

**Foamit<sup>®</sup>**



# **Suunnitteluohje**

Infrarakentamiseen

FOAMIT<sup>®</sup> – TÄYTTÄÄ KEVYESTI

# Sisältö

---

<b>1.</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Yleisiä ominaisuuksia .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Vahtolasimurske infrarakentamisessa.....</b>	<b>4</b>
3.1	Penger- ja siirtymärakenteet .....	5
3.2	Rakenteiden tausta- ja alustäytöt.....	8
3.3	Putkijohtorakenteet .....	8
3.4	Routaeristeet .....	9
<b>4.</b>	<b>Materiaaliominaisuudet .....</b>	<b>10</b>
4.1	Rakeisuus .....	11
4.2	Tiheys ja lujuus .....	12
4.3	Kantavuus .....	12
4.4	Lämmönjohtavuus ja -eristävyys.....	12
4.5	Kapillaarinen nousukorkeus ja vedenläpäisevyys .....	13
4.6	Kemialliset ominaisuudet.....	13
<b>5.</b>	<b>Geotekninen mitoitus.....</b>	<b>14</b>
5.1	Kevennyksen mitoitus .....	14
5.2	Routamitoitus .....	14
5.3	Kuormituskestävyysmitoitus .....	16
5.4	Maanpainemitoitus .....	16
<b>6.</b>	<b>Rakenteiden toteuttaminen .....</b>	<b>17</b>
6.1	Suunnitelma .....	17
6.2	Rakentaminen.....	17
6.3	Laadunvarmistus .....	20
6.4	Työturvallisuus.....	20
<b>7.</b>	<b>Ympäristönäkökohdat .....</b>	<b>21</b>
7.1	Vaikutus ympäristöön.....	21
7.2	Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys .....	21
7.3	Käytöstä poistaminen.....	21
7.4	Ekologisuus.....	21
<b>8.</b>	<b>Määräykset, ohjeet ja kirjallisuus.....</b>	<b>22</b>
8.1	Ohjejulkaisut .....	22
8.2	Muu kirjallisuus .....	23

---

## Liitteet:

- Liite 1 Pengerkevennyksiä
- Liite 2 Kevennyksen suunnittelun ja mitoituksen periaatteet
- Liite 3 Routamitoitettu katurakenne
- Liite 4 Routaeristeen mitoitus
- Liite 5 Tierakenteen routa- ja kantavuusmitoitus
- Liite 6 Piharakenteen kantavuus-, painuma- ja routamitoitus

# 1. Johdanto

Vahtolasimursketta on käytetty menestyksekkäästi infrarakentamisessa Euroopassa yli 25 vuotta. Uusioaines Oy aloitti vahtolasimurskeen valmistamisen Forssan tehtaalla vuonna 2011. Suomessa materiaali on rekisteröity tuotenimelle Foamit®. Tuotetta käytetään sekä infra- että talonrakentamisessa. Foamitin tuotanto sijaitsee Uusioaineen omistaman Suomen suurimman lasinkierrätyslaitoksen läheisyydessä Forssassa.

Foamit valmistetaan keräyslasista, joka on puhdistettu teollisessa prosessissa. Prosessi poistaa tehokkaasti lasinkeräykseen kuulumattomat metallit ja muut epäpuhtaudet. Lasinsiru jauhetaan alle 0,1 mm jauheeksi, johon sekoitetaan vaahdotusagenttia. Lasijauhe on niin hienoa, että se ei sisällä teräviä rakeita. Lasijauhe levitetään kuljetinhihnalle, joka kulkee hitaasti uunin läpi. Uunissa lasijauhe kuumennetaan noin 900 °C lämpötilaan, jolloin se paisuu lähes viisinkertaiseksi. Foamit sisältää n. 8 tilavuusprosenttia lasia ja noin 92 tilavuusprosenttia ilmaa. Jäähdyessään vahtolasilevyt pirstoutuvat palasiksi eli vahtolasimurskeeksi. (Kuva 1.1).

## Ympäristö

Foamit on täysin kierrätetyistä materiaaleista valmistettu rakennusmateriaali. Puhdistetun kierrätyslasin osuus massasta on n. 99 %. Lasin vaahtoaminen saadaan aikaiseksi kemiallisella reaktiolla, jossa

käytetyt kemikaalit ovat peräisin teollisuuden sivuvirroista. Foamitista ei liukene ympäristölle haitallisia aineita, joten sen käyttö myös pohjavesialueilla on turvallista. Foamitilla on todennettu hiilijalanjälki ja se on hyväksytty Joutsenmerkittyihin taloihin käytettävien rakennusmateriaalien rakennustuotetietokantaan. Foamit on käytettävissä uudelleen. Maanrakentamisessa uusiokäyttö on mahdollista kuten maa-aineksen uusiokäyttö. Foamitin ympäristövaikutuksia kuvaava Environmental Product Declaration (EPD) -kortti on ladattavissa osoitteessa [www.foamit.fi/tuotteet/ymparisto/](http://www.foamit.fi/tuotteet/ymparisto/)

Foamit Nordic Oy:n ja sen tytäryhtiön Uusioaines Oy:n toiminta perustuu ISO 9001, ISO 14001 ja ISO 45001 sertifioituun laatu-, ympäristö, ja työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmään. Foamit Nordic Oy on sitoutunut vastuulliseen liiketoimintaan ja raportoi toimintansa vaikutuksista avoimesti vuosittaisessa vastuullisuusraportissa.

## 1.1 Ohjeen käyttötarkoitus

Tässä suunnitteluohjeessa esitellään ohjeita ja suunnittelunäkökohtia Foamitin käytöstä infrarakentamisessa. Foamitin käyttöä talonrakentamisessa on käsitelty erillisessä ohjeessa "Foamit suunnitteluohje talonrakentamiseen".



Kuva 1.1. Vahtolasimurskeen valmistusprosessi.

## 2. Yleisiä ominaisuuksia

---

Foamitin koostumus on n. 8 % kiinteää ainetta ja 92 % ilmaa. Ilmakuplat antavat Foamitille sen lämpöä eristävän ominaisuuden. Kappaleen sisäinen rakenne on umpisoluinen, minkä ansiosta Foamit on kestävä ja sillä on hyvät kosteusominaisuudet, jotka eivät muutu ajan kuluessa.

Foamitin etuina infrarakentamisessa on erityisesti sen keveys ja kasautuvuus. Foamitia käytetään kevennysmateriaalina maarakenteissa (mm. kadut, tiet, siltojen tulopenkereet, urheilukentät, putkilinjat, pihat, tukimuurien taustatäytöt), joissa se vähentää pohjamaahan sekä ympäristön muihin rakenteisiin kohdistuvaa kuormaa.

Muita merkittäviä etuja infrarakentamiseen tuovia ominaisuuksia ovat Foamitin hyvä lämmöneristävyys sekä vedenläpäisevyys. Lisäksi Foamitilla on lukuisia muita ominaisuuksia, jotka tuovat etuja rakentamiseen.

- kitkapintaisuus
- 100 % kierrätysmateriaalia
- kuormituskestävyys
- helppo kasattavuus ja käsiteltävyys
- kemiallinen säilyvyys
- murskeesta ei irtoa haitallisia aineita ympäristöön
- ei sisällä rikkiä eikä orgaanisia aineita

Foamit luokitellaan kevytkiviaineeksi. Näitä koskeva eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi [3], jonka mukaisesti tuote on CE-merkittävä, on *EN 13055-2 Kevytkiviaineet. Osa 2: Kevytkiviaineet asfalttimalmassoihin ja pintauksiin sekä sitomattomiin ja sidottuihin käyttötarkoituksiin.*

Tässä suunnitteluohjeessa esitetään materiaalin keskeisimmät tekniset ominaisuudet ja yleisiä suunnitteluperiaatteita tavanomaisiin käyttökohteisiin sekä esimerkkejä rakenneratkaisuista. Yleisesti vaahtolasimurske merkitään suunnitelmiin kirjainlyhenteellä VaM.

## 3. Vaahtolasimurske infrarakentamisessa

---

Foamitin tärkeimmät ominaisuudet, joita hyödynnetään rakentamiskohteissa ovat materiaalin keveys, hyvä lämmöneristyskyky ja vedenläpäisevyys.

Foamitia voidaan keveytensä vuoksi käyttää uudisrakennus- ja saneerauskohteissa

- vähentämään, tasaamaan tai estämään painumia
- parantamaan penkereen tai täytön geoteknistä stabiliteettia
- pienentämään tukirakenteeseen kohdistuvaa maanpainetta.

Lämmöneristyskykynsä vuoksi Foamitia käytetään routaeristeenä ja vedenläpäisevyytensä vuoksi kuivausrakenteena.

Foamitin teknistaloudellinen kilpailukyky muiden pohjanvahvistus- tai pohjarakennusmenetelmien kanssa on parhaimmillaan, kun:

- pehmeiden maakerrosten paksuus on suuri ja niiden alla on paksuja löyhiä kitkamaakerroksia
- pohjamaa on ylikonsolidoitunutta tai esikuormitettua (esim. vanhoilla täytöillä)
- pohjamaassa on vanhoja rakenteita (esim. hirsiarinoita, täyttöjä, putkilinjoja, tms.), jotka vaikeuttavat muiden menetelmien käyttämistä

- pehmeiden maakerrosten välissä on kovia kerroksia, joiden läpäisy esim. pilaristabiloimalla ei ole mahdollista
- alueen yläpuolella on ilmajohtoja, siltakansi, tms., jotka vaikeuttavat tai estävät muiden menetelmien käyttämisen
- raskaan pohjanvahvistus- tai paalutuskone - kaluston käyttäminen tai työmaalle pääsy ei ole mahdollista
- mahdollisesti syntyvien kaivumaiden sijoittaminen on helposti toteutettavissa
- rakenteen toimivuusvaatimuksena ei ole täysi painumattomuus
- kevennyksen nostemitoitus tulvia vastaan on toteutettavissa.

Foamit-kevennyksen paksuus ja laajuus mitoitetaan stabiliteetti- ja painumalaskelmien avulla huomioiden nostemitoitus esim. tulva-alueilla. Suunnittelussa Foamit-rakenteen teknistaloudellinen kustannustehokkuus todetaan vertailulaskelmilla muihin mahdollisiin pohjanvahvistus- tai pohjarakennusmenetelmiin verrattuna. Kustannusten ja toimivuusvaatimusten täyttymisen lisäksi menetelmän valintaan vaikuttavat mm. aikataulu, mahdolliset häiriöt ympäristön asukkaille ja/tai rakenteille, mahdolliset rajoitteet menetelmien käyttämiselle. Myös ratkaisun ympäristövaikutukset, kuten materiaalien ja rakentamisen kasvihuonepäästöt vaikuttavat ratkaisun valintaan. Edellä esitetty huomioon ottaen, on vaahtolasimurskerakenne sellaisenaan tai muiden pohjanvahvistus- tai pohjarakennusmenetelmien kanssa yhdistelmä rakenteena usein teknistaloudellisesti perusteltu ratkaisu.

Rakenteiden saneerauksessa, esim. painumakorjauksissa, tasauksen korotuksessa ja routaeristykseen rakentamisessa Foamitin etuna on materiaalin hyvä kantavuus ja kitkakulma, mikä mahdollistaa kevennyksen ja routasuojauksen toteuttamisen kohtuullisilla kaivumäärillä. Foamit voidaan asentaa hyvin moni-

muotoisiin kohteisiin, jolloin routaeristeen jatkuvuus onnistuu ja kerros on helposti rakennettavissa ilman erillisiä asennuskerroksia tms.

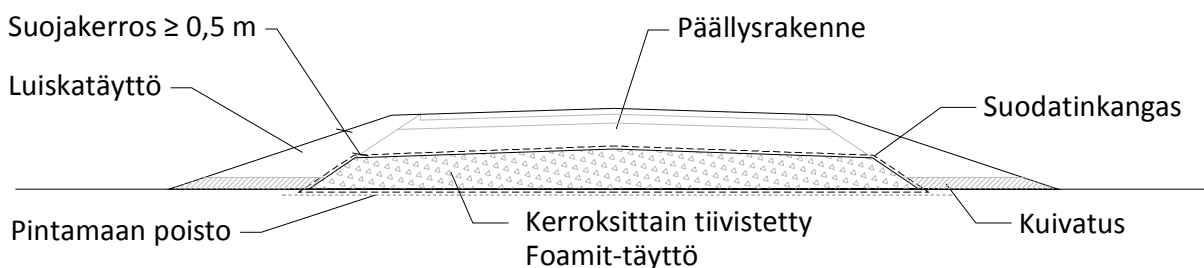
Saneerauskohteissa Foamit-kevennys on helpompi rakentaa vaiheittain kuin muut pohjanvahvistustoimenpiteet, koska Foamit-kevennyksen rakentaminen ei vaadi pitkäkestoisia liikennejärjestelyjä, maapohjan esteiden poistamista, pitkää lujittumisaikaa tai erityiskalustoa. Myös paikallisten pienialaisten korjausten tms. yhteydessä toteutettavat kevennykset on helppo toteuttaa Foamitilla.

### 3.1 Penger- ja siirtymärakenteet

Foamitilla käytetään liikennealueiden kevennysrakenteiden materiaalina (mm. kadut, tiet, satama-alueet, siltojen tulopenkereet, putkisiltojen taustatäytöt, ym.). Kevennysrakenteen paksuus vaihtelee tyyppillisesti välillä 0,5–2 m, mutta selvästi paksumpienkin kevennyksien toteuttaminen on mahdollista. Suomessa on toteutettu Foamitilla jopa 8 m paksuja pengerkevennyksiä.

Tyyppiesimerkki Foamitilla toteutetusta tiepenkereen kevennysrakenteesta (osittaiskevennys) on esitetty kuvassa 3.1. Erityyppisten pengerkevennyksien tyyppikuvia on esitetty liitteessä 1.

Periaatekuva kevennysrakenteen ja pilaristabiloinnin yhdistelmästä korkeassa penkereessä on esitetty kuvassa 3.2. Periaatepiirros tiepenkereen levittämisestä kevennettynä on esitetty kuvassa 3.3. Lisää erityyppisiä kevennysrakenteita löytyy esimerkiksi Liikenneviraston (Väylävirasto) ohjeesta *”Kevennysrakenteiden suunnittelu”*.



Kuva 3.1. Tie- tai katupenkereen osittaiskevennys Foamitilla.

Foamitin sisäistä kitkakulmaa voidaan verrata kiviainesmurskeisiin. Kevennyspenkereen luiskat voidaan rakentaa kaltevuuteen 1:1...1:1,5 tai loivempina riippuen mm. penkereen korkeudesta, pohjamaan lujuudesta, reunapenkereistä sekä rakenteen yläpuolisista kuormista ja niiden sijainnista. Kevennyskaivun kaivuluiskien kaltevuus voi olla 1:1 tai loivempi pohjamaan lujuudesta, kaivusvyvyydestä, yms. riippuen.

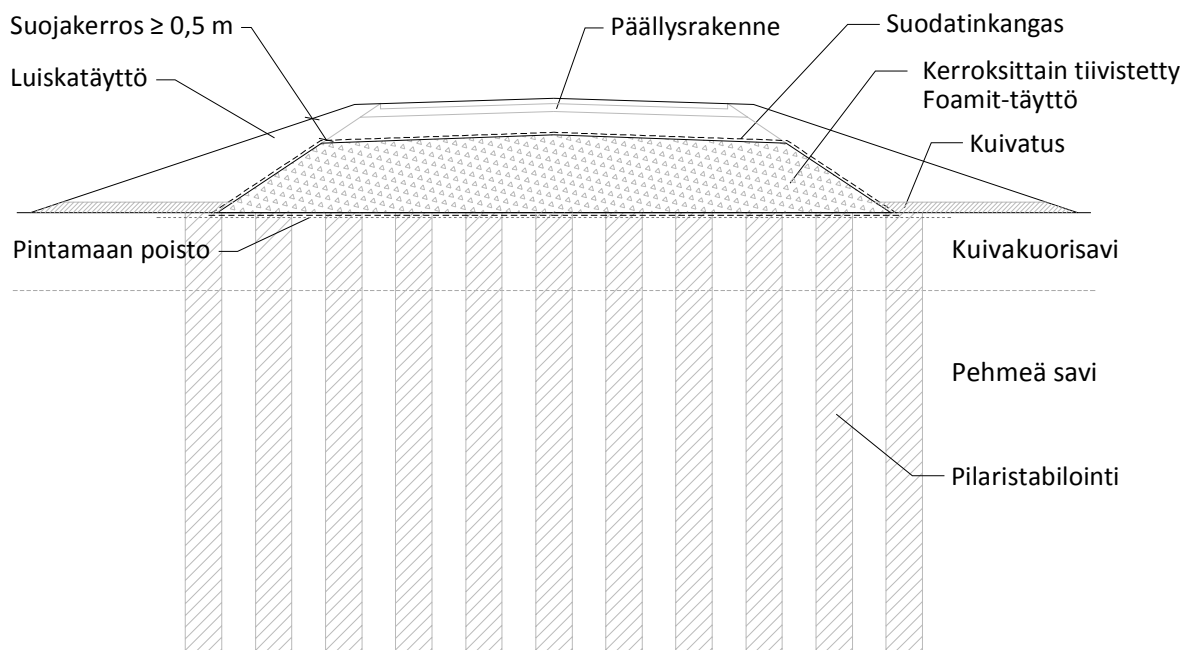
Foamit-penkereen rakentamiseksi reunapenkeret eivät yleensä ole välttämättömiä. Reunapenkeret tulee rakentaa, mikäli Foamit-rakenne on yli 600 mm paksu ja sen reunat halutaan jyrkemmäksi kuin 1:2. Alle 600 mm paksuilla Foamit-rakenteilla reuna voidaan rakentaa 1:1,5 kaltevuuteen ilman reunapenkereitä. Myös korkeammissa kevennyspenkereissä ne voivat olla kevennyksen alaosassa perusteltuja esimerkiksi valmiin rakenteen tai rakentamisen kustannusten kannalta. Tien tai kadun poikkeikkauksen painuman aiheuttaman sivukaltevuu- den muutoksen kannalta penkereen keskiosan kevennystä raskaammat reunapenkeret ovat usein myös eduksi.

Reunapenkereellä voidaan vähentää penkereen leviämistä tiivistämisen aikana sekä varmistaa tiivistystyön onnistuminen reunaan saakka. Pengertä rakennettaessa Foamit-penkereen luiskien tiivistäminen kaivinkoneen kauhalla ennen esitiivistämistä vaikuttaa positiivisesti tiivistämisen onnistumiseen penkereen reuna-alueilla.

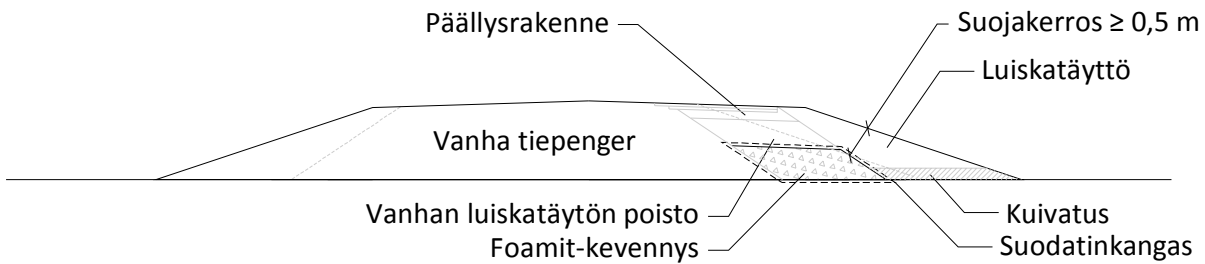
Luiskassa Foamit-kerroksen päälle asennetaan myös suodatinkangas sekä vähintään 0,5 m paksu maakerros. Mikäli rakenteeseen pääsee ajoittain vettä, on luiskan alaosan ja reunapenkereen materiaaliksi valittava riittävän vettäläpäisevä materiaali tai rakennetta-va vettäläpäiseviä purkautumiskanavia n. 30–60 m välein.

Perustamisolosuhteiden muutoksista aiheutuvat sallittua jyrkemmät epätasaiset painumat loivennetaan Foamitilla rakennettavilla siirtymärakenteilla niin, että rakenne täyttää painumaeroille asetetut vaatimukset. Siirtymärakenteita käytetään, kun pohjaolosuhteet, maapohjalle tulevat kuormitukset tai pohjarakennustoimenpiteet muuttuvat lyhyellä matkalla, esimerkiksi siirryttäessä savikolta kantavalle maalle, syvästabiloinnilla maanvaraiselle penkereelle tai savikolta paalulaatalle. Siirtymärakenne mitoitetaan painumattomaksi painumattoman rakenteen vieressä. Painuvan rakenteen vieressä siirtymärakenteen painuma mitoitetaan vastaavaksi kuin viereisen rakenteen painuma. Foamitista rakennetun siirtymälaatalla varustetun siirtymärakenteen periaate on esitetty kuvassa 3.4. Siirtymälaatan ja alapuolisen Foamit-kerroksen väliin rakennetaan vähintään 200 mm paksu murskekerros. Murskekerros tarvitaan Foamit-kerroksen tiivistämiseksi ja toisaalta Foamit-kerroksen pintaan vaikuttavien voimien pienentämiseksi.

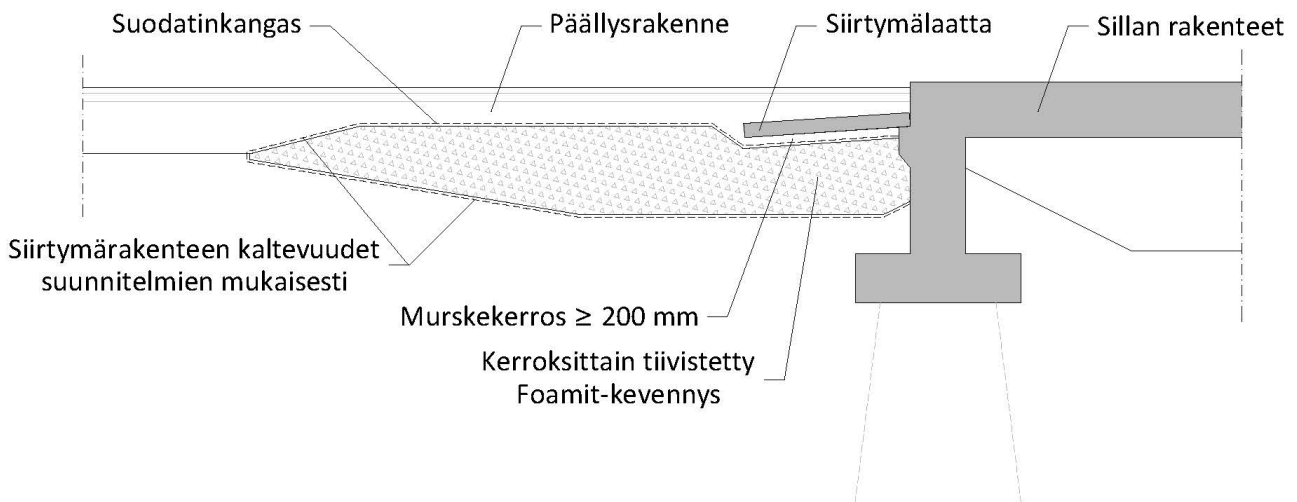
Kuvassa 3.5. on esitetty päällysrakenteen kuormittaman pohjamaan tyypillinen aikapainumakuvaaja Foamitilla kevennetyllä rakenteella ja keventämättömällä rakenteella.



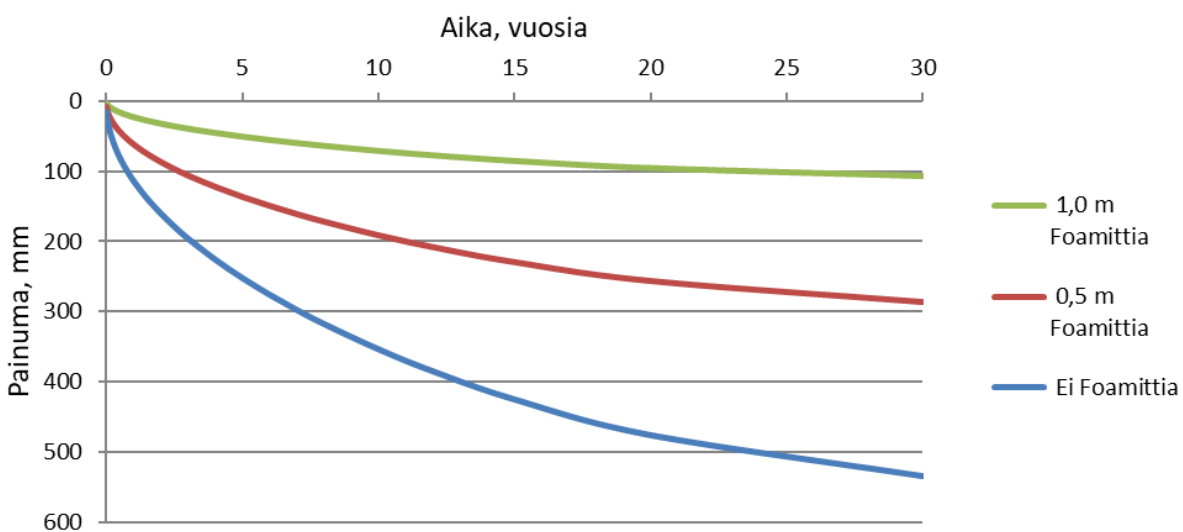
**Kuva 3.2.** Foamit korkean penkereen kevyenä pengertäyttönä pilaristabiloidun pohjamaan päällä. Kevennystä käyttäen on mahdollista harventaa pilariväliä, käyttää alemmaa pilarilujutta tai toteuttaa syvästabiloinnin varaisesti tavanomaista korkeampia penkereitä.



Kuva 3.3. Tiepenkereen leventäminen kevennettynä käyttäen Foamitia.



Kuva 3.4. Foamitista rakennettu sillan tulopenkereen kevennys- ja siirtymärakenne.



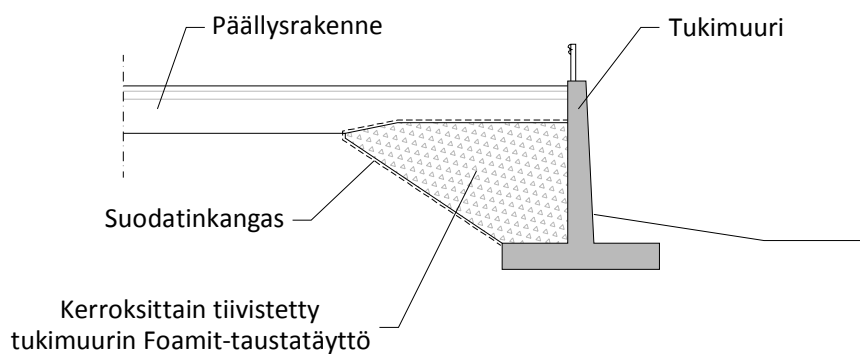
Kuva 3.5. Piha-alueen rakennekerrosten kuormittaman pohjamaan aika-painumakuvaaja tapauksessa, jossa rakenteen alapuolella on savea 10 m kerros, saven vesipitoisuus 100 %, penkereen yläpinta 0,5 m alkuperäisen maapinnan yläpuolella, kevennys Foamitia, päälysrakennekerrokset 0,4 m Foamitin päällä.

## 3.2 Rakenteiden tausta- ja alustäytöt

Tukimuurin taustatäytön tekeminen Foamitilla mahdollistaa kevyemmän tukimuurirakenteen. Foamitille rakennetun taustatäytön perusmuuria vasten aiheuttama maanpaine voi olla oleellisesti pienempi (jopa ~70-90 %) kuin luonnon maa-aineksella toteutetun täytön aiheuttama maanpaine. Täyttömateri-

aalin lisäksi maanpaineen suuruuteen vaikuttaa mm. Foamit-kerroksen päälle asennettavan maakerroksen paksuus ja pintakuorman suuruus. Foamit tukimuurirakenteen kevyenä taustatäyttönä on esitetty periaatekuvassa 3.6.

Betonisen tukimuurirakenteen sijaan on mahdollista rakentaa myös Foamitilla kevennetty geolujitettu tai kivi-koreilla tuettu tukimuri tai jyrkkä luiska. Kaikissa näissä rakenteissa Foamit voi toimia myös routaeristeenä ja kuivatuskerroksena.



Kuva 3.6. Foamit tukimuurin kevyenä taustatäyttönä.

## 3.3 Putkijohtorakenteet

Foamitia voidaan käyttää putkikaivantojen lopputäytönä. Alkutäytönä Foamita voidaan käyttää kohteen suunnitelman mukaisesti silloin, kun putken tai liitosten materiaali, halkaisija tai raekoko ei rajoita käyttöä. Foamitin rakeiden karkea pinta voi hiertää putken pintaa, mutta alkutäyttöön voi käyttää Foamitia ainakin seuraavilla putkityypeillä, kun kun Foamitin rakeisuus on putkikoon mukaisen alkutäytön enimmäisraekoon vaatimukset täyttävä:

- PVC-putki
- PE-putki
- pinnoitettu valurautaputki
- pinnoitettu teräsputki (PU, polyuretaanipinnoite)
- betoniputki

Putkia on mahdollista asentaa Foamit-kerrokseen. Putken alle tehdään asennusalusta kiviaineksesta InfraRYL:n mukaisesti. Verkostojen omistajilla ja rakentajilla on omia ohjeistuksiaan, jotka tulee huomioida Foamitia hyödynnettäessä.

Saneerauskohteissa, joissa putket ovat painuneet pohjamaan painuessa, voidaan tuleva painuma pysäyttää tai rajoittaa keventämällä putkien yläpuolista (tai mahdollisesti alapuolista) täyttökerrosta Foamitilla.

Periaatekuva Foamitista putkikaivannon täyttömateriaalina ja routaeristykseenä on esitetty kuvassa 3.7. Foamitin lämmöneristävyys mahdollistaa putkien asentamisen tavanomaista lähemmäksi rakenteen yläpintaa, mikä puolestaan pienentää kaivussyvyyttä, kaivumaiden määrää ja kaivantojen tuentatarvetta.

Foamitin yläpuolisen päällysrakenteen paksuus mitoitetaan kantavuusvaatimus huomioiden tapauskohtaisesti liikennealueilla. Muilla alueilla, kuten puistoalueilla päälle tuleva kerros (esim. kasvukerrokset) voi olla ohuempi, rakennuskohteen vaatimukset huomioiden.

Putkilinjaa korjattaessa rakennettuun Foamit-kerrokseen voidaan kaivaa kaivanto kuten tavanomaiseen kiviainekseen. Kaivannon luiskakaltevuus voidaan yleensä tehdä jyrkkänä, jolloin työmaan laajuus ei kasva tarpeettomasti.

### 3.4 Routaeristeet

Routa on tie-, katu-, kenttä- tai piharakenteen ympäristökuormituksista merkittävin Suomessa. Roudan kuormitusvaikutus ulottuu koko rakenteeseen roudan tunkeutumissyvyyteen saakka.

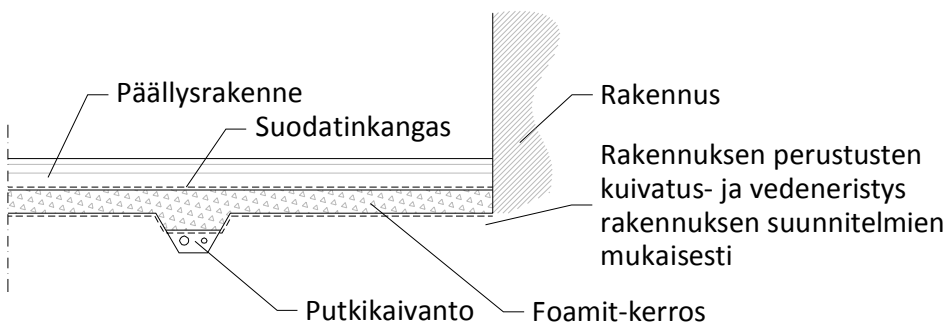
Foamit sopii hyvin tie- ja katurakenteiden, kenttien ja pihojen sekä putkien routaeristeeksi. Foamitilla routaeristetty piharakenne ja katurakenne on esitetty kuvissa 3.7. ja 3.8. Foamitilla toteutettu routaeristys mahdollistaa routivalla pohjamaalla tavanomaista ohuemman rakennepaksuuden, jolloin kaivumaiden määrä vähenee, rakentaminen nopeutuu ja tarvittavien kiviainesten määrä pienenee. Routivalla pohjamaalla Foamit routaeristeinä vähentää rakenteen ylläpitokustannuksia päällysteen routavaurioiden vähentyessä ja uudelleen päällystämisen ajankohdan siirtyessä myöhemmäksi.

Foamit soveltuu erinomaisesti routanousuvaatimuksiltaan toisistaan poikkeavien rakenteiden tai routivuodeltaan erilaisten pohjamaiden rajakohtiin. Routivalla poh-

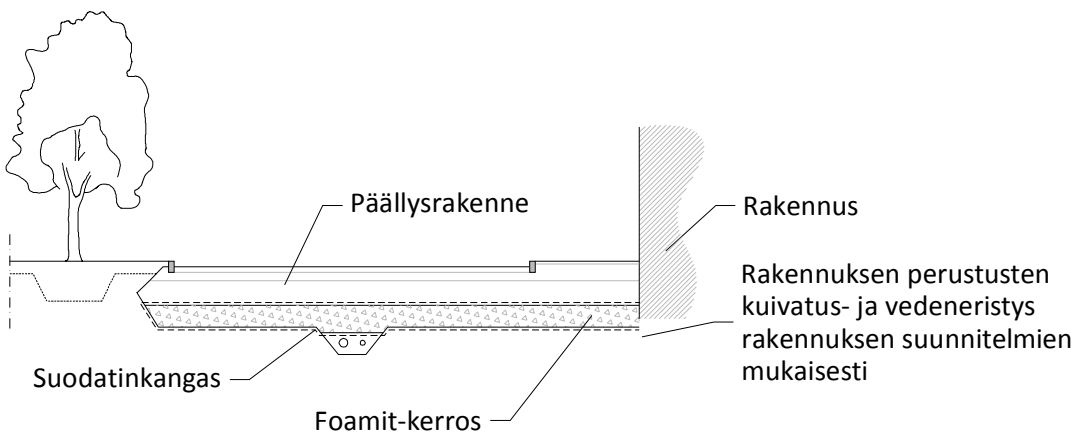
jamaalla putkilinjoja routaeristettäessä on muistettava, että jos ympäröiviä rakenteita ei ole routaeristetty niin routaeristetyn ja eristämättömän rakenteen rajapintaan voi muodostua epätasaisen routanousun vyöhyke. Mahdolliset epätasaiset haitalliset routanousut routaeristettyjen putkilinjojen vieressä tasataan kiilamaisesti ohenevilla siirtymärakenteilla, jotka ovat helposti toteutettavissa Foamitilla.

Foamit sietää paikallisia muodonmuutoksia (routanousu, painumat, terävät iskut, ym.) paremmin kuin levymainen routaeriste, joka saattaa halkeilla tai katketa. Levyeristeen alle on myös rakennettava tasainen asennusala routimattomalla hienorakeisella kiviaineksella ja kuivatuskerros.

Mikäli rakenteelle ei sallita lainkaan routanousua, tulee routaeristeinä toimivan Foamit-kerroksen alle rakentaa vähintään 0,2 m paksu kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta silloin, kun routaeristeen alla on routiva pohjamaa tai täyttö. Kuivatuskerros voidaan korvata paksuntamalla routamitoitetun Foamit-kerroksen paksuutta 0,15 m.



Kuva 3.7. Pihan ja putkikaivannon kevennys ja routaeristys Foamitilla toteutettuna.



Kuva 3.8. Kadun kevennys ja routaeristys Foamitilla toteutettuna.

## 4. Materiaaliominaisuudet

Foamit-mitoituksessa tarvittavia teknisiä parametreja ja ominaisuuksia on esitetty taulukoissa 4.1 ja 4.2.

Rakenteiden geotekninen mitoitus tehdään Väyläviraston ohjeiden mukaisesti kohteen sijaitessa tie- tai rata-alueella. Eurokoodin mukaisessa mitoituksessa

käytetään taulukon 4.1 mitoitusarvoja Foamitin ominaisarvoina täydennettyinä muussa ohjeistuksessa esitetyillä osavarmuuskertoimilla. Kokonaisvarmuustarkaste- luissa käytetään taulukon mitoitusarvoja.

Ominaisuus	Foamit 60 Mitoitusarvot	Standardi / koemenetelmä
Raekoko	0–60 mm	SFS-EN 933-1 / SFS-EN 13055-2
Tiheys (irtokuiva)	210 kg/m <sup>3</sup> (±15 %)	SFS-EN 1097-3
Tiheys (kuiva, tiivistetty) <sup>1)</sup>	220–280 kg/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
Kuivatilavuuspaino rakenteeseen tiivistettynä <sup>1)</sup>	2,2–2,8 kN/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
Tilavuuspaino		
rakenne, jossa toimiva kuivatus	3,5 kN/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
rakenne ajoittain veden alla (≤ 1 kk)	6 kN/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
rakenne pitkäaikaisesti veden alla (>1v.)	10 kN/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
Tilavuuspaino (nostemitoitus)	3,0 kN/m <sup>3</sup>	<sup>6)</sup>
Tiivistymiskerroin <sup>5)</sup>	1,20–1,23	kokemusperäinen
Kitkakulma (leikkauskestävyysskulma) <sup>7)</sup>	40°	kolmiakiaaliko
pH-arvo	10,5	
Vedenläpäisevyys	10 <sup>-1</sup> m/s	arvioitu raekokojakauman perusteella
Vedenimeytyminen <sup>2)</sup>		
lyhytaikainen (4 viikkoa)	≈ 60 paino-%	EN 12087
pitkäaikainen (1 vuosi)	≈ 100 paino-%	
Kapillaarinen nousukorkeus	175 mm	SFS-EN 1097-10
Puristuslujuus / murskautumiskestävyys 20 % kokoonpuristumalla	> 0,9 MPa	Materiaalin laadunvalvontakoe tehtaalla. SFS-EN 13055-1
Lämmönjohtavuus		
kuiva	0,1 W/mK	SFS-EN 12667
kosteaa <sup>3)</sup>	0,15 W/mK	
märkä	0,23 W/mK	
Vastaavuus eristävyyden kannalta a <sub>i</sub> <sup>4)</sup>	4	katso taulukko 4.4

1) Tiheys riippuu tiiviydestä.

2) Näyte vesiuotuksessa.

3) Vesipitoisuus 25 paino-%, kuivairtotiheys 210–280 kg/m<sup>3</sup>.

4) Väyläviraston ohjeistuksen mukainen vastaavuus eristävyyden kannalta verrattuna hiekkaan.

5) Tiivistymiskertoimen ollessa 1,23 tiivistyy 615 mm paksuiseksi levitetty Foamit 60 -kerros rakenteeseen 500 mm paksuiseksi kerrokseksi (615 mm / 1,23 = 500 mm).

6) Tilavuuspainot on määritetty tiheydestä tiivistymiskertoimen avulla.

7) Vaihteluväli 36°–45°. Pystyjännityksen ollessa >100 kPa käytetään arvoa 36°.

Taulukko 4.1. Foamit 60 teknisiä ominaisuuksia.

Moduuli <sup>1)</sup>	Foamit 60 Mitoitusarvot	Määrittäminen
E-moduuli, $E_2$	50 MPa <sup>1) 2)</sup>	levykuormituskokeista takaisinlaskettu
Resilient-moduuli $M_r$		
keskimääräinen pääjännitys 40 kPa	$\geq 80$ MPa	syklinen 3-akiaalioke
keskimääräinen pääjännitys 100 kPa	$\geq 150$ MPa	
Sekanttimoduuli, $E_{50}$	40 MPa	staattinen 3-akiaalioke

1) Foamitin moduulia rakenteessa kasvattavia tekijöitä ovat paksu päällysrakenne, pohjamaan hyvä kantavuus sekä tukipenkereet.  $E_2$  on päällysrakennemitoituksessa käytettävä arvo (Odemarkin menetelmä).

2) Moduulin mitoitusarvo toteutuu valmiissa rakenteessa päällysrakenteen kuormittamana. Foamit-kerroksen päälle levitetyn ja tiivistetyn 0,20 m murskekerroksen päältä kantavuuksia mitattaessa E-moduuli voi jäädä mitoitusarvoa pienemmäksi, tämä on huomioitava työmaan laadunvalvonnassa. Laadunvalvontamittauksista vaadittuja työn aikaisia kantavuuksia on esitetty taulukossa 4.3.

**Taulukko 4.2.** Foamit 60 kantavuusominaisuuksia. Taulukossa esitetyt arvoja voidaan soveltaa, kun esikorotettu kerros (1,23 x lopullinen kerrospaksuus) on tiivistetty lopulliseen kerrospaksuuteen (1,0 x lopullinen kerrospaksuus) ja Foamit-kerroksen pintaan kohdistuva kuormitus  $\leq 75$  kPa (jota määritettäessä syklinen kuormitus, kuten ajoneuvo tai junakuorma, huomioidaan 1,5-kertaisena).

## 4.1 Rakeisuus

Tässä ohjeessa käsitellään Foamitia, jonka raekoko on #0/60 (Foamit 60). Tyypillinen Foamit 60 -rakeisuuskäyrä ennen tiivistämistä on esitetty kuvassa 4.2. Foamitia on saatavilla myös raekokoa #4/20 (Foamit 20), jota käytetään pääasiassa talonrakennushankkeissa. Katujen, teiden ja kunnallistekniikan kevennyksiin ja routaeristeisiin soveltuu parhaiten Foamit 60.

Foamitilla on kulmikas raemuoto, jonka terävät kulmat pyöristyvät materiaalin käsittelyn, levityksen ja tiivis-

tämisen aikana (kuva 4.1). Kulmikas raemuoto mahdollistaa Foamit-rakenteiden rakentamisen tavallisilla maanrakennuskoneilla ja tiivistämisen tärylevyllä ja telalustaisella kaivinkoneella suoraan Foamitin päältä. Kulmikkaan raemuodon ja karkean pinnan ansiosta Foamit-rakenne on helposti aukikaivettavissa ilman, että kaivettava kerros sortuu kaivantoon tavanomaisilla kitkamaahan kaivettavilla luiskakaltevuuksilla (noin 1:1,5). Tiivistetty Foamit-rakenne, joka on rakenteessa pitkään asettunut, voidaan matalilla kaivusvyvyksillä kaivaa jopa luiskakaltevuudella 1:1.



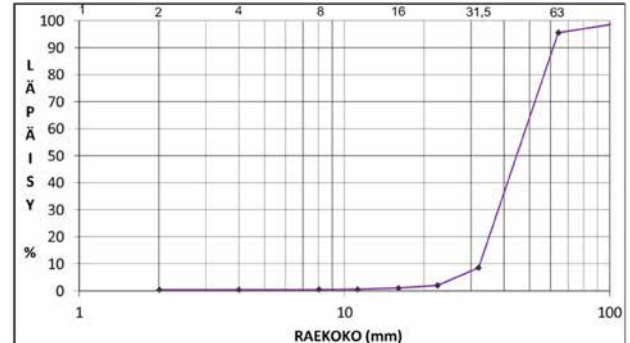
Kuva 4.1. Foamitin tyypillinen raemuoto.

## 4.2 Tiheys ja lujuus

Rakenteeseen tiivistetty Foamit on vesipinnan yläpuolisessa penkereessä tilavuuspainoltaan vain noin seitsemännes tavanomaisesti käytetyn maa- ja kiviaineksen tilavuuspainosta. Foamit säilyttää kevenneominaisuutensa siten, että rakenne on suunniteltavissa vähintään 50 vuodeksi. Foamitin ominaisuuksien ei tiedetä muuttuvan 50 vuoden kuluttuakaan.

Kolmiakiaalikokeissa Foamitin kitkakulmaksi on määritetty 36–45° jännitystasosta riippuen. Erityisesti suurella jännitystasolla kuormituksen alaisena rakeet voivat pyöristyä ja rikkoutua. Mikäli hienoneminen on merkittävää, alenee kitkakulma. Kitkakulman mitoitusarvona voidaan

käyttää arvoa 36° Foamit-kerroksen yläpintaan vaikuttavan pystyjännityksen ollessa yli 100 kPa ja 40° pystyjännityksen ollessa alle 100 kPa.



Kuva 4.2. Foamit 60 tyypillinen raekokojakauma.

## 4.3 Kantavuus

Foamitin kantavuus (E-moduuli toistokuormituksessa, E2) katu- tai tierakenteessa rakenteessa on jännitystilarippuvainen. Pohjamaan hyvä kantavuus, paksu päällysrakenne, luiskien tiivistys painamalla ja sivuilla olevat tukipenkereet kasvattavat E2 arvoa. Päällysrakenteen mitoituksessa hyvin tiivistetyn Foamit-kerroksen E-moduulina käytetään 50 MPa (Odemark).

Laadunvalvonnan yhteydessä tehtävistä kantavuusmittauksista saatavien arvojen suuruuteen vaikuttavat

pohjamaan kantavuus, Foamit-kerroksen paksuus sekä Foamit-kerroksen yläpuolisen kiviainesmurskekerroksen paksuus (taulukko 4.3). Työnaikaisissa laadunvalvontamittauksissa Foamitin E-moduuli voi jäädä alle 50 MPa, vaikka tämä toteutuu lopullisessa rakenteessa. Kokeusperäisesti on myös havaittu, että Foamit-kerros asettuu vielä rakentamisen jälkeen ja kerroksesta mitattavat kantavuudet paranevat. Kantavuusmittauksista saadaan paremmin lopullista tilannetta edustavia arvoja, mikäli mittauksia ei suoriteta heti tiivistystyön jälkeen. Jo muutaman päivän odotusaika parantaa mitattavia arvoja.

Foamit-kerroksen paksuus [mm]	Kantavuusvaatimus [MPa]			
	Pohjamaa 10 MPa + Suojamurske 200 mm	Pohjamaa 20 MPa + Suojamurske 200 mm	Pohjamaa 35 MPa + Suojamurske 200 mm	Pohjamaa 50 MPa + Suojamurske 200 mm
150	32	51	70	81
300	45	63	74	81
500	64	72	77	81
800	74	77	80	81
1000	77	79	80	81
1500	80	81	81	81
≥ 1800	81	81	81	81

**Taulukko 4.3.** Laskettuja rakentamisen aikaisia kantavuusvaatimuksia joillekin Foamit-kerroksen paksuuksille ja pohjamaan kantavuuksille kiviainesmurskekerroksen (200 mm) päältä, kun pohjamaan ja Foamit-kerroksen välissä on ainoastaan suodatinkangas. Taulukko mukailten InfraRYL 181145 (Vaahtolasimurskepenkereet).

Tie- ja ratarakenteissa Foamit-kerroksen pintaan vaikuttava kokonaiskuormitus ei saa ylittää 75 kPa. Kuormitusta määritettäessä syklinen kuormitus, kuten ajoneuvo- tai junakuorma, huomioidaan 1,5-kertaisena. Kokonaiskuormitus on siis staattinen kuorma + 1,5 x syklinen kuorma.

Tutkimustulosten perusteella Foamitin 0–1 v ja 1–50 v viruma on < 0,1 %, kun staattinen kuorma on noin 80–120 kPa. Koska tie- ja ratarakenteissa kokonaiskuormitus saa olla maksimissaan 75 kPa, jää viruma käytännössä em. pienemmäksi.

## 4.4 Lämmönjohtavuus ja -eristävyys

Foamit on routimaton materiaali ja sillä on hyvä lämmöneristävyys. Foamitin rakeet kestävät toistuvaa jäätymistä ja sulamista hajoamatta. Kokemusten perusteella jäätyminen ja sulaminen eivät lisää Foamitin vedenimua tai vähennä sen rakeiden puristuslujuutta.

Foamitin lämmönjohtavuuteen vaikuttavat mm. vesipitoisuus ja lämpötila. Vesipitoisuuden kasvaessa lämmönjohtavuus kasvaa. Foamitin lämmönjohtavuus vaihtelee eri vesipitoisuuksilla välillä 0,10–0,23 W/mK (taulukko 4.1). Lämmönjohtavuuden mitoitusarvoa valittaessa on huomioitava materiaalinpitkäaikainen vesipitoisuus rakenteessa. Jos Foamit on täysin kuivissa olosuhteissa, voidaan mitoitusarvona käyttää 0,10 W/mK.

Foamitin lämmöneristävyyden vastaavuus verrattuna luonnon maa- ja kiviaineksiin sekä ESP- ja XPS-eristeisiin on esitetty taulukossa 4.4.

Kuten muidenkin kevennys- ja eristemateriaalien, myös Foamitin käyttö päällysrakenteessa voi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa muuhun tie- tai katuosuuteen kuuraliukkautta rakenteen pinnassa, johtuen materiaalin hyvästä lämmöneristävyydestä. Syynä kuuraliukkautteen on se, että eristeen yläpuolella olevien kerrosten lämpökapasiteetti ei riitä tasoittamaan pintalämpötilojen vaihtelua tyypillisellä kevennyksen päällä käytettävällä rakennekerrospaksuudella. Ongelma esiintyy keväisin ja syksyisin, kun lämpötila vaihtelee voimakkaasti jäätymisspisteen molemmiin puolin.

	Foamit 60 (kostea)	Muut materiaalit			
		Hiekka	Murske / sora	Louhe	EPS 200 / XPS
Kerros- paksuus	0,15 m	0,6 m	0,7 m	0,75 m	~35 mm
	0,20 m	0,8 m	0,9 m	1,0 m	~50 mm
	0,25 m	1,0 m	1,1 m	1,25 m	~60 mm
	0,45 m	1,7 m	1,9 m	2,15 m	~100 mm

Taulukko 4.4. Foamit-rakenteen lämmöneristävyyden vastaavuus verrattuna luonnon maa- ja kiviaineksiin (kerrospaksuudet ovat suuntaa-antavia).

## 4.5 Kapillaarinen nousukorkeus ja vedenläpäisevyys

Tiivistämättömän Foamitin kapillaarinen nousukorkeus on havaittu olevan korkeintaan 175 mm.

Foamitin vedenläpäisevyyden voidaan arvioida olevan verrattavissa murskeeseen tai soraan raekokojakauman ja raemuodon perusteella. Foamit 60 -murskeen vedenläpäisevyys on noin  $10^{-1}$  m/s.

## 4.6 Kemialliset ominaisuudet

Foamitin pH on emäksinen (pH 10,5) ja sen sähkönjohtavuus on alhainen, keskimäärin n. 18 (kokeissa 16–23) mS/m.

Foamit-kerroksessa maaperäkorroosion riski on vähäinen ja korroosionopeus pieni. Foamit vastaa korrosio-ominaisuuksiltaan ei-aggressiivista ja homogeenista täyttömaata. Sinkin ja teräksen korroosion kannalta vaahtolasin pH-alue on korroosiota passivoiva. Foamitin ja sinkityn rakenteen välissä käytetään silti suodatinkangasta (N3 tai N4).

Foamitin kemialliset ominaisuudet eivät vaikuta putkimateriaalin valintaan.

## 5. Geotekninen mitoitus

Geoteknisessä mitoituksessa on tavoitteena rakenteen aiheuttamien maaperän sortumien, liikkeiden ja painumien välttäminen. Rakennetta suunniteltaessa tehdään tarvittavassa laajuudessa vakavuus-, painuma-, noste-, routa- ja kantavuusmitoitukset.

### 5.1 Kevennyksen mitoitus

Kevennyksen mitoituksessa on tavoitteena:

- maaperän ja maarakenteen vakavuus (stabiliteetti) on riittävä
- painumat pysyvät sallituissa rajoissa (erityisesti käytön aikaiset)
- maanpaine ei kohdistu muihin rakenteisiin liian suurena
- nostevoima ei murra rakennetta, mikäli vesi pääsee nousemaan rakenteeseen
- päällysrakenteen kantavuus on riittävä (päällysrakenne on riittävän paksu ja jäykkä).

Kevennyksen mitoitus tehdään esim. Väyläviraston (ent. Liikennevirasto) *Kevennysrakenteiden suunnitteluohjeen* mukaisesti.

*Liitteessä 2 on esitetty kevennyksen mitoittamisen periaatteita.*

### 5.2 Routamitoitus

Routaeristekerroksella rajoitetaan roudan tunkeutumista eristävän materiaalin alapuoliseen maakerrokseen. Routaeristeen mitoituksen ja suunnittelun ohjeistus vaihtelee rakenteesta riippuen mm.:

1. Talojen piha-alueet
2. Kadut
3. Tiet
4. Putkilinjat
5. Urheilupaikat
6. Rautatiet

Foamit-rakenteiden kantavuus- ja routamitoitus tehdään käyttökohteen mukaista ohjeistusta käyttäen. Foamit-rakenteiden mitoituksessa on huomioitava suunnittelukohteen kohdekohtaiset erityispiirteet. Suunnittelun ja mitoituksen periaatteita on esitetty liitteissä 3–6.

*Liitteessä 3 on esitetty katurakenteen routamitoituksen periaate.*

#### 1) Talonrakentamiseen liittyvät ulkoalueet

Mm. pihoilla ja pysäköintialueilla routasuojaus mitoitetaan ohjeen *"Pihojen pohja- ja päällysrakenteet, Suunnittelu- ja rakentamisohjeet"* [RIL 234-2007] mukaisesti. Rakennusten ja infrarakenteiden routasuojaus mitoitetaan ohjeen *"Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet"* [RIL 261-2013] mukaisesti. Ko. ohjeissa mitoitus esitetään tapahtuvan routateknisin laskelmin, joissa routimiskerroin eli segregaatipotentiaali SP määritetään laboratorioissa tai suunnittelukohteessa etukäteen tehtävillä routanousumittauksilla. Ohjeessa on esitetty nomogrammit routaeristämättömän rakenteen paksuuden määrittämiseksi. Lisäksi ohjeessa on esitetty nomogrammit, joiden avulla määritetään routaeristetyin päällysrakenteen lämmöneristeen tarvittava lämmönvastus  $m_r$  pakkasmäärän mukaan routanousuilla 50 ja 100 mm pohjamaan ollessa keskinkertaisesti routivaa tai erittäin routivaa (kaava 5.1).

$$d_e = m_r \cdot \lambda \quad (5.1)$$

$d_e$  lämmöneristeen paksuus [m]

$m_r$  eristeen lämmönvastus [m<sup>2</sup>K/W]

$\lambda$  eristeen lämmönjohtavuus [W/Km], katso taulukko 4.1

Routamitoituksessa mitoittavan pakkasmäärän toistumistiheys riippuu suunniteltavasta rakenteesta. Piha-alueilla käytetään mitoituksessa yleisesti kerran 10 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää  $F_{10}$ , mutta laatuluokan 1 luonnonkivilaatta-alueilla käytetään mitoituksessa kerran 50 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää  $F_{50}$  (piha-alueiden laatuluokat ja routamitoitus on esitetty ohjeen RIL 234-2007 taulukoissa).

*Liitteessä 4 on esitetty pääkaupunkiseudulle sijoittuvan piharakenteen Foamitilla tehdyn routaeristykseen mitoitus-esimerkki.*

#### 2) Kadut

Katu tulee perustaa ja rakentaa siten, etteivät katurakenteessa tai sen alla tapahtuva maapohjan routiminen aiheuta kadun pintaan haitallista pituus- tai poikkisuuntaista epätasaisuutta. Katujen suunnittelu ja routamitoitus tehdään julkaisun *"Katusuunnittelun ja -rakenta-*



Kuva 5.1. Tien leventäminen Foamitilla kevennettynä.

*misen ohjeet*" tai kuntien omien suunnitteluohjeiden mukaisesti. Roudan tunkeutumista routivaan pohjamaahan voidaan rajoittaa lämmöneristeiden avulla, jolloin lämmöneristeen paksuus lasketaan kaavan 5.1 mukaisesti. Katujen ja pihojen routamitoitusta on esitetty lisäksi julkaisussa *"Katuja ja pihojen routasuojaus"*.

*Liitteessä 4 on esitetty Tampereen seudulle sijoittuvan katurakenteen Foamitilla tehdyn routaeristykseen mitoitus-esimerkki.*

### 3) Tiet

Tien pinnan routanousulle on annettu suunnitteluohjeissa suurin sallittu arvo, jota routanousu ei saa ylittää. Tierakenteissa routaeristeenä toimivan Foamitin paksuus määritetään julkaisun *"Tierakenteen suunnittelu"* mukaisesti pohjamaan routimiskertoimen ja pakkasmäärän perusteella. Routimattoman tierakenteen alapuolisen pohjamaan routanousu ( $RN_{lask}$ ) lasketaan kaavalla 5.2.

$$RN_{lask} = (S - a_1 R_1 - a_2 \cdot R_2 \dots a_i \cdot R_i) \cdot t / 100 \quad (\text{Kaava 5.2})$$

$RN_{lask}$	laskennallinen routanousu [mm]
S	mitoitusroudansyvyys [mm] sijainnin tai pakkasmäärän perusteella
$R_i$	routimattoman kerroksen paksuus [mm], i on kerroksen nro
$a_i$	materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta
t	alusrakenteen routaturpoama [%]

*Liitteessä 5 on esitetty Jyväskylän seudulle sijoittuvan tierakenteen Foamitista tehdyn routaeristykseen mitoitus-esimerkki.*

### 4) Putkilinjat

Putkien routasuojaus tehdään ohjeen *"Matalaan asennettujen putkijohtojen routasuojaus ja lämmöneristämisen"*. Ohjeessa on esitetty putkien routasuojauksen periaatteet ja nomogrammit eristepaksuuden mitoittamiseksi eri routaeristysmateriaaleilla erilaisissa tapauksissa. Myös kaivojen routasuojaus- ja lämmöneristämistarpeeseen piha-alueella on kiinnitettävä huomiota.

## 5.3 Kuormituskestävyysoitoitus

Kuormituskestävyysoitoituksessa eli kantavuusmitoituksessa määritetään rakenteen kantavuus halutun rakennekerroksen päältä. Kantavuudella tarkoitetaan rakenteen kykyä vastustaa muodonmuutosta rakennetta kuormitettaessa. Kantavuus ilmaistaan rakenteen näennäisenä kimmokertoimena eli E-moduulina. Mitoituksessa käytetään Odemarkin mitoituskaavaa, jolla saadaan laskettua rakenteen teoreettinen kantavuus. Mitoituksessa tulee tietää mitoittavan kerroksen alapuolisen kerroksen yläpinnan kantavuus, mitoittavan kerroksen materiaalin E-moduuli ja mitoittavan kerroksen paksuus. Odemarkin kaava on esitetty yhtälönä 5.3. Tierakenteiden kantavuusmitoitusta tehdään tierakenteen suunnitteluohjeen mukaisesti.

Kadut luokitellaan niiden liikenteellisen merkityksen mukaan katuluokkiin 1–6, joilla on omat tavoitekantavuudet, jotka tulee saavuttaa kantavuusmitoituksessa. Katujen päällysrakenteiden suunnittelua varten on InfraRYL:ssä esitetty katuluokille pohjamaan kantavuudesta riippuvat normaalipäällysrakenteet, jotka perustuvat kantavuusmitoitukseen.

Mikäli pohjamaa on routivaa, tulee päällysrakenteen kokonaispaksuuden riittävyys varmistaa mitoituspakasmäärän ja sallitun routanousun perusteella. Päällysrakenteen poiketessa normaalipäällysrakenteesta, tehdään kadun päällysrakenteen mitoitus Odemarkin yhtälöllä käyttäen julkaisuissa *"Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet"* tai *"Tierakenteen suunnittelu"* esitettyjä rakennekerrosten E-moduuleja.

(Kaava 5.3)

$$E_p = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2} \cdot \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

$E_A$  mitoittavan kerroksen alta saavutettu kantavuus [MPa]

$E_p$  mitoittavan kerroksen päältä saavutettu kantavuus [MPa]

$E$  mitoittavan kerroksen materiaalin E-moduuli [MPa]

$h$  mitoittavan kerroksen paksuus [m]

Odemarkin kantavuuskaavaa käytettäessä kerrospaksuus saa olla enintään 300 mm. Paksummat kerrokset jaetaan mitoittamalla 150–300 mm paksuihin osakerroksiin. Rakennekerrosta ei saa jakaa 150 mm ohuempiin osakerroksiin.

Sitomattoman kerroksen E-moduuli on enintään  $6 \times E_A$  ja sidottujen enintään  $n \times E_A$ , missä kerroin  $n$  saadaan Tierakenteen suunnitteluohjeesta. Bitumilla sidotut kerrokset, joiden  $E \geq 1500$  MPa, lasketaan yhtenä kerroksena, jonka moduuliksi lasketaan osakerrosten moduulien paksuuksilla painotettu keskiarvo.

Käytettäessä Foamitia osana rakennetta liikennöitävällä alueella, tulee Foamit-kerroksen päällä olla kadulla vähintään 0,5 m paksu päällysrakenne (tai paksumpi päällysrakenteen kantavuusvaatimuksen ollessa suu-rempi tai mikäli kunnilla on muita määräyksiä kevennyksen yläpuoliselle päällysrakenteelle) ja tiellä vähintään 0,7 m. Kevyemmin kuormitetuilla alueilla (esim. raitit) on mahdollista käyttää ohuempaa kerrosta Foamitin päällä. Joillakin kunnilla on edellä esitetystä poikkeavia määräyksiä kevennyksrakenteen yläpuolisen kerroksen paksuudelle. Syynä ko. määräyksiin on esim. kaapeleiden asentaminen valmiiseen päällysrakenteeseen tms.

*Liitteessä 5 on esitetty Jyväskylän seudulle sijoittuvan tierakenteen kantavuusmitoitusesimerkki.*

## 5.4 Maanpainemitoitus

Tukirakennetta vasten kohdistuvan maanpaineen suuruus riippuu muun muassa tukirakenteen taustalla olevan maan laadusta ja lujuudesta sekä tukirakenteille sallituista siirtymistä. Tukirakenteen suunnittelu tehdään aina tapauskohtaisesti kohteen pohjasuhteet, tukirakenteen geometria, kuormitukset, ulkonäkövaatimukset, yms. huomioiden.

Mitoituksessa käytettävä maanpainekerroin määritetään tukirakenteeseen vaikuttavien maakerrosten lujuusparametrien perusteella. Maanpainekerroin määritetään yleensä *"Kaivanto-ohjeen"* [RIL 263-2014] mukaan.

Mitoituksessa Foamitin lepopainekertoimena käytetään lukua 0,35 vaikutuksen ollessa kuormittava ja lukua 0,1 vaikutuksen ollessa vakauttava.

## 6. Rakenteiden toteuttaminen

### 6.1 Suunnitelma

Kevennysrakennesuunnitelmassa on esitettävä mm. Foamit-kerroksen sijainti, laajuus, ylä- ja alapinnan taso sekä kerrospaksuus valmiina rakenteena. Lisäksi esitetään suodatinkankaan tyyppi (yleensä N2 tai N3), suodatinkankaan sijainti ja limitys, kevennysrakenteen kuivatus sekä mahdollisten suodatinkerrosten, reuna-pankereiden, yms. mitat ja materiaalit. Suunnitelma sisältää työselityksen, asemapiirroksen sekä tarvittavat leikkaukset kohteen mukaisessa mittakaavassa.

Ennen Foamit-kerroksen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, johon sisällytetään minissään:

- työjärjestys
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
- työtapo ja tiivistäminen
- laaduntarkkailumittaukset ja niiden tavoitearvot
- työturvallisuusasiat.

Suunnitelmaa laadittaessa on myös huomioitava suunnitelman toteuttamiseen liittyvät riskit. Vaahtolasimurskekevennyksen rakentamisesta ei aiheudu merkittäviä haittoja ympäristölle (melu, värinä, ym.), eikä se aiheuta läheisille rakenteille vastaavaa riskiä kuten esim. paa-lutus. Kevennyksen rakentaminen aiheuttaa riskejä



Kuva 6.1. Vaahtolasimurskeen toimitus työmaalle.

lähinnä tilanteessa, jossa kevennyksen takia on tehtävä merkittäviä pohjamaan kaivuja, jolloin viereisten rakenteiden stabiliteetti-, sivusiirtymä- tai painumariskit ovat mahdollisia.

### 6.2 Rakentaminen

#### Toimitukset ja varastointi työmaalla

Kokemusperäisesti on todettu, että työmaalle tilattavan Foamitin määrä tulee olla noin 1,25 x suunnitelmien mukainen määrä. Foamit toimitetaan kohteeseen rekoilla, joiden tilavuudet ovat tavallisesti 114–150 m<sup>3</sup>. Suurimmissa rekoissa on kolme lavaa, joista kaksi on peräkärryssä. Vetoautossa on koukkulaite, millä se pystyy vaihtamaan vetoauton päälle täyden lavan käyden kippaamassa sen kohteeseen. Toimitusta vastaanotettaessa tarkistetaan, että materiaalin rakeisuus vastaa tilausta. Purkaminen tapahtuu kippaamalla Foamit maahan varastokasaan vastaavasti kuten muukin kiviaines. Varastokasan alle levitetään tarvittaessa suodatinkangas estämään alapuolisen materiaalin sekaantumista Foamitin sekaan.

Foamit-kasan muoto on vastaava kuin tavallisella kiviainesmurskeella eikä sitä tarvitse suojata esim. vesisateelta varastoinnin aikana. Lumen ja jään sekoittuminen varastoitavan ja levitettävän Foamitin joukkoon on kuitenkin estettävä.



## Suodatinkankaan käyttö

Foamit erotetaan muista materiaaleista suodatinkankaalla, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Teknisin perustein suodatinkangas voi olla mahdollista jättää pois Foamit-kerroksen alta silloin, kun alla on riittävän hyvälaatuinen kitkamaakerros tai -täyttö. Tällöinkin suodatinkankaan käyttö voi olla perusteltua siksi, että suodatinkangas osoittaa Foamitin alapinnan ja sillä helpotetaan lajittelevaa kaivua mahdollisissa myöhemmissä rakentamisaikavaiheissa tai rakennetta purettaessa.

Suodatinkangas asennetaan Foamit-kerroksen päälle estämään päällysrakenteen hienorakeisen aineksen variseminen Foamit-kerrokseen, mistä voi aiheutua Foamitin tilavuuspainon kasvua. Suodatinkangas on suunnitelmassa esitetyn mukainen. Suodatinkankaan asentamisen työ- ja materiaalimenekki on mahdollista optimoida (vaiheistus, erilliset ala- ja yläpuoliset kankaat, limitysratkaisut yms.).

## Levitys ja esitiivistäminen

Foamit voidaan levittää esimerkiksi pyöräkuormaajalla, kaivinkoneella tai puskutraktorilla. Pölyämisen välttämiseksi Foamit voidaan kastella kevyesti. Jotta lopullinen kerrospaksuus vastaisi suunniteltua, on Foamit-kerroksen kokoonpuristuminen rakentamisen aikana otettava huomioon levitettävän kerroksen paksuudessa. Liikennekuormitettavilla rakenteilla Foamit-kerros levitetään 1,23 x suunnitelman mukaiseen paksuuteen taulukon 6.1. mukaisesti. Liikennekuormittamattomissa rakenteissa Foamit-kerros levitetään 1,20 x suunnitelman mukaiseen paksuuteen taulukon 6.2 mukaisesti. Foamit voidaan tiivistää kosteana tai kuivana.

Rakennettaessa Foamitista pengertä tulee luiskat muotoilla ja tiivistää kaivinkoneen kauhalla painamalla ennen esitiivistämisen tekemistä. Näin esitiivistäminen saadaan onnistumaan paremmin penkereen reuna-alueilla.

Foamit esitiivistetään kerroksittain suoraan Foamit-kerroksen päältä kaivinkoneella tai puskutraktorilla, jonka pohjapaine on 30–50 kPa. Esimerkiksi 5–20 t painavat kaivinkoneet täyttävät varsin yleisesti tämän vaatimuksen. Telakoneella tiivistäminen tehdään siirtymällä sivuttain puoli telan leveyttä kerrallaan.

Mikäli esitiivistäminen ei ole mahdollista tela-alustaisella työkoneella, tehdään se 150–200 kg tärylevyllä. Tärylevyllä tiivistettäessä levitetyn Foamit-kerroksen tasaisuuteen on syytä kiinnittää huomiota, jotta tärylevy kulkee myös ensimmäisellä kerralla uppoamatta materiaaliin. Silloin, kun kyseessä on hyvin pehmeä tai häiriintymisherkkä pohjamaa, jonka yläpuolisen Foamit-kerroksen tiivistäminen ei onnistu työkoneella, on ai-

nakin ensimmäisen kerroksen tiivistäminen syytä tehdä tärylevyllä.

Kerralla levitettävän kerroksen enimmäispaksuus on noin 0,6 m, kun se tiivistetään tela-alustaisella työkooneella, ja noin 0,4 m tärylevyllä tiivistettäessä. Poikkeuksellisen häiriintymisherkällä pohjamaalla ensimmäisen kerroksen vastaavat paksuudet ovat enimmillään 0,9 m ja 0,6 m. Paksunkaan Foamit-kerroksen tiivistämisessä välitiivistyskerros (suodatinkangas + kiviainesmurskekerros) ei ole välttämätön, kunhan esitiivistys tehdään asianmukaisesti kerroksittain. Ohjeita vähäisempi tai ohjeissa esitettyjä kerroksia paksumpien kerrosten tiivistäminen kerralla johtaa siihen, että Foamit-kerros ja muut rakennekerrokset tiivistyvät vasta rakenteen käyttöön-oton jälkeen liikennekuormituksen vaikutuksesta.

Esitiivistämisessä ylityskertojen määrä on  $\geq 4$ . Häiriintymisherkän pohjamaan päälle rakennetun paksumman kerroksen ylityskertojen määrä on  $\geq 6$ . Esitiivistäminen on riittävä, kun pinta on tasainen, teloista ei jää painumajälkiä Foamit-kerroksen pintaan ja kerroksen on mitattu tiivistyneen esitiivistyksen vaatimaan tasoon. Esitiivistys voidaan todeta riittäväksi, kun tiivistymiskerroin  $H2/H1 = 1,2 \pm 0,03$  ( $H1$ =esitiivistämättömän kerroksen paksuus,  $H2$ =esitiivistetyn kerroksen paksuus). Esitiivistyksen yhteydessä osa pinnassa olevista suurimmista rakeista rikkoontuu. Pinnan rakenteen rikkoutumisesta ei ole haittaa rakenteen toimivuudelle. Useassa kerroksessa rakennettaville Foamit-penkereille määritetään riittävään esitiivistymiseen vaadittava ylijokertojen määrä ensimmäisen kerroksen esitiivistymisen perusteella. Ylemmillä kerroksilla esitiivistys on riittävä, kun toistetaan sama ylityskertojen määrä. Viimeisen esitiivistetyn Foamit-kerroksen yläpinnan korkeusasema tulee mitata, jonka perusteella kerrosta tarvittaessa korotetaan tai lisätiivistetään.

Laadukkaaseen lopputulokseen pääsemiseksi on ehdotoman tärkeää, että rakenne esitiivistetään kerroksittain em. suositusten mukaisesti. Esitiivistetyn Foamit-kerroksen päällä on mahdollista ajaa pyöräkuormaajalla, jolloin on kuitenkin vältettävä ajamista samoja rengasjälkiä pitkin.

Rakentamisen aikaisesta kuivatuksesta tulee huolehtia niin, että rakenteeseen ei pääse nousemaan pohja-, orsita- tai avoveden pinta. Rakenteen tiivistäminen vaadittuun tiiveyteen voi muodostua mahdottomaksi, jos veden pinta on Foamit-kerroksen alapintaa ylempänä.

Liikennekuormittamattomassa rakenteessa Foamit-kerroksen esitiivistys on riittävä, eikä rakenne tarvitse varsinaista tiivistystä. Tällöin ennakkokorotuksen tulee olla 20 % suunnitelmien mukaisesta kerrospaksuudesta taulukon 6.2. mukaisesti.

Esitiivistäminen	Suunnitelman mukainen kerrospaksuus	Levitetty kerrospaksuus (ennen esitiivistystä)	Yliajo-kerrat	Kerroksen paksuus esitiivistämisen jälkeen
Tela-alustainen työkone (pohja-paine 30–50 kPa)	500 mm	615 mm <sup>1)</sup> (500 x 1,23)	≥ 4 <sup>2)</sup>	(500 x 1,03) ~515 mm
Tärylevy (150–200 kg) <sup>3)</sup>	300 mm	370 mm <sup>1)</sup> (300 x 1,23)	≥ 4 <sup>2)</sup>	(300 x 1,03) ~310 mm

- 1) Poikkeuksellisen häiriintymisherkän pohjamaan päälle rakennettaessa alimman tiivistettävän kerroksen paksuus voi olla max. 0,9 m tela-alustaisella työkoneella tiivistettäessä ja 0,6 m tärylevyllä tiivistettäessä, jotta vältetään pohjamaan häiriintyminen. Tällöin ylityskertojen määrä on ≥ 6.
- 2) Yliajokertoja tulee tarvittaessa lisätä, kunnes pinta on tasainen, siihen ei jää painumia koneesta ja Foamit-kerroksen on tiivistymiskertoimen vaatimukset täytyvät.
- 3) Jos tiivistämiseen käytetään kevyttä tärylevyä, tulee Foamit-kerrokset rakentaa ja tiivistää ohuempina kerroksina (esim. n. 100 kg tärylevyllä kerralla tiivistettävä kerrospaksuus on ≤ 200 mm). Pyöreä tärylevy ei sovellu Foamitin tiivistämiseen.

Taulukko 6.1. Foamit-kerroksen esitiivistäminen liikennekuormitettussa rakenteessa.

### Tiivistäminen

Varsinainen tiivistys tehdään Foamit-kerroksen päälle levitetyn 0,20 m paksun kiviainesmurskekerroksen päältä käyttäen täryjyrää. Kiviainesmurskekerros erotetaan Foamit-kerroksesta suodatinkankaalla. Varsinaista tiivistämistä tehtäessä tulee Foamit-kerroksen päälle levitetty kiviainesmurskekerros kastella. Ylityskertojen määrä on ≥ 4 2-valsisella täryjyrällä (min 5 t/valssi) ja ≥ 6 1-valsisella täryjyrällä (min 10 t/valssi). Tiivistäminen täryvalssijyrällä suoraan Foamit-kerroksen päältä ei ole sallittua.

Mikäli täryjyrän käyttö lopulliseen tiivistämiseen ei ole mahdollista, voidaan tiivistäminen tehdä tärylevyllä. Lopullisessa tiivistämisessä tulee käyttää raskasta tärylevyä (> 300 kg). Tärylevyä käytettäessä ylityskertojen määrä on ≥ 6.

Foamitin kokoonpuristuvuuden vuoksi tavanomaisiin, liikennekuormitettuihin rakenteisiin levitettävän Foamit-kerroksen ennakkokorotus tulee olla 23 % suunnitelman mukaisesta kerrospaksuudesta (1,23 x suunniteltu kerrospaksuus.) Esitiivistämisen yhteydessä kerros kokoonpuristuu 1,03 x suunnitelman mukaiseen paksuuteen ja varsinaisen tiivistämisen yhteydessä suunnitelman mukaiseen lopulliseen paksuuteen. Tiivistettäessä ohuita kerroksia, esimerkiksi katujen painuma- tai routavaurioiden korjauksissa tai urheilukenttien päällysrakenteissa, kokoonpuristuma on hieman suurempi, jolloin ennakkokorotusta tulee olla vastaavasti enemmän.

Esitiivistäminen	Suunnitelman mukainen kerrospaksuus	Levitetty kerrospaksuus (ennen esitiivistystä)	Yliajo-kerrat	Kerroksen paksuus esitiivistämisen jälkeen
Tela-alustainen työkone (pohja-paine 30–50 kPa)	500 mm	600 mm <sup>1)</sup> (500 x 1,20)	≥ 4 <sup>2)</sup>	500 mm
Tärylevy (150–200 kg) <sup>3)</sup>	300 mm	360 mm <sup>1)</sup> (300 x 1,20)	≥ 4 <sup>2)</sup>	300 mm

- 1) Poikkeuksellisen häiriintymisherkän pohjamaan päälle rakennettaessa alimman tiivistettävän kerroksen paksuus voi olla max. 0,9 m tela-alustaisella työkoneella tiivistettäessä ja 0,6 m tärylevyllä tiivistettäessä, jotta vältetään pohjamaan häiriintyminen. Tällöin ylityskertojen määrä on ≥ 6.
- 2) Yliajokertoja tulee tarvittaessa lisätä, kunnes pinta on tasainen, siihen ei jää painumia koneesta ja Foamit-kerroksen on tiivistymiskertoimen vaatimukset täytyvät.
- 3) Jos tiivistämiseen käytetään kevyttä tärylevyä, tulee Foamit-kerrokset rakentaa ja tiivistää ohuempina kerroksina (esim. n. 100 kg tärylevyllä kerralla tiivistettävä kerrospaksuus on ≤ 200 mm). Pyöreä tärylevy ei sovellu Foamitin tiivistämiseen.

Taulukko 6.2. Foamit-kerroksen esitiivistäminen liikennekuormittamattomassa rakenteessa.

Esitiivistäminen	Suunnitelman mukainen kerrospaksuus	Kerrospaksuus (esitiivistystyksen jälkeä, ks. taulukko 6.1)	Yliajo-kerrat	Kerroksen lopullinen paksuus
Täryjyrä (2-valssinen)	500 mm	515 mm	≥ 4	500 mm
Täryjyrä (1-valssinen)	500 mm	515 mm	≥ 6	500 mm
Tärylevy (> 300n kg)	300 mm	310 mm	≥ 4	300 mm

Taulukko 6.3. Foamit-kerroksen varsinainen tiivistäminen kiviainesmurskekerroksen päältä.

## 6.3 Laadunvarmistus

### Kerrospaksuus ja korkeusasema

Esitiivistetyn Foamit-kerroksen paksuuden ja korkeusaseman suunnitelmanmukaisuus on varmistettava mittaamalla Foamit-kerroksen yläpinnan korkeusasema ja sivusijainti. Esitiivistämisen jälkeen liikennekuormitetuissa rakenteissa Foamit-kerroksen paksuuden tulee olla 1,03 x suunnitelman mukainen paksuus. Liikennekuormittamattomissa rakenteissa kerroksen tulee olla suunnitelmien mukaisessa lopullisessa paksuudessa. Mittaukset tehdään rakenteen muodot huomioiden, jolloin myös taitepisteet tulee mitata.

Varsinainen tiivistäminen tehdään kiviainesmurskekerroksen päältä, jonka paksuus tulee olla tiivistämisen jälkeen 200 mm. Kiviainesmurskekerroksen riittävä paksuus todetaan silmämääräisesti.

### Kantavuus

Päällysrakenteen mitoituksessa hyvin tiivistetyn Foamit 60 -kerroksen E-moduulina käytetään 50 MPa. E-moduulin maksimiarvo on kuitenkin enintään 6 x EA, jossa EA on Foamit-kerroksen alapuolisen kerroksen yläpinnan moduuli (kantavuus).

Rakenteen kantavuutta ei voi mitata suoraan Foamit-kerroksen päältä. Varsinainen tiivistystyön laadunvarmistus tehdään kantavuusmittauksin kivi-

ainesmurskekerroksen päältä. Kokemusperäisesti on havaittu, että heti tiivistystyön jälkeen mitatut kantavuudet jäävät lopullisia, materiaalin asettumisen jälkeen mitattuja, kantavuusarvoja alhaisemmiksi.

Kantavuusmittaukset voidaan suorittaa levykuormituskokeella tai pudotuspainolaitteella. Työn aikaisia kantavuusvaatimuksia laadunvalvontamittauksille on esitetty taulukossa 4.3. Tiiveyysuhteen E2/E1 tulee olla <1,6 levykuormituskokeella ja pudotuspainolaitteella.

## 6.4 Työturvallisuus

Kuivana Foamit saattaa pölytä, etenkin kuormien purun ja materiaalin levittämisen yhteydessä. Tarvittaessa tällöin käytetään suojalaseja ja hiukkasuodattimella varustettua hengityssuojainta (P2). Pölyämisen välttämiseksi Foamit voidaan kastella kevyesti.

Foamit ei ole iholle vaarallista, mutta sen hieno pöly voi pitkäaikaisessa altistumisessa aiheuttaa ihoärsytystä karhean pinnan ja korkean pH:n vuoksi. Siksi Foamitia käsiteltäessä on syytä käyttää suojakäsineitä ihokosketuksen välttämiseksi.

Foamitin käyttöturvallisuusselosteen saa materiaali-toimittajalta ([foamit.fi](http://foamit.fi)).



## 7. Ympäristönäkökohdat

### 7.1 Vaikutus ympäristöön

Foamitin käyttö infrarakentamisessa ei vaadi ympäristölupaa eikä ilmoitusta ympäristöviranomaiselle. Foamitin käyttö ei myöskään aiheuta pohja- tai pintaveden pilaantumisriskiä.

Foamit on palamaton keraaminen materiaali ja kestää tavallisia kemiallisia aineita, joita kaduilla ja teillä tavanomaisesti esiintyy (mm. öljytuotteet ja tiesuola).

Foamit on CE-merkitty tuote, joka täyttää standardin SFS-EN 13055-2 kevytkiviainekset sidottuihin ja sitomattomiin käyttötarkoituksiin 2+ mukaiset vaatimukset. Tuotteen CE-merkinnässä huomioidaan teknisen testauksen lisäksi tuotteen ominaisuudet puhtauden, terveyden ja ympäristön kannalta. Maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakenteissa käyttökohteissa, joissa on korkeat turvallisuusvaatimukset, käytetään vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyä 2+. CE-merkin vaatimustenmukaisuus edellyttää jatkuvaa laadun- tarkkailua ja seurantamittauksia tuotteen valmistuksen aikana.

### 7.2 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys

Foamitin uudelleenkäyttö keventeenä tai routaeristeenä on mahdollista. Rakenteita purettaessa muiden maa- tai kiviainesten sekoittuminen Foamitiin estetään huolellisella lajittelevalla kaivulla. Rakenteeseen asennettu suodatinkangas estää maa-ainesten ja Foamitin sekoittumisen tehokkaasti. Jos Foamitiin ei ole purun yhteydessä sekoittunut muita aineksia, voidaan Foamitin mitoitusarvoina käyttää tässä ohjeessa esitettyjä arvoja.

Mikäli siihen sekoittuu muita maa- tai kiviaineksia, on se edelleen hyötykäytettävissä, mutta sen kasvanut tilavuuspaino ja lämmönjohtavuus on huomioitava esimerkiksi kevennyksen tai routaeristeen mitoituksessa. Mikäli uusiokäytettävässä Foamitissa on huomattavan paljon aikaisemman tiivistyksen ja kaivun aikana muodostunutta hienoainesta, on hienoaines syytä poistaa

käytettäessä materiaalia kevennykseen tai määritettävä materiaalin tilavuuspaino ennen uudelleen käyttöä. Ylimääräisellä hienoaineksella ei ole merkitystä, kunhan se on huomioitu kevennyksen suunnittelussa ja mitoituksessa.

Foamitia, johon on sekaantunut muuta maa-ainesta, on teknisesti mahdollista käyttää myös täyttönä päällysrakenteen alapuolella, jolloin painuma-, stabiliteetti-, noste- ja kantavuusmitoitus on tehtävä ao. seoksen ominaisuuksien mukaisesti.

### 7.3 Käytöstä poistaminen

Käytöstä poistuva Foamit luokitellaan rakennusjätteeksi, joka tulee hävittää käyttöturvallisuustiedotteen mukaisella tavalla. Foamit poistetaan käytöstä rakennusjätteenä, eli toimitetaan kaatopaikalle. Ennen kaatopaikalle toimittamista materiaali on etukäteen hyväksyttävä kaatopaikalle sijoitettavaksi. Maa-ainekseen sekoittunutta vahtolasimursketta ei voi viedä maankaatopaikalle. Pienet määrät voidaan hävittää sekajätteen mukana.

### 7.4 Ekologisuus

Foamit on valmistuksen kasvihuonepäästöjen kannalta ekologinen kierrätystuote.

Foamit-ratkaisut säästävät kiviainesten ja muiden maa- rakennusmateriaalien käyttöä sekä vähentävät kaivumaiden määrää mm. perinteistä rakennetta ohuempien kokonaisrakennepaksuuksien ansiosta. Rakenteen lämmöneristävyuden seurauksena katujen routavauriot vähenevät ja rakenteiden kunnossapito-, parantamis- ja päällystystoimenpiteiden tarve pienenee. Kierrätyslasin käyttö raaka-aineena säästää luonnon kiviainesvaroja. Kevyen materiaalin käyttäminen vähentää kuljetuksiin käytettävän polttoaineen määrää vähentäen kuljetusten päästöjä.

## 8. Määräykset, ohjeet ja kirjallisuus

---

### 8.1 Ohjejulkaisut

InfraRYL. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy.	Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet. RIL 261-2013.
Eurokoodi 7 – Geotekninen suunnittelu. SFS-käsikirja 207.	Geotekninen suunnittelu. Eurokoodin EN 1997-1 suunnitteluohje. RIL 207-2017.
Eurokoodin soveltamisohje – Geotekninen suunnittelu NCCI7 14/2023.	Pihojen pohja- ja päällysrakenteet, Suunnittelu- ja rakentamisohjeet. RIL 234-2007.
Tierakenteen suunnittelu. Liikennevirasto 38/2018.	Pohjarakennusohjeet. RIL 121-2004.
Tien geotekninen suunnittelu. Liikennevirasto 10/2012.	Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. RIL 234-2007.
Kevennysrakenteiden suunnittelu – Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikennevirasto 5/2011.	Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet, Suomen kuntatekniikan yhdistys.
Rakenteen parantamisen suunnittelu. Tiehallinto 2005.	Vahtolasimurske, käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. HSY 2014.



## 8.2 Muu kirjallisuus

EN 12087. EN 12087 Thermal insulating products for building applications. Determination of long term water absorption by immersion. (vedenimeytyminen, pitkäaikainen, kokonaan upotettu)

Talonrakennuksen routasuojausohjeet. Kivikoski, H. (VTT) 2007. Rakennustieto Oy.

Uusiomateriaalit liikuntapaikkarakentamisessa, UUMA 2, 2018.

Matalaan asennettujen putkijohtojen routasuojaus ja lämmöneristäminen. Mäkelä, H. (VTT) 1982.

Vahtolasimurskeen käyttö maa- ja pohjarakentamisessa.  
Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2014.

FOAMIT-vahtolasin laboratoriotestit. Ramboll 2012. Tekninen raportti.

Foamit-vahtolasin koetiivistys. Ramboll 2011, Forssa.

FOAMIT-vahtolasin käyttö pohjavesialueilla. Riskinarvio. Ramboll 2011.

Lehtikuusentie, Kangasalan kunta, vahtolasikoerakentaminen ja ensimmäisen vuoden seurantamittaukset. Ramboll 2010, Uusioaines Oy.

Katujen ja pihojen routasuojaus. Saarelainen, S. & Kivikoski, H. 2001. Suomen kuntaliitto, Ympäristöministeriö, VTT Yhdyskuntatekniikka.

SFS-EN 933-1 Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus.  
Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä.

SFS-EN 1097-3 Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus.  
Osa 3: Irtotiheyden ja tyhjätilan määrittäminen.

SFS-EN 1097-10 Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus.  
Osa 10: Vedenimeytymiskorkeus.

SFS-EN 12667 Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden lämpötekniset ominaisuudet. Lämmönvastuksen määrittäminen kuumalevy- ja lämpövirtalevylaitteella. Tuotteet, joilla on korkea tai suhteellisen korkea lämmönvastus.

SFS-EN 13055-2 Kevytkiviainekset. Osa 2: Kevytkiviainekset asfalttimassoihin ja pintauksiin sekä sitomattomiin ja sidottuihin käyttötarkoituksiin.

Handbok, Skumglas i mark- och vägbyggnad. Statens geotekniska institut (SGI). SGI 2008.

Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger. Håndbok V221. Statens vegvesen, Vegdirektoratet – Teknologivdelingen. Statens vegvesen 2014.

Vahtolasirakenne korroosioympäristönä. Kirjallisuusselvitys. TTY 2014.

Vahtolasi, sykliset kolmiakselialikokeet. Testausselostus MPR/269/2011. TTY 2012.

Penkereiden stabiilitetin laskentaohje. Liikenneviraston ohjeita 14/2018.

FOAMIT-vahtolasimurskeesta toteutettu koerakenne. Ramboll 2020, Forssa.

# Liite 1

## Pengerkevennyksiä

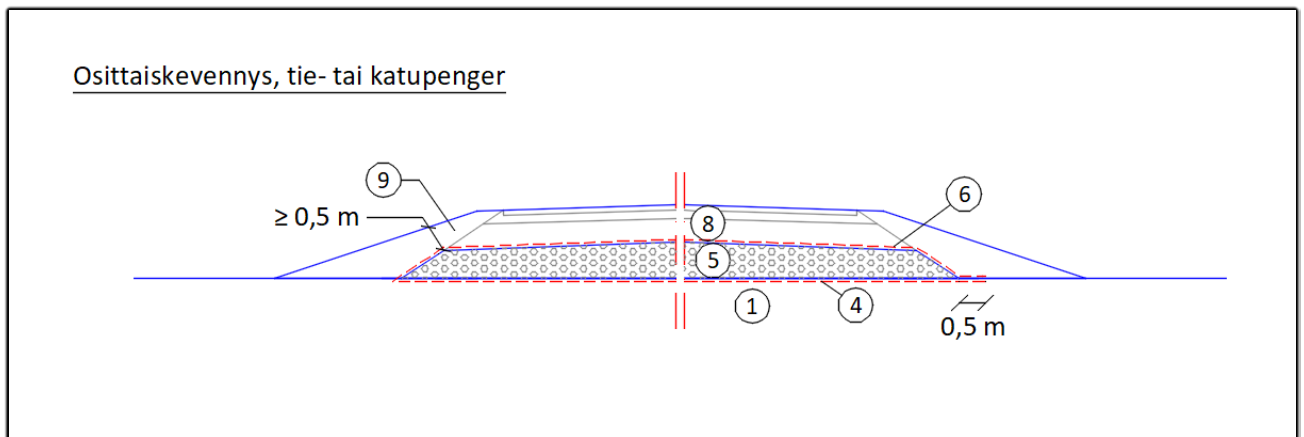
Oheisissa kuvissa on esitetty erilaisia tyyppiirroksia tie- tai katupengerkevennystä Foamitilla.

### Kuvien merkintöjen selitykset:

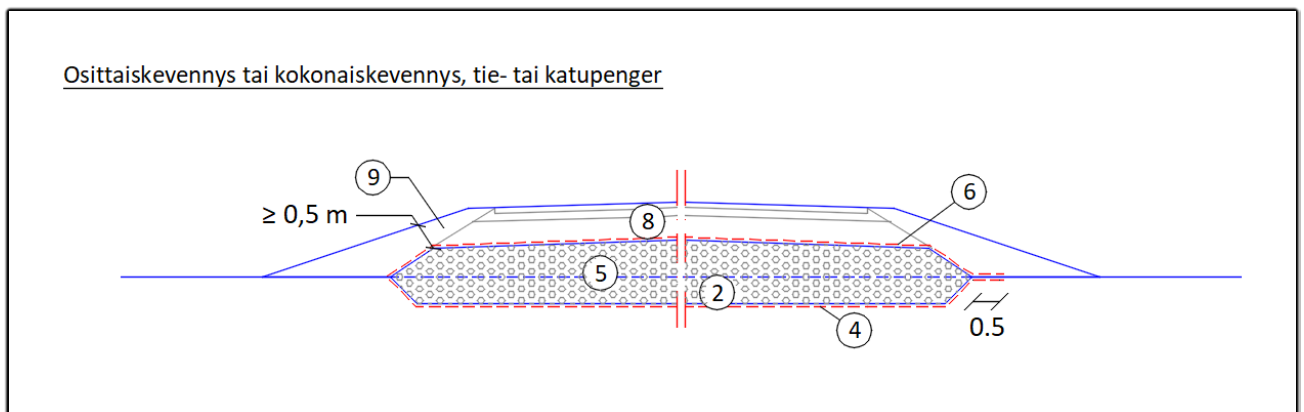
Vasemmanpuoleisissa kuvissa suodatinkankaan limitys Foamit-kerroksen päällä ja oikeanpuoleisissa Foamit-kerroksen vieressä.

Foamitilla kevennetyn penkereen selitteet:

1. Pohjamaa
2. Kevennyskaivu
3. Tukipenger / Kuivatus
4. Suodatinkangas (alaosa)
5. Faomit-täyttö. Kerroksen leveys, paksuus ja muoto suunnitellaan tapauskohtaisesti
6. Suodatinkangas (yläosa)
7. Reunapenger. Foamit-rakenteen luiskien ollessa jyrkempiä kuin  $>1:1,5$ , tulee rakentaa reunapenger. Myös korkeille penkereille suositellaan reunapengerkeiden rakentamista.
8. Päällysrakenne
9. Luiskatäyttö



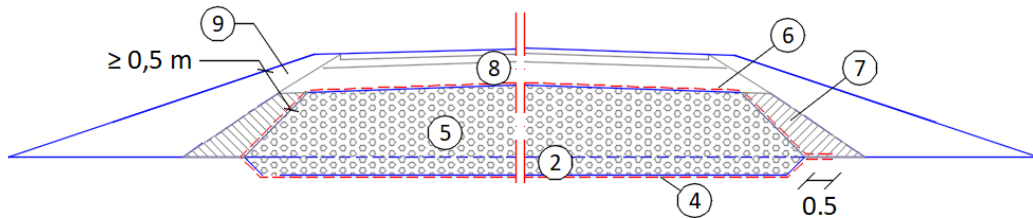
**Kuva 1.1.** Osittaiskevennetty tie- tai katupenger.



**Kuva 1.2.** Osittais- tai kokonaiskevennetty tie- tai katupenger.

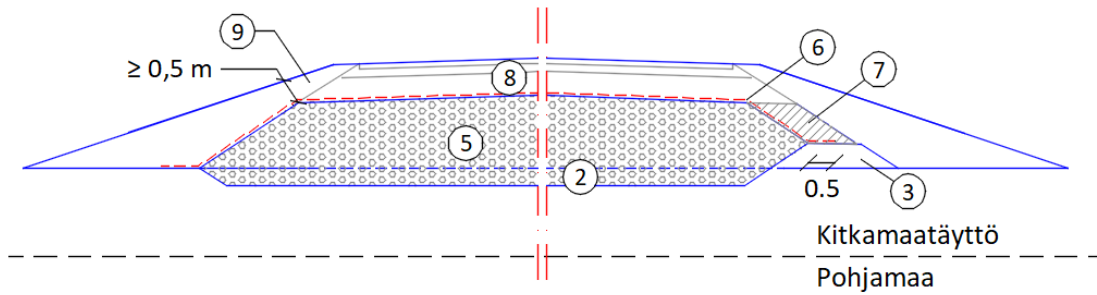
Liite 1

Osittaiskevennys tai kokonaiskevennys, tie- tai katupenger, korkeat kevennetyt penkereet/jyrkät kevennyksen luiskat



**Kuva 1.3.** Korkea osittais- tai kokonaiskevennetty tie- tai katupenger.

Osittaiskevennys täyttöalueella, tie- tai katupenger



**Kuva 1.4.** Osittaiskevennetty tie- tai katupenger täyttöalueella.

## Liite 2

### 1 Kevennyksen suunnittelun ja mitoituksen periaatteet

#### 1.1 Suunnittelussa ja mitoituksessa huomioitavaa

Kevennystä suunniteltaessa on arvioitava kohteen vaatimukset ja olosuhteet kokonaisuutena. Ennen mitoitusta kartoitetaan kohteen geotekniikkaan ja kuivatukseen liittyvät erityisvaatimukset ja määritellään kriittiset tekijät. Kevennyksen mitoituksessa ja suunnittelussa huomioitavia asioita on esitetty myöhemmissä kappaleissa.

Foamitin vaatimuksenmukaisuus esitetään Uusioaines Oy:n toimittamien dokumenttien perusteella ja/tai rakennuspaikka-kohtaisilla kokeilla kolmannen osapuolen valvonnassa. Kevennysratkaisun ja -materiaalin soveltuvuus käyttökohteeseen selvitetään suunnittelussa.

#### 1.2 Vakavuus

Maaperän ja maarakenteen vakavuus (stabiileetti eli varmuus liukupintasortumaa vastaan) on tarkistettava aina, mikäli arvioidaan, että maarakenteen kuormitukset voivat aiheuttaa murtotilan pohjamaassa ja/tai siirtymiä ympäröivissä rakenteissa.

Foamit-kevennyksen paksuus ja laajuus valitaan vakavuustarkasteluiden perusteella siten, että vakavuus on riittävä.

#### 1.3 Painuma

Maarakenteesta aiheutuvat kuormitukset aiheuttavat painumia pohjamaassa rakennettaessa heikolle maaperälle. Kokonaispainuma koostuu neljästä painumalajista: alkupainuma, konsolidaatiopainuma, plastinen painuma (leikkausjännitysten aiheuttama) ja jälkipainuma (sekundääripainuma), joista konsolidaatio- ja jälkipainuma ovat yleensä merkitseviä kevennystä mitoittaessa. Painumamitoitus ja kevennyksen mitoitus tehdään geoteknisiä laskelmia apuna käyttäen. Laskelmia varten maaperän ominaisuudet ja kuormat määritetään kohdekohtaisesti.

Kevennysmitoituksessa tavoitteena on yleensä ns. kokonaiskevennys, jossa uusi rakenne ei aiheuta lisäkuormaa pohjamaalle tai kuorma jää aikaisempaa kuormaa vähäisemmäksi. Osittaisessa kevennyksessä (osittaiskevennyksessä) kevennysrakenne mitoitetaan valitulle painumalle. Osittainen kevennys voi olla perusteltua, mikäli on oletettavissa, että painumat ovat suurelta osin jo tapahtuneet, painumat tapahtuvat suhteellisen nopeasti tai rakenne sietää painumia. Myös pohjavedenpinnan korkea taso voi olla syynä osittaiseen kevennykseen silloin, kun noste muodostuu mitoittavaksi.

Yksinkertaisimmillaan kokonaiskevennys penkereelle pohjavedenpinnan yläpuolella lasketaan poistettavan maakerroksen sekä Foamitin ja rakennekerrosten kuormien avulla kaavalla 1 (kuva 1). Mikäli osa Foamitista sijoitetaan pohjavedenpinnan alapuolelle, lasketaan kokonaiskevennys kaavalla 2 (kuva 2).

$$q_{kaiv.maa} \geq q_{rak} + q_{kev} \quad (1)$$

$$q_{kaiv.maa} \geq q_{rak} + q_{kev.kuiv} + q_{kev.kost} + q_{kev.sat'} + q_w \quad (2)$$

$q_{rak}$  on rakennekerrosten kuorma pohjavedenpinnan yläpuolella ( $\gamma_{rak} \times h_{rak}$ )

$q_{kev.kuiv}$  Foamitin kuorma maanpinnan yläpuolella ( $\gamma_{kev.kuiv} \times h_{tä}$ )

$q_{kev.kost}$  Foamitin kuorma maanpinnan alapuolella pohjavesipinnan yläpuolella ( $\gamma_{kev.kost} \times h_{kev}$ )

$q_{kev.sat'}$  Foamitin kuorma pohjavedenpinnan alapuolella ( $\gamma_{kev.sat'} \times h_{kev'}$ )

$q_{kaiv.maa}$  Foamitin kohdalta poistetun maan kuorma ( $\gamma_{maa} \times h_{kev}$ ) + ( $\gamma_{maa'} \times h_{kev'}$ )

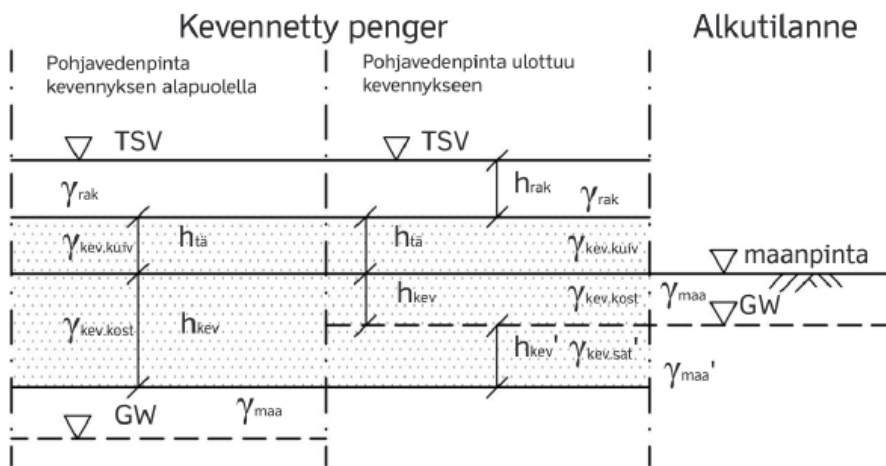
$q_w$  rakentamisen aiheuttaman pohjaveden alenemisen aiheuttama kuorma ( $\gamma_{maa} - \gamma_{maa'} \times h_{\Delta w}$ )

$h_{\Delta w}$  pohjavedenpinnan alenema

## Liite 2



**Kuva 1.** Kokonaiskevennyksen periaate pohjavedenpinnan yläpuolella,  $q_{kaiv.maa} \geq q_{rak} + q_{kev}$ .



**Kuva 2.** Kokonaiskevennyksen laskentayhtälöiden 1 ja 2 merkinnät.

### 1.4 Maanpaine

Maamassoista aiheutuva maanpaine kohdistuu rakenteeseen maan ja rakenteen kosketuspinnassa. Maanpaine kohdistuu viereisiin rakenteisiin esimerkiksi sillan päätypalkkiin, tukimuriin, perustukseen tai muuhun rakenteeseen.

### 1.5 Noste

Kevennysrakenteen on mitoitettava nosteelle, mikäli vedenpinta voi nousta rakenteeseen (esimerkiksi vesialueiden läheisyydessä tai tulva-alueella). Nostemitoitus tehdään ylimmän mahdollisen toteutuvan vesipinnan tasoon ja Foamit-rakenteen oletetaan olevan täysin kuiva ennen vesipinnan nousemista rakenteeseen.

Nostemitoituksessa Foamitille käytetään nostemitoitukseen tarkoitettua mitoitustilavuuspainoa  $\gamma_{kev,n}=3 \text{ kN/m}^3$ . Vesipinnan noustessa kuivaan vaahtolasimurskerakenteeseen, veden oletetaan täyttävän Foamit-rakeiden välisen ilmatilavuuden, mutta ei rakeiden huokosia. Rakenteeseen tiivistetyn vaahtolasimurskeen rakeiden välinen ilmatilavuus on noin 30 % ( $n=0,3$ ) kokonaistilavuudesta. Vesipinnan alapuolelle jäävän Foamitin tilavuuspaino lasketaan yhtälön 6 mukaisesti.

Mitoituksessa kaatavien kuormien mitoitussarvon ( $V_{dst,d}$ ) tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin vakauttavien kuormien mitoitussarvon ( $G_{stb,d}$ ) yhtälön 3 mukaisesti. Kaatava kuorma tarkoittaa veden aiheuttamaa nostetta. Vakauttava kuorma on rakennekerrosten ja kevennysrakenteen painosta aiheutuva alaspäin vaikuttava voima. Kuormien tasapainoa tarkastellaan kevennysrakenteen pohjan tasossa. Nostemitoitusta on havainnollistettu kuvassa 3.

Lasketut kokonaiskuormat kerrotaan osavarmuusluvuilla mitoituskuormien määrittämiseksi. Kaatavalle kuormalle käytetään osavarmuuslukua  $\gamma_{G,dst}=1,1$ ,  $K_{FI}=1,1$  ja vakauttavalle kuormalle osavarmuuslukua  $\gamma_{G,stb}=0,9$ .

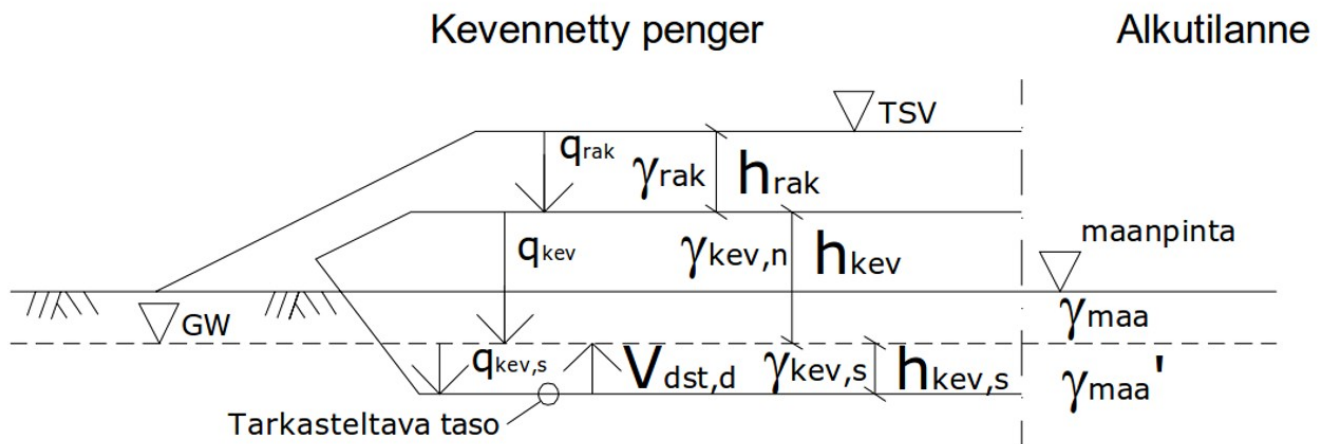
## Liite 2

$$V_{dst,d} \leq G_{stb;d} \quad (3)$$

$$V_{dst,d} = 10kN/m^3 * h_{kev,s} * 1,1 \quad (4)$$

$$G_{stb;d} = (q_{rak} + q_{kev} + q_{kev,s}) * 0,9 = (h_{rak} * \gamma_{rak} + h_{kev} * \gamma_{kev,n} + h_{kev,s} * \gamma_{kev,s}) * 0,9 \quad (5)$$

$$\gamma_{kev,s} = 10kN/m^3 * n + \gamma_{kev,n} \quad (6)$$



**Kuva 3.** Kevennysrakenteen nostemitoitus, merkinnät.

### 1.6 Päälysrakenteet

Foamitin hyvät routaeristysominaisuudet mahdollistavat usein routamitoituksen kannalta tavanomaista ohuemman päälysrakenteen. Päälysrakennemitoituksessa on otettava huomioon kuitenkin myös kevennysmateriaalin kantavuus- ja koonpuristuvuusominaisuudet. Päälysrakenteen kantavuus- ja routamitoitus tehdään Väyläviraston kohteissa ohjeen "Tie-rakenteen suunnittelu" mukaisesti.

Foamitilla on hyvä kantavuus (moduuli), jolloin riittävä päälysrakenteen kantavuus on saavutettavissa kohtuullisen ohuella kevennysrakenteen yläpuolisen rakenteen paksuudella. Kantavuusmitoitus, ja mahdollisuus käyttää kohdassa 1.7 esitettyä ohuempaa päälysrakennetta, on tarkistettava kohdekohtaisesti.

Katujen sekä pihojen ja pihateiden suunnittelu ja mitoitus tehdään julkaisun "Pihojen pohja- ja päälysrakenteet, Suunnittelu- ja rakentamisohteet RIL 234-2007" mukaisesti. Routamitoitus tehdään ohjeen "Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet RIL 261-2013" mukaisesti.

### 1.7 Päälysrakenteen pinnan liukkaus

Kuten muidenkin kevennys- ja eristemateriaalien, myös Foamitin käyttö päälysrakenteessa voi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa muuhun tie- tai katuosuuteen poikkeavaa kuuruliukkausta rakenteen pinnassa, aiheutuen materiaalin hyvästä lämmöneristyskyvystä. Väyläviraston tiekohteissa päälysrakenteen paksuus Foamit-kerroksen päällä määrätään Väyläviraston ohjeen "Kevennysrakenteiden suunnittelu" mukaisesti. Muissa kohteissa ja rakenteissa Foamitin yläpuoleisen päälysrakenteen kerrospaksuus tulee tarkastella ja harkita kohdekohtaisesti.

## Liite 2

### 1.8 Kuivatus

Foamit-rakennetta suunniteltaessa ja mitoitettaessa on esitettävä rakenteen kuivatus. Rakenteeseen nouseva vesi heikentää rakenteen kantavuutta. Mikäli kevennysrakenteen ei ole kokonaan vedenpinnan yläpuolella, on mitoituksessa huomioitava jääkö osa kevennyksestä ajoittain tai pysyvästi veden alle. Kevennysrakenteen kuivatustaso ja veden poistuminen on esitettävä suunnitelmissa.

Jos Foamit-penkereen luiskat tehdään huonosti vettä läpäisevästä materiaalista, rakennetaan reunapenkereeseen pysyvä vedenpoistojärjestelmä tai vettä läpäiseviä aukkoja noin 30 m välein.

### 1.9 Siirtymärakenteet

Pohjaolosuhteiden vaihtelu tai maapohjalle tulevan kuormituksen muuttuminen lyhyellä matkalla voi aiheuttaa painumaeroja heikentäen siten rakenteiden toimintaa ja kestävyyttä. Suuria painumaeroja voi muodostua erityisesti pehmeikköjen reuna-alueilla, pohjanvahvistuksen muutoskohdissa sekä siltojen, rumpujen ja putkijohtojen kohdilla. Siirtymärakenteiden tarve kartoitetaan suunnittelutyön yhteydessä.

Siirtymärakenteen paksuus mitoitetaan siten, että siirtymäkiilan ohuemmassa päässä painuma on sama kuin keventämättömällä penkereellä ja kiilan paksummassa päässä painumia ei tapahdu (pehmeän maakerroksen konsolidaatiojännitys ei ylity). Siirtymäkiilan laajuus arvioidaan tapauskohtaisesti kohteesta, rakenteista, pohjaolosuhteista ja vaatimustasosta.

### 1.10 Muuta suunnittelussa huomioitavaa

Foamitilla on suuri kitkakulma, joten Foamit-kevennystä rakennettaessa voi matalan luiskan kaltevuus olla jyrkimmillään jopa 1:1 (normaalisti noin 1:1,5). Foamitin hyvän kitkakulman ja koossapysyvyyden takia putkikaivantojen kaivaminen Foamit-rakenteeseen pohjavedenpinnan yläpuolella on tehtävissä ilman, että Foamit sortuu laajalta alueelta kaivantoon.

### 1.11 Suunnitelmissa esitettävät asiat

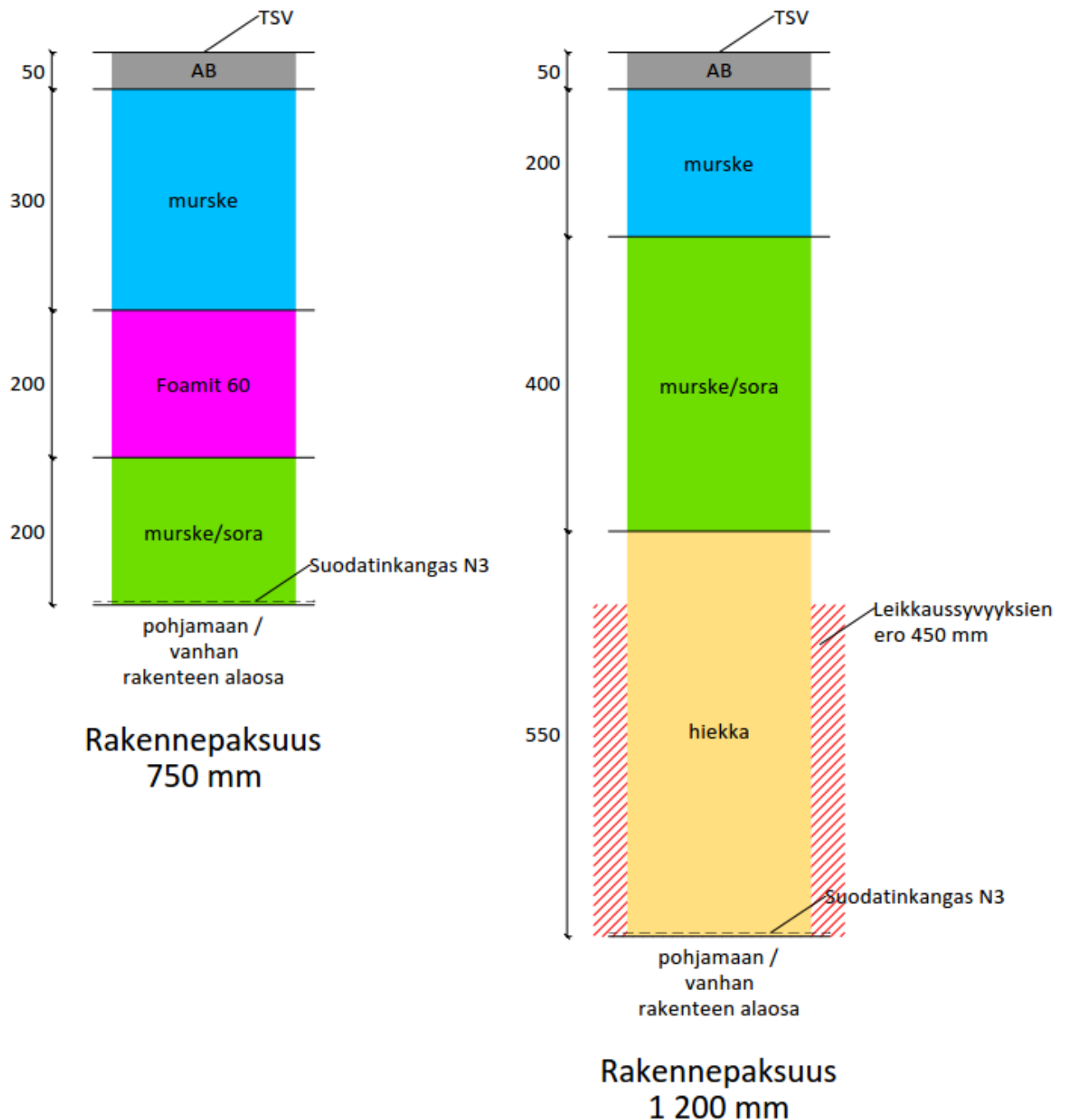
Foamit-rakenteiden suunnitelmissa on aina esitettävä Foamitin sijainti, laajuus, paksuus sekä kuivatus ja liittyminen muihin rakenteisiin. Lisäksi suunnitelmien tulee sisältää hankekohtainen työselostus, työn laatuvaatimukset ja ohjeet rakentamisen aikaisten mittausten ja dokumentoinnin tekemiseen. Hankekohtaiset ohjeet täydentävät tai täsmentävät yleisten työselostusten ohjeita (esim. InfraRYL).

## Liite 3

### Routamitoitettu katurakenne

Routaeristeen suunnittelu edellyttää kohteen kokonaisuuden arviointia. Ennen mitoitusta kartoitetaan kohteen geotekniset ja kuivatustekniset olosuhteet ja määritellään muut mitoitukseen ja suunnitteluun vaikuttavat reunaehdot.

Periaateratkaisu perusparannettavan kadun (katuluokka 5 / vaatimusluokka R2) päällysrakenteesta Foamit-rakenteella ja tavanomaisella kiviainesrakenteella on esitetty kuvassa 1 (routaeristetty ja -eristämätön). Foamit-kerroksen alapuolella oleva 200 mm sora-/murskekerros voidaan korvata ylipaksulla (+150 mm) Foamit-kerroksella.



**Kuva 1.** Periaateratkaisu routamitoitetun ( $RN_{lask} = 70 \text{ mm}$ ) kadun (KL5/R2) päällysrakenteesta Foamit-rakenteella ja kiviainesrakenteella. Mitoitusroudansyvyys  $S$  on 1,6 m (esimerkiksi Lappeenranta, Lahti, Tampere tai Vaasa).

## Liite 4

### Routaeristeen mitoitus

#### Esim. 1. Piharakenne

Lähtötiedot:

<i>Laatuluokka</i>	1
<i>Päällyste</i>	AB
<i>Aluetyyppi</i>	3
<i>Pohjamaa</i>	SiMr, savipitoisuus 15%

<i>Paikkakunta</i>	Espoo
<i>Mitoituspakkasmäärä</i>	F <sub>10</sub>
<i>Käyttöolosuhteet</i>	Kosteat

RIL 261-2013: Piharakenteet mitoitetaan routanousulle, joka syntyy paikallisella, kerran kymmenessä vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä F<sub>10</sub>. Valitun laatuluokan, alue- ja päällystetyypin perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 8.1. saadaan sallituksi routanousuksi 50 mm. Pohjamaan savipitoisuuden perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 3.7. saadaan routimiskertoimeksi 10 mm<sup>2</sup>/Kh. Paikkakunnan perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 2.2c. saadaan mitoituspakkasmääräksi 25 000 Kh. Sallitun routanousun, pakkasmäärän ja routimiskertoimen perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 8.6 saadaan routaeristeen vaadituksi lämmönvastukseksi 0,8 m<sup>2</sup>K/W.

Mitoitus: Ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 5.1. saadaan käyttöolosuhteiden perusteella Foamitin lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Vaaditun lämmönvastuksen ja lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän Foamitin paksuudeksi Foamit suunnitteluohjeen kaavalla  $0,8 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,16 \text{ m}}$ .

Kuivatus: Routaeristeen alle tulee rakentaa kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta (kerroksen paksuus vähintään 0,2 m). Kuivatuskerros voidaan korvata "ylipaksulla" Foamit-kerroksella (laskelman minimimäärä + 0,15 m).

#### Esim. 2. Katurakenne

Lähtötiedot:

<i>Katutyyppi</i>	Pää- ja paikallisväylä
<i>Päällyste</i>	AB
<i>Pohjamaa</i>	SiMr, savipitoisuus 15%

<i>Paikkakunta</i>	Tampere
<i>Mitoituspakkasmäärä</i>	F <sub>10</sub>
<i>Käyttöolosuhteet</i>	Kosteat

RIL 261-2013: Katurakenne mitoitetaan routanousulle, joka syntyy paikallisella, kerran kymmenessä vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä F<sub>10</sub>. Valitun katu- ja päällystetyypin perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 10.1. saadaan mitoitusroutanousuksi 100 mm. Pohjamaan savipitoisuuden perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 10.2. saadaan routimiskertoimeksi 10 mm<sup>2</sup>/Kh. Paikkakunnan perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 2.2c. saadaan mitoituspakkasmääräksi 27 500 Kh. Sallitun routanousun, pakkasmäärän ja routimiskertoimen perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 10.7 saadaan routaeristeen vaadituksi lämmönvastukseksi 0,5 m<sup>2</sup>K/W.

Mitoitus: Ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 5.1. saadaan käyttöolosuhteiden perusteella Foamitin lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Eristeeltä vaaditun lämmönvastuksen ja Foamitin lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän Foamitin paksuudeksi Foamit suunnitteluohjeen kaavalla  $0,5 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,10 \text{ m}}$ .

Kuivatus: Routaeristeen alle tulee rakentaa kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta (kerroksen paksuus vähintään 0,2 m). Kuivatuskerros voidaan korvata "ylipaksulla" Foamit-kerroksella (laskelman minimimäärä + 0,15 m).

## Liite 5

### Tierakenteen routa- ja kantavuusmitoitus

#### Routamitoitus

Lähtötiedot:

KKL-luokka	10,0 AB
Vaatusluokka	V4, Seudulliset tiet
Pohjamaa	Sekalaatuinen, Hiekkamoreeni, kuiva

Teräsverkko	Ei
Paikkakunta	Jyväskylä
Mitoituspakkasmäärä	F <sub>10</sub>
Käyttöolosuhteet	Kosteat

”Tierakenteen suunnittelu”:

Vaatusluokan ja pohjamaan sekalaatuisuuden perusteella ohjeen ”Tierakenteen suunnittelu” taulukosta saadaan suurimaksi sallituksi routanousuksi 30 mm. Pohjamaan perusteella ohjeen taulukosta saadaan alusrakenteen kelpoisuusluokaksi H3 ja routaturpoamaksi 6%. Paikkakunnan perusteella saadaan mitoitusroudansyvyudeksi 1,7 m.

Mitoitus:

Kokemukseen perustuen valitaan tierakenteen kerrokset alla olevaan taulukkoon (rakenteen kantavuus tarkistetaan kantavuuslaskelmalla). Ohjeesta ”Tierakenteen suunnittelu” sekä Foamit suunnitteluohjeen taulukosta saadaan materiaalien vastaavuudet eristävyiden kannalta.

Rakenneosa	Materiaali	Paksuus	Vastaavuus eristävyiden kannalta
Päällyste	AB+ABK	100 mm	1
Kantava kerros	KaM 0/63	250 mm	0,9
Jakava kerros	KaM 0/90	350 mm	0,9
Routaeriste	Foamit	X mm	4

Edellä esitetyt arvot sijoitetaan Foamit suunnitteluohjeessa esitettyyn kaavaan. Kaavasta saadaan vaadittu Foamit-kerroksen paksuus X:

$$30 \text{ mm} = (1700 \text{ mm} - 1,0 \times 100 \text{ mm} - 0,9 \times 600 \text{ mm} - 4 \times X \text{ mm}) \times 6 / 100$$
$$\rightarrow 500 \text{ mm} = (1060 \text{ mm} - 4 \times X \text{ mm}) \rightarrow \mathbf{X = 140 \text{ mm}}$$

Kuivatus:

Olosuhteista riippuen suositellaan routaeristeen alle rakennettavaksi kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta (kerroksen paksuus vähintään 0,2 m), joka voidaan korvata ”ylipaksulla” Foamit-kerroksella (laskelman minimimäärä + 0,15 m).

#### Kantavuusmitoitus

Kohteen lähtötiedot ovat samat kuin routamitoituksessa. Kantavuusvaatimus päällysteen päältä on 285 MPa.

Alusrakenneluokaksi saadaan ohjeen ”Tierakenteen suunnittelu” perusteella F (35 MPa). Ohjeesta ”Tierakenteen suunnittelu” saadaan tierakenteen kantavuusmitoituksessa käytettävät materiaalimoduulit. Foamitille käytetään E-moduulin arvo 50 MPa. Sijoittamalla kerrosten paksuudet ja materiaalien moduulit Odemarkin yhtälöön saadaan rakenteen kantavuudeksi kerroksittain.

Rakenneosa	Materiaali	Materiaalin moduuli	Paksuus	Kantavuus kerroksen päältä
Päällyste	AB+ABK	2500 MPa	100 mm	325 MPa
Kantava kerros	KaM 0/63	280 MPa	250 mm	191 MPa
Jakava kerros	KaM 0/90	280 MPa	350 mm	125 MPa
Routaeriste	Foamit	50 MPa	140 mm	39 MPa
Yhteensä:			840 mm*	

\* +kuivatuskerros tarvittaessa

## Liite 6

### Piharakenteen kantavuus-, painuma- ja routamitoitus

Lähtötiedot:

Laatuluokka	2 (ja 1)	Paikkakunta	Lahti
Päällyste	AB	Mitoituspakkasmäärä	F <sub>10</sub>
Aluetyyppi	3	Käyttöolosuhteet	Kosteat
Pohjamaa	Tasalaatuinen savi, kuivakuori	Pihan TSV	+0,4 nyk. maanpinnan yläpuolella

Pihojen laatuluokat ja niille sallittu painuma ja routanousu: (RIL 234-2007)

Laatu-luokka	Sallittu kokonaispainuma	Maksimi routanousu F <sub>10</sub>	Kuvaus
1	100 mm	50 mm	Piha-alueet, joissa suuret toiminnalliset tai ulkonäölliset vaatimukset
2	200 mm (aluetyyppi 3 ja 4) 250 mm (aluetyyppi 1 ja 2)	100 mm	Muut asunto-, toimisto- ja liikerakennusten pihat, joissa pienemmät toiminnalliset tai ulkonäölliset vaatimukset

#### Kantavuusmitoitus

RIL 234-2007: Suositus pihan kantavuudelle (E<sub>2</sub>) kantavan kerroksen päältä on aluetyypin perusteella 160 MPa.

Alusrakenneluokaksi saadaan ohjeen "RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet" taulukon 5.5 perusteella E (20 MPa). Foamit suunnitteluohjeen taulukosta sekä RIL 234-2007 taulukosta 5.6 saadaan piharakenteen kantavuusmitoituksessa käytettävät materiaalimoduulit. Sijoittamalla kerrosten paksuudet ja materiaalien moduulit Odemarkin yhtälöön (kaava esitetty myös Foamit suunnitteluohjeessa) saadaan rakenteen kantavuudeksi kerroksittain ilman kevennystä sekä kevennettyinä:

Ilman kevennystä:

Rakenneosa	Materiaali	Materiaalin moduuli	Paksuus	Kantavuus kerroksen päältä
Päällyste	AB	2500 MPa	50 mm	199 MPa
Kantava kerros	KaM 0/32	280 MPa	150 mm	<b>160 MPa</b>
Jakava kerros *	KaM 0/63	200 MPa	600 mm	121 MPa
		Yhteensä:	800 mm	

\* suodatinkangas pohjamaan pinnalle

Kevennettyinä:

Rakenneosa	Materiaali	Materiaalin moduuli	Paksuus	Kantavuus kerroksen päältä
Päällyste	AB	2500 MPa	50 mm	199 MPa
Kantava kerros	KaM 0/32	280 MPa	150 mm	<b>160 MPa</b>
Jakava kerros	KaM 0/63	200 MPa	400 mm	120 MPa
Kevennyskerros*	Foamit	50 MPa	350 mm	41 MPa
Kuivatuskerros*	Foamit	50 MPa	150 mm	27 MPa
		Yhteensä:	1150 mm	

\* suodatinkangas jakavan kerroksen alle ja pohjamaan pinnalle

#### Painumamitoitus:

RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet: Valitun laatuluokan ja aluetyypin perusteella RIL 234-2007 taulukosta 4.1 saadaan sallituksi laskennalliseksi kokonaispainumaksi 200 mm laatuluokassa 2 (ja 100 mm laatuluokassa 1).

Laskennassa kevennettävän piha-alueen leveys on 15 m. Laskennassa käytetyt pohjamaan parametrit ja maakerrosten paksuudet ovat:

## Liite 6

Maakerros	Kerroksen paksuus [m]	Tilavuuspaino [kN/m <sup>3</sup> ]	Materiaalimalli	Konsolidaatiojännitystyyppi	$m1/\beta1/Cv, NC$ [- / - / m <sup>2</sup> /a]
Kuivakuorisavi	0,8/0,5*	15	Ohde-Janbu	NC	30/0,5/1,8
Savi	10	15	Ohde-Janbu	NC	6,5/0/0,3
Savikerroksen alla kantava kitkamaakerros, jonka painuma ko. rakenteessa merkityksetön					

\* Kuivakuorisaven leikkaussyvyys eri rakennekerrospaksuuksilla vaihtelee, kun pihan tsv. on vakio

### Keventämätön rakenne:

Pihan tulevan tasauksen (TSV +0,4 m), rakennekerrosten paksuuden (0,8 m) ja pohjamaan pinnan leikkauksen (0,4 m) perusteella pohjamaalle rakennekerroksista aiheutuva lisäjännitys on:

$$q = 20 \text{ kN/m}^3 \times 0,8 \text{ m} - (0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m}) \times 15 \text{ kN/m}^3 = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

Rakennekerrosten kuormasta aiheutuva kokonaispainuma  $S = 400 \text{ mm}$ .

Sallittu painuma  $S = 200 \text{ mm}$  tapahtuu n. 13 vuodessa.

(Laatuluokassa 1 sallittu painuma  $S = 100 \text{ mm}$  tapahtuu n. 3 vuodessa.)

### Kevennetty rakenne:

Pihan tulevan tasauksen (TSV +0,4 m), rakennekerrosten paksuuden (1,10 m) ja pohjamaan pinnan leikkauksen (0,7 m) perusteella pohjamaalle rakennekerroksista aiheutuva lisäjännitys on:

$$q = (20 \text{ kN/m}^3 \times 0,6 \text{ m} + 3,5 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m}) - (1,10 \text{ m} - 0,4 \text{ m}) \times 15 \text{ kN/m}^3 = 3,25 \text{ kN/m}^2$$

Rakennekerrosten kuormasta aiheutuva kokonaispainuma  $S = 177 \text{ mm}$  (ok! < 200 mm).

(Laatuluokassa 1 sallittu painuma  $S = 100 \text{ mm}$  tapahtuu n. 20 vuodessa => rakenteen suunnitteluiästä riippuen ko. kevennys ok! myös laatuluokassa 1).

### **Routamitoitus:**

RIL 261-2013: Piharakenteet mitoitetaan routanousulle, joka syntyy paikallisella, kerran kymmenessä vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä  $F_{10}$ . Valitun laatuluokan, alue- ja päällystetyypin perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 8.1. saadaan sallituksi routanousuksi 100 mm (laatuluokassa 1: 50 mm) Pohjamaan savipitoisuuden perusteella ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 3.7. saadaan routimiskertoimeksi 10 mm<sup>2</sup>/Kh. Paikkakunnan perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 2.2c. saadaan mitoituspakkasmääräksi 29 000 Kh. Sallitun routanousun, pakkasmäärän ja routimiskertoimen perusteella ohjeen RIL 261-2013 kuvasta 8.6 saadaan routaeristeen vaadituksi lämmönvastukseksi 0,5 m<sup>2</sup>K/W (laatuluokassa 1: 1 m<sup>2</sup>K/W). Näin ollen pelkällä 0,8 m murskerakenteella laskennallinen routanousu ylittää vaatimuksen eli murskerakenteen tulisi olla selvästi paksumpi routanousuvaatimuksen täyttämiseksi.

Mitoitus: Ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 5.1. saadaan käyttöolosuhteiden perusteella Foamitin lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Vaaditun lämmönvastuksen ja lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän Foamitin paksumudeksi Foamit suunnitteluohjeen kaavalla  $0,5 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,10 \text{ m}}$  (laatuluokassa 1: 0,2 m).

Kuivatus: Routaeristeen alle tulee rakentaa kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta (kerroksen paksuus vähintään 0,2 m). Kuivatuskerros voidaan korvata "ylipaksulla" Foamit-kerroksella (laskelman minimimäärä + 0,15 m). => Foamit-kerros  $\geq 0,25 \text{ m}$  laatuluokassa 2 ( $\geq 0,35 \text{ m}$  laatuluokassa 1) eli 0,55 m kerros on riittävä routamitoituksen kannalta.





# Foamit<sup>®</sup>

FOAMIT<sup>®</sup> – TÄYTTÄÄ KEVYESTI

Puh. 050 432 5805

[foamit.fi](http://foamit.fi)