VERKEFNI ÞETTA ER AÐ HLUTA TIL STYRKT AF
BYGGÐARÞRÓUNARSJÓÐI EVRÓPUSAMBANDSINS

ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY

Saara Aho, Timo Saarenketo

HÖNNUN OG VIÐHALD VEGA MEÐ SKERT BURÐARÞOL Á ÞÁATÍMA

Samantekt

Hönnun og viðhald vega með skert burðarþol á þáatíma
SAMANTEKT

Mars 2006

Saara Aho
Roadscanners Oy

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

Þýðandi: Sverrir Örvar Sverrisson
Vegagerðin Reykjavík

FORMÁLI

Skýrsla sú er hér gefur að líta er samantekt ROADEX II skýrslunnar “Managing Spring Thaw Weakening On Low Volume Roads - Problem Description, Load Restriction Policies, Monitoring And Rehabilitation” eftir Timo Saarenketo og Saara Aho frá Roadscanners Oy.

Markmið hennar er að vera vinnuleiðbeiningar er leggja áherslu á viðhaldsaðgerðir og aðferðir sem ætti að nota á fáfarna vegi er búa við vandamál er tengjast árstíðabreytingum, sérstaklega skert burðarþol á þáatíma.

Skýrslunni er ekki ætlað að koma í stað margra góðra heimildarita og kennslubóka sem eru til um málefnið en vonir standa til þess að samantektin veiti lesandanum meiri skilning á málefninu og lausnum er beita má gegn þessu endurtekna, árstíðarbundna vandamáli.

Skýrslan var skrifuð af Saara Aho og Timo Saarenketo frá Roadscanners Oy, Finnlandi. Ron Munro, verkefnisstjóri ROADEX III, athugaði tungumál. Mika Pyhähuhta frá Laboratorio Uleåborg hannaði útlit skýrslunnar.

Höfundar vilja þakka ROADEX III stýrinefndinni fyrir stuðning og leiðbeiningar við gerð skýrslunnar.

Copyright © 2006 Roadex III Project

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.

EFNISYFIRLIT

FORMÁLI 3

KAFLI 1. INNGANGUR 5

1.1 ROADEX VERKEFNIÐ 5

1.2 HÖNNUN OG VIÐHALD VEGA ER VEIKJAST Á ÞÁATÍÐ 6

KAFLI 2. VEIKING VEGA Á ÞÁATÍÐ – STUTT LÝSING 8

2.1 ÞEIR ÞÆTTIR ER HAFA ÁHRIF Á VEIKINGU VEGA Á ÞÁATÍÐ 8

2.2 VEIKINGARTÍMABIL Í ÞÁATÍÐ 9

2.3 FLOKKUN SKEMMDA ER EIGA SÉR STAÐ Á ÞÁATÍÐ 10

KAFLI 3. STYRKINGARFERLIÐ 12

KAFLI 4. RANNSÓKNIR OG GREINING Á VEIKBYGGÐUM VEGARKÖFLUM 14

4.1 RANNSÓKNARAÐFERÐIR FYRIR FÁFARNA VEGI 14

4.2 SAMÞÆTT GREINING MÆLINGAGAGNA 15

4.3 KERFISBUNDIÐ LÍKAN FYRIR RANNSÓKNIR OG GREININGU VEGA ER BÚA VIÐ SKERT BURÐARÞOL Á ÞÁATÍÐ 17

KAFLI 5. STYRKING VEGNA SKEMMDA Á ÞÁATÍÐ 23

5.1 ALMENNT 23

5.2 LÍFTÍMAKOSTNAÐUR STYRKINGA 23

5.3 STYRKINGAR Á MALARVEGUM 24

5.4 STYRKING VEGA MEÐ BUNDNU SLITLAGI 28

5.4.1 Almennt 28

5.4.2 Vegir með þunnu bundnu slitlagi – þykkt: 20 – 100 mm 28

5.4.3 Vegir með þykku bundnu slitlagi – þykkt > 100 mm 33

KAFLI 6. GÆÐI TRYGGÐ OG STJÓRNUN Á VIRKNI ENDURBYGGÐRA VEGA 35

KAFLI 7. HEIMILDIR 37

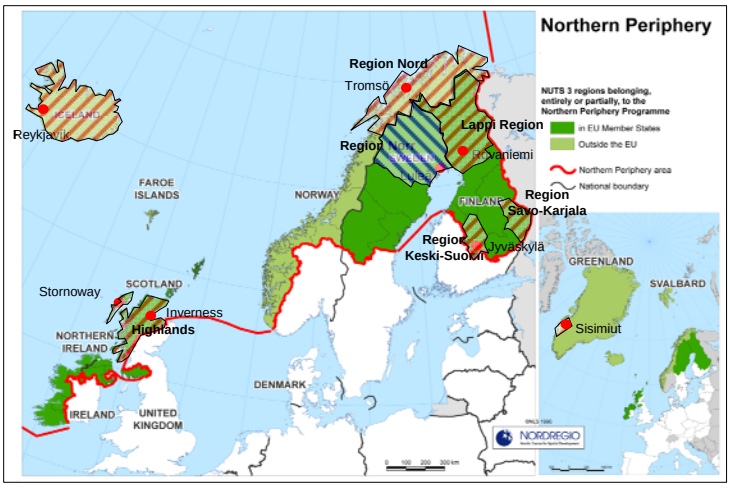
VIÐAUKI 1 39

LEIÐBEININGARSPJÖLD FYRIR STYRKINGAR Á MALARVEGUM (ENSKA) 39

Kafli 1. INNGANGUR

1.1 ROADEX VERKEFNIÐ

ROADEX verkefnið er tæknilegur samvinnuvettvangur vegahaldara í norður Evrópu er hefur það að markmiði að deila upplýsingum um vegi og rannsóknir á þeim milli aðildarlanda.



Mynd 1: Norðurjaðarsvæðin og Roadex III aðilarnir

Verkefnið hófst árið 1998 sem 3 ára prufu samvinna milli umdæma í finnska Lapplandi, Troms sýslu í Noregi, norður héraði Svíþjóðar og Hálandaráði Skotlands og var seinna fylgt eftir með öðru verkefni ROADEX II frá 2002 til 2005.

Félagarnir í ROADEX II verkefninu samanstóðu af vegagerðum, skógræktarfélögum, skógarhöggs fyrirtækjum og landflutninga fyrirtækjum frá héruðum á jaðarsvæðum norður-Evrópu. Þessir aðilar voru Hálandaráðið, Skógarfélagið og Vestureyja ráðið frá Skotlandi. Norðursvæði norsku Vegagerðarinnar og norska Landflutningafélagið, norðursvæði sænsku Vegagerðarinnar og Lappi og Keski-Suomi svæði finnsku Vegagerðarinnar. (Þessi finnsku svæði hlutu einnig aðstoð frá svæðisbundnu skógarhöggsfyrirtækjunum Metsähallitus, Lapin Metsäkeskus, Metsäliitto & Stora-Enso.)

Markmið verkefnisins var að þróa nýjar og gagnvirkar aðferðar við ástandsstjórnun á fáförnum vegum, er næðu að sameina þarfir staðbundins iðnaðar. samfélags og vegagerða. Átta skýrslur voru gefnar út ásamt DVD diski og er hægt að nálgast eintök af öllum skýrslunum á ROADEX vefsetrinu www.roadex.org.

Þessi samantekt er ein af 8 samantektum sem hafa verið skrifaðar undir formerkjum ROADEX III verkefnisins (2006-2007), sem er nýtt verkefni þar sem ofangreindir aðilar og fleiri aðilar á norðurjaðarsvæðum koma að. Þeir aðilar sem bættust við eru: sveitastjórn Sisimiut, Grænlandi, íslenska Vegagerðin og Savo-Karjala svæði finnsku Vegagerðarinnar.

1.2 HÖNNUN OG VIÐHALD VEGA ER VEIKJAST Á ÞÁATÍÐ

Árstíðabundnar breytingar, frost-þíðu ferlar og skemmdir þær sem hljótast af þeim eru þýðingarmestu þættirnir er hafa áhrif á ástand vega í köldu veðurfari norður-Evrópu, Asíu og norður Ameríku. Frost-þíðu ferlar valda einnig meiriháttar vandamálum í hálendi landa er búa við mun hlýrra loftslag. Í Bandaríkjunum var, innan AASHO rannsóknarverkefnisins, rannsakað hvernig vegir bregðast við árstíðarbundnum breytingum (White og Goree 1990). Miðað við þær niðurstöður myndast 60% skemmda á vorin þegar hlutfallsleg umferð er 24%. Yfir sumarið voru nýjar skemmdir á vegi aðeins 2% þegar hlutfallsleg umferð er 30%.

Skemmdir vegna frosts koma fram í vegi sem ójöfn frostlyfting og sem lang- og þversprungur. Framar öllu lýsir það sér í mýkingu vegbyggingarinnar og varanlegrar formbreytingar á meðan á þáartímabili stendur. Þegar ástandið verður hvað verst geta vegirnar orðið ófærir. Venjulega er veiking vegna þíðu mesta vandamálið á ‘óuppbyggðum’ malarvegum en getur einnig valdið meiriháttar vandamálum á vegum með bundnu slitlagi og þá sérstaklega á veikbyggðum vegum sem lagt hefur verið á klæðing.

Nokkrum aðferðum og aðgerðum er hægt að beita til að draga úr veikingu vegar yfir þetta tímabil og veltur val þeirra á alvarleika og umfangi vandamálsins. Almennt má segja að hægt sé að skipta þeim upp í:

1) viðhaldsaðgerðir sem beita má til að draga úr áhrifum vorþíðu
2) þungatakmarkanir og aðrar aðferðir til að draga úr þeim vandamálum er þessum lokunum fylgja
3) að styrkja veikbyggða vegkafla þannig að hægt sé leggja af þungatakmarkanir, eða að aðeins þurfi að nota slíkar takmarkanir þegar ástandið er öfgakennt
4) samvinnu við flutningafyrirtæki er reka þungar bifreiðar.

Í gegnum tíðina hafa veghaldarar reynt að draga úr skemmdum á þáatímabili með því að setja á þungatakmarkanir eða jafnvel loka vegum. Notkun þungatakmarkanna að vori eykur líftíma vegarins en veldur á meðan meiriháttar aukakostnaði fyrir iðnað er notast við þungaflutninga. Til dæmis má nefna að í Finnlandi hefur aukakostnaður skógarhöggsiðnaðarins, vegna veikingar vega í vorþíðu, verið metin á 100 M€ og þar af eru 65 M€ vegna opinberra vega (Pennanen og Mäkelä 2003).

Af þessum ástæðum er besta og jafnframt sjálfbærasta lausnin við að ástandstjórnun þíðu vandamála að styrkja og endurbyggja veika veghluta. Samt sem áður ætti aðeins að fara út í slíkar framkvæmdir ef nægir fjármunir eru til staðar til þess að beita viðeigandi lausnum er virka um langan tíma. Meiriháttar mistök hafa átt sér stað þegar veghlutar hafa verið styrktir með vegbyggingu sem er of veik. Slík vandamál verða sérstaklega greinileg ef að vegurinn er lagður bundnu slitlagi eftir styrkingu.

Þessi skýrsla miðar að því að kynna styrkingartækni og aðferðir fyrir veghluta er búa við lágt burðarþol á þáatíma og byggir hún á rannsóknum sem gerðar voru á meðan á ROADEX II undirverkefnunum „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo og Aho 2005) og „Permanent Deformation" (Dawson og Kolisoja 2005) stóð. Einnig byggir hún á skýrslunni „Design and Rehabilitation of Spring Thaw Weakened Road Sections" (Aho et al. 2005b) sem skrifuð var fyrir finnsku Vegagerðina (Finnra). Markmið skýrslunnar er að veita hagnýtar leiðbeiningar sem svarar þörfum verkfræðinga í heimahéraði, hönnuða o.s.frv. en jafnframt að kynna kerfisbundna 'skref fyrir skref' greiningaraðferð fyrir hönnun og viðgerðir vega sem þjást af veikingu vegna vorþíðu. Flokkunarkerfi fyrir veghluta sem skemmst hafa vegna vorþíðu, sem og grunnfræðin bak við vorþíðuferla, er einnig kynnt til þess að unnt sé að öðlast dýpri skilning á þeim ferlum er liggja að baki vandamálanna. Skýrslan veitir einnig stutt yfirlit yfir aðferðir til endurbyggingar og hvernig þær henta til viðgerða á mismunandi gerðum skemmda. Að lokum tekur skýrslan á almennum atriðum er tengjast gæðaeftirliti og stjórnun á virkni enduruppbyggðra vega.

Fleiri aðferðir og aðgerðir til þess að stjórna veikingu vega á þáatíð má finna í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" er skrifuð er af Saarenketo og Aho (2005).

Kafli 2. Veiking vega á þáatíð – Stutt lýsing

2.1 ÞEIR ÞÆTTIR ER HAFA ÁHRIF Á VEIKINGU VEGA Á ÞÁATÍÐ

Hugtakið „veiking á þáatíð" (spring thaw weakening) hefur mismunandi tilvísanir á mismunandi tungumálum. Almennt má segja hægt sé að skilgreina það sem skerðing í burðarþoli vegar á því tímabili þegar frost fer úr vegum og jarðvegi á vorin. Launonen et al. (1995) listuðu upp eftirfarandi þætti sem nauðsynlega til þess að slík veiking ætti sér stað:

- vegurinn og/eða undirliggjandi jarðvegur frýs
- jarðefnið geti frosið
- nægt vatn komist að frostskilunum í efninu
- í þáatíð stendur þiðið vatnið í vegbyggingunni eða undirlögum og veikir þar með veginn
- vegurinn verður fyrir álagi á meðan á þáatíð stendur.

Ef að einhver þessara þátta á sér ekki stað þá hljótast engar skemmdir á vegi í vorþíðu. Í löndum er búa við hlýrra veðurfar (t.d Skotland) þá er veiking vega vegna frosts venjulega tengd daglegum frost-þíðu ferlum. Þessum ferlum er betur lýst í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo og Aho 2005).

Þáttum þeim er varða þróun veikingar á þáatíð má skipta í álagstengda, umhverfistengda og hönnunartengda þætti, eins og lýst er í töflu 2.1 Hönnunartengdu þættirnir eru staðbundnir þættir er tengjast staðsetningu vegarins og nærumhverfis hans sem hefur áhrif á hvernig frost verkar, á hversu mikil frostlyfting á sér stað og hversu vel afvötnun gengur. Allir þættirnir sem gefur að líta í töflu 2.1 hafa einhver áhrif hver um sig og þegar þeir samtvinnast öðrum, magnast áhrifin. Auk árstíðabundinna áhrifa geta viðhaldsaðgerðir og burðarþol vegaxla haft áhrif á hversu alvarlega skemmdir af völdum þíðu eiga sér stað.

Tafla 2.1. Þættir þeir er hafa áhrif á veikingu í þáatíð (breytt Aho 2004)

ÁLAG	UMHVERFI	TENGT HÖNNUN
Magn þungaumferðar Öxulþungi Loftþrýstingur Sá tími er líður milli þungra bifreiða	Veður og vatnsfræðilegir þættir - Hitastig - Grunnvatnsstaða - Úrkoma - Frost (íslinsur)	Afvötnun - Landfræðileg lega vegarins og nærumhverfis hans - Afrennsliskerfi Vegbygging - Þykkt, gæði og blöndun Jarðvegur - Undirliggjandi jarðvegur og frostþol hans

2.2 VEIKINGARTÍMABIL Í ÞÁATÍÐ

Mælingar ROADEX II á þíðu að vori sýndu að fjögur mismunandi tímabil eiga sér stað á þáatíð er búa yfir mismunandi eigindum og hægt er flokka. Tímabilin eiga sér stað í réttri tímaröð og þörfin fyrir öxulþungatakmarkanir, til dæmis, á hverju tímabili er mjög háð aukningu eða minnkun í rakainnihaldi og stífleika vegarins á fyrra tímabili. Þessi fjögur tímabil eru:

1) frost-þíðu tímabil,
2) tímabilið þegar yfirborð vegar veikist,
3) tímabilið þegar vegbyggingin sjálf veikist og
4) þegar jarðvegurinn undir veginum veikist.

Það sem þessi tímabil eiga öll sameiginlegt er frostaðsog (cryo suction). Hægt væri að bæta við fimmta tímabilinu, sem býr við svipuð burðarþolsvandamál, og væri það þegar miklar haustrigningar eru. Frost er þó ekki þáttur í því veikingarferli. Í Skotlandi, sem og öðrum löndum er búa við hlýrra loftslag, er aðal vandamálið ekki skert burðarþol á vorin heldur daglegir frost-þíðu ferlar yfir vetrartímann. Á þessum svæðum er frost-þíðu tímabilið það eina sem á sér stað.

Þessum fjórum tímabilum er betur lýst í ROADEX II skýrslunni „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads”. Þau er hægt að nota við mælingar og í samskiptum manna á milli þegar rætt er um ástand þiðnunarinnar en einnig má nota þau þegar ákvarðað er hvenær setja eigi á þungatakmarkanir eða fjarlægja þær. Einnig er mikilvægt að greina nákvæmlega það tímabil þar sem vandamálin skapast til að auðvelda hönnun endurbyggingar eða styrkingar. Þetta er mikilvægur þáttur í að ákveða hvaða viðgerðaraðferðum skal beita.

2.3 FLOKKUN SKEMMDA ER EIGA SÉR STAÐ Á ÞÁATÍÐ

ROADEX II skýrslan “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo og Aho 2005) leggur til flokkunarkerfi fyrir staðsetningu vegskemmda á þáatíð og ástæður þeirra. Kerfið byggir á landfræðilegum aðstæðum, ástandi jarðvegar og lýsingum á skemmdum. Flokkað er eftir:

- undirliggjandi jarðvegi
- landfræðilegri legu vegarins og nærumhverfis
- alvarleika skemmda
- tíðni skemmda

Hverjum flokki er svo deilt niður í þrjá (I-III) undirflokka er ráðast af alvarleika og tíðni skemmda:

I. Lítil vandamál, þar sem vandamál vegna þíðu eru ekki alvarleg og eiga sér ekki stað hvert ár

II. Miðlungs vandamál, þar sem lítil eða meðal vandamál eiga sér stað hvert vor

III. Alvarleg vandamál, þar sem meðal eða alvarlegar skemmdir vegna skerts burðarþols koma upp hvert einasta ár.

Með því að notast við þetta kerfi má deila skemmdum á þáatíð í 27 flokka, sem lýst er í töflu 2.2. Almenn lýsing hvers vandamálastaðar er veitt í ROADEX II skýrslunni „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo og Aho 2005). Mælt er með notkun þessa flokkunarkerfis til þess að greina grunnvandamálið og velja bestu uppbyggingaraðferð til þess að laga það.

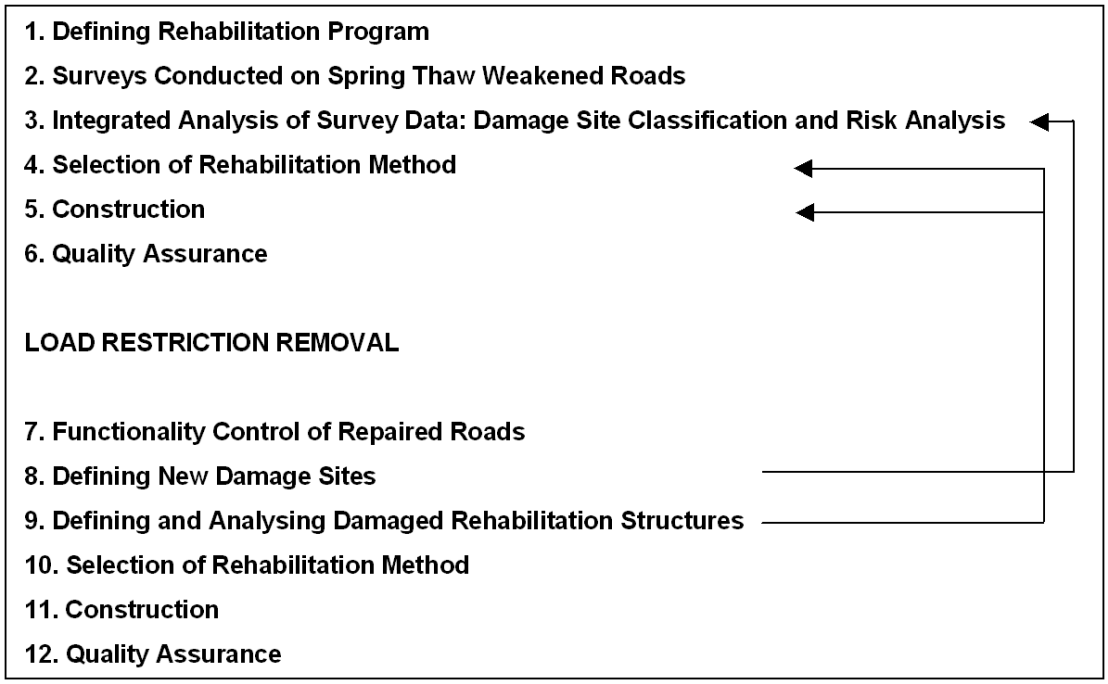
Tafla 2.2. Flokkunarkerfi fyrir vegskemmdir á þáatíð.

JARÐVEGUR	LEGA Í LANDI	ALVARLEIKI OG TÍÐNI SKEMMDA	FLOKKUR SKEMMDA
jökulruðningur	hallandi land	Lítil	A.I
		Miðlungs	A.II
		Alvarleg	A.III
	flatlendi	Lítil	B.I
		Miðlungs	B.II
		Alvarleg	B.III
	þýft land	Lítil	C.I
		Miðlungs	C.II
		Alvarleg	C.III
leir og silt	hallandi land	Lítil	D.I
		Miðlungs	D.II
		Alvarleg	D.III
	flatlendi	Lítil	E.I
		Miðlungs	E.II
		Alvarleg	E.III
	votlendi og dalbotnar	Lítil	F.I
		Miðlungs	F.II
		Alvarleg	F.III
mór	mestmegnis á flötu og jöfnu landi og í dalbotnum	Lítil	G.I
		Miðlungs	G.II
		Alvarleg	G.III
klappir	mest á hallandi landi	Lítil	H.I
		Miðlungs	H.II
		Alvarleg	H.III
	önnur þíðu vandamál er tengjast ekki jarðvegi	Lítil	I.I
		Miðlungs	I.II
		Alvarleg	I.III

Kafli 3. Styrkingarferlið

Aðal vandamálið er blasir við þegar fáfarnir vegir eru styrktir og/eða virkni þeirra er bætt á annan hátt er að uppbyggingaraðferðinar hafa verið valdar á ómarkvissan hátt og hafa oft aðeins byggst á reynslu viðkomandi verkfræðinga. Hefur þetta leitt til, í mörgum tilfellum, að aðeins er notast við eina uppáhalds styrkingaraðferð þó að vandamálin séu fjölbreytt og stundum hefur hún virkað en stundum ekki. Samt sem áður er vandamálið að skemmdir á vegum í vorþíðu fylgja flóknum ferlum og þess vegna er þörf á mismunandi lausnum við mismunandi aðstæður. Því ætti að veita nægu fjármagni til rannsókna á undirliggjandi vandmálum skemmdra veghluta.

Hönnun og enduruppbygging veikbyggðra vega ætti að vera ferli sem stendur yfir í 2 – 4 ár (sjá mynd 3.1). Ferlinu ætti ekki að ljúka eftir að fyrstu enduruppbyggingu hefur verið lokið eða eftir að gæðakönnun hefur farið fram. Enduruppbyggingarferlinu ætti að halda áfram með kerfisbundinni stjórnun og mælingum á enduruppbyggða veginum ásamt vandamálagreiningu á öllum nýjum skemmdum og enduruppbyggingaraðferðum.



Mynd 3.1. Hönnunar og endurbyggingarferli fyrir veghluta er búa við skert burðarþol á þáatíma.

Mikilvægur hluti af ferlinu er að meta hættuna á niðurbroti í hverjum veghluta. Þetta á að gera til þess að finna þá veghluta sem ekki sýna merki um niðurbrot þegar matið er framkvæmt en gætu átt á hættu að veikjast þegar þungatakmörkunum er aflétt – ef

og þegar þeim er aflétt. Í áhættugreiningunni er veginum skipt í hluta eftir hversu líklegt er að þeir skemmist. Gott dæmi um áhættugreiningu á vegi er sú sem var gerð á vegi B871 milli Kinbrace og Syre í Skotlandi. Finna má upplýsingar um þetta í ROADEX II skýrslunni „Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions" (Saarenketo 2005).

Þegar enduruppbyggingarferlið sem sýnt er í mynd 3.1 er framkvæmt er mikilvægt að hafa í huga að gögnum þeim sem safnað er um vegakerfið má nota í mörg ár, ekki aðeins í hönnun og viðgerðir á skemmdum vegna vorþíðu, heldur einnig til þess að fylgjast með hversu vel hefur tekist til við enduruppbygginguna. Áreiðanlegar mælingar eru ákaflega mikilvægar til þess finna veikbyggða veghluta sem munu skemmast fljótlega eftir að þungatakmörkunum er aflétt – þannig að í framtíðinni verði hægt að styrkja þá strax í fyrsta enduruppbyggingarferlinu. Auk þess veita mælingarniðurstöður dýrmætar upplýsingar um mismunandi styrkingaraðferðir og hvernig þær henta mismunandi flokkum skemmda.

Kafli 4. Rannsóknir og greining á veikbyggðum vegarköflum

4.1 RANNSÓKNARAÐFERÐIR FYRIR FÁFARNA VEGI

Fyrsta skrefið í vali á bestu uppbyggingaraðferð fyrir veghluta er að safna nægum áreiðanlegum upplýsingum um núverandi veg, ástand hans, vegbygginguna og um jarðfræðileg atriði og afvötnunaraðstæður á svæðinu. Til þessa verks eru nokkrar aðferðir mögulegar, svo sem kónpróf (Dynamic Cone Penetrometer, DCP), burðarþolsmælingar, jarðsjá (Ground Penetrating Radar, GPR), sniðmælir (profilometer) fyrir hjólfara og hrýfimælingar, sjónrænt mat á ástandi afrennslis og sýnataka úr vegi og jarðvegi. Sjónrænt mat á yfirborði vega ásamt öðrum stoðgögnum, svo sem myndbandsupptöku af veginum, getur einnig verið nytsamlegt. Öllum þessum gögnum ætti að safna á þann hátt að nákvæm staðsetning sé þekkt.

Tafla 4.1 sýnir hentugar rannsóknaraðferðir fyrir fáfarna vegi, þeim upplýsingum sem þær skila og bestu tímasetningu fyrir hverja aðferð. Tímasetningar þessara rannsókna eru geysilega mikilvægar til þess að öðlast áreiðanleg og lýsandi gögn. Frekar upplýsingar um þessar aðferðir má finna í ROADEX II verkefnskýrslum, líkt og „Dealing with Bearing Capacity Problems on Low Volume Roads Constructed on Peat" (Munro 2004), „Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions" (Saarenketo 2005) og „Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo og Aho 2005).

Tafla 4.1. Rannsóknaraðferðir fyrir fáfarna vegi.

RANNSÓKNARAÐFERÐ	UPPLÝSINGAR	TÍMASETNING
JARÐSJÁ (Ground Penetrating Radar, GPR)	Dýpt á mörk frostskila Íslinsur Vegbygging – þykkt og blöndun Staðsetning klappa og mós Staðsetning frostgjarns jarðvegar / breytileg frostlyfting	Vetur – frosin jörð
	Þykkt burðarlaga og slitlags Vegbygging – þykkt og blöndun Mat á gæðum undirliggjandi jarðvegar Staðsetning klappa og mós	Sumar – þiðin jörð
Sýnataka / Borkjarnar	Eigindi jarðefna – vegbygging og jarðvegur Mat á jarðvegi Þykkt burðarlaga og slitlags Vegbygging – þykkt Stoðupplýsingar við aðrar aðferðir	Sumar – þiðin jörð

Stafræn upptaka	Lega vegarins og nærumhverfis Virkni afrennsliskerfisins Sjónrænt mat á skemmdum á yfirborði vegar	Í bjartviðri, án snævar
Farið á staðinn	Staðsetning veikbyggðra kafla í vorþíðu Sjónrænt mat á ástandi afrennsliskerfis	Vor – mest af leysingavatni
Falllóð (Falling Weight Deflectrometer, FWD)	Burðarþol Mat á undirlagi Staðsetning klappa	Seint á sumri og snemma hausts (ágúst – september)
Kónpróf (Dynamic Cone Penetrometer, DCP)	Vegbygging – þykkt Vegbygging / skriðstyrkur undirliggjandi jarðvegs Skil frosts í vegi	Vor eða sumar
Hröðunarmælar (Accelerometer) / Sniðmælingar (Profilometer Techniques)	Vegir með bundnu slitlagi – hjólför og hrýfi	Sumar
	Malarvegir – ójöfn frostlyfting	Vetur
Gagnagrunnar (ef þeir eru til) / Sagan og gögn um eftirfylgni - Skemmdir vegna vorþíðu - Gögn um vegskemmdir	Staðsetning veghluta er búa við skert burðarþol að vori Skemmdir á þáatíð – alvarleiki og tíðni Uppbyggingaraðferðir –þykkt, staðsetning, gæði jarðefna sem notuð er, ending	

Auðvitað er ekki alltaf hagkvæmt að beita öllum þeim aðferðum sem sjá má í töflu 4.1 og því er nauðsynlegt að velja þær aðferðir sem eiga best við hvern og einn stað. Eftir að mælingar hefur farið fram er næsta skref í ferlinu samþætt greining á gögnunum (kafli 4.2), ekki aðeins til þess að finna þá veghluta sem eru veikir fyrir heldur einnig til þess að greina hvað veldur veikingunni. Í kafla 4.3 er kerfisbundið líkan fyrir rannsóknir og greiningu á veikbyggðum vegum kynnt. Líkanið er dæmi um samþætta rannsókn sem mætti nota á meðan á uppbyggingarferlinum stendur og einnig þegar komist er að niðurstöðu.

Þegar rætt er um rannsóknir og uppbyggingaraðferðir á fáförnum vegum ætti það að vera ljóst að öll fjárfesting er ekki ‘einnota’. Gögn sem safnað er um vegakerfi má nota í mörg ár ekki aðeins í hönnun styrkinga og viðgerðum vorþíðuskemmdum heldur einnig til að fylgjast með frammistöðu endurbyggða vegarins. Áreiðanlegar mælingar eru ákaflega mikilvægar til þess finna veikbyggða veghluta sem munu skemmast fljótlega eftir að þungatakmörkunum er aflétt. Auk þess veita mælingarniðurstöður dýrmætar upplýsingar um líftíma mismunandi styrkingararaðferða. Þar af leiðir að öll gögn sem safnað er, eru mikilvæg þegar litið er til framtíðar.

4.2 SAMÞÆTT GREINING MÆLINGAGAGNA

Niðurstöður mælinga sem safnað hefur verið er nú hægt að nota til að útbúa áhættugreiningu fyrir þá veghluta sem fjallað er um. Í þeirri greiningu ætti að skipta

veginum upp í smærri hluta er byggja á samþættri greiningu niðurstaðna úr rannsóknum og þeim lykilþáttum sem hafa áhrif á líftíma vega sem hér fylgja á eftir (sjá Saarenketo 2001):

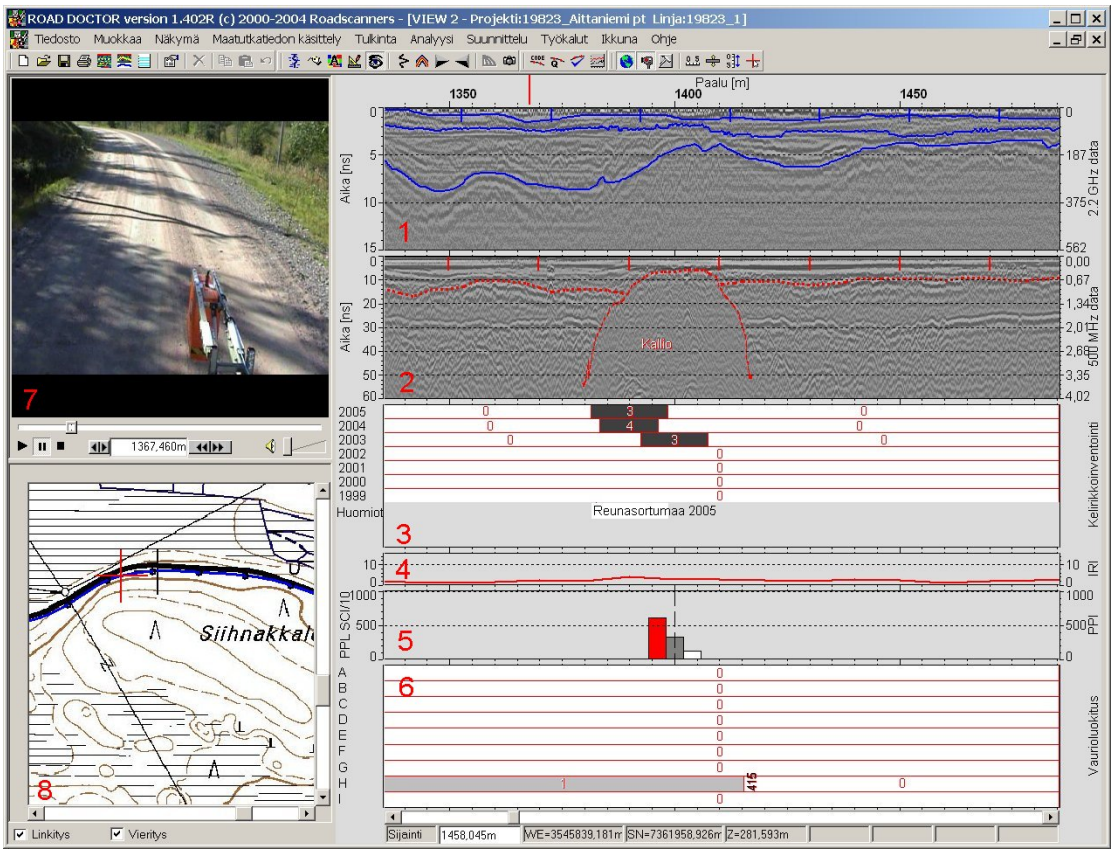
- ástand afvötnunar,
- ástand slitlags / vegyfirborðs / annara bundinna laga,
- mat á ástandi óbundnu burðarlaganna,
- þreyta er tengist frostverkunum í jarðvegi,
- skemmdir í undirliggjandi jarðvegi er tengjast mjög veikbyggðum jarðvegsgerðum (silt, mó), og
- staðbundnar skemmdir á veginum svo sem sig, ræsaskemmdir o.s.frv.

Með því að notast við þessa þætti og áhættugreiningu má finna bæði þá hluta sem sem eru til vandræða og jafnframt þá staði sem munu skapa vandamál í nálægri framtíð. Þá má greina nákvæmlega hvað veldur vandamálinu til þess að hægt sé að flokka skemmdirnar og orsakir þeirra. Mælt er með notkun flokkunarkerfisins sem var kynnt í kafla 2.3.

Mynd 4.1 sýnir dæmi um samþætta greiningu mælingargagna þar sem notast er við Road Doctor hugbúnaðinn sem er forritaður af Roadscanners. Í þessu tilviki var gögnum safnað með:

- jarðsjá, GPR (gögn 1 og 2)
- sögulegum skemmdum á þáatíð (gögn 3)
- upplýsingum um hrýfi mæld með hröðunarmæli (gögn 4)
- burðarþolsmælingum framkvæmdum með falllóði, FWD (gögn 5)
- stafrænni myndbandsupptöku og GPS (gögn 7)
- grunnkorti (gögn 8).

Með því að notast við samþætta greiningu var hægt að flokka skemmdir (gögn 6 á mynd 4.1) með flokkunarkerfinu sem var kynnt í kafla 2.3. Einnig má líta á flokkun þessa sem grunn greiningartæki fyrir gerðir skemmda og ástæður þeirra. Þegar greining hefur farið fram, má nota niðurstöður mælinga og aðrar upplýsingar til þess að velja hentugustu uppbyggingaraðferðina fyrir hverja einstaka gerð skemmdar á hverjum veghluta (Saarenketo 2001).



Mynd 4.1. Dæmi um samþætta greiningaraðferð er notast við Road Doctor hugbúnaðinn.

Með því að þekkja nákvæmar staðsetningar skemmda og framkvæma endurbyggingar aðgerðir grundvallaðar á ástæðum þeirra má komast hjá óþarfri vinnu og röngum styrkingaraðferðum (Saarenketo 2001). Auk þessa getur nákvæm áhættugreining bent á þá veghluta sem búa við ásættanlegan líftíma og þurfa lítið viðhald og er þá hægt að miða fjárveitingar að skilvirkari aðgerðum á vegum er þurfa þess raunverulega við. Aðferðum til styrkingar vega er skemmast á þáatímabil er lýst í kafla 5.

4.3 KERFISBUNDIÐ LÍKAN FYRIR RANNSÓKNIR OG GREININGU VEGA ER BÚA VIÐ SKERT BURÐARÞOL Á ÞÁATÍÐ

Dæmi um rannsóknar- og greiningarferli á vegum sem koma til greina til styrkingar er kynnt hér fyrir neðan. Þau skref sem þar má sjá eru tímasett þannig að hægt sé að afla nægjanlegra, áreiðanlegra og lýsandi upplýsinga um hvað það er sem veldur veikingu vegarins í vorþíðu. Ferlinu má bæði beita á malarvegi sem og vegi með bundnu slitlagi. Fleiri skrefum má bæta við ef þörf er á því.

A. <u>Jarðsjármælingar – Vetur</u>

Mælt er með að jarðsjármælingar (GPR) séu framkvæmdar yfir veturinn á malarvegum þar sem slíkar mælingar eru ekki alltaf skilvirkar yfir

sumartímann á svæðum þar sem rykbindiefni eru notuð. Tæki sem notast við 400 – 500 MHz loftnet er notað til að mæla þykkt vegbyggingarlaganna og hvernig blöndun er á milli þeirra. Jarðsjárgögnum sem safnað er á frosinni jörð geta líka veitt upplýsingar um dýpt frostsins og íslinsur og að auki er hægt með þessari aðferð að staðsetja klappir og mólög nákvæmlega. Venjulega veitir ein langskönnun með jarðsjá nægar upplýsingar þegar unnið er með fáfarna vegi en ef nákvæmari gagna er þörf er hægt að mæla fleiri akreinar.

Mælingar á frostlyftingu geta skjótt fundið skemmdir er tengjast þíðu en þessar mælingar geta verið dýrar í framkvæmd. Stafræn myndbandsupptaka tengd gps gögnum sem aflað er um leið og jarðsjáin er notuð er ódýrari og getur komið í stað hefðbundinna mælinga á frostlyftingu (mynd 4.2). Staðsetningu breytilegrar frostlyftingar er hægt að ákvarða nokkurn veginn með stafrænni upptöku yfir vetrarmánuðina. Hröðunarmæla og sniðmæla má einni nota ef nákvæmari gagna er þörf.

Mynd 4.2. Stafrænn upptökubúnaður og GPS komið fyrir á bifreið útbúnum með jarðsjá.

B. <u>Staðsetning og saga vandræðabletta</u>

Í þessum hluta er rætt um hvernig má finna veghluta sem missa styrk á þáatíma. Þessi blettir geta bæði verið þar sem skemmdir eru sjáanlegar og einnig þar sem gert hefur verið við en vegbyggingin veikist samt sem áður í þíðu. Áhættugreiningu á öðrum veghlutum, sem sýna engin merki um niðurbrot, en búa samt sem áður við hættu á því eftir að þungatakmörkunum er aflétt, ætti einnig að framkvæma.

Til að finna þessa veghluta má skoða gamlar heimildir, og/eða upplýsingar um eftirfylgni, sem safnað hefur verið um vandræðabletti. Ef slíkir gagnagrunnar eru ekki til staðar er mælt með því að fylgst sé með veghlutum sem eru til vandræða í 1-2 ár svo að hægt sé að öðlast góðar upplýsingar um

þá. Mælingar með jarðsjá úr skrefi A eru einnig mikilvæg gögn við áhættugreiningu. Verðmætustu gögnin fyrir malarvegi eru upplýsingar um skemmdir er hafa hlotist á þáatíma en fyrir vegi með bundnu slitlagi eru bestu upplýsingarnar hrýfi og hjólfaramyndun mælt með sniðmæli. Ef ekki er hægt að framkvæma þessar mælingar vegna tímaáætlunar þá má greina upplýsingar um skemmdir á yfirborði út frá stafrænum upptökum og viðtölum við vegavinnuflokka og jafnframt má nota upplýsingar frá vegnotendum til að meta hvernig skemmdin þróaðist og staðsetningu hennar.

C. Samþætt greining mælinganiðurstaðna

Eftir að veghlutar sem eru til vandræða hafa verið fundnir getur frumgreining vandamáls farið fram (kafli 2.3) og fyrstu tillögur að styrkingu litið dagsins ljós. Lýsingu á þeirri samþættu greiningu sem hér er stuðst við má sjá í kafla 4.2. Það er mikilvægt að frumgreining á ástæðum skemmdanna fari fram á þessu stigi þannig að hægt sér að meta niðurstöðurnar síðar á staðnum.

D. Heimsókn á staðinn – Vor

Nauðsynlegt er að fara á staðinn að vori til þess að athuga staðsetningu vandamálsins og sjá hvort skemmdir vegna vorþíðu séu sjáanlegar á öðrum hlutum vegarins. Einnig er hægt að staðfest hvort frumgreining vandamálsins og fyrstu tillögur að styrkingu standist. Best er að tímasetja þessa heimsókn að vori þegar flestir skurðir eru fullir af leysingarvatni og vegurinn í sínu veikbyggðasta ástandi. Einnig hentar þessi tími best til að meta afrennslis ástand sem og greina þá hluta er búa við slakt burðarþol í vegöxlum.

Ástand afrennsliskerfis vegarins ætti að athuga sjónrænt á vandamálablettum og eftir öllum veginum í þessari heimsókn. Þetta er gert því að endurbætur á afvötnun vegarins geta komið í veg fyrir, eða seinkað því að skemmdir komi fram. Mælingargögn úr jarðsjá geta veitt nytsamlegar upplýsingar um ástand afvötnunar auk sjónrænnar athugunar á þessum tíma. Oft er gott að taka upp á myndbandsupptökuvél svo að hægt sé að meta gögnin síðar ef þörf er á. Notast má við tvöfalt upptökukerfi þar sem önnur vélin tekur upp ástand vegarins en hinni er beint að skurðinum.

Jarðsjármælingar – Sumar

Jarðsjármælingar þessar eru framkvæmdar þegar vegurinn og jarðvegurinn undir er algjörlega þiðinn. Loftnet með tíðnina 1.0–2.2 GHz er notað til þess að finna út þykkt slitlagsins, burðarlagana og undirliggjandi jarðvegslaga (mynd 4.3). ‘Hjólfaragerð’ (Rutting mode) (sjá Dawson og Kolisoja 2005) er einnig hægt að flokka á þessum tíma með notkun jarðsjár er notast við 400 MHz loftnet yfir þversnið vegarins. Borkjarna má taka til þess að stilla túlkun

jarðsjár gagnanna. Ef talið er að vandamálin tengist óbundnu efnunum ættu að fara fram prófanir á tilraunstofu til þess að meta gæði og rakadrægi efnisins. Einnig má nota slík próf t.d sem vísbendingu um hvort að vorþíðu skemmdirnar eigi rætur sínar að rekja til gæða slitlagsins. Einn þáttur sem hefur sýnt sig að virki vel til þess að meta gæði óbundinna vegbyggingarefna er skautstraums (dielectric) gildi þeirra eins og lýst er í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Material Treatment" (Kolisoja og Vuorimies 2005).

Mynd 4.3. Bifreið útbúin jarðsjá með 1 GHz stangarloftneti að framan.

Greining á slitlagi malarvega getur einnig farið fram með notkun jarðsjár mælinga.

E. <u>Burðarþolsmælingar – Síðsumars eða snemma að hausti</u>

Burðarþolsmælingar á malarvegum eru ofast notaðar til þess að staðfesta jarðsjármælingar, mat á undirliggjandi jarðvegi og mat á gæðum burðarlaga. Falllóð (FWD, mynd 4.4) er besta tækið til verksins ef að vandamálin tengjast veikbyggðum jarðvegslögum. Kónpróf (DCP) er einnig hægt að nota ef að kornastærð malarefnanna er ekki of mikil. Falllóðsmælingar, ásamt hjólfaragerð, geta gefið góðar upplýsingar um uppruna hverskonar burðarþolsvandamála. Flokka ætti hjólfaragerðina á þessu stigi ef það ekki hefur verið gert áður.

Mynd 4.4. Falllóð frá KUAB. (Aho 2004)

Einnig má reikna burðarþol vega með bundnu slitlagi útfrá niðurstöðum falllóðsmælinga ásamt gögnum um þykkt vegarins, fengin með jarðsjá. Stífleikagildi (moduli) efna er fyrst ákvarðað með 'bakreikni' hugbúnaði. Eftir það má beita jafngildisþykktaraðferð Odemark til þess að komast að frumburðarþolsmati fyrir veginn. Notast má við það til þess að meta umfang styrkingarinnar. Sérstök gildi líkt og yfirborðskúrfun (Surface Curvature Index, SCI) og undirlagskúrfun (Base Curvature Index, BCI) má einnig nota í burðarþolsgreiningu.

Hafa ætti í huga að þegar verið er að meta hættuna á varanlegri formbreytingu að niðurstöður falllóðsmælinga sem safnað er yfir sumartímann gefa oft hærri gildi, vegna sogeiginda, en þau er vegurinn sýnir í vorþíðu. Sem þumalputtareglu má segja að ef falllóðsmælingar koma vel út þá gætu vegirnir samt sem áður strítt við vandamál og varanlega formbreytingu þegar frost er að fara úr þeim – en ef að mælingarnar koma illa út þá er vegurinn ávallt í lélegu burðarþolsástandi. Hægt er að bera saman falllóðsmælingar ef að gögnunum er alltaf safnað yfir sumartímann og snemma hausts þegar rakainnihald er 'eðlilegt'.

F. <u>Nákvæm greining vandamála og endurbygging vegarins hönnuð</u>

Á þessu síðasta stigi er grunngreiningin sem framkvæmd var á stig C uppfærð með þeim upplýsingum sem aflað var í stigum D-F. Mælingar á veginum, ásamt öðrum gögnum, er safnað saman og notaðar til þess að hanna þá lausn sem hentar best fyrir hvern og einn flokk skemmda á hverjum veghluta fyrir sig. Á þessu stigi er mælst til þess að hönnunaraðferðin sem mælt er með í ROADEX II skýrslunni „Permanent Deformation" (Dawson og Kolisoja 2005), og sem á að koma í veg fyrir varanlega formbreytingu, sé notuð. Þykktir laga má einnig skilgreina á hefðbundinn hátt með jafngildisþykktaraðferð Odemark og formúlum.

Öll ofangreind skref standa og falla með því að öllum mælingum og hönnunargögnum, og eftir að styrkingu líkur að upplýsingum um frammistöðu, sé vel haldið til haga og geymd á kerfisbundin hátt svo að hægt sé að nota þau til að fylgjast með hvernig vegurinn endist. Gögnin geta einnig verið nytsamleg til þess að greina áhrif styrkingarinnar og þannig nýst vel í framtíðar hönnun slíkra verka. Mælt er með að gögnin séu geymd á þann hátt að hægt sé að meta þau í samhengi þ.e.a.s ekki aðskilin.

Kafli 5. Styrking vegna skemmda á þáatíð

5.1 ALMENNT

Vandamálið við að styrkja vegi er skemmast á þáatíma er, eins og lýst var í kafla 3. að nýjar skemmdir koma oft upp á nýjum stöðum eftir að búið er að gera við upprunalegu skemmdirnar og þungaumferð hefst á ný, þegar þungatakmörkunum er aflétt. Ef ekki er til staðar skilningur á þessu, og ekkert gert í því, getur það dregið úr trausti vegnotenda á framkvæmdaraðilanum. Því er mikilvægt að láta vegnotendur vita að framkvæmdin sem er að hefjast sé 2-4 ára uppbyggingarverkefni sem miðar að því að bæta veginn í heild sinni. Þetta þýðir að allar aðgerðir, endurbætur á afrennsli sem og aðrar viðhaldsaðgerðir þurfa að fara fram á öllum vegum á sama tíma og styrkingin á sér stað. Auk þess ætti eftirlit með skemmdum vegna vorþíðu ekki að ljúka eftir fyrstu viðgerð.

Hættuna á skemmdum vegna þungaumferðar vinnuvéla á meðan á framkvæmdinni stendur má takmarka með góðum tímasetningum og vinnubrögðum. Helst ætti slík vinna að fara fram yfir sumartímann þegar vegurinn er þurr og býr yfir nægum styrk til þess að taka við álaginu af völdum vinnuvélanna. Draga má úr álagi á veginn með því að keyra aðeins með hálffermi og leyfa nægum tíma að líða milli vörubifreiða. Meira er rædd um tilgátuna að baki því hversu langur tími á að líða milli þungra bifreiða í ROADEX II verkefnisskýrslunni “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo og Aho 2005).

5.2 LÍFTÍMAKOSTNAÐUR STYRKINGA

Aðeins ætti að ráðast í styrkingar vega er verða fyrir skemmdum á þáatíma ef að hægt er að tryggja nægt fjármagn til þess að mögulegt sé að leggja út styrkingar sem munu virka til lengri tíma litið. Meiriháttar mistök hafa átt sér stað þar sem hlutar vega hafa verið styrktir með of veigalitum aðferðum. Aho (2004) reiknaði út líftímakostnað staðal vegstyrkingar á malarvegi og niðurstöður hans sýndu að það er engin ein, fjárhagsleg staðal aðferð til, er beita má á allar skemmdir af völdum vorþíðu. Það veltur á aðstæðum hverju sinni hversu langur líftími styrkingarinnar verður.

Ef miðað er við niðurstöður greiningar eru þynnstu styrkingarsniðin viðkvæmari fyrir breytingum yfir líftíma sinn. Ef nýja styrkingin býr ekki yfir nægum styrk til þess að takast á við vorþíðuskemmdir, verður líftími hennar styttri og kostnaður við hana eykst mikið á ársgrundvelli. Stytting í líftíma er ekki svo algeng þegar þykkari styrkingarsniðum er beitt og af þeirri ástæðu ætti að leggja áherslu á þykkari styrkingar (400 – 500 mm) þegar gert er við alvarlegar vorþíðuskemmdir.

Ef ekki er hægt að tryggja nægt fjármagn til styrkingar vegar er áhrifaríkasta aðferðin í baráttunni við veikingu á þáatíma að endurbæta afrennsliskerfið og halda uppi öflugu viðhaldi á því. Greiningu á mismunandi aðferðum við afvötnun sem og líftímakostnaði þeirra hefur verið gerð góð skil í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Drainage on Low Volume Roads" (Berntsen og Saarenketo 2005) og ennfremur í afvötnunarskýrslum ROADEX III verkefnisins.

5.3 STYRKINGAR Á MALARVEGUM

Uppbygging og styrking malarvega er frekar einföld þegar ástæður skemmdanna eru vel skilgreindar. Ákvarðanir um hvaða styrkingaraðferðir eigi að nota á malarvegum eru venjulega byggðar á þeim þáttum sem lýst var í kafla 2.3 og algengustu styrkingaraðferðirnar sem notaðar eru á malarvegum eru kynntar í töflu 5.1. Uppdrætti og aðferðir fyrir hverja styrkingaraðferð má finna í leiðbeiningarspjöldum sem eru Viðauka 1. Þegar þessar styrkingaraðferðir eru skoðaðar ætti að hafa í huga að þær eru grunnlausnir og sérstakar aðstæður á hverjum stað ætti að taka með í reikninginn þegar styrking er framkvæmd. Einnig er nauðsynlegt að gleyma ekki mikilvægi afrennsliskerfisins fyrir virkni nýju vegbyggingarinnar. Ætíð ætti að laga frárennsli á sama tíma, eða jafnvel fyrr, og styrking er framkvæmd.

Tafla 5.1. Byggingarferill styrkingar á malarvegi.

I GRUNN STYRKING
1. gamla slitlagið fjarlægt
2. undirlag gert einsleitt 300 mm (ef þörf er á)
3. geótextíl, gerviefni er síar (filter cloth)
4. burðarlag 200 – 300 mm
5. slitlag 100 mm
II STÁLGRINDAR STYRKING
1. gamla slitlagið fjarlægt
2. gamalt efni fjarlægt 100 – 150 mm (ef þörf er á)
3. geótextíl, gerviefni er síar (filter cloth)
4. burðarlag 100 mm
5. stálgrind
6. burðarlag 200 mm
7. slitlag 100 mm
III VEGUR HÆKKAÐUR
1. gamla slitlagið fjarlægt
2. undirlag gert einsleitt 300 mm (ef þörf er á)
3. geótextíl, gerviefni er síar (filter cloth)
4. neðsta burðarlag $\geq$ 200 mm
5. burðarlag 200 mm
6. slitlag 100 mm
IV JARÐVEGSSKIPTI

1. gamla slitlagið fjarlægt 2. gamalt efni fjarlægt ≥ 600 mm 3. geótextíl, gerviefni er síar (filter cloth) 4. gegnumdræpt lag ≥ 300 mm 5. burðarlag 200 – 300 mm 6. slitlag 100 mm
V STYRKING VEGAXLA
nokkrar aðferðir líkt og - jarðvegsskipti undir vegöxlum - útvíkkun fláa
VI AÐRAR STYRKINGAR
nokkrar aðferðir líkt og - festun (stabilization) - frosteinangrun o.s.frv.

STYRKING 1. „GRUNNSTYRKING“ OG III. „VEGUR HÆKKAÐUR“

Líta má á grunnstyrkinguna sem lágmarksstyrkingu á malarvegum sem eru veikir fyrir vegna vorþíðu. Styrking sem þessi hentar til viðgerða á öllum flokkum skemmda A-H í töflu 2.2. Undir sumum kringumstæðum er þörf á viðameiri styrkingum til þess að tryggja vegurinn virki ásættanlega. Dæmi um þetta eru:

- þegar vandmál vegna vorþíðu er koma fram eru miðlungs eða alvarleg (undirflokkar II og III) og þegar aukning burðarþols með notkun grunn-styrkingarinnar er líkleg til að vera of lítil
- þegar margar miðlungs og/eða alvarlegar vorþíðuskemmdir eiga sér stað á veghluta er liggur um dalbotn eða þar sem skemmdirnar tengjast lágri legu vegarins:
  - jökulleir í undirlagi, flatt og jafnt land (tafla 2.2, flokkur B)
  - leir og/eða silt í undirlagi, flatt og jafnt land (tafla 2.2, flokkur E)
  - leir og/eða silt í undirlagi, votur dalur á láglendi (tafla 2.2, flokkur F)
  - mór í undirlagi, flat og jafnt land eða votur dalur á láglendi (tafla 2.2, flokkur G)

Þykkt styrkingarinnar má framkvæma með notkun jafngildisþykktaraðferð eins og lýst er í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Permanent Deformation” (Dawson og Kolisoja 2005). Í þeim tilfellum þar sem skemmdir eru tengdar lágri legu vegarins er best að hækka veginn með 500 – 600 mm þykkri styrkingu eins og sýnt var í styrkingu III. Þessa þykkt er aðeins hægt að nota þar sem mögulegt er að hækka veginn og breikka hann.

STYRKING II. „STÁLGRINDARSTYRKING“

Í þeim tilvikum þar sem undirliggjandi jarðvegur er veikbyggður og/eða samanþjappanlegur (Tafla 2.2, flokkar E, F og G) ætti að kanna ítarlega hættuna á missigi ef að notast á við þykka styrkingu. Missig má minnka með því að nota

styrkingu II (sjá töflu 5.1) þar sem dregið er úr þykkt malarefnisins með því að leggja stálgrind (mynd 5.1). Slík stálgrindarstyrking virkar einnig vel gegn varanlegri formbreytingu og dregur einnig úr breikkun vegar þegar á vorþíðum stendur og efni á til að flæða úr veginum.

Mynd 5.1. Stálgrind komið fyrir í styrkingu. (K. Niva)

Ekki er mælt með notkun stálgrindarstyrkingar á svæðum þar sem skemmdir kaflar liggja í brekkum (Tafla 2.2, flokkar). Ójöfn frostlyfting á slíkum stöðum getur valdið því að stálgrindin rísi upp úr yfirborðinu. Einnig ætti að forðast slíkar aðferðir þar sem ræsi, pípur, eða kaplar fara undir veginn þar sem slíkt gæti þurft á viðhaldi að halda í framtíðinni. Á þeim stöðum gæti stálgrindarstyrking hindrað viðgerðir í framtíðinni.

STYRKING IV. „JARÐVEGSSKIPTI“

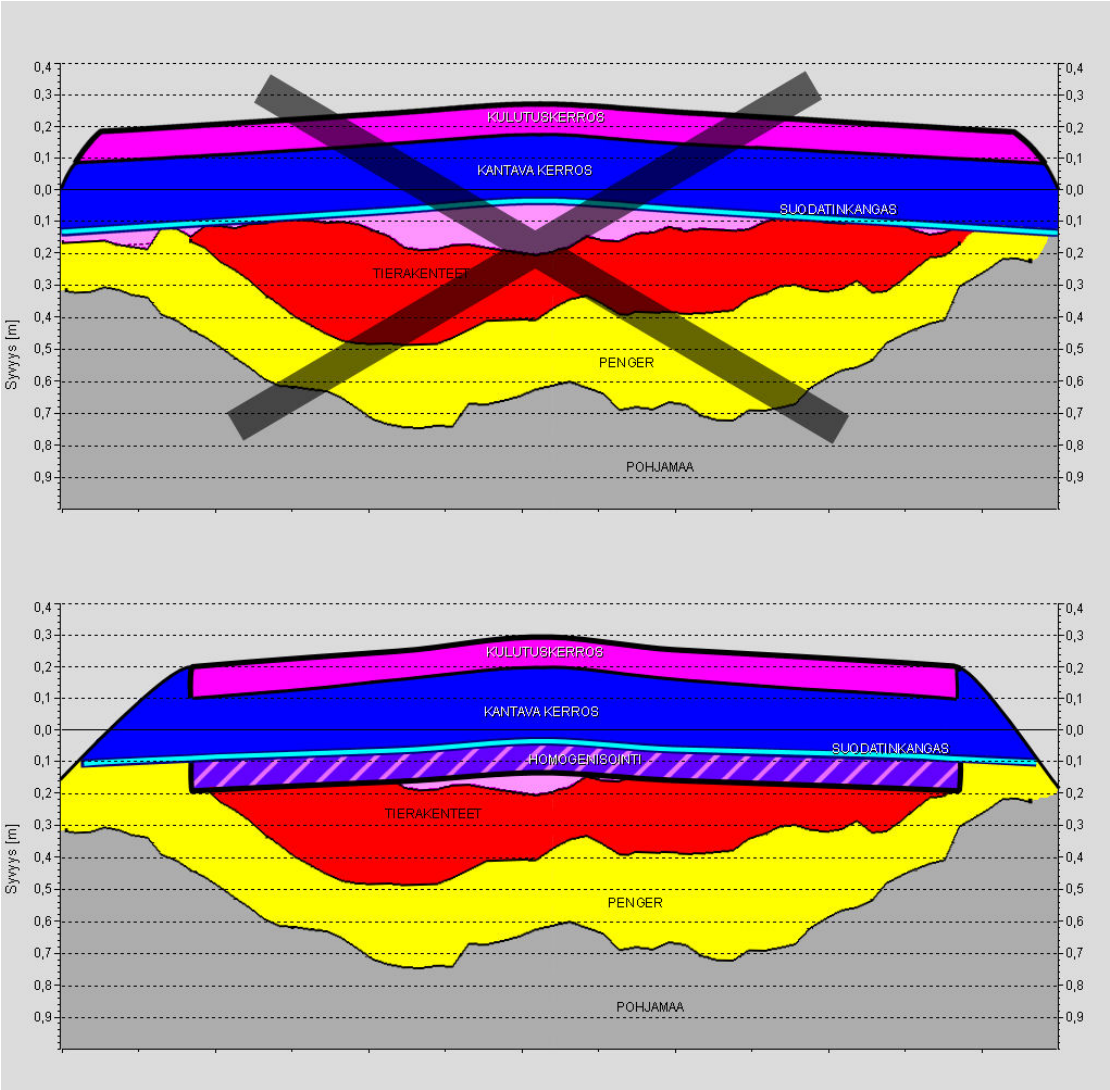
Þegar skemmdir á þáatíma eru alvarlegar, ásamt erfiðri frostlyftingu, er oft eina lausnin í mörgum tilfellum að skipta um jarðveg (tafla 5.1, styrking IV). Að skipta út miklu magni jarðvegs er samt sem áður sjaldan fjárhagslega hagkvæm lausn á fáförnum vegum, þó það geti virkað vel að skipta út jarðvegi fyrir vatnsleiðin efni þar sem klappir eru staðsettar nálægt vegyfirborðinu (tafla 2.2, flokkur H.III). Jarðvegsskipti er samt sem áður ekki besta styrkingaraðferðin í þeim tilvikum þar sem klappir stöðva vatnsstreymi. Í slíkum tilvikum ætti að hugleiða að brjóta niður klöppina eða notast við styrkingaraðferð er byggir á frosteinangrun (tafla 5.1, styrking VI).

STYRKING V. „STYRKING VEGAXLA“

Þegar skoðaðar eru vorþíðuskemmdir á köflum sem hafa verið styrktir yfir breikkað þversnið en síðan skemmst á ný, er einn þáttur sem ítrekað hefur komið fram. Þessar breiðu axlir hafa varla neinn burðarstyrk sem leiðir af sér að frostlyfting, og þung ökutæki, sem aka á þessum ‘vel útlítandi’ öxlum valda skemmdum. Allir flokkar skemmda sem lýst er í töflu 2.2 geta átt sér stað á veghlutum er búa við burðarlitlar axlir.

Til að forðast slíkt ástand ætti að mjókka þversniðið þegar styrking fer fram. Mynd 5.2 sýnir dæmigert lélegt þversnið ásamt þversnið sem sýnir hvernig styrkingin á að vera. Ef ekki er mögulegt að þrengja veginn, ætti að þykkja styrkinguna á vegöxlunum. Annar möguleiki er að skipta út jarðvegi á vegöxlunum þar sem þunnum malarlögum og jarðvegi er grafið burt og skipt út fyrir þykkari malarlög. Í Svíþjóð eru jarðvegskipti á öxlum líklegast algengasta aðferðin við að styrkja vegaxlir.

Margar mismunandi styrkingar hafa verið prófaðar til að reyna að finna skilvirka aðferð við styrkingu vegaxla. Áhugaverðar tilraunir hafa verið gerðar með því að nota stálgrindur til styrkingar. Í þessum tilfellum hefur stálgrindunum verið komið fyrir langsum og fylgt vegöxlinni með það að markmiði að koma í veg fyrir formbreytingu í henni.



Mynd 5.2. Dæmigert þversnið er mun skemmast og þversnið er sýnir hvernig styrking á að vera.

STYRKING VI. „AÐRAR STYRKINGAR“

Flokkur þessi tekur yfir þær styrkingaraðferðir sem ekki er algengt að nota til þess að komast fyrir veikingu malarvega vegna þíðu. Þar af leiðir að flokkurinn samanstendur af aðferðum sem eru aðeins notaðar í sérstökum tilfellum eða eru enn í þróun. Hann inniheldur grófgerðara slitlag, sem og styrkingar er byggja á frosteinangrun, eða styrkingu með geótextíl eða aukaafurðum úr iðnaði.

Það getur talist styrking að gera slitlag vegarins grófgerðara í þeim tilvikum þar sem skemmdir á yfirborði tengjast þykku slitlagi með háu hlutfalli fínefna. Í tilfellum sem þessu er nýjum, grófgerðari, malarefnum blandað saman við gamla slitlagið í ákveðnu hlutfalli. Þessari aðferð er aðeins hægt að beita til þess að laga skemmdir er eiga sér stað í yfirborðslögum vegna þíðu.

Frosteinangrun getur verið skilvirk aðferð til þess að minnka skemmdir vegna þíðu á blautum stöðum og í halla. Með notkun frosteinangrunar, er grunnvatninu gert kleift að fljóta undir veginn því frostið nær ekki að mynda íslinsur er hindra streymi þess. Í slíkum tilvikum getur frosteinangrun líka komið í veg fyrir ójafna frostlyftingu (Saarenketo et al. 2002). Þrátt fyrir að vera dýr er frost einangrun samkeppnishæf lausn þar sem hinn valkosturinn er að brjóta upp klappir.

5.4 STYRKING VEGA MEÐ BUNDNU SLITLAGI

5.4.1 Almennt

Styrkingaraðferðir þær sem hægt er að beita á vegi með bundnu slitlagi, er verða fyrir skemmdum á þáatíð, eru jafn einfaldar eins og á malarvegum. Allar lausnir eru þó venjulega dýrari en á malarvegum og þykkt biklagsins hefur mikil áhrif á hvaða styrkingu er hægt að nota. Af þessari ástæðu hefur vegum með bundnu slitlagi verið skipt í tvo flokka í þessari skýrslu: Vegir þar sem heildarþykkt slitlags er 20 – 100 mm og í vegi þar heildarþykkt bikbundna lagsins er meira en 100 mm. Gamlir malarvegir með mjög þunnum klæðingum eru hér taldir sértilfelli þar sem verður að velja styrkingaraðferð í hverju tilfelli úr þeim valkostum sem hér eru gefnir fyrir malarvegi eða vegi með bundnu slitlagi.

5.4.2 Vegir með þunnu bundnu slitlagi – þykkt: 20 – 100 mm

Almennar lausnir og uppbyggingarferlar til þess að styrkja vegi með þunnum slitlögum eru kynnt í töflu 5.2. Samt sem áður ætti að hafa í huga að öll lögin sem minnst er á í töflunni þurfa þjöppun.

Heildarþykkt styrkingar á vegum með bundnu slitlagi ætti að meta út frá hverju tilviki fyrir sig og styðjast við aðferðina sem lýst er í ROADEX II verkefnisskýrslunni “Permanent Deformation” (Dawson og Kolisoja 2005) eða t.d nota hina hefðbundnu

jafngildisþykktaraðferð líkt og Odemark. Leiðbeiningarspjöld fyrir styrkingaraðferðir eru ekki kynnt nánar í þessari skýrslu en aðferðir fyrir hverja og eina styrkingu, sem og hentugleiki þeirra til viðgerða á mismunandi skemmdum, er lýst í eftirfarandi texta.

Tafla 5.2. Byggingarferli fyrir styrkingar á vegum með bundnu slitlagi. Lýsingin telur ekki upp þjöppun sem ávallt þarf að vanda vel.

I. NÝ YFIRLÖGN
1. jöfnun eða fræsing gamla slitlagsins 2. nýtt slitlag lagt út eða hið gamla endurblandað
II. STÁLGRINDAR/GEÓTEXTÍL STYRKING
1. gamalt slitlag fjarlægt / gamalt slitlag brotið upp / gömlu slitlagi blandað við burðarlag 2. gamalt lélegt burðarlagsefni fjarlægt 100 – 150 mm (ef þörf er á) 3. formun 4. neðra burðarlag 50 - 100 mm (grófkornótt til þess að tryggja bindingu) 5. stálgrind / geótextíl styrking 6. burðarlag 200 mm (má vera bundið að hluta) 7. nýtt slitlag
III. VEGUR HÆKKAÐUR
1. gamalt slitlag fjarlægt / gamlt slitlag brotið upp / gömlu slitlagi blandað við burðarlag 2. vegbyggingarefnið gert einsleitt 300 mm (ef þörf er á) 3. formun 4. neðra burðarlag $\geq$ 200 mm 5. burðarlag 200 mm (má vera bundið að hluta) 6. nýtt slitlag
IV. JARÐVEGSSKIPTI
1. vegurinn fjarlægður $\geq$ 600 mm (niður að undirliggjandi jarðvegi) 2. geótextíl, gerviefni er síar (filter cloth) 3. vatnsleiðandi neðra burðarlag $\geq$ 300 mm 4. burðarlag 200 – 300 mm (má vera bundið að hluta) 5. nýtt slitlag
V. FESTUN OG AÐRAR MEÐFERÐARAÐFERÐIR
1. festun efstu 80 – 200 mm vegbyggingarinnar 2. nýtt slitlag
VI. KORNASTÆRÐ GERÐ EINSLEITARI
1. blöndun gamla slitlagsins við burðarlag 50 – 200 mm 2. formun vegyfirborðs (heflun, bætt við nýju burðarlagsefni) 3. nýtt slitlag
VII. BUNDNU SLITLAGI BREYTT AFTUR Í MALARVEG
1. gamalt slitlag fjarlægt / gömlu slitlagi blandað við burðarlag 2. formun vegyfirborðs (heflun, bætt við nýju burðarlagsefni) 3. nýtt malarslitlag
VIII. AÐRAR STYRKINGARAÐFERÐIR

aðrar aðferðir svo sem - frost einangrun - uppgröftur (quarrying) o.s.frv.

STYRKING I. „NÝ YFIRLÖGN“

Til þess að styrkja veghluta sem eru ekki í hættu á miklum skemmdum vegna þíðu og/eða eru í sterkum burðarþolsflokk er venjulega nóg að leggja út nýja yfirlögn (í flokkunum engin hætta eða lítil hætta, sjá ROADEX II skýrsluna „Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions“ eftir Saarenketo 2005). Nýja yfirlögn má venjulega leggja á alla flokka vega (A-H í töflu 2.2) ef að engin ójöfn frostlyfting á sér stað. Í þessum tilvikum er gamla slitlagið venjulega jafnað út eða fræst í réttan vatnshalla áður en nýju bundnu slitlagi er komið fyrir.

STYRKING II. „STÁLGRINDARSTYRKING“

Stálgrindur hafa verið í notkun til þess að varna ákveðinni tegund sprungumyndunar (reflection cracking) á vegum með bundnu slitlagi í mörg ár. Nýlegar tilraunir sýna að einnig megi nota stálgrindur til þess að varna varanlegri formbreytingu á veghlutum er skemmast á þáatíð. Kostir stálgrindarstyrkingar virðast vera mestir á veikbyggðum jarðvegi og því er mælt með notkun þeirra á stöðum þar sem finna má skemmdir í flokki E-G í töflu 2.2. Þegar stálgrindum er komið fyrir í vegum með bundnu slitlagi eða malarvegum er mikilvægt að þær liggji nógu djúpt frá yfirborði (miðað er við 250 mm frá yfirborði) og tryggja þarf að engir stórir steinar séu í vegbyggingunni er gætu ýtt grindunum upp á yfirborðið. Skemmdir hafa komið fram ef að stálgrindum hefur verið komið fyrir of snemma vors og jarðvegur hefur ekki náð að þiðna fullkomnlega.

Fyrsta skrefið að stálgrindarstyrkingu vegar með tiltölulega þunnu slitlagi er að fjarlægja, brjóta eða blanda gömlu klæðingunni við efsta burðarlag og jafna þar með kornastærðin í efsta hluta vegarins. Ef ekki er mögulegt að lyfta yfirborði slitlagsins má einnig fjarlægja efsta hluta þess á þessu stigi. Áður en stálgrindinni er komið fyrir ætti að forma veginn með veghefli svo að ásættanlegum vatnshalla sé náð og u.þ.b. 50 – 100 mm (0-35mm, 0-55mm) af stórkornóttu efni ætti að leggja út til þess að tryggja bindingu við stálgrindina (mynd 5.3). Þá er hægt að koma stálgrindinni fyrir, leggja burðarlagsefni ofan á hana og þjappa. Þykkt burðarlagsefnisins er venjulega ákvörðuð 200 – 400 mm og veltur það á alvarleika þíðu skemmdanna.

Mynd 5.3. Grófkornótt malarefni ætti að nota undir stálgrindina til að tryggja bindingu. (T.Ruohomäki)

STYRKING III. „VEGUR HÆKKAÐUR“

Í þeim tilfellum þar sem skemmdir á þáatíð tengjast lágri legu vegarins er best að styrkja hann með hækkun. Hækkun vegsniðs er líka kostur ef ekki er hægt að bæta afrennsliskerfi við veginn. Þessi aðferð bætir alltaf rúmfræði vegarins og dregur verulega úr vandamálum vegna vetrarviðhalds, þó ekki ef að vegurinn er hækkaður það mikið að vegriða sé þörf.

Styrking þessi virkar best þar sem hægt er að flokka vandamálin í skemmdarflokka B og E-G (sjá töflu 2.2). Einnig má nota hana þegar um aðra flokka er að ræða þó að það geti verið nauðsynlegt að notast við þykkari styrkingu þar sem vandamálin eru alvarleg. Heildarþykkt nýju styrkingarinnar ætti að áætla út frá hverju tilviki með því að jafngildisþykkja vegbygginguna. Þegar vegur er hækkuður í þversniði verður að tryggja að nýja styrkingin falli innan núverandi vegar og/eða að flái vegarins (innri flái) verði ekki of brattur.

STYRKING IV. „JARÐVEGSSKIPTI“

Þegar vandamál vegna vorþíðu eru alvarleg og erfið breytileg frostlyfting á sér stað á sama veghluta, er eina lausnin að fjarlægja jarðefnið sem getur frosið og byggja nýjan veg frá grunni. Jarðvegsskipti eru dýr vegna mikils magns nýrra jarðefna sem þarf til verksins og því þarf að meta vandlega notkun þessarar aðferðar á fáfarna vegi. Samt sem áður er það oftast eina leiðin til þess að laga ójöfnur.

Að skipta út jarðvegi fyrir grófkornóttara efni getur virkað vel þar sem klöpp er nálægt (flokkur H.III) en ekki ef að klöppin hindrar flæði grunnvatns. Í slíkum tilvikum ætti að athuga hvort ekki borgar sig að brjóta upp klöpp í skurðbotnum. Auk þess getur styrking með frosteinangrandi lagi verið skilvirk lausn (styrking VII í töflu 5.2).

STYRKING V. „FESTUN OG AÐRAR MEÐFERÐARAÐFERÐIR“

Festun og meðferðaraðferðir geta verið skilvirkar leiðir til þess að styrkja vegi gegn veikingu vegna vorþíðu, sérstaklega ef að stór hluti formbreytingarinnar á sér stað í efsta hluta (0 – 250 mm) vegbyggingarinnar. Þetta er góð aðferð ef að burðarlagið er fínkornótt og ekki er mögulegt að hækka veginn. Þegar notast er við styrkingu af þessu tagi er ávallt nauðsynlegt að framkvæma prófanir á burðarlagsefninu á tilraunastofu til þess að staðfesta orsök vandamálsins og skilgreina rétta gerðir og rétt hlutfall festunarefna. Þegar festun er hönnuð er mikilvægast að tryggja efnið sem hefur verið fest dragi ekki í sig vatn þar sem það er til staðar. Við blautar aðstæður, líkt og í skemmdarflokkum B og E-G í töflu 2.2, er hægt að nota rakafráhrindiefni.

Þegar rétt er staðið að verki mun styrking byggð á festun draga úr álagi á óbundna burðarlagið upp að því marki að varanleg formbreyting getur ekki átt sér stað. Þrátt fyrir þetta getur breytileg frostlyfting valdið vandamálum í virkni vegarins, svo sem langsprungum á festum vegum. Af þessum ástæðum ætti að huga vel að festun ef að skemmdir veghlutar eru staðsettir í halla eða þar sem klöpp er nálægt (flokkar A, D og H í töflu 2.2).

Frekari upplýsingar um festun og meðhöndlun á jarðefni má finna í ROADEX II verkefnisskýrslunni „Material Treatment” (Kolisoja og Vuorimies 2005) og í festunarskýrslu ROADEX III verkefnisins.

STYRKING VI. „KORNASTÆRÐ GERÐ EINSLEITARI“

Ef takmarkað fjármagn er til staðar þá er ein ódýrasta leiðin til að styrkja veg að gera malarefnið í efsta lagi hans einsleitara og leggja yfir það klæðingu eða kaldblöndu. Þessari aðferð má beita á alla skemmdaflokkana A-H sem sjá má í töflu 2.2 ef slitlagið er ekki þykkara en 100 mm.

Þegar þessari aðferð er beitt þá er gamla slitlaginu fyrst blandað saman við burðarlagið (mynd 5.4). Dýpt blöndunar er venjulega frá 50 – 200 mm, eða dýpri, en samt ekki svo djúp að stórir steinar eða grjót færist nær yfirborðinu. Eftir þetta þá er vegyfirborðið heflað í gott form, einsleita efnið þjappað og nýtt biklag lagt út. Þessari tækni er sérstaklega gott að beita á vegi með djúpum hjólförum sem annars yrði erfitt að laga. Annar kostur við svona aðgerð að hægt er að bæta vatnshalla vegarins svo að vatn standi ekki lengur á yfirborði.

Mynd 5.4. Núverandi klæðingu er fyrst blandað saman við burðarlagið. (T.Ruohomäki)

Þeirri tækni að bæta við nýju burðarlagsefni, sem einnig þykkir einsleita burðarlagið og jafnar það út, hefur einnig verið beitt á vegi með mikil formbreytingar vandamál í þáatíð (undirflokkar II og III í töflu 2.2). Þegar þetta er gert er núverandi slitlagi og burðarlagi fyrst blandað saman og nýtt burðarlag er svo lagt út yfir blönduna. Þar á eftir fer tækið er blandar jarðefnunum aðra umferð yfir áður en heflun, völtun og endurlögn bundins slitlags fer fram. Önnur leið er að leggja nýja burðarlagið ofan á veginn áður en blöndunarferlið hefst.

Slík blöndun vegbyggingarefna hefur verið prófuð í Finnlandi á vegum er búa við skemmdir vegna vorþíðu. Í einhverjum tilfellum hefur svokölluðum slag sandi verið bætt út í ferlið til þess að bæta gæði efnisins.

STYRKING VII. „BUNDNU SLITLAGI BREYTT AFTUR Í MALARVEG“

Ef að bikklæðing á veghluta sýnir merki um alvarleg vandmál, svo sem holumyndun, slitskemmdir og hjólfaramyndun, og þungatakmarkanir hjálpa ekkert til (eða ekki er hægt að beita þeim), þá getur ódýrasta leiðin til þess að draga úr viðhaldskostnaði verið að breyta veginum aftur í malarveg.

Síðastliðin ár hefur þetta verið gert á nokkrum vegum í Finnland og Svíþjóð er ekki hafa fengið fjármagn til þess að hægt væri að endurbyggja þá. Fyrstu árin hlutu þessar aðgerðir mjög neikvæða umfjöllun frá heimamönnum en ökumenn stærri ökutækja sýndu meiri skilning á ástæðunum er lágu að baki þessum aðgerðum. Vegurinn við Ängesby Percostöðina í Svíþjóð í ROADEX verkefninu er gott dæmi um veg þar sem vandamálin hafa minnkað við það að breyta honum aftur í malarveg.

5.4.3 Vegir með þykku bundnu slitlagi – þykkt > 100 mm

Fáfarnir vegir á norðurjaðarsvæðunum eru venjulega ekki lagðir mjög þykkum slitlögum, nema í Skotlandi þar sem þykkt biklagsins er oft meiri en 100 mm. Þegar unnið er með þessa vegi fylgja þær stofnanir er sjá um viðhald vega sömu grunnaðferðum sem rætt var um í hluta 5.4.2, hér fyrir ofan. Þrátt fyrir það, eins og

áður hefur komið fram, er aðal vandamálið sem barist er við í Skotalandi yfir vetrartímann daglegar sveiflur frosts og þíðu, ásamt auknu rakainnihaldi í undirliggjandi jarðvegi. Undir þessum kringumstæðum verður ætíð nauðsynlegt að endurbæta afvötnun vega sem hluta af styrkingu þeirra.

Þegar styrkingaraðferð er valin fyrir veg með þykku biklagi verður fyrst að gera sér grein fyrir vandmálinu með því að flokka skemmdirnar.

Ef að vegur sýnir merki um hjólfaramyndun af gerð 1 vegna lélegra burðarlaga (sjá Dawson og Kolisoja 2005), og slitlagið er 100 – 140 mm þykkt, þá gæti hentugasta styrkingaraðferðin verið að leggja þykkari yfirlögn ofan á núverandi yfirborð. Niðurstöður Roadex II verkefnisins (Dawson og Kolisoja 2005) hafa sýnt fram á að 200 mm þykk bundin lög geta dregið úr álagi upp að því marki að engin varanleg formbreyting ætti að eiga sér stað. Ef að bundna slitlagið er í slæmu ástandi þá er betri kostur að blanda núverandi slitlagi saman við efsta burðarlagið.

Þar sem þykkt slitlags er 100 mm og djúp hjólför og/eða hraða hjólfaramyndun er hægt að tengja veikbyggðum jarðvegi (staðfesta má þetta með falllóðsmælingum eða jarðsjársniðum) er hagstæðasta lausnin að fræsa burt bikbundnu lögin til endurvinnslu og, ef mögulegt er, að leggja út þykkara óbundið burðarlag og nýtt bikbundið lag. Í þessum tilvikum er stálgrind góður kostur, sérstaklega ef að hætta er á missigi vegna veikbyggðs undirlags. Í Skotlandi hafa stálgrindur (geogrids) er komið er fyrir í bikbundnum lögum reynst vel ef að þau eru meira en 200 mm þykk.

Stundum er hægt að tengja skemmdir í þykkum bikbundnum lögum við alvarlegt niðurbrot vegna lélegrar afvötnunar í undirlögum (stripping). Þetta getur leitt til mikils vökvþrýstinga í lögunum þegar þung umferð fer um veginn á þáatíð. Í slíkum tilfellum er eina lausnin sú að bæta afvötnun vegarins, fræsa burt bikbundnu lögin, koma fyrir vatnsleiðnu malarlagi ofan á burðarlögin (macadam eða gljúpt lag) og klára verkið með því að leggja nýtt slitlag.

Ef að skemmdir á yfirborði lýsa sér aðallega sem langsprungur á yfirborð eða sprunguneti nálægt vegöxlum, geta slík vandamál tengst breytilegri frostlyftingu eða missigi á veghlutanum. Í slíkum tilfellum getur ástæðan fyrir skemmdunum verið léleg aftvötnun á hallandi landi eða röng breikkun vegar. Við þessar aðstæður er aðal viðgerðaraðferðin sú að bæta verulega afvötnun. Ef að sprungumyndun er nálægt hjólfari ætti að fræsa burt slitlagið og styrkja burðarlögin með stálgrind áður en nýtt bikbundið lag er lagt yfir.

Kafli 6. Gæði tryggð og stjórnun á virkni endurbyggðra vega

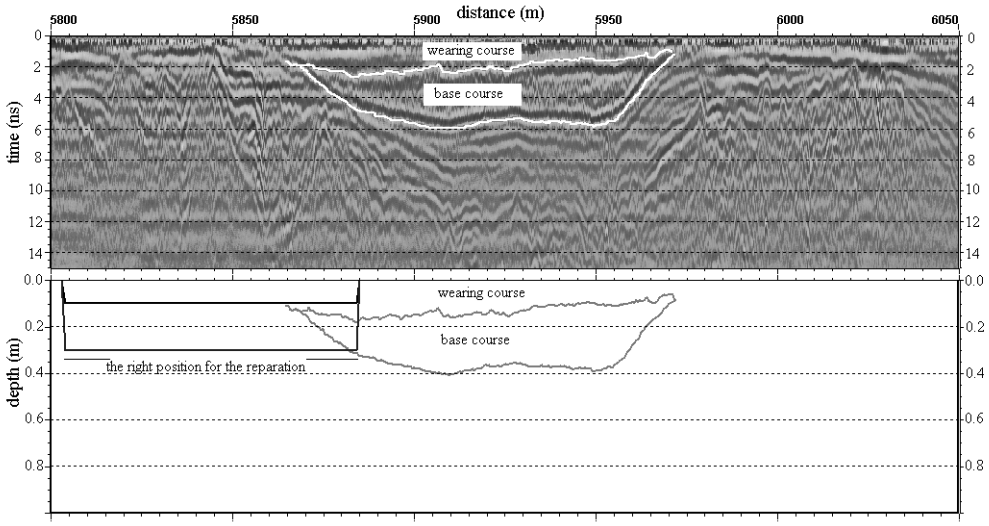
Rannsókn er framkvæmd var á virkni og líftímakostnaði styrktra malarvega (Aho 2004) gaf til kynna að helsta ástæðan að baki skemmda í styrkingum var að styrkingin var ekki byggð eins þykk og hönnun krafðist. Því er mælt með að gæðaeftirlit fari fram á meðan á styrkingarferlinu stendur. Sérstaklega er mælst til þess að verktaka sé gert skylt að sanna gæði styrkingarinnar. Slík sönnunarbirgði ætti ekki aðeins að fjalla um gæði efnanna sem notast er við heldur líka að ná yfir útlagðar þykktir, þjöppun og rétta staðsetningu styrkinga.

Ein afleiðing samdráttar í fjármagni er að styrkingar á vegum, er skemmast í þáatíð, er venjulega aðeins beint að þeim hlutum þar sem skemmdir eru greinanlegar. Þetta þýðir að nákvæm staðsetning skemmda þarf að vera þekkt svo að hægt sé að miða styrkingar nákvæmlega á þá hluta, en ekki sóa fjármunum í vegi sem ekki þarfnast viðgerða. Til þess að hægt sé að ráðast í slíkar ‘miðaðar styrkingarframkvæmdir’ þarf að notast við sameiginlegt staðsetningar viðmið, í rannsóknum sem fara fram fyrir styrkingu og eftir að hún hefur verið framkvæmd. Ef þetta er ekki upp á teningnum þá gæti, í versta falli, styrking verið framkvæmd á veghlutum er ekki hafa sýnt nein merki veikleika.

Auk þess að vita nákvæma staðsetningu styrkinga er mikilvægt að tryggja að sú þykkt sé notuð sem lagt er upp með. Einfaldar mælingar í tilraunaholum sem grafnar eru í þessum tilgangi duga til verksins. Þykkt laga má einnig staðfesta með jarðsjármælingum. Jarðsjá er mjög gott tæki til þess að mæla þykkt laganna því hún veitir viðstöðulaus mynd af vegbyggingunni og, á sama tíma, tryggir hún að miðað sé við rétta staðsetningu á styrkingunni.

Fullkomna stjórnun á þjöppun á malarvegum er glíma við vandamál vegna vorþíðu er erfitt að tryggja þar sem gamla vegbyggingin og undirliggjandi jarðvegur eru venjulega mjög veikbyggð. Aftur á móti ætti alltaf að stjórna þöppun á vegum með bundnu slitlagi til þess að forðast hjólfaramyndun. Þéttni ætti að staðfesta með aðferðum þeim sem notaðar eru í hverju landi, en einnig er mælt með að jarðsjá og falllóð séu notuð í sameiningu.

Mynd 6.1 sýnir ágætis dæmi um niðurstöður jarðsjármælingar sem notuð var til að hafa gæðaeftirlit með finnskum malarvegi. Auðveldlega má sjá af gögnunum að slitlag og burðarlag hefur verið lagt út í réttri þykkt en staðsetning styrkingarinnar hefur ekki verið rétt.



Mynd 6.1. Röng staðsetning styrkingar staðfest með jarðsjá. (Pälli et al. 2005)

Ef nýjar skemmdir myndast stuttu eftir að styrking hefur farið fram geta þær tengst lágum gæðum efna er notuð voru og sérstaka áherslu ætti að leggja á þetta í gæðastjórnun. Fylgja ætti stöðlum um frostgirni og kornastærð þeirra í hvítvetna við gæðastjórnun styrkinga. Einnig er góð hugmynd að láta verktaka sanna gæða efni er hann notar.

Öll frávik frá staðsetningu, þykkt laga og gæði efna er mikilvægt að uppgötva svo að auðvelt sé að gera sér grein fyrir ástæðum nýrra skemmda. Verktökum ætti alltaf að vera skylt að gera við skemmdir á köflum sem þeir hafa unnið við. Nákvæm skjalfesting þeirra aðgerða sem framkvæmdar eru, staðsetning og hvaða styrkingaraðferð er notuð, er einnig forsenda þess að stjórna virkni enduruppbyggða vegarins.

Eins og fjallað var um í kafla 3 ætti að vera framhald á gæðastjórnun styrkingarferilsins með stjórnun á virkni styrkta vegarins. Ferli þetta ætti að fela í sér greiningu og viðgerðir á öllum nýjum skemmdum svo að auðveldara verði, með auknum upplýsingum, að spá fyrir skemmdum í þáatíð, þegar þungatakmörkunum er aflétt. Stjórnun á virkni vegarins veitir einnig mikilvægar upplýsingar um líftíma styrkingaaðferða og hvernig þær henta hinum mismunandi flokkum skemmda.

Kafli 7. Heimildir

Aho S. (2004). Sorateiden kelirikkokorjausten toimivuus ja elinkaarikustannukset. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. (Enskur útrdráttur)

Aho S., Saarenketo T., Berntsen G., Dawson A., Kolisoja P. og Munro R. (2005). Structural Innovations. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Aho S., Saarenketo T. og Kolisoja P. (2005b). Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito –tutkimusohjelma. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005, Tiehallinto. Helsinki. (Enskur útrdráttur English)

Berntsen G. og Saarenketo T. (2005). Drainage on Low Traffic Volume Roads. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Dawson, A. og Kolisoja, P. 2005. Permanent deformation. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Kolisoja P. og Vuorimies N. (2005). Material Treatment. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Launonen P. ja Turunen P. (1995). Sään ja hydrologisten tekijöiden vaikutus kevätkelirikkoon. Tielaitoksen selvityksiä 20/1995. Kuopio. (Á finnsku)

Niva, K. (2004). Finnska Vegagerðin, Lappi hérað. Mynd.

Pälli A., Aho S. og Pesonen E. (2005). Ground Penetrating Radar as a Quality Assurance Method for Paven and Gravel Roads in Finland. 3rd International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar. May 2-3, 2005. Delft, Holland.

Pennanen O. og Mäkelä O. (2003). Raakapuukuljetusten kelirkkohaittojen vähentäminen. Metsätehon Raportti 153, 19.8.2003. (á finnsku)

Roadex Project 1998-2001. Northern Periphery. Geisladiskur

Ruohomäki, T (2004). Skanska. Mynd.

Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Saarenketo T. og Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. ROADEX II skýrsla. www.roadex.org

Saarenketo T. og Aho S. (2003). Kelirikkoteiden painorajoitusten yhtenäistäminen, Tiemestarikysely-tutkimuksen raportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi, Tampere. (á finnsku).

Saarenketo T., Lähde A., Peltoniemi H. ja Rantanen T. (2002). Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi. (á finnsku)

Saarenketo, T., 2001. GPR Based Road Analysis - a Cost Effective Tool for Road Rehabilitation Case History from Highway 21, Finland. In Proceeding of 20th ARRB Conference, Melbourne, Australia 19-21 mars, 19 p.

Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 (1993). Massanvaihto. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitos, Helsinki. (á finnsku)

White T.D. and Coree B.J. (1990). Threshold Pavement Thickness to Survive Spring Thaw. Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields Proceedings. Volume 1. Þrándheimi, Noregi. 3-5 júlí 1990.

Viðauki 1

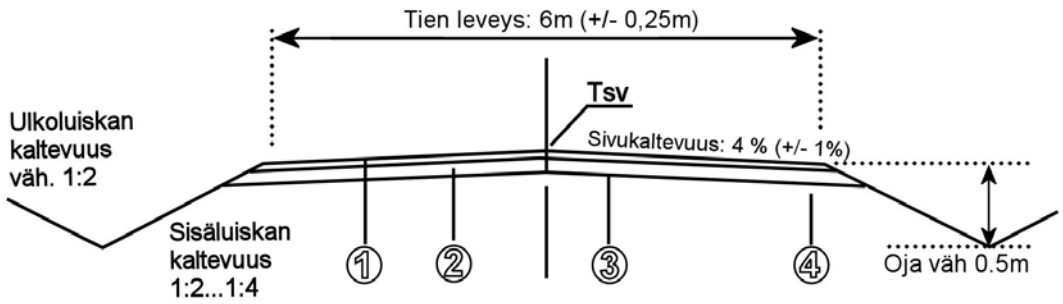
LEIÐBEININGARSPJÖLD FYRIR STYRKINGAR Á MALARVEGUM (ENSKA)

I. Basic Structure, BS	2/6
II. Steel Reinforcement, SRI	3/6
III. Raising Road Alignment, RA	4/6
IV. Soil Replacement, SRP	5-6/6

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure I
Basic Structure, BS



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 - 300 mm
3	Suodatinkangas	Ik N3	
4	Tiepohjan muotoilu ja tarvittaessa homogenisointi		

WORKING METHOD:

Removal of Old Wearing Course, Subgrade Homogenization
Rehabilitation is started with the removal of the existing wearing course material to the depth of 50 – 150 mm of road surface. Any old wearing course material should also be removed from the length of transition wedges. Wearing course material with high fines content should not be left under the new structure but it can be used later for the new wearing course material or on the road shoulders. After removing the old wearing course, the top 300 mm of the structure should be homogenized if needed. Homogenization is done in order to remove boulders and stones and create a homogenous platform for the new structure. Before placing the geotextile (filter cloth) the road should be shaped to the cross slope of 4% and compacted.

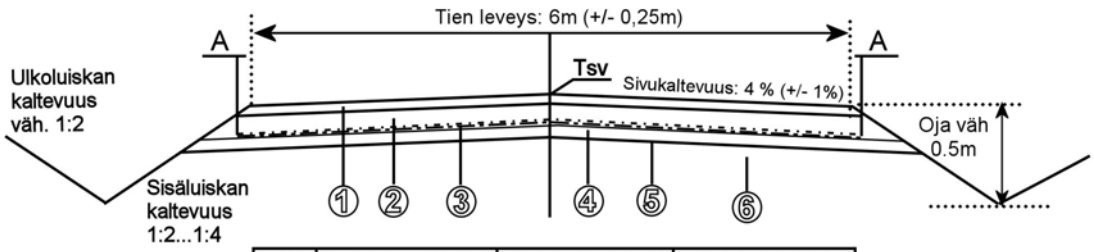
Filter Cloth, Base Course and Wearing Course
The geotextile is placed transverse to the road direction overlapping by at least 500 mm. The base course is laid over the geotextile and compacted. The base course thickness is normally 200 or 300 mm. The base course is shaped to the cross slope of 4% and 100 mm wearing course material is laid on it before being shaped again to the cross slope of 4%. If old wearing course material is to be re-used, a proportion design should be carried out with the new wearing course containing a maximum of 50% of old material. The transition wedges are reconstructed by shaping the base course material to a slope of 1:40, the wearing course is constructed to the full thickness of 100 mm. The geotextile (filter cloth) is not used in the transition structures.

A drainage condition analysis and improvement should be done before carrying out the working phases described above. The drainage condition evaluation process set out in the Roadex III project report "xxx" (Aho and Saarenketo 2006) is recommended to be used.

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure II
Steel Reinforcemet, SRI



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Teräsverkko		
4	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	100 mm
5	Suodatinkangas	Ik N3	
6	Tiepohjan muotoilu		

WORKING METHOD:

Removal of Old Material
Rehabilitation is started with the removal of the existing wearing course material to the depth of 50 – 150 mm of road surface. Old wearing course material should also be removed from the length of transition wedges. Wearing course material with high fines content should not be left under the new structure but it can be used later for the new wearing course material or on the road shoulders. After removing the old wearing course, the remaining 100 – 150 mm of the old material should be removed if the ground appears variable. Later, this old material can be used on the road shoulders if needed. The excavation should be done at least 300 mm over the road shoulder. Before placing the geotextile (filter cloth) the road should be shaped to the cross slope of 4 % and compacted.

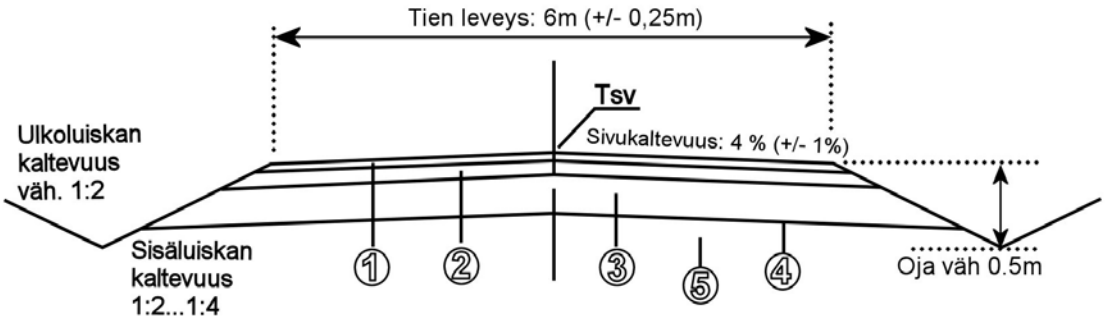
New Layers, Steel Reinforcement
The geotextile is placed on the bottom of the excavation and 100 mm base course material is laid and compacted on it. The base course layer is shaped and compacted to the cross slope of 4% and the steel grid installed on it. The steel grid should extend into the inner slope by the length 'A', the steel grid's installation depth. The steel grid should be installed so that the transversal steel wire will be the lowest. Normally 200 mm of base course material is laid over the steel grid. The base course is shaped and compacted to the cross slope of 4% following which 100 mm of wearing course material is laid and compacted on top before being shaped to the cross slope of 4%. If old wearing course material is to be re-used, a proportion design should be carried out with the new wearing course containing a maximum of 50% of old material. The transition wedges are constructed by shaping the base course material to the slope of 1:40, the wearing course is constructed to the full thickness of 100 mm. The geotextile (filter cloth) is not used in the transition structures.

A drainage condition analysis and improvement should be done before carrying out the working phases described above. The drainage condition evaluation process set out in the Roadex III project report "xxx" (Aho and Saarenketo 2006) is recommended to be used.

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure III
Raising Road Alignement, RA



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Jakava kerros	Murske # 0-56mm TAI # 0-63mm	200-300 TAI >300mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	
5	Tiepohjan muotoilu ja tarvittaessa homogenisointi		

WORKING METHOD:

Removal of Old Material, Subgrade Homogenization
Rehabilitation is started with the removal of the existing wearing course material to the depth of 100 – 150 mm of road surface. Old wearing course material should also be removed from the length of transition wedges. Wearing course material with high fines content should not be left under the new structure but it can be used later for the new wearing course material or on the road shoulders. After removing the old wearing course, the top 300 mm of the structure should be homogenized if needed. The homogenization is done in order to remove boulders and stones and create a homogenous platform for the new structures. Before placing the geotextile (filter cloth) the road should be shaped to the cross slope of 4 % and compacted.

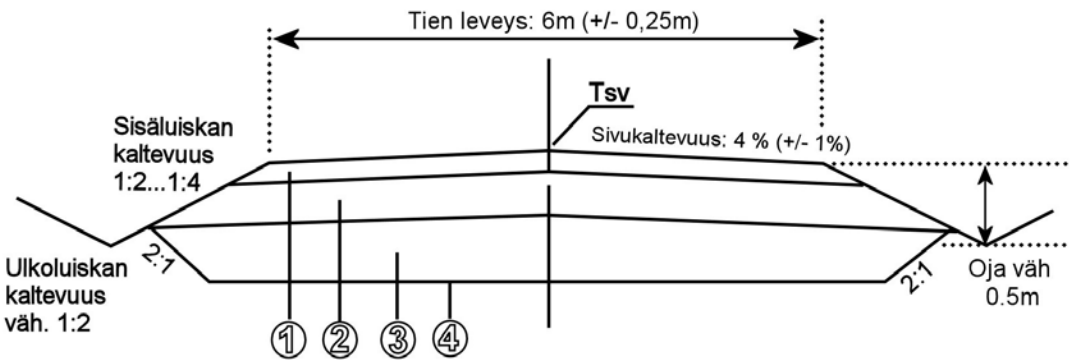
New Layers
The geotextile is placed transversal to the road direction overlapping at least 500 mm. The thickness of 200 – 300 mm (structure IIIA) or > 300 mm (structure IIIB) of subbase material and the thickness of 200 mm base course material are compacted on the geotextile. The constructed layers are shaped and compacted to the cross slope of 4 % and 100 mm wearing course material is laid on them. Also the wearing course is shaped to the cross slope of 4 %. If old wearing course material is to be re-used, a proportion design should be carried out with the new wearing course containing a maximum of 50% of old material. The transition wedges are constructed by shaping the base course material to the slope of 1:40, the wearing course is constructed to the full thickness of 100 mm. The geotextile (filter cloth) is not used in the transition structures.

A drainage condition analysis and improvement should be done before carrying out the working phases described above. The drainage condition evaluation process set out in the Roadex III project report "xxx" (Aho and Saarenketo 2006) is recommended to be used.

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure IV
Soil Replacement, SRP



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 - 300 mm
3	Suodatinkerros	Hk	300-600 TAI >600mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	

WORKING METHOD:

Removal of Old Material, Filter Cloth Installation and Transition Wedges 1:15
Rehabilitation is started with the removal of the existing material to the depth of 100 – 150 mm of road surface. Old wearing course material should also be removed from the length of transition wedges. Wearing course material with high fines content should not be left under the new structure but it can be used later for the new wearing course material or on the road shoulders. After removing the old wearing course, the old material is excavated to the depth of 600 – 900 mm (structure IVA) or >900 mm (structure IVB) from the road surface. The geotextile (filter cloth) is placed on the bottom of the excavation. The width of the excavation can be determined by using the Figure 1 (Tielaitoksen selvityksiä 2/1993). A part of the old material can be used on the road shoulders if needed.

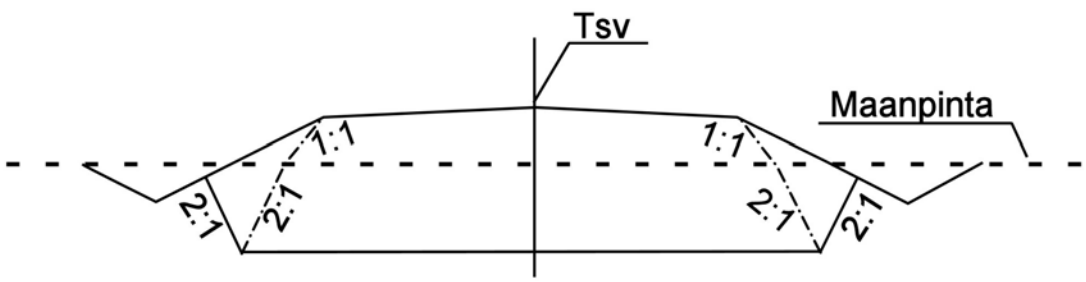


Figure 1. Determination of the Width of the Excavation.

The transition wedges, presented in Figure 2, should be constructed to the end of the soil replacement structure. The filter base should be constructed to a slope of 1:15 and the base course to a slope of 1:40. The wearing course is constructed to the full thickness of 100 mm. The geotextile (filter cloth) is not used in the transition structures.

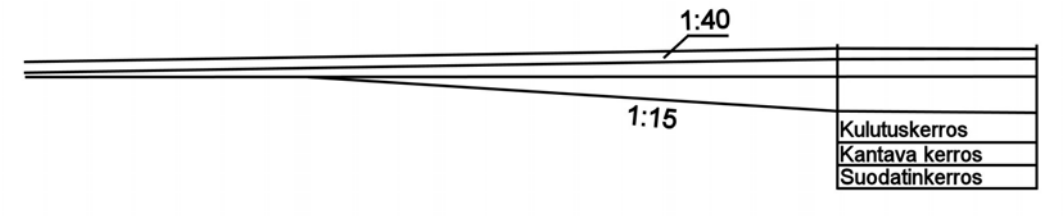


Figure 2. Longitudinal Section of the Transition Wedge.

New Layers

After the geotextile is laid, a thickness of 300 – 600 mm (structure IVA) or > 600 mm (structure IVB) of filter base material and the thickness of 200 – 300 mm of base course material are laid and compacted. The base course is shaped and compacted to the cross slope of 4% and 100 mm wearing course material is laid on it before being shaped and compacted to the cross slope of 4%. If old wearing course material is to be re-used, a proportion design should be carried out with the new wearing course containing a maximum of 50% of old material.

A drainage condition analysis and improvement should be done before carrying out the working phases described above. The drainage condition evaluation process set out in the Roadex III project report "xxx" (Aho and Saarenketo 2006) is recommended to be used.