

Koulutus- ja itseopiskeluaineistot

Pölynhallinnan ja maan tiivistämisen kestävät toimintamallit talonrakennusalalla

Pölyntorjunta rakennustyömaalla

Hannu Koski, Inga Mattila, Aimo Taipale

Maantiivistäminen talonrakentamisessa

Tuomas Laitinen, Jouko Törnqvist



Teknologian tutkimuskeskus VTT

29.11.2013

PÖLYNTORJUNTA RAKENNUSTYÖMAALLA



PÖLYNTORJUNTA

SISÄLTÖ

- Miksi pölyntorjunta on tarpeellista?
- Mistä pölyjä syntyy?
- Pölyntorjunnan pääkeinot
- Pölyntorjunnan toteutus
 - Tarpeen arviointi, pölynlähteiden hallinta, pölyn kulkeutumisen hallinta, pitoisuuden alentaminen, pölynhallinta ulkona, altistumisen estäminen, vastuut, perehdytys ja työnopastus, valvonta, puhtaustason määrittäminen, tiedottaminen
- Rakennustöiden puhtausluokitus
- Ohjeet



MIKSI TORJUA PÖLYJÄ?

- Pölyt ovat vaarallisia
 - Terveysvaikutukset (oma sekä muiden altistuminen)
 - Palo- ja räjähdysvaara
 - Näkyvyyden hetkellinen aleneminen
- Estetään ympäröivien tilojen, IV-järjestelmien, laitteiden ja pintojen likaantuminen
- Lisätään työviihtyvyyttä, työtehoa ja työn tarkkuutta
- Pölyntorjunta säästää kuluja
 - Pölyisyydestä aiheutuu lisätöitä (siivous, työskentelyalueen esivalmistelu, suojaus)
 - Vähentää sähkötyökalujen huoltotarvetta ja pidentää työkalujen käyttöikää



➔ HUOLELLINEN PÖLYNTORJUNTA ON PARAS VAIHTOEHTO TERVEYDEN JA KOKONAISTALOUEDELLISUUDEN KANNALTA



TERVEYSVAIKUTUKSET

- Kivi- ja puupohjaiset pölyt kuormittavat keuhkoja aiheuttaen mm. syöpää.
- Betonipöly ärsyttää hengitysteitä ja ihoa sekä sisältää erittäin haitallista kvartssia.
- Epäorgaaniset mineraalikuidut (esim. lasi- ja mineraalivillaeristeissä) aiheuttavat ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä.



Pölyn aiheuttamia sairauksia: pölykeuhko, syöpä, myrkytys, kovemetallitauti, ärsytys ja tulehdukselliset keuhkovauriot, allergiset vaikutukset, infektiot (biologiset vaarat), sydän- ja verisuonitaudit.



KUSTANNUKSET

PÖLYNTORJUNNASTA AIHEUTUVAT KUSTANNUKSET	PÖLYNTORJUNNAN LAIMINLYÖNNISTÄ AIHEUTUVAT KUSTANNUKSET
Siivouskustannukset	Pölystä ja pölyn leviämisestä aiheutuvat siivouskustannukset, jotka voivat olla jopa suuremmat kuin pölyä torjuttaessa
Alipaineistus- ja kohdepoistolaitteiden asennus-, vuokra- ja käyttökustannukset sekä rakennuksen lämmitysenergiakustannukset alipaineistusta käytettäessä	Vahingonkorvaukset kolmansille osapuolille pölystä aiheutuneista haitoista (korvausvastuut)
Osastointien työ- ja materiaalikustannukset	Työn hitaampi eteneminen, koneiden käyttöiän lyheneminen
Hengityssuojaimien kustannukset	Sairauspoissaolokustannukset, ammattitautien kustannukset

Hyvin toteutetulla pölyntorjunnalla säästetään huomattava määrä kustannuksia verrattuna huonosti toteutettuun pölyntorjuntaan.

[Kustannuslaskuri](#)



MISTÄ PÖLYJÄ SYNTYY?

- Rakenteiden purkaminen
- Jauhemaisten aineiden käsittely
- Tiili-, kivi- ja puumateriaalien sekä lattia- ja seinäpäällysteiden työstäminen
- Hionta- ja tasoitetyöt
- Reikien poraaminen
- Purku- ja uudismateriaalien siirrot, työntekijöiden liikkuminen



Vaara, jota ei tunnisteta, ei koskaan ole hallinnassa.

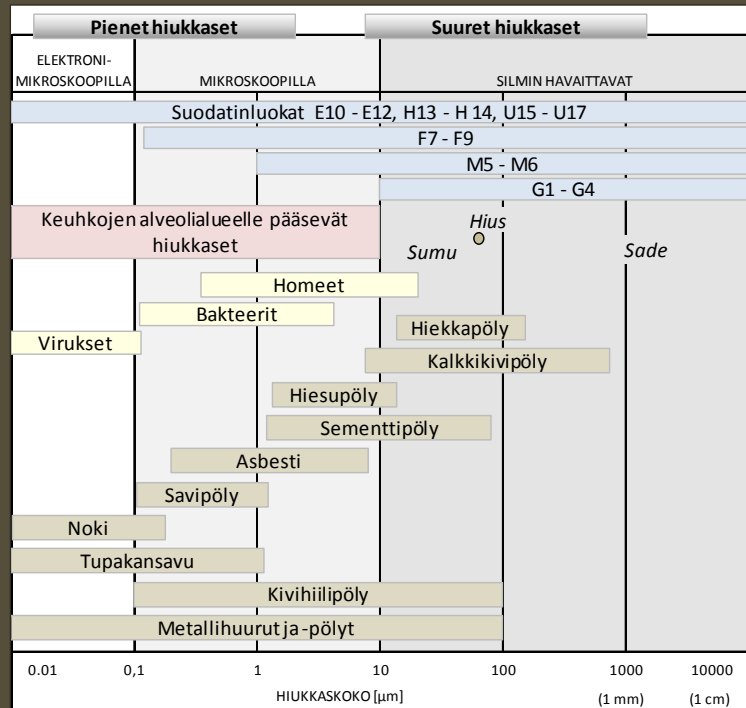


MITÄ PÖLYT OVAT?

Kiinteitä hiukkasia ($<75 \mu\text{m}$), jotka pysyvät ilmassa kunnes laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta (ISO 4225)

- Hienojakoinen pöly ($<5 \mu\text{m}$) ei laskeudu, vaan on leijuvaa, ja kulkeutuu ilmavirtojen mukana
- Vain suuremmat hiukkaset ($>20 \mu\text{m}$) ovat näkyviä, joten usein saadaan harhainen kuva pölyn kulkeutumisesta

Pölyjen lyhyt oppimäärä



RAKENTAMISESTA AIHEUTUVAT PÖLYT

- Kivipöly
- Puupöly
- Betonipöly
- Eristevillapöly
- Sementtipöly
- Tasoite- ja maalipölyt
- Mikrobeja sisältävät pölyt
- Muut erityisen vaaralliset pölyt (asbesti, kreosootti, lyijy, PCB)



PÖLYNTORJUNNAN PÄÄKEINOT

Ensisijainen keino

- Estää pölyn syntyminen

Toissijaiset keinot

- Vähentää syntyvän pölyn määrää
- Rajoittaa syntyneen pölyn leviämistä
- Siivota tilat säännöllisesti oikeilla menetelmillä

Viimeinen keino

- Henkilökohtaiset suojaimet



PÖLYNTORJUNNAN TOTEUTUS

1. Pölyntorjunnan tarpeen arviointi
2. Pölynlähteiden hallinta
 - Työtapojen valinta ja pölyämisen estäminen
3. Pölyn kulkeutumisen hallinta
 - Osastointi ja alipaineistus, kohdepoisto, suodattimet, siivous
4. Pitoisuuden alentaminen
 - Ilmanpuhdistimet
5. Pölynhallinta ulko-olosuhteissa
6. Altistumisen estäminen
 - Hengityksensuojaimet
7. Vastuut
8. Perehdyttäminen ja työnopastus
9. Valvonta
10. Puhtaustason määrittäminen
11. Tiedottaminen



1. TARPEEN ARVIOINTI

- a) Voidaanko pölyn syntyminen estää
- b) Kuinka pitkään pölyä syntyy
- c) Työskenteleekö samassa tilassa muita
- d) Voidaanko pölypäästö hallita syntykohdassa
- e) Miten ilman pölypitoisuutta voidaan alentaa
- f) Tuleeko käyttää hengityksensuojaimia
- g) Miten ympäristölle aiheutuva pölyhaitta minimoidaan



OHJE: [Työlajikohtainen pölyntorjunta](#)

TAULUKKO: [Työlajikohtainen pölyntorjuntasuunnitelma](#)



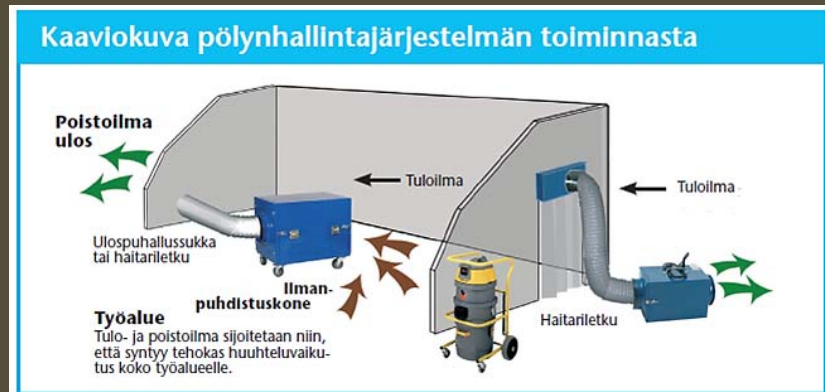
2. PÖLYNLÄHTEIDEN HALLINTA

- Selvitetään pölylähteet, -laadut ja -määrät sekä erityisten haitta-aineiden esiintyminen
→ mm. home, mikrobit ja PCB-yhdisteet
- Valitaan työtavat
→ voidaanko työvaihe tehdä jollain muulla vähemmän pölyävällä tavalla



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA

1. Osastointi ja alipaineistus
2. Kohdepoisto
3. Suodatus
4. Siivous



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA OSASTOINTI JA ALIPAINIESTUS

- Erotetaan epäpuhtaat ja puhtaat tilat toisistaan pölytiivillä osastoinnilla käyttämällä olemassa olevia tai tilapäisiä rakenteita
- Epäpuhdas tila alipaineistetaan (ilmavirran suunta on puhtaasta tilasta korjattavaan tilaan päin)
 - Alipaineistusta valvotaan paine-eromittareilla
 - Alipaineistusta ylläpidetään kohteen lopullisen siivouksen jälkeen niin kauan, että vaadittu ilman puhtaustaso on saavutettu



OHJE: Osastointi ja alipaineistus



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA

ALIPAINAISTUKSEN TOTEUTUS

- Käytetään liikuteltavia alipaineistuslaitteistoja, joiden toimivuus tarkastetaan päivittäin
- Laitteiden määrien ja tyyppien valinnassa käytetään laitekohtaisia paineentuotto- ja ilmamäärätietoja
- Mitoituksessa on huomioitava tehon aleneminen suodattimen kuormittuessa
- Alipaineen tulisi olla 5 – 15 Pa ja ilman vaihtuvuuden 6 – 10 kertaa tunnissa (alipaineistajan puhallinteho ilmoitetaan kuutiometreinä tunnissa, m³/h)
- Suodatettu poistoilma puhalletaan ulos tai hallitusti rakennuksen sisään
- Korvausilmaa otetaan kontrolloidusti n. 20 % poistettua ilmaa vähemmän
- Seinämien rakentamisessa sekä läpivienneissä tulee ottaa huomioon palotekniset vaatimukset ja käyttää tarvittaessa palopeltejä.



TAULUKKO: [Osastointi ja alipaineistussuunnitelma](#)



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA

KOHDEPOISTO

Kohdepoistolla kerätään merkittävä osa pölystä pois työskentelyalueelta

- KORKEAPAINAINEN
 - Rakennusimuri tai keskuspölynimurijärjestelmä
 - Imuletku liitetään työkoneeseen (saha, sirkkeli, jyrsin, hiomalaite...)
 - Syntyy nopea pölyä sieppaava ilmavirtaus → pölynpoiston tehokkuus noin 80-97 %
 - Valitaan sopiva ilman virtausnopeus imettävän materiaalin painon mukaan (esim. puupölylle n. 14-16 m/s ja betonipölylle n. 25-30 m/s)
 - Kohdepoistoimurin suodattimien kuormittumista tulee seurata
- MATALAPAINAINEN
 - Ilmanpuhdistaja tai osastoinnin alipaineistukseen suunniteltu laite
 - Syntyvä virtausnopeus melko alhainen → sieppausetäisyys pieni
 - Sopii myös työhön, jossa ei voida käyttää korkeapaineista kohdepoistoa
 - Edullinen ratkaisu yksittäisiin pieniin töihin



Paras lopputulos saadaan käyttämällä sekä korkea- että matalapaineista kohdepoistoa.

OHJE:
[Kohdepoisto](#)



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA

SUODATUS



- Suodattimen tehtävä on poistaa ilmvirrasta hiukasmaisia epäpuhtauksia
 - Pölynpoistoon käytetään yleensä kuitusuodattimia
 - Suodattimiin kerääntyvä pöly tukkii suodatinta ja estää ilman virtausta
 - Suodattimet jaetaan tehokkuuden mukaan eri suodatusluokkiin
 - Karkeasuodattimet G1-G4
 - Mediusuodattimet M5-M6
 - Hienosuodattimet F7-F9
 - EPA suodattimet E10-E12
 - HEPA suodattimet H13-H14
 - ULPA suodattimet U15-U17
 - Vaarallisilla pölyillä ja palautettaessa ilma sisätiloihin on käytettävä H13 -luokan suodatinta
- ➔ Suodatin on vaihdettava riittävän usein

OHJE: [Suodattimet](#)



3. PÖLYN KULKEUTUMISEN HALLINTA

SIIVOUS

Työnaikainen siivous

- Työmaa tulee siivota säännöllisesti (esim. päivittäin)
- Käytössä kuivamenetelmät: lasta, keskuspölynimuri tai erikoissuodattimella varustettu teollisuusimuri
- Harjan käyttö on P1-rakentamisessa kielletty

Kaksiosainen loppusiivous

- Käytössä kuiva- ja märkämenetelmät
- 1. vaiheessa poistetaan taso- ja lattiapinnoilta suojat, puhdistetaan taso-, pysty- ja lattiapinnat pölystä
- P1-rakentamisessa arvioidaan pintapölyn määrä loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen jälkeen ennen ilmanvaihtolaitteiston toimintakokeita
- 2. vaiheessa tilat siivotaan urakka-asiakirjoissa määriteltyyn vaatimustasoon ja suoritetaan lattiamateriaalien käyttöönottopesu ja -suojaus



OHJE: [Siivous](#)



4. PITOISUUDEN ALENTAMINEN

Ilmanpuhdistimet

- Tilan pölypitoisuutta voidaan alentaa kierrättävän ilmanpuhdistimen avulla
- Ilmanpuhdistin suodattaa laitteen läpi kulkevan ilman ja puhdistettu ilma palautuu välittömästi sisätilaan
- Puhdistustehoa kuvataan puhtaan ilman tuotolla (CADR, clean air delivery rate), joka on laitteen ilmamäärän ja erotuskyvyn tulo
- Puhdistimissa käytetään mekaanisia kuitusuodattimia tai sähkösuodattimia



5. PÖLYNHALLINTA ULKONA

- Vesikastelu
 - Letkulla tai sumuttamalla
- Kohdepoisto
 - Sirkkelit, porat, piikkausvasarat jne.
- Julkisivusuojat
- Alipainekontit



6. ALTISTUMISEN ESTÄMINEN

HENGITYKSENSUOJAIMET

- Väliaikainen ratkaisu
- Lyhytkestoiset työt
- Suojainta tulee käyttää koko altistumisen ajan käyttöohjeen mukaisesti tiiviisti asennettuna
- Rakennustyössä suositeltava valinta on vähintään P2-luokan hengityksensuojain

Pölyntorjunta pitäisi toteuttaa niin, ettei tavanomaisissa, päivittäin toistuvissa töissä tarvitsisi käyttää hengityksensuojaimia.



OHJE: [Hengityksen-
suojaimet](#)



7. VASTUUT

- Pää toteuttajan tulee esittää rakennuttajalle suunnitelma
 - pölyn vähentämiseksi ja sen leviämisen estämiseksi (VNA 205/2009, 10 §)
 - rakennustyömaa-alueen käytöstä, jossa kiinnitetään huomiota työmaan järjestykseen ja siisteyteen sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitukseen (VNA 205/2009, 11 §)
- Rakennuttajan tulee valvoa pölyntorjunnan toteutumista (työnjohtaja, turvallisuuskoordinaattori)
- Urakoitsijoiden sekä työtekijöiden tulee käyttää sovittuja pölyntorjuntamenetelmiä oman ja muiden turvallisuuden takaamiseksi sekä pölyn leviämisen estämiseksi



8. PEREHDYTYS JA TYÖNOPASTUS

PEREHDYTYS

työntekijän saama opastus ennen itsenäisen työskentelyn aloittamista työmaalla tai uusilla laitteilla ja menetelmillä

TYÖNOPASTUS

työn aikana annettavaa opastusta ja ohjausta

OHJE: [Perehdyttäminen ja työnopeutus](#)

TAVOITE, ETTÄ TYÖNTEKIJÄ

- Tuntee työmaan ja organisaation
- Tiedostaa vaarat ja osaa toimia oikein tapaturman sattuessa
- Tuntee turvallisuusmääräykset ja -ohjeet
- Ymmärtää tarvittavien henkilönsuojaimien käytön merkityksen
- Tietää, kuka antaa tarvittaessa lisäopetusta ja ohjausta
- Tuntee pölyävät työvaiheet, syntyvät pölyt ja niiltä suojautumisen keinot
- Tietää työmaan pölyntorjuntaratkaisut ja milloin ja miten kohdepoistolaitteita käytetään



9. PÖLYNTORJUNNAN VALVONTA

- Sovittujen toimintatapojen toteutumista tulee valvoa
 - Verrataan toteutusta suunnitelmiin aistinvaraisesti tai mittauksin
- Havaittuihin poikkeamiin tulee puuttua
- Huomiota tulee kiinnittää mm. siihen, että
 - alipaineistajat ovat päällä ja toimivat ja alipaineistus on riittävä
 - silmämääräisesti väliaikaisista seinistä havainnoimalla tai tarvittavin mittalaittein paine-eroa seuraamalla (paine-eromittarit, alipaineistajan mittari)
 - osastointien rakenteet (seinät, ovet, läpiviennit) ovat ehjät
 - ovet ja kulkuaukot suljetaan
 - kohdepoistolaitteita käytetään
 - suodattimet ovat toimintakuntoisia
 - hengityksensuojaimia käytetään tarvittaessa



10. PUHTAUSTASON MÄÄRITYS

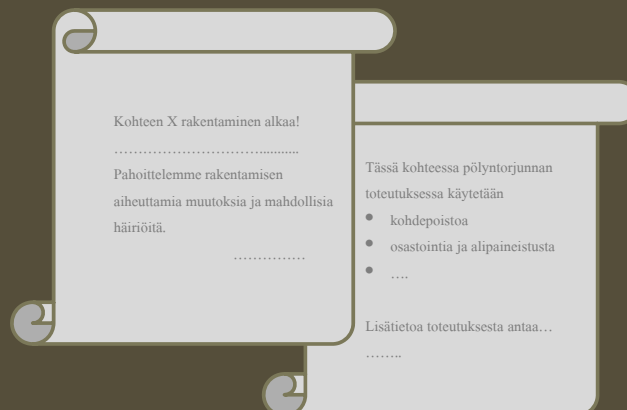
- Pohjautuu urakka-asiakirjoissa esitettyihin laatumenetelmävaatimuksiin ja puhtaustasoihin
- Puhtaustaso voidaan määrittää:
 - Purku- ja rakennustöiden aikana
 - Visuaalisesti arvioiden
 - Ilman pölypitoisuusmittauksia tekemällä sisäilman laadun arvioimiseksi
 - Ennen ilmanvaihtolaitteiston toimintakoetta ja vastaanottoa
 - Visuaalisesti arvioiden
 - Pintamittauksin (pintapölyn mittaus vähintään kaksi tuntia loppusiivouksen jälkeen)



11. TIEDOTTAMINEN

Pölyntorjuntaan liittyvistä eritystoimenpiteistä ja järjestelyistä tulee tiedottaa kaikkia osapuolia

- työntekijät
- urakoitsijat
- asukkaat
- naapurit



RAKENNUSTÖIDEN PUHTAUSLUOKITUS



SISÄILMASTOLUOKITUS

Sisäilmastoluokitus 2008 esitetään Ratu 437-T -ohjeessa:

- Sisäilmastoluokat (S)
 - Yksilöllinen sisäilmasto S1
 - Hyvä sisäilmasto S2 (ns. perustaso)
 - Tyydyttävä sisäilmasto S3
- Rakennustöiden puhtausluokitus (P)
 - Puhtausluokat P1 ja P2
- Rakennusmateriaalien päästöluokitus (M)
 - Päästöluokat M1, M2 ja M3

S

P

M

LISÄTIETOA AIHEESTA:
www.sisailmayhdistys.fi/sisailmastoluokitus



SISÄILMASTOLUOKAT JA RAKENNUSTYÖ

Kun pyritään tekemään sisäilmastoltaan S1- tai S2-luokan rakennus

- rakennustyöt täytyy toteuttaa rakennustöiden puhtausluokan P1 mukaisesti
- on käytettävä etupäässä M1-luokan materiaaleja ja rajoitettava M2- ja M3-luokan materiaalien käyttöä.

S

P

M



PUHTAUSLUOKAT

P1

Rakennuksen tulee olla puhdas eikä pinnoilla saa olla irtolikaa tai pölyä ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Pölykertymille on määritetty suurimmat sallitut arvot.

P2

Rakennustyö toteutetaan ilman erillisiä puhtausvaatimuksia. Noudatetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman vaatimuksia. Työlle ei ole määritelty selkeitä toimintaohjeita eikä pölylle mitattavia raja-arvoja. P2-luokka vastaa normaalia hyvän rakentamisen mukaista käytäntöä.



Puhtausluokka P1:n tavoitteet

- Ohjeistaa rakennustyötä, tilojen siivousta sekä materiaalien varastointia ja suojausta niin, että puhtausvaatimukset täyttyvät
- Varmistaa, että rakennuksen käytön aikana sisäilmaan ei kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia
- Estää rakennuksen loppukäyttäjille mahdollisesti aiheutuvia terveys- ja viihtyisyyshaittoja



Vinkkejä P1:n toteutukseen (1)

- Suojataan pölyävät työvaiheet (osastointi, alipaineistus, kohdepoisto, suodatus)
- Ylläpidetään puhtaustasoa säännöllisellä siivouksella
 - Varataan riittävästi resursseja puhtaanapitoon eri työvaiheissa
 - Tehdään ennakkosuunnitelma työmaan puhtaanapitoon (esim. työmaan imurointiin kauttaaltaan viikon aikana)
- Huolletaan käytettävää pölynhallintakalustoa sekä seurataan sen toimivuutta
- Suojataan työkohde tai rakennusmateriaalit sääsuojausella sateelta, lumelta, jäältä, tuulelta, pakkaselta sekä liialta auringonvalolta
- Lajitellaan jätteet
- Käytetään vähäpäästöisiä materiaaleja ja tarvikkeita

OHJE: Rakennus-
materiaalien suojaus



Vinkkejä P1:n toteutukseen (2)

- Tulpataan IV-kanavistot ja asennetaan ne puhtaina
- Huomioidaan puhtausluokituksen vaatimukset työmaa-aikataulun laadinnassa
- Seurataan toteutusta tekemällä työmaakierroksia siisteyden, järjestyksen ja jätelajittelun valvomiseksi
 - Raportoidaan valvonnan tulokset
 - Korjataan puutteet
 - Kohdistetaan kulut niiden aiheuttajille
- Informoidaan puhtaustasovaatimuksista ja toimintatavoista kaikkia urakoitsijoita



OHJE:
[Puhtausluokan](#)
[P1 ohjeet](#)

➔ LOPPUTULOKSEEN VAIKUTTAVAT ASENNE, PANOSTUS JA YHTEISTYÖ



Suunnitelmallisella ja
riittävin resurssein toteutetulla
PÖLYNTORJUNNALLA
vähennetään merkittävästi
pölystä aiheutuvia haittoja.



OHJELUETTELO

Koulutusmateriaaliin sisältyvät ohjeet

- [Hengityksensuojaimet](#)
- [Kohdepoisto](#)
- [Kustannuslaskuri](#)
- [Osastointi ja alipaineistus](#)
 - [Osastointi- ja alipaineistussuunnitelma \(taulukko\)](#)
- [Perehdyttäminen ja työnopastus](#)
- [Pölyjen lyhyt oppimäärä](#)
- [Puhtausluokan P1 ohjeet](#)
- [Siivous](#)
- [Suodattimet](#)
- [Rakennusmateriaalien suojaus työmaalla](#)
- [Työlajikohtainen pölyntorjunta](#)
 - [Työlajikohtainen pölyntorjuntasuunnitelma \(taulukko\)](#)



Aineiston on toteuttanut

- Teknologian tutkimuskeskus VTT
Hannu Koski, Inga Mattila, Aimo Taipale

Hankkeeseen ovat myötävaikuttaneet seuraavat yhteistyökumppanit

- Työsuojelurahasto
- Teknisen Kaupan ja Palveluiden yhdistys ry
- Talonrakennusteollisuus ry
- Rakennuskonepäälliköt ry
- Cramo Finland Oy
- Hilti Suomi Oy
- Ramirent Finland Oy
- Skanska Rakennuskone Oy



HENGITYKSENSUOJAIMET




Hengityksensuojaimia tulee käyttää vain väliaikaisena ratkaisuna tai lyhytkestoisissa töissä, kun:

- muita torjuntatoimia suunnitellaan ja asennetaan
- muut ratkaisut eivät ole mahdollisia tai kun muut toimenpiteet eivät ole muuten riittäviä
- käyttöaika on hyvin lyhytaikainen
- työntekijät altistuvat voimakkaasti lyhyen aikaa (suuri pitoisuus tai suuri myrkyllisyys).

Päivittäin toistuvissa, tavanomaisissa töissä hengityksensuojainten käyttöä tulisi välttää. Suojaimet kuormittavat käyttäjänsä pääasiassa painollansa sekä laitteen sisään- ja uloshengityksen vastuksella. Käyttämällä puhaltimella sekä hupulla tai kypärällä varustettuja suojaimia saadaan hengitysvastus alhaiseksi ja käyttömukavuutta paremmaksi, kun suojain ei kosketa kasvoja tiiviisti.

Ilman puhallinta olevia hengityksensuojaimia tulisi käyttää vain kaksi tuntia päivässä. Suositus koskee puolinaamareita ja kokonaamareita, joihin on yhdistetty pöly- tai kaasunsuojain. Suositus pätee myös kertakäyttömaskeille. Jos käyttöaika on pidempi, tulisi mahdollisuuksien mukaan käyttää puhaltimella varustettuja hengityksensuojaimia tai joissakin tapauksissa paineilmaverkostoon liitetyjä suojaimia. Paineilman puhtaus ja sopivuus hengitysilmakeksi on varmistettava.



	Hengityksensuojaintyytit	Suojainluokka	Tyypillinen suojauskerroin
	Suodattava puolinaamari	FFP1-3	4 - 30
	Puolinaamari	P1 - P3	4 - 30
	Kokonaamari	P1 - P3	4 - 400
	Puhaltimella varustettu hengityksensuojain + kypärä tai huppu	THP1 – THP3	5 - 100
	Puhaltimella varustettu hengityksensuojain + naamari	THP1 – THP3	10 - 500

Suojauskerroin on luku, joka ilmoittaa kuinka monenteen osaan pitoisuus suojaimen sisäpuolella putoaa verrattuna ympäröivään ilmaan. Mitä vaarallisempia epäpuhtauksia ilmassa on, sitä korkeampi suojauskerroin on valittava.

Suojainten valinta

Rakennustyössä suositeltava valinta on vähintään P2-luokan hengityksensuojain. Kohdepoistolaitteiden käytöstä huolimatta korjaushankkeen purkutyövaiheessa syntyy tavallisesti niin runsaasti pölyä, että purkutyöntekijöiden ja samassa tilassa työskentelevien muidenkin rakennustyöntekijöiden on käytettävä henkilökohtaisia hengityksensuojaimia. Tavanomaisessa purkutyössä, jossa ei synny esim. kaasuja, käytetään P2-luokan pölynsuojainta. P3-luokan suojainta käytetään asbestipölyltä, homeilta ja muilta erityisen haitallisilta pölyiltä suojautumiseen.

Myös kertakäyttösuodattimia käytettäessä tulisi valita malli, jossa on uloshengitysventtiili helpottamassa hengityksen vastuksen pienentämistä.

Hengityksensuojaimien valinnassa huomioon ottavia asioita

Ilmassa esiintyvien epäpuhtauksien laatu sekä pitoisuus

Käyttöolosuhteet (lämpötila, kosteus jne.)

Ergonomisuus (ei rajoita liikkumista, näkemistä tai puhumista)

Tiivistyvyys kasvoja vasten

Yhteensopivuus muiden suojainten kanssa

Käyttöjakson pituus

Mukavuus ja käytön helppous

Vaatimustenmukaisuus (CE- ja suojainluokka-merkinnät)

Käyttö

Suojainta tulee käyttää koko altistumisen ajan käyttöohjeen mukaisesti tiiviisti asennettuna, jotta suojaimen suojausteho on paras mahdollinen. Suojainta tulee käyttää valmistajan suosittamana kokonaisuutena.

Kertakäyttöinen suojain tulee vaihtaa käytön jälkeen uuteen. Monikäyttöinen suojain tulee säilyttää puhtaassa ja mielellään ilmatiiviissä paikassa, jottei suojain ime epäpuhtauksia itseensä ja käyttöaika lyhene. Suojain tulee myös huoltaa jokaisen käyttökerran jälkeen. Irrotettavan suodattimen voi pestä neutraalilla pesuaineella. Kuumaa vettä, liuottimia ja hankausta ei tule käyttää. Suodatin tulee vaihtaa käyttöohjeiden mukaisin välein.

Tyypillisimpiä hengityksensuojainten käytössä havaittuja puutteita ovat, että:

- suojainta ei käytetä koko altistumisaikaa
- suojaimessa on vuotoja, jotka johtuvat henkilölle sopimattoman suojaimen valinnasta (joh-tuen esimerkiksi parrasta)
- suojain on työhön sopimaton (suojaustaso ei ole riittävä)
- suojainten huolto on puutteellista (loppuun kuluneet suodattimet, muut huollon ja kunnon-tarkkailun puutteet).

Työntekoa huomattavasti haittaava suojain ei ole tarkoituksenmukainen ja silloin suojain jätetään helposti käyttämättä.

Lähteet

Säämänen Arto, ym. Pölyntorjunta. VTT, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos. Tampere 2004. 141 s. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/index.htm>

Koski Hannu, ym. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. VTT, Itä-Suomen yliopisto, Työterveyslaitos. Tampere 2013. 8 s. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Put_usa_ohje_laaja_130415.pdf

KOHDEPOISTO

TARKOITUS

Kohdepoiston tarkoituksena on poistaa pölyt ja muut epäpuhtaudet jo muodostumispaikaltaan ennen niiden leviämistä työtilaan ja työntekijän hengitysvyöhykkeelle.

MENETELMÄT

Kohdepoistomenetelmät jaetaan korkea- ja matalapaineisiin muodostamansa alipaineen suuruuden perusteella.

Korkeapaineisessa kohdepoistossa käytetään mikrosuodattimella varustettuja liikuteltavia rakennusimureita tai keskuspölynimurijärjestelmää. Esierottimen avulla lisätään imurin suorituskykyä ja vähennetään mikrosuodattimen tukkeutumista. Imuputkisto voidaan liittää työkoneseen, kuten sahaan, sirkkeliin tai hiomalaitteeseen, jolloin lähelle työstökohtaa syntyy pölyä sieppaava nopea ilmavirtaus. Korkeapaineinen kohdepoisto on tehokas menetelmä ja edullinen vaihtoehto yksittäisiin pieniin töihin. Se on kuitenkin jossain määrin häiriöaltis eikä sovellu esim. kaikkiin purku- tai eristystöihin. Useissa tutkimuksissa ja mittauksissa on todettu, että korkeapaineisella kohdepoistolla päästään työstä ja työkonesta riippuen 80–97 % tehokkuuteen (pölynpoistoon). Ilman kohdepoistoa pölypitoisuudet työntekijän hengitysvyöhykkeellä esim. piikkaus- ja hiontatöissä ovat 5–10 -kertaiset kohdepoistoon verrattuna.



Kohdepoistoimuri piikkausvasarassa

Matalapaineisessa kohdepoistossa pölyä aiheuttavan työn välittömään läheisyyteen sijoitetaan karkeasuodattimellinen pölynkerääjä, joka yhdistetään mikro- tai hienosuodattimella varustettuun ilmanpuhdistajaan tai osastoinnin alipaineistukseen suunniteltuun laitteeseen. Poistoilma johdetaan työskentelytilan ulkopuolelle muovisen poistoputken tai muovisukan avulla. Matalapaineisessa kohdepoistossa ilmamäärät ovat suuria, mutta ilman virtausnopeus melko vähäinen. Tämän vuoksi laitteiston sieppauskäytös on pieni ja pölynkerääjää on siirrettävä usein. Menetelmä sopii esim. työhön, jossa ei voida käyttää korkeapaineista kohdepoistoa. Se on lisäksi edullinen ratkaisu yksittäisiin pieniin töihin.

KÄYTTÖKOHEET

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009)
50§ Purkujäte

Tiilet, betonikappaleet ja purettaessa irtoavat muut rakenneosat on siirrettävä turvallisesti. Pölyävä aine on pudotettava alas riittävän tiiviitä putkia pitkin suojattuun tilaan tai suoraan ajoneuvoon taikka koottava ja vietävä pois säikeissä tai astioissa.

Pöly on poistettava ilmastoinnilla, kohdepoistoilla tai muilla tarkoituksenmukaisilla toimenpiteillä. Tarvittaessa pölyn leviäminen on estettävä käyttämällä rakennustyön aikaisia suojaseiniä. Pöly on siivottava riittävän usein työtiloista.

Korkeapaineinen kohdepoisto on erittäin tehokas menetelmä pölynpoistoon syntypaikaltaan, jonka vuoksi sitä yleensä kannattaa käyttää piikkaus-, sahaus-, jyrä- ja hionta- ym. vastaavissa töissä. Tällöin voidaan välttyä henkilökohtaisten hengityksensuojaimien käytöltä. Työntekijän hengitysvyöhykkeellä olevan pölyn määrä on tarvittaessa varmistettava mittauksin. Edellä esitetyn suosituksen lisäksi tilaaja saattaa vaatia kohdepoiston käyttöä tietyissä tiloissa, töissä ja olosuhteissa, jolloin tästä on maininta urakkasopimusasiakirjoissa.

Jos rakennustyöt on sovittu tehtäväksi puhtausluokan P1 mukaisesti, kohdepoistoa on käytettävä pölyä synnyttävissä töissä toimintakoevalmiudessa olevissa tiloissa.

LAITTEET

Korkeapaineisessa kohdepoistossa käytettävät imurit ovat ammattikäyttöön tarkoitettuja teollisuusimureita, joissa on HEPA-suodatin. Kohdepoiston toimivuuden kannalta ratkaisevaa on ilman virtausnopeus, jonka vähimmäisarvo riippuu lähinnä työstettävän ja imettävän materiaalin painosta. Esim. hienolle puupölylle suositellaan virtausnopeutta 14–16 m/s ja betonipölylle 25–30 m/s.

Hyvässä kohdepoistolimurissa on mm. suodattimien tehokas puhdistusmekanismi, alipainemittari suodattimen kuormittumisen seurantaan ja kattava suutinvalikoima.



Keskuspölynimuri, jossa erilliset esisuodatus-, suodatus- ja moottoriyksiköt

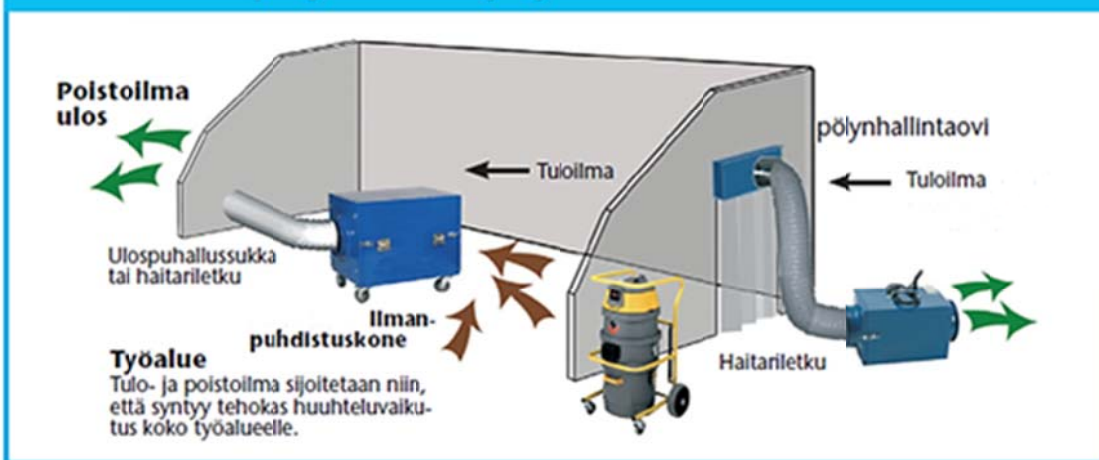
OSASTOINTI JA ALIPAINESTUS

TARKOITUS

Osastoinnin tarkoitus on erottaa epäpuhtaat ja puhtaat tilat toisistaan. Osastointi tehdään käyttämällä rakennuksen valmiita ja olemassa olevia rakenteita sekä rakentamalla esim. tilapäisiä seiniä. Osastoinnin yhteydessä käytetään usein epäpuhtaiden tilojen alipaineistusta, mutta mikäli osastointi on mahdollista rakentaa riittävän tiiviisti eikä puhtaiden ja pölyisten tilojen välillä ole kulkutarvetta, ei paineistusta välttämättä tarvita.

Alipaineistuksen tarkoituksena on estää pölyn kulkeutuminen pölyisestä puhtaaseen tilaan aikaansaamalla epäpuhtaaseen osastoon alipaine. Puhtaita tiloja voidaan sopivissa olosuhteissa suojata myös synnyttämällä ylipaine ko. tiloihin.

Kaaviokuva pölyhallintajärjestelmän toiminnasta



OSASTOINNIN RAKENTAMINEN

Osastoinnissa tulee pyrkiä käyttämään mahdollisuuksien mukaan valmiita rakenteita kuten paikalle jääviä väliseiniä ja -ovia. Osastoon johtavat ovet suljetaan ja ovien sekä ikkunoiden käyntivälit teipataan kiinni. Ilmanvaihtokanavien venttiilit yms. peitetään muovikalvolla ja teipataan tiiviisti.

Seinä rakenteet. Mikäli olemassa olevia rakenteita ei pystytä hyödyntämään osastoinnissa tai osastot jäävät liian suuriksi tai epäkäytännöllisiksi alipaineistuksen toteuttamiseen, tulee osastointi tehdä erillisin suojaseinä rakentein. Seinämät rakennetaan siten, että ne ovat riittävän kestäviä ja täyttävät palotekniset vaatimukset. Seinämien on ulotuttava alakaton yläpuolisiin kiinteisiin rakenteisiin saakka.

Väliaikaiset suojaseinät voidaan tehdä esim.

- teippaamalla muovikalvo olemassa oleviin rakenteisiin
- pingoittamalla muovi puurimoilla katon ja lattian väliin
- kokoamalla seinät teleskooppirungolla ja rakennusmuovilla tai
- rakentamalla pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitettuja seinät puurungosta ja -levyistä.



Pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitetut seinät voidaan tehdä esimerkiksi seuraavasti

- seinämuovin alapää asennetaan rakenteen alajuoksun alle ja tiivistetään uretaanilla
- muovi nostetaan yläohjauspuun ylitse ja tiivistetään uretaanilla
- runko tehdään 48 x 48 mm puusta (ohuempaa puuta käytettäessä rungosta tulee heikompi, mutta ala- ja yläjuoksujen kiilaaminen helpottuu)
- seinän alaosaan asennetaan levytys, jonka yläreuna on noin 120–150 cm lattiasta
 - levytyksen tarkoituksena on suojata muovitusta ja osastointia iskuilta ja repeämiltä.
 - levyateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi vaneria.

Huom! Uretaanin käyttö on harkittava tapauskohtaisesti, koska sen poistaminen siististi voi olla työlästä.

Kaikissa menetelmissä on tärkeätä, että seinien liitokset sekä putket ja muut läpiviennit tiivistetään huolellisesti teipillä tai saumanauhoilla. Erityisen tiiviitä suojaseinärakenteita rakennettaessa voidaan puurungon ja olemassa olevan rakenteen väliin asentaa esimerkiksi solumuovikaistasta tehty tiiviste. Mikäli tiiviyttä halutaan edelleen parantaa, voidaan tiiviste liimata rakenteeseen uretaanivaahdolla tai rakennusliimalla.

Kulkuaukot. Kulkuaukkoina käytetään tavallisesti muovi- ja muovilevyovia tai vetoketjullisia muoviovia. Mikäli on vaarana, että suojaseinän kulkuaukosta pääsee liikaa pölyä korjattavan tilan viereiseen tilaan, on rakennettava kahdesta ovesta koostuva sulkutila (asbesti- ja mikrobipurkutöissä kolmiosainen). Tarvittaessa sulkutilan ilmatila alipaineistetaan siten, että puhaltimen poisto on pölyävään tilaan.

Tilapäinen muovirakenteinen ovi voidaan tehdä seuraavasti

- kulkuaukon kokoisen muovin yläreunaan ja sivuille kierretään 48 mm paksuiset rimat
- rimat kiinnitetään seinärakenteeseen
- muoviin leikataan halkio alaosaan
- aukkoon kiinnitetään yläosastaan toinen, aukon kokoinen muovi
- muovin alaosaan asennetaan rima, joka vetää muovin paikoilleen aukon eteen

Rakennusmuovista tehtyä ovea kestävämpi ja parempi on muovilevyovi, jonka alaosassa on laahusmuovi. Ovi varustetaan heilurisaranoilla, jolloin siitä voidaan sujuvasti kulkea kumpaankin suuntaan ja ovi sulkeutuu itsestään. Muovilevyovi kestää useiden työmaiden käytön, mikä säästää asennus- ja materiaalikustannuksia.



ALIPAINIESTUS

Mitoitus. Pelkkä osastointi on yleensä riittämätön pölyntorjuntakeino, minkä vuoksi osastoitu, korjattava tila alipaineistetaan ympäröiviin tiloihin verrattuna. Tällöin ilmapirran suunta on puhtaasta tilasta korjattavaan tilaan päin. Poistoilma suodatetaan ja johdetaan osaston ulkopuolelle, yleensä ulos. Tavanomaisissa purku- ja korjaustöissä käytettävät alipaineistuslaitteet on valittava ja mitoitettava niin, että osastoidun tilan ilma vaihtuu 6–10 kertaa tunnissa. Vaarallisia aineita sisältävien materiaalien purkutöissä ilmanvaihtuvuuden on oltava tätäkin suurempi.

Osastoidun tilan tulisi olla 5–15 Pa alipaineinen. Liian suuri alipaine voi rikkoa suojaseinien tiivistyksiä, estää ovien aukeamista ja haitata rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa sekä aikaan saada korvausilman kulkeutumisen työskentelytilaan esim. kosteusvaurioituneiden, mikrobeja sisältävien rakenteiden läpi.

Alipaineistus toteutetaan liikuteltavilla, ilmansuodattimilla varustetuilla alipaineistuslaitteistoilla, jotka imevät ilmaa työtalasta ja puhaltavat sitä suodatettuna tavallisesti suoraan ulos joko ns. muovisukkaa, ilmastointiletkuja tai peltikanavaa pitkin.

Alipaineistuslaitteiden määrien ja tyyppien valinnassa käytetään laitekohtaisia paineentuotto- ja ilmamäärätietoja. Laitteiden mitoituksessa on huomioitava tehon aleneminen suodattimen kapasiteetin täytyessä.

Esimerkki alipaineistajan tehon arvioinnista	Esimerkki alipaineistajien määrän laskennasta
Alipaineistajan puhallinteho: 4600 m ³ /h Puhallinteho pääty-yhteillä: 4190 m ³ /h Puhallinteho puhtaalla HEPA-suodattimella: 3200 m ³ /h Teho kuormittuneella suodattimella: <<3200 m ³ /h Mitoitustehona käytetään enintään 3200 m ³ /h	P = alipaineistettavan alueen pinta-ala (m ²) K = alipaineistettavan alueen korkeus (m) I = ilmanvaihtokerroin (1/h) P = 1000 m ² , K = 3,0 m, I = 6 1/h Tarvittava teho (ilmamäärä) = P x K x I = 18 000 m ³ /h Tarvittavat alipaineistajat 18 000 m ³ / 3200 m ³ /h = 6 kpl

Alipaineistusta ylläpidetään kohteen lopullisen siivouksen jälkeen niin kauan, että vaadittu ilman puhtaustaso on saavutettu.

Tarvittaessa ilman puhtaus varmistetaan ottamalla näytteitä työskentelytilan ilmasta ennen osastoinnin purkamista ja rakennustöiden jatkamista.

Poistoilma. Osastosta poistettava ilma pyritään ohjaamaan ulos rakennuksesta. Mikäli ilmapirtaa ei voida ohjata ulos, on varmistettava, ettei poistoilmavirtaus aiheuta haitallisia ilmapirtauksia ja pölyn liikettä tiloissa. Alipaineistuskoneen poistoilmaputken tilalle voidaan asentaa suutinkanava, joka hajottaa poistoilman tasaisesti tilaan.

Osastosta ulosjohdettavan ilman puhdistustarve määritetään tapauskohtaisesti. Puhdistus toteutetaan asentamalla alipaineistuslaitteisiin vaatimusten mukaiset suodattimet, vähintään F7-luokan hienosuodatin. Mikäli ulosjohdettava ilma sisältää haitalliseksi tiedettyjä aineita tai ilma johdetaan rakennuksen sisälle, on käytettävä HEPA H13 suodattimia. Esisuodattimina käytetään G3-G4 karkeasuodattimia, jotka vähentävät muiden suodattimien kuormitusta.

Ulos poistettaessa yleensä ikkuna-aukkoon ruuvataan tai teipataan rakennuslevy, johon on tehty poistoputkelle reikä. Poistoputki asennetaan (ja tiivistetään) niin, että sen pää ulottuu vähintään 50 cm rakennuslevyn ulkopuolelle.

Jos poistoilmaa joudutaan johtamaan toiseen palo-osastoon tai toiseen osastoon, josta se johdetaan palo-osaston kautta ulos, asennetaan suojaseinään tarvittaessa palopelti. Lisäksi alipaineistuslaitteisto varustetaan järjestelmällä, joka kytkee sen päältä tulipalotilanteessa.

Korvausilma. Alipaineistetun tilan tulee olla niin tiivis, että korvausilmareitit voidaan mitoittaa hallitusti. Yleinen käytäntö on, että alipaineistettuun tilaan otetaan korvausilmaa kontrolloidusti noin 20 % poistettua ilmaa vähemmän. Korvausilman tulee olla mahdollisimman puhdasta, mielellään ulkoa otettua.

Talviaikaan ulkoa korvausilmaa otettaessa voidaan korvausilmareitissä käyttää lämmitintä, joka auttaa työmaan lämpötilan pysymistä hyväksyttävällä tasolla ja vähentää vedon tunnetta työskentelytiloissa. Lämmittimenä voidaan käyttää esimerkiksi sähkökäyttöistä lämpövastusta tai kaukolämpöön liitettyä vesikiertoista lämpöpatteria.

Ylipaineistus. Tarvittaessa koneilla voidaan aikaan saada rakennukseen ylipaineistettuja tiloja. Kyseisille tiloille on tarvetta esim. saneerauskohteissa, joissa tekniikkatiloja halutaan suojata pölyltä. Myös ylipaineistetut tilat toteutetaan rakentamalla hyvin tiivistetyt osastot.

SUUNNITTELU

Osastoinnin ja alipaineistuksen suunnittelussa on tärkeitä aluksi selvittää pölyä aiheuttavat työt sekä syntyvän pölyn määrä ja laatu. Tässä voidaan käyttää avuksi ohjeen ”Työlajikohtainen pölyntorjunta” taulukkoa. Kun osastointia vaativat työt on alustavasti selvitetty, suunnitellaan osastojen sijainnit ja koot sekä poistoilmareitit jotka on luontevaa esittää pohjapiirroksissa. Samassa yhteydessä valitaan ja mitoitetaan käytettävä alipaineistuslaitteisto. Lopuksi suunnitellaan väliaikaisten suojaseinien ja ovien, läpivientien, poisto- ja korvausilmareittien yksityiskohtaiset tekniset ratkaisut.

Tärkeimmät suunnittelutehtävät ovat

- pölylähteiden, -laatu- ja -määrien sekä erityisten haitta-aineiden (mm. home, mikrobit ja PCB-yhdisteet) selvittäminen
- rakennuksen ilmavaihdon ja painesuhteiden selvittäminen
- ilmapuoreittien tiivistysratkaisujen suunnittelu
- työmenetelmien valinnat
- osastoinnin rakenteet, suojaseinien sijainnit ja tilapäiset oviratkaisut
- käytettävä laitteisto, niiden sijoittelut ja laitteiden huoltovälit / suodattimien vaihdot
- tilapäiset poistoilmareitit sekä niiden tekninen toteutus
- henkilökohtaiset suojaimet
- talvirakentamisen vaatimukset
- palo- ja sähköturvallisuusmääräysten huomiointi
- työmaan siivous ja jätteenkäsittelyn toteutus
- mittaukset, seuranta ja dokumentointi

TYÖNAIKAISET TOIMENPITEET

Työn alkaessa. Pölyä aiheuttavien töiden, korjausrakentamisessa erityisesti purku-urakan aloituspalaveri on tärkeä pölyntorjunnan onnistumisen kannalta. Aloituspalaverissa käsitellään mm. seuraavat asiat

- työntekijöiden ammattitaito ja kokemus kyseisestä työstä
- työalueen rajaus
- osastointien tiiveys, kulkuaukkojen ja sulkutilojen toteutus
- alipaineistuskoneiden ja suodattimien suunnitelmanmukaisuus ja toimivuus
- kohdepoistolaitteiden ja muiden pölyntorjuntaratkaisujen valmius
- työsuunnitelman valmius (työn vaiheistus ja eteneminen, käytettävät työmenetelmät, koneet ja laitteet kattaen purkutyöt, jätteiden siirron ja varastoinnin)
- henkilökohtaisten suojaimien käyttötarve ja saatavuus
- yhteiset pelisäännöt, kuten esim. ettei purkutyötä aloiteta eikä tehdä, mikäli pölyntorjunta ei joltain osin toimi suunnitellusti (edes ilmanvaihdon tarkistusluukkuja ei avata)

Työn aikana. Alipaineistus- ja kohdepoistolaitteistojen sekä osastoinnin kunto ja toimivuus tarkistetaan päivittäin. Osastoidun ja ympäröivän tilan paine-eroa tulisi seurata toistuvasti päivän mittaan alipaineistajan paine-eromittarista tai erillisestä tallentavasta mittarista.

Suodattimet on tarkistettava säännöllisesti ja vaihdettava tarvittaessa laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Vaihtoväli riippuu käyttöolosuhteista ja suodattimesta. Etenkin HEPA-suodattimien pinta-alat vaihtelevat huomattavasti valmistajasta ja suodatintyypistä riippuen. Seuraavien aikamäärien tarkoitus on antaa käsitys vaihtovälin suuruusluokasta, **eivätkä ne siis ole ohjeellisia vaihtovälejä.** Keskimääräiset suodattimien vaihtovälit: esisuodattimet puhdistetaan imuroimalla päivittäin ja vaihdetaan tarvittaessa, hienosuodatin 1–4 viikon välein ja HEPA-suodatin 1–3 kuukauden välein.

Katso erilliset taulukot

- Työlajikohtainen pölyntorjuntasuunnitelma
- Osastointi- ja alipaineistussuunnitelma

Lähteet

Koski Hannu, ym. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. VTT, Itä-Suomen yliopisto, Työterveyslaitos. Tampere 2013. 8 s. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Putusa_ohje_laaja_130415.pdf

Sorsa, Eetu. Työohje pölynhallinnasta alipaineistusmenetelmällä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Marraskuu 2011.

OSASTOINTI- JA ALIPAINESTUSSUUNNITELMA								
Rakennuskohde:				Laatija:			Pvm:	
Nro	Tila	Osaston koko m ³	Ilman- vaihto- kerroin 1/h	Ilma- määrä m ³ /h ¹⁾	Palo- luokka	Paine-eron seuranta	Laite- ja suodatintyypit	Liite nro Piir. nro
1	Esimerkkitila	1000	6	6000		X	2 kpl (HC 4000) / G4 + H13 (F7)	
				0				
				0				
				0				
				0				
				0				
				0				
				0				
				0				
				0				
Lisätietoja								
Mikäli puhallusilma voidaan johtaa ulos, suodatus F7. Mikäli puhallusilma johdetaan sisätilaan, suodatus H13.								

¹⁾ Ilmamäärän laskennan päivitys: valitse taulukko Ctrl+A, päivitä F9

PEREHDYTTÄMINEN JA TYÖNOPASTUS

Perehdyttämisellä tarkoitetaan työntekijän saamaa opetusta ennen itsenäisen työskentelyn aloittamista työmaalla.

Työnopastus on työn aikana annettavaa opetusta ja ohjausta.

Perehdyttämisestä ja työnopastuksesta vastaa rakennushankkeen päätoteuttaja.

Perehdyttämisen ja työnopastuksen tavoitteena on, että työntekijä

- tuntee työmaan ja sen organisaation
- tiedostaa työssä ja työympäristössä olevat vaarat ja toimii sen mukaisesti
- tuntee keskeiset työhön liittyvät turvallisuusmääräykset ja -ohjeet
- ymmärtää työssään tarvittavien henkilönsuojaimien käytön merkityksen
- tietää kenelle työturvallisuutta vaarantavista puutteista ilmoitetaan
- osaa toimia oikein tapaturman sattuessa ja vaaratilanteiden ilmetessä
- tietää kuka antaa tarvittaessa lisäopetusta ja ohjausta

Perehdyttäminen järjestetään **kaikille työmaan uusille työntekijöille**, myös työnjohdolle sekä lisäksi työntekijän palattua työhön pitkän poissaolon jälkeen.

Perehdyttämismenettelyssä

- esitetään yrityksen ja työmaan turvallisuusohjeet ja -aineisto
- kerrotaan työntekijän tehtävät ja vastuut
- tehdään perehdyttämiskierros työmaalla ja käydään läpi perehdyttämislomakkeen asiat

Työnopastuksen tarkoituksena on opettaa työntekijälle oikeita työmenetelmiä ja koneiden käyttötapoja. Samalla annetaan opetusta ja ohjausta työstä aiheutuvien haittojen ja vaarojen välttämiseksi kertomalla turvallisista toimintatavoista sekä henkilönsuojaimien käytöstä. Työnopastus ei ole kertaluonteista vaan sitä tehdään koko työmaan ajan. Työnopastusta tarvitaan etenkin silloin, kun työlajit, työmenetelmät tai materiaalit vaihtuvat tai otetaan käyttöön uusia koneita ja laitteita. Nuorten työntekijöiden työnopastukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Työnopastusmenettelyt vaihtelevat kohteen, rakentamisvaiheen ja olosuhteiden mukaan. Opastusta voidaan antaa sekä työntekijäkohtaisesti että esim. koko työmaahenkilöstölle järjestettävässä opastustilaisuudessa.

Yhteisellä työmaalla päätoteuttaja

- vastaa siitä, että jokainen urakoitsija ja työntekijä perehdytetään työmaan turvallisuussäätöihin ja -ohjeisiin
- järjestää perehdyttämisen työmaan kaikille työntekijöille
- huolehtii, että jokainen työnantaja vastaa omien työntekijöidensä opastuksesta ja työmaan erityisten vaara- ja haittatekijöiden tiedottamisesta työntekijöilleen.

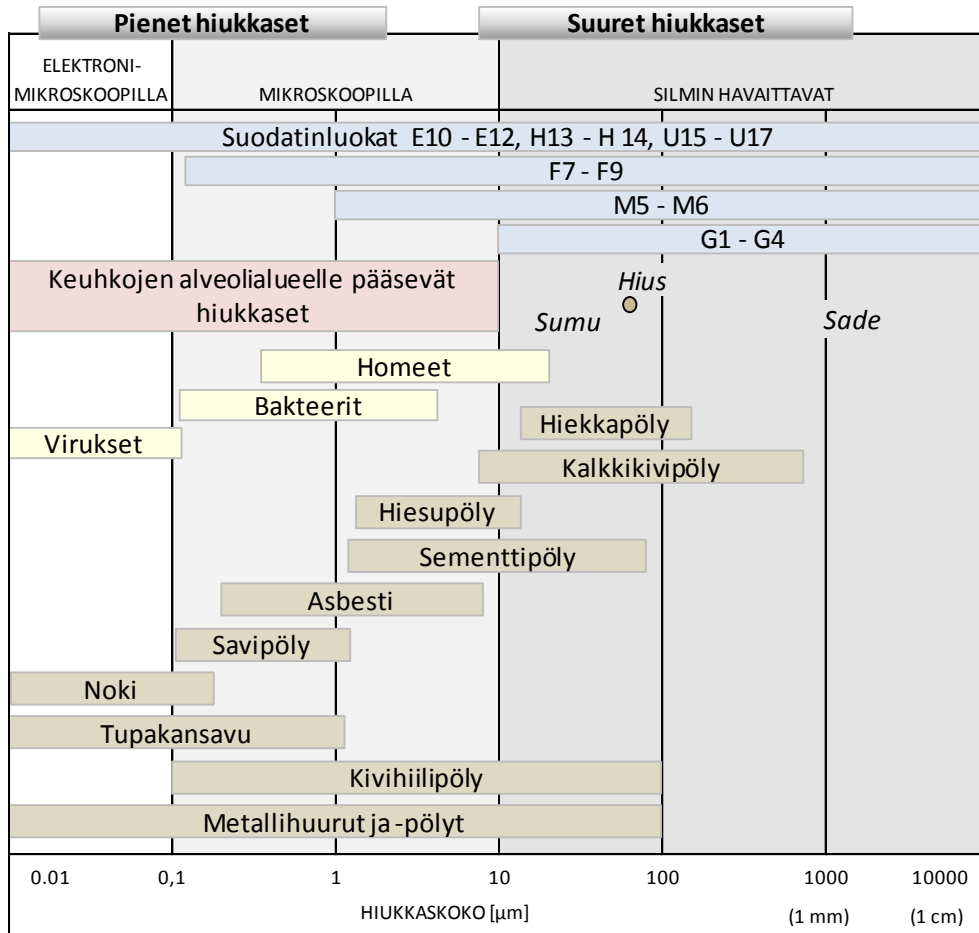
TYÖNTEKIJÄN PEREHDYTTÄMINEN		
Työmaan nimi ja osoite		Päätoteuttaja
		Työnantaja
Perehdytettävä	Ammatti/tehtävä	Kokemus rakennustyöstä ____ (v)
SELVITETTÄVÄT ASIAT		
1 Rakennettavan kohteen esittely <input type="checkbox"/>	12 Suojarakenteet, kuten kaiteet, aukkojen suojakannet, suojaverkot ja kulkuteiden suojakatokset <input type="checkbox"/>	
2 Toteutusorganisaatio: tilaaja, pää-, sivu- ja aliurakoitsijat <input type="checkbox"/>	13 Suojakypärän ja muiden henkilönsuojaimien käyttö, huolto ja säilytys <input type="checkbox"/>	
3 Kohteen aikataulu ja työmaan aluesuunnitelma <input type="checkbox"/>	14 Terveydelle vaaralliset aineet, materiaalien käyttöturvallisuus <input type="checkbox"/>	
4 Henkilöstötilat ja varastoalueet <input type="checkbox"/>	15 Pölyävät työvaiheet, syntyvät pölyt ja niiltä suojautuminen. Työmaan pölyntorjuntaratkaisut. Kohdepoistolaitteiden käyttö. <input type="checkbox"/>	
5 Työmaan järjestys ja siisteys (jokaisen velvollisuus), jätehuolto <input type="checkbox"/>	16 Käyttöönotto- ja viikkotarkastukset, päivittäinen valvonta <input type="checkbox"/>	
6 Työterveyshuolto ja ensiapuvalmius <input type="checkbox"/>	17 Työntekijän velvollisuus ilmoittaa havaitut puutteet ja viat esimiehelle <input type="checkbox"/>	
7 Paloturvallisuus, sammutuskalusto, tulityöt ja tupakointi <input type="checkbox"/>	18 Työpaikan työsuojeluorganisaatio <input type="checkbox"/>	
8 Tärkeimmät rakennuskoneet ja käytön opastus <input type="checkbox"/>	19 Alueella liikkuminen <input type="checkbox"/>	
9 Pienkoneet: sirkkeli, hiomakone jne. nostoapuvälineet ja käytön opastus <input type="checkbox"/>	20 Yrityksen turvallisuusaineisto, työmaaohje <input type="checkbox"/>	
10 Rakennusaikainen sähköistys <input type="checkbox"/>	21 Työmaakierros <input type="checkbox"/>	
11 Työtelineet, kulutiet, portaat, tikkaat; rakenne ja liikkuminen niillä sekä niiden kunnossapito <input type="checkbox"/>		
Tällä työmaalla on erityisesti varottava:		
Perehdyttäminen suoritettu Pvm _____		
Työntekijä (perehdytettävä)		Perehdyttäjä
Kulkulupa luovutettu <input type="checkbox"/>		

Lähde

Koski Hannu, Mäkelä Tarja. Rakennustöiden turvallisuusohjeet Raturva 2. Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS, Työturvallisuuskeskus. Helsinki 2006. 96 s.

PÖLY

Pölyt koostuvat kiinteistä hiukkasista, joiden halkaisija vaihtelee alle 1 µm:stä noin 100 µm:iin. Pölyä muodostuu tavallisimmin mekaanisen rikkomisprosessin yhteydessä, kuten kaivamisessa, murskaamisessa, hankauksessa ja poraamisessa. Pölyä syntyy myös tavaroiden ja materiaalien siirrossa, lastauksessa ja annostelussa.

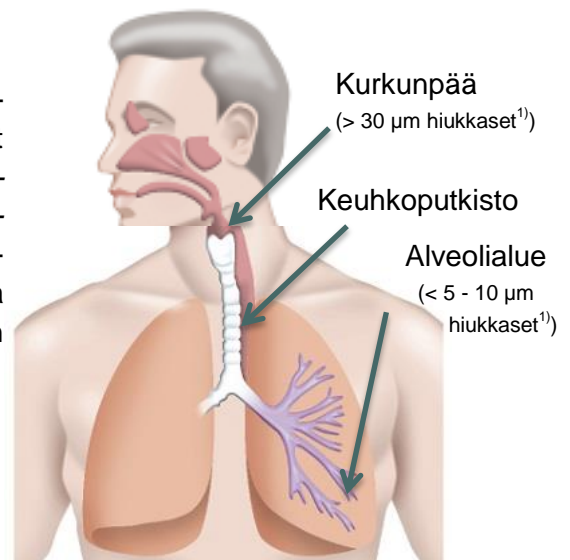


KERTYMINEN HENGITYSELIMISTÖÖN

Erikokoiset hiukkaset pääsevät tunkeutumaan ja kiinnittymään ihmisen hengityselimiin eri tavalla. Hengityselimet jaetaan *nenä-nielu-alueeseen, kurkunpään ja keuhkoputkiston värekarva-alueen loppumiseen rajautuvaan alueeseen* sekä *alveoli- eli keuhkorakkula-alueeseen*. Työpai-kan ilman hiukkasmaisten epäpuhtauksien aiheuttamaa terveysvaaraa arvioidaan standardin EN 481 jaottelun mukaan:

1. Hengittyvä jae
2. Keuhkojajae
3. Alveolijajae

Hiukkasmaisten ilman epäpuhtauksien raja-arvot on yleensä asetettu hengittyvälle jakeelle.



¹) Suuntaa-antava suuruusluokka alueelle kertyvien hiukkasten koosta

ALTISTUMINEN

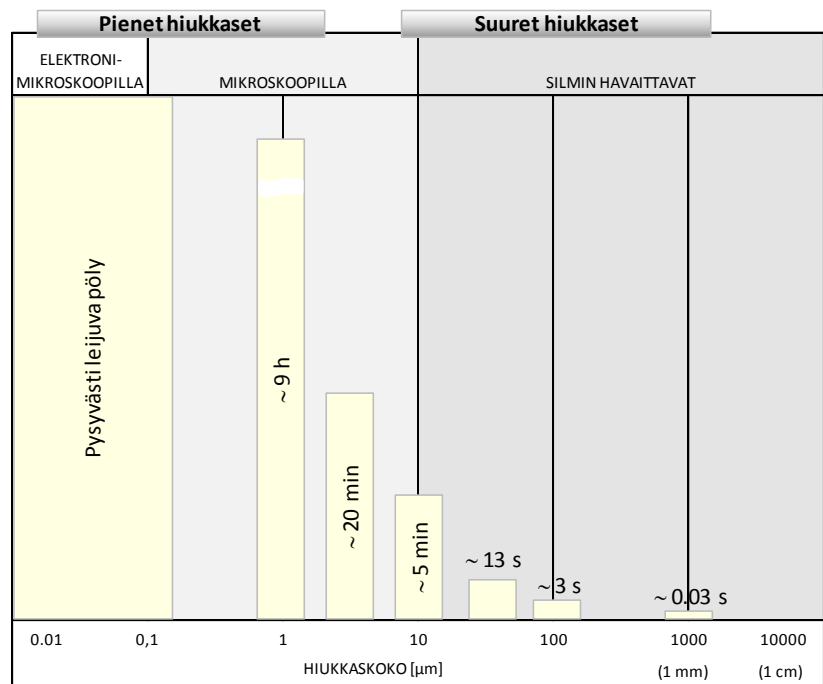
Pölyaltistuminen työpaikoilla on hyvin yleistä, koska monet pölyt ovat silmälle näkymättömiä ja pölypitoisuutta on tämän vuoksi vaikea arvioida. Pölylle altistumisen haitallisuus riippuu pölylajista, pitoisuudesta (mg/m^3) ja altistumisajasta.

Elimistöön kertyvä annos on monen tekijän summa. Pölystä aiheutuvat haittekeijät voivat vaihdella lievistä epäviihtyvyydestä aina palautumattomiin terveysvaikutuksiin ja jopa hengenvaarallisiin sairauksiin. Pitkällä aikavälillä syntyville haitoille on tyypillistä, että oireet on havaittavissa vasta vuosia altistumisen jälkeen.

PÖLYN LASKEUTUMISAIKA

Hiukkasten koko (halkaisija) vaikuttaa pölyn pysymiseen ilmassa.

- Hienojakoinen pöly ($<5 \mu\text{m}$) leijuu, eikä laskeudu, vaan kulkeutuu ilmapirtojen mukana.
- Vain suuremmat hiukkaset ($>20 \mu\text{m}$) voidaan havaita silmillä. Tästä johtuen muodostetaan usein harhainen kuva pölyn kulkeutumisesta.



Pölyn laskeutumisaika metrin korkeudelta hiukkasen tiheyden ollessa $1 \text{ g}/\text{cm}^3$.

PÖLYNTORJUNTA

Rakennustyömaalla pölyjä voidaan torjua estämällä mahdollisimman tehokkaasti niiden syntymisen, siivoamalla syntyneet pölyt pois riittävän usein, rajoittamalla pölyn kulkeutumista osastoinnin ja alipaineistuksen avulla sekä käyttämällä kohdepoistoa ja ilmanpuhdistimia. Hengityksen suojaamiin tulee turvautua vain väliaikaisesti, kun työ on lyhytkestoista. Tavanomaisissa, päivittäin toistuvissa töissä työtilojen pölypitoisuus pitäisi saada niin vähäiseksi, ettei hengityksen suojaamia tarvitse käyttää.

Lähteet

Säämänen Arto, ym. Pölyntorjunta. VTT, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos. Tampere 2004. 141 s. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/index.htm>

RAKENNUSTÖIDEN PUHTAUSLUOKKAA P1 KOSKEVAT OHJEET

RAKENNUSTÖIDEN PUHTAUSLUOKITUKSEN TARKOITUS

Valmiin uudisrakennuksen ja korjauskohteen sisäilmastolle asetetaan nykyisin hyvin yksityiskohtaisia puhtaus-, kosteus-, lämpötila- ja muita laatuvaatimuksia. Vaatimusten toteutumiseen vaikuttaa oleellisesti se, miten rakentamisvaiheen aikana on onnistuttu mm. pölyn- ja kosteudenhallinnassa.

Rakennustyön puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen

- tilat ovat puhtaat, kun ne luovutetaan tilaajalle
- käytön aikana ei sisäilmaan kulkeudu epäpuhtauksia, jotka ovat peräisin rakennusvaiheesta.

Rakennustyö voidaan luokitella kahteen puhtausluokkaan P1 ja P2. Kun työ tehdään vaativamman puhtausluokan P1 mukaisesti, asetetaan mm. materiaalien varastoinnille, käytettäville pölyntorjuntamenetelmille, siivoukselle ja valmiin rakennuksen puhtaudelle tiettyjä vaatimuksia.

Sisäilmaston laatua ja rakennustöiden puhtausluokitusta on kuvattu julkaisussa Sisäilmasto- luokitus 2008 (Ratu 437-T). Puhtausluokan P1 toteutustapaa työmaalla on kuvattu em. julkaisun kappaleessa 2.3 Työmaasuunnittelu.

P1-LUOKAN PERUSOHJEET JA -VAATIMUKSET

1. Rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa.
 - Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana.
 - Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista.
 - Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu.
 - Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusiivous.
2. Rakennusten tilojen tulee luovutusvaiheessa olla niin puhtaat, että tilat voidaan ottaa välittömästi käyttöön vastaanoton jälkeen.
 - Pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.

MATERIAALIEN JA TARVIKKEIDEN KÄSITTELY

Sisätiloihin ja rakenteisiin tulevat rakennustarvikkeet ja -osat on suojattava esim. peittämällä

- mm. likaantumiselta ja kastumiselta
- kuljetusten, työmaavarastoinnin, asennuspaikan välivarastoinnin ja asennustyön aikana.

Varaston on oltava irti maasta ja suojattu siten, etteivät sade- ja pintavedet pääse kastelemaan rakennustarvikkeita. Rikkoutuneet suojaukset korjataan viipymättä. Varastointiolosuhteiden ja suojausten tulee vastata valmistajien vaatimuksia. Ks. ohje 'Rakennusmateriaalien suojaus työmaalla'.

Ennen työn aloittamista ja työn aikana on varmistettava, että olosuhteet ja alustan suhteellinen kosteus vastaavat suunnitelmien ja tuotteiden valmistajien asettamia vaatimuksia.

Ilman tulee olla puhdasta ja kuivaa rakennustarvikkeiden asennusvaiheen aikana eikä ilmaa liikaavia työvaiheita saa suorittaa samanaikaisesti asennuspaikan läheisyydessä.

Keskeneräiset ja valmiit rakennus- ja laiteosat suojataan siten, etteivät ne vahingoitu tai kastu asennustyön taukojen ja keskeytysten aikana. Sisätiloihin tulevien rakennustarvikkeiden suojaukset poistetaan asennusvaiheen alkaessa valmistajien ohjeiden mukaisesti.

Hyvän rakennustavan mukaisia työmenetelmiä ja asennusohjeita esitetään mm. Ratu-kortistossa.

OSASTOINTI

Toimintakoevalmiudessa olevia tiloja koskevat määräykset

- Toimintakoevalmiit tilat erotetaan puhtauden arvioinnin jälkeen muista tiloista omiksi osastoikseen, jos muissa tiloissa on valmistumisaikataulusta tai muusta syystä johtuen käynnissä pölyä tai muuta likaa tuottavia töitä.
- Osaston sisällä on pölyä synnyttävissä töissä käytettävä kohdepoistolla varustettuja työkaluja ja laitteita. Lisäksi on huolehdittava tilan riittävästä ilmanvaihdosta.
- Toimintakoevalmista osastoa ei saa käyttää säännölliseen läpikulkuun, jos viereiset tilat kuuluvat alempaan puhtausluokkaan.
- Toimintakoevalmiit tilat merkitään selvästi näkyvällä ”Puhtausluokan P1 tila”-merkinnällä.
- Jos tila on töiden etenemisen takia puhtausosastoitava ennen kuin betonipinnat ovat saavuttaneet päällystystyön edellytyksenä olevan suhteellisen kosteuden enimmäisarvon, tilaan on järjestettävä riittävä ilmanvaihto ja talviaikana tilaan johdettava ilma on lämmitettävä.

SIIVOUS

Rakennussiivous on keskeinen keino, jolla varmistetaan puhtaustavoitteiden täytyminen.

Työnaikainen siivous

Työnaikaisessa siivouksessa käytetään karkean jätteen poistossa suurtehoimuria, lapiota tai lastaa ja muuten keskuspölynimuria tai hienopölysuodattimella varustettua imuria (vähintään 98 % suodatus 3 µm hiukkasille).

Toimintakoevalmiiden tilojen siivous

Toimintakoevalmiit tilat siivotaan aina sen jälkeen, kun tilassa on syntynyt pölyä. Puhtausosastoinnin jälkeisissä pölyävissä työvaiheissa käytetään kohdepoistoa.

Loppusiivous

Loppusiivouksessa (myös ei-näkyvissä olevat pinnat kuten sähköarinat ja alakattojen yläpinnat) käytetään keskuspölynimuria tai hienopölysuodattimella varustettua imuria (vähintään 98 % suodatus 3 µm hiukkasille). Koviin ja sileiden pintojen puhdistuksessa käytetään lisäksi nihkeäpyyhintää. Pinnat puhdistetaan rakennusmateriaalien valmistajien ohjeiden mukaisesti. Puhdistus- ja hoitoaineina (myös vahat) käytetään hajusteettomia ja vähäpäästöisiä aineita.

Tarkempia ohjeita rakennussiivouksen suunnitteluun, toteutukseen ja laadunvalvontaan on Rakennussiivous-oppaassa (SSTL 2:10).

PUHTAUDEN ARVIOINTI

Ennen toimintakokeita

Arvioidaan silmämääräisesti kaikkien pintojen puhtaus, myös ne jotka eivät jää valmiissa rakennuksessa näkyviin. Arviointi kattaa katto-, seinä-, kaluste- ja lattiapinnat sekä alakattojen yläpuolella olevat pinnat.

Ennen rakennuksen luovutusta

Arvioidaan silmämääräisesti kaikki näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat. Arviointi kattaa katto-, seinä-, kaluste- ja lattiapinnat sekä kalusteiden sisäpinnat. Alakattojen yläpuolisten pintojen puhtautta ei arvioida alakattosettien ollessa suljettuina.

Kattopintoja ovat mm. kattolevyjen yläpinnat, alakattolevyjen yläpuolella olevat pinnat, valaisinkotelot, kattoikkunoiden puitteet, jäähdytyspalkit, ilmanvaihdon päätelaitteet, katossa olevat putket, valaisimet ja portaiden alapuolet rakennuksen sisällä.

Seinäpintoja ovat mm. seinät, seinillä olevat putket, ikkunat, ovet ja karmit, sisällä olevat lasiseinät, sähkökalusteet, ilmanvaihdon päätelaitteet, valaisimet, listat, kaiteet, kädensijat ja paneelit.

Kalusteita ovat mm. pesu- ja saniteettitilojen kalusteet, muut kiintokalusteet ja niiden sisäpinnat sekä rakennukseen kuuluvat koneet ja laitteet.

Lattiapintoihin kuuluvat lattiat, lattiaritilät ja -kaivot, kynnykset sekä portaiden pysty- ja vaakasuorat pinnat.

Erikseen sovittaessa tai, jos osapuolet eivät muuten pääse yksimielisyyteen arviointitavasta ja/tai tulosten tulkinnasta, voidaan mittauksessa käyttää INSTA 800 –standardin mukaista menettelyä, jossa pintojen pölykertymä mitataan ns. geeliteippimenetelmällä. Pölykertymän mittaus on suositeltavaa tehdä aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, jotta ilmassa leijuva pöly ehtii laskeutua pinnoille ennen mittausta.

Puhtausluokan P1 sallitut pölykertymät (Sisäilmastoluokitus 2008).

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä %
Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	<ul style="list-style-type: none"> Alakaton yläpuoli Pinnat yli 180 cm korkeudella Pinnat alle 180 cm korkeudella (pl. lattiapinnat) 	5,0
Ennen rakennuksen luovutusta	<ul style="list-style-type: none"> Pinnat yli 180 cm korkeudella Pinnat alle 180 cm korkeudella 	1,0
	<ul style="list-style-type: none"> Lattiapinnat 	3,0

TIEDOTUS JA KOULUTUS

Rakennushankkeen sisäiseen tiedotukseen ja koulutukseen kuuluu P1-luokassa seuraavat tehtävät ja toimenpiteet

- Rakennuttajan kohteelle asettamat sisäilmastotavoitteet ja niihin pääsemiseksi suunnitellut ratkaisut esitellään työmaan käynnistyessä pidettävissä rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kokouksissa.
- Em. tavoitteiden ja ratkaisujen keskeiset kohdat kirjataan urakoitsijoiden laatusuunnitelmiin ja niiden toteutumista seurataan työmaakokouksissa.
- Kohteessa noudatettavista sisäilmasto-, puhtaus-, ja materiaaliluokista laaditaan kirjallinen tiedote, joka jaetaan työmaan jokaiselle työntekijälle.
- Sisäilmastoluokituksen sekä rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkien toteutumisen kannalta keskeisille urakoitsijoille (ainakin rakennus-, maalaus- ja LVIS-urakoitsijat) ja työntekijöille järjestetään ennen töiden aloittamista koulutustilaisuus, jossa heille selvitetään kohteen sisäilmastotavoitteet ja niiden toteutumiseksi noudatettavat ohjeet ja tehtävät. Koulutuksen järjestämisestä on sovittava esim. urakkarajaliitteessä. Myös hankkeeseen myöhemmin tulevien urakoitsijoiden ja työntekijöiden koulutuksesta on huolehdittava.

SIIVOUS

Rakennussiivouksella tarkoitetaan rakentamisen aikaista siivousta sekä kaksivaiheista loppusiivousta sen jälkeen, kun tiloissa ei enää tehdä rakennus- tai asennustöitä. Sekä rakentamisen aikaisen siivouksen että loppusiivouksen sisältö ja vastuut määritellään urakka-asiakirjoissa.

Rakentamisen aikaista siivousta ylläpidetään rakentamisen alusta loppusiivouksen ensimmäiseen vaiheeseen asti. Siivous pitää sisällään rakennusjätteen poiston ja karkean lian sekä pölyn ja hienojakoisen lian poistamisen kuivamenetelmiä käyttäen.



Loppusiivouksen ensimmäisessä vaiheessa rakennuksen taso- ja lattiapinnoilta poistetaan suojat ja puhdistetaan ne pölystä, jotta saadaan estettyä pölyn kulkeutuminen ilmanvaihtolaitteistoon toimintakokeiden aikana. Toisessa vaiheessa siivotaan laskeutunut pöly, poistetaan tahrat ja suojataan lattiamateriaalit valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Siivouksen on todettu olevan pölylle altistava työvaihe, joten siivouksen aikana on tarvittaessa käytettävä asianmukaisia henkilökohtaisia suojaimia.

TARKOITUS

Siivouksen tarkoituksena on poistaa syntyneet pölyt ja muut epäpuhtaudet tiloista, jotta voidaan vähentää ilman pölypitoisuutta sekä pölyn siirtymistä muihin tiloihin. Näin saadaan vähennettyä pölyn leviämistä rakennuksessa, terveyshaittoja, laitevikoja ja asennettavien IV-järjestelmien likaantumista sekä parannettua työturvallisuutta ja -mukavuutta. Hyvin organisoidulla sekä koko rakennusajan kattavalla siivouksella säästetään kuluja sekä helpotetaan loppusiivousta.

RAKENTAMISEN AIKAINEN SIIVOUS

Työmaa tulee siivota säännöllisesti, tarvittaessa päivittäin. Rakentamisen aikaisen siivouksen laatua tulee seurata viikoittain. Työvaiheissa syntyvät jätteet ja pöly siivotaan välittömästi työvaiheen päätyttyä tai työvaiheen keskeyttyä. Rakennusmateriaalien ja -jätteiden säilytystä rakennustiloissa tulee välttää, sillä ne hankaloittavat puhtaanapitoa.

Käytettävät siivousvälineet ja -koneet

- lasta
- vaatimusten mukaisilla suodattimilla varustettu teollisuusimuri tai keskuspölynimuri
- imevä lakaisukone (imusiivekkeillä ja suodattimilla)

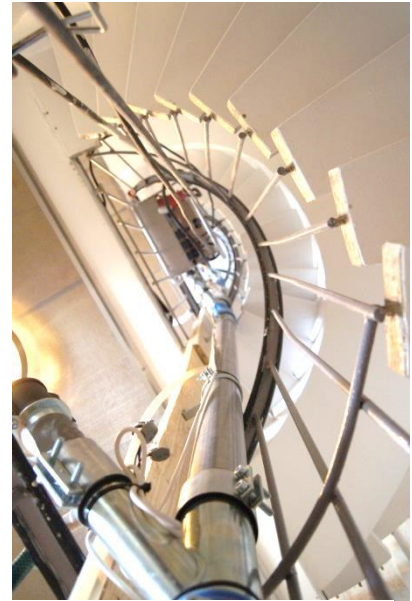
Rakentamisen aikaisessa siivouksessa käytetään pääasiassa kuivamenetelmiä. Jätteiden keräämiseen käytetään yleensä apuna lastaa tai lapiota. Jäteaines lajitellaan syntypaikallaan jäteastioihin tai -säkkeihin, jotka tulee siirtää jätteenkeräyspisteeseen mahdollisimman pölyttömästi.

Harjan käyttö on kielletty P1-luokassa, sillä se edesauttaa pölyn nousemista ilmaan.

Pöly ja muu hienojakoinen lika poistetaan imuroimalla käyttäen siirrettävää teollisuusimuria tai keskuspölynimuria. Mahdollisimman pitkä yhtämittainen työskentelyaika tuo parhaan tuloksen.

Mikäli rakennuksessa on useita kerroksia, on yleensä järkevää käyttää keskuspölynimuria. Keskuspölynimuri sijoitetaan yleensä alimman kerroksen rappukäytävään, kellariin tai rakennuksen ulkopuolelle. Runkolinja vedetään esimerkiksi metalliputkella tai jäykällä imuletkulla. Jokaiseen kerrokseen asennetaan automaattikäynnistyksellä varustetut imurasiat.

Jos keskuspölynimurin käyttö ei ole mahdollista tai muuten järkevää, toteutetaan siivoaminen teollisuusimurilla. Teollisuusimurissa tulee olla tehokas suodatus (esim. erillinen karkeasuodatin ja HEPA H13 suodatin) Suodattimen kunnosta tulee huolehtia, jotta se ei ole esim. repeytynyt. Suodattimen ollessa tehoton ja vaurioitunut imuri levittää pölyn ilmaan. Teollisuusimurin tulee olla helposti huollettavissa ja suodatin puhdistettavissa/vaihdettavissa.



Keskuspölynimurin runkolinja.

RAKENNUKSEN LOPPUSIIVOUS

Loppusiivous voidaan aloittaa rakennuksessa vaiheittain siten, että loppusiivoukseen kuuluvat alueet eristetään tiloista, joissa vielä suoritetaan rakennus- tai asennustöitä. Kulku likaisen ja puhtaan alueen välillä minimoidaan pölyn leviämisen välttämiseksi. Tilojen eristäminen toteutetaan pölytiivillä suojaseinillä tai -ovilla.

Ensimmäinen vaihe

Loppusiivouksen ensimmäinen vaihe aloitetaan poistamalla taso- ja lattiapinnoilta suojat. Suojauksessa käytetyt materiaalit viedään jätteenkeräyspisteeseen. Suojausten poisto suositellaan tehtävän kaksi päivää ennen siivouksen aloittamista, jotta pöly ehtii laskeutua.

Rakennuksen taso-, pysty- ja lattiapinnat puhdistetaan pölystä käyttäen lastaa ja imuria sekä nihkeä- ja kosteapyyhintää sekä peseviä menetelmiä. Työnsuunnittelussa tulisi huomioida alakattojen yläpuolisten osien siivoaminen ennen alakattojen sulkemista.

Mikäli rakennus toteutetaan sisäilmastoluokan S1 tai S2 mukaisesti noudattaen P1-puhtausluokitusta, pölykertymälle on annettu suositusarvot sisäilmastoluokituksessa 2008 (Taulukko 1). Tilojen pintapölyn määrä mitataan loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen jälkeen ennen ilmanvaihtolaitteiston käyttökokeita. Pintapölyn mittauksen saa tehdä aikaisintaan kaksi tuntia loppusiivouksen jälkeen.

Taulukko 1. Puhtausluokan P1 sallitut pölykertymät (Sisäilmastoluokitus 2008).

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä %
Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	<ul style="list-style-type: none"> Alakaton yläpuoli Pinnat yli 180 cm korkeudella Pinnat alle 180 cm korkeudella (pl. lattiapinnat) 	5,0
Ennen rakennuksen luovutusta	<ul style="list-style-type: none"> Pinnat yli 180 cm korkeudella Pinnat alle 180 cm korkeudella Lattiapinnat 	1,0
		3,0

Ensimmäisen vaiheen valmistuttua järjestetään katselmus, jossa todetaan haluttujen vaatimusten täyttyminen. Vasta tämän jälkeen voidaan aloittaa ilmanvaihtolaitteiston käyttökokeet.

Toinen vaihe

Loppusiivouksen toisessa vaiheessa siivotaan ilmanvaihtolaitteiston käyttökokeiden aikana pinnoille laskeutunut pöly. Tilat siivotaan urakka-asiakirjoissa määritellyn vaatimustason mukaisiksi sekä suoritetaan lattiamateriaalien käyttöönottopesu ja -suojaus materiaalin valmistajan ohjeiden mukaan.

Tilojen puhtaus loppusiivouksen jälkeen arvioidaan visuaalisesti vertaamalla siivoustulosta määritelyyn puhtaustasoon. Havaitut poikkeamat tulee korjata ennen tilojen käyttöönottoa. Noudatettaessa P1-puhtausluokitusta tilojen pintapölyn määrä mitataan loppusiivouksen toisen vaiheen jälkeen uudestaan. Pölykertymän suositusarvot ennen rakennuksen luovutusta ovat taulukossa 1. Pintapölyn mittauksen saa tehdä aikaisintaan kaksi tuntia loppusiivouksen jälkeen.

Käytettävät siivousvälineet ja -koneet

- lasta
- imuri (keskuspölynimuri tai erikois-suodattimella varustettu teollisuusimuri)
- lattiaaraappa
- moppi
- siivousliinat
- yhdistelmäkone
- imevä lakaisukone (imusiivekkeillä ja suodattimilla)
- lattianhoitokone



Lähteet

Metso Sami, Salovaara Jarkko. Ramirent Finland Oy, Lemminkäinen Talo Oy. Pölyntorjunta P1 rakennustyömaalla. Luentomateriaali. 2013. 75 s.

Andersson Tarja. Rakennussiivous. Suomen siivoustekninen liitto. Mikkeli 2004. 36 s.

Kokkonen Anna, ym. Pölynhallinta korjausrakentamisessa. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio 2013. 142 s.

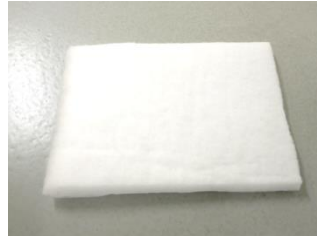
Säämänen Arto, ym. Pölyntorjunta. VTT, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos. Tampere 2004. 141 s.

SUODATTIMET

Ilmansuodattimen tehtävä on poistaa ilmvirrasta hiukasmaisia epäpuhtauksia ja estää niiden kulkeutuminen puhtaammille alueille. Rakennustyömailla suodattimien tyypillisiä käyttökohteita ovat alipaineistuslaitteet, kierrättävät ilmanpuhdistimet sekä imurit.

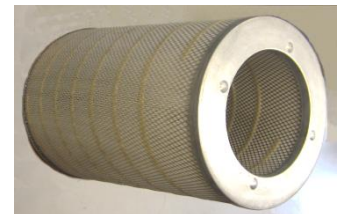
SUODATINTYYPIT

Yleisimmin ilman suodatukseen käytetään ns. kuitusuodattimia, joille on ominaista yksinkertainen rakenne, huokea hinta sekä suodattimen varmatoimisuus.



Rakenteensa mukaan suodattimet jaetaan

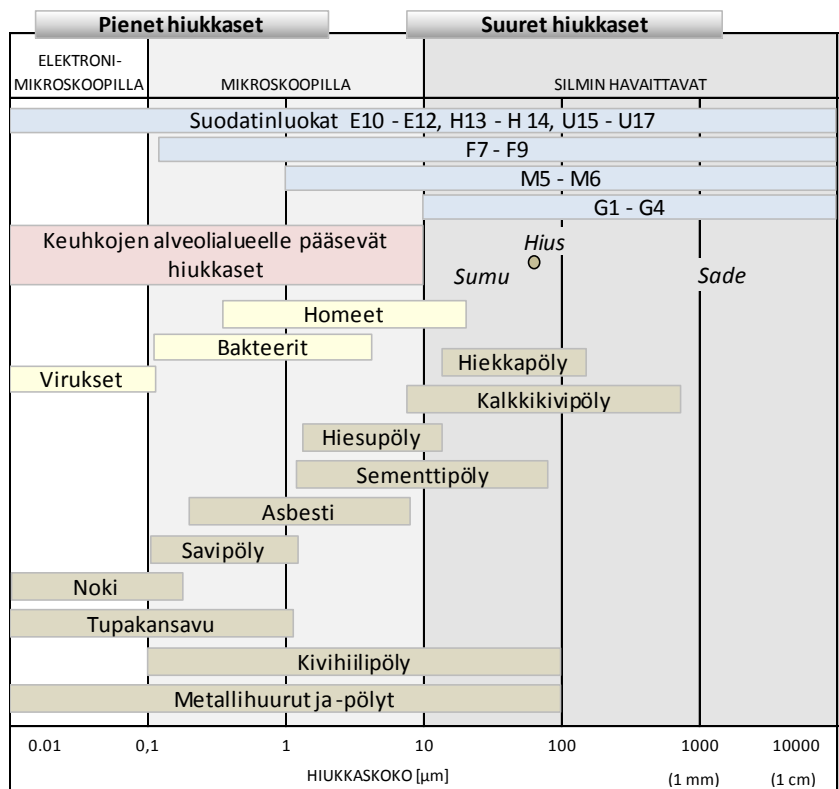
- tasomaisiin suodattimiin,
- pussisuodattimiin sekä
- vekattuihin laajapintasuodattimiin (paneelit, kasetit ja patruunat).



SUODATINLUOKAT

Suodattimet jaetaan tehokkuuden mukaan eri suodatinluokkiin. Euroopassa luokitteluun käytetään standardeja EN779 ja EN1822, joissa määritellään

- Karkeasuodattimet G1-G4
- Mediuksuodattimet M5-M6
- Hienosuodattimet F7-F9
- EPA-suodattimet E10-E12
- HEPA-suodattimet H13-H14
- ULPA-suodattimet U15-U17



SUODATTIMEN TEHOKKUUS

Kuitusuodattimessa ilma virtaa päällekkäin asettuneista kuiduista muodostuvan matriisin läpi. Hiukkaset erottuvat ilmavirrasta ja tarttuvat kuitujen pinnoille törmäyksen, kosketuksen ja diffuusion vaikutuksesta. Kerättävien hiukkasten koko vaikuttaa erotustehokkuuteen merkittävästi. Tyypillisesti erotuskyky on hyvä kaikkein suurimmille yli 2,5 µm hiukkasille ja kaikkein pienimmille alle 0,01 µm hiukkasille. Kaikkein hankalimmin suodatettava hiukkaskoko (MPPS, most penetrating particle size) on yleensä noin 0,1 µm.

HEPA-SUODATTIMET

Mikäli kohteessa esiintyy terveydelle erityisen vaarallisia pölyjä on käytettävä vähintään luokan H13 vaatimukset täyttäviä suodattimia. HEPA-suodattimia on käytettävä myös silloin, jos ilma palautetaan työskentelytilaan.

**Rakennusimureissa tulee käyttää HEPA-suodatinta.
Suositeltavaa olisi myös, että imurin pölypussi voitaisiin vaihtaa pölyämättömästi.**

SUODATTIMIEN KÄYTTÖ

Erityisesti korkean erotuskyvyn HEPA- ja ULPA-suodattimissa niiden kiinnityksen tiiveys on ratkaisevan tärkeää. Pienikin vuoto tiivisteessä voi aiheuttaa puhdistinlaitteeseen moninkertaisen läpäisyn itse suodatinmateriaalin tehokkuuteen verrattuna.

Käytön aikana suodattimeen kerääntyy pölyä, jonka ansioista virtausvastus kasvaa ja suodattimen läpi kulkeva ilmamäärä pienenee. Tällöin suodatin tukkeutuu ja se pitää vaihtaa uuteen. Suodattimen vaihtoväliin vaikuttaa ratkaisevasti pölypitoisuus sekä pölyn ominaisuudet kuten hiukkaskokojakauma. Korkean erotusasteen suodattimen elinikää on mahdollista kasvattaa käyttämällä sen edessä karkeampaa esisuodatinta. Joissakin laitteissa on myös pestäviä tai muulla tavalla puhdistettavia suodattimia.

**Tukkeutunut suodatin estää ilmavirtauksen laitteessa.
Rikkinäinen suodatin on vaihdettava välittömästi.**

Lähteet

EN779 2012. Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filter performance

EN1822-1 2009 High efficiency air filter (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking

Sisäilmastoluokitus 2008 -julkaisussa on annettu toteutusohjeita rakennustarvikkeiden kuljetuksesta, varastoinnista ja suojauksesta, kun rakennustyö tehdään puhtausluokan P1 mukaisesti. Tässä esitettävässä julkaisussa kuvataan rakennustyömaalla käytettävää sääsuojauskalustoa sekä annetaan käytännön ohjeita eri materiaalien suojaamiseksi.

RAKENNUSMATERIAALIEN SUOJAUS TYÖMAALLA

Perustuu VTT:n tutkimukseen
*"Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden käsittelyn ja
 työmaasuojauksen kehittäminen",*
 joka tehtiin Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n
 toimeksiannosta.

SISÄLTÖ

SÄÄSUOJAUKSEN KÄYTTÖ	2
SUOJAUSKALUSTO	3
Suojapeitteet	3
Sääsuojat	3
Julkisivusuojat	4
Suojauskaluston soveltuvuus eri käyttökohteisiin	4
MATERIAALIEN SUOJAUS	5
Lämmöneristeet	5
Puutavara	5
Kuivat tuotteet	5
Rakennuslevyt	6
Ikkunat	6
Ovet	6
Betoniset seinä- ja laattaelementit	7
Puuelementit	7
Kalusteet	7
KOSTEUSONGELMIEN VÄLTTÄMINEN - muistilista	8

SÄÄSUOJAUKSEN KÄYTTÖ

Suojauksen tarkoitus ja hyödyt

Sääsuojauksella suojataan työkohte tai rakennusmateriaalit sateelta, lumelta, jäältä, tuulelta, pakkaselta ja toisinaan myös liialta auringonvalolta.

Työkohteen suojauksella parannetaan työskentelyolosuhteita, jolloin

- ❑ työ mukavuus, -motivaatio ja -tehokkuus paranevat
- ❑ sairastumisalttius vähenee
- ❑ työn laatu paranee
- ❑ lumi- ja sulatustöiden tarve vähenee.

Materiaalien suojauksella estetään puolestaan

- ❑ tuotteiden suoranainen pilaantuminen
- ❑ ulkonäöllisten tai muiden laaturvirheiden aiheutuminen sekä
- ❑ terveyshaittoja aiheuttavan mikrobikasvuston syntyminen.

Sääsuojauksesta ei saa tinkiä

Vaikka kalustoa sekä työkohteiden että materiaalien suojaamiseen on hyvin saatavilla, suojauksista huolehtiminen laiminlyödään varsin usein.



Sääsuojien käytöstä aiheutuvat vuokra-, työ- ym. kustannukset tunnetaan varsin hyvin ja kiusaus niissä säästämiseen on suuri. Jos vettä tai lunta ei sada, niin "säästöä" on tullut.

Suojaamattomuuden kustannuksia taas ei ole juurikaan selvitetty.

Kerrannaisvaikutuksineen ne ovat kuitenkin moninkertaiset suojauskustannuksiin verrattuna, jos huono sää pääseekin yllättämään.

Ohjeen tarkoitus

Tämän ohjeen tarkoituksena on tuoda esille

- Minkälaista suojauskalustoa on saatavana ja mihin se soveltuu
- Miten eri materiaalit suojataan kostumiselta

SUOJAUSKALUSTO

Suojapeitteet

Suojapeitteitä ovat rakennuspeitteet eli pressut sekä julkisivu- ja erikoispeitteet. Peitemateriaali vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan ja se voi olla polyesteriä, verkkokangasta, PVC-päällysteistä tekokuitukangasta tai esim. polyeteeniä.



Suojapeitteet soveltuvat mm.

- tilapäiseen suojaukseen
- muun suojauksen täydentämiseen
- julkisivujen suojaukseen
- maan routasuojaukseen ja sulatukseen

Oikein ja huolellisesti käytettynä peitteillä saadaan nopeasti aikaan varsin hyvä ja edullinen kosteussuojaus. Työmaalla onkin aina syytä olla ylimääräisiä peitteitä yllättäviin suojaustarpeisiin.

Sääsuojat

Sääsuojat muodostuvat kantavasta rungosta ja katemateriaalista. Runkorakenteet ovat yleisimmin terästä tai alumiinia ja katemateriaaleina käytetään polyesterikangasta, PVC-päällysteistä tekokuitukangasta tai kevytmuovia. Keveimmät suojat ovat käsin liikuteltavia, raskaimmat puolestaan siirretään koneellisesti ja ne kestävät huomattavia lumi- ja tuulikuormia.



Sääsuojien käyttökohteita ovat varastojen ja kiinteiden työpisteiden, kuten esim. sirkkelin tai laastiaseman suojaus. Lisäksi niillä voidaan suojata alapohja laatan ja perustusten valun ajaksi tai yläpohja kun vesikattoa tai -katetta ei vielä ole tai sitä korjataan. Pientalo- ja rivitalotyömailla voidaan koko työmaa kattaa ja lämmittää suuria sääsuoja käyttämällä.

Vuokra- ja pystytyskustannuksetkin huomioiden sääsuojien käyttö olisi usein järkevää, koska ne parantavat työolosuhteita ja tuottavuutta merkittävästi.

Julkisivusuojat

Julkisivusuoja koostuu rakennustelineeseen kiinnitetyistä peitteistä, joista tehdään sekä suojan pystyosat että ns. telinekatto. Ristikkorakenteisista telinekatoista voidaan koota myös koko rakennuksen peittävä suoja, jolloin kyseessä on oikeastaan julkisivusuojan ja sääsuojan yhdistelmä.



Pystysuojaa käytetään sekä julkisivun suojaamiseen että pölyn leviämisen ja esineiden putoamisen estämiseen.

Telinekaton avulla suojataan julkisivutelineellä olevat yksittäiset työpisteet ja materiaalit. Korkeissa rakennuksissa kunnollinen suojaus edellyttää luonnollisesti pystysuojan ja telinekaton samanaikaista käyttöä.

Hiljattain tehty tutkimus on osoittanut, että julkisivusaneerausta kannattaa tehdä myös kylmänä vuodenaikana käyttämällä lämmitettäviä julkisivun suojausjärjestelmiä. Talviajan lämmitysmaksut ja suojauskulut saadaan takaisin korjaustyön nopeutumisen, paremman laadun, työvoiman tasaisemman käytön ja alempien kalustovuokrien ansiosta.

Suojauskaluston soveltuvuus eri käyttökohteisiin

Käyttökohde	Sää-suojat	Suoja-peitteet	Julkisivu-suojat
Perustustyöt (anturat, sokkelit, alapohjat)	●	○	○
Elementtityöt (ontelolaatat, seinät)	●	○	○
Valutyöt (holvit, laatat, kannot)	●	○	●
Julkisivutyöt (muuraus, rappaus, maalaus)	○	○	●
Kattotyöt	●	○	○
Sisäpuolinen korjaus	○	●	○
Kokonaissuojaus	○	○	●
Työsuoja ja varasto	●	○	○
● soveltuu hyvin ○ soveltuu ○ ei sovellu			

MATERIAALIEN SUOJAUS

Vuosittainen sademäärä Suomessa on noin 600 mm, joka jakaantuu melko tasaisesti eri kuukausille. Vuodessa onkin yli sata päivää, jolloin sade voi aiheuttaa haittaa myös rakentamiselle.

Rakennusmateriaalien pakkaukset eivät useinkaan suojaa tuotetta riittävästi kosteudelta koko toimitusketjun ajan. Pakkausten puutteellisuus ja niiden vaurioituminen sekä asennustyö ja sen jälkeinen aika ovat pahimmat riskikohdat tuotteiden kostumisen kannalta.

Seuraavassa on esitetty kahdeksan keskeisen rakennustuoteryhmän kostumisen yleisimmät syyt ja seuraukset sekä työmaalla noudatettava varastointi-, asennus- ja jälkisuojausohje kosteusvaurioiden syntymisen estämiseksi.

Lämmöneristeet

Kostumissyyt ja seuraukset	<input type="checkbox"/> pakkaukset ovat rikkoutuneet <input type="checkbox"/> suojauksesta ei ole huolehdittu <input type="checkbox"/> julkisivua ei ole suojattu sateelta. → kostean eristeen lämmöneristyskyky on heikentynyt → kimmoisuus ja mittatarkkuus ovat huonontuneet → eriste murtuu helposti asennettaessa
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> lavojen päälle, irti maasta, mielellään sisätiloihin <input type="checkbox"/> peitetään suojapeitteellä tai käytetään sääsuojaa
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> työ suunnitellaan niin, että suojaus on kunnossa koko ajan (suojausena joko suojapeitteet tai lopullinen pintarakenne) <input type="checkbox"/> pyritään estämään veden virtaaminen seinää tai kattoa pitkin

Puutavara

Kostumissyyt ja seuraukset	<input type="checkbox"/> varastointi kosteassa, suojaamattomuus <input type="checkbox"/> asennus kosteisiin rakenteisiin → home- ja lahottajasienten lisääntyminen → muodonmuutokset → sinistyminen → haitallisten emissioiden lisääntyminen
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> käytetään suojapeitteitä ja vähintään 30 cm korkeita alusrakenteita <input type="checkbox"/> huolehditaan riittävästä tuuletuksesta
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> vältetään kostumista asennustyön aikana <input type="checkbox"/> suojataan valmiit rakenteet

Kuivat tuotteet

Kuivat tuotteita ovat jauhemaiset muuraus- ja rappauslaastit, tasoitteet, kuivabetonit, kiinnitys- ja saumalaastit sekä erilaiset julkisivupinnoitteet.

Kostumissyyt ja seuraukset	<input type="checkbox"/> kuormien purkuvaihe ja varastointi kosteissa tiloissa aiheuttavat tuotteiden kostumisen → koska kuivat tuotteiden sideaineena on sementti, kalkki, kipsi tai polymeerit, kostuminen käynnistää kovettumisreaktion ja tuotteen pilaantumisen → pitkäaikainen varastointi kosteissa tiloissa lyhentää säilymisaikaa
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> paperisäkit sisätiloissa tai sääsuojissa <input type="checkbox"/> suursäkit kuormalavoilla peitteillä suojattuina <input type="checkbox"/> avatut suursäkit on suljettava huolellisesti käyttökertojen välillä
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> lämpötilojen on oltava tuoteselosteiden mukaiset <input type="checkbox"/> valmiit rakenteet on suojattava sateelta ja jäätymiseltä

Rakennuslevyt

Rakennuslevyjä ovat mm. kipsilevyt, lastulevyt, vanerit ja kuitulevyt. Niiden kosteuskestävyydessä on jonkin verran eroja, mutta suojausmenettelyt pääsääntöisesti samanlaiset. Esim. kipsilevyjen kosteusmuodonmuutokset ovat varsin pienet, mutta mekaaninen kestävyys heikkenee jyrkästi kosteuspitoisuuden kasvaessa.

Levyjen tasapainokosteus [%] ja kosteuseläminen toimitusketjun eri vaiheissa.

	Valmistus RH 50 %	Kaupan varasto RH 80-90 %	Käyttö- kohde RH 45 %	Paksuus- turpoama RH 30-90 %	Pit.suunt. eläminen RH 30-90 %
Kipsilevy	1	9	2,5	0,04	0,04
Lastulevy	9±3	15	8	1	0,2
Vaneri	10±4	16	8	2.8	0,12
Kuitulevyt	6±3	10	5	6	0,25
Puukipsilevy	2	7	3	0,5	0,08
Mineriittilevy	-	-	-	0,5	0,1

Varastointiohje	<input type="checkbox"/> levyt säilytetään muovihupussa sääsuojassa tai vähintään suojapeitteellä peitettynä <input type="checkbox"/> kun levyt on nostettu holville, muovihuppu on riittävä suoja
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> asennustilan tulee olla katettu, sateelta suojattu

Ikkunat

Kostumissyyt ja seuraukset	<input type="checkbox"/> ikkunanippujen kutistemuovin rikkouduttua suhteellinen kosteus pakkauksen sisällä kohoaa usein liaksi → ikkunoiden puuosat elävät ja käyntivälykset muuttuvat → puun turmeltumisreaktiot käynnistyvät ja selvää sinistymistä saattaa syntyä jo kahdessa viikossa
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> ikkunat tulisi varastoida sääsuojassa, mutta mikäli se ei ole mahdollista, on käytettävä suojapeitteitä
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> vesipellit ja ulkopuolen listoitukset on asennettava mahdollisimman nopeasti <input type="checkbox"/> sisäpuite suojataan tasoite- ja maalaustöiden ajaksi muovikalvolla

Ovet

Kostumissyyt ja seuraukset	Ovien kosteussuojauksesta huolehditaan yleensä varsin hyvin. Suurimmat riskit aiheutuvat kuljetuksista (lastaus ja purku) sekä vedestä, joka tippuu tai valuu rakennuksen rungosta holville varastoituihin oviin. → karmien ja ovilevyjen turpoaminen ja kieroutuminen → käyntivälyksien muuttuminen → maalipintojen hilseily → värimuutokset
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> varastointi ainoastaan katetuissa tiloissa <input type="checkbox"/> niput pinotaan tiheästi ladottujen aluspuiden päälle riittävän korkealle lattiasta <input type="checkbox"/> tarvittaessa suojataan muovikalvolla tai suojapeitteellä
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> suojamuovi jätetään tarvittaessa paikalleen asennuksen jälkeen suojaamaan ovea lialta ja naarmuilta

Betoniset seinä- ja laattaelementit

Kostumissyyt ja seuraukset	Elementit ovat säälle alttiina kuljetuksen ja asennuksen aikana sekä usein vielä tämän jälkeenkin. → julkisivuelementeissä kosteus heikentää eristeiden ominaisuuksia, vaurioittaa ikkunakarmeja ja muita puuosia sekä jäätyessään mahdollisesti rikkoo pintarakenteita → rakennusrungon kuivumisaika lisääntyy
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> tasaiselle, kestäväälle alustalle <input type="checkbox"/> peitetään suojapeitteellä, mikäli elementin yläosa ja lämmöneriste ovat suojaamatta
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> holvilta valuvan veden pääsy eristetilaan tai julkisivupinnalle on estettävä <input type="checkbox"/> eristeen suojamuovi on poistettava ennen päälle tulevan elementin asentamista <input type="checkbox"/> valmis runko on mahdollisimman nopeasti suojattava joko vesikatolla tai yläpohjan kattavalla sääsuojalla

Puuelementit

Kostumissyyt ja seuraukset	Puuelementeillä on vaara kastua kuljetettaessa, asennuksen aikana sekä usein vielä tämän jälkeenkin. → kostumisen seuraukset ovat samankaltaiset kuin puuikkunoiden, -ovien ja puutavaran
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> tasaiselle, kestäväälle alustalle <input type="checkbox"/> peitetään suojapeitteellä
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> suurelementit on pyrittävä asentamaan suoraan kuljetusajoneuvosta ilman välivarastointia <input type="checkbox"/> holvilta valuvan veden pääsy eristetilaan tai julkisivupinnalle on estettävä <input type="checkbox"/> elementit suojataan muovilla <input type="checkbox"/> rakennus katetaan aluskatteella 2-3 päivän kuluessa asennuksen alkamisesta

Kalusteet

Kostumissyyt ja seuraukset	<input type="checkbox"/> kalusteet kostuvat useimmiten kuormien purkamisen yhteydessä tai varastoitaessa tuotteet märälle alustalle <input type="checkbox"/> kalusteet toimitetaan nykyisin usein pakkaa-mattomina, joten ne eivät siedä kosteutta juuri lainkaan → emissiivisyys lisääntyy → mikäli kosteus ei pääse poistumaan nopeasti, lastulevy turmeltuu
Varastointiohje	<input type="checkbox"/> varastoidaan kuljetuskontissa tai sääsuojassa tai siirretään suoraan asennuskohteeseen
Asentaminen ja jälkisuojaus	<input type="checkbox"/> kalusteet asennetaan yleensä hankkeen loppuvaiheessa, jolloin erillistä kosteussuojausta ei enää tarvita <input type="checkbox"/> kalusteiden suojaamiseen likaantumiselta ja muulta vaurioitumiselta on kiinnitettävä erityistä huomiota

KOSTEUSONGELMIEN VÄLTTÄMINEN**– muistilista työmaalle –**

Toimitukset ja työn-suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> suunnittele toimitusten ajoitus huolellisesti <input type="checkbox"/> pyri pieniin toimituseriin ja tarkkaan ajoitukseen, jolloin materiaalit ovat kosteudelle alttiina vain lyhyen aikaa <input type="checkbox"/> ota arat tuotteet (esim. kalusteet) mahdollisimman myöhään. <input type="checkbox"/> suunnittele materiaalien vastaanotto (kuorman purku, siirrot, varastointi) <input type="checkbox"/> ajoita työn eteneminen niin, että suojaustoimenpiteet ehditään tehdä <input type="checkbox"/> nopeuta ja vähennä työmaatyötä esivalmistetuilla komponenteilla ja määrämittaisilla tuotteilla <input type="checkbox"/> kehitä työnsuunnittelusi tasoa
Suojaukset ja varastointi	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> käytä sääsuojia <input type="checkbox"/> suojaa materiaalit, keskeneräiset rakenteet ja valmiit rakenteet <input type="checkbox"/> suojaa vesikatto nopeasti esim. aluskatteella <input type="checkbox"/> huolehdi holvivesien poisjohtamisesta <input type="checkbox"/> hanki jokaisen työlajin tarvitsema suojauskalusto <input type="checkbox"/> säilytä kuivatut tuotteet lämmitetyssä tilassa <input type="checkbox"/> sijoita laastiasema sääsuojaan <input type="checkbox"/> vaadi kalusteiden alareunaan nauhoitus <input type="checkbox"/> vaadi huolellisuutta varastointiin
Koulutus ja valvonta	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> pyri muuttamaan koko henkilöstön asenteita suojausmyönteisiksi <input type="checkbox"/> edistä omalta osaltasi työntekijöiden koulutuksen lisäämistä <input type="checkbox"/> pyri vastuuttamaan työlajien suojaukset <input type="checkbox"/> valvo ja vaadi !

TYÖLAJIKOHTAINEN PÖLYNTORJUNTA

Työlajikohtaisen¹⁾ pölyntorjuntasuunnittelun tarkoituksena on karkealla tasolla arvioida syntyvän pölyn määrää ja laatua eri töissä sekä valita tarkoituksenmukaiset pölyntorjuntamenetelmät. Työkohtaisen pölyntorjuntasuunnittelun pohjalta voidaan valita koko työmaan kannalta riittävät ja kokonaistaloudelliset pölyntorjuntamenetelmät.

Pölyntorjunta työmaalla toteutetaan eri menetelmillä riippuen työlajista, tavoiteltavasta puhtaustasosta työkohteessa ja ympäröivissä tiloissa sekä työstettävistä materiaaleista.

Tärkeimmät pölyntorjuntatekniikat

1. Pölyämättömät työmenetelmät	Valitaan purkamis- ja rakentamismenetelmiä, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän pölyä. Esimerkkejä: Katkaisu leikkurilla sahauksen sijaan. Hydraulinen murtaminen piikkauksen sijaan. Jalkalistojen kiinnitys betoniseinään liimaamalla, porattavien tulpparuuvi -kiinnitysten sijaan. Määrämittaisten tuotteiden käyttö uutta rakennettaessa.
2. Kohdepoisto	Käytetään sirkkeleissä, hiomalaitteissa ym. koneissa kohdepoistolaitteistoa.
3. Osastointi	Eristetään ja alipaineistetaan korjattava tila, jolloin ilmapirta kulkee puhtaasta korjattavaan tilaan.
4. Ilmanpuhdistus	Sijoitetaan korjattavaan, yleensä myös eristettyyn tilaan ilmanpuhdistaja, joka on varustettu riittävän tehokkaalla suodatuksella, esim. H13.
5. Siivoaminen	Siivotaan tilat hyvillä menetelmillä (esim. ei harjaamalla) korjaustyön aikana noin kaksi kertaa viikossa, tarvittaessa päivittäin, sekä ennen ja jälkeen toimintakokeiden (ns. loppusiivous).
6. Hengityksen-suojaimien käyttäminen	Käytetään oikean suojausluokan hengityksensuojaimia. Huolehditaan, että tarvittaessa myös muut kuin varsinaista pölyävää työtä tekevät käyttävät suojaimia.
7. Muita menetelmiä	<ul style="list-style-type: none"> • Vesisumutus. Soveltuu käytettäväksi lähinnä ulkotiloissa, sisätiloissa vain työkohteen rajattuun kasteluun. Liiallinen vesisumutuksesta aiheutuva ilmankosteus heikentää ilmanpuhdistimien ja niiden suodattimien toimintaa sekä työolosuhteita. • Jätekuilu (purkukuilu). Putki, jota pitkin purkujäte pudotetaan kerroksista esim. pihalla olevalle jätelavalle. Pölyämisen estämiseksi voidaan käyttää vesikastelua, pressuilla suojattuja jätelavoja tai alipaineistettuja pudotuskontteja. • Pölyä sitovat matot. Käytetään esim. osastoidun alueen sisäänkäynnissä.

¹⁾ Työlajeja ovat esim. muottityö, raudoitus, purku piikkaamalla

Katso erilliset taulukot

- Työlajikohtainen pölyntorjuntasuunnitelma
- Osastointi- ja alipaineistussuunnitelma

Lähteet

Koski Hannu, ym. Ohjeita korjausrakentamisen pölyntorjuntaan. VTT, Itä-Suomen yliopisto, Työterveyslaitos. Tampere 2013. 8 s. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Putusa_ohje_laaja_130415.pdf

Talo 2000 Tuotantonimikkeistö

TYÖLAJIKOHTAINEN PÖLYNTORJUNTASUUNNITELMA 1(2)							
Rakennuskohde:		Laatija:				Pvm:	
TYÖLAJI	TYÖKOHDE	AIKAVÄLI	PÖLYNTORJUNTATEKNIIKAT				Vastuhenkilö
			Työmenetelmä	Kohdepoisto	Osastointi ¹⁾	Hengityksen-suojain	
PURKAMINEN							
	Betonirakenteiden purkaminen						
	Kipsiväliseinien purkaminen						
	Laatoituksen purkaminen						
	Muovimatton irrotus						
	Kanaalien purkaminen						
MAARAKENTAMINEN							
	Raivaus						
	Maankaivu						
	Täyttö						
	Louhintä						
	Lujitus						
	Paalutus						
	Kivi- ja kiviainespäällystäminen						
RUNKORAKENTAMINEN							
	Aukkojen ja reikien tekeminen						
	Piikkaus						
	Hionta						
	Palosuojaus						

¹⁾ Käytä erillistä taulukkoa osastoinnin ja alipaineistuksen tarkempaan suunnitteluun

PÖLYNTORJUNTA RAKENNUSTYÖMAALLA

TYÖLAJIKOHTAINEN PÖLYNTORJUNTASUUNNITELMA 2(2)							
TYÖLAJI	TYÖKOHDDE	AIKAVÄLI	PÖLYNTORJUNTATEKNIIKAT				
			Työmenetelmä	Kohdepoisto	Osastointi ¹⁾	Hengityksen-suojain	Vastuuhenkilö
KIVIRAKENTAMINEN							
Hionta							
Laastin valmistus							
Kappaleiden katkaisu							
Roilojen tekeminen							
PUU- JA LEVYRAKENTAMINEN							
Reikien ja loveuksien tekeminen							
Levyjen katkaisu							
Seinä- ja kattolevyjen hionta							
Parketin hionta							
ERISTÄMINEN							
Puhallusvillatyö							
Mineraalivillan asennus							
PINTARAKENTAMINEN							
Laastin valmistus							
Hionta							
Listojen kiinnitys							
VARUSTAMINEN							
Kalusteet ja varusteet							
MUUT OSASTOINTIA JA KOHDEPOISTOA VAATIVAT TYÖT							

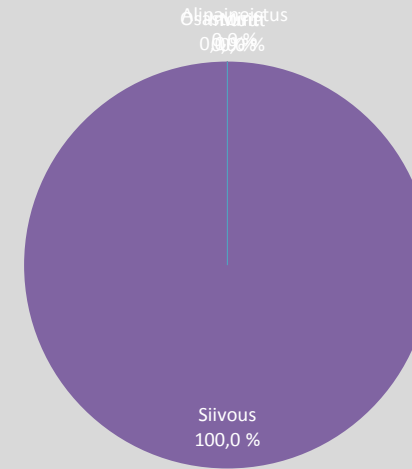
¹⁾ Käytä erillistä taulukkoa osastoinnin ja alipaineistuksen tarkempaan suunnitteluun

RAKENNUSTYÖMAAN PÖLYNTORJUNNAN KUSTANNUKSET

Rakennushanke **Kiinteistö Oy Testikohde** Laatija **N.N** Pvm **pp.kk.vvvv**

Työmaan tiedot				€	%
Pölyä sisältävien tilojen pinta-ala	0	m ²			
Huonekorkeus	0,0	m ²			
Osastointi					
Osastointiseinät	0	m ²	10,00 €/m ²	0,00	0,0
Tilapäiset ovet	0	kpl	35,00 €/kpl	0,00	0,0
Alipaineistus					
Alipaineistuskojeen vuokra	0	vrk	10,00 €/vrk	(0,00)	
Alipaineistuskojeen teho	1800	m ³ /h			
Ilmanvaihtuvuuskerroin (tavoite)	6	krt/h			
Tarvittavat kojeet ja kustannus	0	kpl	0,00 €/kpl	0,00	0,0
Imurit					
Vuokra	0	vrk	12,00 €/vrk	(0,00)	
Määrä	0	kpl	0,00 €/kpl	0,00	0,0
Siivous					
Työnaikainen					
- siivoustaajuus	0	krt/vko			
- yksikkökustannus	0,11	€/m ²			
- kustannus	0	pv	0,00 €/pv	0,00	0,0
Loppusiivous	0,0001	m ²	2,10 €/m ²	0,00	100,0
Muut					
Esim. hengityksensuojaimet				0,00	0,0
Esim. pintapölymittaus				0,00	0,0
Esim. yllättävää ja ihmeellistä				0,00	0,0
YHTEENSÄ				0,00	100,0
Kiinteistö Oy Testikohde		kokonaisurakkasumma			
		pölyntorjuntakustannusten osuus urakkasummasta			

PÖLYNTORJUNNAN KUSTANNUKSIEN JAKAUMA (%)

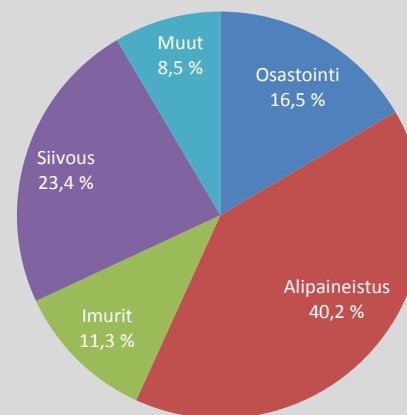


RAKENNUSTYÖMAAN PÖLYNTORJUNNAN KUSTANNUKSET

Rakennushanke **Kiinteistö Oy Testikohde** Laatija **N.N** Pvm **pp.kk.vvvv**

Työmaan tiedot					€	%	
	Pölyä sisältävien tilojen pinta-ala	1000	m ²				
	Huonekorkeus	3,0	m ²				
					€	%	
Osastointi	Osastointiseinät	300	m ²	10,00	€/m ²	3000,00	13,4
	Tilapäiset ovet	20	kpl	35,00	€/kpl	700,00	3,1
Alipaineistus	Alipaineistuskojeen vuokra	90	vrk	10,00	€/vrk	(900,00)	
	Alipaineistuskojeen teho	1800	m ³ /h				
	Ilmanvaihtuvuuskerroin (tavoite)	6	krt/h				
	Tarvittavat kojeet ja kustannus	10	kpl	900,00	€/kpl	9000,00	40,2
Imurit	Vuokra	70	vrk	12,00	€/vrk	(840,00)	
	Määrä	3	kpl	840,00	€/kpl	2520,00	11,3
Siivous	Työnaikainen						
	- siivoustaajuus	2	krt/vko				
	- yksikkökustannus	0,11	€/m ²				
	- kustannus	100	pv	31,43	€/pv	3142,86	14,1
	Loppusiivous	1000	m ²	2,10	€/m ²	2100,00	9,4
Muut	Esim. hengityksensuojaimet					600,00	2,7
	Esim. pintapölymittaus					300,00	1,3
	Esim. yllättävää ja ihmeellistä					1000,00	4,5
YHTEENSÄ						22362,86	100,0
Kiinteistö Oy Testikohde		kokonaisurakkasumma				650000,00	
		pölyntorjuntakustannusten osuus urakkasummasta					3,4

PÖLYNTORJUNNAN KUSTANNUKSIEN JAKAUMA (%)



MAANTIIVISTÄMINEN TALONRAKENTAMISESSA - Koulutusmateriaali



Koulutusmateriaalin käyttö

- Tämä koulutusmateriaali sisältää pääotsikot maantiivistämisen eri aihepiireistä
- Päästäksesi lukemaan koulutusmateriaalin taustalla olevan syventävän tiedon, paina linkin sisältävää painiketta:

LINKKI:
[Linkkiluettelo](#)



Sisältö

1. [Maantiivistämisen merkitys](#)
2. [Maan tiivistymiseen vaikuttavat tekijät](#)
3. [Laadunvarmistus maantiivistämisessä](#)
4. [Miten vältän virheet](#)
5. [Itsemittaava tiivistyskalusto](#)
6. [Vajaalaatuisuuden vaikutuksia](#)
7. [Maan tiivistäminen pakkasolosuhteissa](#)
8. [Kaluston valinta](#)
9. [Työturvallisuus](#)
10. [Miten varmistan oman ja muiden turvallisuuden](#)
11. [Perehdytys ja työnopastus](#)
12. [Maantiivistämisteknologian suomia mahdollisuuksia](#)
13. [Lisätietoa](#)

Paina yllä olevia otsikoita siirtyäksesi opetusaineistossa haluamaasi aineistoon



Maantiivistämisen merkitys

- Maantiivistys luo turvallisen perustan minkä tahansa kantavan rakenteen tai rakennuksen alaiselle maarakenteelle
 - Rakennuksen perustuksen tehtävä on siirtää rakennuksen kuormat maarakenteeseen → kantava ja tiivis maarakenne kestää rakennuksen kuorman ilman haitallista painumista
- Laatuvaatimukset maantiivistämiselle:
 - Tontin maaperän mukaan
 - Tontille rakennettavan rakenteen vaatimusten mukaan

LINKKI:

[Maantiivistämisen merkitys ja laatuvaatimukset](#)



OIKEIN TEHTY MAANTIIVISTYS VARMENTAA LOPPUTUOTTEEN LAADUN JA TURVALLISUUDEN



Maantiivistämisen merkitys

LINKKI:
[Maantiivistämisen merkitys ja laatuvaatimukset](#)

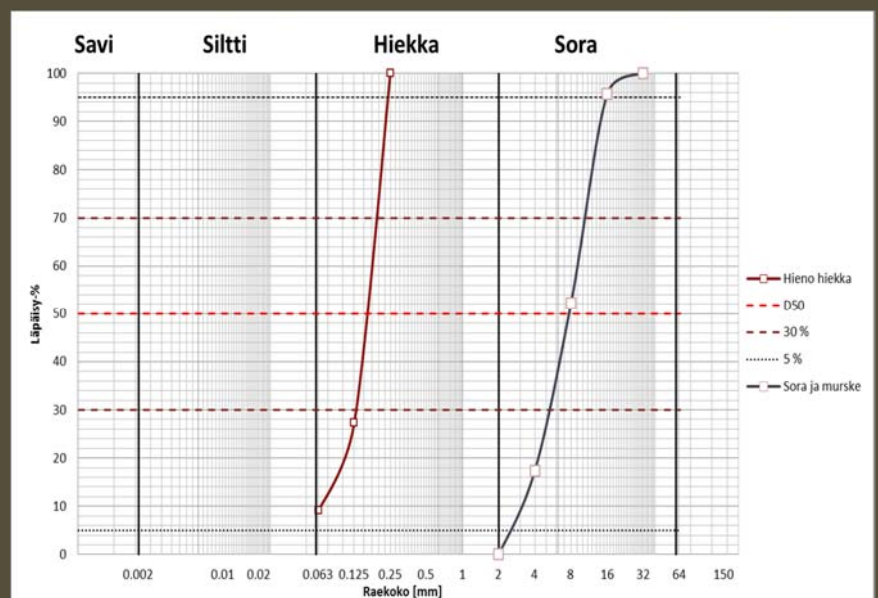
- Maantiivistämisen laatuvaatimuksia ovat tiiviysaste, kantavuus ja kantavuussuhde
 - **Tiiviysaste** on rakenteen kuivairtotiheyden vertaamista parannetulla Proctor-kokeen tuloksena saatuun maa-ainekselle ominaiseen maksimikuivairtotiheyteen.
 - **Kantavuus** kuvaa maarakenteen jäykkyyttä.
 - **Kantavuussuhde** kuvaa sitä onko maassa jälkitiivistymispotentiaalia.
- Tyypilliset talonrakennustöissä tehtävät maarakenteet jaetaan kolmeen vaativuusluokkaan
 1. Perustusten ja lattioiden alaiset rakenteet sekä liikennealueet
 - tiiviysaste > 95 %, kantavuussuhde $\leq 2,2$
 2. Perustusten ja anturoiden vierustäytöt, penger-, salaoja- ja putkikaivannon täytöt
 - tiiviysaste > 90 %, ei kantavuussuhdevaatimusta
 3. Viheraluetäytöt
 - ei tiiviysaste- tai kantavuusvaatimusta



Maan tiivistymiseen vaikuttavat tekijät – maa-aines

- Rakeisuusjakauma, rakeiden muodot, orgaanisen aineksen pitoisuus, hienoainespitoisuus ja vesipitoisuus
- Maa-aines luokitellaan sen rakeisuuden perusteella
 - Hieno maa: siltti ja savi
 - Karkea maa: hiekka ja sora
 - Hyvin karkea maa: kivet ja lohkat
- Murskattu maa-aines kuvataan rakeisuusrajojen mukaan, esim. #8-32 mm
- Tiivistettävän maakerroksen alapuolinen maa-aines

LINKKI:
[Maantiivistymiseen vaikuttavat tekijät – maa-aines](#)



Maan tiivistymiseen vaikuttavat tekijät - tiivistyskalusto

- Massa ja dynaaminen täry
 - Dynaamisessa täryssä vaikuttaa massan lisäksi täryiskun energia
 - Tiivistykseen vaikuttaa staattinen massa, pinta-ala, täryn amplitudi sekä taajuus
 - Pelkästään staattiseen massaan perustuvaa tiivistämistä käytetään harvoin
 - Tiivistykseen vaikuttaa massa sekä kosketuspinta-ala
- Tavallisesti käytetyt laitteet: täryjuntat, tärylevyt ja täryjyrät
- Kalusto ja maa-aines määrittävät tiivistettävän kerrospaksuuden ja yliajokertojen määrän suhteessa



LINKKI:

[Maantiivistymiseen vaikuttavat tekijä - kalusto](#)

Laadunvarmistus maantiivistämisessä (1/2)

LINKKI:

[Maantiivistämisen laadunvarmistus](#)



- Lopputuloksen mittaus
 - Laboratoriokokein testataan maaperän toteutunut tiiviysaste ja/tai kantavuus
 - Levykuormitus-, Proctor-, volymetri-, radiometri- (Troxler) sekä pudotuspainolaitetekoet
- Työtapatarkkailu
 - Tiivistyskoneen ylityskertojen määrä tiivistettäessä tietyllä tiivistyskalustolla tiettyä maa-ainesta tietyn kerrospaksuuden verran
- Kantavuutta itsemittaava tiivistyskalusto
 - Vaatii aina työkohtekohtaisen kalibroinnin

Tiivistyskone tai -tapa	Massa kN tai staattisen viivamassan suuruus kN/m	Täyttemateriaali ja kerrospaksuus, m	Tiivistysajokertojen vähimmäismäärä			
			Louhe karkea murske, kivet	Hiekka, sora, somero ja hieno hiekka	Hiekka-moreeni, sora-moreeni	Siltti, kuivakuori ja kova savi silttimoreeni
Nimitys						
Käsijunta	0,15 kN	3	-	0,15	0,10	0,10
Konejunta	0,80 kN	3	-	0,30	0,25	0,20
Täryjunta	0,50 kN	3	-	0,30	0,25	0,20
Tärylevy	0,50 kN	4	-	0,15	-	-
	1,00 kN	4	-	0,20	0,10	-
	4,00 kN	4	0,40	0,35	0,25	0,15
	5...12 kN	6	0,40	0,30	0,20	-
Pienijyrät	30 kN	6	0,70	0,40	0,30	0,20
Traktorivetoiset täryjyrät	50 kN	6	1,00	0,55	0,45	0,30
	80 kN	6	1,20	0,60	0,50	0,35
Telaketjutraktori	100 kN	6	-	0,25	0,20	0,20
Värähtelevä	5 kN/m	6	-	0,15	0,10	-
2-valssijyrä	20 kN/m	6	-	0,30	0,25	0,15
	30 kN/m	6	-	0,45	0,35	0,25
Staattinen 3-valssijyrä	50 kN/m	6	-	0,25	0,20	0,20
Kumipyöräjäyrä	150 kN	6	-	0,20	0,20	0,20
	250 kN	6	-	0,30	0,25	0,25



Laadunvarmistus maantiivistämisessä (2/2)

LINKKI:
[Maantiivistämisen
laadunvarmistus](#)

- Lopputulosmenetelmää käytetään:
 - **Perustusten alustäytöissä**, maanvaraisten lattioiden alustäytöissä, **suodatinkerroksen täytöissä**, jakavan kerroksen täytöissä, **kantavan kerroksen täytöissä**
- Työtapatarkkailumenetelmää käytetään:
 - **Eräissä maanvaraisten lattioiden alustäytöissä**, perustusten, seinien ja muurien vierustäytöissä, **putkijohtojen tasauseros ja ympärystäytöissä**, rumpujen arina ja ympärystäytöissä, **pengertäytöissä**, puisto-, maisema- yms. täytöt



Miten vältän virheet?

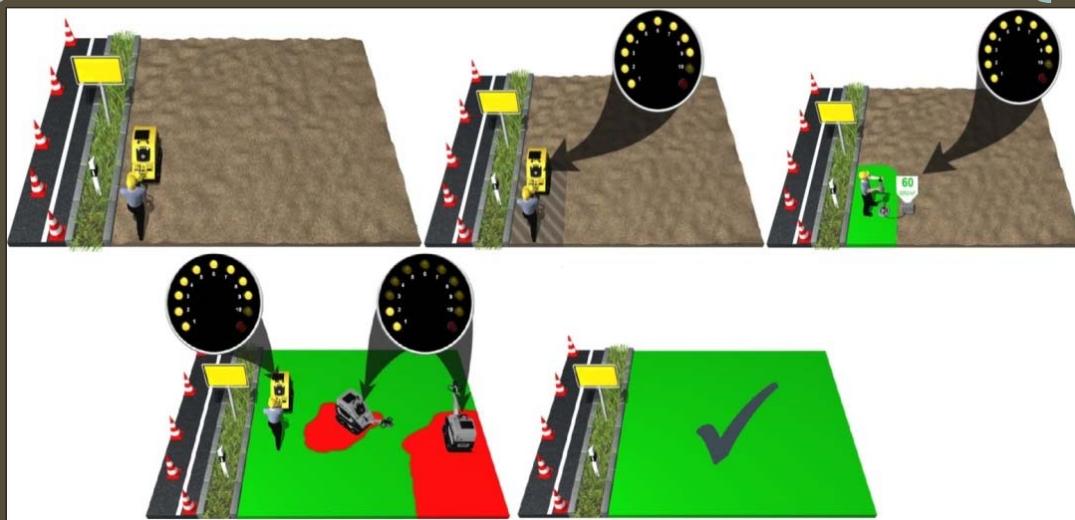
LINKKI: [Miten vältän virheet?](#)

- Tunne tiivistettävä maa
 - Tunnista maapohja ja tiivistettävän alueen pohjan laatu
 - Varmista tiivistettävän materiaalin käyttökelpoisuus
 - Varmista, että maa-aineksen levitys on tasaista ja että kerrospaksuus ei kasva suunniteltua suuremmaksi
 - Valmistaudu maan kosteuttamiseen
- Valitse työkohteelle oikeanlainen kalusto
 - Laajoilla ja yhtenäisillä kentillä (>100m²) täryjyrä
 - Kentillä (<100m²) ja perustuskaivannoissa tärylevy
 - Ahtaissa tiloissa täryjunta
 - Varmista, että tiivistyskalusto on asianmukainen
- Huolehdi, että tiivistystä edeltävät työvaiheet ovat tehty ja dokumentoitu
 - Kaivannot ovat suljettu ja kaapeleiden sijainnit dokumentoitu
- Varmista ja dokumentoi laatu
 - Tarkasta, että kaadot ovat suunnitelmien mukaiset



Itsemittaava tiivistyskalusto

- käyttö laadunvarmistamisessa (2/2)



- Olosuhteiden pysyessä vakiona, voidaan itsemittaavalla tiivistyskalustolla saada aikaan laadukkaampi lopputulos
 - Koneen kalibrointi on välttämätön
 - Kentän heikoimpien kohtien laatu tulee varmistaa lopputulosmenetelmin

LINKKI: [Työmenetelmät apuna laadun kohentamiseksi](#)



Vajaalaatuisuuden vaikutuksia



- Jälkitiivistymispotentiaali
- Epätasainen alusta ja painaumat
- Kantavuserot liikennöitävällä alueella
- Ylitiivistäminen

LINKKI: [Vajaalaatuisuuden vaikutuksia](#)



Maan tiivistäminen pakkasolosuhteissa

LINKKI: [Tiivistäminen
pakkasolosuhteissa](#)

- Tiivistettävä maa-aines ei saa sisältää:
 - Lunta tai jäätä, jäätyneitä maakokkareita tai muuta jäätynyttä materiaalia
 - Lunta tai jäätä sisältävää maa-ainesta tiivistettäessä maarakenne ei säilytä työn aikana saavutettua kantavuutta
- Ohje:
 - Varmista, että tiivistettävä materiaali soveltuu talvitiivistykseen eli se on routimaton.
 - Kaiva kaivanto lopulliseen syvyyteen vasta juuri ennen täyttöä tai rakenteen asentamista. Tiivistä maa välittömästi kaivun jälkeen.
 - Käytä tiivistämiseen mahdollisimman raskasta jyrää, joka levittää maa-aineksen ja tiivistää sen samanaikaisesti
 - Ohenna tiivistettävää kerrospaksuutta 30–60 % kesätiivistykseen verrattuna
 - Mikäli tiivistystä ei suoriteta heti täytön jälkeen, täyttökohteen jäätyminen tulee estää lämmöneristein tai lämmityksen avulla. Maan suosituskosteus on pakkasella maksimissaan 3 %
- Laadunvarmistus talvella
 - Laadunvarmistus tehdään tiiviysastetta käyttäen. Tiiviysaste on kantavuusmittausta luotettavampi talvikäytössä
 - Työtapatarkkailuna laadunvarmistus on tehtävissä ainoastaan jos maamateriaalin käyttäytyminen tarkalleen tunnetaan tiivistysolosuhteissa kyseessä olevalle kalustolle

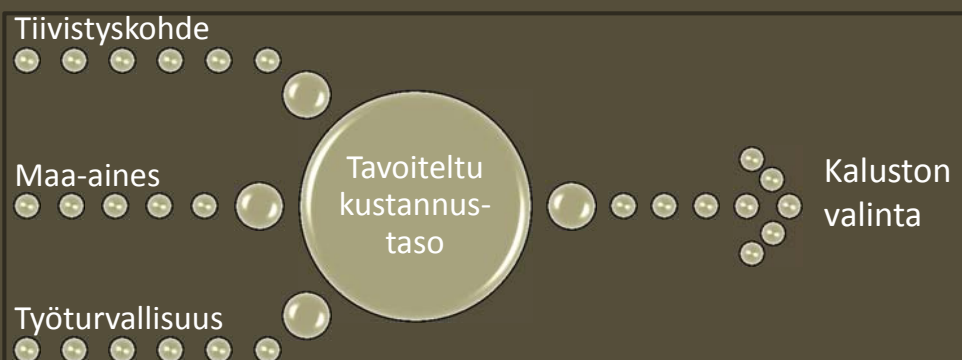


Kaluston valinta ja valintatyökalu

- Optimaalisen kaluston valintaan vaikuttaa olosuhdetekijät ja käyttökohde
 - Tiivistyskohteen vaativuusluokka (perustuksen alainen vai viheralue)
 - Tiivistettävä maa-aines – tavallinen tiivistyskalusto suunniteltu talonrakentamiseen sopiville materiaaleille.
- Kaluston valinnassa huomioidaan työturvallisuus sekä kustannustaso
 - Huomioi kalustonvalinnassa erityisesti työntekijään kohdistuva tärinäaltistus
- Kaluston valinta määrittää kerrospaksuudet sekä yliajokerrat
- Maarakenteiden rakentamisessa on käytettävä sellaisia menetelmiä ja välineitä, että saavutetaan tasalaatuiset ja suunnitelmissa esitetyt vaatimuksia vastaavat maarakenteet

LINKKI:
[Maantiivistyskaluston
valinta](#)

LINKKI:
[Maantiivistyskaluston
valintatyökalu](#)



Työturvallisuus

- Maantiivistämisen suurimmat riskitekijät ovat:
 - Kaatuvan tai peruuttavan ajoneuvon alle jääminen
 - Kaivannon reunan sortuminen
 - Kaivannon seinistä irtoavien kivien tai maalohkareiden alle jääminen
 - Täryttimien aiheuttamat ruhjevammat
 - Tiivistystyössä syntyvä melu
- Tiivistyksen yhteydessä on huomioitava erityisesti käytöstä aiheutuva:
 - Pölyaltistus
 - Koneista aiheutuva käsi- ja vartalotärinä
 - Koneen ja rakenteen väliin puristuksiin jääminen
- Lainsäädäntö asettaa tärinälle suurimmat sallitut raja-arvot, joita ei tule ylittää

	Käsitärinä	Kehotärinä
Toiminta-arvo (8 tuntia)	2,5 m/s ²	0,5 m/s ²
Raja-arvo (8 tuntia)	5,0 m/s ²	1,15 m/s ²

LINKKI:
[Työturvallisuus](#)



Miten varmistan oman ja muiden turvallisuuden?

- Työn tekijän tulee olla perehtynyt maantiivistämiseen
- Koneiden työskentelyalueella ei saa oleskella
- Käytä ensisijaisesti tärinälle vähän altistavaa kalustoa
- Varmista, että kalusto on asianmukainen. Älä käytä viallista kalustoa
- Käytä aina kuulon ja hengityksen suojausta
 - Huomioi myös sivullisten altistus melulle ja pölylle
 - Järjestä sisätiloissa tiivistäessä asiallinen pölynesto esimerkiksi kastelemalla
- Kiinnitä huomio hyvään työasentoon, suorista välillä selkäsi
- Käytä tiivistyskaluston nostossa apuna konetta
- Käytä ahtaissa tiloissa ensisijaisesti täryjunttaa. Varmista, että täryjyrällä ja tärylevyllä on riittävä kääntymistila ahtaissa paikoissa
- Radiometriä laadunmittauksia saa suorittaa ainoastaan siihen koulutuksen saaneet henkilöt

LINKKI:
[Työturvallisuus](#)



Perehdytys ja työnopastus

PEREHDYTYS

työntekijän saama opastus ennen itsenäisen työskentelyn aloittamista työmaalla tai uusilla laitteilla ja menetelmillä

TYÖNOPASTUS

työn aikana annettavaa opastusta ja ohjausta

OHJE: [Perehdyttäminen ja työnopastus](#)

TAVOITE, ETTÄ TYÖNTEKIJÄ

- Tuntee työmaan ja organisaation
- Tiedostaa vaarat ja osaa toimia oikein tapaturman sattuessa
- Tuntee turvallisuusmääräykset ja -ohjeet
- Ymmärtää tarvittavien henkilön-suojaimien käytön merkityksen
- Tietää, kuka antaa tarvittaessa lisäopetusta ja ohjausta
- Tuntee maantiivistyksen työvaiheet ja niiden merkityksen rakentamisen kannalta
- Tuntee käytettävät koneet ja niiden turvalaitteet



Maantiivistämisteknologian suomia mahdollisuuksia

- Maailmalla on käytössä useita teknologioita ja tiivistämismenetelmiä, jotka ovat Suomessa vielä hyödyntämättä
 - 1970-luvulla kehitetyt itsemittaavat kantavuusmittarit
 - 1990-luvulla kehitetty GPS-teknologiaan perustuva tiivistysmittauksen paikkaan sitominen
- Kalusto
 - Täryiskua suuntaavat jyrät (Vario tai oskiloivat-jyrät)
 - Maantiivistysmittausteknologian kehitys
 - Yleistyvässä määrin aletaan käyttää jatkuvatoimisia tiivistystarkkailumittareita ja -järjestelmiä (ks. [Tiivi-projekti](#) sekä [Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimus](#))
- Kehitystrendit
 - Kauko-ohjaus
 - Koneohjaus
 - Täryiskun suuntaus
- Kehitystarpeita
 - Maantiivistäminen on vaativa työnvaihe, joka vaatii suunnittelijoilta, esimiehiltä ja työn tekijältä perehtymistä ja työnvaiheen tuntemista
 - Paljon käytettyjen työtapatarkkailutaulukoiden päivitys
 - Taulukoissa koneita, joita ei enää käytetä
 - Taulukot tehty 1970-luvun koneiden ominaisuuksien mukaan



LINKKILUETTELO

Tarkempaa tietoa saat seuraavista linkeistä:

- [Maantiivistämisen merkitys](#)
- [Maantiivistymiseen vaikuttavat tekijät](#)
 - [Maa-aines ja tiivistyskalusto](#)
- [Maantiivistämisen laadunvarmistus](#)
 - [Kantavuutta itsemittaava tiivistyskalusto ja sen käyttö apuna laadunvarmistamisessa](#)
 - [Miten vältän virheet?](#)
- [Vajaalaatuisuus ja tiivistäminen pakkasolosuhteissa](#)
- [Kaluston valinta](#)
 - [Maantiivistyskaluston valintatyökalu](#)
- [Työturvallisuus](#)
- [Perehdyttäminen ja työnopastus](#)

- [KOKO RAPORTTI TULOSETTAVASSA MUODOSSA](#)



Hyödyllistä lisätietoa

- [Tiivi-projekti, loppuraportti: Sitomattomien materiaalien jatkuvatoiminen tiivistystarkkailu](#)

- [Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimus](#)

- [Pientalon maarakennustyöt – ohjeita konepalvelun ja pienurakoiden tilaajalle](#)



Aineiston on toteuttanut

- Teknologian tutkimuskeskus VTT

Tuomas Laitinen ja Jouko Törnqvist

Hankkeeseen ovat myötävaikuttaneet seuraavat yhteistyökumppanit

- Työsuojelurahasto
- Teknisen Kaupan ja Palveluiden yhdistys ry
- Talonrakennusteollisuus ry
- Rakennuskonepäälliköt ry
- YIT Kalusto Oy
- Rotator Oy
- Cramo Finland Oy





Maantiivistäminen talonrakentamisessa

Kirjoittajat: Tuomas Laitinen & Jouko Törnqvist

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Maantiivistäminen talonrakentamisessa		
Asiakkaan nimi, yhteystiedot ja yhteystiedot Teknisen Kaupan ja Palveluiden yhdistys ry Heikki Ojanperä Puh. +358 9 682 41322 Heikki.Ojanpera@tekninen.fi		Asiakkaan viite
Projektin nimi Pölynhallinnan ja maantiivistämisen kestävä toimintamallit talonrakennusalalla.		Projektin numero/lyhytnimi VTT-CR-08386-13
Tiivistelmä		
Tampere 29.11.2013		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Tuomas Laitinen, Tutkija	Jouko Törnqvist, Asiakaspäällikkö	Heikki Ojanperä, Johtaja
VTT:n yhteystiedot Tuomas Laitinen, Puh. 020 7223186, Tuomas.Laitinen@vtt.fi		
Jakelu Julkinen		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	3
1. Toteutus	4
1.1 Resurssit ja projektiorganisaatio	4
2. Maantiivistämisen merkitys.....	5
2.1 Miksi maata tulee tiivistää?	5
2.2 Tyypilliset maantiivistystä vaativat kohteet	5
2.3 Lopputuotevaatimukset.....	5
3. Maantiivistymiseen vaikuttavat tekijät	7
3.1 Tiivistettävä maa-aines	7
3.2 Maantiivistyskalusto	9
3.3 Kantavuutta itsemittaava tiivistyskalusto	11
4. Maantiivistämisen laadunvarmistus	15
4.1 Laadunvarmistuksen menettelyt	15
4.2 Työmenetelmätarkkailu apuna laadun kohentamiseksi	18
4.3 Miten vältän virheet?.....	19
5. Vajalaatuisuuden vaikutuksia.....	21
5.1 Maan tiivistäminen pakkasolosuhteissa	21
6. Maantiivistyskaluston valinta	23
6.1 Oikean kaluston valinta.....	23
7. Työturvallisuus	25
7.1 Miten varmistan oman ja muiden työturvallisuuden?	25
8. Lähteet ja lisätietoa.....	27

1. Toteutus

1.1 Resurssit ja projektiorganisaatio

Tämä raportti on osa ”Pölynhallinnan ja maantiivistämisen kestävä toimintamallit talonrakennusalalla” –projektia. Projekti koostuu kahdesta osasta, joista toinen osa ”Pölyntorjunta rakennustyömaalla” julkaistiin samanaikaisesti tämän raportin kanssa.

Tämän projektin syntyyn ovat myötävaikuttaneet seuraavat yhteistyökumppanit: Työsuojelurahasto, Teknisen Kaupan ja Palveluiden yhdistys ry, Talonrakennusteollisuus ry sekä Rakennuskonepäälliköt ry. Projektin projektipäällikkönä toimi Aimo Taipale (VTT) ja projektin ohjausryhmään kuuluivat:

Heikki Ojanperä	Teknisen Kaupan ja Palveluiden Yhdistys ry, pj.
Tapio Mäkelä	NCC Rakennus Oy
Kimmo Karppanen	YIT Kalusto Oy
Tatu Hauhio	Cramo Finland Oy
Tommi Lyytinen	Skanska Rakennuskone Oy
Mika Eskola	Ramirent Finland Oy
Raimo Heikkilä	Lemminkäinen Oy
Petri Mäkinen	Hilti Oy
Vesa Valtonen	Rotator Oy
Reijo S. Lehtinen	Rakennusteollisuus RT ry

Projektin ohjausryhmä asetti työn valmistelemiseen asiantuntijaryhmän joka koostui rakennustoimialan yritys- sekä tutkimuspuolten edustajista. Asiantuntijaryhmään kuuluivat:

Jouko Nissi	YIT Kalusto Oy, pj.
Vesa Valtonen	Rotator Oy
Pekka Viljanen	Cramo Finland Oy
Jouko Törnqvist	VTT
Tuomas Laitinen	VTT

2. Maantiivistämisen merkitys

Linkki:

[Koulutusmateriaali](#)

2.1 Miksi maata tulee tiivistää?

Maantiivistäminen on osa jokaista maanrakennushanketta ja mukana myös useimmissa talonrakennushankkeissa. Maarakenteen päälle rakennetaan kuormaa kantava rakenne tai rakennus. Kuormaa kantava kohde talonrakentamisessa voi olla esimerkiksi rakennuksen perustus, maanvaraisen lattian alusta tai parkkipaikka.

Rakennuksen perustuksen tehtävä on siirtää rakennuksen kuormat maa- tai pohjarakenteen kantamiksi. Tämän vuoksi jokaiselle kohteelle valitaan tapauskohtaisesti optimaalisin perustamistapa tontin maaperän ominaisuuksien sekä tontille rakennettavan rakennuksen aiheuttaman kuorman mukaan. (Mittaviiva Oy, 2010)

2.2 Tyypilliset maantiivistystä vaativat kohteet

Tavallisimmat täyttökohteet ovat esitetty taulukossa 1 sarakkeen *täyttökohde* alla. Taulukon sarakkeessa *tiivistysluokka* on määritelty täyttökohteen tiivistysluokka, jolla pyritään kuvaamaan kohteen vaativuutta maantiivistyksen kannalta. Tiivistysluokan 1 täyttökohteet ovat vaativimpia, minkä vuoksi näiden kohteiden lopputuotteen laadunvaatimukset ovat muita korkeampia. Tiivistysluokan 1 täyttökohteiden laatu varmistetaan lopputulosmenetelmän avulla.

Taulukko 1. Eri täyttökohteiden ohjeellisia tiiviys tai kantavuusvaatimuksia (RIL, 1979)

Täyttökohde	Tiivistysluokka	Tiiviysaste $D_{vaad}\%$	Kantavuusarvot E_1 ja E_2 MN/m^2	Kantavuussuhde E_2/E_1
Perustusten alustäyttö	1	≥ 95	$E_1 \geq 50$	$\leq 2,2$
Maanvaraisten lattioiden alustäyttö	1 & 2	≥ 90	$E_1 \geq 40$	$\leq 2,2$
Perustusten , seinien ja muurien vierustäyttö	2	≥ 90	-	-
Putkijohtojen tasauseros ja ympärystäyttö	2	≥ 90	-	-
Rumpujen arina ja ympärystäyttö	2	≥ 90	-	-
Pengertäyte	2	≥ 90	-	-
Suodatinkerros	1	≥ 90	-	-
Jakava kerros	1	≥ 92	$E_2 \geq 87$	$\leq 2,2$
Kantava kerros	1	≥ 92	$E_2 \geq 122$	$\leq 2,2$
Kulutuseros	1	≥ 92	-	-
Puisto-, maisema- yms. täytöt	3 & 4	-	-	-

2.3 Lopputuotevaatimukset

Maa sisältää aina vähintään kolmea eri komponenttia: maa-ainepartikkeleita, ilmaa sekä vettä (Kalliainen, et al., 2011). Lopputuotteelle ja käytettävälle maa-ainekselle asetetaan urakka-asiakirjoissa laatuvaatimukset. Laatuvaatimuksia ovat joko maan tiiviysaste tai sen kantavuus. Mikäli urakka-asiakirjoissa ei ole annettu erillisiä tiiviysvaatimuksia, käytetään Rakennusinsinöörin Liiton julkaiseman Talonrakennuksen maatojen työselityksessä

esitettyjä ”eri täyttökohteiden ohjeellisia tiiviy- tai kantavuusvaatimuksia”, jotka ovat esitetty taulukossa 1.

Tiiviyaste:

Maarakenteen tiiviydellä arvioidaan epäsuorasti etenkin karkearakeisten maalajien lujuus- ja kantavuusominaisuuksia. Tiiviyasteella tarkoitetaan rakenteen **kuivairtoteiheyden** suhdetta Parannetulla Proctor-kokeella todettuun maa-ainekselle ominaiseen **maksimikuivairtoteiheyteen**. Tiiviyaste määrittää siten maan kiintoaineksen massan osuuden siitä kiintoaineksen massan arvosta, johon maa voidaan enintään tiivistää. Parannetulla Proctor-kokeella määritettyä **maksimikuivairtoteiheyttä** pidetään suurimpana tiiviytasona, johon maa voidaan tiivistää. Tarkasti ottaen Parannettua Proctor –kokeen **maksimikuivairtoteiheyttä** tiiviimpäänkin tilaan maa voidaan eräissä tilanteissa tiivistää. Parannetulla Proctor –kokeella saavutettava kuivairtoteiheyden maksimi on sovittu käytännön mittari suurimmasta maantiivistyksessä saavutettavissa olevasta arvosta. Siten 95 %:n tiiviyaste tarkoittaa, että maa-aines sisältää kuivana 5 % enemmän ilmaa kuin se tiiviimmässä tilassa voi sisältää. Tavallisesti tiiviyastevaatimus vaihtelee talonrakennustöissä 87–95 %:n välillä. Tiiviyaste määritetään kaavalla (1) (RIL, 1985):

$$D = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}} \times 100 \quad (1)$$

missä ρ_d on kuivairtoteiheys
 $\rho_{d \max}$ on **maksimikuivairtoteiheys**

Kantavuus:

Maarakenteen kantavuus kuvaa rakenteen pinnalta mitattua kokonaisjäykkyyttä. Kantavuuskokeessa maahan kohdistetaan standardikokoisen kuormituslevyn välityksellä tunnettu voima, jonka aikaansaamaa maarakenteen pinnan siirtymä mitataan. Voiman ja siirtymän arvojen perusteella lasketaan maapohjan kimmomoduuli olettaen maapohja homogeeniseksi ja maapohjan käyttäytyvän kimmoisasti. Ensimmäinen kuormitus kuvaa tiivistyksessä saavutettua jäykkyyttä.

Käytettyjä menetelmiä ovat levykuormituskoe tai pudotuspainolaitokoe. Kuormitus toistetaan useaan kertaan. Jokainen kuormituskerta tiivistää maata, jolloin maa painuu. Painuman aikaansaava voima on kantavuusarvo E_n , jossa n tarkoittaa kuormituskertaa. Kantavuusarvon yksikkö on MN/m^2 . Ensimmäisen kuormituskerran kantavuusarvoja verrataan toisiinsa, jolloin muodostetaan kantavuussuhde E_2/E_1 , joka kuvaa maassa jäljellä olevaa tiivistymispotentiaalia. Kun kantavuussuhde E_2/E_1 on pieni, maaperä ei enää tiivisty merkittävästi. Mikäli kantavuussuhde on suuri, jälkitiivistyminen on myös suuri eikä tiivistämisen aikaansaama maarakenteen tila ole käyttötarkoitukseensa optimaalinen. Tämän johdosta myös kantavuussuhteelle annetaan sallittu maksimiarvo. Tavallisesti talonrakennustöissä sallittava kantavuussuhde vaihtelee välillä 1,7 (rakennuksen alapuoliset maarakenteet) ja 3,0 (rakenteiden ulkopuoliset täytöt). (RIL, 1979)

3. Maantiivistymiseen vaikuttavat tekijät

Linkki:
[Koulutusmateriaali](#)

Maantiivistäminen muokkaa maa-ainesta ja järjestää maapartikkelit lähemmäksi toisiaan, tiheämmäksi rakenteeksi. Tiivistystyön laatuun vaikuttavat tiivistettävän maa-aineksen ominaisuudet sekä käytettävä tiivistyskalusto. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus määräytyy edellä mainittujen lisäksi siihen kohdistetun työn määrästä – pelkistetysti yliajokertojen määrästä. (Laukkanen, et al., 2012)

3.1 Tiivistettävä maa-aines

Maalajit nimetään niiden raekoostumuksen ja niiden sisältämän eloperäisen materiaalin määrän perusteella. Tiedyt maalajit soveltuvat maanrakentamiseen toisia maalajeja paremmin niiden kantavuus-, tiivistymis-, vedenläpäisevyys- sekä routivuusominaisuuksiensa vuoksi. Maalajit luokitellaan suomalaisen GEO-luokituksen tai kansainvälisen ISO-luokituksen mukaan. Suomessa käytetään vielä toistaiseksi GEO-luokitusta, mutta siirtyminen ISO-luokitukseen lienee edessä tulevaisuudessa. Luokitusjärjestelmät eivät eroa toisistaan merkittävästi, suurin ero luokitusten välillä on moreenimaalajien merkitsemisessä, joita ISO-luokitus ei tunne.

Taulukko 2. Maalajiluokitukset.

Päälaajite Nimi	Lyhennys	Alalajite	Rakeiden läpimitta, mm GEO-luokitus	Rakeiden läpimitta, mm ISO-luokitus	
Savi	Sa		<0,002	<0,002	Hieno maa
Siltti	Si		>0,002...0,06	>0,002...0,063	
		Hienosiltti	>0,002...0,006	>0,002...0,0063	
		Keskisiltti	>0,002...>0,02	>0,0063...0,02	
Hiekka	Hk	Karkeasiltti	>0,02...0,06	>0,02...>0,063	Karkea maa
			>0,06...2,0	>0,063...2,0	
		Hienohiekka	>0,06...0,2	>0,063...0,2	
Sora	Sr	Keskihiekka	>0,2...0,6	>0,2...0,63	
		Karkeahiekka	>0,6...2,0	>0,63...2,0	
			>2,0...60,0	>2,0...63,0	
Kivet	Ki	Hienosora	>2,0...6,0	>2,0...6,3	Hyvin karkea maa
		Keskisora	>6,0...20,0	>6,3...20,0	
		Karkeasora	>20,0...60,0	>20,0...63,0	
Lohkareet	Lo	Pienet kivet	>60,0...200,0	>63,0...200,0	
		Isot kivet	>200,0...600,0	>200,0...630,0	
Lohkareet	Lo	Lohkareet	>600,0	>200,0...630,0	
		Suuret lohkareet		>630,0	
Moreenimaalajit					
	SiMr	Silttimoreeni	>0,002...63,0		
	HkMr	Hiekkamoreeni	>0,002...63,0		
	SrMr	Soramoreeni	>0,002...63,0		

Maalajin rakeisuus vaikuttaa erittäin vahvasti sen käyttöön. Hienorakeiset maalajit ovat usein routivia sekä huonosti vettä läpäiseviä, mutta niillä on hyvä vedenpidätyskyky. Tämän vuoksi hienoa maata käytetään lähinnä viherrakentamisessa. Karkearakeiset maalajit puolestaan eivät roudi ja läpäisevät hyvin vettä. Karkeilla maalajeilla on myös alhainen kapillaariveden nousukorkeus, joka määrittää kosteuden nousemisen maalajissa. Karkeilla maalajeilla on huono veden pidätyskyky. Näiden ominaisuuksiensa vuoksi karkeaa maata käytetään vaativissa talonrakentamisen kohteissa. (RIL, 1979)

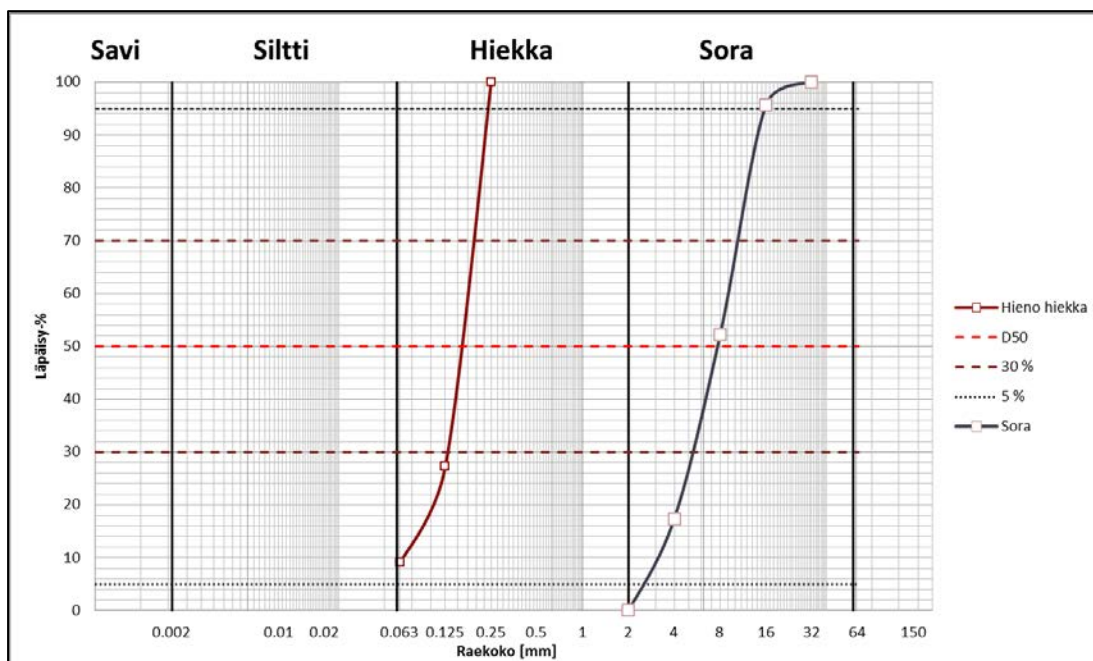
Moreenimaalajien käyttöä talonrakentamisessa vaikeuttaa niiden hienoainespitoisuus. Moreenilla tarkoitetaan maa-ainesta, joka sisältää vähintään viisi painoprosenttia hienoa maata sekä vähintään 5 painoprosenttia soraa. Moreenimaalajit ovat Suomen maaperässä tavallisia.

Luonnosta löytyy varsin harvoin rakennustyöhön optimaalisesti soveltuvaa maa-ainesta, minkä vuoksi maa-ainesta jalostetaan seulomalla, murskaamalla ainesta pienempirakeiseksi tai yhdistelemällä eri maalajeja. Taulukossa 3 on esitetty maanrakennuksen täyttötöissä tavallisesti käytettäviä maalajeja. Talonrakentamisen täyttötöissä käytetään pääosin karkeaa maata, poikkeustapauksissa kuten pihan täyttötöissä voidaan käyttää myös muuta maa-ainesta. (RIL, 1979)

Taulukko 3. Täytemateriaalit maanrakennustöissä. (RIL, 1979)

Täytemateriaali	Routivuus	Huomautuksia
Louhe, karkea murske, kivet	Routimaton	Maksimiraekoko >200mm Hienoainespitoisuus <10%
Sora, hiekka, hieno murske	Routimaton	Maksimiraekoko >200mm Hienoainespitoisuus <10%
Hiekkamoreeni, soramoreeni	Routiva	Tulevat harvoin kyseeseen rakennuspohjan täyteenä
Siltti, kuivakuori- ja kova savi, silttimoreeni	Routiva	
Savi, savinen siltti, turve, lieju	Routiva	Ei käytetä rakennuspohjan täyteenä
Kevyet täytemateriaalit	Routimaton	Käytetään erikoistapauksissa

Päänimensä maa-aines saa – savea lukuun ottamatta -keskimääräisen läpäisyprosenttinsa d_{50} mukaan, esimerkiksi kuvan 1 käyrien d_{50} -läpäisyprosentit antavat maa-aineksille nimet *hieno hiekka* sekä *sora*. Jos materiaali on mursketta, se kuvataan rakeisuusalueena, esim. #0 – 32 mm, on mursketta, josta yli 32 mm kivet on seulottu pois. Maalajinimeä keskiraekoon perusteella murskeella ei yleensä erikseen sanota. Kuvassa 1 on havainnollistettu talonrakentamisessa tavallisesti käytettyjen maalajien raekokoja, joita ovat kuvan käyrien väliin jäävän alueen sisällään pitämät raekoot.



Kuva 1. Talonrakentamisessa käytettyjen maalajien raekoot

Maantiivistämisessä lopputuloksen laatuun ei vaikuta ainoastaan tiivistettävä maamateriaali, vaan myös tiivistettävän maan alapuolisen maa-aineksen jäykkyys. Maapohjan ominaisuudet kuvataan usein suunnitelma-asiakirjoissa. Arvioiden oikeellisuus tulisi kuitenkin todeta vertaamalla pohjatutkimustuloksia suunnitelma-asiakirjojen pohjasuhdearvioihin (Rakennustieto Oy, 2010b). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset esittävät, että seuraavat pohjamaat ovat riittävän kantavia myös talonrakentamiseen (kantavuus $E_1 > 100 \text{ MN/m}^2$): kallio, kivet, sora, routimaton soramoreeni, routimaton karkea hiekka (Rakennustieto Oy, 2010a).

Tärkein maa-aineksen tiivistymiseen vaikuttava ominaisuus on maa-aineksen raekokojakaumaa kuvaava raekokosuhte, joka kertoo maa-aineksen suhteistuneisuuden ja lajittuneisuuden. Raekokosuhte määritetään läpäisyprosenttien d_{60} ja d_{10} suhteena $\frac{d_{60}}{d_{10}}$. Tasarakeinen maalaji tiivistyy huonosti kun taas suhteistunut maalaji tiivistyy yleensä hyvin. Suhteistunut maalaji on tiiviimpänä myös kantavampaa kuin tasarakeinen aines. Raekokosuhteen ollessa

- $\frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 5$, maa-aines on **tasarakeista**
- $\frac{d_{60}}{d_{10}} > 5 \dots 15$, maa-aines on **sekarakeista**
- $\frac{d_{60}}{d_{10}} > 15$, maa-aines on **suhteistunutta**

Maa-aineksen raemuoto luokitellaan joko särmikkääksi, pyöreäsärmäiseksi, pyöristyneeksi, kulmikkaaksi, pitkulaiseksi tai litteäksi. Raemuoto vaikuttaa muun muassa maa-aineksen tiivistymiseen, lujuuteen, vedenpidätyskykyyn, tarttuvuuteen, kokoonpuristuvuuteen. Nämä ominaisuudet voivat vaikuttaa tiivistysprosessissa esimerkiksi maa-aineksen ylitiivistymiseen. Raemuotoa harvoin annetaan materiaalivaatimuksena tavanomaisessa rakentamisessa.

Jokaiselle maa-ainekselle on oma optimivesipitoisuutensa sekä kuivairtitiheyden maksimi. Tyypillisiä arvoja on esitetty taulukossa Taulukko 4. Optimivesipitoisuus on maa-aineksen pienintä tiivistysenergiaa edellyttävä vesipitoisuus. Maa-aineksen vesipitoisuutta tulee tarkkailla etenkin vaativissa, luokan 1 tiivistyskohteissa. Neljän prosenttiyksikön ero tiivistettävän maa-aineksen vesipitoisuuden ja optimivesipitoisuuden välillä estää maan tiivistymisen 95 % tiiviyssasteeseen, joka on laatuvaatimus tietyissä vaativissa kohteissa. Kiviaineksen optimivesipitoisuus ja maksimikuivairtitiheys voidaan määrittää Parannetulla Proctor-kokeella. (Rakennustieto Oy, 2010a)

Taulukko 4. Maa-aineksien optimivesipitoisuus ja tavalliset kuivairtitiheydet. (Rakennustieto Oy, 2010a)

Maalaji	Optimivesipitoisuus	Maksimikuivairtitiheys
	[%]	[kg/m ³]
Sora, soramoreeni	7	2100
Hiekka	10	2000
Siltti	20	1700
Savi	25	1600
Hiekkamoreeni ja silttimoreeni	7	2200

3.2 Maantiivistyskalusto

Käytettävä maantiivistyskalusto on merkittävin työn lopputulokseen vaikuttavista tekijöistä. Käytettäessä lopputuotteelle asetettujen vaatimuksien täyttävää maa-ainesta, saadaan tavallisissa olosuhteissa oikealla tiivistyskaluston valinnalla aikaan optimaalinen lopputulos.

Yhdistettäessä haluttu lopputulos, käytettävä maa-aines, tiivistyskalusto sekä haluttu kerrospaksuus voidaan määrittää tarvittava ylityskertojen määrä. (Laukkanen, et al., 2012)

Maantiivistyskoneiden toimintaperiaatteet eroavat toisistaan. Pääluokiltaan koneet toimivat yhden tai useamman seuraavan tiivistystavan yhdistelmänä:

- staattinen tiivistys
- tärytiivistys
- pudotustiivistys.

Maantiivistämiseen voidaan käyttää suurta valikoimaa erilaisia koneita: käsijunttia, konejunttia, täryjunttia, tärylevyä, erikokoisia ja erimäärän valsseja sisältäviä jyriä. Tavallisesti talonrakentamisen maantiivistämisessä käytetään kuitenkin vain täryominaisuuksin varustettuja täryjunttia, tärylevyjä tai täryjyriä. Pelkästään staattiseen massaan perustuvan tiivistyskaluston käyttö on vähäistä ja rajoittuu lähinnä hienon maan tiivistämiseen sekä joihinkin asfalttitöihin. Tiivistyskaluston suositeltu vähimmäiselinkaari on noin viisi vuotta.



Kuva 2. Täryjuntta. Kuva: (Bomag, 2013)

Staattisten tiivistyskoneiden toimintaperiaate perustuu niiden staattiseen massaan, jolla se tiivistää ylitettävää maata. Mitä painavampi tiivistyskone on ja mitä pienempi on sen kosketuspinta-ala maahan, sitä enemmän se tiivistää maaperää. Staattisista tiivistyskoneista tavallisimmat ovat kumipyöräjyriä, mutta niiden tiivistysvaikutuksen on huomattu olevan vähäisempi kuin täryperiaatteella toimivien.



Kuva 3. Kumipyöräjyriä. Kuva: (Bomag, 2013)

Täryperiaatteella toimivat tiivistyskoneet siirtävät dynaamisesti liike-koneesta energiaa maaperään koneen staattisen massan aiheuttaman tiivistyskuorman lisäksi. Riippuen halutusta tiivistysvaikutuksen syvyydestä, tärylaitteilla käytetään eri liikeamplitudeja eli värähdystaajuutta seuraavan pääsäännön mukaisesti: suurella amplitudilla on syvemmälle ulottuva tiivistysvaikutus. Pienempi tärytaajuus kasvattaa myös tiivistystehoa täryvalssin tai –levyn lyöntinopeuden kasvaessa.



Kuva 4. Täryjyrä. Kuva: (Hamm, 2013)

Pudotus eli syvätiivistyksellä voidaan saada hyvinkin syvälle maan rakenteeseen ulottuva tiivistyminen, mutta samalla pudotustiivistys sekoittaa ja löyhdyttää maan pintakerroksia, minkä vuoksi sitä ei suositeta rakennekerroksia tiivistettäessä.



Kuva 5. Syvätiivistys. Kuva: (Sjöman Helsingin Nosturit Oy, 2013)

3.3 Kantavuutta itsemittaava tiivistyskalusto

1970-luvulla alettiin kehittää itsemittaavia jyriä ja uutta tiivistysmenetelmää, jatkuvaa tiivistyksen tarkkailua, jossa jyrään kiinnitetty kiihtyvyyssanturi mittaa maan kantavuutta jatkuvasti työn edetessä. Itsemittaavien täryjyrien ja tärylevyjen suosio on kasvussa ja niitä valmistavat jo useat tiivistyskalustonvalmistajat. Keski-Euroopassa itsemittaavan tiivistyskaluston suosion kasvu on ollut nopeaa ja Saksassa myydäänkin nykyään noin 50 % raskaimmista täryjyristä varustettuna integroidulla kantavuusmittarilla. Vastaava luku yksivalssijyrillä on noin 30 % ja 400 kg:n tärylevyillä noin 35 %. Suomessa ollaan alan kehityksestä vielä jäljessä. Vaikka integroitu mittari ei laadun toteamisen osalta vastaa Parannettua Proctor-koetta tai levykuormituskoetta, on niiden tuoma hyöty kuitenkin

merkittävä, koska tiivistystyö voidaan aikaisempaa tehokkaammin kohdentaa vielä tiivistystä edellyttäviin alueisiin.

Itsemittaavien jyrrien mittatulokset voidaan joissain tilanteissa kalibroida vastaamaan levykuormituskokeella mitattua kantavuutta. Tutkimustulokset ovat osoittaneet, että kalibrointi on aina suoritettava. Materiaalin tai olosuhteiden vaihtuessa, laite tulee kalibroida luotettavan laaduntestausmenetelmän avulla. Mittarit välittävät kuitenkin varsin luotettavasti tietoa maan suhteellisista kantavuusvaihteluista ja tiivistettävän alueen heikoimmin tiivistyneistä kohdista, vaikka absoluuttisen kantavuusarvon määrittäminen ei olisikaan mahdollista.

Itsemittaavista jyristä ja paikkaan sidotusta tiivistysdokumentoinnista on Suomessa tehty tutkimusta viime vuosina Liikenneviraston rahoittamissa [Tiivi-projektissa](#) (Laukkanen, et al., 2012) sekä [Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimus](#) –projektissa (Kalliainen, et al., 2011). Tiivi-hankkeessa, jonka tavoitteena oli parantaa sitomattomien ja stabiloitujen kerrosten tiivistystyön laadunvalvonta- ja ohjausmenetelmiä, tuodaan julki itsemittaavien jyrrien nykytila laadunvarmistuksen työkaluina. Hankkeessa verrattiin täryjyrään integroidun tiivistyksentarkkailulaitteen luotettavuutta muun muassa levykuormituskokeeseen. Yhtenä hankkeen tuloksista todettiin jatkuvatoimisen tiivistyksentarkkailun soveltuvan kaikille maapenger materiaaleille ja kiviaineksille seuraavin rajauksin:

- Materiaalin hienoainespitoisuuden (< 0,63 mm) ylittäessä 15 massaprosenttia, liian suuri vesipitoisuus ja kiviaineksen huono vedenläpäisevyys voivat aiheuttaa mittaustulosten heikkenemistä
- Materiaalin maksimiraekoon ylittäessä 120 mm, voi tiivistettävän kerroksen epätasaisuus aiheuttaa tuloksiin suurta vaihtelua.

(Laukkanen, et al., 2012)

Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimus –raportissa (Kalliainen, et al., 2011) todetaan, että itsemittaavien jyrrien käyttö ainoana tiiveyden tarkkailumenetelmänä on ongelmallista, sillä mittaustulokseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- Jyrän merkki ja malli
- Tiivistettävä materiaali
- Tiivistettävän kerroksen paksuus
- Alapuolisen kerroksen kantavuus
- Valssin amplitudi ja taajuus
- Ajonopeus
- Jyrän paino

(Kalliainen, et al., 2011)

Edellä olevan listan tekijöiden muuttuessa, muuttuvat myös itsemittaavan laitteen mittatulokset. Jotta itsemittaavan jyrän mittatulokset sopisivat ainoaksi laadunvarmistamisen menetelmäksi tai olisivat keskenään verrannollisia, tarvitsee laitteet kalibroida riittävän usein (vertaa Kuva 10 kohdassa ”Työmenetelmätarkkailut apuna laadun kohentamiseksi”).

GPS-teknologia on mahdollistanut tiivistämisen paikkaan sidotun dokumentoinnin. Jatkuvan tiivistämisen paikkaan sidottua dokumentointia kutsutaan ”älykkääksi tiivistämiseksi”. (Laukkanen, et al., 2012) . Älykkään tiivistämisen laitteet muodostavat tiivistetystä alueesta

kartan, joka ilmaisee itsemittaavan anturin mittaamat kantavuusarvot tai tietyn kohdan ylityskertamäärät kartalla. GPS-paikannukseen perustuvien mittausjärjestelmien käyttö ei ole vielä Suomessa yleistynyt – Saksassa noin 5 % myydyistä täryjyristä on varustettu älykkään tiivistämisen järjestelmällä. Esimerkki GPS-paikannuksen avulla tuotetusta tiiviyskartasta on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Älykäs tiivistäminen (Bomag, 2013)

Itsemittaavat anturit nostavat kaluston hankintakustannusta arviolta noin 10 prosenttia, mutta toisaalta alentavat kokonaiskustannuksia alentuneiden muuttuvien kulujen johdosta. Taulukossa Taulukko 5 on vertailtu kantavuusmittarilla varustetun täryjyrän sekä –levyn arvioitua kokonaiskustannuseroa ilman kantavuusmittaria varustettuihin koneisiin.

Taulukko 5. Itsemittaavan tiivistysanturin kustannusvertailu kalustoon ilman mittaria. Vuoden 2013 suuntaa-antava kustannustaso.

Kalusto	Tiivistysmittari	Vuokrahinta	Työaika-säästö	Työaika	Kalusto-kustannus	Työn hinta	Kokonais-kustannus
		€/päivä, alv 0%	%	Työpäivää	€	€/h	€
Täryjyriä 13tn	Ei kantavuusmittaria	260 €	0 %	10	2 600 €	2 560 €	5 160 €
Täryjyriä 13tn	Tietokonepohjainen kantavuusmittari	286 €	20 %	8	2 288 €	2 048 €	4 336 €
Tärylevy 400kg	Ei kantavuusmittaria	80 €	0 %	10	800 €	2 560 €	3 360 €
Tärylevy 400kg	Integroitu kantavuusmittari	92 €	20 %	8	736 €	2 048 €	2 784 €

Taulukon Taulukko 5 laskelma perustuu asiantuntija-arvioon. Kantavuusmittarilla varustettu kalusto nostaa laitteen vuokrahintaa noin 10 %. Työaikasäästöä saadaan esimerkkikohteessa 20 % sillä perusteella, että keskimääräinen ylijokerta saadaan

vähennettyä keskimäärin kuudesta viiteen yliajokertaan. Työn hintana on käytetty hintaa 32 €/h, mikä pitää sisällään pakolliset työnantajan maksut. Vaikka kantavuusmittari nostaa laitteen vuokrahintaa, voidaan kantavuusmittaria tehokkaasti hyödyntäen säästää kustannuksissa kokonaistyöaikaa säästämällä. Laskelmaan on huomioitu ainoastaan suora vuokrahinta sekä työn hinta eikä esimerkiksi polttoainekuluja.

Suurin hyöty tilaajalle tulee kuitenkin siitä, että kantavuusmittarilla varustetulla tiivistyskalustolla maantiivistäjä ilmaisee käyttäjälleen heikoiten tiivistyneet kohdat, joiden tiivistämiseen voidaan kiinnittää erityistä huomiota. Yksikin tiivistämättä jäänyt kohta, jota tarvitsee jälkikäteen korjata, voi aiheuttaa huomattavat kustannukset jollekin osapuolelle. Tiivistyksentarkkailulaitteet sekä GPS-paikannuslaitteet vaativat kuitenkin käyttäjien koulutusta, jotta niitä voidaan käyttää tehokkaasti ja oikein.

4. Maantiivistämisen laadunvarmistus

Linkki:
[Koulutusmateriaali](#)

4.1 Laadunvarmistuksen menettelyt

Täyttötöiden laatu varmistetaan joko lopputulos- tai työtapamenetelmän avulla. Lopputulosmenetelmässä tarkastetaan työmaalla tai laboratorioissa tehtävien kokeiden avulla maaperän toteutunut tiiviysaste sekä kantavuus. Lopputulosmenetelmää suositellaan käytettävän (RIL, 1979):

- Perustusten alustäytöissä
- Maanvaraisten lattioiden alustäytöissä
- Kantavan kerroksen täytöissä
- Jakavan kerroksen täytöissä
- Suodatinkerroksen täytöissä

Laadunvarmistuksen työtapatarkkailua, eli tiivistyskoneen ylityskertojen määrän tarkkailulla tiivistettäessä tietyllä tiivistyskalustolla tiettyä maa-ainesta ja tietyn paksuista kerrosta, suositellaan käytettävän alla listattujen työkohteiden kanssa. Työtapatarkkailussa ylijokertojen määrä on ohjeellinen ylijokertojen määrä, maa-aineksen ollessa lähellä sen optimivesipitoisuutta sulassa tilassa sekä aineksen kuivairtotehiyden ollessa vaaditun suuruinen. (RIL, 1979)

- Eräissä maanvaraisten lattioiden alustäytöissä
- Perustusten, seinien ja muurien vierustäytöissä
- Putkijohtojen tasauskerroksessa ja ympärystäytöissä
- Rumpujen arinarakenteissa ja ympärystäytöissä
- Pengertäytöissä
- Puisto-, maisema- yms. täytöissä
- Talvityössä, jolloin maakerros on tiivistettäessä jäätyneenä, ainoa luotettava menetelmä on työtapatarkkailu, joka on varmennettu tiiviysmittauksella.

Lopputulosmenetelmän laboratoriokokeena maksimi kuivatilavuuspaino tai maksimi kuivairtotehiys määritetään Parannetulla Proctor-kokeella. Työmaalla kantavuus määritetään levykuormituskokeella tai pudotuspainolaitteella (FWD eli Falling Weight Deflectometer, tai kevytpudotuspainolaitteella – Suomessa Loadman –laitteella). Tiiviys määritetään volymetrikokeella (vesi- tai hiekkavolymetrillä) tai säteilyn vaimentumiseen maassa perustuvalla laitteella (nk. radiometrinen mittaustilaite, Suomessa useimmiten Troxler-mittalaitteella). Tehtävien tiiviys- ja kantavuuskokeiden lukumäärä ja suoritustapa määritetään urakka-asiakirjoissa. Kantavuutta mitataan erityisesti niissä työkohteissa, joissa tilavuuspainon määrittäminen on hankalaa. (RIL, 1979)

Parannetussa Proctor-kokeessa määritetään testattavan maa-aineksen kuivatiheys sekä kyseisen maa-aineksen teoreettinen maksimikuivairtotehiys. Maksimikuivairtotehiys määritetään sullomalla maa-aines sylinteriin ja tiivistämällä sitä vesipitoisuutta vaihdellen.

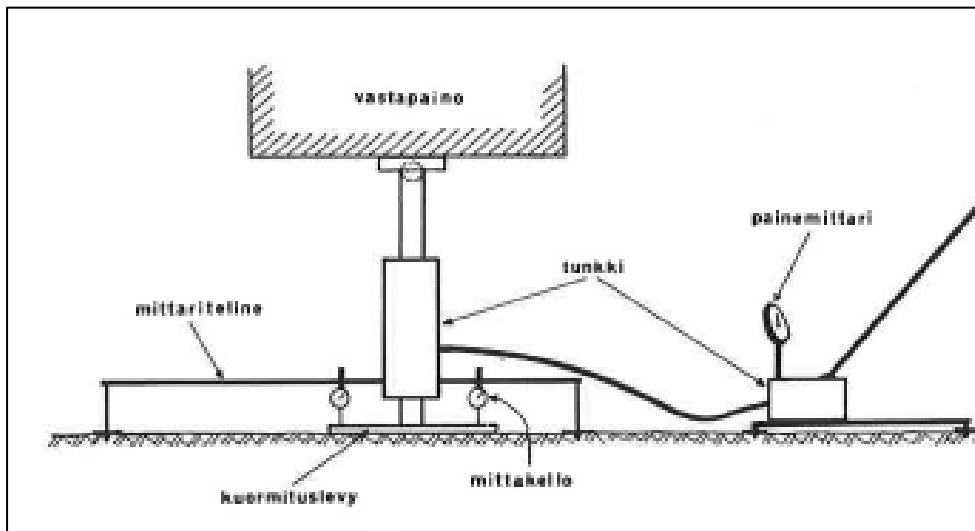
Vertaamalla kentältä mitattua tiivistetyn rakenteen kuivairtitiheyttä maa-ainekselle tehtyyn maksimikuivairtitiheyteen saadaan tulokseksi tiiviysaste. Tiiviysaste on näytteen tiheyden prosentuaalinen osuus Parannetulla Proctor-kokeella saatuun maksimitiheyteen. Vaihtoehtoisena Parannetulle Proctor-kokeelle voidaan käyttää kalibroitua kiertotiivistintä, jonka avulla maa-aineksen maksimikuivairtitiheys voidaan määrittää tarvittaessa myös työmaalla (Laukkanen, et al., 2012). Tässä raportissa Proctor-kokeella tarkoitetaan aina parannettua Proctor-koetta.

Maan kantavuuden määrittämiseksi voidaan työmaalla tehdä perinteinen, staattinen levykuormituskoe. Levykuormituskokeessa asetetaan tavallisesti kuorma-autoa, kaivuria tai traktoria vastapainona käyttävä pyöreä ja jäykkä levy maan pinnalle ja kuormitetaan maata portaittain kasvatettavalla voimalla. Levyn painumaa seurataan mittakelloista. Voima ja sitä vastaava painuma dokumentoidaan. Voima poistetaan ja koe toistetaan, jolloin saadaan toistokuormituksen aikaansaama painuma. Toiston jälkeen mittaustuloksista voidaan piirtää kuormitus-muodonmuutos –kuvaaja. Kantavuus E_1 ja toistokuormituksen jäykkyys E_2 lasketaan maksimikuorman (yleensä 60 kN) aikaansaaman kuormituslevyn keskimääräisen pohjapaineen p , siirtymän s ja kuormituslevyn säteen a avulla kaavalla (2)

$$E = \frac{1.5 \cdot p \cdot a}{s} \quad (2)$$

Kaavassa esiintyvä kerroin 1.5 huomioi maapohjan ominaisuuksia ja jännityksen leviämisen kuormituslevyn alla.

Kuormituskertojen kantavuusarvoja verrataan toisiinsa, jolloin saadaan kantavuusaste E_2/E_1 , josta voidaan päätellä maassa jäljellä olevaa tiivistymispotentiaalia. Kun kantavuusaste E_2/E_1 on pieni, maaperä ei enää tiivisty merkittävästi. Levykuormituskokeesta tulee huomata, että koetulokseen vaikuttavan maapohjan syvyys on suoraan verrannollinen käytettävän mittalevyn halkaisijaan. Levykuormituskokeen tehokas mittaussyvyys on noin 2 x levyn halkaisija (RIL, 1979; VTT, 1967). Levykuormituskokeen periaate on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Levykuormituskoe. (VTT, 1967)

Staattisen levykuormituskokeen rinnalle on viimeisen 10 vuoden aikana myös talonrakennuskohteissa yleistynyt niin kutsuttu pudotuspainolaite, PPL -laite. Alun perin teiden pintakantavuuden mittauksiin kehitetyllä ja autolla perässä hinattavalla pudotuspainolaitteella simuloidaan raskaan ajoneuvon pyöräkuorman aikaansaamaa rasitusta tien pinnalla. Kuormituslevyn halkaisijana on 300 mm pyöreä levy ja kuten laitteen nimikin kertoo, levyn pinnan kuormitus aikaansaadaan levyn päälle putoavalla kuormalla. Lyhytaikaisen kuorman aikaansaama tien pinnalle syntyvän taipumasuppilon muoto mitataan

sarjalla siirtymä-antureita kuormituslevyn vierellä. Kuormituslevyn itsensä hetkellisen maksimisiirtymän ja levyyn kohdistuvan voiman perusteella lasketaan tien pintakantavuuden E_{PPL} -arvo. Kuormituksen dynaamisuudesta johtuen ja siitä johtuen, että ensimmäisen pudotuksen yhteydessä kontaktin aikaansaamisessa tien pintaan esiintyy usein epätarkkuutta, mittaustuloksiin käytetään toisen pudotuksen arvoa. Talonrakennuksen töissä pudotuspainolaitteen soveltamista hankaloittaa laitteen perässähinattavuus, mikä estää mittauksen esimerkiksi anturakuopissa. Laitteen käyttö staattisen levykuormituksen tuloksen saamiseksi edellyttää korjauskertoimen käyttöä. PPL –laitteen käyttöä on tarkemmin kuvattu mm. viitteessä / H. Spoo & S. Petäjä, Pudotuspainolaitemittaus (PPL–mittaus), TPPT Menetelmäkuvaus, Espoo, 28.12.2000, 15 s./

Kevytpudotuspainolaite on raskaan PPL –laitteen kevennetty versio. Toisin kuin raskaassa PPL –laitteessa, kevytpudotuspainolaitteella mitataan ainoastaan levyn siirtymää eikä kuormitetulle pinnalle syntyvää taipumasuppoa. LOADMAN -pudotuspainolaitteen avulla voidaan mitata maaperän kantavuutta. LOADMAN-pudotuspainolaite mittaa laitteen sisällä olevan pudotuspainon aiheuttamaa painumaa, josta se laskee kantavuuden E-arvon. Useiden samalla paikalla tapahtuvien mittausten perusteella voidaan puolestaan laskea E_{max}/E_1 –arvo. (AL-Engineering Oy, 2009) Laite on kokonsa puolesta helposti käsiteltävissä, jonka ansiosta sitä voi käyttää ahtaissakin tiloissa. LOADMANilla pystytään versiosta riippuen tarkastamaan maaperän tiiviys noin 200–450 mm syvyydeltä. (Rakennustieto Oy, 2010b)



Kuva 8. Kevyt pudotuspainolaite Loadman. Kuva: (AL-Engineering Oy, 2009)

Käytännössä pudotuspainolaite on tällä hetkellä suomalaisilla rakennustyömailla suosituin ja tavallisin käytössä oleva kantavuuden mittaustilaite. Sen etuina ovat matalat investointi- ja käyttökustannukset verrattuna esimerkiksi säteilymittauslaitteisiin, laitteen nopea käyttö, käsiteltävyys sekä sen liikuteltavuus. Kevyt pudotuspainolaite on jakanut kuitenkin mielipiteitä tutkimuksessa sekä asiantuntijoiden keskuudessa niin Suomessa kuin myös Keski-Euroopassa. Tiivi-hanke toteaa, että kevyen pudotuspainolaitteen salliminen vaihtoehtona tarkemmille menetelmille vaativissa kohteissa johtaa siihen, että työkohteelle ei valita laatua parhaiten mittaavaa menetelmää (Laukkanen, et al., 2012).

Volymetrikokeessa tiivistettyyn maa-rakenteeseen kaivetaan kuoppa, josta poistetaan kaikki maa-aines ja mitataan kuopan tilavuus. Kuopan tilavuus mitataan joko veden tai hiekan avulla. Tämän jälkeen poistettu maa-aines kuivataan ja punnitaan. Kuivan maa-aineksen massan suhde kuopan tilavuuteen on mittauskohdan kuivatilavuuspaino. Kuivatilavuuspainoa puolestaan verrataan laboratoriossa määritettyyn Proctor-kokeen maksimikuivatiheyteen ja lasketaan tiivysaste. (Tie- ja vesirakennushallitus, 1970)

Vesivolymetrikokeen ongelmia ovat näytteen pieni koko sekä käytettävä kumikalvo, jonka takia mitattava tilavuus jää usein vajaaksi. Ominaisuuksiensa vuoksi vesivolymetrikoe soveltuu varsin huonosti kalliomurskeesta tehdyn rakenteen tiiviiden mittaamiseen, mikä on yksi tavallisimmin käytetyistä maa-aineksista rakennusten täyttötöissä. Hiekan avulla tehty volymetrikoe soveltuu paremmin murskerakenteille, vaikka senkin rajat tulevat vastaan avonaisempien materiaalien kanssa. (Kalliainen, et al., 2011)

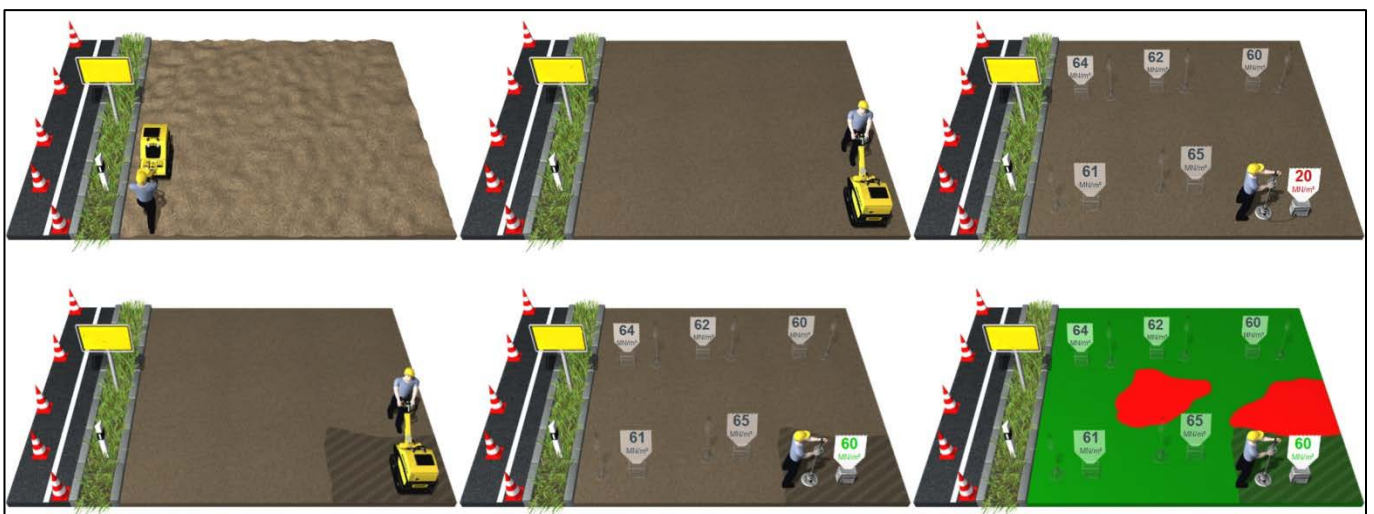
Työmailla voidaan myös käyttää säteilymittauslaitteita, esim. Troxler-mittalaitetta, maarakenteen tiiveyden tarkkailuun. Tämän niin kutsutun radiometrisen mittalaitteen toiminta perustuu gamma-säteilyn vaimenemiseen mitattavassa maassa ja neutronisäteilyn takaisin sirontaan maassa olevasta vedestä. Radiometriset mittalaitteet ovat menettäneet suosiotaan, sillä niissä käytettävän säteilyn johdosta vaatimuksia niin säilytyksen, kuljetuksen, käytön kuin käytöstä poistamisenkin suhteen on kiristetty.

Kalliaisen, Luomalan, Jäniskankaan, Nurmikoulun, ja Kolisojan teoksessa [Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimuksia](#) on käsitelty varsin kattavasti maarakenteen tiiviyttä ja kantavuutta sekä niiden mittaamiseen menetelmiä.

4.2 Työmenetelmätarkkailu apuna laadun kohentamiseksi

Laadunvarmistaminen ei ole kiinni ainoastaan tehtävien kentäkokeiden määrästä tai valitusta laadunvarmistusmenetelmästä. Tiivistettävän maa-aineksen alainen pohjamateriaali voi vaihdella suuresti tiivistettävän kentän alalla, mikä puolestaan saattaa mahdollistaa lopputulosmenetelmälläkin testatun alueen sisällä laadun epätasaisuutta. Kuvasarjassa 9 on kuvattu perinteinen työmenetelmä, jossa:

1. tasainen kenttä tiivistetään
2. kentän kantavuuden laadunvarmistus suoritetaan kevytpudotuspainolaitteella
3. huomataan vajaalaatuinen kohta, joka jälkitiivistetään
4. tarkastetaan ja hyväksytään jälkitiivistetyn kohdan laatu
5. huomaamatta voivat jäädä viimeisessä kuvassa punaisella merkityt alueet.

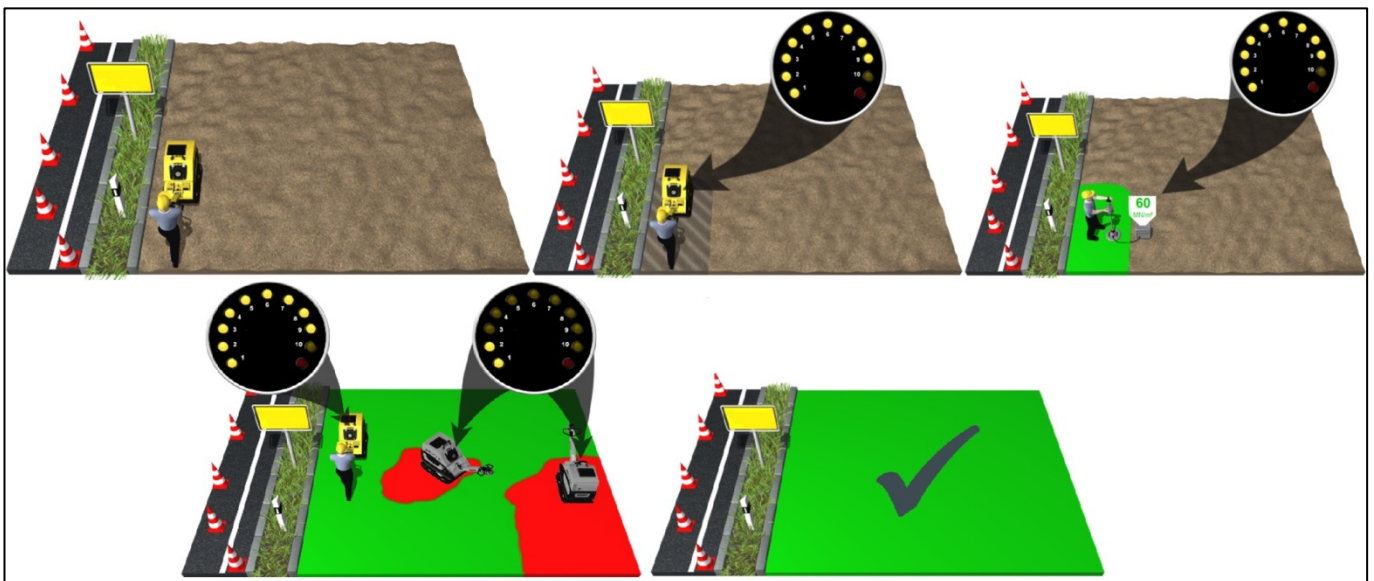


Kuva 9. Kentän laadunvarmistus lopputulosmenetelmällä. Kuva: (Bomag, 2013)

Kuvasarja 9 havainnollistaa mahdollisuuden vajaalaatuisuudelle, vaikka sen laatu olisikin varmistettu hyväksytyin ja suositelluin menetelmin. Lopputuotteen vajaalaatuisuuden vähentämiseksi tai jopa estämiseksi voidaan käyttää täryjyrään tai

tärylevyyden integroitua kantavuusmittaria. Vaikka itsemittaava kantavuusanturi ei kerrokaan suoraan kantavuusarvoa, -suhdetta tai tiiviysastetta, korreloi se silti näiden ominaisuuksien kanssa riittävästi. Kuvasarjassa 10 on kuvattu kehittyneempi työmenetelmä, jossa hyödynnetään tiivistyslaitteeseen integroitua tiivistysmittaria. Menettely etenee seuraavin vaihein.

1. tiivistetään aluksi pieni pinta-ala
2. tarkastetaan kantavuutta mittaavan anturin lukema kohdan 1 pinta-alaa tiivistettäessä
3. tehdään tiivistetylle alueelle lopputulosmenetelmän avulla tiiviys- ja/tai kantavuuskoe ja asetetaan tiivistyskoneen kantavuusmittariin laitekohtainen asetusarvo, joka vastaa tiivistykseltä edellytettyä tavoitetilaa
4. tiivistetään loppuosa kentästä tarkkaillen kantavuusmittarin lukemaa
5. lisätiivistetään kohtia, joissa kantavuusmittari kertoo alhaisesta tiiviyydestä
6. tarkastetaan tiivistetyn pinta-alan laajuudesta riippuen kantavuusmittari ilmoittaman kahden tai useamman heikoiten kantavan kohdan kantavuus tai tiiviys lopputulosmenetelmällä



Kuva 10. Kentän laadunvarmistus lopputulosmenetelmällä sekä integroidun kantavuusmittarin avulla. Kuva: (Bomag, 2013)

4.3 Miten vältän virheet?

Työn tekijän tulee tuntea tiivistettävä maa. Tiivistämiseen vaikuttaa tiivistettävän alueen pohjan laatu ja mikäli tarve vaatii, tulee pohjan laadun selvittävä tutkimus teettää. Työmaalla tulee varmistaa, että käytettävä materiaali soveltuu kyseessä olevan työosan tiivistysmateriaaliksi.

Ennen maantiivistystä maa-aineksen levitysvaiheessa tulee tarkkailla, että levitys on tasaista ja että kerrospaksuus ei kasva tilapäisestikään suunniteltua suuremmaksi. Mikäli kerrospaksuus on ajoittain suurempi kuin käytettävän tiivistyskoneen kapasiteetti, maa ei tiivisty riittävästi tai riittävän syvälle siltä kohdin. Mikäli maapohjan laadusta on epäilystä, tulee teettää pohjan laadun ja jäykkyyden erillisselvitys.

Työn tekijän tulee tuntea maantiivistuskoneet ja niiden turvalaitteet ennen niiden käyttämistä. Rakennustyömaalla työskennellessä työnjohtajan vastuulla on järjestää työntekijälle perehdytys kulloiseenkin työtehtäväänsä.

Lopputuotteen laadun kannalta on tärkeää, että tiivistuskoneet toimivat luotettavasti. Mikäli työkone on huonokuntoinen, eikä siirrä maahan tiivistysenergiaa oletetun verran, maa saattaa jäädä löyhäksi.

Työkohteissa tulee käyttää sopivaa tiivistyskalustoa. Laajoille (yli 100 m²) ja yhtenäisille kentille sopivin vaihtoehto ovat tavallisesti täryjyrät. Tärylevyt sopivat parhaiten laajoille, mutta alle 100 m² laajoihin kenttiin. Ahtaissa tiloissa, vierustäytössä sekä viimeistelevässä tiivistämisessä usein sopivin vaihtoehto on täryjuntta.

Ennen täyttötyötä tulee huomata, että kaikki täyttöä edeltävät työvaiheet ovat suoritettu loppuun. Esimerkiksi perustusten rakennustarkastus on oltava suoritettu loppuun ja pohjaviemärointi, salaojat kaivoineen, vesijohdot sekä kaapeloinnin läpiviennit on oltava tehtynä ja hyväksyttynä ennen kuin rakenteet peitetään. Myös maarakenteen alle jäävät muotit ja muu laudoitus on poistettava, jottei maahan jää myöhemmin tapahtuvaa orgaanisen aineen hajoamista ja maarakenteen painumaa tai heikkenemistä.

Tiivistystyötä varten tulee varata maan mahdollisesti vaatimaa kosteutusta varten riittävä määrä vettä valmiiksi. Kostutus voidaan suorittaa tehokkaasti esimerkiksi vesiletkun avulla.

Salaojien, viemäreiden ja kaapeleiden kohdalla tiivistettäessä tulee varoa putkien rikkoutumista. Kaivantojen ja putkien ympärystäytöissä on käytettävä erityistä huolellisuutta, jotta lopputäyttövaiheessa voidaan turvallisesti tiivistää näiden työkohtien päältä ja ympäriltä. Kaapeleiden sijainnit merkitään lopulta asemapiirrokseen.

Täyttötyön lopputuotteen pinnan kallistukset tulevat olla asianmukaiset ja ne tulee tarkastaa. Vääränlaiset kallistukset voivat esimerkiksi altistaa perustukset liialle kosteudelle.

Lopputuotteen laatu tulee varmistaa ja dokumentoida urakka-asiakirjojen mukaisesti. Laadunvarmistuksen tekemättä jättäminen tai sen tekeminen väärin jättää mahdollisuuden jälkitiivistymiselle, joka saattaa ilmetä myöhemmin maarakenteiden, pihojen ja äärimmillään jopa rakennuksen epätoivottuna vajoamisena.

5. Vajaalaatuisuuden vaikutuksia

Linkki:
[Koulutusmateriaali](#)

Jälkitiivistymispotentiaali: Tiivistyksen ollessa suoritettu vajaasti tai materiaalin ja kerrospaksuuteen nähden riittämättömällä kalustolla, jää maa-aines voi jäädä löyhäksi. Löyhäksi jääneeseen maarakenteeseen jää jälkitiivistymispotentiaalia, eli maa tulee tiivistymään tulevaisuudessa sääolojen ja rakenteelle aiheutuvan kuorman seurauksena. Jälkitiivistyminen on nopeinta heti rakentamisen jälkeen ja sen vaikutus hidastuu ajan myötä maarakenteen lähestyessä stabiilia tilaa. Jälkitiivistyminen ei kuitenkaan yleensä tapahdu tasaisesti, mistä syystä vajaalaatuisuudesta usein seuraa rakenteiden kallistumisia, pintarakenteiden taipumia, halkeiluja jne. Hyvin tiivistetty maa ei tiivisty jälkikäteen juuri lainkaan ja se säilyttää muotonsa rakenteen alla. (Kalliainen, et al., 2011) On siis varsin ymmärrettävää, että talonrakentamisessa hyvä tiivistys on olennainen osa rakennelman lopputulosta. Tiivis maa ei ole ainoa edellytys onnistuneelle lopputulokselle, vaan laadun tasaisuus merkitsee rakennuksen kunnossapitotarpeelle vähintäänkin yhtä paljon.

Erityisesti liikennöitävillä alueilla, joissa kuormitus on dynaamista ja epätasaista, ovat kentän **kantavuuserot** merkittävä syy päällysteen epätasaiselle urautumiselle ja vaurioitumiselle. Alkanut epätasaisuus lisää nopeasti liikenteen aikaansaamia kuormia liikennöitävälle pinnalle ja kasvattaa epätasaisuutta edelleen.

Reunatuen puuttuminen: Tiivistäminen lähellä luiskien reunoja heikentää tiivistämisen edellytyksiä. Tiivistysenergia kohdistuu siirtämään luiskaa vaakasuunnassa ja tiivistettävä alue painuu ilman riittävää tiivistymistä. Lähellä luiskaa tiivistäminen tulee tehdä tavanomaista ohuempina kerroksina, jotta tiivistymisen seurauksena tiivistettävän kerroksen lujuus saadaan nousemaan. Lujuuden kasvaessa vaakasuuntaisen siirtymisen riski pienenee ja alempi tiivistetty kerros tukee paremmin päälleen tulevien kerrosten tiivistämistä. Mikäli tiivistäminen halutulle alueelle reunan läheisyydessä ei onnistu, reunan materiaalin valinnalla voidaan eräissä tapauksissa parantaa tavoiteltavan pintakantavuuden saavuttamista. Suhteistunut ja suhteellisen karkea, murskattu materiaali on esimerkiksi tasarakeista lujempaa ja muodostaa paremman reunatuen tiivistämistyölle.

Ylitiivistäminen: Ylitiivistäminen aikaansaa lujuudeltaan heikoissa materiaaleissa – esimerkiksi kiillettä runsaasti sisältävissä maa-aineksissa – rakeiden murskautumista ja jauhautumista alkuperäistä hienommaksi. Hienontunut ja pinnalle rikastunut maa-aines voi sinällään aikaansaada kantavuusmittausten perusteella laadukkaanoiloisen lopputuloksen, mutta rakenteen toimiminen esimerkiksi päälle tulevan päällysteen kanssa yhdessä voi heikentyä. Hienoainekseen kondensoituu ja pidättyy karkeaa helpommin vettä ja jäätä, joka liukastuttaa kontaktin toimimattomaksi. Joissain ääritapauksissa myös ylitiivistämisestä johtuen jauhautunut murske saattaa alkaa routia.

5.1 Maan tiivistäminen pakkasolosuhteissa

Lämpötilan laskiessa alle +0 °C, tulee maanvaraisen rakenteen alainen kaivanto kaivaa lopulliseen syvyyteensä vasta juuri ennen kaivua seuraavaa täyttöä tai rakenteen asentamista. Mikäli on vaarana, että kaivannon pohja routaantuu, tulee routaantuminen estää lämmöneristein tai lämmityksen avulla. Täyttömaa tulee samoin suojata routaantumiselta ja sateelta (RIL, 1979). Pitkään pakkasen vaikutuksen alla suojaamattomana ollut maa jäätyy mahdollisesti syvältäkin. Likimäärin roudan tunkeutumisen syvyyttä, Z_{routa} , voidaan arvioida kaava (3), kun maanpinta on ollut lumeton tai routasuojaamaton.

$$z_{\text{routa}} = 1.2 \cdot \sqrt{\text{Pakkasmäärä}} \quad (3)$$

Pakkasmäärä on pakkaskauden aikana vallinneiden pakkasasteiden ja näiden vaikutusajan tulo. Pakkasasteet annetaan kaavan Celsius –asteina (pakkasasteet positiivisena lukuna) ja vaikutusaika tunteina. Roudan syvyys saadaan kaavasta (2) senttimetreinä.

Talvitiivistäminen vaatii erityistä huolellisuutta. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (Rakennustieto Oy, 2010b) painottaa talvi-/pakkastiivistämisessä tarvittavaa huolellisuutta useaan otteeseen. Rakennusinsinöörien Liiton Talonrakennuksen maatöiden työselitys (RIL, 1979) kehottaa käyttämään lämpötilan laskiessa alle +0 °C mahdollisimman kuivaa maa-ainesta; suositusraja-arvo käytettävän materiaalin vesipitoisuudelle on 3 %, mitä ei saa ylittää. Urakka-asiakirjoissa täsmennetään yleensä ne täyttökohteet, jotka voidaan tehdä talvityönä.

Käytettävä tiivistysmateriaali ei saa sisältää lunta tai jäätä, jäätyneitä maakokkareita tai muuta jäätyneitä materiaalia. Mikäli maa-aines sisältää lunta tai jäätyneitä osia, tiivistetty maaperä ei tule saavuttamaan vaadittuja laatuksia. Laatuksien jäädessä toteuttamatta, tulee maa-ainekseen kohdistuva kuorma aikaansaamaan maan sulaessa tiivistymistä. Näin ollen tiivistettävän materiaalin jäädyttyä, tiivistämistä ei voida tehdä kesätyöhjeitä käyttäen

Tiivistettävän materiaalin jäädyttyä, tiivistämistä ei siis voida tehdä. Pakkasella tiivistettäessä tulee huolehtia, että mahdollisimman pieni tiivistettävä alue on kerrallaan alttiina pakkasen vaikutukselle. Kerralla tiivistettävää kerrospaksuutta tulee ohentaa (n. 30–60 %), jotta laatuvaatimukset täytetään. Tiivistyksen tulee tapahtua välittömästi maa-aineksen levityksen jälkeen ja uusi kerros tulee levittää mahdollisimman nopeasti tiivistetyn kerroksen päälle. Pakkasella tiivistettäessä tulisi tiivistyskalustona käyttää mahdollisimman raskasta täryjyriä, joka levittää ja tiivistää materiaalin samanaikaisesti (RIL, 1979).

Talvella tiivistettyjen maarakenteiden laadunvarmistuksessa käytetään tavallisesti työtapamenetelmää, joka kalibroidaan tiiviys tiivistyskokein (volymetrikokeet tai radiometrinen mittaus), sillä talvella maa vaikuttaa esimerkiksi levykuormituskokeissa ja pudotuspainolaitekokeissa jäykemmältä, kuin mitä se tulee olemaan sulamisen jälkeen. Karkearakeisilla, kuivilla maa-aineksilla, joissa vettä ei jäätyneenä tiivistettävässä kerroksessa, tiivistäminen voidaan tehdä kuten sulan tilan tiivistämisessä. Koska maa-aineksessa olevan jäätyneen veden vaikutuksia tiivistettävyyteen ei ole yksiselitteisesti ja helposti todettavissa, tiivistämiskoneen ja tiivistettävän kerroksen paksuus suositellaan aina varmennettavaksi materiaali- ja tiivistyskonekohtaisesti.

6. Maantiivistyskaluston valinta

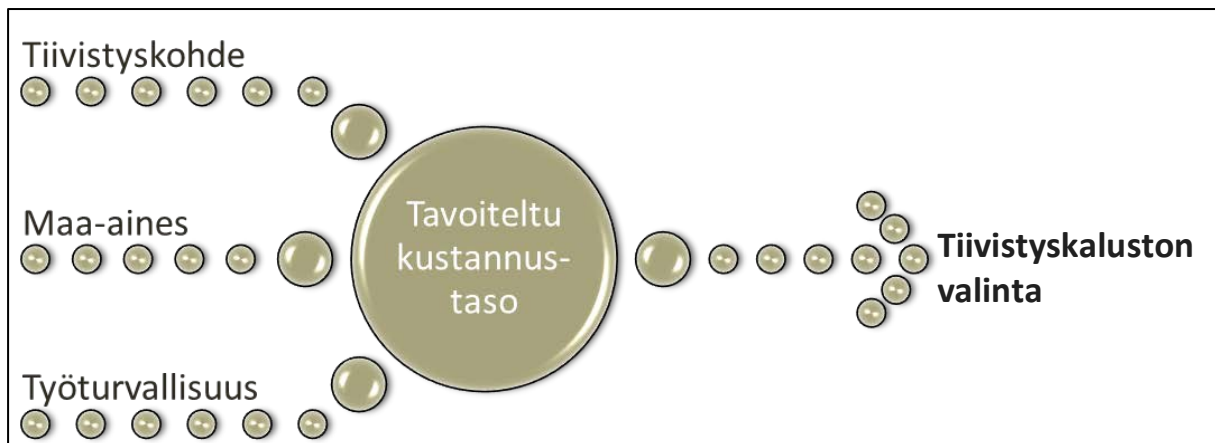
Linkki:

[Koulutusmateriaali](#)

6.1 Oikean kaluston valinta

Kuhunkin käyttöön optimaalisen tiivistyskaluston valintaan vaikuttaa olennaisesti neljä aihetta kuvan 11 mukaisesti:

- Tiivistyskohde ja sen vaativuusluokka
- Käytettävä maa-aines
- Työturvallisuus
- Kustannustaso



Kuva 11. Tiivistyskaluston valinta

Kalustoa valittaessa ensimmäinen tunnistettava kohta on tiivistyskohde. Kuten [taulukosta](#) Taulukko 1 käy ilmi, on eri kohteilla eri vaativuusluokat. Kohteen vaativuus määrittelee sille asetetut tiiviys- ja kantavuusvaatimukset. Vaativimmissa kohteissa kevyin tiivistyskalusto ei välttämättä pysty saavuttamaan näitä vaatimuksia kustannustehokkaasti kerralla tiivistettävän kerrospaksuuden ollessa erittäin pieni. Lisäksi tietyt kohteet, kuten rakennuksen vierustäytöt sekä kapeat kaivannot asettavat rajoitteensa käytettävän koneen fyysiselle koolle.

Tiivistettävä maa-aines voi asettaa tiivistyskalustolle myös osaltaan rajoitteita. Valtaosa tiivistyskalustosta on kuitenkin suunniteltu toimimaan hyvin talonrakentamisessa tavallisesti käytettävien maa-aineksien hiekan, soran ja hienomurskeen kanssa. Isompi murske ei sovellu tavallisesti pienimmälle tiivistyskalustolle täryjuntille ja kevyille tärylevyille. Ääripään maa-aineksien – louheen, siltin ja saven – tiivistämiseen tavallisimmin käytetty tiivistämiskalusto ei sovellu hyvin, vaan niille on erikseen suunniteltu kalustoja ja menetelmiä.

Työkohteen ollessa pinta-alaltaan laaja, tulisi työvälineeksi valita riittävän tehokas kalusto jo pelkästään työturvallisuuden kannalta. Ensisijaisesti kalustoa valittaessa tulee suosia kalustoa, joka ei aiheuta vakavaa värinäaltistusta. Esimerkiksi kauko-ohjattavat sekä päältä ajettavat täryjyrät, aiheuttavat käyttäjälle vähemmän värinäaltistusta, kuin perinteiset tärylevyt ja –juntat. Mikäli värinäaltistukselta ei voida välttyä ja se on pitkäkestoista, tulee työ jaksottaa siten, että yhteen työntekijään ei kohdistu liian pitkäkestoista värinäaltistusta.

Haettu kustannustaso määrittää pitkälti sen, mitä kalustoa työssä tullaan käyttämään. Vaikka tiedettäisiin, että parhaimman lopputuloksen saamiseksi vaaditaan täryjyrän käyttöä, saatetaan kustannussyistä kalustoksi valita tärylevy. Tämä, erityisesti pienemmillä työmailla käytetty toimintatapa, kasvattaa käytettävää työn määrää, mutta samalla usein pitää kustannukset alhaisina. Pidettäessä kustannustaso matalana käyttämällä kevyempää kalustoa, tulee tämä huomioida soveltuvan kerrospaksuuksien arvioinnissa.

Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus riippuu tiivistettävän materiaalin laadusta ja käytettävästä tiivistyskalustosta. Jokainen tiivistettävä kerros ja pengertäytteen yläpinta tiivistetään koko leveydeltään käyttäen kerrospaksuuden mukaan kuhunkin tarkoitukseen soveltuvaa tiivistyskalustoa ja tiivistyskertamäärää.

Sopiva tiivistyskertamäärä erilaisille kerrospaksuuksille voidaan selvittää koejyräyksen tai kokemusperäisten ohjearvojen avulla. Muun muassa *InfraRYL*:ssa sekä *RIL 132 – talonrakennuksen maatoiden työselityksessä* on esitetty työpatarkkailutaulukossa ohjeellisen jyräyskertamäärän riippuvuus tiivistettävän kerroksen tyypistä, kerrospaksuudesta, jyräyskalustosta ja jyräystavasta.

7. Työturvallisuus

Linkki:
[Koulutusmateriaali](#)

Suurimmat riskit maan täyttötöissä ovat rakentajien työsuorituskohtaisten turvallisuusohjeiden mukaan:

- Kaatuvan tai peruuttavan tiivistuskoneen alle jääminen
- Kaivannon tai luiskan reunan sortuminen
- Kaivannon seinistä irtoavien kivien tai maalohkareiden alle jääminen
- Täryttimien aiheuttamat ruhjevammat jäätäessä rakenteen ja koneen väliin
- Tiivistystyössä syntyvä melu

(Koski & Mäkelä, 2006)

Työntekijöiden tulee käyttää selvästi erottuvaa heijastavaa työvaatetusta sekä tarvittaessa huomioliiviä jatkuvasti näkyvyyden parantamiseksi. Asiattomien henkilöiden pääsy työalalle tulee estää esim. aitaamalla työmaa-alue.

Kaivannon sortumisvaara kasvaa sateen, kuivumisen, roudan sulamisen ja tärinän johdosta. Kaivanto tulee tukea kaivusuunnitelmien mukaisesti. Mikäli kaivantoa ei ole tuettu, kaivannon luiskien tulee olla kaivettu porrastetusti tai riittävän loivasti. Kaivannon tai luiskan reunaa on tarkkailtava sortumisvaaran varalta (Koski & Mäkelä, 2006).

Maantiivistystyössä tulee aina käyttää ainoastaan koneita, jotka täyttävät koneille asetetut vaatimukset, jotka ilmenevät [valtioneuvoston asetuksesta koneiden turvallisuudesta](#) sekä muissa kone- ja laiteturvallisuutta käsittelevissä asetuksissa.

Maantiivistäminen tärylevyllä tai –juntalla on rakentamisen työvaiheista yksi eniten tärinälle alistavista. Käytettäessä tärylevyä tai –junttaa, työntekijään kohdistuu käsi- ja vartalotärinää, joka voi aiheuttaa terveyshaittoja ja tapaturmariskiä. Tärinäaltistukselle on määritetty toiminta- ja raja-arvot, joiden avulla pyritään tunnistamaan ja vähentämään tärinästä aiheutuvia haittoja. Tärinäaltistuksen toiminta- ja raja-arvot ovat esitetty taulukossa Taulukko 6. Työntekijöitä suojelusta tärinästä aiheutuvia vaaroja vastaan on asetettu [valtioneuvoston asetus 48/2005](#).

Taulukko 6. Tärinäaltistuksen toiminta- ja raja-arvot. Arvot kiihtyvyyksiä.

	Käsitärinä	Kehotärinä
Toiminta-arvo (8 tuntia)	2,5 m/s ²	0,5 m/s ²
Raja-arvo (8 tuntia)	5,0 m/s ²	1,15 m/s ²

7.1 Miten varmistan oman ja muiden työturvallisuuden?

Käytettäviin koneisiin tulee aina tutustua huolella ennen käyttöä ja käyttäjän tulee tutustua koneen turvalaitteisiin ennen käyttöä. Sivullisten tulee välttää turhaa oleskelua työkoneiden läheisyydessä niitä käytettäessä. Koneiden työskentelyalueelle ei saa mennä, mikäli

kuljettajalla ei ole mahdollisuutta havaita liikkujaa tai liikkujalla ei ole kuljettajaan vähintään katsekontaktia.

Käytettävän kaluston tulee olla turvallista ja mahdollisimman vähän tärinälle altistavaa. Mikäli kuitenkin käytetään tärinälle vakavasti altistavia koneita, tulee työntekijöiden turvallisuus varmistaa työn jaksottamisella siten, että työntekijään ei kohdistu liian pitkäkestoista tärinäaltistusta. Ensisijaisesti tulee suosia tärylevyjä, jonka ohjainaisa on tärinävaimennettu.

Käytettävän kaluston huoltotoimenpiteet tulee suorittaa aina turvallisissa olosuhteissa ja asiantuntevien ihmisten toimesta. Käytettäviä koneita tulee kunnossapitää siten, että ne ovat turvallisia käyttää. Mikäli koneesta on vaurioituneita turvalaitteita, koneen tulee olla käyttökiellossa kunnes turvalaitteet on korjattu.

Maantiivistuskoneet tuottavat melua ja pölyä. Maantiivistuskoneen käyttäjän tulee käyttää asianmukaisia turvavälineitä: turvakengkiä, kuulonsuojausta, hengityssuojausta sekä näönsuojausta. Maata tiivistettäessä tulee huomioida ja vähentää sivullisten altistusta melulle ja pölylle. Tiivistettäessä maata sisätiloissa, esimerkiksi kellarissa tai sääsuojuassa, tulee tilaan järjestää tuuletus ja pölynpoisto. Lisäksi suojakypärää ja näkyvää vaatetusta tulee käyttää työskennellessä ajoneuvojen kulku-urien läheisyydessä tai muiden koneiden vaara-alueella (Koski & Mäkelä, 2006).

Työtaturmien välttämiseksi työmaalla tulee olla käytössä asiallinen valaistus. Huolehdi siis, että tiivistettävällä alueella on riittävä valaistus.

Täyttötyöt kuormittavat erityisesti käyttäjän selkää ja niska-hartiaseutua. Tämän vuoksi työntekijän tulee pyrkiä pitämään selkä suorana ja välttää vartalon taivuttamista (Koski & Mäkelä, 2006).

Tärykoneet ovat säännöstään erittäin painavia, ja niitä nostettaessa tulee käyttää ainoastaan hyväksytyjä nostovälineitä ja –koneita ja kiinnitysvälineitä, joiden kantokyky on riittävä. Nostovälineet ovat kiinnitettävä tiivistyskaluston nostopisteisiin, jotta koneen tasapaino säilyy ja se ei kaadu. Nostolaitteen käyttäjän tulee olla työtehtävään perehtynyt. Ennen nostoa tulee varmistaa, että kiinnitysvälineet ovat varmasti hyvin asennettu ja koneen lähellä tai alla ei ole ketään.

Ahtaissa paikoissa, esimerkiksi kaivannoissa tai rakenteen vieressä, tiivistäminen muodostaa riskitekijän ja näissä tuleekin olla erityisen varovainen. Jyrän kääntämiselle tulee varmistaa riittävä tila ja jyrän ja seinämän väliin jäämistä tulee varoa. Täryttimellä ei saa ajaa kaivannon tai muun jyrkänteen reunan lähellä. (Koski & Mäkelä, 2006)

Käytettäessä laadunvarmistuksen radiometrisiä mittausrakenteita (esim. Troxler) tulee laadunvarmistuksen suorittavan työntekijän olla koulutettu käyttöön ja laite tarkastettu sekä laitteella tulee olla asianmukainen turvallisuuslupa. Säteilylaitteiden käsittelyyn osallistuvien henkilöiden on tunnettava omaan työhönsä liittyvät säteily suojausmääräykset ja työpaikkakohtaiset ohjeet. Niissä on esitettävä varotoimenpiteet, jotka on otettava huomioon tehtäessä huolto- ja korjaustyötä säteilylähteen läheisyydessä. Lisäksi on annettava toimintaohjeet laitteen rikkoutumisen ja tulipalon varalta. Ulkopuolisten ei tule käyttää radiometristä mittalaitetta.

8. Lähteet ja lisätietoa

- AL-Engineering Oy, 2009. *Loadman*. [Online] Available at: <http://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html> [Haettu 22 Lokakuu 2013].
- Kalliainen, A. ym., 2011. *Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimuksia*, Helsinki: Liikennevirasto.
- Koski, H. & Mäkelä, T., 2006. *Rakennustöiden turvallisuusohjeet Raturva 2.*, Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- Laukkanen, K., Halonen, P. & Pyy, E., 2012. *Sitomattomien materiaalien jatkuvatoiminen tiivistystarkkailu*, Helsinki: Liikennevirasto.
- Mittaviiva Oy, 2010. *Pientalon maarakennustyöt*. s.l.:Infra ry.
- Rakennustieto Oy, 2010a. *InfraRYL2010 - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet (myös edeltävät painokset)*. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- Rakennustieto Oy, 2010b. *MaaRYL2010 - Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Talonrakennuksen maatyöt (myös edeltävät painokset)*. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- RIL, 1979. *RIL 132, Talonrakennuksen maatöiden työselitys (sekä myöhemmät painokset)*. Vammala: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.
- RIL, 1985. *RIL 157-I. Geomekaniikka I*. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- VTT, 1967. *Tienrakennuksen tiivistystarkkailumenetelmiä*. 1 toim. Helsinki: Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos.

