



**OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden  
suunnittelu- ja rakentamishoje  
tie-, katu- ja maarakenteissa**

**DESTIA**

A COLAS COMPANY

**OUTO  
KUMPU**

## Laatijat:

22.8.2019

Laura Raerinne, Destia Oy

8.4.2010

Antti Tikkakoski, Destia Oy

Vesa Kallio, Destia Oy

Teuvo Holappa, Destia Oy



## TERMIEN SELITYKSET

### OKTO®-rakennustuotteet

Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaan ferrokromikuonasta valmistetut rakennustuotteet.

### OKTO-eriste

Sulasta ferrokromikuonasta granuloimalla valmistettu kivituoite. Vakiotuotannossa oleva OKTO-eristeen fraktio on 0-11 mm.

### OKTO-murske

Ilmajähdytetystä ferrokromikuonasta murskaamalla valmistettu kivituoite. Vakiotuotannossa olevat murskeen fraktiot ovat 0-4 mm, 4/8 mm, 8/11 mm, 11/16 mm ja 16/22 mm. Tarvittaessa voidaan valmistaa 4/11 mm mursketta.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>YLEISTÄ</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OKTO®-RAKENNUSTUOTTEIDEN VALMISTUS</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAALITEKNISET OMINAISUUDET</b> .....	<b>2</b>
3.1	LAADUNVALVONTA .....	2
3.2	KEMIALLINEN KOOSTUMUS JA YMPÄRISTÖOMINAISUUDET .....	2
3.3	TEKNISET OMINAISUUDET.....	2
3.3.1	<i>Fysikaaliset ominaisuudet</i> .....	2
3.3.2	<i>Lämpötekniset ominaisuudet</i> .....	2
3.3.3	<i>Routivuus</i> .....	2
3.3.4	<i>Hydrauliset ominaisuudet</i> .....	2
3.3.5	<i>Mekaaniset ominaisuudet</i> .....	2
3.4	MITOITUSPARAMETRIT .....	2
<b>4</b>	<b>PÄÄLLYSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA MITOITUS</b> .....	<b>2</b>
4.1	SUUNNITTELUN JA MITOITUKSEN PERUSTEET .....	2
4.2	KUIVATUS .....	2
4.3	ALUSRAKENNE.....	2
4.4	PÄÄLLYSRAKENNE .....	2
4.4.1	<i>Penkereet ja täytöt</i> .....	2
4.4.2	<i>Suodatinkerros</i> .....	2
4.5	TIE- JA KATURAKENTEEN MITOITUS .....	2
4.5.1	<i>Kuormituskestävyyssmitoitus</i> .....	2
4.5.2	<i>Routamitoitus</i> .....	2
<b>5</b>	<b>RAKENTAMISEN TYÖSELITYS</b> .....	<b>2</b>
5.1	OHJEEN SOVELTAMINEN .....	2
5.2	VARASTOINTI, KÄSITTELY JA KULJETUS .....	2
5.3	KUIVATUS JA ALUSRAKENNE .....	2
5.4	PÄÄLLYSRAKENNE .....	2
5.4.1	<i>Penkereet ja täytöt</i> .....	2
5.4.2	<i>Suodatinkerros</i> .....	2
5.4.3	<i>Kantava ja jakava kerros</i> .....	2
5.4.4	<i>Päällyste</i> .....	2
5.5	TALONRAKENTAMINEN .....	2
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>2</b>
<b>7</b>	<b>LÄHTEET JA KIRJALLISUUS</b> .....	<b>2</b>
<b>8</b>	<b>LIITTEET</b> .....	<b>4</b>

# 1 YLEISTÄ

Suomessa otettiin vuonna 2016 arviolta noin 70 miljoona tonnia neitseellisiä kiviaineksia, josta soraa ja hiekkaa oli noin 30 miljoonaa tonnia ja kalliomursketta noin 40 miljoonaa tonnia [1]. Kiviainesten tuotannolla voi olla haitallisia ympäristövaikutuksia, esimerkiksi pohjavesialueilla tapahtuvaan maaainesten ottoon voi liittyä pohjaveden pilaantumiseriski. Maa- ja kiviaineksia voidaan korvata käyttökohteesta riippuen erilaisilla uusiomateriaaleilla.

Outokumpu Chrome Oy:n Tornion ferrokromitehtaalla tuotetaan vuosittain noin 700 000 tonnia tie-, katu- ja maarakentamiseen soveltuvia OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteita. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteita on valmistettu ja käytetty sekä pienissä että suurissa käyttökohteissa vuodesta 1969 alkaen. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden hyötykäyttötapoja on tutkittu sekä laboratoriotutkimusten että koerakentamisen avulla koko niiden käyttöhistorian ajan. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden laboratoriotutkimuksista ja koerakenteista saatujen tulosten perusteella tuotteet soveltuvat erinomaisesti erilaisiin maarakennustarkoituksiin. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteille tehdään jatkuvaa liiketoimintaa tukevaa tutkimus- ja kehitystyötä kehittämällä laadunvalvontaa ja toimintajärjestelmää.

OKTO-eriste valmistetaan rakeistamalla ja vesijähdyttämällä sulaa ferrokromikuonaa. Rakeisuuden perusteella arvioituna tuote vastaa hiekkaa. Luonnonhiekasta poiketen materiaali on särmikästä, lasimaista, huokoista ja luonnonkiviaineksia kevyempää. Särmikyyden ansiosta sillä on suuri leikkauskestävyyskulma (kitkakulma). OKTO-eristeellä on luonnonmateriaaleja parempi lämmöneristyskyky, minkä ansiosta routamitoitetuista OKTO-eristerakenteista tulee vastaavia luonnonmateriaaleista rakennettuja maarakenteita huomattavasti ohuempia.

OKTO-murskeet valmistetaan ilmajähdytyksestä ferrokromikuonasta murskaamalla.

Murske on lujaa ja kestää hyvin kulutusta. OKTO-murskeen lujuudesta johtuen tuotteen paras käyttökohte on suurta kulutuskestävyyttä vaativa päällyste.

Lainsäädännössä osa teollisuuden sivutuotteista luokitellaan jätteeksi, joten niiden käyttö maarakentamisessa edellyttää joko ympäristölupaa tai VNA 843/2017 (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) mukaista ilmoitusmenettelyä. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteet kuitenkin luokitellaan sekä korkeimman hallinto-oikeuden päätöksellä (KHO 3502/2005) että EU:n jätelainsäädännön mukaan teollisuuden sivutuotteiksi, joiden käyttöön ei tarvita ympäristölupaa eikä edellä mainittua ilmoitusmenettelyä. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteet kuuluvat tuotevastuulain piiriin ja niitä voidaan käyttää kuten luonnonkiviaineksia tuottajan vastatesa tuotteiden ympäristökelpoisuudesta.

OKTO-eristeellä on CE-merkintä perustuen standardiin EN 13242 ja OKTO-murskeilla CE-merkinnät perustuen standardiin SFS-EN 13043. Tuotteiden laadunvalvonta perustuu EN-standardien vaatimuksiin.

OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden tuotteistusprosessissa on noudatettu Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa -ohjeen suosittelemaa prosessia [2]. Vuonna 2019 on valmistelussa uusi ohje koskien uusiomateriaalien käyttöä väylärakentamisessa [3].

Väylävirasto on yksi suurimmista kiviainesten käyttäjistä ja pyrkii ohjeistuksellaan lisäämään uusiomateriaalien käyttöä tilaamisissa töissä. Ohjeistuksissa on mm. asetettu käytettävälle materiaaleille käyttövaatimuksia ja arvioitu materiaalien käytöstä aiheutuvia ympäristöriskejä. Lisäksi Infrarakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa (InfraRYL) on esitetty rakenteiden materiaaleja ja rakentamista koskevia laatuvaatimuksia myös uusiomateriaalien osalta [4] [5].

Tätä ohjetta voidaan käyttää apuna Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaan

OKTO®-rakennustuotteista tehtävien rakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa. OKTO®-rakennustuotteiden potentiaalisia käyttökohteita ovat tie-, katu- ja piha- ja kenttärakenteiden rakennekerrokset, perustusten ja alapohjan alustäytöt, perusmuurin vierustäytöt sekä putki-, johto- ja salaojakaivantojen

täytöt. Lisäksi OKTO®-rakennustuotteita voidaan käyttää mm. meluvalleissa ja kaatopaikkarakentamisessa. Tässä ohjeessa on esitetty Väyläviraston ohjeistuksen mukaiset maarakenteiden suunnitteluparametrit.

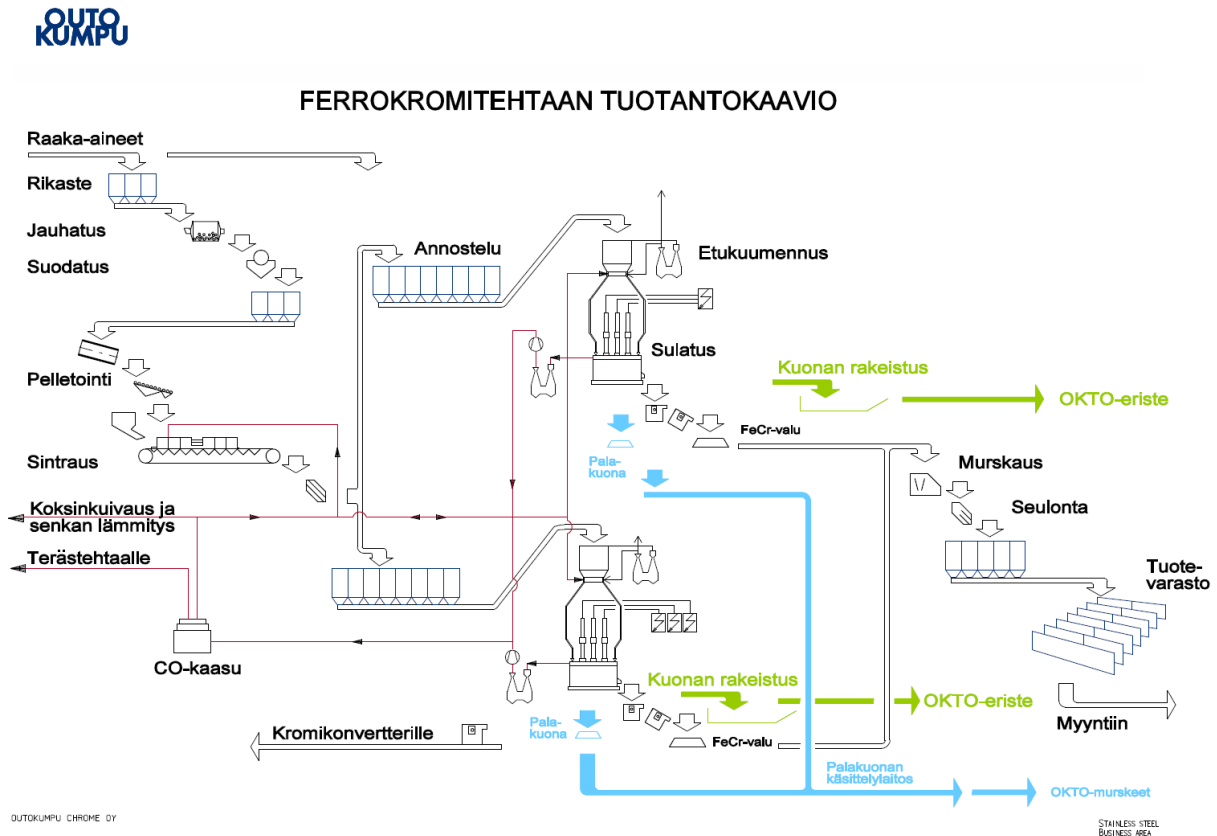


## 2 OKTO<sup>®</sup>-RAKENNUSTUOTTEIDEN VALMISTUS

Ferrokromi on tärkeä ruostumattoman teräksen raaka-aine. Outokumpu Chrome Oy:n Tornion tehtailla valmistetaan korkeahiilistä ferrokromia noin 530 000 t/v. Tuotannon raaka-aine on Kemin kaivoksesta saatava luonnon kromiitti, josta valmistettuja rikasteita pelkistetään koksilla metalliseksi ferrokromiksi uppokaariuniprosessissa. Tässä prosessissa syntyy ferrokromikuonaa noin 700 000 t/v. Ferrokromikuona syntyy rikasteiden pelkistymättä jääneestä kromiitista ja oksideista sekä prosessiin lisätystä kuonanmuodostajis-

ta, kuten kvartsiitista. Suurin osa ferrokromikuonasta prosessoidaan OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiksi. Ferrokromin valmistusprosessi edustaa ympäristön kannalta parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa (BAT).

OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteet valmistetaan tarkalla panosmateriaalien valinnalla, panoksen ohjauksella ja analysoinnilla. Näin ferrokromikuonalle saadaan tietty kemiallinen koostumus sekä halutut tekniset ja kemialliset ominaisuudet. Kuvassa 1 on esitetty OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden valmistusprosessit.



Kuva 1. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden valmistusprosessit.

**OKTO-eriste** valmistetaan granuloimalla eli rakeistamalla. Rakeistuksessa sula ferrokro-

mikuona juoksetetaan sulatusuunista valuatoiden kautta paineelliseen vesisuihkuun,

joka rakeistaa sulan kuonan raekooltaan 0/11 mm tuotteeksi. Rakeistamisprosessin takia OKTO-eriste on käytännössä pesuseulottu tuote ja sen hienoisuus on todella vähäinen. Jäähdytysaltaasta granuloitu tuote siirretään koneellisesti valutuskaualle ja toimitetaan välivaraston kautta asiakkaille. OKTO-eristeen käyttökohteita ovat tierakenteen suodatinkerrokset ja erilaiset routaeristyskohteet sekä salaojat.



**OKTO-murskeet** valmistetaan ilmajäähdytystä kuonasta erillisessä prosessissa. Ilma-

jäähdytetty materiaali murskataan ja jaetaan pesuseulonnassa ensin fraktioihin 0/4 ja 4/22 mm (karkea jako). Karkeasta fraktiosta otetaan talteen metalli väliaine-erotuksella. Hienommasta fraktiosta metalli erotetaan magneettierottimella ja spiraaleilla. Vakiotuotannossa olevat OKTO-murskeen tuotefraktiot ovat 0/4 mm, 4/8 mm, 8/11 mm, 11/16 mm ja 16/22 mm. OKTO-murskeet pesuseulotaan tuotantoprosessissa, joten niiden hienoisuus on erittäin pieni. OKTO-murskeita käytetään pääasiassa asfalttipäällysteiden raaka-aineena.



### 3 MATERIAALITEKNISET OMINAISUUDET

Seuraavissa kappaleissa on esitetty OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden laadunvalvontaan liittyviä seikkoja sekä OKTO-eristeen ja OKTO-murskeiden materiaalitekniset ominaisuudet. Painopiste on Väyläviraston ohjeistuksen mukaisten maa- ja tienrakenteiden suunnitteluparametrien esittelyssä. OKTO-murskeiden osalta materiaaliominaisuuksien määrittämisessä on keskitytty päällystekiviaineksilta vaadittuihin ominaisuuksiin. Tehtyjen tutkimusten testausselostet ovat saatavilla tuotteiden toimittajalta. Liitteissä 1-3 on esitetty OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteista tehtyjen koerakenteiden mittaustuloksia.

#### 3.1 Laadunvalvonta

Valmistettavien OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden laatua valvotaan tehtaan sisäisen laatu-järjestelmän mukaisesti. Laatu-järjestelmässä on kuvattu muun muassa OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden valmistus, laadunvalvonta, laatuvaatimukset ja korjaavat toimenpiteet poikkeavassa tilanteessa. Laatu-järjestelmässä on myös työohjeet kiviainestestien suorittamisesta.

OKTO-eristeellä on standardin SFS-EN 13242 (Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset) mukainen CE-merkintä ja OKTO-murskeella on standardin SFS-EN 13043 (Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin) mukainen CE-merkintä [7] [8]. Lisäksi OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteet ovat standardin SFS 5904 (Terästeollisuuden kuonatuotteet maa- ja tierakennuskäyttöön – sitomattomat seokset) mukaisia [9]. Tuotteiden CE-merkinnät ja suoritustasoilmoitukset (DoP) löytyvät tuotteiden toimittajan www-sivuilta.

OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden laadunvalvonta suoritetaan CE-tuotestandardien vaatimusten mukaisesti. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden laadunvalvonta-analyysit tehdään tehtaan omassa laboratorioissa. Tarvittaessa käytetään PANK-hyväksyttyä ulkoista laboratoriota. Tehtävien laadunvalvontatestien tutkimustiheydet on esitetty taulukossa 1.

Liukoisuuden laadunvalvontatestinä käytetään standardin SFS-EN 12457-2 mukaista ravistelutestiä (L/S10) [10]. Analysoitavat komponentit ovat Cr, Cr<sup>6+</sup>, Mo ja F.

Taulukko 1. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteista määritettävät ominaisuudet ja tutkimusten vähimmäistiheydet.

Ominaisuus	Vähimmäistestaustiheys		Standardi
	OKTO-eriste	OKTO-murske	
Kiintotiheys ja vedenimeytyminen		1/2 vuotta	SFS-EN 1097-6 [11]
Rakeiden muoto (litteysluku)		1/kuukausi	SFS-EN 933-3 [12]
Rakeisuus	1/viikko	1/viikko	SFS-EN 933-1 [13]
Nastarengaskestävyys (kuulamyllymenetelmä)		1/kuukausi	SFS-EN 1097-9 [14]
Iskunkestävyys (Los Angeles-luku)		1/vuosi	SFS-EN 1097-2 [15]
Jäädytys-sulatuskestävyys		Tarvittaessa	SFS-EN 1367-6 [16]
Tartunta bitumisiin sideaineisiin		1/vuosi	SFS-EN 12697-11 [17]



### 3.2 Kemiallinen koostumus ja ympäristöominaisuudet

OKTO-eristeen pääkomponentit ovat  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  ja  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Sulamispiste on noin  $1700\text{ }^\circ\text{C}$ . OKTO-eristeen tyypillinen mineraalikoostumus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. OKTO-eristeen tyypillinen koostumus.

Mineraali	Prosentiosuus
$\text{SiO}_2$	30 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26 %
$\text{MgO}$	23 %
$\text{Cr}_{\text{TOT}}$	8 % <sup>1)</sup>
$\text{Fe}_{\text{TOT}}$	4 % <sup>2)</sup>
$\text{CaO}$	2 %

<sup>1)</sup> n. 6,5 % oksidisena ja n. 1,5 % metallisena  
<sup>2)</sup> n. 2 % oksidisena ja n. 2 % metallisena

OKTO-eristeen faaseja ovat amorfina lasi, kiteinen Fe-Mg-Cr-Al –spinelli ja metallipirote. Metallipisarot ovat sulkeumina kiteisessä spinellifaasissa, jota ympäröi käytännössä amorfina lasifaasi. Tuotteen kemiallinen rakenne takaa pienen metallien liukenevuuden. OKTO-eristerae on tiivis ja osin kiteinen ja tuotteena OKTO-eriste on homogeeninen ja stabiili.

OKTO-murskeen pääfaasit paljousjärjestyksessä ovat lasi, spinellit, forsteriitti, Mg-Al-silikaatti ja metallipirote. OKTO-murske on osittain kiteistä ja osittain lasista, kovaa kiviainesta, jossa pölyävän hienoaineksen osuus on pieni. Mineralogiselta koostumukseltaan OKTO-murske on suhteellisen homogeenista.

Vaikka OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteita ei luokitella jätteiksi, voidaan niiden liukoisuusominaisuuksia vertailla jätteille asetettuihin vaatimuksiin. OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden liukoisuudet ovat pieniä ja täyttävät EU:n pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset. Lisäksi liukoisuudet alittavat Valtioneuvoston eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa -asetuksessa (MARA-asetuksessa) asetetut raja-arvot maarakentamisessa hyödynnettäville jätteille [6]. Kohdassa 3.1 on esitetty liukoisuustesteistä analysoitavat komponentit.

### 3.3 Tekniset ominaisuudet

#### 3.3.1 Fysikaaliset ominaisuudet

##### 3.3.1.1 Rakeisuus ja muoto

OKTO<sup>®</sup>-rakennustuotteiden prosessoinnilla saadaan aikaan jalostettu, tasalaatuinen tuote. Tuotteet vastaavat rakeisuusominaisuuksiltaan luonnonkiviaineksia ja täten niitä voidaan käyttää vastaavissa rakenteissa korvaamaan hiekkaa, soraa ja murskettä. Kuvassa 2 on OKTO-eristettä ja kuvissa 3-4 OKTO-murskettä.



Kuva 2. OKTO-eriste 0/11 mm.



Kuva 3. OKTO-murske 4/8 mm.

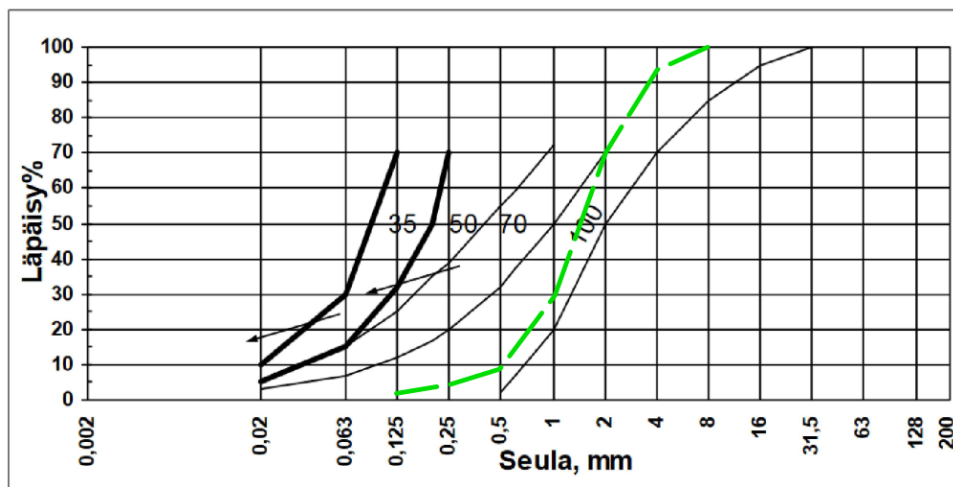


Kuva 4. OKTO-murske 16/22 mm.

OKTO-murskeen valmistusprosessissa tuotteet seulotaan eri fraktioihin. OKTO-murskeen tuotantoprosessissa voidaan valmistaa kaikkien CE-rakeisuusluokkien mukaisia tuotteita. Normaalit tuotteet ovat rakeisuudeltaan 0/4 mm, 4/8 mm, 8/11 mm, 11/16 mm ja 16/22 mm.

OKTO-eristeen tyyppirakeisuus on 0/11 mm. Rakeisuudeltaan tuote soveltuu suodatinkerroksen hiekaksi sekä erilaisiin muihin täyttöihin hiekkaa korvaamaan. Kuvassa 5 on

esitetty OKTO-eristeen tyypillinen rakeisuus yhdessä suodatinkerroksen hiekan E-moduulin määrävien rakeisuusohjekäyrien kanssa. Heikoin alue, jolla hiekan rakeisuuskäyrä käy, määrää sen tie- ja katurakenteiden kuormituskestävyyksimitoituksessa käytettävän E-moduulin. OKTO-eristeen kuormituskestävyyksimitoituksessa käytettävässä E-moduulista kerrotaan lisää kappaleessa 3.3.4.1.



Kuva 5. OKTO-eristeen rakeisuuskäyrä sijoittuu suodatinkerroksen rakeisuusohjealueeseen. [18]

### 3.3.1.2 Tilavuuspaino ja vesipitoisuus

OKTO-eristeen kiintotiheys vaihtelee välillä 2,90...3,15 t/m<sup>3</sup> ja OKTO-murskeen välillä 3,00...3,25 t/m<sup>3</sup>. Parannetulla Proctor-kokeella määritetty OKTO-eristeen maksimikuivatilavuuspaino vaihtelee välillä 17,9...18,4 kN/m<sup>3</sup> ja optimivesipitoisuus välillä 7,0...10,5 %. OKTO-murskeelle ei ole

määritetty maksimikuivatilavuuspainoa ja optimivesipitoisuutta, koska sen pääasiallinen käyttökohde on päällystekiviaines. Taulukossa 3 on esitetty OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen fysikaalisia ominaisuuksia ja standardit, joilla ne on määritetty.

Taulukko 3. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen fysikaalisia ominaisuuksia.

Ominaisuus	OKTO-eriste	OKTO-murske	Standardi
Kiintotiheys, [Mg/m <sup>3</sup> ]	2,90...3,15	3,00...3,25	SFS-EN 1097-6 [11]
Kuivairtiheys, [Mg/m <sup>3</sup> ]	1,10...1,35	1,40...1,68	SFS-EN 1097-3 [19]
Maksimikuivatilavuuspaino, [kN/m <sup>3</sup> ]	17,9...18,4		SFS-EN 13286-2 [20]
Optimivesipitoisuus, [%]	7,0...10,5		SFS-EN 13286-2 [20]
Rtr-paino [t/m <sup>3</sup> rtr]	1,65...1,80		--

### 3.3.1.3 Tiivistettävyyys

OKTO-eriste ja OKTO-murske ovat karkearakeisia, hyvin vettä läpäiseviä materiaaleja, joten ne ovat tiivistettävissä luonnon kiviainesten tapaan. Tiivistettäessä ylimääräinen vesi pääsee poistumaan helposti tiivistettävästä kerroksesta ja koska tuotteet ovat pölyämättömiä, ei kastelua tiivistystyön aikana yleensä tarvita. Tiivistäminen on suositeltavaa tehdä 200...300 mm:n kerroksissa.

Kerralla tiivistettävän kerroksen maksimipaksuus on 500 mm. Taulukossa 4 on esitetty OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen ohjeelliset tiivistysmäärät tiivistyslaitteesta riippuen.

OKTO-eriste ja OKTO-murske eivät hienone merkittävästi tiivistämisen yhteydessä. Liikennöinti OKTO-eriste- ja OKTO-murskekerroksen päällä esim. kuorma-autolla on mahdollista tiivistämisen jälkeen.

Taulukko 4. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen ohjeelliset tiivistysmäärät.

Tiivistyslaite	Ylityskertojen määrä	
	OKTO-eriste	OKTO-murske
Tärylevy 150 kg	4	3
Tärylevy 455 kg	2...3	2
Täryjyvä 5...8 tn	3...4	3
Täryjyvä > 8 tn	2...3	2
Kumipyöräjyvä < 15 tn	5...7	4
Kumipyöräjyvä > 15 tn	5...6	4

### 3.3.2 Lämpötekniset ominaisuudet

OKTO-eriste on huokoinen materiaali, jonka takia sillä on hyvä lämmöneristyskyky. Laboratoriossa tehdyissä lämmönjohtavuuskokeissa optimikosteudessa olevan OKTO-eristeen lämmönjohtavuus vaihteli sulassa tilassa välillä 0,55...0,56 W/Km ja jäätyneessä tilassa välillä 0,66...0,69 W/Km.

Kyllästyneessä tilassa olevan OKTO-eristeen sulan tilan lämmönjohtavuus vaihteli välillä 0,91...0,95 W/Km ja jäätyneen tilan lämmönjohtavuus välillä 1,88...1,89 W/Km

(taulukko 5). OKTO-eristeen lämmönjohtavuuskokeet tehtiin standardin ASTM D5334-92 mukaan (nyk. standardi ASTM D5334-14) [21]. OKTO-eristeen lämpöteknisiä ominaisuuksia on seurattu myös koerakenteisiin asennettujen lämmönjohtavuussondien avulla, joista saadut tulokset ovat yhteneviä laboratorikokeiden tulosten kanssa (liite 1).

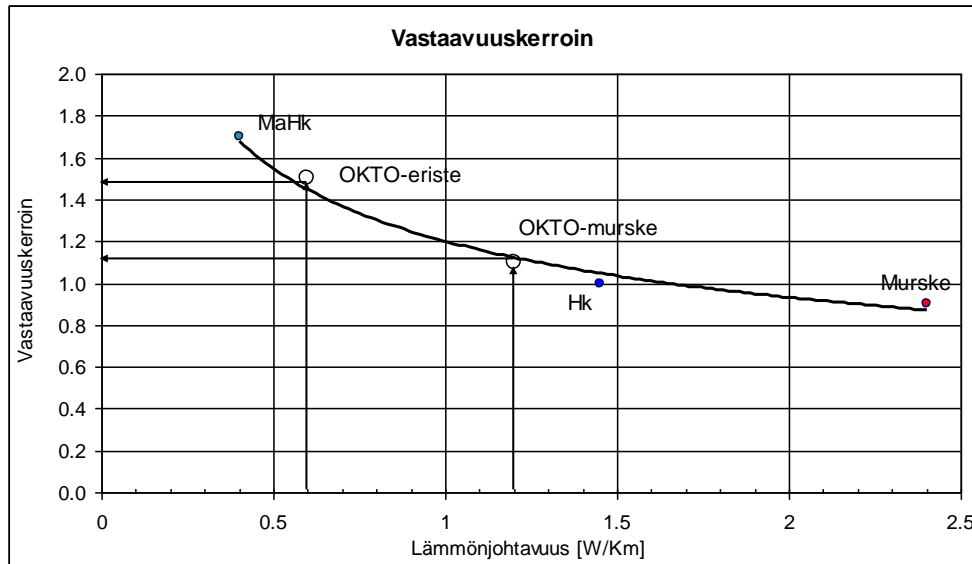
Aikaisemmissa tutkimuksissa OKTO-murskeelle optimikosteudessa määritetty sulan tilan lämmönjohtavuus on n. 1,2 W/Km.

Taulukko 5. OKTO-eristeen sulan ja jäätyneen tilan lämmönjohtavuus optimikosteudessa ja kyllästyneessä tilassa (2 rinnakkaisen koesarjan keskiarvo).

Mittauslämpötila [°C]	Vesipitoisuus [%]	Tilavuuspaino [kN/m <sup>3</sup> ]	Kuivatilavuuspaino [kN/m <sup>3</sup> ]	Lämmönjohtavuus [W/Km]
+18	9,0	17,38	15,94	0,55...0,56
-13	9,0	17,38	15,94	0,66...0,69
+18	kyllästetty	17,38	15,94	0,91...0,95
-13	kyllästetty	17,38	15,94	1,88...1,89

Väyläviraston Tierakenteen suunnitteluohjeen mukainen routamitoitus perustuu laskennalliseen routanousuun, jossa materiaalin lämpöteknisiä ominaisuuksia kuvataan vastaavuuskertoimella eristävyden kannalta ja routivuutta routaturpoamalla. Hiekan vastaavuuskerroin eristävyden kannalta on 1 ja

muita materiaaleja verrataan hiekkaan. [18] OKTO-eristeen vastaavuuskerroin on 1,5 ja OKTO-murskeen 1,0. Kuvassa 6 on esitetty perustelu esitetyille vastaavuuskertoimille. Routamitoituksessa käytettävä vastaavuuskerroin on määritetty materiaalien käyttötilassa mitattujen lämmönjohtavuuksien avulla.



Kuva 6. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen vastaavuuskertoimet.

### 3.3.3 Routivuus

Laboratoriossa tehtyjen routanousukokeiden sekä rakeisuuden ja kapillaarisuuden perusteella OKTO-eriste ja OKTO-murske ovat routimattomia materiaaleja. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen routimiskerroin (segregaatiopotentiaali) on  $0 \text{ mm}^2/\text{Kh}$  ja routaturpoama on 0 %.

### 3.3.4 Hydrauliset ominaisuudet

OKTO-eristeen kapillaarinen nousukorkeus on alle 30 cm ja OKTO-murskeen alle 5 cm, joten materiaaleissa ei tapahdu merkittävää veden kapillaarista nousua. Kapillaarisen nousukorkeuden perusteella OKTO-eriste ja OKTO-murske ovat routimattomia materiaaleja. Routimattomalla materiaalilla kapillaarinen nousukorkeus on alle 1 m.

OKTO-eristeellä veden imukorkeus vaihtelee välillä 225...300 mm ja OKTO-

murskeella lajitteesta riippuen välillä 125...245 mm. Materiaalit soveltuvat hyvin myös kapillaarikatkoksi rakennusten alle.

OKTO-eristeen ominaispinta-ala vaihtelee välillä  $0,9...1,1 \text{ m}^2/\text{g}$  ja OKTO-murskeen  $1,4...2,2 \text{ m}^2/\text{g}$ . Veden adsorptio vaihtelee OKTO-eristeellä  $1,6...2,8 \%$  ja OKTO-murskeella välillä  $1,1...1,6 \%$ . Veden adsorptiokyky vaihtelee OKTO-eristeellä välillä  $14,0...31,0 \text{ mg}/\text{m}^2$  ja OKTO-murskeella välillä  $5,0...7,8 \text{ mg}/\text{m}^2$ .

OKTO-murskeen jäädytys-sulatuskestävyys on hyvä (luokka  $F_1$ ). Jäädytys-sulatus testi ei sovellu erittäin huokoisille keinokiviaineksille, jonka vuoksi OKTO-eristeelle ei määritetty arvoa. Kun materiaalin vedenimeytyminen on alle 2 %, voidaan kiviaineksen olettaa olevan jäädytys-sulatusrasitusta kestävä [7].

Taulukko 6. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen hydraulisia ominaisuuksia.

Ominaisuus	OKTO-eriste	OKTO-murske	Standardi / menetelmä
Vedenimeytyminen [%]	0,2...1,0	0,2...1,0 <sup>1)</sup>	SFS-EN 1097-6 [11]
Veden adsorptioluku [%]	1,6...2,8	1,1...1,6 <sup>1)</sup>	PANK 2108 [22]
Ominaispinta-ala [m <sup>2</sup> /g]	0,9...1,1	1,4...2,2 <sup>1)</sup>	PANK 2401 [23]
Veden adsorptiokyky [mg/m <sup>2</sup> ]	14,0...31,0	5,0...7,8 <sup>1)</sup>	PANK 2108 [22]
Kapillaarisuus [m]	0,15...0,30	≤ 0,05	Sahi- ja Bescow-kapillaarimetrit [24]
Veden imukorkeus [mm]	225...300	125...245 <sup>1)</sup>	SFS-EN 1097-10 [25]
Vedenläpäisevyys [m/s]	10 <sup>-3</sup> ...10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-0,5</sup> ...10 <sup>-4</sup> <sup>1)</sup>	SFS-EN 17892-11 [26]
Jäädytys-sulatuskestävyys [%]		0,2	SFS-EN 1367-6 [16]

<sup>1)</sup> Riippuu OKTO-murskeen lajitteesta

### 3.3.5 Mekaaniset ominaisuudet

#### 3.3.5.1 Tie- ja katurakenteen kuormituskestävyyssmitoituksessa käytettävä E-moduuli

Tie- ja katurakenteiden kuormituskestävyyssmitoituksessa käytetään Odemarkin laskentakaavaa, jossa käytetään tie- ja katurakennemateriaaleille niiden palautuvaa muodonmuutoskäyttäytymistä kuvaavaa E-moduulia. Väyläviraston Tierakenteen suunnittelu -ohjeessa esitetään tierakennemateriaaleille käytettävät E-moduulit, jotka esimerkiksi suodatinhiekalla määräytyvät hiekan rakeisuuskäyrän perusteella. Kuvassa 5 OKTO-eristeen tyypillinen rakeisuuskäyrä on esitetty yhdessä suodatinhiekan E-moduulin määrävien rakeisuusohjealueiden kanssa. Kuten kuvasta nähdään, OKTO-eristeen tyypillinen rakeisuuskäyrä sijoittuu sille rakeisuusohjealueelle, joka antaa suodatinhiekalle E-moduuliksi 100 MPa.

OKTO-eristeelle Odemarkin laskentakaavassa käytettävää E-moduulia on tutkittu myös koerakenteiden avulla. Ouluun Maukuntielle vuonna 2006 rakennetuista koerakenteista tehtyjen kantavuusmittausten tulos-

ten avulla tehtyjen takaisinlaskentojen perusteella OKTO-eristeen kimmomodulaariksi on saatu 100 MN/m<sup>2</sup> (liite 1). OKTO-eristeen E-moduulia on tutkittu myös Tornioon kesällä 2018 rakennettujen koerakenteiden avulla (liite 2). Koerakenneosuuksien tiivistetyn kantavan kerroksen päältä tehtyjen levykuormituskokeiden tuloksia verrattiin Odemarkin laskentakaavalla kantavan kerroksen päältä laskettuihin kantavuusarvoihin. Tutkimustulosten mukaan parhaiten tiivistyneistä koerakenteista tehdyt mittaustulokset tukevat vahvasti sitä, että hyvin tiivistetylle OKTO-eristeelle voidaan Odemarkin laskentakaavaa käytettäessä suositella käytettäväksi E-moduulina 100 MPa. [27]

OKTO-murskeelle käytetään jakavassa ja kantavassa kerroksessa rakeisuudesta riippuvia mitoitusmoduuleja luonnonmurskeiden tapaan, mutta prosessiteknisistä syistä OKTO-mursketta ei yleensä käytetä näissä rakennekerroksissa.

### 3.3.5.2 Jäykkyysmoduuli

Karkearakeisen materiaalin palautuvaan muodonmuutuskäyttäytymiseen vaikuttavat monet sellaiset tekijät, jotka eivät normaalisti vaikuta muiden materiaalien kimmoisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi karkearakeisten materiaalien kimmoiset ominaisuudet muuttuvat materiaaliin vaikuttavan jännitystason muuttuessa. Tämän vuoksi karkearakeisten materiaalien palautuvaa muodonmuutuskäyttäytymistä voidaan kuvata jäykkyysmoduulilla  $M_r$ . Sitomattomille, karkearakeisille kiviaineksille jäykkyysmoduulin arvo määritetään sykliställä kolmiaksaalikokeella standardin SFS-EN 13286-7 mukaisesti [28].

Tornion Kromitien koerakenteissa käytetyille OKTO-eristeelle ja laboratoriotutkimuksia varten hankitulle vertailuhiekalle tehtiin vuoden 2018 lopussa ja vuoden 2019 alussa syklisiä ja staattisia kolmiaksaalikokeita materiaalien muodonmuutuskäyttäytymisen vertailemiseksi. OKTO-eristeen palautuvaa muodonmuutuskäyttäytymistä verrattiin rakeisuuskäyrän perusteella E-moduuliltaan 100 MPa:n vertailuhiekkaan. [27]

Suodatinkerroksen materiaaliin kohdistuvien pääjännitysten summa on tyypillisesti 50 kPa ja tällä jännitystasolla OKTO-eristeestä tehtyjen koekappaleiden jäykkyysmoduulit olivat tyypillisissä tie- tai katurakenteessa vallitsevissa olosuhteissa 100 MPa:n luokkaa. Lisäksi vertailukelpoisissa olosuhteissa OKTO-eristeen palautuvaa muodonmuutuskäyttäytymistä kuvaavat jäykkyysmoduulit vastasivat mittaustarkkuuden puitteissa rakeisuuskäyränsä perusteella E-moduuliltaan 100 MPa:n vertailuhiekan jäykkyysmoduuleja. Tämä tukee sitä johtopäätöstä, että OKTO-eristeelle voidaan käyttää tie- ja katuraken-

teen kuormituskestävyyssmitoituksessa E-moduulina 100 MPa. [27]

### 3.3.5.3 Iskun- ja kulutuskestävyys

Kuulamylyarvo vaihtelee OKTO-murskeella välillä 6,5...7,1 ( $A_N 7$ ) ja se soveltuu raaka-aineeksi kaikkiin asfalttipäällysteisiin. OKTO-murskeen Los Angeles -luku vaihtelee välillä 13...18 ( $LA_{15} / LA_{20}$ ), joka täyttää sitomattoman kantavan kerroksen laatuvaatimuksen Suomessa. Uusimmat tutkimukset on tehty rakeisuudeltaan 11/16 mm OKTO-murskeelle ja niiden perusteella Los Angeles -luku on 15. Tuotantoprosessin taasisuuden vuoksi tuotteen lujuusominaisuudet eivät vaihtele merkittävästi.

### 3.3.5.4 Leikkauskestävyyskulma ja koheesio

OKTO-eristeen leikkauskestävyyskulma (kitkakulma) ja koheesio on määritetty staattisten kolmiaksaalikokeiden avulla. Tutkimukset tehtiin viidelle eri koekappaleelle, joiden tiiveys, vesipitoisuus ja hienoainepitoisuus vaihtelivat. Tutkimustulosten perusteella OKTO-eristeen leikkauskestävyyskulma vaihteli tyypillisiä tie- ja katurakenneolosuhteita kuvaavissa oloissa välillä 39...41° ja koheesio välillä 27...31 kPa. [27]

### 3.3.5.5 Litteysluku

OKTO-murskeella rakeiden muoto-ominaisuuksia kuvaava litteysluku on 4/11 mm lajikkeella 8...15, 11/16 mm lajikkeella 6...9 ja 16/22 lajikkeella 2...6. OKTO-murskelajikkeet 11/16 mm ja 16/22 mm kuuluvat luokkaan FI 10 (litteysluku  $\leq 10$ ) ja 4/11 FI 15.

### 3.3.5.6 Yhteenveto OKTO-eristeen ja –murskeen mekaanisista ominaisuuksista

Yhteenveto OKTO-eristeen ja –murskeen mekaanisista ominaisuuksista on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. OKTO-eristeen ja –murskeen mekaaniset ominaisuudet.

Ominaisuus	OKTO-eriste	OKTO-murske	Standardi
Leikkauskestävyyskulma [°]	39...42 <sup>1)</sup>	> 40	<sup>2)</sup>
Koheesio [kPa]	27...31 <sup>1)</sup>	--	<sup>2)</sup>
Los Angeles-luku	--	13...18	SFS-EN 1097-2 [15]
Kuulamylyarvo	--	6,5...7,1	SFS-EN 1097-9 [14]
E-moduulisuositus Odemark- mitoituksessa [MN/m <sup>2</sup> ]	100	100...280 <sup>3)</sup>	--
Litteysluku	--	2...15	SFS-EN 933-3 [12]

<sup>1)</sup> Mitoituksessa ei saa käyttää yhtä aikaa suurta leikkauskestävyyskulman ja koheesion arvoa  
<sup>2)</sup> Staattinen kolmiakselialikoe  
<sup>3)</sup> OKTO-murskeen E-moduuli riippuu rakeisuusjakaumasta kuten luonnonmateriaaleillakin



### 3.4 Mitoitusparametrit

Taulukossa 8 on esitetty OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen materiaaliparametrien suositukset mitoitusarvoiksi.

Taulukko 8. OKTO-eristeen sekä OKTO-murskeen materiaaliparametrien mitoitusarvosuositukset.

Ominaisuus	Yksikkö	OKTO-eriste	OKTO-murske
Kiintotiheys	[Mg/m <sup>3</sup> ]	3,0	3,1
Kuivairtitiheys	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1,20	1,5
Maksimikuivatilavuuspaino	[kN/m <sup>3</sup> ]	18,0	--
Optimivesipitoisuus	[%]	10,5	--
Lämmönjohtavuus, sula, optimikosteus	[W/Km]	0,6	1,2
Lämmönjohtavuus, jäätynyt, optimikosteus	[W/Km]	0,7	--
Lämmönjohtavuus, sula, kyllästynyt	[W/Km]	1,0	--
Lämmönjohtavuus, jäätynyt, kyllästynyt	[W/Km]	1,9	--
Vastaavuuskerroin a <sup>1)</sup>	--	1,5	1,0
Routimiskerroin	[mm <sup>2</sup> /Kh]	0	0
Turpoamakerroin	[%]	0	0
pH	--	9,5	9,0
Sähkönjohtokyky	[mS/m]	9,0	10,0
Kapillaarisuus	[m]	0,20	0,05
Veden imukorkeus	[mm]	250	125...245 <sup>2)</sup>
Vedenimeytyminen	[%]	0,5	0,5
Veden adsorptioluku	[%]	1,6	1,1
Veden adsorptiokyky	[mg/m <sup>2</sup> ]	20	5,0
Ominaispinta-ala	[m <sup>2</sup> /g]	1,1	2,2
Jäädytys-sulatuskestävyys	[%]	--	0,2
Leikkauskestävyysskulma <sup>3)</sup>	[°]	38	42
Koheesio <sup>3)</sup>	[kPa]	25	
Los Angeles-luku	--	--	14
Kuulamylyarvo	--	--	7,0
Litteysluku	--	--	8
E-moduulisuositus Odemark-mitoituksessa	[MN/m <sup>2</sup> ]	100	100...280 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Väyläviraston Tierakenteiden suunnittelu -ohjeen laskennallisessa routamitoituksessa käytettävä parametri (eristävyys hiekkaan verrattuna).

<sup>2)</sup> Veden imukorkeus riippuu OKTO-murskeen lajitteesta.

<sup>3)</sup> Mitoituksessa ei saa käyttää yhtä aikaa suurta leikkauskestävyysskulman (kitkakulman) ja koheesion arvoa.

<sup>4)</sup> OKTO-murskeella käytettävä moduuli määräytyy rakeisuuden perusteella samoin kuin luonnonmurskeella.



## 4 PÄÄLLYSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA MITOITUS

### 4.1 Suunnittelun ja mitoituksen perusteet

OKTO-eriste- ja OKTO-murskerakenteen suunnittelu ja mitoitus noudattaa tie- ja katurakenteiden yleisiä suunnittelu- ja mitoitusperiaatteita. Rakenteiden suunnittelu ja mitoitus perustuu materiaalien teknisiin ominaisuuksiin. Rakenteiden suunnittelussa huomioidaan routamitoituksessa materiaalien lämpötekniiset ominaisuudet, kuormituskestävyyssuunnittelussa materiaalien E-moduulit ja rakenteen stabiliteettia laskettaessa leikkauskestävyysskulma (kitkakulma) sekä koheesio. Tämän ohjeen liitteissä 4 ja 5 esitetään tiivistetysti katu- ja tierakenteiden routa- ja kuormituskestävyyssuunnittelun kulku. Liitteessä 6 on esitetty tie- ja katurakenteen mitoitus esimerkit.

Kappaleessa 3 on esitetty OKTO-eristeelle ja OKTO-murskeelle laboratoriokokeiden ja koerakenteista tehtyjen mittausten perusteella laaditut arviot maarakenteiden mitoituksessa käytettävistä materiaaliparametreista. Käytännössä materiaaliparametreissa voi esiintyä vaihtelua ja suunnittelijan onkin tarvittaessa varmistettava valmistajalta, että tuote soveltuu suunniteltuun käyttötarkoitukseen.

### 4.2 Kuivatus

OKTO-eriste ja OKTO-murske eivät eroa kuivatuksen suhteen muista maarakennusmateriaaleista. Kuivatuksessa käytetään Väyläviraston voimassa olevia kuivatuksen suunnitteluohjeita [29].

Aivan kuten luonnonmateriaaleilla, lämpöeristetyssä rakenteessa OKTO-eristeiden lämmönjohtavuus kasvaa vesipitoisuuden lisääntyessä. Tämän vuoksi routamitoitetun rakenteen kuivatuksen suunnitteluun tulee kiinnittää huomiota ja varmistaa, että kuivatus suoritetaan ohjeiden mukaisesti. Eristerakenteiden on pysyttävä normaalissa käyttökosteudessa, jotta se voi toimia lämmöneristerakenteena.

### 4.3 Alusrakenne

Alusrakenteen suunnittelussa käytetään Väyläviraston voimassa olevia suunnitteluohjeita [18]. OKTO-eristeiden ja -murskeen käyttö päällysrakenteessa ei edellytä alusrakenteen suunnittelulta erityistoimenpiteitä.

## 4.4 Päälyysrakenne

### 4.4.1 Penkereet ja täytöt

OKTO-eristeellä ja OKTO-murskeella voidaan korvata pengeri- ja täyttömateriaaliksi kelpavia maa-aineksia kuten moreenia, hiekkaa tai soraa. Tuotteita voidaan käyttää myös toissijaisissa täytöissä hienojen moreenien, silttien tai savimaiden korvaajina esimerkiksi pengeri-

ja ojaluisien sekä täyttömaiden verhoilumateriaaleina. Suuri leikkauskestävyysskulma (kitkakulma) parantaa luiskien vakavuutta. Taulukossa 9 on esitetty OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen mitoitusparametrit pengerrakenteessa.

Taulukko 9. OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen mitoitusparametrit pengerrakenteessa.

	E-moduuli [MN/m <sup>2</sup> ]	w [%]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_{sula} / K_{jää}$ [W/Km]	Vastaa- vuuskerroin [-]	Routimis- kerroin [mm <sup>2</sup> /Kh]	Routa- turpoa- ma [%]	Kitka- kulma [°]
OKTO- eriste	100	8,0	18,0	0,6 / 0,7	1,50	0	0	40
OKTO- murske	280	3,0	19,0	1,2 / 1,8	1,10	0	0	42

### 4.4.2 Suodatinkerros

Pienen kapillaarisuuden, hyvän lämmöneristävyyden, sopivan rakeisuuden ja riittävän lujuuden vuoksi OKTO-eriste soveltuu teknisesti hyvin suodatinkerrokseen. Tarvittaessa suodatinkerroksen alaosassa tulee huomioida vesipitoisuuden kasvusta johtuva lämpöteknisten ominaisuuksien muuttuminen, jos rakennetta ei pystytä täysin pitämään suunnitellussa käyttökosteudessa. Tällaisia tilanteita saattaa syntyä esim. alavilla mailla,

joissa rakenteita ei aina pystytä kuivattamaan sivuoilla tai salaojilla viettokaltevuuden jäädessä liian pieneksi.

Suodatinkerros tulee suunnitella teiden suunnitteluohjeiden mukaisesti. Mikäli on odotettavissa, että pohjamaa ja suodatinkerros voivat sekoittua, käytetään pohjamaan ja suodatinkerroksen välissä suodatinkangasta. Taulukossa 10 on esitetty OKTO-eristeen mitoitusparametrit suodatinkerroksessa.

Taulukko 10. OKTO-eristeen mitoitusparametrit suodatinkerroksessa.

	E- moduuli [MN/m <sup>2</sup> ]	w [%]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_{sula} / K_{jää}$ [W/Km]	Vastaavuus- kerroin [-]	Routimisker- roin [mm <sup>2</sup> /Kh]	Routatur- poama [%]
OKTO-eriste	100	10,0	18,0	0,6 / 0,7	1,50	0	0
OKTO-murske	100	3,0	19,0	1,2 / 1,8	1,10	0	0

#### 4.4.2.1 Kantava ja jakava kerros

Prosessiteknisistä syistä OKTO-mursketta ei yleensä käytetä jakavassa tai kantavassa kerroksessa. OKTO-eristeen E-moduuli jää pieneksi sen rakeisuuden vuoksi, joten se ei sovellu jakavaan tai kantavaan kerrokseen.

#### 4.4.2.2 Päälyyste

Hyvän kulutuskestävyyden (AN 7), pienen vedenimeytymisen (< 1 %) ja hyvien muotoominaisuuksien (litteysluku 2...15) vuoksi OKTO-murske sopii päälystekiviainekseksi. Päälysteiden suhteutuksessa on huomioitava OKTO-murskeen luonnonmateriaaleja suurempi ominaispaino.

## 4.5 Tie- ja katurakenteen mitoitus

Tierakenteen mitoitus tehdään Väyläviraston Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaisesti [18] ja katurakenteen suunnittelu Katu 2002 -ohjeen mukaisesti [30]. Esimerkit tie- ja katurakenteiden mitoituksesta on esitetty liitteessä 6.

### 4.5.1 Kuormituskestävyyssmitoitus

Kuormituskestävyyssmitoitus tehdään Ode-markin laskentakaavan avulla. OKTO-eristeelle käytetään E-moduulia 100 MPa ja OKTO-murskeelle rakeisuusjakaumasta riippuvaa E-moduulia (100...280 MPa). OKTO-eristeelle ja OKTO-murskeelle käytetään Odemarkin laskentakaavaan perustuvassa mitoituksessa moduulien 6x -sääntöä luonnonkiviainesten tapaan. Tie- ja katurakenteiden kuormituskestävyyssmitoituksen kulku on esitetty liitteessä 4.

### 4.5.2 Routamitoitus

Routimisen rajoittamisella pyritään routanousueroista aiheutuvien tien pinnan epätasaisuuksien ja halkeamien vähentämiseen. Tie- ja katurakenteiden routamitoituksen kulku on esitetty liitteessä 5.

OKTO-eristeellä on luonnonmateriaaleja pienemmän lämmönjohtavuutensa ansiosta parempi lämmöneristävyys, jota voidaan käyttää hyväksi tie- tai katurakenteessa lämmöneristeinä. Lämmöneristeinä toimivalla rakenteella rajoitetaan roudan tunkeutumista eristävän rakenteen alapuoliseen routivaan materiaaliin ja estetään näin alusmaan routimisesta tierakenteelle aiheutuvia haittoja. OKTO-eristeen vastaavuus eristävyyskannalta (a<sub>i</sub>) on 1,5 ja OKTO-murskeen 1,1.



## 5 RAKENTAMISEN TYÖSELITYS

### 5.1 Ohjeen soveltaminen

Tätä työselitystä sovelletaan käytettäessä Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaan OKTO®-rakennustuotteita tie-, katu- ja maa-rakenteissa. Rakentamisessa noudatetaan voimassa olevan InfraRYL-ohjeen mukaisia laatuvaatimuksia, työselityksiä sekä tarvittaessa muita suunnitteluasiakirjoja [4] [5]. Käytettäessä OKTO-mursketta päällysteissä, sovelletaan lisäksi voimassa olevia PANK ry:n julkaisemia Asfalttinormeja [31].

### 5.2 Varastointi, käsittely ja kuljetus

OKTO®-rakennustuotteita joudutaan usein valmistustavasta ja hankintatavasta johtuen säilyttämään välivarastossa. OKTO®-rakennustuotteita voidaan varastoida suojaamatta samalla tavoin kuin rakeisuudeltaan vastaavia luonnonmateriaaleja. Varastoinnissa tulee noudattaa tie- ja katurakentamisessa yleisesti käytössä olevia ohjeita ja normeja. Työmaalla varastoitaessa tulee kiinnittää huomiota mahdolliseen varastokasan jäätymiseen. Talvella on huolehdittava, ettei suuren varastokasan väliin jää lunta. Huonosti lämpöä johtavana materiaalina OKTO-eristekasa ei ehkä ehdi sulaa kunnolla kesäaikaan, jos varastointi on tapahtunut syksyllä tai talvella ja varastokasan koko on suuri. Tällöin on vaarana, että rakenteisiin joutuu jäisiä kameja myös kesäaikaan varastokasaa purettaessa.

Edullisin varastointimuoto materiaalille on suurissa, kuivissa, kesällä rakennettavissa kasoissa. Jos varastoidaan kosteaa materiaalia, varastokasojen tulee olla pienempiä (noin 1-2 metriä korkeita). Molemmissa tapauksissa on kasojen alapuolisten rakenteiden kuivatus järjestettävä siten, että kasasta pois valuva kosteus pääsee esteettä poistumaan.

Varastointi on tehtävä siten, että kiviaines ei pääse lajittumaan, vaan materiaali saadaan käyttökohteeseensa mahdollisimman tasalaatuisena. Lajittumisen estämiseksi va-

rastointi tehdään kerroksittain, kuten luonnonkiviaineksillakin. Edullisinta on, jos materiaalia voidaan ajaa suoraan prosessista rakennuskohteeseen.

### 5.3 Kuivatus ja alusrakenne

Kuivatuksessa noudatetaan voimassa olevan InfraRYL-ohjeen mukaisia laatuvaatimuksia ja työselityksiä [4][5]. Rakentamisvaiheessa on varmistettava, että tien alusrakenteisiin tai rakennekerrokseen ei jää vettä kerääviä painanteita tai esteitä, jotka saattavat estää veden poistumisen rakennekerroksista ja täten heikentävät rakenteen toimintaa.

OKTO-eristerakennetta ei saa tehdä jäätyneen maan päälle, kuten ei luonnonmateriaaleistakaan tehtyä rakennetta. Jäätyneen maan päälle rakennettaessa seurauksena voi olla epätasaista painumista ja rakenteen kantavuuden heikkenemistä pohjamaan sulaessa.

Alusrakenteet, kuten leikkaus- ja pengerdyt sekä alustan muotoilu tehdään noudattaen yleisiä laatuvaatimuksia ja työselityksiä.

### 5.4 Päällysrakenne

OKTO-eristeen ja OKTO-murskeen ominaisuudet mahdollistavat liikennöinnin kerroksen päällä heti tiivistämisen jälkeen. Rakentaminen tapahtuu yleensä noin 200...300 mm:n kerroksina. Kerrokset tiivistetään välittömästi. Suuren vedenjohtavuuden ja pienen veden pidätyskyvyn ansiosta materiaalien tiivistettävyyden ei ole herkkä veden määrälle.

OKTO-murskeen suuri leikkauskestävyyskulma mahdollistaa yleensä liikennöinnin vielä tiivistämättömän kerroksen päältä kuorma-autolla. Liikennöinti kerrosten päällä ei suuresti vaikuta OKTO-murskeen rakeisuuteen, mutta luonnollisesti liikenteen määrä on aina syytä minimoida.

#### 5.4.1 Penkereet ja täytöt

Materiaaleja voidaan tarvittaessa käyttää pengerrakenteissa ja täytöissä kuten vastaavan rakeisuuden omaavia luonnonmateriaaleja. Rakentamisessa noudatetaan voimassa olevan InfraRYL-ohjeen mukaisia laatuvaatimuksia [4].

#### 5.4.2 Suodatinkerros

Suodatinkerros rakennetaan voimassa olevan InfraRYL-ohjeen mukaisesti [5]. Heikosti kantaville pohjamaille kuten savi- ja silttipohjille rakennettaessa suositellaan käytettäväksi suodatinkerroksen ja pohjamaan välissä suodatinkangasta pohjamaan ja rakennekerrosten sekoittumisen estämiseksi.

#### 5.4.3 Kantava ja jakava kerros

Jakava kerros rakennetaan voimassa olevan InfraRYL-ohjeen mukaisesti [5]. Prosessiteknisistä ja taloudellisista syistä OKTO-mursketta ei yleensä käytetä kantavassa ja jakavassa kerroksessa.

#### 5.4.4 Päälyste

Päälyste tehdään noudattaen voimassa olevia Asfalttinormeja [31].

### 5.5 Talonrakentaminen

OKTO-eristeen käyttämisestä talonrakentamisen maatoissa on pitkä, noin 50 vuoden kokemus. OKTO-eristeen soveltuvuudesta talonrakennukseen on kerrottu Hannu Siiran diplomityössä ”Masuunihiekka ja OKTO-eriste talonrakentamisessa” [32].

OKTO-eristeellä on hyvä lämmöneristävyyttä, jota ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi piharakenteiden routaeristämiseksi. Lämmöneristeenä toimivalla rakenteella rajoitetaan roudan tunkeutumista eristävän rakenteen alapuoliseen routivaan materiaaliin ja estetään näin alusmaan routimisesta aiheutuvia haittoja. Samalla OKTO-eriste toimii myös piharakenteiden kuivatuskerroksena. OKTO-eristeen lämmöneristävyyssominaisuuksia voidaan käyttää hyväksi myös rakennusten alapuolisissa ja vierustäytöissä.

OKTO-eristeen vedenläpäisevyys on samaa suuruusluokkaa kuin hiekalla ja se on huonosti vettä pidättävää materiaalia, jonka vuoksi OKTO-eriste soveltuu hyvin salaojattäyttöihin. OKTO-eristeellä ja OKTO-murskeella on pieni vedenimeytymiskorkeus, jonka takia ne soveltuvat kapillaarikatkoksi rakennusten alle tuleviin rakenteisiin.



## 6 YHTEENVETO

Outokumpu Chrome Oy tuottaa vuosittain noin 700 000 t hyötykäytettäviä OKTO®-rakennustuotteita. Tuotteet ovat ympäristölle turvallisia ja erinomaisia vaihtoehtoja käytössä oleville luonnonkiviaineksille. Tuotteistamisprosessin ansiosta OKTO®-rakennustuotteista voidaan suunnitella turvallisia ja kestäviä tie- ja katurakenteita. Tuotteistamisessa on noudatettu Tiehallinnon (nyk. Väylävirasto) vuonna 2007 julkaiseman ”Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa” oppaan tuotteistamisprosessia [2].

Laboratoriotutkimusten ja rakentamisen perusteella on voitu luotettavasti todeta OKTO®-rakennustuotteiden hyvät maanrakennusominaisuudet. Hyvä lämmöneristyskyky on OKTO-eristeen tärkein materiaalitekni- ninen ominaisuus ja se edesauttaa Suomen kylmissä olosuhteissa tapahtuvaa maaraken- tamista. Lisäksi OKTO-eristeen hyvän läm- möneristyskyvyn ansiosta tie- tai katuraken- teista tulee tavallista ohuempia. Tämän ansi- osta rakennuspaikalle tuotavien materiaalien

ja leikkausmassojen määrä vähenee. OKTO®-rakennustuotteita käyttämällä sääste- tään myös ehtyviä luonnonmateriaaleja.

Hyvä kulutuskestävyys on OKTO- murskeen tärkein materiaalitekni- nen ominai- suus, jonka ansiosta se sopii erinomaisesti kulutuskestävyyttä vaativien päällysteiden raaka-aineeksi.

OKTO®-rakennustuotteet luokitellaan tuotteiksi, joille ei tarvita ympäristölupaa eikä VNA 843/2017 mukaista ilmoitusmenettelyä. Tuotteet kuuluvat tuotevastuulain piiriin ja niitä voidaan käyttää kuten luonnonkiviainek- sia tuottajan vastatessa tuotteiden ympäristö- kelpoisuudesta. OKTO-eristeellä on CE- merkintä perustuen standardiin SFS-EN 13242 ja OKTO-murskeilla standardiin SFS- EN 13043. Tuotteiden CE-merkinnät ja suori- tustasoilmoitukset (DoP) löytyvät tuotteiden toimittajan www-sivuilta. Tuotteille tehtyjen tutkimusten testausselostet ovat saatavilla tuotteiden toimittajalta.

## 7 LÄHTEET JA KIRJALLISUUS

- [1] Huhtinen, T., Palolahti, A., Räisänen, M. & Torppa, A. Kiviaineshuollon kehittäminen. Ympäristöministeriön raportteja 13/2018. 2018. Saatavissa (viitattu 13.05.2019): [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160707/YMra\\_13\\_2018\\_Kiviaineshuollon\\_kehittaminen.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160707/YMra_13_2018_Kiviaineshuollon_kehittaminen.pdf)
- [2] Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto. 2007. Saatavissa (viitattu 13.05.2019): <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>
- [3] Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa (luonnos). Väylävirasto. 2019. Saatavissa (viitattu 13.05.2019): [https://vayla.fi/documents/20485/175370/Uusiomateriaaliohje\\_lausuntoversio/141ba143-9f0f-4366-8c3f-47a197097435](https://vayla.fi/documents/20485/175370/Uusiomateriaaliohje_lausuntoversio/141ba143-9f0f-4366-8c3f-47a197097435)
- [4] InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet. Rakennustietosäätiö. 2018.
- [5] InfraRYL – Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Päällys- ja pintarakenteet. Rakennustietosäätiö. 2017.
- [6] Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. VNa 837/2017. 2017. Saatavissa (viitattu 10.05.2019): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>
- [7] Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset. SFS-EN 13242. 2008.
- [8] Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikenneöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin. SFS-EN 13043. 2003.
- [9] Terästeollisuuden kuonatuotteet maa- ja tierakennuskäyttöön. Sitomattomat seokset. SFS 5904. 2004.
- [10] Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 2: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 4 mm (without or with size reduction). SFS-EN 12457-2:en. 2002.
- [11] Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 6: Kiintotiheyden ja vedenimukyvyn määrittäminen. SFS-EN 1097-6. 2014.
- [12] Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Osa 3: Raemuodon määrittäminen. Litteysluku. SFS-EN 933-3. 2012.
- [13] Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. SFS-EN 933-1. 2012.
- [14] Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 9: Nastarengaskulutuskestävyyden määrittäminen. Pohjoismainen testi (kuulamyllymenetelmä). SFS-EN 1097-9. 2014.
- [15] Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 2: Iskunkestävyyden määrittämismenetelmät. SFS-EN 1097-2. 2010.
- [16] Kiviainesten lämpö- ja rapautuvuusominaisuuksien testaus. Osa 6: Jäädytys-sulatuskestävyys suola-raituksessa (NaCl). SFS-EN 1367-6. 2010.
- [17] Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 11: Determination of the affinity between aggregate and bitumen. SFS-EN 12967-11:en. 2012.
- [18] Tierakenteen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 28/2018. 2018. Saatavissa (viitattu 15.5.2019): [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-38\\_tierakenteen\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf)
- [19] Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Osa 3: Irtotiheyden ja tyhjätilan määrittäminen. SFS-EN 1097-3. 1998.
- [20] Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 2: Test methods for laboratory reference density and water content. Proctor compaction. SFS-EN 13286-2:en. 2011.

- [21] Standard test method for determination of thermal conductivity of soil and and soft rock by thermal needle probe procedure. ASTM D5334-14. 2014.
- [22] Veden adsorptio. PANK 2108. 2009.
- [23] Kiviainekset, ominaispinta-ala. Typpiadsorptiomenetelmä. PANK-2401. 2009.
- [24] Jääskeläinen, R. Geotekniikan perusteet. 2011.
- [25] Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 10: Vedenimeytymiskorkeus. SFS-EN 1097-10. 2014.
- [26] Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 11: Permeability tests (ISO 17892-11:2019). SFS-EN ISO 17892-11:2019:en. 2019.
- [27] Raerinne, L. Ferrokromikuonaeristerakenteen kuormituskestävyyssuunnittelu. Tampereen yliopisto. Diplomityö. 2019. Saatavissa (viitattu 6.7.2019): <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ttty-201906111878>
- [28] Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 7: Cyclic load triaxial test for unbound mixtures. SFS-EN 13286-7:en. 2004.
- [29] Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013. 2013. Saatavissa: [http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121630/lo\\_2013-05\\_978-952-255-250-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121630/lo_2013-05_978-952-255-250-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [30] Katu 2002. Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet. Suomen kuntatekniikan yhdistys. 2003.
- [31] Asfalttinormit 2017. Päällystealan neuvottelulautakunta PANK ry. 2017.
- [32] Siira, H. Masuunihiekka ja OKTO-eriste talonrakennuksessa. Oulun yliopisto. Diplomityö. 1999.



## 8 LIITTEET

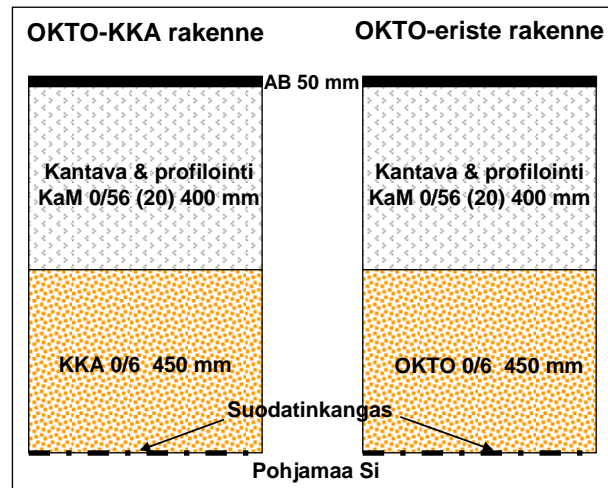
- Liite 1 Maukuntien koerakenteet, Oulun kaupunki
- Liite 2 Kromitien koerakenteet, Tornio
- Liite 3 Muita OKTO-eristeestä tehtyjä koerakenteita
- Liite 4 Tie- ja katurakenteen kuormituskestävyyssmitoitus
- Liite 5 Tie- ja katurakenteen routamitoitus
- Liite 6 Tie- ja katurakenteen mitoitusesimerkit
- Liite 7 OKTO®-rakennustuotteiden käyttökohteita vuonna 2006-2019



## LIITE 1: Maukuntien koerakenteet, Oulun kaupunki

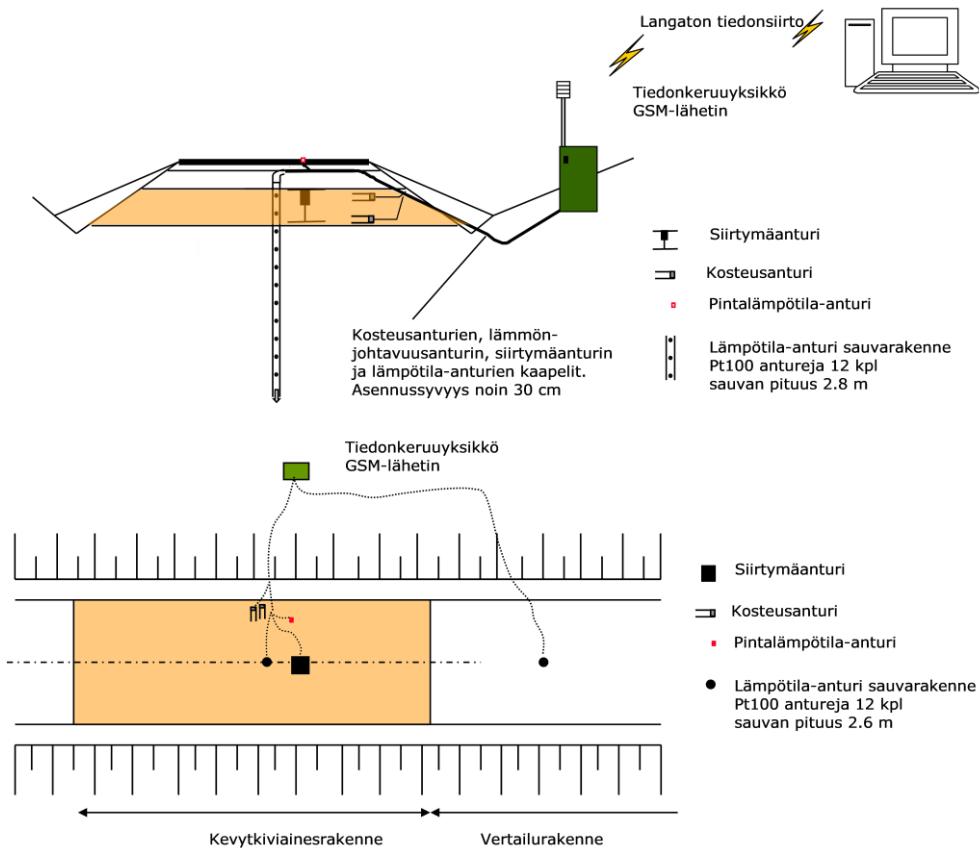
Oulun kaupungin Pateniemen kaupungin-osassa sijaitsevalle Maukuntielle rakennettiin vuonna 2006 instrumentoidut koerakenteet OKTO-kevytkiviaineksesta (OKTO-KKA) ja

OKTO-eristeestä. OKTO-kevytkiviaineksiä ei enää valmisteta. Maukuntien rakennekerrokset ja kaaviokuva koerakenteen instrumentoinnista on esitetty alla olevissa kuvissa.



Kuva 7. Maukuntien rakennekerrokset.

### Kaaviokuva koerakenteen instrumentoinnista

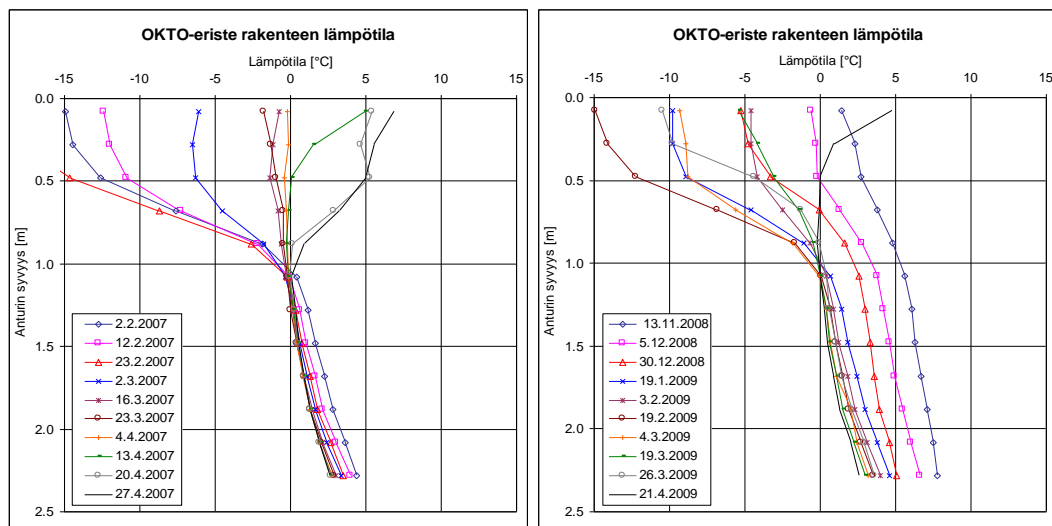


Kuva 8. Kaaviokuva koerakenteen instrumentoinnista.

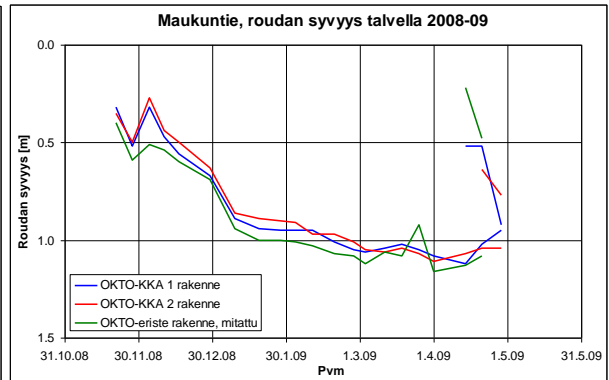
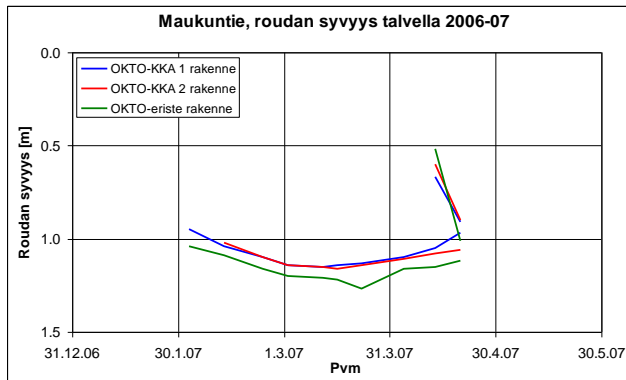
Kuvassa 9 on esitetty Maukuntien koerakenteen lämpötilajakaumia eri ajankohtina. Koerakenteissa seurattiin roudan syvyyttä talvina 2006-2007 ja 2008-2009 (kuva 10). Talvella 2006-07 OKTO-eristerakenteen maksimiroudansyvyys oli 1,28 m ja talvella 2008-09 1,16 m. Talven 2006-2007 pakkasmäärä oli 21 400 Kh ja talven 2008-2009 18 000 Kh.

OKTO-eristeen lämmönjohtavuutta jäätynneessä tilassa tutkittiin mallintamalla OKTO-eristerakenteen ja vertailurakenteen roudan syvyydet Routa1D-lämmönsiirtymisohjelmalla

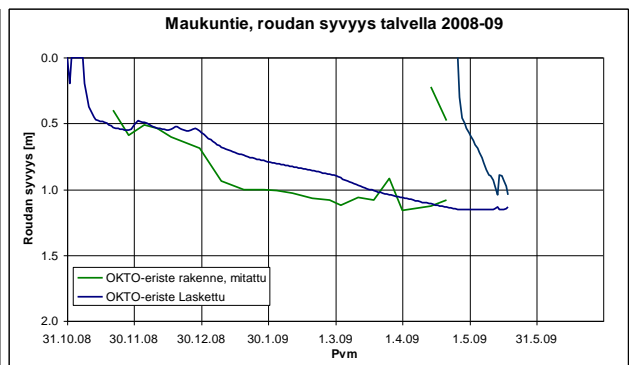
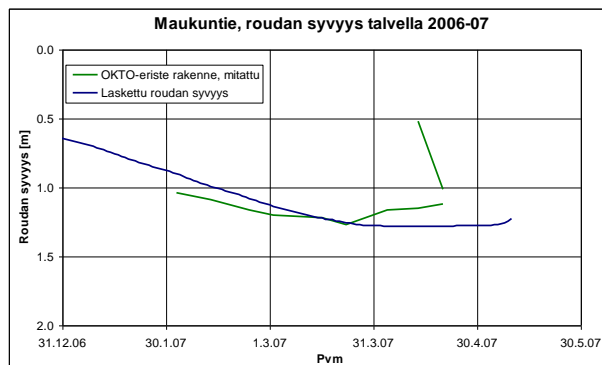
siten, että OKTO-eristekerroksen lämmönjohtavuutta muutettiin, kunnes mitattu ja laskettu roudan syvyys vastasivat toisiaan. Tällä tavoin mallinnettaessa OKTO-eristeen lämmönjohtavuudeksi saatiin jäätynneessä tilassa 0,4...0,5 W/Km. Tulokset on esitetty kuvissa 11-12.



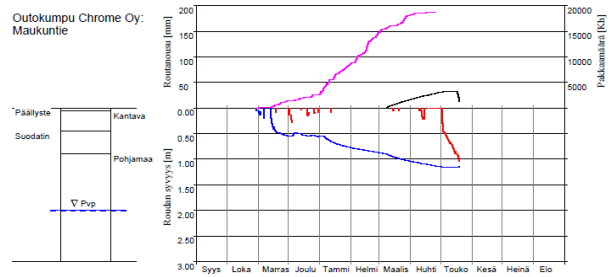
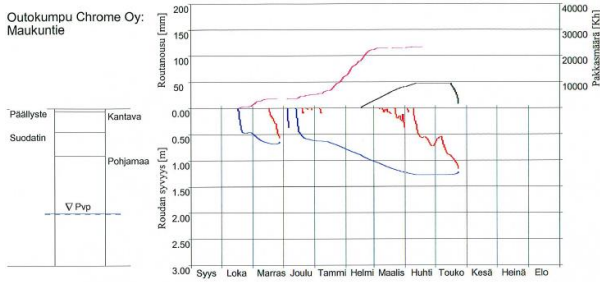
Kuva 9. OKTO-eristerakenteen lämpötilajakauma Maukuntien koerakenteessa talvella 2006-07 ja talvella 2008-09.



Kuva 10. Maukuntien roudan syvyys talvella 2006-2007 ja 2008-2009.



Kuva 11. OKTO-eristerakenteen havaittu ja laskettu roudan syvyys Maukuntien rakenteessa talvella 2006-2007 ja 2008-2009.



*****LÄHTÖTIEDOT*****											
No	H [m]	Kerros	Materiaali	w [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	K(sula) [W/mK]	K(jää) [W/mK]	C(sula) [J/m <sup>3</sup> K]	C(jää) [J/m <sup>3</sup> K]	L [J/m <sup>3</sup> ]	SP [mm <sup>2</sup> /Kh]
1	0.05	Päälyste	AB	00.5	15.00	1.50	1.50	1.19e+08	1.17e+08	2.55e+06	00.00
2	0.40	Kantava	KaM	03.0	20.00	2.00	2.00	1.80e+08	1.66e+08	2.04e+07	00.00
3	0.45	Suodatin	OKTO-erist	07.0	14.00	0.40	0.50	1.50e+08	1.27e+08	3.34e+07	00.00
4	3.00	Pohjamaa	Si	21.0	16.00	1.00	2.00	2.67e+08	1.85e+08	1.14e+08	05.00

*****LÄHTÖTIEDOT*****											
No	H [m]	Kerros	Materiaali	w [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	K(sula) [W/mK]	K(jää) [W/mK]	C(sula) [J/m <sup>3</sup> K]	C(jää) [J/m <sup>3</sup> K]	L [J/m <sup>3</sup> ]	SP [mm <sup>2</sup> /Kh]
1	0.05	Päälyste	AB	00.5	15.00	1.50	1.50	1.19e+08	1.17e+08	2.55e+06	00.00
2	0.40	Kantava	KaM	03.0	20.00	2.00	2.00	1.80e+08	1.66e+08	2.04e+07	00.00
3	0.45	Suodatin	OKTO-erist	07.0	14.00	0.40	0.40	1.50e+08	1.27e+08	3.34e+07	00.00
4	3.00	Pohjamaa	Si	21.0	16.00	1.00	2.00	2.67e+08	1.85e+08	1.14e+08	05.00

*****TULOKSET*****	
Vuoden pakkasmäärä [Kh]:	23379
Maksimi routan syvyys [m]:	1.28
Maksimi routanousu [mm]:	47.2

*****TULOKSET*****	
Vuoden pakkasmäärä [Kh]:	18721
Maksimi routan syvyys [m]:	1.16
Maksimi routanousu [mm]:	32.1

Projektin nimi:	Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromikiviutuotteiden käyttö tie-, katu- ja maarakenteissa		
Tienumero:	Maukuntie	Tieosa:	OKTO-eriste Etäisyys tieosan alusta: 0
Kommentit			
		Koordinaatit X: x Y: y Z: z	
Pvm 08.12.2008	Laskelman suorittaja TH	Laskelman tarkastaja	
Tiedoston nimi Maukuntie OKTO-eriste_06-07.dat			

Projektin nimi:	Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromikiviutuotteiden käyttö tie-, katu- ja maarakenteissa		
Tienumero:	Maukuntie	Tieosa:	Etäisyys tieosan alusta:
Kommentit			
Seuranta talvella 2008-09			
		Koordinaatit X: x Y: y Z: z	
Pvm 27.04.2009	Laskelman suorittaja THO	Laskelman tarkastaja	
Tiedoston nimi Maukuntie 2008-09.dat			

Kuva 12. Routa1D-lämmönsiirtymishojelman tulokset talvelta 2006-2007 ja 2008-2009.

Maukuntien koerakenteen avulla on tutkittu myös OKTO-eristeelle Odemarkin laskentakaavassa käytettävää E-moduulia. Taulukossa 11 on esitetty Odemarkin laskentakaavalla takaisinlaskettuja OKTO-eristeen kimmomoduuleita Maukuntien OKTO-eristerakenteesta. Takaisinlaskenta tehtiin siten, että Odemarkin laskentakaavassa käytettyjä kimmomoduuleja muuttamalla mitattu keskiarvokantavuus ja laskettu kantavuus saatiin vastaamaan toisiaan. Takaisinlasken-

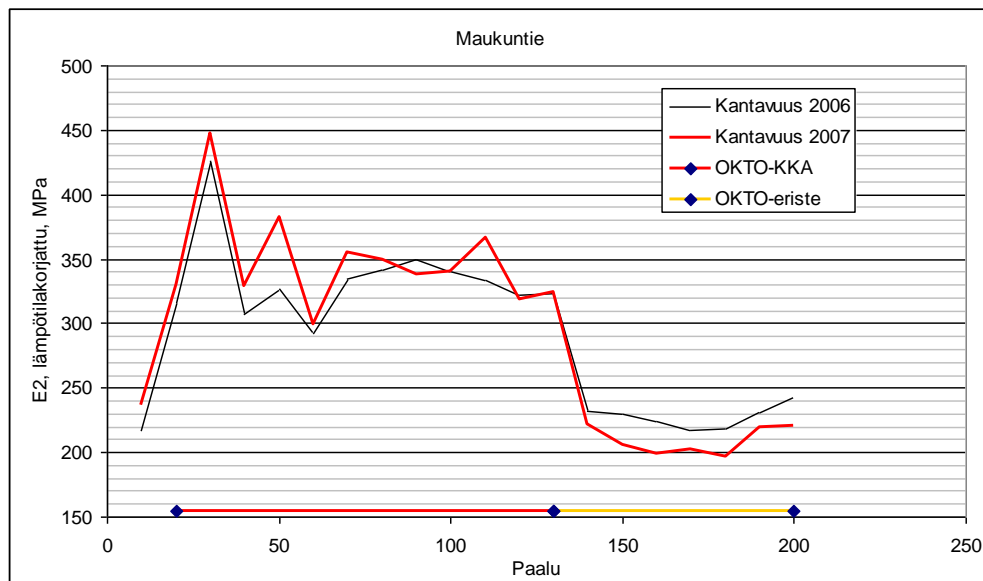
noissa OKTO-eristeen kimmomoduuliksi saatiin 100 MN/m<sup>2</sup>, jota on päädytty suosittelemaan käytettäväksi mitoituksessa. Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös muista seurantakohteista. Kuvassa 13 on esitetty takaisinlaskenta Maukuntien OKTO-eristerakenteesta. Maukuntien koerakenteista mitattujen kantavuuksien kehitystä on seurattu vuosina 2006-2007. Tulokset on esitetty alla kuvassa 14.

Taulukko 11. Ode-mark menetelmällä takaisinlaskettuja OKTO-eristeen kimmomoduuleita.

Kohde	Päivämäärä	Mittauskohta, rakenteen ikä	Mitattu kantavuus [MN/m <sup>2</sup> ]	OKTO-eristeen takaisinlaskettu kimmomoduuli [MN/m <sup>2</sup> ]
Maukuntie	03.09.2007	AB-kerroksen päältä, 2 vuotta	216	100
Maukuntie	24.10.2008	AB-kerroksen päältä, 3 vuotta	217	100

materiaalin nimi	paksuus (m)	Kimmomoduulit			Kantavuus (MN/m <sup>2</sup> )
		annettu (MN/m <sup>2</sup> )	Max 6 x	käytetty (MN/m <sup>2</sup> )	
AB	0.05	2500	0	2500	215
Kantava KaM	0.20	280	1	280	174
Jakava KaM	0.20	280	1	280	119
Okto-eriste	0.25	100	1	100	64
Okto-eriste	0.20	100	1	100	39
	0.90				20

Kuva 13. OKTO-eristeen takaisinlaskettu E-moduuli Ode-mark-menetelmällä Maukuntien OKTO-eristerakenteessa.

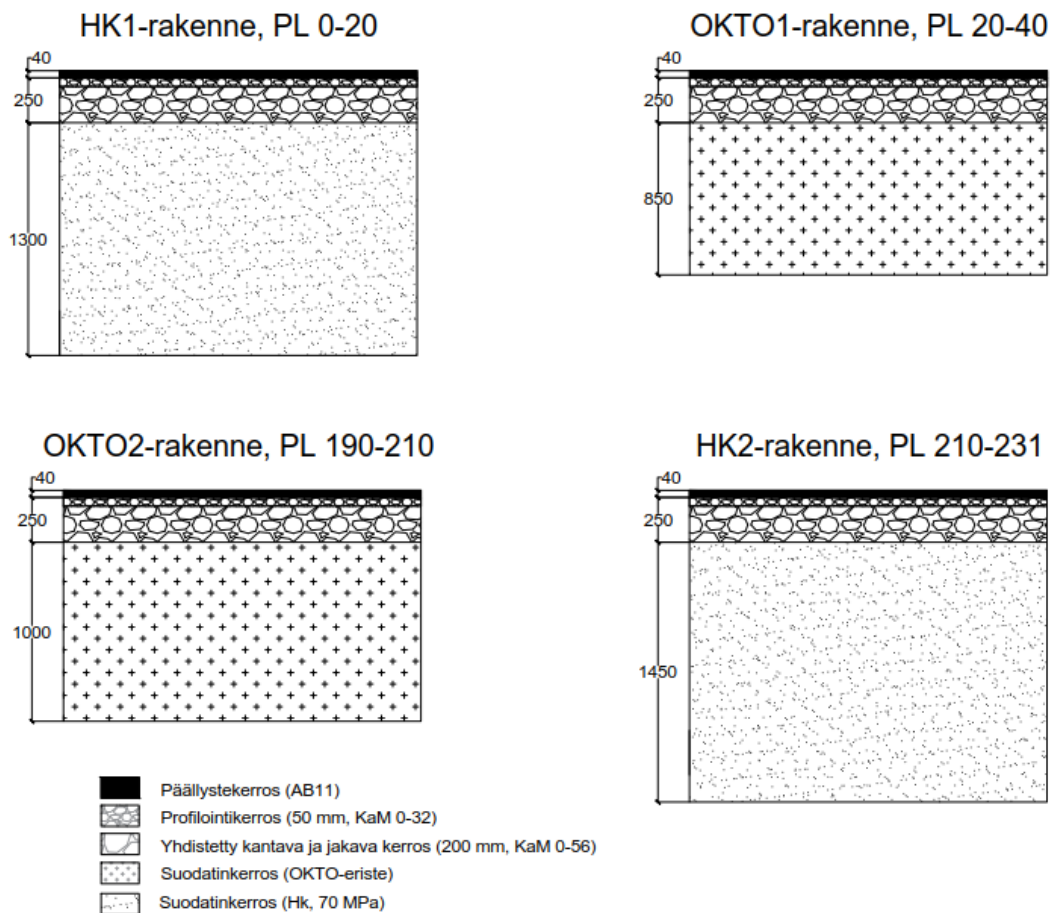


Kuva 14. Maukuntieltä mitattujen kantavuusarvojen kehitys vuosina 2006-2007.

## LIITE 2: Kromitien koerakenteet, Tornio

OKTO-eristeen muodonmuutosmoduulien päivitystä koskevaa tutkimusta varten rakennettiin Tornioon Kromitien viereiselle jalankulku- ja pyörätielle koerakenteet, joissa vertailupareina olivat eripaksuiset hiekka- ja OKTO-eristekerrokset. Kahdessa koerakenteessa käytettiin suodatinkerroksessa rakeisuusjakauman perusteella 50...70 MPa:n hiekkaa ja kahdessa koerakenteessa OKTO-

eristettä. Yhdistetyn jakavan ja kantavan kerroksen sekä päällysteen paksuus olivat kaikissa koerakenteissa sama. Koerakenteet rakennettiin elokuussa 2018 ja tulokset raportoitiin osana Laura Raerinteen diplomityötä ”Ferrokromikuonaeristerakenteen kuormituskestävyysmitoitus”. Kuvassa 15 on tarkemmat tiedot koerakenteiden osuuksien rakenteista.

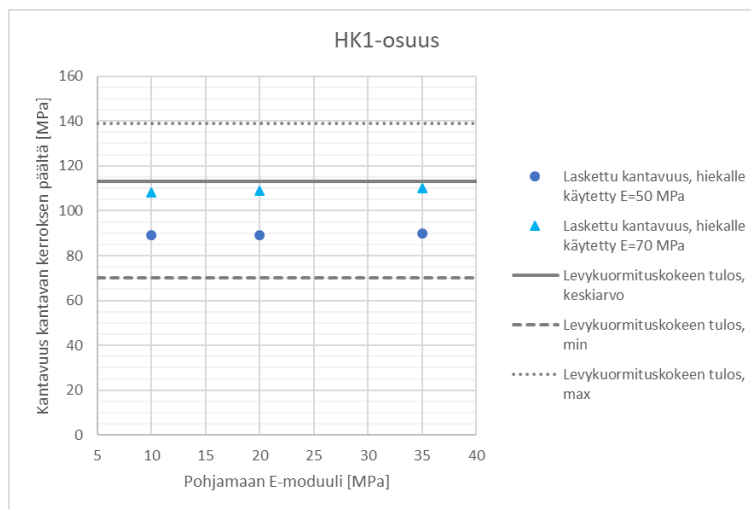


Kuva 15. Kromitien jalankulku- ja pyörätien koerakenteet.

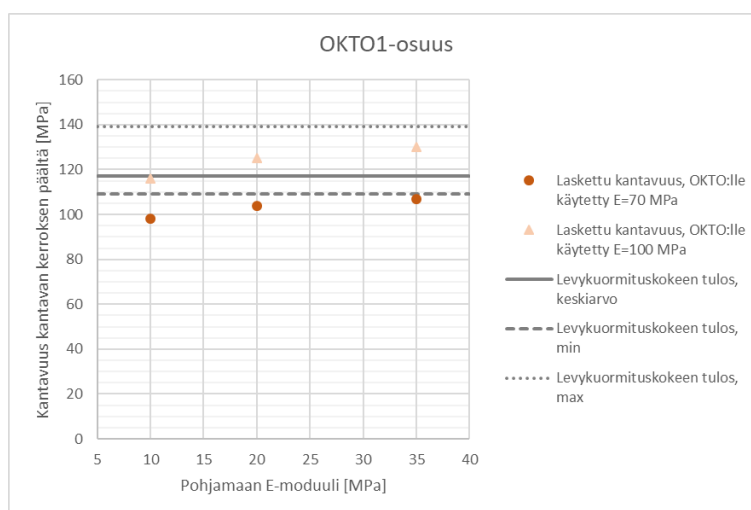
Koerakenteista tehtyjen kantavuusmitausten perusteella arvioitiin OKTO-eristeen E-moduulia (kappale 3.3.4.1). Kuvissa 16-19 on verrattu koerakenteiden kantavan kerroksen päältä tehtyjen levykuormituskokeen tuloksia koerakenteiden laskennallisiin kantavuuksiin. Laskennalliset kantavuudet on laskettu Odemarkin laskentakaavan avulla varioiden pohjamaalle käytettävää E-moduulia, koska tarkkaa tietoa koerakenteiden pohjamaasta ei ollut. Koerakenteista tehtyjen tiiviy- ja pudotuspainolaitemittausten perusteella koerakenteet HK1 ja OKTO1 olivat tiivistyneet paremmin kuin koerakenteet HK2 ja OKTO2,

joten koerakenteissa käytetyn OKTO-eristeen E-moduulia tarkasteltiin OKTO1-osuuden perusteella.

Tutkimustulosten mukaan parhaiten tiivistyneistä koerakenteista tehdyt mittaustulokset tukevat vahvasti sitä, että hyvin tiivistetylle OKTO-eristeelle voidaan Odemark-laskennassa suositella käytettäväksi E-moduulina 100 MPa. Koerakenteiden rakentamisen yhteydessä kiinnitettiin huomiota myös työmaalla ilmeneviin OKTO-eristeen rakennettavuuteen vaikuttaviin tekijöihin, kuten OKTO-eristeen tiivistymiseen.

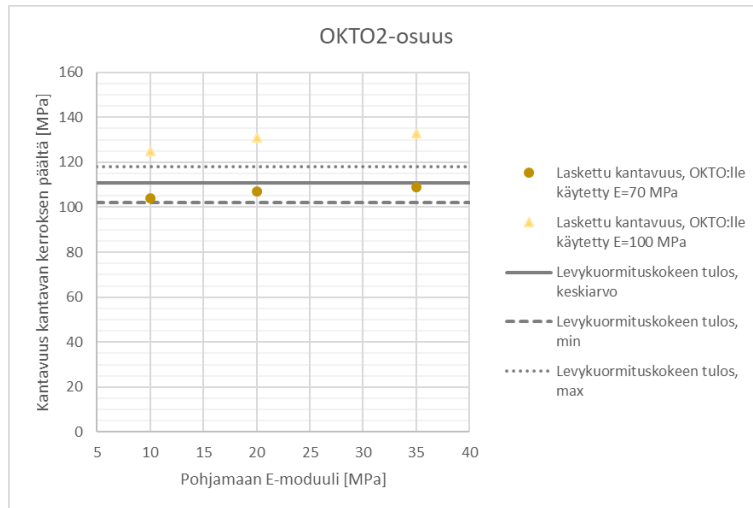


Kuva 16. HK1-osuudelta levykuormituskokeella kantavan kerroksen päältä mitattujen kantavuuksien vertailu laskennallisiin kantavuuksiin eri pohjamaan E-moduuleilla.

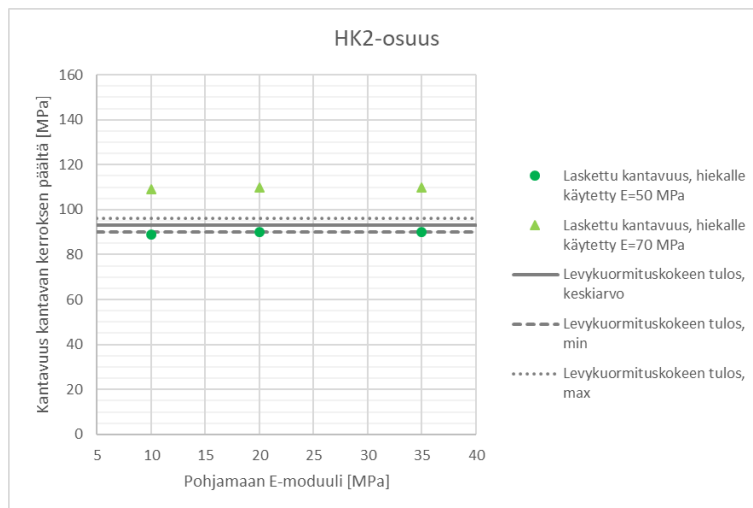


Kuva 17. OKTO1-osuudelta levykuormituskokeella kantavan kerroksen päältä mitattujen kantavuuksien vertailu laskennallisiin kantavuuksiin eri pohjamaan E-moduuleilla.





Kuva 18. OKTO2-osuudelta levykuormituskokeella kantavan kerroksen päältä mitattujen kantavuuksien vertailu laskennallisiin kantavuuksiin eri pohjamaan E-moduuleilla.



Kuva 19. HK2-osuudelta levykuormituskokeella kantavan kerroksen päältä mitattujen kantavuuksien vertailu laskennallisiin kantavuuksiin eri pohjamaan E-moduuleilla.

### LIITE 3: Muita OKTO-eristeestä tehtyjä koerakenteita

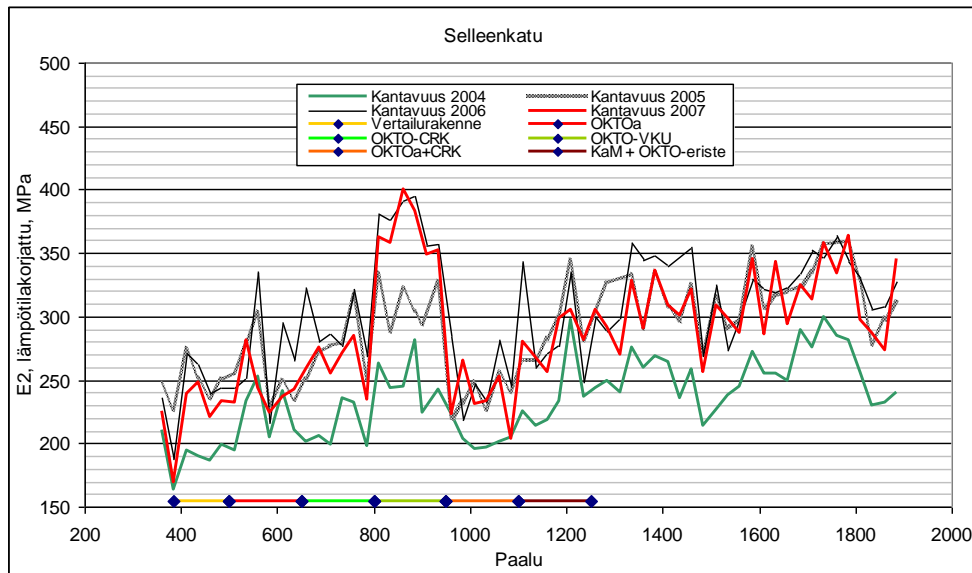
OKTO-eristettä on käytetty myös muissa koerakenteissa. Torniossa sijaitsevissa Selleenkadun koerakenteista on seurattu sekä kantavuusarvojen kehitystä että roudan syvyyttä 2000-luvun alkupuolella. Vaakatielle rakenne-

tuista koerakenteista mitattujen kantavuusarvojen kehittymistä on seurattu kahtena peräkkäisenä vuotena. Tarkemmat mittaustulokset on esitetty alla.

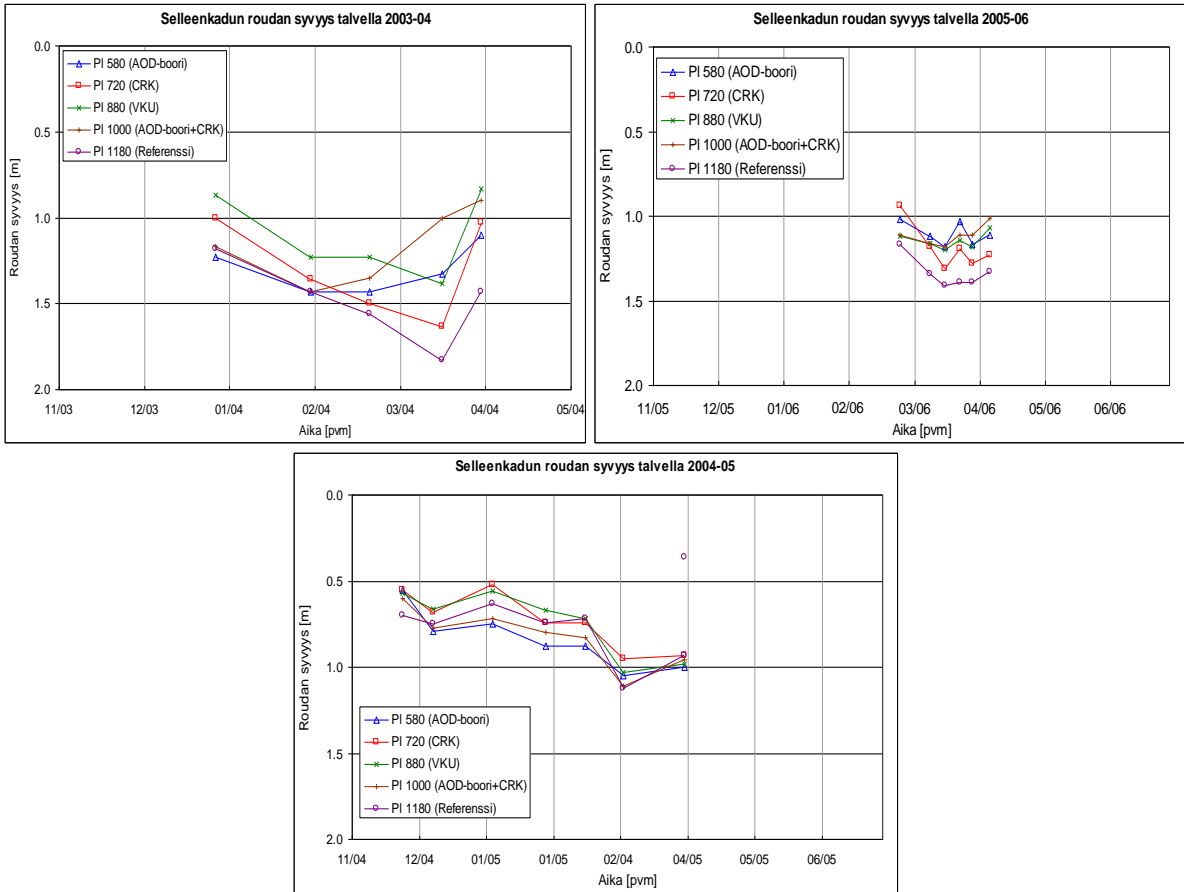
#### Selleenkadun koerakenteet, Tornion kaupunki

Koerakenne 1 plv 530-650	Koerakenne 2 plv 650-800	Koerakenne 3 plv 800-950	Koerakenne 4 plv 950-1100	Vertailu 5 plv 1100-1250
OKTOa-murske #0...32	OKTO-KKA #0...32	OKTO-KKA #0...32	OKTOa-murske #0...32	KaM #0...32
OKTOa-murske #0...63 450 mm	OKTO-KKA (CRK) #0...63 450 mm	OKTO-KKA (VKU) #0...63 450 mm	OKTOa-murske #0...56 200 mm OKTO-KKA (CRK) #0...90 250 mm	KaM #0...56 450 mm
OKTO-eriste 450 mm	OKTO-eriste 450 mm	OKTO-eriste 450 mm	OKTO-eriste 450 mm	OKTO-eriste 500 mm

Kuva 20. Selleenkadun rakennekerrokset.



Kuva 21. Selleenkadulta mitattujen kantavuusarvojen kehitys vuosina 2004-2007.

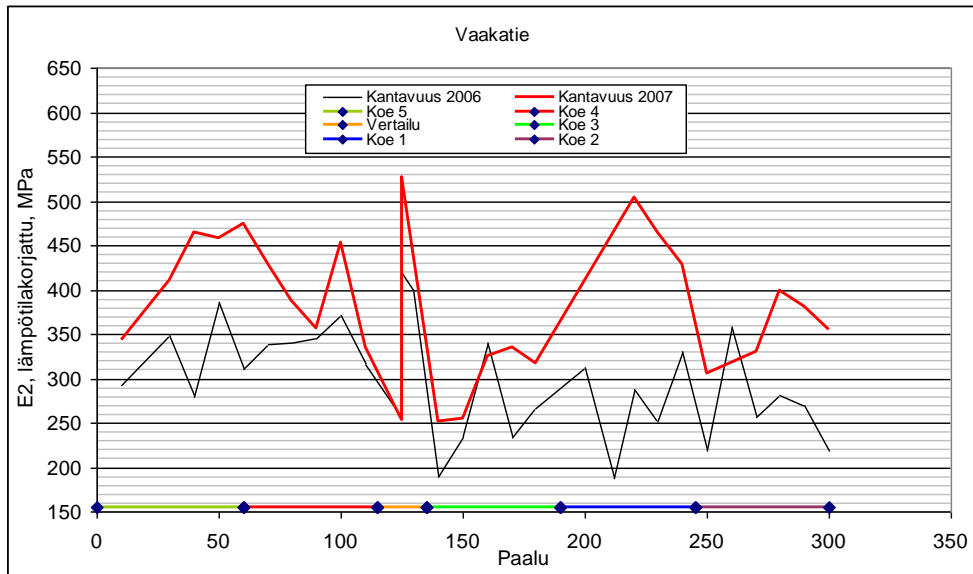


Kuva 22. Selleenkadun roudan syvyys vuosina 2003-2006.

Vaakatiin koerakenteet, OTW

Koe 1	Koe 2	Koe 3	Vertailukoerakenne	Koe 4	Koe 5
Pituus 50 m	Pituus 50 m	Pituus 50 m	Pituus 50 m	Pituus 50 m	Pituus 50 m
OKTOa 0/32 100 mm					
OKTO-KKA 0/32 900 mm	OKTOa-murske 0/32 450 mm	OKTOa-murske 0/55 450 mm	OKTOa-murske 0/55 450 mm	OKTOa-murske 0/55 450 mm	OKTOa-murske 0/32 450 mm
	OKTO-KKA 6/32 500 mm	OKTO-KKA 6/32 500 mm	OKTO-eriste 500 mm	OKTO-KKA 0/6 500 mm	OKTO-KKA 0/6 500 mm
	Suodatinkangas	Suodatinkangas	Suodatinkangas		
srHkMr	srHkMr	srHkMr	srHkMr	srHkMr	srHkMr
-Lämpötila (pt-100) -Kosteus (TDR) -Painuma (LVDT)	-Lämpötila (pt-100) -Kosteus (TDR)		-Lämpötila (pt-100)	-Lämpötila (pt-100) -Kosteus (TDR)	

Kuva 23. Vaakatiin koerakenteet.



Kuva 24. Vaakatieltä mitattujen kantavuusarvojen kehitys vuosina 2006-2007

## LIITE 4: Tie- ja katurakenteen kuormituskestävyyssmitoitus

Kuormituskestävyyssmitoituksen tavoitteena on estää raskaan liikenteen aiheuttama päällysteiden halkeilu sekä pysyvien muodonmuutosten synty pohjamaassa ja tie- tai katurakenteen rakennekerroksissa.

Alusrakenteella tarkoitetaan leikkauksen kohdalla tiivistettyä pohjamaata ja penkereen kohdalla pengertäytettä. Myös erilaiset pohjanvahvistukset sekä leikkaus- ja pengerluisat lasketaan kuuluviksi alusrakenteeseen.

Päällysrakenne on alusrakenteen päälle tuleva rakenne, jonka tehtävänä on ottaa vastaan liikenteen kuormitukset ja jakaa ne alusrakenteelle tasaisesti alusrakenteen kantavuuskykyä ylittämättä. Päällysrakenteeseen kuuluvat sidotut ja sitomattomat rakennekerrokset sekä siirtymäkiilat ja maalaatikko. Päällysrakenteen mitoituksessa tulee aina kuormituskestävyyssmitoituksen ohella ottaa huomioon routamitoitus.

Tiet on jaoteltu liikennemäärien mukaisesti kuormitusluokkiin ja kadut katuluokkiin.

Päällysrakennetta mitoitettaessa valitaan päällystetyypin ja kuormituskertaluvun avulla tieosalle kuormitusluokka. Kadulle valitaan katuluokka kadun liikenneteknisen tarkoituksen ja liikennemäärän mukaan.

Eri kuormitus- ja katuluokille on esitetty tavoitekantavuudet päällysteen ja kantavan kerroksen päältä. Odemarkin laskentakaavan avulla määritetään tierakenteelle sellaiset rakennemateriaalit ja rakennekerrospaksuudet, joilla saadaan täytettyä kuormitusluokan perusteella määritetty laskennallinen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä. Kantavan kerroksen päälle tehdään Tierakanteen suunnittelu- ohjeessa esitetty paksuus päällysteitä kuormitusluokan mukaan. Katurakenteet mitoitetaan Katu 2002 -ohjeen mukaan siten, että katuluokasta riippuva laskennallinen tavoitekantavuus täyttyy päällysteen päältä.

Tavoitekantavuudet määritetään Odemarkin laskentakaavan avulla:

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

missä	$E_Y$	mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus [MN/m <sup>2</sup> ]
	$E_A$	mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus [MN/m <sup>2</sup> ]
	$h$	mitoitettavan kerroksen paksuus [m]
	$E$	mitoitettavassa kerroksessa käytettävän materiaalin E-moduuli [MN/m <sup>2</sup> ]
	0,15	kuormittavan pyörän kosketuspinnan laskennallinen säde [m]

Laskennallisen kantavuuden mitoittaminen Odemarkin menetelmällä edellyttää, että tunnetaan sekä pohjamaan että rakennekerrosten materiaalien E-moduulit. Odemarkin laskentakaavan avulla voidaan laskea mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus ( $E_Y$ -arvo), kun tunnetaan kerrospaksuus  $h$ , kerrosmateriaalin E-moduuli ( $E$ ) ja mitoitet-

tavan kerroksen alta saavutettava kantavuus ( $E_A$ -arvo). Vastaavasti voidaan laskea, kuinka paljon rakenteen laskennallinen kantavuus lisääntyy rakenteen paksuutta kasvattamalla. OKTO-eristeelle ja OKTO-murskeelle käytetään mitoituksessa moduulien 6x -sääntöä luonnonkiviainesten tapaan.

## LIITE 5: Tie- ja katurakenteen routamitoitus

Routimisen rajoittamisella pyritään routanousuerojen ja näistä aiheutuvien tien pinnan epätasaisuuksien ja halkeamien vähentämiseen. Routamitoituksen lähtökohtana on mitoituspaikkakuntaa koskevan pakkasmäärän valinta. Routamitoitus tehdään yleensä mitoituspaikkakunnalla kerran 5 tai 10 vuodessa toistuvan mitoituspakkasmäärän mukaan. Väyläviraston mitoitusohjeessa käytetään mitoitusroudansyvyyttä. Routimista ei yleensä pyritä kokonaan estämään, vaan se pyritään rajoittamaan niin pieneksi, että ongelmia ei pääse syntymään. Tielle sallittavan routanousun suuruuteen vaikuttavat tien vaatimusluokka, pohjamaan tasalaatuisuus ja tierakenteen vaurioherkkyys. Kadulle sallittavan routanousun suuruuteen vaikuttavat katu- luokka sekä päällysteen laatu (kiveys, sora, asfaltti).

Routamitoitus voidaan suorittaa routamitoitusohjelmia käyttäen (analyttinen mitoit- tus), kun rakenne- ja pohjamaamateriaalien lämpötekniset ja routivuusominaisuudet ovat tiedossa. Routanousu voidaan laskea pohja- maan routimiskertoimen (segregaatiopotentii-

aali) ja routivan kerroksen lämpötilagradientin avulla.

Väyläviraston hallinnoimissa suunnittelu- kohteissa routamitoitus tehdään soveltamalla Tierakenteen suunnittelu -ohjeessa esitettyä mitoitusmenettelyä, jossa lasketaan tieraken- teen laskennallinen routanousu. Laskennalli- sen routanousun tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin sallittu routanousu.

Laskennallinen routanousu perustuu mi- toitusroudansyvyyteen, joka on määritetty olettaen, että kaikki päällysrakennekerrokset olisivat hiekkaa. Näin ollen mitoitettavan ra- kenteen todelliset kerrospaksuudet on muu- tettava ensin hiekkaa vastaaviksi laskennalli- siksi paksuuksiksi. Muunnetun päällysraken- teen laskennallinen paksuus  $R_{Red}$  saadaan kaavalla 2.

Yleensä voidaan olettaa, että tien raken- nekerrokset tehdään routimattomasta materi- aalista. Tällöin riittää routaantuvan alusra- kennekerroksen paksuuden määrittäminen (kaava 3), jonka avulla saadaan laskettua laskennallisen routanousun suuruus (kaava 4).

$$R_{Red} = (a_1 \cdot R_1) + (a_2 \cdot R_2) + (a_3 \cdot R_3) + \dots + (a_i \cdot R_i) \quad (2)$$

jossa  $R_{Red}$  päällysrakenteen laskennallinen, muutettu kokonaispaksuus [mm]  
 $R_1 \dots R_i$  rakennekerroksen  $i$  paksuus [mm]  
 $a_1 \dots a_i$  rakennekerroksen  $i$  materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta.  
OKTO-eristeen vastaavuus eristävyden kannalta on 1,5 ja OKTO-murskeen 1,1.

$$P = S - R_{Red} \quad (3)$$

jossa  $P$  routaantuvan alusrakennekerroksen paksuus [mm]  
 $S$  mitoittava roudan syvyys  
 $R_{Red}$  päällysrakenteen laskennallinen, muutettu kokonaispaksuus [mm].

$$RN_{lask} = P \cdot t / 100 \quad (4)$$

jossa  $RN_{lask}$  tierakenteen laskennallinen routanousu [mm]  
P routaantuvan alusrakennekerroksen paksuus [mm]  
t alusrakenteen routaturpoama [%].

Alusrakenteen routaturpoama (t) riippuu pohjamaan alusrakenneluokasta ja se vaihtelee pohjamaan routivuudesta riippuen välillä 0...16 %. Jos päällysrakenteessa käytetään routivaa materiaalia, jonka routaturpoama on yli 3 %, on sen vaikutus laskennalliseen routanousuun laskettava erikseen kaavalla 4. Tällöin P on routivan rakennekerroksen paksuus.

Katu 2002 -suunnitteluohjeen mukaan katurakenteiden laskennallinen routanousu voidaan laskea erilaisilla laskentaohjelmilla tai ohjeen liitteenä olevien mitoituskäyrästäjien avulla.

## LIITE 6: Tie- ja katurakenteen mitoitusesimerkit

### Mitoitusesimerkit Väyläviraston ohjeiden mukaisesti

Väyläviraston ohjeiden mukaan tierakenteiden kuormituskestävyyksimitoitust perustuu Odemarkin laskentakaavaan ja routamitoitus laskennalliseen routanousuun. Alla on esitetty kaksi mitoitusesimerkkiä tierakenteen kuormituskestävyys- ja routamitoituksesta (kuvat 25 ja 26).

Ensimmäisen mitoitusesimerkki on tehty aiemmin voimassa olleen Tiehallinnon ohjeen mukaisesti (TIEH 2100029-04). Tässä mitoitusesimerkissä mitoitetaan Oulun seudulla rakennettavan vaatimusluokan V2, kuormitusluokan 6,0 AB tierakenne siten, että kantava ja jakava kerros tehdään kalliomurskeesta tai

OKTO-murskeesta sekä suodatinkerros OKTO-eristeestä. Tierakenteen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä on 160 MN/m<sup>2</sup> ja päällysteen päältä 285 MN/m<sup>2</sup>. Sallittu routanousu on 70 mm, kun pohjamaa on tasalaatuista. Mitoituksessa käytetään Oulun alueen mitoitusroutan syvyyttä 1,9 m. Alusrakenneluokassa tF määräävä mitoituskriteeri on kuormituskestävyyksimitoitust ja alusrakenneluokassa tH sekä tI routamitoitust (kuva 26). Rakennekerrosten paksuus vaihtelee välillä 0,75...1,18 m riippuen alusrakenneluokasta.

Routanousun laskeminen Tiehallinnon turpoamakerroinmenetelmällä													<b>DESTIA</b>								
Kuormituskestävyyksimitoitust Odemarkin kaavalla																					
Projekti:	OKTO-eriste rakenne																				
Kohde:	Esimerkki											Laskija: TH									
Huom.:												Tilaja: Tiehallinto									
											Pvm: 24.9.2009										
Mitoitusroutansyvyys S [m]:	1,9 [m]																				
Vaatusluokka:	V2			V2			V2														
Kuormitusluokka:	6,0 AB			6,0AB			6,0AB														
Alusrakenneluokka:	tF			tH			tI														
Rakenne (tyyppi):	6,0 AB; V2 - 1900			6,0AB; V2 - 1900			6,0AB; V2 - 1900														
Rakenne (pituus):	tF-700-M			tH-1090-M			tI-1190-M														
Paaluväli:																					
Kerros	Materiaal	R <sub>i</sub> [m]	a <sub>i</sub>	t[%]	n	E[MN/m <sup>2</sup> ]	E	Materiaal	R <sub>i</sub> [m]	a <sub>i</sub>	t[%]	n	E[MN/m <sup>2</sup> ]	E	Materiaal	R <sub>i</sub> [m]	a <sub>i</sub>	t[%]	n	E[MN/m <sup>2</sup> ]	E
Päällyste	AB	0,10	1,00	0	0	2500	298	AB	0,10	1,00	0	0	2500	326	AB	0,10	1,00	0	0	2500	334
Kantava	KaM	0,20	0,90	0	6	280	171	KaM	0,20	0,90	0	6	280	192	KaM	0,20	0,90	0	6	280	199
Jakava	KaM	0,25	0,90	0	6	280	115	KaM	0,25	0,90	0	6	280	141	KaM	0,25	0,90	0	6	280	149
Suodatin	OKTO	0,15	1,50	0	6	100	50	OKTO	0,54	1,50	0	6	100	70	OKTO	0,64	1,50	0	6	100	78
Pohjamaan routapaisumiskerroin/kantavuus	6		35		12		20		16		20										
	[%]		[MN/m <sup>2</sup> ]		[%]		[MN/m <sup>2</sup> ]		[%]		[MN/m <sup>2</sup> ]										
RN <sub>lask</sub>	70 [mm]			RN <sub>sall</sub> 70 [mm]			70 [mm]			RN <sub>sall</sub> 70 [mm]			70 [mm]			RN <sub>sall</sub> 70 [mm]					
Rakennekerrosten paksuus	0,70 [m]			1,09 [m]			1,19 [m]			1,19 [m]			1,19 [m]			1,19 [m]					
Kantavuus päällysteen päältä	298 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 285 [MN/m <sup>2</sup> ]		326 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 285 [MN/m <sup>2</sup> ]		334 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 285 [MN/m <sup>2</sup> ]		334 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 285 [MN/m <sup>2</sup> ]		334 [MN/m <sup>2</sup> ]				
Kantavuus kantavan päältä	171 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 160 [MN/m <sup>2</sup> ]		192 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 160 [MN/m <sup>2</sup> ]		199 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 160 [MN/m <sup>2</sup> ]		199 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub> 160 [MN/m <sup>2</sup> ]		199 [MN/m <sup>2</sup> ]				

Kuva 25. Esimerkki OKTO-eristerakenteen kuormituskestävyyks- ja routamitoituksesta aikaisemmin voimassa olleen Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaista mitoitustmenettelyä käyttäen.



Toisessa mitoitusesimerkissä mitoitetaan erillinen jalankulku- ja pyörätie Tornioon ja vertaillaan kahta eri rakennetta. Toisessa rakenteessa käytetään suodatinkerroksessa OKTO-eristettä ja toisessa hiekkaa. Molemmissa rakenteissa päällysteen sekä kantavan ja jakavan kerroksen paksuudet ovat samat ja suodatinkerroksen paksuus määräytyy siten,

että tierakenteen laskennallinen routanousu on sallittua routanousua pienempi. Mitoitusesimerkin tulokset on esitetty kuvassa 26 ja kuten siitä nähdään, käytettäessä OKTO-eristettä saadaan ohuempia tierakenteita kuin käytettäessä hiekkaa. Routivalla pohjamaalla tämä johtuu siitä, että OKTO-eristeen lämmöneristävyys on suurempi kuin hiekalla.

Mitoitusroutansyvyys S [m]:			2,0		[m]									
Vaatusluokka:	K1						K1							
Kuormitusluokka:	Erillinen JK + PP-tie						Erillinen JK + PP-tie							
Alusrakenneluokka:	tJ						tJ							
Rakenne (tyyppi):	Erillinen JK + PP-tie; K1 - 2000						Erillinen JK + PP-tie; K1 - 2000							
Rakenne (pituus):	tJ-1090-						tJ-1440-							
Huom!	Suodatinkerros OKTO-eristeestä						Suodatinkerros hiekasta							
Kerros	Materiaali	R <sub>t</sub> [m]	a <sub>t</sub>	t[%]	n	E[MN/m <sup>2</sup> ]	E	Materiaali	R <sub>t</sub> [m]	a <sub>t</sub>	t[%]	n	E[MN/m <sup>2</sup> ]	E
Päällyste	AB	0,04	1,00	0	0	2500	170	AB	0,04	1,00	0	0	2500	158
Kantava	KaM 0/32	0,15	0,90	0	6	200	144	KaM 0/32	0,15	0,90	0	6	200	133
Jakava	KaM 0/45	0,20	0,90	0	6	200	121	KaM 0/45	0,20	0,90	0	6	200	108
Suodatinkerros	OKTO-eriste	0,70	1,50	0	6	100	82	Hk	1,05	1,00	0	6	70	67
							20							20
							20							20
							20							20
							20							20
							20							20
							20							20
							20							20
Pohjamaan routapaisumiskerroin/kantavuus			16		20						16		20	
			[%]		[MN/m <sup>2</sup> ]						[%]		[MN/m <sup>2</sup> ]	
RN <sub>ask</sub>	95 [mm]		RN <sub>sall</sub>		100 [mm]				95 [mm]		RN <sub>sall</sub>		100 [mm]	
Rakennekerrosten paksuus	1,09 [m]								1,44 [m]					
Kantavuus päällysteen päältä	170 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub>		120 [MN/m <sup>2</sup> ]				158 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub>		120 [MN/m <sup>2</sup> ]	
Kantavuus kantavan päältä	144 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub>		100 [MN/m <sup>2</sup> ]				133 [MN/m <sup>2</sup> ]		E <sub>vaad</sub>		100 [MN/m <sup>2</sup> ]	

Kuva 26. Vertailu OKTO-eristerakenteen ja hiekkarakenteen kuormituskestävyys- ja routamitoituksesta voimassa olevan Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaista mitoitustapaa käyttäen.

### Mitoitusesimerkki Katu 2002 -ohjeen mukaan

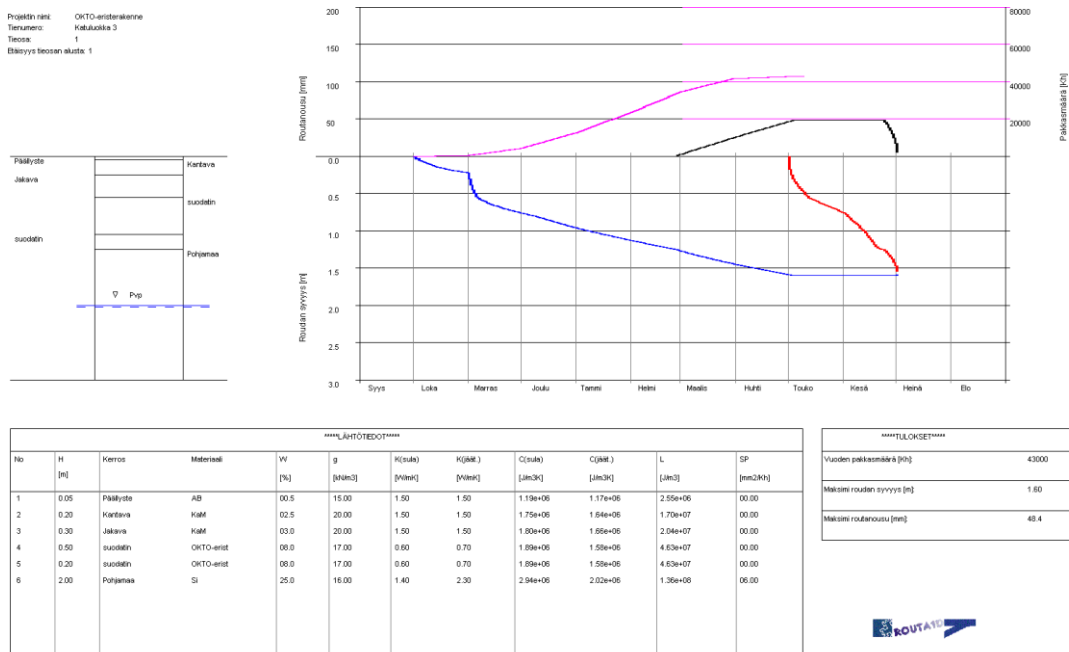
Kunnilla ja kaupungeilla katujen kuormituskestävyysmitoitus perustuu Odemarkin laskentakaavaan (1). Routamitoitus tehdään yleensä laskemalla rakenteen sallittu routanousu esimerkiksi erilaisilla laskentaohjelmilla. Roudan vaikutusta voidaan myös arvioida laskemalla roudan tunkeutuminen pohjamaahan tai arvioimalla Katu 2002 -ohjeen liitteinä olevien mitoituskäyrästä avulla routanousun riippuvuutta päällysrakenteen paksuudesta routivuudeltaan erilaisissa pohjaolosuhteissa.

Oheisessa mitoitusesimerkissä mitoitetaan katuluokan 3 katurakenne siten, että

suodatinkerros tehdään OKTO-eristeestä. Kantava ja jakava kerros tehdään OKTO-murskeesta tai kalliomurskeesta. Katurakenteen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä on 160 MN/m<sup>2</sup> ja sallittu routanousu on 50 mm. Pohjamaa on silttiä, jonka kantavuus on 10 MN/m<sup>2</sup> ja routimiskerroin 6 mm<sup>2</sup>/Kh. Mitoituksessa käytetään kerran 10 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää, joka on Oulun alueella F<sub>10</sub> = 43000 Kh. Esimerkissä routamitoitus on määräävä ja rakennekerrosten paksuudeksi tulee 1,25 m (kuvat 27 ja 28).

materiaalin nimi	paksuus (m)	Kinnomoduulit			Kantavuus (MN/m <sup>2</sup> )
		annettu (MN/m <sup>2</sup> )	Max 6 x	käytetty (MN/m <sup>2</sup> )	
AB	0.05	2500	0	2500	223
Kantava KaM	0.20	280	1	280	182
Jakava KaM	0.30	200	1	200	128
OKTO-eriste	0.20	100	1	100	69
OKTO-eriste	0.20	100	1	100	51
OKTO-eriste	0.15	100	1	100	31
OKTO-eriste	0.15	100	1	60	18
$\bar{\sigma}$	1.25				10

Kuva 27. Esimerkki OKTO-eristerakenteen kantavuusmitoituksesta Odemarkin menetelmää käyttäen.



Kuva 28. Esimerkki OKTO-eristerakenteen routamitoituksesta.

## LIITE 7: OKTO®-rakennustuotteiden käyttökohteita vuosina 2006-2019

### OKTO-eriste

Haaparannan, Kalixin kauppakeskuksen pohjarakennustyöt, Ruotsi

VT4 Kemin moottoritien suodatinkerros

Tornion kaupungin kadunrakennuskohteet

Outokumpu Stainless Oy:n rakentamiskohteet

Oulun kaupungin rakentamiskohteet

Kemin kaupungin kadunrakennuskohteet

Riukkajängän kaatopaikan rakenteet

Raatin urheilukentän rakenteet, Oulu

Kromitien suodatinkerros, Tornio

Kauppakeskus Prisma, Tornio

Kelkkatehtaan pohjarakenteet, Rovaniemi

Kauppakeskus Kodin Terra, Rovaniemi

Kauppakeskus Jounin kauppa, Ylläs

Kauppakeskus Revontuli, Rovaniemi

VT4 Kempele-Kello, pyörätie ja rampit

Kromitie-Thurevikinkatu liikennejärjestelyt, Tornio

Haaparannan kaupungin kadunrakennuskohteet

Lapin Kumi, toimitilat, Kemi

Lehtonen Yhtiöt, terminaali, Kempele

Omakotitalo, teollisuus- ja liiketilojen pohja-, sisä- ja piha-alueiden täytöt ja eristekerrokset, Tornio, Kemi, Rovaniemi, Oulu

### OKTO-murskeet

I-luokan asfalttikiviainekset, Viro

I-luokan asfalttikiviainekset, Oulu, Kemi, Tornio, Rovaniemi

Salaoja- ja kapillaarikatkomateriaali, tie- katu-, ympäristö-, asuin- liike- ja teollisuusrakentaminen, Tornio, Kemi, Rovaniemi, Oulu

Hiekkoitussepele, Tornio, Kemi, Oulu

### Croval-runkoaine

Uunien ja takkojen valmistus, Suomi, Viro

Kuumuutta kestävät betonirakenteet, Outokumpu Tornio

**DESTIA**

A COLAS COMPANY

**OUTO  
KUMPU**