

Kristján Ágústsson
Hörður Þór Sigurðsson

Hættumat fyrir Þingeyri í Dýrafirði

Efnisyfirlit

1 Inngangur	4
1.1 Vinnuferlið	4
1.2 Efnisatriði og kaflaskipting	4
1.3 Aðferðafræði og reglugerðarrámmi	5
1.4 Hættumat vegna aurskriða, grjóthruns, krapaflóða og aurblandaðra vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum	6
1.5 Óvissa	8
2 Staðhættir og saga	10
2.1 Saga byggðar	11
2.2 Ofanflóð	11
2.3 Húsasaga	12
2.4 Eldri rannsóknir	12
2.5 Veðurfar	12
3 Hættumat	15
3.1 Snjóflóð	15
3.2 Grjóthrun og skriður	16
4 Niðurstöður hættumats	17
A Tæknileg hugtök og skilgreiningar	21
B Kort	23
C Langsnið brauta	27

1 Inngangur

Í þessari skýrslu er lýst hættumati fyrir Þingeyri vegna ofanflóða úr fjallinu ofan bæjarins, Sandafelli. Hættumatið var unnið af Veðurstofu Íslands, samkvæmt reglugerð nr. 505/2000, júlí 2000, um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats.

Svipaðar skýrslur hafa verið gefnar út fyrir Neskaupstað, Siglufjörð, Seyðisfjörð, Eskifjörð, Ísafjörð, Bolungarvík, Patreksfjörð, Bíldudal, Ólafsvík, Ólafsfjörð og Suðureyri (Þorsteinn Arnalds o.fl. 2001a,b,c, 2002a,b,c; Kristján Ágústsson o.fl. 2002, 2003a,b; Hörður Þór Sigurðsson og Kristján Ágústsson 2004, Kristján Ágústsson og Hörður Þór Sigurðsson, 2004 og Kristján Ágústsson, 2004).

1.1 Vinnuferlið

Þeir sem komu að vinnu við hættumatið á Veðurstofu Íslands voru Kristján Ágústsson, Hörður Þ. Sigurðsson, Oddur Pétursson, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Tómas Jóhannesson.

Stefán Brynjólfsson, byggingarfulltrúi á Ísafirði, aðstoði við yfirlestur korta og húsasögu.

Á Þingeyri er nokkur hætta vegna skriðufalla og grjóthruns og sá Akureyrarsetur Náttúrufræðistofnunar Íslands um mat á þeirri hættu. Veðurstofa Íslands vann snjóflóðahættumat og samræmdi það og niðurstöður Náttúrufræðistofnunar Íslands.

Kristján Ágústsson fór í vettvangsskoðun á Þingeyri í júlí árið 2003 og skoðaði aðstæður m.t.t. snjóflóðahættu og krapaflóða. Jarðfræðingar Náttúrufræðistofnunar skoðuðu jarðfræðilegar aðstæður sumarið 2003.

Eftirfarandi atriði voru athuguð vegna snjóflóðahættumats:

- a) *Landfræðilegar aðstæður* og eðliseiginleikar upptakasvæða, fallbrauta og úthlaups-svæða.
- b) *Staðbundið veðurfar* og hlutlægt mat á líkum til snjósöfnunar á upptakasvæðum snjóflóða og mat á aðstæðum í aftakarigningum.
- c) *Mat* á snjóflóðahættu í hverjum farvegi fyrir sig. Það var gert með því að meta stærð upptakasvæða og bera saman hlutfallslega tíðni ofanflóða í einstökum farvegum.

Hliðstæðar athuganir voru gerðar vegna skriðu- og grjóthrunshættumats og er þeim lýst nánar í skýrslu Náttúrufræðistofnunar (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004).

1.2 Efnisatriði og kaflaskipting

Í fyrsta hluta skýrslunnar er almenn lýsing á land- og jarðfræðilegum aðstæðum og veðurfari staðarins. Þá er stutt ágríp byggðasögu, saga ofanflóða, húsasaga og gerð er grein fyrir þeirri vinnu sem

áður hefur farið hefur fram og tengist hættumati. Nánari lýsingu á jarðfræði er að finna í skýrslu Náttúrufræðistofnunar (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004). Svæðið sem hættumatið nær til er sýnt á korti 1.

Í kafla 2 er nánari lýsing á snjóflóðaaðstæðum. Þar er greint frá eftirfarandi efnisatriðum:

Landfræðilegar aðstæður: Eðliseiginleikar upptakasvæða, fallbrauta og úthlaupssvæða.

Staðbundið veðurfar: Hlutlægt mat á líkum til snjósöfnunar á upptakasvæðunum.

Ofanflóðasaga: Stutt yfirlit yfir helstu flóð.

Mat: Greining á ofanflóðaaðstæðum og -áhættu.

Líkanreikningar: Notkun líkana er mikilvæg og fjallað er um niðurstöður sem byggja á þeim.

Niðurstöður: Mat á hættu lagt fram og tillaga gerð að hættumati.

Að lokum er sett fram samræmt hættumat, þ.e. niðurstöður hættumats vegna snjóflóða, grjót-hruns og aurskriða sameinaðar í heildstætt hættumat. Áhætta vegna annarra ofanflóða en snjóflóða hefur verið metin af Náttúrufræðistofnun (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004).

Í skýrslunni eru 3 viðaukar. Viðauki A inniheldur lýsingu á tæknilegum hugtökum og skammstöfunum. Þar er um að ræða stærðir eins og rennslisstig (r) og úthlaupshorn (α -horn). Ennfremur eru þar skilgreiningar á α - og β -punktum og lýsing á α/β -líkaninu. Í viðauka B eru kort og í viðauka C eru þversnið sem lýsa brautum flóða og niðurstöðum líkanreikninga.

1.3 Aðferðafræði og reglugerðarrammi

Ofanflóðahættumat er unnið skv. reglugerð sem Umhverfisstofnun gaf út í júlí árið 2000 og byggir á lögum nr. 2 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 ákveðnum stað farist í snjóflóði. Flokkun hættusvæða byggir á *staðaráhættu* en hún er skilgreind sem árlegar líkur einstaklings, sem dvelur allan sólarhringinn í húsi sem ekki er sérstaklega styrkt, á að farast í snjóflóði. Með því að taka tillit til líkinda á því að einstaklingur sé í húsi þegar snjóflóð 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 ásættanleg eða viðunandi við gerð hættumats (Umhverfisstofnun, 1997). Staðaráhætta sem svarar til þessa gildis getur verið mismunandi vegna mismunandi gerðar og styrks bygginga og mismunandi dvalartíma fólks í þeim. Að öðru jöfnu er reiknað með að einhver dvelji í hverju íbúðarhúsi 75% af tímans og 40% í atvinnuhúsnæði. Samkvæmt reglugerð um hættumat (Umhverfisstofnun, 2000) skal afmarka þrens konar hættusvæði sem lýst er í töflu 1.

Tafla 1. Skilgreining hættusvæða

Svæði	Neðri mörk staðaráhættu	Efri mörk staðaráhættu	Leyfilegar byggingar
C	$3 \cdot 10^{-4}/\text{ár}$	–	Engar nýbyggingar nema frístundahús* og húsnæði þar sem viðvera er lítil.
B	$1 \cdot 10^{-4}/\text{ár}$	$3 \cdot 10^{-4}/\text{ár}$	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 o.þ.h.) með sérstökum styrkingum.
A	$0.3 \cdot 10^{-4}/\text{ár}$	$1 \cdot 10^{-4}/\text{ár}$	Hús þar sem búist er við miklum mannsöfnuði (svo sem fjölbýlishús, skólar, sjúkrahús o.þ.h.) og stærri íbúðarhús (fleiri en 4 íbúðir) þarf að styrkja sérstaklega.

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

Viðmiðunarreglurnar um nýtingu svæða í töflu 1 miða að því að ásættanleg 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.

Sú aðferðafræði sem notuð er til að meta snjóflóðaáhættu var þróuð við Háskóla Íslands og á Veðurstofu Íslands á árunum 1995–1998. Henni er lýst í riti eftir Kristján Jónasson o.fl. (1999).

Tillögur um svæðaskiptingu vegna hættu af aurskriðum og grjóthruni voru settar fram af Tómasi Jóhannessyni og Kristjáni Ágústssyni (2002). Helstu atriðum þeirra er lýst í næsta kafla.

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

1.4 Hættumat vegna aurskriða, grjóthruns, krapaflóða og aurblandaðra vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum

Hættumat vegna ofanflóða á skv. reglugerð nr. 505/2000 að byggjast á áhættu fólks og ná til allra ofanflóða, þ.m.t. snjóflóða, krapaflóða, aurskriðna, grjóthruns og berghlaupa úr hlíðum. Viðmiðunarreglur um hættumat vegna þessara afla hafa verið gerðar á Veðurstofu Íslands (Tómas Jóhannesson og Kristján Ágústsson, 2002). Almennar tillögur um hvernig vinna á jarðfræðilegt hættumat til að ná þeim markmiðum sem þessar viðmiðunarreglur kveða á um hafa einnig verið samdar á

Veðurstofunni í samvinnu við fleiri aðila, m.a. Náttúrufræðistofnun Íslands (Esther Hlíðar Jensen og Kristján Ágústsson, 2004) og hafa þær verið hafðar til hliðsjónar við þetta verk.

Um vandamál við mat á þessari hættu gildir sama og um mat á snjóflóðahættu þegar skráðar eða munnlegar heimildir vantar og jarðfræðilegar aðstæður benda ekki til beinnar yfirvofandi hættu. Þá eru dánarlíkur fólks mjög breytilegar eftir eðli mismunandi ofanflóða. Sem dæmi þá er sú hættu sem fólki á Íslandi er búin vegna vatnsflóða mun minni en hættu vegna snjóflóða. Það endurspeglast í því að við sömu staðaráhættu er endurkomutími mismunandi tegunda ofanflóða mjög breytilegur.

Heimildakönnun og jarðfræðilegar rannsóknir eru forsendur fyrir því að unnt sé að greina svæði þar sem aftakaflóð geta átt sér stað. Ekki er unnt að setja algildar reglur um hvernig flokka á svæðið í hættusvæði skv. þessum athugunum og verður skiptingin alltaf að einhverju leyti huglæg mat.

Almennt er reiknað með því að grjóthrunssvæði verði skilgreind sem hættusvæði A. Aðeins í sérstökum tilvikum er grjóthrunshætta það mikil að ástæða sé til þess að afmarka hættusvæði B og C. Reikna má með að ásætlanleg áhætta vegna grjóthruns markist af línu þar sem endurkomutími er 50–100 ár á 30 m breiðri spildu samsíða hlið en það samsvarar breidd einnar lóðar. Legu slíkrar línu má víða meta með beinum athugunum á staðnum. Til hliðsjónar má beita tölfræðilegum og eðlisfræðilegum líkönum. Líkön þarf að staðla og aðlaga upplýsingum um grjóthrun á hverju svæði.

Hentugt er að skipta farvegum aur- og krapaflóða í þrjá flokka:

1. **Vel afmarkaður ár- eða lækjarfarvegur** alla leið niður í gegnum byggðina og nægilega djúpur til þess að meginhluti flóða heldur sig við farveginn þótt hluti stærstu flóða geti flæmst um svæðið til hliðar við hann. Vatnasvið þessara farvega er oftast frá 10–30 hekturum upp í meira en 100 hektara og aftakaflóð í þeim geta numið frá nokkrum rúmmetrum á sekúndu upp í tugi rúmmetra á sekúndu. Aftakaflóð geta grafið undan lausum jarðefnum í hliðum farveganna og hleypt þannig af stað efnismiklum aurskriðum. Hættan er langmest í farveginum sjálfum og næst honum en fjær honum er hættan minni.
2. **Ill afmarkaður farvegur** þar sem flóð geta auðveldlega flæmst til hliðar þegar rennsli vex. Farvegir af þessum toga eru oft á aurkeilum og flóð geta þá tekið nánast hvaða stefnu sem er eftir að út á aurkeiluna er komið. Hættan í farveginum sjálfum er minni en í fyrri flokknum en meiri á svæðinu nærri farveginum. Vatnasvið þessara farvega og aftakaflóð í þeim eru á sama stærðarþrepi og afmörkuðu farveganna í fyrri flokknum og hætta á aurskriðum úr hliðum farveganna svipuð.
3. **Grunnar gilskorur og farvegir lítilla lækja** sem jafnvel eru þurrir stóran hluta ársins. Vatnasvið þessara farvega eru mun minni en farveganna í fyrri tveimur flokkunum, þ.e. innan við hektara eða fáir hektarar. Aftakaflóð geta orðið allt að einum rúmmetra á sekúndu en reikna má með að þau séu oftast minni en það.

Lagt er til að farvegir í flokki 1 séu metnir sem hættusvæði C. Næst meginfarvegum er hugsanlegt að skilgreina hættusvæði B ef talin er veruleg hættu á að stór flóð flæmst af fullum þunga upp úr farveginum. Þetta kemur einkum til greina fyrir farvegi í flokki 2 þar sem hlaup geta t.d. flæmst

um aurkeilu eða stefna flóða er af einhverjum öðrum ástæðum ekki bundin við „náttúrulegan“ farveg. Utan meginfarvega og svæða þar sem flóð geta náð til með fullum þunga, og við farvegi í flokki 3 er hugsanlegt að skilgreina hættusvæði A. Mælt er með að gerð sé flóðagreining þannig að mat fáiast á aftakaflóð og endurkomutíma flóða.

Víða háttar þannig til að hætta er á aurskriðum og framskriði úr sléttum, giljalausum og giljalitlum hlíðum, þ.e. utan farvega eiginlegra vatnsfalla sem um er fjallað hér að framan. Ekki eru skýr skil á milli slíkra opinna hlíða og minnstu gilja og skorninga sem fjallað er um í flokki 3 í kaflinum hér að framan. Um þessa hættu er ekki unnt að setja fyrirfram ákveðnar viðmiðunarreglur með svipuðum hætti og fyrir farvegi vatnsfalla. Mat á hættunni verður að ráðast af jarðfræðilegri könnun á aðstæðum og mati sérfræðinga á hugsanlegri úthlaupslengd. Lagt er til að hættumatslína A sé skilgreind fyrir þessi svæði og að hún markist af endurkomutíma sem nemur nokkur hundruð árum. Það er mun styttri endurkomutími en fyrir snjóflóð en lengri en fyrir grjóthrun.

Hjallar sem myndast hafa við hærri sjávarstöðu eða í lónum við jökuljaðar eru algengir. Sömu leiðis er víða þykkt set á berggrunnsstöllum og á brúnum hangandi dala. Algengt er að rofbakki sé framan í þessum hjöllum og setfyllum og greinileg ummerki um skrið úr þeim. Skriður úr slíkum setmyndunum tengjast að jafnaði ekki farvegum á yfirborði heldur verða þær óstöðugar í langvarandi vætutíð. Svipað gildir um hallamýrar, setfyllur og jarðvegsþekju í hlíðum. Erfitt er að setja almennar reglur um hvernig meta á hættu við þessar aðstæður.

Þessar reglur taka aðeins til ofanflóða, þ.e. flóða í bröttum farvegum og hlíðum. Flóð í ám á sléttlendi og í hallalitlum dölum vegna úrkomu, krapastífla o.þ.h. flokkast ekki sem ofanflóð í skilningi fyrrgreindrar reglugerðar.

1.5 Óvissa

Mjög víða er mat á snjóflóðahættu erfitt. Það gildir einkum um svæði þar sem landfræðileg skilyrði fyrir snjóflóð eru til staðar en snjóflóð hafa ekki verið skráð. Byggðasaga margra þéttbýlisstaða er stutt og sama gildir oftast um það tímabil sem skráning ofanflóða nær til. Þar sem þannig stendur á er ógjörningur að útiloka snjóflóð. Því verður að meta þessa hættu þannig að bæði sé tekið tillit til þess að engin snjóflóð 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 snjóflóð sem skráð hafa verið hafa fallið úr 500–800 m hæð og upptakasvæði þeirra eru í flestum tilvikum 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. Óvissunni er skipt í 3 stig sem gefa til kynna ónákvæmni í legu hættumatslína. Óvissa upp á $\frac{1}{2}$ táknað að legu 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 línú er $\frac{1}{2}$. Á sama hátt gildir að þar sem óvissa á línun 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.

Óvissuflokkarnir 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 upptakasvæðið 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 skriða og grjóthruns eru áhrif þeirra og eyðileggingarmáttur í mörgum tilvikum óljós. Miðað við ofangreinda flokkun má almennt reikna með að óvissan sé 2.

2 Staðhættir og saga



Mynd 1. Þingeyri. Myndin er tekin á eyrinni og sýnir ytri hluta byggðarinnar. Fjallið yfir byggðinni er Sandafell. (ljósmynd: Hörður Þór Sigurðsson).

Dýrafjörður er um miðbik Vestfjarða. Hann er á milli Önundarfjarðar að norðan og Arnarfjarðar að sunnan. Annesin við mynni hans eru Barði að norðanverðu og Sléttanes að sunnanverðu. Fjörðurinn er rúmlega 30 km langur og meginstefna hans er NV-SA. Frá fjarðarmynni og inn undir Sandafell, sem er stakstætt 360 m hátt fjall rétt innan við miðju fjarðar að sunnanverðu, er fjörðurinn 4–5 km breiður. Þar fyrir innan þrengist fjörðurinn og er 1–2 km breiður langleiðina inn í botn.

Hálent er umhverfis Dýrafjörð, einkum að sunnanverðu. Þar er landslag af alpagerð, þ.e. jöklar hafa rofið berggrunninn þannig að eftir standa hvassir tindar og hryggir. Víðáttumiklir dalir eru í firðinum og töluvert undirlendi.

Berggrunnur Vestfjarða er tertíer að aldri. Hann er í aðalatriðum byggður upp af hallalitlum hraunlögum og er jarðlagahalli í Dýrafirði ítill, frá því að vera nánast enginn upp í að vera merkjanlegur til SA (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998). Sunnan fjarðar er forn megineldstöð sem kennd hefur verið við Tjaldanes í Arnarfirði. Á svæði um miðbik nessins, sem skilur að Arnarfjörð og Dýrafjörð, eru áberandi innskot sem eru rætur þessarar eldstöðvar. Meginlínur höggunar endurspeglast í stefnu fjarða, dala og strengja (bergganga). Nánari lýsingu á jarðfræði fjarðarins er að finna í skýrslu Náttúrufræðistofnunar (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004).

Undir Sandafelli teygir Þingeyri sig út í fjörðinn. Eyrin nær hátt í 400 m frá brekkurótum út í fjörðinn og er um 700 m löng með hlíð Sandafells (sjá kort 1). Mest öll byggðin á Þingeyri er í hlíðum Sandafells ofan við eyrina og á tæplega kílómetra löngu svæði innan við hana. Á eyrinni sjálfri er einnig nokkur íbúðarbyggð en jafnframt er þar atvinnu- og þjónustuhúsnæði bæjarins.

2.1 Saga byggðar

Þingeyri er, eins og nafnið bendir til, forn þingstaður. Margar fornar tóttir eru á eyrinni og kunna að vera gamlar þingbúðir. Þingeyri varð snemma verslunarstaður og ein af aðalverslunarhöfnum á einokunartímabilinu. Niels Christian Gram keypti Þingeyrarverslun árið 1866 og hóf mikla uppbyggingu þar. Á síðustu áratugum 19. aldar byggðu Norðmenn hvalstöð á Framnesi sem er norðan fjarðar og litlu innar en Þingeyri. Um svipað leyti gerðu Bandaríkjamenn út á lúðu frá Þingeyri og franskar duggur leituðu oft vars og þjónustu í Dýrafirði. Guðmundur J. Sigurðsson setti á stofn vélsmiðju á Þingeyri árið 1913 og hefur hún þjónustað erlend sem innlend fiskiskip auk annars til þessa dags (Páll Línadal, 1982).

Þéttbýlið á Þingeyri og byggð sunnan við Dýrafjörð var eitt sveitarfélag, Þingeyrarhreppur, fram til 1996. Þá sameinuðust sex sveitarfélög á norðanverðum Vestfjörðum í nýju sveitarfélagi, Ísafjarðarbæ. Íbúar á Þingeyri voru 330 í lok árs 2003.

2.2 Ofanflóð

Með ofanflóðum er hér átt við snjóflóð, aurskriður og önnur skriðuföll, grjóthrun, krapaflóð og vatnsflóð í farvegum í bröttum hlíðum. Ekki eru til heimildir um eiginleg snjóflóð úr Sandafelli ofan við Þingeyri. Dæmi eru um aurblandað krapaflóð eða aurskriður og grjóthrun.

Um 1960 (1958–1962) voru grafnir skurðir í fjallshlíðina ofan við byggðina. Um er að ræða tvo skurði sem mætast ofan við miðja byggð. Innri skurðurinn hefur afrennsli til sjávar innan við byggðina. Afrennsli úr ytri skurðinum er tekið í ræsi undir Aðalstræti milli húsanna nr. 43 og 51. Sá skurður var síðar hreinsaður og dýpkaður og lauk því verki 1974 (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004).

Skurðirnir voru grafnir til að losna við vatnsaga í leysingum og aftakaúrkomu. Þeir virðast hafa skilað því hlutverki sínu með ágætum og er framkvæmdin að öllu leyti til fyrirmyndar. Auk þess að draga úr vatnsaga taka skurðirnir við allstórum aurskriðum og krapaflóðum. Einnig getur grjót stöðvast í þeim að einhverju marki.

Hér að neðan er stutt yfirlit um ofanflóð á Þingeyri og er það í aðalatriðum stutt endursögn á lýsingu í skýrslu Náttúrufræðistofnunar (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004)

Árið 1952 féllu skriður úr hlíðinni milli Hvamms og Þingeyrar í miklu rigningarveðri. Í mars árið 1969 er sagt að skriður hafi hlaupið úr sérhverju gili ofan við byggðina á Þingeyri. Ein skriða eða aurblandað krapaflóð féll þá á hús við Aðalstræti 39. Skriðan fór yfir skurðinn sem grafinn hafði verið um 10 árum áður. Eftir þennann atburð var skurðurinn dýpkaður og hreinsaður. Ekki urðu slys á fólki en tjón varð á girðingum o.fl. Um svipað leyti og krapaflóðin féllu á Bíldudal og Patreksfirði í janúar 1983 óttuðust menn að flóð gætu fallið á Þingeyri. Þá var ráðist í að ræsa fram vatn og urðu vatnsflóð í bænum. Árið 1991 féll steinn úr Sandafelli og lenti á húsinu nr. 53 við Aðalstræti og olli hann nokkrum skemmdum á húsinu.

Í skýrslu Náttúrufræðistofnunar (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004) kemur fram að Jónas Ólafsson, fyrrverandi sveitarstjóri, telji að krapaflóð falli á um 50 ára fresti og aurflóð á um 10 ára fresti.

Heimildir (Knútur Bjarnason, munnlegar upplýsingar) eru um að eitt slíkt aurflóð hafi fallið á hús (gamla læknisbústaðinn) sem stóð gegnt húsi nr. 2 við Fjarðargötu fyrir 1950. Það gæti hafa átt sér upptök í skálinni eða draginu ofan við þar sem skurðirnir í Sandafelli mætast.

2.3 Húsasaga

Byggingarár þeirra húsa sem standa í hlíð Sandafells og næst henni er sýnt á myndum 2 og 3. Ekki var lögð áhersla á að rekja sögu horfinna húsa þar sem ekki er vitað til að ofanflóð hafi eyðilagt hús með þeim afleiðingum að hætt hafi verið að búa í þeim og þau verið fjarlægð. Ennfremur var ekki lögð áhersla á að rekja sögu húsa sem eru utan líklegra hættusvæða.

Á myndinni kemur einnig fram lega húsa sem nýlega hafa verið rifin og er hún merkt með bláu. Einnig er stjarna við hús sem grjóthrun eða skriður hafa fallið á eða að.

Auk húsa sem sýnd eru á myndunum stóð fjöldi fjárhúskofa og fjós í hlíðinni ofan við byggðina. Flóðið sem féll á gamla læknisbústaðinn (gegn Aðalstræti 2) mun einnig hafa lent á haughúsi en ekki eru heimildir um að flóð hafi lent á öðrum húsum ofan við byggðina. Kirkjugarður Þingeyrar stendur neðan vagar á móts við Aðalstræti 31. Hann var tekinn í notkun um 1911 og ekki eru heimildir um að ofanflóð hafi valdið þar tjóni.

2.4 Eldri rannsóknir

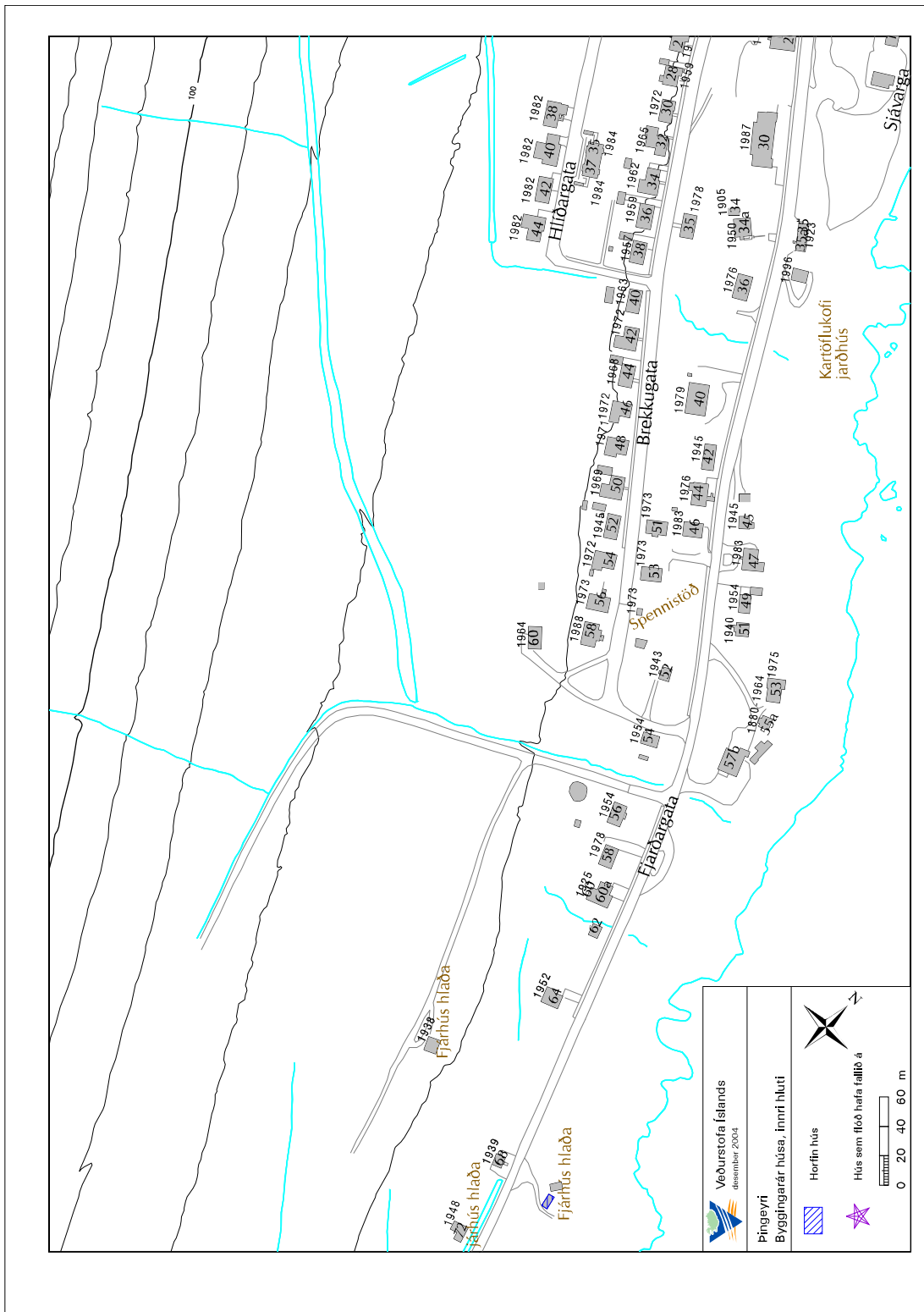
Ekki er til eldra hættumat fyrir Þingeyri. Í greinargerðum Veðurstofu Íslands um rýmingaráætlanir (Veðurstofa Íslands, 1996) er ekki fjallað um Þingeyri og því eru ekki skilgreindir rýmingarreitir þar.

2.5 Veðurfar

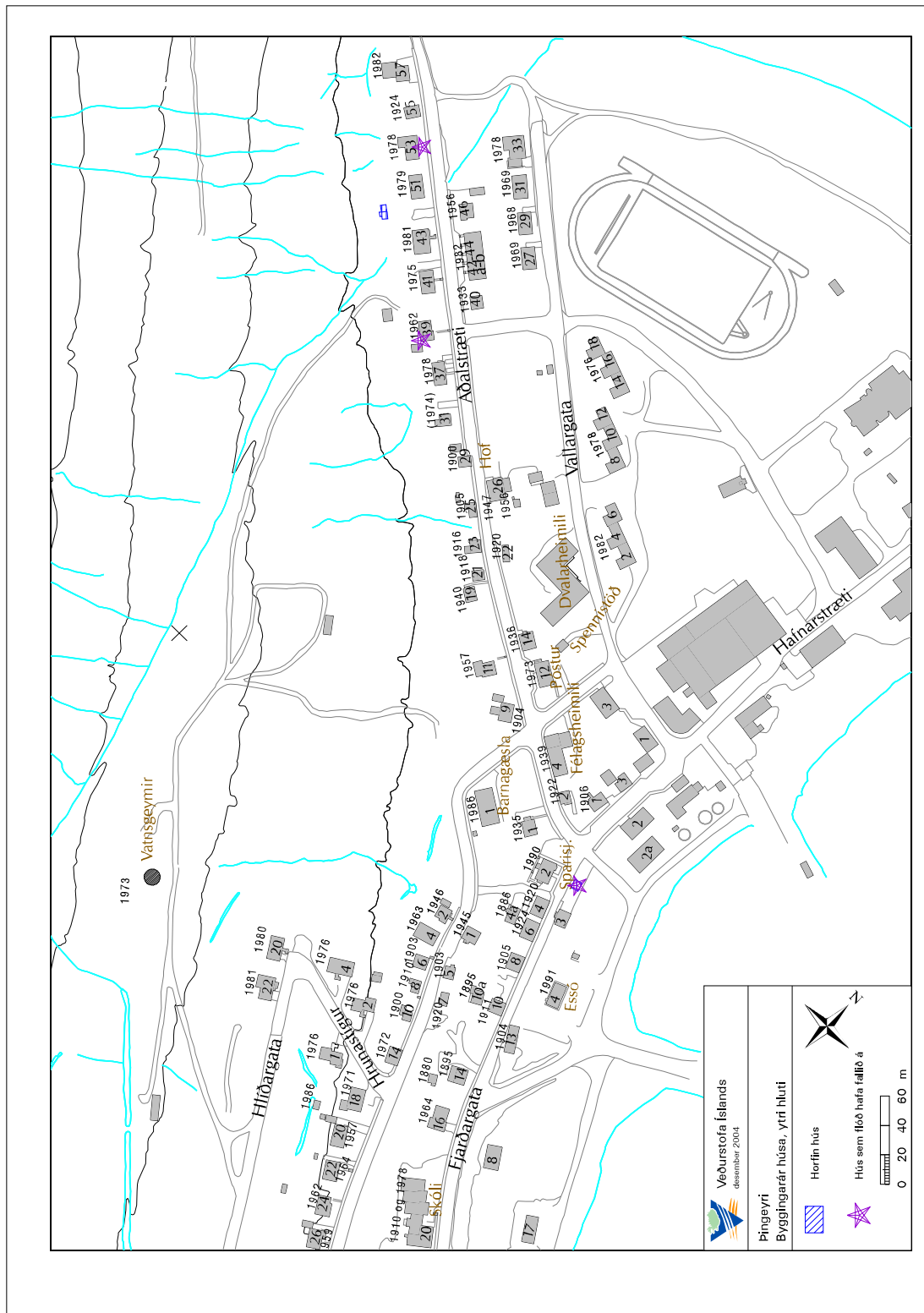
Í greinargerð Veðurstofunnar um veður í aðdraganda snjóflóðahrina á norðanverðum Vestfjörðum (Halldór Björnsson, 2002), er að finna yfirlit um veðurfar á svæðinu frá Galtarvita og Æðey að Hólum í Dýrafirði.

Veðurathugunarstöðin á Hólum í Dýrafirði, sem er mönnuð stöð, hefur verið rekin frá árinu 1983. Þar er að meðaltali hlýrra á sumrin en á öðrum veðurstöðvum á svæðinu. Á veturna er hitafar svipað og á Þórustöðum í Önundarfirði. Algengustu vindáttir þegar úrkoma mælist yfir 10 mm á sólarhring eru SV til SSV áttir. Það eru einnig algengustu vindáttirnar. NV áttir eru einnig algengar en ekki er eins mikil úrkoma samfara þeim.

Á norðanverðum Vestfjörðum verður snjósöfnun helst samfara norðlægum áttum og sá veðurþáttur sem er mest einkennandi í aðdraganda snjóflóðahrina er hár vindhraði (Halldór Björnsson, 2002). Við þessar aðstæður er ekki mikil snjósöfnun í Sandafelli ofan Þingeyrar. Þar er helst að vænta snjósöfnunar í ofankomu í kyrrviðri eða með skafrenningi úr suðlægum áttum. Á Hólum er hins vegar algengast að hiti sé yfir frostmarki þegar úrkoma er mest að vetrarlagi.



Mynd 2. Byggingarár húsa á innri hluta Pingeyrar.



Mynd 3. Byggingarár húsa á ytri hluta Þingeyrar. Hús sem skriður og grjót hafa fallið á eru merkt með stjörnu.

3 Hættumat

3.1 Snjóflóð

Þar sem ekki hafa fallið snjóflóð úr Sandafelli sem ógnað hafa byggð á Þingeyri byggist þetta mat á landfræðilegum aðstæðum, líkanreikningum og almennu mati. Stór hluti hlíðarinnar ofan við 100 m y.s. hefur halla sem einkennir upptakasvæði snjóflóða. Hins vegar er hlíðin í aðalatriðum án gilja sem orð er á gerandi. Einnig er neðri hluti hlíðarinnar fremur hallalítill, um og undir 10° , og fjarlægð frá byggð að mögulegum upptakasvæðum því allmikil (350–500 m).

Á nokkrum stöðum þar sem hættumat hefur verið unnið hér á landi eru aðstæður með þeim hætti að öll skilyrði fyrir snjóflóð eru til staðar en engar heimildir eða fáar eru til um snjóflóð. Má þar t.d. nefna svæðið undir Gleiðarhjalla á Ísafirði og hluta af hættumetnu svæði á Bíldudal og Patreksfirði. Suðureyri er sunnan fjarðar og aðstæður með svipuðum hætti og á Þingeyri að því leyti. Hins vegar er neðri hluti hlíðarinnar mun brattari á Suðureyri en á Þingeyri og efstu hús á Suðureyri standa því í mun meiri bratta.

Á korti 2 er sýnd lega brauta og niðurstöður líkanreikninga, þ.e. rennslisstig ásamt α - og β -punktum (sjá viðauka A). Langsnið brautanna er að finna í viðauka C. Auk sniða eftir hugsanlegum brautum snjóflóða er einnig að finna snið eftir skurðunum ofan við byggðina. Á kortinu og sniðunum má sjá að við efstu hús í innri hluta bæjarins, sem eru við Hlíðargötu, eru rennslisstig á bilinu $r = 11.5$ – 12 . Það er rétt neðan við β -punkt. Í ysta hluta bæjarins er neðsti hluti hlíðar mun brattari og ystu hús við Aðalstræti eru við rennslisstig nálægt $r = 11$. β -punktur er á svipuðum slóðum enda breytist halli snögglega þar sem eyrin mætir hlíðinni.

Þó svo að almennt sé metið að líkur á snjósöfnun séu litlar eru þær mestar yfir miðbiki byggðarinnar, þ.e. ofan við þar sem skurðirnir mætast. Það er nokkurn veginn undir hæsta tindu Sandafells en þar er um 200 m breið skál eða drag í hlíðinni sem í getur safnast snjór í skafrenningi samsíða henni. Yfir ysta hluta byggðarinnar er halli í efri hluta hlíðarinnar töluvert minni en innar og svæði með líklegum upptakahalla fyrir snjóflóð eru þar lítil að flatarmáli.

Skilyrði fyrir myndun krapaflóða eru á nokkrum stöðum í hlíðinni. Það á við fyrrgreinda skál og hlíðina fyrir utan hana. Á þessu svæði eru alldjúpir farvegir grafnir í sethjallana utan í hlíðinni (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004). Þessir farvegir eru hins vegar ekki stórir svo ólíklegt er að flóð úr þeim verði mjög stór. Skurðurinn ofan byggðar er einnig það mikill að reikna má með að hann geti stöðvað eða stýrt allstórum krapaflóðum.

Hættumatslína C, sem dregin er á grundvelli snjóflóða nær ekki inn á hættumetna svæðið. Miðað við rennslisstig er hún við $r = 8.5$ á innsta og ysta hluta svæðisins (sjá kort 2). Það er svipað og á Klifinu á Patreksfirði og yfir ysta hluta Suðureyrar. Um miðbik svæðisins er línan við rennslisstig $r = 10$ – 10.5 sem er svipað og á svæðum undir Gleiðarhjalla á Ísafirði þar sem hætta er talin minnst.

Eins og fram kemur í inngangsköflum dregur úr áhættu sem nemur u.þ.b. þriðjungi milli rennslisstiga. Því eru hættumatslínur að öðru jöfnu einu (hættumatslína B) og tveimur (hættumatslína A) rennslisstigum neðan við hættumatslínu C. Hættumatslínur A og B ná inn á hættumetna svæðið

yfir hluta byggðarinnar. Hættumatslína B er við rennslisstig $r = 9.5$ yfir ysta hlutanum og fer í $r = 11-11.5$ yfir miðri byggð. Hættumatslína A er við rennslisstig $r = 10.5$ yst og innst og við rennslisstig $r = 12-12.5$ um miðbik byggðar.

Þar sem ekki er búist við stórum krapaflóðum á Þingeyri eru ekki afmörkuð hættusvæði vegna þeirra nema við ytri skurðinn ofan byggðarinnar. Samkvæmt þeim viðmiðunarreglum sem lýst var að framan er sjálfur skurðurinn hættusvæði C. Þar sem nokkrar líkur eru á að ræsi undir Aðalstræti geti teppst í krapaflóði þannig að flóð fari upp úr skurðinum er markað hættusvæði A neðan ysta hluta hans.

Óvissa á matinu er áætluð 2 á öllu svæðinu.

3.2 Grjóthrun og skriður

Eins og komið hefur fram hefur Náttúrufræðistofnun Íslands unnið hættumat vegna grjóthruns og aurskriða. Áhætta af þessum völdum er í aðalatriðum metin svipuð og af völdum snjóflóða við ytri skurðinn og utan hans (Halldór G. Pétursson o.fl., 2004).

4 Niðurstöður hættumats

Helstu niðurstöður hættumatsins eru að hús nr. 39, 41 og 43 við Aðalstræti eru á hættusvæði A.

Eins og sagan gefur til kynna er hættu á aurskriðum og aurböndum krapaflóðum á nokkrum stöðum. Yst í byggðinni er einnig nokkur hættu á grjóthruni. Slíkir atburðir ásamt vatnsflóðum geta valdið umtalsverðu tjóni á eignum en lífi fólks er ekki mikil hættu búin vegna þeirra. Skurðirnir ofan við byggðina draga verulega úr hættu og líkum á tjóni og lögð er áhersla á að þeim verði haldið vel við.

Heimildir

- Esther H. Jensen og Kristján Ágústsson. 2004. *Skriðu- og grjóthrunshættumat*. Veðurstofa Íslands, minnisblað VS-KÁ/EHJ-2004-01.
- Halldór Björnsson. 2002. *Veður í aðdraganda snjóflóða á norðanverðum Vestfjörðum*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 02019.
- Halldór G. Pétursson, Höskuldur Búi Jónsson og Þorsteinn Sæmundsson. 2004. *Hættumat vegna skriðufalla á Þingeyri*. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla 04003.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson. 1998. *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500000. Höggun*. Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hörður Þór Sigurðsson og Kristján Ágústsson. 2004. *Hættumat fyrir Ólafsvík, Snæfellsbæ*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 04007.
- Kristján Ágústsson og Hörður Þór Sigurðsson. 2004. *Hættumat fyrir Ólafsfjörð* Veðurstofa Íslands, greinargerð 04021.
- Kristján Ágústsson. 2004. *Hættumat fyrir Suðureyri*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 04023.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser og Þorsteinn Arnalds. 2002. *Hazard zoning for Bolungarvík*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 02031.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser, Hörður Þór Sigurðsson og Esther H. Jensen. 2003a. *Hazard zoning for Patreksfjörður, Vesturbyggð*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 03029.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser og Hörður Þór Sigurðsson. 2003b. *Hazard zoning for Bíldudalur, Vesturbyggð*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 03034.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds. 1999. *Estimation of Avalanche Risk*. Veðurstofa Íslands, rit 99001.
- Lied, K. og S. Bakkehøi. 1980. Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *J. Glaciol.*, **26**(94), 165–177.
- Páll Líndal. 1982. *Bæirnir byggjast. Yfirlit um þróun skipulagsmála á Íslandi til 1938*. Reykjavík, Skipulagsstjóri ríkisins og Sögufélag.
- Perla, R., T. T. Cheng og D. M. McClung. 1980. A two-parameter model of snow-avalanche motion. *J. Glaciol.*, **26**(94), 197–207.
- Sven 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, Oslo.
- Tómas Jóhannesson. 1998a. *A topographical model for Icelandic avalanches*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 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., 43–52, NGI, Oslo.

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.

Umhverfissráðuneytið. 1997. *Bréf varðandi reglur um snjóflóðahættumat*.

Umhverfissráðuneytið. 2000. *Reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats*.

Veðurstofa Íslands. 1996. *Rýmingarsvæði vegna snjóflóðahættu*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 96002.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser og Harpa Grímsdóttir. 2001a. *Hazard zoning for Ísafjörður, Siglufjörður and Neskaupstaður — General Report*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 01009.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser og Harpa Grímsdóttir. 2001b. *Hazard zoning for Neskaupstaður. Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 01010.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Harpa Grímsdóttir. 2001c. *Hazard zoning for Siglufjörður. Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 01020.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Esther H. Jensen. 2002a. *Hazard zoning for Seyðisfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 02010.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Esther H. Jensen. 2002b. *Hazard zoning for Eskifjörður*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 02015.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson og Harpa Grímsdóttir. 2002c. *Hazard zoning for Ísafjörður and Hnífsdalur. Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 02020.

A Tæknileg hugtök og skilgreiningar

α -horn: Sjónarhorn frá stöðvunarstað snjóflóðs upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 4).

β -horn: Sjónarhorn frá stað í snjóflóðafarvegi þar sem landhalli er 10° upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 4).

α/β -líkan: Staðfræðilegt líkan notað til að spá fyrir um úthlaupslengd snjóflóða og til að færa snjóflóð á milli farvega. Líkanið notar β -horn til 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 verkefni var þróuð af Tómasi Jóhannessyni (1998a,b) og stuðst var við gögn um 45 íslensk snjóflóð. Formúla líkansins er

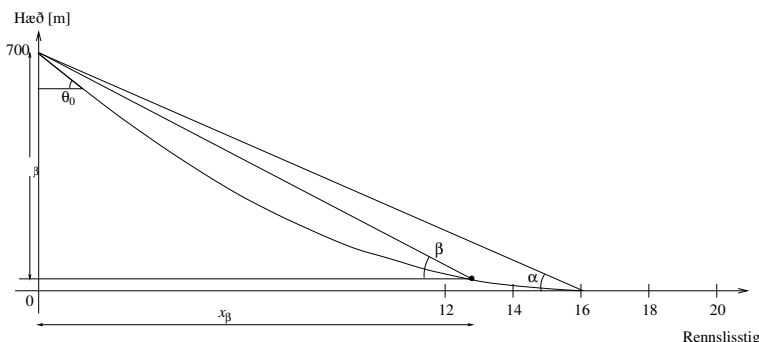
$$\alpha = 0.85 \cdot \beta, \quad \sigma = 2.2^\circ$$

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 α .

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

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



Mynd 4. Staðalbrekka. α -hornið er væntigildi úthlaupshorns snjóflóðs samkvæmt α/β -líkani.

B Kort

Kort1 . Yfirlitskort af Þingeyri og nágrenni og mörk hättumetins svæðis. (A4, 1:10 000).

Kort 2. Niðurstöður líkanreikninga. (A3, 1:7 500).

Kort 3. Hættumat. (A3, 1:7 500).

C Langsnið brauta

Langsnið nr.	Nafn	Farvegur
1	they01aa	innan byggðar
2	they02aa	við þjóðveg
3	they03aa	ofan Brekkugötu 50
4	they04aa	ofan Hlíðargötu 38
5	they05aa	ofan Hlíðargötu 22
6	they06aa	utan við Hlíðargötu 20
7	they07aa	ofan við sparisjóð og barnagæslu
8	they08aa	ofan við Aðalstræti 9
9	they09aa	ofan við Aðalstræti 25
10	they10aa	ofan við Aðalstræti 31
11	they11aa	ofan við Aðalstræti 51
12	they20aa	innri skurður
13	they21aa	ytri skurður