

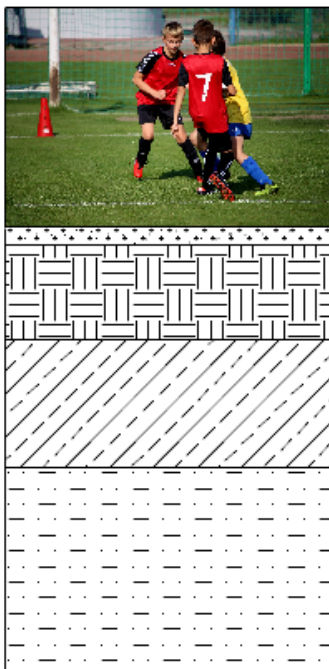


UUSIOMATERIAALIT MAARAKENTAMISESSA  
OHJELMA 2013-2017

UUMA 2

## UUMA 2

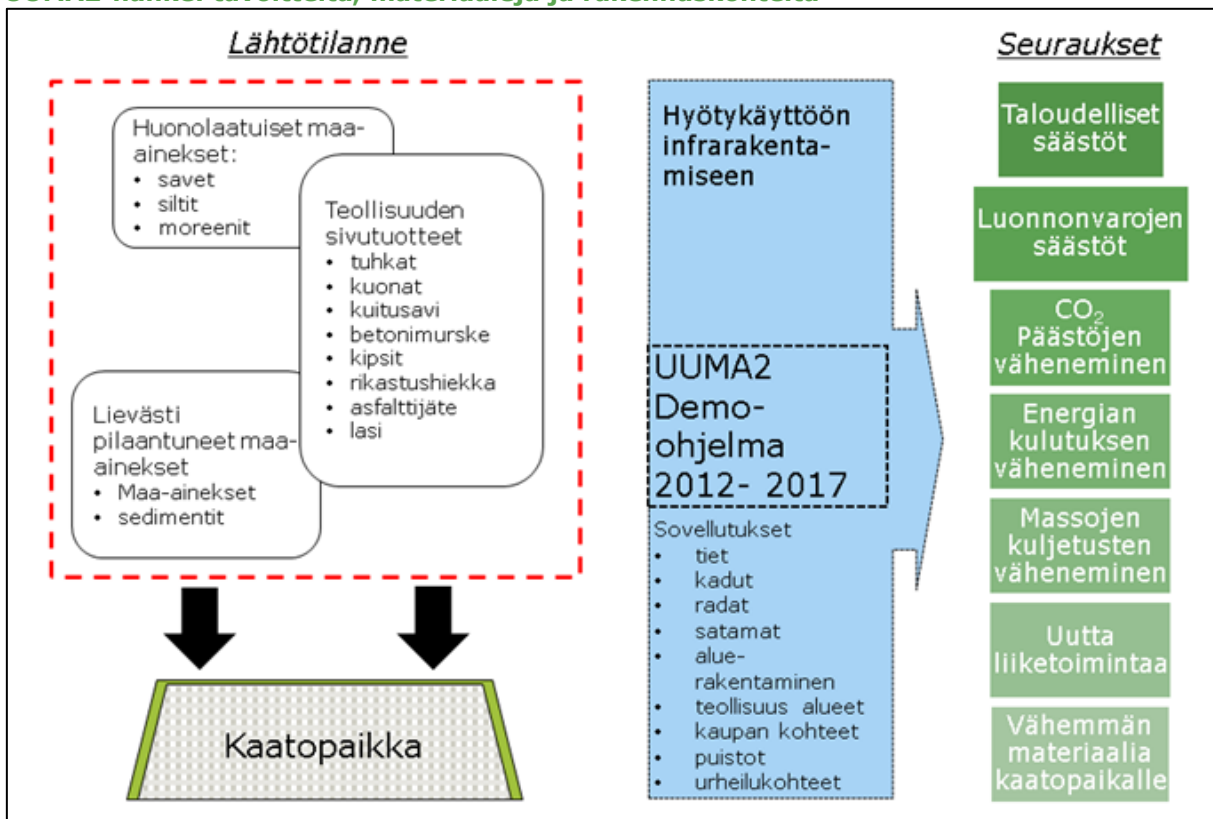
### UUSIOMATERIAALIT LIIKUNTAPAIKKARA- KENTAMISESSA



Liikuntapaikka	Hyödynetään
Päällysrakenne	Teollisuuden sivutuotteita
Mahdollinen pengeri	Teollisuuden sivutuotteita tai ylijäämämaita
Pohjamaa	Pehmeikön massastabilointi käyttäen teollisuuden sivutuotteita sideaineseoksissa

Päivämäärä **12.12.2017 (päivitetty 10.9.2018)**  
 Laatijat **A.Mäkinen, M. Koivulahti, P. Lahtinen, J. Forsman, Tuomas Suikkanen, H. Jyrävä.**  
 Tarkastaja/  
 Hyväksyjä **E.Metsäranta, OPM**  
 Kommentoijat **UUMA2-hanke: Ohjausryhmä, Työvaliokunta, Tekninen kelpoisuus ja ohjeet ryhmä**  
 Viite **1510004722**

**UUMA2-hanke: tavoitteita, materiaaleja ja rakennuskohteita**



## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAALIT</b>	<b>6</b>
2.1	Lainsäädäntö	6
2.2	Uusiomateriaalit	6
2.3	Materiaalien erityispiirteistä ja huomioitavia ominaisuuksia	6
<b>3.</b>	<b>SOVELLUTUKSET</b>	<b>11</b>
3.1	Pehmeäpohjaiset alueet ja vanhat rakenteet	11
3.2	Kenttä-alueiden päällysrakenteet	13
3.2.1	Ulkokentät	13
3.2.2	Hiekkakentät	17
3.2.3	Nurmikentät	18
3.2.4	Tekonurmikentät	18
3.2.5	Pesäpallkentät	19
3.2.6	Jäädettävät kentät	19
3.2.7	Urheilukenttien juoksuradat ja yleisurheilun suorituspaikat	20
3.3	Lähiliikuntapaikat	20
3.3.1	Liikunta- ja kuntoradat	20
3.3.2	Maastopyöräilyradat	20
3.3.3	Muita liikunta-alueita	21
3.4	Golf-kentät	21
3.5	Hevosurheilu-alueet	22
3.6	Katetut kentät	22
3.7	Maavallikatsomot	23
3.8	Liikuntapaikkojen piha- ja pysäköintialueet	23
<b>4.</b>	<b>UUSIOMAARAKENTAMISEN TOTEUTUS</b>	<b>24</b>
4.1	Lähtötietojen hankinta	25
4.2	Pohjatutkimukset	25
4.3	Esiselvitys uusiomateriaaleista ja uusiomateriaalisovelluksista	26
4.4	Materiaalitutkimukset ja suunnittelu	26
4.4.1	Materiaalitutkimukset laboratoriossa	26
4.4.2	Rakenteiden suunnittelu ja materiaalien jalostaminen	27
4.4.3	Kuivatuksen erityispiirteet	27
4.4.4	Rakentamisen suunnittelu (työohjeet ja työtekniikan erityispiirteet)	27
4.4.5	Rakentamisen laadunvarmistus	28
4.5	Ympäristö- ja lupaprosessi	28
4.6	Urakkakilpailu	28
4.7	Rakennusmateriaalien keruu ja varastointi	28
4.8	Rakentaminen ja laadunvalvonta	29
4.9	Seurantatutkimukset ja raportointi	29
4.10	Käyttöönotto	29
<b>5.</b>	<b>Lähteet</b>	<b>30</b>

## **LIITTEET**

LIITE 1, lainsäädäntö (4 s.)

LIITE 2, joidenkin uusiomateriaalien esittely (14 s.)

LIITE 3, case-esimerkkejä (7 s.)

LIITE 4, materiaalien sekoituslaitteistoja ja työmenetelmiä (4 s.)

LIITE 5, tarkistuslista tehtävistä toimenpiteistä sivutuotteilla toteutettavassa  
liikuntapaikkaprojektissa (1 s.)

LIITE 6, lista oppaan laatimiseen ja kommentointiin osallistuneista tahoista (1 s.)

## 1. JOHDANTO

Uusiomaarakentamisella eli UUMA-rakentamisella pyritään vähentämään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Valtakunnallinen uusiomaarakentamista edistävä UUMA-ohjelma käynnistettiin ympäristöministeriön toimesta vuonna 2006 ja sitä seurasi UUMA2-ohjelma 2013-2017. UUMA2-hankkeen tavoitteita, materiaaleja ja rakennuskohteita on esitelty sivun 2 kuvassa. Uusiomaarakentamisella edistetään EU:n kiertotalouspakettia (Euroopan komissio 2015), valtakunnallista kiertotalousohjelmaa, vähennetään hiilidioksidipäästöjä sekä säästetään luonnonvaroja kustannustehokkaalla tavalla.

Maarakentamisessa käytettäviä luonnon kiviaineita voidaan korvata uusiomateriaaleilla, joita saadaan mm. teollisuuden sivutuotteista ja jätteistä, ylijäämämaista sekä vanhojen maarakenteiden materiaaleista. Esimerkiksi teollisuuden sivutuotteita ja jätteitä voidaan käyttää maarakentamisessa joko sellaisenaan tai komponentteina korvaamassa neitseellisiä kiviaineita tai parantamalla niiden ominaisuuksia. Osaa teollisuuden sivutuotteista ja jätteistä voidaan käyttää sideaineena stabiloinneissa. Tietyiltä ominaisuuksiltaan teollisuuden sivutuotteet ja jätteet ovat luonnon kiviaineita vastaavia tai jopa parempia. Sivutuotteilla ja jätteillä on usein sellaisia ominaisuuksia (esimerkiksi lämmöneristävyyttä), jotka mahdollistavat kokonaisrakennepaksuuden ohentamisen, jolloin voidaan säästää kaivuissa, kaivumaiden kuljetuksissa sekä materiaalikustannuksissa ja säästää myös kustannuksiltaan edullisempi rakenne. Optimitapauksessa uusiomateriaalia ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja, jolloin säästyy polttoainetta ja kasvihuonepäästöt alenevat.

Maarakentamisessa hyödynnettävissä olevia sivutuotteita ja jätteitä syntyy Suomessa usealla merkittävällä teollisuuden alalla. Yleisimpiä ovat energian kivihiilen, turpeen ja puuperäisten polttoainesten poltossa syntyvät pohja- ja lentotuhkat. Muita merkittävissä määrin syntyviä ovat paperi- ja kartonkiteollisuuden eri prosesseissa syntyvät kuitu- ja siistauslietteet (eli kuitusavi), kaivosteollisuuden sivukivet ja rikastusprosesseissa syntyvät rikastushiekat, rakennusteollisuuden purkutoiminnoissa syntyvät betoni- ja tiilimurskeet, kierrätystoiminnoissa syntyvät rengasrouheet sekä metalliteollisuudessa ja jätteenpoltossa syntyvät erilaiset kuonat.

Tämä ohje käsittelee ulkoliikuntapaikkoja, joissa on merkittäviä mahdollisuuksia uusiomaarakentamiselle. Liikuntapaikkojen ja niihin liittyvien toimintojen monimuotoisuus mahdollistaa uusiomateriaalien monipuolisen käytön esimerkiksi liikunta- ja urheilukenttien, liikuntapuistojen ja reittien, sekä näihin liittyvien piha- ja pysäköintialueiden rakenteissa. Käynnistettävässä liikuntapaikkahankkeessa tulisi heti alussa selvittää uusiomateriaalien käyttömahdollisuudet ja lähitulevaisuudessa tätä tullaan edellyttämään kaikissa hankkeissa.

Tässä ohjeessa on esitelty erilaisia liikuntapaikkasovellutuksia ja tyyppirakenteita, uusiomateriaaleja, lainsäädäntöä, heikkolaatuisten maa-ainesten jalostamista, rakenteiden kuivatusta sekä uusiomaarakenteiden toteutusta. Tämä opas ei ole ”kaiken kattava” vaan uusiomateriaaleja voidaan käyttää myös muissa rakennuskohteissa ja -osissa tässä esitettyjen käyttötapojen lisäksi. Tämä liikuntapaikkaohje avaa uusiomateriaaleilla toteutettavan hankkeen läpivientiprosessia kaikkien, nostaa esiin erityisesti huomioitavia asioita sekä esittelee materiaalien ominaisuuksia ja mahdollisia käyttökohteita pääpiirteissään. Osa uusiomaarakentamisesta poikkeaa perinteisestä maarakentamisesta ja vaatii siksi erikoisosaamista rakennuttajalta, suunnittelijalta, laboratoriotutkimusten tekijältä, urakoitsijalta ja laadunvalvojalta. Kuten muussakin liikuntapaikkarakentamisessa, on tärkeää tehdä suunnittelussa ja toteutuksessa yhteistyötä kyseessä olevan urheilumuodon ja sen vaatimukset tuntevan erikoisasiantuntijan kanssa.

Tämän oppaan laatimiseen ja kommentointiin osallistuneet tahot on esitetty liitteessä 6.

Tämä ohje, tietoa uusiomateriaaleista ja niiden käyttösovellutuksista, sekä paljon muuta uusiomaarakentamiseen liittyvää informaatiota löytyy UUMA2-ohjelman internetsivustolta osoitteesta [www.uusiomaarakentaminen.fi](http://www.uusiomaarakentaminen.fi).

## 2. MATERIAALIT

### 2.1 Lainsäädäntö

Uusiomateriaalin, jota koskee jätelainsäädäntö, hyötykäyttö on mahdollista pääsääntöisesti kahdella eri menettelyllä - joko ilmoitusmenettelyllä (ns. MARA-asetuksen mukainen rekisteröinti-ilmoitus) tai ympäristöluvalla. Harvinaisempana mahdollisuutena kysymykseen tulee joissakin kunnissa käytössä oleva rekisteröintimenettely pienille uusiomateriaalimäärille sekä selvästi koetointityyppisissä tapauksissa koetointailmoituksen mukainen menettely. Tuotteistettu uusiomateriaali ei tarvitse lupamenettelyä.

Uusiomateriaaleja koskeva ympäristölainsäädäntö on esitelty yksityiskohtaisemmin liitteessä 1.

### 2.2 Uusiomateriaalit

Uusiomateriaalit mahdollistavat usein kevyempien ja ohuempien rakenneratkaisujen toteuttamisen kuin luonnonmateriaalit. Tämä voi johtaa kaivumaiden, rakennemateriaalien ja kuljetusten sekä myös murskattujen kiviainesten tarpeen vähenemiseen ja tätä kautta energia- ja kustannussäästöihin sekä ympäristökuormituksen (esim. CO<sub>2</sub>) pienenemiseen.

Uusiomateriaaleja voidaan käyttää maarakentamisessa sellaisenaan, seoksina keskenään, seoksena maa- ja kiviaineksen kanssa tai kaupallisella sideaineella jalostettuna tai siten että uusiomateriaali toimii sideaineena. Eli hyödyntäminen tapahtuu:

- massiivirakenteena
- seosaineena \* ja/tai
- sideaineena.

\* Seosaine voi olla joko täyteainetta, joka jalostaa runkoaineen ominaisuuksia tai se voi olla runkoainetta.

Taulukossa 2.2 esitetty yhteenveto uusiomateriaaleista, jotka on toteutettujen kohteiden kokemusten perusteella havaittu soveliaiksi liikuntapaikkarakentamiseen. Ko. materiaalit on esitelty yksityiskohtaisemmin liitteessä 2.

### 2.3 Materiaalien erityispiirteistä ja huomioitavia ominaisuuksia

Esimerkkejä liikuntapaikkarakentamisen suunnittelu- ja rakentamisohjeistuksesta on esitetty taulukossa 2.1. Taulukossa on esitetty myös uusiomateriaali- ja menetelmäohjeita, joita voidaan soveltaa liikuntapaikkarakentamisessa.

Uusiomateriaalien käsittely, tyyppilliset "rakennettavuusominaisuudet" sekä rakentamisessa käytettävät välineet ja koneet ovat useimmiten pääpiirteissään samoja kuin perinteisillä maa-aineksilla rakennettaessa. Joitain erityispiirteitä ja huomioitavia seikkoja uusiomaarakentamisessa kuitenkin on. Jotkut materiaalit on esimerkiksi suositeltavaa varastoida kosteudelta ja sääolosuhteilta suojattuna, jottei käsiteltävyys- ja rakennettavuusominaisuudet tai materiaalien omaama hyötykäyttöpotentiaali heikkene. Logistiikan, varastoinnin ja käsiteltävyyden suhteen on huomioitava myös toiminta-aika veden ja/tai sideaineen sekoittamisen jälkeen. Näitä huomioitavia tyyppillisiä ominaisuuksia tai huomioon otettavia erityispiirteitä on esitetty taulukossa 2.2.

**Taulukko 2.1 Esimerkkejä Liikuntapaikkarakentamisen ohjeista sekä uusiomaarakentamisen ohjeista, joita voidaan soveltaa liikuntapaikkarakentamiseen.****Liikuntapaikkojen suunnitteluohjeita** (Opetus- ja kulttuuriministeriö, Rakennustieto Oy)

Urheilukenttien suunnittelu- ja rakentamisopas. No 82, 2002.  
Ratsastuskeskusten suunnittelu- ja rakentamisopas. No 86, 2005.  
Ampumarataopas. No 87, 2005.  
Rullalautailualueiden suunnittelu ja rakentaminen. No 95, 2008.  
Ratsastuspohjaopas, No 100, 2011.

**Muita liikuntapaikkojen suunnitteluohjeita**

Maavalli- ja rinnekatsonot, Infra 66-710136 RT 97-10263, 2014.  
Ulkoliikuntapaikkarakenteiden ja -varusteiden perustukset, Infra 66-710122.  
RT 97-11135, 2013.  
Tenniskentät, Infra 66-710065, 2011 .  
Kuntoreitit, Infra 66-710075, 2011.  
Tallirakentaminen ja tekniikan hyödyntäminen, Opas 2/4, Hevosyritys huippukuntoon (2010-2013), Hämeen ammattikorkeakoulu.  
Ampumarataopas 2005. Suomen Ampumaurheiluliitto.

**Liikuntapaikkojen ympäristövaikutukset ja elinkaarikustannukset**

Liikuntapaikkarakentamisen ympäristövaikutukset. No 91, 2007.  
Ulkoliikuntapaikkojen laatuluokitus ja elinkaarikustannusten arviointi, No 108.

**Liikuntapaikkarakentamisen yleiset laatuvaatimukset**

InfraRYL, osa 4, Liikunta- ja virkistyspaikkojen rakenteet 2006.

**Materiaaliohjeita**

Hiekkakenttien ylläpitäjän ja perusparantajan opas 2008, Ramboll Finland Oy (mm. kuitusavi, rengasrouhe, suotokakku).  
Urheilukentän perusparantaminen uusiomaarakennustekniikalla, kuitutuhkarakenteet, Opetusministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu 2002, SCC Viatek.  
Tuhkarakentamisen käsikirja. Energiatuotannon tuhka väylä-, kenttä- ja maarakenteissa, 2012, Ramboll (+ useita muita).  
Tuhkan käyttö maarakentamisessa – metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit, Infra 062-710191.  
Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakenteissa. Teknologia katsaus 91/2000 (Innogeo + muita).  
Foamit®-vaahtolasimurske, Suunnittelu- ja rakennusohje 2012, Uusioaines Oy.  
Betoroc®-murskeohje 06/2015, Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun, Rudus Oy.  
Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.  
LD-masuunihiekan suunnittelu- ja rakentamisperusteet tie-, katu- ja maarakenteissa. Ruukki Metals Oy ja WSP Finland Oy 2014.

**Menetelmäohjeita**

Massastabilointikäsikirja 2014, Ramboll (+ useita muita).  
Syvästabiloinnin suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 17/2018.

**Taulukko 2.2 Liikuntapaikkarakentamiseen soveltuvia uusiomateriaaleja, mahdollisia käyttökohteita liikuntapaikoilla sekä erityispiirteitä, jotka tulee huomioida rakentamisen eri vaiheissa. Valokuvat materiaaleista on esitetty taulukossa 2.3.**

<b>Uusiomateriaali</b>	<b>Erityispiirteitä ja ominaisuuksia</b>	<b>Käyttökohteita liikuntapaikkarakentamisessa</b>	<b>Kuljetus, varastointi</b>	<b>Käsiteltävyys, työstettävyys, pölyäminen</b>
Asfalttimurske	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "puolisidottuna" rakenteena hyvä kantavuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kantavassa kerroksessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten murske</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten murske</li> </ul>
Betonimurske	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä kantavuus</li> <li>• lujittuu kostutettuna ja hyvin tiivistettynä</li> <li>• muistuttaa luonnon kivialesmursetta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttä-, pysäköintialue- ja tierakenteiden kantava tai jakava kerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten murske</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pölyäminen vähäistä</li> </ul>
Tiilimurske (karkea)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alhainen raelujuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jakava kerros tai suodatinkerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten murske</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten murske</li> </ul>
Tiilimurska (pintakerros)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hiekkamainen</li> <li>• sitoo kosteutta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• juoksuratojen ja tenniskenttien pintakerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kosteudelta suojattuna (saattaa paakkuuntua ja kovettua)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ei juurikaan pölyä</li> <li>• helppo käsitellä</li> </ul>
Jätteenpolton pohjakuona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä kantavuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttärakenteissa kantava, jakava tai suodatettava kerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	
Lentotuhka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• hyvä kantavuus</li> <li>• kiviainesta kevyempi</li> <li>• itselujittuva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttärakenteissa kantava, jakava, suodatettava tai erottava kerros</li> <li>• täytöt, penkereet</li> <li>• routaa eristävä kerros</li> <li>• sideainekäyttö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuivana kuljetus säiliöautolla ja varastointi siilossa tai hallissa</li> <li>• kostutettuna kuljetus avolavalla ja varastointi aumalla (mieluiten peitettynä)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuivana tai kuivuneena pölyää voimakkaasti</li> <li>• optimivesipitoisuudessa helppo käsitellä</li> <li>• levitykseen suositellaan asfalttilevitintä</li> </ul>
Pohjatuhka Pohjahiekka (leijupeti-hiekka)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• hyvä kantavuus</li> <li>• kiviainesta kevyempi</li> <li>• kohtuullisesti vettä läpäisevä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttärakenteissa kantava, jakava, suodatettava tai erottava kerros</li> <li>• täytöt, penkereet</li> <li>• routaa eristävä kerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kuten luonnon hiekka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• saattaa pölytä kuivana</li> </ul>
Masuunihiekka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hiekkamainen rakeisuus</li> <li>• lujittuu rakenteeseen tiivistettynä</li> <li>• suuri jäykkyys ja lujuus lujittuneena</li> <li>• routaeriste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttärakenteissa kantava, jakava tai suodatinkerros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pölyäminen vähäistä</li> <li>• helppo käsitellä</li> </ul>



## Taulukko 2.2 JATKUU

Ferrokromikuona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• hyvä kantavuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• routivan pohjamaan päälle kenttärakenteissa kantava (ferrokromimurske) tai suodatinkerros (ferrokromieriste)</li> </ul>	varastointi kasalla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pölyäminen vähäistä</li> <li>• helppo käsitellä</li> </ul>
Kalsiitirikastushiekka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• routimaton</li> <li>• hyvin vettä läpäisevä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suodatin-/kuivatuskerros</li> <li>• lentotuhkalla tai sementillä lujitettuna myös kantavassa/jakavassa kerroksessa</li> </ul>		
Fosfokipsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kevyt ja lämmöneristävä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fosfokipsi esim. lentotuhkan kanssa seostettuna massiivirakenne jakavassa kerroksessa</li> <li>• sideainekäyttö</li> </ul>		
Vahtolasimurske	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• hyvä veden läpäisevyys</li> <li>• kevyt</li> <li>• karkeapintainen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttä-, pysäköintialue- ja tierakenteiden kuivatus- tai eristekerroksena</li> <li>• kevennykset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> <li>• kuljetus umpi- tai avolava-autoilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• saattaa pölytä kuivana</li> <li>• käsittely kuten murskeella</li> </ul>
Kaivumaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• heikkolaatuiset maamassat hyötykäyttöön</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• täytöt, penkereet, maavallit, tasaus, verhoilu, muotoilu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
Rengasrouhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• joustavuus</li> <li>• keveys</li> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• hyvin vettä läpäisevä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• urheilukentän tai hevosurheilualan pohjarakenteissa kuivatus sekä joustokerroksena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> <li>• kuljetus avolavakuorma-autolla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pölyämätön</li> </ul>
Kumimurske	<ul style="list-style-type: none"> <li>• joustavuus</li> <li>• pienirakeinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• osakomponenttina hiekkakentän tai hevosurheilualan pintarakenteissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pölyämätön</li> </ul>
Kuitusavi (kuitu- tai siis- tausliete)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• alhainen vedenläpäisevyys</li> <li>• keveys</li> <li>• joustavuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rinnerakenteiden muotoilu</li> <li>• kuntopolku- ja kenttärakenteet, joissa kantavuusvaatimus pienehkö (esim. golf-kentät)</li> <li>• pengerrykset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• helppo käsitellä</li> <li>• ei juurikaan tartu työkaluihin</li> </ul>
Lentotuhkan ja kuitusaven seos – kuitutuhka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä muodonmuutoskestävyys</li> <li>• hyvä lämmöneristävyys</li> <li>• alhainen vedenläpäisevyys</li> <li>• keveys</li> <li>• ominaisuudet ”säädettävissä”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kenttärakenteissa kantava tai jakava kerros</li> <li>• rinne- ja vallirakenteen muotoilu</li> <li>• routivan pohjamaan päälle</li> <li>• pengerrykset</li> </ul>		
Suotokakku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tahmea</li> <li>• savimainen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varastointi kasalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tarttuu herkästi kiinni koneisiin</li> </ul>

**Taulukko 2.3 Liikuntapaikkarakentamiseen soveltuvia uusiomateriaaleja, mahdollisia käyttökohteita liikuntapaikoilla sekä erityispiirteitä, jotka tulee huomioida rakentamisen eri vaiheissa. Valokuvat materiaaleista on esitetty taulukossa 2.3.**

					
Asfalttimurske	Betonimurske	Tiilimurske	Tiilimurska	Jätteenpolton pohjakuona	Lentotuhka
					
Pohjatuuhka, Pohjahiekka	Masuunihiekka	Ferrokromikuona	Kalsiitin rikastushiekka	Fosfokipsi	Vaahtolasimurske
					
Kaivumaa	Rengasrouhe	Kumimurske	Kuitusavi (kuitu- tai siivousliete)	Lentotuhkan ja kuitusaven seos (kuitutuhka)	Suotokakku

### 3. SOVELLUTUKSET

Liikuntapaikat sijoittuvat usein heikkolaatuisille pohjamaa-alueille, kuten esimerkiksi pehmeiköille, painumaherkille, routiville tai huonosti kuivattaville alueille. Liikuntapaikkojen kentät ovat pinta-alaltaan laajoja, joten niiden alueelle yleensä myös mahtuu esim. painuma- tai routimisherkkyyden osalta vaihtelevia pohjaolosuhteita. Tämä tuo omat haasteensa toteutukseen ja liikuntapaikan maarakenteiden ja pintojen kunnossa pysymiseen. Tässä oppaassa ei esitetä rakenteiden mitoitushojeita vaan esitetään yleisellä tasolla uusiomateriaaliratkaisuja ja mahdollisuuksia, joiden avulla voi muokata liikuntapaikkojen rakenteita haluttuun suuntaan.

Yleisesti ottaen liikuntapaikkarakenteiden toimivuusvaatimuksilla eli suunnitteluperusteilla tarkoitetaan rakenteiden suunnitellun käytön aikaisia teknisiä ominaisuuksia, joiden tulee olla käytön ja käyttäjän kannalta kullekin liikuntamuodolle ominaisia. Toimivuusvaatimukset on täytyttävä rakenteen koko elinkaaren ajan. Liikuntapaikan omistajalle/hallinnoijalle on tärkeää rakenteen toimivuuden vaatimat investointi- ja ylläpitokustannukset. InfraRYLissä liikuntapaikkojen toimivuusvaatimukset on esitetty suosituksina. Teknisiä toimivuusvaatimuksia tarvitaan rakenteiden suunnittelussa määritettäessä materiaalien ja rakenteiden kestävyyttä käytön ja olosuhteiden rasituksille. Toimivuusvaatimuksia ja teknisiä vaatimuksia asettavat liikuntapaikkojen omistajat, käyttäjät ja yhteiskunta.

Omistajalle on tärkeää esimerkiksi käyttöikä, elinkaaritalous ja ylläpidettävyyys (kunnossapidon vaatimukset), käyttäjälle puolestaan liikuntapaikan käytettävyyys (halutun liikuntatavan ominaispiirteiden toteutuminen), turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys. Yhteiskunta asettaa vaatimuksia mm. turvallisuudelle ja erilaisille ympäristövaikutuksille, jotka yleensä hoidetaan jo sijoituspaikkoja valittaessa mutta osin on hallittava rakenteellisin ratkaisuin ja kunnossapidolla. Lait, asetukset, direktiivit ja muut säädökset määrittelevät tuotteiden ja palvelujen turvallisuusasioita.

Rakenteiden tekniset toimivuusvaatimukset voidaan kuvailla sanallisesti hankekohtaisessa suunnitelmassa, jos käytössä ei ole sopivia mittausten menetelmiä. Liikuntapaikkarakenteiden teknistä toimivuutta kuvataan useilla eri ominaisuuksilla, joita ovat mm. jousto ja kimmoisuus, kitka, vedenläpäisevyys, pölyävyys, kaltevuuden muutos, painumat, routaliikkeet, tasaisuus, tasalaatuisuus, kunnossapidettävyyys, käyttöikä, kestävyys ja käyttöturvallisuus. (Liikunta- ja virkistyspaikkojen rakenteiden tekniset toimivuusvaatimukset, InfraRYL 2012 / 1, 1.10.2012)

Eri palloilulajien säännöt sisältävät melko vähän varsinaisia määräyksiä tai vaatimuksia suorituspaikkojen päällysteiden laadusta - tiedot ovat lähinnä ohjeellisia ja suuntaa antavia. Ylimpien sarjatasojen virallisissa otteluissa ja/tai urheilukilpailuissa tulee tiettyjen tarkempien kriteerien esimerkiksi kentän päällysteen, rakenteiden ja toiminnallisten ominaisuuksien osalta täytyä ja olla kansainvälisen liiton (esim. FIFA, IAAF) tai kansallisen liiton (esim. SPL, SUL) vaatimusten mukaisia.

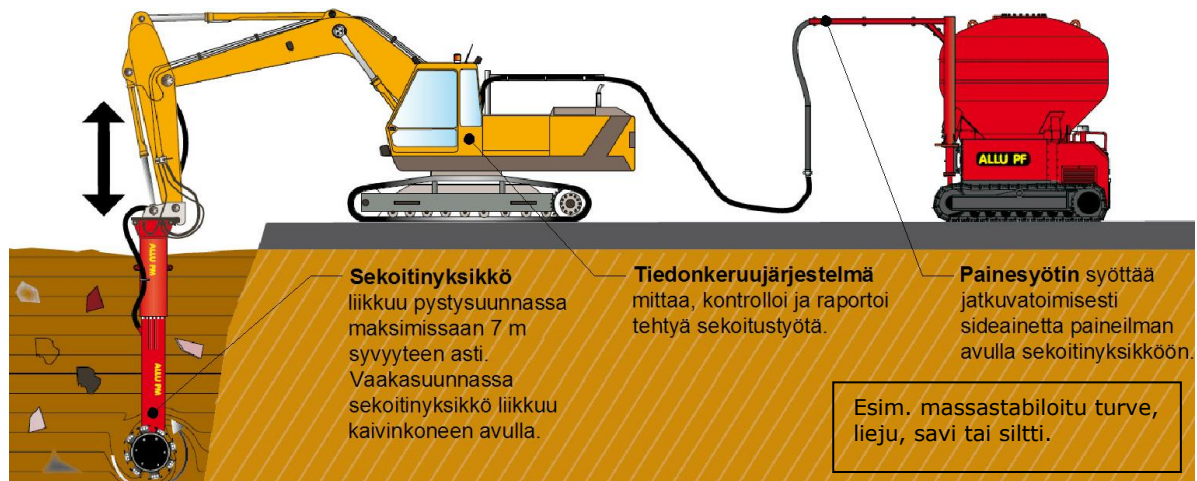
Seuraavassa esitetään yleisellä tasolla uusiomateriaaliratkaisuja, joilla voi käsitellä pohjamaata tai vaikuttaa liikunta-alueen päällysrakenteiden ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi lisätä joustoja tai parantaa kuivatusta. Liikuntapaikka-alueiden erilaisten päällysteiden ja erilaisten käyttötarkoitusten aiheuttamia vaatimuksia ja erityispiirteitä sekä uusiomateriaalien käyttömahdollisuuksia esitellään tässä luvussa tarkemmin alaotsikoiden alla.

Tyypillisesti Suomen ulkoliikuntakentillä on toimintaa ympäri vuoden eri käyttötarkoituksissa, esim. hiekkapäällysteiset pallo- ja/tai yleiskentät toimivat talvella luistelualueina. Pelikenttien toimivuusvaatimukset (varsinkin hiekka- ja hiekkatekonurmikentillä) määräytyvät monesti useiden liikuntalajien mukaan eli ovat kompromisseja ja siten käytännön hyvien kokemusten mukaan toteutettavia. Huomioitavaa on myös että, yhdellä uusiomateriaalilla voi olla monia eri käyttötarkoituksia ja niillä voidaan saavuttaa monia etuja esimerkiksi eristävänä, kuivattavana ja/tai keventävänä rakenteena.

#### 3.1 Pehmeäpohjaiset alueet ja vanhat rakenteet

Liikuntapaikkojen pohjasuhteet tulee tutkia kunnolla ennen rakenneratkaisujen suunnittelua. Liikuntakenttien rakentamisessa on olennaista, että alueiden kuivatus toimii, kallistukset ovat oikeaan suuntaan ja kentät eivät lammikoidu. Kentille asetettujen tasaisuus- ja painumattomuustavoitteiden saavuttamiseksi massastabilointi (kuva 3.1) on usein soveltuva pohjavahvistusmenetelmä.

telmä luonnontilassaan rakentamiskelvottomilla pehmeiköillä ja painumaherkillä alueilla. Stabiloinnissa maa-ainekseen syötetään ja sekoitetaan stabiloitavaa maata lujittavaa sideainetta. Massastabilointi edellyttää näytteidenottoa kohteelta ja sideainetutkimuksia laboratorioissa oikean sideainelaadun ja määrän selvittämiseksi.



**Kuva 3.1. Massastabilointilaitteisto ja menetelmän yleisperiaate. Pehmeä maa-aines lujitetaan (parannetaan rakentamiskelpoiseksi) syöttämällä sideainetta säiliöstä painesyöttimen avulla kaivinkoneen puomin päässä olevaan sekoitinkärkeen ja sitä kautta maa-ainekseen. (Forsman et al. 2014)**

Massastabiloinnissa heikkolaatuisten, pehmeän tai pilaantuneen maa-aineksen teknisiä ja ympäristöllisiä ominaisuuksia muutetaan niin, että joko sen päälle on mahdollista rakentaa tai sitä on kaivettuna ja siirrettynä mahdollista hyödyntää täyttö- tai rakennusmateriaalina sovelluskohteessa. Laajimmin käytetty sovellutus on in situ, missä luonnontilainen pehmeä maa massastabiloidaan tavoitesyvyyteen asti. Ex situ-sovellutuksissa kaivettu tai ruopattu pehmeä aines siirretään uuteen paikkaan missä se massastabiloidaan osaksi lopullista rakennetta tai niin, että se siirretään lujittamisen jälkeen lopulliseen hyötykäyttökohteeseen. Nämä sovellutukset tulevat kasvamaan kaikkialla missä on ongelmia ylijäämämaiden kanssa kuten monissa kaupungeissa.

Monipuolisen sideainekehityksen ansiosta erilaiset pehmeät maa-ainekset voidaan massastabiloida kustannustehokkaalla tavalla. Erilaiset teollisuuden sivutuotteet ja jätteet sideaineseoksessa yhdessä kaupallisten sideainekustannuksia. Massastabiloinnissa käytetään tyypillisesti sementti- ja kalkkipohjaisia sideaineita tai sideaineseoksia. Näiden lisäksi seosaineina voidaan käyttää mm. masuunikuonaa, lentotuhkaa tai kipsiä. Käytettävä sideaine tai sideaineseos riippuu stabiloitavasta maasta ja sideaineresepti (laatu ja määrä) määritetään etukäteen laboratorioissa.

Kaivettujen pehmeiden tai pilaantuneiden maa-ainesten massastabiloinnilla saavutetaan merkittäviä etuja:

- Huonolaatuiset massat saadaan jalostettua stabiloimalla hyötykäyttöön ja näin vähennettyä luonnon kiviainesten käyttöä.
- Huonolaatuisia massoja ei tarvitse kuljettaa ja läjittää muualle.
- Pilaantuneita massoja, jotka käsitellään massastabiloinnilla niukkaliukoisempaan muotoon, ei tarvitse viedä pilaantuneiden maiden kaatopaikalle vaan ne voidaan jalostaa stabiloimalla hyötykäyttöön.

Esimerkiksi liikuntakenttien tasauksen toteuttamiseksi tarvitaan usein merkittäviä määriä täyttömateriaaleja, jolloin niissä voidaan hyödyntää suuria määriä massastabiloituja heikkolaatuisia ylijäämämaita. Käytön aikaisten painumien poistamiseksi hyvä tiivistys ja esikuormitus ovat usein välttämättömiä. Ulkoliikuntapaikkoja joissa massastabiloitua maa-ainesta on mahdollista hyödyntää, ovat mm. urheilukentät, pallokentät ja ratsastuskentät. Ulkoliikunta-alueita, joissa stabiloitunut pehmeät massat (savi, siltti, lieju, turve, sedimentti) soveltuvat hyvin esimerkiksi pintojen muotoiluun kohteen tasaisuusvaatimuksien ollessa vähäisempiä, ovat esimerkiksi erilaiset maastopyöräilyradat ja laskettelumäet. Stabiloituja massoja voidaan hyödyntää myös esimerkiksi penger-, valli-, täyttö-, tasaus ja verhoilurakenteissa. Tarkempia lisätietoja massastabiloinnista löytyy esimerkiksi massastabilointikäsikirjasta (esim. [www.uuma2.fi/rakentaminen](http://www.uuma2.fi/rakentaminen)).

Uuden tai kunnostettavan kentän kohdalla voi olla vanhoja maarakenteita tai täyttöjä, joiden hyödyntämismahdollisuudet kannattaa tutkia. Materiaaleista on tehtävä laboratoriotutkimukset niiden ominaisuuksista sekä jalostamismahdollisuuksista hyötykäyttöön. Vanhoja materiaaleja voidaan mm. seuloa, murskata ja stabiloida hyötykäyttökelpoisiksi. Esimerkiksi kuvassa 3.2 esitetyllä aumasekoittimella voidaan suorittaa materiaalien sekoitustyötä ja valmistaa uutta stabiloitua materiaalia. Erilaisia materiaalien sekoitus-/työmenetelmiä on esitetty liitteessä 4.



**Kuva 3.2. Aumasekoitin, jolla voidaan suorittaa mm. materiaalien sekoitustyötä. Erilaisia materiaalien sekoitus-/työmenetelmiä on esitetty liitteessä 4.**

## 3.2 Kenttä-alueiden päällysrakenteet

### 3.2.1 Ulkokentät

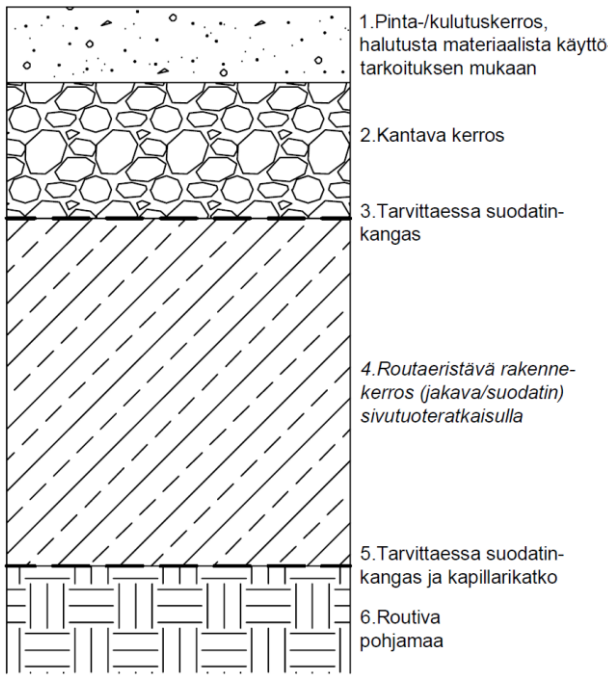
Eri ulkoliikuntakentille yhteisiä tyypillisiä/mahdollisia ongelmatilanteita ja niiden ratkaisemista uusiomateriaalirakenteiden avulla on esitelty pääperiaatetasolla taulukossa 3.1. Eri kenttätyyppien ja liikuntapaikkakohtaisten omia erityispiirteitä/toimivuusvaatimuksia käydään läpi alaotsikoiden alla.

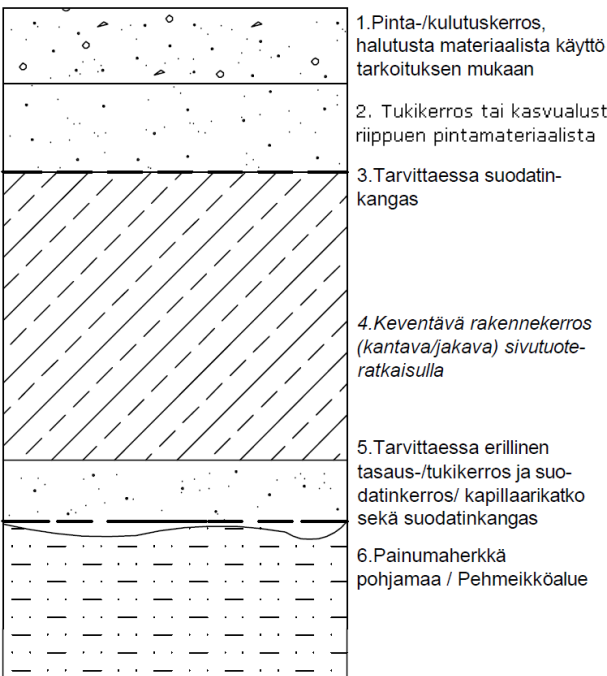
Yhteistä hiekka-, nurmi- ja tekonurmipäällysteisille kentille on esimerkiksi läpäisevien pintojen vedenläpäisevyysvaatimus, joka tulee olla kilpakentillä suunnitteluiän ajan vähintään 50 mm/h (valmistumishetkellä 150 mm/h) ja harjoituskentillä vähintään 10 - 50 mm/h (valmistumishetkellä 50 mm/h). Esimerkiksi 50 mm:n sade tunnin aikana imeytyy pinnan läpi, jos pinnan vedenläpäisevyys on vähintään  $1 \times 10^{-6}$  m/s.

Taulukon 3.1 uusiomateriaalirakenteissa mainittujen uusiomateriaalien ja niiden hyödyntämismenetelmien oppaita ja viitetietoja löytyy mm. aiemmin taulukossa 2.1 esitetystä lähteistä.

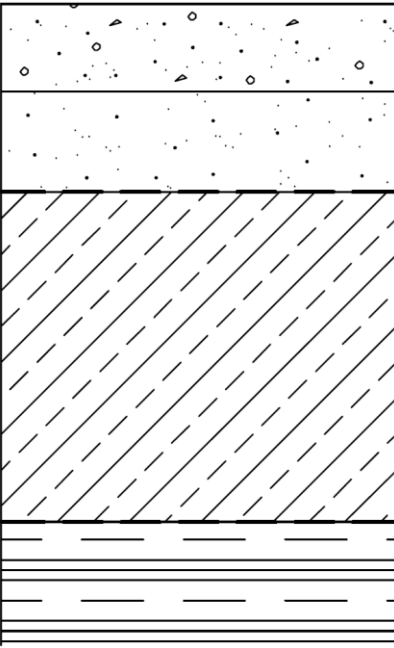
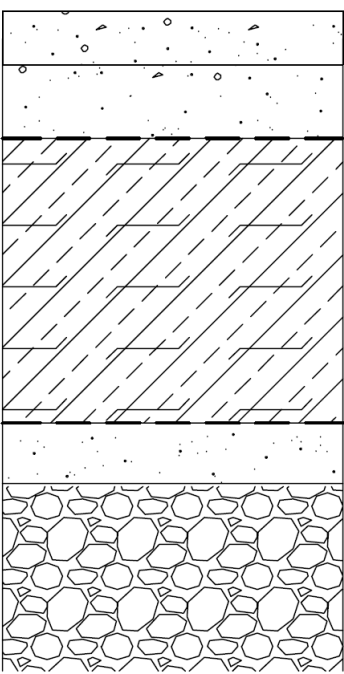
Perusparannettavien kenttien osalta vanha rakenne voidaan usein jättää paikalleen sellaisenaan tai se voidaan kaivaa osittain ylös ja käyttää liikuntapaikka-alueella toiseen tarkoitukseen, kuten esimerkiksi maakatsomo- tai meluvallirakenteeseen. Perusparannettavien kenttien osalta tyypillisiä ongelmia ovat samat aiemmin uusien kenttien perustamisessa mainitut ja huomioitavat asiat eli routiva pohjamaa, painumat ja huono kuivatus. Usein ongelmat johtuvat liian ohuista rakennekerroksista ja karkeasti ottaen kaikkiin mainittuihin seikkoihin voi olla tarjolla ratkaisu yhdelläkin rakenneratkaisulla, joka on esitetty yleisellä tasolla taulukossa 3.1. Muitakin ratkaisuvaihtoehtoja toki on ja tarkemmin ne ovat määriteltävissä tapauskohtaisesti (usein uuden perustettavan kentän uusiomateriaaliratkaisu saattaa olla pääpiirteissään pätevä myös perusparannettavalle kentälle).

**Taulukko 3.1. Liikuntakenttien kenttärakenteiden uusiomateriaaliratkaisuja. a-e uudet rakenteet ja f perusparannettavat kentät. Perusparannettavilla kentillä ratkaisut voivat myös olla ratkaisujen a-e sovelluksia ja/tai yhdistelmiä. Ratkaisu/materiaali -rivillä numero tarkoittaa rakennekerrasta.**

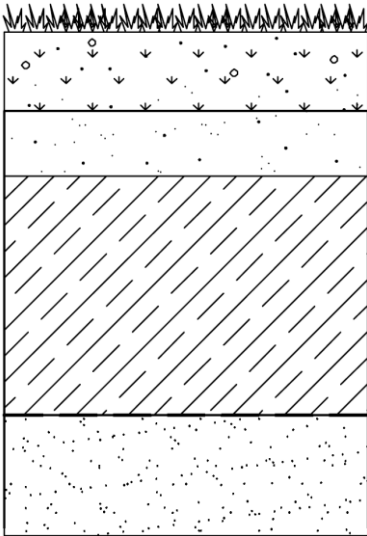
a) Ratkaistava asia: <b>Routiva pohjamaa</b>	
Tyyppirakenne, uusi kenttä (esimerkki):	 <p>1. Pinta-/kulutuskerros, halutusta materiaalista käyttö-tarkoituksen mukaan</p> <p>2. Kantava kerros</p> <p>3. Tarvittaessa suodatin-kangas</p> <p>4. Routaeristävä rakenne-kerros (jakava/suodatin) sivutuoteratkaisulla</p> <p>5. Tarvittaessa suodatin-kangas ja kapillaarikatko</p> <p>6. Routiva pohjamaa</p>
Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:	<p>4. Routaeristävä kerros sivutuotteesta, esim.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>tuhka</li> <li>kuitusavi</li> <li>kuitutuhka</li> <li>vaahtolasimurske</li> <li>rengasrouhe</li> <li>masuunikuona</li> <li>ferrokromikuona</li> </ul>
Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna:	<ul style="list-style-type: none"> <li>eristävämpi rakenne ohuemmillä kerrospaksuuksilla luonnonkiviaineksiin verrattuna</li> <li>pidempi käyttöaika vuosittain</li> <li>vähentää kunnossapitotoimenpiteitä</li> <li>kustannussäästöt</li> <li>luonnonvarojen säästö</li> </ul>

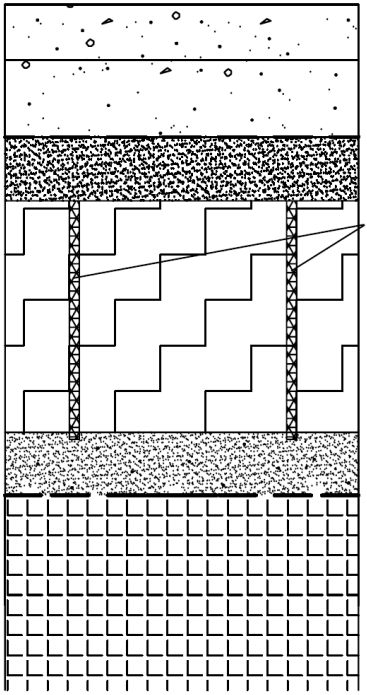
b) Ratkaistava asia: <b>Painuma-altis pehmeikkö</b>	
Tyyppirakenne, uusi kenttä (esimerkki):	 <p>1. Pinta-/kulutuskerros, halutusta materiaalista käyttö-tarkoituksen mukaan</p> <p>2. Tukikerros tai kasvualusta riippuen pintamateriaalista</p> <p>3. Tarvittaessa suodatin-kangas</p> <p>4. Keventävä rakennekerros (kantava/jakava) sivutuoteratkaisulla</p> <p>5. Tarvittaessa erillinen tasaus-/tukikerros ja suodatinkerros/ kapillaarikatko sekä suodatinkangas</p> <p>6. Painumaherkkä pohjamaa / Pehmeikköalue</p>
Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:	<p>4. Keventävä rakenne sivutuotteista (kantava / jakava kerros / täyttö), esim.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vaahtolasimurske</li> <li>rengasrouhe</li> <li>tuhka, kuitusavi, kuitutuhka (kiviainesta kevyempiä, mutta eivät kevennemateriaaleja)</li> </ul> <p>6. Kyseeseen voi tulla myös pehmeän maan (savi, siltti, lieju, turve) syvästabilointi</p>
Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna:	<ul style="list-style-type: none"> <li>rakenne toimii samalla routaeristeenä</li> <li>vähentää kunnossapitotoimenpiteitä</li> <li>kustannussäästöt</li> <li>luonnonvarojen säästö</li> </ul>

Taulukko 3.1.jatkuu.

c) Ratkaistava asia:	Kuivatus	d) Ratkaistava asia:	Jousto
<p>Tyyppirakenne, uusi kenttä (esimerkki):</p>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pinta-/kulutuskerros, halutusta materiaalista käyttö-tarkoituksen mukaan</li> <li>2. Tukikerros tai kasvualusta riippuen pintamateriaalista</li> <li>3. Suodatinkangas</li> <li>4. Kuivattava (hyvin vettä läpäisevä sekä kapillaarikatkon muodostava) rakennekerros sivutuoteratkaisulla</li> <li>5. Suodatinkangas</li> <li>6. Huonosti vettä läpäisevä ja kapillaarisesti vettä nostava pohjamaa</li> </ol>	<p>Tyyppirakenne, uusi kenttä (esimerkki):</p>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pinta-/kulutuskerros, halutusta materiaalista käyttö-tarkoituksen mukaan</li> <li>2. Tukikerros tai kasvualusta riippuen pintamateriaalista</li> <li>3. Suodatinkangas</li> <li>4. Joustava rakennekerros sivutuoteratkaisulla (tarvittaessa rakenteen läpiliuskapystyojat)</li> <li>5. Tarvittaessa erillinen tasaus-/tukikerros ja suodatinkerros/ kapillaarikatko sekä suodatinkangas</li> <li>6. Pohjamaa</li> </ol>
<p>Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:</p>	<p>4. Kuivattava (hyvin vettä läpäisevä sekä kapillaarikatkon muodostava) rakenne sivutuotteista esim.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vaahtolasimurske</li> <li>• rengasrouhe</li> <li>• pohjatuhka (läpäisevyys tutkittava materiaali-kohtaisesti ennakkoon)</li> </ul>	<p>Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pintamateriaalin sekaan sopivassa seossuhteessa sivutuotetta tuomaan kevyttä joustoa esim.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kumimurske</li> <li>• kuitusavi / suotokakku ja/tai</li> </ul> </li> <li>4. Joustava rakenne uusiomateriaaleista esim.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• rengasrouhe</li> <li>• kuitutuhka (seossuhteella voi määrittää joustavuutta sopivaan suuntaan)</li> </ul> </li> </ol>
<p>Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sivutuotteilla läpäisevämpi (ei lätäköidy herkästi) ja kapillaarista nousua paremmin estävä rakenne kuin seulomattomilla luonnonkiviaineksilla</li> <li>• vähemmän käyttökatoja</li> <li>• kustannussäästöt ja luonnonvarojen säästöt</li> </ul>	<p>Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uusiomateriaaleilla joustavampi ("joustavuusaste" muokattavissa seossuhde-valinnalla) rakenne kuin luonnonkiviaineksilla</li> <li>• käyttäjäystävällisempi ja turvallisempi</li> <li>• kustannussäästöt ja luonnonvarojen säästöt</li> </ul>

Taulukko 3.1.jatkuu.

e) Ratkaistava asia	Kasvualusta
Tyyppirakenne, uusi kenttä (esimerkki):	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Pintakerros, luonnon nurmi</li> <li>2. Nurmikon alusmateriaali/kasvualusta</li> <li>3.Suodatinkerros</li> <li>4.Kantava/jakava kerros</li> <li>5.Tarvittaessa suodatinkerros ja suodatinkangas</li> <li>6.Pohjamaa</li> </ol>
Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:	<p>2. Nurmikon kasvualusta,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>hiekan ja kasvuturpeen sekaan lisätään pienen määrä kuitusavea pidättämään kosteutta nurmen juurikasvustolle</li> </ul>
Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna	<ul style="list-style-type: none"> <li>vähentää kastelun tarvetta ja kunnossapitotoimenpiteitä =&gt; kustannussäästöt =&gt; hyvinvoiva nurmi pienemmällä vaivalla</li> </ul>

f) Ratkaistava asia	Painuma, routa, kuivatus ohuella rakenteella
Tyyppirakenne, perusrparannettava kenttä (esimerkki):	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Pinta-/kulutuskerros, halutusta materiaalista käyttö-tarkoituksen mukaan</li> <li>2. Tukikerros tai kasvualusta riippuen pintamateriaalista</li> <li>3.Suodatinkangas</li> <li>4.Suodatinkerros</li> <li>5.Esim. liuskapystysalaojat</li> <li>6.Keventävä, eristävä, ja salaojat sekä suodatinkerrokset huomioiden, myös kuivattava rakennekerros kuitutuhkasta</li> <li>7.Suodatinkerros/kapillaarikatko sekä suodatinkangas</li> <li>8. Vanhat rakennekerrokset</li> </ol>
Ratkaisu / mahdolliset materiaalit:	<p>6. Kuitutuhkakerros tai tuhkakerros on eristävä ja tavanomaista hieman kevyempi rakenne, joka suodatinkerroksilla ja pystysalaojilla kuivattuu riittävästi.</p>
Hyödyt perinteisiin ratkaisuihin verrattuna	<ul style="list-style-type: none"> <li>routaeristetty, ohut ja kuivattava rakenne</li> <li>pidempi käyttöaika vuosittain</li> <li>vähemmän kunnossapitotoimenpiteitä</li> <li>kustannussäästöt</li> <li>luonnonvarojen säästö</li> </ul>



### 3.2.2 Hiekkakentät

Hiekkakenttiä ovat lähinnä harjoitus- ja koululaiskentät sekä piiritason tai taajamien kentät, jotka ovat kokonaan tai joiden keskiosa on hiekkapäälysteinen (käytännössä yleensä kivituhkapäälysteinen). Tämä osa kenttää on tarkoitettu yleiskäyttöön niitä lajeja varten, joissa talvella luistellaan ja kesällä pelataan, esimerkiksi pesäpalloa tai jalkapalloa. Hiekkakenttiä on Suomessa arvion mukaan useita tuhansia laskentatavasta riippuen ja niiden käyttöaste vaihtelee suuresti. Osa kentistä on koulujen ja seurojen aktiivisessa käytössä ja osa on muussa lähiliikuntapaikkakäytössä. Hiekkakenttiä käytetään joskus myös varapysäköintialueina, vaikka tällainen käyttö ei olekaan suositeltavaa, sillä se aiheuttaa pinnan kovettumista ja lisää kentän hoitotarvetta.

Hiekkakentän tulee olla tasainen (ei painumia), tasalaatuinen (ei lajittumia eikä pinnan jouston vaihtelua) ja pölyämätön, mutta toisaalta päälysteen tulee läpäistä hyvin vettä. Käyttäjän hyvinvointi sekä lajin luonteenomaisuuden säilyminen huomioiden, voidaan yleisesti ottaen ajatella perinteisen hiekkakentän olevan joustoltaan sopiva pesäpallon pelaamiseen, mutta suhteellisen kova jalkapallokäyttöön. Jalkapalloilijat pitävät hyvänä luonnonnurmikentän joustavuutta, joiden joustoarvoksi on mitattu  $E_2=20-30$  MPa, kun taas pesäpallossa lajin pelilliset ominaisuudet edellyttävät kovaa kenttää ( $E_2=70-140$  MPa), perushiekkakentiltä mitattujen joustavuuskeskiarvojen ollessa noin 100 MPa (Jäniskangas 2011). Hiekkakentän toimivuutta ja ominaisuuksia, kuten joustavuutta, voidaan parantaa/ohjailla uusiomateriaaliratkaisujen avulla käyttäjäystävällisemmäksi ja sopivaksi yleiskäyttöön tai paremmin yksittäisen lajin harjoittamista palvelemaan.

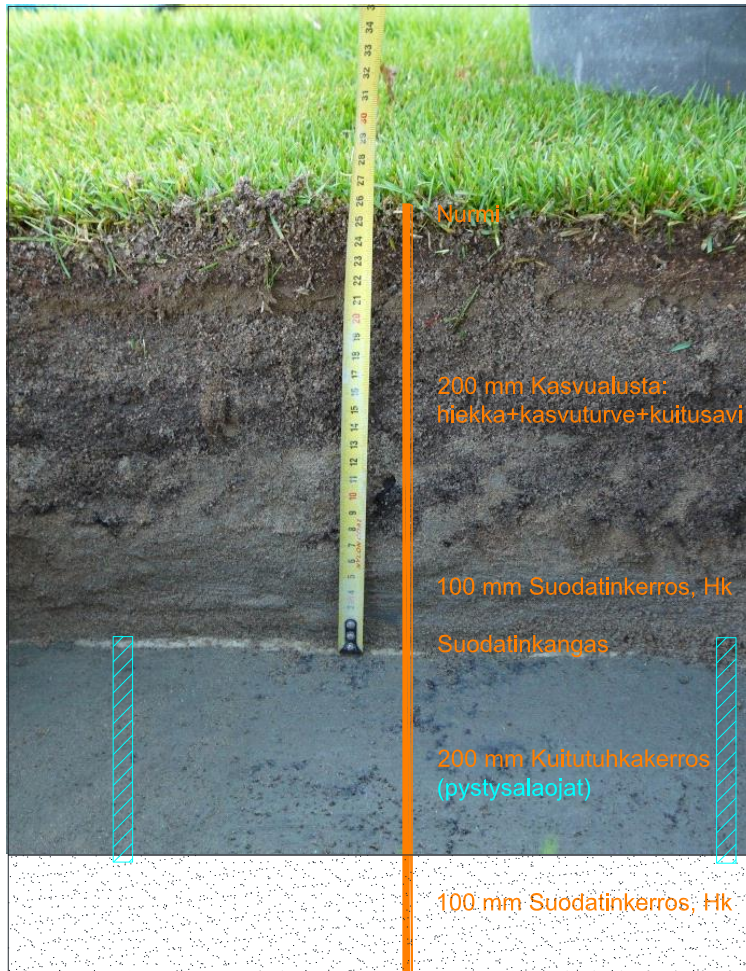
Hiekkapintaisten liikuntakenttien käyttöominaisuuksissa on monissa tilanteissa huomattavia puutteita. Pääsääntöisesti hiekkakenttien ongelmana ovat pöly, pinnan pehmeneminen, kuivatus, lietyminen tai liika kovuus. Uusiomateriaalit tarjoavat usein mahdollisuuden ongelmien poistamiseen tai vähentämiseen esimerkiksi uudenlaisen pintamateriaalin tai päällysrakenteen avulla. Hiekkakentän pinnassa voi kivituhkan seassa käyttää osakomponenttina esimerkiksi kumimursketta, suotokakua ja/tai kuitusavea. Kumimurske antaa kentälle joustoa ja estää pinnan kovettumista vähentäen käyttäjien raajoihin kohdistuvaa vääränlaista rasitusta tai kaatumistilanteessa loukkaantumiseriskiä. Suotokakku ja kuitusavi puolestaan sitovat kosteutta ja näin ollen vähentävät hiekkakentän pinnan pölyämistä sekä lisäävät/ylläpitävät pinnan jousto-ominaisuutta. Toisaalta hyvän kosteuden pidätyskyvyn lisäksi kentän pinnan tulee olla niin vettä läpäisevä, että se ei liety tai lammikoidu. Hiekkakentän kuivatusta parantaa rakenteisiin kuivatuskerroksen tekeminen hyvin vettä läpäisevästä materiaalista, kuten esimerkiksi vaahtolasista, rengasrouheesta (kuva 3.3), oktokuonasta tai masuunikuonasta. Samalla ne toimivat myös kapillaarikatkona ja keventävänä rakenteena, rengasrouhe myös joustavana elementtinä.



**Kuva 3.3. Rengasrouheen levitystä vanhan hiekkakentän päälle. Rengasrouheen käytöllä haettiin ongelmakentälle painumia vähentävää ja kuivatusta edistävää vaikutusta, sekä jousto-ominaisuuksien paranemista. Jousto-ominaisuudet paranevat merkittävästi mikäli rengasrouhekerroksen päälle tuleva helposti tiivistyvä ja kovettuva kiviaineskerros (KaM) ei ole liian paksu.**

### 3.2.3 Nurmikentät

Luonnonnurmikentän kasvualustan materiaali tehdään yleensä hiekasta # 0/2 ja kasvuturpeesta. Nurmialueen kasvualustaan voidaan myös lisätä tarvittaessa esimerkiksi pieni määrä kuitusavea pidättämään kosteutta nurmen juurikasvustolle (kuva 3.4).



**Kuva 3.4. Esimerkki luonnonnurmikentälle toteutetuista rakennekerroksista. Kuitutuhkakerros antaa kentälle joustoa, jonka tasoa voidaan säätää haluttuun suuntaan seossuhdetta muuttamalla. Kuitutuhkakerros toimii myös eristävänä ja hieman keventävänä rakenneratkaisuna, kuivatus hoitetaan erillisten suodatinkerrosten ja pystysalaojien avulla (kuivatusperiaate piirretty kuvan alla).**

### 3.2.4 Tekonurmikentät

Urheilukenttien tekonurmipäällystettä käytetään keskikentän alueilla. Tällöin ei kentällä sallita heitotolajeja perinteisillä välineillä, vaan suoritukset ovat mahdollisia esim. kumisilla heittovälineillä, kuten ”junnukeihäällä” tms. Tekonurmipäällyste muodostuu yleensä tasauskerroksesta, vettä läpäisevästä asfalttialustasta tai kivituhkakerroksesta ja sen päälle asennettavasta tekonurmipäällysteestä. Vettä läpäisevä tekonurmipäällyste asennetaan tyypillisesti joko sidotun vettä läpäisevän kerroksen tai kivituhkakerroksen päälle. Tekonurmipäällystemateriaaleja on useita ja niissä käytetään täytemateriaalina yleensä joko hiekkaa, kumirouhetta tai vastaavaa rakeista materiaalia kutakin yksin tai sekoitteina. Tekonurmimaton alla voi olla erillinen joustokerros tai joustoelementtinä toimii kumirouhetäyte nurminukan sisällä. Hiekka- ja kumirouhetekonurmikenttien jousto-ominaisuuksista määritetään kansainvälisen järjestön vaatimuksissa pudotuspainon voiman vaimennus (force reduction), pudotusenergian säilyvyyttä painon ”pompusta” (energy restitution) ja pystysuuntaista alustan muodonmuutosta (vertikal deformation). Jousto-ominaisuuden tulisi olla tekonurmipintaisella jalkapallokentällä 20-30 MPa ( $E_2$ ).

Kaltevuuden muutos saa olla enintään puolet lähtötilanteenkaltevuudesta tekonurmikentillä. Kentän kuivatukseen ja joustavuuteen voidaan vaikuttaa uusiomateriaaliratkaisulla rakennekerroksissa. Tekonurmikentän kuivatusta parantaa kuivatuskerroksen rakentaminen hyvin vettä läpäisevästä materiaalista, kuten esimerkiksi vahtolasimurskeesta, rengasrouheesta, oktokuonasta tai

masuunikuonasta. Samalla ne toimivat myös kapillaarikatkona ja routaa eristävänä kerroksena ja rengasrouhe myös joustavana ja keventävänä elementtinä. Routaa eristävänä voi toimia myös kuitutuhkakerros.

Mikäli kenttä on tarkoitettu ympärivuotiseen käyttöön, tulee tekonurmimaton alle rakentaa lämmitysjärjestelmä. Lämmitysenergian tarve pienenee huomattavasti, mikäli järjestelmän alapuolelle tehdään eristävä kerros esimerkiksi kuitutuhkasta.



**Kuva 3.5. Vanha huonokuntoinen nurmikenttä muutettiin tekonurmikentäksi (katso case-esimerkit liitteessä 3) ja uusimisen yhteydessä huonosta kuivatuksesta sekä routivasta pohjasta johtuen kentän korkeustasoa korotettiin kuitutuhkakerroksella, joka toimii routaeristeenä ja painumia vähentävänä luonnon kiviaineksia kevyempänä kerroksena.**

### 3.2.5 Pesäpallokentät

Pesäpallokenttä on yleensä massa- tai hiekkatekonurmipintainen. Tekonurmipäällystemateriaaleja on useita ja niissä käytetään täytemateriaalina hiekkaa. Tekonurmipäällyste muodostuu tavallisesti taseuskerroksesta, läpäisevästä kivituhkakerroksesta ja sen päälle asennettavasta tekonurmipäällysteestä. Tekonurmipäällyste voidaan asentaa myös avoimen asfalttipäällysteen päälle.

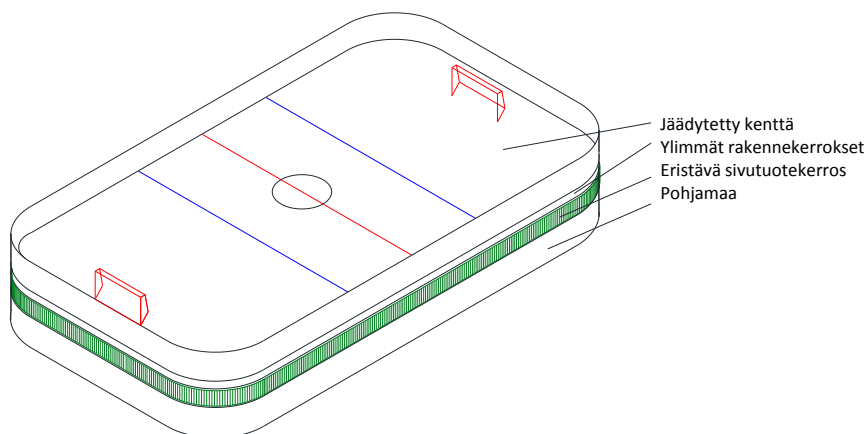
Pesäpallokentän jousto-ominaisuuden tulisi olla 90-110 MPa ( $E_2$ ), jotta lajin pelilliset ominaisuudet pääsevät oikeuksiinsa (pallon vierintä, pomppu- ja kumuralyöntien nousu kentän pinna edellyttää melko kovaa kenttää). Päällysteiden jousto-ominaisuudet, kitka ja kimmoisuus tulee olla Pesäpalloliiton vaatimusten mukaisia kilpakentillä. Kitkan tulee olla tasalaatuinen koko kentän alueella. Päällysteen tulee olla hyvin vettä läpäisevä. Kentän kuivatukseen ja joustavuuteen voidaan vaikuttaa uusiomateriaaliratkaisuilla rakennekerroksissa.

Käytön aikainen kaltevuuden muutos on enintään 0,2 %:ia tekonurmipäällystetyillä kentillä, joiden päällyste on sitomaton ja vettä läpäisevä hiekka-, murske- tai massapinta. Kaltevuuden muutos on enintään 0,5 %:ia ja epätasaiset painumat enintään 20 mm:iä 3 metrin matkalla.

### 3.2.6 Jäädettävät kentät

Jäädettävien liikuntakenttien alapuolisten rakennekerrosten tulisi olla hyvin lämpöä eristäviä, jolloin perusmaasta tuleva lämpö ei estä tai hidasta pinnan jäätymistä kentän jäädyttämisen alkaessa ilman lämpötilan kääntyttyä talven tullen pakkaslukemille. Monet uusiomateriaalit eristävät lämpöä paremmin kuin luonnonkiviainekset ja tällöin niitä rakennekerroksissa käytettäessä saadaan kentät jäädytettyä käyttökuntoisiksi aiemmin kuin ilman lämpöä eristävää kerrosta toteutetut kentät. Vastaavasti keväällä kentät saadaan aikaisemmin sulatettua ja käyttökuntoon kesäkauden lajeja varten, kun kentän alapuoliset rakenteet ja perusmaa eivät ole niin syväälle jäässä kuin eristämättömissä ratkaisuissa.

Jäädettävien kenttien rakenteisiin soveltuu hyvän lämmöneristävyysominaisuutensa ansiosta jalkavaan kerrokseen esimerkiksi lento- tai pohjatuhka massiivirakenne, kuitusaven ja lentotuhkan seos, vaahtolasimurske, masuunikuona tai okto-kuona. Joidenkin uusiomateriaalien, esimerkiksi kuitutuhkan, lämmöneristysominaisuutta voidaan hyödyntää myös lämmitettävillä kentillä, jolloin eristävä kerros vähentää lämmitysenergian tarvetta.



**Kuva 3.6. Jäädytettävän kenttälleen alapuolinen rakennekerros lämpöä eristävästä uusiomateriaalista mahdollistaa pakkaskauden käynnistyttyä jääkentän käyttöönoton aiemmin kuin lämpöeristämättömällä rakenteella.**

### 3.2.7 Urheilukenttien juoksuradat ja yleisurheilun suorituspaikat

Tasaisuus, painumattomuus ja kaltevuuksien muutos saa olla enintään 0,2 %:ia kestopäällysteillä kentillä ja massakentillä enintään 0,5 %:ia lähtötilanteesta. Lähtötilanteessa kaltevuudet tulee olla 0,5-1,0 %:a, joten kaltevuuden muutos ei saa olla enempää kuin puolet lähtötilanteen kaltevuudesta. Kenttä tai sen osa ei saa olla vaakasuora tai kallistua väärään suuntaan. Lammitumista ei sallita millään osalla kenttää. Päällysteiden jousto-ominaisuudet ja kimmoisuus tulee olla kansainvälisen järjestön vaatimusten mukaisia ja ovat suorituspaikkakohtaisia. Urheilukenttien juoksuradoilla kitkakerroin tulee olla vähintään 0,5 märän päällysteen ja kitkamittarin teräksen välillä.

## 3.3 Lähiliikuntapaikat

Lähiliikuntapaikkojen rakenteet voivat mitoituksiltaan ja toteutuksiltaan olla virallisia lajiliikuntapaikkoja pienimuotoisempia ja vapaamuotoisempia. Tyypillisiä lähiliikuntapaikkoja ovat esimerkiksi erilaiset palloilulajien monitoimi- ja pienpelikentät, rullalautailualueet, erilaiset liikuntaleikkialueet, ulkokuntoilupaikat ja -reitit.

### 3.3.1 Liikunta- ja kuntoradat

Liikunta- ja kuntoreitit ovat yleensä kesä- ja talvikäyttöön tarkoitettuja kuntoiluun suunnattuja lyhyehköjä ulkoilureittejä. Reittien tulee kestää myös kunnossapitokoneiden aiheuttama rasitus. Kulkukelpoisuuden edellyttämä tasaisuus ja pinnan tasalaatuisuus sekä pinnan jousto-ominaisuudet ovat keskeisiä vaatimuksia. Kuntoratojen kuivatuksen tulee toimia niin, ettei synny lammikoita kulkuväylälle.

Latupohjien ominaisuuksilla, kuten tasaisuudella, kuivatuksen toimivuudella, pinnan materiaalilla jne. helpotetaan ladun kunnossapitoa ja mahdollistetaan myös turvallinen latupohja tilanteissa, joissa lunta on vähän. Pyöräily-, rullaluistelu-, rullasuksi- ja pyörätuolireiteille tärkein ominaisuus on pinnan tasaisuus, kuivatuksen toimivuus ja tasaiset kitkaominaisuudet erityisesti mutkissa ja alamäissä.

### 3.3.2 Maastopyöräilyradat

Maastopyöräilyradat ovat monimuotoisia ja niillä voi olla eri käyttötarkoituksia tai harrastusmuotoja. BMX-pyöräradat ovat crossityyppisiä ratoja, jotka sisältävät aaltoilevia ja terävähköjäkin pinnanmuotoja, hyppyjä ja tiukkoja mutkia (kuva 3.7). Pump Track eli pumppurata puolestaan on jatkuva, usein ovaalin, ympyrän, kahdeksikon tms. muotoinen rata, jonka nimitys tulee siitä, että rataa kierretään polkupyörällä tai muulla laitteella polkematta vauhtia. Liikevoima haetaan polkemisen sijaan ajajan tekemästä ylös-alas-liikkeestä yhdistettynä radan aaltoileviin pinnanmuotoihin ja korotetuista vallimaisista mutkista vauhtia pumppaamalla. Mainittuja ratoja voidaan toteuttaa pinta-alaltaan hyvinkin pienille alueille.

Maastopyöräilyradoilla ja reiteillä tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kuivatuksen toimivuus ja tasaiset kitkaominaisuudet erityisesti mutkissa ja alamäissä. Radoilla (etenkin Pump track) tärkeää on myös monikäyttöisyys (erilaiset kulkupelit) ja pinnan kovuus (kulumattomuus), jotta se kestävä kooltaan pienenkin renkaan aiheuttaman paineen. Lisäksi erityisen tärkeää on turvallisuus, jota voidaan lisätä pehmeämuotoisella rataprofiililla ja pyöristetyillä reunoilla.

Ratoja perustettaessa tulee varmistua myös siitä, että pohja ei painu tai roudi epätasaisesti. Painumia voidaan hallita esim. pehmeän pohjamaan syvästabiloinnilla tai käyttämällä täytöissä kevennysmateriaalia (esim. rengasrouhetta). Pohjaamaan routimista voidaan estää hyvällä kuivatuksella, riittävän paksuilla rakennekerroksilla ja/tai routaeristeillä (esim. rengasrouhe, pohjatuhka, yms.).

Pyöräilyreittien ja ratojen profiilien muokkaamiseen soveltuvat esimerkiksi kuitusavi tai kuitutuhka sekä stabiloidut maa-ainekset, joilla saadaan muovattua haluttuja pinnanmuotoja radalle. Ajoradan (sekä välittömästi sen vieressä) rakennekerroksissa pintamateriaalikerroksen alla oleva kuitusavi- tai kuitutuhkakerros lisää joustavuutensa ansiosta myös turvallisuutta ja ehkäisee loukkaantumisia kaatumistilanteissa. Kuitusavea tai kuitutuhkaa käytettäessä on kuitenkin kiinnitettävä erityishuomiota rakenteen ja reitin/radan pinnan kuivatukseen.



**Kuva 3.7. Maastopyöräilyratoja. Vasemmalla suunnittelulähtökohdiltaan kansallisen tason BMX-rata, jonka toteutustapa kuitenkin mahdollistaa monikäyttöisyyden pyöräilyn lähiliikuntapaikkana. Oikealla esimerkki pump track-tyyppisestä radasta, jossa on kuitenkin myös huomioitu monikäyttöisyys ja eri käyttäjätahojen (kuntalaiset, lähikoulut ja pyöräilyseura) toiveet. Osa uusiomateriaaleista soveltuu esimerkiksi ratojen profiilien muodostamiseen. (kuvat Mikko Peltonen, Suomen Pyöräilyunioni ry).**

### 3.3.3 Muita liikunta-alueita

Rullalautailualueelle on ominaista moni- ja vapaamuotoiset rakenteet, plaza/street-alueet, minirampit, verttirampit ja poolit (altaat). Rakenteiden perustyyppinä ovat kaaret, kaltevat tasot, liukureunat, liukukaiteet, portaat ja käsikaiteet, rampit ja poolit. Rullalautailualueella voidaan harastaa myös taitopyöräilyä. Rullalautailualueen tärkeä ominaisuus on pintojen tasaisuus ja odotusten mukaiset pinnan kitkaominaisuudet.

Lasketteluun olennaisena toimivuusvaatimuksena on riittävä lumikerros ja sen tasalaatuisuus. Ominaisuudet saadaan aikaan luonnon- ja tekolumen avulla, lumetusjärjestelmällä ja rinnehoitokoneilla. Lumetettavat pinnat ja alustat ovat eroosion kestäviä ja rinteiden vakavuus yleisten määräysten mukaiset. Tavanomainen eroosiosuojaus toteutetaan nurmi- ja niittykasvillisuudella. Rinteiden pintakuivatuksessa otetaan huomioon sulamisvesien poisjohtaminen.

## 3.4 Golf-kentät

Golfkentän toimivuusominaisuudet ovat kullekin kentän osalle (lyöntipaikka, väylät, karheikot, hiekkasteet, vesiesteet, viheriöt jne.) ominaisia. Ratagolfkenttä ja minigolfradat suunnitellaan ja rakennetaan lajiliiton ohjeiden mukaisesti. Rakenteiden tasaisuuden säilyttäminen edellyttää painumattomia ja routimattomia perustamistapoja. Golfkenttärakenteiden kuivatuksen toimivuus on tärkeää ja siihen voidaan vaikuttaa kentän muotoilulla sekä rakenteissa hyvin vettä läpäiseviä materiaaleja käyttämällä. Toisaalta kasvukerroksen tulee pidättää siinä määrin kosteutta, että nurmi pysyy elinvoimaisena eikä kellastu hellejaksonkaan aikana.

Kasvukerrokseen tai sen alusrakenteeseen (esim. suodatinhiekan) voi lisätä sekaan pienen määrän kuitusavea pidättämään kosteutta nurmen juurikasvustolle. Kuitusavi ja kuitutuhka soveltuvat kenttärakenteiden aluskerrokseen lämmöneristyskyvyn vuoksi. Erityisesti laajoja alueita muokattaessa kuitusavi ja -tuhka mahdollistavat luonnon kiviaineksia kevyempinä materiaaleina taloudelliset rakenneratkaisut. Golf-kenttien muotoiluun voidaan käyttää muovattavuus-, keventävyys- ja eristävyysominaisuuksiensa ansiosta esimerkiksi kuitutuhkaa tai kuitusavea. Ratojen muotojen muokkaamiseen voidaan käyttää myös esimerkiksi stabiloituja heikkolaatuisempia ylijäämämaita. Toisaalta tehokas kuivatus sitä tarvitseville paikoille saadaan vaahtolasirakenteen avulla, joka on myös keventävä ja eristävä.

### 3.5 Hevosurheilu-alueet

Rakennettaessa uutta ratsastuskenttää on huomioitava mille ratsastuslajeille kentän tulee soveltaa. Mahdollinen kilpailukäyttö vaikuttaa vaativuuskriteereihin sekä vaadittaviin kentän mittoihin. Ratsastuskentän rakenteiden ja etenkin pintamateriaalin tulee joka tapauksessa olla oikeanlainen ja toimiva, jotta ratsastajan ja hevosen hyvinvointi ja turvallisuus on niiltä osin optimoitu.

Ratsastuspohjan pitää olla sopivan joustava, jotta se vaimentaa hevosen kavioihin ja jalkoihin kohdistuvia iskuja ja tärähdyksiä esimerkiksi laukatessa tai esteitä hypättäessä. Toisaalta ratsastuspohja ei saa olla myöskään liian joustava tai luistava. Pintamateriaalin tulee olla jossain määrin "sitoutunutta" eli sen on pysyttävä sopivasti paikallaan. Tosin joissakin hevosurheilulajeissa, kuten lännenratsastuksessa, pintamateriaalin tulee liikkua pysähdyksissä sopivasti. Joka tapauksessa pintamateriaalin tulee olla tasalaatuista sekä kerrospaksuudeltaan tasainen. Muita yleisiä vaatimuksia ratsastuskentän pinnalle on mm. kulutuskestävyys, pinnan muodon pysyvyys, pölyämättömyys ja toisaalta myös riittävä vedenläpäisevyys sekä liettymättömyys.

Perinteisillä menetelmillä ja luonnon kiviaineksilla (kantava kerros murskettua, salaojakerros soraa) toteutetuilla hiekkapintaisilla ratsastuskentillä joustavuudeltaan sopiviksi on katsottu kentät, joissa joustomoduli on vaihdellut välillä 40-70 MPa, vaimennuksen ollessa 30-40 %. Luonnon maa-aineksista sopivaksi pintamateriaaliksi on koettu silttinen hiekka. Rakennekerrosten tulee myös kestää mahdollisten huoltokoneiden aiheuttama kuormitus. Tämän vuoksi kantavan kerroksen pinnalta edellytetään vähintään 80 MPa:n kantavuusarvoa.

Maneesin tai ulkokentän pintamateriaaliksi luonnonhiekan sekaan soveltuu teollisuuden sivutuotteista ja jätteistä esimerkiksi suotokakku ja kuitusavi (varmistettava mahdolliset vaikutukset kavioon) ja raekooltaan sopivaksi valmistettu kumimurske (hienorakeinen rengasrouhe, josta metallit on poistettu). Suotokakku tai kuitusavea voidaan käyttää osakomponenttina pintarakenteessa kosteudenimukykyensä ansiosta vähentämään pinnan kuivumista ja pölyämistä. Kumimurske pintarakenteessa puolestaan tuo lisää kimmoisuutta ja joustoa. Kumimurske ja suotokakku sopivassa seossuhteessa yhdessä luonnonhiekan kanssa on mahdollisesti toimiva yhdistelmä hevosurheilualueen pintamateriaalina.

Hevosurheilualueen jakavaan kerrokseen tai kantavan kerroksen alaosaan on mahdollisesti soveltuva esimerkiksi kuitutuhka-seos, jossa hyödynnetään tuhkan tuomaa lujuutta ja kantavuutta, sekä kuitusaven muodonmuutoskestävyyttä ja joustavuutta. Muuttamalla kuitusaven ja lentotuhkan osuuksia voidaan seoksen ominaisuuksia muuttaa halutunlaiseksi lujuuden ja joustavuuden suhteen. Kuitutuhka on painuvien ja/tai routivien pohjamaiden päälle rakentamiseen soveltuva hyvän lämmöneristävyytensä ja keveytensä ansiosta. Kuitusaven vedenläpäisevyys on kuitenkin suhteellisen pieni, joten sen osuuden kasvaessa tulee kiinnittää erityishuomiota toimivaan kuivutukseen. Lisäksi kuitutuhkan päälle on rakennettava kantava kerros sopivasta kiviaineksesta. Karkearakeinen rengasrouhe puolestaan soveltuu käytettäväksi kuivatus-, kevennys-, eristys- ja/tai joustorakenteena kantavan kerroksen alapuolella.

### 3.6 Katetut kentät

Katetuissa kentissä (esim. maneesit ja jalkapallokentät) voidaan käyttää samanlaisia materiaaleja ja rakenneratkaisuja kuin ulkokentillä, ainoastaan kuivatusratkaisusta tulee erilaisia ja ne tulee suunnitella huolella tapauskohtaisesti.

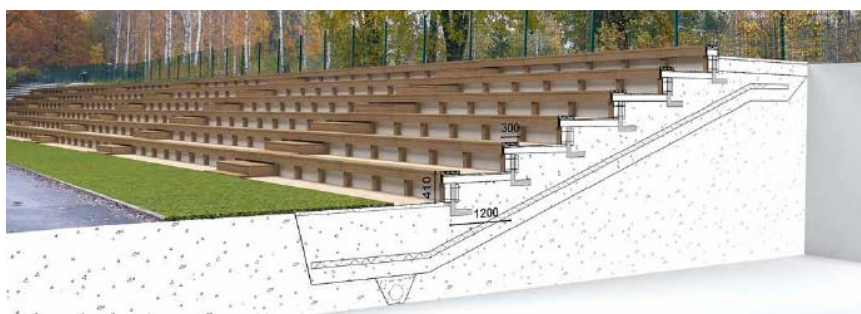
Silloin, kun jalkapallokentälle on tarkoitus asentaa talvisin ylipainehalli, on hallin riittävän ilmatii- vyyden varmistamiseksi huolehdittava siitä, että kentän rakennekerrokset eivät läpäise liian hyvin

ilmaa vaakasuunnassa hallin seinälinjojen ali tai hallin seinälinjoille on rakennettava ilmatiiviit katkot.

### 3.7 Maavallikatsomot

Maavallikatsomo on keinotekoinen rakenne, joka rakennetaan tasaiseen maahan tai loivaan rinneeseen. Maavallikatsomon penger rakennetaan maa-aineksista tai uusiomateriaaleista. Tavallisesti maavalli- ja rinnekatsomot varustetaan betoni-, kivi-, komposiitti- tai puurakenteisilla porrastuksilla ja/tai penkeillä näkyvyyden ja käyttömukavuuden takia (kuva 3.8). Katsomovallit voivat toimia myös melu-, näkö ja tuuliesteinä sekä eri toiminta-alueiden erottajina.

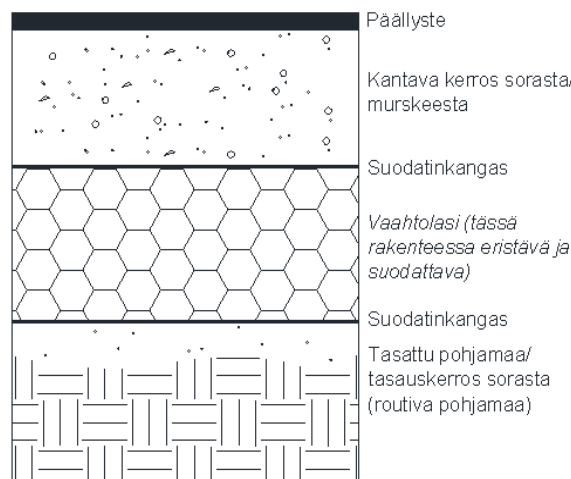
Maavalli- ja rinnekatsomot -ohjeessa (Infra 66-710136, RT 97-11169RT) on esitetty periaatteita, joiden mukaisesti uusiomateriaaleja voidaan hyödyntää maavalli- ja rinnekatsomoissa. Uusiomateriaaleja voidaan käyttää ko. rakenteissa mm. rakennekerrosmateriaalina, täyttönä, routaeristeenä, kevennysmateriaalina sekä kuivatusrakenteissa.



**Kuva 3.8. Penkeillä varustetun maavallikatsomon periaate (Infra 66-710136, RT 97-11169RT).**

### 3.8 Liikuntapaikkojen piha- ja pysäköintialueet

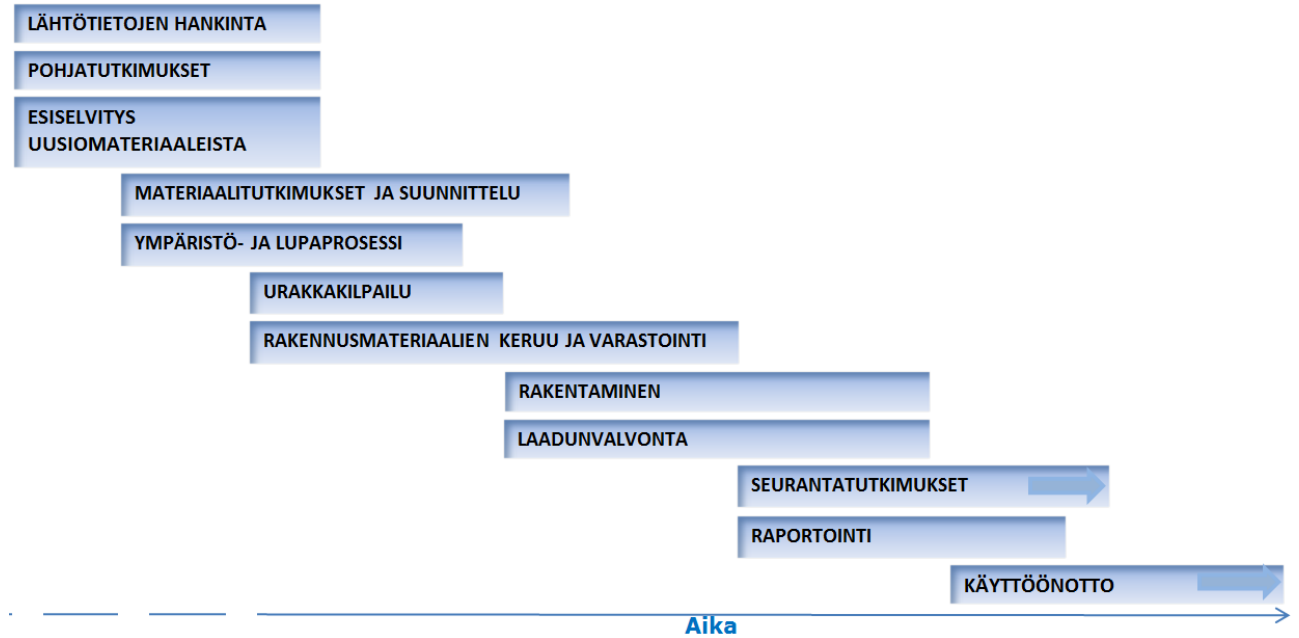
Liikuntapaikkojen läheisyyteen tarvitaan yleensä piha- ja pysäköintialueita, joiden rakennekerroksissa on usein mahdollista käyttää uusiomateriaaleja. Esimerkiksi betonimursketta tai tuhkaa/kerrosstabilointia voidaan käyttää kantavassa kerroksessa, jolloin kantavan kerroksen paksuus voi olla ohuempi kuin luonnon kiviaineksilla. Suodatinkerroksissa voidaan käyttää hiekan sijasta esimerkiksi pohjatuhkaa tai okto-mursketta ja tarvittaessa eristävänä tai keventävänä kerroksessa esimerkiksi vaahtolasimursketta (kuva 3.9).



**Kuva 3.9. Voimakkaasti routinut piha-/paikoitusalue korjattiin vaahtolasimurskerakenteen avulla. Vaahtolasimurske toimii uudessa tai korjatussa rakenteessa kuivattavana, eristävänä ja keventävänä kerroksena.**

## 4. UUSIOMAARAKENTAMISEN TOTEUTUS

Uusiomaarakenteilla toteutettavan liikuntapaikkaprojektin päävaiheet ja niiden toteutusajankohdat voidaan jaotella yleisellä tasolla kuvan 4.1 mukaisesti. Kuvan 4.1 sisältö on esitetty tarkemmin taulukossa 4.1.



**Kuva 4.1. Uusiomateriaaleilla toteutettavan liikuntapaikkaprojektin tehtäväaikataulu.**



**Taulukko 4.1 Uusiomateriaaleilla toteutettavan liikuntapaikkaprojektin osatehtävät.**

<p><b>LÄHTÖTIETOJEN HANKINTA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hankkeen tavoitteet ja vaatimukset toteutettaville rakenteille?</li> <li>• aikataulun selvittäminen/suunnittelu koko hankkeen osalta</li> <li>• mahdolliset rajoitukset toteutukseen liittyen</li> <li>• lähtötietojen hankintaan liittyy myös pohjatutkimukset ja uusiomateriaaliesiselvitys</li> </ul> <p>Pohjatutkimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pohjatutkimukset (+näytteenotto materiaalitutkimuksia varten), sijaitseeko luokitellulla pohjavesialueella, mahdolliset rajoitukset?</li> <li>• olemassa olevat rakenteet, esim. vanhan kentän ongelmien selvittäminen</li> </ul> <p>Esiselvitys uusiomateriaaleista ja uusiomateriaalisovellutuksista</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• materiaalikartoitus (+näytteenotto materiaalitutkimuksia varten)</li> <li>• uusiomateriaalimahdollisuuksien selvittäminen</li> <li>• <u>ensisilmäys mahdollisen toteutuksen käytännön järjestelyihin (mahdolliset varastointi-/sekoituspaikat?)</u></li> </ul>
<p><b>MATERIAALITUTKIMUKSET JA SUUNNITTELU</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• materiaalitutkimukset ja suunnittelun tekee usiorakentamisesta kokemusta omaava tahon</li> <li>• mahdolliset esitutkimukset</li> <li>• varsinaiset optimaalisimman toteutustavan ratkaisevat materiaalitutkimukset</li> <li>• lopullisen toteutettavan rakenteen ja käytettävien materiaalien suunnittelu, kuivatuksen suunnittelu</li> <li>• työohjeet yms. toteutukseen liittyvän toiminnan suunnittelu</li> <li>• laadunvarmistuksen suunnittelu</li> <li>• ohjeistus käyttö, kunnossapito, korjaaminen ja mahdollinen purkamis/poisto tarve huomioiden</li> </ul>
<p><b>YMPÄRISTÖLUPAPROSESSI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MARA-ilmoitusmenettely tai ympäristölupa (tarvittaessa aiheesta kokemusta omaava suunnittelija voi tehdä hakemuksen)</li> </ul>
<p><b>URAKKAKILPAILU</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uusiomaarakentamisesta kokemusta omaavan urakoitsijan valinta on suositeltavaa</li> </ul>
<p><b>RAKENNUSMATERIAALIEN KERUU JA VARASTOINTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• valmistautuminen käytännön toteutukseen, materiaalien rakentamiskelpoisuuden varmistaminen</li> <li>• kuka vastaa varastoinnista ja sen aikana materiaalien laadunvarmistuksesta</li> </ul>
<p><b>RAKENTAMINEN JA LAADUNVALVONTA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• käytännön toteutus suunnitelmien mukaisesti</li> <li>• silmämääräiset havainnot, mittaukset ja näytteenotto</li> </ul>
<p><b>SEURANTATUTKIMUKSET</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• silmämääräinen kunto ja mittaukset (näytteenotto)</li> <li>• kunnossapitäjän havainnot</li> <li>• käyttäjien havainnot</li> </ul>
<p><b>RAPORTOINTI</b></p> <p><b>KÄYTTÖÖNOTTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• miellyttävä ja puitteiden osalta turvallinen liikunta/urheilu käyttötarkoituksenmukaisella, pitkäikäisellä ja teknistaloudellisesti fiksulla liikuntapaikalla</li> </ul>

**4.1 Lähtötietojen hankinta**

Lähtötiedoiksi projektiin ryhdyttäessä tulee selvittää hankkeen tavoitteet, vaatimukset toteutettaville rakenteille, aikataulu, olemassa olevat pohjatutkimustiedot sekä mahdolliset rajoitukset toteutukseen liittyen. Lähtötietojen hankintaan liittyy myös pohjatutkimukset sekä esiselvitys uusiomateriaaleista ja uusiomaarakentamisesta.

**4.2 Pohjatutkimukset**

Tulevan rakennuspaikan vallitsevat pohjasuhteet ja olemassa olevat rakenteet on selvitettävä projektin alkuvaiheessa. Lähtötietoina toimivat liikuntapaikan tiedot maaperäkartoista ja vanhoista pohjatutkimustiedoista. Olemassa olevien tietojen ja alustavien suunnitelmien perusteella määritellään tarkemmat täydentävät pohjatutkimusohjelmat, joilla selvitetään alueen pohjamaan suhteet sekä eri kerrosten ominaisuudet ja mahdolliset vanhat täyttömateriaalit ja niiden ominaisuudet.

Pohjamaan laatu määrittelee vaatimuksia sille tehtäville toimenpiteille ja/tai sen päälle rakennettaville kerroksille, joilla varmistetaan lopputuloksen toimivuus. Pohjamaan laatua voidaan tutkia esimerkiksi koekuoppien ja niistä otettavien näytteiden, silmämääräisten havaintojen sekä erilaisien kairausten avulla. Havaintoja tehdään mm. erilaisista maakerroksista, niiden paksuuksista ja maalajeista (sekä arvioidaan niiden ominaisuuksia), kaivettavuudesta, kalliopinnasta ja pohjaveden korkeustasosta. Kairausten avulla voidaan määrittää mm. kerrosten lujuutta ja kantavuutta.

Ensimmäisiä selvitettäviä asioita on myös sijaitseeko rakennuspaikka luokitellulla pohjavesialueella. Uusiomateriaalien osalta saattaa olla käyttörajoituksia pohjavesialueilla, esimerkiksi määrätty minimisuojaetäisyys pohjavedenpintaan tms. Pohjaveden korkeustaso ja sen vaihtelu kohdealueella tulee selvittää, samoin alueen kuivatusmahdollisuudet.

Vanhojen rakenteiden (esim. kentän) mahdolliset ongelmat tulee olla tiedossa/selvittää uutta suunniteltaessa. Vanhojen rakenteiden materiaalit ja paksuudet sekä niiden käyttömahdollisuudet nykyisessä sijainnissaan ja olomuodossaan tulee selvittää. Vanhojen rakenteiden ja täyttöjen materiaalmassoja saattaa myös olla mahdollista/tarpeen hyödyntää rakennuspaikalla uudessa käyttötarkoituksessa, esimerkiksi katsomo-/meluvallirakenteissa.

Käytettäväksi ajatelluista luonnonmateriaaleista ja uusiomateriaaleista tulee ottaa näytteitä ja selvittää niiden perusominaisuudet ja rakentamiskelpoisuus laboratoriotutkimusten avulla projektin alkuvaiheessa (tarkemmin kohdassa 4.4.1).

### 4.3 Esiselvitys uusiomateriaaleista ja uusiomateriaalisovellutuksista

Liikuntapaikkahankeelle on suositeltavaa tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, esimerkiksi lähtötietojen koonnin yhteydessä, esiselvitys uusiomaarakentamisen mahdollisuuksista hankkeessa. Esiselvityksessä kartoitetaan potentiaaliset uusiomateriaalimahdollisuudet ja arvioidaan niistä saatava teknis-taloudellinen hyöty eri rakennesovellutuksissa. Tämän selvityksen perusteella on tehtävissä päätökset varsinaisiin tutkimuksiin ja suunnitteluun mukaan otettavista vaihtoehtoisista materiaaleista ja sovellutuksista. Samalla on käynnistettävissä materiaalin mahdollinen lupa-/ilmoitusmenettely ja materiaalien varastoinnin ja jalostuksen selvittäminen.

Materiaalien saatavuuteen ja riittävyyteen toteutettavassa projektissa tulee myös kiinnittää huomiota jo aikaisessa vaiheessa, sillä joidenkin uusiomateriaalien syntymäärät vuositasolla saattavat olla verrattain pieniä ja tarvetta materiaalille muuallakin. Uusiomateriaaleilla saattaa näin ollen olla pitkäkestoinenkin keruu- ja välivarastointitarve ennen lopullista käyttöä. Materiaalien sekoitus- ja välivarastointialueelle tarvitaan useissa tapauksissa myös ympäristölupa (mikäli sekoitus ja varastointi ei ole mahdollista käyttökohteella).

Tulevaisuudessa saatetaan kehittää konkreettisia alueellisia materiaalien käsittely- välivarastointikeskuksia. Niissä materiaalit olisivat hallitusti varastoituja ja noudettavissa rakennuskäyttöön tarvittaessa. Tähän liittyen uusiomateriaaleille voitaisiin lisäksi kehittää (ainakin näiden keskusvarastojen osalta) materiaali-/massapankki-tyyppinen tietokanta, josta selviäisi mm. varastoinnissa olevien materiaalien ominaisuuksia, massamääriä sekä mahdollisia käyttökohteita.

Tietoa uusiomateriaalimateriaaleista ja niiden ominaisuuksista, luokitteluista sekä lupiin liittyvistä asioista löytyy tämän oppaan lisäksi mm. UUMA2-sivuston ([www.uusiomaarakentaminen.fi](http://www.uusiomaarakentaminen.fi)) käsikirjastosta.

### 4.4 Materiaalitutkimukset ja suunnittelu

#### 4.4.1 Materiaalitutkimukset laboratoriossa

Tarkempi rakennesuunnittelu ja siihen liittyen tarvittavat materiaalitutkimukset tulee toteuttaa riittävän ajoissa (mieluiten 4-12 kk, riippuen työn laajuudesta) ennen rakentamista. Tutkimukset suorittaa uusiomateriaaleista kokemusta ja osaamista omaava taho. Materiaalitutkimusten avulla pyritään etsimään rakennettavalle kohteelle optimaalisin toteutustapa ajatellen sen toiminnallisuutta, käyttöominaisuuksia, pitkäaikaiskestävyyttä sekä kustannustehokkuutta. Rakennuspaikalla vallitsevat olosuhteet huomioiden määritetään esimerkiksi käytettävien materiaalien seossuhteet tai mahdollisesti lisänä käytettävän kaupallisen sideaineen (sementti) tarvittava määrä, joiden avulla saavutetaan halutut ja riittävät ominaisuudet.

Käytettäväksi ajatelluista materiaaleista ja niiden seoksista tulee usein määrittää esimerkiksi perusominaisuudet kuten vesipitoisuus, rakeisuus ja hehikutushäviö ja lisäksi esimerkiksi lujuus-/lujuusominaisuudet, jäätymis-sulamiskestävyys, routakäyttäytyminen, vedenläpäisevyys sekä optimivesipitoisuus ja maksimikuivairtoiheys yms. Materiaalitutkimuksilla määritetään myös tulevaa työmaatoimintaa/rakentamista ohjaavaa tietoa ja raja-arvoja, kuten esimerkiksi hyväksyttä-

vää vaihteluväliä käytettävien materiaalien vesipitoisuuksille ja tiivistykselle asetettaville laatuvaatimuksille. Valmiita tuotteistettuja materiaaleja ei tarvitse tunnetuilta osin tutkia, jollei kohteen olosuhteet sitä jostain syystä edellytä.

#### 4.4.2 Rakenteiden suunnittelu ja materiaalien jalostaminen

Uusiomaarakenteet mitoitetaan ja suunnitellaan kuten normaalit maarakenteet käyttäen uusiomateriaalien edellyttämiä mitoitusparametreja. Itse rakenteet suunnitellaan niin, että uusiomateriaalien ominaisuudet saadaan hyödynnettyä teknis-taloudellisesti parhaalla tavalla siten, että rakenteet kestävät eri rasitustilanteet ja toimivat vaatimusten mukaisesti. Erilaisia rakennevaihtoehtoja esitellään luvussa 3, mutta näiden lisäksi materiaaleja voidaan soveltaa käytettäväksi moniin muihinkin liikuntapaikkarakenteisiin.

Osa materiaaleista on saatavissa suoraan materiaalien tuottajilta valmiina käyttöön. Monilla materiaaleilla on tehtävä kuitenkin materiaalien varastoinnit ja jalostaminen uusiomateriaaliksi. Tämä edellyttää varastoinnin ja jalostamisen suunnittelua siten, että vaaditun tyyppinen ja laadultaan oikea materiaali on käytettävissä kohdetta rakennettaessa. Uusiomateriaalien jalostaminen tarkoittaa usein erilaisten materiaalien sekoituksia. Sekoituslaitteistoja on esitelty liitteessä 4. Materiaalien koko ketjulle tuotanto-varastointi-jalostus-rakentaminen tulee tehdä laadunvarmistussuunnitelma. Lähtötiedot tähän saadaan laboratoriossa tehdyistä materiaalitutkimuksista.

#### 4.4.3 Kuivatuksen erityispiirteet

Uusiomateriaalirakenteilla saattaa olla kuivatuksen suhteen joitakin erityispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelussa ja toteutusvaiheessa. Esimerkiksi tiivisrakenteet (tiivit kerrokset heikosti vettä läpäisevistä materiaaleista, esim. kuitusavi, kuitutuhka) saattavat vaatia toimivan kuivatuksen osalta erityistoteutustapoja. Esimerkiksi kenttärakenteissa tiiviin kerroksen ylä- sekä alapuolelle tulee tehdä hyvin vettä läpäisevät suodatinkerrokset sekä mahdollisesti tiivisrakenteen läpi kulkevat liuskapystyöjat (tai pystysalaojat esim. sorasta tai kevytsorasta). Tällöin tiivisrakenteen yläpuolinen suodatinkerros johdattaa vedet nopeasti pois tiivisrakenteen päältä pystysalaojiin (tai rakenteen sivuille), joista ne johtautuvat alapuoliseen suodatinkerrokseen ja sitä myöden pois rakenteesta. Myös kapillaarinen nousu rakenteen alapäin tulee huomioida. Toimivalla kuivatuksella on iso merkitys ylipäättään rakenteiden toimivuuden ja pitkäikäisyyden kannalta.

#### 4.4.4 Rakentamisen suunnittelu (työohjeet ja työtekniikan erityispiirteet)

Rakentamisen suunnittelun tulee suorittaa uusiomaarakenteista ja niiden suunnittelusta kokemusta ja osaamista omaava taho.

Rakennusmateriaalien asianmukainen varastointi ja kuljetukset sekä näistä vastaavat tahot tulee määrittää hyvissä ajoin. Uusiomateriaalien käsittely, tyypilliset "rakennettavuusominaisuudet" sekä rakentamisessa käytettävät välineet ja koneet ovat useimmiten pääpiirteissään samat/samanlaisia kuin perinteisillä maa-aineksilla rakennettaessa. Esimerkiksi asfaltinlevitin, tiehöylä, kuormaamiskalusto, murskalaitteisto, seulamurskakauhat ja valssitärjyryt ovat tyypillisiä käytettäviä koneita myös uusiomateriaalirakentamisessa. Sekoituslaitteistoina saattaa olla tarpeen käyttää esimerkiksi aumasekoitinta, asemasekoitinta tai jyrsinsekoitinta. Joitain erityispiirteitä ja huomioitavia seikkoja uusiomateriaaleilla rakentamista ajatellen kuitenkin on, esimerkiksi logistiikan, varastoinnin ja käsiteltävyyden suhteen huomioitava toiminta-aika veden ja/tai sideaineen sekoittamisen jälkeen (katso taulukko 2.2).

Materiaaleja saatetaan käyttötarkoituksen/-kohteen mukaan käyttää rakentamisessa joko täysin kuivana, hieman kostutettuna tai reippaamminkin kostutettuna ja kaikilla vaihtoehdoilla on keskenään erilaiset ominaisuudet toimintaa ja lopputulosta ajatellen. Käsittely-, varastointi- sekä logistiset menetelmät tulee valita siten, ettei materiaalien tekniset tai ympäristölliset ominaisuudet muutu merkittävästi missään kohtaa käyttövaiheketjua ja tällöin materiaalin vesipitoisuuden hallinnalla on tässä ketjussa hyvin merkittävä rooli. Materiaalitutkimuksista saadut tiedot ja mahdolliset raja-arvot esimerkiksi materiaalien sallitulle vesipitoisuusvälille sekä tiivistykselle tulee löytyä ohjeistuksesta, sillä niiden avulla ohjataan rakentamista ja työmaatoimintaa. Toimintaohjeet tehdään myös mahdollisten poikkeamatilanteiden (esim. käytettävissä materiaalmassoissa tms.) ratkaisemiseksi rakentamisen aikana, sekä tulevaa käyttöä, kunnossapitoa, korjaamista ja mahdollista poistoa/purkua ajatellen.

#### 4.4.5 Rakentamisen laadunvarmistus

Laadunvarmistustoimenpiteet ja niistä vastaavat tahot tulee määrittää hyvissä ajoin ennen käytännön toteutusta. Uusiomateriaalirakentamisessa onnistuneen lopputuloksen kannalta oleellista on laadunvarmistuksen toteutuminen ja sen toimiminen koko prosessin ajan. Laadunvarmistusta tarvitaan jokaisessa projektin tehtävävaiheessa: materiaalien tuotannossa, välivarastoinnissa ja käsittelyssä sekä itse rakentamisessa. Yksi tärkeimmistä seurattavista asioista rakentamisen onnistumisen kannalta on käytettävien materiaalien vesipitoisuus. Laadunvalvontatoimenpiteitä on esitelty tarkemmin kohdassa 4.8.

#### 4.5 Ympäristö- ja lupaprosessi

Hankkeen ympäristö- ja lupaprosessi on syytä käynnistää heti kun käytettäväksi suunnitellut materiaalit ja niillä toteutettavaksi suunnitellut rakenneratkaisut ovat selvillä. Mikäli hankkeessa käytettävät materiaalit mahdollistavat lainsäädännön mukaan MARA-ilmoitusmenettelyn on prosessi nopeampi, mutta jos toteutukseen tarvitaan ympäristölupa, voi asian viranomaiskäsittelyprosessi kestää pitkäänkin. Ennen luvan hakemista kannattaa olla yhteydessä lupaviranomaiseen, jolloin on mahdollista tiedustella arvioitua käsittelyaikaa ja kysyä tarvittaessa myös tarkennuksia hakemukseen liittyen. Hakemuksen tulee olla käsittelyyn jätettäessä mahdollisimman hyvin ja tarkasti laadittu, jotta käsittelyaikaa pidentäviltä hakemusaineiston täydennyspyynnöiltä vältytään. Tarvittaessa ilmoitus-/lupahakemuksen voi tilaajan toimeksiannosta tehdä myös aiheesta kokemusta omaava suunnittelija. Ympäristölupaa ja ilmoitusmenettelyä käsitellään tarkemmin liitteessä 1.

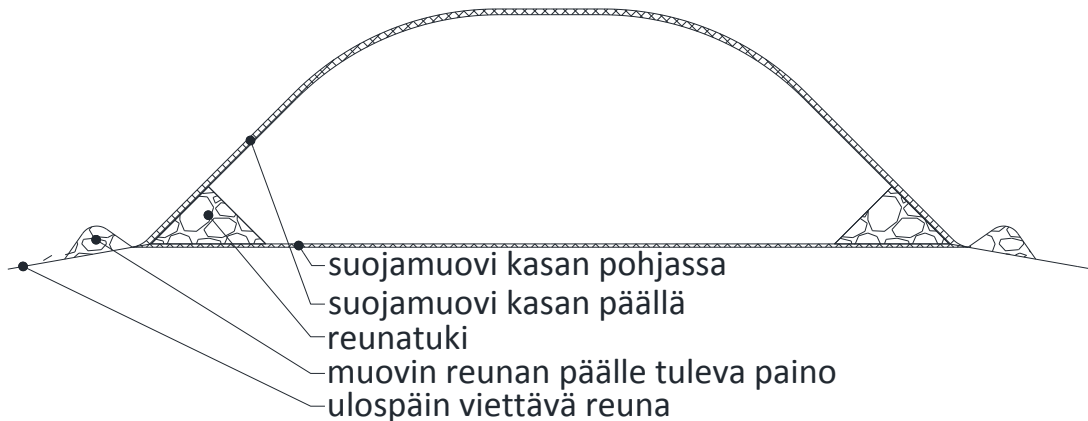
#### 4.6 Urakkakilpailu

Hankkeen toteutus kilpailutetaan tavalliseen tapaan. On suositeltavaa, että toteutukseen valituksi tulevalla urakoitsijalla olisi kokemusta ja referenssejä kyseessä olevan tyyppisestä rakentamisesta sekä uusiomaarakentamisesta. Tieto uusiomateriaalien käytöstä tulee olla esillä heti alkuvaiheessa, jotta urakoitsija osaa siihen varautua. Seikkoja, jotka urakoitsijan tulee huomioida, ovat mm. materiaalien ja työtekniikan erityispiirteet, mahdolliset urakkarajat ja rajoitukset siihen sekä muut rajoitukset, kuten lupa-asiat, sääolosuhteet jne.

#### 4.7 Rakennusmateriaalien keruu ja varastointi

Mikäli varastointi ei ole mahdollista materiaalin syntypaikalla tai käyttökohteella, tarvitaan erilliselle sekoitus- ja välivarastointialueelle useissa tapauksissa ympäristölupa. Mikäli käytettäviä uusiomateriaaleja on eri lähteistä useampia, on suositeltavaa suorittaa varastointi keskitetysti yhteen paikkaan, joka sijaitsee mahdollisuuksien mukaan lähellä käyttökohdetta. Varastointi tulee toteuttaa sivutuotteen tai jätteen ominaisuudet ja erityispiirteet huomioiden (luvun 2.3 taulukko 2.2). Jotkut materiaalit on esimerkiksi suositeltavaa varastoida kosteudelta ja sääolosuhteilta suojattuna, jottei käsiteltävyys- ja rakennettavuusominaisuudet tai materiaalien omaama hyötykäyttöpotentiaali heikkene. Oikeaoppinen säältä suojaava varastointiperiaate on esitetty kuvassa 4.2.

Materiaalien varastoinnista ja sen aikaisesta laadunvarmistuksesta vastaava taho tulee määritellä selkeästi ja riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta vältytään yllätyksiltä kun itse rakennustyö käynnistyy. Myös materiaalituottaja voi organisoida varastoinnin.



**Kuva 4.2. Periaatekuva uusiomateriaalin välivarastoinnista, jossa materiaali (esim. tuhka) halutaan käyttää lähes kuivana tai hallitusti kostutettuna. Tällöin materiaali tulee varastoida siten, ettei siihen pääse imeytymään ylimääräistä vettä tai kosteutta ilmasta, pohjamaasta tai muusta ympäristöstä.**

#### 4.8 Rakentaminen ja laadunvalvonta

Uusiomaarakentamisessa tulee seurata ja noudattaa tarkasti sitä varten laadittua työsuunnitelmaa. Rakentamisen laadunvarmistuksessa yhtenä olennaisena seurattavana asiana on käytettävien massojen vesipitoisuus. Vesipitoisuutta seurataan materiaalin syntypaikalla, varastoinnin aikana sekä eri vaiheissa käytännön rakentamisen toteutusta. Vesipitoisuusseurannan avulla voidaan myös ohjata työmaata ja antaa säätöohjeita sekoituspaikalle.

Käytettäville materiaaleille tehdään tiivistyvyyskokeita, kuten Proctor-sarja, jolla määritetään kyseisen materiaalin maksimikuivairtoteiheys ja optimivesipitoisuus, tai maksimitiheys siinä vesipitoisuudessa, jossa se on työmaalle toimitettu. Laboratoriomäärittelyä varten voidaan myös valmistaa jälkiseuranta varten koekappaleita, joista määritetään esimerkiksi lujuus- tai vedenläpäisevyysominaisuuksia.

Tarvittaessa rakenteen tiiveysastetta tulee myös seurata koko rakentamistyön ajan. Mittausten avulla ohjataan tiivistystyötä ja tarvittavaa tiivistystyömäärää. Rakenteen tiiviyttä voidaan mitata volymetrin tai Troxlerin avulla. Saavutettava tiiviyssaste vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi rakenteen lujuustasoon, läpäisevyysominaisuuksiin ja pitkäaikaiskestävyyteen.

Kerrosaksuuskien seuranta, tiedot käytettävistä massoista ja kuormista sekä niiden sijoituspaikat, sääolosuhteet, ongelmat, poikkeamat työohjeesta, kellonajat ja työsuoritusten kestot sekä kaikki muut mahdollisesti lopputulokseen vaikuttavat seikat kuuluvat kirjattaviin asioihin ja dokumentointia tulee täydentää havainnollistavilla valokuvilla.

#### 4.9 Seurantatutkimukset ja raportointi

Seurantatutkimuksia tehdään ja niistä raportoidaan rakentamisen aikana sekä myös kohteen valmistumisen ja käyttöönoton jälkeen. Rakennetusta kohteesta (kentästä tai muusta liikuntapaikasta) tehdään havaintoja silmämääräisesti, erilaisten mittausten avulla sekä sen käyttäjiä ja kunnossapitäjiä kokemuksistaan haastattelemalla. Näin saadaan lisätietoa ja dokumentaatiota rakenteiden toimivuudesta ja uusiomateriaalien teknisistä hyötyominaisuuksista.

#### 4.10 Käyttöönotto

Käyttöönoton yhteydessä tulee huomioida käyttöä, kunnossapitoa ja korjaamista koskevat ohjeet. Oikein toteutettu uusiomateriaalirakentaminen ja huoltotoimenpiteet mahdollistavat miellyttävän ja puitteiden osalta turvallisen liikunnan/urheilun harrastamisen käyttötarkoituksen mukaisella, pitkäikäisellä ja teknistaloudellisesti fiksulla liikuntapaikalla.

## 5. LÄHTEITÄ

Alin, J. 2013. *Leijukerroskattilan pohjahiekka*, kuvaus. Fortum 28.11.2013.

Forsman, J., Jyrävä, H., Lahtinen, P., Niemelin, T. & Hyvönen, I. 2014. *Massastabilointikäsikirja*.

Ramboll (+useita muita) 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. Energiatuotannon tuhka väylä-, kenttä- ja maarakenteissa.

Euroopan komissio. 2015. Lehdistötiedote - *Kierto kuntoon: komissio hyväksyy uuden kunnianhimoisen kiertotalouspaketin, jolla edistetään kilpailukykyä, luodaan työpaikkoja ja tuetaan kestävä kasvua*. Bryssel 2. joulukuuta 2015

Infra 66-710136, RT 97-11169RT. *Maavalli- ja rinnekatsomot*. 2014.

Jäniskangas, T., Lehtinen, T., Järvelä, R., Metsäranta E. 2011. *Ratsastuspohjaopas, Ratsastusliitto ry, Opetus- ja kulttuuriministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu 100*.

Ramboll 2008. *Hiekkakenttien ylläpitäjän ja perusparantajan opas*.

SCC Viatek 2002. Urheilukentän perusparantaminen uusiomaarakennustekniikalla, kuitutuhkarakenteet, Opetusministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu.

[www.saltex.fi](http://www.saltex.fi)

[www.uusioaines.com](http://www.uusioaines.com)

[www.ruukki.fi](http://www.ruukki.fi)

[www.morenia.fi](http://www.morenia.fi)

Muut materiaalituottajien julkaisut ja verkkosivut

## LIITE 1, lainsäädäntö (4 s.)

Huom. Lainsäädäntö saattaa muuttua ajan myötä, joten luonnollisesti seikat on tarkistettava ajankohtaisesti.

### Uusiomateriaalit liikuntapaikkarakentamisessa

Uusiomateriaalit voidaan luokitella joko jätteiksi, sivutuotteiksi tai tuotteiksi. Jätteiksi luokitelluille uusiomateriaaleille voidaan lisäksi hakea erikseen jätestatuksen päättymistä End of Waste menettelyn avulla (1; 2). Tässä tapauksessa kyseistä uusiomateriaalia ei pidetä enää jätteenä, eikä sitä koske enää jätelainsäädäntö. Kyseinen materiaali siirtyy kuitenkin takaisin kemikaali- ja tuotelainsäädännön piiriin. Kaikille uusiomateriaaleille (tuotteet, sivutuotteet, jätteet) voidaan lisäksi hakea CE merkintä. Puhtaita ylijäämämaita, joita voidaan hyödyntää rakentamistoiminnassa, ei luokitella jätteiksi eikä niiden hyödyntäminen vaadi yleensä ympäristölupaa. Puhtaiden ylijäämämaiden pitkä välivarastointi (> 1 vuosi) voi kuitenkin muuttaa luvanvaraisuutta, koska varastointialue voidaan katsoa tällöin maankaatopaikaksi, joka tarvitsee ympäristöluvan (2).

### Jätteeksi luokitellut uusiomateriaalit

Jätteeksi luokiteltu uusiomateriaali tarvitsee lähtökohtaisesti ympäristöluvan, jotta sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa. Ympäristöluvanvaraisuudesta poikkeuksena ovat tietyt materiaalit joita voidaan hyödyntää VNa 843/2017 (jäljempänä MARA-asetus) mukaisesti ilmoitusmenettelyllä (4). Lähtökohtaisesti aina ympäristölupaa vaativia materiaaleja ovat ainakin:

- Lievästi pilaantuneet ylijäämämaat
- Fosfokipsi
- Kuitusavi
- Kuitutuhka
- Suotokakku
- Muut jätteeksi luokitellut uusiomateriaalit, jotka eivät täytä MARA-asetuksen kriteerejä

Ympäristöluvan myöntää joko kunnan ympäristöviranomainen tai AVI. Jätteen käsittelyssä ympäristöluvan myöntäjä riippuu jätteestä ja käsiteltävästä määrästä taulukon 1 mukaan:

**Taulukko L1-1. Ympäristöluvan myöntävä viranomainen jätteeksi luokiteltujen uusiomateriaalien käsittelyssä (5)**

Käsiteltävä jäte	Luvan myöntäjä
Pilaantumattoman maa-ainesjätteen, betoni-, tiili- tai asfalttijätteen tai pysyvän jätteen muu käsittely kuin sijoittaminen kaatopaikalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä &lt;50 000tonnia vuodessa</li> <li>• AVI, jos &gt;50 000t/a</li> </ul>
Muiden tavanomaiseksi jätteeksi luokiteltujen uusiomateriaalien käsittely pl. sijoittaminen kaatopaikalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä &lt;20 000tonnia vuodessa</li> <li>• AVI, jos &gt;20 000t/a</li> </ul>

## Jätteiksi luokiteltujen uusiomateriaalien hyödyntäminen VNa 843/2017 (MARA-asetus) mukaisesti

Tiettyjä uusiomateriaaleja voidaan hyödyntää ilman ympäristölupaa vuoden 2018 alusta uudistuneen MARA-asetuksen mukaisella ilmoitusmenettelyllä. Edellytyksenä hyötykäytölle on asetuksessa annettujen kriteerien täyttyminen mm. haitta aineiden liukoisuuksien ja pitoisuuksien, sijainnin sekä laadunvalvonnan osalta. MARA-asetuksessa uusiomateriaalien hyödyntäminen on rajattu tiettyihin maarakentamiskohteisiin (4): kenttä, väylä, valli, teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenne sekä tuhkamursketie ja koskee myös liikuntapaikkarakentamista (kentät, maastoliikuntareitit yms.). Uudistunut MARA-asetus mahdollistaa seuraavien tässä ohjeessa esitettyjen uusiomateriaalien hyödyntämisen:

- Betonimurske, kevytbetoni- ja kevytsorajätteet
- Kivihillen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lentotuhkat, pohjatuhkat ja leijupetihiekat
- Tiilimurske
- Asfalttimurske ja -rouhe
- Käsitelty jätteenpolton kuona
- Rengasrouhe

## Sivutuotteiksi luokitellut uusiomateriaalit

Teollisuuden prosesseissa syntyvät uusiomateriaaleina käytettäville jäännösmateriaaleille on voitu hakea sivutuotestatusta jätelain 646/2011 mukaisesti, jos laissa annetut kriteerit täyttyvät. Sivutuote rinnastetaan mihin tahansa tuotteeseen ja se kuuluu kyseistä tuotetta säätelevien tuotesäädösten piiriin. Sivutuotetta ei siis luokitella enää jätteeksi. Sivutuotteiksi luokiteltuja uusiomateriaaleja ovat mm:

- Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)
- Kalsiitin rikastushiekka (Nordkalk FS)
- Masuunihiekka

## Uusiomateriaalin jätestatuksen päättymisen (End of Waste menettely)

End of waste menettely tarkoittaa, että jäte on hyödyntämistoimien (mukaan lukien kierrätys) seurauksena lakannut olemasta jätettä eikä siihen näin ollen enää sovelleta jätelain säännöksiä. Jäteominaisuuden päättymisen arviointiperusteina voidaan käyttää tapauskohtaisessa harkinnassa EU:n jätedirektiivin 2008/98/EY ja jätelain (646/2011) 5.4§:n mukaisia arviointiperusteita, ellei toimintaa koskevia säädöksiä ole erikseen annettu. Jos kyseessä olevasta jätteestä on annettu velvoittavia päätöksiä (joko EU- tai kansalliset säädökset), tapauskohtaista harkintaa ei voida soveltaa.

## Uusiomateriaalien tuotteistaminen

Jätteeksi ja sivutuotteeksi sekä EoW menettelyn läpi käyneitä Uusiomateriaaleja voidaan tuotteistaa. Uusiomateriaali voi olla jo lähtökohtaisesti tuote (esim. vaahtolasi). Tuotteistamista on määritelty uusiomateriaalien tuotteistamisohjeessa seuraavasti (1):

*"Tuotteistaminen on tavaran tai palvelun vakioimista sisäänpäin eli valmistamiseen (tuote on aina samanlainen tuotannossa/laadussa) ja ulospäin eli asiakkaalle (tuote on aina samanlainen käytössä)."*



Tuotteistamisella pyritään siis vakioimaan materiaalin tekninen laatu ja ympäristökelpoisuus niin, että sen hyödyntäminen olisi mahdollisimman helppoa. Tuotteistamista ohjaava lainsäädäntö määräytyy uusiomateriaalin jätestatuksen mukaan: EoW ja sivutuotteet noudattavat tuotelainsäädäntöä (mm. REACH ja CLP-asetus), kun taas jätemateriaalit noudattavat jätteille annettua lainsäädäntöä (mm. jätelaki, MARA-asetus). Esimerkkejä tuotteistetuista uusiomateriaaleista ovat mm:

- Vaahtolasimurske, tuote
- Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet), sivutuote
- Kalsiitin rikastushiekka (Nordkalk FS), sivutuote
- Masuunihiekka, sivutuote
- Betonimurske (Betoroc), MARA-asetuksen avulla hyödynnettävä jäte
- Suomen Erityisjätteen tuottama käsitelty jätteenpolton pohjakuona, MARA-asetuksen,- tai ympäristöluvan avulla hyödynnettävä jäte

Taulukkoon 2 on koostettu eri uusiomateriaalien ympäristöluvanvaraus 7/2018 voimassa olevan lainsäädännön mukaan.

**Taulukko L1-2. Kooste eri uusiomateriaalien ympäristöluvanvaraisuudesta liikuntapaikkarakentamisessa**

Uusiomateriaali	Maarakentamisen hyötykäytön luvanvaraisuus		
	Ympäristöluva	MARA-asetus	Ei ympäristölupatarvetta (sivutuote/tuote/muu)
Asfalttimurske	x	x	
Betonimurske	x	x	
Tiilimurske	x	x	
Käsitelty jätteenpolton pohjakuona	x	x	
Lentotuhka	x	x	
Pohjatuhka, pohjahiekka	x	x	
Masuunihiekka			x
Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)			x
Kalsiitin rikastushiekka			x
Fosfokipsi	x		
Vaahtolasimurske			x
Rengasrouhe	x	x	
Kumimurske	x		(x)*
Kuitusavi	x		
Kuitutuhka	x		
Suotokakku	x		
Puhtaat ylijäämämaat	(x)**		x

\* Tuotteena myytävä kumimurske

\*\* Puhtaiden ylijäämämaiden pitkäaikainen varastointi voi vaatia ympäristöluvan

## Lähteet

1. **Koivisto, K. Forsman, J. ja Vaajasaari, K.** *Uusiomateriaalien tuotteistamisohje maarakentamiseen*. 2016.
2. **Euroopan Parlamentti ja Neuvosto.** *Direktiivi 2008/98/EY*. s.l. : Euroopan unionin virallinen lehti, 2008.
3. **Ympäristöministeriö.** *Maa-ainesten hyödyntäminen - opas kaivettujen maa-ainesten luokittelusta jätteeksi ja hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnista*. s.l. : Ympäristöministeriö, Luonnos 20.3.2014.
4. **VNa, 843/2017.** *Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa*. Helsinki : Valtioneuvosto, 2017.
5. **VNa, 713/2014.** *Valtioneuvoston asetus ympäristösuojelusta 713/2014*. Helsinki : Valtioneuvosto, 2014.

## LIITE 2, joidenkin uusiomateriaalien esittely (14 s.)

Huom. Materiaalien ominaisuudet saattavat muuttua ja kehittyä, joten luonnollisesti ne on tarkistettava ajankohtaisesti tuottajalta!

### Betonimurske

Betonijätettä syntyy Suomessa vuosittain 700 000 tonnista miljoonaan tonniin, pääosin purkutyömailla. Edellytykset betonin kierrätykselle ovat hyvät, sillä lajitteleva purkutekniikka on kehittyntä ja purkubetoni voidaan hyödyntää yleensä kokonaan. Kuvassa L2-1 on valokuva laadukkaasta betonimurskeesta.

Taulukossa L2-1 on esitetty Suomessa käytössä oleva betonimurskeen laatuluokitus, jossa betonimurskeet on jaettu neljään luokkaan teknisten ominaisuuksiensa perusteella.

Betonimurske on kiviainespohjaisena teknisesti ja ympäristöominaisuuksiltaan turvallinen materiaali, etenkin suoraan betoniteollisuuden hylkytuotteista peräisin oleva puhdas betonimurske (BEM I), joka sisältää vähiten muita materiaaleja ja epäpuhtauksia. Murskeen raaka-aineena ollessa purkubetoni (BEM II-IV), tulee varmistua materiaalin laadusta ja haitattomuudesta.

Tuotteistetuilla betonimurskeilla (esim. Ruduksen Betoroc-murskeilla) on olemassa omat suunnitelu- ja käyttöohjeet.



Kuva L2-1 Betonimursketta ([www.uusiomaarakentaminen.fi](http://www.uusiomaarakentaminen.fi))

Taulukko L2-1 Betonimurskeen laatuluokitus (Tiehallinto, sivutuotteiden käyttö tierakenteissa 2007).

Ominaisuus	BEM I	BEM II	BEM III	BEM IV
Raaka-ainelähde	Betoniteollisuus	Purkutyömaa tai vastaava	Purkutyömaa tai vastaava	Purkutyömaa tai vastaava
Rakeisuus	1)			Vaihtelee
Routivuus	Routimaton	Routimaton	Routimaton	Vaihtelee
Puristuslujuus, Mpa	≥ 1,2	≥ 0,8	-	-
Tiilen maks. osuus, paino-%	0	10	10	30
Muiden mater. <sup>2)</sup> maks. osuus, p-%	0,5	1	1	1
Kevyt orgaaninen materiaali <sup>3)</sup> , p-%	ei haitallista määrää	ei haitallista määrää	ei haitallista määrää	ei haitallista määrää

<sup>1)</sup> Täyttää julkaisun InfraRYL 2006 osan 1 kuvassa 21310:K2 esitetty sitomattoman kantavan kerroksen murskeen 0/45 rakeisuusvaatimukset

<sup>2)</sup> Puu, muovi yms.

<sup>3)</sup> Esim. solumuovit, mineraalivilla

Betonimurske soveltuu hyvin maarakentamiseen, sillä se sisältää reagoimatonta sementtiä ja näin ollen se lujittuu uudelleen käytettäessä. Lujittumisen ansiosta betonimurskeella voidaan saavuttaa jopa parempia kantavuuksia kuin luonnonkiviaineksilla. Parempi kantavuus mahdollistaa ohuemmat rakennekerrokset, mikäli routa ei muodostu mitoittavaksi. **Liikuntapaikkoihin liittyen betonimurske soveltuu käytettäväksi kulkureittien (tiet, kadut), paikoitusalueiden ja**

**kenttien kantavissa ja jakavissa rakennekerroksissa.** Tuotteistamattoman betonimurskeen käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat joko VNa 843/2017 mukaisen ilmoituksen tai ympäristöluvan.

## Tiilimurske ja -murska

Tiilimursketta syntyy tiilien valmistuksessa sekä korjaus- ja uudistalorakentamisessa. Purkutiilijätteen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet ovat peräisin muista komponenteista, kuten laastista ja purkujätteistä. Purkutiilien mursketta voidaan käyttää esimerkiksi kenttärakenteiden alemmissa kerroksissa ja täytöissä. Tiilien valmistuksessa syntyvästä ”rikkoutuneesta tai hukkatiilestä” valmistettua **puhdasta tiilimursketta voidaan käyttää urheilukentillä esimerkiksi juoksuratojen ja tenniskentän pintakerroksessa.** Tenniskentällä käytettävä tiilimurskemassa on oltava varta vasten valmistettu tenniskenttäpäällysteen materiaaliksi. Tiilimurskepintaista tenniskenttää kutsutaan ”massakentäksi”, joka on ns. hidaspintainen ja luistoltaan (kitkaltaan) sopiva lajia varten. Tiilimurskeen hyväksytyt/ hyväksi mielletty raekoko pintamateriaalina on yleensä 0/3 mm. Tuotteistamattoman tiilimurskeen käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat joko VNa 843/2017 mukaisen ilmoituksen tai ympäristöluvan.

Tiilimursketta on käytetty melko yleisesti pintamateriaalina monilla eri urheilukentillä Suomessa, yhtenä esimerkkinä Luopioisten urheilukenttä (kuva L2-2).



**Kuva L2-2. Tiilimurskaa voidaan käyttää esimerkiksi tenniskentän tai juoksuradan pintamateriaalina.**

## Lento- ja pohjatuhka

Tuhka on energiantuotannon polttoprosessissa muodostuvaa palamatonta ainetta, jonka koostumus vaihtelee polttoprosessista, polttoaineesta ja tuhkanerotustekniikasta riippuen. Tuhkien laadut luokitellaan Suomessa niiden keräyspaikan ja polttoprosessin polttoainekoostumuksen mukaan, kivihiilen polton-, seospolton- ja rinnakkaispolton tuhkiin (Taulukko L2-2). (Ramboll, 2012)

**Taulukko L2-2. Suomessa tuhkien luokitteluun käytetyt määritelmät (Ramboll, 2012)**

	<b>Nimike</b>	<b>Määritelmä</b>
<b>Keräyspaikka</b>	Pohjatuhka	Kattilan pohjalle kerääntyvä tai poistettavan leijupetimateriaalin mukana poistuva tuhka- ja seos
	Lentotuhka	Savukaasuista erotettava tuhka- ja seos
<b>Polttoainekoostumus</b>	Kivihiilen poltto	Kivihiilen polton lentotuhka
	Seospoltto	Tavanomaisten polttoaineiden seospoltto
	Rinnakkaispoltto	Jätteiden ja tavanomaisten polttoaineiden rinnakkaispoltto

1.7.2013 voimaan tullut Eurooppalainen toissijaisten kiviainesten standardi (CEN/TC 154/WG12) luokittelee tuhkat hieman tarkemmin polttoainekoostumuksien mukaan. Eurooppalaista luokitus-tapaa (taulukko L2-3) käytetään myös Suomessa taulukon L2-2 mukaisen luokittelun lisäksi.

**Taulukko L2-3. Eurooppalaisen toissijaisten kiviainesten mukaiset määritelmät tuhkan luokitteluun. (CEN/TC 154/WG12)**

Lähde	Tun- nus	Määritelmä
<b>B Yhdyskuntajätteen- poltto</b>	B1	Yhdyskuntajätteenpolton pohjatuuhka
	B2	Yhdyskuntajätteenpolton lentotuuhka
<b>C Kivihiilen poltto</b>	C1	Kivihiilen pölypolton lentotuuhka
	C2	Kivihiilen leijupetipolton lentotuuhka (750-900 °C)
	C3	Kivihiilen kattilakuona (1500-1700 °C)
	C4	Kivihiilen arinapolton pohjatuuhka
	C5	Kivihiilen leijupetipolton lentotuuhka (800-900 °C)
<b>I Muut</b>	I1	Paperilietteenpolton tuhka
	I2	Vedenkäsittelyjätteenpolton tuhka
	I3	Biomassatuhka

Polttoprosessissa syntyvät pohja- ja lentotuhkan määrät riippuvat polttotekniikasta. Yleisimmät polttotekniikat ovat arina- ja leijupoltto. Leijupolton pohjatuuhka eroaa taasen arinapolton pohjatuuhasta, koska leijupolton pohjatuuhasta pääosa on hiekkaa, jota käytetään polton tukiaineena. Arinapolton tuhkan partikkelijakauma on suurempi ja pohjatuuhka sisältää myös hienompia jakeita. (Ramboll, 2012) Leijukerroskattilasta poistettava hiekka on pohjahiekkaa, joka sisältää leijukerros-hiekkaa ja polttoaineen mukana tullutta karkeaa ainesta (Alin 2013).

Tuhkien tekniset ominaisuudet vaihtelevat suuresti eri keräyspaikoista (pohja- ja lentotuuhka) saattujen tuhkalaatujen mukaan.

Lentotuhkat ovat hienorakeista, erikokoisista pallomaisista hiukkasista ja pienistä neulasmaisista kiteistä koostuvaa materiaalia. Tyypillinen lentotuhkan väri on graffitin harmaa, mutta mitä suurempi hiilipitoisuus sitä tummempaa lentotuuhka on. Lentotuhkan rakeisuus vastaa lähinnä siltin rakeisuutta eli raekoko vaihtelee pääosin välillä 0,002 - 0,1 mm. Ajan myötä lentotuhkassa tapahtuu lujittumista, jota voidaan nopeuttaa aktivaattoreilla (sementti, kalkki, RPT). Lentotuhkan olemuotoa eri vesipitoisuuksissa on pyritty kuvaamaan esimerkinomaisesti kuvassa L2-3.



**Kuva L2-3. Esimerkinomainen suuntaa antava kuva lentotuhkan olemuodosta eri vesipitoisuuksissa: vasemmanpuoleinen  $w < 1\%$ , keskellä  $w = 26\%$  (tässä tapauksessa optimi), oikealla  $w = 41\%$ . (Ramboll 2013)**

Pohjatuhkien rakeet ovat särmikkäitä ja niillä on huokoinen pinta. Jotkin rakeista ovat lasittuneita. Hienoaineksessa on lentotuhkarakeiden kaltaisia hiukkasia. Pohjatuhka ei kuitenkaan ole potsolaaninen materiaali, joka lujittuu ajan myötä. Rakeisuudeltaan pohjatuhka vastaa karkeaa tai soraista hiekkaa ja rakeisuus vaihtelee yleensä välillä 0,002-16 mm. (Mäkelä, 2000)



**Kuva L2-4. Esimerkkejä pohjahiekoista. (Ramboll 2006 ja 2013)**

Syntyvän tuhkan määrään ja laatuun vaikuttaa merkittävästi polttotekniikka. Pöly- ja leijukerros-poltossa syntyvä tuhka on pääasiassa (80-100 %) lentotuhkaa, kun taas arinapoltossa lentotuhkaa muodostuu 5-40 %, lopun ollessa pohjatuhkaa. (Mäkelä, 2000). Pöly- ja leijukerros-poltossa raskaimmat partikkelit putoavat kattilan pohjalle pohjatuhkaksi ja pohjatuhka sisältää myös leijukerrosmateriaalia eli luonnonhiekkää. Arinapoltossa syntyvän pohjatuhkan partikkelijakauma on laajempi, joten pohjatuhka sisältää myös hienorakeisempia partikkeleita.

Vuositasolla Suomessa syntyy tuhkia noin 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa, josta kivihiilen poltosta muodostuvien tuhkien osuus on noin 500 000 – 1 000 000 t/a (Ramboll, 2012). Biopohjaisten (puun, turpeen ja seospolton) tuhkien syntymäärät ja hyötykäyttömahdollisuudet ovat kuitenkin olleet viime vuosina kasvussa ja vuonna 2015 biopohjaista tuhkaa arvioidaan syntyneen 600 000-800 000 tonnia.

Lento- ja pohjatuhkan geoteknisiä ominaisuuksia on esitetty taulukossa L2-4. Taulukon aineisto on kerätty Ramboll Finland Oy:n tietokannoista sekä Rudus 2008 ja Finergy 2000 ohjekirjoista. Taulukon tietoja on suositeltavaa käyttää viitteellisenä informaationa.

**Taulukko L2-4. Tuhkien geoteknisiä ominaisuuksia (Ramboll, 2012)**

Ominaisuus	Olosuhde	Lentotuhka	Pohjatuhka
Rakeisuus		0,002-0,1 (siltti)	0,002-16 (hiekkä)
Kuivairtoteiheys		1100-1400 kg/m <sup>3</sup>	1000-1500 kg/m <sup>3</sup>
Märkäirtoteiheys tiivistettynä		1300-1500 kg/m <sup>3</sup>	1250-1800 kg/m <sup>3</sup>
Optimivesipitoisuus		20-50 %	16-24%
Vedenläpäisevyys	lujittumaton lujittunut	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-6</sup> m/s 10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-6</sup> m/s	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-5</sup> m/s
Segregaatiopotentiaali		0,05-5 mm <sup>2</sup> /Kh	<0,2 mm <sup>2</sup> /Kh
Lämmönjohtavuus	sula jäätynyt	0,4-0,6 W/mK 0,8 W/mK	0,9 W/mK
Routivuus		routiva	
Hehkutushäviö		1-15 %	-
Koheesio c'	lujittumaton lujittunut	23-47 kPa 64-490 kPa	10-30 kPa
Kitkakulma φ'	lujittumaton lujittunut	28-36° 49-77°	39-53°

Lämmönjohtavuuteen vaikuttavat tuhkan ominaisuuksien ohella sen vesipitoisuus ja lämpötila. Tuhkien lämmönjohtavuudet ovat suuremman huokostilan vuoksi rakeisuudeltaan vastaavia kiviaineksia alhaisempia. Vedellä kylläisessä tilassa tuhkan lämmönjohtavuudet nousevat hieman korkeammalle tasolle kuin kuivana. Lentotuhka on sellaisenaan yleensä routiva materiaali, mutta si-deaineen (tai seosaineen) avulla siitä on mahdollista rakentaa myös routimattomia rakenteita.

Massiivisten tuhkarakenteiden selkeimmät edut tavanomaisiin rakenteisiin verrattuna ovat niiden

- lämmöneristävyys
- kantavuus
- keveys
- luonnonvaroja säästävä vaikutus

Massiivisilla tuhkarakenteilla on mahdollista rakentaa kestäviä rakenteita tavanomaisia rakenneratkaisuja ohuemmalla kokonaisrakennepaksuudella, mikä korostuu erityisesti routivan pohjamaan päälle rakennettaessa, sillä lentotuhkasta saadaan muodostettua eristävä rakennekerros. Ohuemman kokonaispaksuuden myötä tarvittavan maaleikkauksen tarve vähenee ja neitseellistä kiviainesta tarvitaan selvästi vähemmän.

Lentotuhkia voidaan tietyin edellytyksin käyttää **liikuntakenttien rakenteissa esimerkiksi kantavana, jakavana tai suodattavana kerrosrakenteena sekä täyttö- ja pengermateriaalina**, esimerkiksi katsomovalli on mahdollista toteuttaa lentotuhkaa käyttäen. Pohjatuhkia voidaan käyttää esimerkiksi suodatinkerrosmateriaalina tai materiaalina täytöissä ja penkereissä. Tuhkarakenteiden kuivatukseen tulee kiinnittää erityishuomiota.

Lentotuhkaa voidaan hyödyntää myös stabilointien sideaineena, joko sellaisenaan tai sideaineseoksena muiden sideaineiden kanssa. Esimerkiksi ylijäämämaiden tai pehmeiden pohjamaiden stabiloinnissa on hyvät mahdollisuudet lentotuhkan käyttöön. Tuotteistamattomien tuhkamateriaalien käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat joko VNa 843/2017 mukaisen ilmoituksen tai ympäristöluvan.

## Masuunihiekka ja masuunikuonamurske

Masuunikuonaa tuotetaan raakaraudan valmistuksen yhteydessä. Luonnon oksideina esiintyvä rauta pelkistetään masuuniprosessissa hiilellä metalliseksi raudaksi. Raaka-aineena käytettävät malmin sivukivi ja koxsin tuhka sidotaan kuonanmuodostajien (kalkkikiven) avulla masuunikuonaksi. Sula kuona lasketaan masuuneista ja se jäädytetään nopeasti suurella vesimäärällä eli granuloidaan. Vaihtoehtoisesti sula kuona voidaan kaataa penkkaan ja antaa jäähtyä vapaasti, jolloin on kyseessä ilmajäädytys.

Granuloitu masuunikuona eli masuunihiekka on huokoinen, raekooltaan 0-5 mm tuote (kuva L2-5).



**Kuva L2-5. Masuunihiekka 0-5 mm.**



**Kuva L2-6. Masuunikuonamurske, jota valmistetaan eri fraktioihin.**

**Masuunihiekka soveltuu käytettäväksi esimerkiksi piha-, pysäköinti- ja kenttärakenteiden kantavassa, jakavassa tai suodatinkerroksessa** (routaeristeenä, keventävänä, ja/tai kuivattavana osiona). Masuunikuonahiekkää voidaan käyttää myös sideainemaisesti

rakennekerrosten, esimerkiksi kantavan kerroksen, stabilointiin. Masuunihiekan teknisiä ominaisuuksia on esitelty taulukossa L2-5.

Masuunikuonaa voidaan hienoksi jauhattuna käyttää myös stabiloinnissa sideaineena.

Ilmajähdytetty masuunikuona eli kappalekuona murskataan haluttuun raekokoon ja tuotteista käytetään nimeä masuunimurske (L2-6).

Masuunikuonamursketta valmistetaan raekoossa 0-32 mm. **Masuunikuonamurske soveltuu käytettäväksi esimerkiksi piha-, pysäköinti- ja kenttärakenteiden jakavassa ja kantavassa kerroksessa.** Masuunikuonamurskeiden teknisiä ominaisuuksia on esitelty taulukossa L2-6.

Kuona on huokoinen materiaali ja ominaista sille on hyvä lämmöneristyskyky ja kantavuus. Masuunikuonan sitoutuminen tapahtuu hitaasti ja vaatii kosteuden lisäksi lämpöä (ei suositella myöhäistä syysrakentamista), sitoutunut ja lujittunut materiaali on kovaa ja sen moduuli kasvaa 2-5 -kertaiseksi luonnon murskeeseen verrattuna.

**Taulukko L2-5. Masuunihiekan ominaisuuksia.**

Irtotiheys	Rakenneteoreettinen tilavuuspaino	E-moduuli* staattinen/dynaaminen	Lämmönjohtavuus	Vedenläpäisevyys	Kapillaarisuus
1,0...1,15 [t/m <sup>3</sup> ]	1,4...1,55 [t/m <sup>3</sup> ]	600/1000 [MN/m <sup>2</sup> ]	0,35 [W/mK]	0,9...1,5x 10 <sup>-4</sup> [m/s]	0,10...0,20 [m]

\* mitoitettaessa rakenne kuukauden ikäisenä

**Taulukko L2-6. Masuunikuonamurskeen ominaisuuksia.**

Murskeet	Irtotiheys	Rakenneteoreettinen tilavuuspaino	E-moduuli* staattinen/dynaaminen	Lämmönjohtavuus
Murskeet 0-10...64 mm	1,35...1,45 [t/m <sup>3</sup> ]	1,6...1,9 [t/m <sup>3</sup> ]	600/1000 [MN/m <sup>2</sup> ]	0,9 [W/mK]
Murskeet 0...150 mm	1,15...1,25 [t/m <sup>3</sup> ]	1,5...1,8 [t/m <sup>3</sup> ]	500/800 [MN/m <sup>2</sup> ]	0,7 [W/mK]

Masuunihiekkaa ja masuunikuonamursketta valmistaa Suomessa tällä hetkellä SSAB AB. Yhtenä liikuntapaikkarakentamiseen soveltuvana tuotteena on mainittu LD-MaHk 30/70 (30 % teräskuonaa, 70 % masuunihiekkaa). Tarkempia ja laajempia tuotetietoja löytyy valmistajan julkaisuista. Masuunikuona on sivutuote ja sen käyttö ei vaadi ympäristölupakäytäntöä.

## Ferrokromikuona

Ferrokromikuonatuotteet on valmistettu ferrokromikuonasta, jota syntyy ferrokromin (pääasiassa raudan ja kromin seos) valmistuksen sivutuotteena. Ferrokromikuonamurskeet valmistetaan ilmajähdytetystä ferrokromikuonasta murskaamalla. Ferrokromikuonaeriste puolestaan valmistetaan sulasta ferrokromikuonasta vesijähdytyksen eli granuloinnin avulla.

Tällä hetkellä Suomessa ferrokromikuonasta "OKTO®-rakennustuotteita" valmistaa Outokumpu Chrome Oy. Ferrokromimurske ja Ferrokromieriste (OKTO-tuotteet) ovat sivutuotteita, joiden käyttö ei vaadi lupakäytäntöä. OKTO-mursketta valmistetaan eri raekokoja pääasiassa välillä 0-22 mm (<0,063 mm aineksen osuus materiaalissa on pieni). OKTO-murskeet ovat luonteeltaan hyvin vettä läpäiseviä, lujia, kantavia, kevyitä ja eristäviä. OKTO-tuotteilla on huokoisina materiaaleina esimerkiksi pienempi lämmönjohtavuus kuin soralla. **OKTO-murskeet soveltuvat esimerkiksi tie-, katu-, piha- ja kenttärakenteissa käytettäväksi kantavassa, jakavassa tai suodatin-kerroksessa**, joissa ne toimivat eristyskerroksena ja kapillaarikatkona/salaojasorana. Esimerkkejä OKTO-murskeiden olomuodosta on esitetty kuvassa L2-7. ja sen ominaisuuksia sekä suositeltuja mitoitusarvoja taulukossa L2-7.

OKTO-eristettä valmistetaan tyyppiraekokoon 0/11 mm. OKTO-eriste on hyvin lämpöä eristävä ja hyvin suodattava (vettä läpäisevä) materiaali. Se omaa rakeidensa särmikkyyden ansiosta suuren kitkakulman. **OKTO-eriste soveltuu käytettäväksi esimerkiksi tie-, katu, piha- ja kenttärakenteissa suodatin-kerroksessa.** OKTO-eriste on esitetty kuvassa L2-8 ja sen ominaisuuksia sekä suositeltuja mitoitusarvoja taulukossa L2-7.





**Kuva L2-7. OKTO-murske, jota valmistetaan eri fraktioihin, esimerkkinä vasemmalla 0/5 mm ja oikealla 16/22 mm raekoot.**



**Kuva L2-8. OKTO-eriste, jonka tyyppirakeisuus on 0/11 mm.**

**Taulukko L2-7. OKTO-tuotteiden ominaisuuksia.**

Materiaali	Irtotiheys	Rakenneteoreettinen tilavuuspaino	E-moduuli staattinen	Lämmönjohtavuus	Vedenläpäisevyys	Kapillaarisuus
OKTO-murske	1,4-1,6 [t/m <sup>3</sup> ]	-	100...280 * [MN/m <sup>2</sup> ]	1,14 [W/mK]	< 1 x 10 <sup>-4</sup> * [m/s]	≤ 0,05 [m]
OKTO-eriste	1,1-1,35 [t/m <sup>3</sup> ]	1,6-1,80 [t/m <sup>3</sup> ]	100...150 [MN/m <sup>2</sup> ]	0,5-0,7 [W/mK]	1 x 10 <sup>-3</sup> ... 10 <sup>-4</sup> [m/s]	0,1-0,2 [m]

\* riippuen laitteesta

## Vahtolasimurske

Vahtolasimurske valmistetaan puhdistetusta kierrätyslasista jauhamalla lasi, lisäämällä siihen vaahdotusainetta, paisuttamalla se uunissa 900 °C:ssa, jolloin se kovettuu ja jäähtyessään halkeaa murskeeksi. Vahtolasirakeessa on ~90 % ilmahuokosia. Keräyslasin käyttö raaka-aineena säästää neitseellisiä luonnonvaroja ja pienentää hiilijalanjälkeä. Vahtolasi on myös uudelleen käytettävissä. Vahtolasin teknisiä ominaisuuksia ja mitoitusarvoja on esitetty taulukossa L2-8.

**Taulukko L2-8. Vahtolasimurskeen teknisiä ominaisuuksia ja mitoitusarvoja**

Raekoko	10-60 mm
Tiheys (irtokuiva)	210 ±15 %
Tiheys (kuiva, tiivistetty)	220...280 kg/m <sup>3</sup>
Tiheys (kostea, hyvin kuivatettu)	350 kg/m <sup>3</sup>
Tiheys (märkä, ajoittain veden alla)	600 kg/m <sup>3</sup>
Kapillaarinen nousukorkeus	200 mm
Lämmönjohtavuus kuiva	0,10 W/mK
Lämmönjohtavuus kostea	0,15 W/mK
Lämmönjohtavuus märkä	0,23 W/mK
Puristuslujuus, 20 % kokoonpuristuma	> 0,9 MPa
E-moduuli (Odemarkin menetelmä)	50 Mpa
Suurin sallittu staattinen kuorma	80...120 kPa

Vaahtolasimurskeen tilavuuspaino rakenteessa on vain viidesosa verrattuna murskeeseen, mutta se vastaa kantavuudeltaan karkeaa hiekkaa. Vaahtolasimurskeella voidaan rakentaa kevennyspenkereitä jyrkilläkin luiskakaltevuuksilla. Se on merkittävä etu esimerkiksi kevennettäessä penkereitä stabiloiduilla alueilla. Lämmöneristävyydeltään vaahtolasimurskekerros vastaa neljä kertaa paksumpaa hiekkakerrosta (taulukko L2-9).

**Taulukko L2-9. Vaahtolasimurskeen lämmöneristävyyden vastaavuus luonnon maa- ja kiviaineksiin verrattuna (suuntaa antavat kerrospaksuudet).**

Materiaali	Vaahtolasimurske	Hiekka	Murske/sora	Louhe
Kerrospaksuus	0,2 m	0,8 m	0,9 m	1,0 m
	0,25 m	1,0 m	1,1 m	1,25 m
	0,3 m	1,2 m	1,3 m	1,5 m

Vaahtolasi soveltuu erinomaisesti käytettäväksi esimerkiksi **urheilukenttien kevennysmateriaalina, kuivatuskerroksena sekä routa- tai lämmöneristeenä**. Monissa kohteissa vaahtolasiin käytöllä voi olla useita käyttötarkoituksia, esimerkiksi kevenne voi olla myös routaeriste.



**Kuva L2-9. Vaahtolasimursketta.**

Vaahtolasimursketta valmistaa tällä hetkellä Suomessa Uusioaines Oy Forssan tehtaallaan. Vaahtolasimurske on rekisteröity tuotenimelle Foamit, se on CE-merkitty tuote, ja sen käyttö ei vaadi ympäristölupamenettelyä. Valmistajan kapasiteetti on tällä hetkellä noin 270 000 kuutiota vuodessa. Tarkempia ja laajempia tuotetietoja löytyy FOAMIT-vaahtolasi RT-kortista ja valmistajan julkaisuista.

## Rengasrouhe

Rengasrouhetta saadaan paloitellusta rengasmateriaalista. Pääasiassa materiaali koostuu kumista, mutta sisältää yleensä myös nokea ja terästä. Rengasrouheella tarkoitetaan yleensä raekooltaan/sivumitoiltaan 100-400 mm kumikaistaleita (tosin hienojakoisempaa renkausroutaa on saatavilla), jotka soveltuvat hyötykäyttäväksi päällysrakenteen alemmissä kerroksissa. Kuvassa L2-10 on esitetty raekooltaan karkeaa renkausroutaa levitettynä hiekkakenttärakenteen kevenneeksi suodattavaan kerrokseen Tampereen Linnainmaan kentällä.



**Kuva L2-10. Levitettyä, raekooltaan karkeahkoa rengasrouhetta. (Ramboll 2007)**

Ajokelvottomista renkaista hienoksi leikattu rengasrouhe soveltuu erinomaisesti **hiekkakenttien, ratsastuskenttien, maneesien ja raviratojen pohjarakenteisiin**. Hiekkakenttärakentamisessa rengasrouheen käytöllä tarkoitetaan uuden rakennekerroksen rakentamista kentän päällysrakenteeksi hyödyntäen rengasrouheen joustavuusominaisuuksia ja kevennysvaikutusta. Rengasrouhe on myös eristävä materiaali, sillä sen lämmönjohtavuus on 0,14-0,24 W/Km riippuen raekoosta. Rengasrouheiden teknisiä ominaisuuksia ja mitoitusarvoja on esitetty taulukossa L2-10.

**Taulukko L2-10. Rengasrouheiden teknisiä ominaisuuksia ja mitoitusarvoja (Mäkelä & Höynälä 2000).**

Materiaali	Rakenneteoreettinen tilavuuspaino	Kiintotiheys	E-moduuli staattinen	Lämmönjohtavuus	Vedenläpäisevyys
Rengasrouhe 100 x 300 mm <sup>2</sup>	4-6 [kN/m <sup>2</sup> ]	1,08-1,27 [t/m <sup>3</sup> ]	0,5...3 [MPa]	0,1-0,25 [W/mK]	3...22 x 10 <sup>-2</sup> [m/s]
Rengasrouhe 50 x 50 mm <sup>2</sup>	5-6 [kN/m <sup>2</sup> ]	1,08-1,27 [t/m <sup>3</sup> ]	0,5...3 [MPa]	0,1-0,25 [W/mK]	1,5...5 x 10 <sup>-2</sup> [m/s]

**Pintamateriaalin alle levitetty rouhe antaa kentälle joustoa ja nopean kuivatuksen.** Rengasrouheen keventävää vaikutusta voidaan hyödyntää rakennettaessa pehmeikölle uutta kenttää tai korjattaessa vanhan kentän rakenteita. Se on myös perinteistä sepelipohjaista rakennetta halvempi ja nopeampi rakentaa. Rengasrouhekerroksen päälle on suositeltavaa asentaa suodatinkangas ennen sen päälle levitettävää ja tiivistettävää pintamateriaalikerrosta.

**Rengasrouhetta käytetään myös keinonurmien pohjissa antamassa kestävyttä ja joustoa. Vanhojen, kovettuneiden urheilu- ja pallokenttien kunnostuksessa rengasrouhe on edullinen ja helposti toteutettava korjausratkaisu.**

Rengasrouhe on jätteenksi luokiteltava materiaali, jonka käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat joko VNa 843/2017 mukaisen ilmoituksen tai ympäristöluvan.

## Kumimurske

Teollisuuden vulkanoitua ja vulkanointikelpoista jätekumia on saatavilla, mutta Suomessa ei ole käyttöön soveltuvaa murskauslaitteistoa. Haasteeksi muodostuukin kumimurskeen kustannustehokas saatavuus. Hiekkatekonurmikenttien kumirouhetta on saatavilla, mutta sen hinta on

suhteellisen kallis lähiliikuntapaikkarakentamiseen. Materiaalin kuljettaminen ulkomaille murskatavaksi lisää kustannuksia.

Kumimurskeella/-rouheella tarkoitetaan yleensä raekooltaan hienojakoisempaa (0-10 mm) ainesta, joka soveltuu käytettäväksi lähinnä pintakerroksissa (kuva L2-11). Yleensä valmistetusta kumirouheesta on seulottu kaikkein hienoin aines pois, jottei materiaali ja käyttökohteen pinta kovetu. **Kumimurskeen lisäämisellä voidaan muuttaa esimerkiksi hiekkakentän tai maaneetin pintaa joustavammaksi** ja siten paremmaksi peli- tai ratsastusalustaksi. Mikäli kumimursketta käytetään hiekkakentän pintamateriaaliseoksessa, tulee materiaalin pölynsidonta toteuttaa pölynsidonta-aineita (tai muita soveltuvia sivutuotteita) käyttäen, koska kumimurske ei juurikaan vähennä pölyn määrää seoksessa.

**Jätekumimurske on jätteeksi luokiteltava materiaali, jonka käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat ympäristöluvan. Sen sijaan kaupallisen kumimurskeen (hiekkatekonurmikentän materiaali) käyttö tarkoituksessaan ei vaadi ympäristölupamenettelyä.**



*Kuva L2-11. Kumimursketta/-rouhetta ([www.saltex.fi](http://www.saltex.fi))*

## Kuitusavi (kuitu- ja siustausliete)

Kuitusavi on yhteisnimitys massa- ja paperiteollisuuden jäteveden puhdistuksessa muodostuville erityyppisille kuitu- ja täyteainepitoisille lietteille (Saari, 1998). Kuituja ja paperin täyteaineita kerääntyy jäteveden joukkoon paperin ja massan valmistuksen eri vaiheissa, kuten puun kuorinnassa ja haketuksessa, kuitumassan lajittelussa ja käsittelyssä, täyteaineiden valmistuksessa, paperin pinnoituksessa sekä joskus häiriötilanteissa.

Ennen vedenpoistoa kuitusaven eli kuitu- ja täyteainepitoisen lietteen vesipitoisuus on korkea. Useimmiten kuiva-ainepitoisuus on alle 5 % lietteen tilavuudesta. Tilavuuden vähentämiseksi ja käsittelyn helpottamiseksi lietteiden kuiva-ainepitoisuutta pyritään nostamaan erilaisilla vedenpoistolaitteilla ja -tekniikoilla. Lietteiden/kuitusaven myöhemmän käyttötarkoituksen mukaan voidaan kuiva-ainepitoisuus ottaa huomioon jo kuivausvaiheessa. Osa massa- ja paperitehtaista hyödyntää kuitusaven energiana polttamalla tehtaan omassa energialaitoksessa, jolloin lietteen mahdollisimman korkea kuiva-ainepitoisuus on eduksi, kun taas maarakennuskäytössä maksimikuiva-ainepitoisuus ei ole paras mahdollinen. Veden poiston jälkeen kuitusavi on kostea massaa tai irtonaista isohkoa murua käytetystä vedenerotuslaitteistosta riippuen. Kuitusavet voidaan luokitella kahteen eri luokkaan niiden syntyminen mukaan: kuitulietteeseen ja siustauslietteeseen.

Kuitulietettä muodostuu paperitehtaissa, joissa käytetään mekaanista massaa tai sellua raaka-aineena. Kuituliete otetaan talteen jäteveden puhdistuksen mekaanisessa esiselkeytyksessä ja sitä käsitellään vedenerotuslaitteella (suotonauha, ruuvipuristin tai linko). Vedenerotuksella saavutetaan kuiva-ainepitoisuudeksi 25-55 % riippuen vedenerotusmenetelmästä. Kuituliete sisältää puun kuitujen lisäksi täyteaineita, kuten kaoliinia, talkkia ja kalsiumkarbonaattia. Päälystettyjä papereja valmistavilla tehtailla edellä mainittujen aineiden lisäksi kuituliete sisältää myös pieniä määriä pastaa ja päälyspigmentejä. Sellua käyttävillä paperitehtailla jäteveden käsittelyssä muodostuva kuituliete sisältää kuitujen lisäksi hieman meesaa eli kaustisointiprosessin karbonaattilietettä, joka on pääosin kalsiumkarbonaattia, mutta sisältää myös mm. alkalijäännöksiä, orgaanista hiiltä, alumiinilikaattia, rautaa ja kalsiumhydroksidia. (Finncao, 2001)

Siistauslietettä syntyy uusiomassan valmistuksen yhteydessä, kun kierrätyspaperi siistataan vaahdotuskennossa eli siitä poistetaan vanha painomuste. Vaahdotuskennossa muodostuva jäte eli siistausliete ohjataan eteenpäin vedenerotukseen ja siistausmassa pesun kautta varastointiin odottamaan käyttöä paperikoneessa. Siistauksessa syntyvä liete sisältää 50–70 % lyhyitä puukuituja sekä paperista poistettua painomustetta, täyte- ja päällysteaineita. (Saari, 1998 )

Suomessa oli vuonna 2013 yhteensä 37 toiminnassa olevaa massa-, kartonki- ja paperitehdasta. Vuonna 2013 kuitusavea syntyi karkeasti arvioituna n. 334 000 tonnia. Paperin ja massan valmistuksessa syntyvän kuitusaven osuus on noin 80 % ja siistauksessa syntyvän kuitusaven osuus 20 %.

Kuitusaven tyypillisiä geoteknisiä ominaisuuksia on esitetty taulukossa L2-10.

**Taulukko L2-10. Kuitusaven tyypillisiä geoteknisiä ominaisuuksia (Mäkelä, 2005)**

Ominaisuus	Arvo
Kuivairtoteiheys	360-600 kg/m <sup>3</sup>
Vesipitoisuus	120-220 %
Optimivesipitoisuus	40-100 %
Vedenläpäisevyys <sup>1)</sup>	$5 \times 10^{-8} - 5 \times 10^{-9}$ m/s
Plastisuusraja	94-147 %
Juoksuraaja	218-285 %
Lämmönjohtavuus	0,6-0,7 W/mK
Routivuus	routiva
Kokoonpuristuvuusindeksi $C_c$	1,2-1,8
Konsolidaatiokerroin $C_v$	4-16 m <sup>2</sup> /a
Suljettu leikkauslujuus <sup>2)</sup>	10-35 kPa
Koheesio $c'$	13-16 kPa
Kitkakulma $\phi'$	23-31°

1) tuoreena laboratoriossa pehmeäseinäisellä laitteistolla

2) 1-4 vuotta vanhasta rakenteesta

Kuitusavi on sellaisenaan yleensä routiva materiaali, mutta sideaineen (tai seosaineen) avulla siitä on mahdollista rakentaa myös routimattomia rakenteita.

Kuitusaven etuja perinteisiin materiaaleihin nähden ovat mm.

- lämmöneristävyys
- keveys
- luonnonvaroja säästävä vaikutus
- joustavuus/kimmoisuus



**Kuva L2-12. SCA Tissue Finland Oy:n siistauksessa syntyvää kuitulietettä jota kutsutaan kuitusaveksi (Ramboll 2013)**

**Kuitusavi soveltuu sellaisenaan liikuntapaikoilla esimerkiksi laskettelurinteiden muotoiluun, pengerryksiin sekä kuntopolku- ja kenttärakenteisiin, joissa kantavuus ei ole määräävä ominaisuus, kuten golfkenttärakenteisiin.** Kohteissa tarvittavat luiskan vakavuuden tarkastelut on tehtävä sovelluskohtaisesti. Kuitusavet voidaan hyödyntää myös toissijaisissa täy- töissä hienoainespitoisten moreenien, silltien tai savimaiden korvaajina, jolloin kuitusavia heikko- laatuisemmat maa-ainekset voidaan käyttää esimerkiksi penger- ja ojaluisien sekä täyttömaiden verhoilumateriaaleina.

Kuitusavia voidaan hyödyntää maarakentamisen eri sovelluksissa sellaisenaan tai seostettuna toisen sivutuotteen tai jätteen kanssa. Lähtökohtana on pyrkimys hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti kuitusaven sekä muiden osakomponenttimateriaalien hyviä ominaisuuksia ja yhdistää niitä hallitusti. Kuitusaven käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat ympäristö- luvan.

## Lentotuhkan ja kuitusaven seos – Kuitutuhka

Tyypillinen sivutuotteiden yhdistelmä on kuitusaven ja lentotuhkan seos, kuitutuhka, jolla voidaan toteuttaa kokonaisia rakennekerroksia ns. massiivirakenteena. Rakenteessa hyödynnetään tuhkan lujuutta ja kuormituskestävyyttä, mutta samalla myös kuitusaven muodonmuutoskestävyyttä ja joustavuutta, mikä ei pelkkää tuhkaa käyttäen ole mahdollista. Lentotuhkaa ja kuitusavea seostamalla niiden routivuusominaisuudet pienenevät, joskin ainakin osa eri kuitutuhkaseossuh- teista on ainakin lievästi routivia. Muuttamalla kuitusaven ja lentotuhkan osuuksia voidaan mate- riaalin ominaisuuksia muuttaa. Lentotuhkan osuutta kasvattamalla voidaan parantaa rakenteen lujuutta ja jäykkyyttä. Kuitusaven osuutta lisäämällä saadaan puolestaan materiaalille hyvä muo- donmuutoskestävyys. Kuitusavi sisältää orgaanista ainesta, jonka vuoksi siitä liukenee orgaanista hiiltä, joka on huomioitava sen hyötykäytössä.

Massiivisten kuitutuhkarakenteiden selkeimmät edut tavanomaisiin rakenteisiin verrattuna ovat:

- muodonmuutoskestävyys
- hyvä lämmöneristävyys
- alhainen vedenläpäisevyys
- materiaalin keveys
- saavutettavien ominaisuuksien "räätälöintimahdollisuus" seossuhdetta muuttamalla

Kuitutuhkalla on mahdollista rakentaa kestäviä rakenteita tavanomaisia rakenneratkaisuja ohuemalla kokonaisrakennepaksuudella hyvän lämmöneristävyyssominaisuuden ansiosta. Tämä korostuu erityisesti routivan pohjamaan päälle rakennettaessa. **Kuitutuhkan lämmöneristysominaisuutta voidaan hyödyntää myös lämmitettävillä kentillä**, jolloin eristävä kerros vähentää lämmitysenergian tarvetta. Ohuemman kokonaispaksuuden myötä tarvittavan maaleikkauksen tarve vähenee ja neitseellistä kiviainesta tarvitaan selvästi vähemmän. Kuitutuhkaa voidaan käyttää **liikuntapaikoilla esimerkiksi kenttärakenteen kantavassa (tapauskohtaisesti) tai jatkavassa kerroksessa**. Alhaisen vedenläpäisevyyden vuoksi **tiivin kuitutuhkarakenteen (esim. urheilukentän) kuivatus vaatii erityisratkaisuja**, esimerkiksi liuskapystyöjia, joilla vesi johdetaan kuitutuhkakerroksen lävitse sen alapuolella sijaitsevaan suodatin-/kuivatuskerrokseen. Myös kuitutuhkarakenteen yläpinta ja sen yläpuoliset kerrokset tulee muotoilla rakenteesta pois päin viettäväksi.

Hyvien muokattavuus- ja tiiveysominaisuuksien vuoksi **kuitutuhka soveltuu myös esimerkiksi rinnerakenteissa muotoiluun sekä pengerryksiin ja vallirakenteisiin, kuten katsomo- ja meluvallirakenteisiin**. Kuitusavilla ja -tuhkilla voidaan korvata pengeri- ja täyttömateriaaliksi kelpaavia luonnon maa-aineksia kuten, moreeneja, hiekkaa, soraa tai louhetta kohteen olosuhteet ja vaatimukset huomioiden.

Käytettäessä kuitusavea ja -tuhkaa pengerryksissä ja valleissa etuina luonnonmateriaaleihin verrattuna ovat:

- muokattavuus
- tiiveysominaisuudet
- suurempi leikkauslujuus
- keveys

Valleissa voidaan kuitusaven keveyden hyödyntämisellä säästää perustamiskustannuksissa. Kuitusavi mahdollistaa myös jyrkempien luiskien teon ja valli saadaan sijoitettua kapeampaan tilaan pienemmillä massoilla. Luiskaa voidaan myös erikseen vahvistaa geolujitteilla, mikäli luiskan vakavuuden tarkastelun perusteella sitä edellytetään. Hyödynnettäessä kuitusavia ja -tuhkia pengerryksissä ja meluvalleissa on otettava huomioon, että tiivistämättöminä ko. materiaaleilla on ominaista vesipitoisuuden kasvu rakenteessa. Mikäli rakenteeseen on mahdollista vapaasti kulkeutua kosteutta, saattaa kuitusaven tai kuitutuhkan irtotiheys nousta lähelle luonnon materiaalien tiheyttä. (*Ramboll, 2012*). Kuitutuhkan käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat ympäristöluvan.

Kuitutuhkarakenteisia urheilukenttiä on toteutettu esimerkiksi Luopioisissa (2000), Viialassa (2001), Kuhmoisissa (2006) ja Mäntässä (2013). Näitä case-esimerkkejä on esitelty liitteessä 3. Kaikki kohteet ovat osoittautuneet rakenteelliselta toiminnaltaan hyviksi tai erinomaisiksi.

## Suotokakku

Suotojäte eli suotokakku on kalsiumkloridin valmistuksessa muodostuva uusiomateriaali ja se sisältää kalsiumkloridin lisäksi myös muita kalsiumyhdisteitä. Suoloja käytetään pölynsidonnassa, koska ne ovat hygroskooppisia aineita eli imevät kosteutta ilmasta ja pitävät näin pinnan kosteana. Ne myös lisäävät veden pintajännitystä ja siten hidastavat haihduntaa. Näiden ominaisuuksiensa ansiosta **suotokakku voidaan käyttää osakomponenttina esimerkiksi hiekkakenttien pinta- ja rakenteissa vähentämään pinnan kuivumista ja pölyämistä**. Suomessa suotojätettä syntyy Tetra Chemicals Europe Oy:n Kokkolan tehtaalla. Prosessitekniikkaan tulleiden muutosten myötä suotojätettä syntyy noin 20 000 t vuodessa (aiemmin 22 -25 000 t/vuosi) ja kalsiumkloridin osuus suotokakussa on noin 5-15 % (aiemmin 20-25 %), ja kloridin osuuteen pystytään vaikuttamaan prosessissa.



**Kuva L2-13. Suotokakku kasalla kuvassa etualalla (Ramboll 2006).**

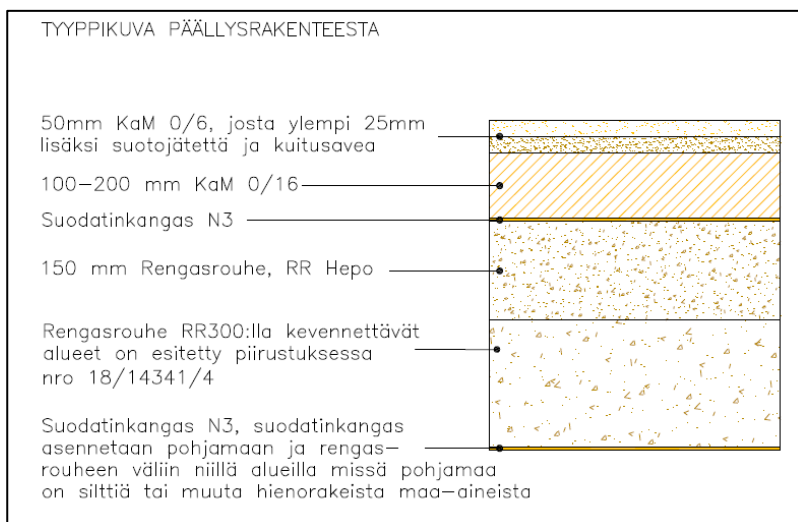
Koerakentamismielessä suotokakku on käytetty pintamateriaalikerroksessa esimerkiksi Tampereella Mäkipuiston kentällä. Koerakentamiskokemusten perusteella uusi pintamateriaalikerros kalliomurskeeseen sekoitetuista kuitusavesta ja suotojätteestä sopivassa seossuhteessa havaittiin hyväksi paitsi pölyämisiongelman ratkaisun myös pelialustaominaisuuksien kannalta, koska materiaalista muodostui sopivan koossa pysyvä ja hieman joustava seos. Suotokakun käyttäminen rakentamiseen, käsittely ja varastointi vaativat ympäristöluvan.



## LIITE 3, case-esimerkit ( 7 s.)

### **Esimerkki ongelmallisen hiekkakentän parantamisesta rengasrouhe- rakenteella**

Rengasrouherakenteet toteutettiin Tampereen Linnainmaalla hiekkakentälle, joka oli rakennettu pehmeikölle vain 3-4 vuotta aikaisemmin. Kentällä oli tapahtunut suuria painumia ja siellä oli suuria painumaeroja. Kentän painumien vähentämiseksi päädyttiin rengasrouheella tehtävään kevennysratkaisuun, joka parantaa myös kuivatusta ja toimii eristeenä routimista vastaan. Pintamateriaali-kerroksessa käytettiin kalliomurskeen seassa osakomponentteina myös suotojätettä ja kuitusavea tuomaan joustoa sekä estämään pölyämistä.



**Kuva L3-1. Koekentän periaatepoikkileikkaus (Linnainmaan kenttä, Tampere). Joustava rakennekerros rengasrouheesta (RR" Hepo") toteutettiin koko alueelle ja kevennyskerros vain kevennettäviin paikkoihin rengasrouheesta (RR300). Myös pintakerroksessa kalliomurskeen seassa osakomponentteina suotojätettä ja kuitusavea tuomassa joustoa ja estämään pölyämistä.**

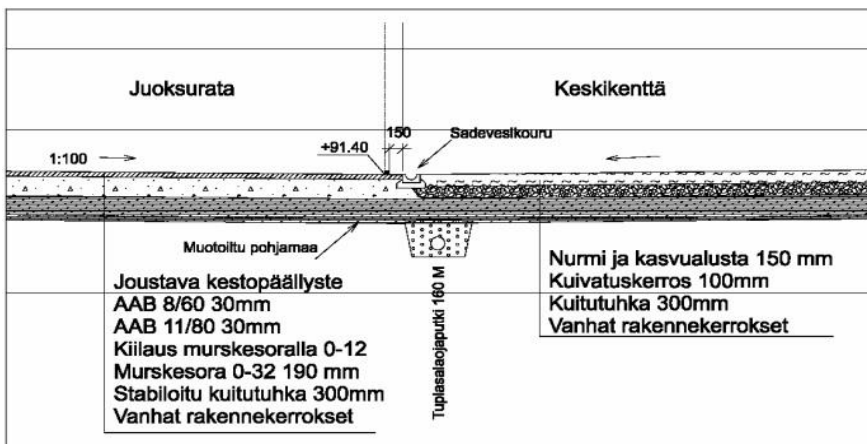


**Kuva L3-2. Rengasrouheen levitystä.**

## **Esimerkkejä toteutetuista nurmikenttä- ja juoksuratarakenteista**

### **Kuhmoisten urheilukenttä**

Kuhmoisten kirkonkylän kenttä sijaitsee painanteessa ja ennen vuoden 2006 perusparannusta sen ongelmia olivat mm. huono pintakuivatus ja liian karkea hiekkapinta, mikä ei houkuttanut käyttäjiä. Perusparannuksen yhteydessä kuivatusongelmat korjattiin korottamalla kentän korkeustasoa kuitutuhkarakenteen avulla, jalkapallokentän pinta muutettiin nurmipintaiseksi ja muut suorituspaikat päällystettiin joustavalla kestopäällysteellä. Rakennerratkaisut on esitetty kuvassa alla.



***Kuva L3-3. Kuhmoisten urheilukentän rakennekerrokset.***

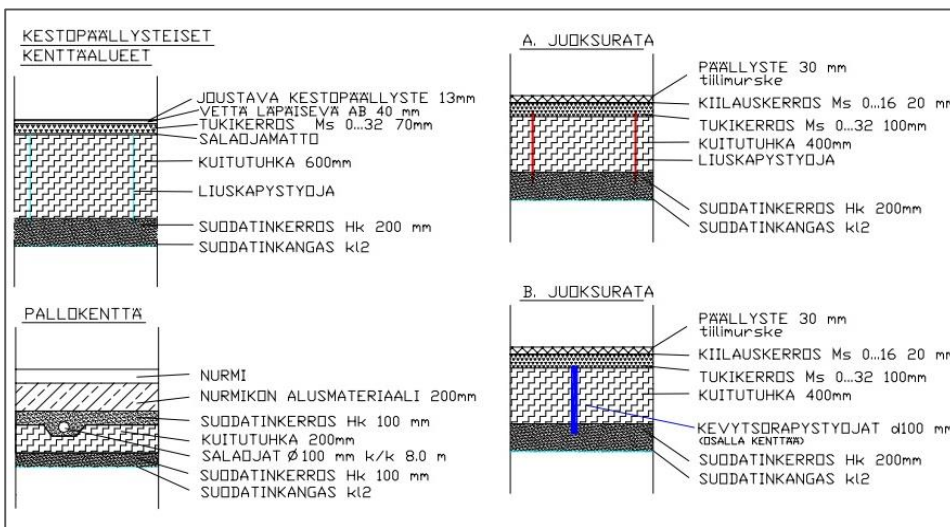


***Kuva L3-4. Kuitutuhkarakenteen avulla perusparannettu urheilukenttä Kuhmoisissa.***

Kentän käyttäjät ja huoltohenkilöt ovat olleet tyytyväisiä kenttään perusparannuksen jälkeen. Kuivatusjärjestelmä on toiminut hyvin ja pinnat, sekä nurmi- että joustava kestopäällyste, ovat pysyneet hyvässä kunnossa (haastattelut ja tutkimukset 2013).

## Luopioisten urheilukenttä

Muun muassa kuivatus- ja routaongelmista kärsinyt nurmikenttä juoksuratoineen peruskorjattiin kesällä 2002. Perusparannus toteutettiin massiivikuitutuhkarakenteella vanhan kentän rakennekerrosten päälle ja samassa yhteydessä kuivatusjärjestelmä uusittiin kokonaan. Pintamateriaaleiltaan pallokentän osuus on luonnonnurmea, juoksuradat tiilimurskettä ja muut kenttäalueet kestopäällystettä. Kuitutuhkasta rakennettu kerros toteutettiin nurmikentän osalta 200 mm, juoksuratojen osalta 400 mm ja kestopäällysteisten kenttäalueiden osalta 600 mm paksuisena. Nurmialueen aluskerrokseen lisättiin pieni määrä kuitusavea pidättämään kosteutta nurmen juurikasvustolle. Kentän ja rakenteiden kuivatus on toteutettu johtamalla vedet kuitutuhkakerroksen lävitse salaojakerrokseen liuskapystystöalaojen avulla. Rakenneratkaisut on esitetty kuvassa alla (juoksuratavaihtoehtoa B ei toteutettu).



**Kuva L3-5. Luopioisten urheilukentän eri osien rakenneleikkaukset (juoksuratavaihtoehtoa B ei toteutettu). (Urheilukentän perusparantaminen uusiomaarakennustekniikalla, 2002).**



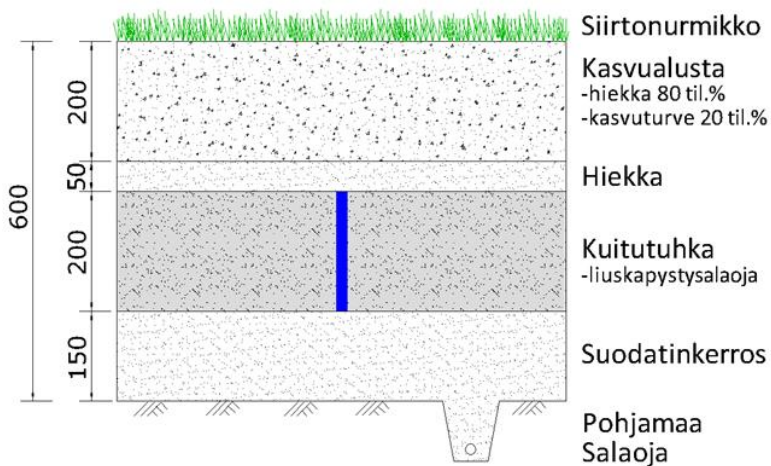
**Kuvat L3-6 ja L3-7. Luopioisten urheilukenttä vuonna 2013. Luonnonnurmiäällysteinen pallokenttä, tiilimurskepintainen juoksurata ja joustava kestopäällyste-pintaiset yleisurheilun kenttälajien suorituspaikat. Rakennekerroksissa 11 vuoden ikäinen kuitutuhkarakenne kuivatusjärjestelyineen.**

Syyskuussa 2013 tehdyssä kuntokartoituksessa kentän todettiin olevan erinomaisessa kunnossa. Nurmi oli vihreä ja pallokentän ja juoksuradan pinnat tasaiset. Joustava kestopäällyste-pinnoite on kärsinyt vähäisiä routavaurioita, mutta kyseiset suorituspaikat ovat kuitenkin hyvässä käyttökunnossa. Tehtyjen

haastattelujen perusteella käyttäjät ja kentän huoltajat ovat olleet tyytyväisiä kentän toimintaan ja varsinaisia ongelmakohtia ei ole 10 vuoden aikana ilmennyt. Kuivatus toimii liuskapystysalaojen ansiosta hyvin ja toisaalta nurmea ei ole tarvinnut erikseen kastella tai lannoittaa, sillä sen aluskerrokseen lisätty kuitusavi on osoittanut toimivuutensa kosteuden pidättämisessä.

### **Viialan urheilukenttä**

Huonokuntoisen urheilukentän perusparannus toteutettiin vuonna 2001 nurmikentän alueella massiivikuitutuhkarakenteella ja muilla urheilukentän alueilla luonnon kiviaineksilla. Kuitutuhkarakenteen paksuus nurmialueella on 200 mm ja kuivatus on hoidettu johtamalla vedet liuskapystysalaojen avulla kuitutuhkakerroksen läpi suodatinkerrokseen ja edelleen salaojiin. Vanhan kentän pois kuoritut rakenneosuudet ja muut leikkausmassat hyödynnettiin kohteella uusien katsomovallien rakentamisessa.



**Kuva L3-8. Viialan urheilukentän tyyppirakenne nurmialueella.**

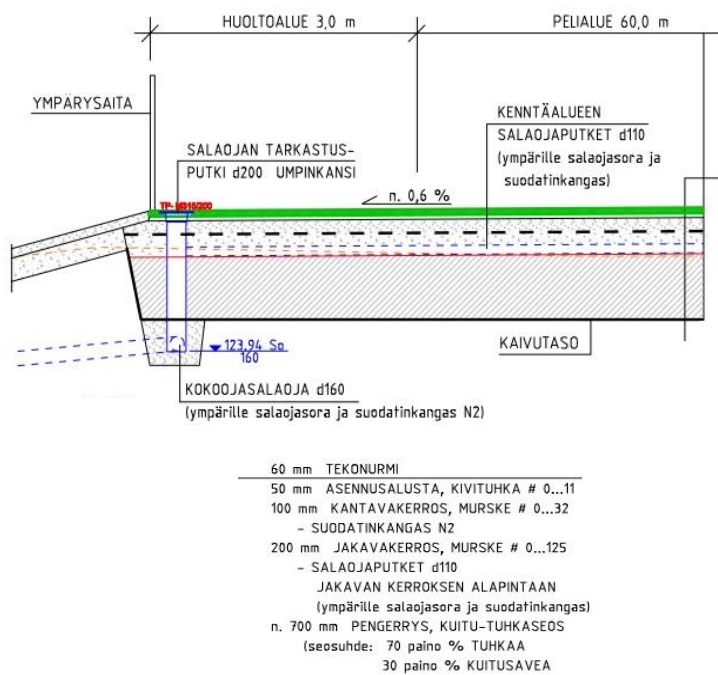
Lokakuussa 2013 tehdyssä kuntokartoituksessa kentän todettiin olevan erinomaisessa kunnossa vuodenaikaan nähden. Samassa yhteydessä tehdyssä haastattelussa kentänhoitaja totesi kentän pysyneen kunnoltaan ja palvelutasoltaan hyvänä 12 vuoden ajan. Ainoana ongelmana havaittu kentän keskikohdan tuntumassa alue, jossa kuivatus ei toimi toivotulla tavalla. Mahdollisia syitä tähän ovat salaojen tukkeutuminen tai kyseiseen kohtaan syntynyt painauma.



**Kuvat L3-9 ja L3-10. Viialan hyväkuntoinen nurmikenttä ja rakenteet kuitutuhkaan asti lokakuussa 2013.**

## **Esimerkki toteutetusta tekonurmikenttärakenteesta**

Vuonna 2013 Mänttä-Vilppulassa Mäntänvuoren heikkokuntoinen nurmipäällysteinen jalkapallokenttä uusittiin ja muutettiin tekonurmipäällysteiseksi. Tekonurmi mahdollistaa jalkapalloilukauden pidentämisen aikaisesta keväästä pitkälle syksyyn lumien tuloon saakka. Korjauksen yhteydessä kentän korkotasoa korotettiin kuivatuksen parantamiseksi ja painumien sekä routimisen vähentämiseksi/estämiseksi 700 mm paksuisella massiivikuitutuhkapengerrakenteella. Kuitutuhkakerros on kevyempi vaihtoehto pengerrakenteeksi luonnon kiviaineksiin verrattuna. Kevyempi pengermateriaali vähentää kentän painumia ja toimii samalla routaa eristävänä kerroksena routivan pohjamaan päällä.



***Kuva L3-11. Mäntänvuoren tekonurmikentän tyyppirakenne.***

Kesällä 2015 tehdyn silmämääräisen arvon ja kentänhoitajan kommenttien perusteella kenttä on aivan erinomaisessa kunnossa. Kuivatus toimii hyvin ja kentän pinta on pysynyt tasaisena.

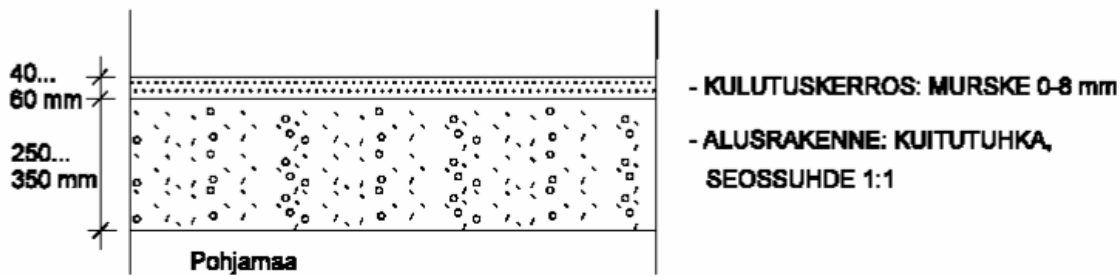


***Kuvat L3-12 ja L3-13. Mäntänvuoren kentälle asennettiin kuitutuhkan ja muiden rakennekerrosten päälle tekonurmi.***

## **Esimerkki toteutetuista kuntosuorituksista, kevyen liikenteen väylän rakenteista (kuntosuoritusmuodoista) ja golfkenttärakenteista**

### **Ulkosuoritus (kuntosuoritus, latupohja), Jämsä**

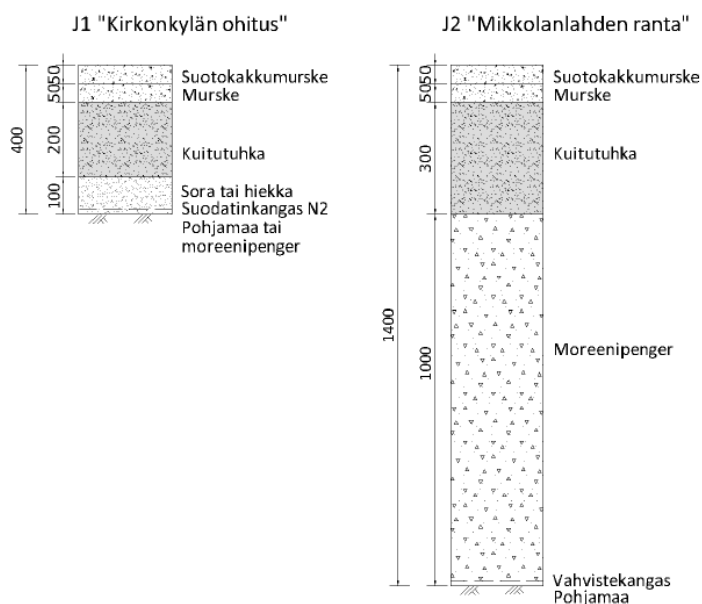
Jämsässä rakennettiin noin 2 km pituinen kuitutuhkarakenteinen ulkosuoritus vuonna 2006. Alla esitetyn periaatekuvan mukaisesti toteutetun kuntosuoritusrakenteen toimivuuteen oltiin ensimmäisten vuosien aikana käyttäjien ja kunnossapitäjien osalta hyvin tyytyväisiä. Mahdollinen pidemmän ajan seuranta/tulokset eivät ole tiedossa.



**Kuva L3-14. Ulkosuorituksen kuitutuhkarakenne (Heikkilä, 2006).**

### **Ulkosuoritus, Luopioisten kevyen liikenteen väylä**

Pälkäneen kunnan Luopioisten kirkonkylällä rakennettiin vuonna 2003 uusi 1,2 km pituinen kevyen liikenteen väylä kahden eri tyyppisen pohjamaan päälle kuitutuhkarakenteita (kuitusavi 55 %, lentotuhka 39 % ja sementti 6 %) käyttäen. Järven läheisyydessä sijaitseva osuus "J2 Mikkolanranta" (kts. kuva alla) rakennettiin osin pehmeikölle ja tällä kohtaa pohjamaan päälle asennettiin vahvistekangas, jonka päälle rakennettiin korkea moreenipenger tulvakorkeuden takia (toimii myös tukevampana tiivistysalustana kuitutuhkalle) ja tämän yläpuolelle toteutettiin keventävänä kerroksena kuitutuhkarakenne. Osuus "J1 Kirkonkylän ohitus" tehtiin tasatun pohjamaan (moreeni) ja suodatinkankaan päälle.



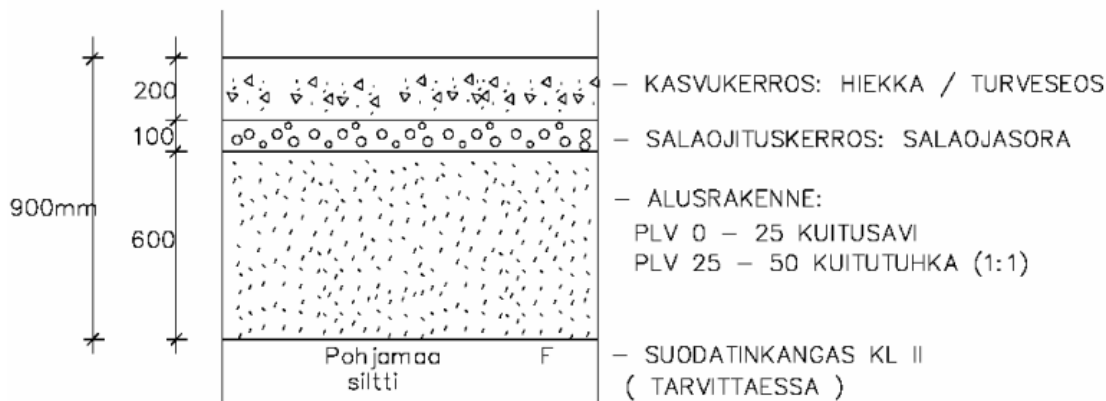
**Kuva L3-15. Periaatekuvat Luopioisten kevyen liikenteen väylästä.**

Lisäksi kulutuskerrokseen lisättiin murskeen sekaan hieman suotojätettä pidättämään kosteutta ja näin estämään pinnan kuivumista ja kovettumista. Pienellä osuudella väylän loppupäässä kokeiltiin kulutuskerroksessa myös kuitusaven ja a) bitumin sekä b) sementin seoksia "puolikovettuvina"-ratkaisuina. Tällä haluttiin kokeilla kulutuskestävyyttä ja toisaalta sopivan joustavuuden löytämistä pyöräilyä ja juoksemista ajatellen, käyttökokemukset ovat olleet positiivisia.

### **Golf-alue**

LITE-projektissa Jämsän Himos-Golfin rangen viereen rakennettujen erilaisten kuitusavi- ja kuitutuhkakoerakenteiden sekä hiekasta tehdyn vertailurakenteen seurantatutkimusten perusteella todettiin koerakenteiden routanousun olevan selvästi vähäisempää kuin vertailurakenteena olleen hiekkarakenteen. Kuitusavi- ja kuitutuhkarakenteiden osalta roudan syvyys oli alhaisempi kuin hiekkarakenteilla ja kuitusavirakenteen paremman eristyskyvyn ansiosta se suojasi selvästi paremmin myös perusmaata jäätymistä vastaan.

Projektin osana golfkentän harjoituslyöntipaikalle suunniteltiin lisäksi kuitusavi- ja kuitutuhkarakenne (kuva alla), jolla voidaan tehokkaasti estää savipitoisen maan routiminen ja toisaalta tehokkaasti kuivattaa pintakerros ylimääräisestä vedestä märkänä kautena. Tällainen lyöntipaikka voidaan ottaa huomattavan aikaisin keväällä käyttöön, rakenne pysyy käyttökuntoisena perinteistä rakennetta kauemmin, ja pinta kestää optimaalisen kosteuden vuoksi paremmin kulutusta. (LITE2 loppuraportti 22.12.2006)



**Kuva 1. Golfin harjoituslyöntipaikan kuitutuhkarakenne (Heikkilä, 2006).**

## LIITE 4, materiaalien sekoituslaitteistoja ja työmenetelmiä (4 s.)

Sivutuote- ja luonnon kiviainesmateriaalien sekoittamiseen soveltuvia laitteita on useita. Kulloinkin käytettäväksi suositeltu kalusto määräytyy sekoitettavien materiaalien, niiden määrän, työn aikataulun/logistiikan ja sekoitustyön lopputulokselta vaadittavan tarkkuuden perusteella. Tässä liitteessä on esitelty joitakin hyviksi todettuja sekoituskalustoja ja -menetelmiä.

Asemasekoittimella materiaalien sekoittaminen on mahdollista tehdä määräsuhteiden ja homogeenisuuden osalta erittäin tarkasti. Asemasekoittimella myös optimaalisen vesipitoisuuden ja mahdollisesti tarvittavan materiaaliseokseen lisättävän sideaineen määrän säätäminen on mahdollisimman tarkkaa ja sekoitustuloksen laatu helpoimmin hallittavissa. Samoin asemasekoittimella kesken työn tarvittavien muutosten/säätöjen tekeminen on yksinkertaista. Asemasekoitus mahdollistaa suurienkin massamäärien sekoituksen nopeasti. Kuvissa L4-1 ja L4-2 on esitetty erityyppisiä asemasekoittimia.



**Kuvat L4-1 ja L4-2. Erityyppisiä asemasekoittimia, joilla sekoitustyön lopputulos on homogeeninen ja määräsuhteet erittäin tarkat.**

Materiaalien sekoittamiseen ja seoksen homogenisointiin voidaan käyttää myös kuormaajaan tai kaivinkoneeseen kiinnitettävää seulamurskainkautta. Seulamurskainkautta käytetään tyypillisesti mullan sekoitus- ja käsittelytyöissä, mutta se soveltuu monien materiaalien sekoittamiseen kasoilla. Esimerkiksi sivutuotemateriaaleista seoksia valmistettaessa on suositeltavinta muodostaa yhdestä materiaalista sopivan kokoinen kasa tai auma, jonka päälle lisätään oikeassa tilavuussuhteessa toinen materiaali. Kasan tai auman koko ei saa olla liian suuri, jotta sekoitustyö on mahdollista tehdä huolellisesti ja järjestelmällisesti seulamurskainkautta. Sekoituksen yhteydessä massaun lisätään myös mahdollisesti tarvittavat sideaineet ja lisävesi. Kasojen sekoituksen tasalaatuisuus on varmistettava silmämääräisesti ja sekoitusta on jatkettava tarvittaessa useita kertoja. Aavistuksenomaisen hitautensa ja rajallisen kerralla käsiteltävän massamääräkapasiteetin vuoksi seulamurskainkautta soveltuu parhaiten sekoituskalustoksi hieman pienempiin tai kiireettömiin kohteisiin. Kuvassa L4-3 on tyyppiesimerkki seulamurskainkautta, jolla sekoitustyö on mahdollista toteuttaa.





**Kuva L4-3. Yksi vaihtoehto materiaalien sekoitus- ja homogenisointityötavaksi on seulamurskainkauha.**

Yksi työtapa materiaalien sekoitukselle ja homogenisoinnille on myös aumasekoitin. Suositeltavinta on muodostaa yhdestä materiaalista sopivan kokoinen auma, jonka päälle lisätään oikeassa tilavuussuhteessa muut materiaalit. Auman koko tulee olla sellainen että se mahtuu käytettävän aumasekoittimen "sisään" ja sekoitin pystyy ajamaan auman lävitseen. Sekoituksen yhteydessä massaan lisätään myös mahdollisesti tarvittavat sideaineet ja lisävesi. Kasojen sekoituksen tasalaatuisuus on varmistettava silmämääräisesti ja sekoitusta on jatkettava tarvittaessa muutamia kertoja. Kuvassa L4-4 on tyyppiesimerkki aumasekoittimesta. Aumasekoitinta käytettäessä tulee huomioida tilavaraukset, sekoitusalueen suojaaminen ja työturvallisuus erityisellä huolellisuudella, sillä tekniikasta johtuen on jonkinasteinen kiinteämpien paakkujen, kivien tai muiden vastaavien sinkoutumisriski olemassa. Lisäksi aumasekoitinta käytettäessä materiaalien pölyämisen riski on suurempi kuin muilla aiemmin mainituilla menetelmillä. Aumasekoitin mahdollistaa suurenkin massamäärän käsittelyn nopeasti.



**Kuva L4-4. Yksi vaihtoehto materiaalien sekoitus- ja homogenisointityötavaksi on myös aumasekoitin.**

Jyrsinsekoitus on työtapa, jolla on mahdollista rikkoa olemassa olevan rakenteen pinta ja sekoittaa vanhaan rakennemateriaaliin uutta materiaalia sekaan. Toteutustapaa on käytetty esimerkiksi päällystetyillä tiekohteilla, joissa asfaltti jyrsitään ensin palasiksi sekoittaen ja jyrsien samalla kantavaa

kerrosta esimerkiksi 30 cm syvyyteen asti. Tämän jälkeen jyrstyn rakenteen päälle levitetään kerros uutta materiaalia, esimerkiksi teollisuuden sivutuotetta sideaineeksi ja tarvittaessa myös uutta hyvälaatuista kiviainesta, minkä jälkeen jyrstinsekoitus toistetaan ja sekoitettu materiaali tiivistetään välittömästi yhtenäiseksi kerrokseksi. Edellä mainittua menetelmää sideainelisäyksineen kutsutaan kerrostabiloinniksi. Jyrstinsekoitin on esitetty kuvissa L4-5 ja L4-6.



**Kuvat L4-5 ja L4-6. Jyrstinsekoitus on työtapa, jolla on mahdollista rikkoa olemassa olevan rakenteen pinta ja sekoittaa vanhaan rakennemateriaaliin uutta materiaalia sekaan.**

Pehmeiden heikkolaatuisten maa-ainesten lujittamiseen soveltuva menetelmä on massastabilointi, jossa esimerkiksi saveen, silttiin, liejuun tai turpeeseen syötetään kuivia sideaineita (kuten esimerkiksi lentotuhkaa, CaO, sementtiä tms.), jotka yhdessä maa-aineksen sisältämän veden kanssa reagoiessaan lujittavat materiaalin rakentamiskelpoiseksi. Massastabilointilaitteisto on esitelty kuvissa L4-7 ja L4-8.



**Kuvat L4-7 ja L4-8. Massastabilointilaitteisto. Pehmeä maa-aines lujitetaan (parannetaan rakentamiskelpoiseksi) syöttämällä sideainetta säiliöstä (taustalla vasemmalla) painesyöttimen avulla kaivinkoneen puomin päässä olevaan sekoitin-kärkeen ja sitä kautta maa-ainekseen.**

Esiteltujen sekoitus- ja työmenetelmien suuntaa antavia työsuorite-/kapasiteettiarvoja sekä erityispiirteitä on esitetty taulukossa L4-1.

**Taulukko L4-1. Sekoitus- ja työmenetelmien suuntaa antavia työsuorite-/kapasiteettiarvoja sekä erityispiirteitä.**

Sekoituskalustojen ja työmenetelmien suuntaa antavia työsuorite-/kapasiteettiarvoja sekä erityispiirteitä		
Kalusto	Kapasiteetti (suuntaa antava)	Huomioita työmenetelmästä
Asemasekoitin	50...250 t/h (riippuen valmistelutöistä*, massojen olomuodosta ja syöttötavasta sillo/kiviainessyyttö)	Mahdollistaa suurten massamäärien sekoittamisen nopeasti. Massa-/seossuhdemäärien säätäminen onnistuu erittäin tarkasti. Sekoitustyön lopputuloksen laatu kerrasta homogeeninen ja helposti hallittavissa.
Seulamurskainkauha	30...50 t/h (riippuen materiaaleista ja niiden olomuodosta)	Soveltuu parhaiten pienempiin ja kiireettömiin kohteisiin. Helposti liikuteltavissa. Kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalien määräsuhteiden säätöön ja hallittuun vedenlisäystekniikkaan. Sekoitustyön lopputuloksen homogeenisuuden varmistamiseksi tulee sekoitustyötä tarvittaessa toistaa useampaan kertaan.
Aumasekoitin	Teoriassa jopa 6000 m <sup>3</sup> /h, käytännössä kuitenkin luokkaa 500...1000 m <sup>3</sup> /h (johtuen valmistelutöistä*, mahdollisesta veden ja sideaineiden lisäämisestä sekä sekoittimen kääntökerroista)	Soveltuu suurenkin massamäärän nopeaan käsittelyyn. Itse sekoitus nopea toimenpide, auman muodostus ja lisäkomponenttien lisääminen vie enemmän aikaa. Kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalien määräsuhteiden säätöön ja hallittuun vedenlisäystekniikkaan. Sekoitusta tarvittaessa jatkettava muutamia kertoja tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Huomioitava tilavaraukset (sinkoutumis-/pölyämiski).
Jyrsinsekoitus	2 500... 3 500 m <sup>2</sup> /h (arvioitu työlle, jossa sekoitus/jyrsintä kertaalleen yhtämittaisella ajolla 2,5 m leveydeltä)	Olemassa olevassa kohteessa vanhan rakenteen pintaosa (esim. syvyys 0,3m) rikotaan ja sekoitetaan ensimmäisellä ylityskerralla, välissä lisätään halutut lisämateriaalit (esim.uusi kiviaines ja/tai sideaine) ja toistetaan jyrsinsekoitus, minkä jälkeen valmis tiivistettäväksi.
Massastabilointi	100...120 m <sup>3</sup> /h (arvioitu työlle, jossa helpohko massa käsiteltävänä ja sideaineena Se/Se+LT)	Stabilointisuorituksen suuruus/nopeus riippuu käsiteltävän massan ominaisuuksista ja siihen syötettävän sideaineen määrästä.

\* Kapasiteetti riippuu myös valmistelevista töistä, suurin teoreettinen kapasiteetti tarkoittaa pelkkää sekoitustyötä, pienemmissä arvioissa on huomioitu myös valmistelevia töitä, kuten aumojen/kasojen muodostaminen sekoitettavista materiaaleista

## LIITE 5, tarkistuslista tehtävistä toimenpiteistä uusiomaarakenteilla toteutettavassa liikuntapaikkaprojektissa (1 s.)

Uusiomateriaaleilla toteutettavan liikuntapaikkaprojektin toimenpiteet pääpiirteissään tarkistuslistamuotoisena projektin vetäjän/tilaajan/toteuttajan käyttöön helpottamaan asioiden huomiointia ja hankkeen läpivientiä.

### Lähtötietojen hankinta

- hankkeen tavoitteet ja vaatimukset toteutettaville rakenteille selvitetty
- koko hankkeen läpiviennin aikataulu hahmoteltu
- mahdolliset rajoitukset (esim. luokiteltu pohjavesialue) selvitetty


### Pohjatutkimukset

- kohteen pohjasuhteet selvitetty ja näytteenotto materiaalitutkimuksia varten suoritettu
- olemassa olevat rakenteet sekä nykytilanne (mahdolliset ongelmat) kohteella selvitetty


### Esiselvitys uusiomateriaaleista ja uusiomateriaalisovelluksista

- esiselvitys mahdollisista uusiomateriaaleista ja sovelluksista tehty
- esiselvitys mahdollisesti tarvittavista varastointi- ja sekoituspaikoista tehty
- käytettäväksi suunnitelluista uusiomateriaaleista näytteenotto tutkimuksia varten suoritettu


### Materiaalitutkimukset ja suunnittelu

- materiaalitutkimukset (mahdolliset esitutkimukset sekä varsinaiset optimaalisimman toteutustavan ratkaisevat materiaalitutkimukset) ja suunnittelu uusiomaarakentamisesta kokemusta omaavan tahon toimesta suoritettu
- lopullisessa toteutuksessa käytettävät materiaalit valittu ja rakennesuunnittelu tehty
- kohteen kuivatuksen toteutus suunniteltu
- rakentamisen toteutus/työtavat (esim. käytettävä kalusto, kuten sekoituslaitteet) suunniteltu ja työohjeet tehty
- laadunvarmistussuunnitelma koko materiaalien käsittelyketjulle (tuotanto-varastointi-jalostus-rakentaminen) tehty


### Ympäristö- ja lupaprosessi

- on oltu alustavasti yhteydessä ympäristölupaviranomaiseen (tiedusteltu arvioitu käsittelyaika ja tarkennuksia hakemusta koskien)
- mara-ilmoitusmenettely tai ympäristölupahakemus laadittu ja toimitettu viranomaiskäsittelyyn (tarvittaessa rakentamisen lisäksi myös varastointi- ja sekoituspaikoille)


### Urakkakilpailu

- hankkeen kilpailutus toteutettu tavalliseen tapaan (tieto uusiomateriaalien käytöstä annettu hakijoille)
- urakoitsija valittu (suositus uusiomaarakentamisesta kokemusta ja referenssejä omaava urakoitsija)


### Rakennusmateriaalien keruu ja varastointi

- materiaalien vaatima varastointitapa (tarvittaessa säältä suojaan) varmistettu ja toteutettu
- materiaalien rakentamiskelpoisuuden varmistaminen (laadunvarmistus) tehty


### Rakentaminen ja laadunvalvonta

- rakentaminen toteutettu työsuunnitelman mukaisesti
- työmaapäiväkirjaa työsuunnitelman ja laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti ylläpidetty
- laadunvarmistussuunnitelman mukaiset havainnot, mittaukset ja näytteenotot tehty ja rakentamistyötä ohjattu tulosten perusteella
- mahdolliset poikkeamat kirjattu ja korjaavat toimenpiteet tehty


### Seurantatutkimukset ja käyttöönotto


- silmämääräinen kuntoarviointi, tarvittaessa/ennalta sovitut mittaukset ja näytteenotot tehty
- käyttöönoton jälkeen myös kunnossapitäjän ja käyttäjien kokemukset kartoitettu


### Raportointi

- rakentamisen toteutuksesta laadittu raportit (arvokasta tietoa tulevaisuutta ajatellen)
- seurantatutkimuksista laadittu raportit (arvokasta tietoa tulevaisuutta ajatellen)

## LIITE 6, lista oppaan laatimiseen ja kommentointiin osallistuneista tahoista (1 s.)

Päivämäärä	<b>2.5.2016 (päivitetty 10.9.2018)</b>	
Laatijat	<b>A.Mäkinen, M. Koivulahti, P. Lahtinen, J. Forsman, Tuomas Suikkanen, H.Jyrävä.</b>	
Tarkastaja/ Hyväksyjä	<b>E.Metsäranta, OPM</b>	
Kommentoijat	<b>UUMA2-hanke: Ohjausryhmä, Työvaliokunta, Tekninen kelpoisuus ja ohjeet ryhmä</b>	
Viite	<b>1510004722</b>	

### **UUMA2-hanke, Tekninen kelpoisuus ja ohjeet ryhmän toimintaan osallistuneet:**

- Pauli Kolisoja, TTY
- Leena Korkiala-Tanttu, Aalto yo
- Pirjo Kuula, TTY
- Katja Lehtonen, Rudus
- Olli Lehtovaara / Sanna Pulkkinen, Metsä Group
- Harri Mäkelä, Innogeo
- Anniina Määttänen / Ville Niutanen, Lemminkäinen
- Laura Pennanen, Liikennevirasto
- Aarno Valkeisenmäki, Destia
- Juha Forsman, Ramboll
- Kirsi Koivisto, Ramboll
- Pentti Lahtinen, Ramboll
- Marjo Ronkainen, Ramboll

### **Muut kommentointiin osallistuneet (tai kommentointimahdollisuuden saaneet):**

- Eija Ehrukainen, Infra ry.
- Paula Eskola, Motiva
- Erja Fagerlund, TEM
- Maija Heikkinen, Metsäteollisuus ry.
- Hannu Poutiainen / Satu-Maria Jauhianen, Lassila&Tikanoja
- Harri Jussila, UPM
- Marika Kämppi, Kuntaliitto
- Kirsi Karhu, HSY
- Pekka Kontiala, Pekkakoo
- Teuvo Kulmala, KFS Finland
- Katja Kurki-Suonio, Energiateollisuus ry.
- Juha Lundgren, Cemex
- Juhani Orkas, Aalto yo
- Katja Permanto, PVO
- Else Peuranen, YM
- Jorma Pottala, JP-konsultointi
- Riina Rantsi, Suomen erityisjäte
- Suvi Salmela, Motiva
- Mikko Suominen, Helsingin kaupunki
- Thomas Söderström, Kuusakoski
- Timo Tirkkonen, Liikennevirasto
- Hannu Tomperi, Skanska
- Risto Tuominen, Suomen rengaskierrätys
- Valter Wigren, Renotech
- Jame Welin, Lemminkäinen
- Jan Österbacka, Ekokem
- Jari Ahvenjärvi, Mänttä-Vilppulan kaupunki
- Hannu Kemppainen, Mänttä-Vilppulan kaupunki
- Aki Salmi, Jatesal
- Kari Kuntsi, Ramboll
- Mikko Peltonen, Suomen pyöräilyunioni
- Mika Muukka, Suomen urheiluliitto
- Tero Auvinen, Palloliitto
- Juha Rantalampi, Tetra Chemicals
- Marko Mäkikyrö, Ruukki
- Niko Halmkrona, Morenia
- Jarmo Pekkala, Uusioaines