

Tómas Jóhannesson  
Hörður Þór Sigurðsson  
Harpa Grímsdóttir

## Hættumat fyrir Seljalandshverfi, Tunguskeið, Tungudal og Dagverðardal

# Efnisyfirlit

<b>1 Inngangur</b>	<b>5</b>
1.1 Vinnuferlið . . . . .	5
1.2 Efnisatriði og kaflaskipting . . . . .	6
1.3 Aðferðafræði og reglugerðarrámmi . . . . .	6
1.4 Óvissa . . . . .	7
<b>2 Almenn</b>	<b>9</b>
2.1 Byggðasaga . . . . .	10
2.2 Ofanflóð . . . . .	10
2.3 Veðurfar . . . . .	11
2.4 Snjódypt á upptakasvæðum . . . . .	12
<b>3 Staðhættir og hættumat</b>	<b>13</b>
3.1 Seljalandshverfi, Tunguskeið og sumarbústaðahverfi í Tungudal . . . . .	17
3.2 Botn og suðurhlíð Tungudals . . . . .	27
3.3 Dagverðardalur . . . . .	31
<b>4 Niðurstöður hættumats</b>	<b>33</b>
<b>5 Heimildir</b>	<b>35</b>
<b>A Tæknileg hugtök og skilgreiningar</b>	<b>37</b>
<b>B Ofanflóð</b>	<b>39</b>
<b>C Kort</b>	<b>45</b>
<b>D Langsnið brauta</b>	<b>51</b>



# 1 Inngangur

Þessi skýrsla lýsir niðurstöðum hættumats fyrir Seljalandshverfi, Tunguskeið, Tungudal og Dagverðardal við Skutulsfjörð. Hættumatið var unnið fyrir Ísafjarðarbæ af Veðurstofu Íslands samkvæmt reglugerð nr. 505/2000 með breytingum í reglugerð nr. 495/2007 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða.

Ofanflóðahætta hefur verið metin fyrir aðra hluta byggðarinnar í og við Skutulsfjörð, þ.e. byggðina á og við eyrina, í Hnífsdal, undir Seljalandsmúla og í Holtahverfi (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2001, 2002) og hættumatið þar staðfest af umhverfisráðherra. Hætta hefur einnig verið metin undir Innri-Kirkjubólshlíð og í Engidal (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2007) og bíður það mat staðfestingar ráðherra. Almennum atriðum varðandi veðurfar, snjódýpt til fjalla, snjóflóðasögu, byggðasögu o.fl. er lýst í skýrslum sem skrifaðar voru í tengslum við hættumatið sem þegar hefur farið fram og ýmis önnur verkefni (Harpa Grímsdóttir, 1999, 2006; Halldór Björnsson, 2002; Þorsteinn Arnalds o.fl., 2001, 2002, 2007; VÍ, 1997, 2003, 2005). Hér verður því látið duga að vísa til fyrri skýrslna þegar við á.

## 1.1 Vinnuferlið

Þeir sem komu að hættumatinu fyrir svæðið sem hér er til umfjöllunar voru Tómas Jóhannesson, Hörður Þór Sigurðsson, Oddur Pétursson, Harpa Grímsdóttir og Eiríkur Gíslason.

Vinna við hættumatið hófst á Veðurstofunni haustið 2005 með vettvangsferð Tómasar Jóhannessonar, Hörpu Grímsdóttur og Odds Péturssonar. Þá voru afmörkuð möguleg upptakasvæði í Seljalandshlíð og í Tungudal neðan Seljalandsdals og aðstæður metnar með tilliti til snjóflóða. Hörður Þór Sigurðsson kannaði upptakasvæði og aðrar aðstæður í Dagverðardal ásamt Hörpu Grímsdóttur í maí 2007 í framhaldi af ósk Ísafjarðarbæjar um að hættumatið yrði látið ná til ytri hluta dalsins. Tómas heimsótti frönsku snjóflóðarannsóknarstofnunina Cemagref í Grenoble í Frakklandi í október 2005 og vann þar við líkanreikninga á snjóflóðum úr Seljalandshlíð með tvívíða snjóflóðalíkaninu MN2D (Naaim o.fl., 2004). Í apríl 2007 voru gerðir líkanreikningar með austurríska snjóflóðalíkaninu SAMOS (Zwinger o.fl., 2003), sem sett hefur verið upp á Veðurstofunni (Eiríkur Gíslason og Tómas Jóhannesson, 2007). Miðast hættumatið að mestu við þær niðurstöður þó einnig sé höfð hliðsjón af fyrri niðurstöðum með franska líkaninu sem voru í öllum aðalatriðum í samræmi við niðurstöður SAMOS.

Hættusvæði voru afmörkuð á grundvelli þessara gagna og voru tillögurnar samþykktar af hættumatsnefnd Ísafjarðarbæjar í maí 2007.

Í vettvangsferðum voru eftirfarandi þættir skoðaðir sérstaklega:

- a) *Landfræðilegar aðstæður* í helstu snjóflóðafarvegum.
- b) *Líkur á snjósöfnun* á upptakasvæðum snjóflóða.
- c) *Mat á snjóflóðahættu* í hverjum farvegi fyrir sig. Það var gert með því að meta stærð upptakasvæða og bera saman hlutfallslega tíðni ofanflóða í einstökum farvegum.

Hætta vegna annarra ofanflóða en snjóflóða á hinu hættumetna svæði, þ.m.t. vegna grjóthruns og skriðufalla (Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson, 1999; Þorsteinn Sæmundsson og

Halldór G. Pétursson, 1999), er talin hverfandi lítil í samanburði við snjóflóðahættuna. Því miðast hættumatið við snjóflóðahættu.

## 1.2 Efnisatriði og kaflaskipting

Í fyrsta hluta skýrslunnar er samantekt um land- og jarðfræðilegar aðstæður og veðurfar. Þá er ágríp byggðasögu og sögu ofanflóða og gerð er grein fyrir þeirri vinnu sem farið hefur fram og tengist hættumati. Svæðið sem hættumatið nær til er sýnt á korti 1. Það nær til Seljalandshverfis, Tunguskeiðs, Tungudals og ytri hluta Dagverðardals, að Holtahverfi. Undir Seljalandshlíð er fyrirbyggjandi hættumat fyrir Seljalandshverfi og Tunguskeið frá 2002 endurskoðað eftir byggingu varnargarðs á Seljalandsmúla.

Í kafla 3 er nánari lýsing á einstökum farvegum eða svæðum á hinu hættumetna svæði. Þar er greint frá eftirfarandi efnisatriðum:

**Landfræðilegar aðstæður:** Eðliseiginleikar upptakasvæða, fallbrauta og úthlaupssvæða og mat á veðuraðstæðum sem leiða til snjósöfnunar á upptakasvæðunum.

**Ofanflóðasaga:** Stutt yfirlit um helstu flóð.

**Mat:** Greining á ofanflóðaaðstæðum og áhættu.

**Líkanreikningar:** Fjallað er um niðurstöður reiknilíkana sem hættumatið byggir á.

**Hættumat:** Mat á hættu lagt fram og tillaga að hættumatslínunum.

Að lokum eru helstu niðurstöður hættumatsins dregnar saman.

Í skýrslunni eru fjórir viðaukar. Viðauki A inniheldur lýsingu á tæknilegum hugtökum og skammstöfunum. Þar er m.a. um að ræða rennslisstig ( $r$ ) og úthlaupshorn ( $\alpha$ -horn) snjóflóða. Ennfremur eru þar skilgreiningar á  $\alpha$ - og  $\beta$ -punktum og lýsing á  $\alpha/\beta$ -líkaninu. Í viðauka B er listi yfir skráð ofanflóð og stutt lýsing á þeim. Í viðauka C eru kort og í viðauka D eru langsníð niður hlíðarnar þar sem fram koma skriðlengd lengstu flóða og niðurstöður líkanreikninga.

## 1.3 Aðferðafræði og reglugerðarrammi

Ofanflóðahættumat er unnið skv. reglugerð nr. 505 sem Umhverfisstofnun gaf út í júlí árið 2000 með breytingum í reglugerð nr. 495 frá maí 2007 og byggir á lögum nr. 49 frá 1997 um snjóflóð og skriðuföll. Hér að neðan er helstu atriðum reglugerðarinnar lýst.

Hættumat á Íslandi miðast við *einstaklingsbundna áhættu*. Hún er skilgreind sem árlegar líkur á því að einstaklingur sem býr á tilteknum stað farist í ofanflóði. Flokkun hættusvæða byggir á *staðaráhættu* en hún er skilgreind sem árlegar líkur á að einstaklingur, sem dvelur allan sólarhringinn í húsi sem ekki er sérstaklega styrkt, farist í ofanflóði. Með því að taka tillit til líkinda á því að einstaklingur sé í húsi þegar ofanflóð fellur og til þess hve sterkt húsið er fæst mat á *raunáhættu*. Ekki er tekið tillit til rýminga eða annarra tímabundinna varúðarráðstafana við gerð hættumats. Yfirvöld hafa ákveðið að áhættan  $0.2 \cdot 10^{-4}$  á ári eða minni sé viðunandi (ásætlanleg). Með því er átt við að áhættan sé svo lítil að ekki sé ástæða til að grípa til neinna aðgerða til þess að auka

**Tafla 1. Skilgreining hættusvæða**

Svæði	Neðri mörk staðaráhættu	Efri mörk staðaráhættu	Leyfilegar byggingar
C	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	–	Engar nýbyggingar nema frístundahús <sup>1</sup> og húsnaði þar sem viðvera er lítil.
B	$1 \cdot 10^{-4}$ á ári	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	Atvinnuhúsnaði má byggja án sérstakra styrkinga. Byggja má íbúðarhús og byggja við hús þar sem búist er við miklum mannsöfnuði (svo sem fjölbýlishús, sjúkrahús, skóla) með sérstökum styrkingum.
A	$0.3 \cdot 10^{-4}$ á ári	$1 \cdot 10^{-4}$ á ári	Heimilt er að reisa nýtt íbúðar- og atvinnuhúsnaði án sérstakra styrkinga nema hvað styrkja þarf hús þar sem búist er við miklum mannsöfnuði (svo sem fjölbýlishús, skóla, sjúkrahús) og íbúðarhús með fleiri en fjórum íbúðum.

<sup>1</sup>Ef staðaráhætta er minni en  $5 \cdot 10^{-4}$  á ári.

öryggi. Staðaráhætta sem svarar til þessa gildis getur verið mismunandi vegna breytilegrar gerðar og styrks bygginga og mismunandi dvalartíma fólks í þeim. Að öðru jöfnu er reiknað með að fólk dvelji 75% af tíma sínum á heimilum og 40% í atvinnuhúsnaði. Samkvæmt reglugerð um hættumat (Umhverfissráðuneytið, 2000, 2007) skal afmarka þrens konar hættusvæði sem lýst er í töflu 1.

Viðmiðunarreglurnar um nýtingu svæða í töflu 1 miða að því að viðunandi áhætta sem nemur  $0.2 \cdot 10^{-4}$  á ári náist þegar tekið er tillit til líklegar viðveru og styrkinga húsa. Að öllum líkindum er áhætta í atvinnuhúsnaði eitthvað meiri.

Þær aðferðir, sem notaðar eru til þess að meta snjóflóðaáhættu, voru þróaðar við Háskóla Íslands og á Veðurstofu Íslands á árunum 1995–1998. Þeim er lýst í riti eftir Kristján Jónasson o.fl. (1999).

Að lokum er vísað til greinar 10 í reglugerð nr. 505/2000 og 495/2007 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða. Sú grein fjallar m.a. um hættumat á svæðum þar sem gögn vantar til þess að unnt sé að meta áhættu með formlegum útreikningum: „Þar sem ekki er unnt að framkvæma áhættureikninga vegna ónógra upplýsinga skal engu að síður gera hættumatskort, sbr 12. gr., og skal við gerð þess reynt að leggja mat á áhættu.“

## 1.4 Óvissa

Mjög víða er mat á ofanflóðahættu erfitt. Það gildir einkum um svæði þar sem landfræðileg skilyrði fyrir ofanflóð eru til staðar en ofanflóð hafa ekki verið skráð. Byggðasaga margra þéttbýlisstaða

er stutt og oftast einnig það tímabil sem skráning ofanflóða nær til. Þar sem svona stendur á er ógjörningur að útiloka ofanflóð. Því verður að meta þessa hættu þannig að bæði sé tekið tillit til þess að engin ofanflóð hafa verið skráð á ákveðnu tímabili og einnig möguleikans á því að flóð falli.

Þá þarf að meta hættu á snjóflóðum úr hlíðum og brekkum þar sem ekki eru dæmigerðir snjóflóðafarvegir. Flest stór snjóflóð sem skráð hafa verið hafa fallið úr 500–800 m hæð og upptakasvæði þeirra eru oftast víðáttumikil. Snjóflóð úr lægri hlíðum og snjóflóð þar sem upptakasvæði eru óvenjuleg hafa ekki verið mikið rannsökuð.

Þar sem hættusvæði eru afmörkuð er áætluð óvissa á matið. Óvissumatínu er skipt í 3 stig sem gefa til kynna ónákvæmni í legu hættumatslína. Óvissa upp á  $\frac{1}{2}$  táknað að lega hættumatslína sé ónákvæm sem nemur hálfu bilinu á milli þeirra í báðar áttir. Áhætta þrefaldast á milli hættumatslína og því er hlutfallsleg óvissa á áhættunni  $\sqrt{3}$  þar sem óvissa á legu línu er  $\frac{1}{2}$ . Á sama hátt gildir að þar sem óvissa á línunum er metin 1 eða 2 þá gætu þær legið á bili sem nemur 1 eða 2 línubilum frá dregnum línunum. Hliðstæð hlutfallsleg óvissa á áhættu er þá 3 þar sem óvissa er 1 og  $3^2$  þar sem óvissa er 2. Óvissumatið er að nokkru huglægt og hefur ekki beina tölfræðilega merkingu. Hins vegar byggir það á reynslu þeirra sem vinna matið og í því felst þekking og mat á aðstæðum á viðkomandi stað en ekki síður samanburður við hættumat á öðrum stöðum.

Óvissuflokkar fyrir snjóflóð eru skilgreindir á eftirfarandi hátt:

$\frac{1}{2}$  Mörg snjóflóð hafa fallið og farvegurinn er stór og að öllu leyti dæmigerður.

- 1 Einhverjar upplýsingar eru til um snjóflóð en upptakasvæði er lítið eða farvegur óvenjulegur.
- 2 Engar upplýsingar eru til um snjóflóð en landfræðilegar aðstæður benda til þess að snjóflóð geti fallið.

Á svæðum þar sem varnarvirki hafa verið byggð er óvissan skilgreind á bilinu 1 til 2.

Mat á óvissu vegna annarra ofanflóða en snjóflóða er að sama skapi erfitt. Fyrir utan óvissa tíðni og umfang skriðna og grjóthruns þá eru áhrif þeirra og eyðileggingarmáttur illa þekkt.



Mynd 1. Yfirlitskort af nágrenni Skutulsfjarðar. © Landmælingar Íslands, f.h. íslenska ríkisins.

## 2 Almennt

Seljalandshlíð er fjallshlíðin við norðanverðan Skutulsfjörð, innan byggðarinnar á eyrinni. Seljalandsdalur er nyrstur dala fyrir botni fjarðarins og liggur í um og yfir 200 m h.y.s. Dalurinn er aðeins girtur fjöllum að hluta og er neðri hluti hans frekar hjalli en dalur. Brún dalsins yst nefnist Seljalandsmúli. Ofan Seljalandsdals rís Breiðafell en neðan hans er Tungudalur sem gengur inn úr Skutulsfjarðarbotni (mynd 1 og kort 1). Sunnan fjarðarins rís Háafell og skilur að Engidal og Dagverðardal. Ysti hluti þess nefnist Kubbi en innri hlutinn Langafell. Nafnið Háafell er stundum notað yfir hæsta hnúkinn uppi á fjallgarðinum sem Langafell og Kubbi mynda sem þá hefur ekki allur neitt ákveðið nafn. Fjallið milli Tungudals og Dagverðardals nefnist Hnífafjall og kallast hlíð þess sunnan Tungudals Hnífar. Háabrún heitir nokkuð brattur hluti norðurhlíðar Tungudals, inn undir núverandi skíðasvæði Ísfríðinga. Eftir Dagverðardal rennur Úlfsá til sjávar en Tunguá rennur



eftir Tungudal. Af Seljalandsdal renna nokkrar smáár og lækir. Stærstar eru Buná, sem rennur niður í Tungudal utan Háubrunar og í Tunguá, og Seljalandsá, sem rennur norðan við Seljalandsmúla og í sjó fram við Seljaland. Nokkurt aðsópssvæði er á toppi Breiðafells ofan innri hluta Seljalandshlíðar áður en landinu hallar niður í Hnífsdal en utar er fjallstoppurinn hvöss brún og aðsópssvæði lítið.

## 2.1 Byggðasaga

Bærinn Seljaland er lögbýli og hefur staðið á svipuðum stað í a.m.k. 700 ár, og sennilega töluvert lengur. A.m.k. þrjú sumarbústaðir voru reistir u.þ.b. 1935 í Seljalandsmúlanum ofan við Seljaland. Innan við Seljaland voru nokkur íbúðarhús og tvær blokkir byggðar á árunum 1989–1995. Þar hafði ekki verið byggð áður, en neðan við hverfið standa tvö hús frá árunum 1927 og 1934.

Á Seljalandsdal var skíðasvæði Ísfirðinga en flest mannvirki þar eyðilögðust í snjóflóði árið 1994. Fyrsti skíðaskálinn þar, Skíðheimar, var reistur árið 1928 og stóð skammt frá Skíðheimum II sem enn standa. Sá skáli var rifinn um 1940. Árið 1939 reisti Skíðafélag Ísafjarðar annan skála á dalnum. Hann stóð nokkru innan við Skíðheima og fór í snjóflóði árið 1953 (sjá staðsetningu og nánari umfjöllun í greinargerð Hörpu Grímsdóttur (1999) um byggingarár húsa á Ísafirði og í Hnífsdal). Skíðalyftur á Seljalandsdal voru að hluta endurreistar eftir flóðið 1994 en eyðilögðust aftur í snjóflóði árið 1999. Skíðaskálarnir Skíðheimar II og þjónustuskáli fyrir skíðagöngufólk á Harðarskálafliot sunnan Bunár, sem byggður var 2001, eru einu mannvirkin sem eftir standa á Seljalandsdal.

Í norðurhlíð Tungudals, neðan brunar Seljalandsdals, er sumarbústaðahverfi og skógrækt sem hafist var handa við að rækta upp úr 1930. Elsti bústaðurinn í hverfinu var byggður 1926 og annar bústaður nokkru innan hverfisins var reistur 1928. Í dalbotninum, skammt utan núverandi skíðaskála, reistu skátar skálann Valhöll 1929. Stór hluti sumarbústaðahverfisins eyðilagðist í snjóflóðinu 1994 en hverfið hefur verið endurbyggt á sama stað. Skíðasvæði fyrir Alpagreinar var flutt í Tungudal eftir flóðið 1994 og þar eru nú lyftur og skíðaskáli sem byggður var 1999.

Í Dagverðardal risu á fjórða áratug 20. aldar nokkrir sumarbústaðir undir Kubba, innan núverandi Holtahverfis. Norðanmegin dalsins er skátaskálinn Dyngja sem reistur var 1975 undir Hnífafjalli utanverðu. Vegagerðin hefur einnig komið upp aðstöðu fyrir starfsemi sína í mynni Dagverðardals.

Nánari upplýsingar um sögu byggðar í Skutulsfirði er að finna í greinargerð Hörpu Grímsdóttur (1999).

## 2.2 Ofanflóð

Snjóflóðaaðstæður eru margbreytilegar á svæðinu, tíðni flóða mjög mismikil og heimildir um flóð misítarlegar. Snjóflóð úr Seljalandshlíð, einkum ofan gamla skíðasvæðisins, eru tíð og hafa margsinnis valdið slysum og tjóni. Eina snjóflóðið sem valdið hefur manntjóni var stóra Tungudalsflóðið 1994 þar sem einn maður fórst. Tungudalsflóðið olli jafnframt langmesta tjóni sem orðið hefur í snjóflóði á svæðinu eins og nánar er lýst í umfjöllun um snjóflóð úr Seljalandshlíð hér að neðan. Talsvert dregur úr tíðni snjóflóða næst utan við gamla skíðasvæðið en ofan Seljalandshverfis eru snjóflóð engu að síður vel þekkt og hafa náð allt niður í Tunguá við bæinn Seljaland skammt

utan hverfisins. Er skemmst að minnast hrinunnar í janúar 2005 en þá féllu fjölmörg snjóflóð í Skutulsfirði og nágrenni, þar á meðal flóð á nýja varnargarðinn og keilurnar á Seljalandsmúla ofan Seljalandshverfis (VÍ, 2005).

Snjóflóð úr norðurhlíð Tungudals neðan Seljalandsdals eru sjaldgæf en þó hafa fallið þar flóð skammt utan sumarbústaðahverfisins og úr Háubrun innan þess. Einnig eru skráðar nokkrar spýjur úr hlíðinni inn undir dalbotninum, skammt vestan svæðisins sem hér er til umfjöllunar. Engin flóð eru þekkt úr suðurhlíð dalsins ofan hættumetna svæðisins og þar safnast lítill snjór. Hins vegar hafa nýlega fallið flóð upp af Tungudal, innan við hættumetna svæðið.

Engar heimildir eru um snjóflóð á svæðinu sem hér er til umfjöllunar á Dagverðardal og þar gildir það sama og í Hnífunum sunnan Tungudals að lítill snjór safnast í hugsanleg upptakasvæði ofan svæðisins. Snjóflóð hafa nokkrum sinnum fallið úr Hádegishvilt í Háafelli, sem er nokkru innan við hættumetna svæðið, og úr hlíðinni þar næst fyrir utan og innan. Flóð eru einnig vel þekkt úr Kubba ofan Holtahverfis, sem er næst utan hættumetna svæðisins á Dagverðardal. Síðastliðinn vetur féllu jafnframt snjóflóð upp af Dagverðardal, innan við hættumetna svæðið.

Í viðauka B er listi yfir snjóflóð sem fallið hafa í hinum mismunandi hlutum svæðisins sem hér er til umfjöllunar með stuttri lýsingu á hverju þeirra. Útlínur flóðanna eru sýndar á korti 2. Nánari upplýsingar er að finna í snjóflóðaánnál Ísafjarðar og Hnífsdals (VÍ, 2003), sem byggir á fyrri greinargerðum Veðurstofunnar (Jón Gunnar Egilsson, 1989, 1996) og bókum Ólafs Jónssonar o.fl. (1992). Lýsingu á nokkrum flóðum er að finna í skýrslu um hrinuna 1. – 6. janúar 2005 en þá féllu nokkur snjóflóð á svæðinu (VÍ, 2005).

## 2.3 Veðurfar

Tómas Jóhannesson og Trausti Jónsson (1996) og Halldór Björnsson (2002) hafa gert grein fyrir veðurfari á norðanverðum Vestfjörðum og ennfremur veðri í aðdraganda snjóflóðahrina. Í skýrslu um hættumat fyrir Ísafjörð (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) er tekið saman yfirlit um veðurfar á svæðinu og birtar töflur með gögnum um veðurfar.

Snjóflóðahætta úr Seljalandshlíð kemur upp við svipaðar kringumstæður og valda snjóflóðum í helstu snjóflóðafarvegum á Vestfjörðum, þ.e. aftakaveðrum af norðri þegar lægðir ganga norður fyrir land úr suðri eða austri. Lægðir þessar beina tiltölulega hlýju lofti að sunnan með mikilli úrkomu norður fyrir landið og valda mikilli snjósöfnun á upptakasvæðum margra snjóflóðafarvega á svæðinu. Mikil snjósöfnun getur einnig átt sér stað í sömu farvegum í langvarandi norðaustanátt með mikilli ofankomu. Veður sem tengjast snjóflóðahættu úr hlíðum Tungudals og Dagverðardals eru ekki þekkt þar sem skráð flóð eru fá, viðhorf hugsanlegra upptakasvæða er mismunandi og aðrar aðstæður sem ráða snjósöfnun margbreytilegar. Vindur í flestum veðrum ber snjó úr suðurhlíð Tungudals og hlíðum beggja vegna Dagverðardals ofan hættumetna svæðisins og þar er því hugsanlegt að snjóflóðahætta komi helst upp ef snjóar í fremur lygnu veðri samfara óheppilegri lagskiptingu snjóþekjunnar. Nokkurt aðsöppsvæði er á Seljalandsdal ofan Háubrunar og annarra upptakasvæða í norðurhlíð Tungudals. Þar kann að koma upp snjóflóðahætta ef lausasnjór safnast á Seljalandsdal og vindur herðir síðan svo snjór berst í þessi upptakasvæði.

## 2.4 Snjódýpt á upptakasvæðum

Samkvæmt greiningu Kristjáns Jónssonar og Trausta Jónssonar (1997) á snjódýpt á Íslandi er snjódýpt á láglendi á norðanverðum Vestfjörðum með því mesta sem gerist á landinu. Skutulsfjörður er á snjódýptarsvæði 3 sem samsvarar því að 50 ára snjódýpt á láglendi sé á bilinu 1.25–1.75 m. Á svæðum þar sem snjór safnast í skafrenningi getur snjódýptin orðið margfalt meiri eins og raunin er á sumum upptakasvæðum snjóflóða sem hér eru til umfjöllunar.

Í skýrslu um hættumat fyrir Ísafjörð (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) er tekið saman yfirlit um snjódýptarmælingar sem gerðar hafa verið á upptakasvæðum snjóflóða við Skutulsfjörð síðan veturinn 1996/1997. Þar koma fram almennar upplýsingar um snjódýpt til fjalla og á láglendi á Skutulsfjarðarsvæðinu. M.a. er gerð grein fyrir snjódýptarmælingum á upptakasvæðum í Seljalandshlíð sem sýna miklu meiri snjódýpt ofan gamla skíðasvæðisins en utar í hlíðinni. Mælingarnar sýna að skafrenningur ræður miklu um snjódýpt í hlíðinni. Dýptin verður yfirleitt ekki meiri en 2–3 m í lægri hlutum hlíðarinnar og á hryggjum eða ávölum svæðum ofar í fjallinu. Ofan skíðasvæðisins hefur lóðrétt snjódýpt mælst um 5 m í opinni hlíð í 576 m h.y.s. (stika isse00), en ofarlega í hlíðinni ofan Seljalandshverfis hefur dýptin mest mælst rúmum 3 m í tæplega 600 m h.y.s., einnig í opinni hlíð (stika isse01). Gera má ráð fyrir að snjódýptin verði miklu meiri en þetta í skálum og giljum ofarlega í hlíðinni. Snjódýpt hefur ekki verið mæld á upptakasvæðum annars staðar á svæðinu sem hér er til umfjöllunar, en þau eru mun lægra yfir sjó en Seljalandshlíðin og snjódýpt þar er miklu minni en ofarlega í Seljalandshlíð eins og þegar hefur komið fram.

### 3 Staðhættir og hættumat

Hættumetna svæðið er sýnt á korti 1. Svæðið tekur til Seljalandshverfis og Tunguskeiðs, þar sem endurskoða þarf hættumat frá 2002 eftir byggingu varnargarðsins á Seljalandsmúla. Einnig tekur svæðið til Tungudals, m.a. sumarbústaðahverfisins og svæða næst utan og innan þess, og Dagverðardals, þar sem framlengja þarf fyrirbyggjandi hættumat fyrir Holtahverfi til vesturs vegna vinnu við skipulag Ísafjarðarbæjar. Jafnframt er hætta metin á byggingarreit þjónustuskála fyrir skíðagöngufólk á Seljalandsdal við Buná en honum var á sínum tíma valinn staður á grundvelli bráðabirgðahættumats frá Veðurstofunni (Tómas Jóhannesson, 2000).

Upptakasvæði hafa verið afmörkuð þar sem líklegast er talið að snjóflóð eigi upptök og eru þau auðkennd með númerum innan hvers dals eða hlíðar, þ.e. svæði í Seljalandshlíð ofan Seljalandsdals og Seljalandsmúla (tafla 2), Tungudal og nágrenni (tafla 3) og Dagverðardal (tafla 4) (sjá kort 3 og 4). Mun stærri svæði hafa landhalla yfir  $30^\circ$ , sem er dæmigerður halli fyrir upptakasvæði snjóflóða. Sérstaklega á þetta við um Seljalandshlíð, en líkur á snjósöfnun eru metnar mestar á hinum afmörkuðu svæðum sem þar eru ekki látin ná niður fyrir 400–500 m y.s. Upptakasvæðin í Seljalandshlíð, og að hluta til önnur upptakasvæði einnig, eru stærri en svo að líklegt sé að snjóflóð eigi sér upptök á öllu svæðinu samtímis, nema fyrir allra stærstu flóðin. Yfirlit yfir svæðin með flatarmáli lárétts ofanvarps og flatarmáli hlíðarinnar sjálfar innan svæðisins kemur fram í töflum 2, 3 og 4. Frekari upplýsingar um viðhorf, halla og nokkur fleiri atriði fyrir hvert upptakasvæði koma fram í sérstökum undirköflum hér að neðan.

Tvívíðir líkanreikningar með snjóflóðalíkaninu SAMOS hafa verið unnir fyrir snjóflóð sem eiga sér upptök á flestum upptakasvæðum í töflum 2, 3 og 4 og koma niðurstöðurnar fram á kortum 3 og 4. Rennslisstigahugtakið, sem notað hefur verið á Veðurstofunni við hættumat (Kristján Jónasson o.fl., 1999), var í þessu sambandi útvíkkað fyrir tvívítt snjóflóðalíkan (Eiríkur Gíslason, 2007). Kortin sýna bæði hefðbundin rennslisstig reiknuð með PCM líkaninu eftir brautum niður hlíðar og svokölluð *tvívíð rennslisstig* sem reiknuð eru með SAMOS líkaninu. Línur sem sýna tvívíð rennslisstig má líta á sem jafngildislínur skriðlengdar. Þær samsvara viðkomandi skriðlengdargildum (í hektómetrum) í staðalbrekku fyrir breið flóð í opinni hlíð þar sem gil og landslag þvert á skriðstefnu hafa ekki áhrif. Í vissum skilningi eru allir staðir á sama tvívíða rennslisstigi í sömu fjarlægð frá hlíðinni frá sjónarhóli snjóflóða. Í þeim tilvikum þar sem snjósöfnunaraðstæður og líkur á að snjóflóð falli eru sambærilegar er eðlilegt að jafngildislínur fyrir áhættu (hættumatslínur) fylgi nokkurn veginn tvívíðum rennslisstigum. Tvívíðu rennslisstigin voru notuð til þess að meta stefnu flóða á úthlaupssvæðinu og áhrif landslags þvert á skriðstefnu á útbreiðslu þeirra. Þau voru einnig höfð til hliðsjónar þegar skriðlengd var borin saman milli farvega. Hefðbundin rennslisstig voru einnig notuð við hættumatið. Sér í lagi var tíðni metin með sama hætti og áður við hættumat á Veðurstofunni, sbr. lýsingu Kristjáns Jónassonar o.fl. (1999) á mati á snjóflóðahættu.

Inni í Tungudal og í Dagverðardal er ekki unnt að styðjast við formlega áhættureikninga af þeim toga sem þróaðir voru af Kristjáni Jónassyni o.fl. (1999) vegna þess að upplýsingar um snjóflóðasögu eru of takmarkaðar til þess að unnt sé að meta tíðni flóða. Upptakasvæði snjóflóða sem hætta stafar af á þessum svæðum eru óregluleg í lögun og mörg þeirra safna líklega ekki miklum snjó. Farvegir eru fremur lágt yfir sjávarmáli, spanna lítið hæðarbil og eru að ýmsu öðru leyti ekki sambærilegir við dæmigerða snjóflóðafarvegi sem skriðlengdardreifing hættumatsaðferðarinnar miðast við. Hættumatið fyrir þessa farvegi byggir að mestu á samanburði við aðra farvegi sem ekki eru

„dæmigerðir“ og hättumat hefur þegar verið gert fyrir hér á landi. Leitast er við að gæta innbyrðis samræmis út frá huglægu mati á stærð og lögun upptakasvæða, snjósöfnunaraðstæðum, þeirri litlu snjóflóðasögu sem til er að dreifa, byggðasögu, mati staðkunnugra heimamanna og öðrum vísbendingum. Í þessu mati er „... reynt að leggja mat á áhættu“ eins og kveðið er á um í grein 10 í reglugerð um hättumat og er þá ekki síst litið til heildaráhættu á svæðum þar sem svona háttar til á landinu öllu. Mat þetta er miklum vafa undirorpið eins og endurspeglast í óvissu sem tilgreind er fyrir hvert svæði. Í lokakafli skýrslunnar er gefið yfirlit um rennslisstig sem samsvara hättumatslínunum fyrir þessi svæði hvert fyrir sig ásamt nokkrum öðrum stöðum undir „ódæmigerðum“ snjóflóðafarvegum við Ísafjarðardjúp og víðar þar sem hætta hefur verið metin.

**Tafla 2.** *Upptakasvæði í Seljalandshlíð ofan Seljalandsdals og Seljalandsmúla.*

Upptakasvæði nr.	nafn	Flm. á korti (ha)	Flatarm. (ha)
1	Seljalandshlíð, ofan gamla skíðasvæðis	45	55
2	Seljalandshlíð, ofan Seljalandshverfis	21	26

**Tafla 3.** *Upptakasvæði í og við Tungudal.*

Upptakasvæði nr.	nafn	Flm. á korti (ha)	Flatarm. (ha)
1	Tungudalur, neðan vegar upp á gamla skíðasvæði	2.7	3.2
2	Tungudalur, í miðri hlíð innan við Buná	0.63	0.73
3	Tungudalur, lítið svæði ofarlega við Buná	0.03	0.03
4	Tungudalur, lítið svæði ofarlega vestan Bunár	0.05	0.06
5	Sandfell	1.2	1.5
6	Háabrún	13.9	16.6
7	Tungudalsbotn, innan við Háubrún	1.3	1.6
8	Tungudalsbotn, Þverhlíð	6.9	8.4
9	Hnífar, utarlega upp undir brún	1.5	1.9
10	Hnífar, utarlega, undir klettum í miðri hlíð	4.2	5.0

**Tafla 4.** *Upptakasvæði í Dagverðardal.*

Upptakasvæði nr.	nafn	Flm. á korti (ha)	Flatarm. (ha)
2 <sup>1</sup>	Háafell, Dagverðardalur innan Holtahverfis	9.5	11.9
3	Hnífafjall, hlíð norðan Dagverðardals	4.3	5.3

<sup>1</sup>Upptakasvæði nr. 1 í Kubbanum er ofan Holtahverfis og fellur ekki innan svæðisins sem hér er til umfjöllunar. Númer upptakasvæðanna í töflunni byrja því á 2.



### 3.1 Seljalandshverfi, Tunguskeið og sumarbústaðahverfi í Tungudal

#### Staðhættir

Seljalandshverfi og sumarbústaðahverfinu í Tunguskógi er ógnað af snjóflóðum úr stórum upptakasvæðum í Seljalandshlíð ofan Seljalandsdals og Seljalandsmúla (sbr. kort 2). Fjær hlíðinni hefur verið skipulögð íbúðarbyggð á Tunguskeiði og þar hafa þegar verið reist hús. Skipulag þess svæðis tekur mið af bráðabirgðahættumati sem gert var af Veðurstofunni fyrir Tunguskeið á árunum 1996 og 1997. Ekki er byggð eða önnur starfsemi þar sem meta þarf snjóflóðahættu á Seljalandsdal utan Bunár en meta þarf hættu á byggingarreit þjónustuskála fyrir skíðagöngufólk á Harðarskálafliot skammt innan árinna.

Seljalandsmúli hefst í um 100 m y.s. skammt innan við bæinn Seljaland. Hann hækkar til vesturs inn eftir Seljalandshlíð og myndar breikkandi stall eða hjalla í hlíðinni sem nefnist Seljalandsdalur. Í um 150 m y.s. nokkru innan við fjarðarbotninn er dalurinn um 200 m að breidd en hann nær 600–800 m breidd ofan sumarbústaðahverfisins og skógræktarinnar í Tunguskógi.

Snjóflóð geta einnig átt upptök í hlíð Tungudals neðan Seljalandsmúla og Seljalandsdals og þarf að taka tillit til nokkurra upptakasvæða þar við hættumatið.

Farvegir snjóflóða úr Seljalandshlíð á svæðinu sem hér er til umfjöllunar eru flóknari en víðast annars staðar þar sem meta þarf snjóflóðahættu í byggð hér á landi. Meta þarf breidd svæðisins þar sem snjóflóð geta náð fram af brún Seljalandsdals og niður í Tungudal, eins og flóðið 1994 gerði, breidd svæðis utan sumarbústaðahverfisins þar sem Seljalandsmúli veitir skjól með því að beina flóðum til beggja hliða, og áhrif múlans á skriðstefnu og skriðlengd flóða úr hlíðinni ofan Seljalandshverfis. Einnig þarf að meta hættu á flóðum úr neðri hluta hlíðarinnar neðan Seljalandsmúla og að lokum að leggja mat á áhrif nýreists varnargarðs og keilna á snjóflóðahættu í Seljalandshverfi og á Tunguskeiði.

Tvívíðir snjóflóðalíkanreikningar reyndust gagnlegir til þess að leggja mat á áhrif Seljalandsdals og Seljalandsmúla á flæði snjóflóða og voru einnig notaðir til þess að meta hættu undir varnargarðinum. Slíkir reikningar hafa ekki áður verið notaðir við hættumat hér á landi með þeim hætti sem hér er gert, sbr. lýsingu á tvívíðum rennslisstigum hér að framan.

#### Upptakasvæði

Afmörkuð voru tvö stór upptakasvæði í Seljalandshlíð og eitt í hlíð Tungudals neðan Seljalandsmúla og eru þau sýnd á korti 3. Ytra svæðið í Seljalandshlíð er ofan Seljalandshverfis og bæjarins Seljalands og er 26 ha að flatarmáli. Efri mörk svæðisins eru í um 700 m y.s. og það nær niður í um 450 m y.s. Landhalli er víðast á bilinu 35 til 40° og um 38° að meðaltali. Fjallsbrúnin ofan svæðisins er hvöss og án umtalsverðs aðsópssvæðis. Svæðið veit mót suðri og er opið og án áberandi skála eða gilja sem safna snjó. Nokkur grunn gil teygja sig þó upp í upptakasvæðið, einkum astantil, og ná þau að hafa talsverð áhrif á flæði snjóflóða og beina þeim í ákveðna strauma út úr upptakasvæðinu þrátt fyrir að þau séu ekki stór. Stór gil eru í Seljalandshlíðinni austan svæðisins og draga þau væntanlega eitthvað úr snjósöfnun frá hlið inn á svæðið.

Innra svæðið í Seljalandshlíð er ofan Seljalandsdals. Það er 55 ha að flatarmáli og spannar hæðarbilið 400–680 m y.s. Landhalli er víðast á bilinu 32 til 38° og um 35° að meðaltali. Svæðið veit mót SSV og stórt aðsópssvæði er á Breiðafelli ofan þess, nema yst þar sem fjallsbrúnin er



hvöss. Gullhólsgil myndar nokkra skál sem nær upp undir fjallsbrún þar sem snjósöfnun er meiri en annars staðar á svæðinu. Að öðru leyti er hlíðin opin og án skála og gilja eins og á ytra svæðinu.

Seljalandshlíð breytir um stefnu á milli upptakasvæðanna tveggja og verður svolítið kúpt á kafla. Miklu meiri snjósöfnun er í innra en ytra svæðið og verður breytingin á snjósöfnuninni um það bil þar sem stefna hlíðarinnar breytist. Kúpt lögun hlíðarinnar þar hefur áhrif á flæði snjóflóða út úr upptakasvæðinu þannig að gera má ráð fyrir að flóðin verði heldur kraftminni þar fyrir neðan en annars staðar. Ætla má að í flestum tilvikum breiðist brotlínur ekki yfir kúpta svæðið milli upptakasvæðanna þannig að snjóflóð falli úr öðru hvoru svæðinu um sig hverju sinni en ekki úr báðum svæðunum samtímis. Þó náði upptakasvæði stóra flóðsins 1999 yfir sem næst allt innra svæðið og teygði sig einnig rúma 200 m út á ytra svæðið. Að frátöldu kúpta svæðinu á mörkum upptakasvæðanna tveggja er hlíðin á báðum svæðunum að mestu án klettadranga, gilja og annars landslags sem takmarkar útbreiðslu brotfleka til hliðanna. Snjóflóð geta því orðið mjög stór þegar snjóalög gefa tilefni til.

Brún Tungudals neðan Seljalandsmúla nær upptakahalla á dálitlu svæði milli Seljalandshverfis og sumarbústaðanna og var þar afmarkað upptakasvæði í 100–160 m h.y.s., sbr. kort 3. Ofan meginhluta sumarbústaðahverfisins nær hlíðin ekki upptakahalla nema á mjög litlum bletti næst innan Kornár sem fellur um mitt hverfið. Svæði þetta er svo lítið að það var ekki afmarkað sem upptakasvæði enda ræðst hættu í sumarbústaðahverfinu þar fyrir neðan algerlega af flóðum ofan úr upptakasvæðinu í Seljalandshlíð. Hlíð Tungudals veit mót suðri og er án gilja og skála nema í farvegi Kornár og Bunár sem fellur niður hliðina um 150 m innan sumarbústaðanna. Halli á hinu afmarkaða upptakasvæði er um 32° að meðaltali. Hlíðin er vaxin kjarri að talsverðu leyti og dregur það úr líkum á því að snjóflóð fari þar af stað en veitir hins vegar enga vörn gegn flóðum sem koma ofan að.

Yfirlit um stærð svæðanna er gefið í töflum 2 (efri svæðin) og 3 (neðra svæðið).

## Fallbraut

Fallbraut flóða úr Seljalandshlíð skiptist í tvennt, annars vegar er hlíðin ofan Seljalandsdals og hins vegar norðurhlíð Tungudals. Þar á milli myndar Seljalandsdalurinn úthlaupssvæði minni og meðalstórra flóða sem staðnæmast á dalnum. Halli í stefnu flóða þvert yfir Seljalandsdal er víða aðeins 4–7° og jafnvel minni á köflum. Hlíðarhalli til austurs er að meðaltali u.þ.b. 8°.

Engin djúp gil sem ráða stefnu flóða eru í fallbrautinni, hvorki í Seljalandshlíð innan Seljalandsbæjarins né í hlíð Tungudals. Ofan og utan við miðjan varnargarðinn eru eins og áður var nefnt grunn gil í utanverðu ytra upptakasvæðinu sem ná hátt upp í hliðina og beina flóðum í kraftmeiri strauma. Slíkum giljum er ekki til að dreifa ofan efri hluta garðsins. Gullhólsgilið er eina gilið sem stendur undir nafni á innri hluta svæðisins ofan Seljalandsdals en það teygir sig lítið sem ekkert niður í fallbrautina og nær ekki að mynda sterkan straum í flæði snjóflóða.

Áhrifa Seljalandsmúla gætir lítið nærri Seljalandsbænum við neðri enda varnargarðsins. Varnargarðurinn ver ekki bæinn og eykur reyndar hættu þar með því að beina flóðum að honum. Bærinn var því keyptur upp í tengslum við byggingu garðsins. Lögun hlíðarinnar á þessu svæði er dæmigerð fyrir stóra snjóflóðafarvegi hér á landi og  $\beta$ -punktur er milli 10 og 30 m y.s. Slakkinn, sem Seljalandsmúli myndar þar sem halli í flóðstefnuna er lítill, er orðinn um 100 m breiður ofan við miðjan varnargarðinn í um 100 m y.s. og hann breikkar síðan eftir því sem innar dregur. Halli í flóðstefnuna eykst í um 15° þegar kemur fram af utanverðum múlanum og neðri  $\beta$ -punktur er

þar í um 30 m h.y.s. við fjölbýlishúsin í Seljalandshverfi. Halli í neðri hluta fallbrautarinnar í hlíð Tungudals innan Seljalandshverfis er víða á bilinu 15–30° og þar myndar hlíðin á köflum neðra upptakasvæði eins og fyrr var nefnt. Halli brautarinnar minnkar nokkuð jafnt niður á jafnsléttu í botni Tungudals og  $\beta$ -punktar eru þar í svipaðri hæð og sumarbústaðahverfið eða á hæðarbilinu 25–50 m y.s.

## Úthlaupssvæði

Úthlaupssvæði snjóflóða er annars vegar á Seljalandsdal, sem þegar er lýst hér að framan, og hins vegar sléttlendið inn af Skutulsfjarðarbotni, þ.e. flatlendi við ósa Tunguár, Tunguskeið og Tungudalur. Lengstu snjóflóð úr Seljalandshlíð, sem ná að falla niður í Tungudal, geta runnið upp í hlíð Hnífa gegnt sumarbústaðahverfinu eins og hamfaraflóðið 1994 reyndar gerði. Þar sem það náði lengst stöðvaðist það í um 15 m h.y.s. sunnan megin í dalnum. Að öðru leyti er úthlaupssvæðið slétt og lítið um landslag sem áhrif getur haft á útbreiðslu snjóflóða. Þó eru lágir bakkar niður undir dalbotninum sitt hvorum megin Bunár og nokkrir lækir mynda mjóa og grunna farvegi, sem geta haldið að litlum snjóflóðum, neðst í sumarbústaðahverfinu og skammt innan þess. Þessir farvegir hafa hverfandi áhrif á flæði stórra snjóflóða ofan úr Seljalandshlíð að öðru leyti en því að bakkinn innar Bunár heldur að slíkum flóðum og dregur úr útbreiðslu þeirra til vesturs eftir að þau koma niður á jafnsléttu.

## Varnargarður á Seljalandsmúla

Varnargarður fyrir Seljalandshverfi hefur verið reistur á Seljalandsmúla og dregur hann jafnframt úr snjóflóðahættu á Tunguskeiði (Hnit og NGI, 1996). Garðurinn, sem var vígður árið 2004, er um 700 m langur og 16 m hár þar sem hann er hæstur. Hann er lagaður að landslagi múlans þannig að hann myndar aflíðandi „S“-form í lengdarstefnuna. Neðri hluti garðsins er sprengdur í klöpp og er mjög brattur, þ.e. halli þar er um 1:1. Bratti hluti garðsins er 6–7 m hár þar sem skering í klöppina er dýpst. Efri hluti garðsins hefur hefðbundinn halla lausra jarðefna. Tvær keiluraðir með sjö 7 m háum keilum eru ofan miðs garðsins þar sem líkanreikningar gefa til kynna að flæði snjóflóða sé stríðast. Keilurnar eru þverar og brattar á þeirri hlið sem veit mót flóðstefnunni.

Líkanreikningarnir með tvívíðum snjóflóðalíkönunum gefa til kynna svolítið aðra stefnu snjóflóða eftir ferð þeirra yfir slakkann ofan Seljalandsmúla en brautir sem áður höfðu verið dregnar við hættumat og undirbúningsvinnu við hönnun varnargarðsins. Hliðarhalli á dalnum sveigir stefnu flóðanna til austurs og reiknuðust þessi áhrif nokkru minni en skv. legu brautanna sem áður voru dregnar. Samkvæmt tvívíðu líkanreikningunum er leiðihorn garðsins á bilinu 45–50° fyrir hönnunarsnjóflóðið sem garðurinn var miðaður við, nema allra neðst þar sem hornið er nokkru lægra. Leiðihornið var metið á bilinu 30–50° þegar garðurinn var hannaður, en þá voru tvívíðir líkanreikningar ekki tiltækir. Brattar keilur voru reistar ofan garðsins í því skyni hægja á snjóflóðum áður en þau skella á garðinum til þess að bæta virkni hans. Keilur af þessari gerð voru ekki inni í upprunalegu hönnun garðsins og vega þær að nokkru upp verra leiðihorn en áður var gert ráð fyrir. Nánar er fjallað um áhrif garðsins í undirkafla um hættumat hér að neðan.

## **Ofanflóð**

Fjöldi snjóflóða hefur fallið úr hlíðinni á þessu svæði eins og fram kemur í lista yfir snjóflóð í viðauka B og þeim er nánar lýst í snjóflóðaánnálum og öðrum greinargerðum Veðurstofunnar (2003, 2005). Árið 1947 féll snjóflóð sem eyðilagði þrjá sumarbústaði og olli skemmdum á íbúðarhúsinu og útihúsum að Seljalandi. Árið 1954 eyðilagði snjóflóð einn sumarbústað og skekkti annan á grunni. Ekki er hins vegar vitað um snjóflóð ofan við nýja Seljalandshverfið sem náð hafa fram af múlanum. Í hrinunni í janúar 2005 féll snjóflóð á nýja varnargarðinn á Seljalandsmúla. Það færði í kaf ystu keilurnar ofan garðsins en ekki er vitað hversu mikið það rann upp eftir garðhliðinni vegna þess að ummerki flóðsins voru orðin ógreinileg þegar eftir því var tekið nokkrum dögum eftir að það féll.

Eftir að regluleg skráning snjóflóða á Ísafirði hófst 1983 hafa mörg snjóflóð verið skráð á Seljalandsdal, flest úr Gullhólsgili í Breiðafelli. Engin alvarleg slys hafa orðið á fólki á eða við skíðasvæðið af völdum snjóflóða, en skíðamenn hafa lent í flóðum og stundum hefur litlu mátt muna að illa færi. Árið 1994 féll mjög stórt snjóflóð úr brún Breiðafells, yfir skíðasvæðið, fram af Seljalandsmúla og niður yfir sumarbústaðalandið í Tungudal. Skíðaskáli, fjórar lyftur og ýmsir kofar og tæki eyðilögðust á Seljalandsdal. Í Tungudal eyðilögðust 40 sumarbústaðir. Þar lést einn maður og kona slasaðist illa. Árið 1999 féll annað stórt flóð yfir skíðasvæðið sem hafði verið endurreist að hluta. Skíðalyfta, sem byggð var 1995, skemmdist og einnig skíðalyfta, sem verið var að byggja, ásamt ýmsum tækjum. Eftir þetta var skíðasvæði fyrir Alpagreinar flutt inn í Tungudal. Í janúar 2007 féll nokkuð stórt snjóflóð utan við efri, gömlu skíðalyftuna, og náði yfir svæðið þar sem stóð þjónustuhús sem tilheyrði skíðasvæðinu og fór í snjóflóðinu 1994.

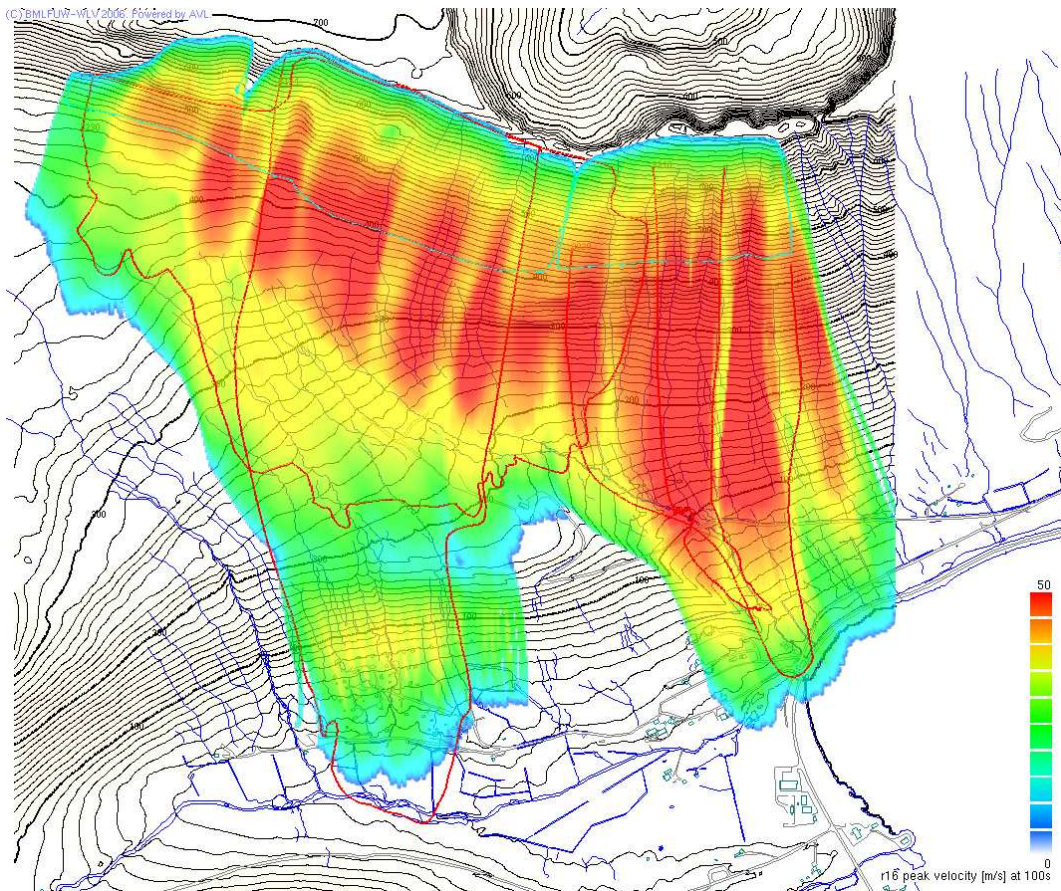
Auk hamfaraflóðsins úr Breiðafelli 1994 er vitað um eitt snjóflóð í Tungudal utan Bunár. Það féll árið 1973 úr litlu gili ofan við austasta sumarbústaðinn og tók með sér sumarbústað, bar hann með sér á rafmagnsstaur og braut hann. Ekki er ljóst við hvaða gil er átt. Önnur snjóflóð með upptök neðan Seljalandsmúla eru ekki þekkt.

## **Veðurfarsskilyrði**

Snjósöfnun í efri upptakasvæðin í Seljalandshlíð er mest í veðri sem einkennir verstu snjóflóðahrinur á norðanverðum Vestfjörðum, þ.e. í aftakavetrarveðrum af norðri eða norðaustri. Aðsópssvæðið á Breiðafelli gerir það að verkum að snjósöfnun í innra upptakasvæðið getur orðið mjög mikil á skömmum tíma ef snjó kyngir niður áður en hversir og skafrenningur hefst. Snjósöfnun í norðurhlíð Tungudals er miklu minni og getur bæði átt sér stað við snjókomu í fremur lygnu veðri og einnig ef lausasnjórn á Seljalandsdal kemst á hreyfingu í vindátt frá NV til NA.

## **Mat á aðstæðum**

Ekki þarf frekari vitna við að hætta er á aftakaflóðum úr efri upptakasvæðunum í Seljalandshlíð, sér í lagi úr innra svæðinu. Rúmmál flóðsins 1994 er talið hafa verið yfir 600 þúsund m<sup>3</sup>. Stærri brotfleki að flatarmáli en í flóðinu 1994 er vel hugsanlegur, eins og flóðið 1999 sýnir, og einnig er möguleiki á þykkari brotfleka en 1994. Því má áætla að aftakaflóð úr innra svæðinu geti verið á bilinu 500 þúsund til milljón m<sup>3</sup>. Ytra svæðið er um helmingi minna að flatarmáli en það innra. Meta má líklega þykkt brotfleka flóða þar allt að helmingi minni en á innra svæðinu sem samsvarar



**Mynd 2.** Hámarkshraði snjóflóðs með rennslisstig 16 úr Seljalandshlíð reiknaður með SAMOS líkaninu. Áhrif varnargarðs á Seljalandsmúla eru tekin með í reikninginn en ekki áhrif keilna ofan garðsins.

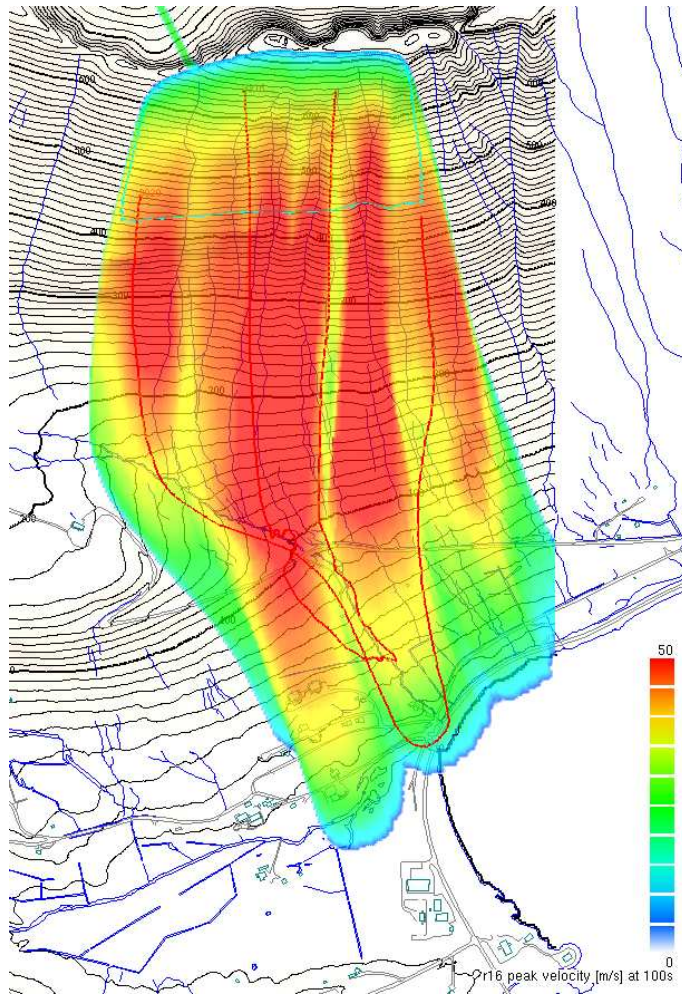
Því að aftakaflóð þar geti verið nokkur hundruð þúsund rúmmetrar að rúmmáli.

Snjóflóð úr upptakasvæðinu í Tungudal við og utan sumarhúsanna eru miklu ólíklegri en úr Seljalandshlíð vegna minni snjósöfnunar, auk þess sem kjarr á svæðinu dregur væntanlega úr líkum á því að snjóflóð fari af stað. Hér er miðað við að flóð taki einungis til hluta upptakasvæðisins hverju sinni og séu þannig ekki stærri en svarar til 3. stærðarflokks snjóflóða (sjá töflu á bls. 15 í VÍ, 2003), þ.e. ekki stærri en á stærðarþrepinu þúsund eða nokkur þúsund  $m^3$  að rúmmáli.

### Líkanreikningar

Kort 3 sýnir niðurstöður líkanreikninga og teikningar í viðauka D sýna langsnið brauta isse33aa og isse24aa. Fjölbýlishúsin í Seljalandshverfi eru í rennslisstigi rúmlega 14 og flóð með rennslisstig 16.4 þarf til þess að fara fram af brún Seljalandsdals og niður í Tungudal.

Tvívíð rennslisstig voru reiknuð með SAMOS líkaninu fyrir upptakasvæðin í Seljalandshlíð og eru þau sýnd á korti 3. Dæmi um niðurstöður reikninganna fyrir snjóflóð með rennslisstig 16 með og án varnargarðs eru sýnd á myndum 2 og 3. Fyrir ytra upptakasvæðið voru rennslisstig reiknuð



**Mynd 3.** Hámarkshraði snjóflóðs með rennslisstig 16 úr Seljalandshlíð ofan Seljalandshverfis reiknaður með SAMOS líkaninu. Áhrif varnargarðs og keilna á Seljalandsmúla eru ekki tekin með í reikninginn.

bæði fyrir landlíkan án varnargarðsins og fyrir landlíkan með varnargarði og eru þau sýnd með mismunandi litum á kortinu (rauðar línur sýna rennslisstig fyrir núverandi landslag með varnargarði en grænar línur á svæðinu við Seljaland sýna rennslisstig eins og þau reiknast fyrir upprunalegt landslag án garðsins). Rennslisstigin fyrir landlíkan með varnargarði eru dregin fyrir alla hlíðina. Rennslisstig fyrir landlíkan án garðs voru einungis reiknuð fyrir ytra upptakasvæðið og eru því aðeins sýnd á ytri hluta svæðisins.

Í aðalflóðtungunum sýna tvívíðu rennslisstigin svipaða skriðlengd og brautarrennslisstigin, en skriðlengdin reiknast þó heldur meiri á Tunguskeiði en áður, þ.e. rennslisstig 15, 16 og 17 skv. SAMOS ná hálfu til einu rennslisstigi lengra frá hlíðinni en brautarrennslisstigin gefa til kynna þar sem flóðin ná lengst. Flóð með rennslisstig 16 reiknast með SAMOS ná fram af brún Seljalandsdals ofan sumarbústaðanna, sem er lengra en skv. brautarrennslisstigunum. Flóð með rennslisstig 17 og 18 ná hins vegar ámóta langt á sumarbústaðasvæðinu og brautarrennslisstigin sýna. Til hliðar við megingtungunnar sýna tvívíðu rennslisstigin hvernig landslag stjórnar ferð flóða út á Seljalandsdal. Ekki virðist umtalsverð snjóflóðahætta innan Bunár á brún Seljalandsdals eða niðri í Tungudal. Þannig reiknast þjónustuskálinn fyrir skíðagöngufólk á dalbrúninni ekki í hættu vegna flóða úr Seljalandshlíð.

Milli Seljalandshverfis og sumarbústaðanna myndar Seljalandsmúli skjól gagnvart flóðum úr Seljalandshlíð og þar reiknast miklu minni hættu í Tungudalnum en bæði utar og innar. Ytri hluti snjóflóðatungunnar sem nær niður í Tungudal er þynnri en á sumarbústaðasvæðinu og stærri flóð þarf til þess að ná þar fram af múlanum.

Tvívíðu líkanreikningarnir gefa til kynna að varnargarðurinn á Seljalandsmúla dragi úr skriðlengd flóða á úthlaupssvæðinu sem nemur u.þ.b. einu rennslisstigi. Flóð með rennslisstig yfir 15 reiknast flæða yfir garðinn á löngum kafla. Hins vegar benda tvívíðu líkanreikningarnir til þess að útbreiðsla flóða í Seljalandshverfi og á Tunguskeiði til vesturs sé talsvert minni en gert er ráð fyrir í hættumatinu frá 2002. Garðurinn beinir flóðunum enn frekar til austurs og dregur þetta hvoru tveggja úr hættu á vestanverðu úthlaupssvæði flóða úr upptakasvæðinu ofan Seljalands. Tvívíðu líkanreikningarnir taka ekki tillit til áhrifa keilnanna ofan garðsins og verður að meta áhrif þeirra með öðrum hætti eins og lýst er í næsta undirkafla um hættumat.

Tíðni flóða úr ytra upptakasvæðinu í Seljalandshlíð yfir bænum Seljalandi var metin  $F_{13} = 0.025$  á ári í fyrirliggjandi hættumati fyrir Ísafjörð (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002). Úr innri hluta Seljalandshlíðar, þar sem stóra Tungudalsflóðið átti upptök, var tíðnin metin  $F_{13} = 0.15-0.3$ . Á grundvelli þessa tíðnimats má meta endurkomutíma snjóflóðanna 1994 og 1999 á bilinu 120–240 ár fyrir flóðið 1994 og 35–70 ár fyrir flóðið 1999. Neðri mörkin, 0.15, samsvara 70 ára endurkomutíma fyrir flóðið 1999 sem virðist dálítið langt vegna þess að tvö flóð hafa náð þeirri skriðlengd á síðustu árum. Efri mörkin, 0.3, gefa aðeins 120 ára endurkomutíma fyrir 1994 flóðið sem virðist full há tíðni þegar litið er til nálægðar svæðisins við byggð. Hér er því valin tíðnin  $F_{13} = 0.2$  fyrir innra upptakasvæðið sem samsvarar því að tíðni flóða úr innra svæðinu sé hartnær tíu sinnum meiri en úr því ytra.

## Hættumat

Tíðnimatið fyrir innra upptakasvæðið sem ógnar Tungudal gefur mörk C-, B- og A-hættusvæða í megingtungu flóðsins 1994 í rennslisstigum 17.1, 17.7 og 18.4 skv. aðferð Kristjáns Jónassonar o.fl. (1999). Bæði snjóflóðalíkönin MN2D og SAMOS styðja þá niðurstöðu að stór snjóflóð steyp-

ist af mestum þunga fram af brún Seljalandsdals í eða nærri farvegi snjóflóðsins 1994 og þar eru hættumatslínurnar því staðsettar á grundvelli tíðnimatsins (sbr. mynd 2). Næst utan sumarbústaða-hverfisins gefa tvívíðu snjóflóðalíkönin til kynna að snjóflóð með rennslisstig  $\geq 17$  geti náð fram af brúninni. Slík snjóflóð reiknast hins vegar miklu þynnri og kraftminni en í meginstraumnum nokkru innar og eru hættumatslínur þar því dregnar um einu rennslisstigi ofar en í farvegi flóðsins 1994.

Í skjólinu sem Seljalandsmúlinn myndar, þar sem ekki er reiknað með að flóð úr Seljalands-hlíðinni nái fram af brúninni, eru hættusvæði afmörkuð á svipuðum stað og undir Gleiðarhjalla í hættumatinu frá 2002. Það er líklega fremur ofmat á hættunni en hitt vegna þess að upptakasvæðið neðan múlans er ekki líklegt til þess að skapa mikla hættu. Ekki þótti rétt að draga línurnar ofar vegna þess að þetta svæði er mjótt og miklu meiri hætta skammt fyrir innan.

### Hættumat undir varnargarðinum

Reikningar með SAMOS líkaninu gefa til kynna að hraði snjóflóða úr ytra upptakasvæðinu, sem ná fram af múlanum, sé nokkru meiri en gert var ráð fyrir við hönnun varnargarðsins. Þar var miðað við hraða á bilinu 31–33 m/s fyrir miðjan garðinn og neðri hluta hans (Hnit og NGI, 1996), en SAMOS reikningarnir benda til að flóð sem ná svipaðri skriðlengd og hönnunarflóðið geti verið á um 40 m/s hraða þegar þau lenda á garðinum (sbr. mynd 2). Endurkomutími slíkra flóða, sem staðnæmast á milli hættumatslína A og B skv. hættumati VÍ frá 2002, er á stærðarþreppinu þúsund eða nokkur þúsund ár. SAMOS reikningarnir benda einnig til þess að leiðihorn garðsins sé óhagstæðara en gert var ráð fyrir við hönnun garðsins eins og áður var nefnt. Leiðihorn á bilinu 45–50°, sem SAMOS reikningarnir benda til, eru nærri efri mörkum þess að leiðigarður beini flóðum til hliðar eins og til er ætlast (Kristín M. Hákonardóttir og Andrew J. Hogg, 2005) og fer garðurinn þá að virka svipað og þvergarður. SAMOS líkanið getur að vissu marki reiknað flæði snjóflóða sem lenda á varnargörðum og flæða að hluta yfir þá og tekið tillit til þess hvort flóðið sveigir meðfram garðinum, hleðst upp ofan hans eða flæðir yfir. Líkanið getur hins vegar ekki tekið tillit til áhrifa keilnanna sem draga úr hraða flóða áður en þau lenda á garðinum.

Hér eru áhrif keilnanna metin út frá niðurstöðum tilrauna í tilraunabrautum (Kristín Martha Hákonardóttir, 2004; Tómas Jóhannesson og Kristín Martha Hákonardóttir, 2003) og miðað við að hraði flóða minnki um 20% við að skella á keilunum. Ekki er gert ráð fyrir að neðri keiluröðin hafi full áhrif vegna þess að ekki var pláss til þess að hafa hana jafn langt frá efri röðinni og þarf til þess að tryggja sé að flóðið stökkvi ekki yfir neðri röðina að hluta eftir áreksturinn við þá efri.

Hættumatslínur neðan varnargarðsins voru dregnar þannig að hraði flóða, sem áður náðu u.þ.b. niður að hættumatslínunum C, B og A, var fundinn á garðstæðinu (sbr. mynd 3). Þetta eru flóð sem samsvara rennslisstigum 15, 16 og 17 í tvívíðu SAMOS keyrslunum sem sýndar eru á korti 3. Þessi hraði var lækkaður um 20% til þess að taka tillit til keilnanna. SAMOS keyrslur með styttri skriðlengd sem samsvaraði tæplega þessari hraðalækkun voru síðan notaðar til þess að finna hversu langt yfir garðinn slík flóð gætu náð. Gert var ráð fyrir að snjór á jörðu minnkaði virka hæð garðsins um u.þ.b. 2 m nema þar sem rás meðfram garðinum er mjóst og dýpst. Þar var gert ráð fyrir allt að 3.5 m snjódypt. Niðurstaðan er sú að tvívíð rennslisstig 15 og 16 fyrir landlíkan með varnargarðinum eigi að samsvara hættumatslínunum B og A. Þessar hættumatslínur voru að lokum tengdar við eldri hættumatslínur utan við garðinn þar sem áhrifa hans gætir ekki.

Niðurstaða SAMOS reikninganna var borin saman við tillögu að hönnunarforsendum fyrir

varnargarða sem unnin hefur verið innan rannsóknarverkefnisins SATSIE. Samkvæmt þessum forsendum munu flóð með rennslistig yfir 15 flæða að einhverju marki yfir garðinn en garðurinn mun engu að síður beina meginhluta flóða upp undir rennslistig 16 til hliðar. Hönnunarforsendur SATSIE er ekki unnt að nota til þess að reikna skriðlengdarstyttingu flóða sem flæða að umtalsverðu leyti yfir varnargarða. Því var að mestu miðað við SAMOS reikninga í ákvörðun á legu hættumatslína neðan garðsins. Ákveðið var að nota ekki fulla hraðalækkun í keilunum vegna þess að hönnunarforsendur SATSIE eru ekki að fullu uppfylltar og talsverð óvissa er um SAMOS niðurstöðurnar.

Mesta breyting á legu hættumatslína undir garðinum er innst í tungunni niður yfir Seljalandshverfi og svæðið þar neðan við í eldra hættumati, nærri Bræðratungu (sbr. kort 5). Þar ber bæði SAMOS og MN2D líkanreikningum saman um að eldra hættumat geri ráð fyrir full mikilli útbreiðslu flóða til vesturs eins og fyrr var nefnt. Breyting í legu hættumatslína á þessu svæði stafar bæði af því að líkanreikningar gefa nú til kynna að snjóflóðahætta sé minni á þessum stað en skv. eldra hættumati og einnig af áhrifum varnargarðsins.

## Óvissa

Óvissa í hættumatinu neðan varnargarðsins á Seljalandsmúla er talin á bilinu 1–2 eins og fyrir önnur svæði neðan varnarvirkja. Óvissa í hættumati þar fyrir tilkomu varnarvirkjanna (brotnar línur á korti 5) var metin  $\frac{1}{2}$  í skýrslu Þorsteins Arnalds o.fl. (2002) vegna þess að farvegurinn er tiltölulega dæmigerður og nokkur skráð snjóflóð liggja til grundvallar tíðnimati.

Óvissa í hættumatinu á og næst utan við sumarbústaðasvæðið, nærri snjóflóðinu 1994, er metin  $\frac{1}{2}$ –1. Þar byggir tíðnimat á talsverðri skráðri snjóflóðasögu. Óvissa um legu hættumatslína í meginstefnu snjóflóðsins 1994 er lítil, þ.e. eðlilegast er að flokka hana sem  $\frac{1}{2}$ . Óvissa um legu hættumatslína næst utan sumarbústaðahverfisins, þar sem línurnar eru færðar upp um eitt rennslistig miðað við tíðnimatið, er meiri og er hún metin 1 á því svæði. Þrátt fyrir þessa óvissu er mjög lítil vafi á því að núverandi sumarbústaðahverfi tilheyri allt hættusvæði C.

Mest óvissa er í hættumatinu þar sem hættan er talin minnst næst innan við Seljalandshverfi. Þar reiknast dálítið svæði í skjóli vegna þess að snjóflóð úr Seljalandshlíð hafa tilhneigingu til þess að klopna á Seljalandsmúlanum. Svæðinu er engu að síður ógnað af upptakasvæði sem nær 30° halla neðan múlans. Þar eru líkur á snjóflóðum miklu minni en úr Seljalandshlíð en mjög litla sögu er við að styðjast í tíðnimati. Á þessu svæði er óvissa í matinu talin 1–2.





## 3.2 Botn og suðurhlíð Tungudals

### Staðhættir

Tungudalurinn þrengist eftir því sem innar dregur og er dalbotninn einungis 200–400 m að breidd innan Bunár. Háabrún gengur inn í dalinn að norðan en Þverhlíð og Hnífar mynda suðurhlíð dalsins. Engin byggð er í Tungudal á þessu svæði nema skíðaskálinn undir Háubrún en þörf er á hættumati vegna vinnu við skipulag og til þess að ákveða hvaða starfsemi má vera í skíðaskálunum. Tjaldstæði með þjónustu er við ármót Bunár og Tunguár og skíðagöngubrautir eru lagðar um dalbotninn undir Háubrún að vetrarlagi. Vestfjarðavegur liggur inn dalinn sunnanverðan að Vestfjarðagöngunum yfir í Önundarfjörð og Súgandafjörð. Þjónustuskáli fyrir skíðagöngufólk er á Harðarskálaflöt skammt frá dalbrúninni innan við Buná.

### Upptakasvæði

Tungudalsbrúnin nær halla rétt um 30° á fremur litlu svæði skammt innan við Buná ofan um 100 m y.s. og var þar afmarkað upptakasvæði nr. 2 (sbr. kort 4). Halli á hluta svæðisins er aðeins undir 30° og það er kjarri vaxið þannig að á mörkum er að flóð fari þar af stað.

Ofar í hlíðinni ná svolitlir blettir upptakahalla í um 260 og 280 m y.s. við og innan Bunár (svæði nr. 3 og 4), en hallinn minnkar neðan þeirra á dágóðum flata. Í Sandfelli, um 250 m ofan brúnar Tungudals, var afmarkað upptakasvæði nr. 5 á stað þar sem vitað er að snjóflóð hafa átt upptök.

Nokkru innan við Buná eykst bratti hlíðarinnar og er efri hluti hennar með upptakahalla á allstóru kjarri vöxnu svæði (nr. 6), sem nær inn fyrir skíðaskálann í Tungudal. Ofan skíðaskálans er hvasst hryggform á hlíðinni, sem ekki sést vel á korti 4, og sveigir hlíðin til norðurs um þennan hrygg. Nokkru innan hryggjarins var afmarkað lítið og óreglulega lagað upptakasvæði (nr. 7). Halli á þessu svæði er á mörkum þess að snjóflóð fari þar af stað og hlíðin er ekki dæmigerð sem upptakasvæði snjóflóða. Afmörkun upptakasvæðisins sem sýnd á korti 4 er nokkuð rúm og til þess ætluð að kanna hvort snjóflóð úr þessum hluta hlíðarinnar geti valdið hættu á hættumetna svæðinu. Upptakasvæði á þessum stað verða afmörkuð nánar í tengslum við hættumat fyrir skíðasvæðið sem er í vinnslu en svæðið sem sýnt er á korti 4 er fullnægjandi fyrir hættumatið sem hér er lagt fram.

Hlíðin handan dalsins nær upptakahalla á nokkru svæði í Þverhlíð (nr. 8) sem er svolítið íhvolft og liggur undir talsverðu aðsópssvæði í suðlægum vindi. Utar í hlíðinni, í Hnífunum, voru afmörkuð tvö upptakasvæði (nr. 9 og 10), yfir og undir klettabelti í utanverðu Hnífafjalli. Þau eru óregluleg í lögun og ólíkleg til þess að safna miklum snjó.

Yfirlit um stærð þessara svæða er gefið í töflu 3.

### Fallbraut

Fallbrautir flóða úr þessum upptakasvæðum eru án gilja og annars landslags sem hefur mikil áhrif á flæði snjóflóða, nema hvað hryggurinn í hlíðinni ofan skíðaskálans í Tungudal dregur úr snjóflóðahættu þar. Halli hlíðarinnar minnkar í öllum tilvikum nokkuð jafnt niður á úthlaupssvæðið.

## Úthlaupssvæði

Úthlaupssvæði flóða úr Sandfelli er uppi á Seljalandsdal og flóð úr litlu upptakasvæðunum, nr. 3 og 4, stöðvast væntanlega á slakkanum í um 250 m y.s. Úthlaupssvæði annarra farvega er Tungudalsbotn. Snjóflóð úr Háubrun og Þverhlíð sveigja væntanlega aðeins niður dalinn af völdum hliðarhalla þvert á skriðstefnu þeirra neðst í fallbrautinni og á úthlaupssvæðinu.

## Ofanflóð

Snjóflóð innarlega í Tungudal hafa ekki verið skráð fyrr en eftir árið 1994, þegar byrjað var að reisa þar skíðasvæði eftir að skíðasvæðið á Seljalandsdal eyðilagðist, og í framhaldi af lagningu vegar að Vestfjarðagöngum. Eftir að skíðamannvirki á Seljalandsdal eyðilögðust aftur í snjóflóði árið 1999 hefur farið fram mikil uppbygging í Tungudal. Aðeins hafa verið skráðar þrjár litlar spýjur innarlega í dalnum og eitt snjóflóð úr Háubrun í nágrenni við nýja skíðaskálann en það féll árið 2000.

Engin flóð eru þekkt úr Þverhlíð (nr. 8) eða úr Hnífum (nr. 9 og 10) og er það ákveðin vís-bending um lága tíðni þar sem vegurinn að Vestfjarðagöngunum liggur í hliðarfætinum þannig að öruggt er að eftir flóðum hefði verið tekið eftir 1995.

## Veðurfarsskilyrði

Snjósöfnunaraðstæður í upptakasvæðunum í og innan við Háubrun (nr. 6 og 7) og í svæðinu í rúmlega 100 m y.s. við Buná (nr. 2) eru um flest sambærilegar við aðstæður utar í norðurhlíð Tungudals. Líklegast er að snjósöfnun eigi sér stað ef fennir í lygnu veðri og einnig ef lausasnjór ofan brúnarinnar kemst á hreyfingu í vindi fram af brúninni. Sér í lagi er víðáttumikið aðsópssvæði ofan Háubrunar (sbr. kort 3) sem getur skafið af niður í hlíðina í vindi frá V til N. Svæðið við Buná er neðar í hlíðinni og miklu minna að flatarmáli. Þar er væntanlega mun minni hætta á snjósöfnun í skafrenningi en í Háubrun. Svæðið innan við Háubrun er lítið og óreglulegt í lögun. Í það getur skafið í norðlægum vindáttum.

Í upptakasvæðið í Sandfelli (nr. 5) getur safnast talsverður snjór í N- til V-lægum vindáttum og svipaðar vindáttir geta einnig safnað snjó í litlu upptakasvæðinu í um 260 og 280 m y.s. við og innan Bunár (nr. 3 og 4).

Í upptakasvæðið í Þverhlíð (nr. 8) getur safnast snjór í skafrenningi af allstóru aðsópssvæði, einkum í suðlægum áttum. Miðhluti svæðisins er íhvolfur og gæti af þeim sökum safnað talsverðum snjó við óheppilegar aðstæður. Snjó skefur úr upptakasvæðum í Hnífum (nr. 9 og 10) utar í hlíðinni ef hreyfir vind að sögn staðkunnugra þannig að þar safnast líklega helst snjór þegar fennir í lygnu veðri, og þá getur að sjálfsögðu einnig sett niður snjó í Þverhlíðina.

## Mat á aðstæðum

Snjóflóð úr Háubrun eru líklegri en úr öðrum svæðum norðan Tungudals sem hér eru til umfjöllunar. Miðað er við að flóð taki einungis til hluta upptakasvæðisins hverju sinni og séu þannig ekki stærri en svarar til 3.–4. stærðarflokks snjóflóða, þ.e. ekki stærri en á stærðarþrepinu 10 þúsund m<sup>3</sup> að rúmmáli. Kjarr dregur úr hættu á því að snjóflóð falli úr þessu svæði og skörp brún í landslagi

beint ofan skíðaskálans dregur úr snjósöfnun í hlíðina og skriðlengd flóða nærri skálanum samanborið við ytri hluta úthlaupssvæðisins undir Háubrun. Skammt innan skíðaskálans dregur verulega úr halla hlíðarinnar og er snjóflóðahætta óveruleg á nokkrum bletti í dalbotninum þar til kemur undir lítið upptakasvæði, nr. 7, nokkru innar. Snjóflóð úr því eru talin stöðvast áður en kemur inn á hættumetna svæðið og skapa því ekki hættu þar.

Lítil flóð eða spýjur gætu átt upptök á svæði nr. 2, skammt innan við Buná. Talið er líklegast að þau verði ekki stærri en svarar til 2.–3. stærðarflokks snjóflóða, þ.e. ekki stærri en á stærðarþrepinu þúsund m<sup>3</sup> að rúmmáli. Kjarr dregur jafnframt úr hættu á því að snjóflóð falli úr þessu svæði eins og fyrir upptakasvæðið í Háubrun.

Sandfell er of fjarri til þess að hætta stafi af flóðum sem þar eiga upptök á hættumetna svæðinu. Flóð úr litlu upptakasvæðunum, nr. 3 og 4, stöðvast væntanlega strax á slakkanum í um 250 m h.y.s. og eru því ekki talin skapa hættu á hættumetna svæðinu. Þessi svæði eru raunar svo lítil að ólíklegt er að flóð eigi þar upptök yfir höfuð. Þjónustuskálinn fyrir skíðagöngufólk er ofan við brúnina á þessu svæði og virðist á býsna góðum stað gagnvart snjóflóðahættu úr efra upptakasvæðinu í Seljalandshlíð og er honum ekki ógnað af öðrum upptakasvæðum.

Allstór snjóflóð eru hugsanleg úr upptakasvæði nr. 8 í Þverhlíð þó ekki séu þekkt dæmi um slík flóð. Miðað er við að slík flóð gætu jafnvel orðið nokkrir tugir þúsunda rúmmetra að stærð, þ.e. samsvari stærðarflokki 4.

Snjóflóð úr upptakasvæðum nr. 9 og 10 í Hnífunum eru ólíkleg og er hér miðað við að þar yrði í mesta lagi um að ræða spýjur eða mjög kraftlítil þunn flóð í stærðarflokki 2–3.

## Líkanreikningar

Kort 4 sýnir niðurstöður líkanreikninga og teikningar í viðauka D sýna langsnið brauta ish02aa, isth01aa, ishn02aa. Skíðaskálinn í Tungudal reiknast við rennslisstig 11 fyrir flóð úr Háubrun en í rennslisstigi 15 fyrir flóð úr Þverhlíð.

Tvívið rennslisstig voru reiknuð fyrir upptakasvæði nr. 6, 7, 8, 9 og 10 og eru sýnd á korti 4. Þau segja svipaða sögu og brautarrennslisstigin undir miðjum upptakasvæðunum í Háubrun og Þverhlíð. Annars staðar, þar sem kúpt lögum hlíðarinnar eða lítið hæðarbil með upptakahalla dregur úr skriðlengd, liggja þau ofar en brautarrennslisstigin.

## Hættumat

Flóð úr Sandfelli eru ekki talin ná fram af brún Tungudals og skapa því ekki hættu á hættumetna svæðinu. Flóð úr Sandfelli eða öðrum upptakasvæðum ógna ekki þjónustuskála fyrir skíðagöngufólk á Harðarskálaföt og líkanreikningar gefa til kynna að honum sé heldur ekki ógnað af flóðum úr Seljalandshlíð eins og þegar hefur komið fram. Þjónustuskálinn er því talinn utan hættusvæða.

Hættumatslínur undir Háubrun eru dregnar með hliðsjón af hættumati undir Gleiðarhjalla. Upptakasvæðin við Stóruð og Stakkaneshrygg, þar sem hættan er talin mest undir Gleiðarhjalla (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002), eru metin verri en Háubrunin. Hættumatið undir Háubrun miðast því við neðri hluta bilsins sem hættusvæðin undir Gleiðarhjalla spanna. Tvívið rennslisstig voru höfð til hliðsjónar þegar hættumatslínurnar undir Háubrun voru dregnar undir hryggnum ofan skíðaskálans og yst á svæðinu þar sem upptakasvæðið spannar minna hæðarbil en innar.

Hættumatslínur undir upptakasvæði nr. 2 milli Háubruar og Bunár voru dregnar tæpu rennslis-

stigi ofar en undir Háubrun. Þetta er líklega fremur ofmat á hættunni en hitt sökum þess að upptakasvæðið er bæði lítið og nær varla upptakahalla. Hins vegar þótti ekki ástæða til þess að draga hættumatslínurnar nær fjallinu en þetta vegna þess hversu svæðið er mjótt. Mun meiri hætta er bæði skammt utar og innar.

Undir Þverhlíð voru afmörkuð stærri hættusvæði í rennslisstigum talið en annars staðar í botni Tungudals. Upptakasvæðið er aðeins íhvolft og ekki er hægt að útiloka að allstór flóð eigi þar upptök þó engin dæmi séu þekkt um það. Því voru til öryggis afmörkuð þar svæði sem eru nokkuð stærri en samsvarar hættusvæðunum undir Gleiðarhjalla. Engin byggð eða starfsemi er á þessu svæði og því útlátalaust að hafa þarna borð fyrir báru.

Undir Hnífum voru hættumatslínur dregnar tveimur rennslisstigum ofar en undir Háubrun. Þar benda tvívíð rennslisstig til minni skriðlengdar en brautarrennslisstig gefa til kynna og var tekið mið af því. Lögun hættusvæðanna var einnig látin ráðast af tvívíðum rennslisstigum.

Staðsetning hættumatslína fyrir þessi svæði er borin saman við ýmis önnur svæði í töflu í niðurstöðukafla hér að aftan.

Farvegir snjóflóða á svæðinu er ekki dæmigerðir og snjóflóðasaga er víðast illa þekkt þar sem byggð og önnur umsvif hafa ekki verið mikil. Óvissa í hættumatinu er því metin 1–2. Á sumum stöðum, t.d. undir Háubrun í Tungudal, hefur lengi verið skógrækt eða einhver önnur umsvif þannig að lítil snjóflóðasaga er vísbending um lága tíðni snjóflóða. Á öðrum stöðum er lögun hlíðarinnar með þeim hætti að snjósöfnun í upptakasvæði er ólíkleg eða halli á mörkum þess að ná 30°. Á þessum svæðum er eðlilegt að meta óvissuna á milli 1 og 2 en annars staðar 2.

### 3.3 Dagverðardalur

#### Staðhættir

Dagverðardalur gengur inn á milli Háafells og Hnífafjalls og er 200–500 m breiður eftir að kemur inn fyrir dalsmynnið. Inni í dalnum er lítil starfsemi en Vegagerðin hefur komið sér upp aðstöðu á jafnsléttunni utan hans.

#### Upptakasvæði

Hlíðarnar beggja vegna dalsins ná upptakahalla og voru þar afmörkuð upptakasvæði nr. 2 og 3 (sbr. kort 4). Klettabelti efst í hlíð Kubbands ofan ytri hluta svæðis nr. 2 var talið ólíklegt upptakasvæði vegna mikils bratta og hrjúfleika nema fyrir smáspýjur og kögglahrun. Efri mörk upptakasvæðis nr. 2 eru þar dregin neðan klettanna. Innar nær upptakasvæðið upp undir fjallsbrún þar sem snjósöfnun í efri hluta hlíðarinnar er talin líklegri.

Yfirlit um stærð þessara svæða er gefið í töflu 4.

#### Fallbraut

Fallbrautir eru án gilja og annars landslags sem hefur mikil áhrif á flæði snjóflóða, nema hvað yst í Dagverðardalnum sveigir hlíð Kubbands til austurs. Þar er hlíðin kúpt á kafla sem dregur úr snjóflóðahættu þar fyrir neðan. Halli hlíðarinnar minnkar nokkuð jafnt niður á úthlaupssvæðið eins og í Tungudal.

#### Úthlaupssvæði

Úthlaupssvæðið er á jafnsléttu í botni Dagverðardals.

#### Ofanflóð

Engar heimildir eru um snjóflóð eða önnur ofanflóð úr hlíðunum ofan hættumetna svæðisins. Snjóflóð eru þekkt úr Hádegishvilft, nokkru innan svæðisins, og úr hlíðunum þar fyrir innan.

Nokkrir sumarbústaðir voru reistir neðan hlíðar Kubbands á fjórða áratug síðustu aldar. Líklegt er að eftir snjóflóðum niður á jafnsléttu hefði verið tekið á þessum hluta svæðisins eftir það. Ákveðin vísbending um lága tíðni felst í því að staðkunnugir þekkja engin dæmi um slík flóð.

#### Veðurfarsskilyrði

Snjósöfnunaraðstæður í hlíðar Hnífafjalls norðvestan Dagverðardals (nr. 3) eru svipaðar aðstæðum í hlíðinni sem veit mót Tungudal hinum megin fjallsins að því leyti að snjó skefur úr svæðinu þegar hreyfir vind að sögn staðkunnugra. Það sama á við um hlíð Kubba innan Holtahverfis hinum megin dalsins (nr. 2). Snjósöfnun í þessi svæði er því líklegust þegar fennir í lygnu veðri. Snjósöfnun er einnig hugsanleg í vindi sem stendur fram af fjallsbrúnunum. Aðsópssvæði ofan afmörkuðu upptakasvæðanna eru hins vegar ekki stór, fjallstopparnir ávalir og snjósöfnun af völdum skafrennings mjög lítil að sögn staðkunnugra.

## Mat á aðstæðum

Snjóflóð úr upptakasvæði nr. 3 í norðvesturhlíð dalsins eru ólíkleg og er hér miðað við að þar yrði í mesta lagi um að ræða spýjur eða mjög kraftflítil þunn flóð í stærðarflokki 2–3.

Snjóflóð úr ytri hluta upptakasvæðis nr. 2 í suðurausturhlíð dalsins eru einnig talin ólíkleg, en heldur líklegri en hinum megin dalsins, og gætu samsvarað stærðarflokki 3. Innsti hluti þessa svæðis er heldur líklegri sem upptakasvæði en flóð þaðan skapa ekki hættu á hættumetna svæðinu.

## Líkanreikningar

Kort 4 sýnir niðurstöður líkanreikninga og teikningar í viðauka D sýna langsnið brauta ish04aa og isku10aa. Úlfsá er í rennslisstigi 10–12 gagnvart flóðum úr Kubbanum en vegurinn inn dalinn að vestanverðu er í rennslisstigi 10–12 gagnvart flóðum úr Hnífafjalli.

## Hættumat

Hættumatslínur undir Hnífafjalli í Dagverðardal voru staðsettar við sömu rennslisstigi og undir Hnífunum í Tungudal. Á báðum þessum stöðum safnast lítill snjór í hlíðarnar og engar heimildir eru um flóð.

Undir Kubbanum hinum megin dalsins voru hættumatslínur dregnar einu rennslisstigi utar, vegna þess að snjóflóð þar eru heldur líklegri. Þar sem hlíðin sveigir til austurs við Holtahverfið eru línurnar dregnar svolítið nær fjallinu vegna þess að snjóflóð þar eru mjög ólíkleg.

Staðsetning hættumatslína fyrir þessi svæði er borin saman við ýmis önnur svæði í töflu í niðurstöðukafla hér að aftan.

Farvegir snjóflóða á svæðinu er ekki dæmigerðir og snjóflóðasaga er víðast illa þekkt þar sem byggð og önnur umsvif hafa ekki verið mikil. Óvissa í hættumatinu er því metin 1–2. Á sumum stöðum, t.d. undir hlíðum Kubbens á Dagverðardal, hefur lengi verið sumarhúsabyggð eða einhver önnur umsvif þannig að lítil snjóflóðasaga er vísbending um lága tíðni snjóflóða. Á öðrum stöðum er lögun hlíðarinnar með þeim hætti að snjósöfnun í upptakasvæði er ólíkleg eða halli á mörkum þess að ná 30°. Á þessum svæðum er eðlilegt að meta óvissuna á milli 1 og 2 en annars staðar 2.

**Tafla 5.** Samanburður á staðsetningu hættumatslína undir snjóflóðafarvegum sem ekki eru „dæmi-gerðir“ á nokkrum stöðum við Ísafjarðardjúp og einum stað í Neskaupstað. Tilgreind eru rennslisstig (hefðbundin brautarrennslisstig) við neðri mörk C-, B- og A-svæða. Farvegir þar sem hætta er metin í þessari skýrslu eru merktir með stjörnu. Óvissa er tilgreind með tölu á bilinu 1–3 eins og útskýrt er í undirkafla 1.4.

Hættumetið svæði	C	B	A	Óvissa
Kubbi, Holtahverfi	12.5–13.5	14–14.5	15–15.5	1
Tungudalsbotn, Þverhlíð*	12–13	13–14	14.5–15	1–2
Milli Urðarbotna og Tröllagila í Neskaupstað	12	13	14	—
Bakkahyrna í Hnífsdal	11	12.5	13.5	1–2
Gleiðarhjalli	10.5–11.5	11.5–12.5	12.5–13.5	2
Tungudalur, utan sumarbústaða*	11	12	13	1–2
Tungudalsbotn, Háabrún*	10.5	11.5–12	12.5–13	1–2
Tungudalur, skammt innan Bunár*	10	11	12	1–2
Dagverðardalur, Kubbi*	9.5	10.5	11.5	1–2
Dagverðardalur, Hnífafjall*	8.5	9.5	10.5	2
Tungudalur, Hnífar*	8.5	9.5	10.5	1–2

## 4 Niðurstöður hættumats

Samkvæmt hættumatinu sem hér er fram sett er snjóflóðahætta á stóru svæði í Tungudal, einkum í og við farveg stóra flóðsins úr Seljalandshlíð 1994 og í Seljalandshverfi. Hættan er þó mjög mismikil. Líkanreikningar benda til að hætta sé lítil á allstórum svæðum utan og innan við tungu snjóflóðsins 1994 þar sem snjóflóð eru ólíkleg til þess að ná fram af brún Seljalandsdals. Skíðaskáli á Harðarskálafliot á Seljalandsdal er talinn utan hættusvæða.

Hætta í innanverðum Tungudal og í Dagverðardal er miklu minni en á svæðum þar sem hættu gætir frá stóru upptakasvæðunum í Seljalandshlíð. Snjósöfnun í hugsanleg upptakasvæði þar er fremur lítil og hættumatslínur liggja því mun nær hlíðinni en undir Seljalandshlíð. Á slíkum svæðum er hættumat erfitt og óvissa mikil. Í töflu 5 er hætta á þessum svæðum borin saman við hættumat sem þegar hefur verið gert á nokkrum öðrum „sambærilegum“ svæðum við Ísafjarðardjúp og víðar þar sem snjóflóðahætta hefur verið metin. Í töflunni er jafnframt gefið yfirlit um óvissu í hættumatinu.

Seljalandshverfi hefur verið varið með varnargarði og keilum sem draga mikið úr snjóflóðahættu í byggðinni þar fyrir neðan. Fræðilegur skilningur á áhrifum varnargarða og keilna á snjóflóð er takmarkaður og ýmsum vandkvæðum er bundið að meta áhrif þeirra á áhættu fólks í byggð neðan varnarvirkjanna. Í sumum löndum Evrópu er hættumati neðan varnarvirkja ekki breytt eftir byggingu þeirra og takmarkanir á nýtingu landsvæða standa því óbreyttar eftir að varnir hafa verið reistar. Hér á landi á skv. reglugerð um hættumat að leggja mat á áhrif varnarvirkja til minnkunar áhættu og breyta legu hættumatslína í samræmi við það. Slíkt mat verður óhjákvæmilega óviss vegna takmarkaðs skilnings og reynslu af áhrifum varnarvirkja á flæði snjóflóða. Hættumat neð-



an varnarvirkja byggist að nokkru leyti á huglægu mati sérfræðinga sem það vinna, en matið er einnig í flestum tilfellum byggt á tölfræðilegum og eðlisfræðilegum reikningum. Þeir aðilar sem nota hættumat undir varnarvirkjum við skipulagsgerð eða önnur störf í viðkomandi byggðarlögum þurfa að vera meðvitaðir um þessa óhjákvæmilegu óvissu í hættumatinu. Sveitarfélögum ber skv. reglugerð um hættumat að „stýra skipulagsgerð og þróun byggðar með tilliti til ofanflóðahættu“ á svæðum sem varin hafa verið með varnarvirkjum. Það felur m.a. í sér að nýta land undir varnarvirkjum sem mest undir aðra starfsemi en frekari íbúðarbyggð, staðsetja vegi og ýmis opin svæði þannig að íbúðarhúsnæði verði eins fjarri hlíðinni og kostur er, og nýta náttúrulegt landslag og móta landslag þannig að öryggi íbúa verði sem mest, t.d. með því að hús séu að einhverju marki í skjóli o.s.frv. Slík sjónarmið eiga t.d. við ef hugað verður að frekari sumarhúsabyggð í Tungudal og íbúðarbyggð í Seljalandshverfi.

## 5 Heimildir

- Eiríkur Gíslason. 2007. *Assessing avalanche hazard in ski areas with the SAMOS 2D snow avalanche model*. Reykjavík, Háskóli Íslands (MSc ritgerð).
- Eiríkur Gíslason og Tómas Jóhannesson. 2007. *Calibration of the samosAT 2D avalanche model for large Icelandic dry-snow avalanches*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 07006.
- Halldór Björnsson. 2002. *Veður í aðdraganda snjóflóðahrina á norðanverðum Vestfjörðum*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02019.
- Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson. 1999. *Skriðuföll á Ísafirði og í Hnífsdal*. Akureyri, Náttúrufræðistofnun Íslands, greinarg. NÍ-99010.
- Harpa Grímsdóttir. 1999. *Byggingarár húsa á Ísafirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 99014.
- Harpa Grímsdóttir. 2006. *Mat á hættu vegna snjóflóða og grjóthruns á vegum milli Súðavíkur og Bolungarvíkur*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 06002.
- Hnit og NGI. 1996. *Ísafjörður. Seljaland. Assessment of snow avalanche hazard and preliminary design of protective measures*. Reykjavík, greinarg. NGI-954120-1/Hnit-69-101-SK-1.
- Jón Gunnar Egilsson. 1989. *Snjóflóð á Ísafirði og Hnífsdal. Snjóflóðaskrá. Snjóflóðakort*. Veðurstofa Íslands, greinarg.
- Jón Gunnar Egilsson. 1996. *Snjóflóð í Innri-Kirkjubólshlíð í Skutulsfirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96025.
- Kristín M. Hákonardóttir. 2004. *The interaction between snow avalanches and dams*. University of Bristol, School of Mathematics (PhD ritgerð).
- Kristín M. Hákonardóttir og Andrew J. Hogg. 2005. Oblique shocks in rapid granular flows. *Physics of Fluids*, **17**, 077101, doi:10.1063/1.1950688.
- Kristján Jónasson og Trausti Jónsson. 1997. *Fimmtíu ára snjódýpt á Íslandi*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97025.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds. 1999. *Estimation of Avalanche Risk*. Veðurstofa Íslands, rit 99001.
- Lied, K. og S. Bakkehoi. 1980. Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *J. Glaciol.*, **26**(94), 165–177.
- Naaim, M., F. Naaim-Bouvet, T. Faug og A. Bouchet. 2004. Dense snow avalanche modeling: flow, erosion, deposition and obstacle effects. *Cold Regions Sci. Technol.*, **39**, 193–204.
- Ólafur Jónsson. 1992. *Skriðuföll og snjóflóð, I*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson og Halldór G. Pétursson. 1992. *Skriðuföll og snjóflóð. II. Skriðuannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson, Sigurjón Rist og Jóhannes Sigvaldason. 1992. *Skriðuföll og snjóflóð. III. Snjóflóðaannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Perla, R., T. T. Cheng og D. M. McClung. 1980. A two-parameter model of snow-avalanche motion. *J. Glaciol.*, **26**(94), 197–207.
- Sven Þ. Sigurðsson, Kristján Jónasson og Þorsteinn Arnalds. 1998. Transferring avalanches between paths. *Í: 25 years of snow avalanche research*. Erik Hestnes, ritstj. Oslo, NGI, Publikation nr. 203, bls. 259–263.
- Tómas Jóhannesson. 1998a. *A topographical model for Icelandic avalanches*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 98003.

- Tómas Jóhannesson. 1998b. Icelandic avalanche runout models compared with topographic models used in other countries. *Í: 25 years of snow avalanche research*. E. Hestnes, ritstj. Oslo, NGI, Publikation nr. 203, bls. 43–52.
- Tómas Jóhannesson. 2000. *Bráðabirgðahættumat vegna deiliskipulags Hauganeslyftu á Tungudal og skíðagöngusvæðis á Seljalandsdal, Ísafjarðarbæ*. Veðurstofa Íslands, minnisbl. TÓJ-2000/05.
- Tómas Jóhannesson og Trausti Jónsson. 1996. *Weather in Vestfirðir before and during several avalanche cycles in the period 1949 to 1995*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96015.
- Tómas Jóhannesson og Kristín Martha Hákonardóttir. 2003. *Remarks on the design of avalanche braking mounds based on experiments in 3, 6, 9 and 34 m long chutes*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 03024.
- Umhverfissráðuneytið. 2000. *Reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats*.
- Umhverfissráðuneytið. 2007. *Reglugerð nr. 495/2007 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats* (eftir þessa breytingu heitir reglugerðin: *Reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*).
- VÍ. 1997. *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Ísafjörð, Hnífsdal og Suðureyri*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96006.
- VÍ. 2003. *Snjóflóð á Ísafirði og í Hnífsdal*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 03011.
- VÍ. 2005. *Snjóflóðahrina á Vestfjörðum 1. – 6. janúar 2005*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 05010.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser og Harpa Grímsdóttir. 2001. *Hazard Zoning for Ísafjörður, Siglufjörður and Neskaupstaður—General Report*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 01009.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Harpa Grímsdóttir. 2002. *Hazard zoning for Ísafjörður and Hnífsdalur—Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02020.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Hörður Þór Sigurðsson, Tómas Jóhannesson og Þórður Arason. 2007. *Hættumat fyrir Innri-Kirkjubólshlíð*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 07011.
- Zwinger, T., A. Kluwick og P. Sampl. 2003. Simulation of dry-snow avalanche flow over natural terrain. *Í: Dynamic Response of Granular and Porous Materials under Large and Catastrophic Deformations*, K. Hutter og N. Kirchner, ritstj., Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, **11**, 161–194. Heidelberg, Springer.
- Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson. 1999. *Skriðuhætta á Ísafirði og í Hnífsdal*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 99024.

Hættumat á svæðinu sem hér er fjallað um byggir að miklu leyti á gögnum sem Oddur Pétursson, snjóathugunarmaður á Ísafirði, hefur aflað og víðtækri þekkingu hans á snjósöfnun og snjóflóða-aðstæðum við Skutulsfjörð. Hann sinnti snjóathugunum sem starfsmaður Ísafjarðarbæjar frá 1983, þegar formlegar athuganir hófust, fram til 1995, þegar þessi starfsemi færðist yfir til Veðurstofunnar og á hennar vegum eftir það. Án hans starfa væri ekki á miklu að byggja í hættumati fyrir svæðið. Honum er þökkun þess vegna til skráningu snjóflóða og í vettvangsferðum vegna þessarar skýrslu.

## A Tæknileg hugtök og skilgreiningar

**$\alpha$ -horn:** Sjónarhorn frá stöðvunarstað snjóflóðs upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 4).

**$\beta$ -horn:** Sjónarhorn frá stað í snjóflóðafarvegi þar sem landhalli er  $10^\circ$  upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 4).

**$\alpha/\beta$ -líkan:** Staðfræðilegt líkan notað til þess að spá fyrir um úthlaupslengd snjóflóða og til þess að færa snjóflóð á milli farvega. Líkanið notar  $\beta$ -horn til þess að spá fyrir um  $\alpha$ -horn lengsta skráða snjóflóðs í viðkomandi farvegi og á rætur sínar að rekja til Lied og Bakkehøi (1980). Útgáfa líkansins sem notuð er í þessu hættumati var þróuð af Tómasi Jóhannessyni (1998a, b) og stuðst var við gögn um 45 íslensk snjóflóð. Formúla líkansins er

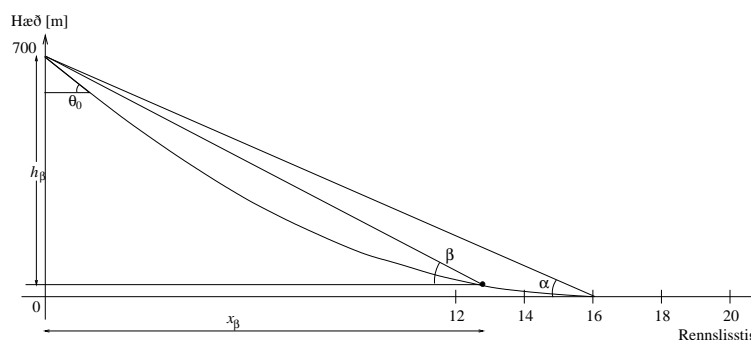
$$\alpha = 0.85 \cdot \beta, \quad \sigma = 2.2^\circ$$

þar sem  $\sigma$  er staðalfrávik úthlaupshornsins. Snjóflóð með úthlaupshorn  $n\sigma$  lægra en útreiknað  $\alpha$ -gildi er táknað sem snjóflóð með úthlaupslengd  $\alpha - n\sigma$  og  $\alpha + n\sigma$  þegar  $\alpha$ -hornið er herra en útreiknaða gildið sem fæst með formúlunni hér að ofan. Takið eftir að  $\alpha$ -hornið verður lægra eftir því sem úthlaupslengdin verður meiri þ.a.  $\alpha - \sigma$  jafngildir snjóflóði með lengri úthlaupslengd en svarar til úthlaupshornsins  $\alpha$ .

**PCM-líkan:** Einvítt eðlisfræðilíkan notað til þess að líkja eftir flæði snjóflóða. Líkanið hefur tvo stuðla,  $\mu$ , viðnámsstuðul Coulombs, og  $M/D$ -stuðul. Líkanið var þróað af Perla o.fl. (1980).

**Rennslisstig:** Úthlaupslengd snjóflóðs, mæld í hektómetrum, sem *flutt* (Sven Sigurðsson o.fl., 1998) hefur verið í *staðalbrekku* með ákveðinni aðferð. Rennslisstig í þessari skýrslu eru fengin með PCM-líkani með stuðlum sem liggja á ákveðnu bili. Snjóflóð með rennslisstig  $r_0$  er táknað sem snjóflóð með  $r = r_0$ . Aðferð þessi var þróuð af Kristjáni Jónassyni o.fl. (1999).

$F_{r_0}(F_{13})$ : Mat á tíðni snjóflóða með rennslisstig herra eða jafnt  $r_0$ . Gildið  $F_{13}$  er mest notað, þ.e. tíðni í rennslisstigi  $r_0 = 13$ .



**Mynd 4.** Staðalbrekka.  $\alpha$ -hornið er væntigildi úthlaupshorns snjóflóðs samkvæmt  $\alpha/\beta$ -líkani.



## B Ofanflóð

Í viðauka þessum er að finna lista yfir skráð snjóflóð úr Seljalandshlíð ofan og innan Seljalandshverfis og flóð sem heimildir eru um í Tungudal og Dagverðardal. Útlínur flóðanna eru sýndar á korti 2. Rennslisstig eru skráð þegar úthlaups lengd viðkomandi snjóflóðs er þekkt. Nánari upplýsingar er að finna í snjóflóðaánnál Ísafjarðar og Hnífsdals (VÍ, 2003) og um nokkur nýrri flóðanna í skýrslu um snjóflóðahrinuna í janúar 2005 (VÍ, 2005).

### Seljalandshlíð ofan Seljalandshverfis

Hlíðin ofan Seljalandshverfis felur í sér svæðið sem upptakasvæði nr. 2 á korti 3 spannar, þ.e. hlíðina innan Karlsárgils og þar til hlíðin breytir um stefnu ofan við skíðaskálann Skíðheima.

Númer Tími Rennslisstig	Lýsing
<b>3020</b> 24.3.1947 15.2	Snjóflóð féll úr Seljalandshlíð og var upptakasvæði þess nokkur hundruð metra breitt svæði ofan Seljalands og Seljalandsmúla. Flóðið tók þrjá sumarbústaði í Seljalandsmúlanum, braut hlöðu á Seljalandi, laskaði íbúðarhúsið þar og hálfyllti af snjó. Tungan var um 200 m breið við Seljaland og náði niður í Tunguá á um 100 m kafla.
<b>3031</b> 5.3.1954 13.3	Snjóflóð féll úr Seljalandshlíð upp af Seljalandi. Það eyðilagði einn sumarbústað og skekkti annan á grunni.
<b>3033</b> 5.3.1954 13.4	Tvö flóð til viðbótar við flóð nr. 3031 og 3032, féllu innan við Ísafjarðarkaupstað þennan dag, en farvegir þeirra eru ekki vel þekktir.
<b>3125</b> 5.4.1994 11.5	Snjótroðari, sem var á leið eftir Skíðaveginum um 100 m austan við Seljalandsá, lenti í snjóflóði og fór að hálfu í kaf en skemmdist ekki. Tveir menn voru í troðaranum. Líklega voru þetta tvær flóðbylgjur sem komu með skömmu millibili.
<b>3185</b> 22.2.1997 « 11	Tvö lítil flóð féllu í hlíðinni upp af Seljalandi.
<b>3210</b> 12/13.1.1999 « 11	Tvær litlar spýjur féllu ofan Seljalands.
<b>3288</b> 14.12.2003	Þrjár spýjur féllu úr innri hluta Seljalandshlíðar.
<b>3303</b> 14.1.2004	Snjóflóð féll úr Seljalandshlíð og náði niður á vinnusvæðið við varnargarðinn við Seljaland sem var í byggingu. Búið var að rýma svæðið.

Númer Tími Rennslisstig	Lýsing
<b>3316</b> 3.1.2005	Snjóflóð úr Seljalandshlíð féll yfir ystu keilur og á nýreistan varnargarð ofan Seljalandshverfis. Menn urðu ekki varir við flóðið fyrr en nokkrum dögum eftir að það féll. Það rann meðfram garðinum en ekki er vitað hvort eða hversu hátt upp á garðinn það flæddi.
<b>3342</b> 20.–22.01.2006	Spýja féll úr Seljalandshlíð ofan varnargarðsins og stöðvaðist í miðri hlíðinni.

### Skíðasvæðið á Seljalandsdal

Seljalandshlíð innan Seljalandshverfis felur í sér svæðið sem upptaksvæði nr. 1 á korti 3 spannar, þ.e. hlíðina innan skíðaskálans Skíðheima og inn fyrir drög Bunár.

Númer Tími Rennslisstig	Lýsing
<b>3028</b> 18.1.1953 10.0	Snjóflóð féll úr Gullhólsgili í Breiðafelli þegar fjórir skíðamenn voru þar á ferð. Lenti einn þeirra í flóðinu og barst með því um 350 m en slapp ómeiddur. Skíðamaður niðri á Seljalandsdal lenti í útjaðri flóðsins og slasaðist hann lítillega.
<b>3030</b> 28.3.1953 16.2	Snjóflóð féll úr gili ofan við gamla skíðaskála Skíðafélags Ísfirðinga á Seljalandsdal. Flóðið geyrdilagði meginhluta skíðaskálans. Vegna óveðurs var enginn staddur í skálanum, en þetta var fyrsta mannlausu helgin síðan um áramót.
<b>3056</b> 7.4.1985 11.3	Snjóflóð féll úr Breiðafelli og stöðvaðist ofan við barnalyftu.
<b>3067</b> 2/3.4.1987	Snjóflóð féll niður á jafnsléttu á Skarðsengi.
<b>3073</b> 14.2.1989 7.2	Snjóflóð féll úr Sandfelli á Seljalandsdal, innan við skíðasvæði Ísfirðinga. Það var um 140 m breitt og mesta þykkt um 2.5 m.
<b>3093</b> 19.3.1991 9.8	Þurr flekahlaup féll úr hlíð Breiðafells ofan við Gullhól. Það olli skemmdum á endastöð og endamastri skíðalyftu á Gullhóli.
<b>3094</b> 19.3.1991 11.0	Snjóflóð féll úr Gullhólsgili í Breiðafelli. Það stöðvaðist um 30 m neðan við 3. staur (ofan frá) í gömlu lyftunni.
<b>3102</b> 13.11.1991 14.4	Snjóflóð féll ofan og rétt innan við Skíðheima. Það var um 80 m breitt og um 8000 m <sup>3</sup> að rúmmáli. Flóðtungan var aðeins um 30 m frá endastöð skíðalyftu.

<b>Númer</b> Tími <i>Rennslisstig</i>	<b>Lýsing</b>
<b>3121</b> 25.3.1994 <i>11.1</i>	Snjóflóð féll úr Breiðafelli, í hlíðinni upp af Gullhóli. Drengur lenti í jaðri flóðsins en slapp án meiðsla. Flóðið stöðvaðist um 40 m ofan við endastöð Gullhólslyftunnar.
<b>3122</b> 4.4.1994 <i>12.8</i>	Snjóflóð féll úr gilinu í Breiðafelli. Það fór niður á milli 8. og 9. staurs á skíðalyftunni á Gullhóli, en olli líklega engum skemmdum.
<b>3124</b> 5.4.1994 <i>16.7</i>	Mjög stórt snjóflóð átti upptök í brún Breiðafells. Það rann yfir Seljalandsdalinn og var þar 630 m breitt og féll síðan fram af Seljalandsmúlanum og niður yfir sumarbústaðabyggðina í Tungudal, þar sem það var 450 m á breidd. Flóðið stöðvaðist handan Tunguár. Mikið tjón varð á skíðasvæðinu á Seljalandsdal þar sem skíðaskáli, fjórar lyftur og ýmsir kofar og tæki sópuðust í burtu. Í Tungudal eyðilögðust 40 sumarbústaðir. Þar lést einn karlmaður og kona slasaðist mikið.
<b>3165</b> 23.10.1995 <i>13.1</i>	Þurrt flekahlaup féll úr Breiðafelli. Flóðið beygði stiga á næstefsta mastrinu í lyftu I, sem byggð var 1995. Tungan var um 700 m breið, en ekki er vitað hvort um eina eða fleiri flóðtungur var að ræða.
<b>3173</b> 6.4.1996	Spýja féll úr Gullhólsgili í Breiðafelli og stöðvaðist neðarlega í gilinu. Skíðamaður missti annað skíðið og gleraugu. Smá spýjur höfðu fallið í hlíðum sem snúa í suður.
<b>3174</b> 17.1.1997 <i>12.3</i>	Þurrt flekahlaup átti upptök á svæðinu frá Gullhólsgili í Breiðafelli og út að Hrossaskál. Flóðið stöðvaðist á mótis við 6. lyftumastur í skíðalyftu.
<b>3175</b> 6.2.1997 <i>7.0</i>	Fremur lítið snjóflóð féll úr gilinu í Breiðafelli og stöðvaðist 20 m neðan við gilkaftinn.
<b>3176</b> 11.2.1997 <i>10.5</i>	Þurrt flekahlaup féll úr Gullhólsgili í Breiðafelli. Flóðið stöðvaðist á mótis við 7. mastur skíðalyftu talið neðan frá. Fjarlægð frá skíðalyftu var um 80 m.
<b>3189</b> 27.3.1997 <i>15.0</i>	Þurrt flekahlaup féll úr gilinu í Breiðafelli og stöðvaðist á mótis við fyrsta mastur frá neðri endastöð skíðalyftu.
<b>3191</b> 21.1.1998 <i>9.6</i>	Snjóflóð úr Gullhólsgili stöðvaðist á mótis við 3. mastur að ofan í skíðalyftu.
<b>3193</b> 7–9.2.1998 <i>10.2</i>	Snjóflóð úr Gullhólsgili stöðvaðist á mótis við 4. mastur í skíðalyftu upp á Gullhóli.
<b>3284</b> 7–9.2.1998	Snjóflóð úr suðurhlíð Breiðafells, austan við Gullhólsgilið, skemmdi skíðalyftustaur.



Númer Tími Rennslisstig	Lýsing
<b>3195</b> 18.2.1998	Snjóflóð úr hlíð Breiðafells, austan við skíðalyftuna, stöðvaðist um 20 m austan við skíðalyftuna.
<b>3201</b> 8/9.11.1998	Snjóflóð úr hlíð Breiðafells féll niður á milli „topplyftunnar“ og lyftunnar, sem reist var í kjölfar flóðanna í apríl 1994.
<b>3230</b> 13.3.1999 15.7	Undir Breiðafelli féll snjóflóð sem átti upptök á um 1600 m breiðu svæði og olli miklu tjóni á skíðasvæðinu. Skíðalyfta sem byggð var 1995 skemmdist mikið og einnig skíðalyfta sem verið var að byggja. Skúr fyrir stjórnþæki lyftunnar eyðilagðist og dráttarvél sem notuð var við lyftubygginguna. Tungan var um 1100 m breið og 1.4 m djúp þar sem hún var þykkust.
<b>9607</b> 30.10.2005	Tveir skíðamenn sluppu ómeiddir úr snjóflóði sem þeir komu af stað í Gullhólsgili.
<b>3353</b> 13.1.2007	Snjóflóð féll úr Seljalandshlíð utan við Gullhólsgil.
<b>3354</b> 13.1.2007 14.0	Um 300 m breitt snjóflóð féll úr Seljalandshlíð utan við efri, gömlu skíðalyftuna. Það náði yfir svæðið þar sem svokallaður Harðarskáli (einnig kallaður Skátaskáli) stóð, en það var þjónustuhús sem tilheyrði skíðasvæðinu á Seljalandsdal og fór í snjóflóði 1994.

### Tungudalur

Tungudalur er hér látinn ná til hlíðarinnar neðan Seljalandsdals að norðan og Hnífa að sunnan auk dalbotnsins þar sem nú er skíðasvæði Ísfirðinga. Stóra snjóflóðið 1994 sem féll fram af brún Seljalandsdals og niður í Tungudal er talið með snjóflóðum úr Seljalandshlíð í töflunni hér að framan. Ekki eru heimildir um snjóflóð úr Hnífum, þ.e. úr suðurhlíð Tungudals.

Númer Tími Rennslisstig	Lýsing
<b>3042</b> 13.2.1973 10.5	Snjóflóð féll úr gili ofan við austasta sumarbústaðinn í Tunguskógi. Sumarbústaðurinn eyðilagðist.
<b>3140</b> 10/11.12.1994	Lítið snjóflóð féll 80 m vestan við nýju skíðalyftuna í Tungudal.
<b>3154</b> feb/mar 1995	Tvö lítil snjóflóð féllu í Tungudalsbotni. Þetta er vestara flóðið.
<b>3155</b> feb/mar 1995	Tvö lítil snjóflóð féllu í Tungudalsbotni. Þetta er eystra flóðið.
<b>3248</b> 29.2.2000	Flekahlaup féll úr Háubrún í Tungudal.

## Dagverðardalur

Fáar heimildir eru um snjóflóð úr hlíðum Dagverðardals og engar ofan svæðisins sem þar hætta er metin hér, sbr. kort 1. Nokkur flóð hafa verið skráð í innri hluta Dagverðardals og eru þau talin upp í töflunni hér að neðan.

Númer Tími <i>Rennslisstig</i>	Lýsing
<b>3013</b> u.þ.b. 1920	Snjóflóð féll af Breiðinni í Kubba og yfir á Hvítabala. Það braut tvo símastaura.
<b>3026</b> um 1950	Eitt eða tvö snjóflóð hlupu úr Breiðinni í Kubba, yfir gamla veginn.
<b>3046</b> 16.2.1981	Snjóflóð féll á Dagverðardal.
<b>3060</b> 23.12.1985	Snjóflóð féll í Hádegishvilft í Dagverðardal.
<b>3382</b> 25.2.2007	Vélsleðamaður kom af stað snjóflóði við Fellsháls á Dagverðardal inn af Kubba en náði að keyra út úr því.
<b>3414</b> 8.3.2007	Snjóflóð féll úr Hádegishvilft niður í Dagverðardal.

Veturinn 2007 féllu a.m.k. tvö snjóflóð, til viðbótar þeim sem talin eru upp í töflunni yfir flóð á Dagverðardal, úr hlíð Langafells innan Hádegishvilftar. Ummerki um flóðin sáust ekki fyrr en komið var fram á vor. Þarna hafa snjóflóð ekki verið skráð skipulega, enda sést svæðið ekki frá bænum og vegurinn inn dalinn er ófær að vetrarlagi. Menn á leið upp á Þverfjall urðu varir við flóð nr. 3414 vegna þess að þeir áttu leið inn dalinn. Þá voru hin tvö flóðin ekki fallin.

## C Kort

**Kort 1.** Yfirlitskort af Seljalandsdal og Seljalandshverfi, Tunguskeiði, Tungudal og Dagverðardal ásamt mörkum hættumetins svæðis (A4, 1:15000).

**Kort 2.** Skráð snjóflóð í Seljalandsdal, Tungudal og Dagverðardal (A3, 1:10000).

**Kort 3.** Niðurstöður líkanreikninga, Seljalandshlíð, Tungudalur, Seljalandshverfi og Tunguskeið (A3, 1:10000). Rauðar línur sýna sýna rennslisstig fyrir núverandi landslag með varnargarði en grænar línur á svæðinu við Seljaland sýna rennslisstig eins og þau reiknast fyrir upprunalegt landslag án garðsins.

**Kort 4.** Niðurstöður líkanreikninga, innanverður Tungudalur og Dagverðardalur (A3, 1:10000).

**Kort 5.** Hættumat (A3, 1:15000).





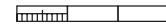
Veðurstofa Íslands  
maí 2007

Ísafjörður, Skutulsfjarðarbotn  
Kort 1. Hættumetið svæði

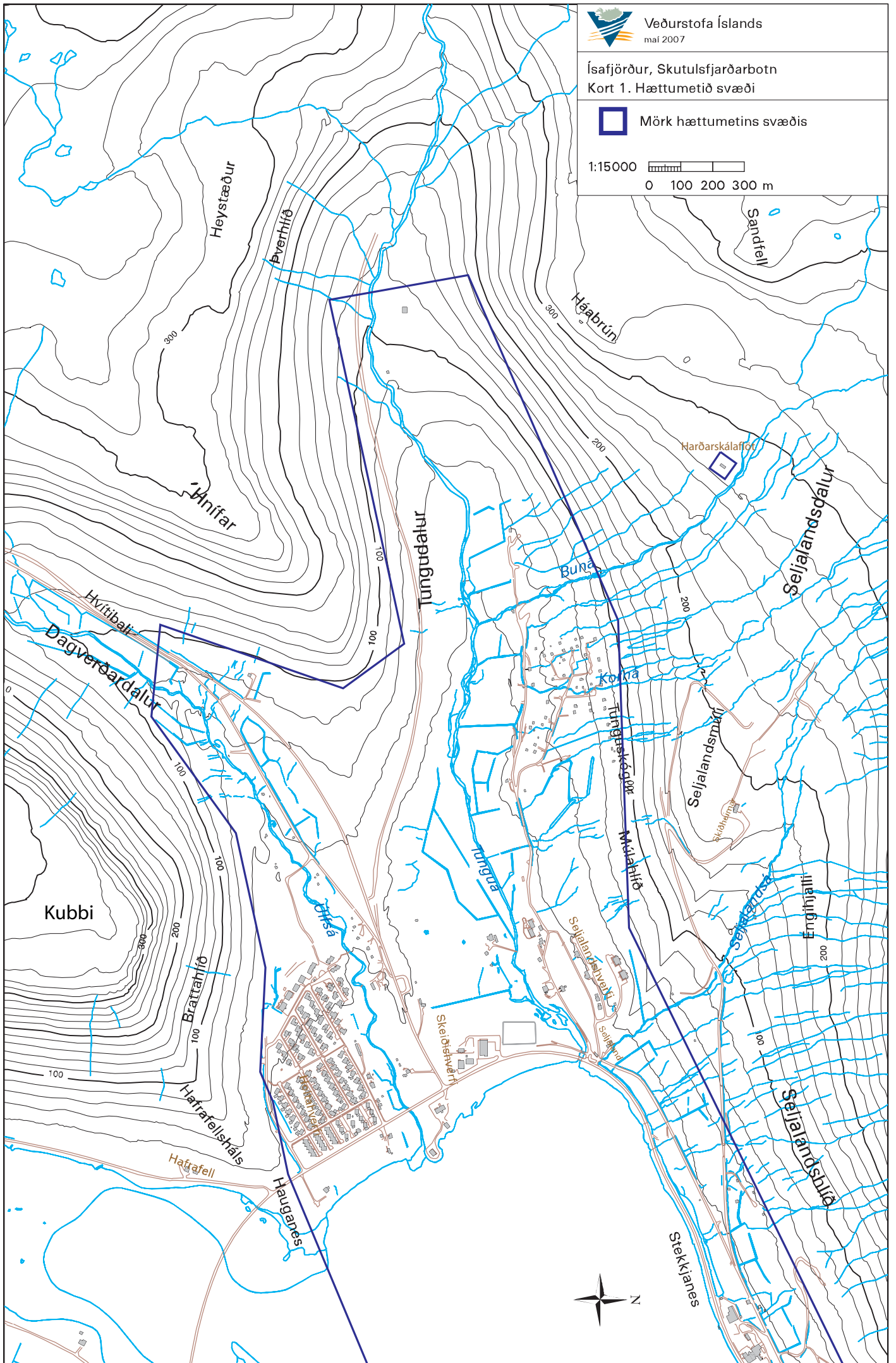


Mörk hættumetins svæðis

1:15000







0 100 200 300 m





Veðurstofa Íslands  
maí 2007

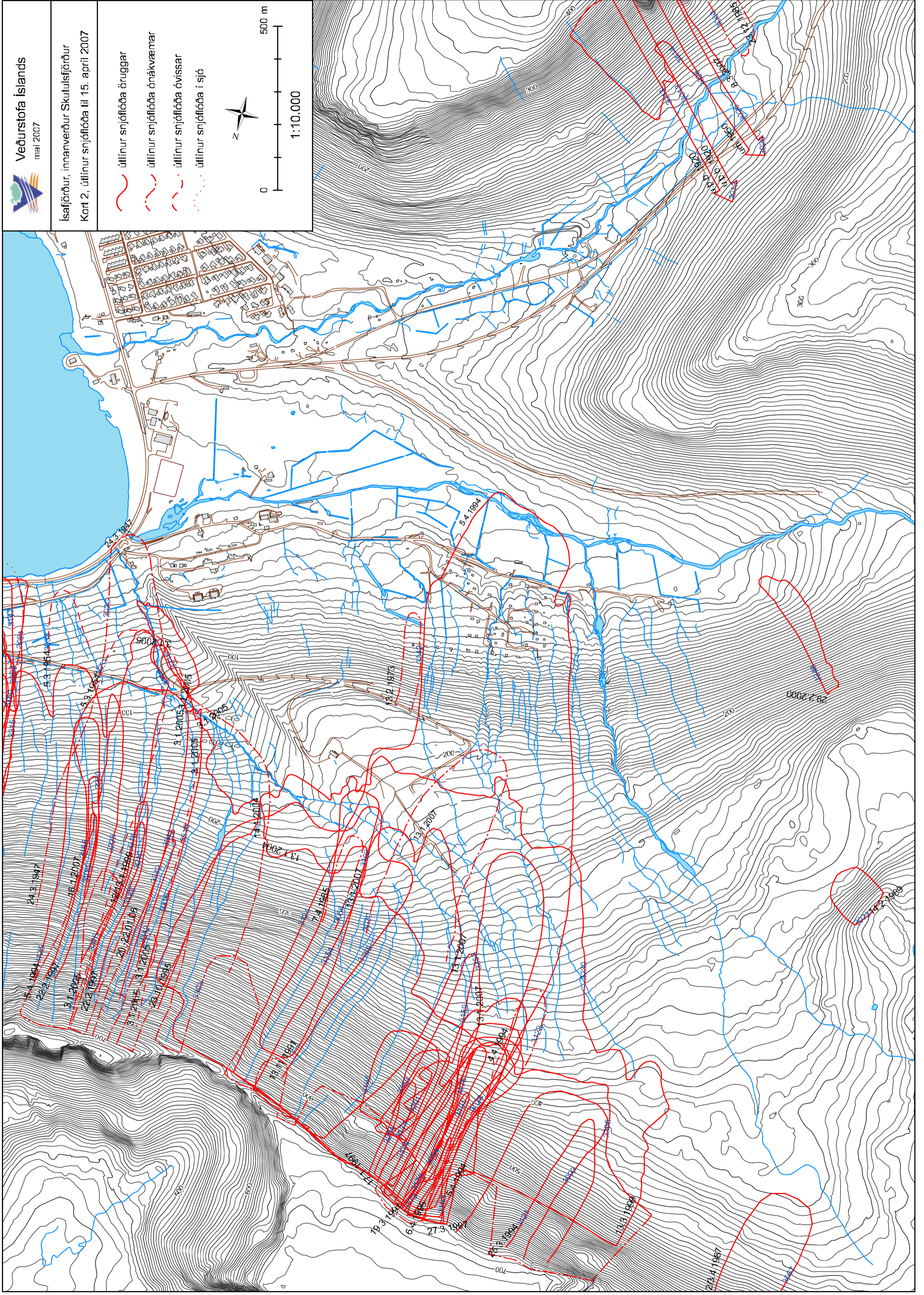
Ísafjörður, innanverður Skutulsfjörður  
Kort 2, útlínur snjóflóða til 15. apríl 2007

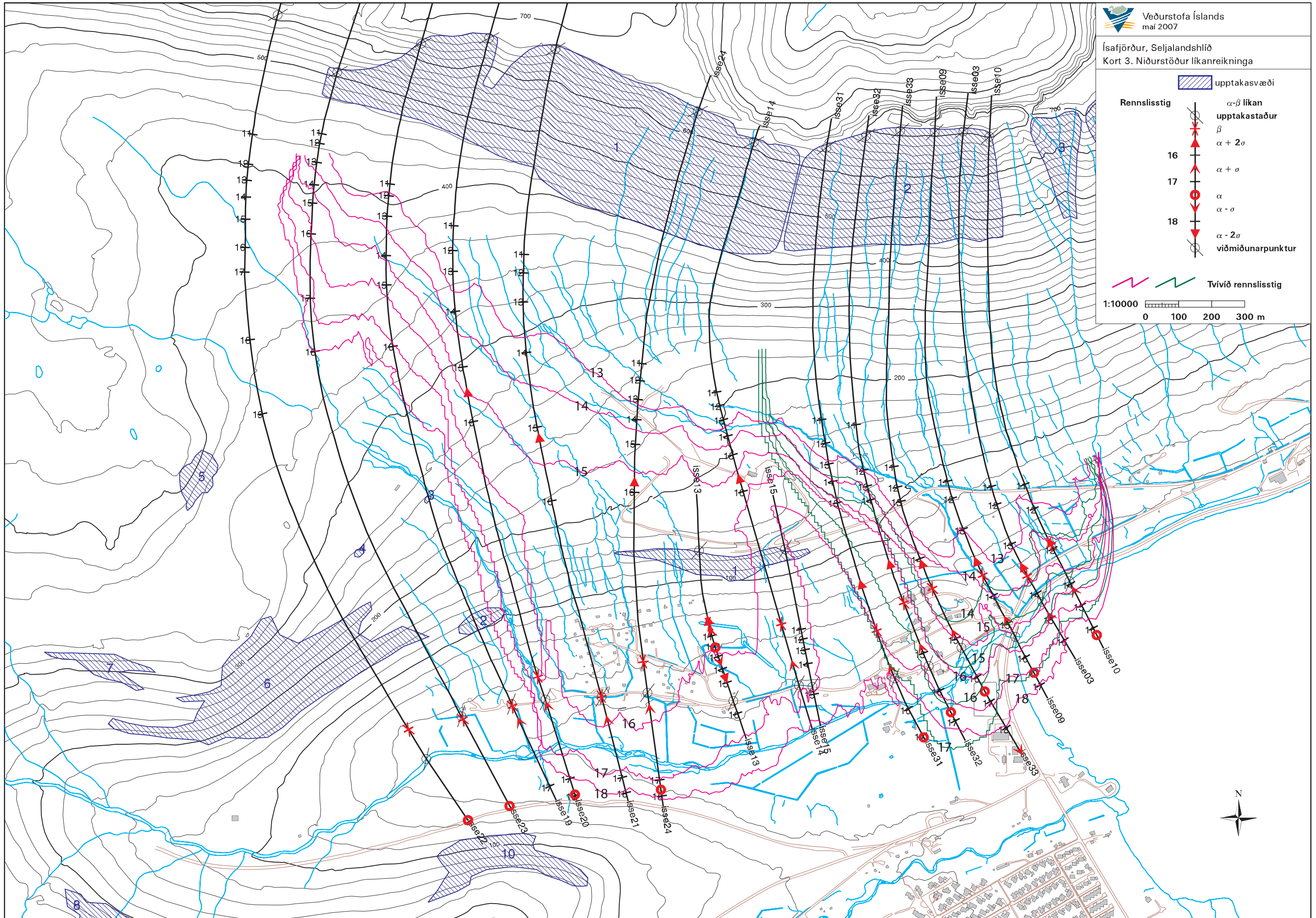
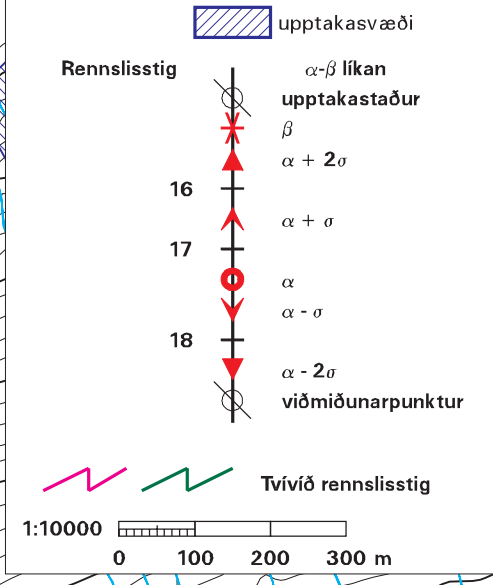
-  útlínur snjóflóða öruggar
-  útlínur snjóflóða ónákvæmar
-  útlínur snjóflóða óvissar
-  útlínur snjóflóða í sjó

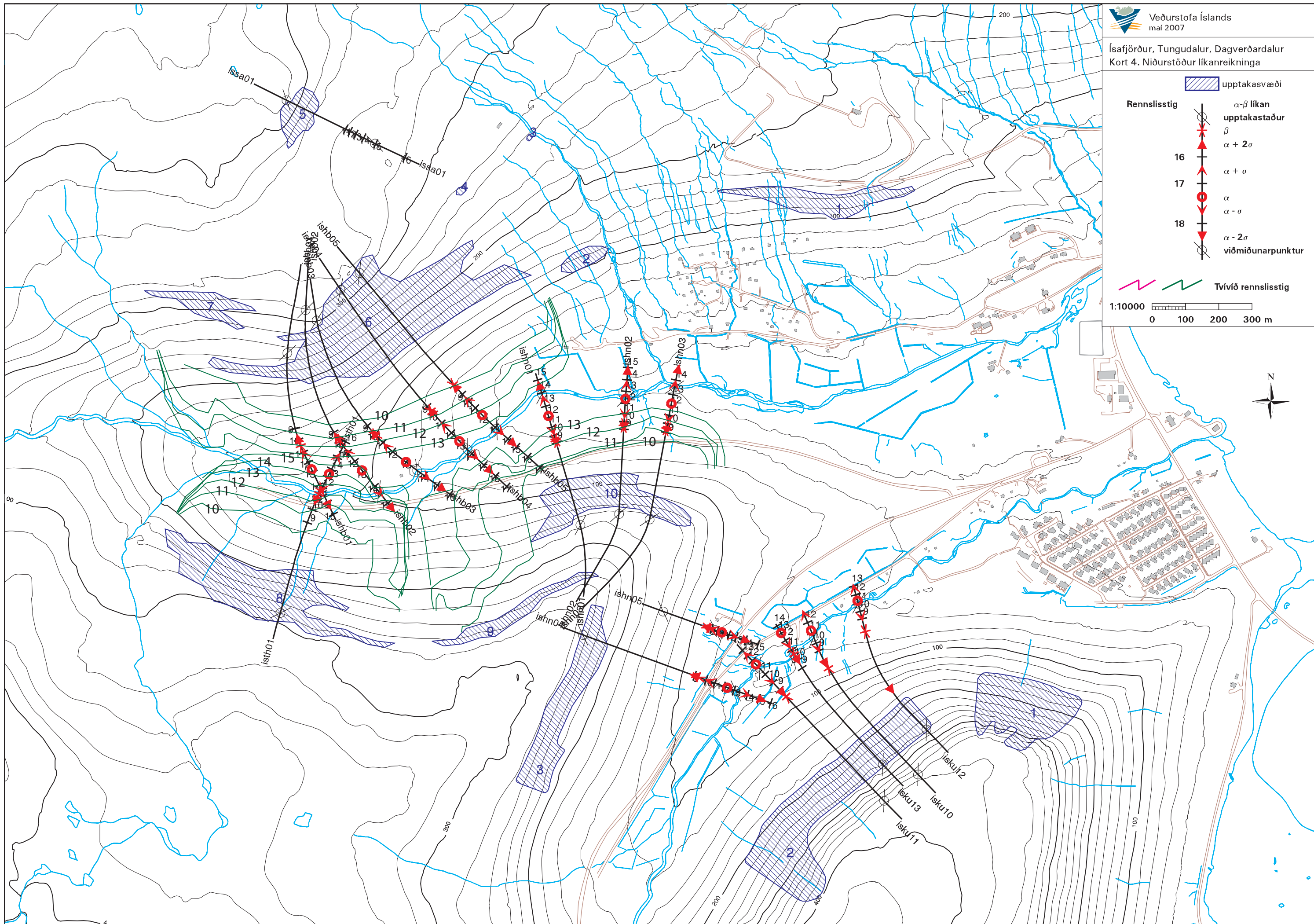
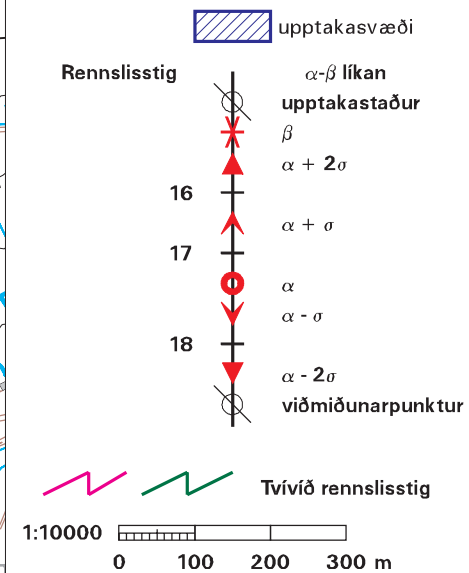


0 500 m

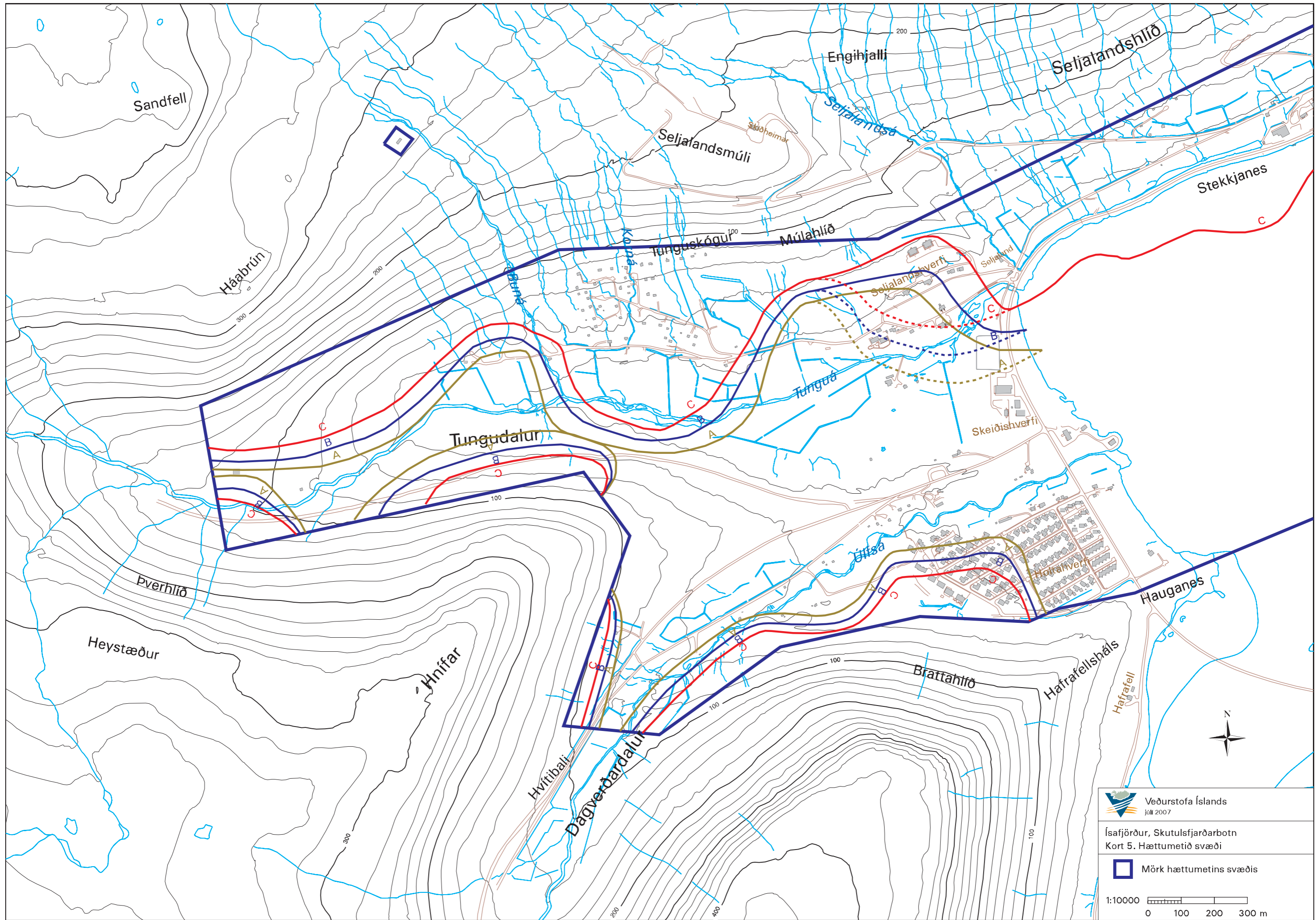
1:10.000









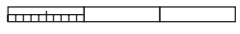





 Veðurstofa Íslands  
 júlí 2007

Ísafjörður, Skutulsfjarðarbotn  
 Kort 5. Hættumetið svæði


 Mörk hættumetins svæðis

1:10000 

## D Langsnið brauta

Langsnið nr.	Nafn	Farvegur
1	isse33aa	Seljalandshlíð, Seljalandshverfi
2	isse24aa	Seljalandshlíð, farvegur flóðsins 1994
3	ishb02aa	Háabrún, ofan skíðaskála
4	isth01aa	Þverhlíð
5	ishn02aa	Hnífar, norðurhlíð
6	ishn04aa	Hnífar/Dagverðardalur
7	isku10aa	Kubbi/Dagverðardalur

