

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö

Juho-Ville Koskimaa

POHJAVEDENSUOJAUKSEN RAKENTAMINEN TIEALUEELLE

Työn ohjaaja DI Hannele Kulmala
Työn teettäjä Soraset Yhtiöt Oy, ohjaajana RI Heikki Koski
Tampere 2009

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Yhdyskuntatekniikka

Koskimaa, Juho-Ville Pohjavedensuojauksen rakentaminen tiealueelle

Tutkintotyö 49 sivua + 4 liitettä

Työn ohjaaja Hannele Kulmala

Työn teettäjä Soraset Yhtiöt Oy, ohjaajana RI Heikki Koski

Toukokuu 2009

Hakusanat pohjavesialue, bentoniittimatto, luiskasuojaus, onnettomuus

TIIVISTELMÄ

Tärkeille pohjavesialueille rakennetut tiet täytyy suojata tiesuolauksen aiheuttamilta haitoilta sekä mahdollisten säiliöauto-onnettomuuksien vuoksi. Tällaiset haitat heikentävät pohjaveden laatua ja pahimmillaan pilaavat kokonaisen pohjavesialueen. Yksi keino riskin vähentämiseen on rakentaa pohjavesisuojaus tiealueelle.

Toimiva pohjavesisuojaus on erityisen tärkeää, koska mahdollisen onnettomuuden sattuessa rakenteen tulee estää kemikaalien pääsy pohjamaahan ensimmäisen 12 tunnin ajan. Tuossa ajassa torjuntakalusto ehtii paikalle puhdistamaan saastuneen maan.

Tässä työssä esitellään geotekstiileistä ja bentoniittisavesta valmistetun bentoniittimaton käyttöä tiealueelle rakennettavissa pohjavedensuojauksissa. Loimaan Leppikankaanselälle rakennettu pohjavesisuojaus toimii tämän työn esimerkkikohteena.

Rakentamisessa vaaditun laadun saavuttaminen oli haasteellista johtuen muun muassa puutteellisista lähtötiedoista, sateisista sääolosuhteista, päällekkäisistä työvaiheista ja muista etukäteen arvaamattomista asioista. Näiden asioiden läpikäyminen sekä parannusehdotukset palvelevat erityisesti silloin kun niitä voidaan hyödyntää vastaavanlaisissa urakoissa.

TAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Technology

Civil Engineering

Koskimaa, Juho-Ville Building a groundwater shield to the road area

Final Thesis 49 pages, 4 appendices

Thesis Supervisor Hannele Kulmala (MSc)

Commissioning Company Soraset Yhtiöt Oy. Supervisor: Heikki Koski (CE)

May 2008

Keywords groundwater area, bentonite, banking protection, accident

ABSTRACT

Roads which are built in a groundwater area must protect against ice-control salt and tank truck accidents, because salt and chemicals may incur massive damage by spoiling the groundwater. One way to reduce the risks is to build a shelter to road areas. Carpet which is made by geotextiles and bentonite is the most popular solution to build a shield to the groundwater areas.

Functional and good quality shelter is very important. Because in that case when the accident happens, poisonous substance must not pass through to the shelter next 12 hours. In that time control-units come and clean polluted surface.

This work demonstrates a bentonite carpet that has been made from the geotextile and bentonite clay. This material is the most used solution for the ground water protection of the road areas. Thus, the main goal of this work was to study the ground water protection built at Leppikankaanselkä, Loimaa, which serves as an example of the usage of bentonite carpet and to establish potential proposals for improvement of preceding technique.

An improvement proposal helps in a future to build similar shelter and predict to build planned structure. Incoming contracts will follow new instructions.

InfraRYL 2006 unifies the quality requirement and functional demands on the whole civil engineering trade.

ALKUSANAT

Aloitin opinnäytetyöni tekemisen joulukuussa 2008. Tätä ennen olin Loimaan Leppikankaanselällä rakentamassa pohjavedensuojausta Soraset Yhtiöt Oy:n palveluksessa, josta sain hyvää käytännön kokemusta opinnäytetyön tekemiseen.

Haluankin kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Hannele Kulmalaa, jonka neuvot ja kommentit olivat tarpeellisia työni teon eri vaiheissa. Lisäksi kiitos Heikki Koskelle, joka toimi työpäällikkönä kyseisessä urakassa ja joka mahdollisti opinnäytetyön tekemisen. Kiitokset myös kotiin Annalle kärsivällisyydestä ja tuesta.

Tampereella, toukokuussa 2009

Juho-Ville Koskimaa

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
TERMINOLOGIA	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Taustaa	9
1.2 Tavoitteet	9
1.3 Rajaukset	10
2 POHJAVEDENSUOJAUS TIEN KOHDALLA	11
2.1 Pohjavedensuojauksen tarkoitus	11
2.2 Pohjavedensuojauksen tarve ja rakentamiseen vaikuttavat asiat	11
3 POHJAVEDEN SUOJAUSRAKENTEET	13
3.1 Yleistä	13
3.2 Suojattavan tiealueen kokoon vaikuttavat asiat	13
3.3 Suojausluokat	15
3.4 Pohjavedensuojaus bentoniittimatolla	16
3.4.1 Bentoniittimatto ja sen ominaisuudet	16
3.4.2 Muovikalvo vaativissa kloridisuojauksissa	17
3.4.3 Suojausrakenteen alusta	18
3.4.4 Suojausrakenteen tiiviys, limitys ja läpiviennit	20
3.4.5 Suojaverhous, suoja- ja salaojakerros sekä nurmetus	23
4 INFRARYL 2006	24
4.1 InfraRYL – ohjeiden soveltaminen Tiehallinnon töissä	24
4.2 InfraRYL, luku 14230 pohjavedensuojaukset	25
5 VT 2 LEPPIKANKAANSELÄN POHJAVESISUOJAUS, ST-URAKKA	27
5.1 Yleistä	27
5.2 Pohjaveden suojauksen perustelut Leppikankaanselällä	28
5.3 Materiaalivalinta	29
5.4 Laadunvalvonta	29
5.5 Pohjavesisuojauskuvaus	31
6 POHJAVESISUOJAUKSEN RAKENTAMISESTA	33

6.1	Yleistä.....	33
6.2	Aikataulu ja kriittiset työvaiheet	33
6.3	Pengerrakenteiden rakennussuunnitelmat	38
6.4	Rakentamisajan sääolosuhteet	40
6.5	Bentoniittimaton ja muovikalvon valuminen tieluiskassa.....	41
6.6	Tiekaide tiivisterakenteen päällä	44
6.6.1	Yleistä.....	44
6.6.2	Löyhä kitkamaa tiekaiteen kohdalla	44
6.6.3	Maakaapelit tiekaiteen kohdalla	45
7	YHTEENVETO	46
7.1	Rakennettavat luiskasuojaukset.....	46
7.2	Parannustoimenpiteet työmaalla.....	46
	LÄHDELUETTELO	48

LIITTEET

1. Bentoniittimatoilta vaadittavat ominaisuudet /1, liite 1 s. 3./
2. Muovikalvoilta vaadittavat ominaisuudet /1, liite 2 s. 3./
3. Vt 2 paalukohtaiset poikkileikkaukset, pl. 2020. /17, muokattu/
4. Vt 2 paalukohtaiset poikkileikkaukset, pl. 2080. /17, muokattu/

TERMINOLOGIA

- Bentoniittimatto** Bentoniittimatto koostuu kahdesta toisiinsa ommellusta geotekstiileistä, joiden välissä on bentoniittijauhetta. Bentoniitti on luonnon savimateriaali, jonka vähäinen vedenläpäisy perustuu sen kykyyn paisua kastuessaan moninkertaiseksi.
- Geotekstiili** Geotekstiili sidottu tai kudottu synteettinen kuitukangas, jota käytetään erilaisissa maarakenteissa erottamaan, suodattamaan tai suojaamaan.
- Tiiviste** Tiivisteellä tarkoitetaan yleisesti pohjavedensuojusrakenteissa käytettävää bentoniittimattoa, bentoniittimaata, maatiivistettä, muovikalvoa tai näiden eri yhdistelmiä. Tässä opinnäytetyössä tiivisteellä tarkoitetaan kuitenkin bentoniittimattoa ja muovikalvoa sekä näiden yhdistelmärakennetta.
- Suojakerros** Suojakerros tehdään tiivisterakenteen päälle suojaksi silloin kun yläpuolisen suojaverhouksen materiaali on liian kivistä tai siinä tapauksessa kun verhousmateriaali on hienorakeista, jolloin suojakerroksen tehtävä on poistaa tiivistettävä kuormittava vedenpaine.
- $d_{60} / d_{10} < 5$ Rakeisuuskokeella määritetään materiaalin rakeisuus. Jos $d_{60} / d_{10} < 5$, materiaali on tasarakeista eli siitä puuttuu hienoaines ja isot raekoot. Tasarakeisella materiaalilla ei saavuteta hyvää kantavuutta, koska sitä ei pysty tiivistämään riittävän hyvin.

N3 – luokan**Suodatinkangas**

Suodatinkangasta käytetään erottamaan maaleja toisistaan ja lujittamaan rakennetta. N3 – luokan suodatinkangas on yleisin tierakenteissa käytetty suodatinkangas.

TV

Työvuoro. Työvuoron pituus on rakennusalalla normaalisti 8 tuntia

m³rtr

Rakenneteoreettinen kuutiometri. Materiaalin menekki valmiissa rakenteessa ilmoitetaan yleensä rakenneteoreettisena, jolloin materiaali on levitetty ja tiivistetty.

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Leppikankaanselän pohjavesialue on vesiviranomaisen pohjavesialuekartoituksessa osoitettu vedenhankinnalle tärkeäksi pohjavesialueeksi. Se sijaitsee Loimaan alueella Saarenmäen ja Murron kylien välillä. Valtatie 2 kulkee pohjaveden muodostumisalueella noin 3900 metrin matkalla (kuva 1). Alueen länsiosassa, noin 50 metriä valtatie eteläpuolella, sijaitsee Metsämaan pohjavedenottamo. Nykyinen valtatie 2 on pohjavesialueen kohdalla kaksikaistainen sekaliikennetie, jonka nopeusrajoitus on 100 km/h, päällyste asfalttibetoni ja poikkileikkaus 9,0/7,0 metriä (päällysteen leveys on 8,5 metriä).

Tiesuolauksen sekä onnettomuuksissa mahdollisesti tapahtuvien vaarallisten aineiden ja polttoaineiden vuotojen välttämiseksi rakennetaan pohjavedensuojaus valtatie luiskiin koko Leppikankaanselän pohjavesialueen kohdalla mukaan lukien laskuojat niiltä osin kuin ne sijoittuvat pohjavesialueelle. /12./

1.2 Tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on perehtyä pohjavedensuojauksen rakentamiseen tien kohdalle ja pohtia rakentamisessa tehtyjä ratkaisuja ja parantamishdotuksia niihin jälkikäteen. Soraset Yhtiöt Oy:lle läheltä Loimaan Leppikankaanselältä saatu urakka oli sen toistaiseksi ensimmäinen tienrakennustyömaa, jossa rakennettiin pohjavedensuojausta. Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää jatkossa perehdyttämismateriaalina ja apuna, jotta huomioitaisiin vaativat työvaiheet sekä mahdollisesti ennakoimaan tulevat haasteet laadukkaan pohjavesisuojauksen rakentamisessa.

1.3 Rajaukset

Opinnäytetyössä perehdytään pohjavedensuojaukseen tien kohdalla ja eri suojausluokkiin (kloridisuojaus, vaativa kloridisuojaus ja onnettomuussuojaus) sekä näihin liittyviin vaihtoehtoihin rakenteisiin ja materiaaleihin. Pääpaino pidetään kuitenkin bentoniittimatolla rakennettavassa suojauksessa, koska se on nykyisin käytetyin ja lähes ainoa vartenotettava tierakenteessa käytetty suojausrakenne.

Muita suojattavia rakenteita pohjavesialueella, kuten kaatopaikat ja teollisuuskiinteistöt, ei työssä käsitellä. Urakkaan ”Vt2 Leppikankaanselän pohjavesisuojaus, ST-urakka” kuuluvia muita työsuoritteita, kuten tiepenkereen teko ja kaideasennukset ei käsitellä muilta kuin soveltuvin osin.

Liikennejärjestelyitä ei myöskään huomioida siitä huolimatta, että ne olivat liikenneturvallisuuden kannalta tärkeä osa rakentamista.



Kuva 1 Leppikankaanselkä sijaitsee valtatie 2 varrella /1/

2 POHJAVEDENSUOJAUS TIEN KOHDALLA

2.1 Pohjavedensuojauksen tarkoitus

Pohjavesialueelle rakennetun tien kohdalla tarvitaan toimenpiteitä estämään tiesuolauksen aiheuttamien haittojen sekä onnettomuuksissa mahdollisten vaarallisten aineiden ja polttoaineiden vuotojen vuoksi. Nämä aiheuttavat pohjaveden laadun heikkenemistä ja pahimmillaan kokonaisen pohjavedenmuodostumisalueen pilaamisen.

Toimenpiteitä tämän ehkäisemiseen ovat muun muassa suolauksen vähentäminen, pintavesien mahdollisimman tehokas johtaminen pois tiealueelta, tieympäristön pehmentäminen, suojakaiteen rakentaminen onnettomuuksien varalle tai pohjavesisuojauksen rakentaminen.

Lähtökohtana pohjavedensuojaukselle voidaan pitää ympäristönsuojelulain 8. pykälää, joka kieltää pohjaveden pilaamisen. /1, s. 9; 2, s. 6/.

2.2 Pohjavedensuojauksen tarve ja rakentamiseen vaikuttavat asiat

Luiskasuojauksen tarpeellisuuteen vaikuttavat tien aiheuttamat riskit pohjavedelle, kuten suolausmäärä, vaarallisten aineiden kuljetukset, pohjaveden virtaussuunta tien ja vedenottamon välillä sekä tien sijainti pohjavesialueella. Lisäksi arvioidaan kyseisen pohjavesialueen merkitys alueen vedenhankinnalle. Jos pohjavesialue on laaja ja se reagoi herkästi kloridipitoisuuksien nousuun, on asianmukaista rakentaa kunnollinen suojaus, jolla voidaan ehkäistä pohjaveden pilaaminen.

Pohjaveden laadulle on EU:n direktiiveissä määritelty tavoitearvoja terveydellisin perustein sekä korroosion vuoksi. Suolamääräksi on annettu tavoitearvo 250 mg/litra, mutta Suomessa on käytössä pienempi arvo, 25 mg/litra, joka perustuu 1980-luvun tehtyihin selvityksiin korroosion aiheuttamista vesijohtojen vaurioista. /2, s. 10,17/.

Suojaus rakennetaan tilanteessa, jossa toteutuvat kolme seuraavaa ehtoa:

1. Pohjavesialueella on käytössä oleva vedenottamo tai tulee olemaan vedenottoalue.
2. Pohjavedenvirtaus suuntautuu tieltä vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottamolle.
3. Tien suolausmäärä on olemaan 8 tonnia/kilometri/vuosi tai vaarallisten aineiden kuljetuksia on yli 100 000 tonnia/vuosi /2, s. 12/.

Tämän lisäksi rakennetaan suojaus, mikäli olemassa olevan tien aiheuttamat riskit vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottamolle ovat merkittävässä määrin kohoamassa, kuten kloridipitoisuuden jatkuva nousu. Ehdon kolme ohjeellisia arvoja voidaan nostaa, jos tie kulkee pohjavesialueen reunalla tai sen muodostumisaluetta hipoen ja jos suolauksen aiheuttama haitta on pohjavesialueelle vähäinen. Toisaalta arvoa voidaan myös laskea, jos pohjavesialue on paikallisesti merkittävä ja vedenottamo sijaitsee alle 100 metrin etäisyydellä tiestä tai pohjavesialue tai sen osa-alue on muodoltaan sellainen, että se kerää ympäristöstään paljon vettä. /2, s. 10–12/



Kuva 2 Tien sijaitessa pohjavesialueella tulee kyseisillä merkeillä alue ilmoittaa. Merkit ovat yleensä alle 10 metrin päässä tien reunasta, sivuojan vieressä /2/

3 POHJAVEDEN SUOJAUSRAKENTEET

3.1 Yleistä

Pohjavesialuilla ja pohjavedenottamoiden suoja-alueilla luiskasuojauksilla pyritään estämään esimerkiksi säiliöauto-onnettomuuksien yhteydessä haitallisten aineiden pääsy pohjaveteen. Suojauksen tulee estää näiden haitallisten aineiden pääsy pohjamaahan ensimmäisen 12 tunnin ajan. Tässä ajassa onnettomuuspaikalle saapunut torjuntakalusto ehtii keräämään maastoon levinneet aineet, estämään aineiden leviämistä lisää sekä poistamaan saastuneen maakerroksen. Suojauksen tehtävänä ei siis ole toimia kaikenkattavana esteenä erilaisille ympäristömyrkyille vaan antaa tärkeä lisäaika onnettomuuspaikan siivoamiseen, ja näin välttää kemikaalien leviäminen ympäristöön. /5, s. 11/

Pohjaveden suojausrakenteet antavat suojan myös tiesuolausta vastaan silloin, kun suolauksen vähentäminen esimerkiksi liikenneturvallisuuden kannalta ei ole järkevää. Tiesuolana yleisimmin käytetty natriumkloridi (NaCl) valuu tällöin keväisin sulamisvesien yhteydessä suojattuja laskuojia pitkin pois pohjavesialueelta. /2, s. 23/

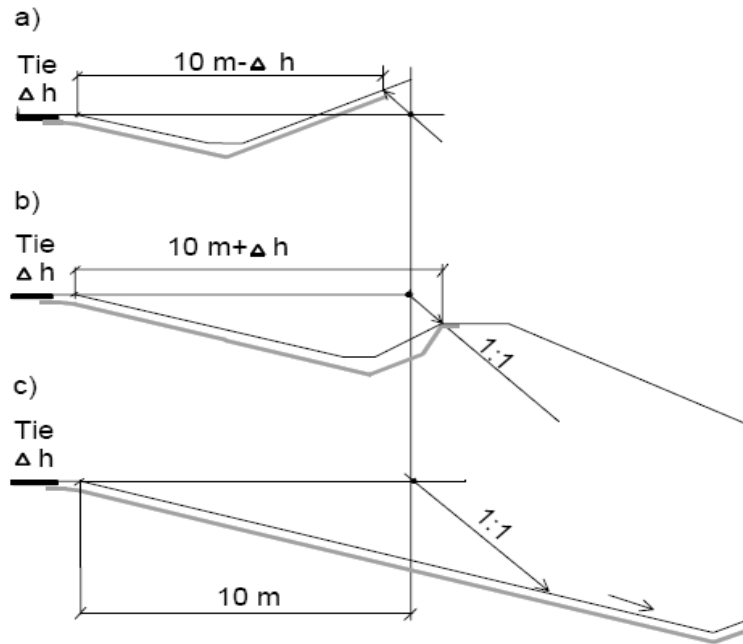
3.2 Suojattavan tiealueen kokoon vaikuttavat asiat

Pohjavesihavaintojen pohjalta alueellinen ympäristökeskus laatii suosituksensa suojattavan tiealueen laajuudesta. Tien leveyssuunnassa suojauksen laajuuteen vaikuttavat lumien auraus sekä autojen suistuminen tieltä luiskaan liikenneonnettomuuksien sattuessa. Suurin osa talvella käytetystä suolasta varastoituu lumikinoksiin kuitenkin alle kolmen metrin päähän tien reunasta ja aurauslumetkin jäävät kokonaisuudessaan alle 10 metrin päähän tien reunasta. Kun suojattava luiska on rakenteesta riippuen noin 10 metriä, suistuneista autoista yli 90 % pysyy tämän alueen sisäpuolella (kuva 3 ja 4). /2, s. 18; 5, s. 13/

Liikenteen turvallisuuden takaamiseksi sisäluiskan tulee olla kaltevuudeltaan 1:4. Luiskan ollessa jyrkempi tieltä suistuva auto kaatuu herkemmin, kun taas

luiskan ollessa loivempi hallinnasta karannut auto pääsee liian herkästi ojasta takaisin tielle. Tämän lisäksi tien viereen tulisi tehdä pyöristetty taite (1:8) 1 metrin leveydeltä sekä ojan pohjalle vähintään 1 metrin levyinen tasanne, jolloin se antaa suistuvalla autolla mahdollisuuden ohjausliikkeisiin ja vähentää törmäyksiä vastaluiskaan. Ulkoluiskaan yläreunaan tulee tehdä myös 2 metrin levyinen pyöristys. /11, s. 8/.

Näitä ohjeita noudattaen suojausrakenne on helppo rakentaa varsinkin asennettaessa erillinen kuivatusjärjestelmä. Sisäluiska on suojauksen tärkein osa ja sen tulisi olla rakennusteknisistä syistä kaltevuudeltaan enintään 1:3, koska jyrkemmässä luiskassa tiivistemateriaali saattaa valua alas. Huomioitava asia on myös se, että sisäluiskan ollessa jyrkempi kuin 1:4 vaaditaan tien reunaan varsinkin vilkkaasti liikennöivillä tai korkean nopeusrajoituksen teillä tiekaide. Ulkoluiskan kaltevuus on tavallisesti 1:2, koska se on toisarvoinen osa koko suojausta ajateltaessa. Tiivisteen kaltevuus tulisi kuitenkin olla 1:2,5; tällöin maton ja/tai muovin yläreuna tulee ankkuroida maahan. /2, s. 18/.

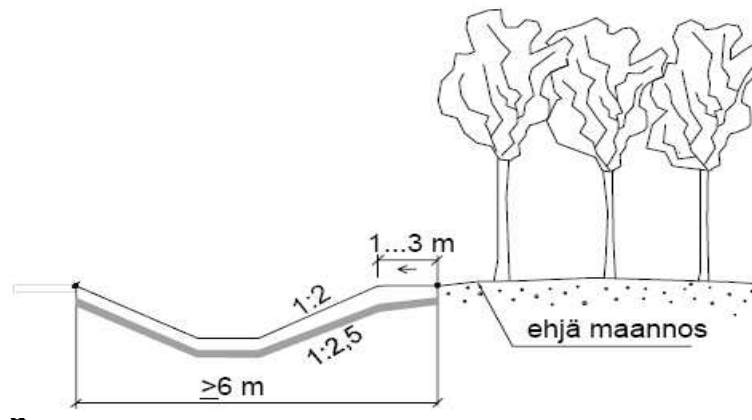


Kuva 3 Luiskasuojauksen leveys normaalitilanteissa /2, s. 18/

Kun maasto nousee tien pinnan yläpuolelle, leveys on 10m - korkeusero (Δh)

Kun maasto laskee tien pinnan alapuolelle, leveys on 10 + korkeusero (Δh)

Kun luiska jatkuu vieläkin pidemmälle, tarvitaan leveämpi suojaus. Ulkoluiskan suojauksen tulee nousta vähintään 0,6 metriä ojan pohjaa korkeammalle.



Kuva 4 Maisemallisesti arvokkaan metsän säästämiseksi voidaan suojausta kaventaa noin 6 metriin. Tällöin osa auraslumista lentää suojauksen yli sekä suurempi osa autoista pääsee suojaamattomalle alueelle /2, s. 19/.

3.3 Suojausluokat

Suomessa käytetyt suojausluokat on jaoteltu eri riskitekijöiden mukaan. Erityisen paljon suolattavilla tieosuuksilla käytetään kloridisuojausta ja vedenottamon läheisyydessä vaativaa kloridisuojausta. Pelkkä

onnettomuussuojaus riittää teillä, joita suolataan vähän tai ei ollenkaan. Taulukossa 1 on esitelty eri materiaaleilla rakennettavat suojausrakenteet sekä niiden kerrospaksuudet. Myöhemmin keskitytään kuitenkin vain bentoniittimatolla rakennettavaan suojaukseen.

Taulukko 1 Suojauksen rakenne ja kerrospaksuudet /2, s. 24, muokattu/

Vaativa kloridisuojaus	Kloridisuojaus	Onnettomuussuojaus
Bentoniittimaa + muovi: 0,25m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,5mm ohutmuovi sisäluiskaan ja ojan pohjalle 0,15m bentoniittimaa	Bentoniittimaa + muovi: 0,25...0,32m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,5mm ohutmuovi sisäluiskaan ja ojan pohjalle 0,08...0,15m bentoniittimaa	Bentoniittimaa: 0,25...0,32m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,08...0,15m bentoniittimaa
Bentoniittimatto + muovi 0,4m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,5mm ohutmuovi sisäluiskaan ja ojan pohjalle Bentoniittimatto	Bentoniittimatto + muovi 0,4m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,5mm ohutmuovi sisäluiskaan ja ojan pohjalle Bentoniittimatto	Bentoniittimatto: 0,4m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous Bentoniittimatto
Maatiiviste + muovi Ei rakenneta	Maatiiviste + muovi 0,3m suojaverhous 0,1m hiekka tai suojaverhous 0,5mm ohutmuovi luiskiin 0,3m maatiiviste	Maatiiviste: 0,1...0,3m suojaverhous 0,5...0,7m maatiiviste

3.4 Pohjavedensuojaus bentoniittimatolla

3.4.1 Bentoniittimatto ja sen ominaisuudet

Bentoniitti on luonnon materiaali, ja se koostuu erittäin hienojakoisesta savesta. Kostuessaan bentoniitti voi optimaalisissa olosuhteissa paisua tilavuudeltaan jopa kymmenkertaiseksi, ja paineen alla se muuttuu lähes vettä läpäisemättömäksi. Erikoisominaisuuksiensa ansiosta sitä käytetään paljon rakentamisessa, kuten betonin valumuottien tiivistykseen, tiilen ja betonin vedeneristyskyvyn parantamiseen ja tiealueilla sekä kaatopaikoilla estämään myrkyjen ja tiesuolan valumisen pohjaveteen. Bentoniitilla on myös muitakin sovelluksia, kuten elintarviketeollisuudessa käyttö paakkuuntumisen estoaineena

(E588). Bentoniittia esiintyy ympäri maailmaa, Suomesta ei sitä kuitenkaan löydy, vaan se tuodaan ulkomailta, lähinnä Intiasta. /14; 15/

Bentoniittimatto koostuu kahdesta toisiinsa kudotusta kuitukankaasta, joiden väli on täytetty bentoniittijauheella. Kuitukankaat ovat joko kudottuja tai kutomattomia, riippuen bentoniittimaton käyttökohteesta. Tien luiskissa vaaditaan yleensä hyvää vetolujuutta, jolloin käytetään kudottua kuitukangasta. Kutomatonta bentoniittimattoa suositaan muun muassa kaatopaikkojen suojauksessa, jolloin mahdollisimman suuri murtovenymä on tärkein kriteeri. /3; 14/



Kuva 5 Luiskasuojauksessa bentoniittimatto levitetään tasaiselle pohjalle.

3.4.2 Muovikalvo vaativissa kloridisuojauksissa

Muovikalvoa käytetään pohjavedensuojaukseen kloridisuojauksissa ja vaativissa kloridisuojauksissa bentoniittimaton tai -maan tai maatiivisteiden päällä (kuva 6). Alimmaisiksi tulee siis varsinainen tiiviste ja päälle limisaumattu ohut muovikalvo. Tämän yhdistelmärakenteen toiminta perustuu siihen, että varsinaiseen tiivisteeseen pääsee vettä vain muoviin tulleista satunnaisista

rei'istä. Hyvä kontakti estää virtauksen muovin ja tiivisteiden välissä. Muovikalvo estää tiivisteiden liian kuivumisen ja vettymisen, jolloin tiivisteiden vesipitoisuus pysyy paremmin vakiona vähentäen muun muassa sen halkeilua. /2, s. 30/

Erikoistapauksissa muovikalvoa voidaan myös käyttää yksinään ulkoluiskassa. Tällöin muovikalvon vaatimukset ominaisuuksiltaan sekä alustaltaan ovat kovemmat. Käytännössä muovikalvon nimellispaksuuden tulee ulkoluiskassa olla yksinään 0,7 millimetriä, kun taas yhdistelmä rakenteessa käytettynä paksuudeksi riittää 0,5 millimetriä. /1, s. 32; 2, s. 24/.



Kuva 6 Yhdistelmä rakenne, jossa bentoniittimaton päällä muovikalvo.

3.4.3 Suojusrakenteen alusta

Bentoniittimaton alustan tulee olla tasainen. Alustan pinnasta tulee ylisuuret kivet, puiden juuret, kannot yms. poistaa. Irtokivet ja yli 1 senttimetrin terävät särmit sekä yli 2 senttimetrin syvyiset kolot, jalanjäljet ja painaumat pitää myös poistaa tiivisteiden repeämisvaaran vuoksi (kuva 7). Tasaamiseen voidaan käyttää suojakerroksen hiekkaa. Huonosti kantavalle tai routivalle alustalle tehdään

kapillaarikatkokerros tiivisterakenteen alle tai vastaavasti tukikerros rakentamisen aikaisia töitä varten. /1, s.9-10/

Päällysrakenteen kohdalla alustana oleva rakennekerros ja rakennekerroksen luiska tiivistetään koneellisesti tasaiseksi. Tasaisuusvaatimus on sama kuin edellä mainittu. Tiivisterakenteen alusta rakennekerrosten osalta tulee olla kaltevuudeltaan vähintään 5 % ja enintään 15 % luiskaa kohden. Alustan korkotaso määräytyy tiivisterakenteen päälle rakennettavien kerrospaksuuksien mukaan. /1, s.10/

Luiskassa ja ojan pohjalla alustasta poistetaan kaikki pajujen ja muiden herkästi kasvuun lähtevien kasvien juuret tai vastaavasti peitetään niiden kasvukohdat juurten läpäisyn estävillä kankaalla tai muovilla. Pohjamaan ollessa tasarakeista hiekkaa ($d_{60} / d_{10} < 5$), kantavuutta parannetaan 10 senttimetrin paksuisella hienolla sora- tai murskekerroksella. Pohjamaan ollessa märkää silttiä, silttimoreenia, pehmeää savea tai humusmaata, tehdään sen kantavuuden parantamiseksi ja kapillaarisen vedennousun estämiseksi tiivisterakenteen alle kerrosrakenne, jossa on alinna on N3-luokan suodatinkangas ja sen päällä 20 cm kerros soraa tai mursketta. Suodatinkankaan sijaan voidaan myös käyttää 30 cm kerros suhteistunutta, routimatonta hiekkaa. /1, s.10/

Louheeseen tehtävä alusta kiilataan pienemmällä kiviaineksella, niin että pintakerrokset eivät varise alempana olevaan louheeseen. Edellä mainittujen tasaisuusvaatimukset tulee kuitenkin täyttää. Alustalla tulee käyttää vähintään N3-luokan suodatinkangasta. Ojan pohjan korkeustaso ei saa poiketa suunnitelman tasosta enempää kuin ± 50 mm ja ojan pohjan kaltevuus enempää kuin - 0,5 - +2 % - yksikköä. /1, s. 10/



Kuva 7 Luiskan muotoilua ja tasausta

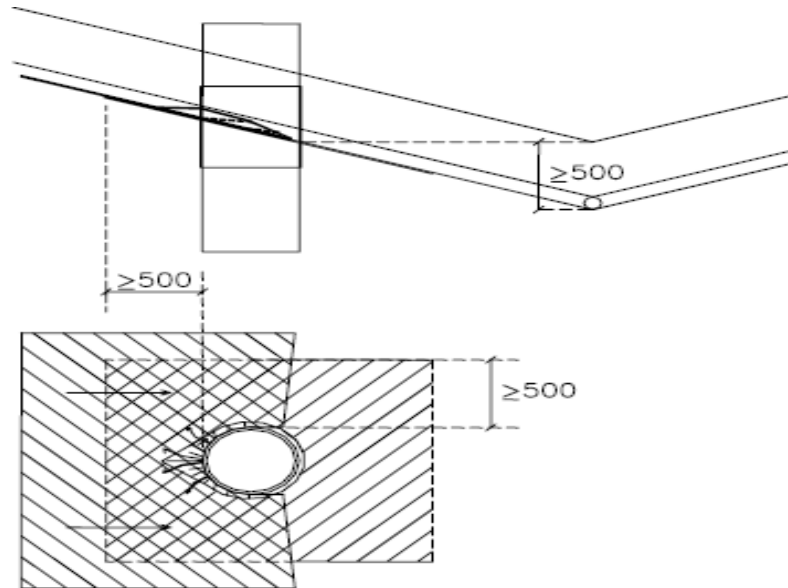
3.4.4 Suojusrakenteen tiiviys, limitys ja läpiviennit

Bentoniittimatoilla riittävä tiiviys saavutetaan vähintään 300 mm:n limityksellä. Vaikka bentoniittimatto on itsestään liimautuvaa ja tiivistyvää, saumojen tiiviys varmistetaan vielä ohjeiden mukaan bentoniittijauheella, jota laitetaan 0,4 kg/juoksumetri (kuva 8). Hyväksyttävää on myös käyttää ns. bentoniittipastaa maton saumoissa ja läpivienneissä. Tällöin bentoniittijauhoon sekoitetaan vettä suhteessa 1:4. Valmista laastia levitetään yhdessä jauhon kanssa samoin kuin toimittaessa pelkän jauheen kanssa. /1, s.10; 3/



Kuva 8 Bentoniittimatton saumojen limitys varmistetaan bentoniittijauheella tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös bentoniittipastaa.

Läpiviennit ja maton liittymiset rumpuihin tehdään samalla periaatteella kuin limityksetkin. Tiivisteseen tuleva reikä tulee olla vähintään 0,5 metriä ojan pohjan tiivistettä korkeammalla. Rummuissa, kaivoissa ym. isoissa läpivienneissä reikä tiivistetään käyttämällä kahta isoa bentoniittimattonpalaa sekä bentoniittijauhetta (kuva 9). Liikennemerkkien pylväsosissa ja muissa pienen läpiviennin vaativissa kohteissa riittää yleensä reiän tilkitseminen bentoniittijauheella tai -pastalla (kuva 10). /1, s. 12/



Kuva 9 Periaatekuva betonijalustan läpiviennistä. Alimmaiseksi luiskaan tulee bentoniittimaton kaistale, johon tehdään läpiviennin vaatiman suuruinen reikä. Päälle tulee toinen matonkaistale, joka liittyy jalustaan viettäen siitä poispäin. Saumojen tiiviys varmistetaan bentoniittijauheella tai bentoniittipastalla /1, s. 12/



Kuva 10 Pohjaveden tarkkailuputken läpivienti

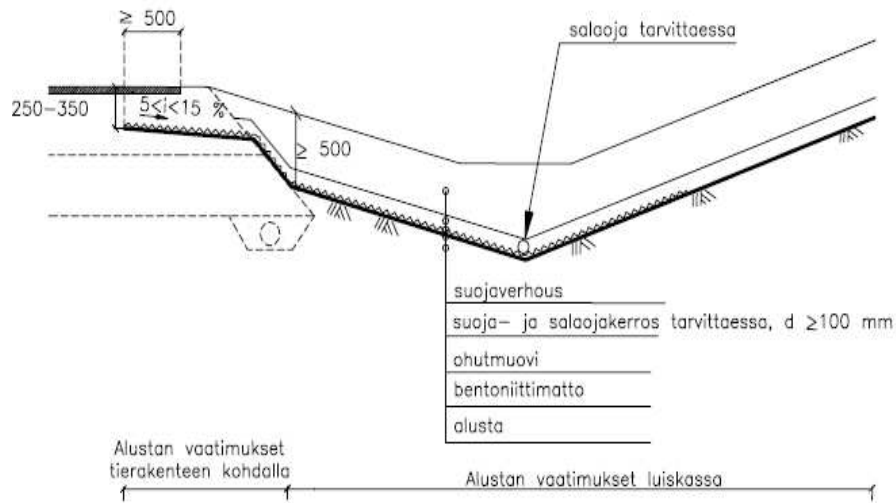
3.4.5 Suojaverhous, suoja- ja salaojakerros sekä nurmetus

Suojaverhouksen materiaalina käytetään kitkamaata, jonka maksimiraekoko on 100 millimetriä ja kuitenkin enintään 1/3 suojaverhouksen paksuudesta.

Käytettävä materiaali saa sisältää enintään 50 % seulan 0,063 mm läpäisevää ainesta. Tämä tulee rakeisuuskäyrin osoittaa. Rakennekerroksien kohdalla tiivisterakenteen päällä käytetty murske ei saa enimmäisraekooltaan olla yli 45 mm. Materiaalin laatua seurataan jatkuvasti silmämääräisesti ja tarvittaessa varmistaen rakeisuusmääritys. /1, s. 11-12/

Käytettäessä erillistä suoja- ja salaojakerrosta, kiviaineksen raekoko muovikalvon päällä tulee olla enintään 22 millimetriä. Bentoniittimaton päällä sallitaan enimmäisraekooltaan 32 millimetrin materiaalia. Erillistä suojakerrosta käytetään yleensä yhdistelmä rakenteissa suojaamaan muovikalvoa sekä silloin kun suojaverhousmateriaali on liian kivinen saattaen vahingoittaa tiivistettä. Kloridisuojauksissa erillinen suoja- ja salaojakerros tarvitaan poistamaan tiivistettä kuormittava vedenpaine, jos yläpuolinen verhousmateriaali on liian hienorakeista. /1, s. 11/

Suoja- ja salaojakerroksen paksuus rakenteessa on vähintään 0,1 metriä (kuva 11). /1, 15./ Materiaalin saatavuudesta riippuen voidaan myös käyttää reilusti paksumpaakin kerrosta. /2, s.11/



Kuva 11 Vaativa kloridisuojaus bentoniittimatolla /1, s.9/

Suojaverhous tulee nurmettaa nurmetusluokalla II. Nurmetus toimii suojaverhouksen yhtenä osana antaen suojan luiskalle eroosiolta ja liialliselta kuivumiselta. Hyvännäköinen nurmi on myös tärkeä ulkonäköseikka ja korostaa maisemallista merkitystä ja ”tien päällä” viihtymistä. Jyrkissä luiskissa nurmetuksen tai vaihtoehtoisesti siirtonurmen pysyvyys varmistetaan Vihertöiden suunnitteluohjeen mukaisesti. /1, s.11/

4 INFRARYL 2006

4.1 InfraRYL – ohjeiden soveltaminen Tiehallinnon töissä

Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2006 -julkaisussa luodaan infra-alalle yhtenäinen ja yhteinen kuvaus infrarakenteiden yleisistä laatuvaatimuksista. Julkaisu sisältää infrarakentamisessa sovellettavan hyvän rakennustavan. Se käsittelee tie-, katu- ja rata-rakenteiden toimivuusvaatimuksia sekä maa-, pohja- ja kalliorakenteiden sekä päällysteiden ja pintarakenteiden teknisiä vaatimuksia.

Keskeisimpinä lähteinä teoksessa ovat olleet Tiehallinnon Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (TYLT), Suomen kuntaliiton Kunnallisteknisten töiden

yleinen työselostus (KT 02) ja Ratahallintokeskuksen laatimat Radan maarakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset (RMYTL). /9, 10/

InfraRYL 2006 korvaa edellä mainittujen toimijoiden omat työselostukset. Teoksen tavoitteena on siis muodostaa alalle yhtenäinen toimintamalli, jolloin päällekkäisyydet työketjussa vähenevät, laatu paranee, virheet vähenevät ja ylläpito helpottuu. InfraRYL 2006 otettiin laatuvaatimuksena käyttöön Tiehallinnon rakennus- ja ylläpitourakoissa, joiden tarjouspyyntö valmistui 1.1.2007 jälkeen /10/.

InfraRYL (myöhempänä RYL)- laatuvaatimuksia sovelletaan Tiehallinnon töissä silloin, kun urakan kohdekohtaisissa asiakirjoissa viitataan RYL-laatuvaatimukseen sekä kun suunnitteluohjeessa tai vanhassa suunnitelmassa viitataan TYLT laatuvaatimukseen ja urakassa muilta osin noudatetaan RYL-vaatimuksia. Kun urakan kohdekohtaisissa asiakirjoissa viitataan RYL-laatuvaatimukseen, Tiehallinto lisäksi edellyttää, että RYL 2006:ssa tunnuksella ”Ohjemerkitäjä” kohtia sovelletaan laatuvaatimuksena kuten muutakin RYL-vaatimustekstiä. /9/

4.2 InfraRYL, luku 14230 pohjavedensuojaukset

Pohjavedensuojaurakenteet tie- ja katualueilla eivät ole kovin yleisiä. Tehdyt suojaukset ovat yleensä Tiehallinnon teettämiä urakoita, joten RYL – vaatimukset vastaavat TYLT – osiota (taulukko 3). Eroja laatuvaatimuksissa bentoniittimatolla ja muovikalvolla toteutettavissa suojauksissa ei näiden oppaiden kesken juurikaan ole. Valmiiden rakenteiden tulisi olla samanlaisia ja toimia yhtä hyvin riippumatta siitä, kumpaa ohjeistusta on rakentamisessa käytetty.

InfraRYL – opas pärjää kuitenkin paremmin loogisuudellaan. Sen otsikointi viittaa infra-rakennusosanimikkeistöön, jolloin esimerkiksi kustannusten jakaminen osiin on helppoa. Vaatimukset rakenteessa ja toimintavaatimuksissa

on selkeästi ilmoitettu, ja sen lisäksi ohjetekstillä sanotaan kuinka tavoitteisiin päästään.

Yksi mainittava seikka kuitenkin erottaa TYLT:n ja RYL:n oppaat toisistaan. Kumpikin opas antaa tarkan määritelmän materiaalille tai rakenteen toimivuudelle, mutta infraRYL antaa lisäksi luvun, minkä mukainen tämä rakenne tulee olla. Esimerkkinä RYL-opas antaa tietylle rakenteelle, esimerkiksi nurmetuksen teolle, tarkan määritelmän käyttää maisemanurmea 1, luvun 23211 mukaan. Vastaavasti TYLT antaa vaatimuksen käyttää nurmetusluokkaa II, mutta ei viitettä, mistä selityksen tälle luokalle löytäisi. Tässä tapauksessa on kuitenkin selvää, että työ suoritetaan TYLT 5600 viherrakenteet-laatuvaatimusten mukaan. /1, 10/

Taulukko 3: TYLT – osan ja RYL – luvun vastaavuus pohjavedensuojauksen osalta sekä siihen liittyvin viittein. /1, 13, 14./

Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset (TYLT)		InfraRYL
TYLT 4840: pohjaveden suojausrakenteet	TIEH 2200029–04	14230 pohjavedensuojaukset
TYLT 6800–6870: kuivatusrakenteet ja putkistot	TIEH 2200028–04	14300 kuivatusrakenteet
TYLT 5600: vihertyöt	TIEH 2212400–98	22200 Luiskaverhoukset ja eroosiosuojaukset 23200 kylvönurmikot

5 VT 2 LEPPIKANKAANSELÄN POHJAVESISUOJAUS, ST-URAKKA

5.1 Yleistä

Valtatie 2 on Vihdin Palojärveltä Forssan kautta Porin Mäntyluotoon kulkeva kaksikaistainen valtatie. Tie toimii pääyhteytenä pääkaupunkiseudulta Satakuntaan sekä osaksi Hämeeseen, Pirkanmaalle ja Pohjanmaalle. Ratayhteyden puuttuessa Porin ja Helsingin väliltä valtatie toimii valtatie myös tärkeänä yhteytenä Porin, Rauman ja Helsingin satamiin. Tie on monissa kohdin mäkinen ja mutkainen sekä Tiehallinnon uusien säädöksiä mukaan liian kapeakin. Liittymiä on paikoitellen liian tiheässä.

Tie kulkee läpi usean tärkeän pohjavesialueen joiden pohjavesisuojaukset ovat puutteelliset. Lisäksi yhä laajenevat taajamat edellyttävät meluntorjunnan parantamista. Tieolosuhteet yhdessä kasvavien liikennemäärien kanssa heikentävät vakavasti liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta.

Vuonna 2006 aloitettiin Tiehallinnon toimesta valtatie 2:n mittava perusparannushanke, joka oli arvoltaan noin 55 miljoonaa euroa. Hanke muodostuu yli 20 erillisestä kohteesta optioineen. Loimaalla Leppikankaanselän pohjavesisuojauksen rakentaminen riista-aitooneen ja tien levennyksineen oli yksi myöhemmin rakennettavista optiokohteista. Tiehallinnon kustannusarvio kohteesta oli noin 3 miljoonaa euroa vuonna 2007. /12; 16/

Leppikankaanselän pohjavesisuojaus toteutettiin kokonaishintaan perustuvana suunnittele ja toteuta -urakkana (ST), jossa suunnittelutyöstä vastasi Ramboll Oy Tampereelta ja toteutuksesta Kangasalan Soraset Yhtiöt Oy. Urakkaan kuului pohjavedensuojaurakenteiden lisäksi valtatie leventäminen aikaisemmasta 8,5 metristä 10 metriin, jolloin kaistan leveydeksi tuli 3,75 metriä (aiemmin 3,5 metriä). Riista-aitaa rakennettiin tien molemmin puolin koko urakan pituudelta, tieliittymiä rakennettiin uusien vaatimusten mukaisiksi ja luvattomat liittymät poistettiin. Varsinaiset ongelmakohdat kohteessa liittyivät

pohjaveden laadun heikkenemiseen ja valtatiellä liian tiheässä oleviin maatalousliittymiin. Lisäksi alueelta poistettiin käytöstä valtatie molemmin puolin olevat levähdysalueet. /12/.

5.2 Pohjaveden suojauksen perustelut Leppikankaanselällä

Valtatie 2 kuuluu kunnossapitoluokkaan I, joten se on lähes aina sula. Yöaikaan tai sään vaihtuessa tie voi olla liukas. Liukkaudentorjunta pyritään hoitamaan ennakoivasti. Suolausmäärä oli 90-luvun lopulla välillä noin 7 - 9 tonnia/km/vuosi.

Vuonna 1995 tehdyn toimenpideselvityksen mukaan vaarallisia aineita kuljetettiin tuolloin noin 40 000 tonnia vuodessa. Laskennallinen onnettomuustodennäköisyys on tällöin keskimäärin 0,9 onnettomuutta 100 vuodessa. Valtatien 2 vieressä sijaitsee Metsämaan pohjavedenottamo, josta vettä otettiin vettä noin 190 m³ / vrk 90-luvulla. Vesiviranomaisten pohjavesialuekartoituksessa kyseinen alue on osoitettu vedenhankinnalle tärkeäksi pohjavesialueeksi. Mahdollisen onnettomuuden sattuessa pohjaveden laatu saattaa ilman suojaustoimenpiteitä merkittävästi huonontua.

Turun tiepiiri antoi vuonna 1995 toimenpidepäätöksen, jonka sisältö oli myöhemmin tehtyjen lisäysten kanssa seuraavanlainen:

- Valtatien luiskat suojataan Metsämaan vedenottamon kohdalla noin 1050 metrin matkalla vaativalla kloridisuojauksella.
- Pohjavedenottamon kaakkoispuolella luiskat suojataan 1960 metrin matkalta kloridisuojauksella.
- Tien loppuosa eli noin 880 metriä, joka on pohjavedenmuodostumisalueen ulkopuolella, suojataan luiskat onnettomuussuojauksella.
- Valtatie levennetään koko urakka-alueen mitalta nykyiseen tavoiteleveyteen, jolloin poikkileikkaukseksi tulee 10.5/7.5. Päällysteen leveydeksi tulee tällöin 10 metriä ja ajokaistan 3.75 metriä /12/.

5.3 Materiaalivalinta

Tiesuunnitteluvaiheessa esitetty haltuunottoalue määrää käytännössä maksimileveyden suojattavalle alueelle. Eri rakennevaihtoehdot huomioiden oli haltuunottoalue määritelty eniten tilaa vievän rakenneratkaisun mukaan, joten rakennussuunnitteluvaiheessa voitiin punnita eri vaihtoehtoja niin massatalouden kuin käytettävien materiaalien kannalta. Lopullinen lunastettava maa-alue tuli siten olemaan leveydeltään edullisimman rakenteen mukainen. Suojausrakenteen materiaaliksi valittiin suunnitteluvaiheessa bentoniittimatto, koska se on tällä hetkellä Suomen oloissa eniten pohjavedensuojaukseen käytetty materiaali tierakenteissa.

5.4 Laadunvalvonta

Urakkamuotona käytettiin nykyisin yleistä ST-urakkaa eli suunnittele ja toteuta-urakkaa. Tällöin palveluntuottaja vastaa itse tuotteensa laadun suunnittelusta, tuottamisesta, valvonnasta sekä raportoinnista. Tilaajan suorittama valvonta kohdistuu palveluntuottajan laatujärjestelmän ja laatusuunnitelman toimivuuden seurantaan. Tilaajan ja palveluntuottajan kesken pidetään säännöllisesti työmaakokouksia, joissa todetaan yhdessä mm. työn edistyminen, laaturaportointi, alihankintasopimukset, lisä- ja muutostyöt, työsuojelu, työnaikainen liikenteen hoito, ympäristöasiat, asiakaspalautteet ja laskutusasiat.
/16/

Koko urakan osalta laadunvalvonta sekä -raportointi toteutettiin Soraset Yhtiöt Oy:n oman laatujärjestelmän mukaisesti. Pohjavedensuojauksen osalta laadunvarmistus oli erittäin vaativa, ja se tehtiin Tiehallinnon TYLT 4840:n, pohjavedensuojausrakenteet mukaisesti. Pohjavedensuojaukseen käytettävien bentoniittimattojen ja muovikalvojen sekä tiivisteiden läpiviennin koeasennuksen perusteella laadittiin ensin työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, joka toimi pohjana varsinaisen työn aikana materiaaleista, työvaiheista, mittauksista ja mahdollisista poikkeamista syntyville laatuasiakirjoille. Laadunvarmistusta työn aikana tehtiin TYLT 4840:n mukaan sekä itse rakenteesta että käytettävistä materiaaleista. Rakenteeseen kohdistuva laadunvarmistus kerrotaan tarkemmin

ohjeessa, työmaalla tehtävät laatumittaukset voidaan jakaa taulukon 4 mukaisesti. Tilaaja voi taulukossa mainittujen mittausten lisäksi vaatia myös muita urakkakohtaisia laatuvaatimuksia ja -mittauksia kuten kantavan kerroksen tasaisuuden ja korkeusaseman mittaukset (kuva 12)

Taulukko 4 Työmaalla suoritettavat laadun raportoinnit ja rakenteesta suoritettavat mittaukset /1, s, 7-14, 30-32, liite 1/

POHJAVEDENSUOJAUKSEN LAADUNVALVONTA
Tiivisterakenteen alusta
<ul style="list-style-type: none"> – Kantavuus- ja kuivatusolosuhteet → dokumentointi ja raportointi – Olosuhteitten muututtua → dokumentointi ja raportointi – Sijainti ja tasaisuus ≤ 20 metrin välein → dokumentointi valokuvin – Alustan tasaisuus ja korkeusasema → mittausten dokumentointi*
Bentoniittimatto, muovikalvo, salaojat ja tarkastuskaivot
<ul style="list-style-type: none"> – Tilauksen mukainen vastaanottoraportti työmaalle saapuneista bentoniittimatto- ja muovikalvoeristä – Saapuneesta matto- ja/tai kalvoeristä otetaan A4-kokoa oleva vertailupala → liitetään vastaanottoraporttiin – Asennettavista bentoniittimatoista ja muovikalvoista otetaan näytteitä seuraavasti: jokaista alkavaa 5000 m² kohden → 1 näyte-erä. Yli 20 000 m² mentävistä otetaan vain 1 näyte-erä 10 000 m² kohden. Esimerkki mattoa käytetään yhteensä 70 000 m² → 4 + 5 näyte-erää – 1 näyte-erä → A + B näyte. Kumpikin otetaan eri rullista ja ovat vähintään 0,5 metriä pituisia ja koko rullan levyisiä. Säilötään muoviin käärittynä mattorullan hylsyn ympärille käärittynä – Asennuskohdan tiedot (paalu), rullan tunnistetiedot ja päivämäärä → liitetään näytekappaleeseen – Näytteet viedään tutkittavaksi TYLT 4840 liitteen 1 ja 2 mukaisesti puolueettomalle, sertifioidulle laboratoriolle – Tiivisterakenteen läpiviennit → dokumentointi valokuvin – Salaojien tarkastuskaivojen sijainti → mittausten dokumentointi*
Suoja- ja salaojakerros sekä suojaverhous
<ul style="list-style-type: none"> – Suoja- ja salaojakerroksen materiaalista rakeisuusmääritys jokaista alkavaa 600 m³ kohden – Suojaverhouksen materiaalista rakeisuusmääritys jokaista alkavaa 10 000 m² kohden – Tien rakennekerrosten kohdalla olevasta tiivisterakenteen päällä käytettävästä murskeesta rakeisuusmääritys jokaista alkavaa 500 m² kohden, kuitenkin ≥ 1000 m välein kummaltakin pientareelta – Suoja- ja salaojakerroksen sekä suojaverhouksen paksuus mitataan kerran jokaista alkavaa 500 m² kohden, pisteiden väli ≤ 50 metriä*
* Mittaukset tulee suorittaa luotettavasti, esimerkiksi takymetrilla



Kuva 12 Kantavan kerroksen korkeusaseman mittauksen voi tehdä yksinkertaisella ajokepillä

5.5 Pohjavesisuojausten kuvaus

Tien kunnossapitäjän ja pelastusviranomaisten tarpeisiin on laadittava kansio, josta ilmenee toteutuneen pohjavesisuojausten rakenne, suojauksen vaatima seuranta ja kunnossapito, suojauksen asettamat rajoitukset tienpidolle sekä mahdollisia ohjeita pelastusviranomaisille. /1, s. 22; 8/

Riittävää ja oikeaa tietoa toteutuneesta pohjavesisuojausten rakenteesta sekä siihen liittyvästä kunnossapidosta tarvitaan tien kunnossapitotöissä, tiellä sattuneissa liikenneonnettomuustapauksissa, tietä koskevassa suunnittelutyössä sekä pohjaveden suojelua koskevissa tehtävissä. Tien kunnossapitäjät tarvitsevat tietoja rakennetuista tieluiskasuojauksista pystyttäessään liikennemerkkejä, huoltaessaan kuivatusjärjestelmiä sekä hoitaessaan tienvarsien kasvillisuutta. Pelastusviranomaisille suojauksen rakennetta koskevat tiedot ovat erittäin tarpeellisia vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuksien yhteydessä. Tiensuunnittelijat ja tieviranomaiset tarvitsevat tietoja suunnitellessaan tien parannusta, valaistusta tai kevyen liikenteen väylän rakentamista, suunnitellessaan suojauksen laajentamista sekä vastatessaan muun muassa

telekaapeleiden asentamista koskeviin hakemuksiin. Pohjaveden suojelusta vastaavat tahot tarvitsevat tietoja arvioidessaan suojauksen tehokkuutta ja suunnitellessaan suojauksen laajentamista. /8/

Esimerkiksi suunnistustaulun pystytys voi tuhota suojauksen, jos kunnossapitäjälle ei anneta asiaan kuuluvia ohjeita. Ongelmia aiheutuu esimerkiksi silloin, kun suunnistustaulun kohdalla ei olekaan suunnitelman mukainen bentoniittimatto, vaan muovikalvo, jonka paikkaaminen vaatii erikoismenetelmiä. /8/

Pohjavesisuojausta kuvaavat kansiot on tehtävä kolmena kappaleena ja ne on toimitettava kunnossapitäjälle, tiepiirin arkistoon sekä palo- ja pelastuslaitokselle. Kansion sisältö tulee olla kokonaisuudessaan tiivis ja helposti luettava paketti. Ensimmäisille kolmelle sivulle kootaan perustiedot toteutuneesta rakenteesta sekä toiminta- ja kunnossapidon ohjeet tien kunnossapitäjälle. Toteutuneen rakenteen yksityiskohdat lisätään liitteisiin. Suunnitelmiin voidaan tehdä tarvittaessa käsin muutokset jotta ne vastaisivat toteutunutta rakennetta. Kansion sisältö tulisi olla seuraavanlainen: /8/

Sivut 1 ja 2: Suunnitelmakartta, josta selkeästi nähdään suojauksen sijainti, lyhyt sanallinen kuvaus rakenteesta sekä pienennöksiä tyyppipoikkileikkauksista.

Sivu 3: Kunnossapitoa koskevat ohjeet, tieluiskan kasvillisuuden hoito-ohjeet, luiskan seurantaohjeet, liikennemerkkien pystytysohje, palo- ja pelastusviranomaisen yhteystiedot.

Liitteet: Suojaussuunnitelma ja työselitys mahdollisine muutoksineen. Käytettyjen materiaalien tiedot ja koetulokset. Muovikalvon ja bentoniittimaton tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa. Piirustuksia toteutuneista rakenteista, läpivientikuvia, rakentamisessa havaittujen ongelmien esille tuominen esimerkiksi poikkeamaraportilla. Tiedot pohjamaasta ja pohjavedestä sekä mahdollisesti pohjaveden tarkkailuputkista. Pohjavesialuetta koskevat viranomaismääräykset. /8/

6 POHJAVESISUOJAUKSEN RAKENTAMISESTA

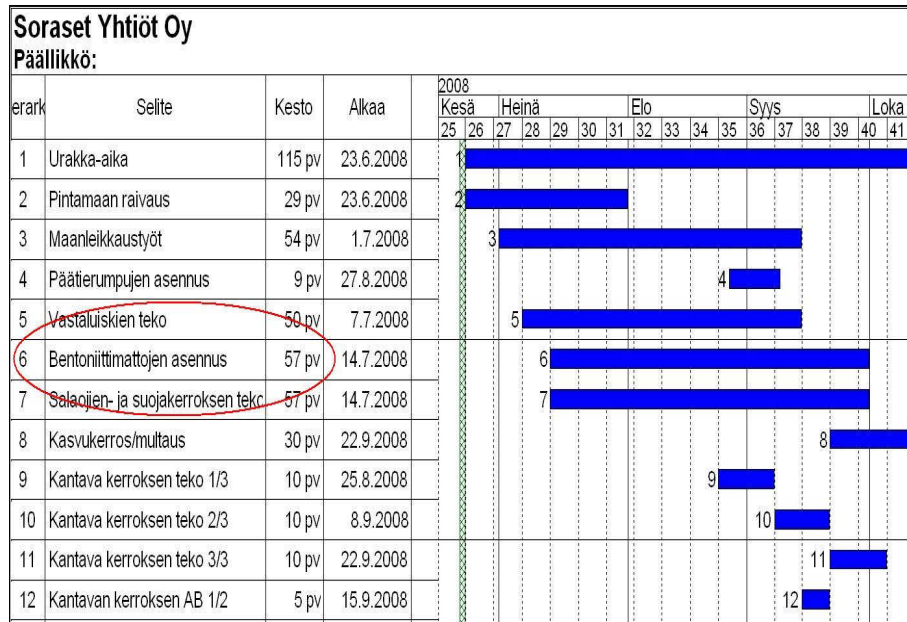
6.1 Yleistä

Seuraavaksi esitellään muutamia pohjavedensuojauksen rakentamiseen, rakenneratkaisuihin ja aikatauluun liittyviä asioita, joita olisi ollut hyvä miettiä myös etukäteen. Vaativat työvaiheet voivat pitkittää aikataulua, jolloin päällekkäisyydet syntyvät samaan työkohteeseen. Osaltaan tähän vaikuttavat sateiset sääolot, joita täällä Suomessa riittää suuressa määrin.

Pohjavedensuojauksen rakentaminen vaatii aina poutaista säätä riippumatta siitä, käytetäänkö tiivisterakenteena bentoniittimattoa, bentoniittimaata vai maatiivistettä. Oikea aika rakentamiselle on kevät ja kesä, syksyille taas kannattaa jättää muut työvaiheet. Rakenneratkaisuja on hyvä miettiä vaihtoehtojen kannalta ja missä vaiheessa jokin tietty asia kannattaa tehdä.

6.2 Aikataulu ja kriittiset työvaiheet

Tämäkään urakka ei poikennut muista kireäksi laaditulla aikataulullaan. Viivästyksiä eri työvaiheissa tulee lähes aina ja seuraavissa työvaiheissa menetettyä aikaa yritetään saada takaisin, niin kuin myös tässä. Urakalle oli ominaista lukumäärältään vähäiset, mutta toisaalta pitkäkestoiset työvaiheet (kuva 13). Tämä vaati tarkkaa seurantaä töiden edistymisestä ja tarvittaessa siihen puuttumista esimerkiksi konekaluston vaihdolla, jotta työt sujuisivat ja aikataulussa pysyttäisiin.



Kuva 13 Tärkeimpien työvaiheiden aikataulu /13 muokattu/

Pohjavedensuojausta tehtäessä havaittiin bentoniitti- ja muovimaton asennuksen jälkeen tehtävän suojaverhouksen teon olevan erityisen hidas työvaihe. Peittämistyössä käytettiin 20 tonnin painoista, leveällä luiskakauhalla varustettua pitkäpuomista kaivinkonetta (kuva 14). Suojattavaa tieosuutta oli 3,8 kilometriä ja molemmin puolin tietä olevaa suojattavaa luiskaa noin 100 000 m², eli toisin sanoen yhdessä työpäivässä olisi pitänyt pystyä etenemään keskimäärin 133 metriä, työviikossa keskimäärin 665 metriä. Huomattavista ylityötunneista huolimatta vaaditussa tahdissa ei kuitenkaan pysytty vaan aikataulusta jäätiin jatkuvasti.



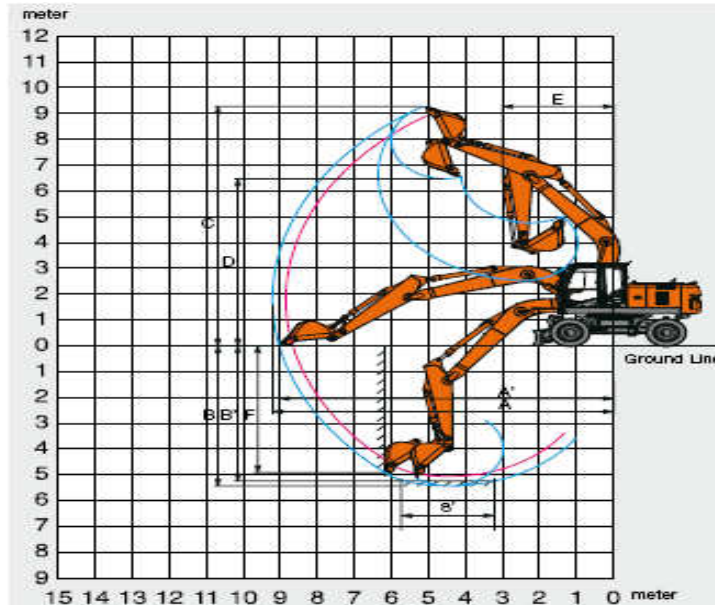
Kuva 14 Pitkäpuominen kaivinkone bentoniittimattoa peittämässä. Tekemällä ”hiekkapeti” koneen telan alle saadaan lisää ulottuvuutta

Ammattimaisten ja pitkän työkokemuksen omaavien kaivinkonekuljettajien haastatteluihin perustuen voidaan kuitenkin olettaa että kyseisen kokoluokan koneella ei olisi missään olosuhteissa päästy vaadittuun tavoitteeseen vain yhtä työvuoroa käyttämällä. Vaihtoehtona olisi ollut tehdä peittotyötä kahdessa työvuorossa, suurentaa pitkäpuomista kaivinkonetta 30–35-tonniseksi tai ottaa toinen saman kokoluokan pitkäpuominen kaivinkone tai normaali luiskakauhalla varustettu kaivinkone, jonka ulottuvuus riittäisi vähintään sisäluiskan suojaverhouksen tekoon. /15, 16/

Työmaalla kokeiltiin jälkimmäistä ratkaisua. Toisena koneena käytettiin pyöräalustaista 18 tonnin painoista kaivinkonetta. Yhdistelmä toimi varsin hyvin kun luiskat olivat lyhyitä ja ojan pohja sijaitsi lähellä tien reunaa. Pyöräalustainen kaivinkone meni edellä levittäen salaojan päälle salaojasoran, peittäen sisäluiskan ja tehden samalla ”petiä” pitkäpuomisen kaivinkoneen telan alle. Tämän jälkeen pitkäpuominen kaivinkone peitti ulkoluisikan sekä viimeisteli suojaverhouksen koko luiskan leveydeltä.

Peittotyössä käytännöllinen ulottuvuus pitkäpuomisella 20 tonnin painoisella kaivinkoneella on noin 15 metriä. Pyöräalustaisen 18 tonnin painoisen kaivinkoneen normaali ulottuvuus on noin 7 metriä (kuva 15), kyseinen kone oli

tosin varustettu kauhan pyörittäjällä, joten peittotyössä ulottuvuus riitti jopa 8 metriin.



Kuva 15 Pyörälustaisen 18 tonnin painoisen kaivinkoneen ulottuvuus /12/

Taulukossa 4 on vertailtu suojaverhouksen teon työsaavutuksia yhden työvuoron aikana kahdella eri koneyhdistelmällä. Koska kaivinkoneet ovat mitoittava tekijä, kuljetuskalusto mitoitetetaan niiden kapasiteetin sekä materiaalin kuljetusmatkan mukaan.

Suojaverhoukseen käytetty materiaali, suoja- ja salaojakerroksen materiaali mukaan lukien tulivat läheiseltä soranotto paikalta. Kokonaiskerrospaksuus suojaverhouksella oli kasvukerrosta lukuun ottamatta 40 cm. Erillisenä työvaiheena tehtävän kasvukerroksen paksuus oli 10 cm, jolloin suojaverhouksen yhteispaksuudeksi tuli 0,5 metriä.

Taulukko 4 Suojaverhouksen teon karkeat työsaavutukset kahdella eri koneyhdistelmällä. Työvuorossa on huomioitu taukoajat. Suojusrakenteena on vaativa kloridisuojaus

OLOSUHTEET	TOIMINTAYKSIKKÖ	KARKEA TYÖSAAVUTUS
Materiaali: pääosin karkea sora	KKh 20 pitkäpuominen + 1 x KA puoliperä	210 m ³ rtr / tv
Materiaali: pääosin karkea sora	KKh 20 pitkäpuominen + KKhp 18 + 2 x KA + 1 x KA puoliperä	sisäluiska: 450 m ³ rtr / tv ulkoluiska: 180 m ³ rtr / tv

Työsaavutukset ovat suuntaa-antavia ja soveltuvat vain seuraaviin tilanteisiin: Suojattavan luiskan kokonaisleveys on noin 9 – 13 metriä, ojan pohja on enintään 8 metrin päässä tien reunasta ja kerralla tehtävän suojaverhouksen kerrospaksuus on yhteensä 0,4 metriä. Suojusrakenteena on vaativa kloridisuojaus, jolloin tehdään tiivisteiden päälle erillinen vähintään 10 cm:n suojakerros sekä salaojaputkelle täyttö salaojasorasta.

Esimerkki taulukon käytöstä:

Peitettävää luiskaa on 300 metriä. Luiskan leveys on 11 metriä ja ojan pohja sijaitsee 7 metrin päässä tien reunasta. Lasketaan kummallakin koneyhdistelmällä työn kesto, kun suojaverhouksen kerrospaksuus on yhteensä 0,4 metriä.

Laskut:

a.) Pitkäpuomista kaivinkonetta käyttämällä työ kestää

$$\frac{300m \cdot 11m \cdot 0,4m}{210m^3 rtr / tv} \approx 6,5 tv$$

b.) Kahden koneen yhdistelmällä peittotyö kestää sisäluiskan osalta

$$\frac{300m \cdot 7m \cdot 0,4m}{450m^3 rtr / tv} \approx 2 tv .$$

Ulkoluiskan sekä koko luiskan viimeistelyn osalta peittotyö kestää:

$$\frac{300m \cdot 5m \cdot 0,4m}{180m^3 \text{ rtr} / tv} \approx 3,5 \text{ tv}$$

Vastaus:

Vain pitkäpuomista kaivinkonetta käyttämällä työ kestää noin 6,5 työvuoroa. Sen sijaan kahden kaivinkoneen yhdistelmällä peittotyö kestää siis kokonaisuudessaan noin 3,5 työvuoroa, mutta sisäluiskan osalta peittotyö saadaan tehtyä jo noin 2 työvuoron aikana, minkä jälkeen pyöreealustainen kaivinkone sekä siihen sidottu kuljetuskalusto vapautuvat muihin töihin.

Tiivisterakenteen peittäminen on tarkkuutta vaativaa työtä. Materiaalin ollessa liian kivistä tarvitaan muovikalvon suojaksi erillinen hienorakeinen materiaali ja salaojaa varten oma erillinen täyttönsä. Tämä tekee työvaiheesta hitaan, joten on syytä miettiä erilaisia tehostuskeinoja. Käyttämällä kahta kaivinkonetta työvaiheen kesto nopeutui karkeasti arvioiden 1,8 - 2-kertaiseksi yhden koneen käytön sijasta.

Olosuhteiden poiketessa edellä mainituista, voidaan taulukon työsaavutuksia pienillä muutoksilla käyttää apuna aikataulun laadintaan. Esimerkiksi rakennettaessa onnettomuussuojausta voidaan olettaa 5-10 %:n ajansäästöä, koska salaojaputki sekä sen vaatima täyttö voidaan jättää tekemättä. Toisaalta ohuempi tai toleransseiltaan tarkempi suojaverhous on todennäköisesti hankalampi ja ennen kaikkea hitaampi rakentaa.

6.3 Pengerrakenteiden rakennussuunnitelmat

Rakennesuunnitelmien lähtökohtana oli fotogrammetrisesti vuonna 2000 tehdyt ilmakuvaukset, joita myöhemmin takymetrimittauksin täydennettiin.

Myöhemmin kävi ilmi, että ilmakuvaukseen perustuneet maanpintatiedot eivät olleet täysin luotettavia, sillä erityisesti haltuunotettavan maa-alueen reunoilla maanpinnan korkeus vaihteli suunnitelmien vastaisesti. Tämä aiheutti muutoksia ennalta arvioituun massatalouteen.

Pohjavedensuojausta varten valtatie 2:n luiskat loivennettiin pääosin suhteeseen 1:4 ja näin sivuoja siirtyi kauemmaksi tiestä. Hyvälaatuiset leikkausmassat käytettiin vastaluiskien penkereiden muotoiluun. Vaikka penkereisiin soveltuvia maamassoja syntyi maanleikkauksista paljon, ulkoluiskan korkeat penkereet jouduttiin monin paikoin rakentamaan lähes kokonaan urakka-alueen ulkopuolelta tuotavista massoista. Tämä ei taloudellisesti ollut kovinkaan edullista.

Osaltaan massatalouteen vaikutti ennakoitua suurempi läjitysmassojen määrä, jolloin tarvittiin ulkopuolista penkereisiin sopivampaa maa-ainesta. Lisäksi yksipuolinen tulkinta pohjavedensuojauksen vaatimasta laajuudesta sekä haltuunoton tilan leveydestä vaikutti maamassojen määrään.

Jälkikäteen pohdittuna muutamissa kohdissa urakka-alueella olisi voitu käyttää erilaista poikkileikkausta pohjavedensuojauksen rakentamiseen, jolloin oltaisiin luultavasti päästy edullisempaan tulokseen massojen siirron kannalta. Liitteissä 3 ja 4 on kaksi esimerkkiä paalukohtaisista poikkileikkauksista Leppikankaanselällä rakennetusta pohjavedensuojauksesta. Näihin suunnittelijan tekemiin poikkileikkauksiin on piirretty päälle vaihtoehtoinen rakenneratkaisu, joka taas perustuu edellä mainitun kuvan 3 vaihtoehto b:n malliratkaisuun.

Liitteistä näkee selkeästi, kuinka maamassojen määrää olisi voinut vähentää siirtämällä valtatie sivuojaa kauemmaksi tiestä. Tämä olisi ollut teknisesti täysin mahdollista, koska sivuojan pohjan korkeus pysyy samana. Lisäksi sisäluiskan kaltevuus loivenisi, jolloin myös liikenneturvallisuus parani siltä osin, etteivät tieltä suistuneet autot kaatuisi ojassa.

Johtopäätöksenä voi jokainen miettiä, ovatko rakennussuunnitelmat aina täysin aukottomia vai löytyisikö niistä parannusehdotuksia. Katselmus ennen suunnittelua on vakiokäytäntö, mutta usein suunnittelijan kannattaa tehdä myös työmaakäyntejä.

6.4 Rakentamisajan sääolosuhteet

Sateinen kesä ja syksy toivat omat hankaluutensa laadukkaan pohjavesisuojaus rakentamiseen. Työssä noudatetun Tiehallinnon ohjeen, TYLT 4840 mukaan bentoniittimatot on asennettava mahdollisuuksien mukaan sateettomana aikana. Matot asennetaan kuivina ja peitetään samana päivänä. /1, s. 13/

Tällainen vaatimus oli siitä syystä, että kuormituksen alla oleva bentoniittimatto muuttuu kastuessaan lähes vettä läpäisemättömäksi. Jollei kuormitusta taas olekaan, niin bentoniittimatto kyllä paisuu mutta ei välttämättä estä veden pääsyä lävitseen.

Materiaalin toimittajan mukaan bentoniittimatto kestää kuitenkin pienen sademäärän, kunhan se peitetään välittömästi. Kuitenkin viimeistään rankkasateen aikana maton asennus on keskeytettävä. Vaativan kloridisuojaus yhteydessä bentoniittimaton väliaikaisena suojana toimi rakenteessa käytetty muovikalvo.

Onnettomuussuojausta taas ei voinut rakentaa kovalla sateella, koska tällöin bentoniittimatolla ei ollut suojaa. Hyväksyttävä tapa oli kuitenkin rakentaa pv-suojausta siten, että maton levitys eteni vain sitä mukaa, kun perässä tullut kaivinkone ehti sitä peittää. Tällöin bentoniittimattoa oli sateen armoilla vain 20–30 metriä kerrallaan.

Aikataulussa täytyy huomioida sateisten päivien aiheuttama viive.

Kevätkuukausina sataa tilastollisesti vähiten. Loppukeväästä kuurosateet yleistyvät, kesän lopulla sademäärät ovatkin jo suurimmillaan. Paras vuodenaika pohjavedensuojausten rakentamiseen on siis kevät ja alkukesä.

Rankkasateiden aikana ja aikataulun ollessa kireä voi kysymykseen tulla myös raskas pressupeite, jolla peitetään bentoniittimatto välittömästi levityksen jälkeen. Muutama, kooltaan vaikkapa 15 x 20 -metrinen pressu käy hyvinkin väliaikaiseksi suojaksi. Tällöin bentoniittimatto voidaan levittää luiskaan jo

ennalta ja näin vältetään koneiden työskentelyä samassa liian lähellä toisiaan. Työn edetessä voidaan suojakerrosta tekevällä kaivinkoneella pressu siirtää helposti sivuun.

Erilaiset peitteet ovat kaikesta huolimatta järkevä ratkaisu sateisiin vain silloin, kun aikataulussa täytyy pysyä urakkasopimukseen sisällytetyn aikasakon tms. takia. Muussa tapauksessa aika kannattaa käyttää muihin töihin, kuten maanleikkauksiin tai valmiin pohjavedensuojauksen kohdalla tien levennyksen rakennekerroksien tekoon.

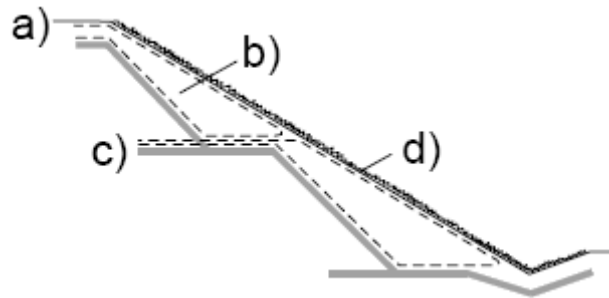
6.5 Bentoniittimaton ja muovikalvon valuminen tieluiskassa

Tieluiskan jyrkkyyden vuoksi bentoniittimatto sekä erityisesti muovikalvo pyrkivät jatkuvasti valumaan luiskaa pitkin ojan pohjalle. Lisäksi itse suojaverhous saattoi varsinkin muovikalvoa käytettäessä silloin tällöin luistaa liukkaan tiivisterakenteen päältä. Huomioitava seikka on, että luiskan kaltevuuden ollessa 1:4...1:2 tulee tiivisteiden pysyvyys varmistaa hyväksyttävillä keinoilla.

Alle 1:2 -kaltevuuteen ei yleensä enää ole sallittua asentaa mitään suojausrakennetta, koska tällöin verhousmateriaali todennäköisesti liukuu tiivisteiden päältä pois. Tiehallinnon ohjeen mukaan työnaikaisesti saa käyttää puu- ja metallitappeja ulkoluiskan yläreunassa tai tekemällä ankkurikaivanto. Sisäluiskan jyrkkyyttä voidaan kompensoida esimerkiksi asentamalla tiiviste portaittain (kuva 16). Nämä eivät kuitenkaan välttämättä riitä pitämään rakennetta ehjänä vuosien saatossa roudan ja eroosion löyhdyttäessä rakennetta. Bentoniittimaton ja muovikalvon pysymisen varmistamiseksi voidaan käytettävät keinot jakaa itse rakentamisessa apuna käytettäviin sekä käytön (takuuajan) aikaisiin.

Bentoniittimatto oli muovikalvoa vaivattomampi pitää paikoillaan jyrkissäkin luiskissa sen suuren ominaispainon ($3,5 \text{ kg/m}^2$) vuoksi, koska tuuli oli sitä vastaan voimaton. Myös hyvän kitkapinnan ansiosta luiskaa pitkin valumista ei juurikaan havaittu. Pelkkää onnettomuussuojausta rakennettaessa voitiin siis

käyttää työn aikaisesti edellä mainittuja puu- tai metallitappeja tai ankkurikaivantoa maton liukumisen estämiseksi. Tämän lisäksi Tiehallinnon pohjavedensuojauksen suunnitteluohje antaa seuraavanlaisia apuja jyrkkiin luiskiin liittyvissä ongelmissa.



Kuva 16 Jyrkkiin luiskiin liittyviä ongelmia voidaan lieventää yhdistelemällä seuraavia keinoja /2, s. 26/

- a. Ankkuroidaan tiiviste ylhäältä tai luiskassa sopivin välein penkereeseen
- b. Sidotaan suojaverhous geovahvisteella siten, että se ei aiheuta tiivisteeseen vetojännitystä.
- c. Asennetaan tiiviste porrasmaisesti
- d. Asennetaan eroosiosuoja

Edellä mainittuja keinoja voidaan myös käyttää esimerkiksi silloin kun aikataulun vuoksi joudutaan eri työvaiheita sovittamaan samanaikaisesti tehtäväksi.

Kyseisessä urakassa välitavoitteena oli sovittu valtatie 2 päällysteen lieventäminen koko urakka-alueelle, yksityisteiden ja maatalousliittymien päällystys ennen koko urakan valmistumista. Pohjavedensuojausta ei saatu kokonaisuudessaan rakennettua valmiiksi suunnitellussa aikataulussa, kuitenkin ennalta sovitussa välitavoitteessa haluttiin silti pysyä. Tiivisteeseen kuului tästä huolimatta limittyä 0,5 metriä uuden päällysteen alle TYLT 4840 ohjeiden mukaisesti.

Hyväksyttävänä ratkaisuna oli rakentaa tiivisterakenne sisäluiskan yläreunan, pientareen ja päällysteen kohdalle kapeana kaistaleena etukäteen, jolloin

valtatie levennys voitiin tehdä suunnitellusti pohjavedensuojauksenrakenteen siitä kärsimättä (kuva liite 3). Saatu hyöty oli välttää välitavoitteesta myöhästymällä aiheutuva sakkorangaistus.

Haittapuolena oli kuitenkin ylimääräinen työmäärä, koska tällöin tiiviste tuli ankkuroida porrastaen pysyvyyden varmistamiseksi vaikka muutoin näin ei olisi välttämättä tarvinnut menetellä. Lisäksi materiaalia kului turhaan ylimääräisen limityksen vuoksi, mutta ei kuitenkaan huomattavin määrin.

Vaativassa kloridisuojauksessa käytetty liukas muovikalvo aiheutti työssä paljon aikahävikkiä peittämisen aikana sen jatkuvan valumisen vuoksi ojan pohjalle. Muovikalvona käytettiin pitkäaikaisiin asennuksiin tarkoitettua polyeteenistä (PE) valmistettua kalvoa. Jyrkissä luiskissa sen huono ominaisuus kuitenkin tulee esille, kalvo on erittäin liukas. Vaihtoehtona on käyttää Polypropeenista (PP) valmistettua kalvoa. Se kestää huonommin öljytuotteita, mutta on vähemmän liukasta kuin muut PE-muovikalvot. Paremmalla kalvon kitkapinnalla voidaan jossain tapauksissa vähentää ankkuroinnin tarvetta.

Rakentamisen aikana hyväksi keinoksi muovikalvon paikalla pitämiseksi havaittiin pitkät, kahden tuuman lankut jotka asennettiin luiskan poikkisuuntaisesti muovin päälle, koska varsinkin tuulisena päivänä rakenteessa päällimmäisenä oleva muovikalvo ei tahtonut pysyä luiskassa paikallaan hetkeäkään (kuva 17).



Kuva 17 Työnaikaisen ankkuroinnin puutteen takia muovikalvo saattoi joskus valua ojan pohjalle

6.6 Tiekaide tiivisterakenteen päällä

6.6.1 Yleistä

Tiekaiteen asennus liittyy pohjavedensuojaukseen lähinnä bentoniitti- ja muovimattoon tehtävän pylväsosan läpiviennin takia. Tällä kertaa kuitenkin pehmeä perusmaa sekä katkenneet maakaapelit tien luiskassa aiheuttivat ongelmia. Kumpikin näistä antaa korjaustyölle oman haasteensa varsinkin silloin, kun pv-suojaus on toteutettu siten, että tietä levennetään samalla kertaa. Tällöin bentoniitti- ja muovimatto ovat limityksen vuoksi vähintään puoli metriä uuden päällysteen alla ja näin ollen poissulkevat eri korjausvaihtoehtoja. Tiekaiteen asennuksessa noudatettiin Tiehallinnon julkaisua, TIEL 2210013–99.

6.6.2 Löyhä kitkamaa tiekaiteen kohdalla

Tiekaiteena käytettiin tyyppiä Ty3/51 sekä 1,8 -metristä pylvästä. Tiehallinnon ohjeen mukaan pylvään tulee taittua tyvestä, ilman että maa antaa periksi yli 100 millimetriä, kun pylvään päätä on vedetty tai työnnetty 0,6 metriä. Asennustyössä havaittiin, ettei tämä reunaehto täyty, vaan pylväs lähes kaatui

taipumatta ollenkaan. Tämä johtui pääosin löyhästä kitkamaasta kaidepylvään ympärillä. /7, s. 12/

Ohjeen mukaan seuraavilla keinoilla voidaan hyväksyttävästi ehkäistä pylvään heiluminen: /7, s. 20/

1. Käytetään vanhasta 230/4 -johteesta katkaistua 500 millimetrin pituista palaa tukilevynä pylvään vieressä kaiteen takana.
2. Vältetään pylväiden ylös vetämistä ja korvaamalla se pylväiden lisäupotuksella ja pylväiden jatkamisella.
3. Vaihdetaan pylväiden viereen mursketta.

Vanhoja kaiteita ei ollut enää saatavilla, koska ne oli myyty heti purkamisen jälkeen romuraudaksi, eikä pylväiden jatkamiseen ollut varauduttu, joten murskeen vaihtaminen pylvään juureen jäi tällä kertaa ainoaksi vaihtoehdoksi. Ongelmia tuotti suuri työmäärä, koska murskeen vaihto tehtiin vasta kaiteiden asennuksen jälkeen. Oikea työjärjestys olisi ollut ensimmäisenä tehdä massanvaihto koko kaideosuudelle, toisena tehdä pv-suojaurakenne sekä päällyste rakennekerroksineen ja viimeisenä vasta kaiteen asennus.

6.6.3 Maakaapelit tiekaiteen kohdalla

Valtatie 2:n tien luiskassa kulki urakka-alueella kaikkiaan kahden eri yhtiön maakaapeleita: Soneran ja Salon Seudun Puhelimen. Pohjavesisuojaus rakentamisen aikana kaapelit eivät missään vaiheessa olleet tiellä, joten siirtotyö kaapeleille suunniteltiin tehtävän vasta suojausrakenteen ja tien levennyksen valmistuttua.

Lisäksi kaapelien siirron vaikeutena oli ennalta sovitut huoltokatkokset, joita tiealueella oli noin 3 kuukauden välein puoli vuorokautta kerrallaan. Tällöin kaiteen asennusta jouduttiin lykkäämään mahdollisen kaapelirikon vuoksi, koska pylväät tulivat tien luiskaan samalle kohtaa ja samalle syvyydelle kuin olemassa olevat kaapelit. Aikaisemman ajankohdan kaapelien siirrolle esti taas pv-suojauksen keskeneräisyys. Kaapelin uusi sijainti kaiteen kohdalla tuli olemaan epätavallisessa paikassa, vastaluiskan ja riista-aidan välissä.

7 YHTEENVETO

7.1 Rakennettavat luiskasuojaukset

Nykyiset luiskasuojaukset toteutetaan lähes yksinomaan bentoniittimatolla sekä yhdistelmä rakenteissa käytettävällä muovikalvolla. Tiehallinnon julkaisu TYLT 4840 sekä vastaava opas InfraRYL 14230 antavat tiukat ja selkeät ohjeet laadukkaan pohjavedensuojauksen rakentamisesta sekä laadunseurannasta. /1, 10/

Pohjavedensuojauksen rakentamisessa on aina säävaraus, koska sateisella säällä suojausta ei saa tehdä jollei sitä pystytä välittömästi peittämään. Tämän vuoksi aikataulu kannattaa suunnitella siten, että muita töitä voidaan tehdä sateiden aikana ja välttää näin koneseisokit. Rakentamisessa on huomioitava jo hyvissä ajoin muut rakenteet, kuten kaiteet ja maakaapelit. Tiivisterakenteen alle jäävä kaapeli on kallis korjata jo pelkästään mattoon tehtävän reiän vuoksi. Puhumattakaan kuitukaapelista joka kaiteen kohdalla on pylvään upotuksen vuoksi katkottu 4 metrin paloiksi.

Konetyön osuus on suuri tehtäessä maanleikkaustyötä ja tiivisteiden peittämistä. Rakentamiskustannuksiin voidaan vaikuttaa kuitenkin kaikkein eniten suunnittelijan pöydällä. Luiskasuojaus vastapenkereineen tulisi suunnitella urakoitsijan kannalta edullisesti rakennettavaksi, varsinkin silloin kun kyseessä on ST-urakka.

7.2 Parannustoimenpiteet työmaalla

Pohjavedensuojauksen rakentaminen on monelle urakoitsijalle uutta. Erityisenä työvaiheena voidaan pitää tiivisteiden peittovaihetta, joka toimii koko työssä ”tahdistavana” tekijänä. kiireettömän aikataulun suunnittelu auttaa työssä onnistumiseen ja sen toteuttamiseen ennakoitun mukaisesti.

Kun tiedetään tietyn työvaiheen karkeat työsaavutukset tietyissä olosuhteissa, auttaa se jatkossakin arvioimaan työn kestoa ja valitsemaan oikeanlaisen konekaluston. Tämä on erittäin ratkaisevaa kustannustehokkuuden kannalta.

Erilaisia sovelluksia joudutaan usein käyttämään työmaalla tiukan aikataulun vuoksi, silloin joudutaankin pohtimaan saavutettujen hyötyjen tarpeellisuutta toimivan rakenteen tai säästyneiden aikasakkojen kannalta. Tiivisterakenteen ankkurointi luiskaan voidaan työmaalla joskus mieltää ajanhukaksi, ainakin siihen saakka kunnes ensimmäinen luiskasuojaus valuu suojaverhouksineen alas ojan pohjalle! Tällöin se on erittäin hankala korjata ennalleen. Ankkurointi on myös takuuajan asia.

Toivottavaa onkin, että tämä työ herättäisi kiinnostusta samankaltaisten töiden suunnittelu- ja toteutusvaiheista. Suojaamattomia pohjavesialueita Suomen teillä on vielä paljon jäljellä, joten asia on ajankohtaista.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

1. Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset 4840 pohjavedensuojusrakenteet. Tiehallinnon julkaisuja. Edita Prima Oy. Helsinki 2004.
2. Pohjavedensuojaus tien kohdalla, suunnitteluvaiheen ohjaus, Tiehallinto.
3. Tuotekortti, Bentomat neulasidottu bentoniittimatto. Kaitos Oy.
4. Tiesuolaus ja pohjavedet, nykytilan selvitys. Tielaitoksen selvityksiä 49/1993. Painatuskeskus Oy, Helsinki 1993.
5. Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. Tielaitoksen selvityksiä 18/1991. Valtion painatuskeskus, Helsinki 1991.
6. Natriumkloridin vaikutus mineraalisten luiskasuojauksen vedenläpäisevyyteen, Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja. Edita Prima Oy 2005
7. Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Tiekaiteet. Tiehallinnon julkaisuja. Edita Prima Oy, Helsinki 2006.
8. Pohjavesisuojauksen kuvausohje. Tielaitos kehittämiskeskus. Tielaitos 1996.
9. InfraRYL 2006 laatuvaatimusten soveltaminen Tiehallinnon töissä. Tiehallinto 2006.
10. InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy Rati 2006.
11. Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien ehkäisy. Tiehallinnon julkaisuja. Edita Prima Oy. Helsinki 2002.

Painamattomat lähteet

12. Valtatie 2 parantaminen välillä Saarenmäki – Murto yksityistiejärjestelyineen, Loimaan kunta. Tiesuunnitelmaselostus, Tielaitos. Laatinut YS-Yhdyskunta Oy 2000.
13. Työmaan T27 yleisaikataulu. Heikki Koski 2008.
14. Neva Tomi, myyntipäällikkö, DI. Haastattelu 28.4.2009. Kaitos Oy. Espoo.
15. Lehto Mika, kaivinkoneen kuljettaja. Haastattelu syksyllä 2008. Loimaa.
16. Koskinen Kalle, kaivinkoneen kuljettaja. Haastattelu syksyllä 2008. Nokia.

17. Vt 2 Poikkileikkaukset. Leppikankaanselkä. Laatinut Ramboll Oy 2008.

Sähköiset lähteet

18. Horn Henri, bentoniitin ominaisuudet. [www-sivu]. [viitattu 8.1.2009]. Saatavissa: http://www.tkk.fi/Units/AES/courses/crspages/tfy170_00/03_bentoniitti.pdf
19. Vt 2 Vihti – Pori, Tiehallinnon hankesivut. [www-sivu]. [viitattu 14.1.2009]. Saatavissa: <http://www.tiehallinto.fi/vt2>

Kuvalähteet

- 1 Autoilijan tiekartta. Tiehallinto. [www-sivu]. [viitattu 24.3.2009]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/www2/kartta/kartta.htm>
- 2 Pohjavesialueen kyltti. [www-sivu]. [viitattu 24.3.2009]. Saatavissa: http://www.kokkola.fi/ymparisto_ja_luonto/vesiasiat/pohjavesi/fi_FI/pohjavesi_luokit_us
- 3-4 Pohjavedensuojaus tien kohdalla, suunnitteluvaiheen ohjaus, Tiehallinto.
- 5-10, Kimmo Pasanen
12, 14, Kimmo Pasanen
16, 17 Kimmo Pasanen
- 11 Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset 4840 pohjavedensuojusrakenteet. Tiehallinnon julkaisuja. Edita Prima Oy. Helsinki 2004.
- 13 Heikki Koski
- 15 Rotator Oy. [www-sivu]. [viitattu 14.1.2009]. [<http://www.rotator.fi>]

Tienrakennusoiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset
POHJAVEDEN SUOJAUSRAKENTEET

LIITE 1 (3/3)
3.11.2004

Taulukko 4842.1: Pohjavedensuojusrakenteissa käytettäviä bentoniittimateriaalia vaadittavat ominaisuudet.

OMINAISUUS	TESTAUS- MENETELMÄ	VAADITTAVA ARVO	V, J, T	LUOKAUTUS
1 Liopaiseva väsymäärä	ASTM D 5887-05	(ka. 5 kokeesta) $< 7 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{m}^2)/\text{s} = 0,05 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{vrt}$ eli $< 0,025 \text{ l/m}^2/\text{vrt}$; yksitt. maksimiarvo $< 1,4 \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{m}^2)/\text{s}$ eli $< 0,050 \text{ l/m}^2/\text{vrt}$	V, T2	35 kPa maanpaine 15 kPa vesipaine
2 Paksuus paisutettuna	EN 664-2		V	35 kPa maanpaine
3 Vedon kestävyys		Lasketaan eri osateleilla	V	
4 Leveys, nimen koko	EN ISO 10320	Valmistajan ilmoittaa	J	
5 Bentonittimassa / m ² ilman lima-ainetta, w = 0 %	prEN 14196	$\geq 3600 \text{ g/m}^2$ (hajontaluku 10 %); T1 $\geq 3000 \text{ g/m}^2$ $\geq 3700 \text{ g/m}^2$ (hajontaluku 20 %); T1 $\geq 4200 \text{ g/m}^2$	J, S 000 m ² , T1	
6 Paineindeksi monimontoriitilla	ASTM D 5890	$\geq 24 \text{ m}^2/\text{g}$	J, S0 000 kg, T1	Homogeeninen sakkavain- loko korkeudelta
7 Bentonitiin laatu	VDG P 93	Luonnon natrumbentonitiin, MB (metyylenainearvo) $> 300 \text{ mg/g}$, monimontoriittipitoisuus $> 75 \%$ (iontgeneriffraktio)	V, J, 200 000 kg	Jatkuvassa valvonnassa M3 röntgendiffraaktio tai sädeträtkä
8 Adsorptio, bentoniitille	DIN 18132	$\geq 500 \%$ (24 h)	J, 200 000 kg, T2	Ka. ominaisuus 7
9 Orgaaniset aineet bentoniitissa	Bentoniitissa ei saa käyttää kaasumista lisääviä tai vedenkyläilyä pienentäviä orgaanisia lisäaineita		V	Valmistajan vakuutus
10 Pintakankaan tehokas huokoskoko Q _v	EN ISO 12956	$< 0,2 \text{ mm}$	V	Testataan kankaista
11 Pintakankaan massa	EN 960 tai prEN 14196 Annex A	Kuitukangas $> 200 \text{ g/m}^2$, Kudottu kangas $> 100 \text{ g/m}^2$	J	Testataan kankaista
12 Sauman rakenne ja toiminta	Valmistajan ilmoittama	Muuta materiaa vastaava epäisy	V	Valmistajan ilmoittama liittelyksen rakenne
13 Velaavuus matolle	EN ISO 10319	$\geq 9 \text{ kN/m}$	V	Kone- ja poikkisuunnassa erikseen
14 Muodonmuutos maks. k, kankaalle, matolle	EN ISO 10319	5 % $< k < 50 \%$	V	Kone- ja poikkisuunnassa erikseen
15 Repäisyjujuus / peelitest. matolle	EN ISO 10319	100 nimen siirtymäluvun keskiarvo on $\geq 60 \text{ N/100 mm}$ (1)	V, J, 200 000 m ² , T2	Koekappaleen tukkankaal- vedetään erilleen / auki
16 Sääntö- ajkaominaisuudet, matolle	prEN ISO 12207-1 ja -2	Valmistajan ilmoittama arvo	V	Raportoidaan rakaisu- essipiti ja norm. jännitys
17 Sääntöjen putkaisu- jujuus, matolle	EN ISO 12208	$\geq 1,5 \text{ kN}$	V	
18 Jäätymis- syyliän kestävyys	prEN 14416	Kokeen jälkeen $> 75 \%$ alkuperäisessä yksittäisestä vedensäilyvyys- lujuus- ja venymätuloksesta	V	
19 Kuumuus- syyliän kestävyys	prEN 14417	Valmistajan ilmoittaa	V	

Ominaisuuksien 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15 ja 17 vaadittavat arvot ovat 95 %:n luottamusrajan vastaavia arvoja. Tuotteen 95 %:n luottamusrajan vastaava arvo (=valmistajan ilmoittama nimellisarvo eli keskiarvo miinus (ja/tai plus) ko. luottamusrajan vastaava hajontaluku) lasketaan ja sitä verrataan vaadittuun arvoon.

1) Erityisen selvityksen perusteella voidaan hyväksyä vaadittavalla arvollaan muukin tuote, jos sen sisäinen kiike on riittävä tähän käytötarkoitukseen, sen on koeprosperaisesti todettu kestävän asennusaroksat eikä se hylätyssä turpaa haitalliset: chulilakaan (0,3 m) pelleyyykyksillä. Tallin vaatimus 15 korvataan vaatimukseksi 16, J, 200 000 m².

V = tuotteen ominaisuus tulkitaan alkuhyväksynnässä ja aina, kun valmistusmenetelmä tai -raaka-aine vaihtuu

J = toimituserän ominaisuus jatkuvassa laadunvalvonnassa

T1 = työmaastauksessa sovellettava normistoin laadun toteamseen käytettävä näytteenottothijs ja vaatimusraja, joka on vähintään toisen näytteen (A tai B) käytettävä

T2 = mahdollinen lisätesti ja sen vaatimusraja, joka on vähintään toisen näytteen (A tai B) käytettävä

Ominaisuuksien 1, 3, 13 ja 17 keskiarvot ja rajat voidaan katsoa CE-merkistä, kun sovelusstandardi on käytettävissä.

Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja tytäsiltykset
POHJAVEDEN SUOJAUSRAKENTEETLIITE 2 (3/3)
3.11.2004

Taulukko 4848.1: Pohjavedensuojausrakenteissa käytettäviltä muovikaivoilta vaadittavat ominaisuudet.

	OMINAISUUS	TESTAUS-MENETELMÄ	VAADITTAVA ARVO	V, J, T	HUOMAUTUS
1	Paksuus	prEN 1849-2	ohutmuovi $\geq 0,5$ mm ulkokuiskan muovi $\geq 0,7$ mm allaiden muovi $\geq 1,5$ mm	a) b) c)	
2	Leveys, rullan koko	prEN ISO 1849-2 EN ISO 10328	Valmistaja ilmoittaa		
3	Vetolujuus	ISC R 527	Valmistajan ilmoittama keskiarvo ja hajontaluku	V	1)
4	Messa (neöopaini)	EN 965 tai prEN 14186 Annex A	Valmistajan ilmoittama keskiarvo ja hajontaluku	V, T1	Paksuutta vastaava
5	Muodonmuutos maks. lu. kondella	ISC R 527	Valmistajan ilmoittama keskiarvo ja hajontaluku	V	1)
6	Kiivaominaisuudet	prEN ISO 12967-1 ja -2	Valmistajan ilmoittama arvo	V	Raportoidaan rekelsuus, vesipit. ja norm.jännitys
7	Sisäinen puhkeavuus	EN ISO 12256 ASTM D4633	≥ 500 N	V	Vain $\geq 1,5$ mm muovit
8	Sauman rakenne ja toiminta	Valmistajan ilmoittama	Muuta kalvoa vastaava vesiliivisyys	V	Vain $\geq 1,5$ mm muovit
9	Oksidointi	prEN ISO 12438	> 70 %	V	
10	Jännityssäily	ASTM D 5387	≥ 200 h	V	

Ominaisuuksien 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 ja 10 vaadittavat arvot ovat 95 %:n luottamusrajaa vastaavia arvoja. Tuotteen 95 %:n luottamusrajaa vastaava arvo (=valmistajan ilmoittama nimellisarvo ±1 keskiarvo +/- ko. luottamusrajaa vastaava hajontaluku) lasketaan ja sitä verrataan vaadittuun arvoon.

1) Tietohallinto päättää vaatimusrajan myöhemmin.

- a) Ohutmuovin nimellispaksuus on 0,5 mm ja muovin laatu VFPE (=LLDPE), FPP tai LDPE.
b) Ulkokuiskan muovikalvon nimellispaksuus on 0,7 mm ja muovin laatu VFPE (=LLDPE) tai FPP.
c) Allaisaa käytettävään hitsattavaan muoviin nimellispaksuus on 1,5 mm ja laatu on VFPE (=LLDPE), FPP tai HDPE, muovin laatu määrätään suunnitelmassa.

V = tuotteen ominaisuus, lasketaan alkuperäisessä ja aina, kun valmistusmenetelmä tai raaka-aine vaihtuu

J = toimintorah ominaisuus jatkuvassa laadunvalvonnassa

T1 = työntekijöiden sovelletava normaalin laadun toteamiseen käytettävä näytteenottohävyys ja vaatimusraja, joka on vähintään kolmen näytteen (A tai B) täytettävä

Ominaisuuksien 3, 7, 9 ja 10 keskiarvo ja hajonnat voidaan katsoa CE-merkistä, kun sovellusstandardi on käytettävissä

