



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Saara Aho, Timo Saarenketo

KUIVATUSRATKAISUT

VÄHÄLIIKENTEISILLÄ TEILLÄ

Tiivistelmä

Kuivatusratkaisut vähäliikenteisillä teillä
TIIVISTELMÄ
Huhtikuu 2006

Saara Aho
Roadscanners Oy

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

ESIPUHE

Tämä raportti on yhteenveto vuoden 2005 ROADEX II –raportista “Drainage on Low Traffic Volume Roads – Problem description, improvement techniques and life cycle costs”, jonka ovat kirjoittaneet Geir Berntsen Norjan tiehallinnosta ja Timo Saarenketo Roadscanners Oy:stä, Suomesta.

Raportin tavoitteena on olla työohje, jossa keskitytään kuivatusongelmien luokitteluun ja tutkimusmenetelmiin, selvitetään heikon kuivatuksen vaikutusta päällysteen toimivuuteen sekä tarkastellaan kuivatuksen parannusmenetelmiä ja niiden elinkaarikustannuksia.

Tarkoituksena ei kuitenkaan ole korvata aiheeseen liittyviä erinomaisia hakuteoksia ja oppikirjoja, vaan tekijöiden toiveena on, että yhteenvedot saavat lukijan ymmärtämään paremmin ongelmien pääsyyt ja niiden ratkaisut sekä erityisesti käsittämään kuinka tärkeä tämä usein laiminlyöty ongelma on.

Raportin ovat kirjoittaneet Saara Aho ja Timo Saarenketo Roadscanners Oy:stä Suomesta. Raportin englanninkielisen alkuperäisversion kieliasun on tarkastanut Roadex III -hankkeen projektipäällikkö Ron Munro. Mika Pyhähuhta Laboratorio Uleåborgista on suunnitellut ulkoasun. Suomenkielisen käännöksen on tehnyt Sanni Pitkäranta Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Tekijät haluavat kiittää ROADEX III –hankkeen johtoryhmää kannustuksesta ja opastuksesta tässä työssä.

Tekijänoikeudet © 2006 Roadex III -hanke

Kaikki oikeudet pidätetään.

Roadex III -pääyhteistyökumppani: Ruotsin tiehallinto, Region Norr, Box 809, S-971 25 Luleå. Projektinjohtaja: Krister Palo.

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE.....	3
KAPPALE 1. JOHDANTO.....	6
1.1 ROADEX -PROJEKTI	6
1.2 VÄHÄLIIKENTEISTEN TEIDEN KUIVATUS.....	7
KAPPALE 2. KUIVATUKSEN KUNNON TARKKAILUSTA	8
2.1 TARKKAILUPROSESSI	8
2.2 ONGELMAKOHTIEN TUNNISTAMINEN.....	8
2.3 KUIVATUKSEN ONGELMAKOHTTEIDEN MÄÄRITTELY.....	10
KAPPALE 3. KUIVATUKSEN ONGELMAKOHTTEIDEN LUOKITTELU JA KUNNOSTUSRATKAISUT	11
3.1 YLEISTÄ	11
3.2 KUNNOSSAPITOON LIITTYVÄT ONGELMAT.....	12
3.2.1 Sulavan lumen aiheuttamat ongelmat.....	12
3.2.2 Huonosti toimivat kuivatusrakenteet.....	13
3.3 SUUNNITTELUUN LIITTYVÄT ONGELMAT	17
3.3.1 Yleistä.....	17
3.3.2 Sivukalteva maasto	17
3.3.3 Kuivatusongelmat alavassa maastossa	18
3.3.4 Kuivatusongelmat tasaisessa maastossa	19
3.3.5 Kalliosta johtuvat kuivatusongelmat.....	19
3.4 MUITA ONGELMIA	20
3.4.1 Kosteusloukku.....	20
3.4.2 Ulkoluiskan pysyvyysongelmat.....	21
KAPPALE 4. HUONON KUIVATUKSEN VAIKUTUS PÄÄLLYSTEEN KUNTOON.....	22
4.1 YLEISTÄ	22
4.2 TEOREETTISET LASKELMAT	22
4.3 KENTTÄHAVAINNOT	23

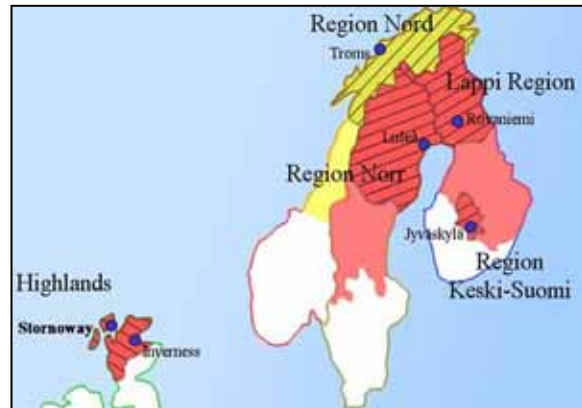
4.4 YHTEENVETO HUONON KUIVATUKSEN VAIKUTUKSISTA.....	27
KAPPALE 5. KUIVATUS JA ELINKAARIKUSTANNUKSET	28
5.1 YLEISTÄ	28
5.2 KUINKA USEIN KUIVATUSTA VOIDAAN KANNATTAVASTI KUNNOSTAA?.....	28
KAPPALE 6. SUOSITUKSET.....	30
KAPPALE 7. LÄHTEET.....	31
LIITE 1.....	33
TAULUKKO: KUIVATUSONGELMIEN TUNNISTAMINEN JA MAHDOLLISET RATKAISUVAIHTOEHDOT	33

Kappale 1. JOHDANTO

1.1 ROADEX -PROJEKTI

Roadex on pohjoiseurooppalaisten tie- ja kuljetusalan toimijoiden teknistä yhteistyötä hyödyntävä hanke, joka tähtää vähäliikenteisiin teihin liittyvän tutkimustiedon keräämiseen ja jakamiseen yhteistyötahojen välillä.

Hanke aloitettiin vuonna 1998 kolmen vuoden pilottiprojektina, jossa yhteistyötahoina oli tiepiirit Suomen Lapista, Tromssan alueelta Norjasta, Pohjois-Ruotsista sekä Highland Councilin alueelta Skotlannista. Hanketta jatkettiin myöhemmin toisella projektilla, ROADEX II:lla, vuosina 2002-2005.



Kuva 1: Pohjoisen Periferian alue ja Roadex II -yhteistyökumppanit

ROADEX II –projektin yhteistyökumppaneina olivat Pohjoisen Periferian alueiden tiehallinnot, metsätalousjärjestöt, metsäyhtiöt ja kuljetusorganisaatiot. Näitä olivat The Highland Council, The Western Isles Council (Highlandin ja The Western Islesin aluehallinto) ja Forest Enterprise (valtiojohtoinen, mm. metsäautoteistä vastaava laitos) Skotlannista, Norjan tiehallinnon pohjoinen tiepiiri ja Norjan tiekuljetusliitto, Ruotsin tiehallinnon pohjoinen tiepiiri sekä Suomen tiehallinnon Lapin ja Keski-Suomen tiepiirit. Edellisten lisäksi hankkeessa on Suomesta ollut mukana Metsähallitus, Lapin metsäkeskus, Metsäliitto sekä Stora-Enso.

Hankkeen päämääränä oli ideoida ja kehittää uusia työkaluja interaktiiviselle ja innovatiiviselle vähäliikenteisten teiden ylläpidolle, jotka kuitenkin ottavat samalla huomioon paikallisen teollisuuden, yhteiskunnan ja tiejärjestöjen tarpeet. Hankkeen tuloksena syntyi kahdeksan virallista raporttia ja DVD. Kopiot kaikista raporteista on ladattavissa ROADEX:in Internet-sivuilta osoitteessa www.roadex.org.

Tämä yhteenvetoraportti on yksi kahdeksasta lyhennelmästä, jotka on laadittu ROADEX III –projektin puitteissa. ROADEX III (2006-2007) on uusi projekti, johon aiemmin mainittujen tahojen lisäksi uusiksi Pohjoisen Periferian yhteistyökumppaneiksi ovat liittyneet Sisimiutin kunta Grönlannista, Islannin tiehallinto ja Suomen tiehallinnon Savo-Karjalan tiepiiri.

1.2 VÄHÄLIKENTEISTEN TEIDEN KUIVATUS

Vesipitoisuus on avainasemassa, kun tarkastellaan minkä tahansa liikenneinfrastruktuurin mekaanista toimintakykyä ja käyttöikä. Jo vuosisatoja on ollut tiedossa tosiseikka, että niin kauan kuin tierakenteessa ja pohjamaassa ei ole ylimääräistä vettä, tie toimii hyvin. Vesimäärän lisääntyminen taas pienentää maaperän kantavuutta, mikä kasvattaa urautumisnopeutta ja lyhentää tien käyttöikä. Tällaista tietä on kunnostettava useammin kuin tehokkaasti kuivuvaa tierakennetta. Kunnossapitostrategiaa valittaessa on vertailtava tienpinnan ylläpitoon kuuluvia päällystyskustannuksia kuivatusrakenteiden hoito- tai kunnostuskuluihin. Näiden näkökohtien analysointi on hyvin haastavaa Pohjoisen Periferian alueella, sillä ongelma on monimutkaisempi kylmillä alueilla, joilla jäätymis-sulamissyklit vaikuttavat kosteuspitoisuuteen paljon enemmän kuin muualla.

ROADEX:in pilottiprojektissa 1998-2001 todettiin, että kuivatuskysymykset ovat yksi suurimmista ongelmista kaikille ROADEX-hankkeeseen osallistuneille tiepiireille. Teiden kunnostuksen rahoittaminen on viime vuosina vähentynyt kaikissa ROADEX-hankkeen osallistujamaissa, minkä seurauksena kuivatuksen kunnossapidon perustehtäviä, kuten ojien ja rumpujen puhdistamista, sekä kuivatusjärjestelmään yleisesti liittyviä toimenpiteitä laiminlyödään, koska niitä pidetään tärkeysjärjestyksessä vähäpätöisinä. Kuivatuksen kunnossapidon sijaan tärkeämpänä on pidetty tienkäyttäjille lyhyellä aikavälillä tärkeitä toimenpiteitä, kuten päällysteen uusimista ja lumen poistamista.

Tässä raportissa keskitytään esittelemään niitä ongelmia, joita riittämätön kuivatus aiheuttaa vähäliikenteisille teille Euroopan Pohjoisen Periferian alueilla. Raportissa käsitellään myös kuivatusolosuhteiden kunnon arvioinnissa käytettäviä seurantamenetelmiä ja ehdotetaan erilaisia kunnostusmenetelmiä eri kuivatusongelmille. Lisäksi osassa raporttia tutkitaan kuivatuksen kunnon vaikutuksia päällysteen käyttöikä ja päällysterakenteen elinkaarikustannuksiin. Raportti perustuu pääosin ROADEX II -alaprojektissa "Drainage on Low Traffic Volume Roads" (Berntsen & Saarenketo, 2005) tehtyihin tutkimuksiin. Alkuperäinen raportti sisältää kattavan kirjallisuusselvityksen tierakenteen kosteuspitoisuudesta ja sen suhteesta sitomattomien kerrosten materiaalien ja pohjamaan maaperän ominaisuuksiin.

Kappale 2. Kuivatuksen kunnon tarkkailusta

2.1 TARKKAILUPROSESSI

Tien kuivatuksen taloudellinen hoito vaatii seurantajärjestelmän, jossa kuivatuksen kuntoa tarkkaillaan ja analysoidaan systemaattisesti. Järjestelmän perustuvaiheessa on tehtävä pieni investointi tarvittavien tietokantojen perustamiseksi, mutta kulut maksavat itsensä nopeasti takaisin tiestön tehokkaamman ylläpidon ansiosta. Ensimmäisinä vuosina tarkkailua tulisi suorittaa tiheämmin aikaväleihin, jotta voidaan paikantaa sellaiset tiekohteet, joilla tien kuivatuksen kunto huononee nopeasti.

Kun perustiedot on kerätty ja tallennettu sopiviin tietokantoihin, on suositeltavaa, että kuivatuksen kunto arvioidaan perusteellisesti jokaisen hoitourakan lopussa tai enimmillään 6 – 8 vuoden välein. Arvioinnin aikana kuivatuksen kannalta ongelmalliset alueet tulisi tunnistaa ja kunnostuksen tarve määrittää. Kun tämä on tehty, voidaan arvioida kuivatusongelmien tarkat syyt ja määrittää niille kunnostusratkaisut. Kuivatuksen monitorointi- ja kunnostusstrategia voidaan rajata kolmeen vaiheeseen:

1. riittämättömästä kuivatuksesta kärsivien tieosuuksien kartoitus
2. riittämättömästä kuivatuksesta kärsivien kohteiden ongelmanmäärittäminen
3. korjausvaihtoehtojen määrittely ongelma-alueille

Vaiheiden läpikäyminen vaatii tietoja kuivatusjärjestelmän ja sen rakenteiden kunnosta, geologisista olosuhteista ym. Tähän tehtävään voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, esim. ojien ja rumpujen silmämääräistä tarkastamista, tienkäyttäjien ja/tai hoitohenkilöstön haastattelemista, urautumisen ja epätasaisuuden mittauksien historiatietojen arviointia sekä maastokartoitusta. Tulevaisuudessa kuivatusolosuhteita saatetaan tarkkailla myös uusilla tutkimustekniikoilla, kuten laserkeilaimilla ja lämpökameroilla.

Näiden tutkimus- ja suunnitteluvaiheiden oikea ajoitus on hyvin tärkeää, jotta tieto olisi mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä. Ensimmäinen vaihe tulisi tehdä aikaisin keväällä, kun ojissa ei ole rehevää kasvustoa. Toiselle vaiheelle paras ajankohta on kevät, sillä silloin sulamisvesiä virtaa paljon ympäristössä, mutta määrittäminen voidaan tarvittaessa tehdä myös kesällä.

2.2 ONGELMAKOHTIEN TUNNISTAMINEN

Käytännöllisin menetelmä huonosta kuivatuksesta kärsivien teiden tunnistamiseen on todennäköisesti silmämääräinen tarkastus. On suositeltavaa, että

silmämääräisessä tarkastuksessa tietoa kerätään myös digitaalisella videokameralla tai kuvasarjoilla molemmilta puoliilta tietä. Tällöin kaikki tiedot voidaan vuosien saatossa kalibroida samalle tasolle, jolloin tietoja voidaan käyttää hyödyksi tulevaisuudessa, esimerkiksi tehtäessä erikoissuunnitelmaa kuivatusjärjestelmälle.

Kuvattaessa digitaalista videokuvaa tulisi kamera suunnata ojaan päin, kuten kuvassa 2.1 on esitetty. Myös kahden kamerasuunnitelmaa voidaan käyttää, jolloin toisella kameralla kannattaa kuvata suoraan tietä samalla kun toinen on suunnattu ojaan ja tien reunaan. Lisäksi GPS-tietoa tulisi kerätä samaan aikaan kuin digitaalkuvaakin, jotta ongelmakohtien sijainnit rekisteröityisivät täsmällisesti. Tutkimusryhmän suullisia havaintoja kuivatusolosuhteista voidaan samalla tavalla nauhoittaa videonauhalle tai suoraan tietokoneelle. Näissä havainnoissa voidaan esimerkiksi kuvailla ja luokitella ojan toimivuutta, tien topografista ja geologista kuntoa ja kuivatuksen yleiskunnon lisäksi paikallisia vaurioita, kuten rikkinäisiä rumpuja, sortuneita ojia jne.



Kuva 2.1. Esimerkki digitaalikuvan suuntaamisesta.

Kun kuivatuksen arviointitiedot on kerätty, tie tulisi jakaa yhtenäisiin osuuksiin kuivatusjärjestelmän kuntoluokan mukaan. Luokkia voivat olla esimerkiksi "normaali kuivatusluokka" ja "kuivatuksen erityishoitoluokka". "Normaaliin kuivatusluokkaan" luokitelluilla tieosuuksilla olisi normaalisti vain sellaisia kuivatusongelmia, jotka voidaan kunnostaa kausittain tehtävillä rutiinitoimenpiteillä. Erityishoitoa vaativia osuuksia taas olisivat sellaiset kohteet, joissa kuivatusolosuhteet ovat selvästi vaikuttaneet tien rakenteelliseen ja toiminnalliseen kuntoon. Jälkimmäiset osuudet vaatisivat erityistä seuranta- ja kunnossapitoa sopimuksen aikana sekä tarvittaessa mahdollisesti erityisiä kuivatuksen kunnostustoimenpiteitä. Luokittelu voidaan tehdä esimerkiksi käyttämällä ruotsalaisen suunnitteluoppaan kuvaamaa kolmea kuivatusluokkaa (luokka 1 = hyvä kuivatus, luokka 2 = riittämätön kuivatus, luokka 3 = heikko kuivatus) "standardihoitoluokkina" ja lisäksi "kuivatuksen erityishoitoluokkaa" neljäntenä kuivatuksen kunnon kategoriana.

Toimistolla tehtävää yksityiskohtaista analyysia varten suositellaan, että video- tai valokuva-aineistoja analysoidaan yhdessä mahdollisten urautumis- tai epätasaisuustietojen kanssa. Paikalliselta kunnossapitohenkilöstöltä saatua tietoa voidaan myös käyttää ongelmakohteiden tunnistamiseen ja luokitteluun. Esimerkiksi urautumistiedoilla voidaan laskea urasyvyyden kasvu vuosittain, jotta tiedettäisiin vaikuttaako heikko kuivatus urautumisen nopeutumiseen.

Kuivatusanalyysin tulosten perusteella voidaan jatkotutkimusta varten tunnistaa ongelma-alueet sekä alueet, joilla todennäköisesti on ongelmia lähitulevaisuudessa. Kun tämä on tehty, voidaan tunnistetuille alueille tehdä yksityiskohtainen ongelmanmääritys, jotta ongelmien syyt saataisiin selville.

Silmämääräisen tarkastuksen haittana on se, että se perustuu visuaaliseen arviointiin ja on siten subjektiivista. Koulutetun työryhmän tekemänä kuivatusluokan arvioinnin laatu on kuitenkin parempi. Kuivatusanalyysin ja ”kuivatuksen erityisluokan” käsitteitä kehitetään pidemmälle ROADX III -alaprojektissa ”Drainage guidelines”.

2.3 KUIVATUKSEN ONGELMAKOHTEIDEN MÄÄRITTELY

Mikäli tien ongelma-kohta päätetään korjata, ongelmien taustalla olevat syyt on aluksi tunnistettava. Ongelmanmäärittelyssä on arvioitava liittyvätkö kuivatusongelmat huonosti toimiviin kuivatusrakenteisiin tai tien sijaintiin suhteessa ympäristöön vai onko tierakenteessa esimerkiksi kosteusloukku tai ulkoluiskien stabiilisuusongelmia (ks. kuva 3.1).

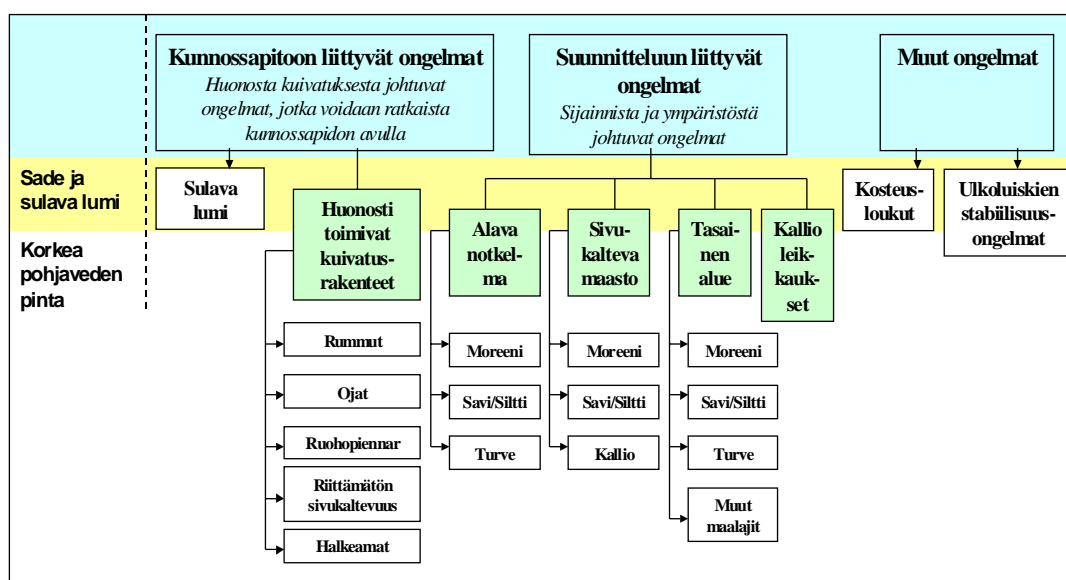
Määritys edellyttää usein huolellisempaa silmämääräistä tarkastusta, jossa tierummut ja muut kuivatusrakenteet, esim. laskuojat, tutkitaan läheltä jalkaisin. Myös mahdolliset maastutka-aineistot voivat olla hyödyksi ongelmien syitä selvitetessä. Ongelmana voi olla esimerkiksi se, että kallio patoaa vettä tierakenteessa ja estää siten kuivatusjärjestelmän toiminnan.

On tärkeää, että tämän analyysin tekijöillä on riittävä asiantuntemus, jotta he voivat tunnistaa ongelman aiheuttajat ja esittää tarvittavia kunnostustoimenpiteitä. Maastotutkimuksessa selvitetään myös mahdollisten lisätutkimusten tarve.

Kappale 3. Kuivatuksen ongelmakohteiden luokittelu ja kunnostusratkaisut

3.1 YLEISTÄ

Vaikka maaperän ominaisuudet, topografiat ja ilmasto vaihtelevat huomattavasti Pohjoisen Periferian alueilla, kuivatusongelmat eivät yleisesti ottaen eroa eri maissa toisistaan. Skotlanti tosin poikkeaa hieman muista, sillä siellä tien ruohopientareista on aiheutunut erityisiä ongelmia. Ongelmat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan, kuten kuvassa 3.1 on esitetty.



Kuva 3.1. Kuivatusongelmien pääluokat.

Kuvassa 3.1 esitettyjä kuivatusongelmia kuvaillaan raportissa seuraavien ominaispiirteiden avulla:

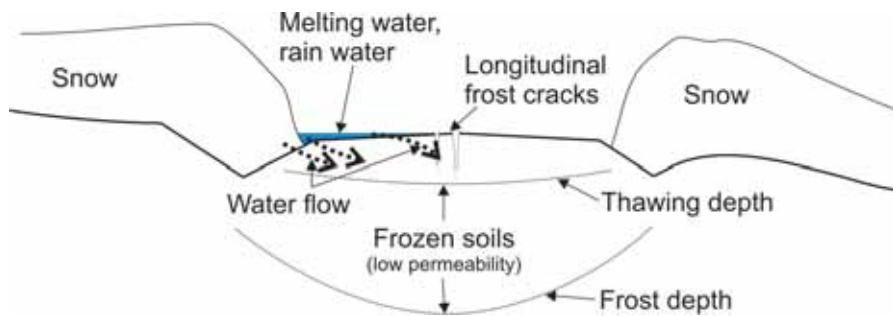
- ongelman kuvaus
- ongelman tunnistusmenetelmä
- ongelman syy
- mahdollisten korjausratkaisujen arviointi

Liitteessä 1 on esitetty tiivistelmätaulukko kuivatusongelmista. Taulukossa on listattu ohjeita ongelmien tunnistamiseen ja eri ratkaisuja kunnostamiseen. Tarkemmin kuivatusongelmia on lisäksi käsitelty ROADEx II –hankkeen raportissa “Drainage on Low Traffic Volume Roads” (Berntsen & Saarenketo 2005).

3.2 KUNNOSSAPITOON LIITTYVÄT ONGELMAT

3.2.1 Sulavan lumen aiheuttamat ongelmat

Sulamisjaksojen aikana voi tienpinnalla ja ojissa olla suuria määriä lumen sulamisvesiä ja sadevettä. Ongelmia aiheuttaa se, että jäätyneet maaperä on yleensä lähes vettä läpäisemätöntä jäätymättömään maahan verrattuna. Lisäksi sulamisvedet ja sadevedet eivät pääse virtamaan pois, sillä ojat ovat täynnä lunta ja jäätä eivätkä siten toimi kunnolla. Tällaisissa olosuhteissa jäälinseistä sulanut ylimääräinen vesi voi virrata ainoastaan ylöspäin tierakenteen läpi, jolloin se yhdessä tienpinnalle jääneen veden kanssa aiheuttaa huokosvedenpaineen kasvua tierakenteen sisällä. Tämä taas aiheuttaa kantavuuden heikkenemistä sulamiskausien aikana. Kelirikon ajalle tyypillisiä kuivatusongelmia on esitelty kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. Kelirikolle tyypillisiä kuivatusongelmia.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- lumen poistaminen pientareelta, luiskista ja ojista sulamiskauden aikana, jotta vesi pääsee virtamaan ojiin tien pinnalta (kuva 3.3)
- syväkuivatus
- routaeristys (kallista)
- ajoradan tasauksen nostaminen (uudet rakenteet) ja/tai ojien levennys ja syventäminen
- vettä ja routaa kestävien materiaalien käyttö tierakenteessa
- pohjamaan kantavuus kelirikon aikana on otettava huomioon tierakenteen suunnittelussa



Kuva 3.3. Ojasta poistetaan jää ja lumi.

3.2.2 Huonosti toimivat kuivatusrakenteet

Tierummut

Tierummut voidaan yleisesti ottaen jakaa tien poikki kulkeviin päätierumpuihin ja pituussuunnassa kulkeviin liittymärumpuihin. Päätierummuissa vesi valuu poikittain tien alta, ja liittymärumpuja pitkin vesi pääsee virtaamaan risteyksien ja yksityisten liittymien alta lähimpään laskuojaan.

Jos päätierummuissa virtausnopeus on kriittistä nopeutta pienempi, alkaa maa-aineksia kertyä tierumpuun. Kunnossapidon kannalta tärkeä toimenpide on siten tierumpujen puhdistaminen siinä vaiheessa, kun materiaalia on kertynyt rumpuun liikaa. Jos puhdistamista laiminlyödään, päätierummun kuivatuskyky on riittämätön ja vesi virtaa tien pinnan yli ja/tai tierakenteen sisälle. Tästä voi syntyä myös liikenneturvallisuusongelma, sillä tukkiutunut tierumpu saattaa aiheuttaa eroosiota, jolloin tie saattaa sortua. Näin voi käydä myös, jos rummun vedentuloaukko on tukkiutunut oksilla, mudalla, soralla, roskilla ym. aineksilla, jolloin vaikutukset ovat samat kuin rummun tukkiutuessa sisäpuolelta.

Myös roudasta ja paannejäädästä aiheutuu ongelmia tierummuille. Jos jää tukkii rummun, vesi patoutuu ja virtaa tien läpi tai yli. Ongelmaa esiintyy lähinnä alkukevääällä sekä talven leudoilla ja runsassateisilla jaksoilla. Myös eroosiota voi esiintyä, mutta koska tierakenne on tavallisesti jäässä näiden jaksojen aikana, ei ongelma ole yhtä suuri verrattuna siihen, kun maa ja tierakenne ovat sulaneet.

Mahdollisia kunnostustekniikoita päätierummuille:

- tierummun ja veden sisääntulotuloaukon tarkastaminen ja puhdistaminen tarvittaessa
- veden sisääntuloaukon / rummun kunnostaminen
- paannejään sulattaminen rummusta höyryllä
- aurinkopaneeli ja lämmityskaapeli

Liittymärummut ovat yleensä halkaisijaltaan pienempiä kuin päätierummut. Yksityisten liittymien läpi kulkevat rummut asennetaan tavallisesti ojan pohjalle ja ne eivät yleensä ole yhtä syvällä kuin päätierummut. Pienemmästä virtausnopeudesta johtuen hienoainetta kertyy usein helposti rumpuun, jolloin kuivatuksen teho heikkenee. Ongelmia aiheutuu myös matalasta sijainnista, hitaasta virtausnopeudesta ja kuivatuksen pinta-alan rajallisuudesta, sillä niiden takia rummut jäätyvät helposti. Jää voi tukkia rumpuja, mikä on ongelmallista erityisesti lumien sulaessa kelirikon aikaan keväällä, kun kuivatuksen tulee toimia tehokkaasti.

Kauppojen, huoltoasemien ja muiden liiketilojen liittymäristeyksissä sijaitsevat sivuojarummut ovat usein erityisen pitkiä. Näissä kohteissa rummut jäätyvät helpommin ja niitä on myös hankalampi puhdistaa hienorakeisesta maa-aineksesta ja roskista.

Mahdollisia kunnostustekniikoita sivuojarummuille:

- rummun säännöllinen puhdistaminen
- paannejään sulattaminen rummusta höyryllä keväisin
- jään sulattaminen aurinkopaneelilla ja lämmityskaapelilla
- vaikeiden ongelmien kohdalla saatetaan joutua korvaamaan kuivatusjärjestelmä syväkuivatuksella ja imeytysaltaalla, jossa on hiekkainen maa-aineksen erotin

Epätasaisen routanousun, painumien tai puutteellisen rakenteen takia tierummut saattavat murtua ja rappeutua. Tämän seurauksena vesi virtaa hallitsemattomasti, mikä saattaa aiheuttaa eroosiota rummun ympärillä ja nostaa pohjaveden pintaa. Näissä tapauksissa tierakenne voi sortua rankkasateiden seurauksena, ja tie saatetaan joutua sulkemaan.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- vaurioituneiden rumpujen vaihto ja routimattoman alusrakenteen teko
- rummun korjaus asentamalla PEH-putki (PEH=korkeatiheyskainen polyeteeni) vanhan rummun sisälle ja ruiskuttamalla betonia putkien väliin

Ojat

Ojien vetoisuutta voivat pienentää vuosien saatossa mudan kasautuminen ja pohjan täytyminen kasvillisuudesta, mikä heikentää kuivatusta. Seurauksena pohjaveden pinta nousee tierakenteessa ja kantavuus laskee. Jos pohjamaa on hienojakoista, ojia on puhdistettava useammin, sillä hienojakoiset maa-ainekset ovat herkempiä eroosiolle. Ojaluisien stabiilisuudesta voi myös aiheutua vaikeita ongelmia, varsinkin silteisillä alueilla (ks. kuva 3.5). Sortuneet ojat tulisi aina puhdistaa tai vahvistaa tukirakenteilla.

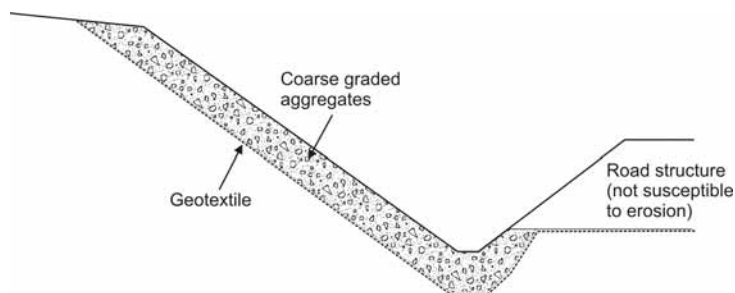


Kuva 3.5. Sortunut tien reuna silteisellä alueella. Kuva on otettu ensimmäisenä keväänä ojan kunnostuksen jälkeen.

Hyvin toimivan kuivatuksen kannalta on tärkeää pitää myös laskuojat kunnossa, eikä niiden tarkastamista tule laiminlyödä tutkittaessa ojan toimivuutta osana kuivatusjärjestelmää. Sivuojien puhdistaminen ei ole kovin hyödyllistä, jos vesi ei pääse poistumaan niistä tehokkaasti. Sen takia ojia kunnostettaessa on aina huolehdittava, että myös laskuojat huolletaan vastaavalla tavalla. Periaatteessa alla listattuja kunnostustekniikoita voidaan käyttää sekä lasku- että sivuojille.

Mahdollisia kunnostustekniikoita ojille:

- ojan puhdistaminen riittävän usein
- eroosiosuoja, ulkoluisen massanvaihto suodatinkankaalla ja karkealla kiviaineksella (Kuva 3.6)
- sivuojan putkitus (salaoja)
- ojan täyttö suodatinkankaaseen kääriytyllä karkealla materiaalilla



Kuva 3.6. Ojan ulkoluisen suojaaminen.

Ruohottuneet pientareet

Korkeat ruohopientareet ovat merkittävä ongelma Skotlannin vanhoilla ja kapeilla maaseututeillä. Samankaltaisia ongelmia voi kuitenkin ilmetä myös muilla Pohjoisen Periferian alueilla, kun tiepientareiden nurmikot kasvavat viereisen asfaltin pintaa korkeammiksi. Tällaisilla alueilla pintavesi joutuu imeytymään päällysterakenteen läpi, sillä se ei voi normaaliin tapaan virrata ojiin. Seurauksena on kantavuuden heikkenemistä ja muodonmuutoksia.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- reunusten ja nurmen poistaminen, ojien kaivaminen veden poistamiseksi tienpinnalta ja päällysterakenteesta
- syväkuivatus (salaojitus)
- reunasalaojat

Riittämätön sivukaltevuus

Hyvä sivukaltevuus nopeuttaa merkittävästi veden kuivatusta tien pinnalta. Tien kuivatukseen vaikuttaa sekä sivusuuntainen kaltevuus että tien mäkisyys. Norjassa päällystettyjen teiden sivukaltevuuksi pidetään tehokkaana, jos se on vähintään 1%. Suomessa sorateille suositellaan sivukaltevuudeksi 4%.

Urat ja epätasaisuudet tienpinnassa voivat estää pintaveden poistumista, ja tien pinnalle jäävä vesi voi imeytyä tierakenteeseen. Tierakenteeseen imeytymisen määrä riippuu siitä, kuinka paljon tiessä on halkeamia ja reikiä sekä toisaalta päällysteen vedenläpäisevyydestä.

Tien pinnalle jäänyt vesi voi olla myös liikenneturvallisuusongelma. Märällä pinnalla on vähemmän kitkaa, jolloin jarrutusmatka pitenee. Pakkasöinä tien pinnalle jäänyt vesi voi myös jäätyä, jolloin tiestä tulee hyvin liukas. Äkkinäiset kitkamuutokset saattavat myös tulla yllätyksenä kuljettajille. On siis tärkeää, että tien sivukaltevuus on riittävän suuri. Pinta voidaan muokata oikeaan kaltevuuteen päällysteen uusimisen tai kunnostuksen yhteydessä.

Halkeamat ja reiät

Ruotsin, Suomen ja Norjan vähäliikenteisillä teiden rakenteeseen kuuluu usein hyvin ohut päällystekerros ja sora- ja murskeesta muodostuva kantava kerros. Muihin materiaaleihin verrattuna tällaisen kantavan kerroksen hienoaineskoostumus voi olla suuri ja jäykkyys huono, mistä voi aiheutua suuri jännitys asfalttipäällystekerroksessa. Jos pintakerroksen bitumi on jäykkää, seurauksena on verkko- ja pitkittäisiä halkeilua. Lisäksi halkeilua aiheutuu yleisesti myös routanousuista, heikoista reunoista ja raskaista pyöräkuormista.

Tienpinta on usein epätasainen ja mahdollinen pintavesi voi kertyä uriin ja muihin syvennyksiin. Jos veden kertymäkohdissa on myös halkeamia, vesi imeytyy

sorakerrokseen ja huonontaa materiaalin kantavuutta. Tämä kiihdyttää tien kunnon heikkenemistä.

Ongelman hoitamiseksi päällysrakenteessa tulisi käyttää bitumilla sidottuja materiaaleja, ja tähän tarkoitukseen suositellaan pehmeää bitumia. Halkeamien paikkaaminen bitumilla on myös tärkeää, jotta vesi virtaa ojiin, eikä tierakenteeseen.

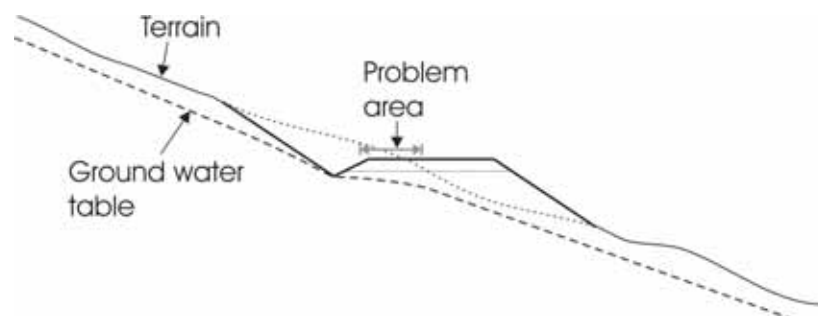
3.3 SUUNNITTELUUN LIITTYVÄT ONGELMAT

3.3.1 Yleistä

Tien kuivatusjärjestelmä ei välttämättä aina ole riittävän tehokas, vaikka se olisikin rakennettu ohjeiden mukaan. Ohjeet eivät voi kattaa kaikkia mahdollisia olosuhteita, ja jos ongelmat liittyvät selvästi kosteuteen, täytyy kuivatusjärjestelmää yhä parantaa.

3.3.2 Sivukalteva maasto

Pohjoisen Periferian alueella suurin osa teistä on rakennettu sivukaltevaan maastoon, jossa toinen puoli tiestä kulkee leikkauksessa ja toinen puoli penkereen päällä (ks. kuva 3.7). Kuivatusongelmia löytyy etenkin sivukaltevassa moreeni- ja hiekka- tai silttimaastossa kulkevilla teillä. Savi- tai turvealueilla maaperä on yleensä tasainen.



Kuva 3.7. Kuivatusongelma sivukaltevassa maastossa kulkevalla tiellä.

Sivukaltevassa maastossa pohjavedenpinta on yleensä lähempänä tienpintaa (ja pyöräkuormaa) leikkauksen puolella tietä. Tien kosteuspitoisuus on kääntäen verrannollinen rakenteen etäisyyteen pohjaveden pinnasta, ja siksi urautuminen on yleisempää ylärinteen puoleisella ajoradalla. Tämän takia leikkauksessa kulkeva tienlata vaatii korjausta vuosia aikaisemmin kuin tehokkaasti kuivuva penkereen puoleinen tienlata. Käyttöään suhdeterroin (hyvin kuivuva kaista / heikosti kuivuva kaista) saattaa olla jopa yli 2.

Sivukaltevassa maastossa pohjavesi virtaa luonnollisesti tien alta. Jos tien lähellä on kalliota tai vettä läpäisemättömiä materiaaleja, saattavat nämä esteet padota vettä, jolloin routanousun, pehmenemisen ja kantavuuden heikkenemisen riski kasvaa.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- tierakenteen vahvuuden lisääminen (massanvaihto) ainakin leikkauksen puoleisella tienlaidalla tai ajoradan tasauksen nosto
- pohjaveden pinnan alentaminen salaojituksella leikkauksen puoleiselta tienlaidalta
- reunasalaojat
- pohjavettä patoavan kallion / vettä läpäisemättömän materiaalin poisto
- routaeristys (kallista)
- lisärumpujen rakentaminen veden patoutumiskohtiin

3.3.3 Kuivatusongelmat alavassa maastossa

Alavan maaston alueilla, joilta luonnollinen pintavesien kuivatusjärjestelmä puuttuu, täytyy ylimääräisen pintaveden imeytyä maaperään. Kun maa on jäässä tai vettä on rankkasateiden tai lumensulamisen takia maassa paljon, vesi ei pysty imeytymään riittävän nopeasti, vaan kerääntyy notkelmiin, kunnes nousee niin korkealle, että aiheuttaa tulvia tielle. Tämä aiheuttaa ongelmia, kuten nähdään kuvasta 3.8. Pohjaveden pinnan kohoaminen voi pehmentää erityisesti sorateiden rakennetta ja pintaa niin paljon, että tiestä voi tulla kulkukelvoton.



Kuva 3.8. Kuivatusongelma alavassa maastossa, tie 19778, Kemijärvi, Suomi.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

Pohjamaa moreenia

- imeytyskaivojen tai –ojien kaivaminen
- ajoradan tasauksen nosto (helpottaa myös talvikunnossapitoa)

Pohjamaa savea, silttiä tai turvetta

- ajoradan tasauksen nosto (helpottaa myös talvikunnossapitoa), mahdolliset painumaongelmat kuitenkin huomioitava
- imeytys mahdotonta

3.3.4 Kuivatusongelmat tasaisessa maastossa

Kuivatusongelmat ovat samankaltaisia tasaisessa maastossa kuin alavassa maastossa, mutta lisävaikeuksia aiheuttavat usein pitkät etäisyydet veden luonnollisiin kuivatusuomiin. Vaikeuksia on eniten kelirikon aikana, kun maa on vielä jäässä, ja sade- ja sulamisvesiä on runsaasti ympäristössä. Kuivatusongelmia esiintyy myös runsassateisina kausina, jos pohjamaan kuivatuskyky ei ole riittävä. Ongelman laajuus riippuu vesimäärästä ja pohjamaan vedenläpäisevyydestä, mutta vaikutukset ovat aina samanlaiset: pohjaveden pinta nousee. Tämän seurauksia onkin kuvailtu jo edellisessä kappaleessa.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

Pohjamaa moreenia

- tasauksen nosto
- tiemateriaalien korvaaminen routaa ja vettä kestäville materiaaleilla
- imeytyskaivojen tai –ojien kaivaminen
- pitkien ojien kaivaminen (laskuojat) tai syväkuivatus

Pohjamaa savea, silttiä tai turvetta

- ajoradan tasauksen nosto – (mahdollisia painumia varottava)
- pitkien ojien kaivaminen (laskuojat) (niska- tai salaoja)
- imeytyskaivotekniikka ei voi soveltaa

3.3.5 Kalliosta johtuvat kuivatusongelmat

Tasausviivan lähellä sijaitseva kallio aiheuttaa aina erityisiä ongelmia tien kuivatukselle, varsinkin jos tie kulkee sivukaltevassa maastossa. Kallio voi padota pohjaveden virtausta, jolloin kuivatus ei toimi, ja kantavuus heikkenee. Routakauden aikana tierakenteet voivat jäätä kallion pintaan asti ja padota pohjavettä. Kallion yläpuolelle muodostuu tällöin jäälinsejä, joiden takia tien pintaan syntyy epätasaisia töyssyjä. Kalliopinnan painaumat saattavat myös kerätä vettä ja mikäli tierakenteessa on routivaa materiaalia, muodostuu siihen epätasaisia routanousuja.

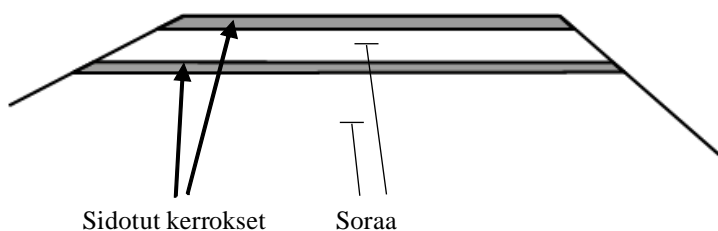
Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- kallion louhinta 1-2 m syvyydeltä tien pohjasta, jolloin kallio halkeilee ja vesi pääsee virtaamaan halkeamien läpi pois tierakenteesta
- ojien kaivaminen tai syväkuivatuksen järjestäminen, jolloin vettä ei pääse tierakenteeseen
- routaeristys (erityisesti mäkimaa-astossa, jossa kallion louhinta ei ole mahdollista tai on kallista)
- vettä keräävien kalliosyvennyksien tai –painanteiden poistaminen tai veden ohjaaminen pois niistä

3.4 MUITA ONGELMIA

3.4.1 Kosteusloukku

Yleinen käytäntö 70- ja 80-luvuilla oli teiden vahvistaminen tiivistämällä sitomatonta kantavan kerroksen materiaalia suoraan vanhan päällystepinnan päälle, jolloin tuloksena oli kerrosrakenteeseen päässyt vesi jää loukkuun kahden sidotun kerroksen väliin. Jos sitomattoman kerroksen kosteuspitoisuus on lähellä kyllästymistasoa, dynaamisesta akselikuormasta aiheutuu materiaaliin korkea hydrostaattinen paine, jolloin tienpinnan päällyste vaurioituu.



Kuva 3.9. Sidotut kerrokset synnyttävät rakenteeseen kyllästettyjä kerroksia.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- rakenteen jyrsiminen ja alempien sidottujen kerrosten rikkominen, mikäli ne ovat enintään 40 cm päässä tienpinnasta
- ylimmän päällysteen jyrsiminen ja sitomattomien kerrosten paksuntaminen vähintään 35 cm:iin (+5 cm päällyste)

3.4.2 Ulkoluiskan pysyvyysongelmat

Erityisesti leikkauksessa kulkevia teitä koskeva vaikea ongelma on ainesten valuminen märiltä luiskilta ojiin, jolloin vesi patoutuu, ja pohjaveden pinta nousee. Ongelma on suurin hienorakeisesta hiekasta tai siltistä koostuvissa maastoissa, joissa pohjaveden virtaus on lisäksi runsasta.

Mahdollisia kunnostustekniikoita:

- pintakuivatus
- niskaojan rakentaminen ulkoluiskan yläreunaan säätämään pintavettä ja pohjaveden pintaa
- kasvillisuuden istuttaminen
- luiskan pinnan peittäminen karkealla soralla tai sepelillä (kuva 3.10), suodatinkangas asennettava pohjamaan ja karkean materiaalin väliin



Kuva 3.10. Esimerkki leikkauksen puoleisen luiskan pysyvyyden parantamisesta.

Kappale 4. Huonon kuivatuksen vaikutus päällysteen kuntoon

4.1 YLEISTÄ

Liikennekuormituksen vaikutusta tierakenteen kuntoon on mallinnettu monella tavalla. Joissakin malleissa lasketaan, tai ainakin otetaan huomioon, kuivatuksen vaikutus. Mallinnusta vaikeuttaa se, että vesipitoisuus vaikuttaa monimutkaisten mekanismien kautta päällysteen kuntoon. Näitä mekanismeja on yksinkertaistettava, ennen kuin voidaan mallintaa tien kunnan heikkenemistä kuivatuksen toimivuuden suhteen.

Melkein kaikissa tutkimuksissa on mainittu, että kuivatus on tärkein parametri, kun puhutaan tierakenteen pitkäaikaisesta käyttäytymisestä. Kuitenkin vain harvoissa tutkimuksissa on selvitetty kuinka paljon kuivatuksen toimivuus todella vaikuttaa tierakenteen käyttöikään. Seuraavissa kappaleissa on käytetty joitakin tunnetuimpia mitoitusmenetelmiä kosteudeltaan erilaisten tierakenteiden käyttöiän arvioimiseen. Näiden mitoitushjelmien lisäksi esitetään kenttätutkimustuloksia, jotka havainnollistavat toimimattoman kuivatuksen vaikutusta päällysteen käyttöikään.

4.2 TEOREETTISET LASKELMAT

Alkuperäisessä ROADDEX II –raportissa esiteltiin seuraavia mitoitusmenetelmiä, joihin kuuluu myös kuivatuksen huomioivia malleja:

- Ruotsin tielaitoksen suunnitteluohje
- AASHTO:n suunnitteluohje (AASHTO on yhdysvaltalainen tiejärjestö, American Association of State Highway and Transportation Officials)
- HDM-4 –järjestelmä (Highway Development & Management)
- Yhdysvaltalaisen tiejärjestö FHWA:n (Federal Highway Administration) SHRP -ohjelman (Strategic Highway Research Program) LTPP-päällystetutkimus (Long Term Pavement Performance)

Kirjallisuusselvityksessä esiteltyjä malleja on myös käytetty laskettaessa kuivatuksen vaikutusta pohjamaan muodonmuutosten kehittämiseen.

Ruotsin suunnitteluopas luokittelee heikkolaatuisten materiaalien jäykkyysmoduulit (jotka jäävät ohjearvojen ulkopuolelle) kolmeen luokkaan niiden kuivatusominaisuuksien mukaan. Vähäliikenteisillä teillä näitä materiaaleja esiintyy yleisesti. Käyttämällä laskettuja kuormitus- ja jännitysarvoja sopivissa

kulumismalleissa näistä arvoista voidaan laskea minkälaisia vaikutuksia seuraa, kun tien kuivatusta parannetaan.

Roadex II -raportissa (Berntsen ja Saarenketo 2005) esitettiin kaksi esimerkkiä eri kuivatusluokkien vaikutuksesta. Laskelmat laskettiin Ruotsin tiehallinnon PMS-järjestelmällä (Pavement Management System), joka käyttää lineaarielastista mallia. Pysyviä muodonmuutoksia ja väsymistä aiheuttavat standardiakselimäärät laskettiin, ja tulosten mukaan tierakenteen käyttöikä kasvoi 2,2 - 2,6 -kertaiseksi, kun kuivatusjärjestelmä parannettiin heikosta hyvään kuntoon (kuivatusluokasta 3 luokkaan 1). Laskelmat laskettiin moreenimaalle ja silttiselle pohjamaalle kerroin olisi ollut vieläkin suurempi.

AASHTO:n suunnitteluoppaassa kuivatus luokitellaan viiteen eri luokkaan, jotka vaihtelevat "hyvin heikosta" "erinomaiseen". Tässä luokituksessa kuivatuksen kunnostaminen luokasta "hyvin heikko" luokkaan "kohtalainen" pidentää tulosten mukaan tierakenteen käyttöikä huomattavasti enemmän kuin ruotsalaisessa luokituksessa. Roadex II -raportin esimerkeissä käyttöikä kasvaa jopa viisinkertaiseksi.

SHRP-ohjelman väsymismallit perustuvat tien kunnan kehityksen regressiomallinnukseen useiden eri parametrien avulla. Regressioanalyseissä on määritetty myös kosteuspitoisuuden vaikutukset. SHRP-mallinnusta ei ole helppo ottaa käyttöön, mutta mallit osoittavat selvästi heikentymisen lisääntyvän kosteuspitoisuuden kasvaessa, ja mallien mukaan erot myöskin kasvavat roudan kanssa.

Päällysteen käyttöikä voidaan pidentää myös kasvattamalla jakavan kerroksen paksuutta. Jakavan kerroksen kasvattaminen 8 cm:llä vaikuttaa päällysteen kuntoon yhtä paljon kuin pohjaveden pinnan laskeminen 40 cm:llä (tasolta 20 cm tiepohjan yläpuolelta tasolle 20 cm tiepohjan alapuolelle). Vanhan tien jakavaa kerrosta ei tietenkään voi paksuntaa, mutta tierakennetta ja kuivatusjärjestelmää suunniteltaessa asiasta on hyvä olla perillä. On alueita, joille riittävän kuivatuksen järjestäminen on vaikeaa ja paras vaihtoehto on tierakenteen paksuuden kasvattaminen, eli tasauksen nostaminen suhteessa pohjaveden pintaan.

4.3 KENTTÄHAVAINNOT

Huonosti toimivan kuivatuksen vaikutusta voidaan käytännössä todentaa myös tarkastelemalla sivukaltevalla maastolla kulkevia teitä. Kuten kappaleessa 3.3.2 on mainittu, pohjaveden pinta on tavallisesti lähempänä tienpintaa (ja siten myös pyöräkuormaa) leikkauksen puoleisella kaistalla. Tien penkereen puolella etäisyys pohjaveteen on suurempi, ja tierakenteen kosteuspitoisuus on pienempi. Leikkauksen puoli tiestä edustaa siten huonoa kuivatusta ja penkereen puoli

toimivaa kuivatusjärjestelmää. Leikkauksissa sijaitsevilla päällysteillä on havaittu suurin piirtein samankaltaiset olosuhteet: kohteiden kosteuspitoisuudet ovat jossain määrin korkeampia kuin vastaavissa penkereen päällä olevissa päällysterakenteissa.

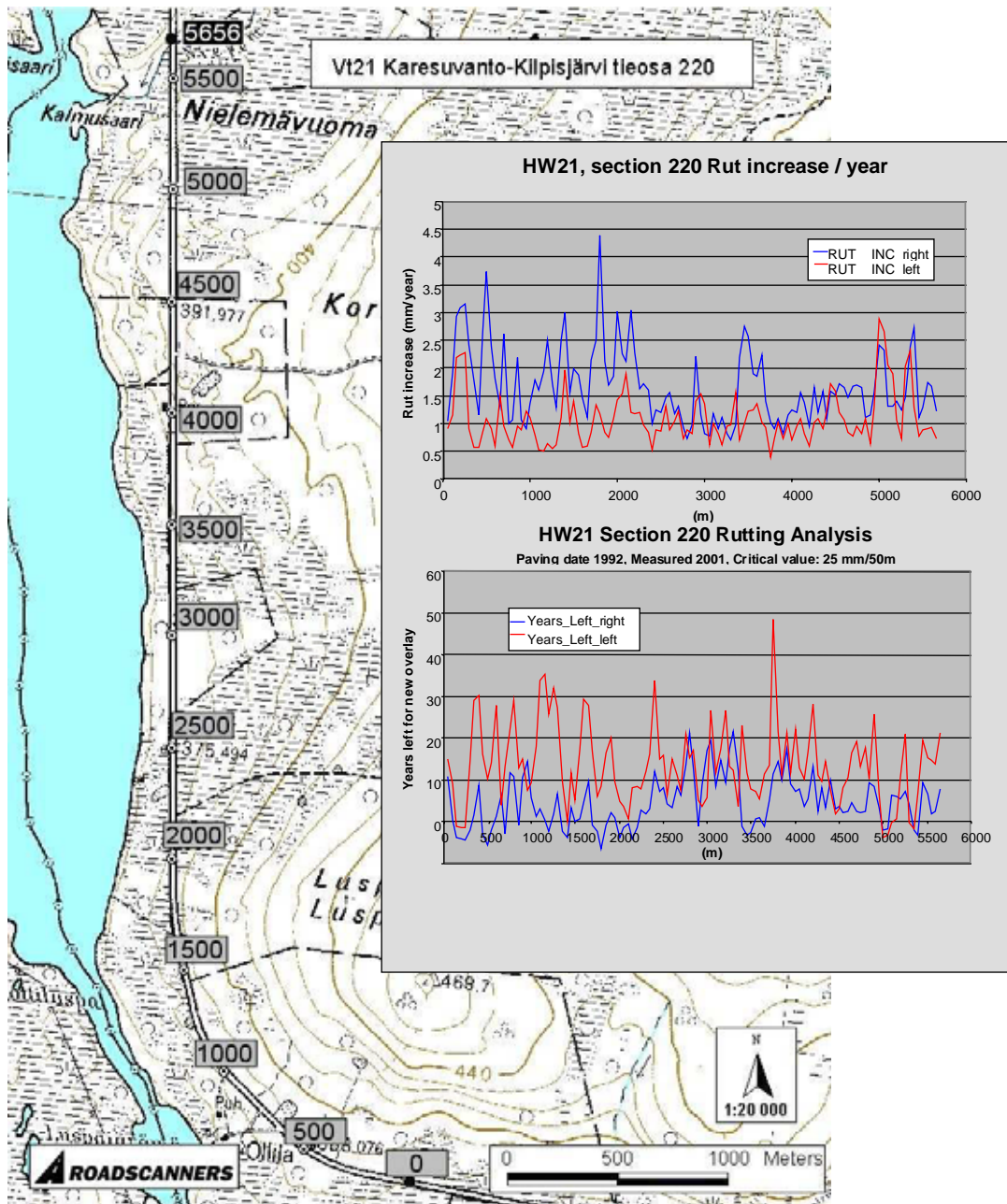
Seuraavassa esitellään kaksi erilaista malliesimerkkiä sivukaltevassa maastossa kulkevista tiekohteista. Näitä tutkittaessa on kuitenkin muistettava, että myös muut kuin kuivatuskijät voivat aiheuttaa eri kaistojen urautumiseen eroja. Materiaaleissa ja niiden tiivistymisessä voi olla eroja, ja on myös mahdollista, että pohjamaan koostumus vaihtelee eri kohdissa poikkileikkausta. Lisäksi leikkauksissa liikennekuormitus jakautuu kaarteissa epätasaisesti sisä- ja ulkokaistojen kesken. Pyöräkuormat keskittyvät enemmän sisäkaistoihin, ja siten niihin syntyy enemmän muodonmuutoksia.

Esimerkki: Valtatie 21 (E8) Kilpisjärvi, Suomi

Kuvassa 4.1 on esimerkki valtatiestä 21, läheltä Kilpisjärveä. Tieosuus sijaitsee sivukaltevassa maastossa, kuten kuvaan 4.1 liitetystä kartasta voidaan nähdä. Myös molempien kaistojen keskimääräinen urasyvyyden kasvu (mm/vuosi) ja jäljellä oleva käyttöikä on esitetty kaavioissa.

Urautumisessa voidaan nähdä selvä ero jaksolla 0 – 2500, jolla maaperän kaltevuus on jyrkintä. Tämän jakson kohdalla vuosittainen urasyvyyden kasvu on oikealla kaistalla 2,0 mm/vuosi, mutta vain 1,0 mm/vuosi vasemmalla kaistalla. Luvut osoittavat, että hyvin kuivuvan kaistan käyttöikä on kaksinkertainen heikosti kuivuvaan kaistaan verrattuna, mikäli urasyvyyden kasvunopeuden oletetaan olevan lineaarinen.

Urausmittaukset tehtiin, kun päällyste oli 9,5 vuotta vanha, ja jäljellä olevaksi käyttöikäksi laskettiin oikeanpuoleiselle kaistalle 1,8 vuotta ja vasemmanpuoleiselle 15,0 vuotta. Toisin sanoen hyvin kuivuvan vasemman kaistan käyttöikä oli 24,5 vuotta ja heikosti kuivuvan oikeanpuoleisen kaistan 11,3 vuotta, jolloin suhdeluvuksi saadaan 2,17.



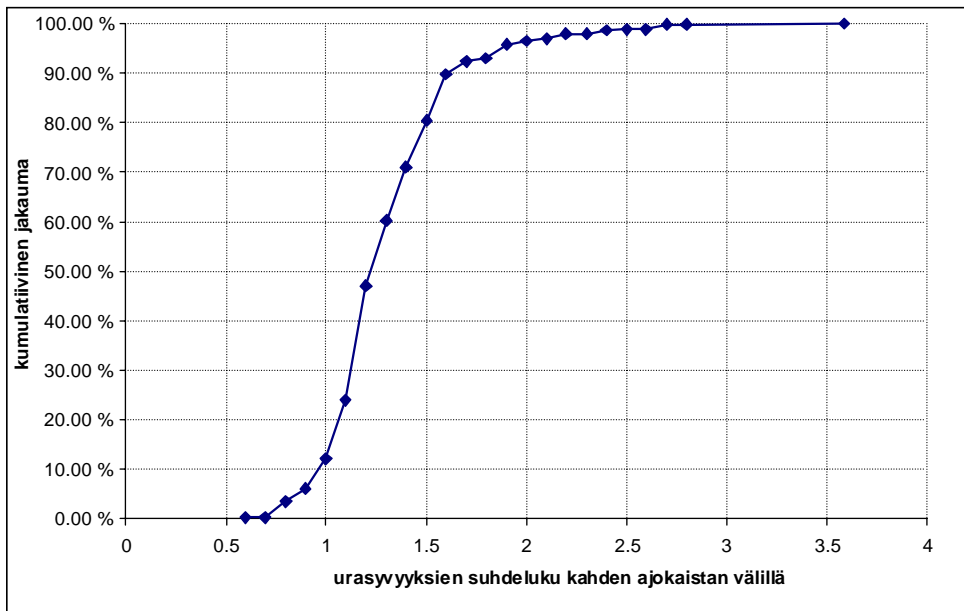
Kuva 4.1. Tieosa 220 valtatiellä 21, Kilpisjärvellä. Kaavioista nähdään keskimääräinen urasyvyyden kasvu vuodessa sekä jäljellä oleva elinikä.

Esimerkki: Kenttähavaintoja 184 tiekilometriltä Tromssan alueelta Norjasta

Norjassa urien syvyydet mitataan vuosittain molemmilta kaistoilta kaikilta yleisiltä ja kunnallisilta teiltä. Tiet jaetaan olosuhteiltaan homogeenisiin osiin ja näitä osia analysoidaan norjalaisella PM-järjestelmällä (Pavement Management). Jokaiselle osalle määritetään urautumisen tilastollinen jakauma ja urautumisarvo, joka kuvaa tasoa, jolla 90%:lla tieosuksista on vähemmän urautumista. Urautumisarvoa

käytetään sitten kynnsarvona vaurioiden aiheutumiselle; tienpinta on ohjeiden mukaan kunnostettava, mikäli arvo kasvaa yli 25 mm.

Roadex II –projektin kuivatusanalyysissä laskettiin rinteiden huonosti kuivuvan sisäkaistan ja hyvin kuivuvan ulkokaistan urasyvyyksien suhde. Vastaava suhde laskettiin myös tasaisuusindekseille. Kuvassa 4.2 esitetään urasyvyyksien suhteen (heikosti/hyvin kuivuva kaista) kumulatiivinen jakauma 184 tiekilometrin matkalta. Kuten kuvaajasta nähdään, ainoastaan 12 %:lla tutkitusta tieverkostosta oli suurempi urasyvyys hyvin kuivuvalla puolella tietä (suhde alle 1). 19,5 %:lla urasyvyyksien suhde oli yli 1,5, jolloin heikosti kuivuvan kaistan urasyvyydet ovat yli 50 % suurempia kuin hyvin kuivuvan kaistan. Lopuilla alueilla (68,5 %) suhdeluku oli välillä 1,0 – 1,5. Kaistojen IRI-arvojen (International Roughness Index) vertailussa suhdeluvut eivät olleet yhtä suuria kuin urasyvyyksillä, mutta epätasaisuus kasvaa selvästi nopeammin huonosti kuivuvalla kaistalla.



Kuva 4.2. Urasyvyyksien suhdelukujen kumulatiivinen jakauma heikosti ja hyvin kuivuvien kaistojen välillä.

Erot kaistojen käyttöiässä voidaan lukea erilaisista kuivatusolosuhteista johtuviksi. Pohjaveden pinta on lähempänä liikenteen kuormitusta leikkauksen puoleisella kaistalla (huonosti kuivuvalla puolella), ja suurempi kosteuspitoisuus aiheuttaa syvempää urautumista. Pohjaveden pinnan alentamisen vaikutukset heijastuvat siten käyttöiän kasvuna.

4.4 YHTEENVETO HUONON KUIVATUKSEN VAIKUTUKSISTA

Kappaleen 3 ennustemallit osoittavat, että päällysrakenteen käyttöikä (laskettuna akselikuormien määrälle) kasvaa huomattavasti, kun kuivatusta parannetaan. Ruotsalaisen suunnitteluoppaan tulokset ja Roadex-projektin kenttähavainnot ovat yllättävän lähellä toisiaan. Lisäksi kaikki muut mallit ennustavat vastaavia tai jopa suurempia vaikutuksia.

Teoreettisten mallien ja kenttähavaintojen perusteella ongelma-alueet voidaan jakaa olosuhteiden ja kuivatusparannusten vaikutusten kannalta samankaltaisiin ryhmiin. Taulukossa 4.1 esitetään kuinka arvioitu käyttöikä kasvaa, kun kuivatusjärjestelmää parannetaan.

Taulukko 4.1. Kuivatusjärjestelmän parantamisesta seuraava käyttöiän kasvu.

Kuivatusolosuhteet	Kuivatusluokat 1)	Käyttöiän kasvukerroin, kun kuivatusjärjestelmää parannetaan
<i>Ryhmä 1</i> Kuivatusjärjestelmä ei toimi lainkaan (tai sitä ei ole olemassa). Tierakenteessa tai pohjamaassa kosteutta sitovaa materiaalia. Hyvin korkea pohjaveden pinta. Alava maasto ja pohjavettä patoava kallio.	>3	> 2,5
<i>Ryhmä 2</i> Kuivatusjärjestelmä ei toimi lainkaan, mutta tierakenteen ja pohjamaan materiaali ei sido kosteutta yhtä paljon kuin ryhmässä 1. Kuivatusjärjestelmä toimii heikosti, sillä sen kunnossapitoa on laiminlyöty (ojia ja rumpuja ei ole puhdistettu) ja tierakenteessa ja pohjamaassa on kosteutta sitovaa materiaalia.	3	2-2,5
<i>Ryhmä 3</i> Kuivatusjärjestelmä toimii huonosti, sillä kunnossapitoa on laiminlyöty (ojia ja rumpuja ei ole puhdistettu). Tierakenteen ja pohjamaan materiaali ei kerää kosteutta yhtä paljon kuin ryhmässä 1 ja 2.	2	1,5-2
<i>Ryhmä 4</i> Kuivatusjärjestelmä toimii huonosti, sillä kunnossapitoa on laiminlyöty tai kunnossapito-ohjeistus on riittämätöntä.	1-2	1-1,5

1) Ruotsalaisen suunnitteluoppaan mukainen kuivatusluokka

Käyttöiän kasvun määrä riippuu kunnostustöiden laajuudesta. Taulukossa 4.1 luetellut kertoimet osoittavat kuinka paljon käyttöikää on mahdollista kasvattaa.

Kappale 5. Kuivatus ja elinkaarikustannukset

5.1 YLEISTÄ

Jotta voitaisiin laskea miten hyvin toimiva kuivatusjärjestelmä vaikuttaa päällysteen elinkaarikustannuksiin, on tärkeää tietää kuinka paljon kuivatusjärjestelmän kunnossapitoon kuluu varoja. Todellisten kunnossapitokustannusten määrä vaihtelee Roadex-maiden välillä ja myös maiden sisällä.

Tavallisesti kuivatusjärjestelmän kunnossapitokulut ovat paljon pienemmät kuin uudelleenpäällystyksen. Esimerkiksi Norjassa vähäliikenteisen tien uudelleenpäällystys on 8-10 kertaa kalliimpaa kuin ojien ja rumpujen puhdistaminen (ojien puhdistuskulut 10-12 % uudelleenpäällystyskuluista; uusi päällyste maksaa 32-37 €/metri ja ojien puhdistus 3,7-4,5 €/metri). Myös Suomessa päällysteille tehdään elinkaarikustannusarvioita. Norjaan verrattuna hinnat ovat hieman alhaisemmat, mutta ojien puhdistamisen ja uudelleenpäällystämisen välinen suhde on likimain sama.

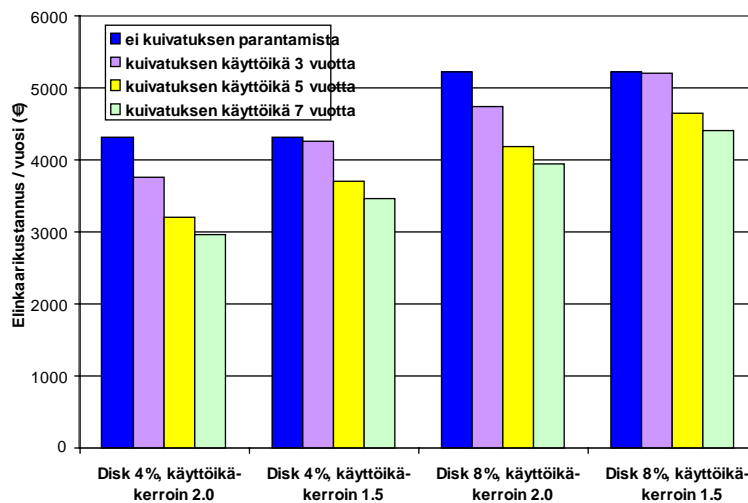
Ojitus ei kuitenkaan välttämättä aina toimi, vaikka se olisi tehty suunnitteluohjeiden mukaisesti. Tällaisissa tapauksissa kuivatusta on parannettava kaivamalla ojaa syvemmäksi tai syväkuivatuksen avulla. Tällaiset parannukset ovat kalliimpia, ja kustannukset riippuvat ongelman suuruudesta. Syväkuivatuksen asennuskulut ovat 30-50 % uudelleenpäällystyskuluista ja kustannusten määrä riippuu pohjamaan maaperätyypistä.

Seuraavassa kappaleessa vertaillaan viiden ja kuuden metrin levyisten teiden uudelleenpäällystyskuluja ojanpuhdistuskustannuksiin. Tavallisesti vain pienet osat tiestä vaurioituvat huonon kuivatuksen takia, mutta näiden osien takia koko tieosuus joudutaan päällystämään uudelleen. Tämän takia kuivatuskustannukset pienenevät suhteessa vielä enemmän, ja kuivatuksen kunnostus on taloudellisesti hyvin kannattavaa.

5.2 KUINKA USEIN KUIVATUSTA VOIDAAN KANNATTAVASTI KUNNOSTAA?

Keskusteluissa on usein heitetty mielenkiintoinen kysymys: kuinka usein kuivatusta voidaan kunnostaa/parantaa nostamatta silti tien elinkaarikustannuksia kannattamattomalle tasolle. Esimerkkianalyysin elinkaarikustannuslaskuissa käytettiin kuivatuskunnostuksen hintana 4,100 €/km ja uuden päällysteen hintana 35,000 €/km (suhdekerroin 0,117). Analyysin tulokset on esitetty kuvassa 5.1.

Kuvasta 5.1 nähdään, että jos kuivatusjärjestelmän kunnostus/kunnossapito kaksinkertaistaa käyttöiän (kymmenestä kahteenkymmeneen vuoteen), kuivatuksen kunnossapitotoimenpiteet voidaan tehdä joka toinen vuosi ja silti menetelmä on taloudellisesti kannattava, vaikka diskonttauskorko olisi jopa 8 % (joka on käytössä Norjassa). Mikäli käyttöikä kasvaa vain 50 % (kymmenestä viiteentoista vuoteen) ja diskonttauskorko on ainoastaan 4 % (käytössä Suomessa), kunnostustoimenpiteitä voidaan silti tehdä kannattavasti joka kolmas vuosi. Tavallisesti kuivatuksen kunnossapitoa ei tarvitsekaan tehdä tämän useammin.



Kuva 5.1. Elinkaarikustannusten esimerkianalyysi, josta nähdään kuivatuksen kunnostuksen edut. Tulokset esitetään kahteen käyttöikäkertoimeen 2,0 (10:stä 20:een vuoteen) ja 1,5 (10:stä 15:een vuoteen) sekä kahteen eri diskonttaustekijään (4 % ja 8 %) perustuen.

Esimerkilaskelmissa ei oteta huomioon heikosti toimivasta kuivatuksesta aiheutuvia muita kunnossapitokuluja. Itse asiassa kuivatuksen kunnossapidon edut tulisi laskea yhden päällysteen elinikää pidemmälle aikavälille, sillä korkea kosteuspuiteisuus vaikuttaa tierakenteiden pitkäaikaiseen suorituskykyyn.

Laskelmat osoittavat myös, että myös ojien puhdistusta kalliimpia kuivatusjärjestelmän kunnostustoimenpiteitä kannattaa harkita. Esimerkiksi, jos päällysteen käyttöikä voidaan kaksinkertaistaa ja diskonttauskorko on 4 %, viiden vuoden välein toistettava kunnostustoimenpide saa maksaa 8400 €/km ja silti elinkaarikustannukset olisivat pienemmät kuin ilman kunnostusta.

Kappale 6. Suositukset

Tässä raportissa on teoreettisten mallien ja kenttähavaintojen kautta osoitettu, että mikäli riittämätön kuivatus on syynä heikkoon kantavuuteen ja päällysteen lyhyeen käyttöikään, voidaan käyttöikää pidentää vähintään 1,5 – 2 –kertaiseksi kunnostamalla kuivatusta. Kuivatusjärjestelmän kunnossapito on siten kenties tehokkain mahdollinen teiden kunnossapitotoimenpide, ja lisäksi se on vielä kestävä ja taloudellinen ratkaisu. Kuivatuksen tehokasta kunnossapitoa tulisi siksi pitää etusijalla muihin toimenpiteisiin nähden.

Tienparantamisprosessin ensimmäisessä vaiheessa on huolehdittava, että kuivatus toimii kunnolla. Tämä tulisi tehdä 1-2 vuotta ennen päällystystä, jotta voidaan varmistaa, että tierakenne kuivuu hyvin ja on paremmassa kunnossa korjaustöiden alkaessa.

Kuivatuksen kuntoarvio tulisi tehdä jokaisen kunnossapidon sopimuskauden lopussa, tai vähintään joka kahdeksas vuosi. Arvioinnin aikana tulee tunnistaa kuivatuksen ongelmakohdat ja niiden korjaustarve. Ongelmien taustatekijät on selvitettävä ja niille on suunniteltava ratkaisut.

On suositeltavaa, että kuivatusanalyysissa tie jaetaan homogeenisiin osiin niiden kuivatusjärjestelmän kunnan mukaan ja luokittelu voidaan tehdä esim. ”normaaliin kuivatusluokkaan” ja ”kuivatuksen erityisluokkaan”. ”Normaalin kuivatusluokan” ongelmat voidaan korjata kuivatuksen kausittaisilla rutiinitoimenpiteillä. ”Kuivatuksen erityisluokkaan” kuuluvat osat vaativat erityistarkkailua kunnossapidon sopimuskauden aikana ja niiden kunnostukseen saatetaan tarvita rutiinitoimenpiteitä ja –tekniikoita vaativampia toimia. Kuivatusanalyysin ja erityisesti ”kuivatuksen erityisluokan” käsitteitä kehitetään pidemmälle ROADDEX III –osaprojektissa ”Drainage guidelines”.

Kappale 7. Lähteet

Aho S., Saarenketo T., Berntsen G., Dawson A., Kolisoja P. ja Munro R. (2005). Structural Innovations. ROADDEX II -raportti. www.roadex.org

Berntsen G. ja Saarenketo T. (2005). Drainage on Low Traffic Volume Roads. ROADDEX II -raportti. www.roadex.org

Lary, J.A. ja Mahoney, J.P. 1984. Seasonal effects on the strength of pavement structures. Transportation Research Record 954.

Noss, P. M. 1978. Poresug i jordarter (maaperän imupaine). Väitöskirja. Norjan teknillis-luonnontieteellinen yliopisto. Trondheim.

Roadex -projekti 1998-2001. Northern Periphery. CD-ROM

Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. ROADDEX II -raportti. www.roadex.org

Saarenketo T. ja Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. ROADDEX II -raportti. www.roadex.org

Liite 1

TAULUKKO: KUIVATUSONGELMIEN TUNNISTAMINEN JA MAHDOLLISET RATKAISUVAIHTOEHDOT

Luokka	Ongelman kuvaus	Kuinka ongelma voidaan tunnistaa	Ongelman aiheuttaja	Ratkaisuvaihtoehtoja
Kunnossapitoon liittyvät ongelmat	Tierakenteen kyllästymisen vedellä kelirikkokaudella ja leutojen talvien jäätymissulamissyklin aikana.	<i>Kantavuusongelmia.</i> Päälystetyillä teillä: urautumista, halkeilua ja muodonmuutoksia. Sorateilla: Plastisia muodonmuutoksia kelirikon aikana. Vaikeissa tapauksissa tie voi olla lähes kulkukelvoton.	Routiva pohjamaan maaperä tai sitomaton tiemateriaali, johon routakauden aikana muodostuu jäälinsskejä. Niiden sulaessa tierakenteeseen kertyy ylimääräistä vettä, ja tien kantavuus heikkenee. Pintavedet ja lumen sulamisvedet imeytyvät tierakenteeseen ojista, tien reunoilta ja tienpinnan halkeamista.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jään ja lumen poistaminen ojista, jotta pintavesi pääsee virtaamaan niitä pitkin. ▪ Syväkuivatus ▪ Routivien materiaalien vaihtaminen karkeaan kiviainekseen. ▪ Routaeristys. ▪ Kantavan kerroksen stabilointi ▪ Tierakenteiden vahvistaminen kelirikkoo vastaan. ▪ Tien sivukaltevuuden parantaminen
	Ojat tukkeutuneet.	<i>Nämä ongelmat liittyvät yleensä ojen puhdistuksen laiminlyönnistä johtuviin kantavuusongelmiin.</i> Ojat ovat täynnä mutaa tai muuta hienojakoista maalajia, jolloin ojen pitäminen avoimina on hyvin työlästä. Erosio ojan ulkoluiskalla.	Liian jyrkkäluiset ojat suhteessa maalajiin. Erosiosuojan puuttuminen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ojan puhdistaminen useammin ▪ Ojan putkitus (salaoja) ▪ Ojan täyttö suodatinkankaaseen kääryillä karkealla materiaalilla ▪ Erosiosuoja. Karkeaa kiviainesta, kasvillisuutta tai suodatinkangas ulkoluiskalle.

Luokka	Ongelman kuvaus	Kuinka ongelma voidaan tunnistaa	Ongelman aiheuttaja	Ratkaisuvaihtoehtoja
(jatkoa) Kunnossapitoon liittyvät ongelmat	Tierumpujen puutteet.	Silmämääräisessä tarkastuksessa selviää rummun kunto. Tie on heikentynyt rummun lähistöltä (painaumia, epätasaisuutta). Routanousut yleisiä. Kuoppia tien pinnassa.	Painaumat, tukkiutunut vedentuloaukko, routanousut, liian pieni rumpu, rummun ja/tai sisääntuloaukon vääränlainen asennus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rummun korvaaminen isommalla ▪ Rummun päiden puhdistus ▪ PEH-putki
	Rummun vedentuloaukko tukkeutunut.	Roskat, oksat, ruoho ja muta tukkivat vedentuloaukon. Ongelmia esiintyy erityisesti runsaiden sateiden jälkeen, kun kuivatusjärjestelmää kuormittaa suuri vesimäärä.	Sisääntuloaukko saattaa olla suunniteltu väärin. Rummun halkaisija on liian pieni. Rummun yläjuoksulta irtoaa eroosion takia materiaalia, joka kerääntyvät sisääntuloaukkoon.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sisääntuloaukon puhdistus. ▪ Sisääntuloaukon uusiminen. ▪ Rummun korvaaminen isommalla
	Rumpu jäänyt umpeen.	Jää on tukkinut rummun, ja vesi virtaa tien päällä leudoilla talvikeleillä ja kevään sulamiskaudella. Vesi kertyy yläjuoksun puoleiseen ojaan.	Routa pääsee rumpuun joko yläpuolisten rakenteiden läpi tai itse putkesta. Veden hidas virtaus putkessa. Kuivatusalue on pienentynyt putteellisen puhdistuksen takia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rummun puhdistaminen hiekasta, sorasta ym. pienentää ongelmaa ▪ Jään sulattaminen höyryllä ▪ Rummun ja sen päiden uusiminen (rumpu alemmalle tasolle, mikäli mahdollista). ▪ Aurinkopaneelista tai tuulimyllystä energiansa saava lämmityskaapeli
	Tienpientareen turvemättäät.	Tien pientareella kasvava turve estää vettä valumasta pois tien päältä. Liikenneturvallisuusongelma (lammikot) ja tien kunnon heikkeneminen.	Tien pientareen ja sisäluisikan kasvillisuus muodostaa turvemättään, joka kasvaa vuosi vuodelta suuremmaksi.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Turvemättään poistaminen
Suunnitteluun liittyvät ongelmat	Ruohoreunukset	Päälystevaurioita on ajoradan reunoilla ja lähinnä alavimmissa kohdissa, joiden pinnalle vesi kertyy sateen aikana.	Joidenkin teiden laidoilla on ruohoreunukset ojien sijaan. Vesi ei pääse poistumaan tien pinnalta, jolloin se imeytyy tierakenteeseen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ruohoreunusten poistaminen ja ojien kaivaminen. ▪ Syväkuivatus ▪ Reunasalaojat ▪ Veden on päästävä virtaamaan pois tien pinnalta mahdollisimman nopeasti.

Luokka	Ongelman kuvaus	Kuinka ongelma voidaan tunnistaa	Ongelman aiheuttaja	Ratkaisuvaihtoehdot
Suunnitteluun liittyvät ongelmat (jatkoa)	Alavassa maastossa (pienen laakson pohjalla) sijaitsevan tien kuivatusongelmat	Vettä patoutuu tielle lumen sulaessa ja runsaiden sateiden aikana. Näissä kohteissa pysyviä muodonmuutoksia. Epätasaista routanousua.	Topografian takia ei ole mahdollista johtaa vettä pois tien läheisyydestä. Pohjaveden pinta liian lähellä tierakenteita.	<i>Moreeni</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Imeytyskaivoja/-ojia ▪ Tasauksen nosto karkeajakoisella materiaalilla <i>Savi/siltti tai turve</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tasauksen nosto karkearakeisella materiaalilla ▪ Imeytysrakenteita ei voi käyttää!
	Riittämätön kuivatus sivukaltevassa maastossa.	Urautumista tien ylärinteen puoleisella kaistalla reunimmallisella ajouralla sivukaltevasta maastosta johtuen.	Pohjaveden pinta korkealla tien leikkauksen puoleisella kaistalla. Liian heikko tierakenne Sisäreunan oja ei ole puhdistettu.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kuivatuksen parantaminen puhdistamalla ojat. ▪ Syväkuivatus alentamaan pohjaveden pintaa. ▪ Tierakenteen vahvistaminen leikkauksen puolelta. ▪ Teräsvahvistus.
	Kallio padottaa vettä tierakenteeseen.	Tierakenteen kuivatus ei toimi, jolloin kantavuus heikkenee. Routakauden aikana kallion päälle muodostuu jäätä, joka patoaa vettä, ja tien pinnalle syntyy routaheittoja.	Kallio estää vettä virtaamasta tien alla. Vesi pääsee kallion päällä sijaitsevaan routivaan materiaaliin. Routiva materiaali jäätyy ja patoaa pohjavettä.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kallion louhinta 1-2 m syvyydeltä tien pohjasta ▪ Maaperän massanvaihto karkealla kiviaineksella kalliopintaan asti ▪ Kallion louhinta sisäreunan ojan alta ▪ Syväkuivatus ulkoluiskaan, jottei vesi pääse imeytymään tierakenteeseen ▪ Useita rumpuja rakenteessa ▪ Routaeristys. ▪ Vettä patoavan kallion/lohkareiden poistaminen.

Luokka	Ongelman kuvaus	Kuinka ongelma voidaan tunnistaa	Ongelman aiheuttaja	Ratkaisuvaihtoehtoja
	Kuivatusongelmat tasaisessa maastossa.	Ojiin tai jopa teille tulvii vettä sulamiskaudella tai runsassateisina jaksoina. Pysyviä muodonmuutoksia etenkin tien reunoilla.	Tasaisen maaston takia veden johtaminen pois tien läheisyydestä on hankalaa. Korkea pohjaveden pinta kasvattaa tierakenteiden kosteuspitoisuutta.	<p><i>Moreeni:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tasauksen nosto ▪ Tiemateriaalien vaihtaminen kuiviin ja routimattomiin materiaaleihin. ▪ Kosteusherkkien materiaalien stabilointi. ▪ Imeytyskaivo tai -oja ▪ Pitkät laskuojat tai syväkuivatus. <p><i>Savi/siltti tai turve</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Imeytys mahdotonta ▪ Ajoradan tasauksen nosto - (mahdolliset painumat huomioitava) ▪ Pitkä laskuoja (niska- tai salaoja)
Muita ongelmia	Rakenteessa olevista sidotuista kerroksista johtuva kerrosten kyllästyminen vedellä. (Kosteusloukku)	Nopeasti päällystyksen jälkeen esiintyvä urautuminen ja verkkomainen halkeilu päällysteessä. Vesi puristuu pois päällysteen halkeamista kelirikon aikana ja sateen jälkeen.	Uuden päällysteen alle on jätetty alle 40 cm paksuisen sitomattoman kantavan kerroksen alle vanha päällyste. Vesi jää loukkuun päällystekerrosten väliin ja tiemateriaalit kyllästyvät vedellä. Liikkuva kuormitus aiheuttaa hydrostaattista painetta, joka rikkoo päällysteen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vanha päällyste voidaan havaita sitomattomien kerrosten alta esimerkiksi maatutkaluotauksen avulla. ▪ Rakenteen jyrsiminen ja alempien sidottujen kerrosten murskaaminen, mikäli ne ovat enintään 40 cm päässä tienpinnasta ▪ Kaikkien sidottujen kerrosten jyrsiminen vanhan päällysteen pintaan asti, ja jyrityn materiaalin sekoitus sorakerrokseen. Jyrityn aikana materiaali stabiloidaan bitumilla.

Luokka	Ongelman kuvaus	Kuinka ongelma voidaan tunnistaa	Ongelman aiheuttaja	Ratkaisuvaihtoehtoja
	Erosio ja pintavaluma tien leikkauksen puoleiselta rinteeltä	Ulkoluiskan pintamateriaalit valuvat alas ja tukkivat ojat, jolloin pohjaveden pinta nousee.	Luiska on liian jyrkkä. Korkea pohjaveden pinta tai runsas pohjaveden virtaus. Luiskassa eroosiolle altista materiaalia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niskaojat ▪ Leikkauksen puoleisen luiskan yläpuolelle kaivetaan oja, jotta pohjaveden pinta laskisi. ▪ Kasvillisuuden istuttaminen ▪ Luiskan pinnan peittäminen karkeajakoisella soralla tai sepelillä. Pohjamaan ja karkean materiaalin väliin suodatinkangas.
	Sorateiden kuivatusongelmat (tierakenteen kuivatus)	Tienpinta heikkenee ja muuttuu plastiseksi, jolloin tiestä tulee lähes kulkukelvoton kelirikon aikana.	Ongelman aiheuttavat tierakenteen routivat materiaalit. Kyseessä ei ole kuivatusongelma, mutta kuivatuksen kunnostus voi pienentää ongelmaa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ojien puhdistaminen tarpeeksi usein ▪ Syväkuivatus alentamaan pohjaveden pintaa. ▪ Tierakennemateriaalien osittainen vaihto karkearakeiseen materiaaliin. ▪ Tierakenteen paksuntaminen lisäämällä uutta soraa kantavaan kerrokseen ja pintakerrokseen. ▪ Tienpinnan oikeanlaisesta tasauksesta huolehtiminen



ROADEX III PUBLICATIONS

Executive Summaries

Managing rutting on low volume roads

Treatment of moisture susceptible aggregates

Design and repair of roads suffering spring thaw weakening

Socio-economic impacts of road conditions on low volume roads

Managing peat related problems on low volume roads

Managing drainage on low volume roads

Environmental guidelines and checklist

Monitoring low volume roads

Copyright © 2006 The ROADEX III Project, EU Northern Periphery Programme. All rights reserved.

ROADEX III Lead Partner: The Swedish Road Administration, Northern Region, Box 809, S-971 25 Luleå.

Project co-ordinator: Mr. Krister Palo.