

Endurskoðun ofanflóðahættumats fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi

Greinargerð með hættumatskorti

Tómas Jóhannesson
Eiríkur Gíslason

Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir
Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða
á Brún í Bjólfi
Greinargerð með hættumatskorti

Tómas Jóhannesson, Veðurstofu Íslands
Eiríkur Gíslason, Veðurstofu Íslands

Lykilsíða

Skýrsla nr. VÍ 2011-003/2019-011	Dags. Nóvember 2019	ISSN 1670-8261	Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/> Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi Greinargerð með hættumatskort		Upplag: Kynningareintak Fjöldi síðna: 40 + kort Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir	
Höfundar: Tómas Jóhannesson Eiríkur Gíslason		Verkefnisstjóri: Magni Hreinn Jónsson Verknúmer: 4754-0-0002	
Gerð skýrslu/verkstig:		Málsnúmer: 2019-0185	
Unnið fyrir: Seyðisfjarðarkaupstað			
Samvinnuaðilar:			
Útdráttur: Ofanflóðahættumat fyrir Seyðisfjörð hefur verið endurskoðað eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi. Varnargarðarnir draga úr líkum á því að snjóflóð úr Bjólfstindi steypist fram af stallinum í miðju fjallinu, hleypi af stað snjó úr hlíðinni neðan Brúnar og stöðvist ekki fyrr en niðri á jafnsléttu. Garðarnir hafa hins vegar ekki áhrif á snjóflóðahættu af völdum flóða sem eiga upptök neðar í hlíðinni, þ.m.t. í Kálfabotni. Óraunhæft er að stöðva stærstu snjóflóð sem geta átt upptök í Bjólfstindi með þvergarði á Brún. Varnargarðarnir draga mest úr áhættu af völdum snjóflóða sem eru nokkru stærri en þarf til þess að ná fram af Brún fyrir tilkomu garðanna en hafa lítil áhrif á hættu af völdu stærstu flóða. Með tilkomu garðanna færast C-línur í hættumati fyrir Seyðisfjörð víðast 40–80m nær fjallinu, B-línur minna og A-lína sem afmarkar hættusvæðið með minnstri áhættu er ekki færð frá hættumatinu 2002.			
Lykilorð: Seyðisfjörður, hættumat, áhætta, snjóflóð, varnargarðar		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:	
		Undirskrift verkefnisstjóra:	
		Yfirfarið af: SG	

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
1.1 Aðferðafræði og reglugerðarrámmi	7
1.2 Óvissa	9
2 Staðhættir	11
3 Ofanflóðasaga	13
3.1 Snjóflóð eftir 2002	13
3.2 Snjóflóðið 5.–9. apríl 2006	14
3.3 Mannskaðasnjóflóðið 18. febrúar 1885	15
3.4 Skriðlengd snjóflóða úr Bjólfstindi eftir 1990	18
4 Varnarvirki	20
5 Hættumat	22
5.1 Tíðni snjóflóða	22
5.2 Áhrif varnargarðanna	23
5.3 Endurskoðað hættumat	25
6 Niðurstaða	27
7 Heimildir	28
Viðaukar	
I Tæknileg hugtök og skilgreiningar	31
II Snjóflóð	32
III Kort	40

1 Inngangur

Þessi skýrsla lýsir endurskoðun ofanflóðahættumats fyrir norðurhluta Seyðisfjarðar eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi. Hættumatið var unnið fyrir bæjarstjórn Seyðisfjarðar af Veðurstofu Íslands samkvæmt reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða með síðari breytingum.

Áform um varnargarð á Brún voru hluti af tillögu Verkfræðistofu Austurlands og Norsku jarðtæknistofnunarinnar um umfangsmikil varnarvirki fyrir byggðina norðan Fjarðarar á Seyðisfirði (VA og NGI, 1998). Áður höfðu varnargarðar á þessum stað komið til umræðu milli heimamanna og snjóflóðaráðgjafa í tengslum við umræður um hugsanlegar snjóflóðavarnir fyrir Seyðisfjörð. Þegar fallið var frá hugmyndum um umfangsmikla varnargarða nærri byggðinni á Seyðisfirði árið 1999, sökum mikillar umhverfisröskunar sem þeim hefði fylgt, var ákveðið að reisa varnargarð á Brún engu að síður, samhliða því að frekari varnarkostir fyrir byggðina yrðu athugaðir. Varnargarður á Brún felur ekki í sér umtalsverða röskun og dregur úr snjóflóðahættu í byggðinni þrátt fyrir að hann sé ekki án frekari aðgerða talinn fullnægjandi vörn. Byggingu varnargarða á Brún lauk árið 2005 og var ákveðið að láta fara fram formlega endurskoðun á hættumati fyrir byggðina norðan ár á Seyðisfirði í kjölfar þess af því að nokkur tími getur liðið þangað til ákvarðanir um frekari varnarvirki eða aðrar öryggisráðstafanir vegna ofanflóða verða teknar.

Þeir sem komu að hættumatinu fyrir svæðið sem hér er til umfjöllunar voru Tómas Jóhannesson og Eiríkur Gíslason. Jón Gunnar Egilsson teiknaði kort sem skýrslunni fylgja.

Hættumatið var auglýst og kynnt á opnum fundi á Seyðisfirði þann 29. ágúst 2019. Hættumatið lá síðan frammi til kynningar á bæjarskrifstofu Seyðisfjarðarkaupstaðar til 30. september, sbr. 5. gr. áðurnefndrar hættumatsreglugerðar. Jafnframt var það aðgengilegt á heimasíðu Veðurstofu Íslands. Engar athugasemdir voru gerðar við hættumatið á kynningartíma.

Í fyrsta hluta skýrslunnar er samantekt um staðhætti og snjóflóðaaðstæður í Bjólfinum í kafla 2 og snjóflóðasögu í kafla 3, einkum eftir árið 2002 þegar núgildandi hættumat var gefið út. Varnargörðunum á Brún lýst í kafla 4 og lagt fram hættumat fyrir byggðina neðan þeirra í kafla 5. Að lokum eru helstu niðurstöður hættumatsins dregnar saman í kafla 6.

Í skýrslunni eru þrír viðaukar. Viðauki I inniheldur lýsingu á tæknilegum hugtökum og skammstöfunum. Þar er m.a. um að ræða rennslisstig (r) og úthlaupshorn (α -horn) snjóflóða. Ennfremur eru þar skilgreiningar á α - og β -punktum og lýsing á α/β -líkaninu. Í viðauka II er listi yfir skráð snjóflóð síðan hættumat fyrir Seyðisfjörð var gefið út 2002 og stutt lýsing á þeim og í viðauka III eru kort, þ.m.t. hættumatskort.

1.1 Aðferðafræði og reglugerðarramma

Ofanflóðahættumat er unnið skv. reglugerð nr. 505 sem umhverfisráðuneytið gaf út í júlí árið 2000 með breytingum í reglugerð nr. 495 frá maí 2007, nr. 309 frá mars 2010, nr. 1017 frá desember 2010, nr. 343 frá mars 2014 og nr. 176 frá janúar 2017, 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 sólar-

Tafla 1. Skilgreining hættusvæða.

Svæði	Neðri mörk staðaráhættu	Efri mörk staðaráhættu	Leyfilegar byggingar
C	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	–	Engar nýbyggingar nema frístundahús ¹ og húsnæði þar sem viðvera er lítil.
B	$1 \cdot 10^{-4}$ á ári	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	Atvinnuhúsnæði 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 atvinnuhúsnæði 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.

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

hringinn 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 (ásættanleg). Með því er átt við að áhættan sé svo lítil að ekki sé ástæða til að grípa til neinna aðgerða til þess að auka 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 allt að 75% af tíma sínum á heimilum og allt að 40% í atvinnuhúsnæði. Samkvæmt reglugerð um hættumat (umhverfisráðuneytið, 2000, 2007) skal afmarka þrenns 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 líklegrar viðveru og styrkinga húsa. Að öllum líkindum er áhætta í atvinnuhúsnæði eitthvað meiri.

Ekki er heimilt að skipuleggja íbúðarbyggð, frístundabyggð eða svæði fyrir atvinnustarfsemi á áður óbyggðum svæðum nema tryggt sé að áhætta fólks sé viðunandi skv. skilgreiningu hættumatsreglugerðarinnar. Á þegar byggðum svæðum er heimilt að reisa ný hús og byggja við þau sem fyrir eru með skilyrðum sem fram koma í töflu 1. Varnir gegn ofanflóðum eru eingöngu reistar til þess að auka öryggi fólks á svæðum sem eru í byggð. Ef öryggiskröfum er ekki fullnægt án sérstakra varnarvirkja gegn ofanflóðum er óheimilt að skipuleggja ný áður óbyggð svæði fyrir íbúðarbyggð, frístundabyggð eða atvinnustarfsemi.

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).

Hættumatið vegna ofanflóða tekur til snjóflóða, krapaflóða, aurskriðna, grjóthruns, berghlaupa og annars framskriðs úr hlíðum, svo og aurblandaðra krapa- og vatnsflóða í bröttum farvegum (sbr. Tómas Jóhannesson og Kristján Ágústsson, 2002). Ekki er hins vegar tekið tillit til vatnsflóða í ám, sjávarflóða eða jökulhlaupa og annarra flóða og skriðna sem tengjast eldgosum. Aðferðir við hættumat vegna skriðufalla hafa ekki verið þróaðar með sambærilegum hætti og fyrir snjóflóð. Hættumat vegna skriðufalla byggist því að miklu leyti á mati á aðstæðum án þess að unnt sé að vísa til eiginlegra reikninga á áhættu. Þó er stuðst við hina almennu aðferðafræði við snjóflóðahættumat sem lýst er í reglugerðum umhverfisráðuneytisins sem fyrr voru nefndar.

Að lokum er vísað til greinar 10 í reglugerð nr. 505/2000 og nr. 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.“

1.2 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. Óvissumatinu er skipt í þrjú stig sem gefa til kynna ónákvæmni í legu hættumatslína. Óvissa upp á $\frac{1}{2}$ táknar 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 hættumat vegna snjóflóða 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 eru áhrif þeirra og eyðileggingarmáttur illa þekkt.



Mynd 1. Bjölfur. Helstu örnefni. (ljósmynd: Þorsteinn Sæmundsson.)

2 Staðhættir

Í fyrri skýrslum Veðurstofunnar um hættumat og ofanflóðasögu Seyðisfjarðar er gerð grein fyrir landfræðilegum aðstæðum og jarðfræði svæðisins, veðurfari, snjósöfnun í upptakasvæði, ofanflóðasögu og veðuraðdraganda ofanflóða (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002; Kristján Ágústsson, 2002; Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson, 1998; Sigrún Karlsdóttir, 2002). Vísað er til þessara skýrslna um nánari upplýsingar en látið duga hér að taka saman stutta lýsingu á landslagi, örnefnum og snjóflóðaaðstæðum í Bjólfinum sem koma við sögu við endurskoðun hættumatsins. Landlýsingin er byggð á skýrslu Kristjáns Ágústssonar um snjóflóðasögu Seyðisfjarðar.

Seyðisfjörður er um 15 km langur með meginstefnu VSV–ANA og skerst inn í blágrýtismyndun Austurlands (kort 1). Innsti hluti hans sveigir mjög til suðurs um Strandartind og stendur kaupstaðurinn fyrir botni fjarðarinn. Tvö stór fjöll, Bjölfur og Strandartindur, eru áberandi í bæjarmyndinni. Þau eru dæmigerð fyrir fjöll úr lagskiftu basalti þar sem skiptast á hamrabelti úr hraunlögum og hjallar og stallar á milli.

Bjölfur rís norðan og norðvestan fjarðarinn (mynd 1). Hlíðar hans eru fremur einsleitar hið neðra, gil fremur grunn flest og nokkur hamrabelti sem rekja má eftir endilangri hlíðinni. Utan við Bjölf er Vestdalur, allstór dalur með A–V-læga stefnu.

Bærinn stendur annars vegar á sléttlendinu í dalnum, sem er framhald af firðinum, og hins vegar í og undir hlíðum Strandartinds neðan við Botnabrún. Mest öll atvinnustarfsemi í bænum er utan við íbúðarbyggðina, bæði sunnan og norðan fjarðar. Eftir að höfnin var flutt suður fyrir fjörðinn árið 2003 er umfang atvinnustarfsemi norðan fjarðarinn lítið miðað við það sem áður var.

Eggin á Bjólfi sem skilur að Vestdal og Seyðisfjörð heitir Röð efst, þá Öxl og neðst endar hún á allvíðum hjalla í 160 m hæð, Hrutahjalla. Undir henni eru Nautabás, lítil vík, og nokkru inn-

ar er Fornistekkur. Nokkuð er af lausum jarðefnum í hlíðinni. Gilin sem skerast í setið eru víð en ekki ýkja djúp. Tvö eru nafngreind, Djúpagil og Fornastekksgil. Innan við Fornastekk heitir fjallshlíðin Flatafjall en Raðarflug eru klettabelti ofan við Flatafjall og undir Röð. Jarðvegur er lítil og gil mjög grunn nema undir neðsta klettabeltinu, Neðstuklettum. Flatafjall nær inn að Króarhrygg sem er melhryggur upp af Bræðraborg. Á hlíðinni frá Króarhrygg inn að Fálkagili er allþykkur jarðvegur og giljum svipar til giljanna ofan við Nautabás. Hér fyrir ofan er stallurinn undir Bjólfstindi sem nefndur er Brún (Bjólfbrún, Býhólsbrún). Á stallinum eru hólar og kvosir og innarlega á honum er Haugur. Brúnn er í um 650 m hæð, um 600 m löng samsíða fjallshlíðinni og um 200 m breið. Neðan við Brún er grunn skál sem heitir Kálfabotn og fram úr henni er gil sem heitir Hlaupgjá. Fálkagil og Jókugil eru síðan ofan við innsta hluta byggðarinnar. Þau eru allstór og djúp, einkum Jókugil, og sneiða hlíðina inn og niður. Innan við Jókugil er hlíðin aftur fremur einsleit með grunnum giljum. Þar undir er breiður hryggur sem liggur fram dalinn og niður undir veg, Skagi. Rekja má nokkur klettabelti eftir hlíðum Bjólfs. Þau stærstu heita Neðstuklettur, Presthamrar og efst er Langaklettabelti. Inn frá Kálfabotni miðjum liggur klettabelti og ofan þess er Efri-Kálfabotnshjalli og neðan þess Neðri-Kálfabotnshjalli.

Ofan Brúnar eru stór upptakasvæði á hæðarbilinu 700–750 til 850–950 m y.s. þar sem snjóflóð eru tíð. Mikil snjósöfnun er í þessi upptakasvæði og á stallinn neðan þeirra. Neðan Brúnar er fjallshlíðin víðast opin eða kúpt en þó eru þar nokkrar fremur grunnar hvilftir sem hafa tilhneigingu til þess að safna meiri snjó en annars staðar. Stærst þessara hvilfta er Kálfabotn í 500–640 m hæð þar sem snjódýpt í snjóþungum vetrum getur farið yfir 5–8 m (Tómas Jóhannesson, 2001).

Hlíðar Bjólfsins neðan og utan Brúnar eru opnar og án verulegra gilja eða hryggja neðan upptakasvæðanna. Sunnan Brúnar eru hins vegar fyrnefnd Jóku- og Fálkagil í 200–400 m h.y.s. Þau hafa tilhneiginu til þess að beina snjóflóðum í ákveðna stefnu, einkum Jókugil sem ætla má að jafnvel hraðfara snjóflóð flæði ekki upp úr.

Úthlaupssvæði snjóflóða undir hlíðum Bjólfs eru opin og að mestu án gilja eða hryggja sem áhrif hafa á hraða eða stefnu snjóflóða. Snjóflóð hafa því tilhneigingu til þess að breiða úr sé eftir að niður á jafnsléttu er komið. Þó er svolítill hryggur ofan við landnámsbæinn Fjörð sem talið er að hafi bjargað bæjarhúsunum þegar mannskaðasnjóflóðið 1885 féll niður með bænum á báða vegu.

3 Ofanflóðasaga

3.1 Snjóflóð eftir 2002

Gerð er grein fyrir sögu snjóflóða úr Bjólfinum til ársins 2002 í skýrslunni „Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar“ eftir Kristján Ágústsson (2002) og sögu skriðufalla til ársins 1997 í skýrslu Halldórs G. Péturssonar og Þorsteins Sæmundssonar (1998). Þessar skýrslur byggja á ýmsum öðrum heimildum og eru þar helstar bækur Ólafs Jónssonar o.fl. (1992), „Skriðuföll og snjóflóð“ og ýmsar samantektir, dagbækur og frásagnir úr dagblöðum, einkum varðandi mannskaðaflóðið 18. febrúar 1885 sem kostaði 24 mannlíf, en það er mannskæðasta snjóflóð sem öruggar heimildir eru um hér á landi. Á síðari árum hafa mælingar og skýrslur athugunarmanna Veðurstofunnar verið meginheimildir um snjóflóð og skriðuföll á Seyðisfirði. Í heimildaskrá eru taldar upp helstu heimildir sem liggja til grundvallar snjóflóðasögu Seyðisfjarðar frá því áður en athugunarmenn Veðurstofunnar tóku til starfa.

Breyting sú á hættumati fyrir Seyðisfjörð sem hér er til umræðu lýtur fyrst og fremst að snjóflóðahættu. Verður því látið duga að draga hér saman upplýsingar um snjóflóð sem fallið hafa úr Bjólfinum síðan 2002 og greina frá nokkrum atriðum varðandi helstu snjóflóð frá því fyrir 2002 sem máli skipta fyrir endurskoðun hættumatsins.

Síðan 2002 hafa verið skráð 22 snjóflóð úr hlíðum Bjólfsins frá Skaga, nokkru innan við þéttbýlið, og út að Nautabási, sem er utan við byggðina að norðanverðu. Upplýsingar um snjóflóðin úr ofanflóðagagnasafni Veðurstofu Íslands koma fram í viðauka II og útlínur margra þeirra eru sýndar á korti 2 ásamt útlínum eldri flóða á þessu svæði.

Frá því fyrir 2002 eru skráð 62 snjóflóð úr hlíðum Bjólfsins í ofanflóðagagnasafnið. Flest þessara flóða eru úr utanverðri hlíðinni, utan við Ölduna eða Fjarðaröldu, en svo nefnist svæðið norðan eða vestan ár á Seyðisfirði þar sem þéttbýli tók að myndast á ofanverðri 19. öld. Flóðin utan við Ölduna eru utan svæðisins þar sem varnargarðarnir á Brún hafa áhrif og koma því ekki við sögu hér.

Á svæðinu þar sem varnargarðarnir hafa áhrif, þ.e. upptakasvæðum í Bjólfstindi ofan Brúnar og upptakasvæðum neðan Brúnar frá Skaga að Liverpool, hafa alls verið skráð 46 snjóflóð, þar af fjórtán eftir 2002. Sum þessara flóða hafa fallið niður Hlaupgjá, sem gengur niður úr Kálfabotni neðan Brúnar, en þau kunna engu að síður að hafa átt upptök í upptakasvæðunum ofan Brúnar og hleypt af stað meiri snjó þegar þau féllu fram yfir Brún og niður í Kálfabotn.

Upptök flestra flóða fyrir ~1990 eru óþekkt og er því einungis neðsti hluti flóðtungunnar dreginn á útlínukortið fyrir eldri flóðin á korti 2 en ekki upptökin. Efri hluti Bjólfs ofan Brúnar sést illa neðan úr byggð á Seyðisfirði og hefur því oftast á fyrri tíð ekki verið unnt að greina hvort snjóflóð sem vart varð við í neðri hluta hlíðarinnar átti upptök ofan eða neðan Brúnar.

Eftir athugunarmenn tóku til starfa á Seyðisfirði skömmu eftir 1990 hafa langflest flóð í Bjólfi ofan Öldunnar verið skráð með upptök ofan Brúnar, samtals 18 flóð. Einungis eitt flóð hefur verið skráð úr Kálfabotni á sama tíma, tvö tiltölulega lítil flóð úr Jókugili, tvö úr Fálkagili og eitt vott flóð úr neðanverðri hlíðinni við Skaga innan Jókugils. Fimm flóð til viðbótar eru skráð úr farvegnum ofan við Liverpool (farfuglaheimilið), yst neðan Brúnarinnar en þau eru utan við svæðið þar sem varnargarðarnir hafa áhrif. Engin flóð önnur en þessi nema spýjur eru skráð úr hlíðinni neðan Brúnar á þessu tímabili. Flóðasaga síðustu tveggja áratuga bendir þannig eindregið til þess



Mynd 2. Snjóflóð sem féll 9. febrúar 2008 úr upptakasvæðinu ofan Brúnar í Bjólfi og stöðvaðist við þvergarðinn á Brún. Garðurinn er alls 20 m hár, með 10 m háu þverhníptu stáli efst. Sjá má mann á vélsleða neðarlega til hægri á myndinni. Ljósmynd: Emil Tómasson, 10.2.2008.

að tíðni flóða úr upptakasvæðunum ofan Brúnar sé miklu meiri en úr upptakasvæðunum neðan Brúnar, e.t.v. stærðarþrepi meiri.

Meðal flóðanna sem fallið hafa úr Bjólfstindi ofan Brúnar hafa fjögur flóð síðan 2000 fallið langt fram á stallinn þannig að ekki hefur mikið vantað upp á að þau næðu fram af Brúninni. Mynd 2 sýnir flóðtungu snjóflóðs sem féll niður á stallinn ofan við varnargarðinn í febrúar 2008 og stöðvaðist á garðinum.

3.2 Snjóflóðið 5.–9. apríl 2006

Stærsta snjóflóðið sem fallið hefur úr Bjólfstindi síðan snjóathugunarmenn tóku til starfa á Seyðisfirði féll á varnargarðinn á Brún í apríl 2006 og kastaðist flóðtungan að hluta yfir garðinn. Tunga flóðsins ofan garðsins var um 1 m að þykkt og var ekki að sjá að hún væri sem neinu nam þykkari við garðinn en fjær honum. Snjókögglatungan sem yfir garðinn fór var u.þ.b. 60 m breið og náði hún niður undir brúnina þar sem landi hallar niður í Kálfabotn (sjá kort 2) en kögglar úr flóðinu dreifðust niður allan Kálfabotn. Samfelld tunga náði ekki niður í botninn og snjóflóð fór ekki af stað úr botninum. Snjóflóðstungan á austurhlið garðsins sem frá fjallinu snýr var u.þ.b. 120 m löng í flóðstefnuna og nokkrir tugir cm að þykkt niður undir Kálfabotnsbrúnina. Engan flóðsnjó var hins vegar að sjá á um 5–10 m svæði næst garðtoppinum, sem kann að hafa stafað af því að flóðið hafi stokkið yfir þetta svæði án þess að skilja neitt eftir en gæti einnig stafað af því að vindur hafi hreinsað flóðsnjóinn af efsta hluta garðsins. Myndir 3 og 4 sýna ummerki flóðsins á efri hlið garðsins og köggladreifna í Kálfabotni.

Þetta flóð er mjög áhugavert og gefur vísbendingu um að stór snjóflóð geti flætt yfir garðinn eins og nánar verður vikið að í kaflanum um hættumat. Sér í lagi er athyglisvert hvað snjóflóðið skildi lítinn flóðsnjó eftir ofan við garðinn sem bendir til þess að garðurinn kunni að draga tiltölulega lítið úr affli og massa mjög stórra flóða.

Svipuð snjóköggladreif og í flóðinu sem féll yfir garðinn árið 2006 hefur kastast yfir varnarfleyg við sorpbrennsluna Funa á Ísafirði þegar snjóflóð úr Kirkjubólshlíð hafa lent á fleygnum. Þá



Mynd 3. Ummerki um snjóflóð sem féll 5.–9. apríl 2006 úr upptakasvæðinu ofan Brúnar í Bjólfi og rann að hluta yfir varnargarðinn á Brún. Garðurinn er 20 m hár með 10 m háu þverhníptu stáli efst. Snjóflóðið hnoðaði snjóþrygju utan á stálgrindur sem mynda þverhnípta hluta garðsins þar sem það fór yfir garðinn. Ljósmynd: Tómas Jóhannesson, 14.4.2006.

hefur efnismesti hluti snjóflóðsins klofnað á fleygnum en snjókögglar, sem eru væntanlega úr svokölluðu skopplagi flóðsins, kastast yfir fleyginn og þakið allt svæðið milli arma hans. Þykkt köggladreifarinnar við Funafleyginn hefur verið allt að 50 cm.

3.3 Mannskaðasnjóflóðið 18. febrúar 1885

Þó vísað sé til snjóflóðasögu Seyðisfjarðar (Kristján Ágústsson, 2002) um upplýsingar um snjóflóð frá því fyrir 2002 er rétt að fara hér nokkrum orðum um mannskaðaflóðið þann 18. febrúar 1885.

Heimildum ber ekki saman um upptök snjóflóðsins. Í dagbók Sigmundar Mattíassonar Long, sem er samtímaheimild, segir svo frá flóðinu:

„... Í morgun kl. 8 dundu þau ódæmi hér yfir að valla munu finnast dæmi um slíkt tjón á Íslandi af þeim orsökum með mannskaða og eignatjón. Sprakk fram svokallaður Kálfabotn í efstu brúninni hér upp af. Hljóp svo snjóflóð úr öllu fjallinu, inn að Jókugili (sem kallað er), og út fyrir svokallaða Hlaupgjá, svo stórkostlegt að jafnt fór yfir hriggina sem gilinn og braut alt er fyrir varð, og lendti ofan að Neðri búð.“

Fyrst tiltekið er að Kálfabotn hafi sprungið fram mætti ætla að flóðið hafi fallið úr hvíltinni neðan Brúnar, sem gengur undir því nafni nú, en það samrýmist e.t.v. ekki því að sagt er að



Mynd 4. Köggladreif í Kálfabotni eftir snjóflóð sem féll 5.–9. apríl 2006 úr upptakasvæðinu ofan Brúnar í Bjólfi og rann að hluta yfir varnargarðinn á Brún. Snjóflóðið nam staðar á brúninni ofan Kálfabotns en kögglar dreifðust niður fyrir brúnina. Sjá má þrjár snjókýptarstikur sem notaðar eru til þess að fylgjast með snjókýpt í Kálfabotni með kíkni neðan úr bæ og mastur veðurstöðvar með síritandi snjókýptarmæli sem rekin hefur verið í botninum síðan 2005. Ljósmynd: Tómas Jóhannesson, 14.4.2006.

flóðið hafi átt upptök „í efstu brúninni hér upp af“. Hugsanlega hefur verið eitthvað á reiki í tímans rás hvaða staður í fjallinu gengur undir nafninu Kálfabotn og vera má að einhverjir hafi notað nafnið um stóru hvilftina í Bjólfi ofan Brúnar þó erfitt sé að geta sér til um það hvaða merkingu Sigmundur lagði í þetta nafn á sínum tíma.

Í Austra (2. árg., 3. tölubl., bls. 12, 21. febrúar 1885) er eftirfarandi frásögn af flóðinu sem birtist einungis þremur dögum eftir að það féll:

... 18. þ. m. kl. 8 f. m. hljóp snjóflóð úr Bíúlfstindi niður yfir Seyðisfjarðaröldu nær því á sama stað sem 13. jan. 1882, en nú miklu umfangsmeira og sterkara. Braut það niður öll hús er fyrir urðu, íbúðarhús að tölu 15 auk fjölda margra úthýsa. Í flóðinu fórust til dauðs 24 menn. Af þeim eru nú (19. febr.) að eins 4 fundnir, margir meiddust meira og minna. Eignatjónið er fjarskalegt.

Í Norðanfara (24. árg., 25.-26. tölubl., bls. 52, 31. mars 1885) birtist bréf frá „merkum manni á Seyðisfirði“ sem virðist vera ritað um hálfum mánuði eftir flóðið þar sem segir:

Það var hinn 18. febr. um morguninn að afarmikið snjóflóð tók sig upp efst í fjalli því, er hjer er fyrir ofan Ölduna og tók af 14 stærri og smærri íbúðarhús og 24 menn

týndust í flóðinu, og er það nærri því furða að eigi fórust fleiri menn, því að í þessum húsum bjuggu um 90 manns og margt af því kvennfólk og börn; mest eptirsjá var þó að apóthekaranum af þeim sem fórust; ...

Erfitt er að skilja orðalagið „hljóp snjóflóð úr Bíúlfstindi“ og „afarmikið snjóflóð tók sig upp efst í fjalli því, er hjer er fyrir ofan Ölduna“ öðru vísi en svo að um sé að ræða efri upptakasvæðin ofan við 650 m y.s. þegar horft er til lögunar fjallsins. Heimamenn sem hafa fjallið Bjólf fyrir augum færu tæplega að tala um hvilft í miðju fjallinu sem „tind“ þó hvilftin sé undir brún í fjallshlíðinni né tala um Brúnina ofan við Kálfabotn með orðunum „efst í fjalli því“.

Í ljósi snjóflóðasögu síðustu ára og með hliðsjón af þessum frásögnum verður að teljast líklegast að flóðið 1885 hafi átt upptök ofan Brúnar hvað sem líður óvissu í heimildum og verður gengið út frá því í þessu hættumati.

Heimildum og vísbendingum ber ekki saman um útbreiðslu snjóflóðsins 1885 innan við bæinn Fjörð og eru upplýsingar um útbreiðslu flóðsins á þessu svæði dregnar saman í sérstökum viðauka í snjóflóðasögu Seyðisfjarðar frá 2002. Heimildir um þetta flóð eru taldar upp í heimildaskrá skýrslunnar sem hér birtist. Frásagnir eru um að tunga úr flóðinu 1885, eða e.t.v. úr einhverju öðru flóði, hafi náð allt niður í Fjarðará rétt innan við Fjörð en á svæðinu voru hins vegar á þessum tíma hús sem erfitt er að samræma slíkri tungu (Sigurður Jónsson, 1996). Á grundvelli fyrirliggjandi heimilda er erfitt að fullyrða að tunga úr flóðinu hafi náð svona langt en ekki er unnt að útiloka að snjóflóð hafi farið um þetta svæði og að það sé kveikjan að frásögnum um þessa tungu. Sökum þessarar óvissu er megintunga snjóflóðsins 1885 dregin um mitt Bakka hverfi í snjóflóðasögu Seyðisfjarðar frá 2002 en hin umdeilda tunga niður í Fjarðará skammt innan Fjarðar er einnig sýnd og er hún auðkennd með spurningarmerkjum og er tungan einnig sýnd svona á korti 2 í þessari skýrslu. Í viðaukanum í snjóflóðasögu Seyðisfjarðar frá 2002 er komist að þeirri niðurstöðu að þrátt fyrir efnislegt misræmi í frásögnum af snjóflóðum á svæðinu næst innan við Fjörð verði að telja mjög líklegt að flóð hafi einhvern tíma á síðustu tveimur öldum fallið niður á jafnsléttu á svæðinu frá Firði að Jókugili, jafnvel allt niður í Fjarðará. Ekki hafa komið fram nýjar upplýsingar síðan 2002 sem breyta þessari niðurstöðu. Á þessari ályktun er m.a. byggt í fyrirliggjandi hættumati fyrir þetta svæði.

Athyglisverðar umræður um snjóflóðahættu á Seyðisfirði fóru fram í blöðum á Íslandi eftir mannskaðasnjóflóðið 1885. Þannig segir í ofanefndu bréfi frá manni á Seyðisfirði í Norðanfara þann 31. mars:

... Þetta snjóflóð tók hús, sem hingað til hefir verið álitid óhætt svo sem „Glasgow“, elzta húsið hjer á Öldunni, sem hefir staðid síðan fyrir 1850. Það er eigi en þá sjeð fyrir, hvað mikið verður standandi af húsum hjer á Öldunni því að öll út-Aldan er í veði og eru allir, bæði menn og málleysingjar flúnir þaðan hingað neðst á Ölduna í þau fáu hús, sem líklega er óhætt, en svo eru aptur sumir flúnir hjeðan út á Vestdalseyri. Meðal húsa þeirra sem fórust var „Hótel Ísland“ í annað sinn.

Í frétt frá Seyðisfirði í Norðanfara þann 22. maí 1885 (24. árg., 39.–40. tölubl., bls. 80) eru eftirfarandi hugleiðingar:

Seyðisfirði, 6/5–85. „Tíðin er hjer allt af heldur stirð, ýmist austan illviðri eða norðvestan hríðar, svo nú er nokkur nýr snjór, auk gamla gaddsins. Margir eru tæpir með

hey hjer í firðinum, enn þó held jeg að menn komist af, enda er hjer fátt af fjenaði og stórgripum. Seint tekur upp af húsarústunum hjer af Øldunni, þó eru alltaf að finnast ýmislegir munir, en margt af því er skemmt og sumt eyðilaggt alveg. Enn hafa eigi fundist 2 börn, þó mikið hafi verið leitað, og heppnasta, má telja þá, sem dóu í flóðinu hjá þeim sem náðust teygðir og limlestir, en því betur eru þeir fáir. Það er víst kvenmaður einn, sem missti foreldra sína, er fór verst, og lítur út fyrir að hún verði aldrei jafngóð. Það er annars hryggilegt að vita til þess, að menn skuli með fávizku sinni hafa bakað sjer allan þennan ófagnað. Eða hvað var það annað en skammsýni að flytja húsið eptir fyrra flóðið 1882, um nokkra faðma, og hugsa sjer að snjóflóð gæti ómögulega fallið öðruvísi en þá. Barnaskólahúsið átti líka að setjast á það svæði, sem síðasta flóð gekk yfir og munaði einungis einu atkvæði á fundi sem haldinn var, það var sett á annan stað neðar, annars hefði það nú farið. Verst er þó af öllu að þetta skuli enn sitja fast í höfðum á mönnum, að tanginn eða neðri hluti kaupstaðarstæðisins, sje óhultur fyrir snjóflóðum, enn það er öðru nær en svo sje að margra manna álitu hjer. Efri hluti kaupstaðarins, þar sem hinar norsku sölubúðir standa, og Liverpool, er þaðan af síður óhultur. Sumir af þeim sem fengu hús sín skemmd í flóðinu og að mestu eyðilögð, tala um að reisa þau við aptur á sama stað, en heyrst hefir að sýslumaður hafi bannað það. Tveir hafa flutt hús sín alveg burt af Øldunni, þau stóðu skammt frá Liverpool og má vera að fleiri gjöri það, sem búa þar ofan til. Gísli Jónsson gullsmiður ók húsi sínu í heilu lagi ofan á tangann, og ætlar hann að láta þar fyrirberast. Þar skammt frá, er einnig verið að reisa nýtt hús. Svo á því sjezt, að menn þykjast þar úr allri hættu fyrir snjóflóðum, þó sumir sjeu á hinu gagnstæða.“

Af þessu er að sjá að Seyðfirðingar hafa í framhaldi af mannskaðaflóðinu 1885 rætt opinskátt um það að snjóflóðahætta væri á víðáttumiklu svæði utan við jaðar flóðsins sem þá féll, bæði vestan/sunnan og austan/norðan við flóðtunguna.

Snjóflóðið 1885 flæddi út í sjó utan við bæinn Fjörð og bar brak úr húsum og fólk og fénað með sér á haf út. Flóðið reiknast með rennslisstig rétt um 15 á svæðinu utan við Fjörð en sökum þess að flóðið náði út í sjó á þessum stað er þar um að ræða lágmark á rennslisstiginu. Ef flóðið hefði runnið á landi á úthlaupssvæðinu hefði það vafalaust náð rennslisstigi talsvert yfir 15.

3.4 Skriðlengd snjóflóða úr Bjólfstindi eftir 1990

Þrjú af snjóflóðunum sem fallið hafa úr Bjólfstindi eftir 1990 eru með rennslisstig vel yfir 14, eitt til viðbótar með rennslisstig rétt um 14 og fjögur eru með rennslisstig á bilinu 12 til 13. Ekki er ólíklegt að talsvert vanti upp á skráningu flóða úr Bjólfstindi á árabílinu 1990–2000 í ljósi þess hversu miklu fleiri flóð eru skráð þar á áratugnum eftir 2000 en á síðasta áratug síðustu aldar. Snjóflóðin sem skráð eru úr Bjólfstindi eftir að athugunarmenn tóku til starfa á Seyðisfirði benda til þess að tíðni snjóflóða úr Bjólfstindi með rennslisstig yfir 13 sé e.t.v. um og yfir 0.2 á ári að meðaltali, en það samsvarar að tíðni flóða með rennslisstig yfir 14 sé á stærðarþrepinu 0.1 á ári og tíðni flóða með rennslisstig yfir 15 á stærðarþrepinu 0.03 á ári (sbr. greiningu á tíðni snjóflóða með mismunandi rennslisstig í skýrslu Kristjáns Jónassonar o.fl., 1999). Þetta er talsvert hærri tíðni en miðað var við í hættumatskýrslu Veðurstofunnar fyrir Seyðisfjörð frá 2002 (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) en þar var tíðni snjóflóða úr Bjólfstindi með rennslisstig yfir 13 metin $F_{13} = 0.05$ á ári sem er sambærileg tíðni og metin hefur verið

fyrir helstu snjóflóðafarvegi ofan byggðar í Neskaupstað (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2001). Eins og nánar verður vikið að í kafla um hættumat er erfitt að samræma þetta háa tíðni skráðri flóðasögu á láglendi undir Bjólfinum en talið er að búið hafi verið á jörðinni Firði undir Bjólfinum frá því á landnámstíð án þess að sögur fari af snjóflóðatjóni á bænum. Hurð skall þó nærri hælum árið 1885 þegar snjóflóð klofnaði um hrygginn ofan bæjarins og bæjarhúsin sluppu.

Greinilegt er af snjóflóðasögu síðustu tveggja áratuga að snjóflóð úr Bjólfstindi eru langalgengust úr miðju upptakasvæðinu þar sem snjóflóðin 2001, 2006 og 2008 áttu upptök (flóð nr. 4117, 4142 og 4156, sjá kort 2). Stór flóð á þessum stað falla beint niður í Kálfabotn og Hlaupgjá, geta bætt við sig snjó sem þau setja þar af stað og falla síðan í átt að gamla hafnarsvæðinu norðan fjarðarins þar sem mest tjón varð í mannskaðaflóðinu 1885. Tíðni snjóflóða sem upptök eiga sunnan og vestan þessa virkasta upptakasvæðis virðist mun minni, eða allt að stærðarþrepi minni. Þessi upptakasvæði ógna byggðinni í Bakkahverfi og svæðinu austan og norðan Bakkahverfis að Fjarðarbænum. Taka þarf tillit til þessa tíðnimunar á flóðum úr mismunandi upptakasvæðum í Bjólfstindi við hættumat eins og nánar verður vikið að hér á eftir.

4 Varnarvirki

Vinna við undirbúning snjóflóðavarna á Seyðisfirði hófst í ársbyrjun 1997 og var frumathugun fyrir byggðina norðan Fjarðarár lögð fram 1998 af Verkfræðistofu Austurlands og Norsku jarðtæknistofnuninni (VA og NGI, 1998). Í framhaldi af því fóru fram ýmsar undirbúningsathuganir varðandi tillögurnar, m.a. könnun á jarðfræðilegum aðstæðum (Almenna verkfræðistofan, 1998; Jarðfræðistofa ÁGVST, 1998) og mat á umhverfisáhrifum (Hönnun og ráðgjöf, 1999).

Í frumathuguninni var gert var ráð fyrir umfangsmiklum vörnum á láglandi þar sem byggðir yrðu þrjár leiði- og þvergarðar undir Bjólfi mjög nærri byggðinni. Samanlögð lengd hinna fyrirhuguðu garða var yfir kílómetri og rúmmál fyllinga yfir milljón rúmmetrar. Einnig yrði byggður þvergarður á Brún í um 650 m hæð yfir sjó í Bjólfi og lögð var fram tillaga um að e.t.v. mætti reisa um 1000 m stoðvirkja í Kálfabotni ef bæjarstjórn vildi tryggja öryggi á gamla hafnarsvæðinu. Stoðvirkin yrðu þó aðeins reist ef frekari rannsóknir á grundunaraðstæðum og snjósöfnun sýndu að það væri tæknilega raunhæft.

Heimamenn og bæjarstjórn Seyðisfjarðar fjölluðu um þessa tillögu og var ekki fallist á hana vegna þess rasks og breytinga á umhverfi í grennd við byggðina sem hún fól í sér. Tillagan um varnargarð á Brún fól ekki í sér slík vandamál og var ákveðið að kanna nánar snjóflóðaaðstæður ofarlega í Bjólfi og athuga hvort garðurinn á Brún og stoðvirkin í Kálfabotni gætu komið til greina sem fyrstu skref í varnaraðgerðum þó ljóst væri að garðurinn gæti ekki tryggt viðunandi öryggi í byggðinni einn og sér eða með stoðvirkjunum. Ofanflóðanefnd féllst á að fara þessa leið og voru í framhaldinu gerðar nánari rannsóknir til þess að kanna hvort hún væri fýsileg. Meðal annars var gerð úttekt á því hvort stoðvirki í Kálfabotni kæmu til greina sem þáttur í vörnum fyrir byggðina undir Bjólfi (Svissneska snjóflóðarannsóknarstofnunin SLF, 2001). Niðurstaða þeirra athugunar var að grundunaraðstæður í Kálfabotni væru of erfiðar til þess að reisa þar stoðvirki og hætta væri á að snjóflóð úr Bjólfstindi færi fram af Brúninni og eyðilegði stoðvirki þar fyrir neðan jafnvel þó reistur væri varnargarður á Brún.

Í frumathugun fyrir varnargarð á Brún (VA og NGI, 2002, 2003) var komist að þeirri niðurstöðu að varnargarður á þessum stað drægi það mikið úr snjóflóðahættu í byggðinni að réttlætjanlegt væri að reisa hann þrátt fyrir að hann væri ekki fullnægjandi sem vörn fyrir alla byggðina. Mælt var með því að reista 380 m langan þvergarð utarlega á Brúninni og 170 m langan leiðigarð vestast á henni til þess að halda að flóðum sem ella gætu farið fram hjá þvergarðinum. Í framhaldi af þessu voru umhverfisáhrif varnargarðanna könnun af Hönnun (2002). Einnig fór fram sérstök athugun í reiknilíkani á áhrifum garðanna á snjósöfnun í næsta nágrenni (NGI, 2002). Varnargarðarnir á Brún voru síðan hannaðir af Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen og reistir af Íslenskum aðalverktökum á árunum 2003 til 2005 (FSR, 2009). Varnargarðarnir eru alls 20 m háir með 10 m háu þverhníptu stáli efst en neðstu 10 m garðanna eru með jarðvegshalla (sjá mynd 5 og kort 2).

Síðan garðarnir voru reistir hefur verið fylgst með snjósöfnun á svæðinu ofan garðanna þegar snjóathugunarmenn hafa farið upp á Brún til mælinga á snjóflóðum og aflestrar á snjódýptarstikum. Í ljós hefur komið að mikill skafl myndast í framhaldi af leiðigarðinum í átt að þvergarðinum og getur snjódýpt þar orðið mjög mikil, eða um og yfir 10 m. Einnig setur mikinn snjó í brún þvergarsins og nær skafl sem þar myndast hátt upp á hið bratta stál sem myndar efstu 10 hæðarmetra garðsins (sjá mynd 2). Skaflinn við þvergarðinn er svo brattur að hann myndar í raun nýja bratta garðhlið og dregur því ekki úr virkri hæð garðsins. Að frátöldum þessum sköflum virðast



Mynd 5. Varnargarðar á Brún í Bjólfi. Þvergarður er fyrir miðri mynd og leiðigarður til hægri á myndinni. Báðir garðarnir eru 20 m háir með 10 m háu þverhníptu stáli efst. Ummerki eftir snjóflóð sem féll 5.–9. apríl 2006 og fór að hluta til yfir þvergarðinn sjást á bratta hluta garðsins. Fjær má sjá byggðina undir Botnabrún og innri hluta Strandartinds. (ljósmynd: Tómas Jóhannesson.)

garðarnir ekki hafa haft mikil áhrif til þess að auka snjósöfnun á Brún. Mesta snjódýpt vetrarins eftir byggingu garðanna hefur mælst á bilinu 2–4 m á þremur snjódýptarstikum á þessu svæði í nokkurri fjarlægð frá gördunum sem er svipað og áður en garðarnir voru reistir.

5 Hættumat

Við endurskoðun hættumatsins þarf að meta áhrif varnargarðanna á Brún til þess að draga úr hættu af völdum snjóflóða í byggðinni og ákveða jafnframt hvort ástæða er til þess að endurskoða að einhverju leyti þær forsendur sem lagðar voru til grundallar fyrra hættumati Veðurstofunnar (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

5.1 Tíðni snjóflóða

Eins og nefnt var í kafla um snjóflóðasögu liggja nú fyrir upplýsingar um fjölmörg snjóflóð sem fallið hafa úr Bjólfstindi og fram á Brún síðan á síðasta áratug síðustu aldar (sjá útlínur á korti 2). Snjóflóðin sem fallið hafa úr Bjólfstindi síðan fyrra hættumat var unnið benda til þess að tíðni snjóflóða úr miðju upptakasvæðinu ofan Brúnar, þar sem flóðin 2006 og 2008 áttu upptök, sé mun meiri en áður var miðað við, e.t.v. ~ 0.2 snjóflóð á ári niður fyrir rennslisstig 13 að meðaltali í stað ~ 0.05 á ári. Svo háa tíðni er erfitt að samræma byggðasögu á láglandi neðan Bjólfs þar sem búið hefur verið síðan á landnámsöld.

Tíðni flóða með rennslisstig yfir 15 í meginfarvegi mannskaðaflóðsins 1885 ætti samkvæmt ofansögðu að vera $F_{15} \sim 0.03$ á ári, þ.e. snjóflóð með skriðlengd sambærilega við megingtungu snjóflóðsins 1885, eins og hún er dregin á korti 2, ættu að falla á ~ 30 ára fresti. Snjóflóð sem ná yfir rennslisstig 16 ættu jafnframt að falla ca. einu sinni á öld en slíkt flóð næði yfir mikill hluta Öldunnar þar sem eldri hluti byggðarinnar á Seyðisfirði stendur. Það verður að teljast líklegt að snjóflóð með rennslisstig 16 eða stærra á þessum stað myndi valda mikilli eyðileggingu á bænum Firði, sem slapp naumlega við flóðið 1885, og líklegt er að slíks snjóflóðs væri getið í heimildum hefði það fallið eftir landnámsöld. Engum sögum fer hins vegar af slíku flóði. Líkurnar á því að tíu aldir líði án þess að snjóflóð með rennslisstig yfir 16 falli ef endurkomutími þess er um 100 ár eru minni en 1 á móti 10000 og um 0.035 ef endurkomutíminn er um 300 ár.

Samkvæmt þessu er ákveðið misræmi milli hinna tíðu meðalstóru snjóflóða úr Bjólfstindi, sem snjóflóðasaga nýliðinna áratuga gefur til kynna, og tíðni mun lengri flóða sem samrýmanleg er byggðasögu á láglandi undir fjallshlíðinni. Slíkt misræmi er reyndar ekki óþekkt í greiningu á tíðni snjóflóða í hættumati og er til marks um hversu örðugt tíðnimat út frá jafn fátæklegum gögnum og hér er við að miða óhjákvæmilega er. Sambærilegt vandamál hefur m.a. komið upp við hættumat vegna snjóflóða fyrir Bolungarvík (Kristján Ágústsson o.fl., 2002). Erfitt er að samræma byggðasöguna við Fjörð hærri tíðni snjóflóða sem ná rennslisstigi yfir 16 en samsvarar mörg hundruð ára endurkomutíma. Snjóflóðin úr Bjólfstindi gefa hins vegar til kynna hundruð ár sem stærðarþrep endurkomutímans fyrir slík flóð. Hér verður gengið út frá því að snjóflóð úr Bjólfstindi sem ná rennslisstigi yfir 16 séu með 300 ára endurkomutíma eða lengri en það samsvarar svipaðri tíðni snjóflóða og við var miðað í fyrra hættumati frá 2002. Óvissan við þetta tíðnimat er mikil og snjóflóð sem fallið hafa síðan 2002 hafa aukið við þessa óvissu og dregið fram innra misræmi í greiningu á tíðni snjóflóða á þessum stað úr hlíðum Bjólfsins. Þessi óvissa endurspeglar óvissu í hættumatinu sjálfu en að svo komnu máli er ekki talið tilefni til þess að breyta mati á snjóflóðahættu undir Bjólfi fyrir tilkomu varnargarðanna frá hættumatinu 2002.

Eins og rætt er í kafla um snjóflóðasögu benda snjóflóðin sem fallið hafa úr Bjólfstindi síðustu 10–20 ár eindregið til þess að upptakasvæðin ofan Brúnar séu hættulegustu upptakasvæði hlíðarinnar ofan íbúðarbyggðarinnar norðan ár á Seyðisfirði. Tíðni flóða úr þeim er e.t.v. stærðarþrepi meiri en úr upptakasvæðum neðan Brúnar, þ.m.t. Kálfabotni.

Þegar kemur inn fyrir mitt upptakasvæðið í Bjólfstindi, þar sem snjóflóðin 2006 og 2008 áttu upptök (sjá kort 2), dregur greinilega úr tíðni og skriðlengd snjóflóða niður á Brún. Snjóflóð með sambærilega skriðlengd má ætla að séu stærðarþrepi sjaldgæfari þar en úr miðri skálinni. Snjóflóð úr þessum innri hluta upptakasvæðisins ógna byggðinni innan við Fjörð, þ.m.t. Bakkahverfi, ef þau falla fram af stallinum. Upptakasvæði hlíðarinnar innan við Kálfabotn neðan Brúnar eru í meginatriðum opin eða lítillega kúpt og safna því minni snjó en Kálfabotninn. Þannig eru líkur á stórum snjóflóðum úr neðri hluta hlíðarinnar einnig minni en úr neðri hluta hlíðarinnar utan við Fjörð. Í hættumatinu frá 2002 var gert ráð fyrir að tíðni flóða úr hlíðinni innan við Fjörð væri stærðarþrepinu lægri en fyrir meginfarveginn utan Fjarðar og er ekki ástæða til þess að endurskoða það mat.

Eins og rætt var í kafla um snjóflóðasögu eru sagnir um að tunga úr snjóflóðinu 1885 hafi fallið innan við Fjörð og allt niður í Fjarðará (sjá tungu auðkennda með spurningarmerkjum á korti 2) en slík tunga er ekki að öllu leyti samrýmanleg byggðasögu á svæðinu (Sigurður Jónsson, 1996). Tvívíðir snjóflóðalíkanreikningar gefa ekki til kynna að meiri líkur séu á snjóflóðstungu á þessum stað en annars staðar á þessu svæði (Tómas Jóhannesson o.fl., 2002). Hins vegar benda heimildir, þ.m.t. þessar sagnir, til þess að innan Fjarðar hafi snjóflóð fallið niður á jafnsléttu og jafnvel langt niður á jafnsléttu einhvern tíma um eða fyrir aldamótin 1900. Þrátt fyrir þessar sagnir er rökrétt að gera ráð fyrir að tíðni snjóflóða sé miklu meiri í meginfarvegnum utan við Fjörð en úr hlíðinni þar innan við eins og gert var í hættumatinu frá 2002 og er það því einnig gert hér.

5.2 Áhrif varnargarðanna

Ekki er unnt að reikna með straumfræðilegum aðferðum hvaða áhrif varnargarðar hafa á flæði snjóflóða en fyrirbyggjandi eru ýmsar viðteknar forsendur sem notaðar eru við hættumat undir slíkum gördum (Tómas Jóhannesson o.fl., 2009). Oft er við það miðað að þvergarðar geti stöðvað snjóflóð á hraða sem er undir ákveðnum mörkum sem háð eru hæð garðsins og bratta efri hliðar hans (Margreth, 2004). Stærri flóð á meiri hraða geta farið að einhverju leyti yfir garðinn en gert er ráð fyrir að þau nái ekki eins langt og ella hefði verið án garðsins.

Þvergarðurinn á Brún er við þær óhagstæðu aðstæður að flóð sem ná að kastast yfir hann af nægilegu affli geta haldið áfram niður neðri hluta hlíðarinnar og gripið með sé snjó úr neðri upptakasvæðunum. Því er ekki víst að mikið dragi úr krafti öflugra snjóflóða sem flæða yfir garðinn þó þau skilji e.t.v. eftir á Brúninni einhvern flóðsnjó sem hefði haldið áfram niður hlíðina ef garðurinn hefði ekki orðið á vegi flóðsins.

Helstu forsendur sem notaðar eru í áhættumatinu sem hér er sett fram eru eftirfarandi:

1. Snjóflóðahætta undir Bjólfi, norðan og vestan Fjarðará, stafar að mestu leyti af flóðum sem eiga upptök í Bjólfstindi, ofan Brúnar. Slík flóð geta hleypt af stað snjó úr hlíðinni neðan Brúnar og aukið þannig mikið við massa sinn. Miðað er við að tíðni snjóflóða sem eiga upptök ofan Brúnar sé 3–10 sinnum meiri en flóða með sambærilega skriðlengd sem eiga upptök neðan Brúnar. Miðað er við að skriðlengdardreifing flóða sem eiga upptök ofan og neðan Brúnar sé að öðru leyti sambærileg.
2. Garður ofan Brúnar hefur engin áhrif á snjóflóðahættu af völdum flóða sem eiga upptök neðar í hlíðinni. Áhætta af völdum snævar neðan Brúnar sem bætist við flóð sem eiga

upptök í Bjólfstindi er talin með áhættu af völdum flóðanna ofan Brúnar. Skv. þessu mundi snjóflóðahætta í byggðinni minnka rúmlega 3–10 falt ef algerlega yrði komið í veg fyrir að flóð úr Bjólfstindi gætu flætt fram af Brún.

- Óraunhæft er að stöðva öll snjóflóð úr Bjólfstindi með þvergarði. Snjóflóð með rennslistig 14.5–15.0 eða hærra þurfti til þess að fara fram af Brún fyrir byggingu varnargarðanna. Brattur 20 m hár þvergarður er talinn geta stöðvað flóð sem eru á hraðanum 20–25 m/s þegar þau lenda á garðinum. Slík flóð kynnu að ná 1.5–2 rennslisstigum lengra en flóð sem stöðvast á Brún fyrir tilkomu varnargarðanna. Ofanefndur hraði slíkra flóða er í samræmi við tvívíða líkanreikninga af snjóflóðum úr þessum hluta hlíðarinnar. Stærri flóð munu að einhverju leyti fara yfir garðinn.
- Vænta má að þegar kemur niður á láglandi sé verulegur hluti af stórum flóðum sem eiga upptök í Bjólfstindi snjór sem flóðið hleypir af stað neðan Brúnar. Því er eðlilegt að miða við að garðurinn hafi ekki mikil áhrif á skriðlengd flóða sem eru mun stærri en flóð sem hann stöðvar. Þetta er frábrugðið þvergörðum sem reistir eru á láglandi skammt ofan byggðar. Þar er eðlilegt að gera ráð fyrir að garðurinn minnki skriðlengd mun stærri flóða en þeirra sem stöðvast að öllu leyti ofan hans. Hér er miðað við að garðurinn hafi ekki mikil áhrif á skriðlengd og eyðileggjarmátt flóða úr Bjólfstindi með rennslisstig sem eru meira en tveimur stigum umfram það sem þarf til þess að ná fram af stallinum. Hins vegar stöðvist flóð með lægra rennslisstigi eða flæði að svo litlu leyti yfir garðinn að þau valdi óverulegri áhættu í byggðinni eftir að garðurinn hefur verið reistur. Hér er að sjálfsögðu um grófa einföldun að ræða.
- Áhætta af völdum snjóflóða á ákveðnum stað í byggðinni er háð mörgum atriðum, þ.á.m. skriðlengdardreifingu flóðanna og dánarlíkum fólks sem í þeim lendir. Líta má svo á að áhættan byggist upp af mörgum flóðum sem ná mismunandi mikið lengra en staður sem er til skoðunar með mismunandi tíðni og dánarlíkum. Þannig er tíðni flóða sem rétt ná að staðnum tiltölulega há en hraði þeirra lítill þannig að dánarlíkur fólks, sem þar býr, eru lágar. Tíðni flóða sem fara langt fram hjá staðnum er mun lægri en hraði þeirra er hins vegar meiri þannig að dánarlíkur fólks, sem fyrir flóðunum verður, eru hærrí. Hér er miðað við að hlutfallslegt framlag flóða með mismunandi skriðlengd til áhættunnar sé u.þ.b. 0.375, 0.39, 0.156, 0.053, 0.018 og 0.008 fyrir skriðlengdarbilin 0–1, 1–2, 2–3, 3–4, 4–5 og >5 í rennslisstigum framhjá staðnum sem er til athugunar. Þessar tölur eru reiknaðar miðað við að dánarlíkur séu fall af hraða snjóflóðs með sama hætti og almennt er gengið út frá í hættumati á Veðurstofunni, hraði flóða er reiknaður á grundvelli eðlisfræði sem notuð er í PCM líkani á nokkurn veginn flötu landi með $\mu = 0.2 - 0.25$ og gert er ráð fyrir að bil milli rennslisstiga á svæðinu sé um 100 m (niðurstaðan er ekki mjög viðkvæm fyrir gildinu á μ). Þessar forsendur eru talsvert gróf nálgun, m.a. vegna þess að bil milli rennslisstiga er breytilegt á svæðinu, en vegna almennrar óvissu og annarra nálgana er þessi aðferðafræði notuð til einföldunar.

Forsendurnar sem taldar eru upp hér að ofan leiða til þeirrar niðurstöðu að áhætta í efsta hluta byggðarinnar nærri rennslisstigi 14–15 eftir byggingu garðs á Brún sé u.þ.b. $(f + 0.235)/(f + 1)R = (0.30-0.43)R$, þar sem R er áhætta fyrir byggingu garðsins og $f = 1/3-1/10$ er hlutfallsleg tíðni flóða sem eiga upptök neðan Brúnar miðað við flóð úr Bjólfstindi. Talan 0.235 í

formúlunni er framlag stórra flóða sem fara yfir garðinn án þess að mikið dragi úr eyðileggingarmætti þeirra til áhættunnar.

Neðar í byggðinni er hlutfallslega meira af áhættunni fyrir byggingu garðsins af völdum stórra flóða sem garðurinn hefur ekki mikil áhrif á. Einu rennslisstigi neðar minnkar áhættan þannig mun minna hlutfallslega en nærri rennslisstiginu sem þarf til þess að fara fram af brúninni fyrir tilkomu garðsins og verður u.þ.b. $(f + 0.64)/(f + 1)R = (0.67 - 0.73)R$, þar sem R er áhætta fyrir byggingu garðsins eins og áður.

Fjær fjallinu en tveimur rennslisstigum umfram það sem þarf til að flóð fari fram af stallinum fyrir tilkomu garðsins má ætla að garðurinn hafi lítil áhrif á áhættu að gefnum þeim forsendum sem taldar eru upp að ofan. Rökrétt er því að færsla hættumatslína sé mest næst fjallinu og minni eftir því sem fjær dregur hlíðinni.

Fyrrumrædd óvissa um virkni þvergarða gerir það að verkum að eðlilegast er að setja þessa niðurstöðu fram þannig að garðurinn minnki áhættu um rúmlega helming í efri hluta byggðarinnar undir Bjólfi. Vestan Fjarðar verður C-línan færð nær fjallinu um hálf til eitt bil á milli svæða í hættumatinu. Það svarar til að minnkun áhættu af völdum garðsins sé u.þ.b. í hlutfallinu $1/\sqrt{3} - 1/3$. Færsla B- og A-línanna verður minni en þetta og einnig C-línunnar á Öldunni austan Fjarðar en þar gæti óvissunnar um tíðni flóða úr aðalupptakasvæðinu ofan Brúnar mest.

Eins og lýst er í kafla um snjóflóðasögu fór snjóflóðið úr Bjólfstindi í apríl 2006 að hluta yfir þvergarðinn á Brún og skildi ekki mikinn flóðsnjó eftir ofan garðsins. Garðurinn virðist því ekki hafa haft mikil áhrif á flæði þessa flóðs. Nokkur dæmi eru um að snjóflóð hafi stokkið með þessum hætti yfir þvergarðinn á tilraunsvæði Norsku jarðtæknistofnunarinnar í Ryggfönn í Vestur-Noregi (Gauer and Kristensen, 2005). Ýmis dæmi eru hins vegar um að varnargarðar eða byggingar hafi breytt stefnu snjóflóða eða stöðvað þau að mestu eða öllu leyti og virðist það m.a. geta farið eftir gerð flóðsins (sjá t.d. umræðu í Tómas Jóhannesson o.fl., 2009). Hér er gengið út frá því að varnargarðurinn á Brún hafi áhrif á nægilega stóran hluta flóða úr Bjólfstindi til þess að það breyti hlutfallslegum fjölda flóða sem ná að falla af krafti fram af stallinum. Snjóflóðið á garðinn árið 2006 er hins vegar til marks um að mannvirki af þessum toga veita ekki fullkomið öryggi og þetta þarf að hafa í huga við skipulagningu viðbúnaðar og öryggisráðstafana þegar snjóflóðahætta kemur upp á Seyðisfirði í framtíðinni.

5.3 Endurskoðað hættumat

Endurskoðað hættumat er sýnt á korti 3. Álitamál er hvort færa eigi C-línuna upp fyrir bæinn Fjörð eða halda henni neðan bæjarins. Í hættumati er oftast reynt að draga hættumatslínur þannig að byggingar séu allar á tilteknu svæði en séu ekki skornar í sundur af jafnáhættulínum hættumatsins. Ákveðið var að draga C-línuna ofan við bæjarhúsins að Firði, m.a. í ljósi hryggjarins ofan bæjarins sem flóðið 1885 klotnaði á. Tvívíðir líkanreikningar (Tómas Jóhannesson o.fl., 2002) sýna að hryggurinn dregur mjög úr snjóflóðahættu á svæðinu þar sem bærinn stendur miðað við svæðin næst fyrir innan og utan og því er sveigjan á C-línunni upp fyrir bæinn talin réttlætunleg.

Óvissa

Óvissa í endurskoðaða hættumatinu neðan varnargarðanna á Brún er talin á bilinu 1–2 eins og víðast fyrir svæði neðan varnarvirkja. Sökum almennrar óvissu í hættumatinu fyrir tilkomu

garðanna og einnig vegna þess hvað snjóflóðaáðstæður í Bjólfinum eru flóknar er óvissan líklega nær 2 en 1.

6 Niðurstaða

Varnargarðar á Brún í Bjólfi draga úr líkum á því að snjóflóð úr Bjólfstindi steypist fram af stallinum í miðju fjallinu, hleypi af stað snjó úr hlíðinni neðan Brúnar og stöðvist ekki fyrir en niðri á jafnsléttu. Garðarnir hafa hins vegar ekki áhrif á snjóflóðahættu af völdum flóða sem eiga upptök neðar í hlíðinni, þ.m.t. í Kálfabotni. Óraunhæft er að stöðva stærstu snjóflóð sem geta átt upptök í Bjólfstindi með þvergarði á Brún. Varnargarðarnir draga mest úr áhættu af völdum snjóflóða sem eru nokkru stærri en þarf til þess að ná fram af Brún fyrir tilkomu garðanna en hafa lítil áhrif á hættu af völdu stærstu flóða. Með tilkomu garðanna færast C-línur í hættumati fyrir Seyðisfjörð víðast 40–80 m nær fjallinu, B-línur minna og A-lína sem afmarkar hættusvæðið með minnstri áhættu er ekki færð frá hættumatinu 2002.

Samkvæmt endurskoðaða hættumatinu er fjölbýlishús ofan Hamrabakka á hættusvæði C en fjölbýlishús neðan Hamrabakka, sem var á C-svæði skv. eldra hættumati, verður á B-svæði í endurskoðaða hættumatinu. Nokkur íbúðarhús og atvinnuhús á Öldunni færast einnig af C-svæði yfir á B-svæði, svo og bærinn Fjörður. Fimm íbúðarhús í Bakkahverfi og fjögur íbúðarhús og kirkjan á Öldunni færast jafnframt af B-svæði skv. eldra hættumati yfir á A-svæði.

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 varnarvirkja. Í sumum löndum Evrópu er hættumati neðan varnarvirkja ekki breytt eftir byggingu þeirra og takmarkanir á nýtingu landsvæða neðan varnarvirkja 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 mjög óvissu vegna fyrrnefndra takmarkana á skilningi á áhrifum varnarvirkja á flæði snjóflóða. Hættumat neðan varnarvirkja byggist að talsverðu leyti á huglægu mati sérfræðinga sem það vinna, en matið er einnig 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 óhjákvæmilega 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.

7 Heimildir

- Almannavarnir Ríkisins, Hönnun h.f. og Veðurstofa Íslands. 1986. *Seyðisfjörður. Snjóflóðakönnun 29.12.1985*. Skýrsla dags. febr. 1986.
- Almenna verkfræðistofan (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjólfur, frumathugun. Athugun á lausum jarðlögum*. (Höfundur Jón Skúlaason).
- Árni Stefánsson (eftir 1994). *Snjóflóð og skriðuföll í Seyðisfirði. Tekið saman af Árna Stefánssyni*.
- Árni Stefánsson (eftir 1988 en fyrir 1996). *Grjót og aurskriður í Seyðisfirði. Tekið saman af Árna Stefánssyni*.
- FSR (2009). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði*. Varnargarðar á Brún. Framkvæmdasýsla ríkisins, skilamat, dags. maí 2009.
- Gauer, P., og K. Kristensen (2005). *Avalanche Studies and Model Validation in Europe, SATSIE: Ryggfönn measurements. Overview and dam interaction* Oslo, Norwegian Geotechnical Institute, NGI Report 20021048-10.
- Gunnlaugur Jónasson (1975). *Skýrsla um snjóflóð og snjóflóðahættu á landsvæði Seyðisfjarðarkaupstaðar, samin að tilhlutan bæjarstjórans á Seyðisfirði, í janúar 1975*.
- Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson (1998). *Saga skriðufalla á Seyðisfirði. 1882–1997*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 98024.
- Haraldur Guðmundsson (1955). *Snjóflóðið mikla á Seyðisfirði þann 18. febrúar 1985. Ritað af Haraldi Guðmundssyni frá Firði þann 18. febrúar 1955*.
- Harpa Grímsdóttir (1997). *Byggingarár húsa á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97016.
- Hönnun og ráðgjöf (1999). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Bjólfssvæði. Frummat á umhverfisáhrifum*. (Höfundar Brynjólfur Björnsson, Kristín Ágústsdóttir og Jóhannes Pálsson).
- Hönnun (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Bjólfssvæði. Mat á umhverfisáhrifum*. (Höfundar Ari Benediksson o.fl.).
- Jarðfræðistofa ÁGVST (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjólfur, frumathugun. Jarðfræðithuganir 1997*. (Höfundur Ágúst Guðmundsson).
- Jón Gunnar Egilsson (1996). *Snjóflóð úr Bjólfinum á Seyðisfirði (Samantekt vegna sérhættumats fyrir nýbyggingu verslunar)*. Veðurstofa Íslands, minnisblað, dags. 20.12.1996.
- Kristján Ágústsson (1988). *Könnun á snjóflóðahættu á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg.
- Kristján Ágústsson (2002). *Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02009.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser og Þorsteinn Arnalds (2002). *Hazard Zoning for Bolungarvík*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02031.
- Kristján Jónasson (1997). *Nokkur samtöl vegna snjóflóðasögu Seyðisfjarðar*. Veðurstofa Íslands, minnisblað, dags. 13.8.1997.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds (1999). *Estimation of Avalanche Risk*. Veðurstofa Íslands, rit 99001.
- Kristján Jónasson og Trausti Jónsson (1997). *Fimmtíu ára snjódypt á Íslandi*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97025.
- Kristján Jónasson og Þorsteinn Arnalds (1997). *Pilot Hazard Zoning for Seyðisfjörður. IMO hazard zoning for the north side*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97035.
- Lied, K. og S. Bakkehøi (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *J. Glaciol.*, **26**(94), 165–177.
- Margreth, S. (2004). *Avalanche control structures*. Grenoble, course material presented at the

- Université Européenne d'Eté, session 2004, Courmayeur: "Avalanches: Risque, zonage et protections".
- NGI (1997). *Seyðisfjörður. Assessment of natural hazard zones*. Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla 974080-1. (Höfundar Karstein Lied og Ulrik Domaas).
- NGI (2002). *Seyðisfjörður. Wind-field and snowdrift assessment at Brún*. Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla 20021036-1. (Höfundur Peter Gauer).
- 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.
- Rapin, F. (2000). *Preliminary and complementary study on new technical advice about a better integration of snow avalanche protection measures integrated in the landscape in Seyðisfjörður*. Cemagref, Technical proposal ETNA N°2000-016.
- Sigrún Karlsdóttir (2002). *Veður í aðdraganda snjóflóðahrina á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02006.
- Sigurður Jónsson (1996). *Endurskoðun hættumats fyrir Seyðisfjörð. Breyting á aðalskipulagi 1978–1998 við Vesturveg*. Byggingarfulltrúinn á Seyðisfirði, greinarg. dags. 17.4.1996.
- SLF (1975). *Avalanche problems of Iceland. Analysis and recommendation for further action*. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, skýrsla G75.51 (Höfundur M. R. de Quervain).
- SLF (2001). *Seyðisfjörður. Iceland. Conditions for supporting structures in the Kálfabotn area*. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, skýrsla G2001.28 (Höfundur Stefan Margreth).
- Sven Sigurðsson, Kristján Jónasson og Þorsteinn Arnalds (1998). Transferring avalanches between paths. *Í: 25 years of snow avalanche research*. Publikation nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., s. 259–263, NGI, Osló.
- Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth og Frode Sandersen (1996). *Þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi. Yfirlit og mat á kostnaði*. Veðurstofa Íslands, rit 96003.
- 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*. Publikation nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., s. 43–52, NGI, Osló.
- Tómas Jóhannesson og Kristján Ágústsson (2002). *Hættumat vegna aurskriðna, grjóthruns, krapaflóða og aurblandaðra vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ/Kri-2002/01.
- Tómas Jóhannesson (2001). *Snow depth measurements in Kálfabotn in Seyðisfjörður and in Drangagil in Neskaupstaður 1997–2001*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2001/07.
- Tómas Jóhannesson (2002a). *Snow depth measurements on and near the shelf at Brún in Bjólfur in Seyðisfjörður 1997–2001*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2002/02.
- Tómas Jóhannesson (2002b). *Áhrif varnargarðs í 650 m h.y.s. á Brún í Bjólfi á Seyðisfirði á legu hættumatslína*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2002/03.

- Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Arnalds og Leah Tracy (2002). *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Seyðisfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02008.
- Tómas Jóhannesson, Peter Gauer, Dieter Issler og Karstein Lied (ritstj.) (2009). *The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments*. European Communities, Brussel.
- Trausti Jónsson (1998). *Hlutfallslíkur snjóflóðaátta á Vestfjörðum og Austfjörðum*. Veðurstofa Íslands, greinarg. G98013.
- 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*).
- VA og NGI (1998). *Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjólfur area*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-9807, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-970479-1. (Höfundar Sigurjón Hauksson og Karstein Lied authors).
- VA og NGI (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Aldan og Bakkahverfi. Frumathugun. Áfangaskýrsla*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-0156, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-20021036. (Höfundar Sigurjón Hauksson og Karstein Lied).
- VA og NGI (2003). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Aldan og Bakkahverfi. Frumathugun*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-0156, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-20021036. (Höfundar Sigurjón Hauksson og Karstein Lied).
- VS (1986). *Útreikningur á hraða og skriðlengd snjóflóða. Þróun reiknilíkans fyrir tölvu. Samanburður við þekkt snjóflóð. Tillögur um reikniadferðir*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. (Höfundur Þorsteinn Jóhannesson).
- VS (1989). *Seyðisfjörður. Hættumat vegna snjóflóða*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. (Höfundur Þorsteinn Jóhannesson).
- VS og VA (1992). *Seyðisfjarðarkaupstaður. Varnargarður vegna snjóflóða. I. áfangi — hafnar-svæði. Frumáætlun*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. og Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla.
- VÍ (1996, endurútg. 2007). *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Seyðisfjörð*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96009/07025.
- Þorsteinn Arnalds (2001). *Tilraunahættumat fyrir Seyðisfjörð. Yfirlit norðurhlíðar*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 01008.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauer Moser og Harpa Grímsdóttir (2001). *Hazard zoning for Neskaupstaður — Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 01010.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauer Moser, Tómas Jóhannesson og Esther H. Jensen (2002). *Hazard zoning for Seyðisfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02010.
- Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson (1999). *Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðarkaupstað*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 99003.
- WLV (1997). *Hazard zone plan. Seyðisfjörður north*. Austrian Foresttechnical Service in Torrent and Avalanche Control, Austurríki. (Höfundur Siegfried Sauer Moser).

Viðaukar

I Tæknileg hugtök og skilgreiningar

α -horn: Sjónarhorn frá stöðvunarstað snjóflóðs upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 6).

β -horn: Sjónarhorn frá stað í snjóflóðafarvegi þar sem landhalli er 10° upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 6).

α/β -líkan: Staðfræðilegt líkan notað til þess að spá fyrir um úthlaupslengd snjóflóða og til þess að færa snjóflóð á milli farvega. Líkanið notar β -horn til þess að spá fyrir um α -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

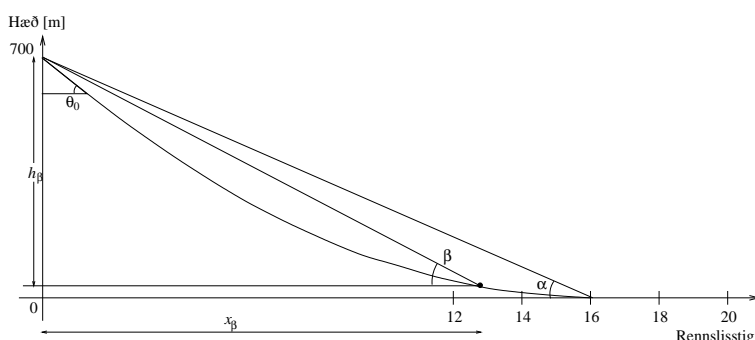
$$\alpha = 0.85 \cdot \beta, \quad \sigma = 2.2^\circ$$

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

PCM-líkan: Einvítt eðlisfræðilíkan notað til þess að líkja eftir flæði snjóflóða. Líkanið hefur tvo stuðla, μ , 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 reiknuð 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 hærra eða jafnt r_0 . Gildið F_{13} er mest notað, þ.e. tíðni í rennslisstigi $r_0 = 13$.



Mynd 6. Staðalbrekka. α -hornið er væntigildi úthlaupshorns snjóflóðs samkvæmt α/β -líkani.

II Snjóflóð

Í viðauka þessum er að finna upplýsingar um snjóflóð sem fallið hafa úr hlíðum Bjólfs síðan hættumat fyrir Seyðisfjörð var unnið árið 2002. Svæðið sem um er að ræða nær frá Skaga, nokkru innan við þéttbýlið, og út að Nautabás, sem er utan við byggðina að austanverðu. Staðsetning margra snjóflóðanna er sýnd á korti 2. Upplýsingarnar eru úr ofanflóðagagnasafni Veðurstofu Íslands. Númer fremst í færslum eru einkvæm númer viðkomandi snjóflóðs í ofanflóðagagnasafninu.

Númer: 4136 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Jókugil

Tími: 1.2.2002

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
Teiknað inn á 1:5000 kort.

Lýsing: Stærðarfl.: 2 Lengd: 350 m

Upptök: Hæð yfir sjó: 425 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 180 m

Númer: 4135 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar

Tími: 6.2.2002

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
GPS-mæling.

Lýsing: Stærðarfl.: 1.5 Lengd: 300 m

Upptök: Hæð yfir sjó: 860 m Breidd: 15 m

Fallbraut: Breidd: Minnst: 15 m Efst: 15 m Neðst: 15 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 690 m

Þykkt: Meðaltal: 0.3 m Mest: 0.4 m

Meðalbreidd: 20 m

Braut: sebj31ba, rst = 8.1.

Athugasemdir: Þetta eru tvær spýjur sem sáust 7.2.'02. Mjög svipaðar að stærð. Skráðar tölur gilda um hvora fyrir sig.

Númer: 4139 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bræðraborg

Tími: 13.2.2002, Sást þ. 14.2.

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. Kort 1:2000 og loftmynd með útlínum.

Lýsing: Stærðarfl.: 2 Lengd: 530 m

Upptök: Hæð yfir sjó: 460 m Breidd: 60 m

Upplýsingar lesnar af korti.

Fallbraut: Breidd: Minnst: 20 m Efst: 60 m Neðst: 20 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 110 m

Meðalbreidd: 30 m

Athugasemdir: Upplýsingar um flóðið koma fram á skýrslu um flóð # 4137. Allar almennar upplýsingar um flóðið eru teknar úr þeirri skýrslu. Flóðið er teiknað inn á kort og myndir sem fylgja þeirri skýrslu.

Númer: 4138 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Liverpool

Tími: 13.2.2002, Sást þ. 14.2.

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. Kort 1:2000 og loftmynd með útlínunum.

Lýsing: Stærðarfl.: 2 Lengd: 530 m

Upptök: Hæð yfir sjó: 440 m Breidd: 80 m

Upplýsingar lesnar af korti.

Fallbraut: Breidd: Minnst: 40 m Efst: 80 m Neðst: 40 m

Tunga: Meðalbreidd: 30 m

Athugasemdir: Upplýsingar um flóðið koma fram á skýrslu um flóð # 4137. Allar almennar upplýsingar um flóðið eru teknar úr þeirri skýrslu. Flóðið er teiknað inn á kort og myndir sem fylgja þeirri skýrslu.

Númer: 4137 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Kálfabotn

Tími: 13.2.2002, Sást þ. 14.2.

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. Kort 1:2000 og útlínur teiknaðar á loftmynd.

Lýsing: Stærðarfl.: 2 Lengd: 390 m

Upptök: Hæð yfir sjó: 620 m Breidd: 120 m

Þykkt brotlínu: Meðaltal: 0.5 m Mest: 0.7 m

Fallbraut: Breidd: Minnst: 15 m Efst: 120 m Neðst: 15 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 50 m

Flóðið fór aðeins niður fyrir neðstu kletta.

Athugasemdir: Það féllu lítil flóð utan við þetta flóð. Teiknuð með rauðu á meðfylgjandi korti. Skráð í gagnasafnið sem flóð # 4138 og # 4139.

Númer: 4142 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar

Tími: 5–9.4.2006

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. GPS-mæling. Gryfja.

Lýsing: Stærðarfl.: 3.5

Upptök: Hæð yfir sjó: 900 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 650 m

Þykkt: Meðaltal: 0.75 m Mest: 1.6 m

Meðalbreidd: 80 m Lengd: 300 m Rúmmál: 13000 m³

Flóðið lenti á varnargarðinum á Brún og hluti flóðtungunnar (nokkur hundruð m³) kastaðist yfir varnargarðinn og stöðvast á brúninni ofan við Kálfabotn. Þétt kögladreif kastaðist fram af brúninni og þakti meirihluta botnsins.

Braut: sebj31ba, rst > 14.8.

Athugasemdir: Allstórt snjóflóð féll úr Bjólfstindi á tímabilinu 5.–9. apríl 2006. Flóðið sást fyrst þann 9. apríl og hefur líklegast fallið einhvern næstu daga á þar undan.

Flóðið féll að hluta yfir varnargarðinn á Brún. Tunga flóðsins ofan garðsins var um 1 m að þykkt og ekki var að sjá að hún væri sem neinu nam þykkari við garðinn en fjær honum. Næst garðinum þar sem flóðið fæddi yfir hann lá tungan ofan á 1–3 m þykkum skafli (mælt þvert á land) sem þakti neðri hluta garðsins upp í allt að 15 m hæð yfir landinu við garðfótinn. Tungan sem yfir garðinn fór var u.þ.b. 60 m breið og samanstóð af snjókögglum af mismunandi stærð og náði hún niður undir brúnina þar sem landi hallar niður í Kálfabotn. Kögglar úr flóðinu dreifðust niður allan Kálfabotn en samfelld tunga náði ekki niður í botninn og ekkert snjóflóð fór af stað úr botninum. Snjóflóðstungan á bakhlið garðsins var u.þ.b. 120 m löng í flóðstefnuna og e.t.v. 10–30 cm þykk frá ca. 10 m neðan garðtoppsins og niður undir Kálfabotnsbrúnina. Engan flóðsnjó var hins vegar að sjá á um 5–10 m svæði næst garðtoppinum, sem kann að hafa stafað af því að flóðið hafi stokkið yfir þetta svæði án þess að skilja neitt eftir en gæti einnig stafað af því að vindur hafi hreinsað flóðsnjóinn af efsta hluta garðsins.

Flóðið hefði líklega farið lengra ef það hefði ekki lent á varnargarðinum og er því rennslisstig þess skráð sem lágmark (þ.e. flóðið hefði líklega farið lengra en útlínan sýnir ef garðurinn hefði ekki komið til).

Númer: 4143 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar

Tími: 5–9.4.2006

Skráning: Útlína: Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. GPS-mæling. Ljósmyndir í myndasafni innra nets V.Í.

Lýsing: Stærðarfl.: 2

Braut: sebj36aa, rst = 10.6.

Athugasemdir: Snjóflóð féll í Bjólfstindi um svipað leyti og flóð nr. 4042. Flóðið var minna og nokkru innar á stallinum ofan Brúnar en flóð 4042.

Númer: 4148 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar

Tími: 27–29.11.2006

Skráning: Staðs. á korti

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Upptök: Emil Tómasson sagði brotstálið vera „myndarlegt“.

Braut: sebj31ba, rst = 12.5.

Athugasemdir: Emil Tómasson sá myndarlegt brotstál ofarlega í Bjólfinum, ofan við varnargarðinn, þegar birti til þann 29. nóvember. Emil telur að flóðið hafi fallið í kjölfar mikillar rigningar aðfaranótt 28. nóvember.

Númer: 4177 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bjólfsöxl

Tími: 15.2.2007, 16

Skráning: Staðs. á korti

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Upptök: Um 600 m y.s. utan við Kálfabotn.

Tunga: Í hlíðinni.

Athugasemdir: Flóðið var þunnt en svo virðist sem blautur og þungur snjórinn neðantil í fjöllum dragi úr mætti flóðanna og þau stöðvist ofar en ella.

Númer: 4159 **Tegund:** Vott flekahlaup

Staðsetning: Bakkar. Skagi innan Jókugils.

Tími: 6.2.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
GPS-mæling.

Lýsing: Stærðarfl.: 3 Mælt úthl.horn (α): 33°

Athugasemdir: Flóðið fór niður fjögur gil og kom út sem fjórar megin flóðtungur. Fremsti hluti flóðtungunnar myndaði einskonar „garð“ sem var 2–3 metra breiður, 1.5 metri á hæð og 150–200 metra langur.

Númer: 4156 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar

Tími: 9.2.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
GPS-mæling.

Lýsing: Stærðarfl.: 4 Mælt úthl.horn (α): 19°

Upptök: Hæð yfir sjó: 800 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 600 m

Meðalbreidd: 120 m Mesta breidd: 135 m

Braut: sebj31ba, rst = 14.3.

Veður: Gagnheiði 8. febrúar var S og SA áttir um –6 gráður en fór í 0 gráður aðfaranótt 9. feb. kl. 03:00. Í Kálfabotni fór hitinn úr 0 gráðum í 4.8 gráður kl. 05:00.

Athugasemdir: Flóðtungan kom að hluta upp að varnargarðinum og úthlaupshornið er mælt þar.

Númer: 4167 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bjólfur

Tími: 12.3.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Ónákvæm **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Stærðarfl.: 1

Upptök: Hæð yfir sjó: 400 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 200 m

 Flóðin stöðvuðust nærri klettabeltinu í um 200 m hæð.

Veður: Sjá flóð nr. 123.

Athugasemdir: Neðri hlíð Bjólfs var þakin snjóflóðaspýjum sem féllu á svipuðum tíma og snjóflóð úr Strandartindi (flóð nr. 123).

Númer: 4165 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfsöxl

Tími: 12.3.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Stærðarfl.: 2

Upptök: Hæð yfir sjó: 470 m

Tunga: Hæð yfir sjó: 210 m

 Á milli aurkeilna ofan við Nautabás.

Veður: Sjá flóð nr. 123.

Athugasemdir: Tvö snjóflóð féllu úr ysta klettagili í Bjólfi sem á svipuðum tíma og snjóflóð úr Strandartindi.

Númer: 4168 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Fálkagil

Tími: 12.3.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Stærðarfl.: 1

Tunga: Hæð yfir sjó: 300 m

Veður: Sjá flóð nr. 123.

Athugasemdir: Önnur lítil tunga féll skammt utan gilsins og var skráð á sama númer.

Númer: 4169 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfsöxl

Tími: 4/5.4.2008

Skýrslu skráði: Sveinn Brynjólfsson **Teg. skýrslu:** 10 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Heimildir: Emil Tómasson.

Lýsing: Stærðarfl.: 2

Upptök: Hæð yfir sjó: 480 m

Ysta klettagil í Raðarflugi í Bjólfi ofan við Nautabás.

Tunga: Hæð yfir sjó: 120 m

Í Neðstuklettum.

Veður: Sjá flóð nr. 4151.

Númer: 4180 **Tegund:** Snjóflóð

Staðsetning: Bakkar. Í skýrslunni er líka eitt lítið flóð úr Bjólfstindi.

Tími: 23.12.2008

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 1

Veður: Á stöðinni á Seyðisfirði var NV vindur og -2.2 gráðu hiti um kl. 09:00 þann 22. des. og kl. 05:00 þann 23. des. var VSV vindur og 10.7 gráðu hiti. Um 5 mm úrkoma féll á þessum tíma.

Athugasemdir: Tvö lítil flóð féllu í Bjólfi og eitt í Bjólfstindi. Um kl 22:00 þann 22. des., sást engin hreyfing.

Númer: 4190 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfsöxl. Ofan Hafsíldar, innan við öxlina.

Tími: 25.2.2009

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 3

Tunga: Flóðin stöðvuðust í miðri hlíð.

Veður: Á tímabilinu 00:00 til 18:00 þann 25.02.2009 mældist úrkoma 12 mm á stöðinni á Seyðisfirði, vindáttin var ANA og vindhraði frá 6 m/s til 12 m/s. Hitinn var -0.2 gráður um miðnætti og fór í -2.7 gráður kl. 18:00. Snjódýpt í Kálfabotni var 29 cm á þessum tíma. Á Gagnheiði var A-átt frá miðnætti og fram undir morgun. Vindur snerist í ANA síðan í NA. Vindur fór í 22 m/s um nóttina, en lægði smá saman er leið á daginn. Hiti var -3.0 gráður á miðnætti og fór í -6.0 gráður kl. 18:00. Á Hánefstöðum var sólarhringsúrkoma 48.6 mm og snjódýpt 35 cm.

Athugasemdir: Tvö þurr flóð féllu í Bjólfi, stærðarflokkar: 1.5 og 4.0. Flóðin sáust um kl. 18:00.

Númer: 4188 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfsöxl

Tími: 8.3.2009

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Örugg **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 1

Veður: Á stöðinni á Seyðisfirði var V-átt fram á miðjan dag þann 3.3. en vindur sneri sér síðan í NA- og NV-áttir. Úrkoma var 20 mm frá kl:12:00 þann 7.3. til 24:00 þann 8.3. Hiti fór úr -4 í 0 gráður um miðjan dag þann 7.3. Síðan hlýnaði upp í 3 gráður um miðnætti og kólnaði aftur niður í 0 gráður 8.3. Á stöðinni í Kálfabotni hækkaði snjódýpt um rúma 30 cm frá kl 24:00 þann 7.3. til kl. 24:00 þann 8.3.

Athugasemdir: Þessi flóð sáust ekki seinni partinn þann 8.3. en sáust vel í bjartviðrinu daginn eftir.

Eitt flóðanna féll í næsta farvegi innan við (Bræðaborgarfarvegi) en er haft hér með til einföldunar.

— — — — —

Númer: 4193 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar. Við ytri enda Brúnarinnar.

Tími: 4.4.2010, 12:00

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
GPS-mæling.

Tjón: Flóðið fór yfir snjóstiku án þess að fella hana.

Lýsing: Stærðarfl.: 2.5 Mælt úthl.horn (α): 34°

Upptök: Þegar E.T. sá þetta flóð voru engin ummerki í upptökum.

Braut: sebj40aa, rst = 10.4.

Veður: Vindur hafði verið af norðri í rúman hálfan mánuð þegar flóðið féll. Á Gagnheiði var vindur af vestri um miðjan dag þann 2.4. og vindhraði um 10 m/s. Eins var það á stöðinni á Seyðisfirði nema með heldur minni vindi. Á Gagnheiði var þ. 3.4. V-átt og síðan SV-átt og hlýnaði lítilega. Sunnudaginn 4.4. var V-átt og fór síðan í S-átt. Seinni part dagsins hlýnaði skarpt, út -11 niður í -4 gáður. Mánudaginn 5.4. var A-átt og þá fór hiti upp í 0 gráður og vindur í 30 m/sek.

Athugasemdir: E.T. sá þetta flóð þegar hann fór upp í Bjólf að lesa af stikum þar. Tungan var mjög greinileg að ofanverðu en ekki eins skýr að framan. Í upptökum sáust engin ummerki. Flóðið virðist hafa farið á tvær snjóflóðastangir og standa þær báðar. Ekki er ljóst hvenær flóðið féll, en af mynd af Bjólfinum sem tekin var um miðjan dag 2. apr. sést að flóðið er ekki fallið þá.

— — — — —

Númer: 4194 **Tegund:** Þurrt flekahlaup

Staðsetning: Bjólfsöxl

Tími: 6.4.2010, 09:00

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 1 **Útlína:** Mæld **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.
GPS-mæling.

Lýsing: Stærðarfl.: 1.5

Upptök: Þykkt brotlínu: Meðaltal: 2 m

Flóðið byrjaði í ca. 800 metra hæð.

Tunga: Tungan var að mestu uppi á hjallanum utan við varnargarðinn. Í tungunni var þykkt flóðsnjósins ca. 20–30 cm. Flóðið stöðvaðisti mest á hjallanum en sumt var komið niður á brún eins og sést á myndum merktum e og f. Ysti hluti flóðsins sem er ofan við gilið fór alveg þar niður. Neðan kletta setti flóðið af stað meiri snjó eins og sést á myndum a og b. Fyrir utan þessa tungu er annað flóð.

Veður: Sjá flóð nr. 4193.

Athugasemdir: Þetta flóð var yfirborðsflóð sem féll eftir 30 mm úrkomu sem byrjaði 16 tímum áður. Flóðtungur í næsta farvegi fyrir innan fylgja með á þessu sama númeri.

— — — — —

Númer: 50075 **Tegund:** Krapaflóð

Staðsetning: Bjólfur

Tími: 26.12.2010, 09:00–16:00

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 1

Veður: A-átt með 50 mm úrkomu frá miðnætti til kl 16:00. Hiti um 5–6 gráður.

Athugasemdir: Krapaspýjur féllu norðanmegin í Seyðisfirði. Spýja nr. 3 féll við Króarhygg innan við gamla sláturhúsið um kl. 12:30. Nr. 4 féll utan við Króarhygg og utan við rimlahlið um kl. 12:30. Nr. 5 féll kl. 16:00 ofan Hafsíldar þar sem svartolíutankur var áður fyrir.

— — — — —

Númer: 50161 **Tegund:** Lausasnjóflóð

Staðsetning: Bjólfstindur, ofan Brúnar. Bjólfstindur.

Tími: 22.2.2011, +/- 2 tímar

Skýrslu skráði: Emil Tómasson **Teg. skýrslu:** 10 **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 1.5

Upptök: Hæð yfir sjó: 900 m

Orsök: Nýsnævi, hiti og sólskin.

Veður: Þann 21.2. voru A-lægar áttir. Veðurstöðin á Gagnheiði var biluð. 6 mm úrkoma mældist á Seyðisfirði. Hiti í Kálfabotni var um 0 gráður svo snjóað hefur þar fyrir ofan. Um kl. 08:00 var –2 gráðu hiti í Kálfabotni en um hádegi fór í hitinn í 5 gráður. Sólskin var á þessum tíma.

Athugasemdir: Mörg nýsnævisflóð féllu úr klettum.

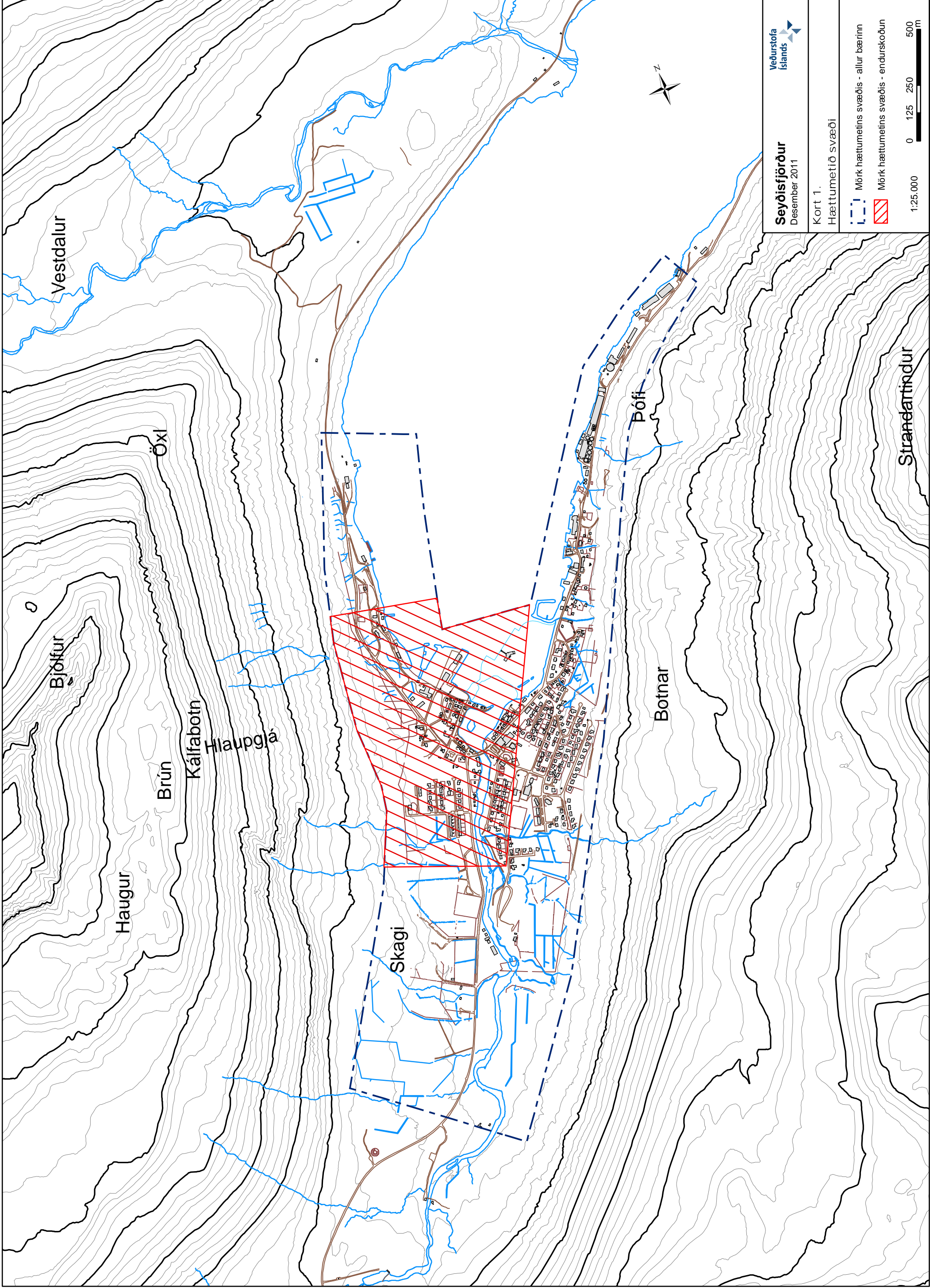
III Kort

Kort 1. Yfirlitskort af Seyðisfirði með mörkum hættumetins svæðis (A4, 1:25 000). Svæðið þar sem hættumat Veðurstofunnar frá 2002 er endurskoðað nú er afmarkað sérstaklega. Utan þessa svæðis er hættumatið frá 2002 óbreytt.

Kort 2. Útlínur skráðra ofanflóða úr Bjólfi og nærliggjandi hlíðum (A3, 1:7 500). Snjóflóð sem fallið hafa síðan 2002 eru dregin með sérstökum lit til aðgreiningar. Upptakasvæði sem afmörkuð voru í hættumati Veðurstofunnar frá 2002 (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) eru sýnd með númeruðum flákum.

Kort 3. Hættumat (A3, 1:7 500). Kortið sýnir bæði fyrra hættumat frá 2002 (slitnar línur) og endurskoðaða matið (heildregnar línur).

Varnargarðarnir á Brún hafa ekki verið kortlagðir af nákvæmni eftir að þeir voru fullbyggðir en þeir voru mældir með leysimælingu úr flugvél sumarið 2011. Lögun garðanna á kortunum er byggð á landmælingum eftirlitsaðila meðan á framkvæmdum stoð og leiðrétt með ýmsum gögnum og kann því að einhverju að skeika um nákvæma staðsetningu hæðarlína.



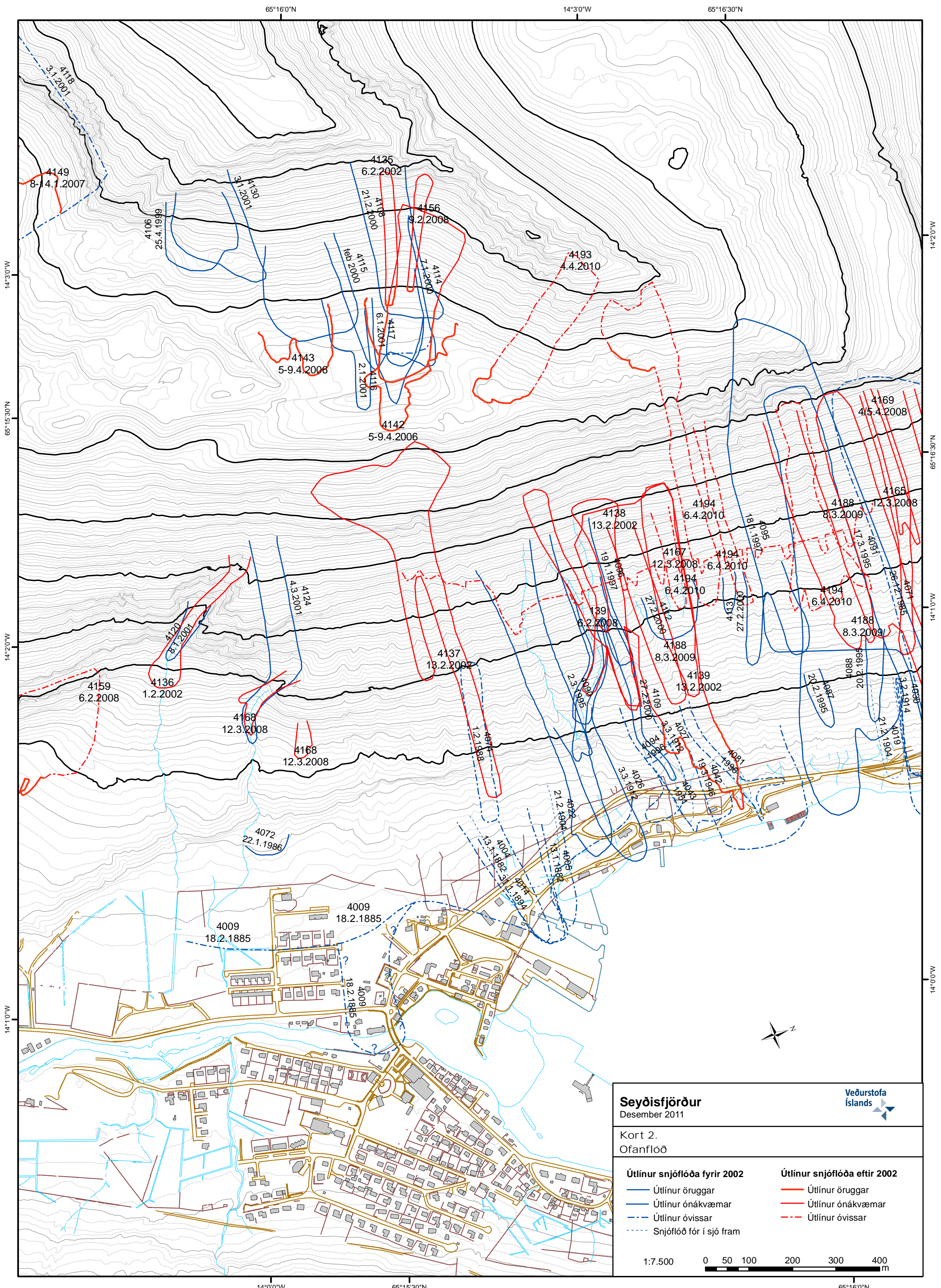
Seyðisfjörður
Desember 2011



Kort 1.
Hættumetið svæði

- Mörk hættumetins svæðis - allur bærin
- Mörk hættumetins svæðis - endurskoðun

1:25.000
0 125 250 500 m



Seyðisfjörður
Desember 2011

Kort 2.
Ofanflóð

Veðurstofa Íslands

Útlínur snjófloða fyrir 2002	Útlínur snjófloða eftir 2002
— Útlínur öruggar	— Útlínur öruggar
— Útlínur ónákvæmar	— Útlínur ónákvæmar
- - - Útlínur óvissar	- - - Útlínur óvissar
· · · · · Snjófloð fór í sjó fram	

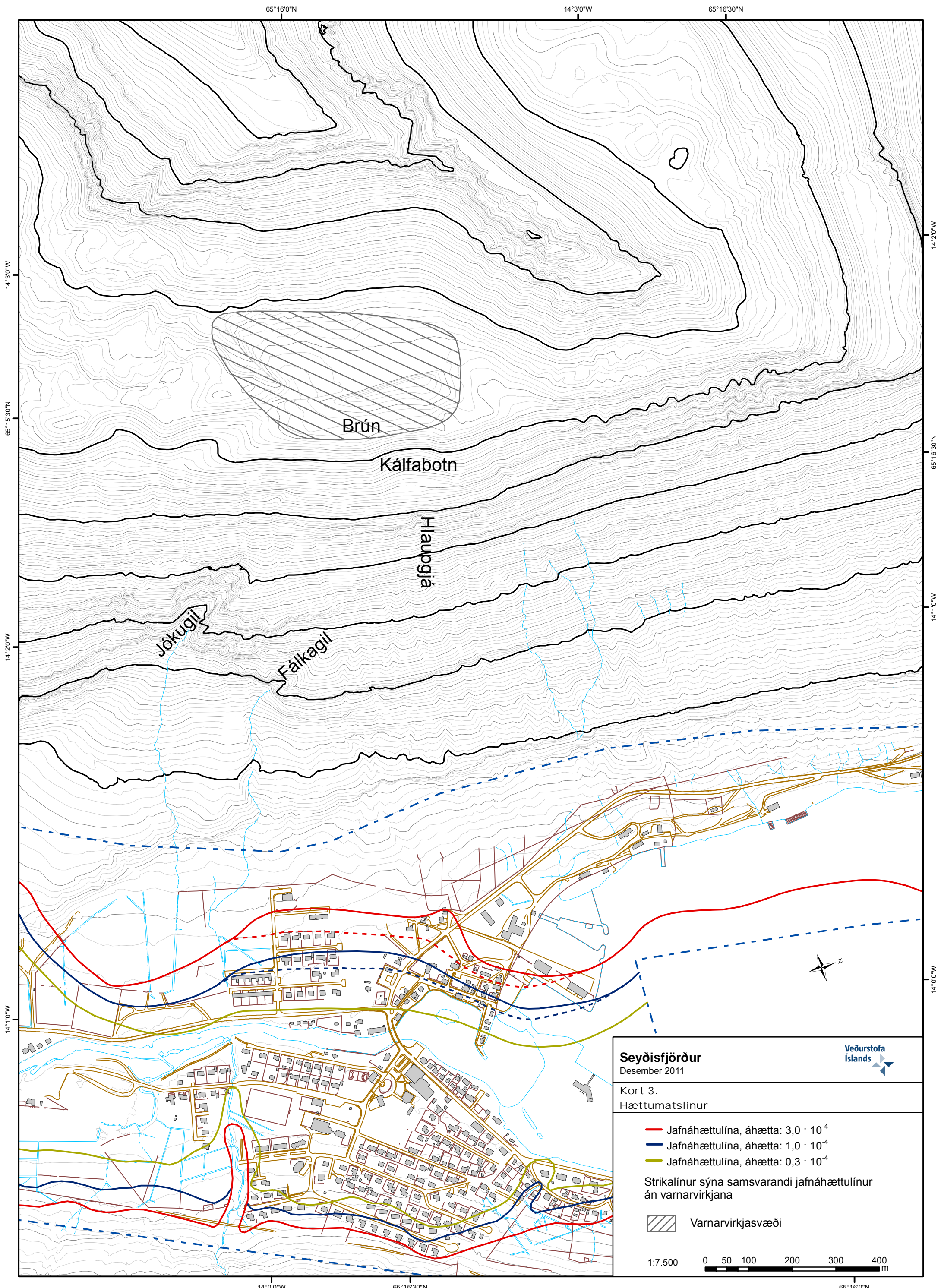
1:7.500 0 50 100 200 300 400 m

65°16'0"N
65°15'30"N
65°15'0"N
65°14'30"N
65°14'0"N

14°30'W
14°20'W
14°10'W

65°16'0"N 14°30'W 65°16'30"N

14°00'W 65°15'30"N 65°16'0"N



65°16'0"N

14°3'0"W

65°16'30"N

14°3'0"W

65°15'30"N

14°2'0"W

14°1'0"W

14°2'0"W

65°16'30"N

14°1'0"W

14°0'0"W

14°0'0"W

65°15'30"N

65°16'0"N

Seyðisfjörður
Desember 2011



Kort 3.
Hættumatslínur

- Jafnähættulína, áhætta: $3,0 \cdot 10^{-4}$
- Jafnähættulína, áhætta: $1,0 \cdot 10^{-4}$
- Jafnähættulína, áhætta: $0,3 \cdot 10^{-4}$

Strikalínur sýna samsvarandi jafnähættulínur án varnavirkjana

Varnarvirkjasvæði

