



Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar

Verkefnisstjóri:

Nicolai Jónasson, þjónustudeild

Hálkuspár og hálkumyndun á vegum

- Nokkrir áfangar í gerð veghitalíkans



VEGSÝN



Einar Sveinbjörnsson

Skúli Þórðarson

Guðrún Nína Petersen

31. mars 2013

1.0 Inngangur

Frá árinu 2010 hefur rannsóknarhópur unnið að verkefninu. Markmiðið með því er að stíga fyrsta skrefið í gerð innlendra hálkuspá fyrir valda staði. Líkanið byggir á hermílíkani veghita, en hann er lykilþáttur fyrir myndun ísingar. Þróun hálkuspárlíkansins tekur mið að hermílíkani fyrir dýpt frostlinsu í vegi, en það hefur verið í þróun undanfarin ár og er lengra komið en hálkuspárlíkanið.

Rannsóknarverkefnið – Hálkuspár og hálkumyndun á vegum miðast að því að nýta frostþíðulíkanið sem grunn að sérstöku hermílíkani fyrir veghita, en gott veghitalíkan er forsenda að nothæfu hálkuspárlíkani. Góð þekking á samhengi geislunar, skýjafars og veghita leggur grunn að hálkuspám.

Hópur þriggja sérfræðinga úr ólíkum áttum vinnur að verkefninu undir verkefnisstjórn Nicolai Jónassonar, þjónustudeild Vegagerðarinnar.

Þegar lagt var upp með verkefnið var að því stefnt að þróun þess mundi eiga sér stað í nokkrum vel afmörkuðum skrefum:

1. Frostþíðulíkanið verði endurbætt með það að markmiði að ná betri tókum á þeim þáttum sem stjórna veghitanum.
2. Brýnt er að könnuð verði fremur fátækleg gögn mælinga inn- og útgeislunar og samhengi geislunarþáttanna við skýjamælingar og skýjaathuganir Veðurstofu Íslands.
3. Gagnasafn veðurstöðva Vegagerðarinnar verði hagnýtt í þeim tilgangi að skoða ofan í kjölinn nokkur líkleg hálkutilvik glerísingar (e.black ice). Tilvikin verði keyrð og prófuð m.a. til stillingar hins nýja veghitalíkans.
4. Valin heppileg inntaksgögn, m.a. fengnar breytur úr veðurspálíkani.
5. Nýtt veghitalíkan tilraunakeyrt í heilan vetur fyrir nokkrar valdar stöðvar.
6. Veghitalíkanið endurstíllt að loknum tilraunakeyrslum.
7. Veghitalíkan sett í rauntímakeyrslu og spár birtar vegfarendum.
8. Aðrir þættir en veghiti vegnir inn í hálkuspárlíkan sem ætlað er að ná einnig utan um aðra háлкуvalda en glerísingu.
9. Hálkuspárlíkan tilraunakeyrt um tíma og fínstíllt að því loknu.
10. Rauntímakeyrsla og hálkuspár birtar vegfarendum.

2.0 Rannsóknárið 2010-2011

Unnið var að tölulíðum 1 til 4 og gerð grein fyrir aðferðum og nálgunum í útgefinni áfangaskýrslu dags. 1. febrúar 2011 -Hálkuspár og hálkumyndun á vegum.

3.0 Rannsóknárið 2011-2012

Í áfangaskýrslunni var stuðst við frumgerð veghitalíkans sem áður hafði verið þróað vegna frostdýptarlíkans.

Líkanið heldur utan um heildarorkuskipti vegyfirborðs við umhverfið, en þannig má reikna hitastigsbreytingu sem verður í hverju tímaskrefi:

$$\Delta e = S \cdot C \cdot m \cdot \Delta T$$

Jafna 1

$C \cdot m$ er margfeldi varmarýmdar og massaeiningar slitlags sem hituð er upp ΔT er hitastigsbreyting.

Δe er summa allra þátta varmaskiptanna sem setja má upp sem summu orkuskipta á eftirfarandi hátt:

$$\Delta e = q_r + q_a + q_{GL} + q_c + q_N$$

Jafna 2

Einstakir liðir orkuskiptanna eru eftirfarandi¹:

Tákn	Þáttur	Nálgun í frumgerð 2009
q_r	Langbylgjugeislun frá yfirborði	$q_r = \varepsilon \sigma T_0^4$
		Jafna 3
q_a	Langbylgjugeislun til yfirborðs	$q_a = \varepsilon_a \sigma T_2^4$
		Jafna 4
q_{GL}	Stuttbylgjugeislun sólar	$q_{GL} = q_{Bird} \cdot (1 - alb) \cdot \left(1 - \frac{NH}{8}\right)$
		Jafna 5
q_c	Varmaskipti yfirborðs við andrúmsloftið (convection)	$q_c = h_c (T_0 - T_2)$
		Jafna 6
		$h_c = 698,24a(bT_m^c U^d + 0,00097 T_0 - T_2 ^e)$
		Jafna 7
q_N	Varmaskipti yfirborðs við burðarlög (conduction)	$q_N = -kA \frac{(T_0 - T_{d10})}{\Delta z}$
		Jafna 8

¹ Nánari lýsing á einstökum þáttum þessa líkans er að finna í skýrslu: Líkan um veður og ástand vega sem leiðir til þungatakmakana að vori. Skúli Þórðarson og Anton Heiðar Þórólfsson, 2009. Skýrsla til Rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar og Þjónustudeildar.

([http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Spalikan_vedur_astand_v_thungatakmrakana/\\$file/Sp%C3%A1ll%C3%ADkan_ve%C3%B0ur_%C3%A1stand_v_%C3%BEungatakmrakana.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Spalikan_vedur_astand_v_thungatakmrakana/$file/Sp%C3%A1ll%C3%ADkan_ve%C3%B0ur_%C3%A1stand_v_%C3%BEungatakmrakana.pdf))

3.1 Skekkjur vegna þriggja þátta

Tilvikaskoðun frá Skálholti fyrir valin veður sýndi glöggst skekkjur sem raktar voru einkum til eftirfarandi þátta líkansins. Unnið var að því að endurbæta eftirfarandi þætti veghitalíkansins.

- a.
Veghitinn er mjög næmur fyrir margfeldinu $C \cdot m$ (jafna 1) sem er mælikvarði á varmarýmd slitlagsins, þ.e. þykkt þess.
- b.
Hermun geislunar og skýjahulunnar er ófullnægjandi.
- c.
Sænska reynslujafna “Hermannson” fyrir varmaskipti yfirborðs við andrúmsloftið (Jafna 6) reynist að mörgu leyti ágæt, en ekki hagnýtt því ákvarða þarf hvort vegur sé blautur eða ekki með rofa.

3.2 Endurbætur á sömu þremur þáttum

- a.
Prófanir á $C \cdot m$ benda til þess að:
 - Hægt er að ákvarða $C \cdot m$ fyrir allar mælistöðvar með því að nota líkanið eingöngu. Ekki þarf að afla tæknilegra upplýsinga um gerð og þykkt slitlags.
 - Of lágt gildi á $C \cdot m$ lætur reiknaðan veghita elta mældan lofthita um of.
 - Of hátt gildi á $C \cdot m$ hindrar reiknaðan veghita í að fylgja sveiflum í mældum veghita þannig að kúrfan breytist of lítið yfir tímabilið.
 - Heppilegt gildi fyrir Skálholt virðist vera $C \cdot m = 0,5$ til $1,5$ sinnum grunnildið (360.000).
 - Heppilegt gildi fyrir Sandskeið virðist vera $C \cdot m = 1,0$ til $2,0$ sinnum grunnildið.

- b.

Langbylgjugeislun, q_a , skv jöfnu 4 var uppfærð skv. formúlu Harstveit;

$$q_{a2} = a_H \sigma T_2^4 + b_H C + c_H$$

þar sem a_H , b_H og c_H eru fastar fengnir með aðhvarfsgreiningu og C er skýjahulan í tíunduhlutum.

Til að fá mynd af hve góðar skýjahuluspár eru fyrir Ísland og hvort að nýta megi þær í hálkuspám voru skýjahuluspár fyrir Reykjavík bornar saman við athaganir á

skýjahulu. Reykjavík (Veðurstofa Íslands) er valin þar sem þar má ætla að bestu athuganirnar á skýjahulu séu gerðar.

Valið tímabil: 01.01. 2007 – 31.12. 2010.

Athuganir og spár kl. 00 og 12.

ECMWF spár, 0.5° upplausn, 12 og 24 tíma spár (EC12 og EC24)

Hirlam-T15 spár, 15 km upplausn, 12 og 24 tíma spár (Hi12 og Hi24).

Niðurstöður athugana á skýjahuluspám fyrir Reykjavík, bæði ECWMF og Hirlam spám (12 og 24 tíma) gefa til kynna að skýjahuluspárnar séu nothæfar ef þeim er skipt upp í 3 flokka, þar sem sá flokkur sem inniheldur 4-5/8 (eða 3-5/8) hefur minnst spágildi. Flestar athuganir og spár gefa skýjað eða alskýjað (7-8/8) og þar er fyrirsjáanleikinn mestur, en þó eru einnig talsvert miklar líkur á réttri spár fyrir 0-3(2)/8.

Dreifing athugana og spáa í flokka:

	0-3/8	4-5/8	6-8/8
Athuganir	24%	11%	66%
EC12	25%	10%	65%
EC24	24%	10%	66%
Hi12	35%	8%	57%
Hi24	34%	7%	59%

c.

Reynslujafnan fyrir varmaskipti (**jafna 7**) var skoðuð og niðurstaðan eftir prófanir var sú að hún væri allt að því ónothæf fyrir okkar aðstæður. Í stað reynslujöfnu var leitað í smiðju danska hálkuspárlíkansins þar sem varmaskiptin eru sett fram á eðlisfræðilegan hátt með eftirfarandi aðferð:

Í danska hálkuspárlíkaninu er q_c skipt upp í beina varmaleiðni (sensible heat), H_0 og varmaleiðni við uppgufun (latent heat), E_0 . Þá er:

$$q_c = H_0 + E_0, \quad E_0=0 \text{ þegar vegur er þurr.}$$

Þá gildir fyrir varmaleiðni, H_0 :

$$H_0 = C_p \rho C_s V (\Theta - \Theta_s)$$

C_p er fasti $\sim 1005 \text{ J/K kg}$

ρ - eðlismassi lofts, reiknaður út frá hita og loftþrýstingi í stöðvarhæð.

V – vindhraði m/s.

Reynslan sýnir að dragstuðullinn, $C_s \approx 1,2 \times 10^{-3}$ fyrir $6 \leq V \leq 12 \text{ m/s}$ og spönn stærðarinnar er sjaldnast meiri en $\pm 20\%$ frá því gildi fyrir aðrar aðstæður. Þetta á þá við yfir vatni eða sjó. Á landi þarf að beita aðeins annarri nálgun:

$$C_s = (k/\ln(z/z_0))^2 + (R_i, z/z_0)$$

K – er fasti von Kármans $\sim 0,39$

z – er stöðvarhæð (10 m hjá okkur)

z_0 – hryfis lengd, notast er við 0,001 sm (10^{-5} m) fyrir vegi á víðavangi

Seinni liðurinn segir til um stöðugleika loftsins. Hann skiptir sjaldnast nokkru, en taka þarf tillit til hans m.a. þegar hitahvarf er við jörð.

Θ - mættishiti í 10 metra hæð, (V er 10 metra vindurinn)

Θ_s - mættishiti við vegfirborð.

$$\text{Mættishitinn: } \Theta = T(p_0/p)^{R/c_p}$$

Θ_s er fundinn á sama hátt.

$p_0 = 1000$ hPa og T er hitinn á stöð í 10 metra hæð í Kelvingráðum. $R/c_p \approx 0,286$.

Aðferð við yfirfærslu T_2 í T_{10} :

Reynslan sýnir að í vel blönduðu lofti má lækka gildi hitans um $0,2^\circ\text{C}$ frá 2m og upp í 10m. Geislun í hægum vindi flækir síðan málið, en horft fram hjá henni að sinni.

Stæðuna fyrir H_0 má svo sem einnig vinna í 2m hæð, en þá þarf að umbreyta vindinum úr 10m niður í 2m. Sama hvor leiðin er valin, þá verður að gera ákveðnar nálganir að þessu leyti.

Ákvörðun á E_0 - gufunarvarma

$$E_0 = L \rho C_Q V(q - q_s)$$

L – er fasti (specific heat of evaporation) fyrir ($T > 0^\circ\text{C}$) $\sim 2,501 \times 10^6$ J/kg
 C_Q er fasti sami og C_p hér á undan.

V – er vindhraði í 10 m

q – er reiknað rakainnihald lofts í 2 metra hæð. Reikniverkið sem notast er við er nálgun, kennd við Sonntag(1990). Krefst rakastigs og hita í 2m.

q_s – er samsvarandi rakainnihald næst vegi og þá reiknað út frá veghita.

Stærðin q_s fer meðal annars eftir því hvort vegur er blautur eða ekki og hve þykk vatnsfilman er áætluð.

$$q_s = (W/W_c)q_{\text{sat}}(T_s) + (1-W/W_c)q$$

W – vatnsfilma (m)

W_c – skilgreind hámarksvatnsfilma – 0,0005 m
þannig að ($0 \leq W/W_c \leq 1$).

$q_{\text{sat}}(T_s)$ – metnunarraki fyrir veghita, reiknaður á sama hátt og q með aðferð Sonntag.

Fastinn L fær annað gildi við hálkumyndun og ísbráðnun
 $\sim 0,334 \times 10^6$ J/kg. Ákvarða þarf með rofum í líkaninu hvort gildið skuli notað sem og hvort vegur er blautur eða þurr.

Gerðar voru prófanir með á sömu tilvikum og áður í Skálholti með þessa nýju aðferð. Hún kom markvert betur út, en eftir stendur að ákvarða þarf hvenær vegur telst vera blautur (eða hulinn ís) og hvenær hann telst vera þurr.

3.3 Ákvörðun um breyttan framgang verkefnisins

Haustið 2011 var tekin mikilvæg ákvörðun sem breytti áætlun verkefnisins. Samkvæmt henni var komið að því að setja veghitalíkanið upp í keyrsluhæft ástand og hefja að því búnu tilraunakeyrslur fyrir nokkra staði.

Til vors 2012 var safnað raunverulegum spágögnum úr veðurlíkönum sem ætlunin var að nota sem inntaksgögn í hálkuspárlíkanið. Vinna við frekari þróun líkansins lá niðri á meðan á þessari gagnasöfnun stóð. Þrjár ástæður lágu til grundvallar þessari breyttu tilhögun um vinnulag:

Í fyrsta lagi er mun áreiðanlegra að vinna með raunveruleg spágögn við fínstillingu líkansins.

Í öðru lagi sýnir það sig að skýjaathuganir eru nokkuð annað, en framsetning skýjahulu í spám. Athuganir á skýjahulu virðast vera nokkur skekkjuvaldur.

Í þriðja lagi er snar þáttur líkansins reiknuð geislun, bæði inngeislun á veg og útgeislun yfirborðs. Mikilvægt þótti að fá reynd á þennan þátt með samanburði við geislunarmælingar í Reykjavík, þær einu sem hér eru gerðar.

1. nóvember 2011 – 31. mars 2012 var hlaðið niður spágögnum frá ECMWF fyrir 7 valdar veðurstöðvar.

Reykjavík(4030),
Vatnaleið(4810),
Reykjanesbraut(4822),
Blönduós(4843),
Skálholt(4866),
Bræðratunguvegur(4960) og
Fagridalur(4887).

Eftirfarandi spábreytur voru sóttar:

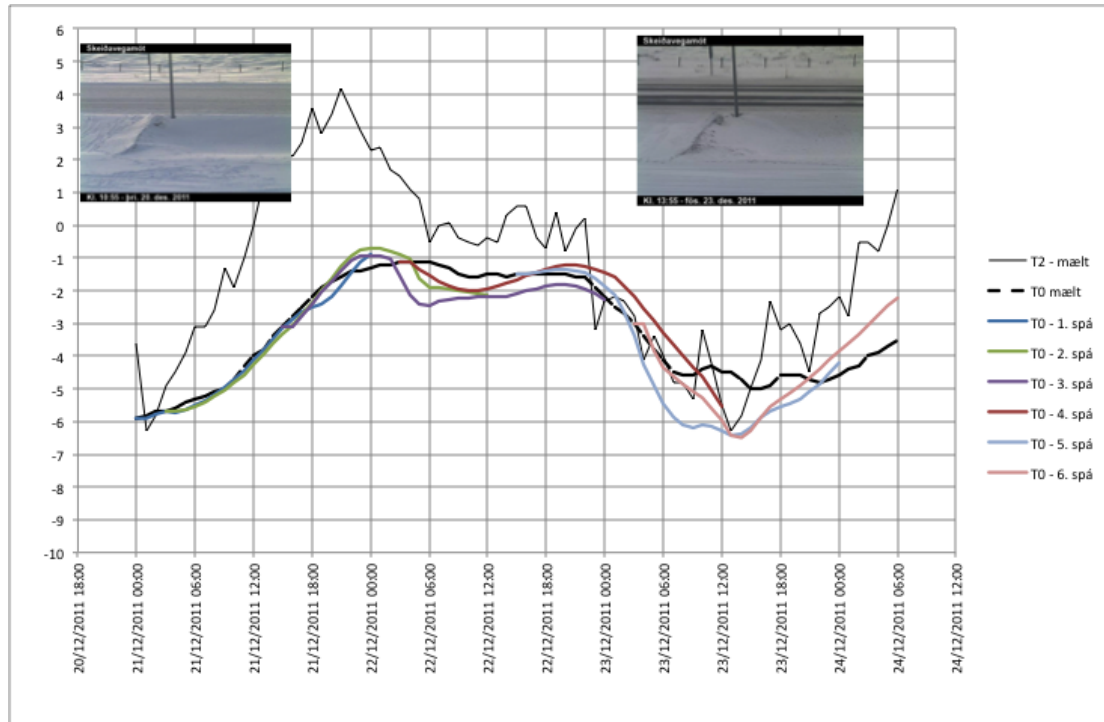
d10	vindátt í 10m
f10	10 mín vindhraði í 10 m
t2	hiti í 2 m hæð
p	leiðréttur loftþrýstingur í stöðvarhæð
NH	heildar skýjahula
lcc	skýjahula lágskýja
mcc	skýjahula miðskýja
hcc	skýjahula háskýja
r	uppsöfnuð úrkoma í 3 klst.
RH	rakastig

4.0 Rannsóknárið 2012-2013

Í endurbættu líkani voru valin þrjú tímabil til keyrslu í Skálholti en þau voru:

- 21. til 22. desember 2011
- 14. til 15. janúar 2012 og
- 11. til 12. mars 2012.

Líkanið hermdi veghita ágætlega, á fyrsta tímabilinu þegar vegur var auður og frost í burðarlögunum. Í janúar síður, en það var vegna þessa að veghitneminn var að öllum líkindum þakinn ís og því einangraður frá umhverfinu. Í þriðja tilvikinu var sama sagan uppi á teningnum, en þíða náði að bræða ísinn á mælinum og spágildi voru trúverðug. Sýnt er dæmi frá þessum keyrslum þar sem nokkrir spáferlar veghita eru teiknaðir saman með mæligildum loftihita (T2) og veghita (T0). Gerðar voru tilraunir með fínstillingar líkansins. Innfelldu myndirnar eru úr vefmyndavélum frá Skálholti á sama tíma og gefa mynd af aðstæðum.



Í þessu tilviki fylgir veghitaspáin mældum veghita mjög vel þar til seinni hlutann, en þar er lofthitaspá ECMWF greinilega sökudólgurinn.

Þessar tilraunakeyrslu með raunverulegum spágögnum gáfu góða raun fyrir líkanið, en eftir sem áður átti eftir að þróa betur hermun þess þegar vegur þornar eða ísing myndast sem leiður til ákvörðunar vegástands sem inntaksskilyrði inn í líkanið. Í febrúar og mars var unnið að þessum þáttum. Einnig var farið betur ofan í saumana tengslum skýjahuluspáa og metinnar skýjahulu veðurathugunarmanna í Reykjavík sem og tengslum skýjahulu við geislunarmælingar inn og útgeislunar yfirborðs.

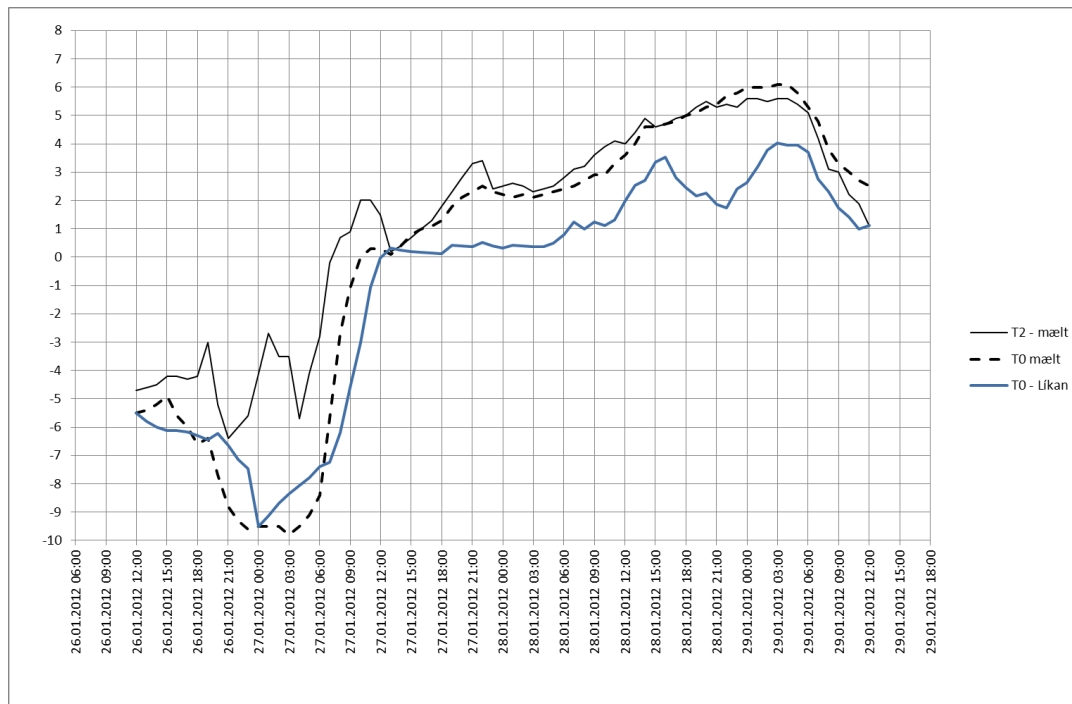
4.1 – Tilvikaskoðun Reykjanesbraut

Valin voru fjögur tilvik fyrir veðurstöð á Strandarheiði á Reykjanesbraut veturinn 2011 til 2012 við þær aðstæður þegar blautur vegur þornar í vindi:

- 24. desember 2011
- 27. janúar 2012
- 6. febrúar 2012
- 3. mars 2012

Markmiðið með uppsetningu líkans nú fyrir Reykjanesbraut er að prófa viðbætur þar sem tekið er tillit til vætustigs og uppgufunar af vegyfirborði, en einnig að reyna líkanið á stað sem ekki er útbúinn frostdýptarmæli. Mikilvægt er að líkanið verði í stakk búið til þess að vinna á stöðum sem eingöngu eru búnir veghitanema og ekki frostdýptarmæli svo að nýta megi það á umferðarþungum vegum á SV-horninu þar sem hálkuvarnir með söltun eiga sér stað.

Hér að neðan er dæmi um keyrslu frá Reykjanesbraut á Strandarheiði þar sem ör hlýnun með rigningu átti sér stað:



Líkanið nær hér ágætlega að herma þær öru sveiflur sem verða í veghita, en betur þarf að skoða hvers vegna það svarar seint þeirri hitnun sem verður yfir frostmarkið.

Viðbótin sem hér er til prófunar er eftirfarandi:

Spálíkan fyrir breytingar á þykkt vatnslinsu skv. aðferð danska hálkuspárlíkansins.

$$dW/dt = 10^{-3}(\phi_P - (E_0/L) + \phi_X) - \phi_R$$

W – vatnsfilma (m)

ϕ_P – úrkoma (eða annað aðstreymi vatns)

ϕ_X – bráðnun íss, þegar það á við

ϕ_R – afrennsli af vegi

Viðmiðið er hámarksvatnsfilma – 0,0005 m og afrennsli er jöfn úrkomunni eftir að því er náð. Áætla þarf hve mikla úrkomu þurfi í mm til að gera vega rennblautan skv. skilgreiningu á hámarksvatnsfilmu.

Stærðin dW/dt hefur áhrif á q_s (vatninnihaldi við veg) og þar með gufunarvarmann, E_0

Samsvarandi jafna fyrir breytingar á ís/snjóþykkt er:

$$dH/dt = 10^{-3}(\phi_P - (E_0/L) - \phi_X)$$

ϕ_X - væri þá hér ísmyndun (vatn á vegi frýs) fyrir $T_0 < 0$

Í því tilviki þegar snjókomu er eingöngu gert ráð fyrir að þykkun “íslinsu” vegna úrkomu, en ekki skafrennings þar sem afrennslisliður með öfugu formerki er ekki til staðar.

Sýnist á öllu að horft sé framhjá þeim varmaskiptum sem verða við ísmyndun, þ.e. varmi losnar úr læðingi og dregur úr hraða kólnunar sem á sér stað í lofti og vegi um svipað leyti.

Reikningar á breytingum á ís/snjó á vegi koma ekki með beinum hætti við sögu í veghitalíkani, en mundi gera það í næsta skrefi með hálkuspárlíkani.

Í raun er ísbreytingajafnan tveir aðgreindir ferlar: Annarsvegar þegar ísing myndast og hins vegar þegar snjóar á veg. Þá eru jöfnurnar þessar:

Hálkumyndun:

$$dH/dt = 10^{-3}(- (E_0/L) - \phi_X)$$

Snjóar á veg:

$$dH/dt = 10^{-3}(\phi_P - (E_0/L))$$

Slydda eða snjór sem fellur um leið og ísing er að myndast flækir málin en engu að síður er það oft raunin, t.d. í éljaveðri.

4.2 Samanburður skýjahulu í lögum frá líkani við athuganir

Stuttbylgjugeislun sólar er sett fram í **Jöfnu 5** í líkaninu. Skýjahula hefur eins og gefur að skilja afar mikil áhrif á inngeislun. Að vetrarlagi hefur hún þó enn meiri áhrif í langbylgjugeislun til yfirborðs í **Jöfnu 4**. Þar er breytan ϵ_a gleypni yfirborðs gagnvart langbylgjugeislun sem háð er skýjahulu og skýjamagni. Stilling þessarar breytu þarf að gerast með samanburði á skýjahulu í ólíkum lögum og mælingum á langbylgjugeislun til yfirborðs sem gerðar eru í Reykjavík. Litið var nánar til framsetningu skýjahulu í reiknuðum veðurspám sem verða inntaksgögn í líkaninu næstu 3 til 12 klukkustundirnar. Skýjahuluspárnar eru fjörgildar:

lcc - skýjahula lágskýja
 mcc – skýjahula miðskýja
 hcc – skýjahula háskýja
 NH – heildarskýjahula

Reiknuð heildarskýjahula $NH=1$ (100%) þegar eitthvert þriggja laganna, lcc,mcc,hcc =1. Háskýjabreiða dregur minna úr inngæislu og hefur þannig síður áhrif til temprunar en lágskýjabreiða. Reynslan hefur kennt að skýjahulu er að jafnaði ofspáð. Í úrtaki sem skoðað var fyrir Reykjavík frá 1. nóv 2011 til 31. mars 2012 var heildarskýjahulu (NH) ofspáð að jafnaði sem nam 0,2 tíunduhlutum. Munurinn er ekki mikill, en í 43% tilvika var um ofspá að ræða, 24% kom fram vanmat á skýjahulu, en í 32% hitti spáin á réttan tíundahluta skýjahulunnar.

Lágskýjahulan hefur verið skoðuð sérstaklega, þar sem breiður af lægri skýjum hafa meira að segja fyrir langbylgjugeislun frá lofthjúpi, en hærri ský. Í veðurathugunum í Reykjavík er hæð lægstu skýja könnuð sérstaklega og talin til hæðarflokka. Hér er miðað við að hula skýja sem flokkuð eru til hæðartölu 5 eða lægri séu lágský. Hæðartalan 5 miðast við skýjahæð í um 1 km hæð eða tæplega það. Flokkunartölur 6,7,8 eða 9 vísa þá til miðskýja eða háskýja sem lægstu skýja. Samanburður spágilda við skýjaathuganir sem gerðar eru oft í myrkri kanna að orka tvímælis, en sérstakur skýjahæðarmælir gerir þessar athuganir heldur nákvæmari en annars væri. Litið var sérstaklega til þeirra tilvika þar sem munur á spá lágskýja í Reykjavík samanborið við Reykjavík var a.m.k. 3 tíunduhlutar. Þá kemur í ljós að skilgreind ofspá kemur fyrir í 19% tilvika, en vanspá er 12% athugana þessa vetrar 2011-2012. Þegar skoðað er nánar sést að tilvik vanspáa lágskýjahulu eru að yfir helmingi þegar lægstu ský er metin há og á mörkum þess að flokkast til miðskýja. Þegar hins vegar er um ofspá að ræða gerir spáin ráð fyrir alskýjuðu af lágskýjum í upp undir helmingi tilvika þegar engin lágský eru athuguð á himni eða lágskýin eru óveruleg.

Greina þarf frekar áhrif ofspáðrar skýjahulu á veghitalíkanið, tengsl sérstaklega við langbylgjugeislun til yfirborðs sem kemur fram í hægari kælingu vegyfirborðs en hún er í reynd.

5.0 Lokaskref í þróun líkansins fyrir tilraunakeyrslur

Áður en líkanið fer í tilraunaskeyrslur í sumar sbr. framkvæmdalýsingu með umsókn til Rannsóknasjóðs 2013 verða örfá atriði könnuð betur:

- a. Einfalda varmaskipti við burðarlögin. Finna meginreglu út frá mælingum með froststaf svo hægt verði á einfaldari hátt að herma þessar stærðir fyrir fjölfarnari staði þar sem er veghitamælir, en ekki froststafur niður í burðarlögin.
- b. Greina betur inntaksgögn skýjahulu úr veðurlíkönunum og reyna að leiðrétta fyrir ofspáðri skýjahulu sem kemur fram í seinkaðri/minni kælingu vegyfirborðs.