

Foamit[®]

SUUNNITTELUOHJE
INFRARAKENTAMISEEN

VAAHTOLASIMURSKETÄYTTÄ KEVYESTI

Sisältö

1.	Johdanto	3
2.	Yleisiä ominaisuuksia	4
3.	Vahtolasimurske infrarakentamisessa.....	4
3.1	Penger- ja siirtymärakenteet	5
3.2	Rakenteiden tausta- ja alustäytöt.....	8
3.3	Putkijohtorakenteet	8
3.4	Routaeristeet	9
4.	Materiaaliominaisuudet	10
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
5.	Geotekninen mitoitus	14
5.1	Kevennyksen mitoitus	14
5.2	Routamitoitus	14
5.3	Kuormituskestävyyshmitoitus	16
5.4	Maanpainemitoitus	16
6.	Rakenteiden toteuttaminen	17
6.1	Suunnitelma	17
6.2	Rakentaminen	17
6.3	Laadunvarmistus	20
6.4	Työturvallisuus.....	20
7.	Ympäristönäkökohdat	21
7.1	Vaikutus ympäristöön.....	21
7.2	Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys.....	21
7.3	Käytöstä poistaminen	21
7.4	Ekologisuus.....	21
8.	Määräykset, ohjeet ja kirjallisuus.....	22
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 kantavuushmitoitus
- Liite 6 Piharakenteen kantavuus-, painuma- ja routamitoitus

1. Johdanto

Vaahtolasimursketta on käytetty menestyksekkäästi infrarakentamisessa Euroopassa yli 25 vuotta. Uusioaines Oy aloitti vaahtolasimurskeen 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.

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

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 kuumen-

netaan noin 900 °C lämpötilaan, jolloin se paisuu lähes viisinkertaiseksi. Vaahtolasi sisältää n. 8 tilavuusprosenttia lasia ja noin 92 tilavuusprosenttia ilmaa. Jäähdyessään vaahtolasilevyt pirstoutuvat palasiksi eli vaahtolasimurskeeksi. (Kuva 1.1)

Ympäristö

Foamit on täysin kierrätetyistä materiaaleista valmistettu eikä siten kuluta luonnonvaroja. Puhdistetun kierrätyslasin osuus massasta on n. 99 %. Lasin vaahtoaminen saadaan aikaiseksi kemiallisella reaktiolla, jossa käytetyt kemikaalit ovat teollisuuden sivuvirroista kerättyjä. Foamitista ei liukene ympäristölle haitallisia aineita, joten sen käyttö myös pohjavesialueilla on turvallista. Foamitin hiilijalanjälki on luokassaan pienin ja se on hyväksytty Joutsenmerkittyihin taloihin. Foamit on käytettävissä uudelleen. Maanrakentamisessa uusiokäyttö on mahdollista kuten maa-aineksien uusiokäyttö. Foamitin ympäristövaikutuksia kuvaava Environmental Product Declaration (EPD) -kortti on ladattavissa osoitteessa www.foamit.fi/tuotteet/ymparisto/.



Kuva 1.1. Vaahtolasimurskeen 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 vaahtolasimurskeella 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

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

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

3. Vaahtolasimurske infrarakentamisessa

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

Vaahtolasimursketta voidaan keveytensä vuoksi käyttää uudisrakennus- ja saneerauskohteissa

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

Lämmöneristyskykynsä vuoksi vaahtolasimursketta käytetään routaeristeenä ja vedenläpäisevyytensä vuoksi kuivatusrakenteena.

Vaahtolasimurskeen 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 paalutuskonelakaluston 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.

Vaahtolasimurskekevennyksen paksuus ja laajuus mitoitetaan stabiliteetti- ja painumalaskelmien avulla huomioiden nostemitoitus esim. tulva-alueilla. Suunnittelussa vaahtolasimurskerakenteen teknistaloudellinen kustannustehokkuus todetaan vertailulaskelmilla muihin mahdollisiin pohjanvahvistus- tai pohjarakennusmenetelmiin verrattuna. Kustannusten ja toimivuusvaatimusten täyttymisen lisäksi menetelmän valintaan vaikuttavat mm. aikataulu, mahdolliset häiriöt ympäristön asukkailla 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 yhdistelmärakenteena usein teknistaloudellisesti perusteltu ratkaisu.

Rakenteiden saneerauksessa, esim. painumakorjauksissa, tasauksen korotuksessa ja routaeristyksen rakentamisessa vaahtolasimurskeen etuna on materiaalin hyvä kantavuus ja kitkakulma, mikä mahdollistaa kevennyksen ja routasuojausten toteuttamisen kohtuullisilla kaivumäärillä. Vaahtolasimurske voidaan

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

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

3.1 Penger- ja siirtymärakenteet

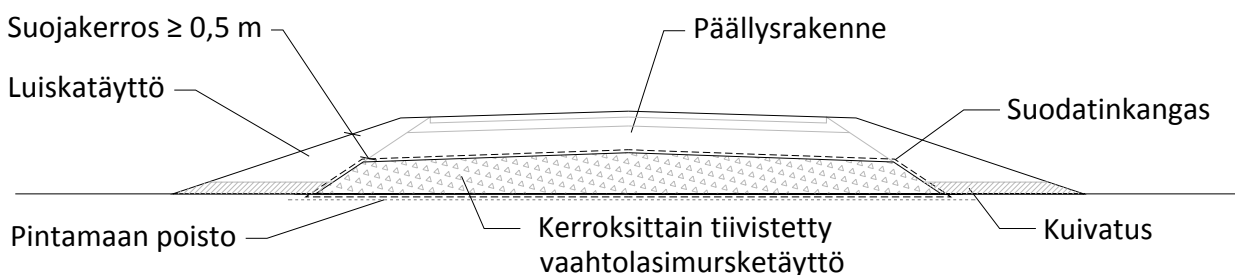
Vaahtolasimursketta käytetään liikennealueiden kevennysrakenteiden materiaalina (mm. kadut, tiet, satama-alueet, siltojen tulopenkereet, putkisiltojen taustatäytöt, ym.). Kevennysrakenteen paksuus vaihtelee tyypillisesti välillä 0,5-2 m, mutta selvästi paksumpienkin kevennysten toteuttaminen on mahdollista. Suomessa on toteutettu vaahtolasimurskeella jopa 8 m paksuja pengerrakenteita.

Tyypiesimerkki vaahtolasimurskeella toteutetusta tiepenkereen kevennysrakenteesta (osittaiskevennyks) on esitetty kuvassa 3.1. Eryttypisten pengerkevennyksien tyypikkuvia on esitetty liitteessä 1.

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

Vaahtolasimurskeen sisäistä kitkakulmaa voidaan ver-

Kuva 3.1. Tie- tai katupenkereen osittaiskevennyksen vaahtolasimurskeella.



rata kiviainesmurskeisiin. Kevennyspenkereen luiskat voidaan rakentaa kaltevuuteen 1:1,5 tai loivempina riippuen mm. penkereen korkeudesta sekä rakenteen yläpuolisista kuormista ja niiden sijainnista. Kevennyskaivun kaivuluiskien kaltevuus voi olla 1:1 tai loivempi pohjamaan lujiuudesta, kaivusyvyydestä, yms. riippuen.

Vahtolasimurskepenkereen rakentamiseksi reunapenkereet eivät yleensä ole välttämättömiä. Korkeammissa kevennyspenkereissä ne voivat olla kevennyksen alaosassa kuitenkin usein perusteltuja esimerkiksi rakenteen tai rakentamisen kustannusten kannalta. Tien tai kadun poikkileikkauksen painuman aiheuttaman sivukaltevuuden muutoksen kannalta penkereen keskiosan kevennystä raskaammat reunapenkereet ovat usein myös eduksi.

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

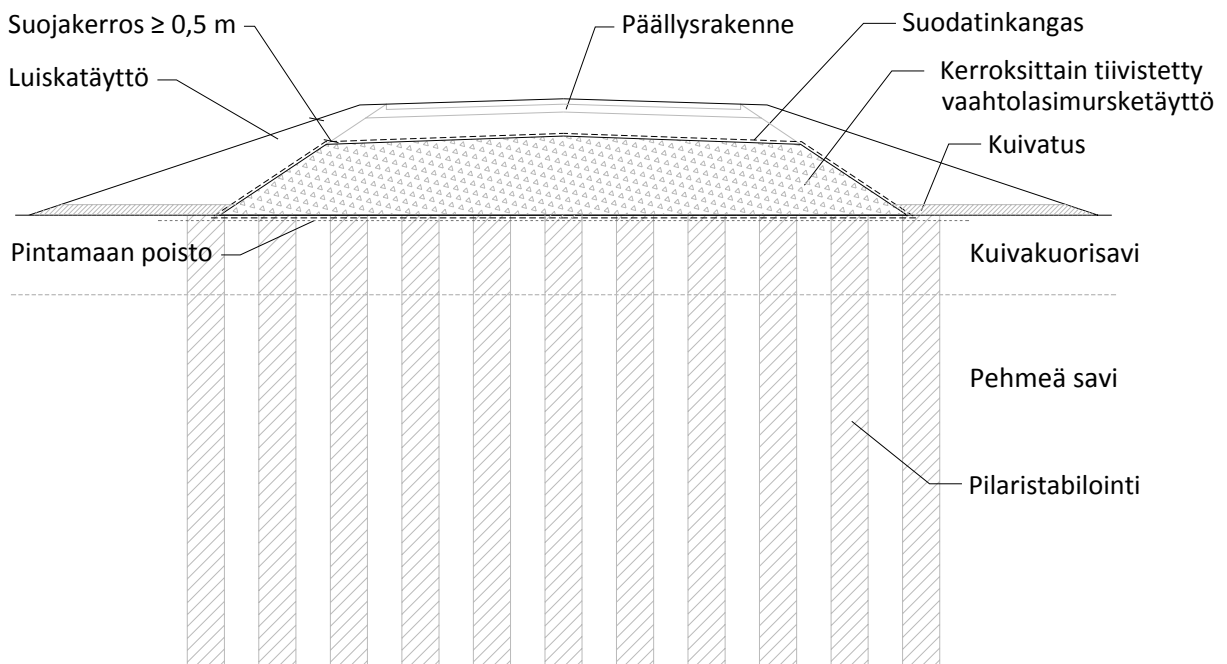
Luiskassa vahtolasimurskekerroksen päälle asennetaan myös suodatinkangas sekä vähintään 0,5 m paksu maakerros. Mikäli vahtolasimurskerakenteeseen

pääsee ajoittain vettä, on luiskan alaosan ja reunapenkereen materiaaliksi valittava riittävä vettäläpäisevä materiaali tai rakennettava vettäläpäiseviä purkautumiskanavia noin 30–60 m välein.

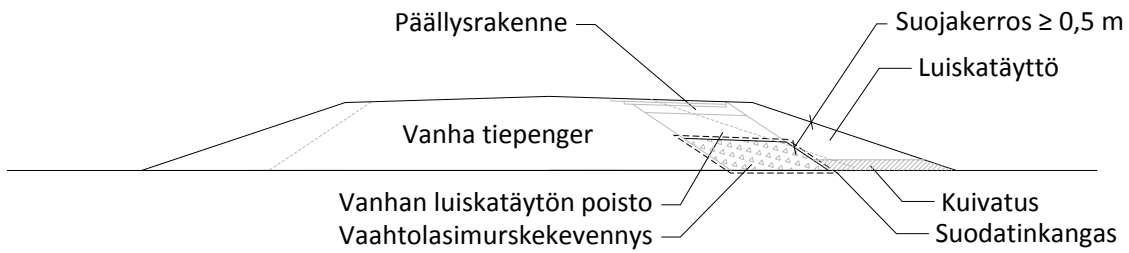
Perustamisolosuhteiden muutoksista aiheutuvat sallittua jyrkemmät epätasaiset painumat loivennetaan vahtolasimurskeesta siirtymärakenteilla niin että rakenne täyttää painumaeroille asetetut vaatimukset. Siirtymärakenteita käytetään, kun pohjaolosuhteet, maapohjalle tulevat kuormitukset tai pohjarakennustoimenpiteet 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. Vahtolasimurskeesta rakennetun siirtymäläätällä varustetun siirtymärakenteen periaate on esitetty kuvassa 3.4.

Kuvassa 3.5. on esitetty päällysrakenteen kuormittaman pohjamaan tyypillinen aika-painuma-kuvaaja vahtolasimurskeella kevennetyllä rakenteella ja keventämättömällä rakenteella.

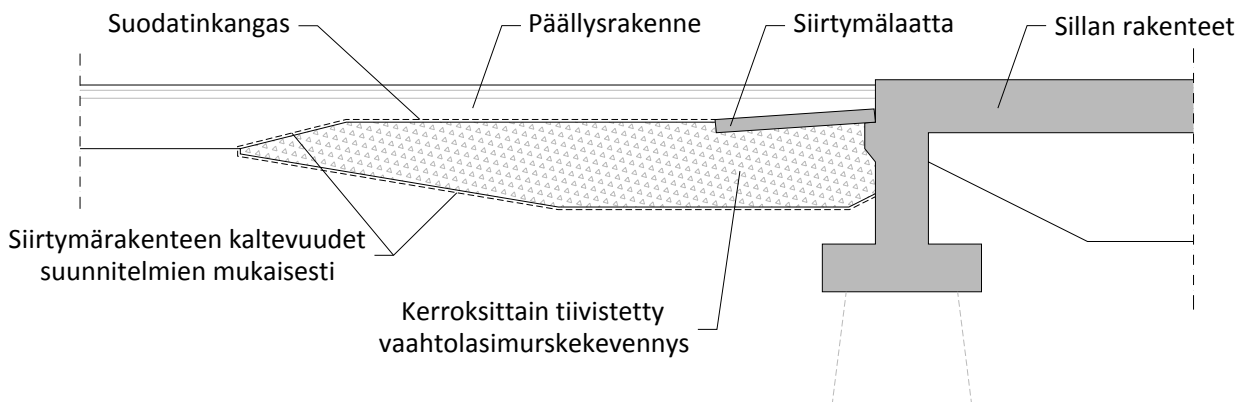
Kuva 3.2. Vahtolasimurske korkean penkereen kevyenä pengertäyttönä pilaristabiloidun pohjamaan päällä. Kevennystä käyttäen on mahdollista harventaa pilariväliä, käyttää alemmaa pilarilujuuutta tai toteuttaa syvästabiloinnin varaisesti tavanomaista korkeampia penkereitä.



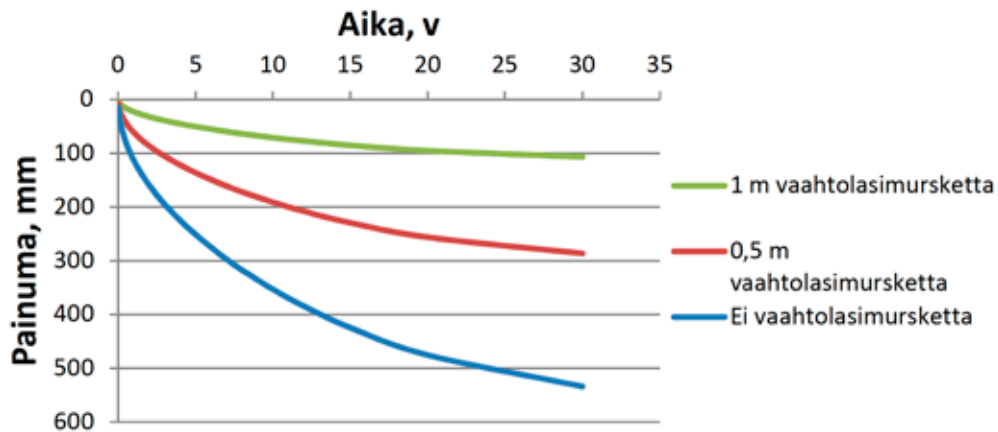
Kuva 3.3. Tiepenkereen leventäminen kevennettynä käyttäen vaahtolasimursketta.



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



Kuva 3.5. Rakenteen kuormittaman pohjamaan aika-painuma-kuvaaja tapauksessa, jossa rakenteen alapuolella on savea 10 m kerros, saveen vesipitoisuus 100 %, penkereen yläpinta 0,5 m alkuperäisen maapinnan yläpuolella, kevennys vaahtolasimursketta, päällysrakennekerrokset 0,4 m vaahtolasimurskeen päällä.

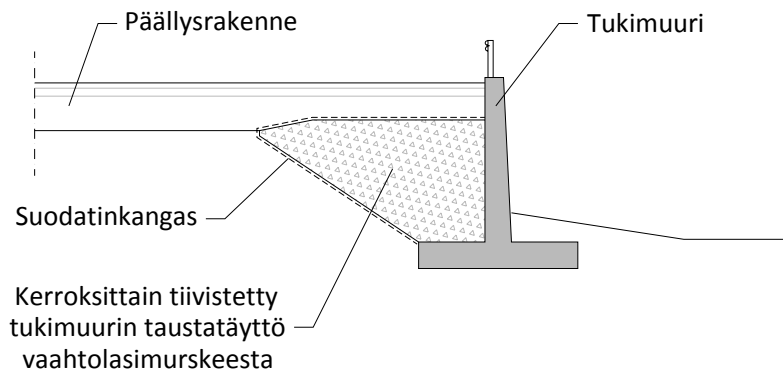


3.2 Rakenteiden tausta- ja alustäytöt

Tukimuurin taustatäytön tekeminen vaahtolasimurskeella mahdollistaa kevyemmän tukimuurirakenteen. Vaahtolasimurskeella rakennetun taustatäytön perusmuuria vasten aiheuttama maanpaine voi olla oleellisesti pienempi (jopa $\approx 70-90\%$) kuin luonnon maa-aineksella toteutetun täytön aiheuttama maanpaine. Täyttömateriaalin lisäksi maanpaineen suuruuteen vaikuttaa mm. vaahtolasimurskekerroksen päälle asennettavan maakerroksen paksuus ja pintakuorman suuruus. Vaahtolasimurske tukimuurirakenteen kevyenä taustatäyttönä on esitetty periaatekuvassa 3.5.

Betonisen tukimuurirakenteen sijaan on mahdollista rakentaa myös vaahtolasimurskeella kevennetty geolujitettu tai kivikoreilla tuettu tukimuri tai jyrkkä luiska. Kaikissa näissä rakenteissa vaahtolasimurske voi toimia myös routaeristeenä ja kuivatuskerroksena.

Kuva 3.6. Vaahtolasimurske tukimuurin kevyenä taustatäyttönä.



3.3 Putkijohtorakenteet

Vaahtolasimursketta voidaan käyttää putkikaivantojen lopputäyttönä. Alkutäyttönä vaahtolasimursketta voidaan käyttää kohteen suunnitelman mukaisesti silloin, kun putken tai liitosten materiaali, halkaisija tai raekoko ei rajoita käyttöä. Vaahtolasimurskeen rakeiden karkea pinta voi hiertää putken pintaa, mutta alkutäyttöön voi käyttää vaahtolasimursketta ainakin seuraavilla putkityypeillä, kun materiaalin rakeisuus on sopiva:

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

Putkia on mahdollista asentaa vaahtolasimurskekerrokseen. Putken alle tehdään asennusalusta kiviaineksesta Infra-RYL:n mukaisesti.

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

Periaatekuva vaahtolasimurskeesta putkikaivannon täyttömateriaalina ja routaeristyskseenä on esitetty kuvassa 3.7. Vaahtolasimurskeen lämmöneristävyys mahdollistaa putkien asentamisen tavanomaista lähemmäksi rakenteen yläpintaa, joka puolestaan pinentää kaivussyvyyttä, kaivumaiden määrää ja kaivantojen tuentatarvetta.

Vaahtolasimurskeen yläpuolisen päällysrakenteen paksuus mitoitetaan kantavuusvaatimus huomioiden tapauskohtaisesti liikennealueilla. Muilla alueilla, kuten puistoalueilla päälle tuleva kerros voi olla ohuempi, rakennuskohteen vaatimukset huomioiden.

Putkilinjaa korjattaessa rakennettuun vaahtolasimurskekerrokseen 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 tekijä Suomessa. Roudan kuormitusvaikutus ulottuu koko rakenteeseen roudan tunkeutumissyvyyteen saakka.

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

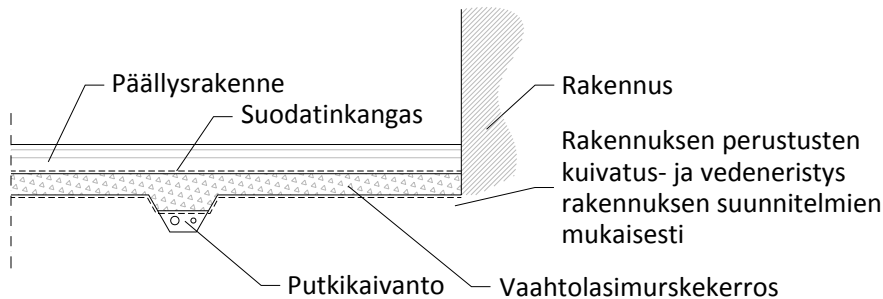
Vaahtolasimurske soveltuu erinomaisesti routanousuvaatimuksiltaan toisistaan poikkeavien rakenteiden

tai routivuudeltaan erilaisten pohjamaiden rajakohtiin. Routivalla pohjamaalla 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 vaahtolasimurskeella.

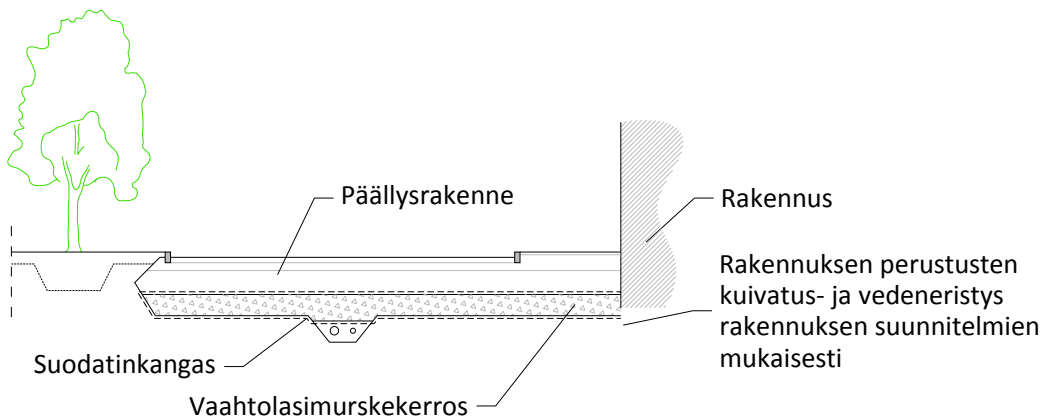
Vaahtolasimurske sietää paikallisia muodonmuutoksia (routanousu, painumat, terävät iskut, ym.) paremmin kuin levymäinen routaeriste, joka saattaa halkeilla tai katketa. Levyeristeen alle on myös rakennettava tasainen asennusala routimattomalla hienorakeisella kiviaineksella ja kuivatuskerros.

Mikäli rakenteelle ei sallita lainkaan routanousua, tulee routaeristeenä toimivan vaahtolasimurskekerroksen 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 vaahtolasikerroksen paksuutta 0,15 m.

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



Kuva 3.8. Kadun kevennys ja routaeristys vaahtolasimurskeella toteutettuna.



4. Materiaaliominaisuudet

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

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

tetään taulukon 4.1 mitoitusarvoja vaahtolasimurskeen ominaisarvoina täydennettyinä muussa ohjeistuksessa esitetyillä osavarmuuskertoimilla. Kokonaisvarmuustarkasteluissa käytetään taulukon mitoitusarvoja.

Taulukko 4.1. Vaahtolasimurskeen teknisiä ominaisuuksia.

Ominaisuus	FOAMIT® Mitoitusarvot	Standardi / koemenetelmä
Raekoko	0-60 mm	SFS-EN 933-1 / SFS-EN 13055-2
Tiheys (irtokuiva)	210 kg/m ³ (±15 %)	SFS-EN 1097-3
Tiheys (kuiva, tiivistetty) ¹⁾	220–280 kg/m ³	⁶⁾
Kuivatilavuuspaino rakenteeseen tiivistettynä ¹⁾	^{2, 2, 2, 8} kN/m ³	⁶⁾
Tilavuuspaino		
rakenne, jossa toimiva kuivatus	3,5 kN/m ³	⁶⁾
rakenne ajoittain veden alla (≤ 1 kk)	6 kN/m ³	⁶⁾
rakenne pitkäaikaisesti veden alla (>1v.)	10 kN/m ³	⁶⁾
Tilavuuspaino (nostemitoitus)	3,0 kN/m ³	⁶⁾
Tiivistymiskerroin ⁵⁾	1,15-1,25	kokemusperäinen
Kitkakulma (leikkauskestävyysskulma)		
kuormitus yli 100 kPa	36°	kolmiakσιαalikoe
kuormitus alle 100 kPa	40°	
pH-arvo	10	
Vedenläpäisevyys	10 ⁻¹ m/s	arvioitu raekokojakauman perusteella
Vedenimeytyminen ²⁾		
lyhytaikainen (4 viikkoa)	≈ 60 paino-%	EN 12087
pitkäaikainen (1 vuosi)	≈ 100 paino-%	
Kapillaarinen nousukorkeus	200 mm	SFS-EN 1097-10
Puristuslujuus / murskautuvuus 20 % kokoonpuristumalla	> 0,9 MPa	Materiaalin laadunvalvontakoe tehtaalla. SFS-EN 13055-1
Lämmönjohtavuus		SFS-EN 12667
kuiva	0,1 W/mK	
kosteaa ³⁾	0,15 W/mK	
märkä	0,23 W/mK	
Vastaavuus eristävyiden kannalta ⁴⁾	ai = 4	katso taulukko 2.3

1) tiheys riippuu tiiviydestä

2) näyte vesiputuksessa

3) vesipitoisuus 25 paino-%, kuivairtitiheys 210-280 kg/m³

4) vaahtolasimurskeen vastaavuus eristävyiden kannalta verrattuna hiekkaan (ai)

5) tiivistymiskertoimen ollessa 1,25 tiivistyy 500 mm paksuiseksi levitetty Foamit 60 kerros rakenteeseen 400 mm paksuiseksi kerrokseksi (500 mm / 1,25 = 400 mm)

6) tilavuuspainot on määritetty tiheydestä tiivistymiskertoimen avulla

Taulukko 4.2. Vaahtolasimurskeen kantavuusominaisuuksia. Taulukossa esitetyt arvoja voidaan soveltaa, kun vaahtolasimurskekerrosta on tiivistetty levityksen jälkeen >15 % ja vaahtolasikerroksen pintaan kohdistuva kuormitus ≤75 kPa (jota määritettäessä syklinen kuormitus, kuten ajoneuvo tai junakuorma, huomioidaan 1,5-kertaisena).

Moduuli *	FOAMIT® Mitoitusarvot	Määrittäminen
E-moduuli, E_2	50 MPa ^{1) 2)}	levykuormituskokeista takaisinlaskettu
Resilient-moduuli M_r		
keskimääräinen pääjännitys 40 kPa	≥ 80 MPa	syklinen 3-akselikoe
keskimääräinen pääjännitys 100 kPa	≥ 150 MPa	
Sekanttimoduuli, E_{50}	40 MPa	tiivistetty ≥15 %

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

2) Moduulin mitoitusarvo toteutuu valmiissa rakenteessa päällysrakenteen kuormittamana. Vaahtolasikerroksen päälle levitetyn ja tiivistetyn murskekerroksen (0,15 - 0,20 m) päältä kantavuuksia mitattaessa E-moduuli jää mitoitusarvoa pienemmäksi (n. 40 MPa), tämä on huomioitava työmaan laadunvalvonnassa.

4.1 Rakeisuus

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

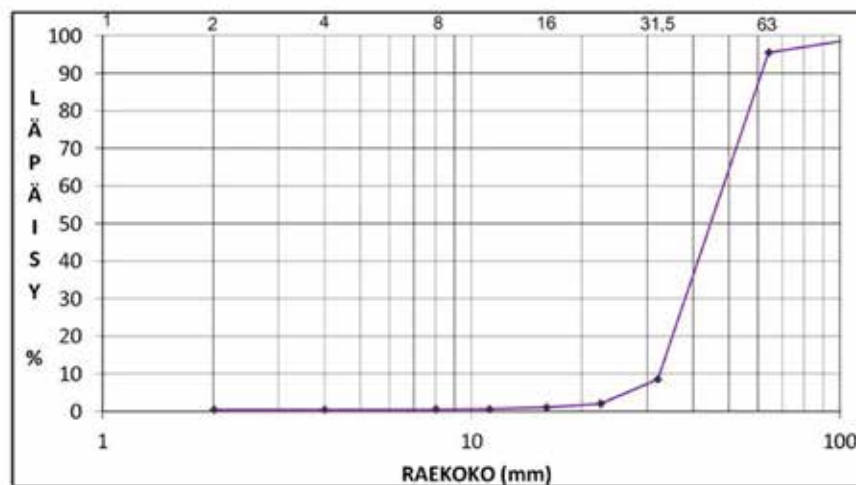
Vaahtolasimurskeella on kulmikas raemuoto, jonka terävät kulmat pyöristyvät materiaalin käsittelyn, levityksen

ja tiivistämisen aikana (kuva 4.1). Vaahtolasin kulmikas raemuoto mahdollistaa vaahtolasimurskerakenteiden rakentamisen tavallisilla maanrakennuskoneilla ja tiivistämisen tärylevyllä ja tela-alustaisella kaivinkoneella suoraan Foamitin päältä. Kulmikkaan raemuodon ja karkean pinnan ansiosta vaahtolasimurskerakenne on helposti aukikaivettavissa ilman, että kaivettava kerros sortuu kaivantoon tavanomaisilla kitkamaahan kaivettavilla luiskakaltevuuksilla (noin 1:1,5).



Kuva 4.1. Foamit® -vaahtolasimurskeen tyypillinen raemuoto.

Kuva 4.2. Foamit 60 -vaahtolasimurskeen tyypillinen raekokojakauma.



4.2 Tiheys ja lujuus

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

Kolmiakiaalikoikeissa vaahtolasimurskeen kitkakulmaksi on määritetty 35-45° jännitystasosta riippuen. Erityisesti suurella jännitystasolla kuormituksen alaisena rakeet voivat pyöristyä ja rikkoutua. Mikäli hienoneminen on merkittävää, alenee kitkakulma. Kitkakulman mitoitusarvona voidaan käyttää arvoa 36° kuormituksen ollessa yli 100 kPa ja 40° kuormituksen ollessa alle 100 kPa.

4.3 Kantavuus

Vaahtolasimurskeen kantavuus (E-moduuli toistokuormituksessa, E_2) liikennekuormitetussa rakenteessa on jännitystilariippuvainen. Päälysrakenteen mitoituksessa hyvin tiivistetyn vaahtolasimurskekerroksen E-moduulina käytetään 50 kPa (Odemark).

Tie- ja ratarakenteissa vaahtolasikerroksen 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 vaahtolasimurskeen 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

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

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

Vaahtolasimurskerakenteen lämmöneristävyyden vas-

taavuus verrattuna luonnon maa- ja kiviaineksiin sekä ESP- ja XPS-eristeisiin on esitetty taulukossa 4.3.

Kuten muidenkin kevennys- ja eristemateriaalien, myös vaahtolasimurskeen käyttö päällysrakenteessa voi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa muuhun tie- tai katuosuuteen kuuraliukkautta rakenteen pinnassa, aiheutuen

materiaalin hyvästä lämmöneristyskyvystä. Tämä johtuu siitä, että eristeen yläpuolella olevien kerrosten lämpökapasiteetti ei riitä tasoittamaan pintalämpötilojen vaihtelua silloin, kun kerrosten paksuus ei ole riittävä. Ongelma esiintyy keväisin ja sykyisin, kun lämpötila vaihtelee voimakkaasti jäätymispisteen molemmin puolin.

Taulukko 4.3. Vaahtolasimurskerakenteen lämmöneristävyyden vastaavuus verrattuna luonnon maa- ja kiviaineksiin (kerrospaksuudet ovat suuntaa-antavia).

	Foamit 60 (kosteaa)	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

4.5 Kapillaarinen nousukorkeus ja vedenläpäisevyys

Tiivistämättömän vaahtolasimurskeen kapillaarinen nousukorkeus on havaittu olevan alle 200 mm.

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

4.6 Kemialliset ominaisuudet

Foamit-vaahtolasimurskeen pH on lievästi emäksinen (pH 10). Vaahtolasimurskeen sähkönjohtavuus on alhainen, keskimäärin n. 18 (kokeissa 16-23) mS/m.

Vaahtolasimurskekerroksessa maaperäkorroosion riski on vähäinen ja korroosionopeus pieni. Vaahtolasimurske vastaa korroosio-ominaisuuksiltaan ei-aggressiivista ja homogeenista täyttömaata. Sinkin ja teräksen korroosion kannalta vaahtolasin pH-alue on korroosiota passiivivoiva. Vaahtolasimurskeen ja sinkityn rakenteen välissä käytetään silti suodatinkangasta (N3 tai N4).

Vaahtolasimurskeen 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

Vahtolasimurskerakenteiden kantavuus- ja routamitoitus tehdään käyttökohteen mukaista ohjeistusta käyttäen. Vahtolasimurskerakenteiden mitoituksessa

on huomioitava suunnittelukohteen kohdekohtaiset erityispiirteet. Suunnittelun ja mitoituksen periaatteita on esitetty liitteissä 3-6.

Liitteessä 1 on esitetty katurakenteen routamitoituksen periaate.

1) Talonrakentamiseen liittyvät ulkoalueet

Mm. pihoilla ja pysäköintialueilla routasuojauksen mitoittamiseen ohjeen "Pihojen pohja- ja päällysrakenteet, Suunnittelu- ja rakentamisohjeet" [RIL 234-2007] mukaisesti. Rakennusten ja infrarakenteiden routasuojauksen mitoittamiseen ohjeen "Routasuojauksen – rakennukset ja infrarakenteet" [RIL 261-2013] mukaisesti. Ko. ohjeissa mitoitus esitetään tapahtuvan routateknisin laskelmin, joissa routimiskerroin eli segregatiopotentiaali 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 keskimääräisesti 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^2K/W]

λ eristeen lämmönjohtavuus [W/Km], katso taulukko 2.1

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 piha-alueen vahtolasimurskeella tehdyn routaeristykseen mitoitusmerkki.

2) Kadut

Katu tulee perustaa ja rakentaa siten, etteivät katura-



Kuva 5.1. Tien leventäminen vaahtolasimurskekevennyksen avulla.

kenteessä tai sen alla tapahtuva maapohjan routiminen aiheuta kadun pintaan haitallista pituus- tai poikkisuuntaista epätasaisuutta. Katujen suunnittelu ja routamitoitus tehdään julkaisun *"Katusuunnittelu ja -rakentamisen 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 *"Katujen ja pihojen routasuojaus"*.

Liitteessä 5 on esitetty Tampereen seudulle sijoittuvan katurakenteen vaahtolasimurskeella tehdyn routaeristykseen mitoitus esimerkki.

3) Tiet

Tien pinnan routanousulle on annettu suunnitteluohjeissa suurin sallittu arvo, jota routanousu ei saa ylittää. Tierakenteissa routaeristeenä toimivan vaahtolasimurskekerroksen 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 6 on esitetty Jyväskylän seudulle sijoittuvan tierakenteen vaahtolasimurskeesta tehdyn routaeristykseen mitoitus esimerkki.

4) Putkilinjat

Putkien routasuojaus tehdään ohjeen *"Matalaan asennettujen putkijohtojen routasuojaus ja lämmöneristäminen"*. 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 Kuormituskestävyyssmitoititus

Kuormituskestävyyssmitoitituksessa eli kantavuusmitoitituksessa 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 mitoitukskaavaa, jolla saadaan laskettua rakenteen teoreettinen kantavuus. Mitoituksessa tulee tietää mitoitettavan kerroksen alapuolisen kerroksen yläpinnan kantavuus, mitoitettavan kerroksen materiaalin E-moduuli ja mitoitettavan kerroksen paksuus. Odemarkin kaava on esitetty yhtälönä 5.3. Tierakenteiden kantavuusmitoititus tehdään tierakenteen suunnitteluohjeen mukaisesti.

Kadut luokitellaan niiden liikenteellisen merkityksen mukaan katuluokkiin 1-6, joilla on omat tavoitekantavuudet, jotka tulee saavuttaa kantavuusmitoitituksessa. Katujen päällysrakenteiden suunnittelua varten on InfraRYL:ssa 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 mitoititus 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 mitoitettavan kerroksen alta saavutettu kantavuus [MPa]

E_p mitoitettavan kerroksen päältä saavutettu kantavuus [MPa]

E mitoitettavan kerroksen materiaalin E-moduuli [MPa]

h mitoitettavan kerroksen paksuus [m]

Odemarkin kantavuuskaavaa käytettäessä kerrospaksuus saa olla enintään 300 mm. Paksummat kerrokset jaetaan mitoitettaessa 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 kerrokseksi, jonka moduuliksi lasketaan osakerrosten moduulien paksuuksilla painotettu keskiarvo.

Käytettäessä vaahtolasimursketta lämmöneristyskerroksena liikennöitävällä alueella, tulee kerroksen päällä olla kadulla vähintään 0,5 m paksu päällysrakenne (tai paksumpi päällysrakenteen kantavuusvaatimuksen ollessa suurempi 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 vaahtolasimurskeen päällä. Joillakin kunnilla on edellä esitetystä poikkeavia määräyksiä kevennysrakenteen yläpuolisen kerroksen paksuudelle. Syynä ko. määräyksiin on esim. kaapeleiden asentaminen valmiiseen päällysrakenteeseen tms.

Liitteessä 6 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 vaahtolasimurskeen lepopainekertoimeksi käytetään lukua 0,35 vaikutuksen ollessa kuormittava ja pienempi 0,1 vaikutuksen ollessa vakauttava.

6. Rakenteiden toteuttaminen

6.1 Suunnitelma

Kevennysrakennesuunnitelmassa on esitettävä mm. vaahtolasimurskekerroksen 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 vaahtolasimurskekerroksen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma ja työturvallisuusasiakirja, joihin sisällytetään minimissään:

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

Suunnitelmaa laadittaessa on myös huomioitava suunnitelman toteuttamiseen liittyvät riskit. Vaahtolasimurskekevennyksen rakentamisesta ei aiheudu merkittäviä haittoja ympäristölle (melu, tärinä, ym.), eikä se aiheuta

läheisille rakenteille vastaavaa riskiä kuten esim. paa-lutus. Kevennyksen rakentaminen aiheuttaa riskejä 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

Vaahtolasimurske toimitetaan kohteeseen rekoilla, joiden tilavuudet ovat tavallisesti 114–150 m³. Suurimmissa rekoissa on kolme lavaa, joista kaksi on peräkärjessä. Vetoautossa on koukkulaite, millä se pystyy vaihtamaan vetoauton päälle täyden lavan käyden kippaamassa sen kohteeseen. Toimitusta vastaanotettaessa tarkistetaan, että materiaalin rakeisuus vastaa tilausta. Purkamisen tapahtuu kippaamalla vaahtolasimurske maahan varastokasaan vastaavasti kuten muukin kiviaines. Varastokasan alle levitetään tarvittaessa suodatinkangas estämään alapuolisen materiaalin sekoittumista vaahtolasimurskeen sekaan.

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



Kuva 6.1. Vaahtolasimurskeen toimitus työmaalle.

Suodatinkankaan käyttö

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

Suodatinkangas asennetaan vaahtolasimurskekerroksen päälle estämään päällysrakenteen hienoraakeisen aineksen variseminen vaahtolasimurskekerrokseen, mistä voi aiheutua vaahtolasimurskeen 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

Vaahtolasimurske voidaan levittää esimerkiksi pyöräkuormaajalla, kaivinkoneella, puskutraktorilla. Pölyämisen välttämiseksi vaahtolasimurske voidaan kastella kevyesti. Jotta lopullinen kerrospaksuus vastaisi suunniteltua, on vaahtolasimurskekerroksen kokoonpuristuminen rakentamisen aikana otettava huomioon levitettävän kerroksen paksuudessa (ks. taulukko 6.1). Vaahtolasimurske voidaan tiivistää kosteana tai kuivana.

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

Vaahtolasimurske esitiivistetään kerroksittain suoraan vaahtolasimurskekerroksen 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.

Kerralla levitettävän kerroksen enimmäispaksuus on 0,6 m, kun se tiivistetään tela-alustaisella telakoneella, ja 0,4 m tärylevyllä tiivistettäessä. Paksunkaan vaahtolasimurskekerroksen tiivistämisessä välitiivistyskerros (suodatinkangas + kiviainesmurskekerros) ei ole välttämätön, kunhan esitiivistys tehdään asianmukaisesti kerroksittain. Ohjeiden vastainen tiivistäminen johtaa siihen, että vaahtolasimurskekerros ja

muut rakennekerrokset tiivistyvät vasta rakenteen käyttöönoton jälkeen liikennekuormituksen vaikutuksesta.

Esitiivistämisessä ylityskertojen määrä on ≥ 4 . Koneilla, joiden pohjapaine on lähempänä 30 kPa kuin 50 kPa tulee ylityskertoja olla enemmän kuin 4. Esitiivistäminen on riittävä, kun pinta on tasainen, teiloista ei jää painumajälkiä vaahtolasimurskekerroksen pintaan ja osa suuremmista rakeista pinnassa on rikkoutunut. Pinnan rakenteen rikkoutumisesta ei ole haittaa rakenteen toimivuudelle.

Mikäli esitiivistäminen ei ole mahdollista tela-alustaisella työkoneella, tehdään se noin 200 kg tärylevyllä. Tärylevyllä tiivistettäessä levitetyn vaahtolasimurskekerroksen tasaisuuteen on syytä kiinnittää huomiota, jotta tärylevy kulkee myös ensimmäisellä kerralla uppoamatta materiaaliin.

Laadukkaaseen lopputulokseen pääsemiseksi on ehdottoman tärkeää, että rakenne esitiivistetään kerroksittain em. suositusten mukaisesti. Esitiivistetyn vaahtolasimurskekerroksen päällä on mahdollista ajaa pyöräkuormaajalla, jolloin on kuitenkin vältettävä liiallista ajamista samoja rengasjälkiä pitkin.

Silloin, kun kyseessä on hyvin pehmeä tai häiriintymisherkkä pohjamaa, jonka yläpuolisen vaahtolasimurskekerroksen tiivistäminen ei onnistu työkoneella, on ainakin ensimmäisen kerroksen tiivistäminen syytä tehdä tärylevyllä. Poikkeuksellisen häiriintymisherkän pohjamaan päälle rakennettaessa, voidaan pohjamaan häiriintymisen välttämiseksi esitiivistettävän kerroksen paksuutta kasvattaa enimmillään 0,9 metriin. Tällöin esitiivistämisen ylityskertojen määrä tela-alustaisella työkoneella on ≥ 6 .



Taulukko 6.1 Kerralla rakennettavan vaahtolasimurskekerroksen esitiivistäminen.

Esitiivistäminen	Levitetty kerrospaksuus ennen esitiivistystä	Ylijokerrat	Kerroksen paksuus esitiivistämisen jälkeen
Tela-alustainen työkone (pohja-paine 30-50 kPa)	600 mm ¹⁾	≥ 4	(600/1,12) ~535 mm
Tärylevy (150-200 kg)	400 mm	≥ 4	(400/1,12) ~360 mm

1) Poikkeuksellisen häiriintymisherkän pohjamaan päälle rakennettaessa alimman tiivistettävän kerroksen paksuus voi olla max. 0,9 m, jotta ei aiheutettaisi pohjamaan häiriintymistä. Tällöin ylityskertojen määrä tela-alustaisella työkoneella on ≥ 6.

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

Tiivistäminen

Varsinainen tiivistys tehdään vaahtolasimurskekerroksen päälle levitetyn 0,15 - 0,20 m paksun kiviainesmurskekerroksen päältä käyttäen täryjyrää. Varsinaista tiivistämistä tehtäessä tulee vaahtolasimurskekerroksen päälle levitetty murskekerros kastella. Ylityskertojen määrä on ≥ 4 2-valssisella täryjyrällä ja ≥ 6 1-valssisella täryjyrällä tai vedettävällä täryjyrällä. Tiivistäminen täry-

valssijyrällä suoraan vaahtolasimurskekerroksen päältä ei ole sallittua.

Mikäli täryjyrän käyttö lopulliseen tiivistämiseen ei ole mahdollista, voidaan tiivistäminen tehdä tärylevyllä. Lopullisessa tiivistämisessä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää raskasta tärylevyä (> 300 kg). Tärylevyä käytettäessä ylityskertojen määrä on ≥ 4.

Vaahtolasimurske kokoonpuristuu rakenteeseen levittämisen jälkeen esitiivistämisen ja tiivistämisen yhteydessä noin 15-20 % tavanomaisissa kevennysrakenteissa. Ohuemmissa routaeristerakenteissa esimerkiksi katujen routavaurioiden korjauksissa tai urheilukenttien päällysrakenteissa tiivistettäessä Foamitia hyvin kantavaa pohjaa vasten kokoonpuristuma on hieman suurempi, noin 20-25 %.

Taulukko 6.2 Vaahtolasimurskekerroksen tiivistäminen murskekerroksen päältä.

Tiivistäminen	Kerrospaksuus (esitiivistystyksen jälkeen, ks. taulukko 6.1)	Ylijokerrat	Kerroksen paksuus lopullisen tiivistämisen jälkeen
Täryjyrä (2-valssinen)	535 mm	≥ 4	(600/1,15) ~520 mm
Täryjyrä (1-valssinen / vedettävä)	535 mm	≥ 6	(600/1,15) ~520 mm
Tärylevy (>300 kg)	360 mm	≥ 4	(400/1,15) ~350 mm

6.3 Laadunvarmistus

Kerrospaksuus ja korkeusasema

Valmiin vaahtolasimurskekerroksen paksuuden ja korkeusaseman suunnitelmanmukaisuus on varmistettava mittaamalla vaahtolasikerroksen alapuolisen kerroksen ja mahdollisten reunapenkereiden yläpinnan taso sekä esitiivistetyn ja tiivistetyn vaahtolasimurskekerroksen yläpinnan taso. Mittaukset tehdään siten, että rakenteen muodot tulevat huomioituksi (monimuotoisemmissa rakenteissa tihenetään mittauspisteverkkoa).

Kun tiivistäminen tehdään murskekerroksen päältä, kaivetaan tiivistämisen jälkeen suodatinkangas paikoin esille ja mitataan vaahtolasimurskekerroksen pinta varsinaisen tiivistämisen aikaansaaman tiivistämisen jälkeen.

Lisäksi suunnitelmista ja kuormakirjoista tms. tulee tarkistaa, että rakennussuunnitelmissa esitetty, työmaalle vastaanotettu ja rakenteeseen tiivistetty vaahtolasimurskeen määrävastaavat toisiaan. Mikäli ne eivät vastaa toisiaan, on selvitettävä mistä poikkeama aiheutuu. Mikäli poikkeama aiheutuu suunnitelman vastaisesta toteutuksesta, on ensisijainen ratkaisu korjata rakenne suunnitelman mukaiseksi.

Kantavuus

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

Tiivistyksen laadunvalvontamittauksena tehtävät kantavuuskokeet tehdään vaahtolasimurskekerroksen yläpuolisen murskekerroksen päältä. Tuloksia tulkittaessa otetaan huomioon yläpuoleisen murskekerroksen paksuus ja sen aikaansaama jännitystila vaahtolasimurskekerroksessa.

6.4 Työturvallisuus

Vaahtolasimurskeen käyttöturvallisuusselosteen saa materiaalitoimittajalta (foamit.fi). Kuivana vaahtolasimurske saattaa pölytä, etenkin kuormien purun ja materiaalin levittämisen yhteydessä. Tarvittaessa tällöin käytetään suojalaseja ja hiukkassuodattimella varustettua hengityssuojainta (P2). Pölyämisen välttämiseksi vaahtolasimurske voidaan kastella kevyesti.

Vaahtolasi ei ole iholle vaarallista, mutta sen hieno pöly voi pitkäaikaisessa altistumisessa aiheuttaa iho-ärsytystä karheen pinnan ja korkean pH: vuoksi. Siksi vaahtolasimursketta käsiteltäessä on syytä käyttää suojakäsineitä ihokosketuksen välttämiseksi.

7. Ympäristönäkökohdat

7.1 Vaikutus ympäristöön

Foamit-vahtolasimurskeen käyttö infrarakentamisessa ei vaadi ympäristölupaa eikä ilmoitusta ympäristöviranomaiselle. Vahtolasimurskeen käyttö ei myöskään aiheuta pohjaveden pilaantumiskärsiä.

Vahtolasimurske 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-merkinnän vaatimustenmukaisuus edellyttää jatkuvaa laaduntarkkailua ja seurantamittauksia tuotteen valmistuksen aikana.

7.2 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys

Vahtolasimurskeen uudelleenkäyttö keventeenä tai routaeristeenä on mahdollista. Rakenteita purettaessa muiden maa- tai kiviainesten sekoittuminen vahtolasimurskeeseen estetään huolellisella lajittelevalla kaivulla. Rakenteeseen asennettu suodatinkangas estää maa-ainesten ja vahtolasimurskeen sekoittumisen tehokkaasti. Jos vahtolasimurskeeseen ei ole purun yhteydessä sekoittunut muita aineksia, voidaan vahtolasimurskeen 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 vahtolasimurskeessa 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 merki-

tystä, kunhan se on huomioitu kevennyksen suunnittelussa ja mitoituksessa.

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

7.3 Käytöstä poistaminen

Käytöstä poistuva vahtolasimurske luokitellaan rakennusjätteeksi, joka tulee hävittää käyttöturvallisuustiedotteen mukaisella tavalla. Maa-ainekseen sekoittunutta vahtolasimursketta ei voi viedä maankaatopaikalle.

Vahtolasimurske poistetaan käytöstä rakennusjätteenä, eli toimitetaan kaatopaikalle. Ennen kaatopaikalle toimittamista materiaali on etukäteen hyväksyttävä kaatopaikalle sijoitettavaksi. Tuotteen hävittämisestä on lisäinformaatiota käyttöturvallisuustiedotteessa.

Pienet määrät voidaan hävittää sekajätteen mukana.

7.4 Ekologisuus

Vahtolasimurske on valmistuksen päästöjen kannalta ekologinen kierrätystuote.

Vahtolasimurskeratkaisut säästävät kiviainesten ja muiden maarakennusmateriaalien 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-käsi- kirja 207.	Geotekninen suunnittelu. Eurokoodin EN 1997-1 suunnitteluohje. RIL 207-2017.
Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu NCCI7 – Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet -13/2017.	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 pohja- rakenteiden suunnitteluohjeet. Liikennevirasto 5/2011.	Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet, Suo- men kuntatekniikan yhdistys.
Rakenteen parantamisen suunnittelu. Tiehallinto 2005.	Vaahtolasimurske, 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 laboratoriokokeet. 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 – Teknologiavdelingen. Statens vegvesen 2014.

Vahtolasirakenne korroosioympäristönä. Kirjallisuusselvitys. TTY 2014.

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

Pengerkevennyksiä

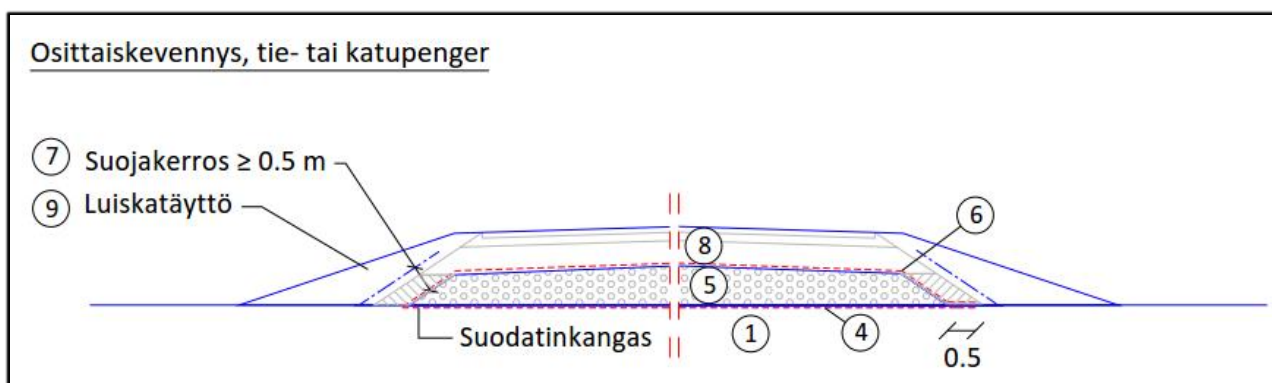
Oheisissa kuvissa on esitetty erilaisia tyyppiirroksia tie- tai katupenkereen keventämisestä vaahtolasimurskeella.

Kuvien merkintöjen selitykset:

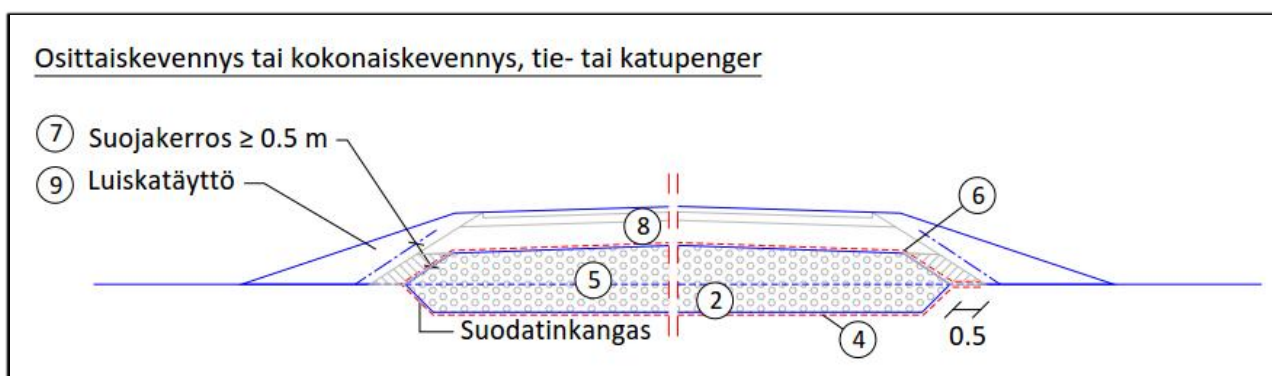
Vasemmanpuoleisissa kuvissa suodatinkankaan limitys vaahtolasimurskekerroksen päällä ja oikeanpuoleisissa vaahtolasimurskekerroksen vieressä.

Vaahtolasimurskeella kevennetyn penkereen työvaiheet:

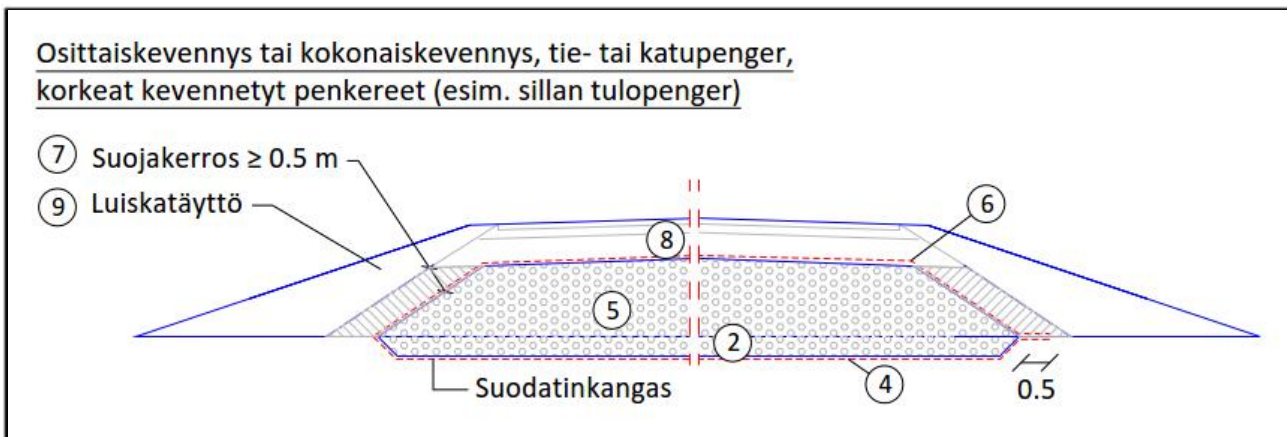
1. Pintamaan poisto
2. Kevennyskaivu
3. Reunapenkereiden ja kuivatuksen asentaminen [tarvittaessa]
4. Suodatinkankaan asentaminen [alaosa]
5. Vaahtolasimursketäytön rakentaminen kerroksittain tiivistäen. Kerroksen leveys, paksuus ja muoto suunnitellaan tapauskohtaisesti
6. Suodatinkankaan asentaminen [yläosa]
7. Suojakerrosten rakentaminen. Suojakerroksen sijainti riippuu vaahtolasimurskerakenteen muodosta ja leveydestä. Päällysrakenteen reunan alle mahdollisesti tuleva suojakerros [kuvissa harmaa viivarasteri] rakennetaan kantavasta materiaalista [esim. jakavan kerroksen murske]. Suojatäytön paksuuden tulee olla 0,5 m ja joissakin tapauksissa suojatäytön paksuuteen voidaan laskea mukaan myös luiskatäytön paksuus
8. Päällysrakenteen rakentaminen
9. Luiskatäyttöjen rakentaminen [tarvittaessa].



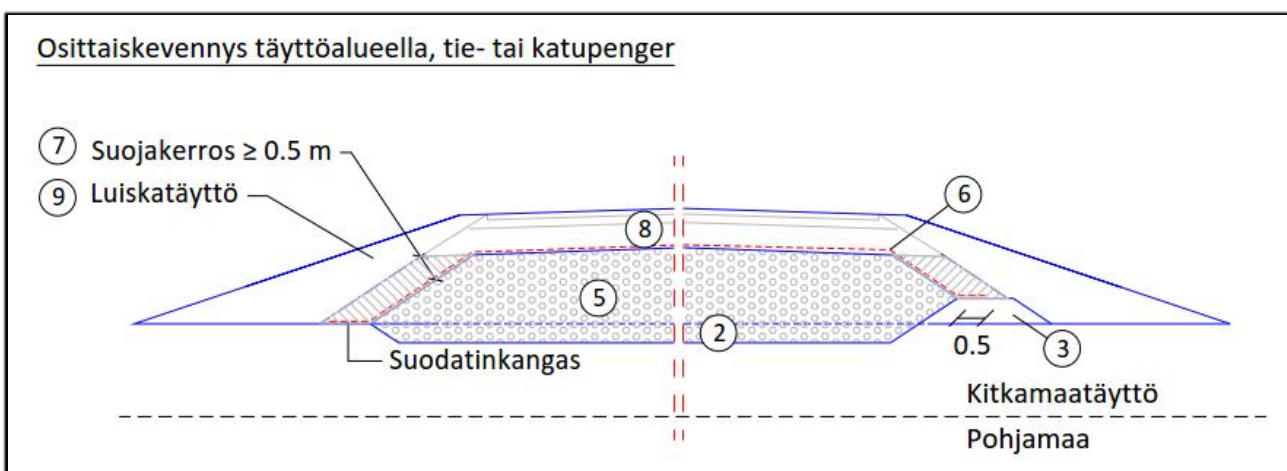
Kuva 1.1. Osittaiskevennetty tie- tai katupenger.



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



Kuva 1.3. Korkea osittais- tai kokonaiskevennetty tie- tai katupenger, esimerkiksi sillan tulopenger.



Kuva 1.4. Osittaiskevennetty tie- tai katupenger täyttöalueella.

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.

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

1.2 Vakavuus

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

Vaahtolasimurskekevennyksen paksuus ja laajuus valitaan vakavuustarkasteluiden vaatimusten mukaisesti 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 merkittäviä 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 mitoitetään 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 vaahtolasimurskeen ja rakennekerrosten kuormien avulla kaavalla 1 [kuva 1]. Mikäli osa vaahtolasimurskeesta 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 [$\gamma_{rak} \times h_{rak}$]

$q_{kev.kuiv}$ vaahtolasimurskeen kuorma maanpinnan yläpuolella [$\gamma_{kev.kuiv} \times h_{tä}$]

$q_{kev.kost}$ vaahtolasimurskeen kuorma maanpinnan alapuolella pohjavesipinnan yläpuolella [$\gamma_{kev.kost} \times h_{kev}$]

$q_{kev.sat}$ vaahtolasimurskeen kuorma pohjavedenpinnan alapuolella [$\gamma_{kev.sat} \times h_{kev}$]

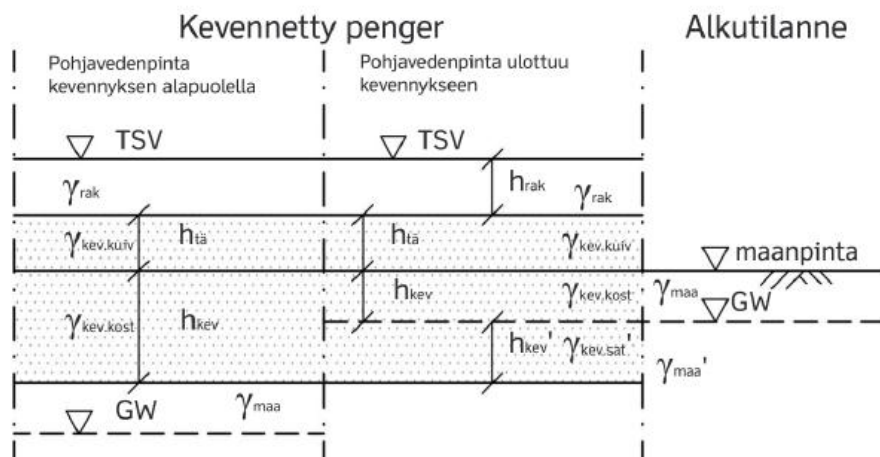
$q_{kaiv.maa}$ vaahtolasimurskeen kohdalta poistetun maan kuorma [$\gamma_{maa} \times h_{kev}$] + [$\gamma_{maa}' \times h_{kev}'$]

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

$h_{\Delta w}$ pohjavedenpinnan alenema



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



Kuva 8. Katurakenteen kokonaiskevennyksen laskentayhtälöiden 1-7 symbolit (muokattu lähteestä Liikennevirasto 2011 b)

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

Kevennysrakenne on mitoitettava nosteelle, mikäli vedenpinta voi nousta rakenteeseen [esimerkiksi vesialueiden läheisyydessä tai tulva-alueella]. Nostemitoitus tehdään ylimmän mahdollisen toteutuvan vesipinnan tasoon [lisätyinä Eurokoodin varmuusluvulla käytettäessä Eurokoodeja mitoituksessa].

Nostemitoituksessa vaahtolasimurskeella käytetään nostemitoitukseen tarkoitettuja mitoitustilavuuspainoja. Veden nousunopeus saattaa joissakin tapauksissa vaikuttaa tilavuuspainoon.

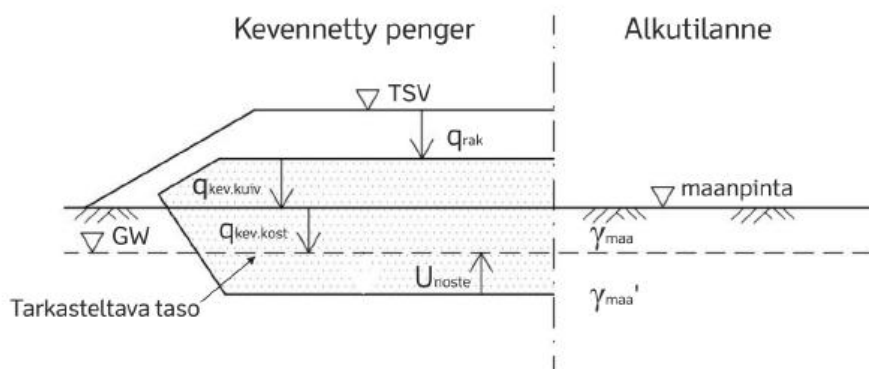
Varmuus veden aiheuttamaa nostetta vastaan lasketaan kuormien q ja nostevoiman U avulla kaavoilla 3 ja 4. Nostemitoitusta on havainnollistettu kuvassa 3 [osa merkinnöistä kuvassa 2].

$$F = (q_{rak} + q_{kev}) / U_{noste} \quad [3]$$

$$U_{noste} = (10 \text{ kN/m}^3 - \gamma_{kev}) h_{kev}' \quad [4]$$

q on tilavuuspaino $\gamma \times$ kerrospaksuus h

(Muokattu lähteistä SFS-EN 1997-1 ja RIL 207-2009)



Kuva 9. Kevennysrakenteen nostemitoitus, merkinnät. (Muokattu lähteestä Liikennevirasto 2011 b)

Kuva 3. Kevennysrakenteen nostemitoitus, merkinnät.

1.6 Päällysrakenteet

Vahtolasimurskeen hyvät roustaeristysominaisuudet mahdollistavat usein routamitoituksen kannalta tavanomaista ohuemman päällysrakenteen. Päällysrakennemitoituksessa on otettava huomioon kuitenkin myös kevennysmateriaalin kantavuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet. Päällysrakenteen kantavuus- ja routamitoitus tehdään Väyläviraston kohteissa ohjeen "Tierakenteen suunnittelu" mukaisesti.

Vahtolasimurskeella on hyvä kantavuus "moduuli", jolloin riittävä päällysrakenteen kantavuus on saavutettavissa kohtuullisen ohuella kevennysrakenteen yläpuolisen rakenteen paksuudella. Kantavuusmitoitus, ja mahdollisuus käyttää kohdassa 1.7 esitettyä ohuempaa päällysrakennetta, on tarkistettava kohdekohtaisesti.

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

1.7 Päällysrakenteen pinnan liukkaus

Kuten muidenkin kevennys- ja eristemateriaalien, myös vahtolasimurskeen käyttö päällysrakenteessa voi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa muuhun tie- tai katuosuuteen poikkeavaa kuuraliukkautta rakenteen pinnassa, aiheutuen materiaalin hyvästä lämmöneristyskyvystä. Väyläviraston tiekohteissa päällysrakenteen paksuus vahtolasimurskekerroksen päällä määritetään Väyläviraston ohjeen "Kevennysrakenteiden suunnittelu" mukaisesti. Muissa kohteissa ja rakenteissa vahtolasimurskeen yläpuoleisen päällysrakenteen kerrospaksuus tulee tarkastella ja harkita kohdekohtaisesti.

1.8 Kuivatus

Vahtolasimurskerakennetta 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 vahtolasimurskekerroksen 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 pehmeiköjen reuna-alueilla, pohjanvahvistuksen muutoskohdissa sekä siltojen, rumpujen ja putkijohtojen kohdilla. Siirtymärakenteiden tarve kartoitetaan suunnittelutyön yhteydessä.

Siirtymärakenteen paksuus mitoitetaan siten, että siirtymäkiilan ohuimmassa 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

Vaahtolasimurskeella on suuri kitkakulma, joten vaahtolasimurskekevennyistä rakennettaessa voi matalan luiskan kaltevuus olla jyrkimmillään jopa 1:1 [normaalisti noin 1:1,5]. Vaahtolasimurskeen hyvän kitkakulman ja koossapysyvyyden takia putkikaivantojen kaivaminen vaahtolasimurskerakenteeseen pohjavedenpinnan yläpuolella on tehtävissä ilman, että vaahtolasimurske sortuu laajalta alueelta kaivantoon.

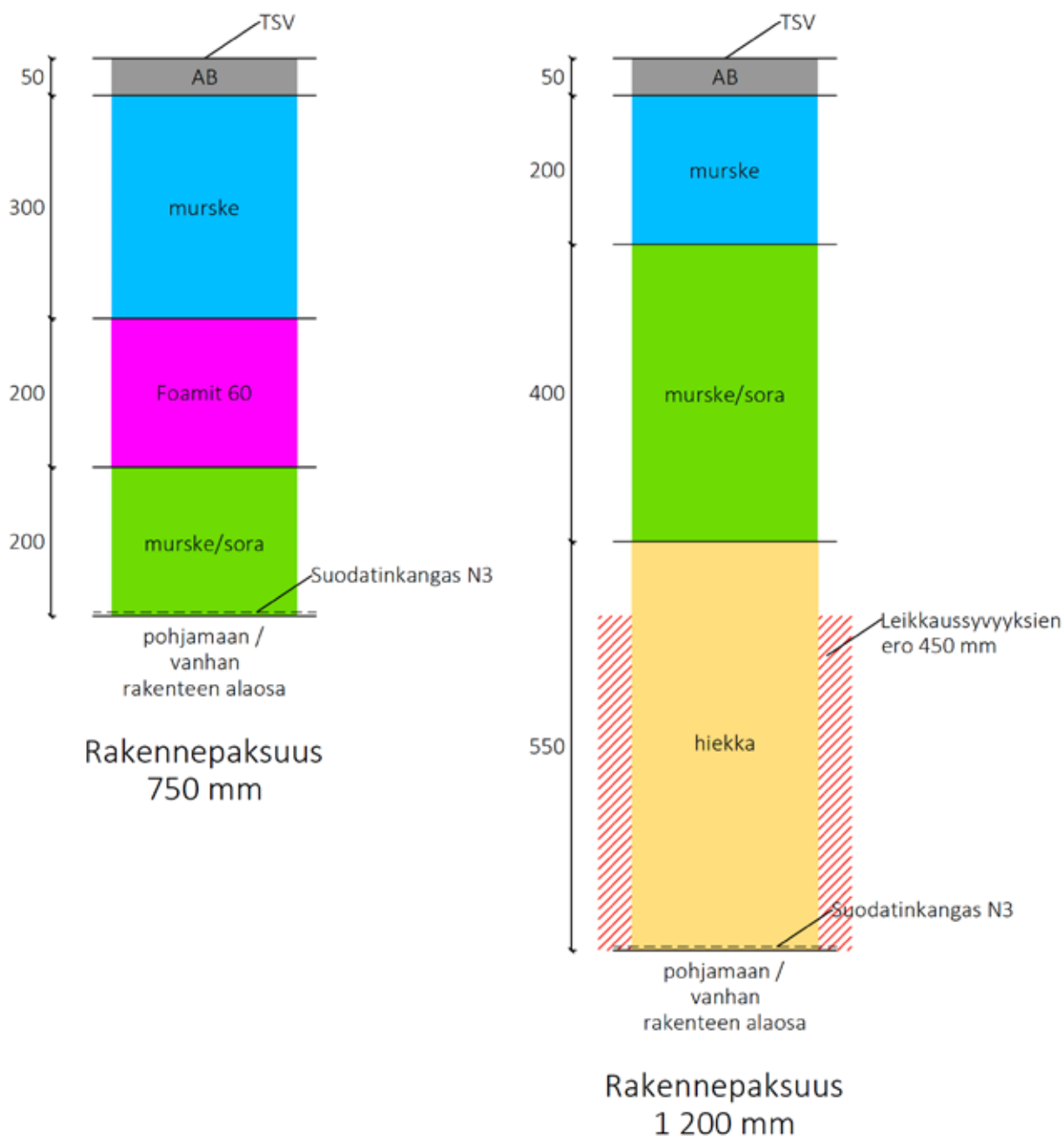
1.11 Suunnitelmissa esitettävät asiat

Vaahtolasimurskerakenteiden suunnitelmissa on aina esitettävä vaahtolasimurskeen 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 täsmenävät yleisten työselostusten ohjeita [esim. InfraRYL].

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 vaahtolasimurskerakenteella ja tavanomaisella kiviainesrakenteella on esitetty kuvassa 1 [routaeristetty ja -eristämätön]. Vaahtolasikerroksen alapuolella oleva 200 mm sora-/murskekerros voidaan korvata ylipaksulla [+150 mm] vaahtolasikerroksella.



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

Routaeristeen mitoitus

Esim. 1. Piharakenne

Lähtötiedot:

Laatuluokka	1
Päällyste	AB
Aluetyyppi	3
Pohjamaa	SiMr, savipitoisuus 15%

Paikkakunta	Espoo
Mitoituspakkasmäärä	F ₁₀
Käyttöolosuhteet	Kosteat

RIL 261-2013: Piharakenteet mitoitetaan routanousulle, joka syntyy paikallisella, kerran kymmenessä vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä F₁₀. 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 mm²/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 m²K/W.

Mitoitus: Ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 5.1. saadaan käyttöolosuhteiden perusteella vaahtolasimurskeen lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Vaaditun lämmönvastuksen ja lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän vaahtolasimurskeen paksuudeksi Vaahtolasimurskeohjeen kaavalla 4.1: $0,8 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,16 \text{ m}}$.

Kuivatus: Routaeristeen alle tulee rakentaa kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta kerroksen paksuus vähintään 0,2 m. Kuivatuskerros voidaan korvata ylipaksulla vaahtolasikerroksella laskelman minimimäärä + 0,15 m.

Esim. 2. Katurakenne

Lähtötiedot:

Katutyyppi	Pää- ja paikallisväylä
Päällyste	AB
Pohjamaa	SiMr, savipitoisuus 15%

Paikkakunta	Tampere
Mitoituspakkasmäärä	F ₁₀
Käyttöolosuhteet	Kosteat

RIL 261-2013: Katurakenne mitoitetaan routanousulle, joka syntyy paikallisella, kerran kymmenessä vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä F₁₀. 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 mm²/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 m²K/W.

Mitoitus: Ohjeen RIL 261-2013 taulukosta 5.1. saadaan käyttöolosuhteiden perusteella vaahtolasimurskeen lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Eristeeltä vaaditun lämmönvastuksen ja vaahtolasin lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän vaahtolasimurskeen paksuudeksi Vaahtolasimurskeohjeen kaavalla 4.1: $0,5 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,10 \text{ m}}$.

Kuivatus: Routaeristeen alle tulee rakentaa kuivatuskerros esimerkiksi hiekasta tai murskeesta kerroksen paksuus vähintään 0,2 m. Kuivatuskerros voidaan korvata ylipaksulla vaahtolasikerroksella laskelman minimimäärä + 0,15 m.

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 ₁₀
Käyttöolosuhteet	Kosteat

Tierakenteen suunnittelu:

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

Mitoitus:

Kokemukseen perustuen valitaan tierakenteen kerrokset alla olevaan taulukkoon Tierakenteen kantavuus tarkistetaan kantavuuslaskelmalla. Ohjeesta Tierakenteen suunnittelu sekä Vaahtolasimurskeohjeen taulukosta 4.1 saadaan materiaalien vastaavuudet eristävyyden kannalta.

Rakenneosa	Materiaali	Paksuus	Vastaavuus eristävyyden 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	Vaahtolasimurske	X mm	4

Edellä esitetyt arvot sijoitetaan vaahtolasimurskeohjeessa esitettyyn kaavaan 5.2. Kaavasta saadaan vaadittu vaahtolasimurskekerroksen 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 Tierakenteen kerroksen paksuus vähintään 0,2 m, joka voidaan korvata ylipaksulla vaahtolasimurskekerroksella 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. Vaahtolasimurskeelle 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	Vaahtolasimurske	50 MPa	140 mm	39 MPa
		Yhteensä:	840 mm*	

* +kuivatuskerros tarvittaessa

Piharakenteen kantavuus-, painuma- ja routamitoitus

Lähtötiedot:

Laatuluokka	2 (ja 1)	Paikkakunta	Lahti
Päällyste	AB	Mitoituspakkasmäärä	F ₁₀
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 ₁₀	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 [E₂] 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]. Vaahtolasimurskeohjeen taulukosta 4.1 sekä RIL 234-2007 taulukosta 5.6 saadaan piharakenteen kantavuusmitoituksessa käytettävät materiaalimoduulit. Sijoittamalla kerrosten paksuudet ja materiaalien moduulit Odemarkin yhtälöön [Vaahtolasimurskeohjeen kaava 5.3] saadaan rakenteen kantavuudeksi kerroksittain ilman kevennystä sekä kevennetyinä:

Ilman kevennystä:

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

* suodatinkangas pohjamaan pinnalle

Kevennetyinä:

Rakenneos	Materiaali	Materiaalin moduuli	Paksuus	Kantavuus kerroksen päältä
Päällyste	AB	2500 MPa	50 mm	199 MPa
Kantava kerros	KaM 0/32	280 MPa	150 mm	160 MPa
Jakava kerros	KaM 0/63	200 MPa	400 mm	120 MPa
Kevennyskerros*	VaM	50 MPa	350 mm	41 MPa
Kuivatuskerros*	VaM	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:

Maakerros	Kerroksen paksuus [m]	Tilavuuspaino [kN/m ³]	Materiaalimalli	Konsolidaatiojännitystyyppi	$m1/\beta1/Cv, NC$ [- / - / m ² /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 $\pm TSV +0,4$ m, rakennekerrosten paksuuden $0,8$ m ja pohjamaan pinnan leikkauksen $0,4$ m perusteella pohjamaalle rakennekerroksista aiheutuva lisäjännitys on:

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

Rakennekerrosten kuormasta aiheutuva kokonaispainuma $S = 400$ mm.

Sallittu painuma $S = 200$ mm tapahtuu n. 13 vuodessa.

Laatuluokassa 1 sallittu painuma $S = 100$ mm tapahtuu n. 3 vuodessa.

Kevennetty rakenne:

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

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

Rakennekerrosten kuormasta aiheutuva kokonaispainuma $S = 177$ mm ok! < 200 mm.

Laatuluokassa 1 sallittu painuma $S = 100$ 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 mm²/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 m²K/W laatuluokassa 1: $1 \text{ m}^2\text{K/W}$. 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 vaahtolasimurskeen lämmönjohtavuudeksi 0,20 W/mK. Vaaditun lämmönvastuksen ja lämmönjohtavuuden perusteella lasketaan routaeristeenä käytettävän vaahtolasimurskeen paksuudeksi Vaahtolasimurskeohjeen kaavalla 5.1: $0,5 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,20 \text{ W/mK} = \mathbf{0,10 \text{ m}}$ 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 vaahtolasikerroksella laskelman minimimäärä $+ 0,15$ m. => vaahtolasimurskekerros $\geq 0,25$ m laatuluokassa 2 $\geq 0,35$ m laatuluokassa 1 eli $0,55$ m kerros on riittävä routamitoituksen kannalta.

Foamit[®]



TÄYTTÄÄ KEVYESTI