmin käytyt asiat ja josta olisi voinut puhua paljon pidempäänkin, eli panostetaanko rakentamisen laatuun tarpeeksi tällä hetkellä laatupäällikön näkökulmasta. Kysymykseen sai varsin selkeän ja ytimekkään vastauksen, joka oli ei.

## 7 Omaa pohdintaa

Sisäilmaongelmien lisääntyminen päivä päivältä ja niiden näkyminen mediassa lisäävät tehtävien kohteiden määrää, mutta niiden tekeminen on melko uutta rakennusalalla. Tästä johtuen niiden pariin on vaikea löytää kokeneita tekijöitä. Luulen kuitenkin, että tilanne tulee muuttumaan lähiaikoina/-vuosina, kun kunnat alkavat panostamaan enemmän sisäilmakorjauksiin ja ongelmista kuulemiseen käyttäjiltä, joiden perusteella voidaan lähteä suunnittelemaan korjauksia kohteisiin ennakkotutkimusten avulla. Tämän myötä rakennusurakoitsijoiden mielenkiinto kasvaa varmasti sisäilmakorjauksiin liittyen ja saadaan alalle enemmän tekijöitä niiden pariin. Sisäilmaongelmien korjaaminen saat-  
taa alkaa myös kotitalouksissa, kun niiden haitallisuus ja ihmisten tietous kasvaa niiden esilläolon myötä. Jokainen tunnistaa varmasti ”mummonmökki”- tuoksun. Kyseisen tuok-  
sun perusteella voidaan jo melko varmasti sanoa, että kohteessa on sisäilmaongelma. Ongelmaa ei välttämättä näe silmämääräisesti, mutta haitta-aine tutkimuksiin kehitetyllä mittarilla saadaan haitta-aineiden määrät selville. Tällaisiin asioihin kannattaisi siis kiin-  
nittää enemmän huomiota kotitalouksissa, sillä mikrobien ja homeiden aiheuttamat on-  
gelmat ovat ikäviä ihmisille aiheuttaen terveydellisiä hajuhaittoja ja rakenteille kuntohait-  
toja.

## 8 Loppuyhteenveto ja ratkaisu

Työn lopputuloksena ja ratkaisuna saatiin sisäilmakorjauskohteisiin koottua toiminta-  
malli, jonka avulla voidaan toteuttaa sisäilmakorjauskohteet tahdistettuina ja tiedetään  
mihin asioihin pitää kiinnittää huomiota projektin edetessä. Työstä käy ilmi minkälaisia  
vaiheita, menetelmiä ja materiaaleja laadukkaaseen sisäilmakorjauskokonaisuuteen  
kuuluu ja millä tavoilla kokonaisuus saadaan dokumentoitua ja varmistettua tehdyn työn  
laatu, mikä voidaan tarkistaa jälkikäteen projektin valmistuttua rakenteiden ollessa pai-  
kallaan.

Ohjeesta toivon olevan hyötyä sisäilmakorjauksien parissa työskenteleville ja helpotta-  
van tuotannon suunnittelua etukäteen löytyvällä oppaalla, jonka avulla voidaan varautua  
tulevaan sisäilmakorjausprojektiin. Opasta voidaan hyödyntää myös projektin aikana,  
josta voidaan tutkia esim. laadunvarmistukseen ja materiaaleihin liittyviä asioita.

## Lähteet

- 1 RT 18-11217. 2016. Sisäilmasto-ongelman selvittäminen, tilaajan ohje. Rakennustieto Oy.
- 2 Rakennuksen vuodot pakkasilmalla. 2015. <https://www.raksystems.fi/fi/ajan-kohtaista/pakkasilmalla-selviaa-rakennuksen-lampovuodot>. Luettu 25.09.2018. Raksystems oy.
- 3 RATU TT 9.5. 1999. Kosteus ja homevaurio-ongelmat. Työterveyslaitos.
- 4 RIL 250-2100. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.
- 5 Miten kosteusvaurio syntyy? <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/home-metalo-ja-kosteusvaurio/miten-kosteusvaurio-syntyy-miten-kosteusvaurio-syntyy->. Luettu 27.09.2018. Terveystieteiden tutkimuskeskus.
- 6 RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Rakennustieto Oy.
- 7 Kosteusmittaukset. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Kosteusmittaukset>. Luettu 25.09.2018. Sisäilmayhdistys.
- 8 Merikallio, Tarja, DI/TJ, Kosteusmittaus, <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>. Luettu 26.09. Humitest Oy.
- 9 Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1. 2018. <http://m1.rts.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus-m1>. Rakennustieto Oy.
- 10 RT 14-11239. 2016. Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustieto Oy.
- 11 RT 18-11245. 2016. Haitta-ainetutkimus, Rakennustuotteet ja rakenteet. Rakennustieto Oy.
- 12 S-1231. 2012. Korjausrakentamisen tuotannonsuunnittelu. Rakennustieto Oy.
- 13 RATU KI-6031. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy.
- 14 Komulainen, J., Sääntti, J., & Huttunen, J. 2011. Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110305.pdf>. Rakennustieto Oy.

- 15 Tiivistyskorjaus, 2017, <http://www.tkr.fi/tuotteet/tiivistyskorjaus>, TKR-Marketing Oy.
- 16 RT 18-11246, 2016, Asbesti rakentamisessa, Rakennustieto oy.
- 17 Mika Tuukkanen. 2015. Rakenteiden tiiveyden tarkastelu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93349/Tuukkanen\\_Mika.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93349/Tuukkanen_Mika.pdf?sequence=1), MAMK.
- 18 Ratu 1225-S. 2009. Pölyntorjunta rakennustyössä. Rakennustieto oy.
- 19 Junnonen. Juha-Matti. Tutkimuspäällikkö. 2001. Rakennushankkeen laadunvarmistus, joka on ote pientalotyömaan valvonta ja tarkastusasiakirja teoksesta. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>. Rakennustieto oy.
- 20 Rakenteiden avaukset. 2008. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Rakenteiden-avaukset>. Sisäilmayhdistys ry.
- 21 Asumisterveysopas. 2005. Sosiaali ja terveysministeriö.
- 22 Kemialliset tutkimukset. 2008. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>. Sisäilmayhdistys ry.
- 23 Ohje laatutarkastuksien tekemiseen Congrid-mobiilisovelluksella. 2018. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143902/Opinnayte-tyo%20Ville%20Myllys.pdf?sequence=1>. Ville Myllys.
- 24 Ardex sisäilmakorjausjärjestelmä. <https://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2018/02/ARDEX-Sis%C3%A4ilmakorjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf>. Ardex oy.
- 25 Blowerproof liquid brush. [http://www.betton.fi/filebank/BLOWERPROOF\\_LIQ-UID\\_BRUSH\\_vrs4.pdf](http://www.betton.fi/filebank/BLOWERPROOF_LIQ-UID_BRUSH_vrs4.pdf). Betton oy.
- 26 Contega solido SL. [https://www.tiivistalo.fi/wp-content/uploads/2016/03/tuotekortti\\_contegasolidosl.pdf](https://www.tiivistalo.fi/wp-content/uploads/2016/03/tuotekortti_contegasolidosl.pdf). Tiivistalo oy.

## Excel-listaus kohteen tehdyistä töistä

[illegible]

**Tarkistuslomake****"Kohdetieto tähän" tilojen pohjien ja  
merkkiainekokeiden tarkistuslomake****Tila:****1. Pohjat tarkastettu****2. Merkkiainekoe tehty**

Tarkastaja:	Tarkastaja:
Päivämäärä:	Päivämäärä:

**3. Huomiot/korjaukset**