

Tutkimuskeskus

TERRA Geo
Road
Rail



Tiivistysrakenteet

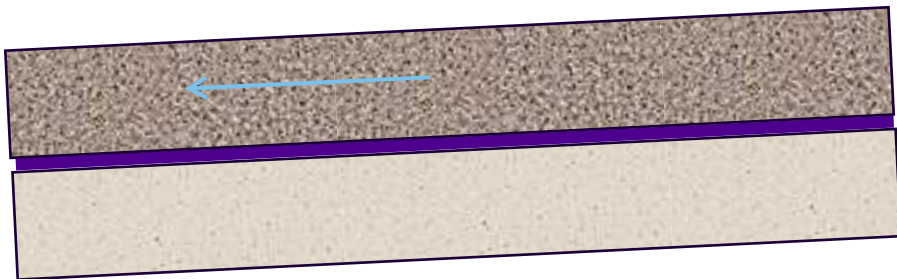
Minna Leppänen

SGY geosyntetikahvit 16.4.2026

Perusvaatimukset onnistuneelle tiivistysrakenteelle

Rakenteelliset perusedellytykset

- 1) Vesitiiviiksi saumattu tiivistyskalvo
- 2) Haitta-aineita pidättävä ja huonosti vettä läpäisevä mineraalinen tiivistyskerros
- 3) Hydraulista painetta tasaava kuivatuskerros + kaltevuus



Toteutuksen vaatimukset

- Käyttökohteen olosuhteisiin ja kuormitukseen soveltuvat materiaalit
- Osaava suunnittelija – selkeä työselitys, jossa on esitetty oleelliset vaatimukset, ja toteuttamiskelpoiset suunnitelma-
piirustukset
- Osaava rakentaja – ymmärtää laadunvalvonnan merkityksen
- Tukena riippumaton laadunvalvoja

Miksi tiivistyskalvo?

- Mineraaliset kerrokset läpäisevät **koko pinta-alaltaan** k-arvon ja hydraulisen gradientin mukaisesti
- Luonnon materiaalien ja niistä rakennettujen kerrosten ominaisuudet vaihtelevat, voi olla vettä paremmin johtavia alueita
- Vedenjohtavuuteen vaikuttavat kuivumishalkeilu, jäätymis-sulamissyklit, kasvien juuret, maaeliöiden kuten matojen toiminta, veden sisältämät aineet.
- Ehjä tiivistyskalvo ei läpäise vettä eikä haitta-aineita, virtaus tapahtuu vain mahdollisten reikien kautta
- Tiivistyskalvot ovat kemiallisesti kestäviä ja maakerrosten peittämien kalvojen käyttöikä on pitkä, jopa satoja vuosia
- Kalvo suojaa mineraalista kerrosta kuivumiselta, yläpuolisen materiaalin sekoittumiselta ja kasvien juurilta



Yhdistelmä rakenne on tehokkaampi kuin osat yksinään



Miksi mineraalinen tiivistyskerros?

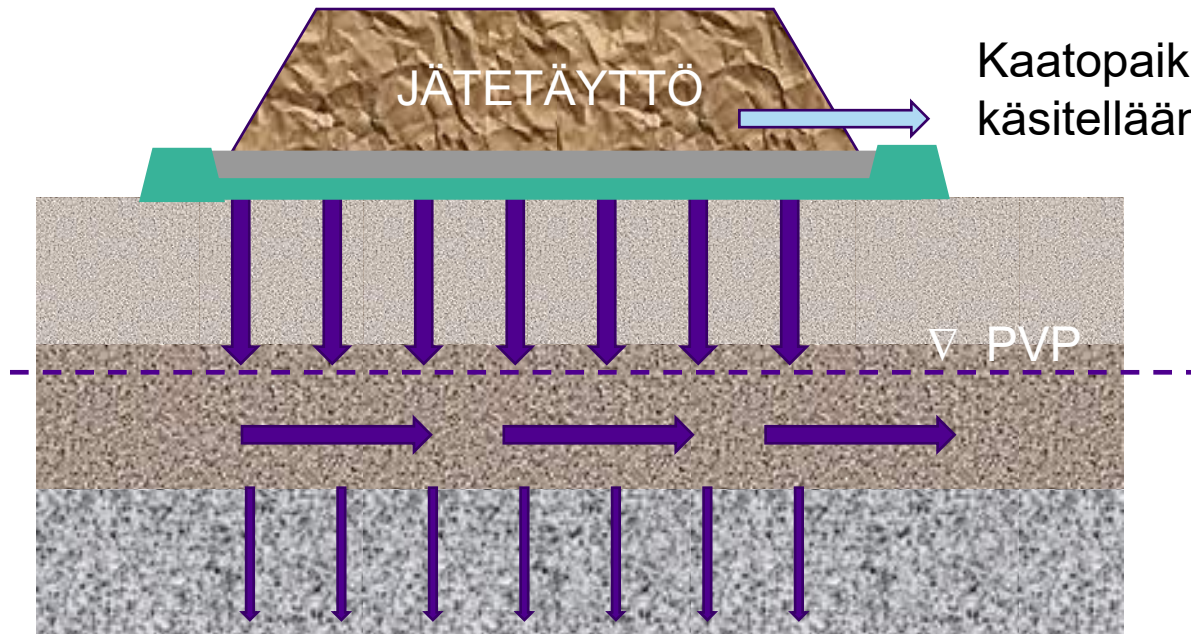
- Pelkkä kalvo yksinään ei ole tehokas eikä pitkäikäinen ratkaisu. Tiivistyskalvojen mahdolliset epäonnistuneet saumat ja muut vauriokohdat ovat mahdollisia vuotokohtia (laadunvalvonta ja ehjyyden tarkistaminen!) .
- Jos alapuolella on vettä hyvin johtavaa kerros, virtausta rajoittaa vain aukon koko.
- Virtaus voi aiheuttaa myös sisäistä eroosiota. Jos virtaus huuhtoo mukanaan hienoainesta, mineraalisen kerroksen läpäisevyys kasvaa.

TIIVISTYSKALVO



- Hienorakeinen mineraalinen tiivistyskerros suojaa tiivistyskalvoa alapuolisilta pistemäisiltä kuormituksilta ja muodostaa tasaisen ja sileän asennusalustan
- Huonosti vettä läpäisevä mineraalinen tiivistyskerros hidastaa virtausta ja mahdollistaa huokosten muodostavissa mutkitteluissa virtausreiteissä nesteen mukana kulkeutuvien haitta-aineiden pidättymisen (ioninvaihto, sorptio, pelkistyminen)
- Tiivistyskalvolla on rajoitettu käyttöikä – sen ominaisuudet alkavat heiketä tietyn ajan kuluttua. Käyttöikään vaikuttaa mm. lämpötila, UV-säteily ja happipitoisuus, kemiallinen kuormitus ja kalvon jännitystilä.
- Mineraalinen tiivistyskerros jatkaa toimintaansa, vaikka tiivistyskalvon ominaisuudet heikkenevät
- Mineraalisen tiivistyskerroksen tulee olla riittävän paksu, jotta sillä on riittävästi pidättymiskapasiteettia ja kykyä vastustaa sisäistä eroosiota

Mineraalinen tiivistyskerros + kuivatuskerros



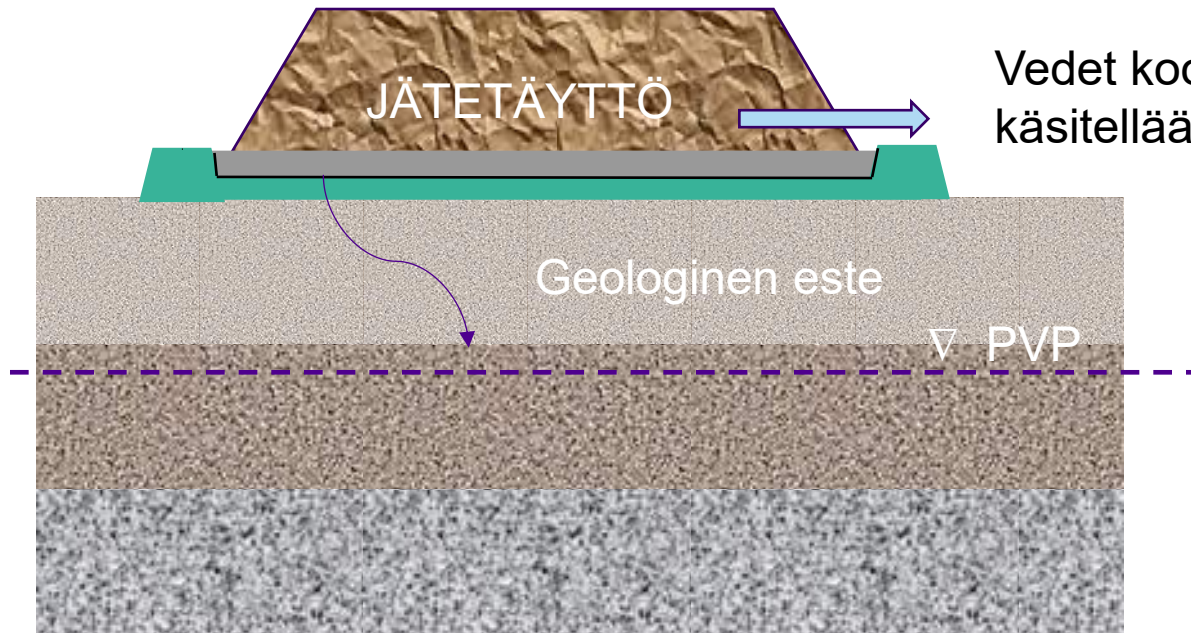
Kaatopaikkavedet kootaan ja käsitellään

Läpäisevä vesimäärä kaatopaikka-asetuksen mukaisella tiivistyskerroksella vaarattoman jätteen kaatopaikalla ($K = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ja $h = 1$ m, oletetaan veden painekorkeudeksi 1 m; $i = 2$)

1 728 l/ha/d

Vaarallisen jätteen kaatopaikalla vastaavasti ($K = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ja $h = 5$ m, oletetaan veden painekorkeudeksi 1 m; $i = 1,2$) **1 037 l/ha/d**

Yhdistelmä rakenne: Mineraalinen tiivistyskerros + keinotekoinen eriste (+ suojakerros + kuivatuskerros)



Tiivistyskalvo on vesitiivis eli läpäisemätön. Vuotokohtia ovat saumojen epäjatkuvuuskohdat ja mahdolliset vauriot.

Mineraalinen tiivistyskerros on huokoinen ja läpäisee k-arvonsa mukaisesti. Etenkin savipartikkelit pidättävät haitta-aineita

Tiivistysrakenteen tehokkuus

(Veden)läpäisevyys

Kaasunläpäisevyys

Nesteen tai kaasujen johtaminen käsittelyyn tai pois rakenteesta

Haitta-aineiden pidättäminen

Mikä on sallittu läpäisy eri käyttökohteissa?

Materiaalien ja rakenneratkaisujen valintaan vaikuttavat

Käyttökohde ja rakenteen
tehokkuusvaatimus

Vaadittu käyttöikä

Asennusolosuhteet

- esim. lämpötila

Alusrakenteen kantavuus
(vaadittu
muodonmuutoskestävyys)

Käyttöolosuhteet

- esim. UV-säteily, lämpötila,
mekaaninen kuormitus,
hydraulinen gradientti

Kemiallinen kuormitus

Luiskakaltevuus ja
materiaalien välinen kitka

Asennusalustan muoto

- kulmien, läpivientien ja muiden
detaljien määrä

Mineraalisen tiivistyskerroksen läpäisevyys

- Diffuusio on määräävä kulkeutumismekanismi, kun $k < 10^{-9}$ m/s
- Vedenläpäisevyyskoe tulee tehdä käyttötilannetta kuvaavassa kuivatilavuuspainossa ja jännitystilassa – ei kokoonpuristeta!
- Kemiallinen kuormitus voi muuttaa bentoniittiseosten ja bentoniitin läpäisevyyttä – vaikutusta voi tutkia etukäteen
- Ennakkokokeet ja koetiivistyskenttä
- **Tasalaatuisuus ja tiivistystyön laadunvalvonta!**



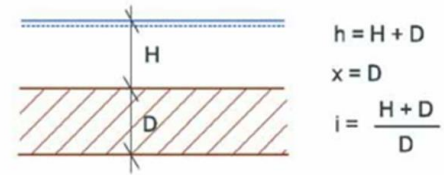
Bentoniittimaton läpäisevyys

- Tutkitaan osana valmistuksen laadunvalvontaa
- Vaikuttaa:
 - millaista bentoniittia ja paljonko
 - millaisella nesteellä hydratoituu ensimmäisen kerran
 - millaista nestettä tai kaasua läpäisee – korvautuminen johtaa bentoniitin kemialliseen rapautumiseen
 - millainen neulasidonta ja kuormitus – aina vähintään 0,3 maata päälle
 - pysyykö bentoniitti hydratoituneena (kuivuminen, jäätyminen)



Läpäisevä vesimäärä ilman tiivistyskalvoa

- Kaatopaikka-asetuksen mukaisella tiivistyskerroksella **vaarattoman jätteen** kaatopaikalla ($k = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ja $h = 1$ m, oletetaan veden painekorkeudeksi 1 m) **1 728 l/ha/d**
- Kaatopaikka-asetuksen mukaisella tiivistyskerroksella **vaarallisen jätteen** kaatopaikalla ($k = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ja $h = 5$ m, oletetaan veden painekorkeudeksi 1 m) **1 037 l/ha/d**



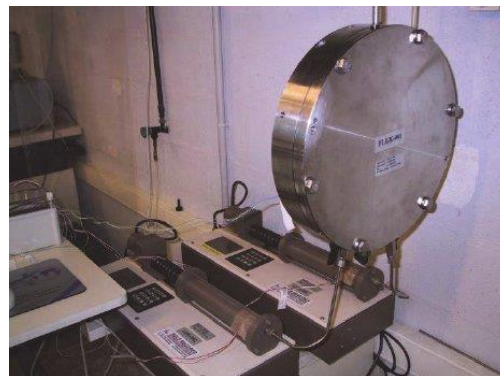
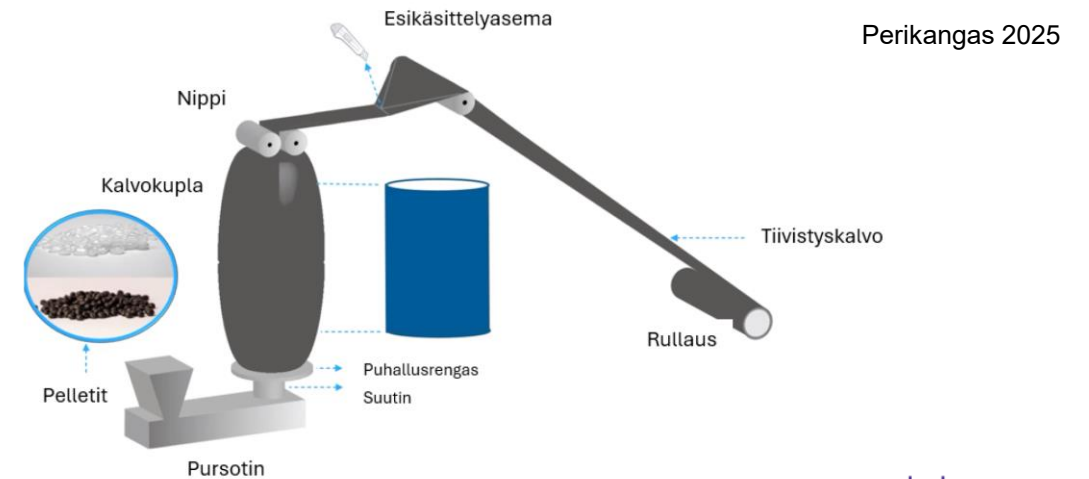
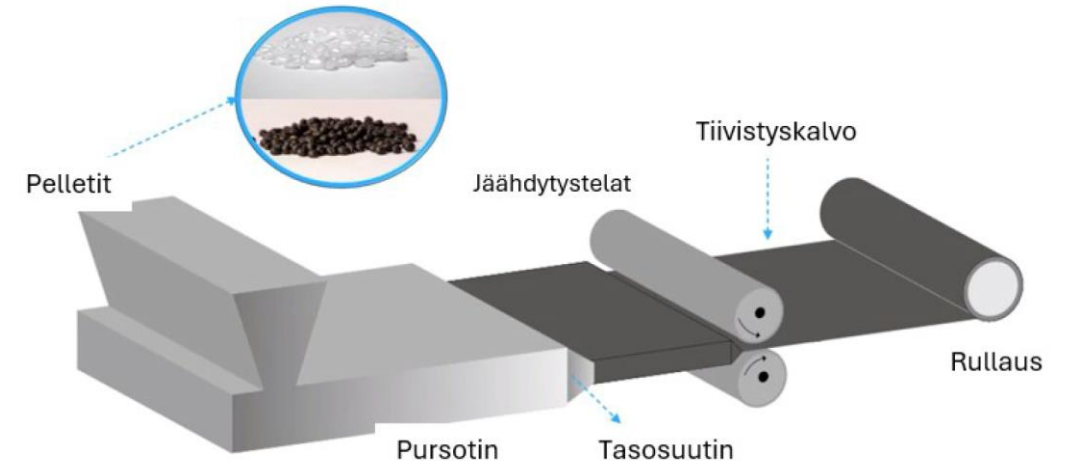
JOS

- **Vedenläpäisevyys** on 10 x suurempi ($k = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s) → läpäisevä vesimäärä on 10 x
- **Vedenläpäisevyys** on 10 x pienempi ($k = 1 \cdot 10^{-10}$ m/s) → läpäisevä vesimäärä on 1/10
- **Vedenpainekorkeus** on 10 x suurempi (10 m; ei kuivatusta),
 - läpäisevä vesimäärä on noin 5,5 x suurempi 9 504 l/ha/d vaarattoman jätteen kaatopaikalla ja
 - läpäisevä vesimäärä on noin 2,5 x suurempi 2 592 l/ha/d vaarallisen jätteen kaatopaikalla,
- **Kerrospaksuus on 0,5 m** ($k = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s)
 - läpäisevä vesimäärä on 1,5 x suurempi 2 592 l/ha/d (pitää pienentää k-arvoa!)
- **Pinta-ala** on 10 x suurempi
 - läpäisevä vesimäärä on 10 x

Tiivistyskerroksen paksuudella ja vedenläpäisevyydellä sekä vedenpainekorkeudella on suuri vaikutus läpäisevään veden määrään!

Tiivistyskalvon läpäisevyys

- Ehjä kalvo on käytännössä vettä läpäisemätön
- Läpäisevyyteen vaikuttaa:
 - Kalvon tyyppi, paksuus ja sen vaihtelu
 - Läpäisevän nesteen tai kaasun laatu ja paine: esimerkiksi orgaaniset kaasut voivat diffundoitua PE-kalvon läpi



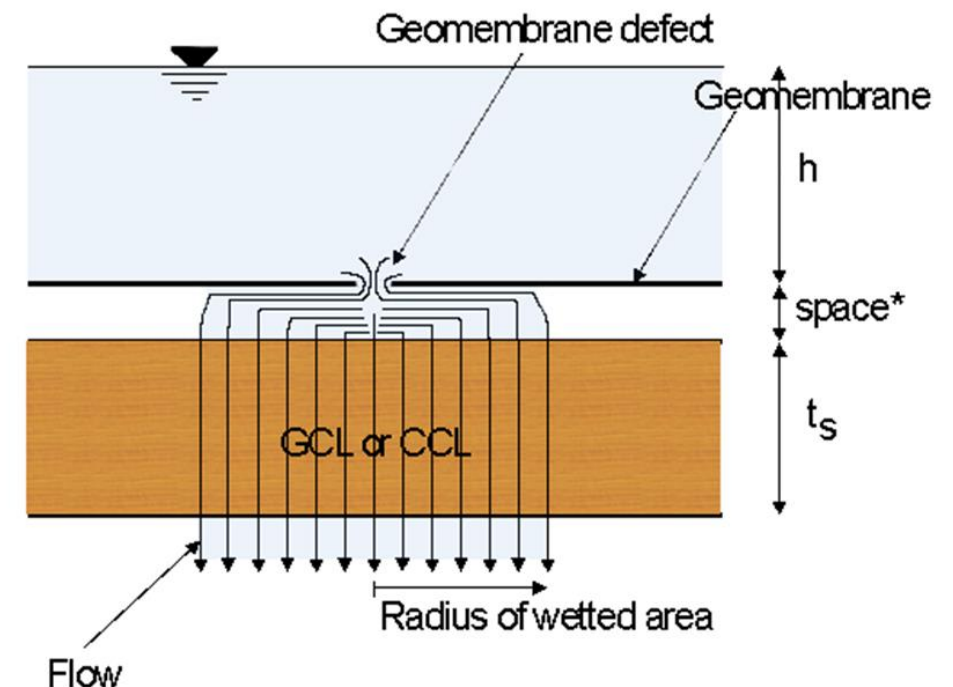
EN 14150
Touze-Foltz et al 2015

Yhdistelmä rakenteen läpäisevyys

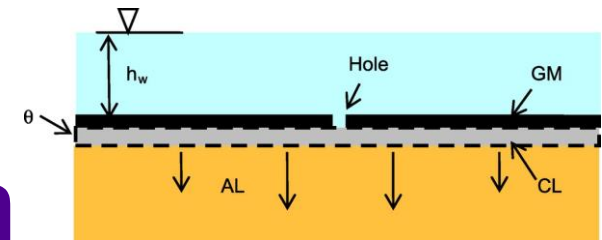
- Kirjallisuudesta löytyy laskentakaavoja myös yhdistelmä rakenteen läpäisevyydelle
- Oletetaan jokin määrä reikiä kalvoon – määrä riippuu asennuksen laadusta ja laadunvalvonnasta
 - 1 reikä/eekkeri, kun QA/QC hyvää (2,5/ha)
 - >10 reikää/ eekkeri, kun QA/QC heikkoa (25/ha)

(1 eekkeri (acre) = 0,405 ha)
- Tärkeää estää reikien muodostuminen!

$$\frac{Q}{A} = n \cdot 0.976 \cdot C_{q0} \left[1 + 0.1 \left(\frac{h_w}{H_s} \right)^{0.95} \right] d^{0.2} \cdot h_w^{0.9} \cdot k_s^{0.74}$$



Yhdistelmä rakenne on ylivoimainen



Tiivistysrakenteiden läpi suotautuva vesimäärä. (Rowe, 2014)

GMB on geomembraani, oletus 5 reikää / ha ($r_o = 5,64$ mm);

GCL (geosynthetic clay liner) on bentoniittimatto, $h = 0,01$ m, $k = 2 \cdot 10^{-10}$ m/s, $\theta = 1 \cdot 10^{-10}$ m/s;

CCL (compacted clay liner) on rakennettu mineraalinen tiivistyskerros, $h = 0,6$ m, $k = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s, $\theta = 2 \cdot 10^{-8}$ m/s.)

	Vedenpaine- korkeus h_w [m]	Läpäisevä vesimäärä [lphd]		
		GMB & GCL	GMB & CCL	GMB
kaatopaikka	0,3	0,18	2,6	63 000
allas	5,0	1,7	36	260 000



TIIVIS
KONTAKTI
ON
TÄRKEÄ!

Table 8. Leakage through a hole in a GM for composite liner with CCL: $H_L = 0.6$ m, $h_a = 0$ m, $k_L = 1 \times 10^{-9}$ m/s, good contact: $\theta = 1.6 \times 10^{-8}$ m²/s.

h_w (m)	Q (lphd): small hole, 1 mm radius, 3.14 mm ² area		Q (lphd): large hole, 5.64 mm radius, 100 mm ² area	
	2.5 holes/ha	5 holes/ha	2.5 holes/ha	5 holes/ha
0.3	1.0	2.0	1.3	2.6
5.0	14	26	18	36

Table 2. Calculated leakages through a GM liner (all calculated leakages are rounded to two significant digits).

h_w (m)	r_o (mm)	a (mm ²)	Q (lphd)	
			2.5 holes/ha	5 holes/ha
0.3	0.5	0.79	250	500
	1	3.14	1000	2000
	5.64	100	32 000	63 000
5	0.5	0.79	1000	2000
	1	3.14	4000	8000
	5.64	100	130 000	260 000

Table 3. Calculated leakage through a single primary clay liner for typical design hydraulic conductivity (GCL $k_L = 5 \times 10^{-11}$ m/s, $H_L = 0.01$ m; CCL $k_L = 1 \times 10^{-9}$ m/s, $H_L = 0.6$ m). Refer to Figs. 4 and 5.

Liner	H_A (m)	h_a (m)	Q (lphd)	
			$h_w = 0.3$ m	$h_w = 5$ m
GCL	0	0	1300	22 000
CCL	0	0	1300	8000
GCL	0.59	0	3800	23 000
GCL	3.74	3	3800	21 000
CCL	3.15	3	1400	7900

Table 7. Leakage through a hole in a GM for composite liner with GCL and AL: $H_L = 0.01$ m, $H_A = 0.6$ m, $h_a = 0$ m, large hole: $r_o = 5.64$ mm, $a = 100$ mm².

k_L (m/s)	θ (m ² /s)	h_w (m)	Q (lphd)	
			2.5 holes/ha	5 holes/ha
2×10^{-10}	6×10^{-12}	0.3	0.003	0.006
		5.0	0.033	0.066
2×10^{-10}	2×10^{-10}	0.3	0.04	0.08
		5.0	0.47	0.94
7×10^{-12}	1×10^{-10}	0.3	0.01	0.02
		5.0	0.17	0.34
2×10^{-10}	1×10^{-10}	0.3	0.02	0.04
		5.0	0.27	0.54
2×10^{-8}	1×10^{-10}	0.3	0.09	0.18
		5.0	0.85	1.7

Tiivistyskalvon ehjyyden varmistaminen

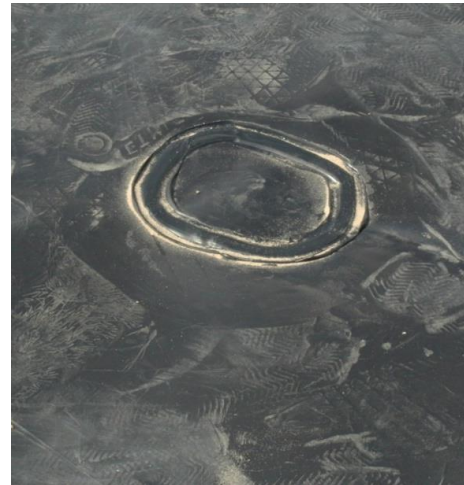
- Valitaan tiivistyskalvon materiaali käyttökohteen ja kuormituksen mukaan ja varmistetaan tiivistyskalvon ehjyys
 - Ammattitaitoisella detaljisuunnittelulla (materiaalivalinnat, läpivienti- ja liitosratkaisut)
 - Huolellisella työsuorituksella
 - Rajoittamalla kalvon alapuolisen (ja tarvittaessa myös yläpuolisen) kerroksen raekokoa
 - Suojaamalla kalvo pistekuormilta
 - Suojaamalla kalvorakenne työn aikaiselta liikenteeltä: tarvitaan jopa metrin paksuinen kerros
 - Tarkistamalla kalvon ehjyys asennuksen jälkeen sähköisillä mittauksilla ja paikkaamalla mahdolliset vauriokohdat

Asennus on kriittisin kohta elinkaarta

- Kalvorullien varastointi ja siirtäminen
- Kalvon asennusalusta
 - sileä, tasainen ja kantava
- Kalvorullien levitys
 - Levitetään vierestä
 - Ei siirrellä alustan päällä
 - Kalvoon ei tehdä taitoksia eikä jätetä vekskejä
- Suojaaminen työmaaliikenteeltä, lämpötilamuutoksilta ja UV-säteilyltä
- Saumaus ja saumojen testaus – pätevyyydet!
- Ehjyyden testaaminen!
- Jos kalvo kestää taittelua, osan saumoista ja läpivienneistä voi tehdä hallissa



Tiivistyskalvojen saumaus



- Saumaushenkilöstö on pätevää
- Saumaus aloitetaan koesaumalla
- Saumausrobotin saumausparametrit tarkistetaan päivittäin ja sääolosuhteiden muuttuessa
- Kaksoiskuumakiilasaumojen tiiviys varmistetaan paineilmakokeella ja ekstruusiosaumot kipinäkokeella
- JOKAINEN sauma testataan ja otetaan näytteet sauman laadun varmistamiseksi – näytteistä tehdään veto- ja kuorintakokeet

Riskit piilevät detaljeissa

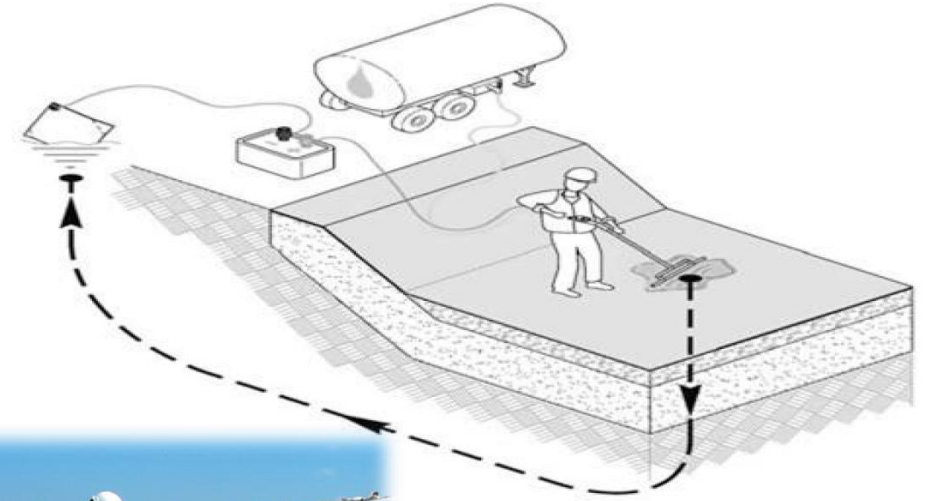
Detaljien toteutus pitää suunnitella!

- Terävät kulmat
- Jyrkät luiskat
- Jatkokset pitkissä luiskissa
- Liitokset muihin materiaaleihin ja rakenteisiin
 - Hitsattavuus
 - Lämpöliikkeet
 - Muodonmuutokset
- Läpiviennit (vältetään mahdollisuuksien mukaan!)
- Materiaalien kemiallinen yhteensopivuus
- Työmaasaumausta voi vähentää valitsemalla kalvon, joka kestää taittelua, jolloin osan saumoista ja läpivienneistä voi tehdä hallissa



Kalvon ehjyyden voi varmistaa

- Heti kalvon levityksen jälkeen
 - ASTM D7002 Exposed Water Puddle Method (tarvitaan vettä)
 - ASTM D7703 Exposed Water Lance Method
 - ASTM D7953 – Exposed Arc Testing Method (ei tarvita vettä)
 - ASTM D7240 – Spark Testing Method (edellyttää sähköjohtavaa kalvoa)
- Kalvon peittämisen jälkeen (rakentamisen aikaiset vauriot)
 - ASTM D7007 – Covered Earth / Water Method (Dipole Method)
- Jatkuvatoimisesti

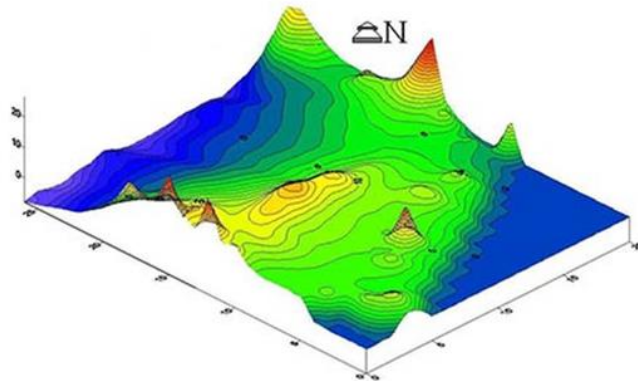
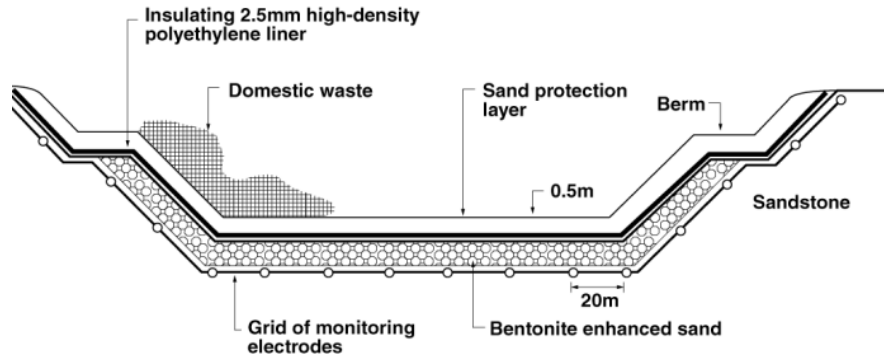


©BLE inc

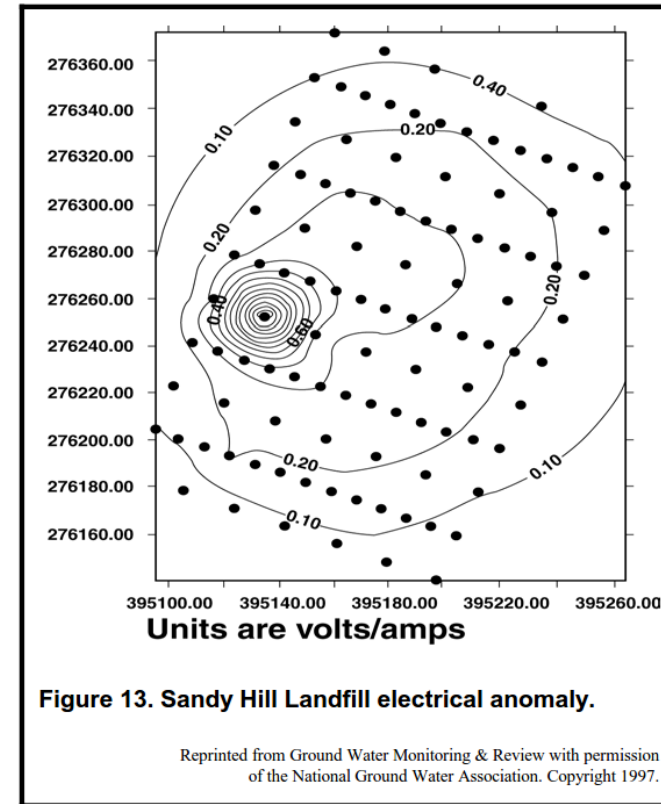


©Alphard

Sähköinen vuodon tarkkailu



<http://www.lsi.com/LeakMonitoring>

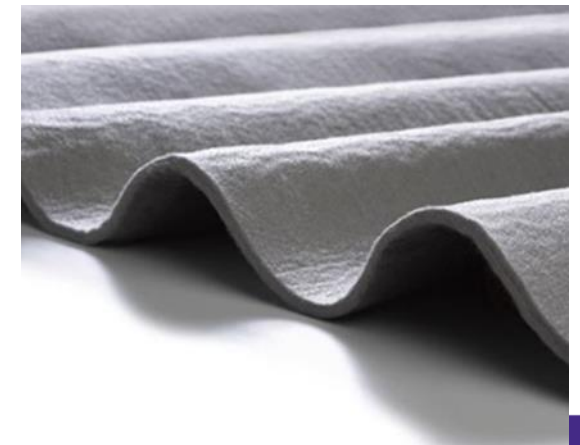
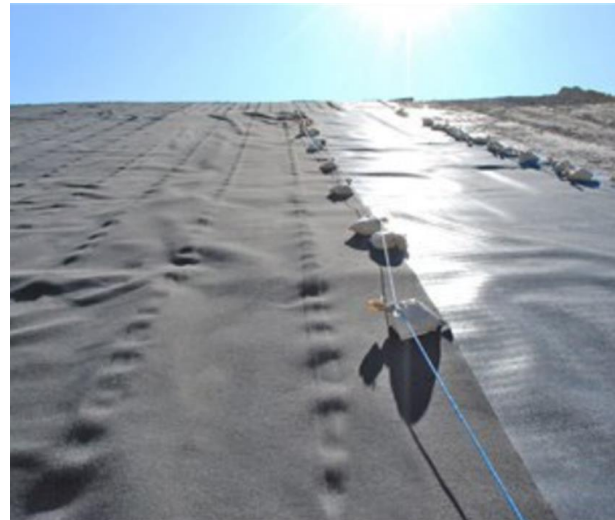
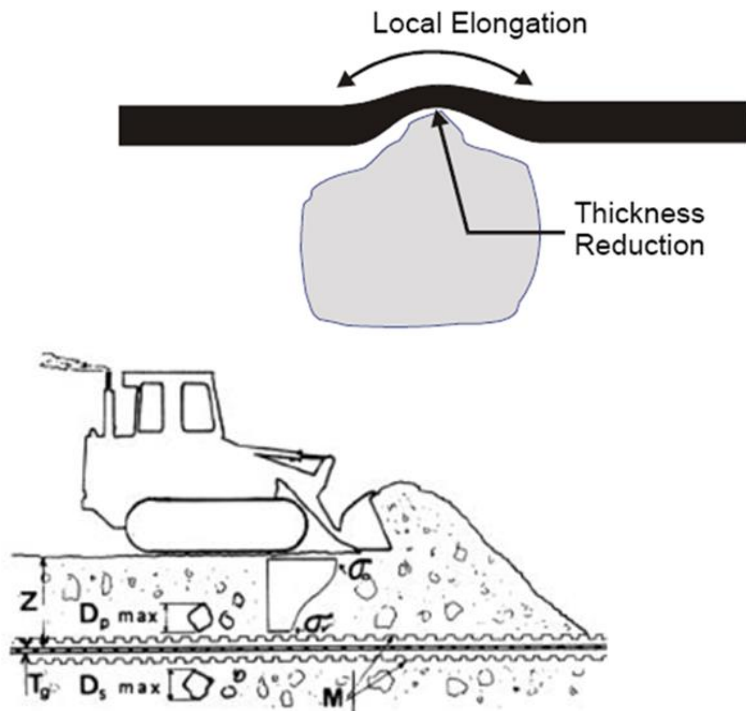


<http://www.epa.gov/tio/download/char/epa542r04013.pdf>

Tiivistyskalvon suojaaminen

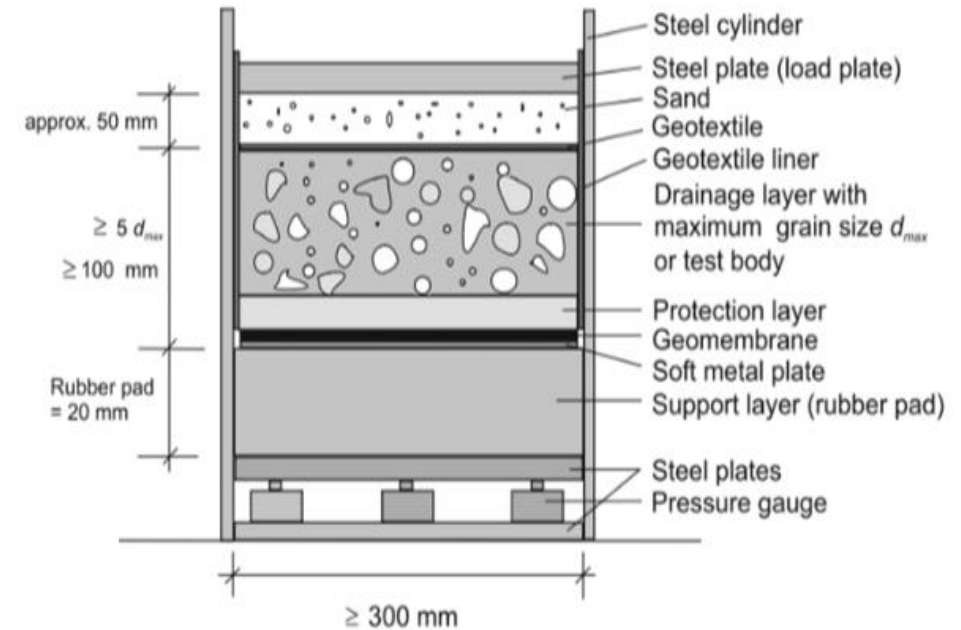
- Tiivistyskalvot ovat ohuita rakenteita, joiden tyypillinen käyttöaikainen vaurio käynnistyy teräväsärmäisen kivirakeen aiheuttamasta pistekuormituksesta

- Paksu huopamainen, suojaamiseen tarkoitettu suojageotekstiili suojaa kalvoa työnaikaiselta UV-säteilyltä sekä työn- ja käyttöaikaisilta pistekuormilta



Suojakerroksen tehtävä

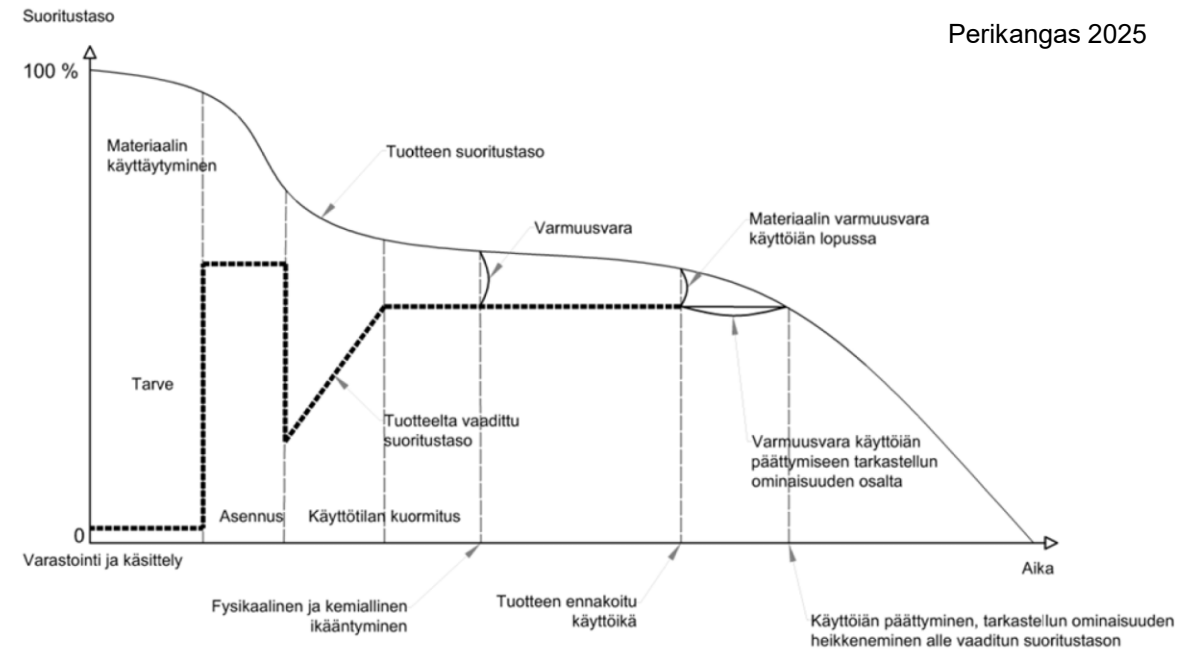
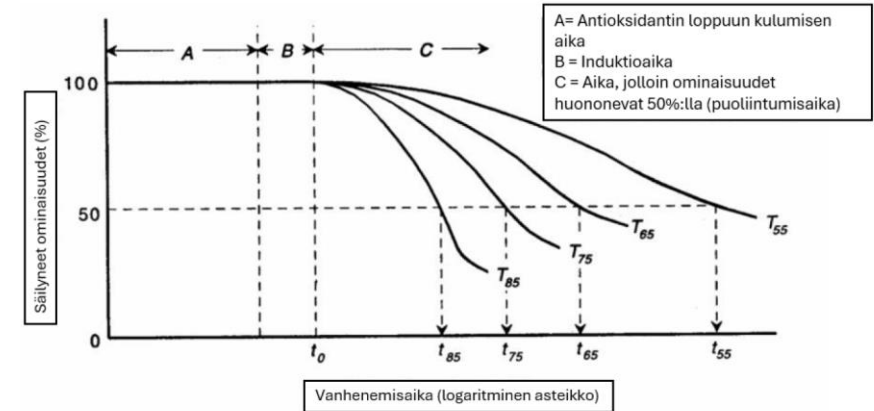
- Tiivistyskalvon suojaaminen työnaikaisilta vaurioilta ja sen pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavilta tekijöiltä, kuten pistemäiseltä kuormitukselta, muodonmuutoksilta, korkeilta lämpötiloilta ja UV-säteilyltä.
- Suojakerros on tärkeä myös kalvoon muodostuvien lämpölaajenemisvekkien ja kohoumien estämiseksi.
- Suojaustarve riippuu kalvon paksuudesta, raaka-aineesta, viereisten kerrosten materiaaleista ja kuormituksesta.
- Suojageotekstiili voidaan mitoitaa sylinterikokeella (SFS-EN 13719) käyttäen kohteen tiivistyskalvoa ja kuivatuskerroksen materiaalia sekä tulevia kuormitustietoja. Neliöpaino on vain suuntaa-antava.
- HUOM! Suojattava työkoneilta! Vaatii vähintään 0,5 m paksuisen kerroksen päälle ennen työkoneiden kuormitusta



Kuva 142514:K1. Suojakerroksen mitoitamiseen käytettävän sylinterikokeen periaate (Müller, 2007)

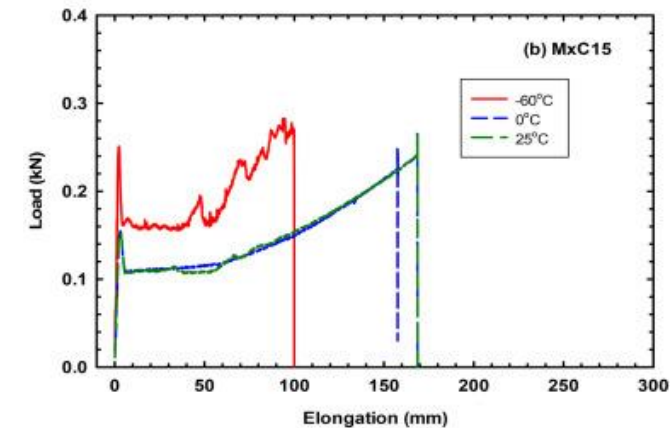
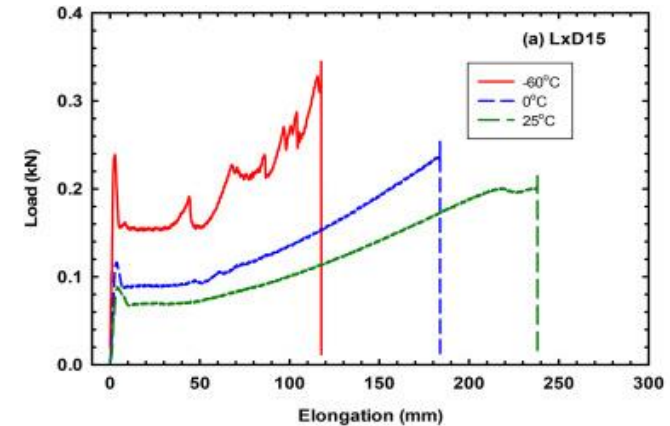
Käyttöikä

- Pohjarakenne on ikuinen
- Pintarakenne tai allasrakenne on korjattavissa
- UV-säteily on merkittävin vaurioitumistekijä, jos altistuvat auringonvalolle
 - Hiilimusta
 - Muut stabilointiaineet
 - Peittäminen
- Oleellinen tunnusluku polyeteenikalvoilla on OIT eli hapettumisaika



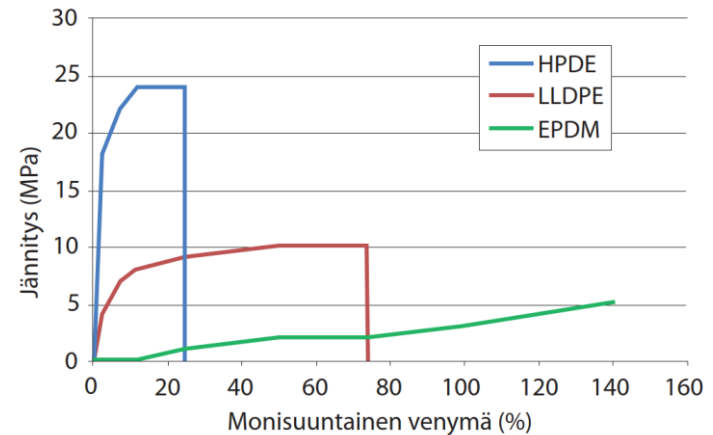
Lämpötila

- Asennuslämpötila vaikuttaa tiivistyskalvon notkeuteen/jäykkyyteen ja asennettavuuteen
 - Murtovenymä on alhaisessa lämpötilassa pienempi kuin korkeissa lämpötiloissa
- HDPE-kalvojen lämpölaajeneminen on suurta
 - Suojaaminen
 - Valkoinen pintakalvo
- Korkea käyttölämpötila nopeuttaa tiivistyskalvon vanhenemista
- Korkea lämpötila aiheuttaa mineraalisen tiivistyskerroksen kuivumista ja alhainen jäätymistä
 - Kuivumis-kastumissykit ja jäätymis-sulamissyklit aiheuttavat halkeilua ja kasvattavat ainakin hetkellisesti läpäisevyyttä – bentoniitin itsepaikkautumiskyvy voi palauttaa ominaisuudet



Muodonmuutoskestävyys

- Suunnittelun ja asennuksen lähtökohta: tiivistyskalvoon ei saa kohdistua jännityksiä
- HDPE-kalvo on herkkä jännityssäröilylle - mutta HDPE-kalvo ei ole ainoa vaihtoehto
- Jos muodonmuutokset ovat kuitenkin todennäköisiä, esim. LLDPE tai EPDM
- Bentoniittimaton kankaille voi asettaa vetolujuusvaatimuksia tai edellyttää lujitekangasta



Multiaxial testing of 50 mil LLDPE, Layfield
1 mil = 0,0254 mm

Luiskakaltevuus ja kitka

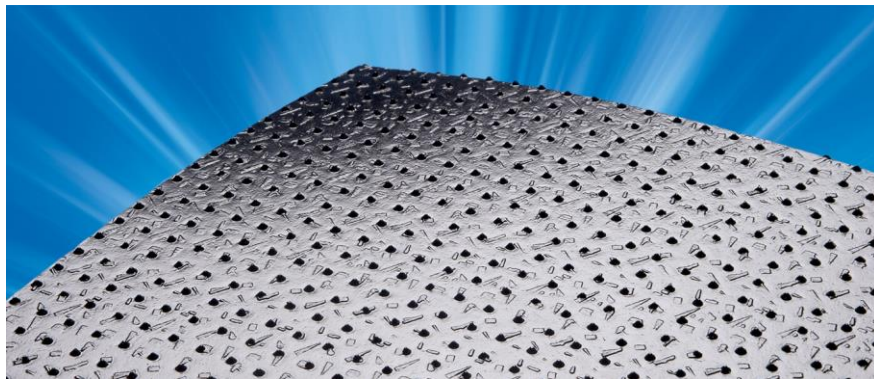
- Mineraalisen tiivistyskerroksen tiivistäminen haastavaa, kun luiska jyrkkenee
- Materiaalien välinen kitka on syytä varmistaa kokeellisesti, jos luiska on pitkä ja kaltevuus on jyrkempi kuin 1:3
- Kitka materiaalien rajapinnoissa on tyypillisesti kriittinen geosynteettisten tuotteiden välissä ja pienin sileää kalvoa vasten – kalvomateriaaleissa on eroja
- Yleisesti voidaan arvioida, että 1:2,5 jyrkemmissä luiskissa on syytä käyttää lujitteita tai porrastusta
- Luiskissa jatkosten sijoittaminen pitää suunnitella tai välttää niitä, jos mahdollista



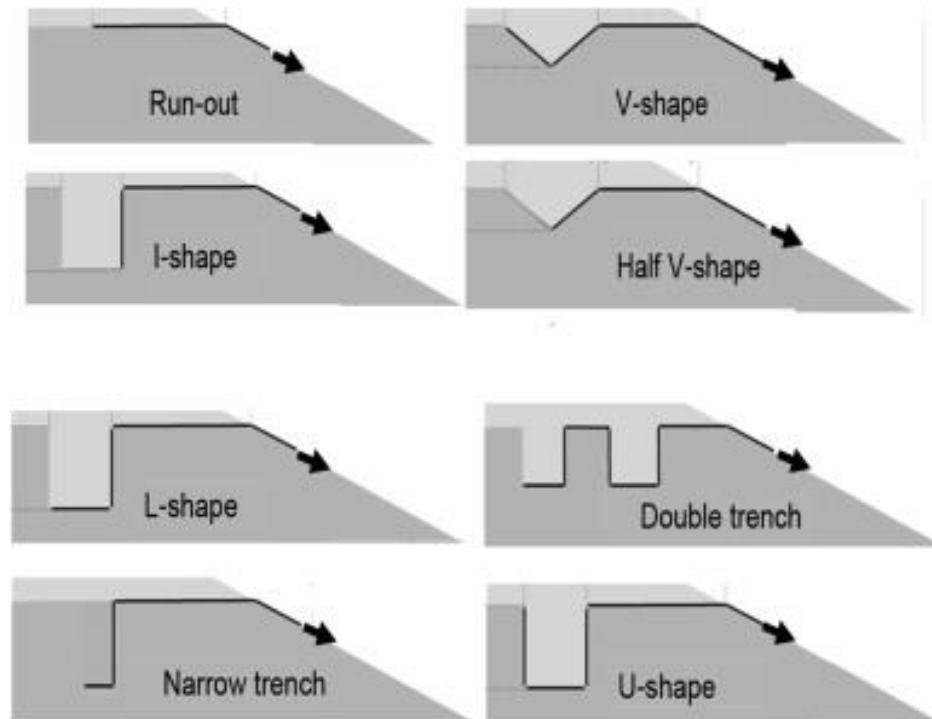
Kalvon kitkapinnoite ja ankkurointi

Parantavat

- työnaikaista turvallisuutta
- rakennekerrosten työnaikaista paikallaan pysymistä
- Rakennekerrosten käytön aikaista paikallaan pysymistä



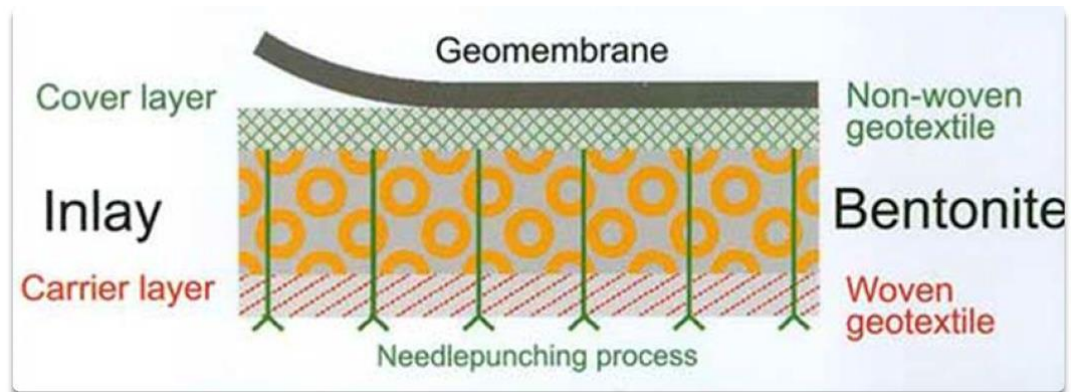
<https://agruamerica.com/products/microspike-liner/>



Lajevardia et al 2014

Laminoitu bentoniittimatto

Laminoitu bentoniittimatto



Rakennevaihtoehtoja

Pohjamaa tai rakennettu mineraalinen tiivistyskerros (maapohjainen)

YHDISTELMÄRAKENNE

Tiivistyskalvo tai muu keinotekoinen eriste
Mineraalinen tiivistyskerros



KAKSOISRAKENNE

Primäärinen tiivistyskalvo
Vuotojen tarkkailukerros
Sekundäärinen kalvo
Mineraalinen tiivistyskerros



KAKSOISYHDISTELMÄRAKENNE

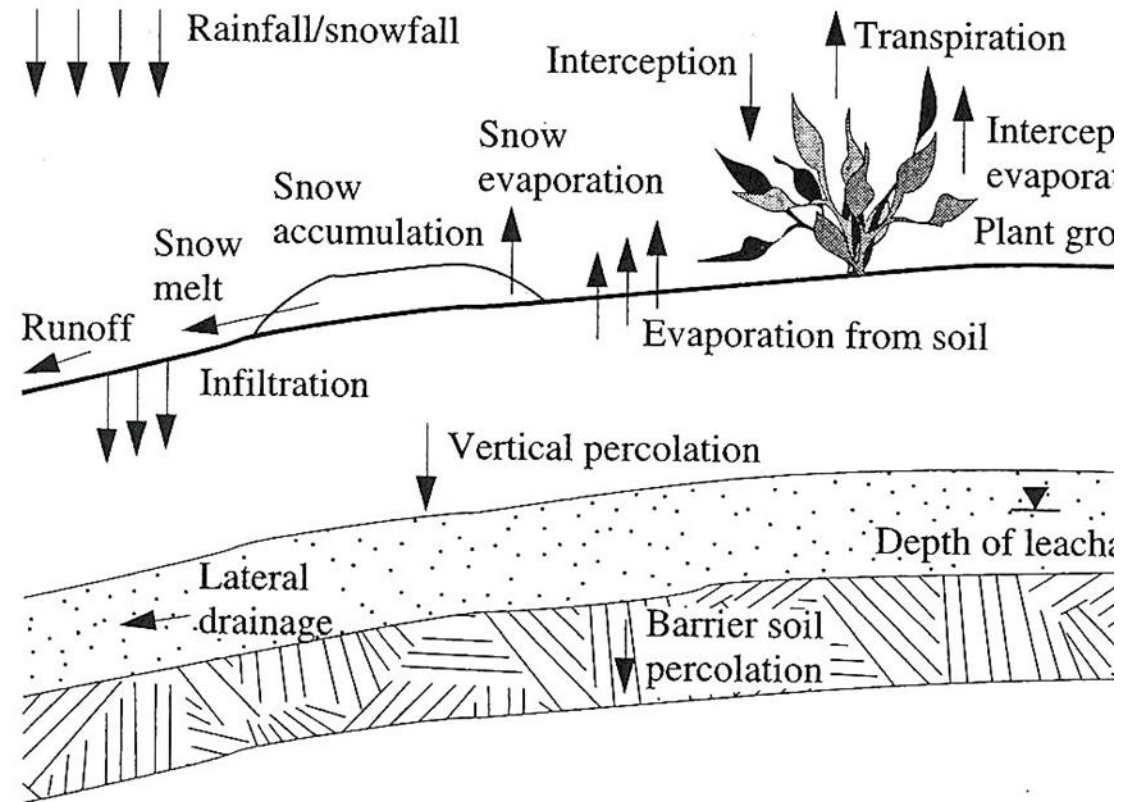
Primäärinen tiivistyskalvo
Mineraalinen tiivistyskerros
Vuotojen tarkkailukerros
Sekundäärinen kalvo
Mineraalinen tiivistyskerros



Kalvon päälle vielä suojakerros ja kuivatuskerros !

Pintarakenteessa ei ole jatkuvaa vedenpainetta

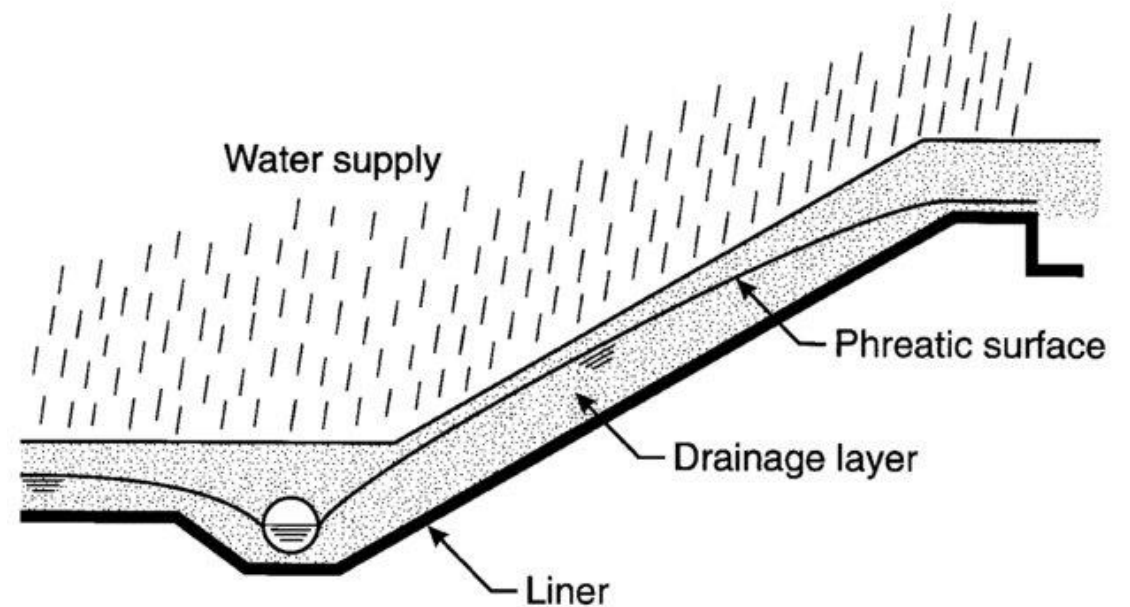
- Pintarakenteessa vesitase on monimutkaisempi ja vaihtelee vuodenaikojen mukaan
- Pintarakenteessa vesiä voidaan
 - ohjailta pinnan kaltevuudella
 - haihduttaa kasvillisuudella
 - varastoida pintakerrokseen
- Haasteina routa, eroosio ja luiskastabiliteetti → hyvä kuivatus oleellinen



Kuivatuskerros on oleellinen osa rakennetta

Tehtävänä

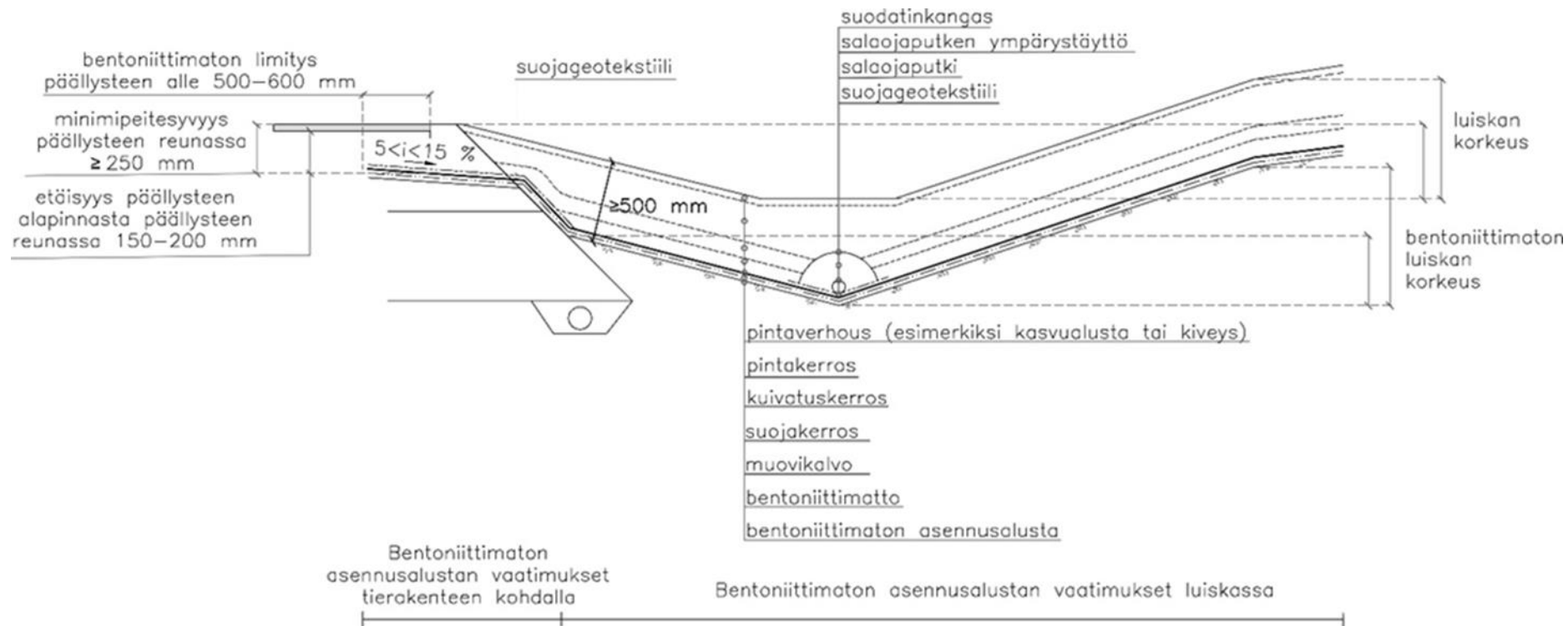
- 1) alentaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta - tiivistyskalvo ei läpäise, joten vesi pitää ohjata pois
- 2) johtaa jätetäytön tai yläpuolisten kerrosten läpi suotautuva vesi pois rakenteesta ja mahdollistaa sen käsittely tarvittaessa
- 3) suojata mineraalista tiivistyskerrosta (routa, juuret, kuormitus)
- 4) parantaa kantavuutta ja luiskastabilitettia



https://www.researchgate.net/publication/266459309_Influence_of_Water_Flow_on_the_Stability_of_Geosynthetic-Soil_Layered_Systems_on_Slopes

Maanteiden pohjavedensuojaus - yhdistelmä rakenne

InfraRYL:n luvussa **14231** on esitetty materiaalivaatimukset, rakennekerrosten paksuudet ja asennustavat.



InfraRYLissa esitetty vaatimukset

Materiaalien vaatimukset liitteissä:

- Bentoniittimaton ominaisuudet
- Tiivistyskalvon ominaisuudet (LLDPE, LDPE, fPP, HDPE)
- Standardisarjaluettelo. Geotekstiileiltä ja vastaavilta tuotteilta vaaditut ominaisuudet infrarakenteissa
- NorGeoSpec
- Suojageotekstiilin ominaisuudet
- Salaojamaton ominaisuudet
- Geosynteettisten tuotteiden laadun varmistaminen

Kaatopaikkarakenteet

14251 Pohjarakenteet

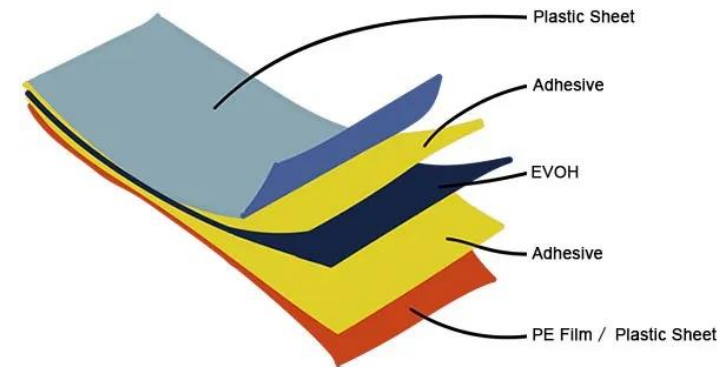
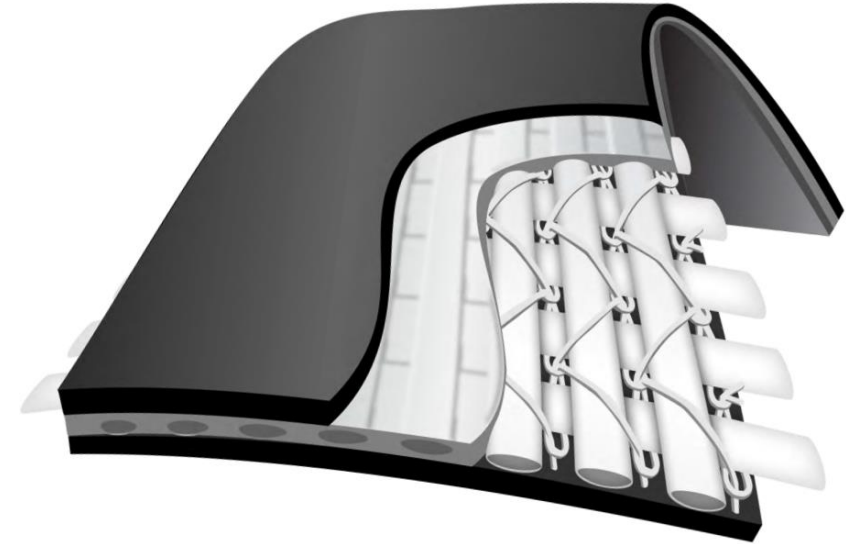
14252 Pintarakenteet

Maanteiden pohjavedensuojaus

14230 Pohjavedensuojaukset

Erityistuotteita erityistarpeisiin

- Värilliset kalvot
- Sähköjohtavat kalvot
- EIA-kalvot - *Ethylene Interpolymer Alloy – Poly Vinyl Chloride (PVC) + DuPont™ Elvaloy® Ketone-Ethylene-Ester (KEE)*
 - Kylmänkestävyys
 - Ei jännityssäröilyriskiä
 - Muodonmuutoskestävyys
- XR-kalvot - vahvistettuja joustavia polypropeenipohjaisia geomembraaneja (fPP)
 - Hyvä kuormituskestävyys (lujite)
 - korkeat lämpötilat
- EVOH-kalvot
 - Ei läpäise kaasuja



<https://desuplastic.com/evoh-plastic-sheet/>

Geosynteettien laadunvarmistus -prosessi

Geosynteettien laadunvarmistus tehdään monessa eri vaiheessa ja eri tahojen toimesta. Oikealla on kuvattu geosynteettien laadunvarmistusprosessin vaiheet väylähankkeen toteutusvaiheessa.

Yleiset laatuvaatimukset

- InfraRYL
- Ohjeet

Kohdekohtaiset vaatimukset

- Mitoituslaskelmat
- Käyttöikä
- Käytönaikaiset olosuhteet (esim. lämpötila, pH)
- Rakentamisolosuhteet
- Yhteensopivuus muiden materiaalien kanssa

Tuotteen hyväksyttäminen

- Tuotetiedot ja mahdolliset sertifikaatit
- Suoritustasoilmoitus
- Mahdolliset kohdekohtaiset testit
- Mahdolliset kohdekohtaiset mitoituslaskelmat

Tuotteen tilaaminen

- Tuotteen käyttökohde, tehtävä ja vaatimukset
- Määrä huomioiden limitykset ja asennustapa (hukka)
- Toimitusaikataulu
- Tuotekohtaiset laskelmat ja testaukset

Työvaiheen toteutus- ja laatusuunnitelma

- Asennussuunnitelma ja tarvittava kalusto
- Tuotteen käsittely- ja varastointiohjeet
- Asentajien pätevyysvaatimukset, työnäyte ja katselmukset
- Testimenetelmät ja testaustiheydet sekä vaatimukset ja sallitut toleranssit

Tuotteen vastaanottotarkastus

- Rullien kunto ja merkinnät
- CE-merkki & mahdollinen NorGeoSpec-sertifikaatti
- Valmistuksen aikaiset laadunvalvontatulokset
- Vaatimustenmukaisuus, näytteenotto ja testaus

Asentaminen

- Työnaikainen suojaaminen
- Asentajien pätevyys, työnäyte ja aloituskatselmus
- Laadunvalvonta, työmaatestaukset ja näytteenotto
- Asennuksen dokumentointi

Kiitos, kysymyksiä?



Yhtenäinen terminologia

pohja- ja pintarakenne

mineraalinen tiivistyskerros

- maabentoniitti
- bentoniittimatto

keinotekoinen eriste

- tiivistyskalvo
- Tiivis asfaltti

tiivistyskalvon suojakerros

- mineraalinen suojakerros
- suojageotekstiili

Standardi-
maailmassa
geoneriste