



# Loftslagsbreytingar og vegagerð

## Veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar

Áfangaskýrsla 2009

VEGSÝN



Veðurvaktin

**Titill:** Loftslagsbreytingar og vegagerð  
Veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar

**Verkefnisstjóri:**  
Skúli Þórðarson, Dr.ing.  
Vegsýn ehf  
Reykjavíkurvegur 60  
220 Hafnarfjörður  
Sími: 562 0600 / 846 7253  
skuli@vegsyn.is

***Pátttakendur í vinnuhópi verkefnisins:***

Einar Sveinbjörnsson	Veðurvaktin ehf
Matthildur B. Stefánsdóttir	Vg, Umhverfis- og áætlanadeild
Sigursteinn Hjartarson	Vg, Framkvæmdadeild
Haraldur Sigursteinsson	Vg, Veghönnunardeild
Gunnar Bjarnason	Vg, Jarðfræðideild
Nicolai Jónasson	Vg, Þjónustudeild
Einar Hafliðason	Vg, Brúadeild
Bjarni H. Johansen	Vg, Norðvestursvæði
Kristján Kristjánsson	Vg, Veghönnunardeild

## Samantekt

Hér hefur verið fjallað um líklegustu áhrif loftslagsbreytinga á starfsemi Vegagerðarinnar og safnað saman upplýsingum um núverandi aðferðir hjá Vegagerðinni við að tengja hönnunar- og rekstrarþætti við upplýsingar um veður og veðurfar. Lýst hefur verið atriðum sem þarfnast nánari skoðunar og dregnar upp rannsóknarspurningar sem útfæra þarf nánar og taka afstöðu til. Helstu ábendingar sem koma fram í þessum áfanga verkefnisins eru eftirfarandi:

*Vetrarþjónusta:* Skipulag og framkvæmd vetrarþjónustunnar hefur tiltölulega stuttan viðbragðstíma og mikinn sveigjanleika. Þessi stutti viðbragðstími séður í ljósi hægfara loftslagsbreytinga gefur ekki tilefni til þess að þróun vetrarþjónustunnar þurfi sérstaklega að taka mið af loftslagsbreytingum. Eftir sem áður er eðlilegt að þróun vetrarþjónustunnar taki áfram mið af ráðandi breytileika veðurs og veðurfars á Íslandi en með því móti er séð fyrir því að vetrarþjónusta framtíðarinnar taki mið af áhrifum loftslagsbreytinga.

*Uppbygging vega og slitlög:* Áframhaldandi þróun og notkun vöktunar- og spákerfa fyrir frostþíðuverkun og þungatakmarkanir er talin munu draga úr skemmdum og viðhaldspörf til lengri og skemmri tíma. Þessi viðbúnaður mun gagnast svo lengi sem meginhluti vegakerfisins verður fyrir frostþíðuárun, en eftir því sem stærrí hluti vegakerfisins er endurbyggður í hærri gæðum dregur úr þörf fyrir viðbúnað. Athuganir í þá veru að heimfara niðurstöður loftslagshermana á framtíðarsviðsmyndum á frostþíðuverkun geta gefið vísbendingar um það hvort tiltekin svæði landsins verði fyrir verulega breyttri frostþíðuverkun og í framhaldinu munu slíkar niðurstöður nýtast við forgangsröðun á vegum við gerð áætllana um endurbyggingu og styrkingar. Aukin þekking og úrbætur sem hafa það að markmiði að bæta dreneringu undirbyggingarinnar draga úr þeirri óvissu sem stafar af loftslagsbreytingum. Með tilliti til hugsanlegrar aukningar á hámarkshitastigi vegyfirborðs að sumarlagi og tíðni og varanda tímabila með háum yfirborðshita vegar þarf að varpa betra ljósi á það hvaða gerð bindiefna í slitlögum muni verða heppilegt að nota í framtíðinni.

*Ræsi og brýr:* Æskilegt er að útbúa aðferðir til skoðunar og skráningar á ástandi ræsa og minni vatnsopa en 4 m. Jafnframt er æskilegt byrjað verði á því að skrá skipulega atburði sem tengjast tjóni vegna flóða í minni vatnsvegum og ræsum. Lagt er til að Vegagerðin láti vinna tilraunaverkefni um áhættumat fyrir stærrí eða minni hluta vegakerfisins með hliðsjón af ólíkum veðurfarsógnum en niðurstöður slíkra greininga auðvelda ákvarðanatöku.

*Vegir við strendur:* Vegagerðin þarf að hafa skilmerkilegt yfirlit yfir mannvirki við strendur sem verða fyrir áhrifum sjávarstöðubreytinga á næstu áratugum. Jafnframt þarf að þróa aðferðafræði um það hvernig aðlögun að hækkaðri sjávarstöðu getur orðið hluti af viðhaldi og endurbyggingu núverandi mannvirkja.

## Efnisyfirlit

Samantekt.....	3
Efnisyfirlit .....	4
1 Inngangur.....	5
1.1 Bakgrunnur .....	5
1.2 Markmið.....	5
1.3 Viðfangsefni ársins 2009 .....	6
2 Þemaflokkar .....	7
2.1 Vetrarþjónusta.....	7
2.1.1 Veðuráhrif .....	7
2.1.2 Matsaðferðir og líkön.....	7
2.1.3 Rannsóknarspurningar .....	8
2.1.4 Staða annarra verkefna.....	9
2.1.5 Vetrarþjónusta: Tillaga að næstu skrefum .....	9
2.2 Uppbygging vega og slitlög .....	9
2.2.1 Veðuráhrif .....	9
2.2.2 Matsaðferðir og líkön.....	9
2.2.3 Rannsóknarspurningar .....	12
2.2.4 Uppbygging vega og slitlög: Tillaga að næstu skrefum.....	12
2.3 Ræsi og brýr.....	13
2.3.1 Veður og veðurfarsáhrif .....	13
2.3.2 Matsaðferðir og líkön.....	13
2.3.3 Rannsóknarspurningar .....	15
2.3.4 Ræsi og brýr: Tillaga að næstu skrefum .....	15
2.4 Vegir við strendur .....	16
2.4.1 Vegir við strendur: Tillaga að næstu skrefum.....	17
2.5 Aðrir þættir.....	17
2.5.1 Snjóflóð.....	17
2.5.2 Aurskriður og grjóthrun .....	18
3 Umræða.....	19
4 Heimildir.....	20

# 1 Inngangur

## 1.1 Bakgrunnur

Loftslagsbreytingar munu hafa áhrif í starfsemi Vegagerðarinnar á næstu árum og áratugum. Á einhverjum sviðum koma þessar breytingar til með að hafa jákvæð áhrif og leiða til lægri rekstrar- og viðhaldskostnaðar en á öðrum sviðum geta þessar breytingar haft neikvæð áhrif og aukinn kostnað í för með sér.

Nauðsynlegt er að Vegagerðin hafi yfirsýn yfir hvaða áhrif loftslagsbreytingar munu hafa á skipulag, hönnun, rekstur og þjónustu á vegakerfinu og að gerðar verði ráðstafanir til þess að bregðast við þar sem þörf er á aðlögun. Verkefnið um veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar hófst í ársbyrjun 2008. Afrakstur undirbúningsvinnu sem fram fór árið 2008 er að finna í skýrslu frá því í apríl 2009: *Loftslagsbreytingar og vegagerð – Undirbúningur vegna veðurfarsaðlögunar í starfsemi Vegagerðarinnar*, sem unnin var af Vegsýn.

Mikilvægt er að gera greinarmun á annars vegar aðgerðum til þess að draga úr loftslagsbreytingum af mannavöldum og hins vegar aðgerðum til þess að aðlagast loftslagsbreytingum. Í fyrra tilfellinu er verið að fjalla um umhverfismál, á meðan síðara tilfellið felur í sér aðra þætti svo sem skipulag og hönnun, byggingu, rekstur og viðhald vegakerfis.

Vegagerðin getur lagt sitt lóð á vogarskálarnar við að draga úr loftslagsbreytingum með því að stuðla að minni útblæstri gróðurhúsalofttegunda, bæði vegna eigin starfsemi og með hagræðingu á vegakerfi. Þetta er ekki viðfangsefni þessa verkefnis en samantekt yfir þessi atriði er að finna í viðauka (Viðauki A).

## 1.2 Markmið

Meginmarkmið verkefnisins eru:

- Að yfirfara verklag og forsendur í starfsemi Vegagerðarinnar m.t.t. loftslagsbreytinga
- Að gera áætlanir um aðlögun starfseminnar að breyttu loftslagi.

Nánari lýsingu á markmiðum og yfirlit yfir hlutamarkmið og viðfangsefni verkefnisins er að finna í vinnuáætluninni sem haldið er til haga í eigin skjali. Í heild sinni er viðfangsefnið umfangsmikið, enda koma ólíkir veðurfarsþættir víða við sögu í hönnun og rekstri vegakerfisins. Til hagræðingar er viðfangsefninu skipt upp í eftirfarandi þemaflokka:

1. Vetrarþjónusta
2. Uppbygging vega og slitlög
3. Ræsi og brýr
4. Vegir og mannvirki við strendur
5. Aðrir þættir í starfsemi Vegagerðarinnar

Fjallað er um þessa flokka aðskilda, og fyrir hvern og einn er reynt að gera greinarmunur á atriðum er varða annars vegar skipulag og hönnun og hins vegar rekstur og viðhald. Eftirfarandi tafla er vinnugagn, til þess ætlað að auðvelda ýmsa greiningu, flokkun og forgangsröðun við úrvinnslu á síðari stigum verkefnisins.

Tafla 1-1 Tillaga að vinnutafla fyrir ýmsa úrvinnslu á næstu stigum verkefnisins

	Hönnun eða skipulag	Rekstur og viðhald	Annað
Vetrarþjónusta			
Uppbygging vega og slitlög			
Ræsi og brýr			
Vegir við strendur			
Aðrir þættir			

### 1.3 Viðfangsefni ársins 2009

Viðfangsefni ársins 2009 hafa einkum verið að lýsa þeim áhrifum sem veður og veðurfarsþættir hafa á ofangreinda þemaflokka og að gera grein fyrir aðferðum eða líkönum sem Vegagerðin notar við mat á áhrifum veðurs og veðurfars á ólíka þætti starfseminnar. Þá er metið hvaða möguleikar eru á því að nýta upplýsingar um framtíðarveðurfar til þess að áætla áhrif loftslagsbreytinga á viðkomandi þemaflokk.

Í áfanganum hefur það verið haft að leiðarljósi að til þess að gera grein fyrir áhrifum veðurfarsbreytinga þarf að ganga úr skugga um að núverandi verklag taki nægilega vel mið af veðri og veðurfari yfir höfuð þar sem það á við. *Forsenda þess að geta skilið áhrif veðurfarsbreytinga á starfsemina er að við þekkjum hvaða kröfur veður og veðurfar setja.* Af þessum sökum er rétt að hafa vakandi auga með því hvenær þörf fyrir ný verkfæri eða nýja aðferðafræði þar sem upp á vantar að núverandi aðferðir geri ráð fyrir því að unnt sé að taka mið af tölulegum breytingum á veðurfarsþáttum.

Vinnuhópurinn kom allur saman til fundar tvisvar sinnum árið 2009, dagana 6. maí og 3. nóvember. Verkefnisstjóri átti fundi, síma og tölvupóstsamskipti við þátttakendur eftir því sem þörf var og jafnframt var leitað til annarra starfsmanna Vegagerðarinnar.

Í byrjun mars 2010 tók Vegagerðin ásamt norsku vegagerðinni þátt í for\_umsókn til Norræna rannsóknaráðsins (Nordforsk) undir áætluninni „Toppforskningsinitiativet“ (TFI) um loftslagsbreytingar. Veðurstofan leiðir verkefnið en nokkrar stofnanir frá hinum Norðurlöndunum eru meðal þátttakenda. Ef forumsóknin verður samþykkt er stefnt að fullri umsókn í maí, og er þá stefnt

að því að vegagerðirnar í Svíþjóð og Danmörku sláist í hópinn. Ef þetta verkefni kemst á koppinn mun gefast tækifæri til þess að fjármagna rannsóknarvinnu meistara-, doktorsnema og nýdoktora um loftslagsbreytingar og vegagerð.

Verkefni Vegagerðarinnar um aðlögun að loftslagsbreytingum var kynnt á fundi íslensku NVF nefndarinnar „Vegens konstruksjon“ 28. september 2009, fyrir fulltrúa frá ROADEX IV þann 19. janúar 2010 og á ráðstefnu Klima og Transport 31. mars og 1. apríl 2009 í Osló.

## 2 Þemaflokkar

### 2.1 Vetrarþjónusta

Upprunalega var lagt upp með að þessi þáttur fjallaði um loftslagsbreytingar og vetrarþjónustu ásamt upplýsingagjöf og umferðarstjórnun vegna atburða sem tengjast veðri. Það var hins vegar mat vinnuhópsins að atriði er varða upplýsingagjöf og umferðarstjórnun falla undir samfélagslegar kröfur á hverjum tíma sem eru í eðli sínu óháðar loftslagsbreytingum. Það ber þó að hafa í huga að loftslagsbreytingar hafa hugsanlega í för með sér aukna tíðni atburða á vegakerfinu sem setja kröfur um sérstaka upplýsingagjöf og umferðarstjórnun. Hér er því aðeins fjallað um áhrif loftslagsbreytinga á vetrarþjónustu en umræða um upplýsingagjöf til vegfarenda verður undanskilin.

#### 2.1.1 Veðuráhrif

**Snjómokstur:** Úrkomumagn að vetri í formi snævar ásamt tíðni og varandi veðra með háan vindstyrk eru ráðandi fyrir skafrenningsáhrif. Umhleyplingar binda snjóþekju og draga úr skafrenningsáhrifum.

**Hálkuvarnir:** Ólíkar veðuraðstæður valda hálfu á vegum. Þar af eru ákveðnar aðstæður bundnar við stöðugt hitastig undir frostmarki með eða án úrkomu en aðrar aðstæður sem valda hálfu eru afleiðing þess að veghiti fellur undir frostmark. Þannig getur aukin tíðni hitasveiflna um frostmark aukið þörf fyrir hálkuvarnir. Stöðugir, langvarandi frostakaflar án snjókomu eða hlýindakafklar draga úr þjónustuþörf.

Með hækkunum meðalhita má búast við því að úrkoma falli í auknum mæli sem slydda og rigning, ekki síst á láglandi. Þrátt fyrir að það hafi í för með sér minni þörf fyrir snjómokstur getur það aukið þörf fyrir hálkuvarnir, sérstaklega í skammdeginu þegar ísing myndast vegna útgeislunar vegyfirborðs í kjölfar bleytu.

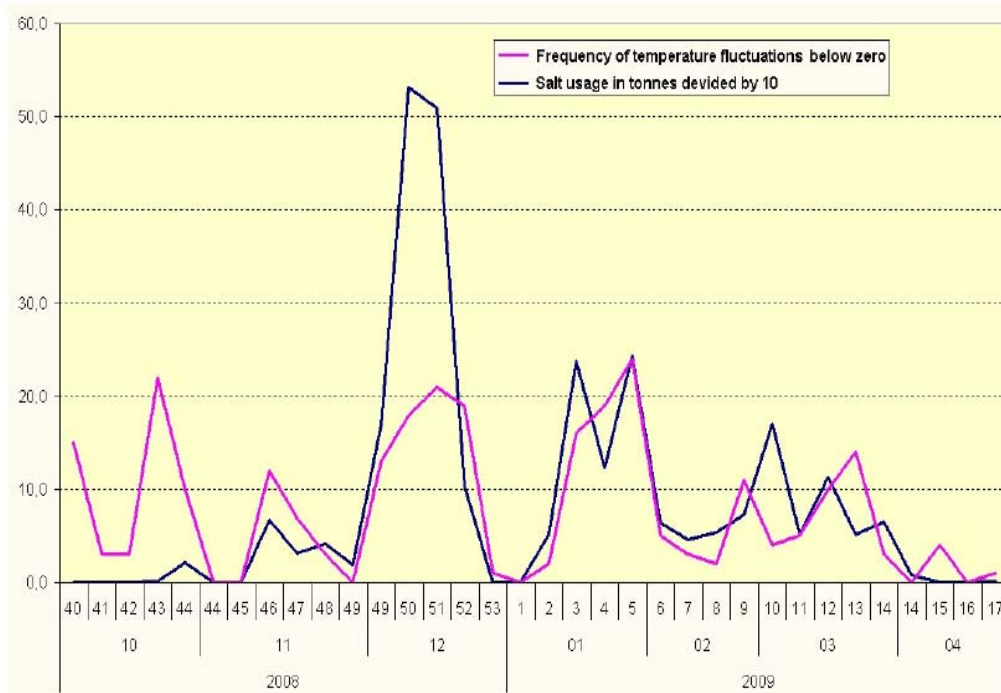
#### 2.1.2 Matsaðferðir og líkön

Algennt að nota veðurgögn til þess að meta þjónustuþörf, til dæmis með því að reikna upp s.k. Winter Index, VetrarIndeX (VI). Ólík afbrigði af VI hafa verið þróaðar, en þær taka oft mið af staðbundnum aðstæðum. Vegagerðin hefur notað sinn eigin VI til hliðsjónar við deilingu fjármuna til vetrarþjónustu milli svæða (Viðauki B). Þar er tekið mið af lofthita, lofthitasveiflum í kringum 0°, loftraka og daggarmarki ásamt vindhraða.

Á sama hátt og VI er reiknaður út frá sögulegum veðurgögnum er unnt að beita honum á framtíðarsviðsmyndir. Veðurfræðingar vinna að því að kvarða niðurstöður loftslagslíkana niður, þannig að fá megi mikla landfræðilega upplausn og einnig allþéttar tímaráðir, allt niður í 24 tíma gildi. Þess háttar gögn má nota til þess að meta breytingar á þjónustuþörf (og kostnaði) á mismunandi svæðum á mismunandi tímabilum, einnig í framtíðarveðurfari, svo lengi sem gæði og öryggi loftslagshermana fyrir framtíðarsviðsmyndir þykja nægjanleg. Halldór Björnsson veðurfræðingur á Veðurstofu Íslands ásamt fleirum, tekur þátt í alþjóðlegu þróunarstarfi um loftslagslíkön og

niðurkvarðanir. Hann hefur þegar útvegað niðurstöður af þessu tagi sem prófaðar hafa verið í frostdýptarlíkani sem Þjónustudeild vinnur nú að [15].

Einar Pálsson hjá Þjónustudeild Vegagerðarinnar hefur tekið saman gögn yfir samband saltnotkunar til hálkuvarna og veðurs á Reykjanesi [17]. Niðurstöður benda til mjög sterkrar fylgni milli fjölda hitastigssveiflna um frostmark í viku hverri og saltnotkunar. Á grundvelli þess háttar upplýsinga, ásamt heppilegri skilgreiningu fyrir VI og góðum tímaröðum fyrir sviðsmyndir í framtíðarveðurfari má ætla að góður grundvöllur sé til þess að meta áhrif loftslagsbreytinga á vetrarþjónustu.



**Mynd 2-1** Vikuleg saltnotkun og fjöldi hitastigssveiflna gegnum frostmark á Reykjanesi veturinn 2008-2009 [17].

Einkenni veðurs sem kalla á hálkuvarnir eru nokkuð vel þekkt. Vísbendingar eru um að sú hlýn sem átt hefur sér stað síðan um og upp úr miðjum tíunda áratugnum hafi aukið tíðni slíkra veðra [2]. Þetta atriði væri áhugavert að skoða nánar með samanburði á veðurfari fyrir og eftir að þessarar hlýnunar varð vart.

### 2.1.3 Rannsóknarspurningar

Til þess að skýra betur samband vetrarþjónustu og veðurs og veðurfarsbreytinga má vinna að eftirtöldum atriðum:

- Mikilvægustu gerðir eða tegundir veðurs sem ráðandi eru fyrir þjónustuþörf. Hverjar eru þessar veðurtegundir fyrir mismunandi svæði á landinu, hvernig hefur tíðni þeirra breyst síðustu ár? Hvernig gæti tíðni þeirra breyst í framtíðarveðurfari samkvæmt niðurstöðum loftslagslíkana? Hvaða áhrif hefði það á vetrarþjónustu?
- Með hjálp niðurkvarðana fyrir framtíðarsviðsmyndir er unnt að reikna VetrarIndex fyrir ólík svæði og tímabil og útbúa þannig vísi að tölulegum kvarða fyrir vetrarþjónustuþörf í framtíðarveðurfari sem hefur tilvísun í kostnaðartölur nútímans.



### 2.1.4 Staða annarra verkefna

Verkefnið IRWIN [1] undir ERA Net Road áætluninni um veðurfarsaðlögun fjalla um vetrarþjónustu á vegum. Markmið þess er að tengja gagnagrunn mælinga frá vegaveðurstöðvum í Finnlandi og Svíþjóð við hermanir á framtíðarsviðmyndum veðurfars fyrir árið 2050. Á grundvelli þessarar tengingar verður reiknaður upp nýr vetrarindex og lagt mat á breytingar á kostnaði við vetrarþjónustuna.

Norska verkefnið Klima og Transport hafði upprunalega skilgreindan vinnupakka um vetrarþjónustu. Vinnan þar hefur hins vegar ekki farið í gang, en helsta ástæða þess er sú að norska vegagerðin er þegar með í gangi stórt verkefni um vetrarþjónustu, *SaltSMART*<sup>1</sup>. Markmiðin [4], [5] þar eru að þróa aðferðir sem draga úr saltnotkun og að varpa skýrara ljósi á umhverfisáhrif vegsöltunar.

### 2.1.5 Vetrarþjónusta: Tillaga að næstu skrefum

Almennt er samband vetrarþjónustu við veður og veðurfar vel þekkt og því er vel gerlegt að meta áhrif loftslagsbreytinga á þennan þátt. Það er þó háð gæðum og áreiðanleika þeirra gagna um framtíðarveðurfar sem til grundvallar eru. Skipulag og framkvæmd vetrarþjónustunnar hefur tiltölulega stuttan viðbragðstíma og mikinn sveigjanleika. Þessi stutti viðbragðstími séður í ljósi hægfara loftslagsbreytinga gefur ekki tilefni til þess að þróun vetrarþjónustunnar þurfi sérstaklega að taka mið af loftslagsbreytingum. Eftir sem áður er eðlilegt að þróun vetrarþjónustunnar taki áfram mið af ráðandi breytileika veðurs og veðurfars á Íslandi en með því móti er séð fyrir því að vetrarþjónusta framtíðarinnar taki mið af áhrifum loftslagsbreytinga, bæði hvað varðar skiplag, tæknilega þróun og þróun útboðs- og samningsforms verktöku.

## 2.2 Uppbygging vega og slitlög

### 2.2.1 Veðuráhrif

Burðarþol vega, og þar með ending slitlaga er undir mjög miklum áhrifum frá veðurfari. Vatn og hitastig koma við sögu í mikilvægustu ferlum sem varða niðurbrot vega, hvort heldur sem um er að ræða úrkomu sem liggur á slitlagi eða hripar niður í burðarlög, grunnvatn sem sogast upp í fyllingar og fínefnarík burðarlög, vatn í burðarlögum sem frýs og hindrar eðlilega dreiningu þegar vegur tekur að þiðna. Úrkomuákefð einstakra atburða og tíðni mikilli úrkomuatburða hefur meiri áhrif en langtímameðaltal úrkomu.

Frostþíðusveiflur hafa áhrif á niðurbrot sjálfra steinefnanna í vegunum, en við niðurbrot efnanna eykst fínefnahlutfallið og vatn rennur síður úr burðarlögum. Lengri tímabil með stöðugu frosti auka burðarþol veganna umfram sumarburðarþol og hafa þannig áhrif til minnkunar á vegsliti vegna niðurbrots.

Bindiefni slitlaga þarf að þola háan sumarhita án þess að mýkjast um of og valda hjólfaramyndun vegna skriðs og einnig að þola lágan vetrarhita án þess að springa.

### 2.2.2 Matsaðferðir og líkön

#### Burðarþolshönnun

Burðarþolsleiðbeiningar Vegagerðarinnar (útg. apríl 2009<sup>2</sup>) taka mið af leiðbeiningum norsku vegagerðarinnar í handbók 018. Tekið er tillit til veðuráhrifa í hönnun með kröfum um lágt frostnæmi

<sup>1</sup> <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/SaltSMART>

<sup>2</sup> <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/>

og rakanæmi byggingarefna, ásamt því að tekið er tillit til frostnæmi undirstöðu undir burðarlögum. Staðbundin úrkoma eða fjöldi frostþíðusveiflna er ekki almennt hönnunatriði sem hefur áhrif á val lausna. Grunnvatnsstaða kemur óbeint inn í hönnunarforsendur í gegnum skoðun á rakaeiginleikum undirstöðunnar. Almennt er miðað við 600-700 mm lag af frostfríu efni undir slitlag, og allt að 1000 - 1200 mm undir umferðarmestu vegi (skv. reynslu, kemur ekki fram í leiðbeiningunum).

### Efniskröfur

Í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur (útg. feb. 2008) er fjallað um efnisgæði og kröfur. Almennt eru dregnar fram ýmsar kröfur til efna vegna einkenna íslensks veðurfars, frostþíðusveiflna og úrkomumagns.

Kröfur til efnis í malarslitlög fyrir mismunandi úrkomusvæði:

Auk umferðar hefur veðurfar og þá einkum úrkoma mikil áhrif á endingu malarslitlaga. Gerðar eru mismunandi kröfur til þjálmi malarslitlagsefna eftir því hvort meðalársúrkoma á viðkomandi svæði er undir eða yfir 1000 mm. Hér á landi er meðalársúrkoman víða undir 1000 mm á norðan- og austanverðu landinu en yfir 1000 mm á sunnan- og vestanverðu landinu. Úrkomian er sérstaklega mikil á suðaustanverðu landinu og þarf að taka tillit til þess með því að hafa fínefni (< 0,063 mm) í efninu við lægri markalínu.

Í sama riti er einnig fjalla um kröfur til eiginleika bindiefnis í slitlög (asfalt). Lægra hámarkshitastig hér á landi miðað við víða annars staðar dregur úr líkum á skemmdum í bundnum slitlögum vegna skriðs. Í ljósi hugsanlegrar hitastigshækkunar að sumarlagi hafa vaknað efasemdir um að ganga megi út frá þessu. Hjá NMÍ hefur núna verið byggð upp aðstaða sem leyfir frekari prófanir í þessa veru.

### Viðhaldsáætlanir

Í dag eru unnar viðhaldsáætlanir fyrir slitlög með hliðsjón af RoSy PLAN kerfinu. Útreikningar á niðurbroti byggja á gögnum um áætlað mat á þungaumferð og innbyggðum reynslusamböndum í kerfinu. Þar er ekki tekið tillit til veðuráhrifa en unnt er að taka tillit til mælds burðarþols (falllód).

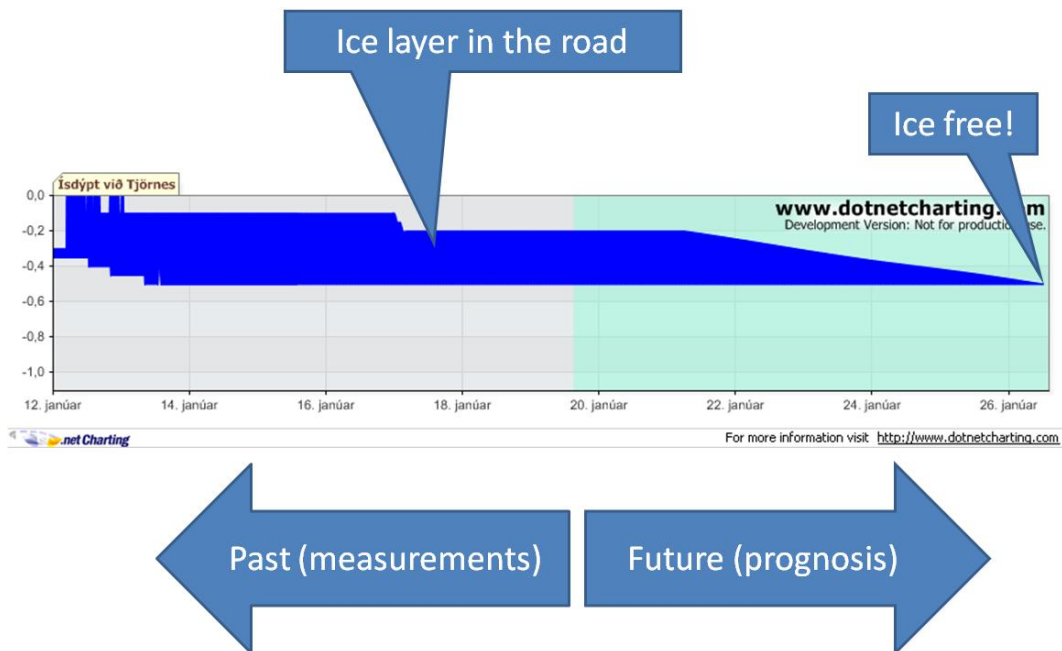
Norðmenn hafa gert samanburð á algengustu tölvulíkönunum fyrir niðurbrot vega með hliðsjón af eiginleikum þeirra til þess að meta þátt veðurs og veðurfarsbreytinga [9]. Vegagerðin tekur þátt í NordFoU verkefni með hinum norrænu vegagerðunum þar sem markmiðið er að bæta núverandi líkön (Pavement Performance Models) með hliðsjón af Norrænum aðstæðum (þ.m.t. veðurfar) og að taka endurbætt líkön í notkun í hverju landi fyrir sig.

### Burðarþol vega í frostleysingum

Slit og skemmdir á burðarlögum og slitlögum vegna þungaumferðar er mest á vorin þegar efstu lög veganna byrja að þiðna, en einnig er algeng að slíkt „vörastand“ komi upp nokkrum sinnum á hverjum vetri þegar umhleyplingar verða. Í þessu ástandi er burðarþol mun minna en þegar ástand vegarins er einsleitt þ.e. frosinn í gegn eða þiðinn. Vegagerðin bregst við þessu með þungatakörkunum, og er þá algengast að leyfilegur hámarks öxulþungi ökutækja sé lækkaður úr 11,5 t í 10 t. Vísbendingar eru um að fjöldi þíðutímabila á miðjum vetri hafi aukist síðustu ár, og þörf fyrir þungatakmarkanir á miðjum vetri þannig aukist á flestum stöðum á landinu.

Vegagerðin hefur látið þróa frostmæla sem settir hafa verið niður í vegum vítt og breitt um landið. Þessi búnaður gerir það mögulegt að fylgjast með rauntímaástandi íss í burðarlögum vega, og auðvelda þannig stýringu þungatakmarkana. Fundið hefur verið samband milli burðarþols veganna skv. falllódsmælingum og mældrar frostdýptar fyrir helstu stöðvar á Suðurlandi [16].

Nýlega var hafin gerð spálíkans sem nýtir gögn frá frostmælum og veðurspá til þess að spá fyrir um frostþíðuhegðun í vegum. Þegar líkanið verður komið í reglulegar keyrslur verður unnt að spá fyrir um ástand sem leiðir til þungatakmakana með nokkurri nákvæmni tvo til þrjá sólarhringa fram í tímann. Lýsingu á líkaninu er að finna í heimildum [8] og [15].



Mynd 2-2 Skýringarmynd af notendaviðmóti tilraunaútgáfu frostdýptarlíkans Þjónustudeildar.

### Spálíkan frostdýpta aðlagð fyrir notkun á hitastigsgildum fyrir reiknaðar sviðsmyndir í framtíðarveðurfari

Sem hluti af verkefni Vegagerðarinnar um loftslagsbreytingar og vegagerð hefur verið útbúin ný útgáfa af frostspárlíkaninu, sem nota má til þess að meta frosthegðun vega í framtíðarveðurfari. Þetta nýja líkan les inn sólarhringsgildi lofthita í gagnaröð heils vetrar og reiknar stöðu íss í burðarlögum út frá því. Innlesin gildi gera verið hvort heldur sem er; mæld söguleg gildi eða spágildi úr loftslagslíkönum sem kvörðuð hafa verið niður í þetta tíma- og staðarupplausn. Með þessu móti má nota líkaniðurstöður um lofthita í framtíðarveðurfari til þess að meta breytingar á frostþíðuálagi vega.

- Niðurkvörðun sviðsmynda fyrir framtíðarveðurfari, í bæði tíma og rúmi: Unnt er að fá útreiknaðar „mæliseriur“ fyrir valin tímabil (t.d. valda áratugi á 21. öldinni) og einnig fyrir mismunandi staði á landinu.
- Líkanið gerir það mögulegt að áætla hvernig tímabilin með annars vegar frosnum vegi og hins vegar með frostþíðuverkun munu breytast, en einnig hvernig hámarks frostdýpt breytist. Vonir standa til þess að unnt verði að meta breytingar á fjölda frostþíðusveiflna, en til þess þurfa gæði á hermunum framtíðarsviðsmynda að verða meiri.
- Tilraun var gerð fyrir frostmælistöð við Skálholt með loftslagsgögnum fyrir dæmigerða vetur áratuginna 1991-2000 og 2051-2060 á grundvelli loftslagsspár. Í fyrra tilfellinu náði frostdýpt mest 63 cm dýpi og vegur var íslaus 25. maí. Í síðara tilfellinu nær ísinn mest 35 cm niður og vegur er frostlaus 18. apríl. Hér er aðeins um yfirborðskenndar vísbendingar að ræða þar sem veðurfarshermanirnar sem stuðst var við eru ekki taldar áreiðanlegar, t.d. hvað varðar eðli hitasveiflna yfir veturinn en nokkuð vantar upp á að hermanirnar sýni eðlilegar sveiflur í veðri vetrarins þó að meðalhitinn breytist í takt við hnattrænar spár.

### 2.2.3 Rannsóknarspurningar

1. Stífni bindiefna í slitlög, hámarkshitastig vegar að sumardegi, og þáttur skriðs í hjólfaramyndun, sbr. nýja aðstöðu hjá vegtæknideild NMÍ. Eru líkur á því að hækkanði hitastig að sumri leiði til þess að nota þurfi stífara bik en nú?
2. Tæknilega séð erum við núna í aðstöðu til þess að meta breytingar á frostþíðuhegðun með hliðsjón af framtíðarsviðsmyndum um veðurfar þegar slíkar spár kunna að verða áreiðanlegri til notkunar í hárrí tímaupplausn. Hvernig getur þetta nýst þróun hönnunarforsendna og áætlana um endurbyggingu og viðhald?
3. Það er ekki talið þjóna tilgangi að reglulegar viðhaldsáætlanir taki mið af breytilegu veðurfari milli landshluta eða veðurfarsbreytingum. Of margir aðrir þættir spila hér inn, svo sem mismunandi efnisgæði og byggingarsaga á aðlögum vegköflum, skortur á upplýsingum um uppbyggingu eldri vega og fleira. Hins vegar væri til athugunar að skoða ákveðin dæmi um algenga uppbyggingu íslenskra vega með þeim niðurbrotslíkönnum (Pavement Performance models, Pavement Management Systems) sem best henta með tilliti til veðurfarsþátta. Þannig væri unnt að varpa betra ljósi á hvaða afleiðingar loftslagsbreytingar munu hafa á kröfur til hönnunar og viðhalds íslenskra vega í framtíðinni.

### 2.2.4 Uppbygging vega og slitlög: Tillaga að næstu skrefum

Í þessum þemaflökki eru það einkum þrenns konar áhrif veðurfarsbreytinga sem eru líklegust til þess að þarfnast skoðunar:

- Frostþíðusveiflur og áhrif á burðarþol og slitlög
- Úrkomumagn/grunnvatnsstaða og áhrif á burðarlög og slitlög
- Hitastig og áhrif á bindiefni slitlaga (aðallega sumarhitar og stífni bindiefna)

Áframhaldandi þróun og notkun vöktunar- og spákerfa fyrir frostþíðuverkun og þungatakmarkanir er talin munu draga úr skemmdum og viðhaldsþörf til lengri og skemmi tíma. Þessi viðbúnaður mun gagnast svo lengi sem meginhluti vegakerfisins verður fyrir frostþíðuáraun, en eftir því sem stærri hluti vegakerfisins er endurbyggður í hærri gæðum dregur úr þörf fyrir viðbúnað. Þrátt fyrir að talið sé að tíðni frostþíðusveiflna sem krefjast þungatakmarkana á miðjum vetri sé talin hafa aukist síðustu u.þ.b. 15 árin er erfitt að álykta um það hver líkleg þróun muni verða á næstu árum og áratugum.

- Athuganir í þá veru að heimfara niðurstöður loftslagshermana á framtíðarsviðsmyndum á frostþíðuverkun geta gefið vísbendingar um það hvort tiltekin svæði landsins verði fyrir verulega breyttri frostþíðuverkun og í framhaldinu munu slíkar niðurstöður nýtast við forgangsstöðun á vegum við gerð áætlana um endurbyggingu og styrkingar.

Óvissan er hugsanlega stærst þegar kemur að spurningunni um hvort úrkoma muni aukast að því marki að það hafi merkjanleg áhrif á núverandi aðstæður. Úrkoma á Íslandi er breytileg milli landshluta, ára og árstíða og því vandséð að úrkomuaukning hafi merkjanlega áhrif á starfsemi Vegagerðarinnar. Líkt og þegar kemur að frostþíðuverkun hefur úrkoma og vatnafar almennt stór áhrif á virkni og endingu vega enda er áraun vegna vatns og frostverkunar nátengd.

- Aukin þekking og úrbætur sem hafa það að markmiði að bæta dreiningu undirbyggingarinnar draga úr þeirri óvissu sem stafar af loftslagsbreytingum.

Óvissa hefur ríkt um þátt skriðs bindiefna í hjólfaramyndun á mótí áhrifum nagladekkja og formbreytinga í burðarlögum.

- Með tilliti til hugsanlegrar aukningu á hámarkshitastigi vegyfirborðs að sumarlagi og tíðni og varanda tímabila með háum yfirborðshita vegar þarf að varpa betra ljósi á það hvaða gerð bindiefna í slitlögum muni verða heppilegt að nota í framtíðinni.

## 2.3 Ræsi og brýr

### 2.3.1 Veður og veðurfarsáhrif

Það eru rennslistoppar sem ákvarða nauðsynleg afköst ræsa og brúa. Meðalrennsli ársins eða ársúrcoma og breytingar á þessum þáttum gera litlar kröfur til afkasta ræsa og brúa en geta hins vegar haft áhrif á grunnvatnsstöðu sem aftur hefur áhrif á burðarþol vega. Þau atriði sem ákvarða stærð rennslistoppa eru:

- Úrkomuákefð
- Afrennslisstuðlar (frosin eða þiðin jörð, gleypni jarðlaga, gróðurþekja)
- Snjóalög (vegna asahláku)

Það eru því hugsanlegar breytingar á hámarks úrkomuákefð og hitasveiflum vetrarins í kjölfar loftslagsbreytinga sem kunna að hafa áhrif á hönnunarforsendur.

### 2.3.2 Matsaðferðir og líkön

#### Afköst ræsa, brúa og annarra vatnsvega

Áður miðaði Vegagerðin við 60 -70 ára líftíma brúa en í nýjum brúastaðli sem er í vinnslu er miðað við 100 ár. Hönnunarforsendur miðað við hönnunarflóð að viðbættum öryggisstuðlum. Vegagerðin hefur um árabil tekið þátt í vöktun helstu vatnsfalla og rennslismælingum, sem unnar hafa verið af Vatnamælingum Orkustofnunar, nú Veðurstofnunar. Á grundvelli rennslistalna eru reglulega útbúin fyrir Vegagerðina tölfraðileg líkön yfir flóðastærðir og endurkomutíma. Síðustu greiningar hafa ekki gefið tilefni til þess að endurskoða hönnunarforsendur vegna vegamannvirkja [18]. Hugsanlegar breytingar á úrkomu og afrennsli í kjölfar loftslagsbreytinga eru lengi að skila sér inn í tölfraðilega úrvinnslu langtímagagna og því þarf að meta sérstaklega í hverju tilfelli fyrir sig þegar meiriháttar mannvirki eru hönnuð hvort miða eigi við aðrar forsendur en þær sem fást út úr greiningu langtímagagna.

Við flóðaútreikninga af minni vatnasviðum þar sem rennslismælingar eru ekki til staðar þarf að styðjast við úrkomukort og afrennslisstuðla. Vegagerðin hefur stuðst við reiknireglur sem þróaðar voru af Vatnaverkefni HÍ og byggja á svokölluðum 1M5 úrkomuhámörkum, sem er hámarksúrcoma sólarhrings með 5 ára endurkomutíma, en út frá henni má reikna flóð með valinn endurkomutíma. Afrennslisstuðlar segja til um hve mikið af þeirri úrkomu sem fellur á vatnasvið skilar sér í afrennsli vatnsvega og hve stórt hlutfall hripar niður í jörðu. Afrennslisstuðull fyrir freðna jörð er hærri en fyrir þiðna jörð og einnig þarf að taka tillit til snjóbráðar [19]. Það getur verið mismunandi milli landsvæða hvaða aðstæður gefa hæstu rennslistoppa: aftakaúrkoma og snjóbráð af freðinni jörð að vetri eða aftakaúrkoma að sumri. Loftslagsbreytingar kunna að hafa áhrif á þessar forsendur og er þetta atriði sem hafa þarf gætur á í framtíðinni en að öðrum leyti er ekki talið að mikillar aðlögunar sérstaklega með tilliti til loftslagsbreytinga sé þörf varðandi vatnafræðilega hönnun ræsa og brúa. Uppreiknaðar M5 tölur á grundvelli úrkomumælinga hafa lítið breyst á tímabilinu 1990 – 2006.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Jónas Elíasson, prófessor emeritus. Samtal 28. maí 2009.

Á grundvelli líftíma nýrra mannvirkja og með hliðsjón af loftslagsbreytingum þarf að taka afstöðu til þess hvort tímabært er að huga að því að uppfæra hönnunarrennsli með hliðsjón af líklegri aukningu. Þetta hafa Norðmenn tekið föstum tókum:

Historiske data må ikke alene legges til grunn for beregning av returperioder, fordi klimaendringer er på gang. Returperioder skal baseres på statistikk der både historiske data og konsekvenser av klimaendringer tas i betraktning.

*Statens vegvesen Hb 018 (jan 2005) síða 103*

### Viðhald og hreinsun ræsa

Forsenda fyrir því að ræsi anni þeim afköstum sem gengið er út frá er að ástand þeirra sé gott. Í dag er ekki reglulegt og kerfisbundið eftirlit með ástandi og virkni ræsa með vatnsop minni en 4 m, en fyrir stærri ræsi og brýr er þetta eftirlit skipulagt<sup>4</sup>. Ekki er viðhöfð kerfisbundin skráning á frávikum á virkni, s.s. þegar ræsi teppast eða þegar vatnstjón verður af öðrum sökum.

Norðmenn gerðu úttekt á ástandi ræsa á E136 milli Dombås og Ålesund í tengslum við verkefni Statens vegvesen [12]. Allt viðhald er í höndum verktaka með 7 ára samningstíma. Könnuð voru ræsi á tveimur ólíkum vegköflum, kafla A: 4,5 km með 63 ræsum, vegur í hliðarhalla með fjölmörgum háum skeringu. Kafla B: 4,0 km um tiltölulega flatt land með 24 ræsum. Niðurstöðurnar voru þær að fyrir kafla B voru 23 af 24 ræsum í góðu ásigkomulagi. Á kafla A voru 15 ræsi (24%) í óviðunandi ástandi þar sem þörf er á nýju ræsi eða verulegum úrbótum, 26 ræsi (41%) þörfnuðust hreinsunar og 22 ræsi (35%) voru í góðu ásigkomulagi.



**Mynd 2-3 Vatnstjón á Hringvegnum við Daniélslund í Borgarfirði í kjölfar flóðs vegna asahláku 18. febrúar 2008 (ljósm. Skessuhorn)**

### Brýr og önnur mannvirki undir áhrifum jöklabreytinga

Á undanförunum árum hefur Vegagerðin tekið þátt í og fjármagnað rannsóknir á jöklabreytingum og eru nokkur dæmi þess að jöklabreytingar hafi haft áhrif á vegamannvirki. Í mörgum tilfellum hefur Vegagerðin verið búin undir slíkar breytingar og gert ráðstafanir tímanlega. Síðasta dæmið er hvarf Skeiðarár yfir í farveg Gígju í júlí 2009 en það hefur verið fyrirséð um nokkurt skeið [20]. Þá hafa hlaup undan Skeiðarárjökli orðið minni og tíðari í seinni tíð. Á rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar í

<sup>4</sup> Skv. símaviðtali við Aron Bjarnason hjá Vegagerðinni, 28. október 2009.

nóvember 2009 var kynnt rannsóknarverkefni við Háskóla Íslands um jöklabreytingar í Austur Skaftafellssýslu og áhrif þeirra á framtíðarskipulag samgangna [7]. Í því verkefni eru m.a. útbúin líkön af hegðun skriðjökla við loftslagsbreytingar, en með því móti má sjá fyrir líklegar breytingar á farvegum jökuláa þegar jöklar hopa.

*Fleiri dæmi um jöklabreytingar sem áhrif hafa haft á vegakerfið:*

- Heinabergsvötn 1946
- Við Hólmsá úr Fláajökli voru gerðar ráðstafanir í kringum árið 2000. Vegna þeirra var vegakerfið í stakk búið til þess að mæta breytingum sem fyrirsjáanlegar voru.
- Kotá í Örafum 2004
- Austurfljót í Hornafjarðarfljóti hefur færst í vesturkvíslina (Suðurfljót).

Þá er Jökulsá á Breiðamerkursandi sértíll fell þar sem vegamannvirki eru undir áhrifum jöklabreytinga, sjávarstöðubreytinga og breytinga á strandlínu vegna setflutnings. Síðustu athuganir benda til þess að fyrir tilstilli landlyftingar vegna minnkandi jökulfargs muni jafnvægisástandið verða mannvirkjunum (vegur, brú og raflína) í hag með tímanum.

Ekki er talið líklegt að bregðast þurfi við í allra nánustu framtíð vegna jöklabreytinga til þess að tryggja öryggi vegakerfisins en æskilegt er þó að fylgjast vel með þróuninni<sup>5</sup>.

### 2.3.3 Rannsóknarspurningar

1. Virkni núverandi ræsa. Er þörf á að samræma eftirlit og viðhald til þess að virkni sé í samræmi við núverandi forsendur um veðurfar. Er þörf á að koma upp samræmdri skráningu á frávikum í virkni (Höfum við í dag aðstöðu til þess að fylgjast með því hvort kostnaður vegna vatnstjóna á vegum er að aukast?).
  - Hugmynd að forverkefni: Vettvangsúttekt á ástandi ræsa og mat á virkni við verstu hugsanlegu aðstæður (asahláka ofan í nýsnjó á freðinni jörð). Hugsanlegt viðfangsefni er Dragavegur, hann er með umferðarmestu malarvegum og mikilvæg hjáleid vegna hugsanlegs rofs eða lokana á Hringvegi um Hafnarfjall.
2. Öryggi og áreiðanleiki samgangna vegna lokana af völdum vatnstjóns. GIS kortlagning á viðkvæmum stöðum á vegakerfinu og mögulegum hjáleidum.
  - Hugmynd um að prófa aðferðarfræði á afmörkuðu svæði, t.d. Borgarfjörður.

### 2.3.4 Ræsi og brýr: Tillaga að næstu skrefum

Æskilegt er að útbúa aðferðir til skoðunar og skráningar á ástandi ræsa og minni vatnsopa en 4 m. Jafnframt er æskilegt byrjað verði á því að skrá skipulega atburði sem tengjast tjóni vegna flóða í minni vatnsvegum og ræsum (sbr. rannsóknarspurningu nr. 1 hér að ofan).

Rannsóknarspurning nr. 2 hér að ofan tengist í raun og veru víðtækari þörf á heildaráhættumati á vegakerfinu með tilliti til allra áhættuþátta sem valdið geta truflun á samgöngum. Hvað sem því líður er ekkert því til fyrirstöðu að Vegagerðin tileinki sér aðferðir við áhættustjórnun vegna afmarkaðra þátta. Í verkefninu RIMAROCC undir ERA Net Road, sem nú er að ljúka hafa aðferðir áhættustjórnunar verið heimfærðar á vegi. Útbúnar hafa verið aðferðir til þess að vinna áhættumat fyrir stærri eða minni hluta vegakerfisins með hliðsjón af ólíkum veðurfarsögnum, en niðurstöður

<sup>5</sup> Skv. viðtali við Einar Hafliðason, Vegagerðinni.

slíkra greininga auðvelda ákvarðanatöku. Lagt er til að Vegagerðin kynni sér þessa aðferðafræði og láti vinna tilraunaverkefni á þessu sviði.

## 2.4 Vegir við strendur

Víða eru vegir og vegamannvirki við strendur og verða því fyrir áhrifum sjávar. Hækkun sjávarstöðu vegna bráðnunar heimskautaíss og útpenslu heimshafa vegna hækkunar sjávarhita í kjölfar loftslagsbreytinga mun hafa áhrif á núverandi mannvirki og setja nýjar kröfur við hönnun mannvirkja í framtíðinni. Hins vegar eru aðrir þættir sem taka þarf með í reikninginn, og ekki nóg að einblína á hækkun sjávarstöðu. Þær sviðsmyndir sem eru lagðar til grundvallar þurfa að taka til fleiri þátta en sjávarstöðubreytinga svo sem landriss og landsigs vegna flothreyfinga jarðskorpunnar sem er breytilegt eftir svæðum á Íslandi, sigs nýrra mannvirkja á setlögum ásamt langtímasigi og hættu á ysjun jarðlaga í jarðskjálftum.

Í skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar [2] eru greinargóðar lýsingar á líklegum sjávarstöðubreytingum við Ísland á 21. öldinni. Samantekt niðurstaðna er eftirfarandi (kafla 4.5, síða 98):

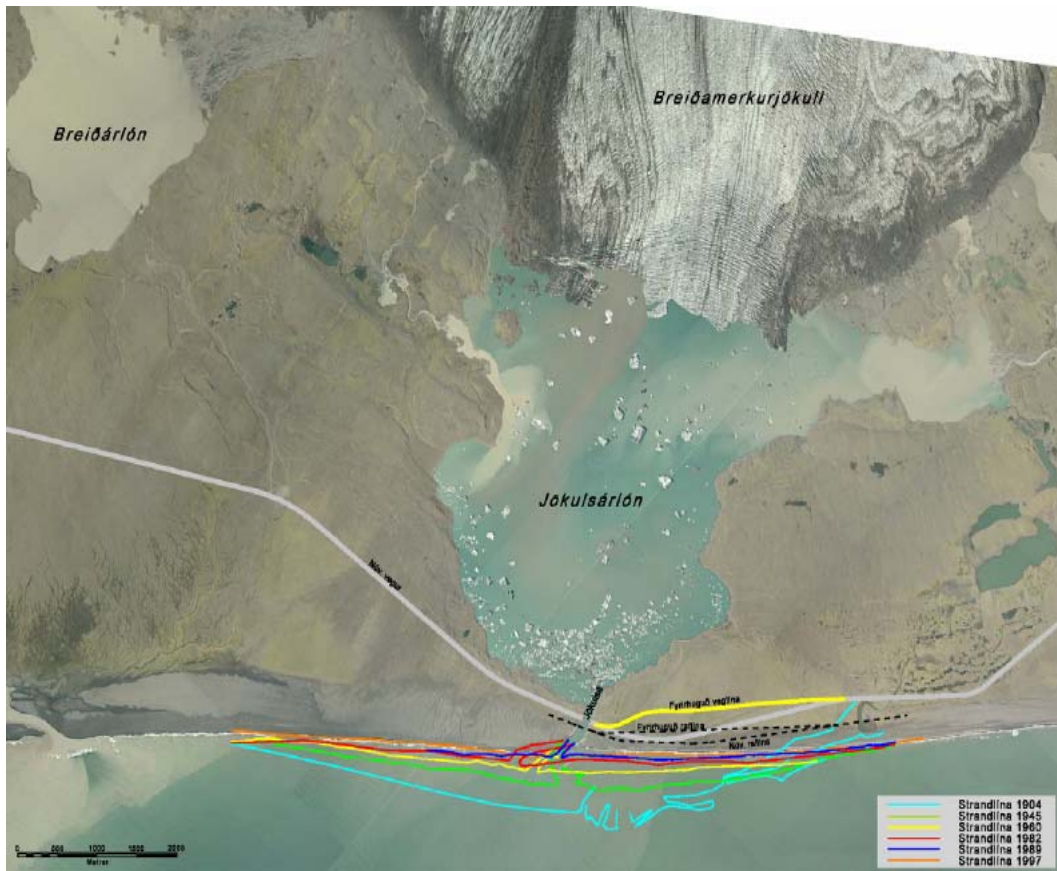
- Hér á landi er líkleg hækkun sjávarborðs á þessari öld háð bæði hnattrænni hækkun sjávarborðs og lóðréttum hreyfingum lands. Á þeim svæðum á landinu þar sem landris eða landsig er óverulegt mun sjávarborð að meðaltali hækka í takt við hnattræna hækkun, sem metin er 0,2 til 0,6 m á þessari öld. Óvissa í mati á sjávarborðshækkun er þó veruleg og ekki er hægt að útiloka að hækkunin verði mun meiri en hnattræn spá IPCC segir til um.
- Landris á suðausturhluta landsins er það mikið að það mun vega upp þá sjávarstöðuhækkun sem spáð er.
- Vegna landsigs verður hækkun yfirborðs sjávar mest um landið suðvestanvert.
- Hætta vegna sjávarflóða eykst í takt við hækkanði sjávarborð.

Á vegum Siglingastofnunar fara nú fram rannsóknir um öldufar á grunnslóð og sjávarflóð, en stofnunin tekur jafnframt þátt í erlendum rannsóknarverkefnum á þessum sviðum. Verið er að vinna að líkani sem nær allt umhverfis Ísland sem gerir það mögulegt að taka tillit til áhrifa ólíkra þátta á mannvirki við strendur. Þarna verður unnt að meta ágjöf vegna sjávargangs við mannvirki á strandsvæðum vegna sjávarflóða út frá gefnum forsendum, svo sem loftslagsbreytinga og landsigs. Vegfyllingar í sjó hafa svipaða eiginleika og sjóvarnargarðar almennt og því mun þessi vinna skila mikilvægum upplýsingum um hönnunar- og rekstrarforsendur vegamannvirkja við strendur. Reglubundið viðhald Siglingastofnunar á sjóvörnum og hafnarmannvirkjum tekur alla jafna mið af hækkun sjávarstöðu. Þannig er t.d. gert ráð fyrir hækkun sjávarstöðu þegar yfirborð hafnarbakka eru endurnýjuð. Í stað þess að fjarlægja eldra yfirborð og byggja upp nýtt í sömu hæð eru hafnarbakkar hækkaðir sem nemur áætlaðri hækkun sjávarstöðu<sup>6</sup>. Sem dæmi getur 30 ára gamall hafnarbakki verið hækkaður um sem nemur þykkt einnar yfirlagnar, eða í kringum 30 cm. Vegagerðin gæti viðhaft þess háttar aðferðafræði við viðhald mannvirkja á strandsvæðum. Þannig mætti hækka vegyfirborð samhliða reglubundnu viðhaldi og styrkingum og bæta í grjótvörnir og endurreiða þeim án þess að mikill viðbótarkostnaður hljóti af.

<sup>6</sup> Viðtal við Gísla Viggósson, Siglingastofnun, 20. janúar 2010.



Siglingastofnun vinnur einnig að eftirliti með og að hermunum á breytingum strandlínu vegna rofs og setflutnings. Á grundvelli slíkra rannsókna hafa Vegagerðin og Siglingastofnun í samvinnu unnið þrepaskipta áætlun um strandvarnir við Hringveginn við Jökulsá á Breiðamerkursandi [21].



Mynd 2-4 Breytingar á strandlínu við Jökulsárlón á Breiðamerkursandi 1904-1997 [21].

Vegagerðin þarf líkt og áður að nýta sér þá þekkingu sem Siglingastofnun býr yfir hverju sinni við áætlanagerð, bæði vegna nýrra framkvæmdakosta og ekki síður vegna viðhalds núverandi mannvirkja.

#### 2.4.1 Vegir við strendur: Tillaga að næstu skrefum

Vegagerðin þarf að hafa skilmerkilegt yfirlit yfir mannvirki við strendur sem verða fyrir áhrifum sjávarstöðubreytinga á næstu áratugum. Jafnframt þarf að þróa aðferðafræði um það hvernig aðlögun að hækkaðri sjávarstöðu getur orðið hluti af viðhaldi og endurbygginu núverandi mannvirkja.

## 2.5 Aðrir þættir

### 2.5.1 Snjóflóð

Í skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar segir orðrétt um snjóflóð [2]:

Þó ekki sé beint samband milli snjóflóðahættu og meðalhita er sennilegt að með hlýnandi veðurfari dragi úr tíðni snjóflóða á Íslandi. Tjón og slys af völdum snjóflóða virðast hafa verið minni hér á landi á hlýjasta hluta aldarinnar milli 1930 og 1960 en bæði fyrir og eftir þetta tímabil

Stærð og tíðni þeirra snjóflóða sem valda truflun á samgöngum og hættu fyrir vegfarendur er þess eðlis að lítilsháttar breyting til eða frá til lengri tíma litið hefur ekki áhrif á nauðsynlegan viðbúnað vegna snjóflóða á vegakerfinu. Öðru máli gegnir um snjóflóð sem lögð eru til grundvallar áhættumati

vegna byggðar, en í slíkum tilfellum getur það haft verulegar afleiðingar ef breytingar verða á stærð og endurkomutíma viðmiðunarsnjóflóða<sup>7</sup>.

Í ljósi fyrirbyggjandi upplýsinga er óhætt að segja að engar vísbendingar séu til staðar á þessum tímavarki um að Vegagerðin þurfi að viðhafa sérstaka aðlögun viðbúnaðar eða varna vegna hugsanlegra áhrifa loftslagsbreytinga.

Í Noregi eru hefur Statens vegvesen fengið vísbendingar um að á þekktum snjóflóðastöðum kunni eðli og tíðni snjóflóða að breytast á þann veg að vot snjóflóð, krapaflóð og aurskriður verði algengari [13]. Jafnvel er hugsanlegt að þessar gerðir ofanflóða geri vart við sig í farvegum sem áður hafa verið bundnir við hefðbundin snjóflóð, eða komi fram á nýjum stöðum eftir árfarvegum í giljum og ógni brúm.

### 2.5.2 Aurskriður og grjóthrun

Aurskriður og grjóthrun sem valda truflun á vegasamgöngum eru algengastar á Hringveginum um Hvalnesskriður og Þvottáskriður, og er tíðni vandamála nokkru meiri á síðarnefnda staðnum<sup>8</sup>. Þar er nú ráðgert að byggja varnarvirki sem getur safnað upp 4-500 rúmmetrum af framburði í hvert sinn áður en aur berst inn á veg. Grjóthrun og snjóflóð eru einnig ógn við öryggi vegfarenda um Óshlíð en þar verður brátt bragarbót á er ný jarðgöng verða tekin í gagnid. Aurskriður eru jafnan bundnar við mikil úrkomuveður og því gæti tíðni þeirra breyst með breyttu úrkomufari. Grjóthrun getur einnig verið tengt frostþíðuverkun í bergi, auk úrkomu, og því kunna breytingar á hitamynstri vetrarins að hafa áhrif á tíðni grjóthruns á vegakerfinu.

Í tengslum við norska verkefnið um loftslagsbreytingar og vegagerð hefur verið þróað líkan fyrir áhættu vegna ofanflóða á vegakerfið [14].



**Mynd 2-5 Grjóthrun á veginn um Hvalnesskriður í mars 2010 (ljósm. Páll Baldursson, birt á vefsíðu Vegagerðarinnar).**

<sup>7</sup> Símaviðtal við Tómas Jóhannesson hjá Veðurstofunni, vorið 2009.

<sup>8</sup> Símaviðtal við Reyni Gunnarsson hjá Vegagerðinni á Höfn, 20. október 2009.

### Rannsóknarspurningar

Snjóflóð í helstu þekktu farvegum við vegakerfið hafa um árabíl verið skráð af Vegagerðinni og þeim upplýsingum miðlað til Veðurstofunnar. Skráning á annars konar ofanflóðum á vegakerfið er ekki að sama skapi samræmd, og því ekki unnt að vinna tölfræðilega greiningu og samanburð við veðurgögn.

- Meta þarf þörf fyrir skráningu atburða sem tengjast aurskriðum og grjóthruni. Með slíkri skráningu væri unnt að tengja veðurfarsgögn, þ.m.t. niðurkvarðanir á spám um loftslagsbreytingar og tíðni truflana á samgöngum vegna aurskriða grjóthruns.

## 3 Umræða

Hér hefur verið fjallað um líklegustu áhrif loftslagsbreytinga á starfsemi Vegagerðarinnar og safnað saman upplýsingum um núverandi aðferðir hjá Vegagerðinni við að tengja hönnunar- og rekstrarþætti við upplýsingar um veður og veðurfar. Lýst hefur verið atriðum sem þarfnast nánari skoðunar og dregnar upp rannsóknarspurningar sem útfæra þarf nánar og taka afstöðu til.

Hér er ekki um tæmandi yfirlit að ræða og þörf er á því í næsta áfanga verkefnisins að skoða einstaka þemaflokka nánar, og kynna stöðu verkefnisins betur fyrir starfsmönnum á svæðisskrifstofum Vegagerðarinnar og sækja þangað meiri þekkingu og góð ráð um áframhaldandi vinnu við aðlögun að loftslagsbreytingum.

Á næstu mánuðum munu liggja fyrir niðurstöður úr allnokkrum rannsóknar- og þróunarverkefnum sem vinnuhópurinn hefur fylgst með en Þá gefst Vegagerðinni kostur á því að nýta sér þá þekkingu sem þar verður lögð fram.

## 4 Heimildir

- [1] Vegagerðin, 2009. Loftslagsbreytingar og vegagerð – Veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar. Vinnuáætlun, útg. 2.
- [2] Halldór Björnsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson. 2008. Hnatrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Umhverfissráðuneytið.
- [3] IRWIN Seminar November 17th 2009, Helsinki.
- [4] SVV, Teknologiavdelingen. Utdrag av prosjektplan – SaltSMART. 23.07.2008
- [5] SVV, Teknologiavdelingen. Salting av vegar – en kunnskapsoversikt. Rapport nr. 2493
- [6] Vegverket Konsult, 2009. Metod för att hitta och åtgärda vägvägnitt med höga risknivåer till följd av stora nederbörds mängder. Uppdragsnummer: 490 60 002.
- [7] Hrafnhildur Hannesdóttir o.fl. 2009. Jöklabreytingar í AusturSkaftafellssýslu og áhrif þeirra á framtíðarskipulag samgangna. Erindi flutt á rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar í nóvember 2009.
- [8] Skúli Þórðarson og Anton Þórólfsson, 2009. Líkan um veður og ástand vega sem leiðir til þungatakmarkana að vori. Unnið fyrir Þjónustudeild Vegagerðarinnar.
- [9] Statens vegvesen, 2007. Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg. Teknologiavdelingen, rapport nr. 2520. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [10] Statens vegvesen, 2008. Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima, rapport nr. 2542. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [11] Statens vegvesen, 2007. Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie, rapport nr. 2519. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [12] Statens vegvesen, 2010: Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås – Ålesund. Rapport nr. 2566. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [13] Statens vegvesen, 2009: Modellforsøk med flomskred mot bruer - Virkning av bruåpning og ledevoller. Rapport nr. 2582. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [14] Statens vegvesen, 2010: Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge. Rapport nr. 2586. Etatsprosjektet Klima og Transport.
- [15] Skuli Thordarson, Nicolai Jónasson, Einar Sveinbjörnsson, Anton Þórólfsson og Guðjón Örn Björnsson, 2010. Real-time frost depth forecast model for thaw-induced axle load limitation management. Proceedings of the XIIIth International Winter Road Congress, Quebec, February 8. – 11. 2010.
- [16] Skúli Þórðarson, 2008. Burðarþolsmælingar við frostmælistöðvar á vegum 2008. Skýrsla fyrir Þjónustudeild Vegagerðarinnar.
- [17] Einar Pálsson, 2010. Winter Service Management and Service Vehicle Activity Reports. Proceedings of the XIIIth International Winter Road Congress, Quebec, February 8. – 11. 2010.

- 
- [18] Hilmar Björn Hróðmarsson, Njáll Fannar Reynisson og Ólafur Freyr Gíslason, 2009: Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða. Veðurstofa Íslands, skýrsla nr. 2009-001. Unnið fyrir Vegagerðina.
- [19] Jónas Elíasson, 2003: Hlákustuðlar og hönnunarflóð. Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, Vatnastofa. Unnið fyrir Rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar.
- [20] Eyjólfur Magnússon, Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2009. Breytingar á austaverðum Skeiðarárjökli og farvegi Skeiðarár 1997 – 2009 og framtíðarhorfur. Jarðvísindastofnun Háskólans, skýrsla nr. RH-08-2009. Unnið fyrir Rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar.
- [21] Helgi Jóhannesson og Sigurður Sigurðarson, 2005: Coastal erosion and coastal protection near the bridge across Jökulsá river, Breiðamerkursandur, Iceland. Second international coastal symposium in Iceland, ICECOAST. Höfn í Hornafirði 5. – 8. júní 2005.

## Viðauki A. Möguleikar vegagerðarinnar til þess að sporna gegn loftslagsbreytingum

Viðaukinn er ritaður af Matthildi B. Stefánsdóttur, áætlanaeild Vegagerðarinnar.

### Markmið yfirvalda um að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda vegna vegasamgangna

Vegasamgöngur eru sá þáttur losunar gróðurhúsalofttegunda sem vaxið hafa langmest hlutfallslega og þær hafa aukið hlut sinn úr því að vera 15% allrar losunar árið 1990 í að vera fjórðungur árið 2006 (Fjármálaráðuneytið 2008. [Heildarstefnumótun um skattlagningu ökutækja og eldsneytis](#)).

Í stefnumörkun stjórnvalda [Velferð til framtíðar](#) sem var fyrst gefin út 2002, en endurskoðuð fyrir tímabilið 2006-2009, eru nokkur markmið um að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda:

- Loftmengun af völdum umferðar, iðnaðar og annarrar starfsemi verði haldið í lágmarki eftir því sem kostur er.
- Hlutfall endurnýjanlegra orkugjafa í orkunotkun þjóðarinnar verði aukið og að því stefnt að notkun jarðefnaeldsneytis verði óveruleg innan fárra áratuga. Stefnt verði að því að farartæki nýti orku sem framleidd er með endurnýjanlegum orkugjöfum eins fljótt og kostur er og hagkvæmt þykir.
- Ísland taki virkan þátt í alþjóðlegu samstarfi sem miðar að því að koma í veg fyrir hættulega röskun á veðrakerfum jarðarinnar af manna völdum með því að draga úr útstreymi og auka bindingu gróðurhúsalofttegunda hér á landi.
- Dregið verði úr notkun jarðefnaeldsneytis.

Í [tillögu til þingsályktunar um Samgönguáætlun fyrir árin 2007-2018](#) eru markmið um umhverfislega sjálbærar samgöngur:

- Að draga úr umferðarþörf eins og kostur er með styttingu leiða við skipulag byggðar.
- Að dregið verði úr losun gróðurhúsalofttegunda með minni notkun jarðefnaeldsneytis og stefnt að því að samgöngutæki nýti orku sem framleidd er með endurnýjanlegum orkugjöfum auk orkusparandi aðgerða við farartæki sem eru og verða fyrir hendi í landinu, eins fljótt og kostur er og hagkvæmt þykir.
- Að aukin áhersla verði lögð á rannsóknir á ýmsum þáttum sem geta dregið úr mengun bíla.

### 1. Aðgerðir sem Vegagerðin beitir núna til að draga úr losun

- Að stytta leiðir
- Að auka nýlögn slitlaga
- Að styrkja rannsóknir sem miða að slitsterkara vegyfirborði
- Að taka þátt í alþjóðlegu samstarfi
- Að gera breytingar á rekstri

Stytting leiða og fækkun brattrá brekkna hafa lengi verið taldar til aðgerða sem Vegagerðin getur beitt m.a. til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda.

Aukin lagning bundinna slitlaga er ein þeirra aðgerða sem Vegagerðin getur beitt til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að eldsneytisnotkun bíla er minni á bundnu slitlagi en á góðu malar slitlagi og losun CO<sub>2</sub> þar af leiðandi minni. Á árinu 2008 var lagt bundið slitlag á um 170 km af þjóðvegum sem áður voru með malar slitlagi. Af 12.869<sup>9</sup> km þjóðvega er nú bundið slitlag á 4.949 km eða um 38% þjóðvegakerfisins. Til samanburðar voru í lok ársins 1979 aðeins 270 km af þjóðvegum landsins með bundnu slitlagi.

Rannsóknarverkefni sem Vegagerðin styrkti á árinu og gæti stuðlað að minni loftmengun er verkefnið *Malbik gegn svifryki og hávaða* sem hlaut styrk í flokknum *Mannvirki*.

Vegagerðin tekur þátt í alþjóða- og norrænu samstarfi um umhverfismál. Má þar nefna nefnd Norræna vegtækisambandsins (NFV) um umhverfismál og þátttöku í vinnuhópi um loftslagsbreytingar undir NVF nefnd um rekstur og viðhald vega. Einnig hefur verið komið á tengslum við verkefni norsku vegagerðarinnar, Klima og Transport. Þá hefur Vegagerðin tengst þverfaglegum hópi íslenskra sérfræðinga, sem undir stjórn Vatnamælinga Veðurstofu Íslands, hefur komið á fót svokölluðu öndvegissetri um rannsóknir á loftslagsbreytingum, IceClimate.

Vegagerðin hefur gert nokkrar breytingar í rekstri til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda:

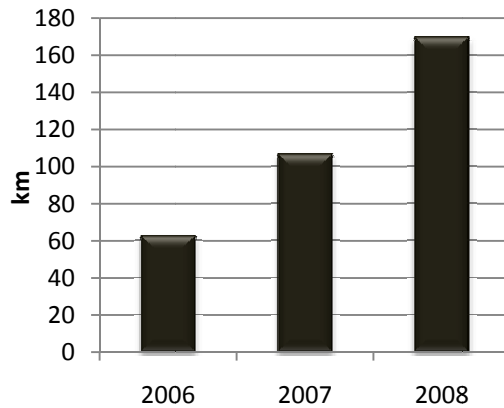
- Vegagerðin hefur verið með fjarfundabúnað frá árinu 2006. Nú er fjarfundabúnaður í Reykjavík og Borgarnesi, á Ísafirði, Akureyri, Reyðarfirði og Selfossi. Notkun þess hefur skilað sér í minni akstri og flugi starfsmanna á milli landshluta.
- Miðstöðin í Reykjavík keypti rafknúð vélhjól á árinu 2008 sem starfsmenn geta notað til styttri sendiferða vegna vinnu og í einkaerindum sem þeir annars hefðu farið á eigin bíl.
- Svæðisstöðin á Akureyri á reiðhjól með hjálparmótor sem starfsmenn geta notað til styttri sendiferða vegna vinnu og í einkaerindum.
- Ýmiskonar fræðsla til starfsmanna um umhverfismál. Meðal annars heimsótti Landvernd miðstöð Vegagerðarinnar í desember 2008 og kynnti vistakstursnámskeið í vistaksturshermum. Erindið var sent út um fjarfundabúnaðinn.

## **2. Mælanleg markmið Vegagerðarinnar fyrir árið 2010 sem stuðla að minni losun gróðurhúsalofttegunda**

Vegagerðin hefur sett sér [mælanleg markmið](#) um að draga úr mengun. Eitt þeirra er að losun gróðurhúsalofttegundarinnar CO<sub>2</sub> frá eldsneyti á smábílum Vegagerðarinnar verði <800 tonn. Losun CO<sub>2</sub> frá eldsneytinu var um 800 tonn á árinu 2008, en ekki er fyrirsjáanleg mikil breyting á smábílaeign á árinu en hugsanlega gæti dregið úr akstri vegna minni umsvifa. Losun gróðurhúsalofttegunda frá smábílum hefur dregist nokkuð saman hjá Vegagerðinni, eða um 12% frá árinu 2006.

Vegagerðin hefur einnig sett sér mælanleg markmið um að bæta umhverfi vegfarenda með því að leggja bundið slitlag á a.m.k. 100 km af malarvegum á ári miðað við þriggja ára meðaltal. Meðaltal árána 2006-2008 var rúmlega 113 km.

<sup>9</sup> Samkvæmt vegaskrá 2008.



Lengd nýrra bundinna slitlaga árin 2006-2008.

### 3. Framtíðin

Vegagerðin getur gripið til nokkurra aðgerða. Það er þó hætt við því að sumar þeirra nái ekki fram að ganga í því niðurskurðarumhverfi sem þjóðin býr nú við:

- Rannsóknir og markmið

Vegagerðin mun halda áfram að setja sér mælanleg raunhæf markmið og vinna að rannsóknum eins og verið hefur.

- Kröfur í útboðum

Vegagerðin gæti gert auknar kröfur til verktaka um minni losun gróðurhúsalofttegunda á framkvæmdasvæðum. Ein leið væri að setja kröfur um að vinnubílar uppfylli ákveðnar kröfur um losun CO<sub>2</sub> í g/km, önnur að þeir uppfylli a.m.k. EURO IV staðal Evrópusambandsins.

- Vistakstur

Vistakstur er aðferð til að spara eldsneyti og hefur bætandi umhverfisáhrif, eykur umferðaröryggi og þar af leiðandi hefur peningasparnað í för með sér. Vegagerðin gæti árlega sparað tæpar 3 milljónir króna í eldsneytiskostnað á fólksbíla sína tækist henni að fá starfsmenn til að minnka eldsneytisnotkun á núverandi bílaflota um 5% og þar með CO<sub>2</sub> losun um 40 tonn á ári (miðað við losun árið 2008). Lágmarkskostnaður á starfsmann eru 2 ökutímar eða 13-17 þúsund krónur.

Í ágúst 2008 stofnaði Samgönguráð nokkra vinnuhópa vegna vinnu við samgönguáætlun, þeirra á meðal var vinnuhópur um umhverfismál. Vinnuhópurinn setti fram nokkrar tillögur í nóvember 2009. Meðal þeirra eru breytingar sem varða starfsemi Vegagerðarinnar.

- Sérleyfi og einkaleyfi til aksturs

Vegagerðin hefur með höndum útgáfu sérleyfa og einkaleyfa til aksturs, skv. lögum um fólksflutninga og farmflutninga á landi nr. 73/2001. Hópurinn lagði til að lögin yrðu endurskoðuð með það í huga að Vegagerðin, við útgáfu leyfa, taki tillit til umhverfisþátta. Má þar t.d. nefna að einkaleyfi til aksturs á tilteknum leyfum verði bundin þeim skilyrðum að visthæf ökutæki verði notuð í akstrinum og / eða vistvænir orkugjafir notaðir á umræddum leiðum. Sama gildir um útgáfu sérleyfa til aksturs. Markmiðið væri þá að akstur í atvinnuskyni, sem krefst leyfa, verði visthæfur í auknum mæli.

- Stefnumótun stofnana um visthæf ökutæki



Vinnuhópurinn taldi að gera verði þær kröfur til stofnana ríkisins að þær leitist við að nota ökutæki í starfsemi sinni sem eru sparneytin og hafi lágt CO<sub>2</sub>-gildi í útblæstri. Jafnframt að þær leitist við að skipta yfir í vishæf ökutæki þegar kemur að því endurnýja ökutæki. Vinnuhópurinn lagði til að sett yrðu mælanleg markmið um vishæfa endurnýjun ökutækja ríkisins, sem og hámarksgildi CO<sub>2</sub> í útblæstri.

- Umferðarmannvirki

Vinnuhópurinn taldi að til að draga úr mengun frá umferðinni þurfi að skoða uppbyggingu vegakerfisins einnig út frá umhverfisvænum sjónarmiðum. Á þetta sérstaklega við svæði þar sem umferð er mikil. Leggja beri áherslu á að umferð sé samfelld og óbrotin. Með samhæfingu umferðarljósa megi koma í veg fyrir staðbundna mengun frá lausagangi bíla í þéttbýli.

**Viðauki B. Vetrar-Index Þjónustudeildar***Notað af Þjónustudeild Vegagerðarinnar við mat á þjónustuálagi vegna veðurþátta.***Grunngögn:**

Veðurgögn (10 mínútna gildi).

Vetrarmánuðir: október – apríl

**Formúla:**

$$VI: [a]*([b1]+[c1]+[d1]+[e1])+[a]$$

- a: Fjöldi gilda þar sem ([LOFTHITI]<0) (tíu mín.gildi) kemur oftast fyrir en 17 sinnum á hálfum sólarhring þá verður a=1 annars 0
- b1: Fjöldi gilda þar sem ([LOFTHITI]<0) <([DAGGARMARK]-0,5). Ef kemur oftast fyrir en 17 sinnum á hálfum sólarhring þá verður b1=1 annars 0
- c1: Fjöldi gilda þar sem ([LOFTHITI]<0) er (>-1), ef oftast en 17 sinnum á hálfum sólarhring þá verður c1=1 annars 0
- d1: Fjöldi gilda þar sem [VINDHRADI]>10 kemur oftast fyrir en 17 sinnum á hálfum sólarhring þá verður d1=0,5 annars 0
- e1: Fjöldi gilda þar sem [RAKI]>85% kemur oftast fyrir en 17 sinnum á hálfum sólarhring þá verður e1=1 annars 0

Stuðlar sem fást fyrir hvorn helming sólarhringsins eru lagðir saman eftir útreikning þ.e. VI (frá kl 0-12) og VI (frá kl 12-24)