

Luonnos, 15.6.2004

# **Kaatopaikan tiivistysrakenteiden ja -materiaalien tuotehyväksyntä**

## **Menettelytapaopas vapaaehtoiselle tuotehyväksynnälle**

Markku Tammirinne, Markku Juvankoski, Rainer Laaksonen,  
Hans Rathmayer

# **Kaatopaikan tiivistysrakenteiden ja -materiaalien tuotehyväksyntä**

## **Menettelytapaopas vapaaehtoiselle tuotehyväksynnälle**

Markku Tammirinne  
Markku Juvankoski  
Rainer Laaksonen  
Hans Rathmayer

Tekijä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Paikka Espoo, kesäkuu 2004

ISBN 952-5004-51-1

# Alkusanat

Kaatopaikkojen pohjavesisuojausten rakenteisiin tarkoitettujen tiivistysmateriaalien valikoima on viimeisen vuosikymmenen aikana lisääntynyt. Perinteisesti sellaisenaan käytettävien hienorakeisten maamateriaalien ohella varsinkin pohjaeristysrakenteissa ovat vallitsevana bentoniittia sisältävät maaseokset.

Pintaeristysrakenteissa käytettävien materiaalien kirjo on suurempi ja käyttöön on hyväksytty teollisuuden sivutuotteista tehtyjä tiivistysrakenteita ja myös ns. tiivisturpeen käyttö on joissain tapauksissa hyväksytty tiivistävän kerroksena. Myös pohjaveden suojaukseen tarkoitettuja geosynteettejä on tullut enemmän markkinoille. Eri puolilla Suomea kaatopaikoille hyväksytyt pintaeristysrakenteet poikkeavat toisistaan suuresti.

Kaikkien eristysrakenteiden tulee täyttää tietyt kaatopaikkamääräyksissä esitetyt vaatimukset. Eristysrakenteita tulee niiden toiminnan kannalta tarkastella kokonaisuutena. Kaikki kerrokset yhdessä, kunnolla mitoitettuna ja toteutettuna varmistavat, että eristysrakenteen toimii asianmukaisesti ja kaatopaikan pohjan läpi ei pääse haitallisissa määrin ympäristölle haitallisia aineita. Päällimmäisenä tiivistysrakenteiden vaatimuksista on riittävän pieni vedenläpäisevyys.

Tiivistävät rakenneosat joutuvat jo rakennusaikana tai viimeistään rakenteessa ollessaan alttiiksi monille rasituksille, jotka saattavat suurentaa tiivisteen vedenläpäisevyyttä. Riski esim. geosynteettien läpäisevyyden kasvuun on yleensä suurimmillaan jo rakennusaikana, mutta liian pehmeällä tai muuten deformatiivisella pohjalla vaurioitumista saattaa tapahtua myöhemminkin. Mineraalisten tiivisteen toiminnan puutteet puolestaan tulevat esille vasta yleensä rakennusajan jälkeen käyttöaikana. Tiivistyskerroksen hyvin pienen läpäisevyyden takia yhä korostetummin on tullut esille myös haitta-aineiden siirtyminen eristekerrosten läpi diffuusiolla. Myös eristyskerroksen ja geologisen esteen haitta-aineita pidättävästä ominaisuudesta (adsorptio) puhutaan yhä enemmän.

Mineraaliainestiivisteiden pitkäaikaiskäyttämiseen merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat mm. routimisesta (toistuvasta jäätymisestä ja sulamisesta) aiheutuva vedenläpäisevyyden kasvu, vesipitoisuuden muuttumisesta (kuivumisesta) aiheutuva halkeilu, tiivisteen muodonmuutoksista aiheutuva halkeilu painuvissa kohteissa ja kemiallisten sekä myös biologisten rasitusten vaikutus läpäisevyyteen hyvin pitkällä aikavälillä (kaatopaikan passiivivaiheen loppuun ulottuva aika). Kemiallisia rasituksia tiivisterakenteille aiheutuu kaatopaikkojen suotovesistä. Sivutuotteilla läpäisevyyden kasvua saattaa aiheutua näiden ohella myös tiivistemateriaalien ainesosien liukenemisestä ja rakenteiden yhteensopimattomuudesta.

Tässä oppaassa kuvataan tuotehyväksyntämenettely kaatopaikkojen tiivistysrakenteiden ja -materiaalien vapaaehtoiselle tuotehyväksynnälle. Menettely on laadittu VTT:llä toteutetussa Tekesin INFRA-teknologiaohjelman "Infrarakenteiden käyttöikämitoitus" osaprojektissa 2: Pohjavedensuojusrakenteet. Tätä ohjetta jouduttaneen tarkentamaan, kun kokemusta tuotehyväksyntämenettelyn soveltamisesta kertyy.

Projektin valvontaryhmän kokoonpano on ollut: Markku Kukkamäki, SYKE (puheenjohtaja), Esa Kleemola, Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, Markku Salo (Esa Nummela), Jätelaitosyhdistys, Ari-Pekka Heikkilä, Finncao Oy, Martti Keppo, Lohja Rudus Ympäristöteknologia Oy Ab, Peter Brandt, ViaPipe Oy, Mikko Laitinen, Jätekuukko Oy, Kari Kuusipuro, Nordkalk Oyj Abp, Jukka Saarenpää, Tieliikelaitos, Antti Kaartokallio (Jan Österbacka), Ekokem-Palvelu Oy, Ilkka Ilmavirta, VAPO Oy ja Mauri Uusihakala, YTV Jätehuoltolaitos. Nämä yritykset ovat myös rahoittaneet tutkimusprojektia ja tuotehyväksyntämenettelyn laatimista.

Tuotehyväksyntämenettelyn laadintaan ovat osallistuneet VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta tutkimusprofessori Markku Tammirinne, tutkijat Markku Juvankoski ja Rainer Laaksonen sekä erikoistutkija Hans Rathmayer.

Tässä oppaassa esitetyt yhtenäiset ja käyttökelpoisiksi todetut menettelytavat suojausrakenteissa käytettävien materiaalien tutkimisessa ja kelpoisuuden toteamisessa sekä rakenteiden käyttöiän huomioonottavassa suunnittelussa, mitoittamisessa ja niiden toimivuuden seurannassa mm.

- helpottavat suojausrakenteiden toteutukseen liittyvien lupaprosessien käsittelyä suojarakenteiden hyväksyttävyyden osalta (hyödyn saajia rakennuttajat ja lupaviranomaiset)
- auttavat materiaalityöntekijöitä omien materiaaliensa tuotteistamisessa ja omassa liiketoiminnassaan (hyödyn saajia rakenteiden tekijät ja materiaalityöntekijät)
- parantavat suojausrakenteiden toimintavarmuutta (hyödyn saajia suojausrakenteiden "omistajat").

Tämä ohjeraportin lisäksi Pohjavedensuojusrakenteet - osaprojektin tuloksena on laadittu tutkimusprojektin loppuraportti "Pohjavedensuojusrakenteiden käyttöikäsuunnittelu ja tuotehyväksyntä. VTT 2004" /1/. Loppuraportissa on käsitelty mm. eristysrakenteiden suunnittelua ja käyttöikämitoitusta ja esitetyt asiat ovat eri asteista taustatietoa rakenteiden ja materiaalien tuotehyväksynnälle sekä käyttökelpoisia myös tuotekehityksessä.

# Sisällysluettelo

Alkusanat .....	3
1. Johdanto .....	6
2. Tuotehyväksynnän osapuolet .....	8
3. Tuotehyväksyntähakemus .....	9
4. Tuotehyväksynnän arviointiperusteet .....	11
4.1 Tuotteiden yleiset vaatimukset eristysrakenteissa .....	11
4.2 Tiivistyskerrosten rakenteiden / materiaalien arviointiperusta .....	11
4.3 Tiivistemateriaaleista tuotehyväksynnässä esitettävät ominaisuudet ja tiedot	12
5. Tuotehyväksyntäpäätöksen sisältö .....	19
6. Tuotehyväksynnän voimassaolo .....	20
7. Kustannukset ja rahoitus .....	21
8. Materiaalista tuotehyväksyntäpäätökseen .....	22
Liitteet	
Liite A: Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset	
Liite B: Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset	
Liite C: Kaatopaikan <u>pohjaeristyksen</u> kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja suositukset	
Liite D: Kaatopaikan <u>pintaeristyksen</u> kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset	
Liite E: Tiivistyskerroksen materiaalista tutkittavat ominaisuudet ja testausmenetelmät	
Liite F: Geosynteettisten tuotteiden testausmenetelmät	
Liite G: Yksinkertaistettu mitoitusmenettely yhdistelmä rakenteiden vastaavuuksien ja läpäisevien haitta-aineiden määrittämiseksi	

# 1. Johdanto

Materiaalien tai eristysrakenneteknisien ratkaisujen hyväksyminen kaatopaikan eristyskäyttöön edellyttää materiaalien teknisten ominaisuuksien ja rakenteiden teknisen toimivuuden osoittamista. Teknisten ominaisuuksien arvioinnin lisäksi myös niiden toimivuus ympäristön, työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden, kaatopaikan uudelleen käytettävyyden, toteutettavuuden ja taloudellisuuden näkökulmasta on tunnettava. Kaikki nämä asiat tulee osoittaa, ennen kuin rakenne voidaan hyväksyä käyttöön.

Tässä oppaassa esitetään

- suositeltava menettelytapa, jota noudattaen voidaan päätellä, soveltuuko jokin materiaali tai rakenne kaatopaikan tiivistysrakenteeseen (pohjarakenteessa, pintarakenteessa) itsenäisenä kerroksena tai yhdistelmärakenteen osana, niin että se täyttää pohjavedensuojusrakenteille asetut määräykset (EY ja kansalliset) ja käyttötarkoituksenmukaiset toimivuusvaatimukset
- miten tiivistyskerroksessa käytettävän materiaalin tai rakenteen vapaaehtoinen tuotehyväksyntä tapahtuu.

Tässä oppaassa käsitellään ensisijaisesti materiaalien ja rakenteiden teknistä hyväksyttävyyttä. Hyväksyntään kuuluu kuitenkin myös ympäristökelpoisuuden osoittaminen silloin, kun se on tarpeellista. Vaikkakaan toimivuuden arviointia työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden tahi kaatopaikan uudelleen käytettävyyden näkökulmasta ei käsitellä, asiat on oltava hallinnassa jokaisessa yksittäisessä kaatopaikkahankkeessa. Myöskään rakenteiden taloudellisuutta ei käsitellä, vaikkakin se on tärkeä tekijä kaatopaikan suojausrakenteita valittaessa.

Tämä menettelytapaopas on tarkoitettu

1. materiaalien tuottajille heidän kehittäessään uusia käyttötarkoituksia omille materiaaleilleen ensisijaisesti kaatopaikoilla käytettäväksi
2. jätealan yrityksille heidän arvioidessaan konsulttien / urakoitsijoiden esittämien uusien materiaalien ja rakenteiden luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta
3. urakoitsijoille esim. KVR-urakoinnissa heidän hakiessa ympäristölupaa esittämälleen kaatopaikkarakenteelle
4. ympäristölupaviranomaisille heidän arvioidessaan ympäristölupahakemuksessa (kaatopaikkalupahakemuksessa) esitettyjen suojausrakenneteknisien ratkaisujen toimivuutta ja hyväksyttävyyttä
5. tutkimus- ja testauslaitoksille niiden osallistuessa uusien materiaalien ja rakenteiden tuotekehitykseen.

Tässä yhteydessä esitetyt menettelytavat on laadittu vain kaatopaikan suojausrakenteiden näkökulmasta. Ne eivät välttämättä noudata yksityiskohdiltaan rakennuslalla (esim. talonrakennuksessa) käytössä olevia kansallisia tai eurooppalaisia tuotehyväksyntämenettelyitä. Pyrkimyksenä on ollut, että tässä esitetyt menettelytavat eivät ole kuitenkaan ristiriitaisia olemassa olevien "lähialojen" menettelytapojen kanssa.

Tuotteella tarkoitetaan tässä yhteydessä pohjavedeneristysrakenteen (kaatopaikan pohjarakenne tai pintarakenne) tiivistysosana käytettävää materiaalia tai rakennetta.

Tässä esitetty kaatopaikkarakentamisen tiivisterakenteiden materiaalien tuotehyväksyntämenettely on laadittu mineraalimateriaalien käytön näkökulmasta. Luonnonmateriaalien (savi, siltti, moreeni) tutkimusmenettelyt on kuvattu ympäristöoppaassa 36 "Kaatopaikan tiivistysrakenteet". Mineraalimateriaaleista poikkeavien materiaalien osalta tässä menettelytapaoppaassa esitetyt menettelytavat ovat yksityiskohdissaan puutteellisia.

Geosynteettisiä tuotteita (geomembraanit, bentoniittimatot, geotekstiilit) käsitellään suojausrakenteen / yhdistelmärakenteen "valmisosana" ja arvioitaessa yhdistelmärakenteiden toimivuutta. Geosynteettisille tuotteille on olemassa tai valmisteilla omat viralliset tai yleisesti käytössä olevat yleensä kansainvälisesti hyväksytyt tuotestandardit (CE-merkintä /5/). Näissä tuotestandardeissa ei kuitenkaan esitetä raja-arvoja tai kriteereitä, kun materiaaleja käytetään tiivisterakenteena joko yksistään tai yhdistelmärakenteissa.

Tässä oppaassa on esitetty tuotehyväksyntäarvioinnin perusteeksi hyväksymiskriteerit (pääosin koekäyttöön) myös geosynteettisille tuotteille. Jotta varsinaiset tiivistysrakenteet /-kerrokset toimivat luotettavasti myös pitkäikäisesti, on nämäkin eristysrakenteen osat oltava huolellisesti ja hyvistä materiaaleista tehtyjä.

Ympäristölainsäädännön mukaan pohjavedeneristysrakenteiden hyväksyntä on viimekädessä ympäristöluvan myöntäjän asia. Vaikka materiaalille tai rakenteelle on myönnetty tässä esitetyn menettelyn mukainen tuotehyväksyntä, niin se ei kaikissa yksittäistapauksissa takaa ratkaisujen käyttömahdollisuutta edes tuotehyväksynnän osoittamassa laajuudessa.

## 2. Tuotehyväksynnän osapuolet

Pohjavedensuojusrakenteiden ja materiaalien tuotehyväksyntämenettelyn osapuolet ovat

- tuotehyväksynnän hakija,
- puolueeton asiantuntijaryhmä (tuotehyväksyntäryhmä)
- asiantuntijalaitos

Tuotehyväksynnän hakijana voi olla kuka tahansa alan toimijoista (materiaalivalmistaja /-tuottaja/-myyjä, urakoitsija, jätehuoltolaitos, jne.)

### Puolueeton asiantuntijaryhmä

Puolueeton asiantuntijaryhmä (puh.joht. + 4-5 jäsentä) koostuu pohjavedensuojusrakenteista monipuolisesti hyvin perillä olevista henkilöistä, jotka eivät välittömästi edusta mitään tuotehyväksyntää hakevaa toimijaa tai sen intressiä. Tärkeää on, että henkilöt ovat puolueettomasti toimivia asiantuntijoita omalla kaatopaikkojen rakentamiseen ja / tai suojaukseen liittyvällä alallaan ja nauttivat eri tahojen luottamusta.

Ryhmän puheenjohtajan nimeää SYKE ja sen muut jäsenet ovat kutsuttuja riippumattomia kaatopaikka-/ materiaaliasiantuntijoita. Asiantuntijaryhmä voi käyttää apunaan asian käsittelyssä myös ryhmän ulkopuolisia asiantuntijoita, mutta nämä eivät osallistu asiantuntijaryhmän päätöksentekoon. Asiantuntijaryhmä voi kuulla asian käsittelyssä kutsuttuna myös tuotehyväksynnän hakijaa tai hänen nimeämäänsä edustajaa.

Asiantuntijaryhmän asettaa ja sen jäsenet nimittää SYKE ja ryhmä toimii SYKE:n alaisuudessa. Ehdotuksen asiantuntijaryhmän jäsenistä tekee toiminnan käynnistyessä "Pohjavedensuojusrakenteiden käyttöikämitoitus ja tuotehyväksyntä" -projektin valvontaryhmä. Myöhemmin ryhmän jäsenet nimeää SYKE. Jäsenyys kestää 3 vuotta ja se voidaan tarvittaessa uudistaa.

Asiantuntijaryhmän jäsenten työstä aiheutuvat matkakustannukset ja muut välittömät kulut korvataan.

Asiantuntijaryhmällä tulee olla tekninen sihteeri (kaatopaikkarakenteisiin perehtynyt henkilö). Tekninen sihteeri toimii asiantuntijaryhmän kokouksissa "esittelijänä". Asiantuntijaryhmän päätöksellä myös tekninen sihteeri voi olla ryhmän "äänivaltainen" jäsen..



Asiantuntijaryhmä (ja tekninen sihteeri mukana) laatii itselleen "työjärjestyksen" / työskentelytavan kuvauksen, jonka ryhmän nimeäjä hyväksyy ennen kuin ryhmä aloittaa varsinaisen tuotehyväksyntätyönsä.

Asiantuntijaryhmän työskentely perustuu siihen, että tuotehyväksyntäkäsittelyn päätökset ovat yksimielisiä.

Asiantuntijalaitos tekee sellaiset tuotehyväksyntään kuuluvat tehtävät, jotka sille tuotehyväksyntämenettelyssä on osoitettu tai asiantuntijaryhmä osoittaa. Tällaisia tehtäviä voisivat olla esim. rakenteen läpäisevyysominaisuuksien tarkastelu ja pitkäaikaistoimivuuden arviointi. Tällaisen asiantuntijalaitoksen on oltava puolueeton. Asiantuntijalaitokseksi ehdotetaan sellaista asiantuntijaorganisaatiota, jolla on "yleisesti tunnustettu pätevyys". Jäteasetuksen mukaan jätealan asiantuntijalaitoksina toimivat SYKE ja VTT.

### **3. Tuotehyväksyntähakemus**

Hakija toimittaa tuotehyväksyntähakemuksen SYKE:lle ja 6 kappaleena asiantuntijaryhmälle (sen sihteerille) Hakemuksessa on oltava seuraavat tuotetta koskevat tiedot yhteenvedon omaisesti.

1. Tuotteen nimi (tuotemerkki)
2. Tuotehyväksynnän hakija ja yhteystiedot
3. Tuotekuvaus
4. Tuotteen käyttötarkoitus (johon hyväksyntää haetaan)
5. Tuotekohtaiset laatuvaatimukset (vähimmäis-/enimmäisarvot, vaihtelurajat)
6. Tuotetiedot / tuotteen koostumus (esitettävä tunnettaviksi vaaditut ominaisuudet)
7. Tuotteen suunnittelutiedot
  - Mitoitusparametrit (käyttötarkoituksen mukaan)
  - Pitkäaikaiskäyttäytyminen
  - Ympäristökelpoisuus
8. Referenssikohteet ja käyttökokemukset (jos olemassa)
9. Yleinen työselitys

Hakemuksen liitteenä on oltava (kahtena kappaleena) kaikki materiaalitutkimusten tulokset, parametrit (mitattujen lisäksi myös arvioidut, myös arviointiperusteet esitettävä), laskentojen tulokset ja käyttötarkoitusta kuvaavat rakennekuvat, työselitys ym. anomuksen liitteeksi vaaditut asiakirjat. Liitteet ja asiakirjat on luetteloitava luvussa "Tuotehyväksynnän arviointiperusteet. Tiivistemateriaaleista tuotehyväksynnässä esitettävät ominaisuudet (taulukot)" esitetyllä tavalla.

Asiantuntijaryhmä laatii tarkemmat ohjeet tuotehyväksyntähakemuksen sisällöstä ja muodoista.

Kun tuotehyväksyntähakemus tulee SYKE:lle, se diaarioidaan ja tieto anomuksen sisäisestä julkaisusta SYKE:n internet sivuilla.

Tuotehyväksyntäpäätös pyritään antamaan kuukauden kuluessa siitä, kun tuotehyväksyntäasiakirjat on toimitettu hyväksyttävällä tavalla asiantuntijaryhmälle. (Alkuvaiheessa aika saattaa olla huomattavasti pidempi toiminnan käynnistämiseen liittyvien seikkojen johdosta). Tarvittaessa hakijalle annetaan välipäätös, jossa esim. määritellään ne lisätutkimukset, jotka tarvitaan lopullisen päätöksen (tuotehyväksyntäasiakirjan) tekemiseksi.

Hyväksytystä tuotteesta laadittava hyväksyntäasiakirja (hyväksyntätodistus) on julkinen. Tuotehyväksyntäpäätöksistä pidetään luetteloa SYKE:n internet sivuilla.

## 4. Tuotehyväksynnän arviointiperusteet

### 4.1 Tuotteiden yleiset vaatimukset eristysrakenteissa

Tuotteiden on oltava sopivia eristysrakenteeseen, joka kokonaisuutena ja erillisiltä osiltaan sopii tarkoitukseensa (yhteensopivuus muiden rakenneosien / materiaalien kanssa). Tuotteelle asetettavat vaatimukset riippuvat tuotteen käyttötarkoituksesta ja käyttökohteesta (pohjarakenne, pintarakenne). Asetettujen vaatimusten on täyttyvä tuotteen koko käyttöiän ajan. Jos rakenteiden käyttöikä ei ole yleisesti määritelty, se tulisi määrittellä kaatopaikan ympäristöluvassa.

Kaatopaikan eristysrakenteet on suunniteltava siten, että ne täyttävät asetetut vaatimukset pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman saastumisen sekä kaikkien niistä johtuvien ihmisten terveydelle ja luonnolle aiheutuvien vaarojen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi niin pitkälle kuin mahdollista. Kaatopaikan eristysrakenteet on myös rakennettava siten, että kaatopaikasta ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa vakavaa vaaraa ympäristölle eikä haittaa ihmisten terveydelle.

### 4.2 Tiivistyskerrosten rakenteiden / materiaalien arviointiperusta

Tiivistekerroksessa käytettävien materiaalien ominaisuusarvoja ja rakenteiden toimivuutta arvioidaan suhteessa Suomessa voimassa oleviin viranomaismääräyksissä esitettyihin tai viranomaisten muuten joko yleisesti tai kaatopaikkakohtaisesti asettamiin arvoihin ja toimivuusvaatimuksiin. Niiltä osin, kun tällaisia arvoja ei ole esitetty, arvioinnissa käytetään ulkomailla käytössä olevia Suomen olosuhteisiin "hyväksi havaittuja" kriteereitä (esim. asiantuntijaryhmän käyttökelpoisiksi arvioimia / toteamia).

Jos ulkomaisiakaan Suomeen soveltuvia kriteereitä ei ole käytettävissä, asiantuntijaryhmä tekee arvioinnin omaan asiantuntemukseensa pohjautuen (paras mahdollinen käytettävissä oleva tekniikka/tieto).

Olellaiset tiivistyskerroksen toimivuusvaatimukset:

- tiiviys (konvektio, diffuusio, rakennekohtainen )
- kestävyys työnaikaisia tai kaatopaikan käytön aikaisia mekaanisia rasituksia vastaan
- pitkäaikainen kestävyys fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia rasituksia vastaan
- kerroksen pitkäaikainen toimivuus, ominaisuuksien pysyvyys
- rakenteellinen varmuus

- yhteensopivuus ja toimivuus muiden rakenneosien kanssa
- rakennettavuus / valmistettavuus
- laadunvalvontatoimenpiteiden toteutettavuus ja luotettavuus.

Tiivistysrakenteen rakenneyksityiskohdat (läpiviennit, liitynnät, saumat yms.) näyttelevät ratkaisevaa osaa tiivistyskerroksen toimivuudessa ja vedenläpäisevyydessä. Näiden yksityiskohtien ratkaisutavat esitetään työselityksessä.

### **4.3 Tiivistemateriaaleista tuotehyväksynnässä esitettävät ominaisuudet ja tiedot**

Mineraalisesta tai siihen verrattavasta tuotteesta on annettava tuotehyväksyntähakemuksessa seuraavat tiedot (taulukko 1) (käsitellään / annetaan materiaaliakohtaisesti tarvittavilta osin: kts. Liite 5:n ohjeellinen taulukko: Tiivistyskerroksen materiaalista tutkittavat ominaisuudet). Materiaalivaatimuksia ja suosituksia on esitetty liitteissä 1-7.

Geosynteettisten tuotteiden (bentoniittimatot, geomembraanit, geotekstiilit) hyväksyttävyyden arviointi tapahtuu taulukoissa 2-5 esitettyjen ominaisuuksien perusteella. Esitetyt koekäyttöön tarkoitetut kriteerit on laadittu tässä projektissa alan asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen ja käytettävissä olleiden julkaistujen kriteerejä koskevien kirjoitusten ja standardien tai standardiehdotusten pohjalta. Tässä yhteydessä on esitetty kokonaisuuden takia myös suojageotekstiilien ja suodatinkankaiden kriteerit, vaikka ne eivät olekaan tiivistysmateriaaleja.

Ympäristökelpoisuuden arviointia varten on esitettävä taulukossa 6 esitetyt ominaisuudet. Tiivistyskerrosten toimivuutta suojausrakenteen osana arvioidaan taulukoissa 7, 8 ja 9 esitettyjen selvitysten ja niiden tulosten perusteella.

Taulukko 1. Tuotehyväksyntähakemuksessa materiaalista esitettävät tiedot.

Liiteasiakirjojen numerointi	Ominaisuus, josta on esitettävä tutkimustulos (raportti / dokumentti) tai ominaisuus (x) on arvioitava (perusteet esitettävä)	Dokumentti, jossa ominaisuus tai asia on käsitelty (tarkka viittaus tuotehyväksyntäanomuksen liitteeseen)	Asiantuntijaryhmän arvio ja kommentteja
1	Rakeisuus (saviprocentti)		
2	Tiivistyvyys		
3	Konsistenssirajat (plastisuus)		
4	Vesipitoisuus (vaikutus tiiviyteen)		
5	Orgaanisen aineksen määrä (runkoaineesta)		
6	Kiintotiheys		
7	Huokoisuus / huokoskokojakautuma / tyhjätila		
8	Ominaispinta-ala		
9	Paisumiskyky (paisumisindeksi)		
10	Erlaisten savimineraalien määrä		
11	Liukeneva suolamäärä		
12	pH		
13	Karbonaattipitoisuus		
14	Ioninvaihtokapasiteetti / adsorptiokyky		
15	Orgaanisen hiilen määrä		
16	Kemiallinen kestävyys (suotovedet)		
17	Biohajoavuus (aerobinen ja anaerobinen)		
18	Vedenpidätyskyky		
19	Tilavuuskutistuma (halkeiluriskit)		
20	Routivuus		
21	Terminen rasituskestävyys		
22	Lämpöliikkeet ja niiden kestävyys		
23	Muodonmuutoskyvyn varmistaminen		
24	Kokoonpuristuvuus / ödometrikoe		
25	Lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet		
26	Vedenläpäisevyys.		
27	x) Itsekorjautuvuus - kuivumisesta		
28	x) Lujittuminen / haurastuminen		
29	Ympäristökelpoisuus (taulukko 6)		

Taulukko 2. Bentoniittimattojen hyväksyttävyyden arviointiperusteet (ehdotus)

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Vaatus
kankaiden laatu		ylempi neulasidottu alempi neulasidottu <sup>1)</sup> , suositellaan komposiittia
kankaiden materiaali		PP, PE, PET
kankaiden neliöpaino	EN 965	ylempi $\geq 200 \text{ g/m}^2$ alempi: neulasidottu: $\geq 200 \text{ g/m}^2$ alempi: kudottu: $\geq 150 \text{ g/m}^2$
valmistustapa		läpinealettu
vetolujuus	EN ISO 10319	$\geq 15 \text{ kN/m}^2$ <sup>1)</sup>
murtovenymä	EN ISO 10319	25...50 % <sup>1)</sup>
repimislujuus	EN ISO 10319	$\geq 60 \text{ N/10 cm}$
puhkaisulujuus	EN ISO 12236	$\geq 2,5 \text{ kN}$
bentoniittityyppi	jauhe	natriumbentoniittia, <b>ei sallita</b> Na-aktivoitua bentoniittia
bentoniitin määrä	ASTM D5993-96	$\geq 4,0 \text{ kg/m}^2$ , w = 0 %, minimimäärä
bentoniitti- (montmorilloniitti) pitoisuus	XRD metyleenisinikoe VDG P 69	$\geq 85 \%$ $\geq 300 \text{ mg/g}$
toimitusvesipitoisuus	uunikuivaus	$\leq 12 \%$
orgaanisen aineksen määrä	termoanalyysi	ei sallita bentoniitissa
bentoniitin paisumisindeksi	ASTM D 5890	$\geq 25 \text{ mg/2 g}$ , homogeeninen sakka, väri tasainen koko korkeudella
bentoniitin veden adsorptio	DIN 18132 (24 h)	$\geq 600 \%$
"fluid loss"	ASTM D 5891	$\leq 18 \text{ ml}$
läpäisevä vesimäärä	ASTM D 5887-95	$\leq 5 \times 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{m}^2)/\text{s}$
rullan leveys, pituus		ilmoitettava
paksuus	EN 964-1	ilmoitettava
bentoniittimaton ja geomembraanin kontakti	ASTM D5321-02 (soveltaen)	osoitettava (rasialeikkauskoe tai Tilt-table)
saumaus	saumausmenetelmä ja saumauksen laadunvalvontamenetelmä sekä hyväksymiskriteerit on esitettävä	

<sup>1)</sup> Jos bentoniittimaton alusta on hyvin kantavaa ja vähän kokoonpuristuvaa, voidaan käyttää jäykempäänkin tuotetta ja maton alapinnassa voidaan käyttää myös kudottua kangasta.

Taulukko 3. Geomembraanien hyväksyttävyyden arviointiperusteet (ehdotus)

Ominaisuus	Testimenetelmä	Vaatus
kalvomateriaali		HDPE (pohjaeriste)
mikro-organismit	EN ISO 846	Ei huomattavaa muutosta keskiarvoissa $d_w < 5\%$ , $d(\text{venymä})$ ja $d(\text{lujuus}) < 10\%$
juuret	prEN 14416	Ei läpitukenkumista
vetomyötölujuus	EN ISO 527-3	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$
myötövenymä	EN ISO 527-3	$\geq 10\%$
murtolujuus	EN ISO 527-3	$\geq 25 \text{ N/mm}^2$
murtovenymä	EN ISO 527-3	$\geq 400\%$
repimislujuus	DIN 53515	$\geq 250 \text{ N}$
puhkaisulujuus (Static puncture test)	EN ISO 12236	$\geq 6000 \text{ N}$
käyttäytyminen kaksiaksiaalisessa vetokokeessa	DIN 53861-1	$\geq 15\%$
jännityshalkeilunvastus (Stress Crack Resistance)	ASTM D 5397	$\geq 200 \text{ h}$
hiilimustan määrä <sup>1)</sup>	EN ISO 11358	1.8...2.6 %
hiilimustan dispersio <sup>1)</sup>	ASTM D 5596-94	1.2
sulamisindeksi <sup>1)</sup>	DIN ISO 1133	muutos raaka-aineen ja tuotteen sulamisindeksissä $\leq 15\%$
Oxidative Induction Time <sup>1)</sup>	EN 728	$210^\circ\text{C} > 20 \text{ min}$
UV-kestävyys	EN 12224	tulokset raportoitava
rullan leveys		ilmoitettava
rullan pituus		ilmoitettava
paksuus	DIN 16726, DIN 53370	Ympäristöoppaan 36 mukaan "vähintään 2.0 mm" <sup>2)</sup>
saumaus	saumausmenetelmä ja saumauksen laadunvalvontamenetelmä sekä hyväksymiskriteerit on esitettävä	

<sup>1)</sup> Membraanin lisäainekoostumus on ratkaiseva tuotteen pitkäikäisyyden ja ominaisuuksien pysyvyyden kannalta.

<sup>2)</sup> Paksuusvaatimus-arvo tulisi määritellä tarkemmin (keskiarvo ja sallittu hajonta, luottamusväli tms.). Tehtaan tuotannon ja työmaan laadunvalvonnan vaatimukset tuotteelle tulisi yhtenäistää (saattaa yhteismitalliseksi).

BAM määrittelee Saksassa vaaditun 2.5 mm paksuuden seuraavasti: Arvo on nimellisarvo ja kaikkien yksittäisarvojen on oltava  $\geq 2.5 \text{ mm}$ ; yksittäisarvo = keskiarvo  $\pm 0.15 \text{ mm}$ . Muille kuin 2.5 mm nimellispaksuuksille yksittäisarvo = keskiarvo  $\mp 0.20 \text{ mm}$ .

Pintaeristyksessä saattaa olla tarkoituksenmukaista käyttää pehmeämpää geomembraania, jolloin eräät ominaisuudet (esim. myötövenymä) poikkeavat yllä olevan taulukon arvoista. Taulukon arvot eivät ole välttämättä soveltuvia muille kuin muovista tehdyille membraaneille.

Taulukko 4. Suojageotekstiilien hyväksyttävyyden arviointiperusteet (ehdotus)

Ominaisuus	Testimenetelmä	Vaatus
Neliöpaino	EN 965	Ympäristöopas 36 suosittelie neliöpainoksi vähintään 1200 g/m <sup>2</sup> , neulasidottu tuote
Rullan koko		leveys ja pituus ilmoitettava
Materiaali /tuote	Materiaali ei saa reagoida haitallisesti kalvomateriaalin kanssa (yhteensopivuus varmistettava / esitettävä) Neulasidottu, suojaustarkoituksiin valmistettu Neulavapaa	
Saumaus	Saumausmenetelmä ja saumauksen laadunvalvontamenetelmä sekä hyväksymiskriteerit on esitettävä.	
<p><b>Huomautus:</b>  <b>Jotta geomembraanin vaurioitumisriski työn aikana ja senkin jälkeen olisi mahdollisimman pieni ja tiivisterakenteen toimintakyky säilyisi mahdollisimman pitkään, suojageotekstiilille tulisi asettaa Ympäristöopas 36:ssa esitetyjä yksityiskohtaisemmat hyväksymisvaatimukset. Alla on <u>esimerkkinä</u> itävaltalaiset vaatimukset (ÖNORM S 2076-2) /11/</b></p>		
Neliöpaino	EN 965	≥ 1200 g/m <sup>2</sup> Minimiarvo ( $\bar{x}$ -s)
Paksuus (2 kPa kuormalla)	EN 964	≥ 6mm
Puhkaisulujuus (CBR puncture resistance)	EN ISO 12236	≥ 8 kN ( $\bar{x}$ -s)
Pyramidikoe (Pyramid puncture test)	(kuvattu normissa)	≥ 1000 N Minimiarvo ( $\bar{x}$ -s)
Vetolujuus (molemmat suunnat)	EN ISO 10319	≥ 40 kN/m
Venymä (molemmat suunnat)	EN ISO 10319	≥ 30 %
Kemiallinen kestävyys	EN ISO 10319	muutos vetolujuudessa ja venymässä ≤ 30 %
Turmeltuminen	EN ISO 10319	muutos vetolujuudessa ja venymässä ≤ 20 %
Biologinen kestävyys	EN ISO 10319	muutos vetolujuudessa ja venymässä ≤ 10 %



Taulukko 5. Suodatinkankaan NordGeoSpec N3 ominaisuuksien vaaditut arvot /8) (ote alkuperäisestä taulukosta, N3 luokka).

Ominaisuus	Testimenetelmä	Maksimihajonta <sup>1</sup>	95% luottamusrajaa vastaavat vaaditut arvot <sup>2</sup>				
			Käyttöluokka				
			N1	N2	N3	N4	N5
Vetolujuus, minimiarvo (kN/m), $F_{a,95}$	EN ISO 10319	-10%	6	10	15	20	26
Murtovenymä, minimiarvo maksimikuormalla (%), $\epsilon_{a,95}$	EN ISO 10319	-20%	15	20	25	30	35
Reikäkoko kartiopudotuskokeessa, maksimiarvo (mm)	EN 918	+20%	42	36	27	21	12
Energiaindeksi, minimiarvo (kN/m), $R_{a,95}$	EN ISO 10319		1.2	2.1	3.2	4.5	6.5
Nopeusindeksi <sup>3</sup> , minimiarvo ( $10^{-3}$ m/s)	EN ISO 11058	-30%	3	3	3	3	3
Merkitsevä aukkokoko, maksimiarvo $O_{90}$ (mm)	EN ISO 12956	$\mp$ 30%	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
Massan maksimihajonta yksikköä kohti <sup>4</sup>	EN 965		$\mp$ 12%	$\mp$ 12%	$\mp$ 10%	$\mp$ 10%	$\mp$ 10%
Staattinen puhkaisulujuuden maksimihajonta <sup>4</sup>	EN ISO 12236		-10%				

<sup>1</sup>Valmistajan on määritettävä hajonta, tässä taulukossa annetaan maksimihajonta CE –merkin liitteessä ilmoitetulle hajonnalle.

<sup>2</sup>Hajontaa ei saa lisätä vaadittuihin arvoihin. Tuotteen 95% luottamusrajaa vastaava arvo (= nimellisarvo  $\pm$  hajonta) lasketaan ja verrataan vaadittuun arvoon

<sup>3</sup>Jos CE –merkissä on ilmoitettu vedenläpäisevyyden arvo, lasketaan nopeusindeksi (VIH50) kaavalla:  $VIH50 = K * 50/t$ , jossa K on vedenläpäisevyys ja t on geotekstiilin paksuus (mm). Tämä riippuvuus on voimassa vain vedenläpäisevyysskoikeessa, jossa veden virtaus on laminaarista.

<sup>4</sup>Ominaisuuksien arvoille ei aseteta vaatimusta. Hajonnan osalta katso huomautus <sup>1</sup>.

### Kuivatusgeokomposiitti (geomatto)

Kuivatusgeokomposiiteille (käyttö pintaeristysrakenteissa) ei ole toistaiseksi olemassa yleisiä hyväksymiskriteereitä. Tuote koostuu vettäjohtavasta muovisesta "monofiilista" (drainage net), joka on tehtaalla kiinnitetty geotekstiilien väliin. Tuote on hyväksyttävä käyttöön tapauskohtaisesti. Tuotteen toimivuuden kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat mm.

- paksuus
- kokoonpuristumattomuus
- vaakasuora vedenjohtavuus
- pitkäaikainen toimivuus (kestoikä).

Taulukko 6. Tiivistyskerrosten materiaalien ympäristökelpoisuuden arviointiperusteet /10/

Käyttökohde	Kriteeri (kohta- ja taulukko-viittaukset alkuperäisraporttiin /10/)
Pintarakenteen mineraalien tiivistyskerros ilman keinotekoisista eristekerrosta (muovi) *)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikäli tiivistyskerroksen vedenläpäisevyys alle <math>10^{-9}</math> m/s, sovelletaan hollantilaisia kiinteytettyjen seosten maarakentamiskäytölle (sijoitusluokan 1B mukaan) annettuja kriteerejä (kohta 4.3.4.3, taulukko 13)</li> <li>– Mikäli tiivistyskerroksen vedenläpäisevyys <math>10^{-9}</math> m/s &lt; k &lt; <math>10^{-8}</math> m/s, sovelletaan EU:n pysyväälle jätteelle ehdotetut väljennetyt liukoisuus-kriteerit (kohta 4.3.4.3, taulukko 13)</li> <li>– PH-olosuhteiden vaikutusta arvioitava, kun metallipitoisuus merkittävä</li> <li>– Orgaanisten haitta-aineiden kokonaispitoisuuksille raportissa on esitetty eri lähteistä tausta-arvoja, joita voidaan käyttää vertailuarvoina enimmäispitoisuuksien arvioimiseksi (kohta 4.3.4.3, taulukko 12)</li> </ul>
Pintarakenteen mineraalien tiivistyskerros, jossa keinotekoinen eristekerros (muovi) *)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikäli muovikalvon alapuolinen eristemateriaalin vedenläpäisevyys alle <math>10^{-8}</math> m/s, sovelletaan hollantilaisia kiinteytettyjen seosten maarakentamiskäytölle (sijoitusluokan 1B mukaan) annettuja kriteerejä (kohta 4.3.4.3, taulukko 13)</li> <li>– PH-olosuhteiden vaikutusta arvioitava, kun metallipitoisuus merkittävä</li> <li>– Orgaanisten haitta-aineiden kokonaispitoisuuksille raportissa esitetty eri lähteistä tausta-arvoja, joita voidaan käyttää vertailuarvoina enimmäispitoisuuksien arvioimiseksi (kohta 4.3.4.3, taulukko 12)</li> </ul>
Pohjarakenteen mineraalinen tiivistyskerros	Pohjaeristeen ympäristökelpoisuus-kriteereiksi ehdotetaan käytettäväksi EU:n antama pysyvän jätteen kelpoisuusvaatimukset. Joillekin orgaanisille haitta-aineille (PCB, PAH, mineraaliöljyt) käytetään rajana saastuneen maan tavoitearvoja (kohta 4.3.5.1, taulukot 10 ja 15)

\*) Mineraalisen tiivistyskerroksen vaadittava vedenläpäisevyysarvo riippuu kaatopaikkatäyttöön imeytyvän suotoveden sallitusta määrästä. Suositus vedenläpäisevyysarvoksi on  $10^{-9}$  m/s. Poikkeaminen suosituksesta edellyttää tapauskohtaista arviota /3/

Taulukko 7. Pohjarakenteen tiivistyskerroksesta arvioitavat ominaisuudet / seikat.

	Pohjarakenteen tiivistyskerros Tutkittu / arvioitava seikka	tehty/ dokumentti	asiantuntijaryhmän arviointi / kommentteja
B1	tiiviyys (vedenläpäisevyys) (annettava rakennepaksaus)		
B2	haitta-aineiden diffuusio/adsorptio tiivistysrakenteessa		
B3	kestävyys fysikaalisia / termisiä rasituksia vastaan		
B3	kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan		
B5	kestävyys biologisia rasituksia vastaan		
B6	pitkäaikainen pysyvyys tärkeiden ominaisuuksien muuttumatta haitallisesti		
B7	yhteensopivuus muiden rakenneosien kanssa		
B8	yhteensopivuus saastuttavien kemikaalien suhteen		
B9	rakennettavuus / valmistettavuus (työselitys)		

Taulukko 8. Pintarakenteen tiivistyskerroksesta arvioitavat ominaisuudet / seikat.

	Pintarakenteen tiivistyskerros Tutkittu / arvioitava seikka	tehty/ dokumentti	asiantuntijaryhmän arviointi / kommentteja
S1	tiiviyys (vedenläpäisevyys) (annettava rakennepaksaus)		
S2	tiiviyys (kaasunläpäisevyys) (annettava rakennepaksaus)		
S3	kestävyys fysikaalisia / termisiä rasituksia vastaan		
S4	kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan		
S5	kestävyys biologisia rasituksia vastaan		
S6	pitkäaikainen pysyvyys tärkeiden ominaisuuksien muuttumatta haitallisesti		
S7	rakenteellinen varmuus (stabiilitetti luiskissa)		
S8	yhteensopivuus muiden rakenneosien kanssa		
S9	rakennettavuus / valmistettavuus (työselitys)		
S10	korjattavuus		

Eristysrakenteiden hyväksyttävyyttä arvioidaan myös seuraavien eristysrakenteen yleisten toimivuusominaisuuksien perusteella kaatopaikan koko toiminnan (aktiivivaihe ja passiivivaihe) aikana (kestoikä tarkastelu /-mitoitus koko kaatopaikka huomioon ottaen)

*Taulukko 9. Eristysrakenteiden toiminnallisen hyväksyttävyyden arviointi*

	Tiivistyskerros kaatopaikassa Tutkittu / arvioitava seikka	tehty/ dokumentti	asiantuntijaryhmän arviointi / kommentteja
B/S1	rakenteiden hydraulinen toimivuus (esim. HELP-ohjelmalla tarkasteltuna)		
B/S2	kaatopaikan alla ja ympäristössä ilmenevät / esiintyvät haitta-ainepitoisuuksien muutokset (esim. Land-Sim -ohjelmalla tarkasteltuna)		

## 5. Tuotehyväksyntäpäätöksen sisältö

Tuotehyväksyntäpäätös sisältää seuraavat tiedot:

1. Tuotteen nimi (tuotemerkki)
2. Tuotehyväksynnän hakija ja yhteystiedot
3. Tuotekuvaus (ei reseptitietoja)
4. Tuotteen käyttötarkoitus (johon hyväksyntää haetaan)
5. Viittaukset tuotteeseen koskeviin viranomaismääräyksiin, standardeihin ja ohjeisiin
6. Tuotekohtaiset laatuvaatimukset (vähimmäis-/enimmäisarvot, vaihtelurajat)
7. Tuotetiedot / tuotteen koostumus (esitettävä tunnettaviksi vaaditut ominaisuudet)
8. Tuotteen suunnittelutiedot
  - Mitoitusparametrit (käyttötarkoituksen mukaan)
  - Pitkäaikaiskäyttäytyminen
  - Ympäristökelpoisuus
  - Referenssikohteet ja käyttökokemukset (hakija esittää, jos olemassa)
9. Käyttökokemusten ja palautteen raportointi rakennettavista kohteista
10. Hyväksynnän laajuus / rajoitukset
11. Hyväksynnän voimassaolo (voimassaoloaika, voimassaoloehdot).

Kohtien 3 ,4, 6, 7 ja 8 tiedot on ilmentävä tai on oltava asiantuntijaryhmän pääteltävissä hakemuksen liitteenä olevista asiakirjoista.

Hyväksyntähakemukseen tulee liittää materiaalin / rakenteen (yhdistelmärakenteessa kaikkien rakenneosien) käyttöä ja rakentamista koskeva yleinen työselitys, jonka tulee sisältää myös tuotteen laadunvalvonta (hankekohtaiset ennakkotestit ja työnaikainen laadunvalvonta).

Hyväksyntäpäätökseen liitetään ohjeet/menettelytapa (kohta 9), jota noudatetaan hyväksytyn materiaalin tai rakenteen seurantatiedon ja käyttökokemusten kokoamiseksi ja toimittamiseksi asiantuntijaryhmälle. Seurantatieto rakennuskohteista kootaan kohteissa tehtävän riippumattoman laadunvalvonnan yhteydessä.

Tuotehyväksyntäpäätös /-asiakirja on julkinen. Tuotehyväksyntäpäätöksistä pidetään luetteloa ja ne julkaistaan sähköisessä muodossa (pdf) SYKE:n internet-sivuilla.

## **6. Tuotehyväksynnän voimassaolo**

Tuotehyväksyntäpäätös on voimassa 5 vuotta tai tästä poikkeava voimassaoloaika määritellään päätöksessä. Tuotehyväksynnän haltijalta edellytetään, että hän toimittaa asiantuntijaryhmän pyynnöstä raportin tuotteen käytöstä kaatopaikkarakenteissa (raportointiaika mainitaan päätöksessä, päätöksessä mainitaan raportoitavat asiat). Mikäli päätöksen kohteena olevaa materiaalia tai rakennetta on käytetty voimassaoloaikana eikä materiaalista tai rakenteesta ole tullut esille mitään sen käyttöä rajoittavia tekijöitä, voidaan päätös uusiksi edelleen 5 -vuotisjaksoissa. Tuotehyväksyntä edellyttää laadunvalvontaa, jolla osoitetaan tuotekoostumuksen säilyneen koko toimintajakson ajan hyväksyntäpäätöstä vastaavana.

Asiantuntijaryhmä voi peruuttaa tuotteen hyväksynnän, jos tuotteen kestävyys myöhemmin toteutuskohteista saatavan palautetiedon perusteella tai muuten todetaan tuotehyväksynnän yhteydessä arvioitua heikommaksi tai jos peruuttamiseen havaitaan olevan aiheutta tuotteen valmistuksen tai laadunvalvonnan epäkohtien johdosta.

## 7. Kustannukset ja rahoitus

Tuotehyväksynnän hakija vastaa tuotehyväksyntäpäätöksen käsittelystä ja antamiseen liittyvistä toimenpiteistä aiheutuvista kustannuksista.

Tekniselle sihteerille hakemuksen käsittelystä aiheutuvista töistä, jotka eivät sisälly tuotehyväksyntämaksuun, annetaan hakijalle kustannusarvio ennen työhön ryhtymistä.

Tuotehyväksyntäpäätöksestä, joka sisältää asiantuntijaryhmän käsittelyn ja päätöksen, SYKE perii hyväksymismaksun (hinnat määritellään toiminnan käynnistyessä):

Tuotehyväksyntäasiakirjojen käsittely asiantuntijaryhmässä ja <u>tuotehyväksyntäpäätös</u>		xxxx €
Uusintakäsittely asiantuntijaryhmässä esim. täydentävien kokeiden jälkeen ( <u>täydennys tuotehyväksyntäpäätökseen</u> )		xxx €

Hakija vastaa kaikkien tuotehyväksyntäpäätöksessä mahdollisesti esitettävien kokeiden ja testausten kustannuksista ja toimii kokeiden tilaajana toteutusorganisaatiolta.

## 8. Materiaalista tuotehyväksyntäpäätökseen

Kun materiaalista kehitetään tuotetta / rakennetta, niin käytännössä kehitystyö on iteratiivinen prosessi. Myös hyväksymisprosessi saattaa käytännössä olla iteratiivinen. Alla on esitetty vain menettelyn periaatteet ja pääkohdat. Järjestyskin saattaa käytännössä olla esitetystä poikkeava.

1. Hakija valitsee rakenteen, jossa on ajateltu käyttää ko. materiaalia (pohjaeristys / pintaeristys). Yleiset periaatekuvat VNP861/97:n /9/ mukaisista suojausrakenteista eri kerroksineen on esitetty liitteissä 1-4. Toimivuusvaatimuksia rakennekerroksille ja rakenteisiin kohdistuvia rasituksia on esitetty liitteissä 1 ja 2. Materiaalien perusominaisuuksia, jotka yleensä pitää tutkia ensiksi on esitetty liitteessä 5. Tarvittaessa tarkennetaan materiaalin käyttötarkoitusta: mitä erityisiä etuja materiaalin käytöstä luullaan / toivotaan olevan valitussa rakenteessa / rakennekerroksessa. Materiaalille asetettavia vaatimuksia / suosituksia on esitetty liitteissä 3 ja 4.

Jotta tutkimus- ja testaustulokset voidaan arvioida / hyväksyä tuotehyväksyntäkäsittelyä silmälläpitäen riittävän luotettaviksi, on testit oltava tehty yleisesti nimenomaan ko. tarkoitukseen hyväksytyillä menetelmillä ja luotettavaksi osoittautuneen / osoitetun testauslaitoksen /-laboratorion toimesta. Tavoitteena on, että "luotettaviksi osoittautuneista testauspaikoista" pidetään julkista luetteloä (esim. asiantuntijaryhmän arvioimana).

Hakijan on suositeltavaa olla yhteydessä asiantuntijaryhmän sihteeriin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja pyytää arviota tutkimusten riittävydestä tuotehyväksyntäkäsittelyä silmälläpitäen. Tällä tavalla hakija voi kohdistaa ominaisuuksien mahdollista täydennystestausta tuotehyväksyntämenettelyn kannalta tarpeellisiin testeihin ennen tuotehyväksyntämenettelyn "virallista" aloittamista ja asiantuntijaryhmän käsittelyä.

2. Tutkitaan (hakijan toimesta) materiaalin erityisominaisuudet (aiempia tutkimuksia täydennetään tarvittaessa), jotka materiaalista pitää olla tiedossa ko. rakennekerrokseen ja ko. erityistarkoitukseen käytettäessä. Määritetään ja joidenkin ominaisuuksien osalta arvioidaan (perustelut esitettävä) hakijan toimesta materiaalin ominaisuuksien pitkäaikaiskäyttäytyminen ja turmeltumisominaisuudet sekä kriittiset ominaisuudet kestoikämitoitusta / -tarkastelua /-arviointia varten, mm. parametrien muuttuminen ajan mukana, vauriomallit. Luettelo ominaisuuksista ja testausmenetelmistä / tutkimustavoista on liitteissä 5 (tekniset ominaisuudet) ja 6 (ympäristökel-poisuus).

Erityisominaisuudet pitää tutkia hyväksytyjä testausmenetelmiä käyttäen ja luotettavaksi osoittautuneessa / osoitetussa testauslaitoksessa /-laboratoriossa.

Pitkäaikaiskäyttäytymistä koskevat tarkastelut on suositeltavaa teettää asiantuntijalaitoksessa, jotta tulosten luotettavuus olisi hyvä ja kehittyisi alalle yhtenäiset menettelyt.

3. Hakijan toimesta selvitetään / määritetään sellaiset rakenteen tekemiseen liittyvät tai materiaalin käyttöön muulla tavalla vaikuttavat tekijät, jotka voivat osoittautua käytön rajoitteeksi tai esteeksi. Laaditaan materiaalin käytön yleinen työselitys (Työselitystä täydennetään toteutettavan kohteen suunnittelun yhteydessä).

Yleisenkin työselityksen laatiminen edellyttää yleensä jonkin laajuista koerakentamista / rakennekokeita, ts. myös käytännön kokemusta materiaalin käytöstä ja käyttäytymisestä rakennettaessa.

4. Lasketaan tiivistekerroksen läpäisevyysominaisuudet (suotovesivirtaus sekä pohja-että pintaeristeessä tarvittaessa yhdistelmärakenteena, pohjaeristeessä lisäksi haitta-aineiden vapautuminen suotovedestä) ”standarditapauksessa” (= vakiovedenpaine, vakio suotoveden kloridipitoisuus + muut hakijan ja tarkastuslaitoksen yhdessä päättämät / valikoimat ”haitta-aineet”).

Tämä osa on suositeltavaa teettää asiantuntijalaitoksessa, jotta tulosten luotettavuus olisi hyvä ja kehittyisi yhtenäiset menettelyt.

#### **Vaihe 1**

Tuotekehitysprosessi voidaan "keskeyttää" tähän vaiheeseen ja hakea tuotehyväksyntää kohtien 1-4 tulosten perusteella materiaalille (osana yhdistelmärakennetta) tiivistyskerroksessa käytettäväksi > siirtyminen kohtaan 7. Liitteessä 7 on kuvattu lyhyesti menettelytapa.

Materiaalin käyttö todellisessa rakenteessa vaatii aina käyttökohdekohtaisen eristerakenteen suunnittelun / mitoituksen todellisilla rasiuksilla.

Tulosten perusteella asiantuntijaryhmä arvioi tarkasteltavan tiivistekerroksen toimivuutta suhteessa muihin materiaaleihin, jos niistäkin vastaavat laskelmat on tehty.

#### **Vaihe 2**

Mikäli halutaan tuotehyväksyntää rakenteelle tai varmistua rakenteen toimivuudesta "hakijan kaatopaikassa", niin jatketaan eteenpäin kohdat 5-6. Tarkastelu voidaan tehdä "mallikaatopaikallekin", jos sellainen on määritettävissä.

Tarkastelut kuuluvat olennaisesti tuotehyväksyntään, vaikka ne olisikin tehtävä aina jokaisessa hankkeessa suunniteltavan kaatopaikan parametreillä ja olosuhteilla.

5. Tutkitaan / lasketaan rakenteen hydraulinen toimivuus kaatopaikassa (vesitasemalli, esim. HELP) ja arvioidaan, täyttääkö se toimivuusvaatimukset, myös pitkäaikainen toimivuus huomioidaan (käyttöikämitoitus). Vertailu suoritetaan "normitettuihin" arvoihin / vaatimuksiin tai viranomaisen tapauskohtaisesti asettamiin vaatimuksiin.

Tämä osa suositellaan tehtäväksi asiantuntijalaitoksessa hakijan toimeksiannosta, jotta taattaisiin eri materiaalien / tuotteiden tasapuolinen ja puolueeton käsittely ja jotta kehittyisi yhtenäiset menettelyt.

6. Tutkitaan / lasketaan haitta-ainepitoisuudet kaatopaikan alla ja ympäristössä (esim. LandSim) ja arvioidaan, miten rakenne toimii kaatopaikassa, myös pitkäaikainen toimivuus huomioidaan (käyttöikämitoitus). Vertailu suoritetaan "normitettuihin" arvoihin / vaatimukseen tai viranomaisen tapauskohtaisesti asettamiin vaatimukseen.

Tämä osa suositellaan tehtäväksi asiantuntijalaitoksessa hakijan toimeksiannosta, jotta taattaisiin eri materiaalien / tuotteiden tasapuolinen ja puolueeton käsittely ja jotta kehittyisi yhtenäiset menettelyt.

7. Hakija toimittaa **tuotehyväksyntähakemuksen** asiantuntijaryhmälle (sen sihteerille). Anomuksen liitteenä on oltava kaikki materiaalitutkimusten tulokset, parametrit (mitattujen lisäksi myös arvioidut, arviointiperusteet esitettävä), laskentojen tulokset ja käyttötarkoitusta kuvaavat rakennekuvat, työselitys ym. anomuksen liitteeksi vaaditut asiakirjat. Asiakirjat / liitteet on numeroitava menettelytapooppaassa esitetyn mukaisesti.

Asiantuntijaryhmä antaa joko lopullisen tuotehyväksyntäasiakirjan (tahi hylkäämispäätöksen) tai esittää täydentäviä kokeita ja / tai kohdassa 8 mainittujen rakennekokeiden / koerakentamisen toteuttamista (ehdollinen hyväksyminen koekäyttöön).

8. Jos materiaali tai rakenne ei täytä sille asettuja vaatimuksia (asiantuntijaryhmä on todennut / yksilöinyt puutteet tuotehyväksyntäkäsittelyn lausunnossaan / välipäätöksessään), hakija selvittää (jos näkee tarkoituksenmukaiseksi) materiaalin jalostamisen tai rakenteen muuttamisen niin, että materiaali / rakenne täyttää suunnitellulle eristysrakenteelle asetut vaatimukset. Jos materiaalin / rakenteen käyttöön hyväksyminen edellyttää kentällä suoritettavaa koerakentamista tai laboratorioolosuhteissa suoritettavia rakennekokeita, toteuttaa hakija tarvittavat kokeet.

Tuotehyväksynnän hakija laatii koerakentamis- / rakennekoeohjelman. Täydentävät tulokset toimitetaan asiantuntijaryhmälle (siirrytään kohtaan 7)

### **Kaatopaikkahanke:**

Tuotehyväksynnän hakija toimittaa tuotehyväksyntäasiakirjan mukaisen palautetiedon rakenteista ja niiden toimivuudesta asiantuntijaryhmälle.

- Palautetieto rakennusaikana kootaan rakentamisen laadunvalvonnan yhteydessä.
- Palautetieto rakenteiden toimivuudesta kaatopaikan aktiivivaiheen ja passiivivaiheen aikana kootaan kaatopaikan haltijan toimesta (tai sen kokoamisesta sovitaan hankekohtaisesti)



## Liite A: Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset

<p style="text-align: center;"> <b>Jätepenker</b>  <b>Suodatinkerros</b>  <b>Salaojakerros</b>  <b>Suojakerros</b>  <b>Keinotekoinen eriste</b>  <b>Tiivistekerros</b>  <b>Alusrakenne / pohjamaa</b> </p>	<p><b>Kaatopaikan pohjaeristyksen yleiset, eri kerroksille yhteiset toimivuusvaatimukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pohjaeristyksen tehtävänä on tehostaa kaatopaikan suotovesien keräilyä ja vähentää haitta-aineiden kulkeutumista kaatopaikan ympäristöön kaatopaikan aktiivivaiheessa ja myös jälkihoitovaiheessa. Pohjaeristys tehdään, jos geologinen este ei ole riittävä estämään haitta-aineiden kulkeutumista.</li> <li>- Kestävyys fysikaalisia kuormituksia vastaan</li> <li>- Kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan</li> <li>- Ominaisuuksien pysyvyys</li> </ul>
--	---

<b>Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Rakennekerrokseen kohdistuvat rasitukset</b>
<p><b>Suodatinkerroksen</b> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estää jätetäytöstä irtoavan (suotoveden mukana kulkeutuvan) kiintoaineksen kulkeutuminen salaojakerrokseen</li> <li>- estää salaojakerroksen tukkeutuminen</li> <li>- salaojakerroksen ja jätetäytön toistaan erottaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- jätetäytöstä irtoava hienoaines</li> <li>- jätepenkereestä suotautuva vesi ja sen virtaus</li> </ul>
<p><b>Salaojakerroksen</b> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kerätä ja poistaa (putkiston kautta) jätetäytöstä kertyvät suotovedet</li> <li>- vähentää (poistaa) tiivistysrakenteen päälle muodostuvaa vesipainetta</li> <li>- mahdollistaa kerrokseen sijoitettavan suotovesien keräilyputkiston rakentaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suotoveden määrä</li> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- suotoveden mukana kulkeutuva hienoaines</li> <li>- asennustyö</li> <li>- jätepenkereen rakentaminen</li> <li>- jätepenkereen paino</li> <li>- suotoveden / jätepenkereen lämpötila</li> </ul>
<p><b>Salaojakerroksen putkiston</b> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kerätä ja poistaa jätetäytöstä kertyvät suotovedet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suotoveden määrä</li> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- suotoveden mukana kulkeutuva hienoaines</li> <li>- suotoveden / jätepenkereen lämpötila</li> <li>- asennustyö (ympäröivä materiaali ja sen tiiveys)</li> <li>- jätepenkereen mekaaninen rasitus (staattinen kuormitus)</li> <li>- alustan painuminen</li> </ul>
<p>Keinotekoisien eristeiden yläpuolisen <b>suojakerroksen / -rakenteen</b> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suojata keinotekoisista eristettä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- asennustyö, mekaaniset rasitukset</li> <li>- jätepenkereen staattinen kuormitus</li> <li>- suotoveden / jätepenkereen lämpötila</li> </ul>
<p><b>Keinotekoinen eriste</b> täydentää mineraalista tiivistyskerrosta ja sen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estää haitta-aineiden kulkeutumista</li> <li>- tehostaa suotovesien keräilyä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suotoveden määrä</li> <li>- suotoveden / jätepenkereen lämpötila</li> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- vesipaine päältä, kaasunpaine alta</li> <li>- jännitykset</li> <li>- yläpuolelta tulevat mekaaniset rasitukset työnaikana</li> <li>- jätepenkereen staattinen kuormitus</li> <li>- alla olevan pohjan muodonmuutokset (painuminen)</li> <li>- jätepenkereen siirtymät (luiskissa)</li> <li>- UV-rasitus (työnaikana)</li> </ul>

<b>Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Rakennekerrokseen kohdistuvat rasitukset</b>
<p><u>Tiivistyskerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– haitta-aineiden suotautumisen minimointi / rajoittaminen sallittuun arvoon</li> <li>– haitta-aineiden diffuusion minimointi / rajoittaminen sallittuun arvoon</li> <li>– haitta-aineiden, esim. raskasmetallien sitominen (adsorptio)</li> <li>– toimia keinotekoisien eristeen tukikerroksena ja suojakerroksena (alaspäin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– suotoveden määrä</li> <li>– suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>– suotoveden biologinen koostumus</li> <li>– hydraulinen gradientti</li> <li>– lämpötila jätepenkereen alla</li> <li>– jätepenkereen staattinen kuormitus</li> <li>– alla olevan pohjan muodonmuutokset</li> <li>– jätepenkereen siirtymät (luiskissa)</li> </ul>
<p>Kaatopaikan <u>alusrakenteen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– muodostaa riittävän tukevan ja stabiilin alusta pohjaveden-suojausrakenteille sekä rakenteiden rakentamisen aikana että pitkäaikaisesti päälle tulevan kaatopaikkapenkereen rasitukset huomioonottaen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kaatopaikan suotovedet</li> <li>– kaatopaikkapenkereen staattinen kuormitus</li> </ul>
<p><u>Geologinen este</u> Geologisella esteellä tulee olla riittävä "attenuaatio" estämään pohjaveden ja maapohjan pilaantumisriski. Mikäli geologinen este ei täytä vaatimuksia, tehdään rakennetut tiivistyskerrokset perusmaan / alusrakenteen päälle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kaatopaikan suotovedet</li> <li>– kaatopaikkapenkereen staattinen kuormitus</li> </ul>

## Liite B: Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset

	<p><b>Kaatopaikan pintaeristyksen yleiset, eri kerroksille yhteiset toimivuusvaatimukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pintaeristyksen tehtävänä on rajoittaa kaatopaikan passiivisen vaiheen aikana / käytöstä poistamisen jälkeen sade- ja pintavaluntavesien imeytyminen jätepenkereeseen ja siitä seuraava likaantuneen suotoveden muodostuminen ja haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön (pidetään puhtaat vedet ja likaiset suotovedet erillään).</li> <li>- Tiiviin pintaeristyksen avulla tehostetaan kaasun talteenottoa ja vähennetään kaatopaikkojen ympäristöhaittoja.</li> <li>- Kestävyys fysikaalisia kuormituksia vastaan</li> <li>- Kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan</li> <li>- Ominaisuuksien pysyvyys</li> </ul>
--	--

<b>Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Rakennekerroksen kohdistuvat rasitukset</b>
<p><u>Kasvukerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toimia kasvien kasvualueena</li> <li>- edistää pintavaluntaa</li> <li>- kaatopaikka-alueen maisemointi</li> <li>- metaanin ja hajukaasujen hapettaminen yhdessä pintakerroksen kanssa</li> <li>- toimia kuormitusta kantavana kerroksena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmasto (lämpötila, sade, tuulet)</li> <li>- mekaaninen kulutus</li> <li>- kasvillisuus</li> <li>- pinnalla liikkuvat ajoneuvo- tms. kuormitukset (jälkikäytöstä riippuen)</li> </ul>
<p><u>Pintakerroksen</u> tehtävänä on (yhdessä kasvukerroksen kanssa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toimia mineraalisen tiivistyskerroksen routasuojauksena</li> <li>- estää mineraalisen tiivistyskerroksen kuivumista</li> <li>- edistää pintavaluntaa</li> <li>- suojata alempia kerroksia kasvien juurilta</li> <li>- edistää kaatopaikka-alueen maisemointia ja jälkikäyttöä</li> <li>- tulipalojen estäminen</li> <li>- metaanin ja hajukaasujen biologinen hapettaminen (jos kaatopaikalla ei ole kaasunkeräysjärjestelmää)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmasto (lämpötila, sade)</li> <li>- eroosio</li> <li>- suotautuminen</li> <li>- bioturbaatio (kasvit, eläimet)</li> <li>- kaatopaikkakaasut</li> <li>- kaatopaikkapenkereen muodonmuutokset (painuminen, siirtymät luiskissa)</li> <li>- kasvukerroksen pintaan kohdistuvat kuormitukset</li> </ul>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- salaojakerroksen ja pintakerroksen toistaan erottaminen</li> <li>- estää pintakerroksesta irtoavan (suotoveden mukana kulkeutuvan) kiintoaineksen kulkeutuminen salaojakerrokseen</li> <li>- estää salaojakerroksen tukkeutuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pintakerroksesta irtoava hienoaines</li> <li>- pintakerroksen läpi suotautuva vesi ja sen virtaus</li> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- bioturbaatio (kasvit, eläimet)</li> </ul>
<p><u>Kuivatuskerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alentaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta</li> <li>- johtaa yläpuolisten kerrosten läpi suotautuva vesi pois rakenteesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suotoveden määrä</li> <li>- suotoveden kemiallinen koostumus</li> <li>- suotoveden biologinen koostumus</li> <li>- suotoveden mukana kulkeutuva hienoaines</li> <li>- bioturbaatio (kasvit, eläimet)</li> </ul>

<b>Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja rasitukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Rakennekerroksen kohdistuvat rasitukset</b>
<p>Keinotekoisien eristeiden yläpuolisen <u>suojakerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– suojata keinotekoista /eristettä</li> </ul> <p>Jos keinotekoista eristettä ei asenneta, niin tämän kerroksen korvaa suodatinkerros, jonka tehtävänä on erottaa salaojakerros ja tiivistyskerros toistaan, jolloin sitä koskevat suodatinkerrosta yleensä koskevat rasitukset ja vaatimukset .</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– suotoveden määrä ja koostumus</li> <li>– bioturbaatio (kasvit, eläimet)</li> <li>– asennustyö, mekaaniset rasitukset</li> <li>– jätepenkereen muodonmuutokset (painuminen, sivusiirtymät)</li> </ul>
<p>Keinotekoinen <u>eriste</u> joko toimii itsenäisenä / ainoana tiivistyskerroksena tai se täydentää tarvittaessa tiivistyskerrosta ja sen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– estää sadevesien imeytyminen jätepenkereeseen</li> <li>– tehostaa kaasujen keräilyä</li> <li>– estää kasviston juurien tunkeutuminen tiivistyskerrokseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– suotoveden määrä</li> <li>– (suotoveden kemiallinen koostumus)</li> <li>– suotoveden biologinen koostumus</li> <li>– lämpötila</li> <li>– jätepenkereen kaasunmuodostus (kaasunpaine alta päin)</li> <li>– yläpuolelta tulevat mekaaniset rasitukset työnaikana</li> <li>– alla olevan pohjan muodonmuutokset (painuminen)</li> <li>– jätepenkereen siirtymät (luiskissa)</li> <li>– UV-rasitus (työnaikana)</li> </ul>
<p><u>Tiivistyskerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vähentää sadevesien imeytymistä jätetäyttöön</li> <li>– ohjata kaasun purkautumista kaasunkeräyskerrokseen</li> <li>– toimia keinotekoisien eristeiden tukikerroksena ja suojakerroksena (alaspäin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– suotoveden määrä</li> <li>– (suotoveden kemiallinen koostumus)</li> <li>– suotoveden biologinen koostumus</li> <li>– hydraulinen gradientti (vesipaine)</li> <li>– lämpötila jätepenkereen pinnalla</li> <li>– bioturbaatio (kasvit, eläimet), jos ei keinotekoista eristettä</li> <li>– alla olevan jätepenkereen muodonmuutokset</li> <li>– jätepenkereen siirtymät (luiskissa)</li> <li>–</li> </ul>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erottaa tiivistyskerros ja kaasunkeräyskerros toisistaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tiivistyskerroksen läpi suotautuva vesi ja sen virtaus</li> <li>– kaasunkeräyskerroksen läpi kaatopaikasta tulevat kaasut</li> </ul>
<p><u>Kaasunkeräyskerroksen</u> ( ja -putkiston) tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kerätä ja johtaa kaatopaikasta syntyvä kaasu edelleen käsiteltäväksi</li> </ul> <p>Kaasunkeräyskerrokseen tai sen alapuolelle voidaan tehdä <u>kosteuden jakokerros mahdollisine kasteluputkistoineen</u>, jos jätepengertä kastellaan kaasunmuodostuksen (biologisen hajoamisen) tehostamiseksi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kaatopaikkakaasut</li> <li>– ylhäältäpäin suotautuva sadevesi</li> <li>– jätepenkereen painuminen</li> <li>–</li> </ul>
<p><u>Kasteluputkiston</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– johtaa vettä kostutuskerroksen kautta jätepenkereeseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kasteluvesi: määrä ja koostumus</li> <li>– asennustyö (ympäröivä materiaali ja sen tiiveys)</li> <li>– yläpuolisten kerrosten mekaaninen rasitus</li> <li>– alustan (jätepenkereen) painuminen</li> <li>– lämpötila</li> </ul>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erottaa esipeittokerros ja kaasunkeräyskerros toisistaan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tiivistyskerroksen läpi suotautuva vesi ja sen virtaus</li> <li>– kaasunkeräyskerroksen läpi kaatopaikasta tulevat kaasut</li> </ul>
<p><u>Esipeittokerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– muodostaa riittävän tasainen pinta ja kantava alusta ylemmille kerroksille</li> <li>– estää alla olevan jätteen ja yläpuolella olevan suodatinkerroksen materiaalin sekoittuminen toisiinsa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tiivistyskerroksen läpi suotautuva / kasteluputkistosta tuleva vesi ja sen virtaus</li> <li>– jätepenkereestä tulevat kaasut</li> </ul>
<p><u>Jätetäyttö</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Jätetäytön (yläpinnan) on muodostettava riittävän tukeva ja stabiili alusta pintaeristysrakenteille sekä rakenteiden rakentamisen aikana että pitkäaikaisesti</li> </ul>	

## Liite C: Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja suositukset

	<p>Kaatopaikan <u>pohjaeristyksen</u> yleiset, eri kerroksille yhteiset toimivuusvaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pohjaeristyksen tehtävänä on tehostaa kaatopaikan suotovesien keräilyä ja vähentää haitta-aineiden kulkeutumista kaatopaikan ympäristöön kaatopaikan aktiivivaiheessa ja myös jälkihoitovaiheessa. Pohjaeristys tehdään, jos geologinen este ei ole riittävä estämään haitta-aineiden kulkeutumista</li> <li>- Kestävyys fysikaalisia kuormituksia vastaan</li> <li>- Kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan</li> <li>- Ominaisuuksien pysyvyys</li> </ul>
--	--

Kaatopaikan <u>pohjaeristyksen</u> kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)	
Tehtävä / toimivuusvaatimus	Materiaalilta edellytettävä ominaisuus / rakennesuositus
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estää jätetäytöstä irtoavan (suotoveden mukana kulkeutuvan) kiintoaineksen kulkeutuminen salaojakerrokseen</li> <li>- estää salaojakerroksen tukkeutuminen</li> <li>- salaojakerroksen ja jätetäytön toistaan erottaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suodatinkriteerit täyttävä mineraalimaa</li> <li>- suodatinkangas (luokka =&gt; III / NorGeoSpec N3, paino 200 g/m<sup>2</sup>)</li> <li>- suodatinkriteerin tulee täytyä salaojakerrosta vastaan</li> <li>- mineraalimaakerroksen paksuus vähintään 0,1 m /2/</li> </ul>
<p><u>Salaojakerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kerätä ja poistaa (putkiston kautta) jätetäytöstä kertyvät suotovedet</li> <li>- vähentää (poistaa) tiivistysrakenteen päälle muodostuvaa vesipainetta</li> <li>- mahdollistaa kerroksen sijoitettavan suotovesien keräilyputkiston rakentaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pitkäaikainen kemiallinen kestävyys (mineraalimaa kokonais-CaCO pitoisuus &lt; 20 p-%) /2/</li> <li>- pitkäaikainen mekaaninen kuormituskestävyys (kokoonpuristuvuus)</li> <li>- hydraulisten ominaisuuksien (vedenläpäisevyys, vedenjohtavuus) pysyvyys</li> <li>- rakeisuus (16- 32 mm), huokostila (vedenläpäisevyys <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s) ja raemuoto (pyöreärakeista) /2/</li> <li>- teollisuuden sivutuote, huokostila (vedenläpäisevyys <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s), ympäristökelpoisuus todettu /10/</li> <li>- geomatto (soveltuvuus osoitettava)</li> <li>- mineraalimaakerroksen paksuus vähintään 0,5 m /2/</li> </ul>
<p><u>Salaojakerroksen putkiston</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kerätä ja poistaa jätetäytöstä kertyvät suotovedet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pitkäaikainen kemiallinen kestävyys (materiaali - HDPE ?)</li> <li>- pitkäaikainen mekaaninen kuormituskestävyys (rengasjäykkyys)</li> </ul>
<p>Keinotekoisien eristeen yläpuolisen <u>suojakerroksen</u> / -rakenteen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suojata keinotekoista eristettä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- yhteensopivuus (kemiallinen, mekaaninen) keinotekoisien eristeen kanssa</li> <li>- riittävä kitka keinotekoisien eristeen rajapinnassa</li> <li>- rakeisuus (kivennäismaa 0...2 mm) /2/</li> <li>- geotekstiili / kuitukangas, paino vähintään 1200 g/m<sup>2</sup> /2/</li> <li>- teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali (kaatopaikkakelpoisuus, ympäristökelpoisuus /10/)</li> <li>- mineraalimaakerroksen paksuus vähintään 0,1 m /2/</li> </ul>
<p><u>Keinotekoinen eriste</u> täydentää mineraalista tiivistyskerrosta ja sen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estää haitta-aineiden kulkeutumista</li> <li>- tehostaa suotovesien keräilyä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- riittävän pitkäaikainen muodonmuutoskestävyys (painumansieto)</li> <li>- riittävän pitkäaikainen kemiallinen kestävyys</li> <li>- riittävän pitkäaikainen biologinen kestävyys</li> <li>- kestävyys UV-säteilyä vastaan (rakennusvaiheessa)</li> <li>- yhteensopivuus mineraalisen tiivistyskerroksen kanssa (mm. rajapinnan kitka &gt; stabiliteetti, tiivis kontakti)</li> <li>- yleensä geomembraani (HDPE), paksuus <math>\geq 2</math> mm) /2/</li> <li>- saumojen tiiviys, tiiviiden läpivientien tekeminen</li> </ul>

<b>Kaatopaikan pohjaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Materiaalilta edellytettävä ominaisuus / rakennesuositus</b>
<p><u>Tiivistyskerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- haitta-aineiden suotautumisen (konvektio) minimointi / rajoittaminen sallittuun arvoon</li> <li>- haitta-aineiden diffuusion minimointi / rajoittaminen sallittuun arvoon</li> <li>- haitta-aineiden, esim. raskasmetallien sitominen (adsorptio)</li> <li>- toimia keinotekoisien eristeen tukikerroksena ja suojakerroksena (alaspäin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedenläpäisevyys (V/Np 861/97)</li> <li>- vaarallisen jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-9}</math> m/s (paksuus <math>\geq 5</math> m)</li> <li>- tavanomaisen jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-9}</math> m/s (paksuus <math>\geq 1</math> m)</li> <li>- pysyvän jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-7}</math> m/s (paksuus <math>\geq 1</math> m)</li> <li>- mineraalimateriaalin leikkauslujuus vähintään 50 kN/m<sup>2</sup> /2/</li> <li>- muodonmuutoskestävyys (vedenläpäisevyyden pysyvyys muodonmuutostilanteessa): itsekorjautuminen</li> <li>- savipitoisuus (&lt;0.002 mm) vähintään 14 %, &gt; 10 % savimineraaleja /2/</li> <li>- plastisuusindeksi (savi) &gt; 10 %, juoksuraja &gt; 90 % /2/</li> <li>- kuivumisen sieto (halkeilematta) (vedenpidätyskyky), tilavuuskuivumiskutistuma &lt; 5% /2/</li> <li>- pitkäaikainen kemiallinen kestävyys (vedenläpäisevyyden suurenematta) (karbonaattimineraalien määrä enintään 15 p-%) /2/</li> <li>- pitkäaikainen biologinen kestävyys (vedenläpäisevyyden suurenematta) (organisen aineksen määrä enintään 2 p-%) /2/</li> <li>- jäätyminen sieto /routimattomuus (vedenläpäisevyyden suurenematta)</li> <li>- yhteensopivuus keinotekoisien eristeen kanssa (tiivis kontaktipinta, kemiallinen yhteensopivuus)</li> <li>- teollisuuden sivutuote, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>- materiaalin rakennettavuus (tiivistettävyyys, "säänkestävyys")</li> <li>- mineraalimaasta rakennetun tiivistyskerroksen paksuuden on oltava tavanomaisen jätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla vähintään 0.5 m ja ongelmajätteen kaatopaikalla vähintään 1.0 m /V/Np 861/97/</li> <li>- tiivistetyn rakenteen homogeenisuus ja materiaalin tasalaatuisuus</li> <li>- säänkestävyys (lämpötila, sade)</li> </ul> <p>Tiivistemateriaalin-/kerroksen "diffuusio / adsorptio-ominaisuudet" sekä haitta-aineiden diffuusio tiivistekerroksen läpi ja niiden pidättäytyminen tiivistekerrokseen on osoitettava laskelmin. Laskelmien tiivistemateriaalia koskevat lähtötiedot on tutkittava tai ne on muulla tavalla osoitettava tapauskohtaisesti luotettaviksi.</p>
<p>Kaatopaikan <u>alusrakenteen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- muodostaa riittävän tukeva ja stabiili alusta pohjavedensuojusrakenteille sekä rakenteiden rakentamisen aikana että pitkäaikaisesti päälle tulevan kaatopaikkapenkereen rasitukset huomioonottaen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- riittävä kantavuus /2/</li> <li>- kantavuusvaatimus karkearakeiselle pohjalle <math>E_2 \geq 45</math> MN/m<sup>2</sup></li> <li>- kantavuusvaatimus hieno- ja sekarakeiselle pohjalle <math>E_2 \geq 20</math> 45 MN/m<sup>2</sup></li> <li>- kantavuussuhde <math>E_2/E_1 \leq 2,2</math></li> <li>- riittävä painumattomuus</li> <li>- tiivistysrakenteen materiaalin kulkeutumisen estäminen alaspäin (suodatinkriiteeri)</li> </ul>
<p><u>Geologinen este</u></p> <p>Geologisen esteen tulee antaa riittävä "attenuaatio" estämään pohjaveden ja maapohjan pilaantumisriski. Mikäli geologinen este ei täytä vaatimuksia, tehdään rakennetut tiivistyskerrokset perusmaan / alusrakenteen päälle.</p>	<p>Kaatopaikan maaperälle (kivennäismaa tai kallio) asetetaan seuraavat vaatimukset (jolloin ei tarvita keinotekoista tiivistyskerrosta):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kaatopaikan maaperän on oltava kantava (kts. alusrakenne)</li> <li>- kaatopaikan maaperän on täytettävä sellaiset veden kyllästäjän maan vedenläpäisevyys- (k) ja paksuusvaatimukset, että niiden yhdistetty vaikutus vastaa seuraavilla kaatopaikoilla vähintään seuraavia vaatimuksia</li> <li>- vaarallisen jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-9}</math> m/s; paksuus <math>\geq 5</math> m</li> <li>- tavanomaisen jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-9}</math> m/s; paksuus <math>\geq 1</math> m</li> <li>- pysyvän jätteen kaatopaikka: <math>k \leq 1.0 \times 10^{-7}</math> m/s; paksuus <math>\geq 1</math> m</li> </ul> <p>"Puhtaan" geologisen esteen tulee olla luonnontilainen ja luonnostaan huonosti vettä läpäisevää eikä sitä kerrosta saa keinotekoisesti parantaa.</p>

## Liite D: Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset

	<p><b>Kaatopaikan <u>pintaeristyksen</u> yleiset, eri kerroksille yhteiset toimivuusvaatimukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pintaeristyksen tehtävänä on rajoittaa kaatopaikan passiivisen vaiheen aikana / käytöstä poistamisen jälkeen sade- ja pintavaluntavesien imeytyminen jätepenkereeseen ja siitä seuraava likaantuneen suotoveden muodostuminen ja haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön (pidetään puhtaat vedet ja likaantuneet suotovedet erillään)</li> <li>- Tiiviin pintaeristyksen avulla tehostetaan kaasun talteenottoa ja vähennetään kaatopaikkojen ympäristöhaittoja.</li> <li>- Kestävyys fysikaalisia kuormituksia vastaan</li> <li>- Kestävyys kemiallisia rasituksia vastaan</li> <li>- Ominaisuuksien pysyvyys</li> <li>- Luiskien (rajapintojen) pysyvyys</li> </ul>
--	--

<b>Kaatopaikan <u>pintaeristyksen</u> kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Materiaaliilta edellytettävä ominaisuus / rakennesuositus</b>
<p><u>Kasvukerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toimia kasvien kasvualustana</li> <li>- edistää pintavaluntaa</li> <li>- kaatopaikka-alueen maisemointi</li> <li>- metaanin ja hajukaasujen hapettaminen yhdessä pintakerroksen kanssa</li> <li>- toimia kuormitusta kantavana kerroksena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- humusmaata tai muuta sopivaa kasvualustaa</li> <li>- eroosiokestävyys</li> <li>- kerroksen paksuuden on oltava riittävä istutettavan kasvillisuuden juuriston syvyys huomioon ottaen</li> <li>- riittävä kantavuus / kuormituskestävyys (jälkikäytöstä riippuen)</li> </ul>
<p><u>Pintakerroksen</u> tehtävänä on (yhdessä kasvukerroksen kanssa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toimia mineraalisen tiivistyskerroksen routasuojauksena</li> <li>- estää mineraalisen tiivistyskerroksen kuivumista</li> <li>- edistää pintavaluntaa</li> <li>- suojata alempia kerroksia kasvien juurilta</li> <li>- edistää kaatopaikka-alueen maisemointia ja jälkikäyttöä</li> <li>- tulipalojen estäminen</li> <li>- metaanin ja hajukaasujen biologinen hapettaminen (jos kaatopaikalla ei ole kaasunkeräysjärjestelmää)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vettä pidättävää luonnonmaa-ainesta</li> <li>- kaatopaikkakelpoisuus (teollisuuden sivutuotteet, /10/)</li> <li>- eroosion kestävä</li> <li>- "juuristo- / kasvuystävällistä"</li> <li>- leikkauslujuus ja kantavuus riittäviä</li> <li>- vähimmäispaksuus 1,0 m /3/ (routasuojausvaatimus paikallisesti)</li> <li>- tiiviys (juuriston haitallisen tunkeutumisen ehkäiseminen)</li> </ul>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- salaojakerroksen ja pintakerroksen toisistaan erottaminen</li> <li>- estää pintakerroksesta irtoavan (suotoveden mukana kulkeutuvan) kiintoaineksen kulkeutuminen salaojakerrokseen</li> <li>- estää salaojakerroksen tukkeutuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suodatinkriteerit täyttävä mineraalimaa</li> <li>- suodatinkangas (luokka =&gt; III / NordGeoSpec N3, paino 200 g/m<sup>2</sup>)</li> <li>- teollisuuden sivutuotteet, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>- suodatinkriteerin tulee täytyä salaojakerrosta vastaan</li> </ul>

**Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)**

Tehtävä / toimivuusvaatimus	Materiaaliilta edellytettävä ominaisuus / rakennesuositus
<p>Kuivatuskerroksen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alentaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta</li> <li>- johtaa yläpuolisten kerrosten läpi suotautuva vesi pois rakenteesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pitkäaikainen kemiallinen kestävyys ; mineraalimaa CaCO pitoisuus &lt; 20 p-% /3/</li> <li>- pitkäaikainen mekaaninen kuormituskestävyys (kokoonpuristuvuus)</li> <li>- hydraulisten ominaisuuksien (vedenläpäisevyys, vedenjohtavuus) pysyvyys</li> <li>- rakeisuus (16-32 mm), huokostila (vedenläpäisevyys <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s ) ja raemuoto (pyöreärakeista) /3/</li> <li>- teollisuuden sivutuote/uusiomateriaali, huokostila (vedenläpäisevyys <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s), ympäristökelpoisuus /10/)</li> <li>- geomatto (soveltuvuus osoitettava)</li> <li>- kerroksella on oltava riittävä eroosiokestävyys</li> <li>- kerroksella on oltava riittävä stabiliteetti luiskissa</li> <li>- vähimmäispaksuus 0,5 m /3/</li> <li>- pinnan vähimmäiskaltevuus 5 % /3/</li> </ul>
<p>Keinotekoisien eristeen yläpuolisen suojakerroksen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suojata keinotekoista /eristettä</li> </ul> <p>Jos keinotekoista eristettä ei asenneta, niin tämän kerroksen korvaa suodatinkerros, jonka tehtävänä on erottaa salaojakerros ja tiivistyskerros toistaan, jolloin sitä koskevat suodatinkerrosta yleensä koskevat rasitukset ja vaatimukset.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- yhteensopivuus (kemiallinen, mekaaninen) keinotekoisien eristeen kanssa</li> <li>- riittävä kitka keinotekoisien eristeen rajapinnassa</li> <li>- rakeisuus (kivennäismaa 0...2 mm) /2/</li> <li>- geotekstiili / kuitukangas, paino vähintään 1200 g/m<sup>2</sup> /2/</li> <li>- teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali (kaatopaikkakelpoisuus, ympäristökelpoisuus täyttävä, PIPO-ohjeavrot)</li> <li>- mineraalimaakerroksen paksuus vähintään 0,1 m /3/</li> </ul>
<p>Keinotekoinen eriste joko toimii itsenäisenä / ainoana tiivistyskerroksena tai se täydentää tarvittaessa tiivistyskerrosta ja sen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estää sadevesien imeytyminen jätetäyttöön</li> <li>- tehostaa kaasujen keräilyä</li> <li>- estää kasviston juurien tunkeutuminen tiivistyskerrokseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- muodonmuutoksen kestävyys (painumansietokyky / muodonmuutoskestävyys)</li> <li>- kemiallinen kestävyys kaatopaikkakaasujen suhteen</li> <li>- biologinen kestävyys</li> <li>- kaatopaikkakaasun koostumus</li> <li>- kestävyys UV-säteilyä vastaan (rakennusaikana)</li> <li>- roudankestävyys /3/</li> <li>- yhteensopivuus mineraalisen tiivistyskerroksen kanssa (mm. kemiallinen yhteensopivuus, rajapinnan kitka &gt; stabiliteetti)</li> <li>- yleensä geomembraani (HDPE), paksuus <math>\geq 2</math> mm /2/</li> <li>- riittävä keinotekoisien eristeen ja yläpuolella olevan suodatinkerroksen välinen kitka (liukuminen, luiskien stabiliteetti)</li> </ul>
<p>Tiivistyskerroksen tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vähentää sadevesien imeytymistä jätepenkereeseen</li> <li>- ohjata kaasun purkautumista kaasunkeräyskerrokseen</li> <li>- toimia keinotekoisien eristeen tukikerroksena ja suojakerroksena (alaspäin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- perusratkaisussa <math>k &lt; 1 \times 10^{-9}</math> m/s /3/</li> <li>- (mineraalimateriaalin) leikkauslujuus vähintään 50 kN/m<sup>2</sup> /3/</li> <li>- muodonmuutoskestävyys (vedenläpäisevyyden pysyvyys muodonmuutostilanteessa): itsekorjautuminen</li> <li>- savipitoisuus (&lt;0.002 mm) vähintään 14 %, &gt; 10 % savimineraaleja /2/</li> <li>- plastisuusindeksi (savi) &gt; 10 %, juoksuraja &gt; 90 % /2/</li> <li>- kuivumisen sieto (halkeilematta) (vedenpidätyskyky), tilavuuskuivumiskutistuma &lt; 5% /2/</li> <li>- pitkäaikainen kemiallinen kestävyys (vedenläpäisevyyden suurenmatta) (karbonaattimineraalin määrä enintään 15 p-%) /3/</li> <li>- pitkäaikainen biologinen kestävyys (vedenläpäisevyyden suurenmatta) (orgaanisen aineksen määrä enintään 2 p-%) /3/</li> <li>- jäätyminen sieto /routimattomuus (vedenläpäisevyyden suurenmatta)</li> <li>- yhteensopivuus keinotekoisien eristeen kanssa (tiivis kontaktipinta, kemiallinen yhteensopivuus)</li> <li>- teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>- materiaalin rakennettavuus (tiivistettävyyden, "säänkestävyys")</li> <li>- mineraaliosan vaihtohtomateriaali (vastaavuus osoitettava: ohennettu mineraalieriste, bentoniittimatto, muut korvaavat materiaalit</li> <li>- mineraalisen tiivistyskerroksen (savi, siltti, silttimoreeni, maabentonitti, teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali) minimipaksuus 0,5 m /3/</li> <li>- materiaalin homogeenisuus</li> <li>- säänkestävyys (lämpötila, sade)</li> </ul>



<b>Kaatopaikan pintaeristyksen kerroskohtaiset toimivuusvaatimukset ja materiaali-/rakennevaatimukset ja -suositukset (kerrokset yllä olevan periaatekuvan mukaiset)</b>	
<b>Tehtävä / toimivuusvaatimus</b>	<b>Materiaaliilta edellytettävä ominaisuus / rakennesuositus</b>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erottaa tiivistyskerros ja kaasunkeräyskerros toisistaan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>suodatinkriteerit täyttävä mineraalimaa</li> <li>teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>suodatinkangas (luokka =&gt; III / NordGeoSpec N3, paino 200 g/m<sup>2</sup>)</li> <li>suodatinkriteerin tulee täytyä kaasunkeräyskerrosta vastaan</li> <li>kestävyys aggressiivisia kaasukomponentteja vastaan</li> <li>mineraalikerroksen paksuus vähintään 0,1 m /3/</li> </ul>
<p><u>Kaasunkeräyskerroksen</u> (ja putkiston) tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kerätä ja johtaa jätepenkereestä syntyvä kaasu edelleen käsiteltäväksi</li> </ul> <p>Kaasunkeräyskerrokseen tai sen alapuolelle voidaan tehdä <u>kosteuden jakokerros mahdollisine kasteluputkistoineen</u>, jos jätemassaa kastellaan kaasunmuodostuksen (biologisen hajoamisen) tehostamiseksi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hyvin kaasua johtavaa materiaalia (kaasunkeräyskyky / kaasunläpäisevyys)</li> <li>kestävyys aggressiivisia kaasukomponentteja vastaan</li> <li>kestävyys (mahdollisia) suotovirtauksia vastaan</li> <li>kestävyys kaasusta peräisin olevien ainesosien aiheuttamaa tukkeutumista vastaan</li> <li>karkea lajittunut maa-aines</li> <li>teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>geomatto (soveltuvuus osoitettava)</li> <li>mineraalisen kerroksen paksuus vähintään 0,3 m /3/</li> <li>putket HDPE (PEH, PN 10, reikien määrä 5 % putkipinta-alasta)</li> </ul>
<p><u>Kasteluputkiston</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>johtaa vettä kostutuskerroksen kautta jätetäyttöön</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pitkäaikainen kemiallinen kestävyys (materiaali - HDPE ?)</li> <li>pitkäaikainen mekaaninen kuormituskestävyys (rengasjäykkyys)</li> </ul>
<p><u>Suodatinkerroksen</u> tehtävänä on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erottaa esipeittokerros ja kaasunkeräyskerros toisistaan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>suodatinkriteerit täyttävä mineraalimaa</li> <li>suodatinkangas (luokka =&gt; III / NordGeoSpec N3, paino 200 g/m<sup>2</sup>)</li> <li>suodatinkriteerin tulee täytyä kaasunkeräyskerrosta vastaan</li> <li>kestävyys aggressiivisia kaasukomponentteja vastaan</li> <li>teollisuuden sivutuote / uusiomateriaali, ympäristökelpoisuus /10/</li> <li>mineraalikerroksen paksuus vähintään 0,1 m /3/</li> </ul>
<p><u>Esipeittokerroksen</u> on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>muodostettava riittävän tasainen pinta ja kantava alusta ylemmille kerroksille</li> <li>estettävä alla olevan jätteen ja yläpuolella olevan suodatinkerroksen materiaalin sekoittuminen toisiinsa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ylijäämää tai muu luonnonmaa-aines</li> <li>teollisuuden sivutuote /uusiomateriaali (kaatopaikkakelpoisuus)</li> <li>riittävästi kaasua läpäisevää</li> <li>ympäristökelpoisuusvaatimukset täyttävä /10/</li> <li>vähimmäispaksuus 0,3 m (mineraalikerros)</li> </ul>
<p><u>Jätetäyttö</u></p> <p>Jätetäytön (yläpinnan) on muodostettava riittävän tukeva ja stabiili alusta pintaeristykseksi sekä rakenteiden rakentamisen aikana että pitkäaikaisesti</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>jätepenkereen pinta on muotoiltava siten, että sen kaltevuudet ovat tehokkaan pintakuivatuksen ja kuivatuskerroksen toiminnan kannalta riittävät jätepenkereen painumisenkin jälkeen</li> <li>kaltevuudet muotoiltava toisaalta siten, että ne ovat riittävän loivat pintaeristyksen stabiliteettia (liukumisen estymistä) silmälläpitäen</li> </ul>

## Liite E: Tiivistyskerroksen materiaalista tutkittavat ominaisuudet ja testausmenetelmät

Tuotehyväksyntää varten (ja tuotteen kehittämiseksi yleensäkin) tarvittavia ominaisuuksia ja niiden tutkimusmenetelmiä on esitetty taulukossa 1. Tutkittavia ominaisuuksia koskevia vaatimuksia ja suosituksia sekä eri ominaisuuksien määritelmiä on esitetty tarkemmin oppaassa: Kaatopaikan tiivistysrakenteet, Ympäristöopas 36, Suomen ympäristökeskus, Helsinki 1998 /2/.

Tässä esitetty kaatopaikkarakentamisen tiivisterakenteiden materiaalien tuotehyväksyntämenettely on laadittu mineraalimateriaalien hyväksynnän näkökulmasta. Mineraalimateriaaleista poikkeavien materiaalien osalta menettelytavat, etenkin tutkittavat ominaisuudet ja niiden testausmenetelmät ovat yksityiskohdissaan vielä puutteellisia. Poikkeavan materiaalin testausmenetelmien ja tuotehyväksyntämenettelyiden kehittämisvastuu (mineraalisille materiaaleille laadittujen menettelyiden soveltaminen) on materiaalin tuottajalla / tuotehyväksynnän hakijalla.

Taulukko 1. Tiivistyskerroksen materiaalista tutkittavat ominaisuudet.

Merkinnät: X aina, o tarvittaessa, ? tarve/keinot auki									
Tässä listassa luetellut kokeet ovat osin pakollisia, osin informatiivisia ja osin pitkäaikaiskestävyyttä indikoivia. Tehtävät kokeet vaihtelevat materiaaleittain ja käyttökohteittain sekä jossain määrin myös siitä, käytetäänkö materiaalia pohja- vai pintaeristeessä	savi, siltti, moreeni	maabentoniitti	tiivis asfaltti (ABT) <sup>1)</sup>	turve	kuitusavi	PIMA-stabiilaatit	Viranomaisvaatimus/-suositus	Menetelmät	Ohjelmat /LandSim & Help
Rakeisuus (saviprocentti)	X	X		?	?	X	●	SFS-EN 993-1/-2 <sup>2)</sup>	
Tiivistävyys / proctor-koe	X	X		X	X	X	●	prEN 13286-2	
Tiivistävyys / ICT	o	o	X	o	o	o		menettely avoin	
Konsistenssirajat (plastisuus)	X	X			X	X	●	GLO-85 <sup>3)</sup> ASTM D4318	
Vesipitoisuus (vaikutus tiiveyteen)	X	X		X	X	X		GLO-85	(*)
Orgaanisen aineksen määrä (runkoaineesta)	X	X		?	X	X	●	GLO-85, ASTM D2974	
Kiintotiheys	X	X	o		X	X		SFS-EN 1097-7	(*)
Huokoisuus / huokoskokojakautuma / tyhjättila	X	X	X	X	X	X		ABT: PANK 4110	*
Ominaispinta-ala (typpiadsorptio)	X	X			?	X		PANK 2401	
Paisumiskyky (paisumisindeksi)		X				o		ASTM D4829, ASTM D5890	
Erialaisten savimineraalien määrä	X	X			?		●	ASTM C837, VTT/GTK-men. <sup>4)</sup>	
Liukeneva suolamäärä	X	X		X	X	X	●	ASTM D4542-95	
pH	X	X		X	X	X		ISO 10390, ASTM D4972	
Karbonaattipitoisuus	o	o			X	X	●	DIN 18129, ASTM D4373	
Ioninvaihtokapasiteetti / adsorptiokyky	X	X		X	X			GTK -menetelmä, <sup>4)</sup>	(*)
Orgaanisen hiilen määrä	X	X		X	X			GTK -menetelmä	(*)
Biohajoavuus (aerobinen ja anaerobinen)				X	X	o	o	OECD 301F, ASTM D5210, ISO/DIS	
Vedenpidätyskyky	X	X		X	X	X		DIN 18132, ASTM D3152, ASTM D2325	(*)
Tilavuuskutistuma - kuivumisesta	X	X		?	X	X	●	ASTM D427, ASTM D4943	
Routivuus	X	X		?	X	X	o	VTT -menetelmä, <sup>4)</sup>	
Terminen rasituskestävyys	o	o	X	o	o	X		ABT: PANK 4302	

Merkinnät: X aina, o tarvittaessa, ? tarve/keinot auki										
Tässä listassa luetellut kokeet ovat osin pakollisia, osin informatiivisia ja osin pitkäaikaiskestävyyttä indikoivia. Tehtävät kokeet vaihtelevat materiaaleittain ja käyttökohteittain sekä jossain määrin myös siitä, käytetäänkö materiaalia pohja- vai pintaeristeessä	savi, siltti, moreeni	maabentonitiitti	tiivis asfaltti (ABT) <sup>1)</sup>	turve	kuitusavi	PIMA-stabilaatit	Viranomaisvaatimus/-suositus	Menetelmät	Ohjelmat /LandSim & Help	
Lämpöliikkeet ja niiden kestävyys			X			X		ABT: PANK 4302		
Muodonmuutoskyvyn varmistaminen	o	o	o	X	X	X	o	Viitteet /1/ ja /2/		
Kokoonpuristuvuus / ödometriko	X	?		X	X	o	o	prCEN ISO/TS 17892-5, ASTM D2435		
Lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (kolmiaksaaliko, rasialeikkauskoe, HVL-koe)	X	X	X	X	X	X	o	prCEN ISO/TS 17892-9 / 17892-10, PANK 3202		
Vedenläpäisevyys <sup>5)</sup> . Toteutus: 2 - 3 tiiveyttä ja vesi + 1 tiiveys ja suotovesi / tarvittaessa myös jäädytys-sulatus -syklit.	X	X	X	X	X	X	•	ASTM D5084, ASTM D4511, ASTM D6035, prCEN ISO/TS 17892-11	*	
Ympäristökelpoisuus	Teollisuuden sivu-tuotteet ja lisäaineet - erilliset ohjeet.								PIPO -projektissa määritellyt menetelmät, taulukko 2 /10/	

#### Taulukon selityksiä:

- 1) Raaka-aineiden ja massan vaatimukset Asfalttinormit 2000 ja sen lisälehdet 2003 mukaan.
  - 2) pesuseulonta + areometri / sedigrifi / laseranalysointori: PANK-2101 tai PANK-2102 tai GLO-85
  - 3) CEN valmistelea ohjetta prCEN ISO/TS 17892-12:2003
  - 4) Tutkimuslaitos- / maakohtaisia menetelmiä
  - 5) joustavaseinäinen vedenläpäisevyyskoe tai vastaava
- Viranomais- • vaatimus o suositus

Ohjelmat: \* parametria käytetään sellaisenaan ohjelmassa (\*) parametria käytetään "välillisesti" ohjelmassa

Viitteet:

/1/ Geotechnics of Landfill. Design and Remedial Works, Technical Recommendations 1993, s.42. Assessment of Mineral Sealing Layer Deformation.

/2/ Ir. Jack Wammes. TRISOPLAST The new standard for soil protection

#### Taulukon 1 soveltaminen

- Taulukossa 1 mainituista ominaisuuksista on aina tutkittava ne, joille on esitetty viranomaisvaatimukset tai -testaus-suositukset. Osa testeistä ei koske kaikkia materiaaleja / rakenteita. Osa ominaisuuksista on tarpeen selvittää materiaalin pitkäaikaiskäyttötymisen arvioimiseksi. Jos jotakin ominaisuutta ei jostain syystä määritetä, on syy siihen mainittava.
- Taulukossa 1 esitetyt selvitykset ja määritykset eivät missään muodossa osoita materiaalin pitkäaikaiskestävyyttä erilaisissa rakenteissa tai vaihtelevissa olosuhteissa.
- Taulukon 1 menetelmät kattavat nykyisin markkinoitavat tai käytössä olevat materiaalit tämän hetkisen yleisessä käytössä olevan tietämyksen pohjalta. Uudet materiaalit ja rakenneratkaisut tutkitaan soveltaen nykyisten materiaalien testausmenetelmiä ja tarpeen vaatiessa kehittämällä uusia menetelmiä. Soveltamisesta saa ohjeita tuotehyväksynnän asiantuntijaryhmältä.

## Taulukon materiaalityypit

### Savi, siltti, moreeni

Nämä ovat kotimaisia luonnon mineraalimateriaaleja. Moreeni voi olla myös käsiteltyä siten, että siitä on poistettu käytön kannalta liian karkea aines. Luonnon materiaaliin ei ole lisätty mitään sen ominaisuuksia muuttavaa lisäainetta.

Jos luonnonmateriaaliin on kuitenkin lisätty esim. sementtiä (mineraalinen, pysyvä ainesosa), jolla ei muuteta alkuperäisen materiaalin lujuutta tai siitä tehdyn kerroksen tiiveyttä, vaan sementti on vain tarkoitettu savimassan kosteuden alentamiseen (käsittelyn ja tiivistyvyyden parantamiseen), voidaan tällainen materiaali tutkia luonnonmateriaalien tapaan. Tällöin on kuitenkin sementin määrän käyttö oltava hallittua ja koekoe on varmistettava myös se, että sementti ei aiheuta materiaalin sellaista lujittumista tai muuta muutosta, joka olisi haitallinen materiaalin läpäisevyysominaisuuksille pitkälläkään aikavälillä.

### Maabentoniitti

Mineraaliseen runkoaineeseen on lisätty bentoniittia lopputuotteen vesitiiviyyden parantamiseksi. Runkoaine voi olla hiekkaa, moreenia, murskettä tai muuta rakeista materiaalia. Runkoaine voi olla myös rakeista teollisuuden sivutuotetta. Bentoniittiin voi olla lisätty lopputuotteen ominaisuuksia parantavia lisäaineita.

### Tiivis asfaltti (ABT)

Asfaltti, joka on tehty nimenomaan vesitiiveyttä edellyttävissä eristysrakenteissa käytettäväksi. Tällä hetkellä on käytössä tuotenimikkeillä "Lemdense" ja "Lemproof" markkinoitavat tiiviit asfaltit (Lemminkäinen Oy).

### Turve

Eristysrakenteisiin käytettäväksi kehitetty erikoisturve. Tällä hetkellä markkinoilla on vain "Tiivisturve"-nimikkeellä kaatopaikkakäyttöön markkinoitava turve (Vapo Oy).

### Kuitusavi

Puunjalostusteollisuuden sivutuotteista eristysrakenteissa käytettäväksi kehitetty materiaali. Kuitusavi sisältää paperitehtaiden kuitulietettä ja yleensä myös energiatuotannon tuhkaa. Seoksessa voi olla myös seosaineita, jotka parantavat materiaalin ominaisuuksia eristysrakennuskäytössä. Tällä hetkellä markkinoilla on kaatopaikkakäyttöön tarkoitettu "FINNCAO L8"-tuotenimellä markkinoitava kuitusavituote (Finncao Oy).

### PIMA-stabiliaatit

Pilaantuneista maista käsittelemällä (prosessoimalla) tehtyjä pintaeristysrakennuskäyttöön tarkoitettuja materiaaleja. Pilaantunut maa on yleensä runkoainetta ja tiiviys saa-

daan aikaan esim. bentoniitilla. Käytettävät materiaalit on aina todettava ympäristökelpoisiksi.

## Ympäristökelpoisuus

*Taulukko 2. Eristemateriaalien ympäristökelpoisuuden arviointiin soveltuvat tutkimusmenetelmät /10/*

Eristekerros	Ominaisuus	Soveltuvat menetelmät	Saatu tieto	HUOM!
Kaikki kerrostyypit	Kokonaispitoisuusmääritys	Mikroaaltounihajoitus (prEn 13656) Kuningasvesiuute (prEN 13657) Röntgen Sulate	Haitallisten aineiden tunnistus	Varmistettava menetelmän (mm. uutto-liuksen ja esikäsitellytavan) soveltuvuus ko. testimateriaalille
Kaikki	Orgaaniset haitta-aineet	Maaperä, liettestandardoinnissa kehitetyt menetelmät	Haitallisten aineiden tunnistus	Standardointi alkanut
Kaikki	Kuiva-ainepitoisuus	Kuiva-ainepitoisuus 105 °C.	Materiaalin karakterisointi. Perusparametri päästöjen laskennassa.	Standardimenetelmät valmistumassa
Kaikki	Orgaanisen aineen osuus	TOC-määritys (EN13137) Hehkutushäviö	Materiaalin karakterisointi (erityisesti biohajoavuustutkimuksia varten)	Standardimenetelmä valmistumassa
Pohjarakenteen tiivistyskerros	Liukoisuusominaisuus	Sellitesti tai NEN7343 (NT ENVIR 002)	Simuloi aineiden liukenemista tiiviin sivutuotekerroksen läpi. Tuloksia voidaan käyttää kelpoisuusarvioinnissa.	
Pintakerros, kuiva- tuskkerros	Liukoisuusominaisuus	TS14405, NEN7343 ja Nordtest NT ENVIR 002	Simuloi aineiden liukenemista sivutuotteesta, jonka materiaalikerroksen läpi suotautuu vettä. Tuloksia voidaan käyttää kelpoisuusarvioinnissa.	Uusi CEN-menetelmä valmistumassa (testiolosuhteet tarkemmin kuvattuna)
Pintarakenteen tiivistyskerros	Liukoisuusominaisuus	NVN 7347, NEN 7343 (NT ENVIR 002) tai sellitesti	Simuloi pintaliukenemista diffuusion tai pintahuuhtoutumisen perusteella (rakenne pysyvä ja vedenläpäisevyys alle $10^{-9}$ m/s) tai kolonnitesti/sellitesti (rakenteeseen tulee murtumia tai vedenläpäisevyys yli $10^{-9}$ m/s) Tuloksia voidaan käyttää kelpoisuusarvioinnissa.	
Kaikki	Liukoisuusominaisuus	ANC-menetelmä prEN14429 pH-staattinen testi	Simuloi pH-muutosten vaikutusta aineen liukoisuuteen.	Standardimenetelmäluonnokset valmistumassa
Pinta- ja pohjarakenteen tiivistyskerros	Biohajoavuus	OECD-menetelmä ISO/ASTM-menetelmä	Materiaalin orgaanisen osan biologinen hajoaminen hapellisessa tai hapettomassa liuosympäristössä	Menetelmät kehitetty kemikaalien ja polymeerien biohajoavuuden toteamiseen

## Liite F: Geosynteettisten tuotteiden testausmenetelmät

Taulukko 1. Bentoniittimattojen tärkeiden ominaisuuksien testausmenetelmät.

Ominaisuus	Testausmenetelmä
Kankaiden neliöpaino	EN 965
Vetolujuus	EN ISO 10319
Murtovenymä	EN ISO 10319
Repimislujuus	EN ISO 10319
Puhkaisulujuus	EN ISO 12236
Bentoniitin määrä	ASTM D5993-96
Bentoniitti- (montmorillonitti) pitoisuus	XRD metyleenisinikoe VDG P 69
Toimitusvesipitoisuus	uunikuivaus
Orgaanisen aineksen määrä	termoanalyysi
Bentoniitin paisumisindeksi	ASTM D 5890
Bentoniitin veden adsorptio	DIN 18132 (24 h)
"Fluid loss"	ASTM D 5891
Läpäisevä vesimäärä	ASTM D 5887-95
Paksuus	EN 964-1
Bentoniittimaton ja geomembraanin kontakti	ASTM D5321-02 (soveltaen)

Taulukko 2. Geomembraanien tärkeiden ominaisuuksien testausmenetelmät.

Ominaisuus	Testausmenetelmä
Mikro-organismit	EN ISO 846
Juuret	prEN 14416
Vetomyötölujuus	EN ISO 527-3
Myötövenymä	EN ISO 527-3
Murtolujuus	EN ISO 527-3
Murtovenymä	EN ISO 527-3
Repimislujuus	DIN 53515
Puhkaisulujuus (Static puncture test)	EN ISO 12236
Käyttäytyminen kaksiaksisiaalisessa vetokokeessa	DIN 53861-1
Jännityshalkeilunvastus (Stress Crack Resistance)	ASTM D 5397
Hiilimustan määrä <sup>1)</sup>	EN ISO 11358
Hiilimustan dispersio <sup>1)</sup>	ASTM D 5596-94
Sulamisindeksi <sup>1)</sup>	DIN ISO 1133
Oxidative Induction Time <sup>1)</sup>	EN 728
UV-kestävyys	EN 12224
Paksuus	DIN 16726, DIN 53370

Taulukko 3 Suojageotekstiilien tärkeiden ominaisuuksien testausmenetelmät

Ominaisuus	Testausmenetelmä
Neliöpaino	EN 965
<p><b>Huomautus:</b>  <b>Jotta geomembraanin vaurioitumisriski työn aikana ja senkin jälkeen olisi mahdollisimman pieni ja tiivisterakenteen toimintakyky säilyisi mahdollisimman pitkään, suojageotekstiilille tulisi asettaa Ympäristöopas 36:ssa esitettyjä yksityiskohtaisemmat hyväksymisvaatimukset. Alla on <u>esimerkkinä itävaltalaiset testimenetelmät (ÖNORM S 2076-2) /11/</u></b></p>	
Neliöpaino	EN 965
Paksuus (2 kPa kuormalla)	EN 964
Puhkaisulujuus (CBR puncture resistance)	EN ISO 12236
Pyramidikoe (Pyramid puncture test)	(kuvattu normissa)
Vetolujuus (molemmat suunnat)	EN ISO 10319
Venymä (molemmat suunnat)	EN ISO 10319
Kemiallinen kestävyys	EN ISO 10319
Turmeltuminen	EN ISO 10319
Biologinen kestävyys	EN ISO 10319

Taulukko 4. Suodatinkankaan testausmenetelmät NordGeoSpec:n mukaisesti /4,6,7,8/.

Ominaisuus	Testausmenetelmä
Vetolujuus, minimiarvo (kN/m), $F_{a,95}$	EN ISO 10319
Murtovenymä, minimiarvo maksimikuormalla (%), $\epsilon_{a,95}$	EN ISO 10319
Reikäkoko kartiopudotuskokeessa, maksimiarvo (mm)	EN 918
Energiaindeksi, minimiarvo (kN/m), $R_{a,95}$	EN ISO 10319
Nopeusindeksi, minimiarvo ( $10^{-3}$ m/s)	EN ISO 11058
Merkitsevä aukkokoko, maksimiarvo $O_{90}$ (mm)	EN ISO 12956
Massan maksimihajonta yksikköä kohti	EN 965
Staattinen puhkaisulujuuden maksimihajonta	EN ISO 12236

## **Liite G: Yksinkertaistettu mitoitusmenettely yhdistelmä-rakenteiden vastaavuuksien ja läpäisevien haitta-aineiden määrittämiseksi**

Tuotehyväksyntään tähtäävissä materiaalitutkimuksissa eristysratkaisulle esitetään vuotovesimäärä ja epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden vapautuminen käyttäen haitta-aineiden kulkeutumistarkasteluissa äärettömän maakerroksen reunaehto. Tarkastelut suoritetaan ainakin jäljempänä esitetyillä haitta-aineilla ja muilla oletusparametrien arvoilla. Lisäksi on suositeltavaa suorittaa tarkastelu niillä tyypillisillä haitta-aineilla tai edellä esitetyillä haitta-aineryhmillä, joita sovellusratkaisussa erityisesti esiintyy. Oletusparametreilla suoritettua laskennan ohella tuotehyväksynnässä voidaan esittää esimerkiksi sovellusratkaisulle tyypillisillä haitta-aineilla vapautumisessa myös sellaiset arvot, joissa tietyn haitta-aineen pidätyminen on perustellusti huomioitu. Tarkemmin vastaavuuden arviointia on käsitelty raportissa "Pohjavedensuojusrakenteiden käyttöikäsuunnittelu ja tuotehyväksyntä" /1/.

Kumulatiivisen massamäärän esittäminen saattaa joissain tarkastelutapauksissa olla myös suositeltavaa, samoin kuin kulkeutumisen maksimoivan reunaehdon käyttö aineiden vapautusmääriä laskettaessa. Kaatopaikkakohteen suunnittelija ja lopulta tilaaja voi tämän jälkeen valita tuotehyväksytyistä materiaaleista tai rakenteista sen, joka parhaiten vastaa toimivuusominaisuuksiltaan tilaajan tarpeita.

Tällä menettelytavalla saadaan "laskennallinen käsitys" eristerakenteen toiminnasta, joka saattaa poiketa todellisesta tilanteesta niin tarkastelussa käytettyjen reunaehto (esim. ääretön maakerros) kuin oletustensakin (mm. vedenpaine korkeus, geomembraanin reikien määrä) suhteen. Kulkeutumisaikojen osalta on huomattava, että esimerkiksi orgaanisilla aineilla suurien konsentraatiosuhteiden saavuttamiseen tarvittavat laskennalliset ajat voivat olla useita tuhansia vuosia ja geomembraanien käyttöikä lasketaan pikemminkin sadoissa vuosissa.

Laskennassa tehdään seuraavat oletukset:

- haitta aineen pitoisuus  $c_0=1$  mg/l (todelliset haitta-ainemäärät saadaan kertomalla tulos todellisella haitta-ainepitoisuudella)
- veden painekorkeus  $h_w=1.0$  m
- geomembraanissa (kun se on mukana rakenteessa) on halkaisijaltaan 2 mm:n reikiä 10 kpl/ha
- peruslaskennassa pidätyiskerroin  $R=1$  sekä epäorgaanisille aineille että orgaanisille aineille



- kloridin diffuusiokerroin on  $D_0 = 20.3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  (tehokas diffuusiokerroin lasketaan tästä materiaali- ja rakennekohtaisesti)
- orgaanisen aineen diffuusiokerroin  $D_0 = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  (tehokas diffuusiokerroin lasketaan tästä materiaali- ja rakennekohtaisesti).

Lopullista kohteen toimivuusvaatimukseen pohjautuvaa suunnittelua varten tyyppihyväksyntäasiakirjoissa esitetään materiaali-kohtaiset, materiaalille määritetyt suunnitteluparametrit, joita käyttäen koko suojausrakenteen toimivuus osoitetaan. Esim. kaatopaikoissa pohjatiivisteen läpi lopulta kulkeutuva vesimäärä ja / tai veden mukana kulkeutuvat haitta-ainemäärät voivat olla hydraulisesta gradientista riippuen huomattavasti pienemmät, kuin pelkän pohjarakenteen läpi laskennallisesti kulkeutuvat määrät. Lopullinen tiivistysrakenteen toimivuus osoitetaan kohteen pohjasuhteisiin sijoitettuna, jolloin myös sijoituspaikan ominaisuudet (mm. geologinen este) tulevat otetuiksi huomioon. Todellisia mitoituksen lähtökohtia ovat mm. todelliset haitta-ainepitoisuudet ja niiden mahdollinen pienentyminen jätetäytössä ajan myötä, mahdollinen osittain kylästynyt kerros rakenteen alla, pohjaveden virtausnopeus rakenteen alla, mahdolliset haitta-aineiden alkupitoisuudet pohjavedessä jne.

Tarkemmin edellä esitettyä menettelytapaa on selostettu raportissa /1/.

## **Kirjallisuutta**

1. Pohjavedensuojausrakenteiden käyttöäsuunnittelu ja tuotehyväksyntä. VTT 2004
2. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Ympäristöopas Nro 36. Suomen ympäristökeskus 1998.
3. Kaatopaikkojen lopettamisopas. Ympäristöopas Nro 89. Suomen ympäristökeskus 2001.
4. NordGeoSpec 2002. A Nordic system for specification and control of geotextiles in roads and other trafficked areas. SINTEF & VTT.
5. prEN 13493:2002. Geosynthetic Barriers - Characteristics required for use in the construction of solid waste storage and disposal sites, and storages for hazardous solid materials (Final Draft - August 2002).
6. SFS-EN 13249 Geotextiles and geotextile-related products. Characteristics required for use in the construction of roads and other trafficked areas (excluding railways and asphalt inclusion)

7. SFS-EN 13249 Geotekstiilit ja vastaavat tuotteet. Toiminnalliset vaatimukset teiden ja muiden liikennöityjen alueiden rakentamisessa/ (lukuun ottamatta rautateitä ja asfaltilla sidottuja kerroksia)
8. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset: Penger- ja kerrosrakteet, kohta 4450 Suodatinkankaat (TIEH 2200017-v-03).
9. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/97) ja sen muutos (1049/1999)
10. Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Eskola, P., Vahanne, P., Mäkelä, E., Vikman, M., Venelampi, O., Hämäläinen, J., Frilander, R. 2004. Kaatopaikkojen tiivistysrakennemateriaaleina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuus. VTT Tiedotteita (painossa)
11. ÖNORM S 2076-2. 1.4.2001. Deponien. Geotextile Schutzlagen. Anforderungen und Prüfbestimmungen. Österreichisches Normungsinstitut.