

Þorsteinn Arnalds  
Siegfried Sauermoser  
Tómas Jóhannesson  
Esther Jensen

## Hazard zoning for Seyðisfjörður

# **Mat á hættu vegna ofanflóða á Seyðisfirði**

**Greinargerð með tillögu að hættumatskorti**

Hættumatsnefnd Seyðisfjarðarkaupstaðar

20. mars 2002

## Inngangur

Með bréfi dags. 27. febrúar 2001 skipaði umhverfisráðuneytið Snjólf Ólafsson (formann), Gunnar Guðna Tómasson, Ólaf H. Sigurðsson og Sigurð Jónsson í hættumatsnefnd Seyðisfjarðarkaupstaðar. Var nefndin skipuð í samræmi við 3. gr. reglugerðar 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats.

Í samræmi við 6. grein reglugerðarinnar er hættumat unnið af Veðurstofu Íslands. Hlutverk hættumatsnefndar er að stýra gerð hættumats, ákveða í samráði við sveitarstjórn til hvaða svæða hættumat skuli ná, taka við og meta athugasemdir frá aðilum sem málið snertir, kynna tillögur að hættumati þegar þær berast frá Veðurstofu Íslands og ganga frá tillögum að hættumati til staðfestingar ráðherra. Hættumat skal sett fram á korti þar sem hættusvæði eru afmörkuð og í greinargerð eins og hér er gert.

Nefndin fékk til umfjöllunar niðurstöður Veðurstofu Íslands sem unnið hefur að hættumati fyrir Seyðisfjörð frá árinu 2000. Um niðurstöðurnar var fjallað í nefndinni og hefur nefndin nú samþykkt þær sem tillögu sína að hættumati fyrir þann hluta Seyðisfjarðarkaupstaðar sem um er fjallað og er tillagan lögð fram til kynningar sbr. 5. gr. framannefndrar reglugerðar. Niðurstöðum Veðurstofunnar er lýst í sérstakri skýrslu (Þorsteinn Arnalds o.fl. 2002). Hér á eftir er ágríp af þeim niðurstöðum og er heimilda sjaldnast getið, en þeim sem vilja kynna sér málið nánar er bent á skýrslu Veðurstofunnar, auk lista yfir ítarefni sem birtist aftast í þessari skýrslu.

Nefndin hefur haldið 5 bókaða fundi.

- 10. apríl 2001. Rætt var um starf nefndarinnar og Veðurstofu Íslands. Fulltrúi Veðurstofunnar gerði grein fyrir stöðu vinnu við hættumat fyrir Seyðisfjarðarkaupstað. Stuðst er við sama vinnulag við hættumat fyrir Seyðisfjörð og fyrir Neskaupstað og Siglufjörð. Tvennt er þó frábrugðið. Annars vegar að árið 1997 var gert tilraunahættumat fyrir Seyðisfjörð með þremur mismunandi aðferðum og verður byggt á því auk hefðbundinna aðferða. Hins vegar stafar mikil hætta af aurskriðum, grjóthruni og krapaflóðum í suðurhluta Seyðisfjarðar og er þróun aðferðafræði við mat á slíkri hættu ekki lokið.
- 9. maí 2001. Skoðunarferð var farin um upptakasvæði snjóflóða í Bjólfinum og um Seyðisfjörð. Hættumatskort frá 1991 og tilraunahættumat frá 1998 voru skoðuð. Farið var yfir vinnu Veðurstofunnar við hættumat.
- 4. október 2001. Farið var yfir niðurstöður tvívíðra líkanreikninga með austurrísku snjóflóðalíkani og áhrif þeirra á hættulínur. Greint var frá stöðunni varðandi þróun vinnulags við mat á hættu vegna aurskriðna, grjóthruns og krapaflóða.
- 2. nóvember 2001. Drög að legu hættulína voru lögð fram, kynnt og rædd.
- 24. janúar 2002. Samþykkt var að leggja nýjustu tillögur Veðurstofu Íslands að hættumati fram sem tillögur nefndarinnar til kynningar, fyrst fyrir bæjarstjórn og síðan á opnum kynningarfundum.

Auk þessa hefur nefndin eða hluti hennar og sérfræðingar Veðurstofu Íslands hist óformlega nokkrum sinnum.

## Forsendur hættumats

Í lögum 49/1997 um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum er mælt fyrir um að „meta skuli hættu á ofanflóðum í þeim sveitarfélögum þar sem ofanflóð hafa fallið á byggð eða nærri henni eða hætta er talin á slíku.“ Í reglugerð 505/2000 er nánar fjallað um matið, hvernig að því skuli staðið og á hverju það skuli byggja. Í reglugerðinni kemur fram að í hættumatinu felist mat á *áhættu*. Miðað er við svokallaða *staðaráhættu*, sem er skilgreind sem árlegar dánarlíkur einstaklings af völdum ofanflóða ef dvalið er öllum stundum í óstyrktu einbýlishúsi. Á grundvelli metinnar áhættu skal afmarka þrens konar hættusvæði:

- Hættusvæði A er þar sem staðaráhætta er á bilinu 0,3 til 1 af 10.000 á ári.
- Hættusvæði B er þar sem staðaráhætta er á bilinu 1 til 3 af 10.000 á ári.
- Hættusvæði C er þar sem staðaráhætta er meiri en 3 af 10.000 á ári.

Um hvert svæði fyrir sig gilda síðan mismunandi nýtingarreglur en þær helstu eru sýndar í eftirfarandi töflu.

| Svæði    | Neðri mörk staðaráhættu | Efri mörk staðaráhættu | Leyfilegar byggingar  |
|----------|-------------------------|------------------------|---|
| <b>C</b> | $3 \cdot 10^{-4}$       | –                      | Engar nýbyggingar nema frístundahús*, og húsnæði þar sem viðvera er lítil.  |
| <b>B</b> | $1 \cdot 10^{-4}$       | $3 \cdot 10^{-4}$      | Atvinnuhúsnæði má byggja án styrkinga. Byggja má íbúðarhús og byggja við hús þar sem búist er við miklum mannsafnaði (s.s. fjölbýlishús, sjúkrahús, skóla o.þ.h.) með styrkingum. |
| <b>A</b> | $0,3 \cdot 10^{-4}$     | $1 \cdot 10^{-4}$      | Hús þar sem búist er við miklum mannsafnaði (s.s. fjölbýlishús, skóla, sjúkrahús o.s.frv.) og stærri íbúðarhús (fleiri en 4 íbúðir) þarf að styrkja.                              |

\*Ef áhætta er minni en  $5 \cdot 10^{-4}$ .

Til grundvallar hættumati skulu liggja eftirfarandi gögn: Grunnkort, upplýsingar um ofanflóð á viðkomandi svæði, könnun á veðurfari, könnun á byggðasögu og vettvangskönnun. Á grundvelli þeirra gagna skal reikna áhættu. Sé ekki hægt að reikna áhættu vegna ónógra upplýsinga á að gera hættumatskort þar sem reynt er að leggja mat á áhættu.

Neðri áhættumörkin sem afmarka hættusvæði A nefnast *ásattanleg áhætta* og eru 0,3 af 10.000 á ári eins og að framan greinir. Þau eru valin þannig að heildaráhætta fólks sem býr við hana aukist óverulega frá því sem hún væri ef ofanflóðahætta væri engin. Dæmi má taka af barni á aldrinum 1–15 ára. Gera má ráð fyrir að það dvelji um  $\frac{3}{4}$  hluta sólarhringsins á heimili sínu þegar vont er veður og mestar líkur á ofanflóðum. Sé staðaráhætta 0,3 af 10.000 á ári svarar það til raunverulegrar áhættu sem er um 0,2 af 10.000 á ári. Til samanburðar eru heildardánarlíkur barna um 2 af 10.000, þar af vegna slysa um 1 af 10.000. Ofanflóðaáhættan eykur því heildaráhættu barna um 10–20% eftir því hvort miðað er við heildardánarlíkur eða líkur á dauðsföllum af völdum slysa eingöngu.

Afmörkun hættusvæða á grundvelli áhættu gerir kleift að bera áhættu vegna snjóflóða saman við áhættu vegna annarrar ógnar sem að mönnum steðjar. Til samanburðar má til

dæmis geta þess að fjöldi banaslysa í umferðinni svarar til þess að meðaláhætta vegfarenda sé um 1 af 10.000 á ári.

## Hættumetið svæði

Bærinn Seyðisfjörður stendur við botn samnefnds fjarðar. Meginstefna fjarðarins er frá austri til vesturs en innsti hluti hans sveigir mjög til suðurs um Strandartind, sem er sunnan og austan bæjarins. Hlíðar hans eru víða skornar djúpum giljum og þar er einnig að finna stóra hjalla. Ysti tindur fjallsins heitir einnig Strandartindur og næsti tindur framan við hann Miðtindur. Sitt á hvora hönd Miðtinds eru stórar skálar í rúmlega 500 m hæð og nefnast þær Efri-Botnar. Neðar er einnig að finna stóra hjalla, Neðri-Botna, ofan við byggðina í Botnahlíð, og Þófa sem er ofan við verksmiðju SR. Bjólfur er norðan við byggðina. Efsti tindur hans er Bjólfstindur og nær hann yfir 1080 m hæð. Undir Bjólfs-tindi upp af Fjarðaröldu er um 200 breiður hjalli í um 625 m hæð. Brún hans nefnist Brún eða Bjólfsbrún. Lítlur neðan við Brún er lítil skál sem heitir Kálfabotn og niður úr henni gengur gilið Hlaupgjá.

Bjólfur nam land á Seyðisfirði og er talinn hafa reist bæ sinn um það bil þar sem bærinn Fjörður er nú. Er talið að fjörðurinn hafi verið orðinn albyggður um árið 1000. Um miðja níttjándu öld hófst verslun fyrir alvöru á Seyðisfirði. Upp úr 1870 tók þéttbýli að myndast í kringum verslunarstaðina og tengdist það að mestu síldveiðum Norðmanna. Innan marka núverandi þéttbýlis var byggðin mest á Fjarðaröldu og Búðareyri. Utan þess voru tvö önnur þéttbýlissvæði, Vestdalseyri og Eyrar, sem bæði eru nú í eyði. Um miðja síðustu öld hafði verið byggt á mestallri ströndinni norðan og sunnan fjarðar og inn með Fjarðará. Fór byggðin þá að þróast nær fjöllumum í fjarðarbotninum. Einna nýjustu hverfin eru Bakkahverfi og hverfið við Botnahlíð, en þau eru að mestu byggð á áttunda og níunda áratug tuttugustu aldar.

Hættumetið svæði nær frá Imslandsgili og inn fyrir Ytri-Hádegisá sunnan Fjarðará og frá Nautabási og inn fyrir Skaga norðan ár. Mörk svæðisins eru sýnd á korti 1 ásamt helstu örnefnum.

## Ofanflóðasagan

### Snjóflóð

Á korti 2 er sýnt yfirlit yfir skráð snjóflóð á Seyðisfirði. Ekki hafa verið dregnar á kort útlínur allra flóða sem skráð eru. Þau flóð sem ekki eru á kortinu eru öll minniháttar flóð, sem ekki hafa bein áhrif á hættumatið.

Fyrstu heimildir um snjóflóð innan marka núverandi þéttbýlis á Seyðisfirði eru frá 1882 þegar krapaflóð féllu víða í Bjólfi. Í einu flóðanna fórust tvö börn og ollu flóðin margháttuðu tjóni.

Í febrúar árið 1885 gekk mikil snjóflóðahrina yfir Austfirði í kjölfar snjókomu af austri og norðaustri í þrjár vikur til mánuð samfleytt. Féllu þá nokkur snjóflóð á Seyðisfirði sem ollu tjóni. Þann 18. febrúar 1885 féll stórt snjóflóð úr Bjólfi. Ekki er vitað um nákvæm upptök en flóðið er sagt hafa náð frá Jókugili og út fyrir Hlaupgjá. Talið er að alls hafi 86 manns lent í flóðinu og þar af fórust 24. Er það mannskæðasta snjóflóðaslys sem vitað er til með vissu á Íslandi.

Í febrúar 1904 féllu krapaflóð bæði úr Bjólfi og Strandartindi og skemmdu bæði hús og báta.

Árið 1912 féllu nokkur vot snjóflóð úr Bjólfi. Eitt þeirra skemmdi vöruskemmu Framtíðarinnar, báta og fjárhús og drap 17 ær.

Í febrúar 1914 skemmdi flóð úr Bjólfi íbúðarhús og fjós við Fornastekk.

Í lok mars 1967 féll snjóflóð úr Bjólfi ofan við Nautabás. Braut flóðið mjölskemmu Hafsildar og sópaði henni að nokkru og vörum sem þar voru inni í sjóinn.

Árið 1975 brotnaði veggur á vélasal Hafsildar á 20 m kafla og þak verksmiðjunnar féll að mestu þegar snjóflóð féll á húsið.

Árið 1993 féll snjóflóð á mjölskemmu Hafsildar og skekkti hana.

Í mars 1995 féll flóð á verksmiðju Vestdalsmjöls. Mjölskemman gjöreyðilagðist og verksmiðjuhúsið gaf sig að hluta og hálfylltist af snjó. Ellefu manns sluppu naumlega.

Snjóflóð voru ekki skráð með kerfisbundnum hætti á Seyðisfirði fyrir 1995. Því má búast við að mörg snjóflóð vanti í skráninguna fyrir 1995 og einungis snjóflóð sem ollu tjóni séu skráð. Í árslok 1995 var ráðinn snjóathugunarmaður á Seyðisfirði á vegum Veðurstofunnar, sem sér meðal annars um að skrá snjóflóð og tilkynna til stofnunarinnar. Gera má ráð fyrir að flest flóð sem fallið hafa nærri byggðinni eftir þetta, hafi verið skráð og mæld ef unnt var.

## **Aurskriður**

Kort 3 sýnir skráðar aurskriður á Seyðisfirði. Fyrsta aurskriðan sem vitað er um innan marka núverandi þéttbýlis á Seyðisfirði féll úr Bjólfi 1882 og lenti á húsinu Liverpool án þess að valda miklu tjóni.

Í júlí 1892 féll aurskriða í Skuldarlæk og skemmdi hús Pöntunarfélags Héraðsbúa mikið.

Þann 15. ágúst 1897 féll fjöldi aurskriðna á Seyðisfirði. Ein þeirra, sem kom úr Strandartindi, olli miklu tjóni m.a. á húsi Pöntunarfélagsins og á Steinholti og drap hænsni.

Í janúar 1903 eyðilagði aurskriða, sem líklega kom úr Hörmungarlæk tvo báta.

Árið 1905 eyðilagði aurskriða, sem líklega kom úr Imslandsgili, bræðsluhús Imslands.

Um miðjan september 1935 eru skráðar þrjár aurskriður. Ollu þær m.a. tjóni á fiskverksunarstöð Þóris Jónssonar, íbúðarhúsi, olíuportu Olíuverslunar Íslands og Pöntun.

Þann 19. ágúst 1950 féll fjöldi aurskriðna um allan Seyðisfjörð. Ein þeirra, sem féll í Þófalæk, gjöreyðilagði íbúðarhús og fórust fimm manns sem þar dvöldu. Fjöldi annarra skriða féllu beggja megin Fjarðar og ollu talsverðu tjóni.

Í lok september 1958 féllu nokkrar aurskriður úr Strandartindi. Skemmdu þær m.a. Hörmung, síldarbræðsluna, íbúðarhús, hlöðu og fjárhús.

Árin 1960, 1974, 1981 og 1988 féllu skriður, sem ollu ekki teljandi tjóni á húsum en lokuðu vegum og spilltu lóðum.

Dagana 11–12. ágúst 1989 féll fjöldi aurskriðna í Strandartindi. Vatn flæddi inn í kjallara og aur lá í þykkum lögum á götum. Ein stærsta skriðan féll úr Stöðvarlæk við bæjarskrifstofuna, hreif með sér fólksbíl og olli nokkru tjóni á nærliggjandi húsum.

Árin 1999 og 2001 féllu aurskriður, sem lokuðu vegum, en ollu litlu öðru tjóni.

## Snjóflóðaaðstæður

### **Landfræðilegar snjóflóðaaðstæður**

Skriðlengd snjóflóða ræðst af tvennu. Annars vegar af stærð og gerð flóðsins, þ.e. hversu mikill snjór fer af stað og eðliseiginleikum snævarins og samspili hans við undirlag og loft. Hins vegar ræður landslag miklu, bæði landhalli og einnig lögun farvegarins þvert á stefnu flóðsins. Við vissar aðstæður, t.d. þegar flóð kemur úr þrengingu út á slétta eða kúpta hlíð, breiðir flóðið úr sér og missir við það kraft. Einnig geta snöggar hallabreytingar t.d. vegna stalla í fjallshlíðinni dregið úr skriðþunga og skriðlengd flóða. Landslag hefur einnig nokkur áhrif á fyrri þáttinn, þar sem lögun upptakasvæða, stærð þeirra og lega m.t.t. snjósöfnunar skiptir miklu um hversu stór snjóflóð geta orðið.

Möguleg upptakasvæði snjóflóða á Seyðisfirði voru könnuð, stærð þeirra metin og einnig metið hversu mikill snjór getur safnast í þau og hversu líkleg snjósöfnun er. Kort 4–6 sýna þessi svæði. Til þess að meta hversu langt snjóflóð geta náð voru notaðar upplýsingar um flóð á Seyðisfirði og víðar á Íslandi. Notuð voru bæði svo kölluð *staðfræðilíkön* og *eðlisfræðilíkön* til að bera saman skriðlengd flóða í mismunandi farvegum. Kort 4–6 sýna niðurstöður reikninga með þessum líkönum.

Reynslan sýnir að stór þurr snjóflóð fara ekki að hægja á sér að ráði fyrir en landhalli er orðinn minni en um  $10^\circ$ . Svokallað  $\alpha/\beta$ -líkan nýtir sjónarhorn frá þeim stað þar sem landhalli verður minni en  $10^\circ$  til að spá fyrir um úthlaupshorn (sjónarhorn frá tungu í upptök) snjóflóða. Þessi puntur er nefndur  $\beta$ -punktur. Með nokkurri einföldun má segja að í gagnasafni sem byggir á lengstu snjóflóðum í nokkrum íslenskum snjóflóðafarvegum nái flóð að jafnaði sjónarhorni sem nefnt er  $\alpha$ . Punktur sem svarar til þessa sjónarhorns er kallaður  $\alpha$ -punktur og á kortum 4–6 er hann sýndur fyrir upptakasvæði ofan hættumetna svæðisins á Seyðisfirði. Út frá dreifingu flóða í gagnasafninu er metið *staðalfrávik* úthlaupshornsins. Snjóflóð sem hafa einu eða tveimur staðalfrávikum hærra úthlaupshorn en  $\alpha$  eru sögð hafa úthlaupshorn  $\alpha + \sigma$  og  $\alpha + 2\sigma$  og þau sem lægra úthlaupshorn hafa  $\alpha - \sigma$  og  $\alpha - 2\sigma$ .

Markmiðið með beitingu  $\alpha/\beta$ -líkansins er að geta „fært“ snjóflóð á milli farvega. Þannig ættu tvö sambærileg snjóflóð í tveimur farvegum að fara jafn langt í báðum farvegum, þannig að t.d. flóð sem nær úthlaupshorni  $\alpha$  í einum farvegi ætti einnig að ná úthlaupshorni  $\alpha$  hefði það fallið í öðrum farvegi með sömu þykkt brotfleka og aðrar aðstæður.

Að sama brunni ber notkun *rennslisstiga* sem byggja á eðlisfræðilíkani og eiga sambærileg flóð (jafnstór flóð með sömu eðliseiginleika) í tveimur farvegum að ná sama rennslisstigi. Kort 4–6 sýna rennslisstig flóða úr svæðum sem metin voru möguleg upptakasvæði á Seyðisfirði.

Þau tvö líkön sem lýst er hér að framan taka einungis tillit til langsniðs snjóflóðafarvegarins. Skriðlengd og útbreiðsla snjóflóða var einnig könnuð með tvívíðu austurrísku eðlisfræðilíkani sem tekur alla lögun fjallshlíðarinnar með í reikninginn. Þannig er farvegurinn ekki skilgreindur nákvæmlega fyrir fram, heldur reiknaður út frá lögmaðlum eðlisfræðinnar. Skriðlengd flóða samkvæmt þessu líkani ræðst auk þess af snjódýpt og snjómagni sem sett er af stað í upptökum. Notuð voru tvö gildi á snjódýpt sem notuð hafa verið við sambærilega reikninga annars staðar á landinu. Niðurstöður tvívíðra líkanreikninga sýna hvaða stefnu snjóflóð úr helstu upptakasvæðum hafa tilhneigingu til að fylgja og gefa þannig vísbendingar um líklegustu úthlaupssvæði snjóflóða sem ógnað geta byggðinni, breidd snjóflóðatungna og legu hættulegustu svæða innan byggðarinnar.

## **Veðurfar**

Veðurfar á Seyðisfirði mótast af legu fjarðararins. Þar eru vindáttir úr vestri og austnord-austri allsráðandi. Austnord-austanáttin er að öllu jöfnu hvössust. Meðalvindhraði ársins er 4,4 m/s og geta orðið miklar hviður einkum yfir vetrarmánuðina nóvember til apríl. Mestu hviður sem mælt hafa á síðustu árum hafa náð allt að 53 m/s í desember og janúar. Í vestanáttum verður oft mjög hlýtt á Seyðisfirði þegar hnjúkaþeyr myndast og getur hitinn farið vel yfir 13°C í öllum mánuðum. Mestur hiti sem mælt hefur er 27°C í júlí og ágúst. Meðalhitinn er um 3,7°C og er munur á hlýjasta og kaldasta mánuði um 10°C. Frostlaust er í júní og júlí en á köldum vetrum getur gert allt að 17–20°C frost í desember til mars en þeir mánuðir eru að jafnaði kaldastir og ágústmánuður sá hlýjasti. Ársúrkomman sem fellur á Seyðisfirði er á bilinu 1100–2000 mm. Tvisvar hefur ársúrkomma farið yfir 2000 mm, árið 1974 var hún 2495 mm og árið 1972 var hún 2437 mm. Mesta sólarhringsúrkomman sem mælt hefur er 140,6 mm í febrúar 1974 og hefur hún alloft farið yfir 100 mm. Mælingar á snjóalögum síðan haustið 1996 sýna að talsverður snjór safnast fyrir á veturna og má búast við að snjór á láglandi verði meiri þar en á Dalatanga og í Neskaupsstað.

Snjóflóð á Seyðisfirði falla í langflestum tilfellum í kjölfar jafnrar eða mikillar úrkomu. Stór hluti flóðanna fellur eftir hlýindi en nokkur hluti eftir að kólnar í veðri. Algengust eru snjóflóð í nordaustanátt en á síðari árum eru nokkur flóð skráð í kjölfar suðlægra átta og stafar það væntanlega af bættri skráningu flóða. Skriðlengd flóða virðist aukast með auknum vindhraða og úrkomu í aðdraganda þeirra.

## **Aurskriður og grjóthrun**

Ofanflóðahætta á Seyðisfirði sunnan Fjarðarar stafar ekki síst af aurskriðum og öðru framskriði úr hliðinni ofan byggðarinnar. Einnig er hætta af grjóthruni og aurblönduðum krapa- og vatnsflóðum í bröttum vatnsfarvegum. Hætta af völdum slíkra atburða var metin á grundvelli aurskriðusögu, jarðfræðilegrar kortlagningar á lausum jarðlögum og mati á vatnasviðum og aftakaflóðum í helstu vatnsföllum. Sérstaklega voru teknir til athugunar tveir mismunandi farvegir sem síðar voru hafðir til hliðsjónar við hættumat fyrir aðra farvegi. Í þeim var magn lausra jarðefna á upptakasvæðum aurskriðna metið og rúmmál aurskriðna við aftakaaðstæður var reiknað. Úthlaupslengd grjóthruns var reiknuð með tölfraðilíkani og aðlöguð með könnun á staðnum.

## **Hættumat**

Afmörkun hættusvæða má sjá á korti 7.

Áhætta vegna snjóflóða á svæðinu var metin með aðferðum sem þróaðar voru við Háskóla Íslands og Veðurstofu Íslands á árunum 1995–1999. Einnig var höfð hliðsjón af niðurstöðum útreikninga með tvívíðu austurrísku eðlisfræðilíkani sem áður var nefnt. Þar sem formlegir áhættureikningar eru ekki mögulegir var höfð hliðsjón af aðstæðum á sambærilegum stöðum annars staðar á landinu.

Við afmörkun hættusvæða vegna aurskriðna, krapa- og vatnsflóða og grjóthruns var stuðst við viðmiðanir sem Veðurstofa Íslands hefur sett fram og byggjast á mati á áhættu vegna slíkra atburða og þekkingu sem aflað hefur verið á slíku hættumati í samvinnu við erlenda sérfræðinga.

Norðan fjarðar og utan Öldunnar er undirlendi lítið sem ekkert. Mörg snjóflóð eru skráð á svæðinu og er það allt innan marka hættusvæðis C.

Aldan er neðan Kálfabotns, en þar varð mikið manntjón í stóra snjóflóðinu 1885. Nokkur fleiri snjóflóð eru skráð á svæðinu. Áhætta á svæðinu var reiknuð miðað við að tíðni snjóflóða á svæðinu væri um 5 flóð á öld í rennslisstigi 13, sem er sambærileg tíðni flóða og í hverju gili í Neskaupstað. Vegna vísbendinga úr tvívíðum líkanreikningum voru mörk hættusvæðanna dregin litlu nær fjalli en áhættureikningarnir gáfu til kynna. Meirihluti áhættu á svæðinu er talinn vera vegna snjóflóða sem upptök eiga í Bjólfstindi. Mestur hluti byggðar á svæðinu er innan hættusvæðis C.

Við Fjörð og í Bakkahverfi er talin vera minni hætta vegna snjóflóða en þar fyrir utan. Stóra snjóflóðið 1885 mun hafa náð frá Jókugili til Hlaupgjár og hefur því hugsanlega fallið á svæðið, sem var óbyggt innan Fjarðar. Jafnvel er talað um að flóðið hafi náð yfir Fjarðará innan Fjarðar. Svæðið er að mestu utan meginstraums flóða úr upptakasvæði í hátindi. Á neðri upptakasvæðum er snjósöfnun einnig ólíklegri en í Kálfabotni. Auk þess veita Jóku- og Fálkagil hverfinu nokkra vernd. Nokkur hús eru á hættusvæði C en nær allt svæðið innan skilgreindra hættusvæða.

Innan Bakkahverfis nýtur ekki verndandi áhrifa giljanna og eykur Jókugil hættu á svæðinu miðað við Bakkahverfi. Þar er hins vegar eingöngu hætta á flóðum úr neðri hluta hlíðarinnar, þ.e. neðan u.þ.b. 600 m h.y.s. Engin byggð er nú á svæðinu.

Við Skaga færast möguleg upptakasvæði enn neðar í hlíðina. Ekki eru þekkt snjóflóð á svæðinu en þar er engin byggð. Neðri mörk hættusvæða voru ákvörðuð nærri rennslisstigi 14.

Norðan Fjarðarár er nokkur aurskriðuhætta. Áhætta vegna hennar er hverfandi í samanburði við metna áhættu vegna snjóflóða. Aurskriður hafa því ekki áhrif á hættumatið þar. Þrátt fyrir það kann að vera ástæða til þess að taka tillit til þeirra við skipulag og hönnun mannvirkja.

Sunnan Fjarðarár ræðst afmörkun hættusvæða ekki síst af öðrum ofanflóðum en snjóflóðum eins og fyrr var nefnt. Hætta á krapaflóðum og stórum vatnsflóðum veldur því að afmörkuð eru hættusvæði C alllangt niður á jafnsléttu við Ytri-Hádegisá, Dagmálalæk og Búðará. Þessi vatnsföll hafa stærst vatnasvið í hlíðinni ofan byggðarinnar. Einnig er afmarkað hættusvæði C við Stöðvarlæk, en þar er vitað að aurskriður hafa fallið niður fyrir veg. Neðan Nautaklaufar er afmarkað hættusvæði B. Vatnasviðið í hlíðinni ofan hennar er mun minna en fyrir stærstu vatnsföllin þrjú. Milli þessara helstu farvega ráðast hættusvæðin að mestu leyti af hættu á snjóflóðum, en grjóthruns- og skriðuhætta hefur einnig áhrif á afmörkun svæðanna milli Dagmálalækjar og Nautaklaufar, innan Búðarár og milli Stöðvarlækjar og Búðarár.

Talið er mögulegt að snjóflóð sem upptök eiga ofan Efri-Botna nái byggðinni. Slíkt gæti þó einungis gerst í miklum aftakaflóðum. Líkur á slíkum flóðum eru taldar óverulegar vegna gerðar upptakasvæðanna og möguleika til snjósöfnunar þar. Áhætta vegna slíkra atburða er því metin óveruleg.

Neðan Þófans, frá Hörmungarlæk út að Imslandsgili, eru þekkt snjóflóð og skriðuföll niður á jafnsléttu eða út í sjó úr Imslandsgili, Þófalæk og Hæðarlæk og einnig úr Hörmungarlæk og Skuldarlæk, sem eru skammt innan við Þófann. Milli giljanna ber hlíðin skýr ummerki um grjóthrun og mikla hreyfingu á lausum jarðefnum. Hluti vegarins og bygginga á svæðinu eru byggð á lóðum sem grafnar hafa verið inn í hlíðarfótinn eða á uppfyllingum út í sjó. Snjóflóðalíkanreikningar benda til að snjóflóð úr efri hluta hlíðarinnar þurfi ekki að takmarkast við gilin heldur geti þau fallið fram af brún Þófans milli giljanna. Nýlegar vísbendingar sýna umfangsmikla hreyfingu á lausum jarðefnum neðan við sprungur í um 120–140 m h.y.s. í Þófanum. Slík hreyfing kann að leiða til skyndilegs framskriðs úr brúninni. Haustið 2001 fundust vísbendingar um hættu á framskriði af

Þessum toga í um 85–95 m hæð í brún Þófans skammt utan Hæðarlækjar. Á þessu svæði er hættusvæði C afmarkað niður í sjó.

Kort 8 sýnir metinn endurkomutíma undir hluta Bjólfs, þ.e. hvar árlegar líkur á snjóflóðum eru taldar 1/100, 1/300, 1/1000 og 1/3000. Annars staðar voru gögn talin ófullnægjandi til að unnt væri að meta endurkomutímann. Ætla má að á línu þar sem áhætta er metin  $3 \cdot 10^{-4}$  á ári sé tíðni snjóflóða á bilinu 1/1000–1/100 á ári, á jafnáhættulínu  $1 \cdot 10^{-4}$  sé tíðnin 1/3000–1/300 á ári og á jafnáhættulínu  $0,3 \cdot 10^{-4}$  sé tíðnin 1/10000–1/1000 á ári.

## Niðurstöður

Mestur hluti byggðarinnar norðan ár á Seyðisfirði er innan hættusvæða. Þó að tiltölulega lítill hluti húsanna þar sé á hættusvæði C er samt mikilvægt að þar verði brugðist við með aðgerðum sem auka öryggi varanlega.

Sunnan ár er staðan nokkuð önnur þar sem kjarni byggðarinnar í Fjarðarbotninum er utan hættusvæða. Þó eru mörg hús of nærri hlíðinni og því innan hættusvæða, en fá eru á hættusvæði C.

Út með ströndinni fjölga húsum á hættusvæði C og utan við smábátahöfn teljast öll hús vera á einhvers konar hættusvæði. Á atvinnusvæðinu undir Þófanum er eitt helsta fyrirtæki bæjarins staðsett á hættusvæði C, þar sem er bæði aurskriðu- og snjóflóðahætta og erfitt að koma við vörnum.

Með tilkomu nýrrar hafnar og uppfyllingar sem henni fylgir skapast svigrúm til að auka öryggi með því að þróa atvinnustarfsemi á svæði sem er utan skilgreindra hættusvæða.

Hættumat á Seyðisfirði er háð ýmiss konar óvissu. Til þess að treysta grunninn að næstu endurskoðun hættumats er nauðsynlegt að vakta vel umhverfisþætti er tengjast ofanflóðum. Slík vöktun nýtist einnig við framkvæmd rýminga, sem grípa verður til þar til öryggi hefur verið aukið nægjanlega með varanlegum aðgerðum.

## Ítarefni

Esther H. Jensen og Thomas Sønser. 2002. *Process Oriented Landslide Hazard Assessment for the South Side of Seyðisfjörður*. VÍ greinargerð 02003.

Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson. 1997. *Saga skriðufalla á Seyðisfirði, 1882–1997*. VÍ greinargerð G98024-ÚR19.

Harpa Grímsdóttir. 1997. *Byggingarár húsa á Seyðisfirði*. VÍ greinargerð G97016-ÚR12.

Kristján Ágústsson. 2002. *Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar*. VÍ greinargerð 02009.

Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds. *Estimation of Avalanche Risk*. VÍ rit VÍ-R99001-ÚR01.

Lög 49/1997 um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum.

Sigrún Karlsdóttir. 2002. *Væður í aðdraganda snjóflóðabrina á Seyðisfirði*. VÍ greinargerð 02006.

SLF. 2001. *Seyðisfjörður, Iceland. Conditions for supporting structures in the Kálfabotn area*. SLF greinargerð G2001.28.

Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth og Frode Sandersen. 1996. *Þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi. Yfirlit og mat á kostnaði*. VÍ rit VÍ-R96003-ÚR02.

- Tómas Jóhannesson og Kristján Ágústsson. 2002. *Hattumat vegna aurskerðna, grjóthruna, krapaflóða og aurblandaðra vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum*. VÍ minnisblað TÓJ/Kri-2002/01.
- Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Arnalds og Leah Tracy. 2002. *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Seyðisfjörður*. VÍ greinargerð 02008.
- Umhverfissráðuneytið 2000. *Reglugerð 505/2000 um hattumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahattumats*.
- VA og NGI. 1998. *Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjólfur area*.
- VA og NGI. 1998. *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjólfur, frumathugun*. Útdráttur á íslensku úr skýrslunni „Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjólfur area“
- Veðurstofa Íslands. 1996. *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Seyðisfjörð*. VÍ greinargerð VÍ-G96010-ÚR10.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Esther Jensen. 2002. *Hazard zoning for Seyðisfjörður*. VÍ greinargerð 02010.
- Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson. 1999. *Mat á aurskerðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðar kaupstað*. VÍ greinargerð VÍ-G99025-ÚR15.