



## LITE 2

# LIIKUNTAPAIKKARAKENTAMINEN TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEILLA JÄMSÄN SEUDULLA



<b>ESIPUHE</b> .....	<b>3</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
1.1 Taustaa .....	4
1.2 Työn tavoitteet .....	5
<b>2 METSÄTEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET</b> .....	<b>6</b>
2.1 Sivutuote käsitteenä, uusiomateriaalit .....	6
2.2 EU-lainsäädäntö ja kansalliset tulkinnat .....	6
2.3 Jätteen hyötykäyttö, lupavelvollisuus, poikkeukset lupavelvollisuudesta .....	7
2.4 Muut tekijät.....	9
<b>3 KESKI-SUOMEN ALUEEN KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT SIVUTUOTTEET</b> .....	<b>10</b>
3.1 Metsäteollisuuden kuitusavi .....	11
3.2 Energiateollisuuden tuhkat.....	11
3.3 Kuitusavien ja lentotuhkien jalostaminen .....	12
<b>4 SIVUTUOTTEIDEN NYKYINEN KÄYTTÖ LIIKUNTAPAIIKKA- RAKENTAMISESSA</b> .....	<b>13</b>
4.1 Kentät .....	13
4.2 Kuntopolut.....	13
4.3 Rinnerakenteet.....	13
<b>5 SIVUTUOTTEIDEN KÄYTTÖ TULEVAISUUDEN LIIKUNTAPAIIKKA- RAKENTAMISESSA</b> .....	<b>15</b>
5.1 Tulevaisuuden hankepotentiaali .....	15
<b>6 PROJEKTISSA TOTEUTETUT RAKENTEET</b> .....	<b>17</b>
6.1 Golfkenttä .....	17

<b>6.2</b>	<b>Rinnerakenne .....</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>Kuntopolku .....</b>	<b>22</b>
<b>6.4</b>	<b>Urheilukenttärakenteet .....</b>	<b>23</b>
<b>6.5</b>	<b>Sivutuoterakentamisen erityispiirteet .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>27</b>
<b>7.1</b>	<b>Sivutuotteiden käytettävyys ja vertailu perinteisiin luonnon materiaaleihin.....</b>	<b>27</b>
<b>7.2</b>	<b>Sivutuotteiden laatu, saatavuus ja logistiikka.....</b>	<b>28</b>
<b>7.3</b>	<b>Sivutuoterakentamisen kustannukset vs. perinteinen rakentaminen .....</b>	<b>28</b>
<b>7.4</b>	<b>LITE 2 – hankkeen aikana esille tulleita erityispiirteitä .....</b>	<b>28</b>
<b>7.5</b>	<b>Hankkeen tuloksista ja vaikutuksesta sivutuotteiden hyötykäyttöön liikuntapaikkarakentamisessa .....</b>	<b>29</b>
<b>7.6</b>	<b>Hankkeen jatkoseurantatarpeet.....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>31</b>

## LIITTEET

Liite 1. Golfrakenteiden lämpötila- ja routamittaukset

## ESIPUHE

Tämä raportti esittelee ” LITE 2- hankkeen (Liikuntapaikkarakentaminen teollisuuden sivutuotteilla Jämsän seudulla) tuloksia. LITE 2- hanke on jatkoa keväällä 2003 käynnistyneeseen LITE -hankkeeseen.

LITE 2 -hanke toteutettiin Jyväskylän Teknologikeskus Oy:n koordinoimana yhteishankkeena. Hankkeen rahoittajina ovat olleet Jyväskylän Teknologikeskus Oy:n lisäksi Jämsek Oy, Finncao Oy, Hiihtokeskus Himosvuori Oy, Suomen IP-Tekniikka Oy ja Envitop Oy. Hanke on toteutettu vuosien 2005 ja 2006 aikana.

Hankkeen vastuutahona on toiminut Jämsek Oy, vastuuhenkilönään ja samalla ohjausryhmän sihteerinä 31.7.2005 saakka toimialapäällikkö Taina Rantala ja 1.8.2005 alkaen toimialapäällikkö Marko Leppänen. Ohjausryhmän puheenjohtajana on toiminut Jämsän kaupungin tekninen johtaja Pekka Rantala ja projektipäällikkönä Finncao Oy:n myyntipäällikkö Sami Rintala 1.8.2006 asti ja Finncao Oy:n technical manager Ari-Pekka Heikkilä 1.8.2006 alkaen. Liikuntapaikkarakenteiden suunnittelusta, rakenne- ja seurantamittauksista on vastannut Suomen IP-Tekniikka Oy. Envitop on tehnyt sivutuotteiden ympäristökelpoisuustutkimukset ja erilaiset sovellusten edellyttämät geotekniset tutkimukset.

Raportin kirjoittajat haluavat kiittää paitsi rahoittajia, myös kaikkia hankkeeseen olennaisesti osallistuneita tahoja. Ilman UPM-Kymmene Oyj:n, Keski-Suomen ympäristökeskuksen, Jämsän kaupungin ja Kuhmoisten kunnan yhteistyöpanosta hanketta ei olisi ollut mahdollista toteuttaa.

Jyväskylässä 4. joulukuuta 2006

Ari-Pekka Heikkilä  
Janne Huttunen  
Jaakko Soikkeli

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Taustaa

Teollisuudessa erilaisen tuotannon sivutuotteena muodostuu maassamme vuosittain yhteensä lähes 30 miljoonia tonnia sivutuotteita. Ympäristöministeriön laatiman tarkistetun valtakunnallisen jätesuunnitelman 2005 tavoitteena on ollut, että yhdyskunta-, energiantuotanto-, talonrakennus- ja teollisuusjätteistä tulisi hyödyntää vähintään 70 prosenttia vuonna 2005.

Metsäteollisuuden osalla kaatopaikalle sijoitettavien jätteiden määrä on tasanaisesti laskenut viimeisen 10 vuoden aikana ennen kaikkea tuotantoprosessien tehostumisen ja sivutuotteiden energiahyötykäytön myötä. Massa- ja paperiteollisuuden jätteiden hyödyntämistavoitteeksi on asetettu 80 %, mikä selittyy puun käytöllä eri tuotantoprosesseissa. Asetettuihin hyödyntämistavoitteisiin ei kaikilta osin kuitenkaan ole päästy.

Tässä raportissa on tarkasteltu erityisesti teollisuuden sivutuotteilla tapahtuvaa liikuntapaikkarakentamista Jämsänjokilaaksossa, jossa UPM-Kymmene Oyj:n tuotantolaitokset tuottavat paperin- ja energiantuotannossaan yhteensä yli 200 000 tonnia ympäristörakentamiseen soveliaita sivutuotteita. Toisaalta alueella on runsaasti tarpeita rakentaa ja peruskunnostaa liikuntapaikkoja kehittyvän matkailutoiminnan ja muun yhdyskunnan kysyntää vastaavaksi.

Jämsän seutukunnan elinkeinostrategian yhtenä painopisteenä on matkailun kehittäminen. Seudun matkailun kärkikohteena on Himoksen laskettelukeskus, joka on hissiliiketoimintansa Suomen kolmanneksi suurin. Jämsän seutukunnalla yöpyy noin 270 000 matkailijaa vuodessa (vuoden 2003 tilasto). Jämsän seudulla olevien ulkoilureitistöjen kehittämistarve on todettu sekä matkailijoiden, järjestöjen että kuntalaisten taholta. Jämsän seudun matkailustrategiaan on kirjattu kesämatkailupalvelujen parantamisen tärkeys täydentämään alueen talvisesonkia. Jämsän seudun matkailun Master Plan- kehittämissuunnitelma valmistui vuonna 2005. Kehittämissuunnitelman mukainen Himoskylä 2010- visio edellyttää toteutuessaan satojen tuhansien rakennusmateriaalitonniin tuomista alueelle rakentamista varten.

Ekologisesti kestävä kehitys mukaisella liikuntapaikkarakentamisella voidaan oikein toteutettuna vaikuttaa positiivisesti liikuntapaikkarakentamisen ympäristökuormitukseen, rakentamisen ja kunnossapidon kustannuksiin sekä asuinympäristön ja liikuntapaikkojen viihtyisyyteen. Parhaassa tapauksessa kaikella tällä voi olla sivutuotteiden hyötykäyttöasteen kohenemisen lisäksi virkistävä vaikutus alueen liike-elämään, jos pystytään tuottamaan matkailuyrittäjille kilpailuetua hyvien ulkoliikuntapaikkojen muodossa.

Sivutuoterakentamisen eräs keskeisimmistä kysymyksistä on sen tunnetuksi tekeminen ja sitä kautta kysynnän herättäminen. Sivutuotteisiin kohdistuva lupavelvollisuus, neitseellisten luonnonvarojen hyvä saatavuus, tiedonpuute ja jätteisiin kohdistuvat ennakkoluulot ovat useimmiten esteinä kysynnälle.

## 1.2 Työn tavoitteet

Vuonna 2003 alkaneen LITE- hankkeen tavoitteena oli tutkia ja osoittaa metsäteollisuuden ja energialaitosten sivutuotteiden hyötykäyttämismahdollisuuksia liikuntapaikkarakentamisessa. LITE 2- hankkeen tavoitteena on varmistaa kehitettyjen tuotteiden toimivuus rinne-, urheilu-, golfkenttä- ja ulkoilureittirakenteissa ja tukea alueen Master Plan-hanketta. Tarkastelualueena on Jämsän Seutukunnan Kehitys Oy:n Jämsekin toimialue.

LITE 2- hankkeen tavoitteena on

- selvittää mahdollisuuksia tuotteistaa teollisuuden sivutuotteet liikuntapaikkarakentamiseen neitseellisiä luonnonvaroja korvaaviksi tuotteiksi
- varmistaa LITE – hankkeessa kehitettyjen tuotteiden toimivuus ja saavutetut tulokset aiemmin suunnitelluissa ja koerakennetuissa sovelluksissa (rinnerakenteiden eroosiokestävyys, golfkenttärakenteet, latupohja)
- suunnitella uusia koerakenteita rinne-, latupohja- ja urheilukenttärakentamiseen (Himos, Rauhala, Kuhmoinen)
- toteuttaa koerakentamista, rakentamisen seuranta ja laatia kirjallinen koerakentamisraportti saaduista kokemuksista (toiminnalliset, taloudelliset jne.)
- selvittää logistiikkaa ja löytää työtapoja, joilla sivutuoterakentaminen olisi kustannustehokkainta
- arvioida sivutuotteilla toteutettavan liikuntapaikkarakentamisen mahdollisuuksia tulevaisuuden liikuntapaikkarakentamisessa

## **2 METSÄTEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET**

### **2.1 Sivutuote käsitteenä, uusiomateriaalit**

Sivutuotteella tarkoitetaan tässä selvityksessä nimenomaan teollisuudessa muodostuvia sivutuotteita. Sivutuotteita muodostuu varsinaisen tuotantotoiminnan ohessa mm. metsä- ja energiateollisuuden eri prosesseissa.

Sivutuote voi saada myös uuden juridisen määrittelyn jätepuitedirektiivin uudistuksen yhteydessä.

Metsäteollisuuden ja energiantuotannon sivutuotteet ovat laadultaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan monimuotoinen materiaalityyppi. Tämän vuoksi niiden käsittelyssä kuljetuksessa, varastoinnissa on huomioitava materiaalityypin erityispiirteet

### **2.2 EU-lainsäädäntö ja kansalliset tulkinnat**

Sivutuotteen hyötykäytön juridiikka nojaa jätelain 3§ pykälän 1 momentin määritelmään, jonka perusteella esine tai aine luokitellaan jätteeksi. KHO on ratkaisussaan 2178/3/03, 23.12.2005, todennut määritelmästä seuraavasti:

Esine tai aine on jätettä vain, jos se täyttää jätelain (1072/1993) 3 §:n 1 momentin 1 kohdassa ja jäteasetuksen 3 §:ssä ja asetuksen liitteessä 1 tarkoitetut jätteen tunnusmerkit. Lainkohdan mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Tulkittaessa jätteen käsitettä on otettava huomioon jätteistä annetun direktiivin jättekäsite ja sitä koskeva Euroopan yhteisöjen tuomioistuimen oikeuskäytäntö.

Jätelain 1 §:n mukaan lain tavoitteena on tukea kestävästä kehityksestä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä sekä ehkäisemällä ja torjumalla jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle. Lain 4 §:n mukaan on mahdollisuuksien mukaan huolehdittava muun muassa siitä, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän.

Jätteen määritelmää on pääsääntöisesti pidettävä laajana. Perusteluna on käytetty osaltaan EY-tuomioistuimen ratkaisun C-129/96 kohtaa 36. Lisäksi yleisenä perusteluna on käytetty sitä, että arvio on suoritettava kaikkien asiaan vaikuttavien seikkojen perusteella niin, että jätedirektiivin tavoite otetaan huomioon eikä vaaranneta sen tehoa.

Kannan mukaan aineen tulkinta sivutuotteeksi on rajoitettava tilanteisiin, jossa aineen uudelleenkäyttö ilman edeltäviä muuntamistoimia tuotantoprosessin jatkeena on varmaa eikä vain mahdollista.

Toiseksi on otettava huomioon, kuinka suurella todennäköisyydellä aine käytetään uudelleen ilman edeltäviä muuntamistoimia. Jos aineen pelkän käyttömahdollisuuden lisäksi on haltijalle siitä taloudellista etua, on uudelleenkäytön mahdollisuus suuri. Tällöin ainetta ei voida enää pitää rasiitteena, jonka haltija pyrkii poistamaan käytöstä vaan tuotteena.

Näiden edellä mainittujen lainsäädännöllisten muutosten tulkinta ja tulkinnan kokonaisvaikutus on toistaiseksi täysin avoin.

Kantavana ajatuksena on kuitenkin, että ”jäte tai uusiotuote on hyödynnettävä / loppukäsiteltävä siten, ettei siitä aiheudu haittaa tai vaaraa”. Uusiotuotteelle tulee olla markkinat ja sen on täytettävä ”markkinoille luovuttamiselle” tarvittavat edellytykset.

### 2.3 Jätteen hyötykäyttö, lupavelvollisuus, poikkeukset lupavelvollisuudesta

Jätteen hyötykäytön lupavelvollisuus perustuu ympäristönsuojelulain 28 § 4 momenttiin, jonka mukaan ympäristölupa on oltava jätteiden laitos- tai ammattimaiseen hyödyntämiseen tai käsittelyyn.

Ympäristönsuojelulain 30 § mukaan poikkeus luvanvaraisuudesta voidaan antaa, jos asetuksella säädetään YSL 12§ 2 tai 3 kohdassa tarkoitetuista toiminnoista tai jätelain 18 §:n nojalla muiden kuin ongelmajätteiden käsittelystä syntypaikalla taikka jätteiden laitos- ja ammattimaisesta hyödyntämisestä, voidaan samalla säätää, ettei asetuksessa mainituin edellytyksin tarvita ympäristölupaa. Asetuksella voidaan lisäksi säätää 28 § 2 momentin 4 kohdassa tarkoitetun toiminnan luvanvaraisuudesta koskevista poikkeuksista.

Tämän kohdan perusteella on annettu **Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (591/2006)**. Asetukseen sisältyy YSL 65 § mukainen ilmoitusvelvollisuus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään merkitsemistä varten.

Asetuksen piiriin kuuluvat ensimmäisessä vaiheessa betonimurske ja kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkat, jotka täyttävät asetuksen liitteessä esitetyt vaatimukset. Asetuksessa esitetyt liukoisuus raja-arvot on säädetty niin tiukoiksi, ettei se ole käytännössä mahdollistanut lentotuhkien käyttöä ilmoitusmenettelyn mukaisesti. Toisaalta jatkossa on toivottavaa että asetuksen piirissä olevien jakeiden joukkoa laajennettaisiin niin, että esim. kuitusaven käyttö tulisi sen piiriin.

Toinen poikkeus luvanvaraisuudesta voidaan antaa YSL 30 § 2 momentin perusteella:

Lupaa ei myöskään tarvita koeluontoiseen lyhytaikaiseen toimintaan, jonka tarkoituksena on kokeilla raaka- tai polttoainetta, valmistus- tai polttomenetelmää tai puhdistuslaitetta taikka hyödyntää tai käsitellä jätettä laitos- tai ammattimaisesti tällaisen toiminnan vaikutusten, käyttökelpoisuuden tai muun näihin rinnastettavan seikan selvittämiseksi.

Edellä kuvatusta koeluontoisesta toiminnasta on kuitenkin YSL 61 § mukaisesti tehtävä kirjallinen ilmoitus toimivaltaiselle ympäristölupaviranomaiselle viimeistään 30 vuorokautta ennen toiminnan aloittamista.

Käytännössä tämä on tarkoittanut, että vähäisen käytön raja on asetunut 500 tai 1000 tonniin. Tällöin sovelletaan yleensä ilmoitusmenettelyä koetointailmoituksen mukaisesti, mikä on hieman ristiriidassa siitä annetun YSL 61 §:n kanssa. Toisaalta koetoiminnan perusteluna voi olla puhtaasti teknisen käyttökelpoisuuden toteaminen.

Näiden lisäksi asiaan voi tulevaisuudessa ratkaisevasti vaikuttaa Euroopan unionissa valmisteilla oleva jätepuitedirektiivin esitys end-of-waste- kriteereistä:

Jätteen muuttuminen muuksi kuin jätteeksi on määritelty ”Ehdotus EU-parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteestä, DNo 21.12.2005 COM 2005/667, lopullinen”. Sen mukaan (11 artikla, kohta 2) ”Komissio voi (1 kohdan) mukaisen arviointinsa perusteella ja 36 artiklan 2 kohdassa tarkoitettun menettelyn mukaisesti hyväksyä tietyn tuotteen, materiaalin tai aineen jäteluokan osalta täytäntöönpanotoimia, joissa yksilöidään ympäristö- ja laatu- perusteet, jotka on täytettävä, jotta jätteen voidaan katsoa olevan uusiotuote taikka uusiomateriaalia tai -ainetta.”

Tällä hetkellä vallalla olevan käsityksen mukaan tällä perusteella kyseeseen tulisivat biojätteet, jätepaperi, metalliromu ja betonimurske.

Lisäksi valmisteluvaiheessa on nostettu esille sivutuotteen määrittely, jolloin olevasta prosessista muodostuvasta jakeesta ei muodostuisi ollenkaan jätettä vaan sivutuote. Määrittely olisi yleisluontoinen ja se perustuisi EU-tuomioistuimen aiempien ratkaisujen perusteluihin. Komissio voi myös valmistella aiheesta tiedonannon, jolla ohjattaisiin ratkaisukäytäntöjä, mutta se ei olisi juridisesti sitova.

## 2.4 Muut tekijät

Sivutuotteiden hyötykäyttöön vaikuttavat ensisijaisesti lainsäädännön antamat reunaehdot.

Toinen tärkeä tekijä on sivutuotteiden imago ja tunnettavuus sekä käyttömahdollisuudet. Keski-Suomen kunnille materiaalipankkiprojektin (Mapa) tehdyn kyselyn mukaan teollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttö Keski-Suomen kunnissa oli yleisesti ottaen vähäistä. Kuitusavea on totuttu käyttämään käytöstä poistettujen kaatopaikkojen maisemoinneissa ja urheilupaikkarakenteissa (Himoksen korotus, latupohjat). Lento- ja pohjatuhkan käyttömahdollisuudet nähdään parhaimpina tie-, kenttä- ja liikuntapaikkarakentamisessa ja maisemoinneissa. Kompostin menekki kohdistuu maisemointeihin ja maanparannukseen.

Suurimmiksi esteiksi metsäteollisuuden sivuvirtojen käytölle koettiin kyselyssä tiedonpuute, sivutuotemateriaalien laatu, saatavuus, hinta ja kuljetuskustannukset. Nämä kaikki yhdessä olivat monen vastaajan mielestä luomassa mielikuvaa, että sivutuotteiden kysyntä ja tarjonta eivät vielä kohtaa oikealla tavalla.

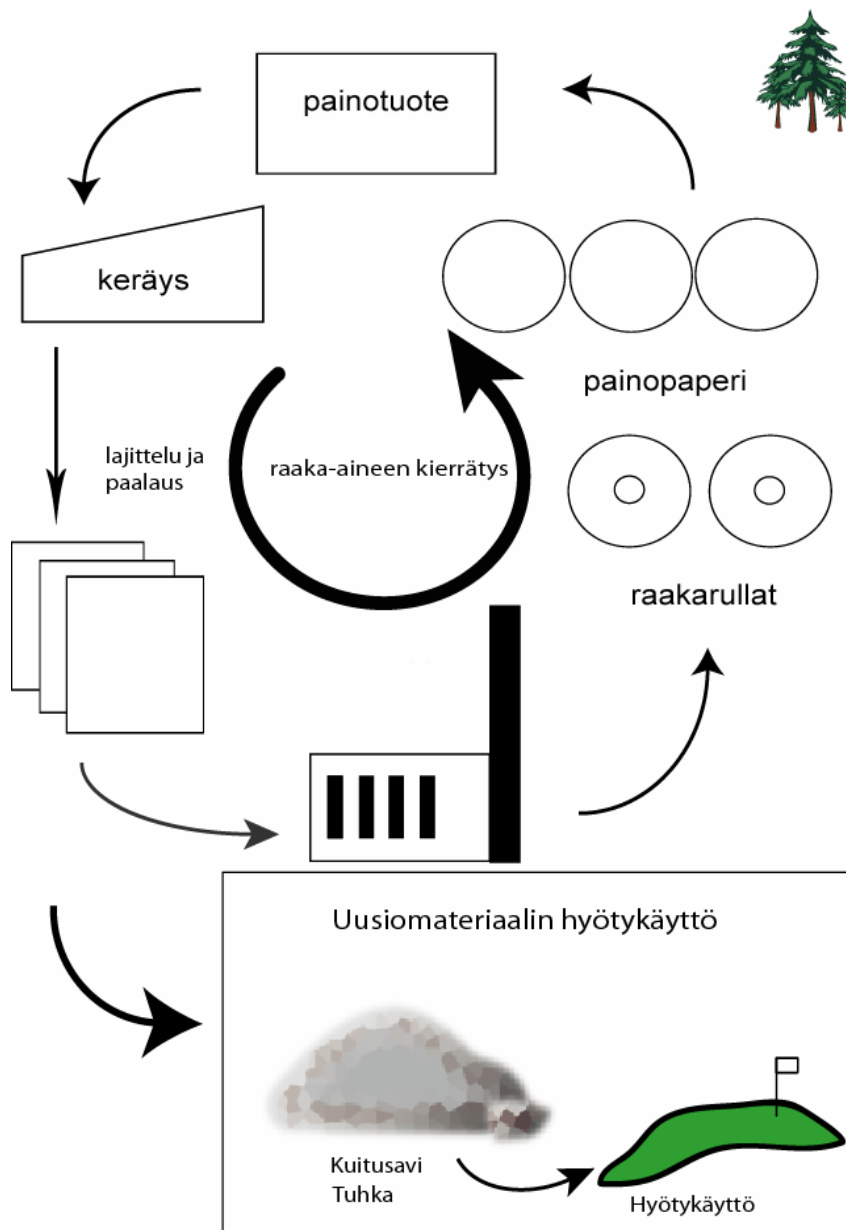
Sivutuotteiden käytettävyyttä arvioitaessa kävi kyselystä ilmi, että kauemmin hyödynnetyt kuitusavi, puru, kuori ja komposti koettiin hyödynnettävimmiksi materiaaleiksi. Energiatuotannon tuhkat ja erilaiset lietteet olivat vielä ”kypsymässä” hyödynnettäviksi sivutuotemateriaaleiksi.

Kysely antoi melko selkeän kuvan hyötykäytön nykytilasta. Toisaalta kuntien kiristytvä talous antaa mahdollisuuden tavallisuudesta poikkeaville, mutta taloudellisille ratkaisuille ympäristö- ja liikuntapaikkarakentamisessa.

### 3 KESKI-SUOMEN ALUEEN KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT SIVUTUOTTEET

Keski-Suomi on yksi maamme merkittävimmistä metsäteollisuuskeskittymistä. Alueelle on sijoittunut runsaasti saha-, sellu ja paperiteollisuuden yksiköitä. Tässä raportissa metsäteollisuuden sivutuotteista käsitellään paperintuotannossa ja kierrätyskuidun valmistuksessa syntyvää kuitusavea ja tehtaiden voimalaitoksissa muodostuvaa lento- ja pohjatuhkaa. Tehtaat sijaitsevat Jämsässä, Jämsänkoskella, Mäntässä, Jyväskylässä ja Äänekoskella.

Kierrätys- ja hyötykäyttöprosessit paperinvalmistuksessa



Kuva 1 Kierrätys- ja hyötykäyttöprosessit paperiteollisuudessa

LITE 2, Liikuntapaikkarakentaminen teollisuuden sivutuotteilla Jämsän seudulla

### 3.1 Metsäteollisuuden kuitusavi

Kuitusavi on massa- ja paperiteollisuudessa sivutuotteena muodostuvaa kuitu- ja täyteainepitoista lietettä. Kuituja ja paperin täyteaineita joutuu jätevesiin paperinvalmistuksen eri vaiheissa. Puun kuorinnasta, haketuksesta, massan valmistuksesta, lajittelusta ja käsittelystä, veden poistosta paperikoneella, täyteaineiden valmistuksesta, paperin pinnoituksesta ja joskus häiriötilanteista syntyy kuitupitoisia vesijakeita. Nämä vesijakeet kuivataan jätevedenkäsittelyn yhteydessä, jolloin niistä muodostuu kuitusavea. Kuitusaven kuivaainepitoisuus on 30 – 55 %, ja se on sellaisenaan käyttökelpoista ympäristörakentamisessa.

Kuitusavea muodostuu em. tulokosteudessaan Keski-Suomen tehtailla vuosittain yhteensä 300 000 tonnia. Muodostuvasta kuitusavesta hyödynnetään noin 38 % materiaalina ja energiana 45 %.

Kuitusavea on käytetty materiaalina hyvien rakenneominaisuuksiensa (keveys, alhainen vedenläpäisevyys, hyvä muodonmuutoskestävyys, routimattomuus, jne.) ansiosta pääasiallisesti käytöstä poistettujen kaatopaikkojen maisemoinneissa, ja pienempiä määriä erilaisissa tie- ja kenttärakenteissa. Ympäristökelpoisuustutkimusten mukaan kuitusavea voidaan käyttää maarakentamisessa rajoituksetta. Kuitusaven geotekniset ominaisuudet vastaavat kitkamaalajien ominaisuuksia, joten kalteville pinnoille rakentaminen ei vaadi mitään erityistoimia.

Tarkempia tietoja kuitusaven käytettävyydestä maarakentamisessa on saatavilla osoitteesta

[http://www.finncao.fi/attachments/suunnittelu\\_ja\\_mitoitusohje.pdf](http://www.finncao.fi/attachments/suunnittelu_ja_mitoitusohje.pdf)

### 3.2 Energiateollisuuden tuhkat

Lentotuhka koostuu pääasiassa alumiinin-, piin ja kalsiumin oksideista. Se sisältää myös pieniä pitoisuuksia raskasmetalleja. Lentotuhka muodostuu savukaasujen mukana kulkeutuvasta kevyemmästä ja helpommin höyrystyvistä mineraaliaineksesta. Lentotuhkaa muodostuu myös polttoaineesta haihtuneiden epäorgaanisten yhdisteiden tiivistyessä kiinteään olomuotoon ja leijukerroskattiloiden petihiekan murentuessa riittävän pieneksi. Lentotuhka kerätään talteen sähköisten tai mekaanisten erottimien avulla. Se on rakenteeltaan hienojakoista pallomaisista hiukkasista ja neulasmaisista kiteistä muodostuvaa materiaalia. Kivihiililentotuhkan raekoko vaihtelee 2-100 µm. Turve- ja puutuhkat ovat yleensä kivihiilituhkaa karkearakeisempia.

Metsäteollisuuden vuositilastojen mukaan ainoastaan 48 % muodostuvista lentotuhkista hyötykäytetään ja yli puolet päätyy loppusijoitettavaksi kaatopaikalle. Tulevaisuudessa tuhkalta uskotaan löytyvän merkittävä hyötykäyttöpotentiaali maarakentamisessa ja rakennusteollisuudessa korvaamassa luonnon kiviaineksia tai kaupallisia sideaineita.

Lentotuhkia voidaan käyttää kuivana maarakentamisessa stabiloivana sideaineena tai kasavarastoituina massiivirakenteissa suodatinhiekkana. Kasavarastoitu lentotuhka on routimatonta, mikä mahdollistaa rakennettävien kerrospaksuuksien mitoittamisen perinteisiä rakenteita ohuemmiksi.

Tarkempia tietoja lentotuhkan käytettävyydestä maarakentamisessa on saatavilla osoitteesta

<http://www.finncao.fi/attachments/mitoitusohje14032005.pdf>

Karkeampirakeisia pohjatuhkia muodostuu metsäteollisuudessa vuosittain noin 50 000 t. Pohjatuhkat ovat materiaaliominaisuuksiltaan hiekanomaisia, mistä nimitys petihiekka leijukerroskattiloiden kantoainemateriaalin mukaan tulee. Pohjatuhkia on käytetty ensisijaisesti kaatopaikkojen kaasunkeräysrakenteissa sekä erilaisissa täyttö- ja pengerrakenteissa. Kohtalaisen pienistä määristä johtuen pohjatuhkien merkitys hyötykäytöissä on vähäinen.

### **3.3 Kuitusavien ja lentotuhkien jalostaminen**

Kuitusavien puristuslujuutta ja kantavuutta voidaan parantaa lisäämällä siihen lentotuhkaa. Näin saadusta seoksesta käytetään yleisimmin nimitystä kuitutuhkaseos. Kuitutuhkan ominaisuuksia voidaan optimoida käyttötarkoituksen mukaisesti käyttämällä yleissementtiä, rikinpoistotuotetta tai bentoniittia.

Tuhkien teknisiä ominaisuuksia voidaan tehostaa erilaisia side- ja seosaineita käyttämällä. Sideaineilla voidaan aktivoida tuhkien lujittumisreaktioita siten, että materiaalien lujuus- ja kantavuusarvot kohenevat merkittävästi. Tuhkien ominaisuuksien jalostamisessa soveliaita sideaineita ovat sementti, kalkki-, kipsi-, ja masuunikuonajauheet.

## 4 SIVUTUOTTEIDEN NYKYINEN KÄYTTÖ LIIKUNTAPAikka- RAKENTAMISESSA

### 4.1 Kentät

Metsäteollisuuden sivutuotteita, tuhkaa ja kuitusavea on käytetty urheilukenttien perusparantamiseen aikaisemmin mm. Luopioisissa ja Viialassa vuosina 2000 -2003. Luopioisten hankkeesta on tehty opetusministeriön julkaisu ”Urheilukentän perusparantaminen uusiomaarakennustekniikalla”, nro 2002.

Tämän projektin edeltäneessä projektissa (LITE) laadittiin suunnitelmat Himos-Golfin yhden väylän ja rangen perusparantamisesta teollisuuden sivutuotteilla. Rakenteita ei ole kuitenkaan toteutettu. Materiaalien ominaisuuksien kokeiluun rakennettiin vuonna 2003 pienimuotoiset koerakenteet, joiden seuranta jatkettiin tässä projektissa. Koerakenteet on kuvattu kohdassa 6.

Suomen IP-Tekniikka Oy on tehnyt Jämsän kaupungille yleissuunnitelman Jaatilanrinteen lähivirkistysalueen rakentamisesta vuonna 2006. Hankkeen osana on pallokentän rakentaminen kuitusavipohjaisella sivutuotteella. Hanke on koerakennusvaiheessa, ja pallokentän toteutus tullaan tekemään vuoden 2007 aikana.

Tuhkaa ja kuitusavea on saatettu käyttää myös muissa yksittäisissä kohteissa koeluonteisesti kenttärakenteissa. Rakenteiden rakentamisesta tai seurannasta ei ole käytettävissä yksityiskohtaisia raportteja.

### 4.2 Kuntopolut

Sivutuotteita on käytetty kuntopolkujen rakentamisessa aikaisemminkin Jämsässä Kaipolan kuntopolulla. Rakentaminen on tehty 1990-luvulla, eikä siitä ole seurantatutkimuksia. Aikaisemman projektin yhteydessä suunniteltiin ja toteutettiin Jämsässä Rauhalan kuntopolun rakentaminen kuitutuhkarakenteella vuosien 2003-2004 vaihteessa. Perusparannettu osuus oli noin 1,5 km. Työn toteutus on raportoitu Suomen IP-Tekniikka Oy:n raportissa ”Teollisuus- ja energialaitosten sivutuotteiden hyötykäyttö liikuntapaikkarakentamisessa”, Loppuraportti 2003-2004, 28.12.2004.

### 4.3 Rinnerakenteet

Hiihtokeskus Himosvuoren Luoteis-Himoksen rinnealueella tehtiin vuonna 2000 yläosan korotus UPM-Kymmene Oyj:n Kaipolan ja Jämsänkosken tehtaiden sivutuotteilla, tuhalla sekä kuitu- ja siistauslietteillä. Rinnettä korotettiin 6 metrillä ja korotuksessa käytettiin sivutuotemateriaalia noin 35 000 m<sup>3</sup> ja kivennäismaata noin 5 000 m<sup>3</sup>.

Keski-Himoksen länsirinnettä korotettiin 10 metrillä paremman rinneprofiilin saavuttamiseksi vuosina 2002-2005. Rakenteeseen käytettiin noin 86 000 m<sup>3</sup> teollisuuden tuhkia ja kuitusavimateriaaleja. Rakenteen kokonaismateriaalmäärä oli noin 106 000 m<sup>3</sup> ja korotettavan alueen pinta-ala oli noin 2,0 ha.

Keski-Himoksen rinteeseen tehtiin koerakenteita kesällä 2003 edellisessä projektissa. Rinteeseen tehtiin 3 koealaa, joissa testattiin erilaisia alus- ja pintarakenteita. Kuitu- ja tuhkamateriaaleja käytettiin koerakenteissa noin 1 100 m<sup>3</sup>.

Koerakenteisiin asennettiin 6 seurantapistettä, joista mitattiin horisontaalinen ja vertikaalinen siirtymä. Sateet ja kevätsumuaminen eivät aiheuttaneet rakenteiden eroosiota. Koerakenteiden toteutus ja seuranta on raportoitu Suomen IP-Tekniikka Oy:n raportissa ” Teollisuus- ja energialaitosten sivutuotteiden hyötykäyttö liikuntapaikkarakentamisessa”, Loppuraportti 2003-2004, 28.12.2004.

Rinnerakenteita on tietävästi parannettu edellisten rakenteiden lisäksi mm. Varkaudessa ja Simpeleellä teollisuuden tuhkillä ja kuitusavilla. Rakenteet ovat pienimuotoisia, eikä niiden toteutuksesta tai seurannasta ole tehty erillisiä raportteja.

## 5 SIVUTUOTTEIDEN KÄYTTÖ TULEVAISUUDEN LIIKUNTAPAIKKA- RAKENTAMISESSA

### 5.1 Tulevaisuuden hankepotentiaali

Viihtyisät ja hyvin hoidetut liikuntapaikat luovat käyttäjilleen liikunnallisia elämyksiä, joiden terveydellinen vaikutus on monessa eri yhteydessä kiistattomasti todistettu. Samaan aikaan liikuntapaikkojen ylläpitäjien, lähinnä kuntien taloudelliset resurssit ovat koko ajan pienemmät.

Suomessa on huomattava määrä seitsemänkymmentä- ja kahdeksankymmentäluvulla rakennettuja liikuntapaikkoja, jotka ovat pikaisen kunnostuksen tarpeessa. Liikuntapaikkojen kunnostus- ja uudelleenrakentamistarve tarjoavat erinomaisen mahdollisuuden käyttää hyväksi teollisuudessa ja energiantuotannossa muodostuvia sivutuotteita.

Teollisuuden ja energiantuotannon sivutuotteet soveltuvat teknisten ominaisuuksiensa perusteella monipuoliseen liikuntapaikkarakentamiseen. Esimerkkeinä soveltuvista rakenteista voidaan mainita erityyppiset kenttärakenteet (golf-, urheilu- ja palloilukentät), ulkoilureitit sekä laskettelurinteiden eroosiosuojaus ja muotoilu.

#### Metsäteollisuuden sivutuotteet kenttärakenteissa

Suomen metsäteollisuudessa ja siihen liittyvässä energiantuotannossa syntyy vuositasolla noin 1 300 000 tonnia liikuntapaikkarakentamisessa hyödynnettävissä olevia sivutuotteita (kuitusavi ja lentotuhka).

Metsäteollisuudessa muodostuvat sivutuotteet soveltuvat mainiosti kenttärakenteiden alusrakenteisiin. Nämä materiaalit ovat kevyitä ja omaavat noin 60 prosenttia paremman lämmöneristyskyvyn kuin luonnon maa-ainekset. Sivutuotteiden keveys mahdollistaa materiaalin edullisen kuljetuksen jopa noin 100 kilometrin säteellä tuotantolaitoksesta. Lisäksi keveydestä on hyötyä rakennettaessa huonosti kantavalle maaperälle.

Erityisesti laajoja alueita muokattaessa kuitusavi ja lentotuhka mahdollistavat keveinä materiaaleina taloudellisesti mielekkäämmät ratkaisumallit. Golfkenttien pinnanmuotoja muokattaessa sivutuotteet tarjoavat erinomaisen vaihtoehdon luonnonmateriaaleille helpon muokattavuuden ja tasalaatuisuuden vuoksi. Toisaalta niiden paremmin routaominaisuudet mahdollistavat rakenteiden käyttöönoton aiemmin keväällä. Näissä kohteissa materiaalien saataavuus yleensä rajoittaa käyttömahdollisuuksia enemmän kuin toteuttavan rakenteen koko. Esim. täysimittaisen golfkentän rakentamiseen tarvitaan maa-alueita noin 60 ha eli pelkästään yhden väylän rakentamiseen tarvitaan noin 2,5 ha alue, joka vastaa vähintään kahden urheilukentän kokoista aluetta ja materiaali-potentiaalia.

Normaalin urheilukentän peruskunnostuksessa voidaan käyttää lähes 5 000 tonnia teollisuuden sivutuotteita.

### Metsäteollisuuden sivutuotteet ulkoilureittirakenteissa

Ulkoilureittejä käytetään läpi vuoden. Keväällä reittien tulee kuivua nopeasti roudan sulamisen jälkeen ja kesällä sateiden jälkeen. Syksyllä reitit pyritään ottamaan mahdollisimman varhain hiihtäjien käyttöön, jolloin reittipohjalta vaaditaan tasaisuutta. Metsäteollisuuden sivutuotteet tarjoavat kustannustehokkaan tavan kunnostaa jo olemassa olevia tai rakentaa uusia ulkoilureittejä.

Liikuntareitin perusparantaminen teollisuuden sivutuotteita halutusta tasosta riippuen vaatii noin 1 500 – 2 000 tonnia kunnostettavaa kilometriä kohden.

### Metsäteollisuuden sivutuotteet rinnerakentamisessa

Rinnerakentamisella muotoillaan luonnonmäkiä lasketteluun ja lumetukseen sopivammiksi tasaamalla jyrkänteitä ja painanteita. Laskettelurinteet ovat erityisen alttiita pintavesierosiolle ennen kasvillisuuden kehittymistä. Tehtyjen tutkimusten perusteella metsäteollisuuden sivutuotteet pystyvät vastustamaan eroosiota hyvin.

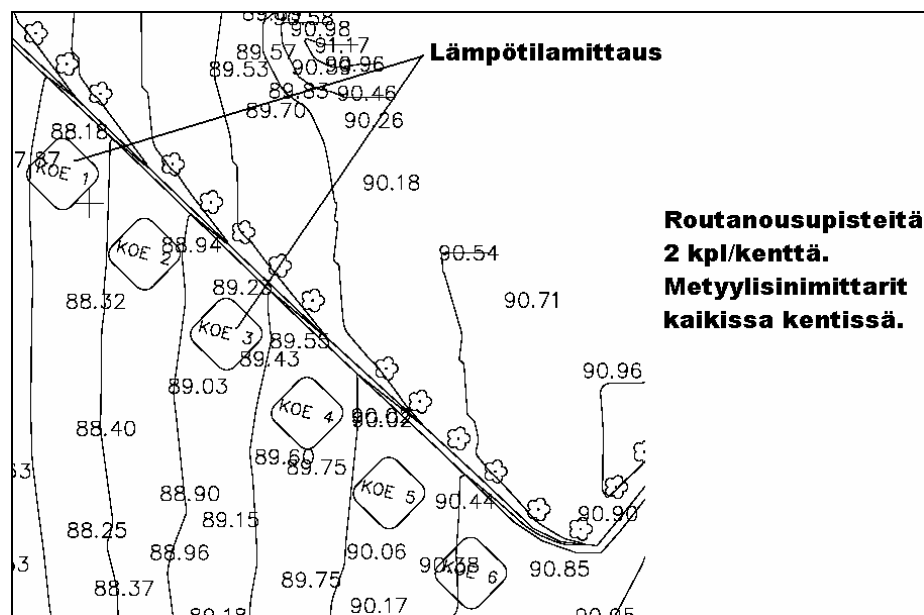
Yhden laskettelurinteen muokkaaminen vaatii teollisuuden sivutuotteita arviolta noin 15 000 - 20 000 tonnia. Mikäli edellä mainitut rakenteet tehdään perinteisesti luonnon maa-aineksista, massamäärät tulee kertoa vähintäänkin kahdella.

Toisaalla sivutuotteet soveltuvat rinteiden muotoiluun eri laskettelu- ja kilpailumuotoja varten. Osa rakenteista voidaan toteuttaa pelkän lumetuksen avulla, mutta esim. lumilautailijoiden käyttämät ski-crossradat, half-pipe ja kookkaat hyppyrit voidaan helposti työstää sivutuotteilla perusmuotoihin, jolloin lumetuksen tarve talvella pienenee huomattavasti. Tällä on merkitystä erityisesti Etelä- ja Keski-Suomen hiihtokeskuksille, joiden kausi on muutoinkin Pohjois-Suomea lyhempi.

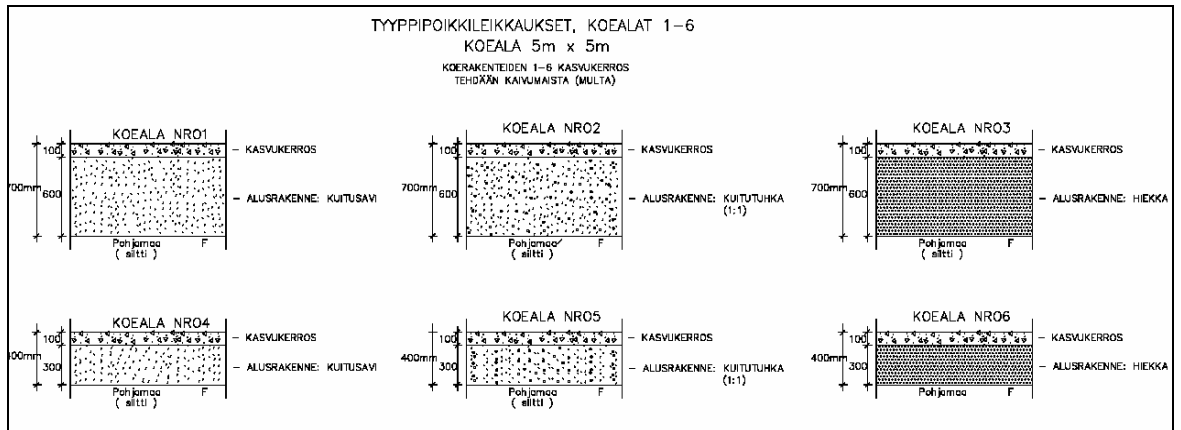
## 6 PROJEKTISSA TOTEUTETUT RAKENTEET

### 6.1 Golfkenttä

Himos-Golfin rangen viereen rakennettiin LITE -projektin osana kuusi koerakennetta eri tyypisillä ratkaisuille. Rakenteet varustettiin metyyლისini-routamittareilla ja kahden rakenteen osalta lämpötila-antureilla. Rakenteet tehtiin 400 ja 700 mm paksuisina siten, että kasvukerroksen alapuolinen kerros tehtiin eri rakenteisiin kuitusavesta, kuitutuhkasta ja vertailurakenne perinteisenä rakenteena sorasta. Rakenteiden sijainti koekentällä on esitetty kuvassa 2 ja rakenteiden tyyppiokkileikkaukset kuvassa 3.



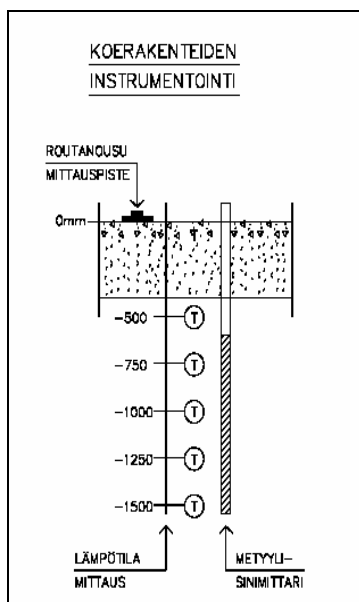
Kuva 2. Golfkentän koerakenteet



kuva 3. Golfkoekenttien tyypipoikkileikkaukset

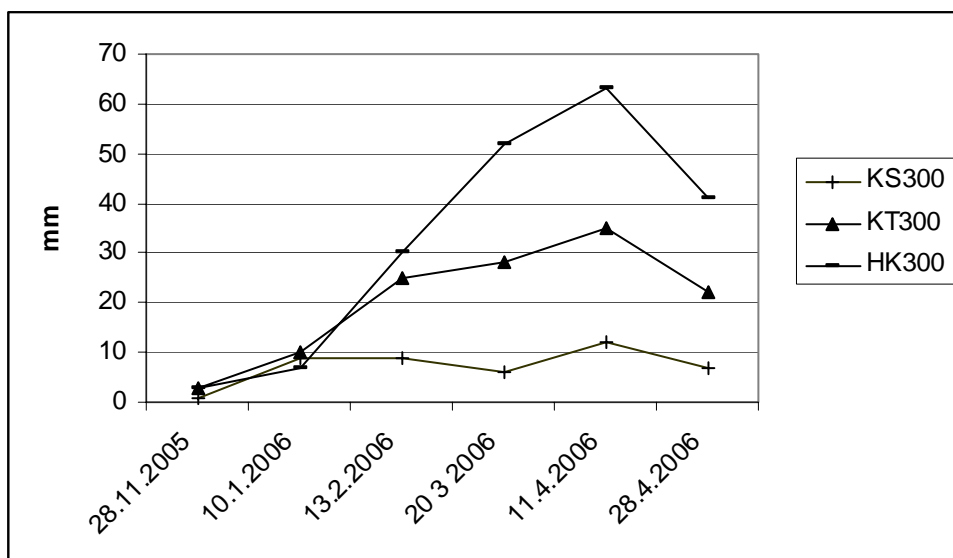
### Seurantamittaukset ja tulosten arviointi

Rakenteiden routanousua, roudan syvyyttä, lämpötiloja lumen paksuutta mitattiin projektin yhteydessä talven 2004-2005 ja 2005-2006 aikana kuukauden välein. Mittausyhteiden tyypikuva on esitetty kuvassa 4 ja yhteenvetolomakkeet tehdyistä mittauksista on esitetty liitteessä 1.



Kuva 4. Golfkentän koerakenteiden instrumentointi

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että lämpötilamittausten perusteella kuitusavi- ja kuitutuhkakoerakenteen routanousu on selvästi vähäisempää kuin vertailurakenteena olleen hiekkarakenteen. Kuitusavirakenteiden osalta routan syvyys oli alhaisempi kuin hiekkarakenteilla. Seurantamittausten routanousut (2005-2006) 300 mm kerrospaksuisissa koerakenteissa on esitetty kuvassa 5.



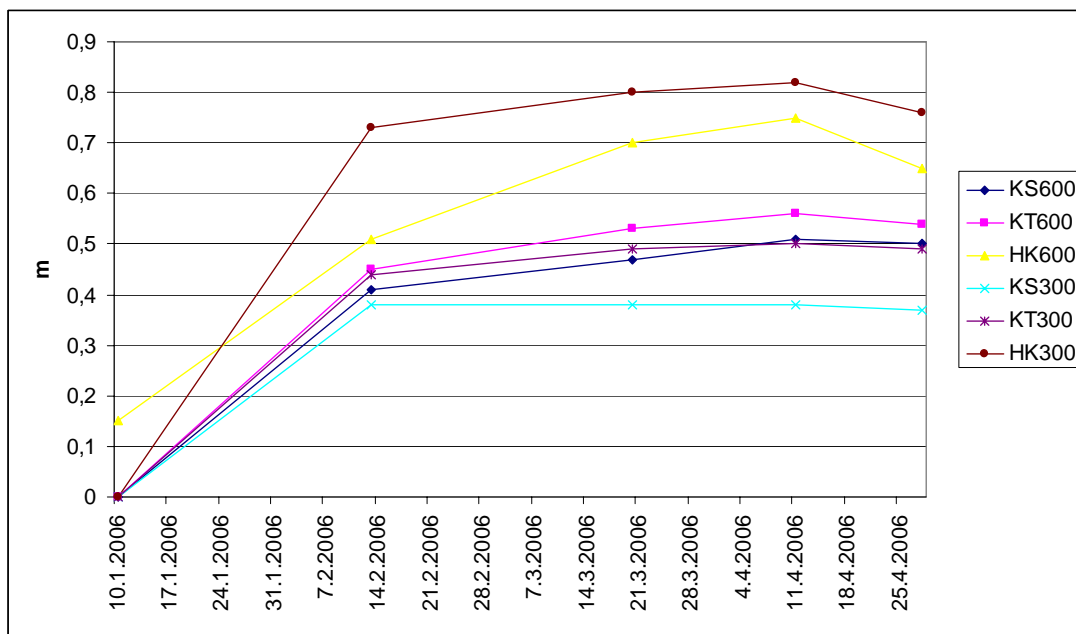
Kuva 5. Routanousut golfkentän koerakenteissa v.2005-2006

Lämpötilamittausten perusteella kuitusavirakenne eristi selvästi paremmin maan jäätymistä koekentän alueella. Taulukossa 1 on esitetty vuonna 2006 tehtyjen lämpötilamittausten kahden mittauskerran tulokset. Tulosten perusteella voidaan osoittaa, että kuitusavirakenne suojaa alla olevaa perusmaata hiekkarakennetta paremmin jäätymistä vastaan.

Taulukko 1. Koerakenteiden lämpötilat kuitusavi- ja hiekkarakenteissa (°C)

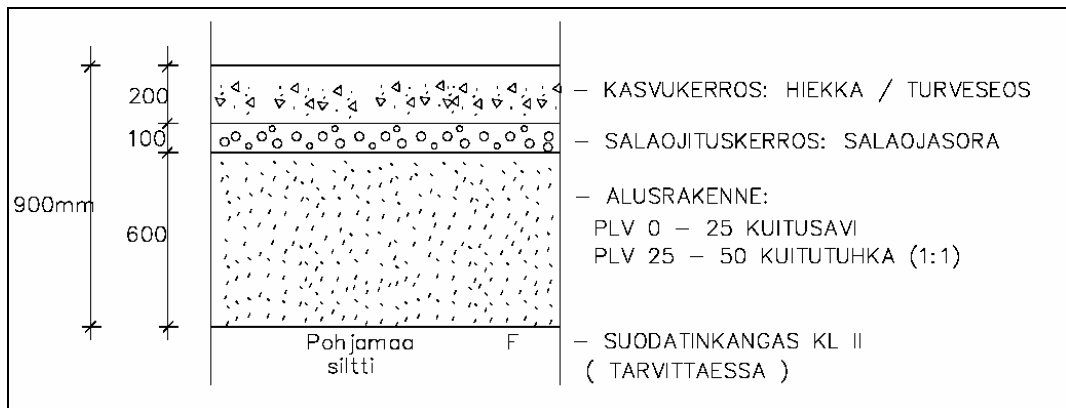
Syvyys	250 mm	500 mm	750 mm	1000 mm	1250 mm	1500 mm
KS 02/06	-0,4	-0,3	1,2	3,1	4,1	4,6
HK 02/06	-0,5	-0,6	0,3	0,8	1,6	2,1
KS 03/06	-2,3	-0,1	0,8	2,3	3,3	3,7
HK 03/06	-2,9	-0,7	0,1	0,4	1,1	1,8

Roudan syvyyttä mitattiin koerakenteisiin asennetuilla metyylinimittareilla. Vuoden 2006 mittaustulokset on esitetty kuvassa 6. Tulokset tukevat lämpötila- ja routanousutuloksia siten, että kuitusavi- ja kuitutuhkarakenteiden roudan syvyys ei ole ulottunut yhtä syvälle kuin hiekkarakenteissa. Kuitusavirakenteiden osalta routa ei ole tunkeutunut edes koko rakenteen läpi tarkastelujaksolla, sitä vastoin 300 mm hiekkakerroksesta routa on tunkeutunut noin 400 mm silttiseen perusmaahan, jonka merkittävää routimista voidaan olettaa tapahtuvan keväällä.



Kuva 6. Roudan syvyys koerakenteissa kevään 2006 mittauksissa.

Projektin osana golfkentän harjoituslyöntipaikalle suunniteltiin lisäksi kuitusavi- ja kuitutuhkarakenne, 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. Rakennetta ei kuitenkaan päästy testaamaan hankkeen aikana, koska rakentamisen yksityisrahoitusosuutta ei saatu toiminnanharjoittajalta projektin käyttöön. Suunniteltu rakenne on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Golfin harjoituslyöntipaikan rakenne

## 6.2 Rinnerakenne

Hiihtokeskus Himosvuori Oy rakensi hiihtokautta 2005-2006 varten uudet rinteet Keski-Himoksen eteläosaan. Rinteiden profiili on keskiosaltaan osittain liian jyrkkä, ja tämän vuoksi rinnettä tulee täyttää joiltain osin optimaalisen kaltevuuden saavuttamiseksi. Suunnitelman mukaan rinne tasataan noin 1,25 hehtaarin alalta. Tasauksen kokonaistilavuus on noin 10 000 m<sup>3</sup>.

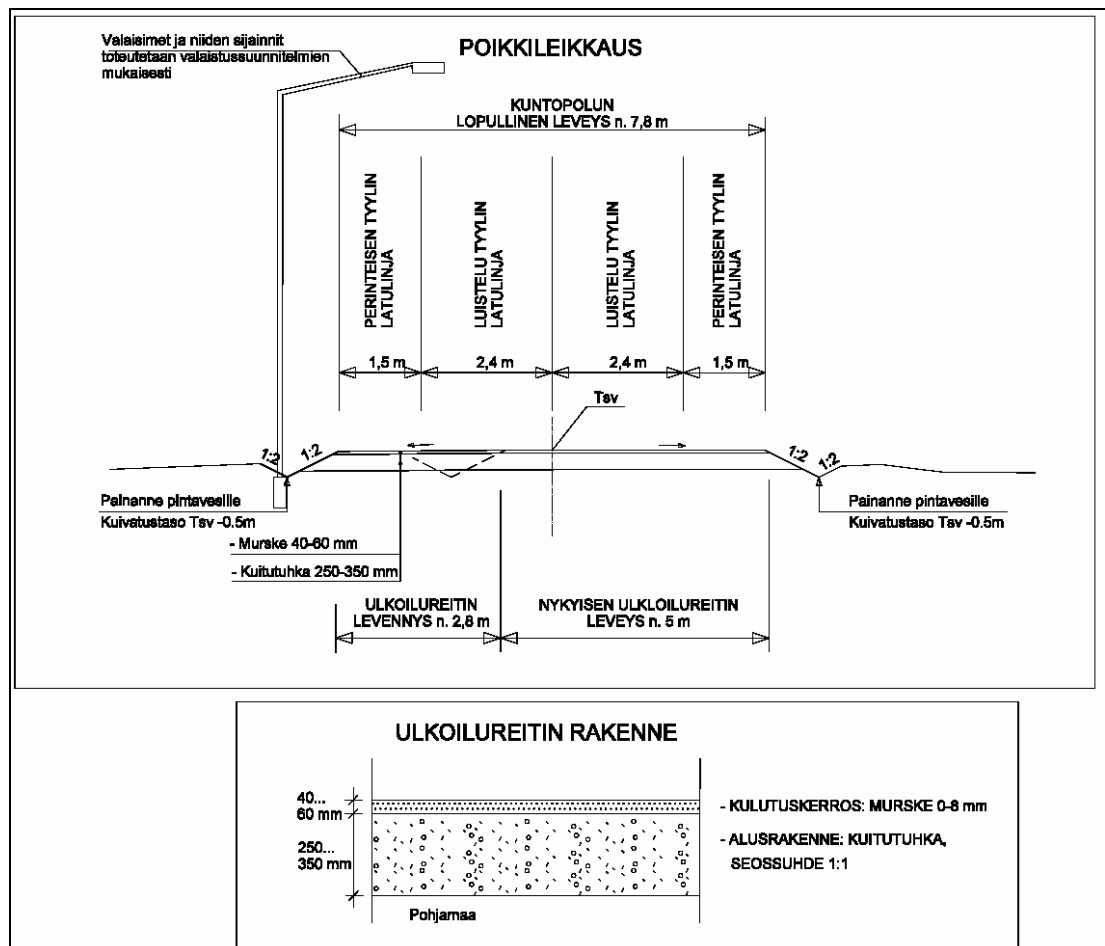
Nykyisellään alueelle joudutaan lumettamaan muutamia metrejä, jotta rinne saadaan tasattua lasketteluun vaatimaan muotoon. Tasauksen jälkeen alueelle riittää sama lumenpaksuus kuin muualla rinteissä on. Rakenteeseen tulee täyttöä keskimäärin 0,8 m, vaihdellen noin 0,2...1,5 m. Rinteen rakentaminen aloitettiin syksyn 2006 aikana ja rakenne valmistuu kesän 2007 aikana. Rakenteeseen asennetaan kesällä 2007 lämpötila-anturit, joilla pyritään seuraamaan rakenteen toimivuutta.

Täyttöön käytetään maanrakennukseen soveltuvia Jämsän seudun metsäteollisuuden kuitumateriaaleja. Materiaalien varastointi tehdään rinnealueen yläosassa, josta materiaali siirretään kohteeseen ja tiivistetään rakenteeksi noin 0,5 m:n kerroksina. Tiivistäminen tehdään telakoneella noin 90 % tiiveyteen. Tiivistystyömäärä ja käytettävä kalusto määritetään työn alkaessa koekentästä. Tiivistämistyömäärää tarkkaillaan työn aikana.

### 6.3 Kuntopolku

Lite 1- projektissa toteutettiin pienimuotoinen koerakenne Jämsässä Himos-Pykälä -koekohteessa. Tässä projektissa toteutettiin hieman laajempi ja monipuolisempi koerakentaminen Särkijärvi-Rauhala- kuntopolulla Jämsässä. Rakennetun kuntopolun pituus oli noin 2000 m ja rakenteessa hyödynnetyn kuitutuhkaseoksen määrä yhteensä noin 3600 tonnia. Tehdyn rakenteen tyyppipoikkileikkaus on esitetty kuvassa 6.

Rakenne valmistui syksyllä 2006 ja rakenne on otettu käyttöön kuntopolkuna ja hiihtolatuna. Käyttäjien palaute on ollut erinomaista ja rakenne on toiminut hyvin. Rakenteen toimivuutta ja talvenylikestävyyttä seurataan keväällä 2007 tehtävällä tarkastuksella.



Kuva 6. Särkijärvi-Rauhala -kuntopolun poikkileikkaus ja rakenne

## 6.4 Urheilukenttärakenteet

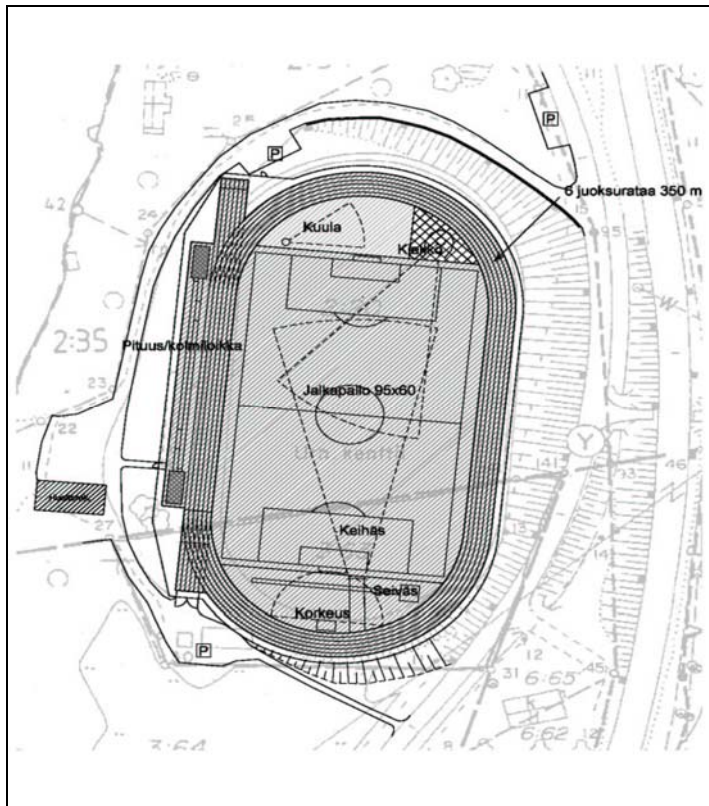
Kuhmoisten keskustaajaman kenttä on edellisen kerran peruskorjattu 1980-luvulla. Kentän keskialue on kivituhkapintainen, juoksuradat punamurskepintaisia ja pohjoinen päätykolmio hiekkapintainen ja etelän päätykolmio joustopäällysteinen samoin kuin kolmiloikan ja pituushypyn vauhdinottoradat. Kentällä on kuusi 350 m:n juoksurataa. Kentällä on keihäänheiton, moukarin, kuulantyönnön, seiväshypyn sekä pituus- ja kolmiloikan suorituspaikat.

Nykyiset suorituspaikat ja keskikenttä ovat huonokuntoiset; joustopäällyste on rikki ja kulunut. Rikkakasvit ovat vallanneet juoksuradan reunoja ja keskialuetta. Keskikentän hiekka on karkeaa eikä sovellu pallopeleihin. Kentän nykyinen olemus ei houkuttele ihmisiä liikkumaan. Kenttäalueen pintavesien kuivatus on ongelma, koska kenttä on painanteessa, ja se on alhaalla ympäristöönsä nähden. Valokuva kentästä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Kuhmoisten urheilukenttä

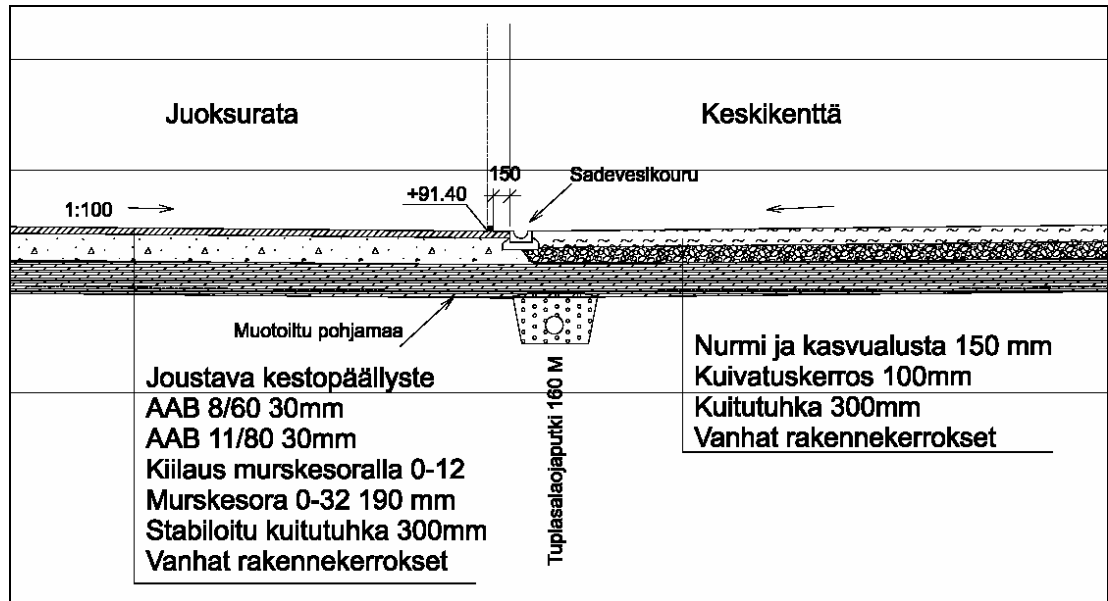
Projektin yhteydessä tehdyn yleissuunnitelman mukaisesti kenttää korotetaan 0,6 m. Nykyisen kentän rakennekerrokset ja kuivatusrakenteet hyödynnetään uuden kentän rakentamisessa. Olemassa oleva kentän salaojitus kunnostetaan huuhtomalla salaojaputket ja sadevesiviemärit. Kaivot korotetaan tai varustetaan umpikansilla niiden sijainnista riippuen. Kokoojakaivosta rakennetaan uusi purkuviemäri Ala-Karkjärveen. Kentän kunnostuksen yleissuunnitelma on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Kuhmoisten kentän yleissuunnitelma

Kenttäalueen pintakuivatus tehdään alueen reunoille rakennettavilla avo-ojalinjoilla. Avo-ojat johdetaan sadevesien purkukaivon kautta läheiseen järveen. Juoksuradan reunaan rakennetaan kokoojasadevesiviemärit, jotka pu-  
retaan kaivon kautta järveen. Kenttäalue ja suorituspaikat salaojitetaan ja putket yhdistetään kokoojasadevesiviemäriin. Purkukaivon yhteyteen rakennetaan vesien puhdistusyksikkö, jolla kentän lannoituksesta tulevat ravinne-  
päästöt voidaan käsitellä.

Perusparannus tehdään metsäteollisuuden sivutuotteilla kuitusavella ja tuhalla. Kuitusavesta, tuhasta ja sementistä tehdään stabiloitu kuitutuhka. Stabiloidusta kuitutuhkasta tehdään 300 mm kerros vanhojen rakennekerrosten päälle. Kuitutuhkaa käytetään rakenteisiin noin 4 700 t. Kuitutuhkerroksen päälle tulee suodatinkangas, kuivatuskerros (150 mm) ja nurmi/kasvualusta (150 mm). Stabiloidun kuitutuhkerroksen päälle tulevat kerrokset vaihtelevat kentän eri osissa riippuen kentällä harjoitettavista toiminnoista. Tyypin kuva kentän rakenteista on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Kuhmoisten kentän rakennekerrokset

Kentän rakentaminen on aloitettu syksyllä 2006. Kaikki hyötykäyttävät teollisuuden sivutuotteet ovat UPM-Kymmene Oyj:n Kaipolan tehtaalta. Ne on projektin toimesta sekoitettu ja kuljetettu urheilukentälle. Urakoitsija on levittänyt ja tiivistänyt ne rakenteeseen syksyn aikana.

## 6.5 Sivutuoterakentamisen erityispiirteet

Sivutuoterakentamisessa on useita huomioitavia asioita, jotka vaikuttavat materiaalin valintaan, työtapoihin ja materiaalien varastointiin ja käsittelyyn.

Tuhka ja kuitusavi soveltuvat käytännössä kaikkiin kantavan ja jakavan kerroksen rakenteisiin. Materiaalien käyttöä varten on tehty mitoitusohjeita ja koerakenteita, joiden perusteella käyttö voidaan suunnitella kohdekohtaisesti. Haasteen materiaalien käytölle asettaa massojen varastointi ja esikäsittely (mm. sekoitus ja lisäaineet). Materiaaleja tuottavien tehtaiden tavoite on tuottaa mahdollisimman laadukkaita tuotteita, eikä tuotantolaitoksilta voida edellyttää sivutuotteiden tuotteistamista oman toimintansa ohella.

Yksi haaste on saada materiaalien kuljetuskustannukset kilpailukykyiseksi perinteisiin neitseellisiin massoihin verrattuna. Tuotantolaitokset ovat sijoittuneet eri puolille maata, ja materiaalien käyttöä tulisi pyrkiä laajentamaan tehtaiden lähialueiden ulkopuolelle. Erilaiset meno-paluukuljetukset mm. turvekuljetuksilla olisivat erinomainen mahdollisuus saada materiaalit järkevästi urakoitsijoiden käyttöön nykyistä laajemmalle alueelle.

Ehkä merkittävin hyötykäyttöä rajoittava tekijä on maarakentajien asenteet uutta rakentamista kohtaan. Rakentajilla on usein hyväksi todetut kiviainesrakentamisen menetelmät ja käytännöt, joista ei haluta poiketa. Rakennuttajat ja urakoitsijat eivät halua ottaa mahdollista riskiä materiaaleista, joiden käytöstä ei ole aikaisempaa kokemusta. Tämä ajatusmalli on kuitenkin muuttumassa tehtyjen koerakenteiden kautta, ja urakoitsijoilta on tullut pääasiassa positiivista palautetta sivutuotemateriaalien käytöstä työmailla. Mikäli sivutuotteet saadaan kilpailukykyisiksi myös hinnaltaan, tulee niiden käyttö merkittävästi laajentumaan taloudellisen ohjauksen vuoksi.

Sivutuotteisiin ja jätemateriaaleihin liittyy myös epätietoisuutta työturvallisuusasioissa, kuten tuhkan pölyämisestä johtuvien haittojen huomioimisessa. Sivutuotemateriaalit ovat kuitenkin normaalilla maanrakennuskalustolla käsiteltäviä massoja, ja vastaavia haittoja esiintyy myös tavanomaisten materiaalien käsittelyssä.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Sivutuotteiden käytettävyys ja vertailu perinteisiin luonnon materiaaleihin

Sivutuotteiden käyttö maarakentamisessa on kesällä 2006 voimaan tulleen "Valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa" myötä lisääntymässä lähitulevaisuudessa. Tätä ennakoivat eri puolilla Suomea käynnistyneet kehityshankkeet ja -ohjelmat (UUMA, Tiehallinnon S14, Ecoinfo II, Ecoroad, Materiaalipankki jne.) Kaikissa näissä on tavoitteena edistää sivutuotteiden käyttöä ja tuottaa sivutuoterakentamisen käytäntöjä ja menetelmiä, jotka ovat pohjana tulevaisuuden maarakentamisessa.

Metsäteollisuuden sivutuotteet tarjoavat ominaisuuksiensa puolesta mahdollisuuksia monenlaiseen maarakentamiseen. Luonnon kiviaineksiin verrattuna lentotuhka ja kuitusavi tai niiden seokset ovat ominaispainoltaan merkittävästi kevyempiä. Tästä on selvää etua materiaalien kuljetuskustannuksissa, minkä vuoksi niitä kannattaa kuljettaa huomattavasti pidempiä matkoja kuin luonnonmateriaaleja. Toisaalta toteutetuista rakenteista on mahdollista saada merkittävästi kevyempiä, millä voi olla esimerkiksi pehmeiköille rakennettaessa ratkaiseva merkitys.

Metsäteollisuuden sivutuotteet ovat yleisesti ottaen routimattomia tai lievästi routivia. Käytettäessä kasavarastoitua lentotuhkaa väylärakenteiden suodatinkerroksessa alueilla, jossa perusmaa on voimakkaasti routivaa, suodatinkerros on mahdollista toteuttaa lähes kolmanneksen ohuempana kuin luonnonkiviaineksilla. Tämä merkitsee merkittäviä kustannussäästöjä rakentamisen kokonaiskustannuksissa.

Luonnonmateriaalit ovat rinnerakenteissa varsin herkkiä eroosiolle, mistä aiheutuu rinteiden haltijalle vuosittain ylimääräisiä korjaus- ja lumetuskustannuksia. Kuitusaven ja lentotuhkan seosta pintakerroksessa käyttämällä eroosio-ongelmista on mahdollista päästä pitkälti eroon.

Luonnon maa-ainesten ottoa rajoittavat usein pohjavesialueet ja ekologiset ja ympäristölliset haittavaikutukset kuten vaikutukset ekosysteemiin ja maisemaan sekä esteettiset haitat esim. pöly ja melu. Tämän vuoksi on järkevää suosia kiviaineksia korvaavaa ja teollisuuden sivutuotteita hyödyntävää toimintaa.

## 7.2 Sivutuotteiden laatu, saatavuus ja logistiikka

Kuitusavien ja lentotuhkien laatua sekä tuotantoprosesseissa tapahtuvia muutoksia seurataan tuotantolaitoksilla varsin tehokkaasti. Kuitusaven materiaaliominaisuuksista seurannassa ovat pH, kuiva-aine, vesipitoisuus, hehkutushäviö, vedenläpäisevyys, puristuslujuus sekä lentotuhkien osalla vastaavasti maarakennusasetuksen edellyttämät kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet.

Keskisuuren paperia tuottavan tuotantolaitoksen sivutuotteena muodostuu tulokosteudessaan noin 30 000 tonnia kuitusavea. Siistaamoiden prosesseissa muodostuvien kuitusavien määrä voi olla jopa 60 000-100 000 tonnia vuodessa. Lentotuhkaa muodostuu vastaavasti tuotantolaitoksen energiantuotannossa keskimäärin 5 000-20 000 tonnia vuodessa.

Muodostuneet sivutuotevirrat hyötykäytetään integraatin omiin tarpeisiin tai varastoidaan tuotantolaitoksen varastoalueelle vallitsevan kysynnän mukaisesti. Sivutuotteet on mahdollista toimittaa myös suoraan rakentamista varten käyttökohteeseensa tai välivarastoon.

Materiaalien saatavuus on ratkaiseva tekijä niiden käytön edistämisen kannalta. Jo suunnitteluvaiheessa tarvitaan tietoa eri materiaalien alueellisesta saatavuudesta. Toimituksista on hyvä sopia tuotantolaitoksen tai tuotantolaitoksen sivutuotteita markkinoivan tahon kanssa riittävän ajoissa.

## 7.3 Sivutuoterakentamisen kustannukset vs. perinteinen rakentaminen

Sivutuotteilla tapahtuva liikuntapaikkarakentaminen teknisesti oikein toteutettuna tuottaa pitkään kestäviä rakenteita, jotka säästävät sekä materiaali- ja hoitokustannuksia. Rakentamiskustannukset voivat olla nykyisellään vielä murskerakentamista kalliimpia, koska rakentamisen työtavat eivät ole vielä vakiintuneita käytäntöjä.

Sivutuoterakentamisessa lopullisten kustannusten muodostumiseen vaikuttavat mm. käytettävät sivutuotteet, niiden laatu, hinta, työ- ja materiaalikustannukset, rakentamisen laatu, kuljetusetäisyydet ja rakentamisen olosuhteet.

## 7.4 LITE 2 – hankkeen aikana esille tulleita erityispiirteitä

LITE 2 –hankkeessa tuli selkeästi esille yksityiskohtia, jotka olisi hyvä huomioida suunniteltaessa vastaavia kunnallisia rakentamishankkeita.

Hankkeiden sujuvan läpiviennin varmistamiseksi hanke on syytä valmistella riittävän perusteellisesti. Hanke on nähtävä varsinkin kunnissa kaikkien poliittisten tahojen yhteiseksi asiaksi, jolloin edellytykset toteutumiselle paranevat merkittävästi.

Projektimuotoisessa toteuttamismallissa pitäisi sitoutumisen olla varmaa jo hanketta suunniteltaessa, jotta asetetut tavoitteet voitaisiin saavuttaa. LITE 2-hankkeessa ongelmia aiheutti erityisesti kunnallisen rahoituksen epävarmuus projektin aikana. Kun sitovat päätökset hankkeista saadaan tehtyä, voidaan hankkeen edellyttämät avustushakemukset, ympäristöviranomaisen lupaprosessit panna vireille ja saada ne päätökseen ajallaan. Tyypillisesti em. hakemusten- ja lupien käsittelyn tulisi alkaa viimeistään loppusyksystä, jotta varsinainen rakentaminen voidaan aloittaa alkukesällä hyvien sääolojen vallitessa. Yleisesti on hyvä muistaa, että sivutuoterakentaminen on käytännössä mahdollista sääoloissamme touko – lokakuun aikana.

### **7.5 Hankkeen tuloksista ja vaikutuksesta sivutuotteiden hyötykäyttöön liikuntapaikkarakentamisessa**

Hanke vastasi pääosiltaan sille asetettuja tavoitteita. LITE- hankkeessa tehdyt materiaali- ja rakennevalinnat voitiin osoittaa oikeaan osuneiksi ja toimiviksi. Hanke tuotti joukon uutta suunnittelutietoa, joka on käytettävissä tulevaisuudessa vastaavanlaisessa rakentamisessa eri puolella Suomea.

LITE– hankkeessa tehtyjen golfkoerakenteiden seurantamittauksista on saatu runsaasti mittaus- ja tutkimustuloksia sivutuotteiden routa- ja lämpötilakäyttäytymisestä golfkenttärakenteissa. Tulokset osoittavat, että kuitusavi- ja kuitutuhkarakenteiden roudan syvyys ei ole ulottunut yhtä syvälle kuin hiekkarakenteissa. Näin ollen routavaikutukset golfkenttärakenteissa ovat pienempiä, mikä puolestaan mahdollistaa golfkenttien käyttöönoton aiemmin keväällä.

Hankkeessa suunniteltiin kolme uutta koerakennetta

- Ulkoilureitin koerakenne välillä Särkijärvi-Rauhala Jämsässä.
- Kuhmoisten urheilukentän kunnostus (valmistuu 2007)
- Himoksen rinnerakenteen pinnoitus (valmistuu 2007)

Ulkoilureittirakenne Särkijärveltä Rauhalaan valmistui viime kesänä. Käyttäjä-palaute on ollut erittäin positiivista.

Kuhmoisten urheilukentän kunnostustyöt viivästyivät rahoituspäätöksistä johtuen niin paljon, että kenttä valmistuu kuntalaisten käyttöön alkukesän 2007 aikana.

Himoksen rinnerakenteen osalla viivästystä aiheuttivat pinnoituksessa käytettävän materiaalin lupa-asiat ja viime kädessä kuitusaven saatavuus. Rinnerakenne valmistuu ensi kesänä.

LITE 2, Liikuntapaikkarakentaminen teollisuuden sivutuotteilla Jämsän seudulla

Hanke on tuottanut uutta ympäristötietoa sivutuotteista ja niiden käytöstä liikuntapaikkarakenteissa. Samalla yhteistyö lupaviranomaisten kanssa on tiivistynyt ja käynyt joustavammaksi. Tämä on mahdollistanut aiempaa mittavampien kohteiden toteuttamisen ja niiden keskimääräistä nopeamman luvittamisen sekä edesauttanut sivutuotteiden hyötykäytön lisääntymistä.

## **7.6 Hankkeen jatkoseurantatarpeet**

Lite 2-projektin osalta varsinainen rakentaminen painottui voimakkaasti hankkeen jälkimmäiselle puoliskolle. Tästä johtuen rakenteiden seuranta jäi Lite-projektissa toteutettujen koerakenteiden varaan. Tämä on tyypillistä projekti-  
muotoisissa hankkeissa, joissa pääpaino on kohteiden rakentamisessa ja rakenteiden toimivuuteen ja seurantaan kohdistuvat panostukset ovat vähäisiä. Jotta projektin tuloksia voitaisiin hyödyntää jatkossakin, olisi erityisen tärkeää luoda seurantaohjelma toteutetuille rakenteille. Tällöin niistä saata-  
vat kokemukset palvelisivat sekä rakentajia että suunnittelu- ja kehitystyötä.

Omana näkökantanamme esitämme, että toteutetuille rakenteille tulisi luoda seurantaohjelma, jolla mahdollistettaisiin mittausten ja käyttökokemusten kerääminen ja analysointi sivutuoterakentamisen edistämiseksi. Tällä tavoin eräs merkittävimmistä puutteista saataisiin korjattua.

## 8 YHTEENVETO

Yhteiskuntamme kestävä kehitys edellyttää mm. jätteiden määrän vähentämistä ja kierrätystä, luonnonvarojen säästöä ja korkealaatuisen infrastruktuurin kehittämistä mahdollisimman vähäisellä uusiutumattomien luonnonvarojen kulutuksella. Neitseellisten materiaalien saatavuuden heikkeneminen on lisännyt kiinnostusta korvaavien materiaalien käyttöön.

Tulevaisuudessa sivutuotteiden hyödyntämisen erilaisessa rakentamisessa tekee houkuttelevaksi sivutuotteiden loppukäsittelykustannusten nousu, mahdollinen neitseellisille raaka-aineille ja materiaaleille asetettava ”vero tai veroluonteinen maksu” ja sivutuotteista hyötykäytössä mahdollisesti saatava hinta.

Keskeisimpinä tavoitteina eri sivuvirtojen hyötykäytölle tulee olla, että sivutuotteilla toteutetut rakenteet:

- ovat ympäristökelpoisia, ja että
- luodaan korvaavien materiaalien (sivutuotteiden) käytölle kysyntää asiallisella ja oikealla tiedottamisella sekä osaavalla suunnittelulla ja että
- niitä tuotteistetaan sekä standardoidaan tuotteenomaisiksi.

Yhtenä oleellisena keinona käyttötavoitteiden saavuttamiselle pidetään niiden hyötykäytön tukemista lainsäädännöllisesti.

Sivutuotteiden hyötykäytön ja siihen liittyvän liiketoiminnan kehittymiselle ratkaisevan suunnan antaa valmistunut valtioneuvoston asetus eräiden teollisuuden jätteiden käytöstä maarakentamisessa. Asetuksen myötä metsäteollisuuden puuperäisiä tuhkia on mahdollista hyödyntää asetuksessa määritellyissä kohteissa ilmoitusmenettelyn avulla ilman ympäristölupaa. Ilmoitusmenettelyn ehtona on edelleen ympäristönsuojelun korkea taso, minkä mukaan jätteiden käytöstä ei saa aiheutua enemmän haittaa kuin luonnonmateriaalien käytöstä. Asetuksessa määritellyjä pitoisuus- ja liukoisuusrajoja jouduttaneen tarkistamaan varsinkin peitettyjen rakenteiden osalta, koska ne koetaan varsin tiukoiksi. Ilman tarkistuksia ilmoitusmenettelyn soveltaminen estyy ja kauan odotettu asetus vesittyy. Samassa yhteydessä on syytä pyrkiä saamaan asetuksen piiriin uusia jättemateriaaleja kuten paperintuotannon sivutuotteena muodostuva kuitusavi.

Yhtä ratkaisevaksi kuin maarakennusasetus koetaan EU:n tasolla valmisteilla olevan jätepuitedirektiivin tarkistaminen. Tällä pyritään parantamaan ja modernisoimaan jättepolitiikan perusedellytyksiä. Uudistusten keskeisinä kysymyksinä ovat olleet end-of-waste –kriteerien laatiminen, hyödyntämisen ja huolehtimisen käsitteiden selkeyttäminen sekä elinkaariajattelun ottaminen mukaan direktiiviin.

Liikuntapaikat tarjoavat tulevaisuudessa merkittävän hyötykäyttökohteen teollisuuden sivutuotteille. Ulkoilureittien, golfkenttien, rinnerakenteiden ja urheilukenttien rakentaminen käy tarpeelliseksi lisääntyvän vapaa-ajan, matkailun ja erilaisten harrastusaktiviteettien myötä.

Alueellisesti tarkastellen sivutuotteita liikuntapaikoissa hyödyntämällä paikallinen kuntatalous ja teollisuus voivat tukea toistensa päämääriä. Oikein suunnitellen ja aikatauluttaen alueen liikuntapaikat on mahdollista kunnostaa taloudellisesti ja ekotehokkaasti paikallisen teollisuuden sivutuotteilla. Samalla voidaan vaikuttaa alueen ympäristökuormitukseen kiviaineksen ottoa vähentämällä.

Teollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttö ympäristörakentamisessa ja rakennusteollisuudessa tulee tulevaisuudessa lisääntymään merkittävästi. Hyötykäyttö saavuttaa ajan myötä vastaavan tason kuin Keski-Euroopassa, jossa jo tänä päivänä esimerkiksi kivihiilen lentotuhkan hyötykäyttöaste on yli 96 prosenttia.

Tuotteistamiseen tähtäävissä kehityshankkeissa pyritään löytämään uusia käsittely- ja työmenetelmiä, joilla sivutuotteet saadaan hyväksytyiksi luonnonmateriaaleihin verrattaviksi tuotteiksi. Sivutuotteiden tuotteistaminen ja hyötykäyttö tarjoavat mahdollisuuden yritys- ja liiketoiminnalle materiaalien logistiikassa (kuljetukset, varastoinnit), suunnittelussa, laadunvalvonnassa ja varsinaisessa rakentamisessa.