VERKEFNI ÞETTA ER AÐ HLUTA TIL STYRKT AF
BYGGÐARÞRÓUNARSJÓÐI EVRÓPUSAMBANDSINS

ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY

Saara Aho, Timo Saarenketo

AFVÖTNUN FÁFARINNA VEGA

Samantekt

Afvötnun fáfarinna vega
SAMANTEKT
Apríl 2006

Saara Aho
Roadscanners Oy

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

Þýðandi: Sverrir Örvar Sverrisson
Vegagerðin Reykjavík

FORMÁLI

Skýrslan sem fylgir hér á eftir er samantekt á 2005 ROADEX II skýrslunni „Drainage on Low Traffic Volume Roads – Problem description, improvement techniques and life cycle costs“ eftir Geir Berntsen frá Norsku Vegagerðinni og Timo Saarenketo er starfar hjá Roadscanners Oy, Finnlandi.

Markmið hennar er að vera vinnuleiðbeiningar, með áherslu á flokkun afvötnunarvandamála, eftirlitsaðferðir, lýsingu á hvaða áhrif lélegt afrennsli hefur á endingu slitlags og aðferðir til að laga afvötnun og líftímakostnað.

Skýrslunni er ekki ætlað það hlutverk að koma í stað fagbóka, leiðbeininga eða staðla sem þegar eru til varðandi málefnið en vonir standa til þess að samantektin veiti lesandanum betri skilning á vandmálum og lausnum er snúa að þessum málum og sem of oft er litið fram hjá.

Skýrslan er skrifuð af Saara Aho og Timo Saarenketo, Roadscanners Oy, Finnlandi. Ron Munro, verkefnisstjóri ROADEX III verkefnisins, fór yfir málfar. Mika Pyhähuhta frá Laboratorio Uleåborg hannaði útlit skýrslunnar.

Höfundar vilja þakka ROADEX III stýrnefndinni fyrir stuðning og leiðbeiningar meðan á þessari vinnu stóð.

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 **6**

1.1 ROADEX -VERKEFNIÐ **6**

1.2 AFRENNSLI Á FÁFÖRNUM VEGUM **7**

KAFLI 2. EFTIRLIT MEÐ ÁSTANDI AFRENNSLIS **8**

2.1 EFTIRLITSFERLIÐ **8**

2.2 GREINING Á VEGHLUTUM ÞAR SEM VANDAMÁL ERU **8**

2.3 GRUNNGREINING Á STÖÐUM ÞAR SEM AFRENNSLISVANDAMÁL ERU TIL STAÐAR **10**

KAFLI 3. FLOKKUN STAÐA ÞAR SEM AFRENNSLIS VANDAMÁL ERU OG LAUSNIR VIÐ ÞEIM **11**

3.1 ALMENNT **11**

3.2 VANDAMÁL TENGD VIÐHALDI **12**

3.2.1 Vandamál vegna leysingavatns 12

3.2.2 Illa virkandi afrennsliskerfi 13

3.3 HÖNNUNARTENGD VANDAMÁL **17**

3.3.1 Almennt 17

3.3.2 Hallandi jörð 17

3.3.3 Afvötnunarvandamál í lægðum 18

3.3.4 Afvötnunarvandamál á flatri jörð 19

3.3.5 Afvötnunarvandamál er tengjast klöppum 19

3.4 ÖNNUR VANDAMÁL **20**

3.4.1 Rakagildra 20

3.4.2 Stöðugleikavandamál í brekkum 20

KAFLI 4. ÁHRIF LÉLEGRAR AFVÖTNUNAR Á SLITLAG **22**

4.1 ALMENNT **22**

4.2 FRÆÐILEGIR ÚTREIKNINGAR **22**

4.3 ATHUGANIR Í MÖRKINNI **23**

4.4 ÁHRIF LÉLEGS AFRENNSLIS - SAMANTEKT 27

KAFLI 5. AFVÖTNUN OG LKÚ (LÍFTÍMAKOSTNAÐAR ÚTREIKNINGAR) 28

5.1 ALMENNT 28

5.2 HVERSU OFT ER HÆGT AÐ ENDURBÆTA AFRENNSLI Á ARÐBÆRAN HÁTT? 28

KAFLI 6. TILLÖGUR 30

KAFLI 7. HEIMILDIR 31

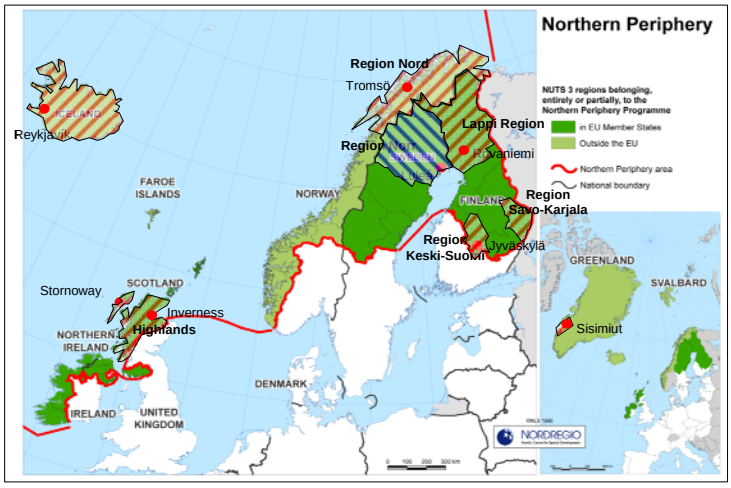
VIÐAUKI 1 33

TAFLA YFIR AFRENNSLISVANDAMÁL OG TILLÖGUR AÐ LAUSNUM VIÐ ÞEIM 33

Kafli 1. Inngangur

1.1 ROADEX –VERKEFNIÐ

ROADEX verkefnið er tæknilegur samvinnuvett-vangur vegagerða 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

Verkefni 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 norðurlandanna. Þessir aðilar voru Hálandaráðið, Skógarfélagið og Vestur eyja 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 iðnðar. samfélags og vegagerða. Átta skýrslur voru gefnar út ásamt DVD diski og hægt er að nálgast eintök af öllum skýrslunum á ROADEX vefsetrinu á 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 bætast við eru: sveitastjórn Sisimiut, Grænlandi, íslenska Vegagerðin og Savo-Karjala svæði finnsku Vegagerðarinnar.

1.2 AFRENNSLI Á FÁFÖRNUM VEGUM

Vatn leikur lykilhlutverk þegar litið er til gæða og líftíma umferðarmannvirkja. Staðreyndin er sú, og hefur verið þekkt um aldir, að svo lengi sem vegurinn og undirliggjandi jarðvegur býr ekki yfir of miklu vatnsmagni virkar vegurinn vel. Aukið vatnsmagn dregur úr burðarþoli jarðvegarins sem leiðir af sér hraðara niðurbrot og styttri líftíma vegarins. Í svona tilvikum þarfnast vegur tíðari endurbyggingar en vegur sem býr við góða afvötnun. Þegar valdar eru viðhaldsaðgerðir verður að bera saman kostnað vegna endurlagningu klæðingar við kostnað vegna viðhalds eða endurbóta á afrennsli. Þessi greining getur verið mjög erfið á norður-jaðarsvæðunum því vandamálið er flóknara á köldum svæðum þar sem frost-og þíðuverkanir hafa meiri áhrif á rakastig en annars staðar.

Í ROADEX prufuverkefninu árin 1998-2001 voru afvötnun greind sem eitt alvarlegasta vandmálið sameiginlegt öllum ROADEX aðildar héruðunum. Seinustu ár hefur fjárstuðningur til handa stjórnunar á viðhaldi vega farið lækkandi í öllum aðildarlöndum ROADEX verkefnisins. Afleiðing þessa er að grunn afrennslis viðhald, svo sem skurða-og ræsahreinsun, og einnig verkefni er snúa afrennslis kerfinu almennt, hefur setið á hakanum þar sem slík verk eru lágt á forgangslistanum. Í stað viðhalds á afrennsliskerfum hafa forgangsverkefnin verið sú sem eru mikilvæg fyrir vegfarendur til skamms tíma litið, svo sem slitlagsviðgerðir og snjómokstur.

Skýrsla þessi leggur áherslu á að sýna fram á þau vandamál er stafa af lélegri afvötnun á fáförnum vegum innan norður jaðarsvæða Evrópu. Hún fjallar einnig um hvaða eftirlitsaðgerðum hægt er að beita til að meta ástand afrennslis og leggur til mögulegar aðferðir til endurbóta vegna mismunandi afrennslisvandamála. Að auki eru áhrif afrennslis á líftíma og líftímakostnað bundins slitlags skoðuð sem partur af skýrslunni. Skýrslan byggir að mestu leyti á rannsóknum er fóru fram undir formerkjum ROADEX II undirverkefnisins „Drainage on Low Traffic Volume Roads“ eftir Berntsen & Saarenketo (2005). Upprunalega skýrslan inniheldur víðfemann fræðagrunn varðandi rakainnihald vegbyggingar ásamt tengslunum milli rakainnihalds og eiginleika lausra jarðefna og jarðvegs.

Kafli 2. Eftirlit með ástandi afrennslis

2.1 EFTIRLITSFERLIÐ

Skilvirkt viðhald á frárennsli þarfnast stjórnkerfis er byggir á kerfisbundnum aðferðum við eftirlit og greiningu á frárennsli. Slíkt kerfi þarfnast fjárfestingar á upphafsárum þess til þess að byggja upp viðeigandi gagnagrunna en mun borga sig fljótt upp í skilvirkari stjórnun eftir það. Eftirlit í byrjun skyldi fara fram með stuttu millibili til þess að staðsetja þá kafla vegar þar sem afvötnun versnar snögglega.

Þegar grunngögnum hefur verið safnað og komið fyrir í viðeigandi gagnagrunnum, er mælt með því að yfirgripsmikið mat á afvötnun fari fram við enda hvers útboðs tímabils eða í mesta lagi með 6 - 8 ára millibili. Á meðan á matinu stendur ætti að greina þá kafla þar sem afrennslisvandamál eru til staðar og skilgreina þörfina fyrir endurbætur. Að þessu loknu er hægt að leggja mat á hvaða ástæður valda afrennslisvandamálinu og hvaða lausnum er hægt að beita. Þessu eftirlits- og endurbótaferli má skipta í þrjá áfanga:

1. kortlagningu þeirra veghluta þar sem afvötnun er ábótavant
2. grunngreiningu á vandamálastöðum
3. skilgreiningu á þeim lausnum sem beita má á vandamálastöðunum

Vinna með þessa áfanga þarfnast upplýsinga um ástand afrennsliskerfisins, uppbyggingu þess, jarðfræðlegar aðstæður o.s.frv. Aðferðir sem beita má við þetta verkefni eru t.d að skoða skurði og ræsi, taka viðtöl við vegnotendur og/eða viðhaldsaðila, hjólfara og hrýfigreining og jarðsjá. Framtíðar eftirlitsaðferðir eins og leiser skanna og hitamyndavélar mætti einnig nota til að fylgjast með ástandi afrennslis.

Tímasetning þessara áfanga er mjög mikilvæg til að öðlast nothæf gögn. Ráðast ætti í fyrsta áfangann snemma að vori eða seint að hausti þegar skurðir eru að mestu lausir við gróður. Vorið er besti tíminn fyrir áfanga tvö vegna mikils magns leysingavatns, en einnig má gera greininguna að sumri ef að nauðsyn krefur.

2.2 GREINING Á VEGHLUTUM ÞAR SEM VANDAMÁL ERU

Sjónræn skoðun er líklegast nothæfasta aðferðin til að greina hvaða veghlutar það eru sem búa við ónógt afrennsli. Mælt er með því að skoðunin fari fram með aðstoð gagnaskráningarbúnaðar og stafrænnar myndbandsupptöku eða seríu af ljósmyndum beggja vegna vegar. Slík aðferð gerir það kleift að hægt er að staðla gögn milli ára og auðveldar notkun gagnanna í framtíðinni, t.d ef ráðist er í sérstaka hönnun á afrennsliskerfi.

Þegar staðið er að söfnun stafrænna gagna, ætti að beina myndbandsupptökuvélinni að skurðinum eins og sýnt er á Mynd 2.1. Einnig má nota tvær upptökuvélar og þá er mælt með því að einni sé beint fram á veginn á meðan hinni er beint að skurði og vegöxl. GPS gögnum ætti einnig að safna samhliða til þess að tryggja að staðsetningar vandamálastaða séu nákvæmar. Frekari upplýsingum frá eftirlitshópnum má einnig safna á upptökuvél eða beint á fartölvu. Upplýsingar þessar gætu t.d verið lýsing og flokkun á virkni skurðar, lega og jarðfræði í nágrenni vegar, jafnframt heildarástandi afrennsliskerfisins, staðbundnum skemmdum svo sem skemmd ræsi, samfallnir skurðir o.s.frv.

Mynd 2.1. Dæmi um stefnu stafrænnar myndbandsupptökuvélar

Eftir að gögnum vegna afrennslismatsins hefur verið safnað ætti að skipta veginum í einsleita hluta er byggja á ástandi afrennsliskerfisins. Hægt er að notast við flokka eins og „venjubundið afrennslisviðhald“ og „sértækt afrennslisviðhald“. Veghlutar er falla undir „venjubundna afrennslisviðhalds flokkinn“ ættu að búa yfir vandmálum sem hægt væri að laga með reglubundnum aðgerðum. „Sértæki afrennslisviðhalds flokkurinn“ myndi þá taka yfir þá hluta þar sem ástand byggingar og virkni vegar væri undir áhrifum slaks afrennslis. Þessa hluta þyrfti að vakta sértaklega, halda upp virku viðhaldi á þeim og ráðast í aðgerðir til að bæta afrennslið ef þurfa þykir. Flokkunina má framkvæma t.d með því að nota þá 3 flokka er sjá má í sænsku veghönnunarleiðbeiningunum (flokkur 1 = gott afrennsli, flokkur 2 = afrennsli ábótavant, flokkur 3 = lélegt afrennsli) sem „venjubundnu afrennslisviðhalds flokkana“ og sem viðbót „sértæka viðhaldsflokkinn“ sem fjórða stigs afrennslis ástand.

Lagt er til, við nánari greiningu í miðstöð, að myndbandsgögn eða ljósmyndir séu skoðaðar samhliða gögnum um hjólför eða skemmdir í vegi, ef þau eru til staðar. Einnig má notast við upplýsingar frá viðhaldsflokkum til að hjálpa til við að finna og flokka kafla þar sem vandamál eru til staðar. Með upplýsingum um hjólför má til dæmis mæla dýpkun faranna árlega til þess að finna út hvaða áhrif léleg afvötnun vegar hefur á hjólfaramyndun.

Niðurstöður afrennslisgreiningarnar má svo nota til að finna hvaða kaflar eru til vandræða eða geta orðið það í náinni framtíð og þá er hægt að skoða þá frekar. Að þessu loknu má leggjast í nákvæma greiningu á hvaða afrennslisvandamál steðja að köflunum og finna orsakirnar fyrir þeim.

Ókostur skoðunar aðferðarinnar er að hún er byggð á sjónrænu mati og því huglæg. Hins vegar ef hún er framkvæmd af þjálfuðum hópi er hægt að auka gæði mats á afrennslisflokkum. Hugtakið afrennslisgreining og „sértækur afrennslisflokkur“ verður skýrt frekar í ROADEX III undirverkefninu „Drainage guidelines“.

2.3 GRUNNGREINING Á STÖÐUM ÞAR SEM AFRENNSLISVANDAMÁL ERU TIL STAÐAR

Ef ákvörðun er tekin um að ráðast í lagfæringar á kafla vegar þar sem afvötnun er léleg, ætti fyrst að finna ástæðuna fyrir vandamálinu. Þessi grunngreining ætti að innihalda mat á hvort afvötnunar vandamálið tengist illa virkandi afrennsliskerfi, tengist staðsetningu vegar og umhverfis hans, hvort það sé mögulega rakagildra í veginum, eða hvort það séu stöðugleika vandamál í fláanum. (sjá mynd 3.1).

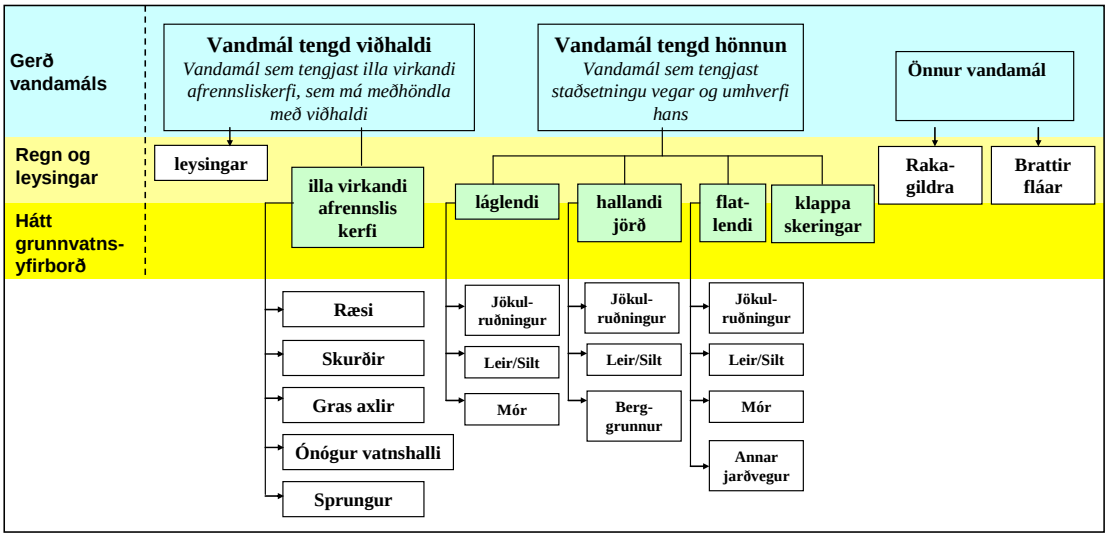
Grunngreiningin þarfnast venjulega nákvæmari skoðunnar, sem þýðir að ástand ræsa og annarra hluta afrennsliskerfisins, svo sem skurða, er skoðað á fæti. Einnig geta jarðsjárgögn, ef þau eru til staðar, veitt góða aðstoð við að finna út hvaða ástæður liggja að baki skemmda. Ein ástæða getur verið að berggrunnurinn hindri afvötnun vegarins og geri það að völdum að afrennsliskerfið virki ekki sem skyldi.

Það er mikilvægt að hópur sá er framkvæmir þessa vinnu búi yfir nægri þekkingu til að geta greint ástæðuna fyrir vandamálinu og geti lagt fram tillögur til endurbóta. Nákvæm skoðun á vandamálastaðnum getur líka upplýst um það hvort þörf sé á frekari skoðunarferðum á staðinn til að framkvæma greiningu.

Kafli 3. Flokkun staða þar sem afvötnunar-vandamál eru og lausnir við þeim

3.1 ALMENNT

Þrátt fyrir að jarðvegsástand, landslag og loftslag sé mjög breytilegt milli norður jaðarsvæðana, eru þau afvötnunarvandamál sem koma upp þar í grunninn þau sömu. Minniháttar undantekning er þó Skotland þar sem upp hafa komið sérstök vandamál í tengslum við grasaxlir. Vandmálin má flokka í þrjá megin flokka eins og sýnt er á mynd 3.1.



Mynd 3.1. Flokkun afvötnunarvandamála

Afvötnunarvandamálin sem sjá má á mynd 3.1 er lýst hér á næstu blaðsíðum með:

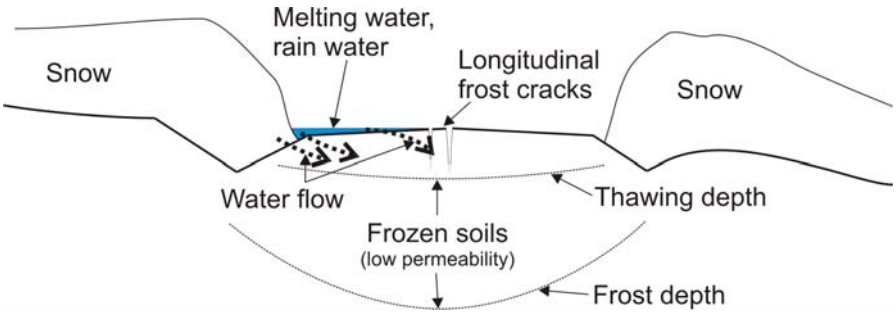
- lýsingu á vandamáli
- hvernig má þekkja vandamálið
- hvað veldur vandamálinu
- mat á hvernig hægt er að bæta afvötnun

Töflu sem tekur saman afvötnunarvandamálið, auk leiðbeininga um hvernig má þekkja vandamálið, ásamt tillögum að endurbótum má finna í Viðauka 1. Að auki eru nákvæmari lýsingum á afrennslis vandamálunum gerð skil í ROADEX II, verkhluta II, skýrslunni „Drainage on Low Traffic Volume Roads“ eftir Berntsen og Saarenketo (2005).

3.2 VANDAMÁL TENGD VIÐHALDI

3.2.1 Vandamál vegna leysingavatns

Á meðan á þíðutímabilum stendur getur safnast mikið magn vatns á vegyfirborð eða í skurði af völdum bráðnunar snjós eða rigningar. Aðalvandamálið er að frosin jarðvegur er næstum ógegndræpur miðað við þiðin jarðveg. Að auki er ómögulegt að losna við leysingarvatnið þegar skurðir eru fullir af snjó og ís og virka ekki sem skyldi. Við þessar aðstæður hefur leysingarvatn er losnar úr íslinsum aðeins eina leið að fara, þ.e upp í gegnum veginn, sem ásamt yfirborðsvatninum veldur of miklum vatnsþrýstingi innan vegbyggingarinnar. Þetta ástand dregur úr burðarþoli vega á meðan á þessum tímabilum stendur. Algengum afvötnunarvandamálum er skapast vegna vorleysinga er lýst á mynd 3.2



Mynd 3.2. Afvötnunarvandamál vegna vorleysinga

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- Að fjarlægja snjó úr skurðum meðan á þíðutímabilum stendur til að losna við yfirborðsvatnið (Mynd 3.3)
- Notkun djúp afrennslis
- Frosteinangrun (dýrt)
- Hækka veginn (nýbygging) og/eða grafa breiðari og dýpri skurði/vegrásir
- Nota efni í vegbygginguna sem eru vatns- og frostþolin
- Þegar vegbyggingin er hönnuð verður alltaf að hafa í huga burðarþolseiginleika burðarlaga meðan á þíðutímabilum stendur

Mynd 3.3. Hreinsun íss og snjós úr skurði/vegrás

3.2.2 Illa virkandi afrennsliskerfi

Ræsi

Skipta má ræsum í tvo grunnflokka, ræsi er þvera veg og ræsi er liggja meðfram vegi. Ræsi er þvera veg eru þau sem hleypa vatni gegnum veginn og ræsi meðfram veg beina vatni í skurðum undir vegamót og heimreiðar í átt að næsta vatnsfalli.

Ef straumhraði í ræsum er þvera veg er lægri en hann er ofar í vatnsfallinu, safnast jarðvegur saman í ræsinu undir veginum. Mikilvæg viðhaldsaðgerð er því að hreinsa ræsið þegar magn jarðvegsefna hefur náð ákveðnu marki. Ef þetta er ekki gert mun ræsið ekki ná að anna vatnsflauminum og vatn mun flæða yfir vegyfirborðið og/eða inn í sjálfan veginn. Slíkt vandamál getur líka varðað öryggi umferðar þar sem stífluð ræsi geta valdið rofi í veginum og honum mögulega skolað á burt. Þetta getur líka gerst ef inntak ræsisins er stíflað af greinum, drullu, möl, rusli eða öðru slíku.

Ræsi er þvera veg verða líka fyrir frost og ísingar vandamálum. Ef ís stíflar ræsi mun vatnið flæði yfir veginn. Vandamál þetta er aðallega bundið við vorleysingar og þíðutímabil yfir vetrartímann þegar miklar rigningar verða. Rof getur verið vandamál en þar sem vegurinn er venjulega frosinn á meðan þessu stendur er vandamálið ekki eins stórt og síðar árs þegar jörð og vegur hafa þiðnað.

Aðferðir til endurbóta – nokkrar tillögur fyrir ræsi er þvera veg:

- skoða og hreinsa bæði inntak og ræsi þegar nauðsyn krefur
- endurbygging inntaks / ræsis
- gufuhita ræsið til að fjarlægja ísstíflur
- sólarorkuknúin hitakapall

Ræsi meðfram vegi hafa venjulega smærra þvermál en ræsi er þvera veg. Ræsi við heimreiðar eru venjulega staðsett á skurðbotninum, liggja oftast grunnt miðað við stærri ræsin. Vegna lægri straumhraða safnast fínefni auðveldlega í ræsið og

minnkar skilvirkni afrennslissvæðis þess. Annað vandamál snýr að hversu grunnt það er, þar sem lítill straumur og takmarkað afrennslissvæði gera ræsið móttækilegra fyrir frost og ísingu. Ís getur stíflað ræsi því getur vandamálið orðið alvarlegt í vorleysingum þegar snjór bráðnar hratt og þörf er fyrrir snögga og skilvirka lausn.

Sérstök vandmál geta skapast í kringum aðkeyrslur að verslunum, bensínstöðvum og annars konar stöðum þar sem ræsi meðfram vegi eru mjög löng. Í þessum kringumstæðum eru ræsin viðkvæmari fyrir frosti og ís og einnig er erfiðara að hreinsa fínefni og rusl úr þeim.

Aðferðir til endurbóta – tillögur fyrir ræsi er liggja meðfram veg

- reglubundin hreinsun ræsa
- á vorin, gufuhita ræsi til að hreinsa ísstíflur
- notkun sólarknúinna hitakapla til afísingar
- ef vandamálin eru erfið getur reynst nauðsynlegt að skipta út afrennsliskerfinu fyrir djúpafrennsli og úttaki fyrir sandgildru

Vegna frostlyftingar, legu á jarðvegi eða gallaðrar smíðavinnu geta ræsi brotnað og skemmst. Afleiðingin er að vatn mun flæða stjórnlaust og getur valdið rofi umhverfis ræsið og/eða hækkað vatnsyfirborðið. Í slíkum tilvikum, eftir miklar rigningar, er möguleiki á því að vegurinn skoli burt og lokist.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- skipta út skemmda ræsinu og skipta út jarðvegi í grunni fyrir frostþolið efni
- koma ræsinu í samt horf með því að koma fyrir PEH pípu í því og sprauta steinsteypu milli pípanna tveggja.

Vegrásir

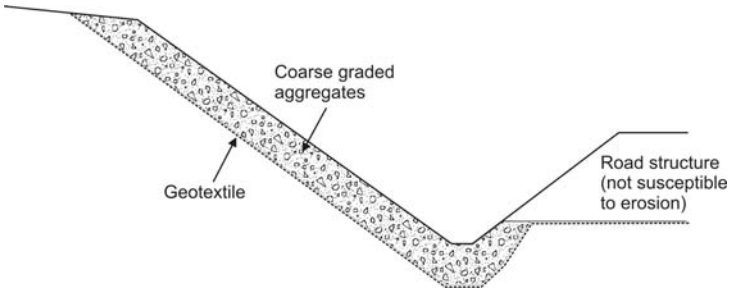
Rýmd vegrása getur farið minnkandi í áranna rás vegna uppsöfnunar drullu og gróðurs sem fyllir botn rásarinnar og veldur þetta skerðingu í rennsli. Afleiðingin er að grunnvatnsstaðan í veginum hækkar og burðarþol skerðist. Á svæðum þar sem jarðvegur er fínkornóttur er þörfin fyrir hreinsun rása enn meiri þar sem fínkornótt efni verður auðveldar rofi að bráð. Stöðugleiki bakka vegrása getur líka verið erfitt vandamál, sérstaklega þar sem silt er algengt eins og sjá má á mynd 3.5. Samfallnar rásir ætti alltaf að opna eða koma fyrir stoðkerfi í bökkum þeirra.

Mynd 3.5. Samfallinn vegöxl á siltkenndu svæði. Myndin var tekin fyrsta vorið eftir að vegrásin var hreinsuð

Hreinir skurðir eru mjög mikilvægir til þess að afrennsliskerfið virki vel og ekki skyldi líta fram hjá þeim þegar eftirlit með vegrásum, sem hluta af afrennsliskerfinu, fer fram. Það stoðar lítt að hreinsa vegrásir þegar úttakið fyrir afrennslið er ekki til staðar. Því ætti að, þegar viðhald fer fram á vegrásum, að huga að skurðum. Sömu endurbóta aðferðum (listi neðar) má beita hvort sem rætt er um vegrásir eða skurði.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- hreinsun vegrása oftast nægjanleg aðgerð
- varnir gegn rofi, skipta út efni í ytri bakka rásar, gróft efni notað og geotextíl Mynd 3.6)
- „pípuleggja rásina“ (afrennsli undir yfirborði)
- Vegrásir fylltar grófgerðu efni vöfðu í geotextíl



Mynd 3.6. Ytri bakki vegrásar rofvarinn.

Gras axlir

Háar grasaxlir er meiriháttar vandamál í Skotlandi á hinu gamla, þrönga vegakerfi sem sjá má í dreifbýli, en svipuð vandamál geta komið upp í öðrum norðurjaðar-svæðum þar sem torf á vegöxlum fær að ná meiri hæð en bundið slitlag vegar. Þar sem þetta gerist mun yfirborðsvatnið renna niður, gegnum slitlagið, í stað þess að flæða á eðlilegan hátt út í vegrásir eða skurði. Afleiðingin er minna burðarþol og afmyndun vegarins.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- fjarlægja grasaxlirnar og torfið, grafa vegrásir til að yfirborðsvatnið renni af slitlaginu
- djúp afrennsli
- brúnar/jaðar afrennsli

Lítill vatnshalli

Vatnshalli er stór þáttur í hversu hratt vatn rennur af vegyfirborði. Afrennsli af veg veltur bæði á hliðarhalla vegarins sem og langhalla. Til að vatnshalli sé talinn skilvirkur, á norskum vegum með bundnu slitlagi, verður hann að vera að minnsta kosti 1%. Á finnskum malarvegum er ráðlagður vatnshalli 4%.

Hjólför og ójafnt vegyfirborð getur hindrað að yfirborðvatn nái að renna hratt burt og pollar á vegyfirborðinu valda því að vatn drýpur niður í veginn. Magn þessa vatns veltur á fjölda sprunga, hola og gegnumdræpi slitlagsins.

Vatn á vegyfirborði getur líka dregið úr öryggi vegfaranda. Blautt yfirborð dregur úr gripi sem leiðir til lengri hemlunarvegalengdar. Yfirborðsvatn getur líka frosið og valdið hálku. Einnig getur skyndileg breyting á veggripi brugðið vegfarendum. Af þessum ástæðum er mikilvægt að allir vegir hafi nægan vatnshalla og hann má mynda með endurbyggingu vegar eða endurlagningu slitlags.

Sprungur og holur

Flestir fáfarnir vegir í Svíþjóð, Finnlandi og Noregi eru lagðir mjög þunnu bundnu slitlagi með brotinn möl í grunninn. Þessi grunnur getur búið yfir miklu magni fínefna og lítilli stífni miðað við annað efni, getur þetta valdið miklu álagi í yfirborði slitlagsins. Ef bikið í yfirborðslaginu er stíft getur þetta valdið langsprungum og sprunguneti í slitlaginu. Auka þessa eru aðrir algengir sprunguvaldar; frostlyfting, veikar vegbrúnir og miklir ásþungar.

Vegyfirborðið er oft ójafnt á þessum vegum og yfirborðsvatn getur safnast í hjólför og aðrar lægðir. Ef yfirborðið er einnig sprungið á þessum stöðum, smýgur vatnið niður í malarlagið og minnkar burðarþol efnisins. Hraðar þetta niðurbroti vegarins.

Til að koma böndum á þetta vandmál ætti að nota sveigjanlega bikbundin efni í yfirborðslagið og mælt er með notkun mjúks biks. Einnig er mikilvægt að loka yfirborði vegarins vel svo að vatn flæði í vegrásir en ekki niður í sjálfa vegbygginguna eins og áður hefur verið rætt um.

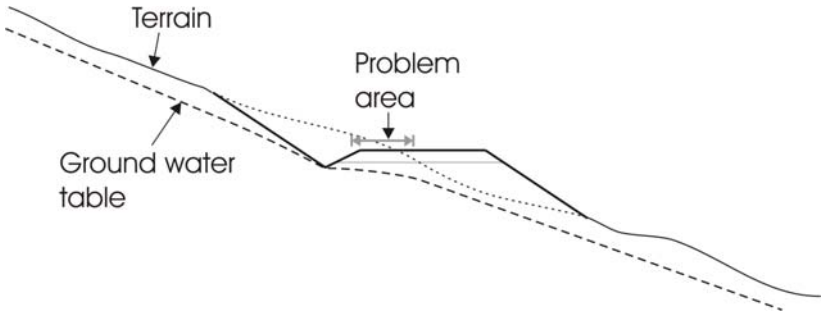
3.3 HÖNNUNARTENGD VANDAMÁL

3.3.1 Almennt

Afrennsliskerfi getur, þrátt fyrir að leiðbeiningunum hafi verið fylgt við gerð þess, verið ófullnægjandi. Leiðbeiningar geta aldrei tekið á öllum aðstæðum og ef það kemur í ljós að vandamáls stafa af raka í vegbyggingunni er enn þörf á að endubæta afrennsliskerfið.

3.3.2 Hallandi jörð

Á stórum hluta norðurjaðarsvæðanna eru vegir byggðir á hallandi jörð þar sem helmingur vegarins er í skeringu og hinn helmingurinn á fyllingu eins og sjá má á mynd 3.7. Afvötnunarvandamál tengd hallandi jörð fyrirfinnast aðallega á svæðum þar sem jökulruðningur og sandur/silt eru ráðandi jarðvegsefni. Þar sem jarðvegur samanstendur af leir eða mó er jörð ofast flöt.



Mynd 3.7. Afvötnunarvandamál á vegi í halla

Á vegum í halla er grunnvatnsyfirborðið oftast nær vegyfirborðinu og álaginu skeringar megin. Rakainnhald fylgir fjarlægð frá grunnvatnsyfirborði og því er hjólfaramyndun meiri á akreininni nær brekku. Afleiðing þessa er að akreinin skeringarmegin þarfnast endurbyggingar mörgum árum fyrr en akreinin á fyllingunni sem býr við mun betra afvötnun. Líftímahlutfallið (þurr akrein/rök akrein) getur numið meira en 2.

Á hallandi jörð flæðir grunnvatnið náttúrulega undir veginn. Ef klöpp eða ógegndræp jarðefni eru nálægt vegi geta þau hindrað eða safnað grunnvatninu saman á stöðum og skapað hættu á frostlyftingu, mýkingu vegna vorþíðu og minnkandi burðarþoli.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- auka þykkt vegarins (jarðvegsskipti) skeringarmegin eða hækka veginn.
- nota afrennsli undir yfirborði til að lækka grunnvatnstöðuna skeringarmegin
- brúnar/jaðar afrennsli
- fjarlægja klappir/ógegndræpan jarðveg sem hindrar grunnvatnsstraum
- frosteinangrun (dýrt)
- notkun auka ræsa á stöðum þar sem vatnstraumur er hindraður

3.3.3 Afvötnunarvandamál í lægðum

Þar sem lægðir eru í landslagi og ekkert náttúrlegt afrennsli til staðar, mun umframvatn drjúpa niður í undirliggjandi jarðveg. Þegar jörð er frosin eða eftir miklar rigningar eða leysinga, getur vatnið ekki runnið á brott og safnast því í lægðir þar til það flæðir yfir veginn. Veldur þetta vandræðum fyrir veginn eins og sýnt er á mynd 3.8. Einnig getur hækkað yfirborð grunnvatns mýkt undirbyggingu vegarins og yfirborð hans að því marki að hann verður ófær, á þetta sérstaklega við um malarvegi.

Mynd 8. Afrennslis vandamál í lægð, Rd 19778, Kemijärvi, Finland.

Aðferðir til endurbóta - tillögur

Jökulruðningur

- Mögulegt að útbúa niðurföll eða afrennslisrásir
- hækka veginn (hjálpar einnig til við vetrarviðhald)

Leir, silt eða mór

- hækka veginn (hjálpar einnig við vetrarviðhald), en þá skyldi hafa í huga möguleg sigvandamál

- Gerð niðurfalla er ekki möguleg

3.3.4 Afvötnunarvandamál á flatri jörð

Afvötnunarvandamál vega er liggja um flata jörð eru oftast þau sömu og vegkaflar er liggja um lægðir, auk erfiðleika er fylgja lengri vegalengdum að náttúrlegu afrennsliskerfi og losunar vatns. Vandamál þetta er sýnilegast á meðan á vorleysingum stendur þegar jörð er enn frosin og mikið umfram magn vatns er til staðar. Þessar aðstæður koma einnig upp á meðan á miklum rigningum stendur þegar jarðvegurinn getur átt í erfiðleikum með að anna yfirborðsvatninu. Alvarleiki vandamálsins veltur á magni vatns og gleypni jarðvegar. Hvernig sem aðstæðurnar eru, eru áhrifin þau sömu. Grunnvatnsstaðan hækkar og afleiðingunum hefur nú þegar verið lýst.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

Jökulruðningur

- hækka veginn
- skipta út vegefnum fyrir frostþolin og vatnsleiðandi efni.
- útbúa niðurföll og rásir
- útbúa langa skurði, (langa úttaksskurði) eða djúpafrennsli

Leir, silt eða mór

- hækka veginn (fylgjast vel með sigi)
- langir skurðir (langir úttaksskurði) (á yfirborði eða undir yfirborði)
- Gerð niðurfalla ekki möguleg

3.3.5 Afvötnunarvandamál er tengjast klöppum

Klappir valda sértækum vandamálum fyrir afvötnun vega, sérstaklega þegar vegurinn liggur í halla. Klappir geta hindrað grunnvatnsstrauma og getur það verið ein ástæðan fyrir að vegur þurrkar sig ekki sem leiðir svo af sér lægra burðarþol. Á meðan á frostaköflum stendur getur vegur frosið niður að berggrunninum og hindrað þannig grunnvatnflæði. Þetta veldur því að íslinsur myndast á yfirborði berggrunnsins er leiðir af sér ójöfnur á vegyfirborðinu. Einnig er mögulegt að lægðir í bergrunninum safni í sig vatni og ef það eru ófrostþolin efni í vegbyggingunni myndast aðskilinn ís.

Aðferðir til endurbóta - tillögur:

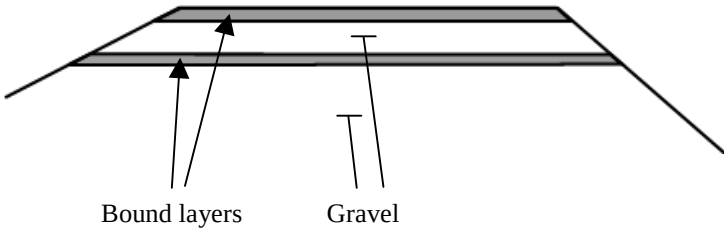
- sprengja klappir niður á 1-2 m. dýpi neðar undirstöðum vegar. Þetta myndar sprungur í bergrunninum og vatn mun geta runnið úr vegbyggingunni
- útbúa vegrásir/djúpafrennsli sem hindrar vatn í að renna inn í vegbygginguna

- nota frosteinangrun (sérstaklega í halla þar sem óhægt er um vik að sprengja klappir)
- fjarlægja eða þurrka út lægðir eða bolla í berggrunninum sem geta safnað vatni

3.4 ÖNNUR VANDAMÁL

3.4.1 Rakagildra

Algeng aðferð til vegstyrkinga á áttunda og níunda áratuginum var að þjappa óbundnu efni beint ofan á gamla slitlagið. Skapaðist við þetta nokkurs konar samlokuform (sjá mynd 3.9). Vatn sem nær að smjúga ofan í bundna slitlagið, af óbundnum vegöxlum og frá vegrásum (á þíðutímabilum) lokast í slíkri vegbyggingu inni milli bundnu laganna tveggja. Ef rakainnihald óbundna lagsins er nálægt mettunarstigi mun hár ásþungi skapa mikinn vökvaþrýsting innan efnisins og brjóta upp bundna slitlagið á yfirborðinu.



Mynd 3.9. Mettuð lög vegna vegna bundinna laga í vegbyggingunni.

Aðferðir til endurbóta - tillögur:

- fræsa upp vegbygginguna og mylja neðra bundna lagið ef það er nær en 40 cm. frá vegyfirborðinu
- fræsa núverandi bundið slitlag og þykkja óbundna lagið svo það verði að minnsta kost 35 cm (plús 5 cm. af bundnu slitlagi)

3.4.2 Stöðugleikavandamál í brekkum

Annað alvarlegt afvötnunarvandamál, sérstaklega í skeringum, er að jarðefni úr votum brekkum getur flætt niður í vegrásir, stöðvað eðlilegt vatnsflæði um þær og valdið hækkun á grunnvatnsyfirborði. Þetta vandamál er hvað alvarlegast þar sem jarðvegur er fínkornóttur, sand eða silt, og grunnvatnsstraumur er mikill.

Aðferðir til endurbóta – tillögur:

- yfirborðs drenlagnir
- bakrennslis skurður fyrir ofan efri brún brekkunar til að ná stjórn á yfirborðsvatninu og lækka grunnvatnsstöðuna
- gróðursetning plantna
- hylja yfirborð brekkunnar með grófkornóttu efni (mynd 3.10). Nota skal geotextíl milli undirliggjandi jarðvegs og grófa efnisins.

Mynd 3.10. Dæmi um hvernig má auka stöðugleika skeringar

Kafli 4. Áhrif lélegrar afvötnunar á slitlag

4.1 ALMENNT

Mörg líkön hafa verið þróuð til að meta hvernig vegir þola umferðarálag. Sum þeirra reikna, eða taka að minnsta kosti til greina, áhrif afrennslis. Sameiginlegt vandmál þessara líkana eru flóknir eiginleikar þess hvernig vatnsinnihald hefur áhrif á slitlag. Einfalda þarf þessa eiginleika til þess að hægt sé að spá fyrir niðbrot veghluta í tengslum við gæði afrennslis.

Næstum sérhver rannsakandi nefnir í rannsóknum sínum að afvötnun sé mikilvægasta breytan þegar hugað er að langtíma virkni vegar. Samt sem áður taka fáar rannsóknir á því hversu víðtæk áhrif gott afrennsli hefur hefur á líftíma vegar. Nokkrum velþekktum hönnunaraðferðum er beitt í næstu köflum til þess að meta líftíma vegbyggingar er býr við mismunandi vatnsinnihald. Auk þessara aðferða eru tilviksrannsóknir kynntar til að varpa ljósi á áhrif lélegrar afvötnunar á líftíma.

4.2 FRÆÐILEGIR ÚTREIKNINGAR

Leiðbeiningar þær er hér fylgja á eftir, er innihalda líkön sem taka áhrif afvötnunar með í reikninginn, voru kynntar í upprunalegu ROADEX II skýrslunni:

- Sænsku hönnunarleiðbeiningarnar
- AASHTO hönnunarleiðbeiningarnar
- HDM-4
- FHWA, LTPP verkefni í SHRP

Frekari líkön, er kynnt eru í yfirliti fræðirita, voru einnig notuð til útreikninga á áhrifum afvötnunar á formbreytingu undirliggjandi burðarlaga.

Sænsku hönnunarleiðbeiningarnar flokka stífleika (the resilient modulus) lélegra efna (utan staðla) í 3 flokka er byggja á greiningu afvötnunar eiginleika þeirra. Þessi efni eru oft til staðar í fáförnum vegum. Út frá þessum gildum má reikna áhrif endurbóta á afrennsli vegar, í hærri flokk, með notkun á útreiknuðu álagi og togkröftum í viðeigandi líkönum

Í upprunalegu skýrslunni (Berntsen og Saarenketo 2005) voru tvö dæmi tekin til að sýna fram á áhrif mismunandi afrennslis flokkana. Útreikningarnir voru framkæmdir með PMS Object hugbúnaði sænsku Vegagerðarinnar, er notar línulegt sveigju líkan (linear elastic model) Niðurstaða var fengin með að reikna fjölda viðmiðunar öxla þar til hámarks leyfilegt niðurbrot og sprungumyndun átti sér stað. Niðurstöðurnar sýna að líftími vegbyggingar var aukin um hlutfallsbilið 2.2 – 2.6

þegar afrennsliskerfið var endurbætt frá lélegu til góðs ástands (frá afrennslisflokki 3 til 1). Ein forsenda reikninganna var að undirliggjandi jarðvegur væri jökulruðningur en ef um silt hefði verið að ræða þá hefði hlutfallið orðið enn hærra.

AASHTO hönnunarleiðbeiningarnar notast við 5 mismunandi flokka fyrir gæði afrennslis, frá „mjög lélegu“ til „mjög góðs“. Með því að bæta afrennslis gæðin, undir þessum leiðbeiningum, frá „mjög lélegum“ til „viðunandi“ sýnir mun meiri aukningu í líftíma en sænska líkanið. Líftíminn margfaldast með 5 í dæminu er gert er skil í skýrslunni.

Niðurbrots líkönin sem þróuð eru í SHRP kerfinu byggja á fjölbreytu framreikningum undir aðstæðum sem hafa verið þróaðar með víðu sviði mögulegra breyta og hafa gegnum aðfallsgreiningu sýnt fram á tölulegt mikilvægi rakainnihalds. Ekki er auðvelt að nota SHRP líkönin en það er augljóst að líkönin sýna fram á meira niðurbrot þegar rakainnhald eykst og munurinn er meiri þegar frost er í jörðu.

Einnig má auka líftíma vegarins með því að auka þykkt undirbyggingar. Aukning um 8 cm í undirbyggingunni hefur sömu áhrif eins og að lækka grunnvatnsstöðuna um 40 cm (frá 20 cm ofar grunninum niður í 20 cm undir honum). Þetta er náttúrulega ekki mögulegt á gömlum vegi, en mikilvægt að hafa í huga þegar vegur og afrennslis kerfi hans er hannað. Á stöðum þar sem erfitt er að koma fyrir fullnægjandi afrennsli getur besta lausnin við slíkar aðstæður verið að auka þykkt vegbyggingarinnar, þ.e.a.s hækka veginn miðað við grunnvatnsstöðu.

4.3 ATHUGANIR Í MÖRKINNI

Áhrif lélegs afrennslis á ástand vegar er auðveldast að sjá með því að fylgjast með veghlutum byggðum í halla. Eins og lýst var í kafla 3.3.2 er yfirborð grunnvatns venjulega nær vegyfirborði (og þar af leiðandi nær ásþunga) skeringarmegin. Fyllingarmegin er lengra í grunnvatnið og rakainnihald vegbyggingarinnar því minna. Vegna þessa má nota þá hlið vegar sem er nær skeringunni til að sýna fram á lélegt afrennsli og fyllingar hliðina sem dæmi um afrennslis kerfi í góðu ásigkomulagi. Að mestu leyti hafa sömu aðstæður fundist í vegum er liggja í skeringu: raka innihald þeirra er örlítið hærra en svipaðrar vegbyggingar á fyllingu

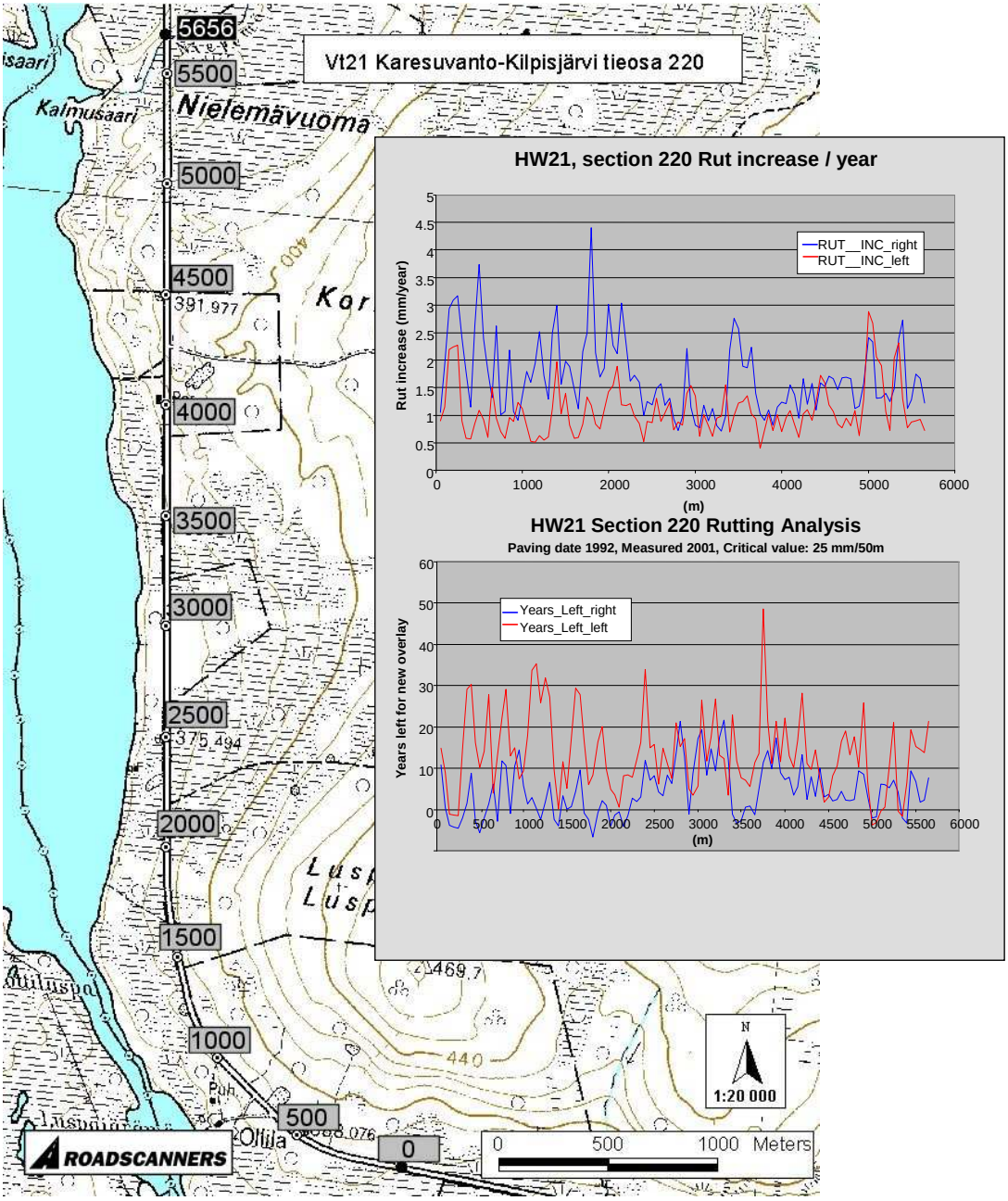
Textinn sem fylgir hér á eftir sýnir tvö mismunandi dæmi um athuganir gerðar á veghlutum í halla. Þegar dæmin eru skoðuð ætti samt að hafa í huga að það er ekki bara afrennslis ástandið sem getur haft áhrif á hjólfaramyndun milli þurrrar og rakrar akreinar. Efnin og þjöppun þeirra getur verið mismunandi og einnig getur verið að undirliggjandi jarðvegur sé mismundi yfir sniðið. Síðast en ekki síst hefur umferðarálagið mismunandi áhrif á hjólfaramyndun á innri og ytri akreinum í beygjum í skeringum. Álagið er meira á innri akreinina og mun því hafa meiri áhrif á afmyndun vegarins þar.

Dæmi: HW 21 (E8) Kilpisjärvi, Finland

Mynd 4.1 sýnir dæmi frá vegi HW 21 nálægt Kilpisjärvi, Finnlandi. Á þessum kafla er vegurinn staðsettur í halla eins og sjá má á kortinu á mynd 4.1 Línurit er sýna meðalhjólfaramyndun mm/ári fyrir báðar akreinar og líftíma þeirra er má einnig finna þar.

Greinilegan mun á hjólfaramyndun má sjá á kaflanum frá stöð 0-2500, þar sem hallinn er mestur. Ef aðeins er horft á þennan kafla er árleg aukning dýpt hjólfara 2,0 mm/ári á hægri akrein og aðeins 1,0 mm/ári á vinstri akrein. Þetta gefur til kynna að líftími akreinarinnar sem býr við betra afrennsli sé tvöfalt lengri en hinnar ef maður gefur sér að hjólfaramyndunin sé línulegt fyrirbæri.

Mælingar á hjólförum voru gerðar þegar vegurinn var 9.5 ára gamall og þá var útreiknaður líftími hægri akreinarinnar 1.8 ár og vinstri akreinarinnar 15.0. Með öðrum orðum þá var líftími, betur afvatnaðar vinstri akreinarinnar 24.5 ár og hægri akreinarinnar 11.3 ár. Þetta gefur hlutfall upp á 2.17.



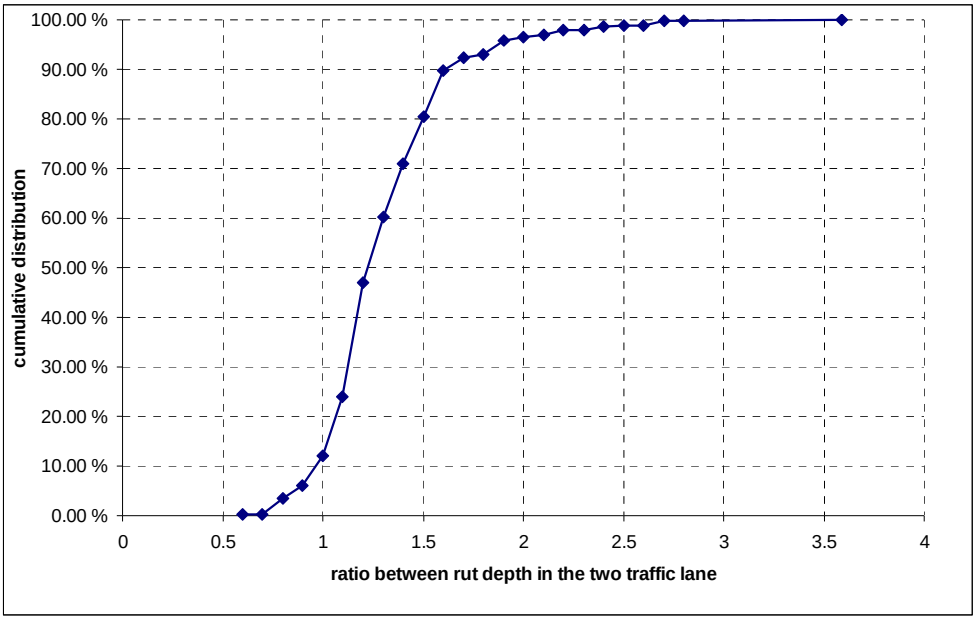
Mynd 4.1. Veghluti á HW21 – Kilpisjärvi, Finland, er sýnir meðal hjólfaramyndun / ár og líftíma.

<u>Dæmi: Athuganir á 184 km vega í Troms sýslu, Noregi</u>

Í Noregi er dýpt hjólfara mæld árlega á báðum akreinum allra vega með bundnu slitlagi. Hverjum vegi er deilt niður í einsleita kafla þar sem ástand er svipað. Flokkar þessir eru notaðir í norska PM kerfinu. Tölfræðileg dreifing hjólfaramyndunar er reiknuð fyrir hvern kafla og hjólfara gildi, er lýsir því stigi þar sem 90% vegarkafla hefur lægri hjólfaramyndun, er skilgreint. Hjólfara gildi þetta er

svo notað sem til viðmiðunar vegna skemmda og þegar það nær 25 mm leggja leiðbeiningarnar það til að vegurinn verði endurbættur.

Í Roadex II afrennslisgreiningunni voru tengslin milli hjólfara, á akreininni brekkumegin (lélegt afrennsli) og ytri akreininni (gott afrennsli), reiknuð. Sömu tengsl voru líka reiknuð fyrir hrýfi kvarðan. Mynd 4.2 sýnir samansafnaða dreifingu hlutfalls dýpt hjólfara (lélegt afrennsli/gott afrennsli) fyrir 184 km vega. Eins og myndin sýnir er aðeins 12% vegakerfisins undir skoðun er hefur meiri hjólfaradýpt á akrein sem býr við gott afrennsli. 19.5% vegalengdarinnar býr við hlutfall hjólfara dýpar meira en 1.5 sem þýðir að hjólfaradýpi akreina með lélegt afrennsli var meira en 50% meira en akreina með gott afrennsli. Afgangurinn (68.5%) er hlutfallið milli 1.0 og 1.5. IRI (hrýfi) hlutfallið milli akreinanna tveggja var ekki eins afgerandi eins og hjólfaradýptin en samt sem áður var það greinilegt að þróun IRI var verri á akreininni er bjó við lélegt afrennsli.



Mynd 4.2. Samansöfnuð dreifing hlutfalls hjólfaradýptar milli akreinar með góðu afrennsli og akreinar með lélegu afrennsli

Muninn á líftíma þessara tveggja akreina má að miklu leyti rekja til munsins í afrennslisástandi. Grunnvatnsyfirborðið er nær umferðarálaginu skeringarmegin (lélegt afrennsli) og hærra rakainnhald veldur dýpri hjólfaramyndun. Þar af leiðandi má líta á muninn á líftímanum sem mælistigu á áhrif þess að lækka grunnvatnsyfirborðið.

4.4 ÁHRIF LÉLEGS AFRENNSLIS - SAMANTEKT

Spálíkönin í kafla 3 hafa verið notuð til að sýna fram á að líftími vegbyggingarinnar (reiknað sem fjöldi staðal öxla) mun aukast til muna þegar afrennsli er bætt. Þegar niðurstöður sænsku hönnunarleiðbeininganna voru bornar saman við staðbundnar athuganir, voru niðurstöðurnar mjög svipaðar. Öll önnur reiknilíkön sýna svipuð eða jafnvel meiri áhrif afrennslisgæða.

Á grunni tilgátu líkana og athugana í mörkinni er hægt að flokka vandamála svæði í hópa þar sem ástand er svipað og áhrif endurbóta á afrennsli þau sömu. Tafla 4.1 sýnir áætlaða aukningu í líftíma þegar afrennslis kerfið er endurbætt.

Tafla 4.1. Breytingar í líftíma þegar afrennsli er bætt.

Afrennslis ástand	Afrennslis flokkar 1)	Hlutfall – breyting í líftíma með því að bæta afrennsli
Hópur 1 Afrennslis kerfið virkar ekki (eða er ekki til staðar). Vatnssækin jarðvegur í vegbyggingunni eða undirstöðunum. Mjög hátt grunnvatnsyfirborð. Lægðir og grjót er hindra grunnvatnsstreymi	>3	> 2,5
Hópur 2 Afrennslis kerfið virkar ekki og jarðvegurinn í vegbyggingunni og undirstöðu er minna vatnssækin en sá í hópi 1. Afrennslis kerfið virkar illa vegna lélegs viðhalds (vegrásir og ræsi ekki hreinsuð) og vatnssækin jarðvegur í veginum eða undirliggjandi lögum.	3	2-2,5
Hópur 3 Afrennslis kerfið virkar illa vegna lélegs viðhalds (vegrásir og ræsi ekki hreinsuð). Jarðvegur í vegbyggingunni og undirlögum minna vatnssækinn.	2	1,5-2
Hópur 4 Afrennslis kerfið virkar ekki nógu vel vegna ónógs viðhalds eða að viðhaldsleiðbeiningum er ábótavant.	1-2	1-1,5

1) Samburður við afrennslis flokkana í sænsku hönnunarleiðbeiningunum

Lenging á líftíma vegarins veltur á því að hversu miklu leyti endurbæturnar eru gerðar. Hlutföllin í töflu 4.1 sýna aukninguna sem mögulega er hægt að ná.

Kafli 5. Afvötnun og LKÚ (Líftímakostnaðar útreikningar)

5.1 ALMENNT

Nauðsynlegt er að vita hversu mikill kostnaður vegna viðhalds á afrennsliskerfi er, til þess að geta reiknað hvaða áhrif vel virkandi kerfi hefur á kostnað vegna slitlagsins yfir líftíma þess. Raunverulegur viðhaldskostnaður er breytilegur milli landanna á norðurjaðrinum og einnig innan hvers lands fyrir sig.

Venjulega er kostnaður sem hlýst af viðhaldi afrennsliskerfisins mun lægri en endurlagning slitlags og í Noregi, til dæmis, er slitlagsendurlögn 8-10 sinnum dýrari en hreinsun vegrása og ræsa (hreinsun vegrása kostar 10-12% af endurlögn, endurlögnin kostar 32-37 €/metra og vegrása hreinsun 3,7-4,5 €/metra. Í Finnlandi, þar sem lífkostnaðar greining er líka gerð, eru verðin aðeins lægri en hlutfallið milli vegrásahreinsunar og nýs slitlags er nokkurn veginn það sama.

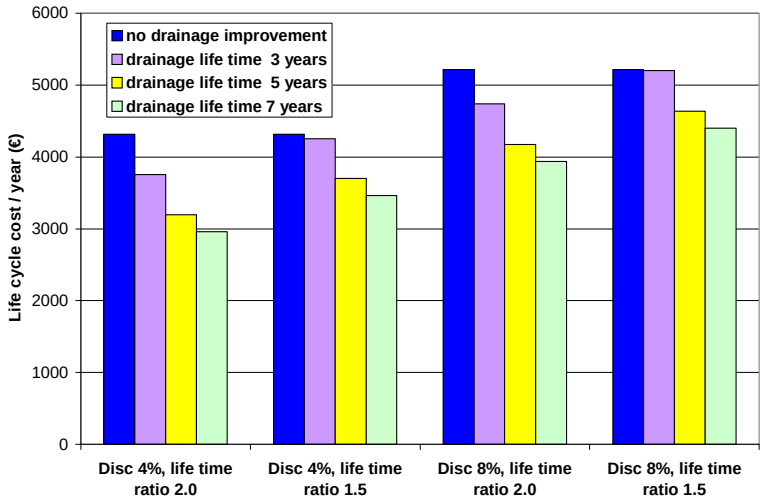
Samt sem áður er ekki alltaf víst að vegrás virki þrátt fyrir að hafa verið mótuð samkvæmd hönnunarleiðbeiningunum. Í þessum tilfellum verður að beita öðrum aðferðum til að bæta afrennsli t.d með því að dýpka rásina eða útbúa djúp afrennsli. Þessar aðgerðir eru dýrari og kostnaður veltur á eðli vandamálsins. Kostnaður við að koma fyrir djúp afrennsli liggur á bilinu 30-50% af kostnaði er hlýst af endurlögn, fer eftir jarðveginum hvar á bilinu verðið liggur.

Í næstu köflum er samanburður gerður á kostnaði þess að leggja nýtt slitlag á 5 til 6 metra breiðan veg og kostnað vegna vegrásahreinsunar. Venjulega brotna aðeins stuttir kaflar veghluta niður vegna ónógs afrennslis, en það eru þessi stuttu vegalengdir sem eru ástæðan fyrir því að allur veghlutinn er endurlagður slitlagi. Af þessari ástæðu lækkar hlutfallslegur kostnaður enn meira og skilar sér í hagkvæmari afrennslisendurbótum.

5.2 HVERSU OFT ER HÆGT AÐ ENDURBÆTA AFRENNSLI Á ARÐBÆRAN HÁTT?

Oft er áhugaverð spurning lögð fram í þessu sambandi: Hversu oft er hægt að endurbæta afrennsli á arðbæran hátt séð frá út líftíma kostnaði. Sem dæmi má nefna að útreikningar til að meta líftímakostnað voru framkvæmdir með því að nota 4,100 €/km sem kostnað vegna afrennslis endurbóta og endurlögn slitlags var metin á 35,000 €/km (hlutfall 0.117). Niðurstöður þessarar greiningar má sjá á mynd 5.1.

Mynd 5.1 sýnir að með því að endurbæta/viðhalda afrennslis kerfinu er hægt að tvöfalda líftíma slitlags (frá 10 til 20 ár), með því að framkvæma afrennslisviðhald annað hvert ár á arðbæran hátt, þrátt fyrir háan vaxtakostnaðs, allt að 8% (líkt og notast er við í Noregi). Ef lenging á líftíma er aðeins 50% (frá 10-15 ár) og vaxtakostnaðurinn aðeins 4% (eins og í Finnlandi), er enn hægt að framkvæma afrennslis viðhald þriðja hver ár á arðbæran hátt. Venjulega er ekki þörf á viðhaldi oftar en það.



Mynd 5.1. Dæmi um líftímakostnaðar greiningu er sýnir kosti afrennslis endurbóta. Niðurstöðurnar eru sýndar með því að nota tvö líftíma hlutföll 2.0 (10 til 20 ár) og 1.5 (10 til 15 ár) og notast er við tvö vaxtakostnaðar hlutföll (4% og 8%)

Þessi dæmi taka ekki tillit til aukins kostnaðar vegna viðhalds sem stafar af illa virkandi afrennsli. Raunar ætti að skoða kosti þess að halda afrennslinu í góðu ásigkomulagi með tilliti til lengri tímakvarða en þess sem snýr að einni slitlagslögn, þar sem frostverkanir, vegna raka, munu hafa mikil áhrif á burðarþol allrar vegbyggingarinnar til langs tíma.

Útreikningarnir sýna einnig að það borgar sig að nota dýrari úrlausnir við endurbætur afrennslis en bara vegrásahreinsun. Til dæmis, ef hægt er að tvöfalda líftíma slitlagsins og vaxtakostnaðurinn er 4%, mega afrennslis endurbætur kosta 8,400 €/km með endurnýjun á 5 ára fresti, og líftímakostnaðurnn væri enn lægri en án endurbóta.

Kafli 6. Tillögur

Sýnt hefur verið fram á í þessari skýrslu, með hjálp fræðilegra líkana og athugana í raunveruleikanum, að ef ónóg afvötnun er ástæðan fyrir lélegu burðarþoli og stuttum líftíma, er mögulegt að lengja líftímann um að minnsta kosti hlutfallið 1.5 – 2 með því að endurbæta afrennslið. Þar af leiðir að viðhald á afrennsliskerfum er mögulega arðbærasta verkefni veghaldara auk þess sem það er sjálfbært og ódýrt stjórntæki til notkunar við viðhald vega. Að auka skilvirkni afrennsliskerfis ætti því að vera efst á forgangslista viðeigandi ráðstafana.

Fyrsta skrefið í styrkingu vegar ætti því að vera að láta afrennsliskerfið virka eins og það á að gera. Slíkt ætti að gera 1-2 árum áður en vegur er lagður nýju slitlagi til að tryggja að vegbyggingin sé vel afvötnuð og í góðu ástandi þegar endurlagning hefst.

Mælt er með að mat á afvötnunarástandi fari fram við lok hvers viðhaldssamnings eða að minnsta kosti á áttunda hvert ár. Á meðan á matinu stendur ætti að staðsetja veghluta er vandmál eru til staðar og skilgreina þörfina á viðgerðum. Síðan ætti að finna ástæðurnar fyrir vandamálinu og hanna viðeigandi lausnir.

Á meðan á afrennslisgreiningunni stendur er mælt með því að veginum sé skipt niður í einsleita kafla byggða á ástandi afrennslis, með því að nota flokka eins og „eðlilegt afrennsli“ og „óeðlilegt afrennsli“. Vandamál sem finna má í fyrri flokknum má laga með reglubundnu viðhaldi . Fylgjast verður sérstaklega með veghlutum í seinni flokknum og lagfæringar kunna að þarfnast frekari aðgerða og úrlausna við en aðeins reglubundins viðhalds. Afrennslis greiningar hugtakinu verður gerð betri skil í ROADEX III undirverkefninu „Drainage guidelines“.

Kafli 7. Heimildir

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

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

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

Noss, P. M. 1978. Poresug i jordarter (Soil suction). Doctor thesis. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim.

Roadex Project 1998-2001. Northern Periphery. Geisladiskur.

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

Viðauki 1

TAFLA YFIR AFRENNSLISVANDAMÁL OG TILLÖGUR AÐ LAUSNUM VIÐ ÞEIM

Flokkur	**Lýsing á vandamáli**	**Vísbendingar um að vandamál sé til staðar**	**Hvað veldur vandamálinu**	**Afrennslis lausnir Tillögur**
Vandamál tengd viðhaldi	Vatnsmettun vegbyggingar á meðan á vorleysingum og þýðutímabilum stendur.	*Burðarþols vandamál*. Bundið slitlag: Hjólfaramyndun, sprungur og afmyndun. Malarvegir: Miklar afmyndanir á meðan á vorleysingum stendur. Í alvarlegum tilfellum getur vegur orðið nánast ófær.	Jarðvegur er tekur við frosti eða óbundin vegefni þar sem íslinsur myndast á meðan frosta tímabilum stendur, veldur því að of mikið vatn er í vegbyggingunii þegar hún þiðnar, dregur úr burðarþoli Leysingarvatn og yfirborðsvatn smýgur inn í vegbygginuna úr vegrásum, af öxlum og gegnum sprungur í vegyfirborði	▪ Hreinsun íss og snjós úr rásum til að greiða fyrir flæði vatns í afrennsliskerfinu ▪ Djúp afrennsli ▪ Skipta út jarðvegi fyrir frostþolið gróft efni. ▪ Frost einangrun. ▪ Binding burðarlags ▪ Styrking vegbyggingar gegn veikingu vorleysinga. ▪ Réttur vatnshalli
	Rásir stíflaðar, haldast ekki opnar.	*Venjulega tengist þetta vandamál burðarþolsvandmálun, kemur til vegna ónógrar vegrásahreinsunar.* Drulla og fínkornóttur jarðvegur fyllir rásina og krefst mikillar vinnu að halda henni opinni. Rof í ytri brekku rásar.	Of brattir bakkar rása miðað við jarðvegsgerð. Vöntun á rofvörnum.	▪ Örari hreinsun rásar ▪ „Pípuleggja rásina“ (djúp afrennsli) ▪ Botnar rása fylltir grófgerðu efni vöfðu í geotextíl. ▪ Rofvarnir. Gróft efni, gróður eða mismunandi efni í rásabrekku.
	Galli í ræsum.	Athugun leiðir í ljós ástand ræsisins. Vegurinn brotnar niður (lægðir, ójöfnur) nálægt ræsi. Oft frostlyfting. Holur í vegyfirborði.	Lægðir, stíflað inntak, frostlyfting, of þröngt ræsi, ekki rétt bygging ræsis eða inntaks.	▪ Skipta út ræsi fyrir stærra ræsi ▪ Hreinsa inntak/úttak ▪ Rétta úr PEH-pípum

Flokkur	Lýsing á vandamáli	Vísbendingar um að vandamál sé til staðar	Hvað veldur vandamálinu	Afrennslis lausnir Tillögur
(framhald) Vandamál tengd viðhaldi	Stíflar inntak ræsis.	Rusl, greinar, torf eða drulla stífla inntak. Vandamál sérstaklega eftir miklar rigningar þegar losna þarf við mikið magn yfirborðsvatns.	Mögulegt er að inntakið sé hannað á rangan hátt. Þvermál ræsis sé of lítið. Svæðið ofar ræsinu búi við rof og jarðefni safnist í inntakinu	▪ Hreinsa inntakið. ▪ Endurbyggja inntakið. ▪ Stækka ræsið
	Ís stíflar ræsið	Ís stílfar ræsið og vatn flæðir yfir veg á meðan á þýðutímabilum stendur. Rásir yfirfyllast.	Frost kemst að ræsinu annað hvort að ofan eða gegnum ræsið sjálft. Hægur vatnsstraumur gegnum ræsið. Svæðið sem afrennslið verkar á minnkar vegna ónógrar hreinsunar.	▪ Hreinsun á sandi, möl o.s.frv. mun minnka vandamálið. ▪ Gufu beitt til að bræða ís ▪ Endurbyggja ræsið (lækka það ef mögulegt) og útak og inntak. ▪ Sólarorka eða vindorka beisluð til að knýja hitakapal.
	Torf á vegöxl	Torf á vexöxl hækkar og hindrar eðlilegt afflæði yfirborðsvatns. Umferðaröryggis vandamál (pollamyndun) auk niðurbrots vegarins.	Gróður er vex á vegöxl og innri bakka rásar myndar torf er hækkar hvort ár.	▪ Fjarlægja torfið
Vandamál tengd hönnun	Grasaxlir	Slitlagið brotnar niður við jaðar akreinar og í lægðum þar sem vatn stendur á yfirborði á meðan á rigningu stendur.	Sumir vegir búa við grasaxlir í stað vegrása. Hindrar að yfirborðsvatn í að flæða burt og því seytlar það niður í vegbygginguna.	▪ Fjarlægja grasaxlirnar og útbúa rásir ▪ Djúp afrennsli ▪ Jaðar afrennsli ▪ Gera verður yfirborðsvatni kleyft að flæða burt eins fljótt og auðið er.
	Afrennslis vandamál vegna staðsetningar vegar í lægðum (botn á grunnum dölum).	Vatn flæðir yfir veg þegar snjór bráðnar og í miklum rigningum. Viðvarandi afmyndanir á þessum veghlutum. Mismunandi frostlyfting.	Vegna landfræðilegra aðstæðna er ómögulegt að beina vatni frá vegi. Grunnvatnsyfirborð of nálægt vegbyggingunni.	*Jökulruðningur* ▪ Niðurföll/skurður ▪ Hækka veginn með grófgerðu efni *Leir/silt eða mór* ▪ Hækka veginn með grófgerðu efni ▪ Niðurföll og slíkt virkar ekki !

Flokkur	Lýsing á vandamáli	Vísbendingar um að vandamál sé til staðar	Hvað veldur vandamálinu	Afrennslis lausnir Tillögur
Vandmál tengd hönnun (framhald)	Ónógt afrennsli á hallandi jörð.	Hjólfaramyndun á akrein er liggur nær brekku.	Hátt grunnvatnsyfirborð undir akrein nær brekku. Of veik vegbygging. Efri vegrásir ekki hreinsaðar.	▪ Lagfæra afrennslis kerfið með því að hreinsa rásirnar. ▪ Djúp afrennsli til að lækka grunnvatnsyfirborðiðæ ▪ Styrkja vegbygginguna skeringar megin. ▪ Styrking með járnabindingum
	Afrennslis vandamál þar sem bergrunnur er nálægt vegbyggingunni.	Vatn nær ekki að renna frá veginum og leiðir þetta til lægra burðarþols. Á meðan á frostum stendur myndast ís ofan á klöppunum er hindrar vatnsflæði og veldur myndun ójöfna á vegyfirborði.	Bergrunnurinn hindrar vatn í að flæða undir veginn. Vatn nær að komast að frost gjörnum efnum ofan á klöppinni. Frost nær niður að bergrunninum og byrjar að hindra grunnvatnsstrauma.	▪ Sprengja klappir svo þær liggi 1-2 m neðar en grunnlag vegar ▪ Jarðvegskipti niður að bergrunni með grófgerðu efni ▪ Sprengja klappir undir rás brekku megin ▪ Útbúa djúp afrennsli í brekkunni til þess að varna því að vatn smjúgi inni í vegbygginguna ▪ Nota mörg ræsi ▪ Frost einangrun ▪ Fjarlægja klappir/grjót er hindra vatnstreymi.

Flokkur	Lýsing á vandamáli	Vísbendingar um að vandamál sé til staðar	Hvað veldur vandamálinu	Afrennslis lausnir Tillögur
	Afrennslis vandamál á flatlendi	Rásir og jafnvel vegur flæðir á meðan á leysingum eða miklum rigningum stendur. Varanlegar afmyndnir, sérstaklega á vegöxlum.	Vegna flatneskjunnar er erfitt að láta vatn renna burt frá vegsvæðinu. Hátt grunnvatnsyfirborð veldur háu rakainnihaldi í vegbyggingunni.	*Jökulruðningur:* ▪ Hækka veginn ▪ Skipta út efnum í vegbyggingunni fyrir frost og vatnsþolin efni. ▪ Jafna út vatnssækin efni. ▪ Niðurföll eða rásir ▪ Langa skurði eða djúpaf afrennsli. *Leir/silt eða mór* ▪ Niðurföll ekki möguleg ▪ Hækka veginn (passa upp á mögulegar lægðamyndanir) ▪ Langir afrennslisskurðir (á yfirborði eða undir)
Önnur vandamál	Mettuð lög vegna bundinna laga innan vegbyggingarinnar. (Rakagildra)	Hröð hjólfaramyndun og myndun sprunguneta í klæðingu eftir endurlögn. Vatn þrýstist upp úr klæðingunni á meðan á frostleysingum stendur og eftir rigningar.	Gömul og ógegndræp slitlög er skilin eftir undir óbundna laginu , nær botni nýju klæðingarinnar en 40 cm. Vatn lokast inni milli lagana og efnið mettast. Álag vegna umferðar myndar þrýsting er brýtur sundir yfirborðslagið.	▪ Athuga skyldi hvort gamalt bundið lag er undir óbundna laginu t.d með jarðsjá ▪ Brjóta gamla slitlagið ef það er nær nýja laginu en 40 cm ▪ Mylja gegnum bundnu lögin niður á botn gömlu klæðingarinnar og blanda þeim saman við malarlagið. Blanda skyldi bitumeni saman við þegar mulið er.
	Rof og skriður í skeringum	Jarðefni á yfirborði ytri brekku verða rofi að bráð og falla niður , stifle rásina og hækka grunnvatnsyfirborðið.	Of brött brekka. Hátt grunnvatnsyfirborð og/eða hátt grunnvatnsstreymi. Rofgjörn efni í skeringarbrekku.	▪ Yfirborðs rennur ▪ Grafa skurð ofan við brekku til að lækka grunnvatnsyfirborð. ▪ Gróðursetja ▪ Hylja yfirborð brekkunnar með grófgerðri möl eða macadam. Geotextíl milli jarðvegs og grófa efnisins.

Flokkur	Lýsing á vandamáli	Vísbendingar um að vandamál sé til staðar	Hvað veldur vandamálinu	Afrennslis lausnir Tillögur
	Afrennslis vandamál á malarvegum (afrennsli í vegbyggingum malarvega)	Vegyfirborðið missir styrk sinn verður drullukennt og vegurinn verður nær ófær í vorleysingum.	Frostsækin efni í vegbyggingunni valda vandamálinum. Ekki afrennslis vandamál en gott afrennsli gæti dregið úr því.	▪ Hreinsa skurði oft ▪ Djúp afrennsli niður að grunnvatnsyfirborði ▪ Skipta út hluta af vegbyggingunni fyrir grófara efni ▪ Þykkja veginn með því að bæta nýju burðarlagi og nýju yfirborðslagi á hann. ▪ Tryggja að vegyfirborðið búi fyrir nægum vatnshalla.