

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# OLOSUHDEHALLINTA KALLIORAKEN- NUSTYÖMAALLA

TEKIJÄ Juuso Räsänen

|  |           |           |    |
|--|-----------|-----------|----|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala   |           |           |    |
| Tutkinto-ohjelma<br>Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma  |           |           |    |
| Työn tekijä<br>Juuso Räsänen   |           |           |    |
| Työn nimi<br>Olosuhdehallinta kalliorakennustyömaalla  |           |           |    |
| Päiväys  | 16.4.2024 | Sivumäärä | 23 |
| Yhteistyökumppani<br>Rakennusliike Lapti Oy  |           |           |    |
| Tiivistelmä  |           |           |    |
| <p>Opinnäytetyön aiheena oli käsitellä kalliorakennustyömaan olosuhdehallinnan merkitystä työntekijöiden työturvallisuuden, laadun ja työmaan lopputuloksen kannalta. Tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli kehittämistyönä toteuttaa rakennustyömaan työnjohtajalle olosuhdeseurantataulukko, joka auttaa työnjohtajina toimivia dokumentoimaan ja seuraamaan rakennustyömaan muuttuvia olosuhteita.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Rakennusliike Lapti Oy:n kanssa. Kehittämistyössä menetelminä käytettiin mittaamalla kohdetyömaalla vallitsevia olosuhteita kosteus- ja lämpö-, sekä hiukkaspitoisuusmittarilla ja Microsoft Excel – ohjelmistoa. Työssä perehdyttiin myös olosuhdehallinnan vaatimuksiin, lakeihin ja asetuksiin, sekä käytännön toimintamalleihin alan lähdetiedostoa apuna käyttäen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin helppokäyttöinen Excel-taulukko työmaan olosuhdeseurantaan ja dokumentointiin, sekä selkeä ohje taulukon käyttöön ja rakennustyömaan seurattaviin olosuhteisiin. Taulukko palvelee parhaiten rakennustyömaan pääurakoitsijan työnjohtajaa, jonka vastuulla työmaan olosuhdehallinta on, mutta taulukkoa voi käyttää myös muut työmaalla toimivat työnjohtajat.</p> |           |           |    |
| Avainsanat<br>kalliorakentaminen, olosuhdehallinta, pölynhallinta  |           |           |    |

|   |             |
|---|-------------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport   |             |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Construction Management   |             |
| Author(s)<br>Juuso Räsänen  |             |
| Title of Thesis<br>Handling of Indoor Climate Condition at a Cave Construction Site   |             |
| Date<br>16 April 2024   | Pages<br>23 |
| Client Organisation<br>Rakennusliike Lapti Oy   |             |
| <b>Abstract</b><br><p>The topic of the thesis was to address the handling of indoor climate condition at a cave construction site for the safety, quality, and final outcome of the site. The aim of this thesis was to develop an indoor climate conditional monitoring table for the site supervisor as a development task, which would help supervisors to document and monitor the changing climate conditions on the construction site.</p> <p>The thesis was conducted in collaboration with Rakennusliike Lapti Oy. The methods used in the development work involved measuring the prevailing conditions at the target site using moisture, temperature, and particle concentration meters, as well as Microsoft Excel software. The work also discussed into the requirements, laws, and regulations of indoor climate condition management, as well as practical operational models using industry sources as a reference.</p> <p>As a result of the work, an easy-to-use Excel spreadsheet for monitoring and documenting site conditions was obtained, along with clear instructions for using the spreadsheet and indoor climate conditions to be monitored on the construction site. The spreadsheet primarily serves the site supervisor of the main contractor responsible for indoor climate condition management on the site, but it can also be used by other supervisors working on the site.</p> |             |
| <b>Keywords</b><br>cave construction, handling indoor climate condition   |             |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | JOHDANTO .....                                      | 6  |
| 1.1 | Yhteistyökumppanin esittely .....                   | 6  |
| 2   | KALLIORAKENTAMINEN .....                            | 7  |
| 2.1 | Maanalainen rakentaminen Suomessa .....             | 7  |
| 2.2 | Maanalaisen rakentamisen erityispiirteet.....       | 7  |
| 3   | OLOSUHDEHALLINTA .....                              | 8  |
| 3.1 | Olosuhteiden hallinta rakentamisen vaiheissa .....  | 8  |
| 3.2 | Kosteudenhallinta .....                             | 9  |
| 3.3 | Sisäilmastoluokitus.....                            | 9  |
| 3.4 | Perehdyttäminen.....                                | 10 |
| 3.5 | Lämmitys .....                                      | 10 |
| 3.6 | Kuivaus .....                                       | 11 |
| 4   | PÖLYNHALLINTA .....                                 | 13 |
| 4.1 | Rakennuspöly .....                                  | 13 |
| 4.2 | Rakennuspölyn haitat.....                           | 13 |
| 4.3 | Pölyntorjuntaan liittyviä lakeja ja asetuksia ..... | 14 |
| 4.4 | Pölyntorjunnan keinot .....                         | 14 |
| 4.5 | Osastointi .....                                    | 15 |
| 4.6 | Rakennustöiden puhtausluokitus .....                | 15 |
| 5   | OLOSUHDEHALLINTA KOHDETYÖMAALLA .....               | 16 |
| 5.1 | Lämmitys .....                                      | 16 |
| 5.2 | Kuivaus .....                                       | 17 |
| 5.3 | Pölynhallinta .....                                 | 17 |
| 6   | OLOSUHDESEURANTATAULUKKO .....                      | 18 |
| 6.1 | Kehittämistyön toteutus.....                        | 18 |
| 6.2 | Taulukon käyttöperiaate.....                        | 18 |
| 6.3 | Kehittämistyön tulos.....                           | 20 |
| 6.4 | Kehitysideat.....                                   | 20 |
| 7   | POHDINTA.....                                       | 21 |
|     | LÄHTEET .....                                       | 22 |

|  |    |
|--|----|
| KUVA 1. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 3.) .....  | 8  |
| KUVA 2. Rakennustyömaiden väliaikainen lämmitys. (Ramirent 2019.) .....  | 11 |
| KUVA 3. Absoluuttinen ja suhteellinen kosteus suhteessa ilman lämpötilaan. (Haavistola & Kuutti 2022.) ...   | 12 |
| KUVA 4. Esimerkkejä rakennuspölynhaitoista (Työturvallisuuskeskus 2016, 1.) .....  | 13 |
| KUVA 5. Pölyntorjunnan arviointimenettely. Kemialliset tekijät, toimenpiteet työpaikoilla. (Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje 2009, 2.) ..... | 14 |
| KUVA 6. Puhtausluokan P1 pöykertymän enimmäistasot (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 13) .....  | 15 |
| KUVA 7. Kulkuaukko ajoneuvoliikenteelle (Räsänen 2023) .....   | 16 |
| KUVA 8. Osastoitu laastinsekoituspiste (Räsänen 2023) .....  | 17 |
| KUVA 9. Hiukkaspitoisuusmittaus (Räsänen 2023) .....   | 19 |
| KUVA 10. Olosuhdeseurantataulukko (Räsänen 2023) .....   | 20 |

## 1 JOHDANTO

Kalliorakennushankkeessa työmaan olosuhdehallinta on tärkeässä osassa työntekijöiden työturvallisuuden, tilojen loppukäyttäjän ja hankkeen laadullisen lopputuloksen kannalta. Kallion sisään rakentaessa suunnitelmallinen ja hyvin organisoitu olosuhdehallinta korostuu ja jokaisella työmaalla työskentelevällä on tärkeä rooli onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Opinnäytetyössä käsitellään kalliorakennustyömaan olosuhdehallintaan vaikuttavia tekijöitä ja sitä miten onnistunut olosuhdehallinta vaikuttaa rakennushankkeen aikatauluun ja laatuun. Työssä perehdytään myös rakennustyömaan olosuhdehallinnan vaatimuksiin, siihen liittyviin lakeihin ja asetuksiin, sekä tutustutaan kalliorakennustyömaan olosuhdehallintaan liittyviin toimintamalleihin niin teoriassa kuin käytännössä.

Työn tavoitteena on kehittää olosuhdehallinnan seurantataulukko rakennustyömaan työnjohtajan käyttöön. Kehittämistyönä toteutettava seurantataulukko on tarkoitus koostaa kokonaisuudeksi rakennustyömaan toimintaan ja laatuun vaikuttavia olosuhteita mittaamalla rakennustyömaan eri alueita niihin tarkoitetuilla mittareilla. Olosuhdehallinnan seurantataulukon on tarkoitus toimia työnjohtajan apuvälineenä rakennustyömaan muuttuvien olosuhteiden seurannassa ja dokumentoinnissa eri alueilla ja työvaiheissa.

### 1.1 Yhteistyökumppanin esittely

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Rakennusliike Lapti Oy:n kanssa ja työssä tutustaan Suomessa toteutettuun kalliorakennushankkeeseen, sekä sen olosuhdehallintaan. Aihealueen laajuuden vuoksi opinnäytetyö on rajattu käsittelemään olosuhdehallinnan suunnittelua ja toteutusta, sisäilmastoluokitusta, kosteudenhallintaa ja pölynhallintaa.

Rakennusliike Lapti Oy on Suomessa valtakunnallisesti toimiva vakavarainen rakennusliike. Yritys on perustettu vuonna 1990 nimellä Lapli-Tieto Oy ja alun perin yrityksen toiminta on keskittynyt rakennusalan konsultointiin ja pientalojen rakentamiseen. Varsinainen toiminta rakennusliikkeenä alkoi vuonna 2008, jolloin myös yrityksen nimi on muutettu nykyiseen muotoonsa. Rakennusliike Lapti työllistää tällä hetkellä n. 500 henkilöä eri tehtävissä ja toimii usealla paikkakunnalla ympäri suomen (Lapti julkaisuaika tuntematon a.) Yrityksen toiminta keskittyy asunto-, palvelu- ja toimitilarakentamiseen sekä kiinteistökehitykseen Suomessa. Yrityksen talonrakentamisen toimintajärjestelmällä on RALA – sertifikaatti, mikä on rakennusalan arviointimenettely ja perustuu yrityksen toimintajärjestelmän auditointiin. (Lapti julkaisuaika tuntematon b.)

## 2 KALLIORAKENTAMINEN

### 2.1 Maanalainen rakentaminen Suomessa

Suomen ainutlaatuinen kallioperä on edistänyt kalliorakentamisen perinteitä ja osaamista huomattavasti jo vuosikymmenten ajan. Kallioperämme on vanha, vahva, sekä laadukas ja näin ollen luo erinomaiset puitteet maanalaisille rakennusprojekteille maassamme. Vertaillen esimerkiksi Viron olosuhteisiin, rakennuskelpoista kallioperää esiintyy siellä vasta noin 100 metrin syvyydessä. 2020-luvulla kaupunkirakentamisen suunta on muuttumassa kaupunkien laajentumisen sijaan tiivistämiseen, missä rakennusmassaa kasvatetaan nyt rakentamalla korkeampia rakennuksia tai sijoittamalla ne maan alle. (A-Insinöörit julkaisuaika tuntematon, 1.)

Maanalainen rakentaminen mahdollistaa käytännössä minkä tahansa rakennuksen tai toiminnon sijoittamisen maan alle. Esimerkiksi kaupunkien kasvaessa parkkitiloja, kaupunkien kunnallistekniikkaa, varastoja ja liikuntapaikkoja on alettu sijoittamaan maan alle. Maan alle rakentamista suunniteltaessa onkin tärkeää miettiä, millaisia tiloja voidaan kustannustehokkaasti rakentaa maan alle siten, että käyttökokemus tiloista pysyy hyvänä. (A-Insinöörit julkaisuaika tuntematon, 4.) Maanalaisen rakentamisen etuja ovat pitkä käyttöikä ja pienemmät käyttökustannukset maanpäälliseen rakennukseen verrattuna. Maanalaisissa rakennuksissa ei myöskään ole julkisivuihin kohdistuvia ympäristörasituksia. (RT 91-10655 Kalliotilat. Ohjetiedosto 1998, 2.)

### 2.2 Maanalaisen rakentamisen erityispiirteet

Ennen maanalaisen rakentamisen aloittamista kalliotutkimuksilla selvitetään muun muassa kalliopinnan asema rakennusalueella, kallion laatu ja rakenne, sekä pohjavesisuhteet. Tämän jälkeen kalliorakennussuunnittelija kerää tarvittavat kalliotekniset tiedot ja suunnittelee hankkeen eri vaiheissa tehtävät tutkimukset. Maanalaisen rakennuksen käyttötarkoitus vaatii rakennesuunnittelijalta kokemusta paikallarakennettujen rakenteiden ja vaativien veden-lämmöneristysrakenteiden suunnittelusta. Suunnittelussa on otettava huomioon työtekniset vaatimukset ja rakenteiden työvarat louhintamitoitusta varten. (RT 91-10655 Kalliotilat. Ohjetiedosto 1998, 5, 10.)

Kallion luonnollinen lämpötila normaaleissa maanalaisissa rakennuksissa sijoittuu yleisesti 6–8 lämpöasteen välille. Yksi maanalaisen rakennuksen ominaispiirre on lämpöhäviöiden riippumattomuus ulkoilman lämpötilasta. Tämä johtaa siihen, että alkulämmitysjakson huipputehon tarve on moninkertainen verrattuna jatkuvuustilanteeseen. Kosteudenhallinta maanalaisissa rakennuksissa vaatii tarkempaa suunnittelua kuin maanpäällisissä tiloissa, koska kalliopinnoista haihtuva kosteus on myös otettava huomioon. Jos rakennuksen eri tiloilla on eri käyttötarkoituksia, tilojen kosteudenhallinnan edellytyksiä voi parantaa tilojen omilla ilmastointikoneilla. (RT 91-10655 Kalliotilat. Ohjetiedosto 1998, 10–11.)

### 3 OLOSUHDEHALLINTA

#### 3.1 Olosuhteiden hallinta rakentamisen vaiheissa

Rakennushankkeen olosuhdehallinnan käsitteellä tarkoitetaan kosteuden- ja vedenpoistoa, lämpötilaa, melua, valaistusta ja pölynhallintaa. Työmaan olosuhdehallinnan suunnittelu on osa työmaan toteutusta ja sen laadunhallintaa. Työmaan olosuhteiden hallintaan on mahdollista vaikuttaa rakentamisen aikana monilla eri tavoilla, kuten esimerkiksi työsuunnittelulla tai suojaustoimenpiteillä. Rakennushankkeen aloituspalaverissa tutustutaan esimerkiksi työmaan kosteudenhallintatoimenpiteisiin ja puhtausluokkaan, sekä näiden suunnitelmiin. Suunnitelmissa laadittuja työtapojen valvontaa tehdään koko hankkeen ajan ja työtapoja on mahdollista kehittää hankkeen aikana. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 9.)

Olosuhdehallinnan toimenpiteet voidaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen, jotka ovat (kuva 1): Hanke-suunnitteluvaihe, suunnitteluvaihe, tuotannosuunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja käyttö/takuu-aika.

| S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa 3     |  |   |
|---|--|---|
| Taulukko 1. Olosuhteiden hallinnan toimenpiteitä. |  |   |
| Hankkeen vaihe                                    | Toimija  | Toimenpiteet  |
| Hanke-suunnittelu                                 | Rakennushankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja, tilaaja, kosteudenhallintakoordinaattori                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vaihtoehtojen tarkastelu</li> <li>- olosuheriskien alustava kartoitus</li> <li>- haluttujen olosuhteiden tavoitetaso määrittäminen</li> <li>- hankkeessa käytettävät toimintamallit, kuten Kuivaketju10 tai Terve talo</li> <li>- tarvittavien henkilöresurssien määrittely ja vastuut (kosteudenhallintakoordinaattori)</li> <li>- lähtötiedot suunnittelua varten melusta, erillisrunkoisesta sääsuojasta, kuivumisesta, pohjaveden hallinnasta, pölyntorjunnasta ja korjauskohteissa tehtävistä tarvittavista tutkimuksista</li> <li>- tavoitteiden vieminen hankeasiakirjoihin</li> </ul>  |
| Suunnitteluvaihe                                  | Rakennuttaja, suunnittelijat, pääsuunnittelija koordinoi, rakennuttaja vastaa kokonaisuudesta                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuudet tehtävään (referenssit, koulutus)</li> <li>- laaditaan kosteudenhallintaselvitys</li> <li>- suunnitellaan rakenteiden rakentamisen ja käytönaikainen toimivuus</li> <li>- tunnistetaan riskirakenteet</li> <li>- otetaan huomioon suunnitelmissa rakennusosien suojaus sekä kosteudenhallinnan tavoitteet</li> <li>- tehdään aikatauluille alustavat tarkastukset, joissa otetaan huomioon vuodenaikojen vaikutukset eri rakennusvaiheissa</li> <li>- vertaillaan betonirakenteiden kuivumisaikoja erilaisilla vesisementtisuhteilla ja lujuusluokilla</li> <li>- tehdään suunnitelmille kosteustekninen tarkastus (kosteusriskittömät suunnitteluratkaisut)</li> <li>- huolehditaan tiedonkulusta muiden suunnittelijoiden, rakennuttajan, kosteudenhallintakoordinaattorin ja urakoitsijan kanssa</li> <li>- rakennuttaja laatii turvallisuusasiakirja, kirjalliset turvallisuussäännöt ja työmaata koskevat kirjalliset menettelyohjeet</li> </ul>  |
| Tuotannosuunnittelu                               | Päätoteuttaja, kosteudenhallintakoordinaattori, rakennuttaja vastaa lakisäätöistä velvollisuuksistaan        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- laaditaan yleisaikataulu, jossa mm. otetaan huomioon rakenteiden vaatimat kuivumisajat ja pölyttömät työvaiheet</li> <li>- varmistetaan työnjohtajien, työmaan kosteudenhallinnasta vastaavan, kosteusmittaajien ja muiden vastuhenkilöiden kelpoisuudet tehtäviinsä</li> <li>- laaditaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelma</li> <li>- suunnitellaan pölyttömät työtavat sekä pölyntorjunta ja laaditaan pölyntorjuntasuunnitelma</li> <li>- kosteudenhallintakoordinaattori perehdyttää urakoitsijat toimintamalliin</li> <li>- suunnitellaan valaistuksen-, kosteuden-, lämpötilojen- ja puhtaudenhallinta osana koko työmaan toteutussuunnittelua</li> <li>- laaditaan tarvittaessa melunhallintasuunnitelma (erityisesti korjaus- ja keskustassa sijaitsevat kohteet)</li> <li>- laaditaan olosuhteiden valvontasuunnitelma</li> <li>- laaditaan tehtäväsuunnitelmat</li> <li>- suunnitellaan kuivanapito jokaiseen rakennusvaiheeseen huomioiden rakenteiden ja materiaalien suojaus</li> <li>- suunnitellaan lämmityksen ja rakennusaikaisen kosteuden poistaminen jokaiseen rakennusvaiheeseen huomioiden rakenteiden ja materiaalien suojaus</li> </ul> |
| Rakentaminen                                      | Päätoteuttaja, urakoitsijat, materiaali toimittajat, rakennuskonevuokraamot, kosteudenhallintakoordinaattori | <ul style="list-style-type: none"> <li>- perehdytetään muut urakoitsijat kosteuden-, lämmön-, valaistuksen- ja puhtaudenhallinnan toimintamalliin</li> <li>- täydennetään tarvittaessa kosteudenhallintasuunnitelmaa</li> <li>- käydään olosuhdehallintaan liittyviä asioita aktiivisesti läpi kokouksissa</li> <li>- huolehditaan työmaan suojauksista, olosuhteista, kuivutuksesta yms.</li> <li>- huolehditaan työmaan siisteydestä</li> <li>- valvotaan olosuhdemuutoksia, onnistumista ja reagoidaan poikkeuksiin</li> <li>- dokumentoidaan olosuhteiden hallinta</li> <li>- huolehditaan rakennuttajan määrittelemistä työhygieenisistä mittauksista</li> <li>- valvotaan lämmityksen päällä pysymistä sekä kosteuden poistumista</li> </ul>  |
| Käyttöönotto                                      | Päätoteuttaja, kosteudenhallintakoordinaattori, käyttäjät, suunnittelijat, valvojat, rakennuttaja            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- varmistetaan järjestelmien oikeanlainen toiminta</li> <li>- annetaan käytönopastus käyttäjille ja huololle</li> <li>- luovutetaan käyttö- ja huoltokirja tilaajalle</li> </ul>   |
| Käyttö/takuu-aika                                 | Käyttäjät ja huolto, kosteudenhallintakoordinaattori   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- seurataan rakennuksen toimivuutta</li> <li>- tehdään tarvittavat huolto- ja korjaustoimenpiteet</li> </ul>   |

KUVA 1. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 3)



### 3.2 Kosteudenhallinta

Rakennushankkeeseen valituksi tulleen sisäilmaston laatuluokan saavuttamiseen vaikuttaa olennaisesti kosteuden, pölyn ja vedenpoistonhallinta työmaan aikana. Kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan osaksi työmaan laatusuunnitelmaa ja siinä voi hyödyntää esimerkiksi Kuivaketju 10 – toimintamallia. Hyvällä olosuhteiden hallinnalla ja työmaasuunnittelulla on suuri vaikutus sisäympäristön riskien hallintaan. (RT 07-11299 sisäilmastoluokitus 2018, 12.)

Kuivaketju 10 on kosteudenhallintaan tarkoitettu toimintamalli, mikä auttaa torjumaan kosteusvaurioiden riskejä rakennuskohteessa. Toimintamallilla ehkäistään kosteusvaurioita kaikkien rakennusprosessin osapuolten yhteistyöllä ja sen avulla voidaan välttää yli 80 % kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Kuivaketju 10- toimintamalli sisältää 10 suomalaisen rakentamisen keskeisintä kosteusriskiä ja todentamisohjeen kosteusriskien torjumiseen (RALA julkaisuaika tuntematon.)

RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018 ohjekortin- mukaan kosteudenhallinnassa tulee varmistaa seuraavat asiat:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- lämmitys, kuivaus, suojaus- ja osastointisuunnitelma
- varasuunnitelma aikataulussa pysymiseksi
- materiaalien ja tarvikkeiden käsittely
- kastumisen estäminen
- kuivumisolosuhteiden järjestäminen
- kosteudenhallinnan organisointi
- kosteudenmittausuunnitelma
- päällystämisperusteet
- dokumentointi
- tiedotus ja valvonta.

### 3.3 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitusta käytetään asettamaan tavoitteita sisäilman laadulle erilaisissa tiloissa, kuten työ- ja asuintiloissa sekä toimistoissa ja julkisissa rakennuksissa. Se ohjaa uudisrakentamisessa S1- ja S2-luokkien tavoitteiden asettamiseen, kun pyritään ylittämään lakisääteiset vaatimukset sisäilman laadulle. Rakennushankkeen eri osapuolten avustuksella sisäilmastoluokitus auttaa määrittämään tavoiteltavat sisäilmaston standardit. Näitä luokituksen tavoitetasoja käytetään kuvaamaan terveydelle ja viihtyvyydelle turvallisia sisäilmasto-olosuhteita, jotka ylittävät viranomaisten asettamat vaatimukset. (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 5.)

Sisäilmaston huomioiminen rakennushankkeissa tapahtuu samalla tavalla kuin muidenkin toiminnallisten vaatimusten. Rakennuttaja valitsee sopivan tavoitetaso sisäilmalle, ja suunnittelijat kehittävät ratkaisun sen saavuttamiseksi. Urakoitsijat toteuttavat sitten rakennuksen suunnitelmien mukaisesti. Tavoitetasojen täyttyminen varmistetaan valvomalla, että rakentaminen vastaa suunniteltuja ratkaisuja. Sisäilmastoluokitus ei kuitenkaan ole virallinen viranomaisohje tai sen tulkinta. Sen sijaan se määrittelee ne asiat, jotka tulevat sitoviksi osapuolille, kun ne on eritelty hankkeen sopimusasiakirjoissa. (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 5.)

Sisäilmastoluokitus jaetaan kolmeen laatuluokkaan:

- S1  
Tämä luokka tarkoittaa yksilöllistä sisäilmastoa, missä on erittäin hyvä sisäilman laatu ja rakennuksen tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauksia.
- S2  
Tämä luokka tarkoittaa hyvää sisäilmastoa, missä sisäilma laatu on laadultaan hyvä, eikä rakennuksen tiloissa ole epämiellyttäviä hajuja, sekä rakenteissa ei ole vaurioita tai epäpuhtauksia.
- S3  
Tässä luokassa on sisäilmasto tyydyttävä ja sisäilman laatu, sekä lämpöolot täyttävät laissa annetut säädökset ja vähimmäisvaatimukset.

(RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 5.)

### 3.4 Perehdyttäminen

Olosuhdehallinnan kannalta tärkeää on, että työmaalla työskenteleville työntekijöille on annettu tietoa työmaan yleisistä säännöistä, käytännöistä ja erityisolosuhteista. Olennaista on, että työntekijöitä ei pelkästään perehdytetä työtehtäviinsä, vaan heidät myös opastetaan kyseisen työvaiheen suorittamiseen ja sen vaikutukseen työmaan olosuhteisiin. (Työturvallisuuskeskus julkaisuaika tuntematon.)

### 3.5 Lämmitys

Riittävän lämpimällä sisälämpötilalla varmistetaan sopivat työskentelyolosuhteet, sekä rakenteiden kuivuminen ja betonin kovettuminen. Liian alhainen lämpötila hidastaa rakenteiden kuivumista ja voi estää pinnoitustöiden suorittamisen. Toisaalta liian korkea lämpötila saattaa aiheuttaa rakenteisiin halkeamia. Rakennustyömaan työmaa-aikaiseen lämmitystarpeeseen vaikuttaa olennaisesti se, miten rakentamisen aikataulu sijoittuu vuoden eri ajanjaksoihin. Kylminä vuodenaikoina on huolehdittava lämmitysjärjestelmän toimivuudesta ympäri vuorokauden (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 24.)

Eryisesti kallion sisään rakennettaessa on tärkeää ymmärtää kallion rooli ympäröivänä elementtinä työmaalla. Vaikka kallion sisällä sääolosuhteilla ei ole suoraa vaikutusta, ympäristöolosuhteisiin vaikuttavat alueen geologiset ominaisuudet, suuaukkojen määrä ja tilan muoto. Kallion sisään rakennettaessa lämmitystarpeisiin vaikuttavat myös kohteen koko, monimuotoisuus, tilavuus ja ilman liike rakentamisen aikana. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 24.)

Optimaalisen lämpötilan ylläpitäminen kalliorakennustyömaalla edellyttää hyvää ilmanvaihtoa, suuaukkojen asianmukaista suojausta ja riittävää määrää työmaa-aikaisia lämmittämiä suhteessa lämmitettävän alueen kokoon. Työmaa-aikaiset lämmitys laitteet tulee suunnata siten, että lämpö leviää tasaisesti lämmitettävällä alueella. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 24.)

Yleisimmät rakennustyömailla käytettävät lämmitysmuodot ovat nestekaasu, polttoöljy, kaukolämpö ja sähkö. On kuitenkin huomioitava, että usein eri rakennusvaiheissa käytetään rinnakkain erilaisia lämmitysmuotoja (ks Kuva 2). Tällä tavoin voidaan hyödyntää eri lämmittimien ominaisuuksia parhaalla mahdollisella tavalla. (Ramirent 2019.)

| Energia           | Käyttökohteet ja -tavat   | Hyödyt   | Rajoitukset  |
|-------------------|---|--|--|
| <b>Nestekaasu</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Runkovaiheen lämmittämiseen</li> <li>Säteilijät ja kuumailmahuuhtimet</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suuret lämmitystehot</li> <li>Muunneltavuus</li> <li>Laitteiden koko</li> <li>Alhaiset perustamiskustannukset</li> <li>Korkea hyötysuhde</li> <li>Helppo lämmönjako</li> <li>Puhdasta energiaa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Palaminen ja palamistuotteiden vaatima ilmanvaihto</li> <li>Palamisilman riittävyys (savuttaminen)</li> <li>Vaatii viranomaisluvan, jos yli 200kg kaasua työmaalla</li> <li>Vapaaliekkiponeet tuottavat hieman kosteutta, joten tuuletukselta huolehdittava</li> </ul>  |
| <b>Polttoöljy</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Isojen yhtenäisten tilojen lämmitys</li> <li>Soveltuu erinomaisesti runkovaiheen lämmitykseen</li> <li>Soveltuu julkisivutoissa käytettävien suojattujen tilojen (kuten telineet sääsuojalla) lämmitykseen</li> <li>Lämpökotit ja pienemmät polttoöljyhuuhtimet</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suuret lämmitystehot</li> <li>Suuret ilmamäärät</li> <li>Helppo käyttöönotto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Monimuotoisissa tiloissa lämmönjakokanavan rakentaminen</li> <li>Vahingon mahdollisuus tankatessa</li> <li>Palamisilman riittävyys (savuttaminen)</li> </ul>  |
| <b>Kaukolämpö</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Soveltuu erinomaisesti ylläpitolämmitykseen rakennustyömailla</li> <li>Pääsääntöisesti sisätyövaiheissa olevat saneerauskohteet</li> <li>Vesikiertoiset lämmittimet</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lämmitysprosessi ei tuota epäpuhtauksia ilmaan</li> <li>Eduellinen lämmönlähde</li> <li>Tehokas lämmönjako</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Runkovaiheissa olevissa kohteissa lämmitystehon riittämättömyys</li> <li>Vesivahinkojen riskit</li> <li>Kaikkissa paikoissa ei ole kaukolämpöä tarjolla</li> <li>Kennojen jäätymisvaara</li> <li>Perustamiskustannukset</li> <li>Huoltokustannukset</li> <li>Lämmitysjärjestelmän muunneltavuus</li> <li>Vaatii jatkuvaa ylläpitoa</li> </ul> |
| <b>Sähkö</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pääsääntöisesti sisätyövaiheissa olevat saneerauskohteet</li> <li>Sähköpuhalletimet, säteilijät, lämmityskaapelit</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lämmitysprosessi ei tuota epäpuhtauksia ilmaan</li> <li>Vähäinen ylläpidon määrä</li> <li>Alhaiset perustamiskustannukset</li> <li>Helppo muunneltavuus</li> <li>Energiatehokas lämmitysmuoto</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sähkön riittävyys</li> <li>Lämmitystehon riittämättömyys / liian pieni liittymä</li> </ul>  |

KUVA 2. Rakennustyömaiden väliaikainen lämmitys (Ramirent 2019)

### 3.6 Kuivaus

Rakenteiden kuivuminen tapahtuu erilaisten kosteudensiirtoilmiöiden vaikutuksesta. Ylimääräisestä vedestä osa valuu pois rakenteesta painovoiman vaikutuksesta. Kapillaarialueella ilmankosteuden ollessa yli 98 %, kosteus siirtyy kapillaarisesti materiaalin sisältä rakenteen pintoihin. Lisäksi ilmavirtaukset kuivattavat rakenteiden pinnat. (Sisäilmayhdistys 2022.)

Rakenteen kuivumista voidaan nopeuttaa lämmittämällä sitä, lisäämällä ilman kiertämistä rakenteen sisällä ja vähentämällä ilman suhteellista kosteutta sen ympärillä. Tämä on tärkeää silloin, kun on vaara, että rakenteessa oleva kosteus saattaa vahingoittaa materiaaleja. (Sisäilmayhdistys 2022.) Optimaaliset olosuhteet kuivumiselle ovat lämpötilan ollessa + 20 astetta ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 50 %. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 21.)

Rakenteiden kuivattamisessa on ymmärrettävä ulkoilman vaikutus ja vallitsevan vuoden ajan tuomat muutokset ilman suhteelliseen kosteuteen ja lämpötilaan (kuva 3). Kesällä ja alkusyksystä ulkoilman vesihöyrypitoisuuden ollessa korkea, ulkoilmaan ei sitoudu lisää kosteutta, mistä johtuen rakenteet eivät kuivu enää tuuletuksen avulla. Tällöin on syytä miettiä käytettävän kuivatukseen ilman-

kuivaimia lämmityksen ja ilmanvaihdon lisäksi, joiden avulla sidotaan kosteutta kuivatettavasta alueesta. Talvella taas ulkoilmassa oleva kosteussisältö on pienimillään, jolloin lämmittämällä sisäilmaa lämmin sisäilma sitoo kosteutta. Talvella on huolehdittava kuivatettavan tilan tiiviystä, jotta lämmin ilma ei tiivisty kylmiin pintoihin. Loppusyksystä ja keväällä nostamalla ilman lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa rakenteiden kuivuminen tehostuu. (Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 21.)

| Suhteellinen kosteus: | 20%                                     | 40%  | 60%  | 80%  | 90%  | 100% |
|-----------------------|---|------|------|------|------|------|
| ilman lämpötila °C    | absoluuttinen kosteus: g/m <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |
| 80                    | 58                                      | 116  | 174  | 232  | 261  | 290  |
| 70                    | 39                                      | 78   | 118  | 157  | 176  | 196  |
| 60                    | 26                                      | 52   | 78   | 104  | 117  | 130  |
| 50                    | 17                                      | 33   | 50   | 66   | 75   | 83   |
| 40                    | 10                                      | 20   | 31   | 41   | 46   | 51   |
| 30                    | 6,1                                     | 12   | 18   | 24   | 27   | 30   |
| 20                    | 3,5                                     | 6,9  | 10   | 14   | 16   | 17   |
| 10                    | 1,9                                     | 3,8  | 5,6  | 7,5  | 8,5  | 9,4  |
| 0                     | 1,0                                     | 1,9  | 2,9  | 3,9  | 4,4  | 4,9  |
| -10                   | 0,44                                    | 0,88 | 1,3  | 1,8  | 2,0  | 2,2  |
| -20                   | 0,18                                    | 0,35 | 0,53 | 0,70 | 0,79 | 0,88 |
| -25                   | 0,11                                    | 0,22 | 0,33 | 0,44 | 0,50 | 0,55 |
| -30                   | 0,07                                    | 0,13 | 0,20 | 0,26 | 0,30 | 0,33 |

KUVA 3. Absoluuttinen ja suhteellinen kosteus suhteessa ilman lämpötilaan (Haavistola & Kuutti 2022)

Rakenteiden kuivatusta suunnitellessa on selvítettävä:

- tavoiteolosuhteet
- ulkoilman olosuhteet kuivatusjakson aikana
- rakennuksen lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen kuivatuksessa
- lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarve
- alueellisen kuivatussuunnitelman tarve.

(Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021, 21).

## 4 PÖLYNHALLINTA

Rakennustyömailla ilmaan leviävät hiukkasmaiset epäpuhtaudet, eli pölyt, ovat yleinen altistumisen lähde työntekijöille. Pölyt voivat olla peräisin erilaisista lähteistä, kuten kivistä tai orgaanisista materiaaleista. Työpaikan ilman pölypitoisuutta voi lisätä esimerkiksi kemikaalien käsittely tai erilaisten materiaalien, kuten betonin, metallin tai puun työstö. Myös lämpö- ja polttoprosessit sekä pakokaasut voivat vapauttaa ilmaan pieniä hiukkasia. (Työterveyslaitos julkaisuajankohta tuntematon.)

Pöly aiheuttaa vaaroja työmaalla ja ne tulee huomioida rakennushankkeen tuotantosuunnitelmissa. Hyvän pölyntorjunnan suunnittelussa lähtökohtana on pölyn muodostumisen ymmärtäminen. Miksi ja millaisissa kohteissa pölyä syntyy ja miten pölyisyyttä voidaan vähentää. Pölynhallinnassa tulee siis tunnistaa rakennustyömaan pölyn päästökohde, pölyn muodostumisen mekanismit ja miten ne pääsevät leviämään työmaalla. (Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje 2009, 1.)

### 4.1 Rakennuspöly

Pääosin kalliorakennustyömaalla rakennuspöly koostuu betonipölystä, joka sisältää erittäin haitallista kvartsiä. Betonin valmistuksessa käytetään sementtiä, kiviainesta, vettä, sekä monesti lisäaineita. Muuan muassa betonin notkistamiseen käytetään lisäaineena polykarbosylaatteja, jotka ovat vesiliukoisia polymeerejä. Muita terveydelle haitallisia rakennuspölyjä ovat kivi-, tiili-, sekä puupöly, joita kaikkia syntyy niin lähestulkoon kaikessa rakentamisessa. Uudisrakentamisessa suurimmat rakennuspölyä aiheuttavat työvaiheet ovat betonipintojen jälkityöt, sekä hionta- ja tasoitetyöt. (Consair julkaisuajankohta tuntematon.)

### 4.2 Rakennuspölyn haitat

Altistuminen rakennuspölylle voi aiheuttaa muun muassa keuhkohtaumaa, allergioita, pölykeuhkosairautta, hengitystieinfektioita, sekä sydän – ja verisuonisairauksia (kuva 4). Rakennuspöly myös aiheuttaa terveyshaittojen lisäksi pintojen ja tilojen likaantumista, heikentää työtehoa ja viihtyvyyttä, lisätä sairaspölyä ja rakennuksen loppusiivouksen kustannuksia. (Työturvallisuuskeskus 2016, 2.)

#### Esimerkkejä rakennuspölyjen haitoista

| Pöly  | Haitta   |
|---|--|
| Kivipöly (kvartsi)  | Kivipölykeuhko, syöpävaara                           |
| Asbesti   | Asbestoosi, syöpävaara                               |
| Kosteusvaurioista peräisin oleva pöly   | Homepölykeuhko, herkistyminen                        |
| Puupöly   | Syöpävaara (kovapuupöly), herkistyminen ja palovaara |
| Sementti, laasti  | Syövyttävä   |
| Muut pölyt, kuten eristevillapöly (ärsytys), liijy (hermostovauriot) ja kreoscotti (syöpävaara) |  |

KUVA 4. Esimerkkejä rakennuspölynhaitoista (Työturvallisuuskeskus 2016, 1)

#### 4.3 Pölyntorjuntaan liittyviä lakeja ja asetuksia

Valtioneuvoston asetus VNa 205/2009 3§ rakennustyönturvallisuudesta määrää rakennushankkeen osapuolten yleiset velvollisuudet seuraavasti:

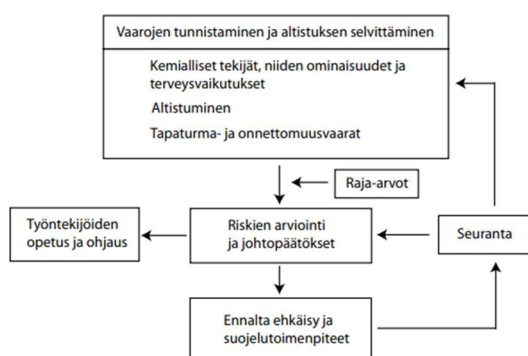
Rakennushankkeessa rakennuttajan, suunnittelijan, työnantajan ja itsenäisen työsuorittajan yhdessä ja kunkin osaltaan huolehdittava siitä, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Päätoteuttajan on huolehdittava perehdyttämällä ja opastamalla siitä, että kaikilla yhteisen rakennustyömaan työntekijöillä on riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä ja että he tuntevat kyseessä olevan rakennustyömaan vaara ja haittatekijät sekä niiden poistamiseen tarvittavat toimenpiteet.

Valtioneuvoston asetus VNa 1267/2019 työhön liittyvän syöpävaaran torjunta määrää päätoteuttajan velvoitteiksi:

Päätoteuttaja ja työvaiheeseen liittyvien työntekijöitten työnantajat arvioivat työvaihe- ja aluekohtaisesti henkilökohtaisten hengityssuojainten käyttötarpeet. Pölyävän työvaiheen tai työalueen määrittely alueeksi, jossa ei tarvitse käyttää kohdepoistojen tai ilmaa puhdistavien laitteiden ohessa hengityssuojaimia, tulee pystyä osoittamaan. Kohdepoistojen ja alipaineistuksien lisäksi kaikkien työalueella toimivien tulee käyttää hengityksensuojaimia (P3), mikäli edellytyksiä työskennellä ilman suojaimia ei ole. Vuokratyöntekijöitä käytettäessä on kvartsipitoisen pölyn esiintyminen työssä kerrottava vuokratyötä välittävälle taholle- käyttäjäyritys huolehtii suojaimista.

#### 4.4 Pölyntorjunnan keinot

Pölyntorjunnassa on ensisijaisesti pyrittävä estämään pölyn muodostuminen, mikäli tämä ei ole mahdollista, pölyn muodostumista tulee vähentää ja sen leviäminen rajata (kuva 5). Pölyn leviämistä ympäristöön voidaan vähentää käyttämällä kohdepoistoa pölyä muodostavassa työssä. Paljon pölyä muodostuvissa työvaiheissa pölyävä työkohde voidaan osastoinnin avulla alipaineistaa, jolloin pöly ei pääse leviämään muihin tiloihin. Myös työmaan kulkureitit kannattaa suunnitella siten, että pölyävien työvaiheiden ja työtilojen kautta ei tarvitse kulkea. (Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje 2009, 2.)



KUVA 5. Pölyntorjunnan arviointimenettely. Kemialliset tekijät, toimenpiteet työpaikoilla (Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje 2009, 2)

#### 4.5 Osastointi

Pölynhallinnassa on tärkeää ymmärtää, miten osastointi voi estää pölyn leviämisen. Sen sijaan että yritetään hallita koko suurta tilaa, on tehokkaampaa keskittyä pienempien työalueiden osastoimiseen, joissa pölyä syntyy. Alipaineistajien ja suojaseinien käyttö mahdollistaa turvallisen työskenteelyn samalla alueella myös muiden töiden tekemiseen, mikä tehostaa työvaiheita ja vähentää kustannuksia. Myös säännöllinen tilojen siivoaminen työn aikana ja sen valmistuttua oikein välinein vähentää pölyn leviämistä merkittävästi. (Työturvallisuuskeskus 2016, 2.)

Esimerkiksi laastia sekoittaessa, syntyy merkittäviä määriä pölyä, mikä altistaa sekä itse sekoittajan että ympärillä työskentelevät. Laastinsekoituspisteen osastoimisen suojaavilla seinillä ja alipaineistuksella estää pölyn leviämisen muihin tiloihin. Tämä suojakoppi eristää pölyn tehokkaasti ja suojaa sekä työntekijöitä että ympäristöä. Alipaineistajia käyttäessä tärkeää on muistaa mitoittaa alipaineistulaitteiden kapasiteetti ja määrä oikein suhteessa alipaineistettavaan tilaan nähden.

#### 4.6 Rakennustöiden puhtausluokitus

Vuodelta 2018 olevan sisäilmastoluokituksen mukaan rakennustöiden puhtausluokituksessa on vain yksi luokka, P1. Yleisimpiä kohteita, joissa käytetään P1 puhtausluokitusta ovat muun muassa julki-set rakennukset, kuten toimisto-, koulu- ja päiväkotirakennukset. Luokituksen tavoitteena on puhtaat tilat käyttäjälle ja että rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia ei kulje sisäilmaan rakennuksen käytön aikana. Mikäli kohteessa ei noudeta P1 vaatimusta, noudatetaan hyvän rakentamistapaa. (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 12.)

Mikäli tavoitteena on saavuttaa hyvä sisäilman laatu sisäilmastoluokan S1 tai S2 mukaisesti, rakennustyöt on suoritettava P1-puhtausluokassa. P1 – luokan vaatimuksia ovat muun muassa: ennen ilmanvaihdon päätelaitteiden suojien poistoa rakennuksen tulee olla puhdas, vasta tämän jälkeen ilmanvaihtojärjestelmän voi käynnistää. Pintojen on oltava puhtaita ilman hienojakoista pölyä, ja tiloissa ei saa säilyttää materiaaleja tai jätteitä, jotka vaikeuttavat pintojen puhdistamista. Lisäksi kaikki suojamateriaalit on poistettava. Tiloissa ei tämän vaiheen jälkeen voi tehdä ilman erityistoi- menpiteitä pölyäviä töitä. (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 12.)

Ennen ilmanvaihtojärjestelmän käynnistämistä rakennuksen puhtautta arvioidaan tarkastelemalla pintojen puhtautta silmämääräisesti (kuva 6). Lisäksi tarkastetaan piilossa olevien pintojen, kuten alakattojen yläpuolen puhtaus. Pölykertymän mittaukseen rakennuksen pinnoilta voidaan myös käyttää SFS 5994 INSTA 800 -standardin mukaista geeliteippimenetelmää. (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 13.)

| Tarkastusajankohta                 | Arvioitavat pinnat  | Pölykertymä [peitto-%]<br>(SFS 5994 INSTA 800) |
|------------------------------------|---|--|
| Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita | Alakaton yläpuolella olevat pinnat. Näkyvät pinnan ja kalusteiden sisäpinnat pl. lattiapinnat | 5,0  |
| Ennen rakennuksen luovutusta       | Näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat  | 1,0  |
|                                    | Lattiapinnat  | 3,0  |

KUVA 6. Puhtausluokan P1 pölykertymän enimmäistasot (RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018, 13)



## 5 OLOSUHDEHALLINTA KOHDETYÖMAALLA

### 5.1 Lämmitys

Opinnäytetyön kohdetyömaalla lämmitettävän alueen tilavuus oli noin 100 000 m<sup>3</sup> ja pinta-ala 13 500 m<sup>2</sup>. Työmaan eri rakentamisvaiheissa käytettiin erilaisia lämmitysmuotoja. Perustus- ja runkovaiheet sijoituivat pääosin loppusyksyyn ja talveen, jolloin työmaata lämmitettiin polttoainekäyttöisellä lämpökontilla. Lämpökontin lämmitysteho oli 195 kW ja ilmamäärä 13 350 m<sup>3</sup>/h. Keskipakopuhaltimen tuottama 450 Pa:n puhallinpaine mahdollisti ilmakehien käytön ja kontin sijoittamisen työmaan ulkopuolelle, mikä esti lämpökontin pakokaasujen pääsyn työmaan sisätiloihin.

Työmaan sisälle johti seitsemän tunnelin suuaukkoa, jotka suojattiin rakentamalla XPS- levyillä eristetyt vaneriseinät (kuva 7). Työmaan sisälle tuleva liikenne ohjattiin yhden tunnelin suuaukon kautta, johon oli asennettu liiketunnistimella oleva rullautuva pressuovi. Tämän ansiosta ovi sulkeutui automaattisesti kulun jälkeen, estäen kylmän ilman pääsyn työmaan sisätiloihin.



KUVA 7. Kulkuaukko ajoneuvoliikenteelle (Räsänen 2023)

Runkovaiheen edistyessä paikalla valettavien betoniholvien alapuolet suojattiin suojapeitteillä, ja holvien alle asetettiin sähkökäyttöisiä 18 kW:n lämpöpuhaltimia takaamaan optimaalinen lämpötila betonivaluille. Runkovaiheen lopussa työmaalle otettiin käyttöön vesikiertoinen lämmityskontti, joka hyödynsi työmaan omaa maalämpökenttää. Lämmityskontin lisäksi tunneleiden suuaukoille oli sijoitettu 18 kW:n sähkölämmittimet. Lämmityskontti yhdessä sähkölämmittimien kanssa lämmitti koko työmaan siihen asti, kunnes lopullinen lämmitysjärjestelmä saatiin asennettua ja toimintaan.



## 5.2 Kuivaus

Kohdetyömaalla kuivaus toteutettiin talvi ja kevät ajanjaksolla lämmityksellä ja ilmanvaihdolla. Lämmittimet sijoitettiin siten, että lämpö pääsi jakaantumaan laajalle alueelle. Ilmanvaihdossa käytetyt HEPA-suodattimilla varustetut alipaineistajat ja aksiaalipuhaltimet sijoitettiin tasaisesti työmaalle ja ne suunnattiin puhaltamaan samaan suuntaan, jotta saatiin työmaalle aikaan ilman huuhteluvaikutus. Kesällä ulkoilmassa olevan kosteuden lisääntyessä työmaalle rakennettiin suojaseinillä osastoitu työmaan tuloilman kuivatuskammio, jossa tilaan sijoitetut adsorptiokuivaimet erottivat tuloilmasta kosteuden ja kammiossa oleva kuiva ilma ohjattiin aksiaalipuhaltimella työmaalle. Kammion läpiviennit tiivistettiin ja tukittiin niin, että tuloilma kammioon tuli vain adsorptiokuivainten kautta. Työmaalle sijoitetut HEPA-suodattimilla varustetut alipaineistajat ja aksiaalipuhaltimet levittivät kuivan ilman huuhteluvaikutuksen avulla koko työmaalle.

## 5.3 Pölynhallinta

Työmaan runkovaiheen edetessä työmaa osastoitiin useaan pienempään lohkokon. Lohkotus oli suunniteltu siten, että ne olivat järkevästi kokoisia ja, että pölyävät työvaiheet pystyttiin erottamaan puhautusta vaativista töistä. Lohkojen osastoinnit tehtiin suojaseinillä ja seinien läpiviennit, sekä rajapinnat tiivistettiin. Lohkoihin luotiin alipaine HEPA-suodattimilla varustetuilla alipaineistajilla ja alipaineistajien puhallussuunta suunnattiin puhaltamaan suodatettua ilmaa seuraavalle lohkolle.

Suuren kuutiotilavuuden omaavissa tiloissa missä ei järkevästi voitu toteuttaa suojaseinillä rakennettua lohkotusta, käytettiin pölyävissä töissä liikuteltavaa osastointikoppia. Koppi oli varustettu HEPA-suodattimella olevalla alipaineistajalla, joka liikkui kopin mukana työn edetessä. Alipaineistaja suodatti kopin sisällä muodostuvan pölyn ja palautti suodatetun ilman kopin ulkopuolelle estäen pölyn leviämisen. Liikuteltava osastointi mahdollisti usean eri työvaiheen tekemisen samalla alueella. Laastinsekoituspisteille rakennettiin samaa koppi periaatetta noudattaen laastinsekoitus kopit (kuva 8).



KUVA 8. Osastoitu laastinsekoituspiste (Räsänen 2023)

## 6 OLOSUHDESEURANTATAULUKKO

### 6.1 Kehittämistyön toteutus

Olosuhteiden seurantaulukkoa lähdettiin kehittämään kohdetyömaalla tehtyjen työmaan olosuhdemittauksien dokumentoimista varten. Aluksi päätettiin mitä olosuhteita tulisi seurata, jotta työmaan eri lohkoilla vallitsevista sen hetkisistä olosuhteista saataisiin paras käsitys.

Työmaalla suoritettiin viikoittain yhdessä kohdetyömaan olosuhdehallintakonsultin kanssa pölypitoisuus- ja olosuhdemittauksia työmaan eri lohkoilta. Opinnäytetyön tekijän rooli näillä kierroksilla oli tuoda konsultille tietoutta työmaan aikataulusta ja tulevista työvaiheista, sekä kierrosten jälkeen toteuttaa ja valvoa käytännössä työmaan olosuhteiden hallintaan vaikuttavia konsultilta saatuja vinkkejä ja ohjeita.

Samalla näillä kierroksilla saatiin arvokasta dokumentaatiota siitä, että esimerkiksi P1-alueella suoritettavat ilmanvaihtoasennukset toteutuivat varmasti pölyttömissä ja puhtaissa tiloissa ja muilla lohkoilla suoritettavien pölyä ja kosteutta aiheuttavien työvaiheiden epäpuhtaudet eivät pääse karkaamaan lohkoista pois. Mitattavia lohkoja kohteessa oli 16.

Dokumentoin kierroksilla saatuja tuloksia muistiin kirjaamalla havaittuja asioita, sekä ottamalla valokuvia. Työmaan edetessä lähdin koostamaan Excel – taulukkoa nykyiseen muotoonsa, jotta voin vertailla eri työvaiheiden aiheuttamia muutoksia työmaan olosuhteissa.

### 6.2 Taulukon käyttöperiaate

Taulukko on jaettu näyttämään päivämäärän, kellonajan, mitattavan alueen, alueen tilavuuden kuutiolina, alueella meneillään olevan työvaiheen, alueen lämpötilan, alueella olevien tai alueelle puhaltavien alipaineistus laitteiden määrän, hiukkaslaskurilla mitatun 0,3 µm hiukkaskoon mittaustuloksen, suhteellisen kosteuden RH ja kommentit mitattavasta alueesta. Lisäksi taulukkoon on lisätty alueen tilavuus kohtaan laskukaava, joka laskee alueella tarvittavien ilmanpuhdistuslaitteiden määrän. Laskukaava perustuu siihen, että alueella on ilman vaihtuvuus vähintään kuusi kertaa tunnissa ja kaavassa on käytetty mitoittavana tekijänä 4 000 m<sup>3</sup> tunnissa ilmaa suodattavaa alipaineistajaa. Näin ollen taulukkoa käytettäessä tiedetään, miten monta laitetta tarvitaan alueelle runsaasti pölyä aiheuttavissa työvaiheissa, esimerkiksi lattiahionatyössä ja laitteiden määrä sekä sijoittelu alueelle voidaan ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Mittaushetkellä käynnissä olevan työvaiheen lisäämällä taulukkoon voidaan dokumentoida eri työvaiheiden aiheuttamaa olosuhde vaihtelua alueella ja reagoida siihen lisäämällä tai vähentämällä ilmapuhdistuslaitteita ja puhallusta. Esimerkiksi betonilattioiden Plaanovalu lisää huomattavasti alueelle muodostuvaa kosteutta ja tämän tunnistamalla etukäteen voidaan valun jälkeen parantaa alueen ilmanvaihtoa, jotta kosteus saadaan poistettua alueelta. Taulukko auttaa edellä mainitussa tilanteessa hahmottamaan missä ajassa alueelle muodostunut kosteus saadaan poistettua alueelta ja helpottaa seuraavien lohkojen työvaiheikataulujen suunnittelua.

Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta seuraamalla voidaan parantaa rakenteiden kuivumista ja lyhentää kuivumisaikaa. Olennaista on ymmärtää, että suhteellinen kosteus ei suoraan kerro, että paljonko ilmassa on kosteutta vaan on tulkittava alueen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta yhdessä.

Esimerkiksi lämpötilan ollessa 10 astetta ja suhteelliseen kosteuden ollessa 40 % ilmassa on 3,8 g/m<sup>3</sup> absoluuttista kosteutta, kun taas lämpötilan ollessa 20 astetta ja suhteellinen kosteus sama 40 % ilman absoluuttinen kosteusmäärä nousee 6,9 g/m<sup>3</sup>. Tämä tulee ottaa huomioon varsinkin Suomessa, jossa vuoden ajat tuovat suuren vaihtelun lämpötiloihin ja ilmankosteuteen. Taulukko auttaa tässä dokumentoimaan alueen lämpötilan ja kosteuden kehitystä ja samalla voidaan reagoida alueen olosuhteisiin esimerkiksi lisäämällä tai vähentämällä lämmitys kalustoa. Lämpötila ja RH% mittaukset suoritettiin Testo 605-H1 kosteus ja lämpötilamittarilla.

Yhtenä seurantataulukon osiona on alueen ilman hiukkasmäärän mittaustulos. Hiukkasmittauksella haluttiin työmaan ajan selvittää mitattavan alueen hiukkaspitoisuus mittaushetkellä erityisesti pölyhallinnan näkökulmasta. Mittaukset suoritettiin kerran viikossa työvaiheiden ollessa käynnissä, jotta saadaan mahdollisimman tarkka kuva siitä, miten alueella käytössä olevat pölyhallinnan toimenpiteet toteutuvat ja millainen hiukkaspitoisuus alueella on kussakin työvaiheessa. Taulukkoon lisättyä osiona hiukkaspitoisuus mittaus antoi hyvän vertailukohtaan edellisiin mittauksiin ja tarvittaessa muuttuviin tilanteisiin pystyttiin reagoimaan nopeasti ja näin saatiin hiukkaspitoisuus pidettyä alhaisena työmaalla. Samalla myös pystyttiin vertailemaan, miten tehdyt mittauksen jälkeiset toimenpiteet vaikuttivat seuraavan mittauksen hiukkaspitoisuuteen.

Mittauksissa seurattiin erityisesti 0,3 µm hiukkaskokoa, koska kvartsin osalta vaarallisinta on keuhkojen alveolialueelle päätyvä hienojakoinen pöly, jotka ovat 5–10 µm pienemmät hiukkaset. Mittaukset olivat hyvä indikaattori siitä, millainen sisäilma alueella oli mittaushetkellä ja sillä pystyttiin todentamaan esimerkiksi P1-alueella ilmanvaihtoasennuksien aikana riittävä puhtaustaso. Eritoten viikoittaisilla mittauksilla pystyttiin työmaan ajan varmistamaan turvallinen työskentely-ympäristö työmaan työntekijöille ja muille työmaalla oleville. Mittaukset suoritettiin Trotec Pc220 käsimittarilla, joka on yhdenmukainen ISO-21501-4 kanssa (kuva 9).



KUVA 9. Hiukkaspitoisuusmittaus (Räsänen 2023)

### 6.3 Kehittämistyön tulos

Opinnäytetyössä kehitettiin olosuhteiden hallintaan soveltuva seurantataulukko, joka on Excel - pohjainen ja sillä pystyy helposti seuraamaan ja dokumentoimaan muuttuvia olosuhteita työmaan eri alueilla (kuva 10). Taulukko helpottaa työmaan työnjohtajan työtä dokumentoida olosuhteita sen selkeyden ja yksinkertaisen käyttöperiaatteensa vuoksi.

Seurantataulukkoa analysoimalla voidaan todeta, että kohdetyömaalla on vallinnut turvalliset ja optimaaliset olosuhteet työskennellä ja toteuttaa laadukasta työtä.

Olosuhdeseurantataulukko Jusso Räsänen

| PVM        | Klo. | Alue    | Osaston tilavuus m <sup>3</sup> | Työvaihe                | Lämpötila °C | Laitteet | mittaustulos 0,3 | RH%  | Kommentti |
|------------|------|---------|---------------------------------|-------------------------|--------------|----------|------------------|------|-----------|
| 21.4.2023  | 7:53 | Lohko 1 | 1585,5                          | Maalaus/Tasoitetyöt     | 19,9         | 2        | 1544             | 53,5 |           |
| 10.5.2023  | 7:10 | Lohko 1 | 1585,5                          | IV-asennukset           | 19,5         | 2        | 975              | 55   |           |
| 17.5.2023  | 7:18 | Lohko 1 | 1585,5                          | IV-asennukset           | 19,5         | 2        | 6359             | 65,3 |           |
| 5.6.2023   | 8:47 | Lohko 1 | 1585,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 19,7         | 2        | 4485             | 46,2 |           |
| 14.6.2023  | 8:53 | Lohko 1 | 1585,5                          | Varastointi             | 19,6         | 2        | 528              | 47   |           |
| 21.6.2023  | 8:18 | Lohko 1 | 1585,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 20,5         | 2        | 4471             | 61,2 |           |
| 9.8.2023   | 7:39 | Lohko 1 | 1585,5                          | Ako - asennukset        | 19,5         | 2        | 2809             | 65,5 |           |
| 16.8.2023  | 7:52 | Lohko 1 | 1585,5                          | tasoite + maalaus       | 20,9         | 2        | 4451             | 64,4 |           |
| 6.9.2023   | 7:19 | Lohko 1 | 1585,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 17,2         | 2        | 1128             | 66,7 |           |
| 13.9.2023  | 7:38 | Lohko 1 | 1585,5                          | Plaanovalut             | 21,4         | 2        | 2298             | 60,7 |           |
| 20.9.2023  | 7:25 | Lohko 1 | 1585,5                          | Varastointi             | 20,3         | 2        | 1469             | 54   |           |
| 27.9.2023  | 7:50 | Lohko 1 | 1585,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 21,7         | 2        | 7579             | 52,3 |           |
| 4.10.2023  | 7:22 | Lohko 1 | 1585,5                          | Varastointi             | 19,9         | 2        | 5680             | 52,4 |           |
| 11.10.2023 | 7:27 | Lohko 1 | 1585,5                          | Kittaus/varastointi     | 21,9         | 2        | 1575             | 50,8 |           |
| 18.10.2023 | 7:43 | Lohko 1 | 1585,5                          | Tate viimeistelyt       | 21           | 2        | 1143             | 45,2 |           |
| 25.10.2023 | 7:36 | Lohko 1 | 1585,5                          | Varastointi             | 18,2         | 2        | 1974             | 41   |           |
| 13.2.2024  | 8:38 | Lohko 1 | 1585,5                          | Loppusiivous            | 18,3         | 2        | 1698             | 45,3 |           |
| 10.5.2023  | 7:12 | Lohko 2 | 1291,5                          | IV-asennukset           | 15,9         | 2        | 4895             | 49,5 |           |
| 17.5.2023  | 7:23 | Lohko 2 | 1291,5                          | IV-asennukset           | 16,7         | 2        | 6206             | 66,1 |           |
| 5.6.2023   | 8:50 | Lohko 2 | 1291,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 19,2         | 2        | 1114             | 46,1 |           |
| 14.6.2023  | 8:54 | Lohko 2 | 1291,5                          | sähkötarvike varastona  | 19,6         | 2        | 7058             | 47,4 |           |
| 21.6.2023  | 8:21 | Lohko 2 | 1291,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 20,1         | 2        | 4911             | 62,5 |           |
| 9.8.2023   | 7:43 | Lohko 2 | 1291,5                          | sähkötarvike varastona  | 20,7         | 2        | 2537             | 66,9 |           |
| 16.8.2023  | 7:55 | Lohko 2 | 1291,5                          | Varastointi             | 20,9         | 2        | 3538             | 65,2 |           |
| 6.9.2023   | 7:24 | Lohko 2 | 1291,5                          | Tate asennukset (sähkö) | 19,6         | 2        | 836              | 56,1 |           |
| 13.9.2023  | 7:40 | Lohko 2 | 1291,5                          | Plaanovalut             | 21,3         | 2        | 1168             | 62,1 |           |
| 20.9.2023  | 7:32 | Lohko 2 | 1291,5                          | Varastointi             | 20           | 2        | 1621             | 55,4 |           |
| 27.9.2023  | 7:57 | Lohko 2 | 1291,5                          | alakattotyöt            | 21,5         | 2        | 3287             | 64,5 |           |
| 4.10.2023  | 7:27 | Lohko 2 | 1291,5                          | Varastointi             | 22,2         | 2        | 492              | 53,8 |           |
| 11.10.2023 | 7:29 | Lohko 2 | 1291,5                          | Maalaus fiksaus         | 21,7         | 2        | 338              | 47,8 |           |
| 18.10.2023 | 7:47 | Lohko 2 | 1291,5                          | Sähkötyöt               | 22,2         | 2        | 2715             | 47,7 |           |
| 25.10.2023 | 7:41 | Lohko 2 | 1291,5                          | Alakattotyöt            | 20,7         | 2        | 2025             | 46,4 |           |

KUVA 10. Olosuhdeseurantataulukko (Räsänen 2023)

### 6.4 Kehitysiedat

Olosuhteiden seurantataulukkoa voi oikeilla resursseilla lähteä kehittämään älynpuhelinsovellukseksi, jossa taulukon mittaustuloksiin voi lisätä kommentteja ja valokuvia mitatuilta lohkoilta, mikä osaltaan parantaa entisestään dokumentaatiota. Älypuhelinsovelluksella taulukon mittaustulosten jakaminen myös muiden työmaalla toimivien tahojen kesken parantuisi ja olisi helposti saatavilla.

## 7 POHDINTA

Tehokkaalla ja hyvin suunnittelulla olosuhdehallinnalla luodaan onnistumisen edellytykset koko hankkeen läpiviemiseksi, mikä osaltaan nopeuttaa työvaiheiden kestoa, sekä parantaa työn ja lopputuotteen laatua. Työmaan olosuhdehallinnan merkitys korostuu suurella kallion sisään rakennettavalla työmaalla, jossa on jo lähtökohtaisesti haastavat olosuhteet verrattuna normaaliin rakennustyömaahan. Suunnittelu, valvonta ja tiedonkulku näyttelee isoa roolia työmaan onnistuneessa olosuhdehallinnassa, jossa jokaisen työmaalla työskentelevän henkilön panoksella on väliä. Yksittäinen pienikin väärä valinta tai tiedonkulun katkos voi pilata hyvin suunnitellun ja toteutetun olosuhdehallinnan hetkessä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kalliorakennustyömaan olosuhdehallintaan liittyvät pääpiirteet, tunnistaa ongelmakohdat ja miten toimintaa voisi kehittää. Lisäksi opinnäytetyössä kehitettiin olosuhdehallinnan seurantataulukko, joka on todettu toimivaksi työkaluksi yhtenä työmaan työnjohtajan johtamisvälineenä.

Yhteenvedona koko prosessista voin sanoa, että työmaan olosuhdehallinta on päivittäistä työtä, missä jokaisen työmaalla työtä tekevän on oltava tietosia siitä, miten heidän tekemisensä vaikuttaa isossa kuvassa. Olennaista olosuhdehallinnan parantamisessa on tietoisuuden lisääminen. Etenkin pölynhallinnan näkökulmasta käytännön toteuttamisessa suurin haaste on tietoisuuden lisääminen, sekä asenteiden ja kulttuurin muuttaminen, mikä osaltaan vaatii aikaa ja perehtymistä asiaan. Myös työjärjestyksellä on suuri merkitys olosuhdehallintaan, jotta siitä saadaan järjestelmällistä, tehokasta ja että, hyväksi luotu olosuhde saadaan säilytettyä läpi työmaan.

Opinnäytetyön kohdetyömaa on hyvä esimerkki siitä miten hyvällä suunnittelulla, ohjeistuksella, toteutuksella ja valvonnalla monimuotoinen, iso ja haastava kalliorakennustyömaa saadaan turvallisiksi paikaksi työskennellä ja laadukkaaksi lopputuotteeksi käyttäjälle.

Mielestäni opinnäytetyön teko onnistui hyvin ja asetetut tavoitteet saavutettiin. Teoriaosuudessa on esitelty kattavasti olosuhdehallintaa ja sen eri muotoja, sekä kalliorakentamista yleisesti. Halusin tuoda tukemaan työn teoriaosaa käytännössä kokemiani asioita. Haastetta opinnäytetyön tekoon toi todella laajan aihealueen rajaaminen järkeväksi kokonaisuudeksi. Mielestäni sain kuitenkin tiivistettyä tärkeimmät asiat haluamallani tavalla.

Opinnäytetyöni toteutus poikkeaa normaalista siinä, että olen kerännyt suuren määrän mittaustuloksia ja dataa työssäni kohdetyömaalta pitkältä aikaväliltä. Lisäksi olen toteuttanut työmaan olosuhdehallintaa kohdetyömaalla paljon ennen varsinaista opinnäytetyön tekemisen aloittamista. Opinnäytetyön kirjoittaminen oli minulle mielekästä ja antoisaa itseäni kiinnostavan aihealueen ansiosta. Olen oppinut työmaan olosuhdehallinnasta todella paljon, ja siitä miten se vaikuttaa suoraan sekä välillisesti koko työmaan toimintaan ja lopputuotteen laatuun.

Työssä on käytetty seuraavasti tekoälyä:

ChatGPT 2023. OpenAI. GPT-3.5 Käytetty kielentarkistukseen, maaliskuu 2024. <https://chat.openai.com>

## LÄHTEET

A-Insinöörit julkaisuaika tuntematon. Opas maanalaiseen rakentamiseen kaupunkisuunnittelijoille, rakennuttajille ja päättäjille. Verkkojulkaisu. <https://www.ains.fi/oppaat/maanalainen-rakentaminen>. Viitattu 1.4.2023.

Consair julkaisuaika tuntematon. Pölyntorjunta. Verkkojulkaisu. <https://consair.fi/nain-torjut-polyn-oikein/>. Viitattu 29.3.2024.

Haavistola, Joonas & Kuutti, Kalle 2022. Höyrinsuluttoman rakenteen kosteustekninen toiminta. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/751945/Kuutti\\_Haavistola.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/751945/Kuutti_Haavistola.pdf?sequence=2). Viitattu 17.4.2024.

Lapti julkaisuaika tuntematon-a. Historia. Verkkojulkaisu. <https://lapti.fi/lapti-group/historia/>. Viitattu 29.3.2024.

Lapti julkaisuaika tuntematon-b. Tietoa meistä. Verkkojulkaisu. <https://lapti.fi/lapti-group/lyhyesti/>. Viitattu 29.3.2024.

Ratu S-1236 Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Suunnitteluohje 2021. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS.

Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje 2009. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS

Rala julkaisuaika tuntematon. Kuivaketju10. Verkkojulkaisu. <https://www.rala.fi/fi/palvelut/kuivaketju10>. Viitattu 25.3.2024.

Ramirent 2019. Rakennustyömaiden väliaikainen lämmitys. Verkkojulkaisu. <https://www.ramirent.fi/blogi/rakennustyomaiden-valiainkainen-lammitys>. Viitattu 22.2.2024.

RT 91-10655 Kalliotilat. Ohjetiedosto 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS.

RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS.

Sisäilmayhdistys ry 2022. Kunnossapito ja korjaaminen. Verkkojulkaisu. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>. Viitattu 29.3.2024.

Työturvallisuuskeskus 2016. Pölyntorjunta ja -hallinta rakennusalalla. Verkkojulkaisu. <https://ttk.fi/julkaisu/polyntorjunta-ja-hallinta-rakennusalalla>. Viitattu 22.2.2024.

Työturvallisuuskeskus julkaisuaika tuntematon. Perehdyttäminen ja työhönopastus. Verkkojulkaisu. <https://ttk.fi/tyoturvaluus/vastuut-ja-veloitteet/tyonantajan-yleiset-velvollisuudet/perehdyttaminen-ja-tyonopastus>. Viitattu 22.2.2024.

Työturvallisuuslaitos julkaisuajankohta tuntematon. Työympäristön pölyt. Verkkojulkaisu. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopai-kalla/tyoympariston-polyt>. Viitattu 1.4.2024.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>. Viitattu 1.4.2024.

Valtioneuvoston asetus työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 1267/2009. Valtioneuvoston asetus VNa 1267/2019. Viitattu 1.4.2024.