leca.fi

Leca®
SAINT-GOBAIN



Leca®-sora | Infrarakentaminen

Rakenteiden suunnittelu

LECA®-SORA
on kestävä ja uudelleenkäytettävä kevennysmateriaali.

SAINT-GOBAIN

SISÄLLYS

1 Johdanto 3

2 Ympäristövastuu 4

3 Ohjeet ja määräykset 5

4 Kevennysrakennesuunnitelma 6

5 Materiaaliominaisuudet 7

6 Käyttötarkoitus 13

7 Käyttökohteet 18

8 Asennus ja rakenteiden toteuttaminen 25

9 Rakenteiden laadunvarmistus 26

10 Kirjallisuus 27

Tuote on luokiteltu Sisäilmayhdistys ry:n luokkaan M1, johon liittyvät tiedot ovat saatavissa osoitteesta leca.fi.

Ulkopuolisena laaduntarkastajana toimii Kiwa Inspecta Oy

Leca Finland Oy:llä on standardien ISO 9001 ja 14001 mukaiset laatu- ja ympäristöjärjestelmät.

Tuotteella on CE-merkintä, johon liittyvät tiedot ovat saatavissa osoitteesta leca.fi.



1 Johdanto

Kevytsoraa (tuotemerkki Leca®) on käytetty kevennys-, routaeristys- ja täyttömateriaalina geoteknisissä sovelluksissa ympäri Eurooppaa 50-luvulta lähtien. Suomessa kevytsoran käyttö alkoi jo vuonna 1951 ja materiaalista on tullut ylivoimaisesti käytetyin kevennysmateriaali kautta aikojen.

Leca®-kevytsora on aina CE-merkitty tuote käyttökohteen mukaisen EN-standardin mukaisesti. Infrarakentamisessa käytettävä Leca-sora on tutkittu, testattu ja varmennettu EN 15732:2012* standardin mukaan. Tuotteen laatudokumentit löydät verkkosivuiltamme **leca.fi/tuotteet**

**EN 15732:2012 Light weight fill and thermal insulation products for civil engineering applications (CEA) – Expanded clay lightweight aggregate products (LWA).*

Kevytsoraa käytetään geoteknisenä ratkaisuna erilaisissa maa- ja infrarakenteissa. Pieni tilavuuspaino yhdessä hyvän lujuuden, kantavuuden ja käsiteltävyyden kanssa tekevät kevytsorasta kilpailukykyisen sekä kustannustehokkaan vaihtoehdon. Kevytsorakevennyksen rakentaminen on nopeaa verrattuna muihin pohjanvahvistus- ja pohjarakennusratkaisuihin.

Leca-sora on epäorgaaninen keraaminen materiaali ja inertti muita materiaaleja kohtaan. Kevytsorasta ei liukene haitallisia aineita ympäristöön tai esim. pohjaveteen.

Tämän suunnitteluohjeen lisäksi suosittelemme lukemaan myös erillisen ohjeen:
Leca®-sora | Infrarakentaminen, Asennus ja rakenteiden toteuttaminen

2 Ympäristövastuu

TÄHTÄIMESSÄ HIILINEUTRAALIUS

Leca-kevytsora on kevennysmateriaali, joka on valmistettu kotimaisesta savesta; raaka-aine, jota riittää tuhansiksi vuosiksi. Tämän lisäksi yhdestä kuutiosta savea saadaan viisi kuutiota kestävää ja uudelleenkäytettävää rakennusmateriaalia.

Ympäristön monimuotoisuudesta huolehtiminen on meille tärkeää, jonka vuoksi maisemoimme vanhat saven-ottoalueemme ja palautamme ne takaisin luonnolle.

Meille vastuullisuus ja ympäristönsuojelu merkitsevät paljon enemmän kuin tuotteidemme hyviä teknisiä ominaisuuksia eri ratkaisuissa. Ne ovat myös olennainen osa sitä, miten valmistamme tuotteitamme.

Tunnistamme rakennusalan ympäristövaikutukset ja olemme asettaneet keskiöön CO_2-päästöjen merkittävän pienentämisen. Pääsemme siihen kehittämällä valmistusprosessiamme ja hakemalla jatkuvasti uusia ympäristöystävällisempiä energiamuotoja.

Meillä on selkeä suunnitelma siitä, kuinka aiomme pienentää hiilijalanjälkemme. Haluamme tehdä enemmän, ja nopeammin. Meille vastuullisuus on paljon enemmän kuin hiilidioksidipäästöjen pienentäminen, ja siksi kehitämmekin läpinäkyvämpää tietoa tuotteidemme koko elinkaaresta.



KIERRÄTYS JA UUDELLEENKÄYTTÖ

Keraaminen Leca-sora säilyttää ominaisuutensa vuosisatojen ajan, minkä vuoksi sen elinkaari on pitkä. Kevytsora voidaan ottaa talteen katolta imuautolla tai kaivaa ylös vanhoista rakenteista ja käyttää uudelleen esimerkiksi kevennysmateriaalina tai jopa maanparannusaineena. Kevytsoran uudelleenkäyttö edellyttää yleensä ennakkosuunnittelua ja materiaalin ominaisuuksien varmistamista. Näin voidaan varmistaa, että materiaali täyttää uuden rakenteen vaatimukset ja sen käyttö on turvallista ja terveellistä.

Yleensä rakennuskohteissa edellytetään CE-merkityn rakennusmateriaalin käyttämistä. Jätelainsäädännön mukaan (Jätelaki 6 §:n 1 momentti) rakentamisessa uudelleenkäytettävästä kevytsorasta ei kuitenkaan tule missään vaiheessa jätettä, joten se voidaan CE-merkitä tai tuotteen soveltuvuus käyttöön voidaan arvioida rakennuspaikkakohtaisesti.

Laadunvalvonnan läpikäynyttä kierrätettyä kevytsoraa voidaan käyttää tuotteena rakennuspaikkakohtaiseen varmennukseen perustuen. Kuusankosken Leca-soratehtaalla tutkitaan uudelleen käytettävän kevytsoran laatuominaisuudet ja tuote nimellä Leca® Reuse on saatavilla markkinoilla.

Jos kierrätettyä kevytsoraa varastoidaan pitkään tai jostakin muusta syystä se joudutaan luokittelemaan jätteeksi, niin silloin kierrätettävä kevytsora kuuluu MARA-asetuksen piiriin. MARA-asetus määrittää jätteeksi luokitellulle kierrätettävälle kevytsoralle menetelmät ja toimenpiteet uudelleenkäyttöä varten. Asetuksessa annetaan vaatimukset talteenotettavalle kevytsoralle ja ohjeet rekisteröinnille tuotetta uudelleen käytettäessä. Rakennus- ja purkukohteissa syntyvän ja käsiteltävän kevytsoran ympäristökelpoisuus tulee tutkia purkukohdekohtaisesti. Sen sisältämien haitta-aineiden pitoisuudet ja epäpuhtaudet pitää määrittää vähintään yhdestä kokoomanäytteestä MARA-asetuksen mukaisesti.

3 Ohjeet ja määräykset

Infra- ja maarakentamisessa kevytsorarakenteiden suunnittelu ja rakentaminen tehdään alalla käytössä olevien ohjeiden mukaisesti. Noudatettavat ohjeet vaihtelevat rakennuskohteen mukaisesti. Ohjeita käytettäessä on varmistuttava, että käytetään viimeisintä voimassa olevaa versiota.

Kevytsorarakenteen mitoitus ja suunnittelu on esitetty seuraavissa ohjeissa:

- Eurokoodi 7 - Geotekninen suunnittelu
- Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu – NCCI7 – Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet (Liikennevirasto 2017)
- Tierakenteen suunnittelu - Suunnitteluvaiheen ohjaus (Tiehallinto 2004)
- Tien geotekninen suunnittelu (Liikennevirasto 2012)
- Kevennysrakenteiden suunnittelu - Tien pohja-rakenteiden suunnitteluohjeet (Liikennevirasto 2011)
- RIL 234:2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet
- RIL 207:2017 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi
- RIL 261:2013 Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet
- Vettä läpäisevät päällysteet – Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon (VTT 2015)
- Yksityistien parantaminen – Suunnittelun ja toteuttamisen perusteet (Suomen tieyhdistys 2010)

Kevytsorarakenteen yleiset laatuvaatimukset sekä työlle että materiaalille on esitetty Infra- ja MaaRYL-julkaisuissa:

- InfraRYL, 181141 Kevytsorapenkereet ja -rakenteet
- MaaRYL, 2235 Routaeristäminen

Kevytsoran ja kevytsorabetonin valmistamisen ja materiaalin tulee täyttää vaatimukset, jotka on esitetty eurooppalaisissa standardeissa, mm:

- EN 15732:2012 Light weight fill and thermal insulation products for civil engineering applications (CEA) – Expanded clay lightweight aggregate products (LWA)
- EN 13055:2016 Lightweight aggregates
- EN 14063-1:2004 Thermal insulation materials and products – In-situ formed expanded clay lightweight aggregate products (LWA) – Part 1: Specification for loose-fill products before installation

Muiden rakennustuotteiden tavoin kevytsoralta edellytetään CE-merkintää. CE-merkinnällä valmistaja ilmoittaa tuotteen täyttävän ko. eurooppalaisen standardin vaatimukset.



4 Kevennysrakennesuunnitelma

Kevennysrakennesuunnitelmassa on esitettävä mm. kevytsorakerroksen sijainti, laajuus, ylä- ja alapinnan taso sekä kerrospaksuus valmiina rakenteena. Lisäksi esitetään käytettävän suodatinkankaan tyyppi (normaalisti N3), suodatinkankaan sijainti ja limitys sekä mahdollisten suodatinkerrosten, reunapenkereiden, käytettävän geolujitteen tyyppi yms. mitat ja materiaalit.

Suunnitelma sisältää työselityksen, asemapiirroksen sekä tarvittavat leikkaukset. Ennen kevytsorakerroksen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma. Tähän sisällytetään minimissään: työjärjestys, työtä estävät tai rajoittavat rakenteet, suojaaminen, tiivistäminen, laaduntarkkailumittaukset sekä työturvallisuusasiat.

Suunnitelmaa laadittaessa on myös huomioitava suunnitelman toteuttamiseen liittyvät riskit. Kevennyksen rakentamisesta ei aiheudu merkittäviä haittoja ympäristölle (melu, tärinä, ym.), eikä se aiheuta läheisille rakenteille vastaavaa riskiä kuten esim. paalutus. Kevennyksen rakentaminen aiheuttaa riskejä lähinnä tilanteessa, jossa kevennyksen vuoksi on tehtävä merkittäviä pohjamaan kaivuja, jolloin viereisten rakenteiden stabiliteetti-, sivusiirtymä- tai painumariskit ovat mahdollisia.



5 Materiaaliominaisuudet

Leca-kevytsora on kevyt, kestävä ja lämpöä eristävä materiaali, joka on mekaanisilta ominaisuuksiltaan kitkamaan tyyppinen. Kevytsoran keveydestä johtuen sitä on helppo käsitellä työmaalla ja sen toimitus onnistuu myös hankalasti saavutettavaan kohteeseen.

Maarakentamiseen tarkoitetun kevytsoran kuivairtotiheys on noin 15–20 % tavanomaisen kitkamaa-aineksen kuivairtotiheydestä.

Kevytsoran mekaaniset ominaisuudet vaihtelevat kevytsorarakeiden koon ja paisumisasteen perusteella.

Pienemmät rakeet ovat pääsääntöisesti kestävämpiä kuin isot rakeet. Leca-kevytsoran geoteknisiä ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1 ja muita teknisiä ominaisuuksia taulukossa 2.

Kaikki Leca-soratuotteet ovat CE-merkittyjä. Tuotteiden standardien mukaiset suoritustasoilmoitukset löytyvät osoitteesta **leca.fi**.

Taulukko 1. Leca-sora 4–32 mm geotekniset ominaisuudet.

OMINAISUUS	VAIHTELUVÄLI	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Raekoko	4–32	–	mm	EN 933-1
Ali- / Ylikoko	< 15 / < 10	–	p-%	EN 933-1
Tiheys (irtokuiva)	260 (±15 %)	–	kg/m³	EN 1097-3
Tilavuuspaino – irtokuiva – kuiva (w_{max} = 30 p-%) [1] – ajoittain veden alla – pysyvästi veden alla – nostemitoituksessa		 3,0 4,0 6,0 10 3,0	kN/m³	EN 1097-3
Kitkakulma – löyhänä – tiivistettynä	33–40°	 34° 37°		kolmiaksiaalikoe EN 15732 Annex A
Vedenläpäisevyys	10^{-3}–10^{-1}	–	m/s	–
E-moduuli (kantavuusmitoitus)	30–80 [2]	50	MPa	kantavuuskokeesta takaisinlaskettu
Lämmönjohtavuus	0,10–0,17	0,15	W/mK	EN-15732:2012
Vastaavuus eristävyyden kannalta, a_i [3]	–	4	–	–

[1] aina veden pinnan päällä
[2] jännitystilariippuvainen
[3] kevytsoran vastaavuus eristävyyden kannalta (a^i) 0,7 m syvyydessä, kuivatiheys ≤ 400 kg/m³, alla 0,15 m kuivatuskerros. Vertailumateriaalina hiekka (a_i = 1). Vaikeissa olosuhteissa lämmönjohtavuus voi olla suurempi.

Taulukko 2. Leca-sora 4–32 mm teknisiä ominaisuuksia.

OMINAISUUS	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Vedenimeytyminen – 24 tuntia – 28 päivää – 300 päivää	 < 20 < 30 < 60	p-%	EN 1097-6
Murskautuvuus	> 0,7	MPa	EN 13055
pH	9–11	–	–

Taulukko 3. Leca-sora 0–32 mm geotekniset ominaisuudet, jotka poikkeavat kevytsoran 4–32 mm ominaisuuksista edellä olevista taulukoista.

OMINAISUUS	VAIHTELUVÄLI	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Raekoko	0–32	–	mm	EN 933-1
Tiheys (irtokuiva)	305 (±15 %)	–	kg/m³	EN 1097-3

Taulukko 4. Leca Reuse -tuotteen tekniset ominaisuudet.

Raekoko	8–32 mm
Tiheys	330 kg/m³ (±15 %) (irtokuivatiheys)
Kosteus* %	> 15 %
Materiaaliin kuulumattoman aineksen määrä	< 1 %

* Kosteus voi vaihdella varastointiolosuhteiden ja vuodenaikojen mukaan.

5.1 TIHEYS

Leca-soran 4–32 mm kuivairtotiheys työmaalle tuotaessa on noin 260 kg/m³. Kevytsoran tilavuus pienenee löyhästä tilasta tiivistettäessä n. 10 %, joten rakenteeseen tiivistämisen jälkeen kuivairtotiheys nousee ollen noin 290 kg/m³. Kevytsoran todellisen tiheyden rakenteessa arvioimiseen tulee lisäksi huomioida kevytsorarakeiden absorboima vesimäärä, rakeiden pinnassa esiintyvä vesi sekä mahdollinen rakeiden välinen vapaan veden määrä.

Kevytsoran rakenteessa toteutuvaan tiheyteen vaikuttaa kevytsoran:

- rakeiden kuivairtotiheys
- absorboituneen veden määrä
- rakeiden pintojen huokoisuus
- rakeiden keskimääräinen raekoko
- kuivatusolosuhteet ja
- pohja- tai orsiveden taso kevytsorakerroksessa

Edellä esitetyt ominaisuudet huomioiden tyypillisen kevytsorarakenteen tilavuuspainoksi pohjaveden yläpuolella on määritetty 4,0 kN/m³, jota käytetään kevennysrakenteiden mitoituksessa normaaleissa olosuhteissa.

5.2 KOKOONPURISTUVUUS JA KUORMITUSKESTÄVYYS

Staattinen puristuskoe

Kiviaineskerroksen lujuus muodostuu sen rakeiden lujuudesta ja rakeiden välisistä kitkavoimista. Kevytsoran yksittäiset rakeet ovat huokoisia ja kalliokiviainekseen verrattuna helposti hienontuvia, mutta sen lujuus on riittävä radan alusrakenteeseen. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty lujuusominaisuuksia rakeisuuksiltaan 4–32 mm ja 0–32 mm Leca-kevytsoralle.

Tiivistetylle Leca-soralle 4–32 mm ja 0–32 mm sallitaan 200 kPa tasainen laaja-alainen kuormitus (ns. ”ödometrikuormitus”), jolloin kerroksenkokoonpuristuma on noin 1,0 %. Kokoonpuristuma puristuskokeessa määritetään standardin EN 15732 Liitteen C mukaisesti.

Kevytsoran 0–32 mm, joka sisältää myös alle 4 mm kokoisen rakeet, puristuslujuus on rakeisuuden 4–32 kevytsoraa suurempi johtuen rakenteen paremmasta tiivistyvyydestä. Kokoonpuristuma on määritetty puristuskokeella standardin EN 15732 liitteen C mukaisesti. Kokeessa kevytsoranäytteeseen kohdistetaan staattinen laaja-alainen kuorma, jonka suuruutta lisätään jatkuvasti. Leca-kevytsoran 4–32 mm ja 0–32 mm kokoonpuristumat suhteessa staattiseen kuormitukseen on esitetty kuvassa 1.

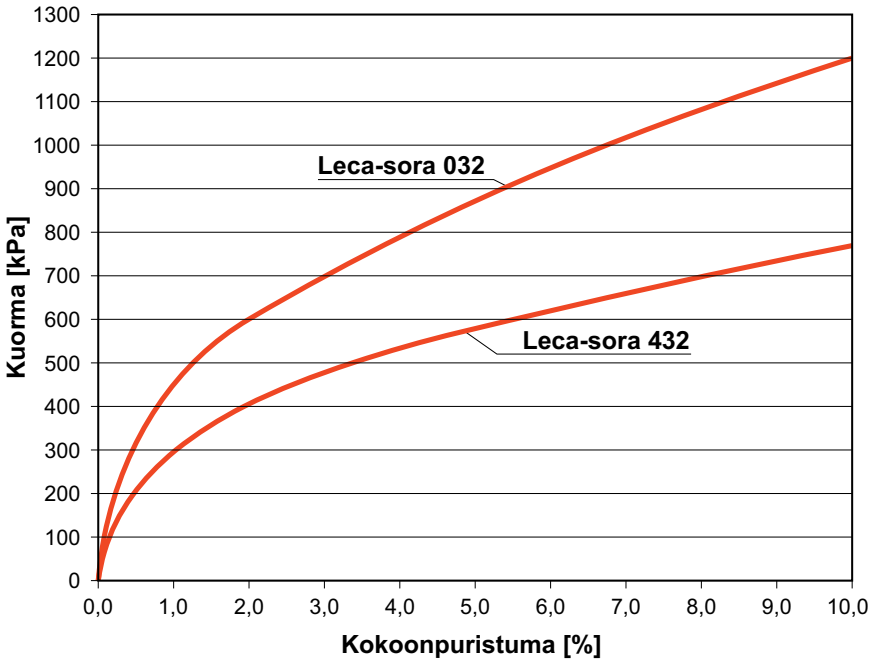
Taulukko 5. Leca-kevytsoran 4–32 mm lujuusominaisuuksia.

OMINAISUUS	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Murskautuvuus	> 0,7	MPa	EN 13055
Puristuslujuus ja kuormitus – 10 % kokoonpuristumalla CS(10) – 2 % kokoonpuristumalla CS(2) – 1 % kokoonpuristumalla CS(1)*	 0,75 0,40 0,30	MPa	EN 15732 Annex C

* Arvioitu lähteen Leca 2021a kuvaajasta

Taulukko 6. Leca-kevytsoran 0–32 mm lujuusominaisuuksia.

OMINAISUUS	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Puristuslujuus ja kuormitus – 10 % kokoonpuristumalla CS(10) – 2 % kokoonpuristumalla CS(2) – 1 % kokoonpuristumalla CS(1)*	 1,20 0,60 0,45	MPa	EN 15732 Annex C



Kuva 1. Leca-soran 4–32 mm ja 0–32 mm kokoonpuristumat staattisen laaja-alaisen kuorman alla standardin EN 15732 liitteen C mukaisessa puristuskokeessa.

Syklinen kuormitus

Leca-kevytsoran 4–32 dynaamista kuormituskestävyyttä on tutkittu standardin EN 15732 liitteen B mukaisella testausmenetelmällä, jossa näytettä kuormitetaan syklisellä 12–120 kPa suuruisella pystysuuntaisella kuormalla. Kahden miljoonan kuormituskerran jälkeen näytteen suhteellinen kokoonpuristuma on alle 0,4 % (RISE 2018) ja viiden miljoonan jälkeen alle 0,5 % (RISE 2022)

5.3 LUJUUS- JA MUODONMUUTOSOMINAISUUDET

Leikkauskestävyyskulma (kitkakulma) Leca-soran 4–32 mm leikkauskestävyyskulma (kitkakulma) tiivistetyssä rakenteessa on 37°. Kevytsorarakeiden muoto on pyöreä ja pinta karhea. Sorakasat pysyvät vapaasti luiskattuna noin 40° kulmassa (hieman loivempi kuin 1:1 luiska). Jäätyessään osa sorarakeista paakkuuntuu yhteen, mutta rakeet irtoavat helposti toisistaan.

Jäykkyys / E-moduuli

Maamateriaalin jäykkyys kertoo sen mekaanisesta käyttäytymisestä kuormituksen alla. Maamateriaalin jäykkyys on riippuvainen siinä vallitsevasta jännitystilasta. Materiaaliin kohdistuvan jännityksen kasvaessa myös sen jäykkyys kasvaa.

Leca-soran kantavuus (E-moduuli toistokuormituksessa, E2) liikennekuormitetussa rakenteessa on jännitystilariippuvainen ja vaihtelee välillä 30–80 kPa. Päällysrakenteen mitoituksessa kevytsoran E-moduulina käytetään 50 kPa:n ominaisarvoa (Odemark).

5.4 LÄMPÖTEKNISET OMINAISUUDET

Lämmönjohtavuus

Leca-soran lämmönjohtavuuteen vaikuttavat mm. kevytsoran irtotiheys, rakeiden kiintotiheys, raekoko, vesipitoisuus ja lämpötila. Vesipitoisuuden kasvaessa lämmönjohtavuus kasvaa. Leca-soran 4–32 mm lämmönjohtavuus vaihtelee eri vesipitoisuuksilla välillä 0,10–0,17 W/mk (taulukko 7). Mitoituksessa käytetään lämmönjohtavuuden arvona 0,15 W/mk (vesipitoisuus n. 30 paino-%).

Kun putkilinjojen yläpuoliseen kerrokseen käytetään kevytsoraa, on tyypillistä putkijohdon asennussyvyyttä (noin 2 m) mahdollista pienentää jäätymissyvyyden kannalta, sillä kevytsora on tehokas lämmöneriste.

Käytettäessä kevytsoraa lämmöneristyskerroksena liikennöitävällä alueella tulee kerroksen päällä olla vähintään 0,5 m paksu päällysrakenne (tai paksumpi päällysrakenteen kantavuusvaatimuksen ollessa suurempi). Liikennealueiden ulkopuolisilla putkilinjoilla kevytsorakerroksen yläpuolinen maakerros voi olla ohuempi rakennuskohteen vaatimukset huomioiden.

Taulukossa 8 on verrattu kevytsoralla ja EPS-levyllä toteutettavan lämmöneristyskerroksen paksuuksia karkealla tarkkuudella (kohdekohtaisessa mitoituksessa on lämmöneristyskerroksen paksuus tarkistettava). Kevytsoran lämmönjohtavuus riippuu materiaalin vesipitoisuudesta, joten routaeristystä mitoitettaessa on huomioitava pohja-/orsiveden korkeustaso putkilinjan kohdalla.

Kevytsoran alle ei tarvita erillistä kuivatus- ja tasauskerrosta hiekasta, vaan riittävällä kevytsoran kerrospaksuudella kerroksen alaosa toimii kuivatuskerroksena. Mitoittamalla laskettuun kevytsoran kerrospaksuuteen lisätään noin 150 mm silloin, kun alapuolista kerrosta ei voi olettaa kuivattavaksi.

Kevytsora sietää paikallisia muodonmuutoksia (routanousu, painumat, terävät iskut ym.) paremmin kuin levymäinen routaeriste, joka saattaa niiden vaikutuksesta katketa. Levyeristeen alle on myös rakennettava tasainen asennusalusta routimattomalla hienorakeisella kiviaineksella.

Käyttö pohjavesialueilla

Kotimaista uutta kevytsoraa voidaan käyttää myös pohjavesialueilla ilman mitään erillisselvityksiä tai lupamenettelyä. Tutkitusti Leca-soran liukoisuudet alittavat selvästi pohjavesialueilta vaadittavat rajaarvot ja täyttävät vaadittavat kriteerit.

Taulukko 7. Kevytsoran lämmönjohtavuus eri vesipitoisuuksissa (EN 15732:2012).

VESIPITOISUUS, PAINO-%	KUIVA	1	5	16	22	32	44
Lämmönjohtavuus, W/mk	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17

Taulukko 8. Kevytsorasta rakennettavan lämmöneristyksen ohjeellinen paksuus eri olosuhteissa.

KOHDE	POHJAMAA	EPS-ROUTAERISTE, PAKSUUS	KEVYTSORA, KERROSPAKSUUS
Pihat, pihatiet	Routiva moreeni	25 mm	125 mm *
Pihat, pihatiet	Savi, siltti	55 mm	270 mm
Katualueet	Routiva moreeni	65 mm	320 mm
Katualueet	Savi, siltti	40 mm	200 mm
Putken routasuojaus	Routiva	100 mm	490 mm

* käytännössä ≥ 200 mm kerrospaksuus

Taulukossa EPS-kerroksen päälle on oletettu vähintään 0,3 m ja kevytsorakerroksen päälle 0,5 m päällysrakenne (0,17 W/mK).

5.4 KEMIALLISET OMINAISUUDET JA KESTÄVYYS

Liukoisuus ja pH

Leca-sora on epäorgaaninen keraaminen materiaali ja inertti muita materiaaleja kohtaan. Keraamisena materiaalina se kestää rakennustyömaalla esiintyviä kemikaaleja, kuten happoja, suoloja, emäksiä sekä orgaanisten aineiden vaikutuksia.

Kemiallisesti Leca-sora on hieman emäksinen. Sen pH on n. 9–11. Kevytsoran pH voi vaihdella vuosittain riippuen mm. valmistuksessa käytettävästä savesta.

Kevytsora sisältää samat metallit ja muut alkuaineet kuin valmistuksessa käytetty savi. Valmistusprosessissa ne ovat sitoutuneet oksideiksi. Kevytsorasta ei liukene haitallisia aineita ympäristöön. Liukoisuusominaisuuksiltaan kevytsoraa voidaan verrata tavanomaisiin maamateriaaleihin. Todetut liukoisuudet ja pitoisuudet eivät aiheuta terveys- tai ympäristöriskiä.

Sähkönjohtavuus ja metalliset epäpuhtaudet

Kevytsoran sähkönjohtavuus on lajikkeesta riippuen luokkaa 7–12 mS/m. Kevytsora ei vaikuta kaapelinhakulaitteisiin eikä se häiritse metallinpaljastimien (”miinaharavien”) käyttöä putkien ja johtojen paikantamisessa.

Korroosio

Leca-sora on metallien tai muovien korroosioympäristönä verrattavissa karkearakeiseen vettä hyvin läpäisevään maa-ainekseen, jossa ei ole orgaanista ainesta tai muitakaan epäpuhtauksia. Karkearakeisessa materiaalissa korroosioriski pohjavedenpinnan yläpuolella on tavallisesti pieni.

Sähkönjohtavuudeltaan Leca-sora vastaa lähinnä silttiä. Kevytsorasta ei liukene haitallisia tai korroosiota edistäviä aineita. Tavallisesti kevytsoran kloridipitoisuus on alle 0,01 % ja rikkipitoisuus alle 0,02 %. Kevytsorasta todetut liukoisuudet ja pitoisuudet eivät edistä korroosion etenemistä.

Kuivissa olosuhteissa kevytsorakerroksessa tapahtuva korroosio on erittäin hidasta. Kastuessaan kevytsora aiheuttaa, kevytsoran rakeiden muodosta johtuen, metallin pinnalla pistemäisiä alueita, joiden happi- ja vesipitoisuus poikkeavat ympäristöstä, mikä voi johtaa korroosioparin muodostumiseen. Estämällä kosteuden pääsy kevytsorakerrokseen voidaan ennaltaehkäistä korroosion käynnistymistä. Metalliputkien yms. käyttöiän pidentämiseksi niin kevytsorassa kuin tavanomaisissa maamateriaaleissa on syytä tehdä korroosiosuojaus estämällä rakeisen materiaalin ja metallipinnan välinen kosketus esimerkiksi muovikalvolla tai metallirakenteen pinnoitteella (maalaus, pinnoitus, bitumisively, tms.) kunkin materiaalin ohjeiden mukaisesti.

Kestävyys

Leca-sora kestää hyvin erilaisia polttoaineita, tiesuolaa ja muita liikenteestä peräisin olevia kemiallisia aineita. Lisäksi kevytsora kestää hyvin jäätymis-sulamissyklejä eikä se normaaleissa olosuhteissa vaurioidu jäätymisen vuoksi. Kevytsora kestää hyvin korkeita lämpötiloja ja se kuuluu paloturvallisuusluokkaan palamaton (A1).

5.6 KOSTEUSTEKNISET OMINAISUUDET

Kapillaarinen nousukorkeus

Kevytsorassa veden kapillaariseen nousukorkeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat raekokojakauma, pölyisyys, tiheys ja rakeissa olevat huokoset. Raekoon kasvaessa ja tiheyden pienentyessä huokoskoko kasvaa, jolloin kapillaarivoimat heikkenevät.

Kapillaarisen vedennousun tehokkaasti katkaiseva kevytsora on Leca-sora KAP 4–20 mm. Tämä kevytsoralajike käsitellään tehtaalla lisäaineella, millä varmistetaan kapillaarisen nousukorkeuden jäävän alle 100 mm:iin, eli merkittävästi pienemmäksi kuin soralla tai murskeella. Käsittelyaine ei sisällä haitallisia aineita eikä muutu ajan myötä. Kevytsora KAP 4–20 mm pienin toimituserä on 20 m^3.

Veden- ja höyrynläpäisevyys

Vedenläpäisevyyteen vaikuttaa materiaalin rakeisuusjakauma. Leca-soran rakeisuus vastaa luonnonsoraa, joten kevytsoran vedenläpäisevyys on suuri 10^{-3}–10^{-1} m/s. Kevytsoran suuren vedenläpäisevyyden johdosta materiaali toimii rakennetta kuivattavana sekä kapillaarista nousua katkaisevana kerroksena.

Kevytsoran höyrynläpäisevyys on salaojasoraa suurempi ollen 7 × 10-6 m^2/s (salaojasoran höyrynläpäisevyys on 4 × 10-6 m^2/s). Kuten muillakin vastaavilla materiaaleilla kevytsoran vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttaa merkittävästi aineen vesipitoisuus.

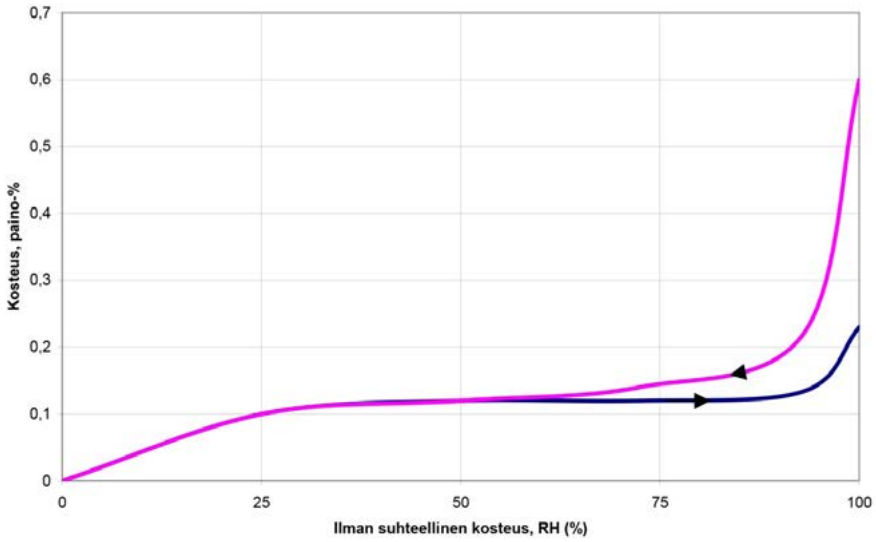
Kosteus (vesipitoisuus) ja tasapainokosteus

Valmistuksen jälkeen kevytsora on täysin kuivaa ja pölyämisen estämiseksi materiaalia on kasteltava. Kevytsoran huokostilassa vesi voi esiintyä vapaana vetenä tai tiivistyneenä rakeiden ulkopintaan. Lisäksi rakeiden huokosiin on mahdollista imeytyä vettä.

Kevytsoran kosteuskäyttäytymiseen vaikuttaa oleellisesti huokosjakauma ja ominaispinta-ala. Pienemmän raejakauman kevytsoralla on pääasiassa pienempi ominaispinta-ala johtuen rakeiden polton aikana sintraantuneesta pinnasta. Murskaamalla hienonnetulla materiaalilla on sitä vastoin suurempi ominaispinta-ala. Kevytsorarakeiden sisällä olevien huokosten tilavuus on kuitenkin suuri, joten rakeet voivat adsorboida merkittäviä määriä vettä.

Veden kanssa kosketuksissa oleva kevytsora voi sitoa itseensä vettä jopa 80 % kuivapainostaan. Sitoutunut vesimäärä ei vaikuta keraamisen kevytsoran mekaanisiin ominaisuuksiin, mutta lämmönjohtavuuteen sillä on merkitystä.

Kevytsoran tasapainokosteus on alle 0,2 % +20 °C:ssa.Tasapainokosteus on kosteustila, johon materiaali vallitsevissa olosuhteissa asettuu. Kevytsoran hygroskooppinen tasapainokosteus RH 100 %:ssa on alle 0,5–0,6 paino-%, joka vastaa noin 1,5 kg/m3 vesimäärää. Tämä tarkoittaa sitä, että kevytsorassa saa olla enintään 0,5 paino-% eli 1,5 kg/m3 vettä, jottei rakeita ympäröivän ilman suhteelliseksi kosteudeksi (RH) tulisi 100 %. Vastaavan rakeisuuden maamateriaaleille RH 100 %:ssa hygroskooppinen kosteuspitoisuus on 0,5–1 paino-% eli 10–20 kg/m3. Hygroskooppinen kosteus ilmaisee vesimäärän, jonka huokoinen aine sitoo ilmasta itseensä tietyssä suhteellisessa kosteudessa.



Kuva 2. Kevytsoran tasapainokosteus. Ylempi käyrä kuvaa tasapainokosteutta Leca-soran kuivuessa ja alempi Leca-soran kastuessa.

5.7 KEVYTSORABETONIT

Kevytsorarakenteen kantavuutta voidaan korottaa stabiloimalla kevytsora esimerkiksi hydraulisilla sideaineilla. Sementillä sitominen voidaan toteuttaa esim. rakenteen yläosan sementtistabilointina tai pumppaamalla asemasekoitteinen kevytsorabetoni tiivistetyn irtokevytsorakerroksen päälle.

Kevytsorabetoni on betonia, jonka valmistuksessa käytetään karkearakeisen kiviaineksen sijasta kevytsoraa, joka sidotaan käyttämällä sementtiä ja vettä. Kevytsoran suuresta raekoosta johtuen valmistuksessa tarvitaan lisäksi hienojakoisempaa täyteainetta, kuten hienoa kiviainesta tai hienoa täyteainetta. Kevytsorabetonia voidaan valmistaa myös kevytsoran puhalluskalustolla lisäämällä siihen puhalluksen yhteydessä sementtiliuosta erillisellä pumpulla.

Tavallisesti sementtiä (CEM II 42,5 R) käytetään noin 150 kg yhtä kevytsorabetonikuutiota kohden. Kevytsorabetonin lujuus riippuu sementin ja seosaineen määrästä. Taulukossa 9 on esitetty suuntaa antavat puristuslujuudet eri sementtimäärillä. Kevytsorabetonin vaatimukset on esitetty tarkemmin InfraRYL:ssä.

Kuormaa jakava raudoitettu kevytsorabetonilaatta, LLP

LLP (engl. Light Load distributing Plate with LWA) on paikalla valettu raudoitettu hydraulisesti sidottu kevytsoralaatta, joka jakaa tehokkaasti yläpuolisten kerrosten kuormia. LLP valetaan sementillä sidotusta kevytsorasta, jonka ylä- ja alapinnat vahvistetaan teräsverkoilla. Sen tavanomainen paksuus tierakenteessa on yleensä 0,3–0,5 m. LLP:llä on useita käyttösovelluksia infrarakentamisessa mm. tie- ja ratarakenteissa, kun pelkkä kevennys ei riitä hallitsemaan epätasaisesta kuormituksesta tai epähomogeenisesta maaperäolosuhteista johtuvia epätasaisia painumia.

LLP:sta on saatu hyviä kokemuksia Ruotsissa ja Norjassa. Ensimmäinen LLP tierakenne avattiin liikenteelle vuonna 1994 ja ensimmäinen ratarakenne vuonna 2004. Kevytsorabetonilaattaa on kehitetty, tutkittu ja käytetty laajemmin Ruotsissa. Annamme tarvittaessa lisätietoja ratkaisusta.

Taulukko 9. Kevytsorabetonin sementtimäärän vaikutus puristuslujuuteen ja tilavuuspainoon (InfraRYL).

LUOKKA	QS 50	QS 100	QS 200	QS 300
Mitoitustilavuuspaino [1], kN/m³	5,0	5,5	7,0	9,0
Sementtimäärä, kg/m³	50	100	200	300
Puristuslujuus, MPa (suuntaa antava)	0,5	1,0	2,5	4,5

[1] aina veden pinnan yläpuolella (w_{max} = 30 p-%)

6 Käyttötarkoitus

Kevytsoraa käytetään pääasiassa kevennysmateriaalina vähentämään tai tasaamaan painumia tai estämään ne kokonaan, parantamaan penkereen tai alueen vakavuutta sekä pienentämään taustatäytön aiheuttamaa tukirakenteeseen kohdistuvaa maanpainetta. Lisäksi näissä tarkoituksissa kevytsora voi samalla toimia kuivatusta tehostavana kerroksena sekä routasuojauksena.

Kevytsorakerroksen suunnittelu edellyttää kohteen kokonaisuuden arviointia. Ennen mitoitusta kartoitetaan kohteen geotekniset erityisvaatimukset ja määritellään kriittiset tekijät.

6.1 PAINUMIEN HALLINTA

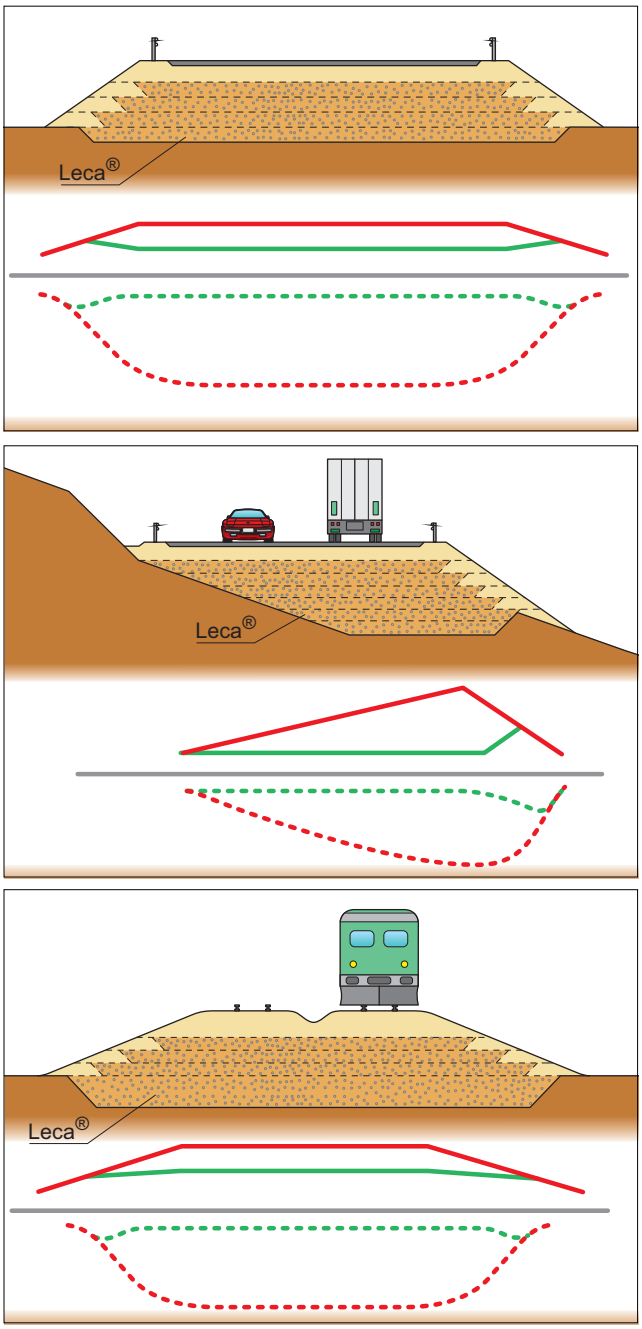
6.1.1 Kevennetty penger

Rakennettaessa heikolle maaperälle maarakenteista aiheutuu lisäkuormitus, jonka suuruus määräytyy materiaalin tiheyden ja kerrospaksuuden perusteella. Lisäkuorma aiheuttaa pitkäaikaisia painumia. Kuorman suuruus vaikuttaa painuvilla maapohjilla suoraan painuman suuruuteen ja edelleen painumaerojen syntymiseen sekä pituus- että poikkisuuntaiseen tasaisuuteen.

Käytettäessä kevyenä täyttömateriaalina Leca-soraa voidaan vähentää merkittävästi maarakenteiden maapohjalle aiheuttamaa lisäkuormaa ja vähentää rakentamisen jälkeisiä painumia. Siirtymärakenteen avulla tasataan kuormien tai pohjaolosuhteiden vaikutuksesta syntyviä epätasaisia painumia.

Kevennyksen mitoitus tehdään geoteknisillä laskelmilla, joissa maaperän ominaisuudet ja kuormat määritetään kohdekohtaisesti. Kevennysmitoituksen tavoitteena on kompensoida rakenteen painosta pohjamaalle aiheutuva lisäkuorma kokonaisuudessaan tai siten, että kuorma jää aikaisempaa kuormaa vähäisemmäksi (osittainen kevennys). Osittainen kevennys voi olla perusteltua tapauksissa, joissa painumat ovat suurelta osin jo tapahtuneet, tapahtuvat rakentamisen jälkeen suhteellisen nopeasti tai hallitut käytönaikaiset painumat ovat hyväksyttävissä. Korkea pohjaveden tai ulkoisen veden pinnan taso voi myös olla syynä osittaisen kevennyksen käyttämiseen. Kevytsorarakenne on mitoitettava nosteelle, mikäli vedenpinta voi nousta rakenteeseen, kuten esimerkiksi vesialueiden läheisyydessä tai tulva-alueella.

Kuvasarja 3. Painumien hallinnan periaate tie- ja ratapenkereillä.



Tavanomaisen kiviainespenkereen aiheuttama kuorma

Leca-soralla kevennetyn penkereen aiheuttama kuorma.

Pohjamaan painuminen penkereen kuormituksen johdosta tavanomaisella kiviainespenkereellä.

Pohjamaan painuminen penkereen kuormituksen johdosta Leca-soralla kevennetyllä kiviainespenkereellä.

Käytettäessä Leca-soraa painumien vähentämiseksi tulee ottaa huomioon mm. seuraavat asiat:

- Pohjamaan ominaisuudet ja kuormitushistoria.
- Sallittu painuman suuruus ja painumaero.
- Mitoitusikä.
- Pohja- ja/tai orsiveden sekä mahdollisen avoveden taso.
- Rakenteen pinnan ja maapinnan välinen ero (pengerkorkeus).
- Viereiset rakenteet.

Kevytsoran mitoitusperiaatteet kevennykselle ja nosteelle on esitetty liitteissä 1 ja 2. Esimerkkilaskelma kevytsoran käyttämisestä painumien hallintaan on esitetty osoitteessa: **leca.fi**.

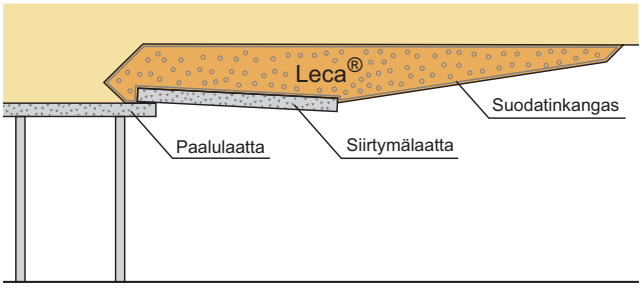
Periaateratkaisuja Leca-soran käytöstä painumia vähentävä rakenteena on esitetty edellisen sivun kuvasarjassa 3. Edellisen sivun kuvissa on esitetty tie- ja ratapenkereiden maarakenteista pohjamaahan kohdistuvat kuormat ja niiden aiheuttamat painumat käytön aikana. Kuvissa on esitetty punaisella tavanomaisen maa-ainekselle ja vihreällä Leca-soralla toteutetun rakenteen kuormat. Katkoviivalla on esitetty pohjamaan painuminen yläpuolisten maarakenteiden kuormituksen takia.

6.1.2 Siirtymärakenteet

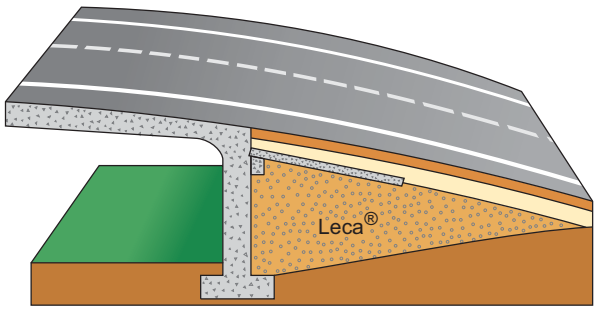
Maapohjalle tuleva epätasainen kuormitus sekä kuormituksen tai pohjaolosuhteiden äkillinen muutos lyhyellä matkalla voivat aiheuttaa rakenteisiin epätasaista painumaa ja painumaeroja heikentäen rakenteiden toimintaa ja kestävyyttä.

Suuria painumaeroja on mahdollista muodostua esimerkiksi pehmeikköjen tai pohjanvahvistuksen reuna-alueilla, uuden ja vanhan rakenteen rajalle sekä siltojen, rumpujen ja putkijohtojen kohdilla.

Siirtymärakenne tasaa epätasaisia painumia. Siirtymärakenne on kiilamainen kevennys, jonka tarkoituksena on tasoittaa kiilan pituudella tapahtuvat painumaerot. Siirtymärakenne mitoitetaan siten, että kiilan ohuemmassa päässä painuman suuruus on sama kuin keventämättömällä penkereellä ja paksummassa päässä painumat vastaavat ko. rakenteen painumaa (hallitusti painuva/painumaton). Siirtymärakenteessa käytetään usein myös siirtymälaattaa estämään kiilan toisen pään painumisen. Siirtymäkiilan pituus ja laajuus arvioidaan tapauskohtaisesti ja sen pituus vaihtelee yleensä 5–30 m välillä (kuvat 4 ja 5).



Kuva 4. Leca-sora siirtymärakenteessa paalulaatalta painuvalle rakenteelle siirryttäessä.



Kuva 5. Siirtymärakenteen periaate sillan taustatäytössä. Kevytsora vähentää samalla sillan maatukeen kohdistuvaa maanpainetta.

6.2 STABILITEETIN PARANTAMINEN

Maarakenteet aiheuttavat pohjamaahan kuormitusta, jonka seurauksena maaperän vakavuus, eli stabiliteetti, voi heiketä. Stabiliteetin ollessa riittämätön pohjamaahan syntyy murtotila, jonka seurauksena rakenne voi sortua tai rakenteessa ja ympäröivissä rakenteissa voidaan havaita sallittua suurempia siirtymiä.

Leca-sora soveltuu erinomaisesti stabiliteettiongelmien ratkaisemiseen. Stabiliteetti on usein ongelma alueilla, joissa pohjamaan lujuus on alhainen. Stabiliteettiongelmat korostuvat heikolla pohjamaalla sivukaltevassa maastossa tai esim. jokiuomien läheisyydessä.

Leca-soratäyttö vähentää heikkoon pohjamaahan kohdistumaa lisäkuormitusta parantaen näin vakavuutta.

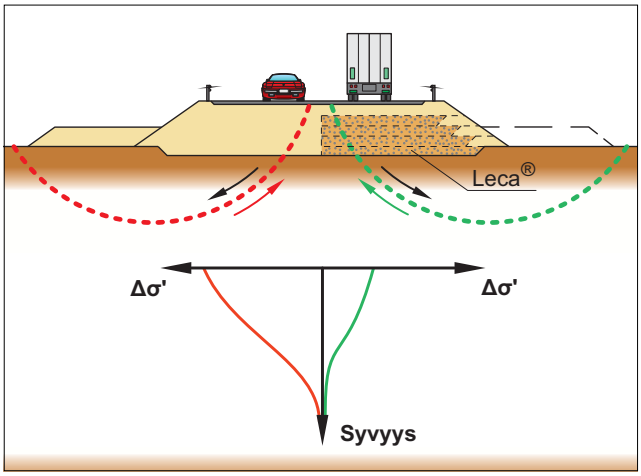
Käytettäessä Leca-soraa stabiliteetin parantamisessa tulee ottaa huomioon mm. seuraavat asiat:

- Pohjamaan ominaisuudet ja kuormitushistoria.
- Huokosveden paine pohjamaassa.
- Pohja- ja/tai orsiveden sekä mahdollisen avoveden pinnan taso.
- Maanpinnan ja maakerrosten kaltevuus ja uomat rakenteen sivulla.
- Rakenteelta vaadittu varmuus sortumaa vastaan.
- Pysyvät ja muuttuvat kuormat.
- Viereiset rakenteet ja niiden perustukset.

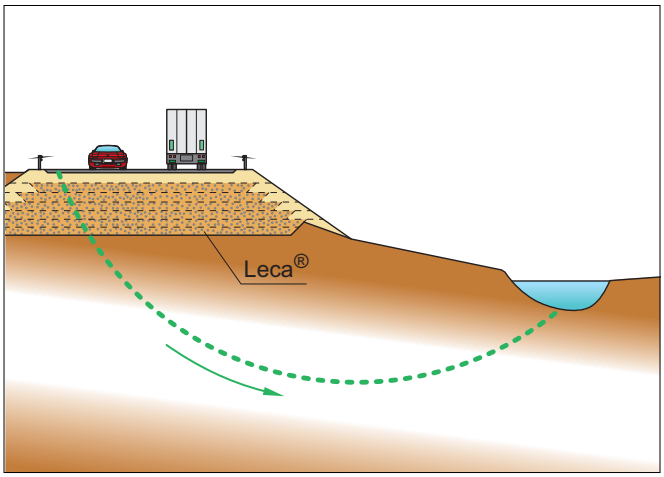
Periaateratkaisu Leca-soran käytöstä stabiliteetin parantamisessa on esitetty kuvissa 6 ja 7. Kuvissa on esitetty tiepenkereen kohdalle muodostuva vaarallisin liukupinta sekä pohjamaahan kohdistuva jännitys kiviainespenkereen ja kevytsoralla kevennetyn penkereen alla. Kuvissa on esitetty punaisella tavanomaisen maa-aineksen ja vihreällä Leca-soralla toteutetun rakenteen liukupinta ja pohjamaahan kohdistuva jännityksen lisäys.

Sekä maaperän että maarakenteen stabiliteetti tulee tarkistaa geoteknisin laskelmin, jotta voidaan varmistua sekä rakentamisen aikaisesta että lopullisen rakenteen turvallisuudesta.

Stabiliteettilaskentaesimerkki tilanteesta, jossa kevytsoraa on käytetty tierakenteessa, on esitetty osoitteessa: **leca.fi**.



Kuva 6. Kevytsorakevennys stabiliteetin parantamiseksi. Pohjamaahan kohdistuva jännitys kiviainespenkereellä punaisella ja kevytsorakevennetyllä penkereellä vihreällä viivalla.



Kuva 7. Kevytsorakevennetty penger jokiuoman vieressä tilanteessa, jossa raskas kiviainespenger ei olisi mahdollinen ilman muita pohjanvahvistustoimenpiteitä.

Käytettäessä Leca-soraa maapaineen vähentämiseen tulee ottaa huomioon mm.:

- Pohjamaan ominaisuudet ja kuormitushistoria.
- Huokosveden paine pohjamaassa.
- Pohja- ja/tai orsiveden sekä mahdollisen avoveden pinnan taso.
- Sallitut painumat ja siirtymät rakenteessa ja sen läheisyydessä.
- Viereiset rakenteet ja niiden perustukset.
- Pysyvät ja muuttuvat kuormat.
- Työnaikainen varmuus ja rakenteen toteutettavuus.

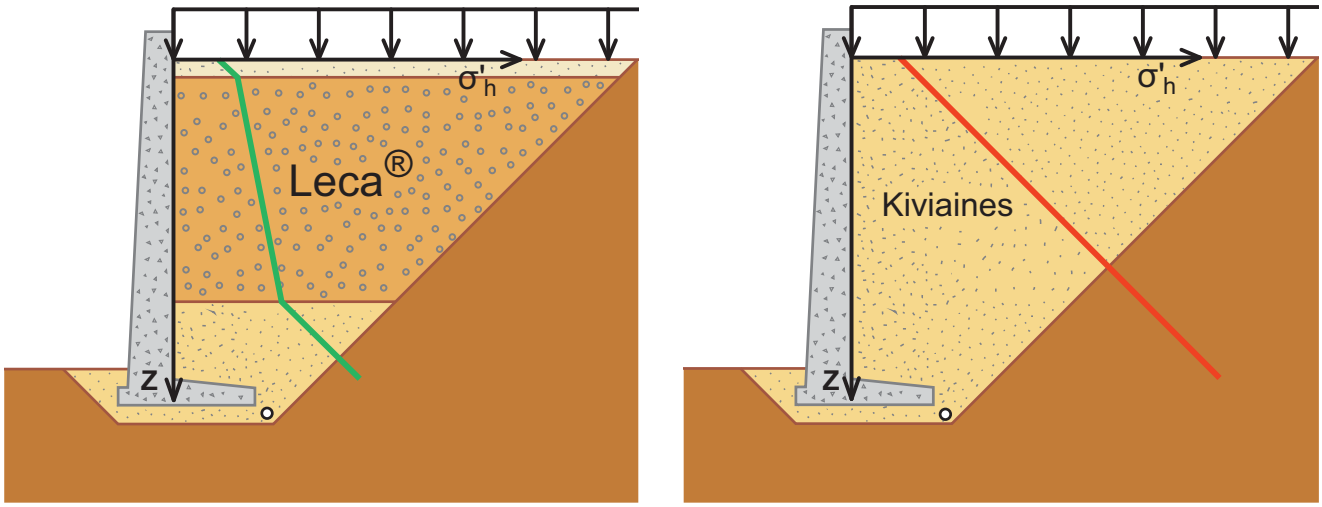
6.3 MAANPAINEEN VÄHENTÄMINEN

Maarakenteiden omasta painosta ja pintakuormasta aiheutuva maanpaine kohdistuu tukirakenteeseen maan ja rakenteen rajapinnassa. Maanpaineen kuormittamia tukirakenteita ovat esimerkiksi tukimuurit, ponttiseinät, siltojen taustatäytöt ja perustukset.

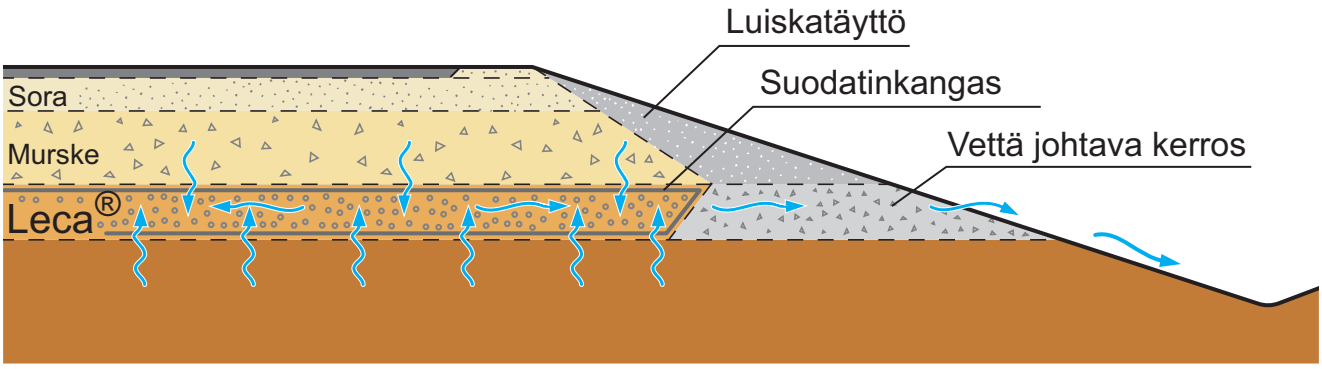
Täyttömateriaalina Leca-sora soveltuu hyvin maapaineen vähentämiseen. Keveydestä johtuen rakenteeseen kohdistuva vaakasuora maanpaine vähentyy jopa 80 %:lla verrattuna luonnon maamateriaalilla täyttämiseen. Pienempi maanpaine mahdollistaa maata tukevien rakenteiden optimoinnin ja on siksi usein kustannustehokas vaihtoehto.

Esimerkki kevennetyn taustatäytön maanpainelaskelmasta on esitetty osoitteessa: **leca.fi**.

Periaateratkaisuja Leca-soran käytöstä maanpaineen vähentämisessä on esitetty kuvassa 8. Kuvassa on esitetty Leca-soratäytön ja tavanomaisen kiviainestäytön tukimuuria vasten aiheuttama vaakasuoran maanpaineen kuvaaja syvyyden suhteen.



Kuva 8. Tukimuurin taustalle aiheutuvan vaakasuoran maanpaineen suuruus syvyyden mukaan. Vasemmassa kuvassa Leca-soralla rakennettu taustatäyttö. Oikealla tavanomaisella maa-aineksella tehty taustatäyttö.

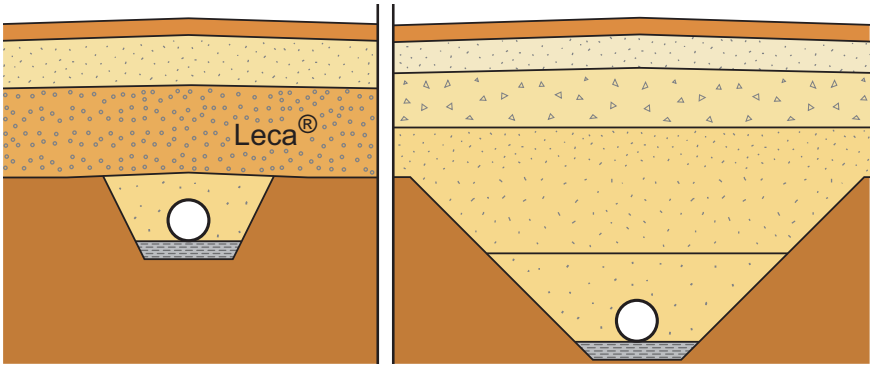


Kuva 9. Kevytsora tien routaeristeenä ja kuivatusrakenteena. Käytettäessä kevytsoraa eristyskerroksessa voidaan estää tai vähentää pohjamaan routimista.

6.4 ROUTASUOJAUS JA KUIVATUKSEN PARANTAMINEN

Kevytsoran käyttö on kustannustehokkainta silloin, kun sillä on useampi käyttötarkoitus samassa rakenteessa. Yleensä Leca-soran ensisijainen käyttötarkoitus on toimia rakenteessa kevennysmateriaalina. Riittävän paksu kevytsorakerros toimii routaeristeen lisäksi kapillaarisen nousun katkaisevana ja yläpuolisia rakennekerroksia kuivattavana kerroksena, jolloin yläpuolisten rakennekerrosten kantavuusominaisuudet paranevat.

Tien tai kadun alustan epätasainen routiminen aiheuttaa routavaurioita, jotka näkyvät tien tai kadun pinnan epätasaisuutena ja päällysteen rikkoutumisena. Vaurioita syntyy myös routakerroksen sulaessa, jolloin sulamisvedet aiheuttavat maapohjan ja rakennekerrosten kantavuuden alenemista. Kevytsoraroutaeristeellä, jolla estetään routivan pohjamaan routiminen, voidaan välttää routavauriot. Routaeristetyllä rakenteella kaivusyvyys on tavanomaista routimatonta rakennetta matalampi, jolloin voidaan välttää kaivutöitä, kivien ja lohkareiden poistoja sekä mahdollisten kalliohuippujen louhintoja.



Kuva 10. Vasemmalla päällysrakenne ja putkikaivanto, jossa on käytetty kevytsoraa kevennyskerroksena, putkirakenteen ja tien/kadun routaeristeenä sekä rakennetta kuivattavana kerroksena. Oikealla tavanomainen ratkaisu, jossa putki on asennettu roudattomaan syvyyteen ja käytetty laajaa putkikaivantoa.

Suomen olosuhteissa roudaton syvyys on n. 1,8–2,5 m, jota syvemmälle vesijohdot voidaan asentaa ilman routaeristeitä. Routaeristeitä käyttäen voidaan vesijohdot sekä joissakin tapauksissa myös muut putket asentaa lähemmäksi maan pintaa, jolloin kaivusyvyys pienenee ja kaivumassojen määrä vähenee. Erityisen kustannustehokasta tämä on pehmeiköillä silloin, kun putkijohdot ylemmäksi asentamalla on mahdollista välttää (tai toteuttaa keveämpänä) muutoin tarvittavia syvempien kaivantojen tuentoja. Lisäksi on mahdollista välttää muiden pohjavahvistusmenetelmien käyttäminen.

Periaateratkaisuja Leca-soran käytöstä routasuojauksessa on esitetty kuvissa 9 ja 10. Routasuojauksen lisäksi kevytsora toimii ko. rakenteissa kuivatuskerroksena.

Tie- ja katurakenteissa käytettävät materiaalit ja rakenteen kokonaispaksuus määräytyvät routa- ja kuormituskestävyysmitoituksen perusteella. Liitteessä 3 on esitetty routamitoituksen periaate tierakenteelle.

Liitteessä 4 on esitetty kuormituskestävyysmitoitus kantavuuslaskennalla.

7 Käyttökohteet

Leca-soralla on lukuisia käyttösovelluksia infrarakentamisessa. Pehmeälle, heikosti kantavalle maaperälle rakennettaessa kevytsoran keveys yhdistettynä hyvään kantavuuteen ja lämmöneristävyyteen tekevät kevytsorasta kustannustehokkaan materiaalin muihin materiaaleihin verrattuna. Poltetusta savesta valmistettu keraaminen kevytsora on mekaanisesti ja kemiallisesti kestävä materiaali, joka säilyttää ominaisuutensa koko rakenteen käyttöiän.

Leca-soran käyttökohteita infrarakentamisessa Suomessa ovat mm.:

- tiet, kadut ja radat
- taustatäytöt
- putkijohdot ja rummut
- satama-alueet ja laiturien taustatäytöt
- piharakentaminen
- liikuntapaikat
- meluvallit
- kevytsorabetonit.

7.1 TIET, KADUT JA RADAT

Teillä, kaduilla ja radoilla Leca-soran pääasiallinen käyttötarkoitus on toimia kevyenä täyttömateriaalina, joka vähentää pohjamaan painumia sekä parantaa rakenteen ja alueen vakavuutta. Vastaavasti kevytsoraa käytetään kevyen liikenteen väylillä, ratapihoilla ja erilaisilla kentillä.

Teiden, katujen ja ratojen korjausrakentamisessa voidaan käyttää Leca-soraa painumavaurioiden korjauksessa, tasauksen korottamisessa sekä kantavuuden parantamisessa. Lisäksi vanhoja tie- ja katupenkereiden levennyksiä voidaan toteuttaa hallitusti kevytsoralla.

Kevytsorakerros voidaan kohteen erityispiirteet huomioiden mitoittaa myös käytettäväksi routaeristeenä ja kapillaarisen nousun katkaisevana kerroksena sekä kuivatusrakenteena ylemmille rakennekerroksille.

Tie-, katu- ja ratapenger

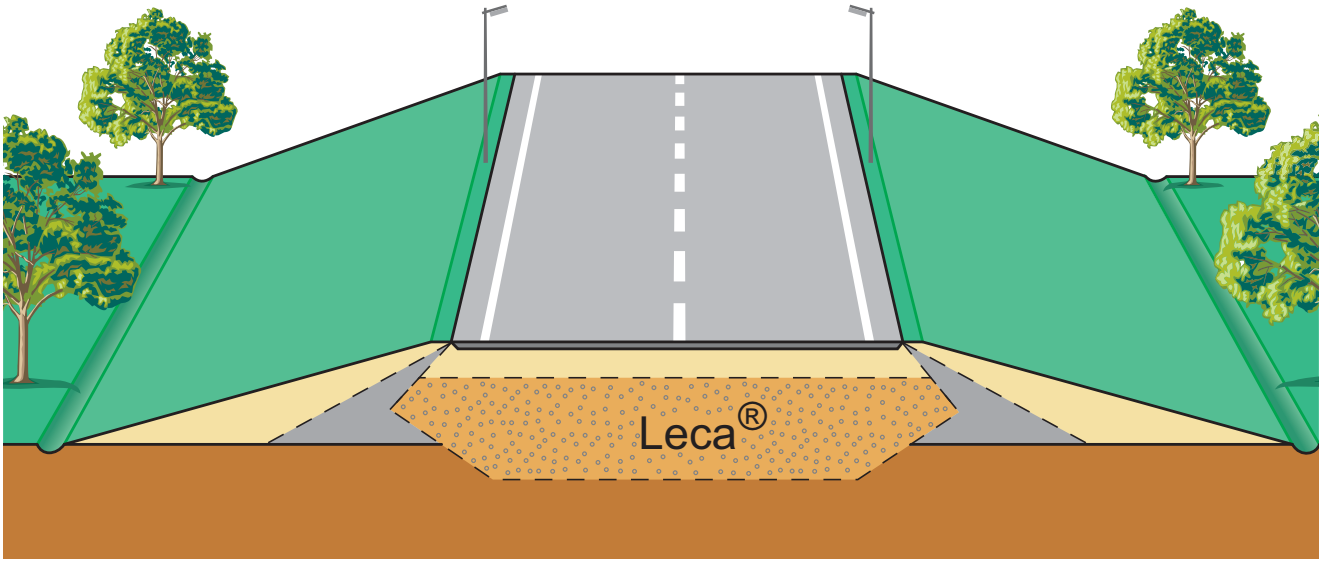
Kuvassa 11 on esitetty kevytsoralla kevennetyn tiepenkereen poikkileikkauksen periaate. Ratapenkereen kevennyksen rakentamisperiaate on esitetty InraRYLssä.

Huolellisesti levitetty ja tiivistetty kevytsorakerros on lähes kokoonpuristumaton. Suurin odotettavissa oleva kevytsorarakenteen sisäinen kokoonpuristuma (viruma) on alle 2 %.

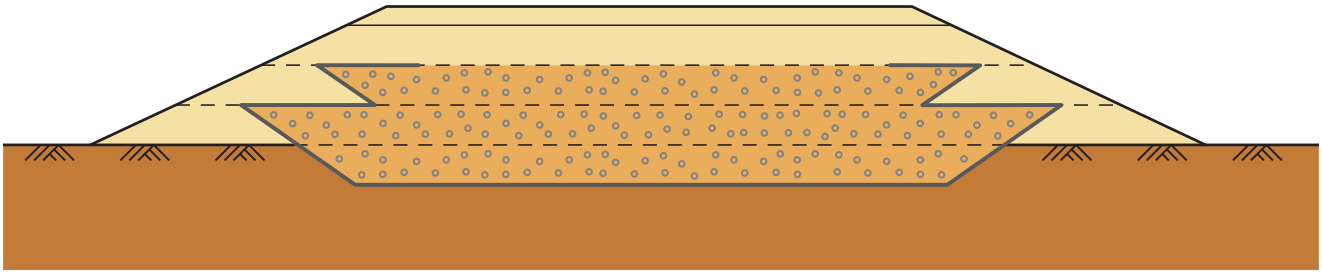
Tie- ja katupenkereen leventäminen

Maanvaraisesti perustetun vanhan penkereen levennyksen rakentaminen pehmeikölle painavalla kiviaineksella aiheuttaa lisäkuormituksen vuoksi painumavaurioita vanhaan tiepenkereeseen ja/tai levennykseen. Levennyspenkereen rakentamisesta aiheutuvia haitallisia painumia voidaan vähentää tai niiltä voidaan välttyä kokonaan käyttämällä penkereen täyttömateriaalina Leca-soraa.

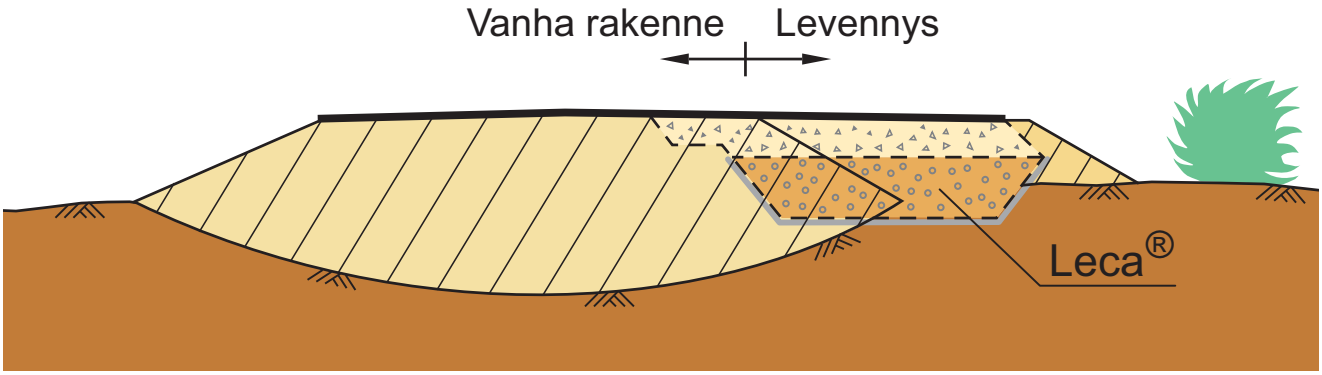
Tiepenkereen leventäminen vaatii huolellista suunnittelua, jotta vanhan ja uuden rakenteen liitoskohdassa ei esiinny haitallisia painumaeroja, eikä rakenteiden päällyste halkeile vetojännitysten vuoksi. Tiepenkereen leventämisen periaate käyttäen Leca-soraa on esitetty kuvassa 13. Tiepenkereen leventämisen periaatteita voidaan hyödyntää myös esimerkiksi liittymien ja pysäkkien liittämisessä vanhoihin tie- ja katurakenteisiin.



Kuva 11. Kevytsora tie- tai katupenkereen kevennyksenä.



Kuva 12. Tiepenkereen kevennyksen poikkileikkaus. Kevytsora ympäröidään suodatinkankaalla alhaalta, sivuilta ja ylhäältä.



Kuva 13. Tien leventäminen Leca-soralla.

Rautatierakenteet

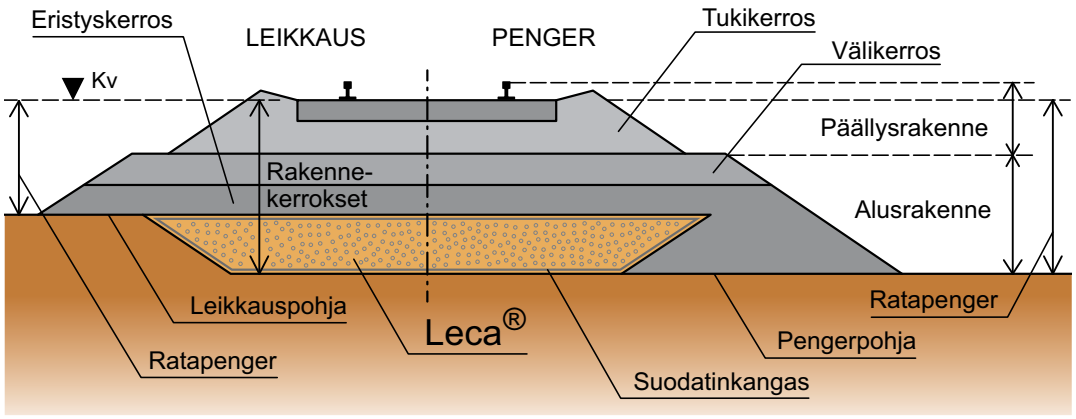
Junarata koostuu kiskoista ja ratapölkyistä kiinnitys-komponentteineen sekä niiden alapuolisista kivi-aineksesta tehdyistä rakennekerroksista. Kuvassa 14 on esitetty ratapenkereen rakenneosat leikkauksessa ja penkereellä.

Ratarakentamisessa Leca-soran käytön suurimmat hyödyt liittyvät usein juuri sen keveyteen. Käyttämällä ratapenkereen rakentamisessa kevytsoraa voidaan pienentää penkereen aiheuttamaa kuormitusta ja näin parantaa sen vakavuutta ja vähentää painumia.

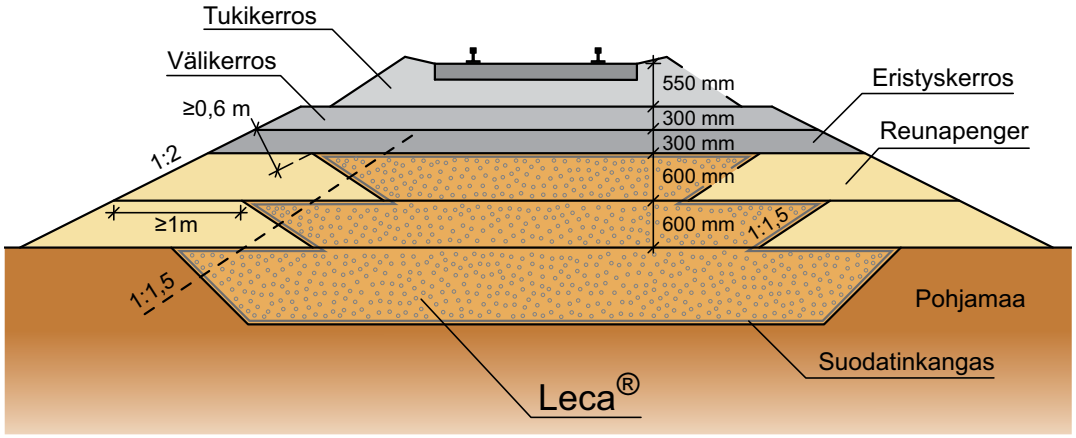
Ratapenkereen rakentaminen aiheuttaa pohjamaahan kuormituksen, jonka suuruus määräytyy penkereen korkeudesta ja pengermateriaalien tilavuuspainoista. Heikosti kantavalle maaperälle rakennettaessa tai jo olemassa olevan vanhan penkereen vakavuus voi olla liian alhainen, jolloin on olemassa riski, että rakenne sortuu tai rakenteessa tai sen lähiympäristössä tapahtuu haitallisia siirtymiä. Penkereen aiheuttama lisäkuormitus voi myös saada aikaan painumia penkereen alapuolisessa pohjamaassa.

Leca-sora sopii rakenneominaisuuksiensa puolesta käytettäväksi ratapenkereen alusrakenteessa. Optimaalinen sijainti kevytsorakerrokselle on 550 mm paksuisen tukikerroksen, 300 mm paksuisen välikerroksen ja 300 mm paksuisen eristyskerroksen alapuolella, yhteensä 1150 mm syvyydellä raiteen korkeusviivasta. Tällä asennussyvyydellä saavutetaan vaadittava kantavuus välikerroksen päältä myös hyvin pehmeillä pohjamailla.

Kevytsorakerrosten suositeltu sijainti ratapenkereessä on esitetty kuvassa 15. Kevytsorakerroksen paksuudella ei ole merkittävää vaikutusta penkereen kantavuuteen, kunhan kevytsorakerros on tiivistetty asianmukaisesti. Kevytsorarakenteen toimivuutta ja optimaalista sijaintia ratapenkereessä on tutkittu Ying-Ching Linin diplomityössä (Lin 2021). Työssä on todettu, että Leca-soran kantavuus tai syklisen kuormituksen kestävyys ei normaaleissa ratarakenteissa muodostu ongelmaksi, kunhan kerrokset kevennysrakenteen päällä on suunniteltu ja rakennettu huolellisesti.



Kuva 14. Ratapenkereen rakennekerrokset leikkauksessa ja penkereellä. Raiteen korkeusviiva (Kv) sijaitsee raiteen aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa.



Kuva 15. Kevytsorakerrosten suositeltu sijainti ratapenkereessä sekä kevennetyn ratapenkereen mitat ja sallitut luiskakaltevuudet.

7.1.1 Suodatinkankaan ja lujiteverkon käyttö

Suodatinkankaalla suljettu kevytsorarakenne säilyy muuttumattomana ja on uudelleenkäytettävissä tulevissa rakennuskohteissa. Suodatinkangastyyppi esitetään suunnitelmissa, joihin se valitaan kohdekohtaisesti InfaRYL:n ohjeiden mukaisesti.

Lujitekankaiden ja -verkkojen käyttö kevytsoran yhteydessä on mahdollista esimerkiksi tien rakentamisen ja leventämisen yhteydessä tai rakennettaessa jyrkkiä geolujitettuja luiskia tai valleja. Geolujitteiden avulla voidaan vähentää tien levennysosan vaakasiirtymiä sekä parantaa tierakenteen mekaanisen kuormituksen kestävyyttä ja vähentää liikenteen kuormasta aiheutuvaa pysyvää muodonmuutosta.

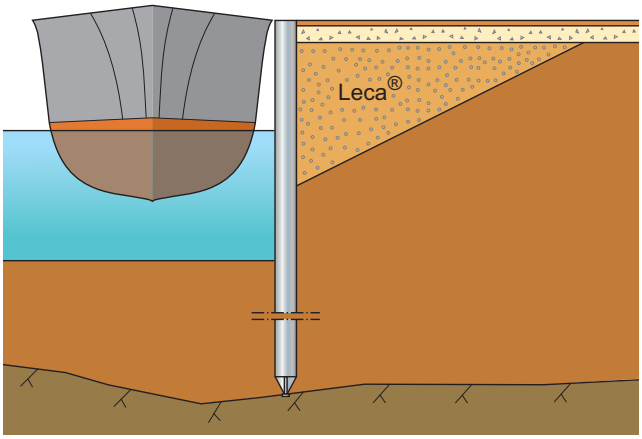
Geolujitteilla voidaan myös lisätä kevennetyn penkereen varmuutta liukupintasortumaa vastaan.

Kevytsora erotetaan muista materiaaleista suodatinkankaalla, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Suodatinkangastyyppi esitetään suunnitelmissa, joihin se valitaan kohdekohtaisesti InfraRYL:n ohjeiden mukaisesti. Käytettävän suodatinkankaan tulee olla polypropeenista valmistettua kevytsoran lievän emäksisyyden (pH 9–11) vuoksi. Lujitekankaita ja -verkkoja voidaan käyttää esimerkiksi tien rakentamisen ja leventämisen yhteydessä tai rakennettaessa jyrkkiä geolujitettuja luiskia tai valleja.

7.2 TAUSTATÄYTÖT

Maanpaine tulee huomioida rakenteissa, joiden tausta täytetään kaltevuuteen, joka ylittää kaltevuuden, jossa täyttömaa luonnollisesti pysyy. Tällaisia infrarakenteita ovat esimerkiksi tukimuurit, ponttiseinät, siltojen taustatäytöt, maatuet ja perustukset. Leca-sora on luonnollinen valinta taustatäyttömateriaaliksi sen keveyden, roudaneristävyyden ja hyvän vedenjohtavuuden ansiosta.

Kevytsoran ansiosta rakenteelle aiheutuva maanpaine vähenee huomattavasti, jolloin tukevia rakenteita on mahdollista optimoida. Kevytsoralla rakentaminen on kustannustehokas vaihtoehto massiiviselle tuentaratkaisulle.



Kuva 16. Kevytsora laiturirakenteen taustatäyttönä.

7.3 PUTKIJOHDOT JA RUMMUT

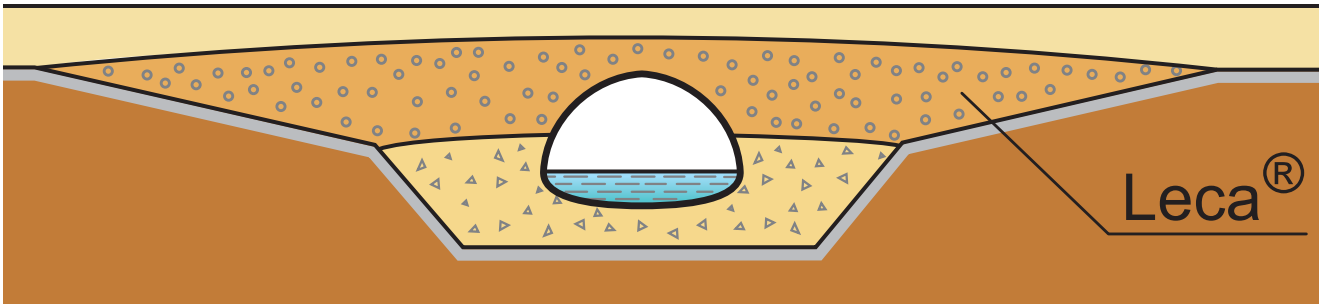
Putkijohdot

Leca-sora soveltuu hyvin putkijohtojen painumien hallintaan sekä routaeristeeksi. Pehmeikölle perustettavat putkijohdot voidaan perustaa painumattomaksi käyttämällä riittävää kevennystä. Lisäksi epätasaisia painumia voidaan ehkäistä kevytsorasta rakennetulla siirtymäkiilarakenteella. Putkijohtojen tapauksessa siirtymäkiila tasaa painumaeroja painuvan ja painumattoman tai routanousueroa routivan ja routimattoman rakenteen välillä. Siirtymäkiilan pituus määräytyy siten, että kaltevuuden muutokset pysyvät sallituissa rajoissa.

Kevytsorassa ei tapahdu rakenteen lujittumista (sitoutumista) kuten esimerkiksi hyvälaatuisessa hyvin tiivistetyssä betonimurskekerroksessa.

Rummut

Leca-soralla voidaan vähentää merkittävästi rumpujen ja teräsputkisiltojen sekä vaaka- että pystysuuntaista kuormitusta. Kevennyksen ohella paksu kevytsorakerros toimii routaeristeenä ja mahdollistaa tavanomaista ratkaisua ohuemmat rakennepaksuudet. Rummut ja teräsputkisillat suunnitellaan Liikenneviraston ohjeen ”Teräsputkisillat, suunnitteluohje” mukaisesti.



Kuva 17 . Leca-sora teräsputkisillan taustatäyttönä.

Kevytsoran etuja putkilinjakohteessa:

- Kevennysmateriaali korvaa muuta täyttö- ja päällysrakennemateriaalia.
- Kevennysmateriaali toimii routaeristeenä, mikä mahdollistaa esimerkiksi matalamman putkien asennussyvyyden.
- Routaeristeenä toimiva kevytsorakerros mahdollistaa ohuemman kadun päällysrakennepaksuuden. Kevyempi, vähemmän kaivuja.
- Rakentaminen on nopeaa, ei vaadi esimerkiksi lujittumisaikoja, jolloin työ on tehtävissä ”kerralla”.
- Kevennetty putkilinja käyttäytyy tasaisemmin muun katurakenteen kanssa. Ei muodostu töyssyjä, kuten putkien paalulaattaperustuksilla.
- Pohjamaassa olevia kevennyksen alle jääviä aikaisempia rakenteita esimerkiksi hirsiarinat, betonirakenteet, louhetäytöt, putkilinjat, yms. ei ole välttämätöntä purkaa, kuten esimerkiksi syvästabiloinnin yhteydessä.
- Aikaisemmat vanhat paalut yms. rakenteet eivät haittaa kevytsorakerroksen rakentamista.
- Kevytsorakevennys toimii myös kuivatuskerroksena.
- Kevennyksen rakentamiseen ei tarvita erikoiskoneita, soveltuu omana työnä tehtäväksi.
- Rakentaminen voidaan tarvittaessa tehdä kevyillä työkoneilla esimerkiksi ahtaissa tai tärinäherkissä paikoissa.
- Kevytsora on helppo asentaa muodoltaan ”epämääräiseen” kohteeseen ja sen alle ei tarvita tasauskerrosta.
- Kevytsorakerros mukautuu pohjan mahdollisiin epätasaisiin painumiin ja muodostaa helposti yhtenäisen eristekerroksen putkilinjan ympärille.
- Kevennysmateriaali vähentää viereisiin rakenteisiin kohdistuvaa maanpainetta.
- Kevennysratkaisua voidaan käyttää helposti muiden pohjarakennusratkaisujen yhteydessä, esimerkiksi tasausta nostettaessa.
- Kevennysmateriaali on uudelleen käytettävissä.
- Materiaali voidaan tarvittaessa kuljettaa rakenteeseen esimerkiksi hihnakuljettimella tai puhalluskalustolla.

Kevennysrakenteiden käyttöä saattaa rajoittaa:

- Hyvin painumaherkillä pohjamailla kevennyksellä on korvattava paksulti pohjamaata, jolloin ylijäämämaiden käyttö huomioitava.
- Syvien kevennyskaivujen mahdollinen stabiliteetti-, painuma- tai siirtymäriski viereisille rakenteille on huomioitava.
- Tulva-alueilla nostemitoitus rajoittaa mahdollista kevennyspaksuutta.
- Ylemmän katuluokan kaduilla kantavuusvaatimuksen täyttämiseksi vaaditaan paksu päällysrakenne.
- Rakenteen pinnan mahdolliset painumattomuus- tai tasaisuusvaatimukset huomioitava.

Suurin kevennysvaikutus on mahdollista aikaansaada maksimoimalla kevytsorakerroksen määrä putki-kaivannossa, jolloin kaivannon täyttöjä korvataan mahdollisimman paljon kevytsoralla (putkimateriaali, kohde ja kaivantopoikkileikkaus huomioiden). Alku-täyttö on suositeltavaa tehdä lähtökohtaisesti aina kiviaineksesta. Alkutäytön yläosa putken yläpinnasta ylöspäin on kuitenkin mahdollista korvata kevytsoralla, kun kyseessä on jäteveden tai huleveden viettoviemäri. Asennusalusta sekä alkutäyttö putken yläpinnan tasoon tehdään aina kiviaineksella.

7.4 SATAMA-ALUEET JA LAITURIRAKENTEET

Rakennettaessa satama-alueita ja laiturirakenteita joudutaan usein työskentelemään hyvin pehmeillä maapohjilla lähellä vedenpinnantasoa. Kevytsoran käytöllä voidaan parantaa rakenteiden vakavuutta sekä vähentää kiinteisiin laiturirakenteisiin kohdistuvaa maanpainetta. Viime vuosina ympäri maailmaa on rakennettu useita laiturirakenteita käyttäen Leca-soraa taustatäyttömateriaalina.

Luonnon savesta valmistettu Leca-sora on täysin inertti materiaali, eikä siitä liukene vesistöihin haitallisia aineita, joten kevytsora satama-alueilla ja laiturirakenteissa on rakennuskohteen ympäristöä kuormittamaton vaihtoehto.

7.5 MUUT RAKENTEET

Piharakentaminen

Leca-soran käytöllä on mahdollista ehkäistä pihan painumia tai vähentää niiden vaikutusta. Kevytsoraa käytetään myös pihan routasuojauksessa, siirtymärakenteissa, putkijohtojen yhteydessä sekä pihojen muotoilussa ja istutuksissa. Kevytsoran käytön merkitys painumien hallinnassa kasvaa rakennettaessa pehmeille maaperille.

Liikuntapaikat

Leca-soraa on käytetty erilaisten urheilu- ja pelikenttien, kuten yleisurheilu-, jalkapallo-, pesäpallo-, ja golfkenttien, lämmitettyjen urheilukenttien sekä urheiluhallien pohjarakenneratkaisuissa 1960-luvulta lähtien. Kevytsoran etuja urheilukenttien rakentamisessa ovat sen keveys ja asentamisen helppous vuodenajasta riippumatta. Leca-soraa on käytetty useissa eri käyttötarkoituksissa – keventeenä, routasuojauksena sekä ylempiä rakennekerroksia kuivaavana ja vettä läpäisevänä rakenteena. Urheilukenttien ja -hallien rakentamista Leca-soraa käyttäen on esitelty laajemmin Leca-urheilukentät ja -hallit -esitteessä.

Meluvallit

Meluvalleja rakennetaan tavallisesti raskaasti liikennöityjen tiealueiden läheisyyteen estämään melusaasteen leviäminen ympäristöön ja asuinalueille. Meluvallit, jotka rakennetaan tavallisesti useita metrejä korkeiksi, ilman kevennystä aiheuttavat suuria painumia pohjamaahan ja siirtymiä läheisiin rakenteisiin. Leca-sora soveltuu ominaisuuksiensa puolesta meluvallin täyttömateriaaliksi sekä meluseinän taustatäytöksi.

Kevytsoralla rakenteeltaan kevennetty kivikorimelueste voidaan rakentaa pehmeälle ja heikosti kantavalle pohjamaalle ilman merkittäviä erityistoimenpiteitä. Itse pohjamaan kevennys mitoitetaan maaperän ja sallitun painumakriteerin mukaisesti.

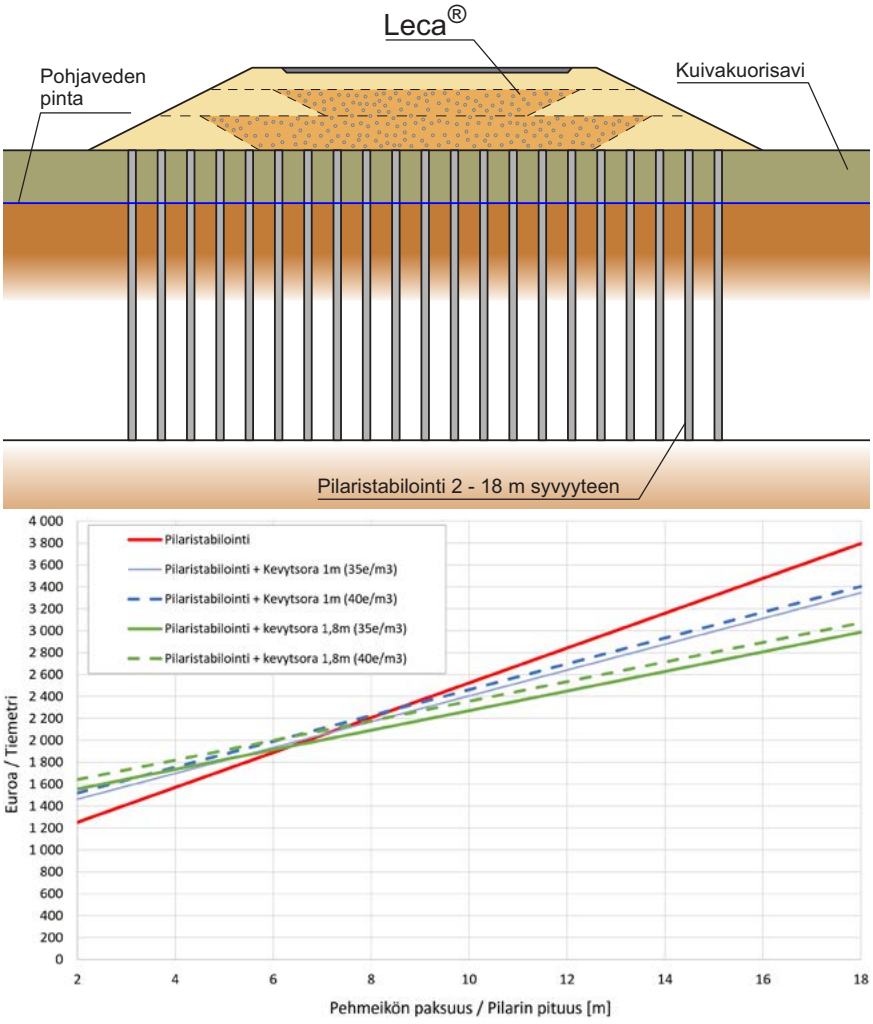
Maapohjan vakaus ja painumat meluesteen alla tulee aina tarkastaa tapauskohtaisesti pehmeillä pohjamailla (savi, siltti ym.). Maapohjan routivuus tulee myös aina huomioida suunnittelussa. Käytettäessä kevytsorakevennystä kivikorimeluesteen alapuolella, toimii se myös osana routasuojausta tai korvaa sen kokonaan. Lisätietoja: **leca.fi**.



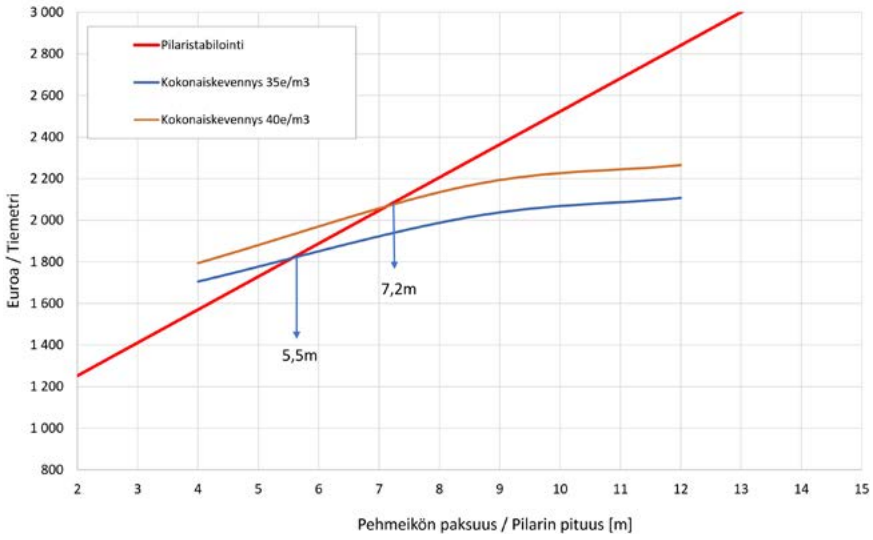
7.6 LECA®-SORAN KÄYTTÖ YHDESSÄ PILARI-STABILOINNIN KANSSA

Leca-kevytsoralla osittaisesti kevennetty ratkaisu muodostuu kustannustehokkaimmaksi ratkaisuksi paksuilla pehmeiköillä pilaripituuden määrittäessä muodostuneen kustannuseron eri menetelmien välillä. Kevennyksen ja pilaristabiloinnin yhdistelmällä voidaan korvata selvästi kalliimpia ja raskaampia paalulaattarakenteita.

Korkeiden penkereiden pilareille kohdistamaa pengerkuormaa voidaan pienentää korvaamalla raskasta kiviainesta kevyellä Leca-soralla, mikä mahdollistaa pilarivälin kasvattamisen. Leca-kevytsorakevennyksen ja pilaristabiloinnin yhdistelmärakenteet ovat teknisesti toimivia ja kustannustehokkaita vaihtoehtoja vakavuudeltaan erityisen haastavissa kohteissa, kuten vesistöjen läheisyydessä tai paksuilla pehmeikköalueilla, joissa pelkällä pilaristabiloinnilla riittävän vakavuuden saavuttaminen on teknisesti vaikeaa (tai mahdotonta) tai yhdistelmärakenne on kustannustehokkaampi. Lue tarkempi kustannusvertailu ja sen perusteet verkkosivuiltamme **leca.fi**.



Kuva 18. Pilaristabiloinnin ja yhdistelmärakenteiden kustannusten vertailu, joka on tehty kahdella Leca-kevytsoran hintaluokalla ja esitetty pehmeikön paksuuden (pilaripituuden) suhteen. Yli 6,5 m pilaripituutta suuremmilla pituuksilla osittaiskevennetyt rakenteet muodostuvat edullisemmiksi vaihtoehdoiksi.



Kuva 19. Pilaristabiloinnin ja kokonaiskevennettyjen rakenteiden kustannusten vertailu on tehty kahdella Leca-kevytsoran hintaluokalla ja se on esitetty pehmeikön paksuuden suhteen. Yli 5,5 m pilaripituutta suuremmilla pilaripituuksilla kokonaiskevennetyt vaihtoehdot muodostuvat edullisemmiksi.

8 Asennus ja rakenteiden toteuttaminen

Työselostuksen laadintaa varten katso erillinen ohje: **Leca®-sora | Infrarakentaminen, Asennus ja rakenteiden toteuttaminen**

Kevytsoraa käytetään geoteknisenä ratkaisuna erilaisissa maa- ja infrarakenteissa. Kevennysratkaisun lisäksi materiaali mahdollistaa myös routasuojauksen sekä kuivatusrakenteiden toteuttamisen yhtenäisellä ja saumattomalla rakenteella. Pieni tilavuuspaino yhdessä hyvän lujuuden, kantavuuden ja käsiteltävyyden kanssa tekevät kevytsorasta kilpailukykyisen sekä kustannustehokkaan vaihtoehdon.

Kevytsorakevennyksen rakentaminen on nopeaa, verrattuna muihin pohjanvahvistus- ja pohjarakennus-ratkaisuihin. Rakenteet valmistuvat nopeasti ja ne voidaan helposti toteuttaa perinteisellä sekä helposti maarakennuskalustolla.



9 Rakenteiden laadunvarmistus

Rakennussuunnitelmissa esitetyn ja rakenteeseen tiivistetyn kevytsoran määrän ja kerrospaksuuden tulee vastata toisiaan. Suunnitelmista ja mm. kuormakirjoista tulee tarkistaa, että työmaalle on toimitettu suunnitelmissa esitetty kevytsoran määrä ja rakenne on tehty suunnitelmien mukaisesti.

Kevytsorakerroksen korkeusasema tulee mitata tasoitetun ja tiivistetyn kevytsorakerroksen päältä. Kevytsoratoimituksen irtotilavuuteen verrattaessa voidaan arvioida kevytsorarakenteen keskimääräistä tiivistymisastetta.

Kevytsorakerroksen päälle rakennettavan päällysrakenteen paksuuden tulee olla suunnitelman mukainen. Päällysrakenne ei saa olla suunniteltua ohuempi, jolloin tavoitekantavuuden saavuttaminen on haastavaa, mutta päällysrakenne ei saa olla myöskään suunniteltua paksumpi. Suunniteltua paksumpi päällysrakenne tarkoittaa käytännössä sitä, että kevennyskerros on rakennettu suunniteltua ohuempana ja kevennys on toteutettu suunnitelman vastaisesti.

Suoraan Leca-kevytsoran päällä tehtävä levykuormitustesti

Suoraan Leca-kevytsorakerroksen päältä tehtävää staattista tai dynaamista levykuormitustestiä ei pidä tehdä, koska se ei anna käyttökelpoisia tuloksia.

Välikerroksen päältä mitattu kuormituskestävyys

Kuormituskestävyys tulisi mitata sen jälkeen, kun suunnitelman mukaisesta materiaalista (kiviaines tai esim. betonimurske) tehty tasaus-/välikerros (vähintään 300 mm) on asennettu Leca-kevytsoratäytön päälle.



Välikerroksen päällä tehtävä staattinen levykuormitustesti

Kuormituskestävyys/jäykkyys suositellaan mitattavaksi levykuormitustestillä Leca-kevytsoratäytönpäällä olevan tasaus-/välikerroksen päältä. Tulosten tulee perustua vähintään kahden testin keskiarvoon, kun testattava alue on pinta-alaltaan 1000 m². Tulee huomioida, että tässä tapauksessa tulos kuvastaa koko rakenteen, ei yksistään Leca-kevytsorakerroksen, jäykkyyttä ja kuormituskestävyyttä.

Dynaaminen levykuormitustesti

Menetelmässä käytetään periaatteessa samoja laitteita kuin staattisissa levykuormitustesteissä, mutta kuormitus tehdään sykleittäin. Menetelmää ei yleensä käytetä kuormituskestävyyden varmistamiseen, mutta sitä käytetään kehitys- ja tutkimushankkeissa. Tulee huomioida, että tässä tapauksessa tulos kuvastaa koko rakenteen, ei yksistään Leca-kevytsorakerroksen, jäykkyyttä ja kuormituskestävyyttä.

Tiivistymiskerroin

Kevytsora kokoonpuristuu rakentamisvaiheessa kuorman löyhästä tilasta rakenteen tiivistettyyn tilaan tavanomaisissa kevennysrakenteissa ≈10 %, jolloin tiivistymiskerroin on 1,1. Kokoonpuristuma tulee huomioida työmaalle tilattavan materiaalin määrässä ja ennakkokorotuksena levityksen yhteydessä.

10 Kirjallisuus

InfraRYL -infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

Liikennevirasto, 2011. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 05/2011.

Liikennevirasto, 2012. Tien geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 10/2012.

Liikennevirasto, 2017. Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu – NCCI 7. Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet (21.4.2017). Liikenneviraston ohjeita 13/2017. Helsinki 2017

MaaRYL –maanrakentamisen yhtenäiset laatuvaatimukset. Rakennussäätiö RTS, Rakennustieto Oy.

RIL 234-2007. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 207-2017 Geotekninen suunnittelu. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 263-2014. Kaivanto-ohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

SFS-EN 933-1 Kiviainesten geometristen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. Vahvistettu 13.08.2012.

SFS-EN 1097-6. Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 6: Kiintotiheyden ja vedenimukyvyn määrittäminen

SFS-EN 1997-1 + A1 + AC. Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt. Vahvistettu 2014-01-27

SFS-EN 13055:2016:en Lightweight aggregates. Vahvistettu 27.05.2016.

SFS-EN 15732:2012. Light weight fill and thermal insulation products for civil engineering applications (CEA). Expanded clay lightweight aggregate products (LWA). Vahvistettu 04.03.2013.

Tiehallinto, 2004. Tierakenteen suunnittelu. Suunnitteluvaiheen ohjaus. TIEH 2100029-04. Helsinki 2004.

TTY, 2005. Leca-soran vaikutus rakenteiden korroosion. Kirjallisuusselvitys. Tampereen teknillinen yliopisto. Pohja- ja maarakenteiden laboratorio.

VTT, 2015. Vettä läpäisevät päällysteet - Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. ISBN 978-951-38-8198-6

Liikennevirasto, 2012. Teräsputkisillat – Suunnitteluohje. Liikenneviraston ohjeita 2/2012

LIITE 1. KEVENNYSMITOITUKSEN PERIAATE

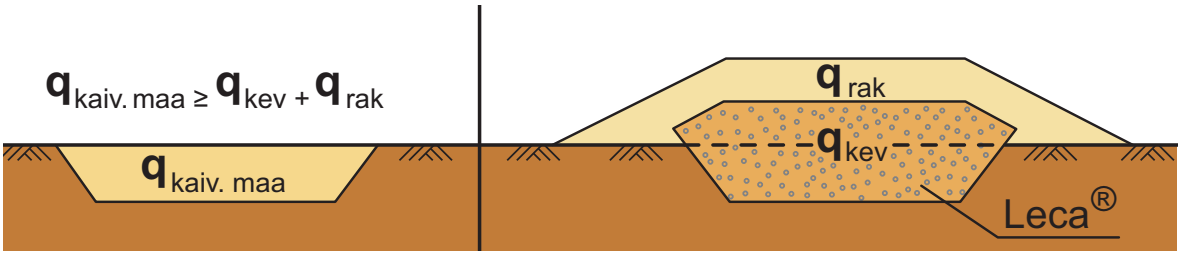
Kevennysmitoituksen tavoitteena on kompensoida rakenteen painosta pohjamaalle aiheutuva lisäkuorma kokonaisuudessaan tai siten, että kuorma jää aikaisempaa kuormaa vähäisemmäksi (osittainen kevennys). Osittaista kevennystä voidaan käyttää tapauksissa, joissa painumat ovat suurelta osin jo tapahtuneet, tapahtuvat rakentamisen jälkeen suhteellisen nopeasti tai hallitut painumat ovat hyväksyttävissä. Lisäksi korkea pohja- tai orsiveden tai ulkoisen veden pinnan taso voi myös olla syynä osittaisen kevennyksen käyttämiseen (nostemitoitus rajoittava).

Kokonaiskevennys penkereelle pohjavedenpinnan yläpuolella lasketaan poistettavan maakerroksen sekä kevytsoran ja rakennekerrosten kuormien avulla kaavalla 1.1. Mikäli osa kevytsorasta sijoitetaan pohjavedenpinnan alapuolelle, lasketaan kokonaiskevennys kaavalla 1.2 (kaavojen selitteet on esitetty kuvissa 1 ja 2).

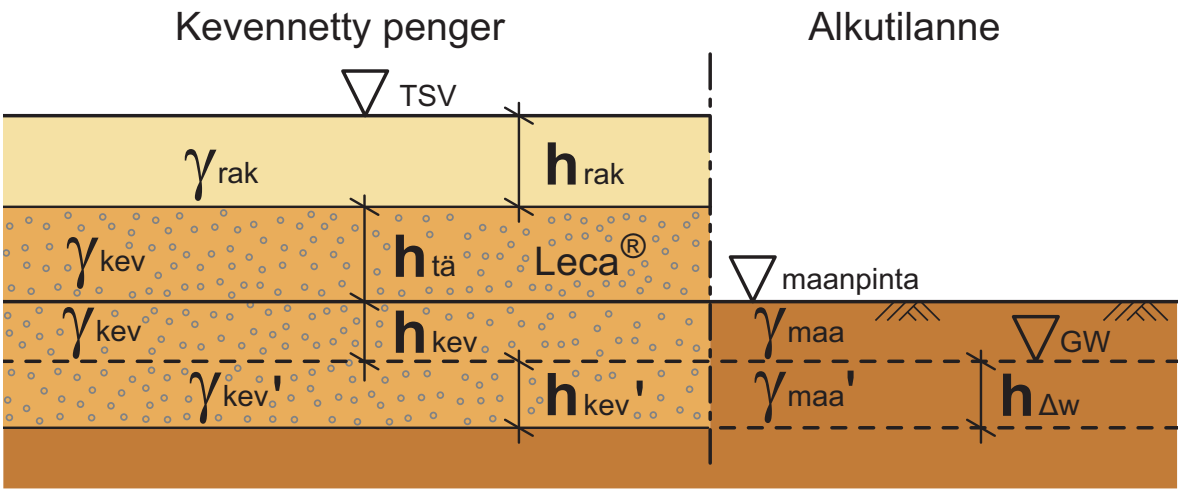
$$q_{kaiv.maa} \geq q_{rak} + q_{kev} \qquad (1.1)$$

$$q_{kaiv.maa} \geq q_{rak} + q_{kev} + q'_{kev} + q_w \qquad (1.2)$$

q_{rak} = rakennekerrosten kuorma pohjavedenpinnan yläpuolella $(\gamma_{rak} \times h_{rak})$
q_{kev} = kevennysmateriaalin kuorma pohjavedenpinnan yläpuolella $(\gamma_{kev} \times h_{kev}) + (\gamma_{kev} \times h_{tä})$
q'_{kev} = kevennysmateriaalin kuorma pohjavedenpinnan alapuolella $(\gamma_{kev}' \times h_{rak}')$
$q_{kaiv.maa}$ = kevennyksen 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.



Kuva 2. Kokonaiskevennyksen laskentakaavojen 1 ja 2 merkinnät.

LIITE 2. NOSTEMITOITUKSEN PERIAATE KEVYTSORARAKENTEELLE

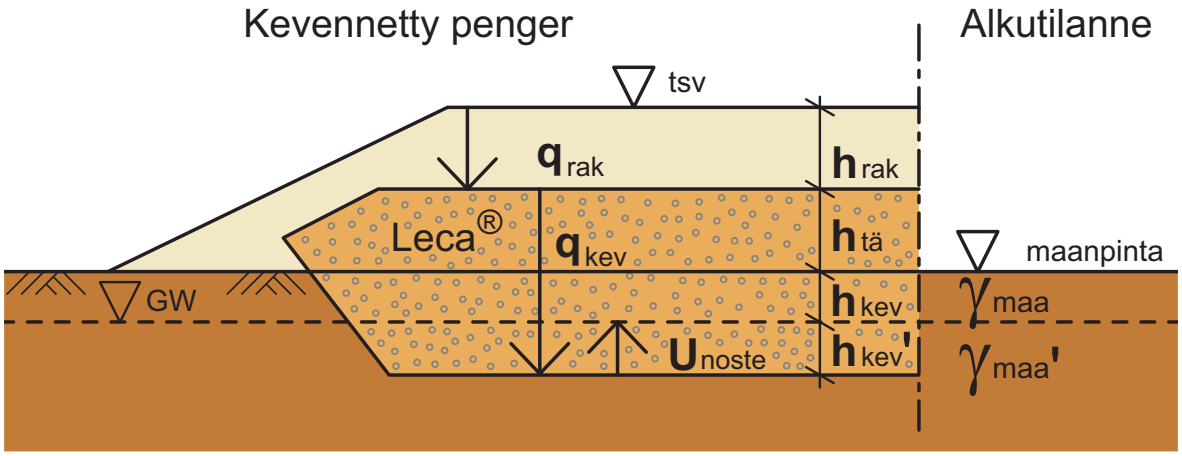
Nostemitoitus on tehtävä, mikäli vedenpinta voi nousta kevytsorakerrokseen esimerkiksi vesialueiden läheisyydessä tai tulva-alueella. Nostemitoitus tehdään ylimmän mahdollisen toteutuvan vesipinnan tasoon. Varmuus veden aiheuttamaa nostetta vastaan lasketaan kuormavoimien Q ja nostevoiman U avulla kaavoilla 2.1, 2.2 ja 2.3 (merkinnät on esitetty kuvissa 1 ja 2). Nostemitoituksessa käytetään kevytsoralle tilavuuspainoa 3 kN/m³ vesipinnan ylä- ja alapuolella.

$$F = Q / U_{noste} \qquad (2.1)$$

$$Q = q_{rak} + q_{kev} \qquad (2.2)$$

$$U_{noste} = (\gamma_w - \gamma_{kev}') \times h_{kev}' \qquad (2.3)$$

q_{rak} = rakennekerrosten aiheuttama kuorma pohjavedenpinnan yläpuolella ($\gamma_{rak} \times h_{rak}$)
q_{kev} = kevennysmateriaalin aiheuttama kuorma koko rakenteessa ($\gamma_{kev} \times h_{tä}$) + ($\gamma_{kev} \times h_{kev}$)



Kuva 1. Kevennysrakenteen nostemitoitus, merkinnät.

Laskentaesimerkki:

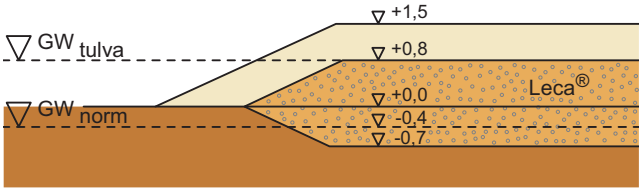
Mitoitetaan nostetta vastaan tulva-alueella sijaitseva kevytsorarakenne, jonka tasausviiva on maanpinnan tasosta tasolla +1,5 m. Tulvatilanteessa vedenpinnan korkeus voi mahdollisesti nousta 0,8 m maanpinnan yläpuolelle. Kevytsorarakenne on 1,5 m paksu ja sijaitsee osaksi normaalin pohjavedenpinnan alapuolella. Esimerkin geometria on esitetty kuvassa 2.

Normaalitilanteessa, GW_{norm} = -0,4 maanpinnasta:

$$Q = q_{rak} + q_{kev} = \gamma_{rak} \times h_{rak} + \gamma_{kev} (h_{tä} + h_{kev})$$
$$= 20\ kN/m^3 \times 0{,}7\ m + 3\ kN/m^3\ (0{,}8\ m + 0{,}4\ m)$$
$$= 14\ kN/m^2 + 3{,}6\ kN/m^2 = 17{,}6\ kN/m^2$$
$$U_{noste} = (\gamma_w - \gamma_{kev}') \times h_{kev}' = (10 - 3) \times 0{,}3\ m = 2{,}1\ kN/m^2$$
$$F = Q / U_{noste} = \frac{17{,}6\ kN/m^2}{2{,}1\ kN/m^2} = 8{,}38\ (F > 1{,}20) \Rightarrow OK$$

Tulvatilanteessa, GW_{tulva} = +0,8 maanpinnasta:

$$Q = q_{rak} + q_{kev} = \gamma_{rak} \times h_{rak} + \gamma_{kev} (h_{tä} + h_{kev})$$
$$= 20\ kN/m^3 \times 0{,}7\ m + 3\ kN/m^3\ (0\ m + 0\ m)$$
$$= 14\ kN/m^2$$
$$U_{noste} = (\gamma_w - \gamma_{kev}') \times h_{kev}' = (10 - 3) \times 1{,}5\ m = 10{,}5\ kN/m^2$$
$$F = Q / U_{noste} = \frac{14\ kN/m^2}{10{,}5\ kN/m^2} = 1{,}33\ (F > 1{,}20) \Rightarrow OK$$



Kuva 2. Nostemitoituksen laskentaesimerkin geometria.

LIITE 3. ROUTAMITOITUKSEN PERIAATE TIERAKENTEELLE

Tierakenteen routamitoituksessa ainoa ilmastosta riippuva parametri on mitoitusroudansyvyys (S). Tällä huomioidaan alueen sijainnista riippuva roudaton perustamissyvyys.

Liikenneviraston mitoitusohjeessa rakennemateriaalin eristävyys otetaan huomioon kertoimella ai, joka kuvaa rakennemateriaalin eristävyyden vastaavuutta hiekkarakenteeseen. Kevytsoralla kertoimen ai arvo on 4, kun kevytsorakerroksen syvyystaso on vähintään 0,7 m, kuivatiheys enintään 400 kg/m^3 ja kevytsorakerroksen alla on vähintään 0,15 m kuivatuskerros.

Päällysrakenne suunnitellaan siten, että laskennallinen routanousu jää sallittua routanousua pienemmäksi. Sallittu routanousu riippuu tien vaatimusluokasta. Routanousun laskennassa lähdetään liikkeelle siitä, että routimattoman hiekkarakenteen laskennallinen routanousu on 0 mm, kun rakenteen paksuus on sama kuin mitoitusroudansyvyys (S).

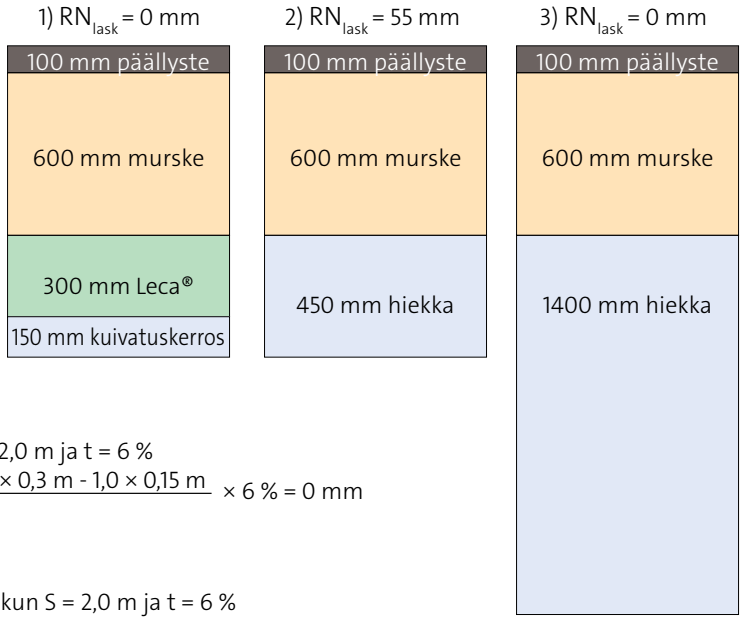
Kokonaan routimattomista materiaaleista rakennetulla tierakenteella pohjamaan laskennallinen routanousu (RN_{lask}) saadaan kaavalla 3.1 (Tiehallinto 2004).

$$RN_{lask} = (S - a_1 \times R_1 - a_2 \times R_2 - a_i \times R_i) \times t/100 \qquad (3.1)$$

RN_{lask} = pohjamaan laskennallinen routanousu (mm)
S = mitoitusroudansyvyys [m]
a_i = materiaalin eristävyyden vastaavuus hiekan eristävyyteen [-]
R_i = routimattoman kerroksen paksuus [mm]
t = alusrakenteen routaturpoama [%]

Taulukko 1. Materiaalien eristävyyden vastaavuuskertoimia (Tiehallinto 2004).

Materiaali	Vastaavuuskerroin a_i
Hiekka	1,0
Bitumilla sidotut	1,0
Sora, murske	0 , 9
Kevytsora	4,0



1) Pohjamaan routanousu kevytsorarakenteella, kun S = 2,0 m ja t = 6 %

$$RN_{lask} = \frac{2{,}0\ m - 1{,}0 \times 0{,}1\ m - 0{,}9 \times 0{,}65\ m - 4{,}0 \times 0{,}3\ m - 1{,}0 \times 0{,}15\ m}{100\ \%} \times 6\ \% = 0\ mm$$

2) Pohjamaan routanousu luonnonkiviainesrakenteella, kun S = 2,0 m ja t = 6 %

$$RN_{lask} = \frac{2{,}0\ m - 1{,}0 \times 0{,}1\ m - 0{,}9 \times 0{,}60\ m - 1{,}0 \times 0{,}45\ m}{100\ \%} \times 6\ \% = 55\ mm$$

3) Pohjamaan routanousu luonnonkiviainesrakenteella, kun S = 2,0 m ja t = 6 %

$$RN_{lask} = \frac{2{,}0\ m - 1{,}0 \times 0{,}1\ m - 0{,}9 \times 0{,}60\ m - 1{,}0 \times 1{,}4\ m}{100\ \%} \times 6\ \% = 0\ mm$$

LIITE 4. PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUKSEN PERIAATE TIE- JA KATURAKENTEELLE.

Tien ja kadun kuormitusmitoituksen suunnittelua varten on määritetty laskennallisia kantavuusvaatimuksia. Suunniteltujen rakenteiden kantavuuslaskenta voidaan suorittaa esimerkiksi Odemark kantavuusmitoitusmenetelmällä (kaava 4.1). Kantavuuslaskelman lähtötiedoksi tarvitaan tavoitekantavuus, päällystekerrosten paksuus sekä pohjamaan tai alapuolisen penkereen kantavuus.

$$E_p = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0{,}81 \times \left(\frac{h}{a}\right)^3}}\right)\frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0{,}81 \times \left(\frac{h}{a}\right)^2 E\left(\frac{E_A}{E}\right)^{2/3}}}} \qquad (4.1)$$

E_A = mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus [MPa]
E_p = mitoitettavan keroksen päältä saavutettava kanavuus [MPa]
E = mitoitettavan kerroksen materiaalin E-moduuli [MPa]
h = mitoitettavan kerroksen paksuus [m]

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty kadun päällysrakenteen kantavuuden mitoitus heikolle pohjamaalle (pohjamaaluokka F), kun kevytsoran päällä olevan rakennekerroksen paksuus on 500 mm tai 700 mm. Lisätietoja mitoitusmenetelmästä ja laskennassa käytettävistä materiaaliparametreista saa mm. Liikenneviraston ohjeista.

Kantavuusmitoitus täyttää kantavuusvaatimukset kaikille katuluokille, kun kevytsoran päälle rakennetaan InfraRYL:n mukaiset 700 mm päällysrakennekerrokset. Päällysrakennekerroksien paksuuden ollessa 500 mm, täyttää kevytsorarakenne laskennallisesti kantavuusvaatimukset katuluokissa 5 ja 6.

Taulukko 1. Kevytsorarakenteen kantavuusmitoituksessa käytetyt rakennekerrokset ja moduulit. Mitoituksessa kevytsorakerroksen yläpuolisen päällysrakenteen paksuus on 700 tai 500 mm. Jakavassa kerroksessa kerrospaksuus on esitetty 700 / 500 mm kerrokselle.

	Asfaltti (2500 MPa) [mm]	Kantava (300 MPa) [mm]	Jakava (200 MPa) [mm]	Leca-sora (50 MPa) [mm]	Pohjamaa F (10 MPa) [mm]
Katuluokka 1	220	150	330 / 130	1000	-
Katuluokka 2	190	150	360 / 160	1000	-
Katuluokka 3	160	150	390 / 190	1000	-
Katuluokka 4	90	150	460 / 260	1000	-
Katuluokka 5	90	150	460 / 260	1000	-
Katuluokka 6	40	150	510 / 310	1000	-

Taulukko 2. Kantavuusmitoituksen tulokset 700 mm ja 500 mm päällysrakenteille.

Kuormitus-luokka:	Kantavuusvaatimus [MPa]	Laskettu kantavuus [MPa]	
		500 mm	500 mm
Katuluokka 1	500	502 (Täyttää)	412 (Ei täytä)
Katuluokka 2	420	460 (Täyttää)	383 (Ei täytä)
Katuluokka 3	350	413 (Täyttää)	347 (Ei täytä)
Katuluokka 4	250	286 (Täyttää)	241 (Ei täytä)
Katuluokka 5	200	286 (Täyttää)	241 (Täyttää)
Katuluokka 6	175	212 (Täyttää)	179 (Täyttää)

LIITE 5. TUKIMUURIN MAANPAINEMITOITUKSEN PERIAATE

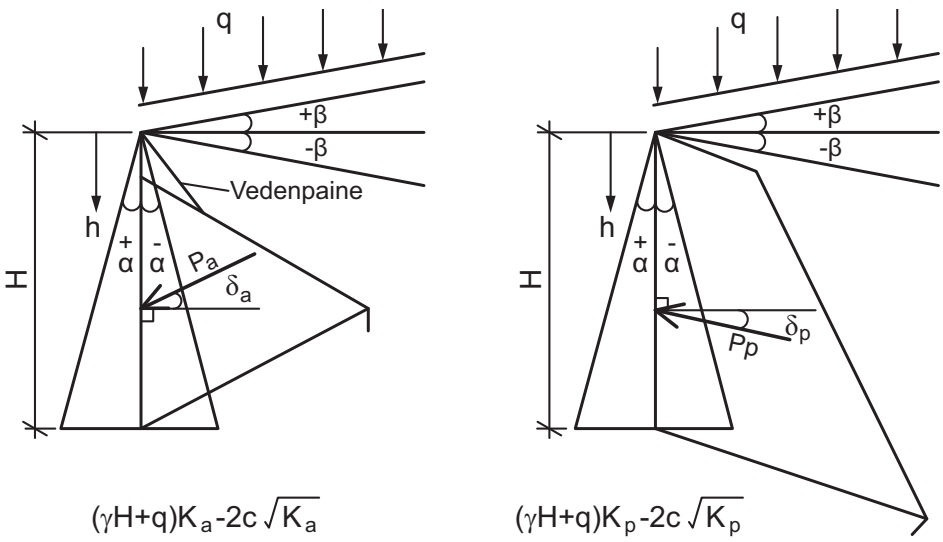
Tukimuurin maanpainemitoituksessa maanpaineen suuruus riippuu muun muassa tukimuurin taustalla olevan maan laadusta ja lujuudesta sekä tukiseinän liikkeistä. Laskentaan tarvittavat maasta riippuvat mitoitus-parametrit määritetään maakerroksittain pohjatutkimuksilla tai muulla tavoin kerroksista hankittujen tietojen perusteella.

Tukiseinän liikkeiden perusteella maanpaine jaetaan kolmeen eri tyyppiin, jotka ovat lepopaine, aktiivinen maanpaine ja passiivinen maanpaine. Kevyen kulmatukimuurin mitoituksessa tarkastellaan tukimuurin taustatäytön aiheuttamaa aktiivista maanpainetta. Aktiivinen maanpaine syntyy, kun tukirakenne pääsee liikkumaan taustatäytöstä poispäin.

Maanpainekerroin määritetään RIL 263-2014 mukaan kaavalla 5.1.

$$K_a, K_p = \frac{\cos^2(j \pm a)}{\cos^2 a \cos(\delta - a)\left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(j+\delta)\sin(j \pm b)}{\cos(\delta - a)\cos(a+b)}}\right]^2} \qquad (5.1)$$

j = maan leikkauskestävyyskulma (”kitkakulma”)
a = tukiseinän kaltevuus
b = tukiseinän taka olevan maanpinnan kaltevuus
δ = täytön puoleisen seinän leikkauskestävyyskulma (”seinäkitkakulma”)



Kuva 5.1. Maanpainekertoimen laskemiseksi tarvittavat kulmat a) aktiiviselle maanpaineelle ja b) passiiviselle maanpaineelle (RIL 263-2014)

Aktiivinen maanpaine lasketaan yhtälön 5.2 mukaan (RIL 263-2014).

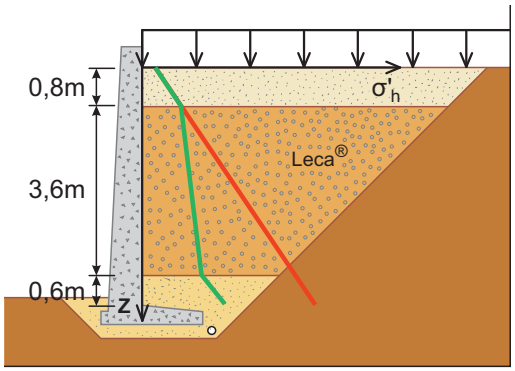
g = maan tilavuuspaino [kN/m³]
h = syvyys ko. maakerroksen pinnasta [m]
q = pintakuorma, joka muodostuu ko. maakerroksen päällä olevien maakerrosten tehokkaasta painosta ja maanpinnalla vaikuttavasta pintakuormasta [kN/m²]
K_a = aktiivinen maanpainekerroin [-]
c = maan koheesio [kPa]

q = 10 kN/m²
srHK:

γ_s = 20 kN/m³
φ_s = 37°, K_a = 0,335

Leca®:
γ_{Leca} = 4 kN/m³
φ_{Leca} = 39°, K_a = 0,315

δ = ¾ φ (betoni)
$\varphi_{F=1,5}$ = $\tan^{-1}$ (tan(φ)/1,5)



Kuva 1. Laskentaesimerkin lähtötiedot ja maanpaineen kuvaajat kevennetylle (vihr.) ja keventämättömälle (pun.) rakenteelle.

Taulukko 1. Laskentaesimerkki, maanpaineen laskentataulukko.

	Kevytsoralla kevennetty rakenne		Keventämätön rakenne	
Syvyys [m]	**$s_{vi} = \sum\gamma_i \times s_i + q$ [kN/m²]**	**sh = KA × sv [kN/m2]**	**$s_{vi} = \sum\gamma_i \times s_i + q$ [kN/m²]**	**sh = KA × sv [kN/m2]**
0	10	3,4	10	3,4
0,8 (srHk)	26	8,7	26	8,7
0,8 (Leca®)	26	8,2	–	–
4,4 (Leca®)	40,4	12,7	–	–
4,4 (srHk)	40,4	13,5	98	32,8
5,0	52,4	17,6	110	36,9

Laajempi esimerkkilaskelma on esitetty osoitteessa **leca.fi**.

Yhteystiedot

MYYNTI

Susanna Vainio, aluemyyntipäällikkö
Infra- ja viherrakentamisen Leca-soraratkaisut
PL 70 (Strömberginkuja 2), 00381 Helsinki
Puhelin 040 172 1928
susanna.vainio@leca.fi

Marko Jelonen, aluemyyntipäällikkö
Infrarakentamisen Leca-soraratkaisut
PL 70 (Strömberginkuja 2), 00381 Helsinki
Puhelin 040 1257 672
marko.jelonen@leca.fi

Mikko Pöysti, myynti- ja markkinointipäällikkö
PL 70 (Strömberginkuja 2), 00381 Helsinki
Puhelin 040 544 7588
mikko.poysti@leca.fi

Kari Rajala, laatu- ja kehityspäällikkö
PL 70 (Strömberginkuja 2), 00381 Helsinki
Puhelin 040 134 6110
kari.rajala@leca.fi

TILAUSTEN VASTAANOTTO

Leca®-sora
Puhelin 010 44 22 668
asiakaspalvelu@leca.fi

LECA®-SORATEHDAS

Helsingintie 235, 45740 Kuusankoski
Puhelin 010 44 22 668

RAKENTAJANEUVONTA

Tilaukset ja toimituksia koskevat kysymykset
Kuusankosken asiakaspalvelu
Puhelin 010 44 22 668
asiakaspalvelu@leca.fi

Leca Finland Oy
PL 70 (Strömberginkuja 2) 00381 Helsinki
Puhelin 010 44 22 668
www.leca.fi

MUISTIINPANOJA:



Leca Finland Oy
asiakaspalvelu@leca.fi
leca.fi

HEINÄKUU 2023