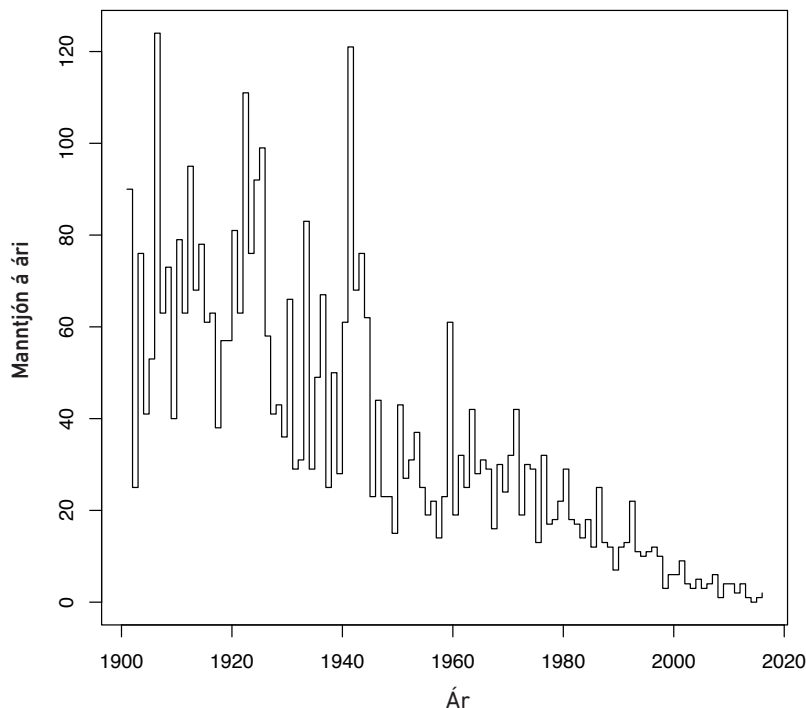


## 12 Náttúruvá og heilbrigðismál

### Samantekt

1. Fjöldi hvassviðra er mjög breytilegur og sýnir verulegar sveiflur milli áratuga. Óljóst er hvort markverðar breytingar verði á tíðni þeirra á öldinni.
2. Úrkomuákefð er mjög breytileg milli ára og aukning síðustu áratuga er vart marktæk. Líklegt er þó að úrkomuákefð aukist á öldinni. Athuga þarf hvort ástæða sé til að uppfæra hönnunarstaðla fyrir fráveitumannvirki til að mæta aukinni ákefð úrkomu í framtíðinni.
3. Brýn þörf er á frekari rannsóknum á áhrifum loftslagsbreytinga á rigningaflóð í þéttbýli, efla þarf athugananet og bæta gögn um landupplýsingar.
4. Líklegt er að rigninga- og leysingaflóð muni taka breytingum við hlýnandi veðurfar.
5. Breytingar á jökulum þýða að tíðni og umfang jökulhlaupa breytist.
6. Skoða þarf betur flóðahættu tengda litlum uppistöðulónum, sérstaklega með tilliti til aukningar á úrkomuákefð.
7. Skipuleg áhættustýring, með formlegu áhættumati, viðbragðsáætlunum og aðgerðum til þess að draga úr tjóni, er vænlegasta leiðin til þess að mæta breytingum áhættu vegna flóða.
8. Með hækkandi sjávarstöðu verða sjávarflóð algengari
9. Rannsóknir hafa varpað nýju ljósi á Básendaflóðið, versta skráða flóð Íslandssögunnar. Nú er talið að í Kvosinni í Reykjavík hafi flóðið verið um 5.2 m en það er sambærilegt við nýlegt mat á 100 ára flóði í Reykjavík<sup>1</sup>. Flóðið var mun hærra annars staðar á Faxalóasvæðinu þar sem gætti ölduáhlaðanda.
10. Mikilvægt er að beitt sé skipulegri áhættustýringu vegna sjávarflóða og að tekið sé tillit til aukinnar flóðahættu við skipulag á lágsvæðum.
11. Ekki er til samræmdur gagnagrunnur um sjávarflóð.
12. Mikilvægt er að í lögum verði komið í veg fyrir að mistök á lægra stjórnsýslustigi skapi skaðabót-ábyrgð á hærra stjórnsýslustigi.
13. Ekki er líklegt að hlýnandi veðurfar hafi úrslitaáhrif á snjóflóðahættu hér á landi á næstu áratugum.
14. Sífreri í háfjöllum hefur verið á undanhaldi við loftslag síðustu ára og gætu efstu hliðar tímabundið orðið óstöðugar. Þörf er á átaki í að kortleggja sífrerasvæði í fjallendi til þess að hægt sé að kanna hvort skriðuhætta í byggð aukist með hlýnandi veðurfari.
15. Líkur á því að gróðureldar valdi verulegu tjóni munu aukast á öldinni.
16. Sérstaklega þarf að huga að áhættu í sumarbústaða-byggðum.
17. Þynning jökla mun leiða til meiri kvikuframleiðslu undir Íslandi. Eðlilegt er að sú umframáhætta sem af þessu kann að stafa sé meðhöndluð sem hluti af heildaráhættumati vegna eldgosa á Íslandi.
18. Eðlilegast er að viðbrögð við aukinni áhættu vegna náttúruhamfara verði skipulögð í tengslum við áhættustýringu á núverandi vá og aðgerðir til að mæta henni efldar.
19. Líklegt er að aukið magn frjókorna og myglugróa geti haft neikvæð áhrif á heilsufar. Einnig má búast við að smitleiðir breytist, m.a. vegna breytinga á tegundasamsetningu skordýra.

## Manntjón vegna sjóslysa frá upphafi 20. aldar



Mynd 12.1 Fjöldi látinna í sjóslysum og í ám og vötnum á landi á hverju ári 1901–2016.

20. Miðað við núverandi styrk heilbrigðiskerfisins bendir ekkert til annars en að það myndi ráða við álag tengt loftslagsbreytingum, en viðbrögð við heilsufarsáhrifum loftslagsbreytinga kunna að fela í sér tækifæri í bættri lýðheilsu í framtíðinni.

### 12.1 Náttúruvá

Fjallað var um náttúruvá í kafla 4.6 í síðustu skýrslu vísindanefndar (V2008) en einnig um sjávarflóð í kafla 4.5 og áhættustýringu vegna náttúruvá í hliðargrein 4A. Sérstaklega voru rædd snjóflóð, rigninga- og leysingaflóð, jökulhlaup, sjávarflóð, skógareldar og eldgos.

Bent var á að ekki eru forsendur til þess að ætla að hlýnandi veðurfar hafi úrslitaáhrif á snjóflóðahættu hér á landi á næstu áratugum. Rigninga- og leysingaflóð munu líklega taka breytingum, vorflóð koma fyrr og gætu orðið sneggrí. Samfara rýrnun jökla má einnig gera ráð fyrir breytingum á jökulhlaupum og hlaup úr ýmsum jaðarlónum geta breyst í náninni framtíð, rétt eins og þau hafa gert á undanförunum áratugum.

Þegar hugsanleg framtíðarþróun áhættu sem tengd er náttúrufari er metin er mikilvægt að hafa í huga að breytingar á slíkri áhættu eru ætíð tvíþættar. Annar þátturinn er hin náttúrufarslega hættu, hún getur vaxið,

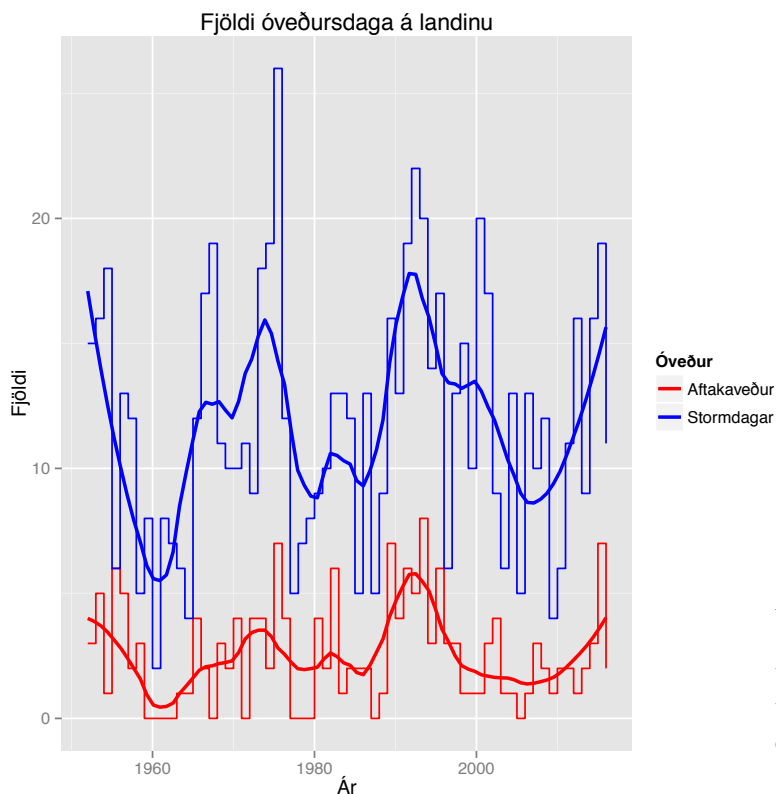
minnkað eða staðið í stað, en hinn felst í breytingum á tjónnæmi þess sem hættan beinist að (sjá skilgreiningar í kafla 4A í V2008). Tjónnæmi getur breyst óháð vanni og þó að breytingar á vá séu oft ill- eða óviðráðanlegar og ófyrirséðar má með skipulegum vinnubrögðum draga úr tjónnæmi, sé vain og umfangsróf hennar í tíma og rúmi þekkt.

Í þessari grein verður fjallað nánar um nokkra fyrrgreindra áhættuþátta. Fyrst verður rætt um þætti sem eru beintengdir veðurlagi, s.s. hvassviðri og rigningaflóð, þá verður fjallað um flóð í ám, sjávarflóð, ofanflóð, skógarelda og loks eldgos.

Mikilvægt er að hafa í huga að áhætta vegna þessara þátta er nú þegar umtalsverð og er eðlilegt að viðbrögð við aukinni áhættu vegna loftslagsbreytinga verði skipulögð í tengslum við áhættustýringu á núverandi vá. Áhættustýring miðar að því að lágmarka tjón af völdum náttúruhamfara, bæði við núverandi aðstæður og einnig ef áhættan breytist með breytingum á veðurfari.

#### 12.1.1 Náttúruvá tengd aftakaveðri

Þanþól íslensks þjóðfélags gagnvart aftakaveðri er mun meira nú en fyrrum. Á tímum landbúnaðarþjóðfélags og útróðrarháttu voru það einkum illviðri - á landi og á sjó, frosthörkur (sérstaklega á auða jörð), fannkomur,



Mynd 12.2 Fjöldi óveðursdaga á Íslandi frá 1949. Til að dagur teljist stormdagur þarf vindhraði að fara yfir 20 m/s á a.m.k. 25% veðurstöðva, ef hlutfallið fer yfir 45% telst það aftakaveður.

hafískomur, vorharðindi, vor- og sumarþurrkar, auk þrálátra rigninga að sumri og hausti, sem líkleg voru til þess að valda efnahagsþrengingum hér á landi.

Þó að sum þessara atriða geti enn verið truflandi þættir í íslensku umhverfi valda þeir ekki sama tjóni og áður var. Atvinnuhættir hafa stórlega breyst og nýjar atvinnugreinar og viðfangsefni hafa komið til sögunnar. Meira öryggis er gætt í atvinnugreinum þar sem slys voru áður algeng og skipulegar aðgerðir til að draga úr hættu og skaða hafa skilað miklum árangri. Dæmi um þetta má sjá á mynd 12.1 sem sýnir árlegt manntjón á íslenskum skipum, auk fjölda látinna í ám og vötnum á landi frá upphafi síðustu aldar<sup>2</sup>. Á fyrri hluta aldarinnar fórust um 60 manns að meðaltali árlega á sjó og sum árin töpuðust meira en 100 mannslíf. Upp úr miðbiki aldarinnar fækkaði dauðsföllum á sjó verulega og í lok aldarinnar voru þau fágæt. Mikilvægt er að hafa í huga að hin náttúrufragslega hætta breyttist ekki mikið á öldinni heldur sýnir myndin hversu miklum árangri er hægt að ná með því að draga úr áhættu. Í þessu tilviki skiptu miklu öflugri floti, betri veðurspá og ýmsar aðgerðir til að bæta öryggi sjómanna.

Þegar hugað er að þanþoli íslensks þjóðfélags gagnvart aftakaveðri skiptir einnig máli að atvinnuhættir hafa stórlega breyst og nýjar atvinnugreinar og viðfangsefni hafa komið til sögunnar. Almenn efnahagslegt

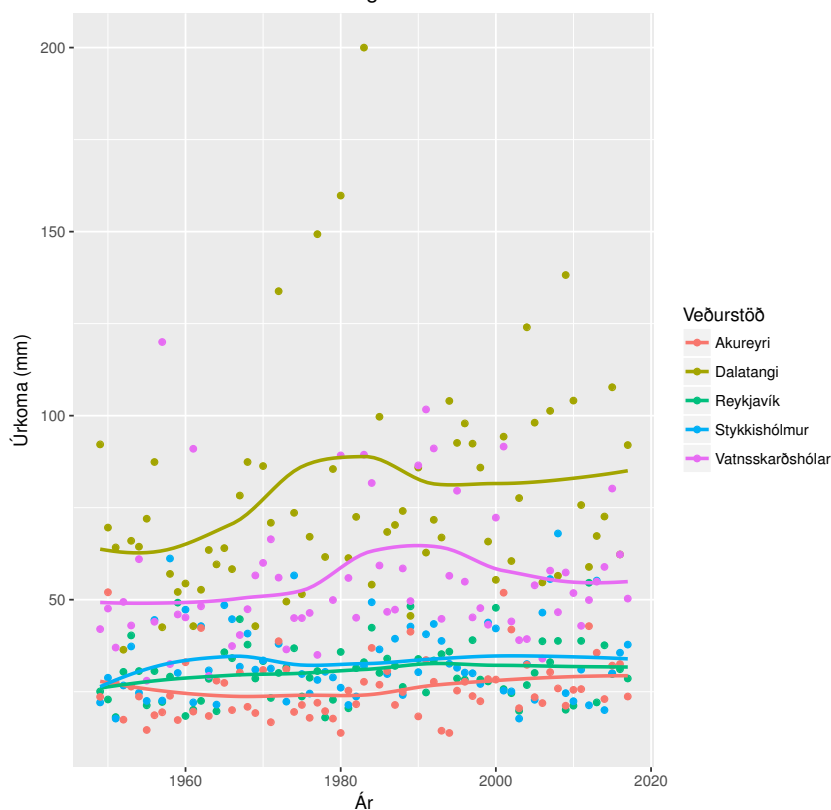
þol hefur stóraukist en samt er tjónnæmi enn umtalsvert, sérstaklega ef litið er á afkomu einstakra atvinnugreina, fyrirtækja og einstaklinga.

Í áhættuskoðun Almannavarnadeildar Ríkislögreglu- stjóra<sup>3</sup> kom fram að í öllum lögregluumdæmum hefur reglulega þurft að takast á við aftakaveður, ófærð, illviðri og hret og í tveimur af hverjum þremur umdæmum var talin þörf á frekari úrlausnum og aðgerðum vegna ofsaveðurs.

Foktjón er tiltölulega algengt á Íslandi en hér er hvassviðrasamara en í nágrannalöndum. Fjöldi óveðursdaga á Íslandi sveiflast verulega milli ára og áratuga. Mynd 12.2 sýnir talningu á stormdögum (þ.e. dögum þar sem vindhraði fer yfir 20 m/s á a.m.k. 25% veðurstöðva) og dögum með aftakaveðri (þar sem hlutfall stöðva er a.m.k. 45%). Myndin sýnir að það eru áratugalangar sveiflur á fjölda illviðradaga en ekki er nein augljós langtímahneigð í röðinni.

Hvassviðri á Íslandi eru yfirleitt samfara lægðum sem ganga framhjá landinu eða yfir það. Ekki er ljóst hvernig gangur lægða mun breytast með hlýnandi veðurfari. Í heildina er líklegt að brautir lægða færast nær pólsvæðum en á þessu eru þó svæðisbundin frávik. Á Norður-Atlantshafi er þannig ekki ljóst að breytingar á lægðagangi verði marktækar við Ísland á komandi öld<sup>4</sup>. Eins og fram kemur í kafla 4.5.1 sýna niðurvarðanir

Mesta sólarhringsúrcoma á ári



Mynd 12.3 Mesta sólarhringsúrcoma hvers árs á fimm veðurstöðvum frá 1949 til 2016. Punktarnir sýna niðurstöður frá mismunandi veðurstöðvum, línurnar eru útjafnaður ferill fyrir hverja stöð.

svæðisbundinna loftslagslíkana ekki miklar breytingar á vindhraðadreifingu, litillega dregur úr tíðni þess að vindhraði í Reykjavík verði fjögur vindstig eða meira. Áreiðanleiki reikninga á breytingum í óveðratíðni er hins vegar ekki mikill og því er ekki að svo stöddu hægt að gera ráð fyrir að tíðni óveðra minnki.

Breytingar í úrkomu eru ræddar í kafla 4 og langtímasveiflur úrkomu á síðustu 100 árum raktar. Einnig er fjallað um líklega aukningu úrkomu á öldinni. Fyrir rigningaflóð skiptir einnig máli hvort úrkomuákefð aukist. Mynd 12.3 sýnir hámarksúrkomu hvers árs á fimm veðurstöðvum fyrir árabilið 1949 til 2016. Þótt hámarksúrkoman aukist á öllum stöðvum um 10–30% á tímabilinu er leitnin ekki tölfræðilega marktæk, enda verulegar sveiflur í mæliröðunum.

Athugun á mögulegri aukningu á 10 mínútna úrkomuákefð í Reykjavík frá 1950 til 2010 leiddi ekki í ljós miklar breytingar, þó að marktækrar aukningar í ákefð yrði vart í ágúst en marktækrar minnkunar í nóvember. Ný greining á úrkomumælingum bendir þó til þess að hönnunarforsendur um 10 mínútna úrkomuákefð þyrfti að hækka um 16%<sup>5</sup>.

Eins og fjallað er um í kafla 4 gefa niðurstöður loftslagslíkana

vísbendingar um aukningu í úrkomuákefð hér á landi til loka aldarinnar. Álíka þróun mun líklega verða í nágrennalöndum, en niðurstöður líkanreikninga benda til þess að úrkomuákefð aukist þar og gæti sólarhringsúrcoma með 20 ára endurkomutíma aukist um 2.5–5% fyrir hverja gráðu sem hlýnar. Þeirrar aukningar kynni einnig að gæta hér á landi<sup>6</sup>.

Í nágrennalöndum verður vart við aukna úrkomuákefð og farið er að gera ráð fyrir ákafari regnskúrum við hönnun fráveitumannvirkja. Hér á landi hafa hönnunarstaðlar ekki verið uppfærðir til að mæta mögulegri aukningu úrkomuákefðar. Greining á fráveitukerfi í miðbæ Reykjavíkur leiddi í ljós að 5 ára flóð veldur þegar verulegu álagi á kerfið og ekki þyrfti mikla aukningu til þess að auka flóðahættu verulega<sup>5</sup>.

Þó að vísbendingar um aukningu á úrkomuákefð geti ekki talist eindregnar benda rannsóknir þó frekar til aukningar. Í ljósi reynslu nágrennalöndanna og niðurstaðna reiknilíkana er mikilvægt að skoða hvort þörf sé á að breyta hönnunarstöðlum fráveitumannvirkja vegna meiri úrkomuákefðar.

Eins og rætt er í grein 11.1 um veitumál eru ýmsar leiðir til þess að bregðast við flóðahættu. Auk hönnunar-

stuðla vegna úrkomuákefðar þarf einnig að huga að afrennsli, en fráveitukerfi eru m.a. háð því hversu mikið af yfirborði er fast (sjá t.d. umfjöllun um blágrænar lausnir). Einnig er vert að ítreka að upplýsingum um úrkomuákefð á þéttbýlisstöðum er ábótavant, hæðarlíkön landupplýsingakerfa eru ófullnægjandi og almennt er lítið um rannsóknir á áhrifum loftslagsbreytinga á flóðahættu í þéttbýli.

### 12.1.2 Flóð í ám

Í V2008 er í köflum 4.2 og 4.6 fjallað um breytingar á rigninga- og leysingaflóðum sem og jökulhlaupum. Að vetri til er leysing algengari á hálendi í um 400 m hæð vestanlands og vetrarflóð því algengari þar en annars staðar á hálendinu. Á hálendari svæðum eru vorflóð algengari. Á þessu kann að verða breyting með hlýnandi veðurfari, þannig að á svæðum þar sem áður gætti helst vorflóða verði vetrarflóð algengari. Tíðni jökulhlaupa breytist líklega samfara því sem jöklar þynnast og hopa. Jökulhlaup verða af völdum eldgosa undir jökulum, úr jökulstífluðum lönnum við jökuljaðra og undir jökulum. Mörg dæmi eru um breytingar á flóðum úr jaðarlönnum í kjölfar jöklabreytinga og því líklegt að slíkt hlaup breytist í framtíðinni. Sem dæmi um nýja áhættu af þessu tagi má benda á að berghrun í jaðarlón gæti valdið flóðum, sjá nánar grein 12.1.4.

Í áhættuskoðun Almannavarna er fjallað um áhættu vegna jökulhlaupa. Þar kemur fram að áhættan liggi víða og kanna þurfi mörg svæði betur. Á Vesturlandi er möguleg hættu talin á jökulhlaupum frá Langjökli og Snæfellsjökli en slíkt hefur þó lítið verið kannað. Í Skagafirði þyrfti að kanna áhættu vegna flóða frá Hofsjökli í Austari-Jökulsá og Hofsa; á Norðausturlandi þarf að gera viðbragðsáætlun vegna jökulhlaupa í Skjálfafljóti og Jökulsá á Fjöllum; og á Austurlandi þarf að kanna hættu á hlaupum í ám norðan Vatnajökuls. Á Suðausturlandi hefur fjöldi jökulhlaupa orðið í gegnum tíðina og þarf að gera viðbragðsáætlanir vegna eldgosa í Vatnajökli, m.a. í Grímsvötnum og Örfajökli. Á Suðurlandi þarf einnig að skoða hættu vegna hlaupa frá Eyjafjallajökli og Mýrdalsjökli, en stór hlaup hafa fylgt eldgosum frá þessum jökulum. Loks má minnst á að í kjölfar umbrota í Bárðarbungu var árið 2014 unnið mat á áhrifum flóða vegna eldgosa þar<sup>7</sup>. Verulegt samfélagslegt tjón gæti orðið vegna slíkra hlaupa,

sérstaklega af flóði á Tungnár- og Þjórsársvæðinu. Nánar er fjallað um flóð vegna eldgosa í grein 12.1.6.

Ákøf flóð hafa einnig orðið hér á landi úr uppistöðulönnum smávirkjana. Sem dæmi má nefna flóð í Gerðubergslæk í Eyjahreppi í janúar árið 1992, í Elliðaám í desember 1998, í Burstabrekkuá í Ólafsfirði í september árið 2004, í Sandá í Laugardal í júní árið 2005, í Djúpadalsvirkjun í Eyjafirði í desember 2006 og Gönguskarðsárvirkjun í Skagafirði í apríl árið 2007<sup>8</sup>. Í sumum þessara flóða varð verulegt tjón og mátti litlu muna að manntjón yrði. Ekki voru orsakir í öllum tilvikum veðurtengdar, en sum flóðin þó tengd aftakaúrkomu. Almennt eru upplýsingar um hönnun lítilla uppistöðulóna af skornum skammti en ljóst er að aukist úrkomuákefð eykst einnig álag á stíflu- og veitumannvirki. Ástæða er til að skoða nánar áhættu sem þessu tengist.

Í kjölfar mikilla úrkomu- og leysingaflóða sem ollu tjóni í desember árið 2006 var ráðist í verkefni sem miðaði að því að kortleggja flóðin, leggja mat á hæð þeirra og byggja upp gagnabanka um söguleg flóð. Hluti af þessu verkefni var að söguleg flóð í Hvítá í Árnessýslu og í Ölfusá voru greind<sup>9</sup>. Á síðustu árum hefur verið unnið að skráningu flóða á vatnasviðum Eyjafjarðarár, Héraðsvatna, Hvítár í Borgarfirði, Lagarfljóts og Skjálfafljóts<sup>10</sup>. Fyrir þessi vatnasvæði voru greindar orsakir 190 flóða og mátti rekja tæpan helming þeirra til leysingar og ríflega fimmtung til samblands leysingar og úrkomu. Helmingur flóðanna voru vetrarflóð sem áttu sér stað frá desember til marsmánaðar, oft með tjóni á samgöngumannvirkjum. Flóð voru tíðust upp úr miðri 20. öld, eða frá 1950 til 1970, en með árunum hefur dregið úr tíðni flóða sem valdið hafa skaða á samgöngumannvirkjum. Þetta stafar líklega af því að mannvirki eru nú traustari en fyrr, því gögn benda ekki til þess að dregið hafi úr flóðum.

Ofangreindar rannsóknir fylgja aðferðafræði sem algeng er við mat á áhættu vegna náttúruvár. Lagt er mat á tjónmættið, í þessu tilviki hvert umfang flóða geti verið, síðan er lagt mat á það tjón sem flóðin geta valdið. Viðbragðsáætlanir, byggðar á viðmiðum um ásættanlega áhættu, eru gerðar til að bregðast við flóðum, og í sumum tilvikum eru lagðar til aðgerðir sem miða að því að draga úr tjóni vegna flóða. Formleg áhættustýring af þessu tagi er vænlegasta leiðin til þess að draga úr því tjóni og álagi

sem flóð geta valdið og einnig til að mæta hugsanlegri breytingu á flóðahættu á komandi öld.

### 12.1.3 Sjávarflóð

Sjávarflóð eru algeng við Íslandsstrendur og á síðustu öld voru að jafnaði sex markverð flóð á áratug<sup>11</sup>. Í nýlegri rannsókn þar sem farið var yfir skráningar um flóð sem finna má í gögnum Veðurstofu Íslands<sup>12</sup> kemur fram að sjávarflóð eru algengari á Suður- og Vesturlandi en Norður- og Austurlandi og algengari að vetri en sumri. Í kafla 5.3 voru raktar sviðsmyndir um sjávarstöðuhækkun við Íslandsstrendur næstu áratugi. Að suðausturströnd landsins frátalinni er líklegast að sjávarstaða muni hækka og því verður að teljast líklegt að sjávarflóð á sumum strandsvæðum verði algengari og skeinuhættari en verið hefur.

Í áhættuskoðun Almannavarna<sup>3</sup> kemur fram að hætta sé á sjávarflóðum í flestum lögregluumdæmum og eru nefndir rúmlega 30 staðir í því sambandi. Í skýrslu Siglingastofnunar um sjóvarnir frá árinu 2011 eru talin upp 66 sjóvarnarverkefni sem ráðast þurfi í, auk 65 annarra verkefna sem þarfnast nánari skoðunar<sup>13</sup>.

#### 12.1.3.1 Endurkomutími flóða í Reykjavík

Í kafla 4.5 í V2008 er fjallað um endurkomutíma sjávarflóða og sýnd tafla með endurkomutíma flóða í Reykjavík miðað við sjávarstöðuhækkun á bilinu 38 til 59 cm. Tekið er fram að bæta megi 20–40 cm við tölurnar ef landsig í Reykjavík helst óbreytt. Hæð flóðs með 100 ára endurkomutíma var metin 5.16 m og tölum um sjávarstöðubreytingar bætt við þá tölu til að meta líklegt 100 ára flóð árið 2100. Nánar er fjallað um merkingu endurkomutíma aftakaatburða í hliðargrein 12A<sup>14</sup>. Besta mæliröð um sjávarstöðubreytingar er frá Reykjavík en þar hafa mælingar verið gerðar frá 1956. Eins og rakið var í kafla 5.3 hefur sjávarstaða á þessu tímabili hækkað að jafnaði um 2.0 [1.4–2.6] mm á ári. Greining á tímabilinu 1996 til 2013 bendir til þess að á þessum tíma hafi hækkunin verið hraðari, eða 2.8 [2.5–3.1] mm á ári<sup>15</sup>.

Á síðustu áratugum hafa nokkrar aðferðir verið reyndar til þess að leggja mat á endurkomutíma sjávarflóða í Reykjavík<sup>16</sup> (mynd 12.4) og ber niðurstöðum vel saman (tafla 12.1).

Rannsókn	100 ára flóðhæð (m)
Jónas Elíasson og Sveinn Valdimarsson (1993, uppfært)	5.14
Samlíkur (2017)	5.15 [5.09–5.22]
Vísindanefnd (2008)	5.16

Tafla 12.1 Niðurstöður nokkurra rannsókna á endurkomutíma 100 ára flóðs í Reykjavík. Til samanburðar er meðalsjávarstaða í Reykjavík um 2.2 m, meðalstórstraumsflóð um 4 m og mesta flóð hvers árs að jafnaði tæpir 4.8 m.

#### 12.1.3.2. Helstu flóð á suðvesturhluta landsins

Hæsta sjávarstaða sem mælst hefur í Reykjavíkurhöfn var 5.09 m mánudaginn 10. febrúar 1997 kl 8:10 að morgni, en aðstæður voru þó ekki slíkar að sjór gengi á land<sup>17</sup>. Hæstu flóð verða þegar saman fara háflæði, lágur loftþrýstingur og vindáhlaðandi. Við þetta getur lagst ölduáhlaðandi sem ræðst af hæð öldunnar á rúmsjó og öldustefnu, auk staðbundinna þátta svo sem sjávardýpis og legu strandar. Í flóðinu þann 10. febrúar 1997 var lítill öldugangur í Reykjavíkurhöfn<sup>18</sup>.

Í Reykjavík hafa orðið flóð þó að sjávarstaða í höfninni mælist ekki mjög há. Þannig varð tjón á göngustígum við Ánanaust og Eiðisgranda í óveðri á Þorláksmessu 2003, þótt sjávarhæð í Reykjavíkurhöfn mældist ekki nema 4.42 m. Í þessu óveðri var vindur af suðvestan og verulegur öldugangur við Ánanaust og Eiðisgranda<sup>19</sup>. Enginn einn áhrifaþáttur var þó afgerandi heldur var samsetning þeirra óheppileg<sup>20</sup>.

Mesta sjávarflóð sem vitað er um á Íslandi varð 8. til 9. janúar 1799 og tók af kaupstaðinn Bäsenda á vestanverðum Reykjanesskaga. Í V2008 er þessum atburði stuttlega lýst og bent á að þótt tölur um flóðhæð á Bäsenda séu nokkuð á reiki sé áætluð flóðhæð langt yfir þeim tölum sem finna megi í töflu V2008 um flóðhæð og endurkomutíma í Reykjavík.

Nýleg rannsókn á Bäsendaflóðinu hefur bætt mjög við þekkingu á líklegum orsökum þessa flóðs<sup>21</sup>. Þar kemur fram að metin flóðhæð við Bäsenda sé afar ólíkleg út frá veðurþáttum einum, heldur sé líklegast að ölduáhlaðandi hafi verið ráðandi. Niðurstaðan er sú að líklegt sé að flóðhæðin hafi verið 6.3–6.5 m við Bäsenda, en í Reykjavík var flóðhæð um metra lægri en þar var ölduáhlaðandi mun minni. Í Kvosinni í Reykjavík var

sjávarstaða metin um 5.2 m, en sjávarstaða var hærri við Lambastaði, eða 5.4 m. Þar gekk sjór yfir eiðið svo að Seltjarnarnes varð eyja.

Básendaflóðið er ekki eina flóðið sem hermt er að hafi gengið yfir eiðið á Seltjarnarnesi, því heimildir eru fyrir því að haustið 1936 hafi í flóði verið hægt að róa báti frá Eiði á Seltjarnarnesi til Skerjafjarðar<sup>22</sup>. Loks er áhugavert að mat á hæð Básendaflóðsins í Kvosinni í Reykjavík er ekki fjarri þeim tölum sem sjá má í töflu 12.1. Því er líklegt að innan nokkurra áratuga verði 100 ára sjávarflóð í Reykjavík hærri en hæð Básendaflóðsins.

### 12.1.3.3 Hækkun sjávarborðs og skipulag strandsvæða

Nokkrir áratugir eru síðan farið var að fjalla um hækkun sjávarborðs við skipulag strandsvæða. Á 9. áratug síðustu aldar var farið að huga að sjó- og flóðavörnum og í kjölfar aftakflóðs á sunnan- og vestanverðu landinu þann 9. janúar 1990 voru unnar tillögur á vegum Skipulags ríkisins í samvinnu við Vita- og hafnamálastofnun og Viðlagatryggingar. Tillögurnar miðuðust við að draga úr hættu á tjóni af völdum sjávarflóða og var m.a. tekið tillit til hugsanlegrar hækkunar sjávarborðs af völdum loftslagsbreytinga. Þær voru gefnar út í tveimur áföngum, 1992 og 1995<sup>23</sup> og var lagt til að ný byggð væri í a.m.k. 30–50 m fjarlægð frá ströndu, og einnig voru gerðar tillögur um lágmarksgólfhæð (gólfkóta). Í tillögunum var gert ráð fyrir að á höfuðborgarsvæðinu yrði gólfkóti á lágsvæðum hækkaður til að mæta hækkun sjávarborðs, landsigi og öldugangi. Vegagerðin vinnur nú að endurskoðun viðmiðunarreglna fyrir lágsvæði<sup>24</sup>.

Í þingsályktunartillögu um landsskipulagsstefnu<sup>25</sup> frá 2016 er kveðið á um að tekið skuli tillit til áhrifa loftslagsbreytinga, þ.m.t. sjávarflóða í skipulagsvinnu sveitarfélaga. Einnig eru ákvæði um að skilgreina skuli strandlínu „við þéttbýli og önnur byggð svæði þar sem hætta stafar af sjávarflóðum og vegna breytinga á sjávarborði í kjölfar loftslagsbreytinga“.

Samkvæmt lögum um sjóvarnir nr. 28/1997 vinnur Vegagerðin að sjóvarnaáætlun þar sem óskir sveitarfélaga eða landeigenda um varnir gegn sjávarrofi og sjávarflóði eru metnar og lagt mat á nauðsyn áætlaðra framkvæmda, hagrænt gildi þeirra og þeim raðað í forgangsroð eftir mikilvægi. Þessi vinna er stöðugt í gangi og er grundvöllur fyrir sjóvarnaáætlun sem er hluti samgönguáætlunar. Yfirleitt eru framkvæmdir við um

10 til 15 sjóvarnaverkefni á hverju ári en með þeim er dregið úr tjónnæmi.

Í skipulagsgögnum sveitarfélaga má víða finna umfjöllun um hættu á sjávarflóðum og aukna áhættu vegna áhrifa loftslagsbreytinga<sup>26</sup>, en hér verður athyglinni beint sérstaklega að höfuðborgarsvæðinu þar sem nokkrar rannsóknir hafa farið fram á áhrifum flóða og skipulagsmálum þeim tengdum.

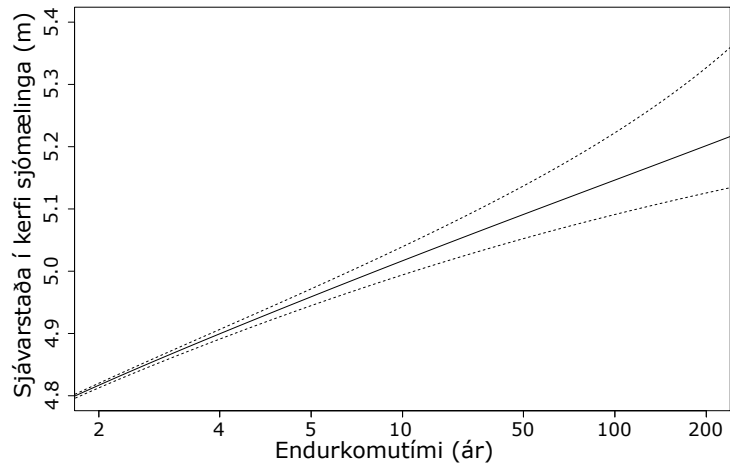
### 12.1.3.4 Áhrif stórflóðs á höfuðborgarsvæðinu

Í nýlegri rannsókn voru áhrif 5.8 m flóðs könnuð fyrir lágsvæði á höfuðborgarsvæðinu<sup>27</sup>. Sjávarborð á höfuðborgarsvæðinu þyrfti að hækka um rúma 0.6 m til þess að 100 ára flóðið næði 5.8 m en það gæti gerst síðla á þessari öld eða á fyrri hluta þeirrar næstu. Flóðahætta reyndist á öllum landfyllingum við ströndina. Auk þess reyndist hætta á flóðum nærri bæjarmörkum við vestanverða strandlengju Reykjavíkur og Seltjarnarness, við Eiðisgranda og í Kvosinni í Reykjavík. Þá er flóðahætta mjög víða á Álftanesi og einnig á svæði þar sem gert er ráð fyrir íbúðabyggð í Elliðaárvogi og undir Ártúnshöfða.

Þó að greinst hafi flóðahætta á öllum landfyllingum við ströndina frá Hafnarfirði inn að Bryggjuhverfi, eru líkur á að þar flæði ekki þær sömu allsstaðar. Fæstar þessara landfyllinga eru fyrir opnu hafi sem dregur úr líkum á að flóð nái 5.8 m. Þannig er t.d. minni hætta á vindáhlaðanda og öldugangi í Sjalandshverfi í Garðabæ en er á landfyllingu við Granda og Örfirisey. En, eins og fram kom í grein 5.3.6, skiptir hér máli til hversu langs tíma er litið. Með stöðugri sjávarstöðuhækkun mun að lokum skapast flóðahætta á öllum lágsvæðum.

Þá ber að hafa í huga að á hafnarsvæðum eru nokkrir möguleikar á að aðlagast hækkun sjávarborðs með því að endurnýja hafnargólf og byggingar. Sama gildir um akbrautir sem liggja með sjónum, en í rótgrónum hverfum er erfiðara um vik og þörf á öðrum vörnum. Í Kvosinni hafa þegar verið gerðar rannsóknir á því hvort verja megi svæðið fyrir verstu flóðum árið 2100<sup>28</sup>. Niðurstaðan var sú að hagkvæmast væri að hækka hafnarbakkana við Austurbakkann, Miðbakkann og Vesturbugt við uppbyggingu á þessum svæðum. Slíkt gæti tryggt bæði Kvosinni og nýjum byggingum við höfnina vörn gegn flóðum. Í sömu rannsókn var einnig skoðað hvort hægt væri að verja landfyllinguna við Örfirisey, en þar var niðurstaðan að varnir væru of

Mynd 12.4 Hæð sjávarflóða í Reykjavík fyrir 2 – 200 ára endurkomutíma. Punktalínur sýna mörk 95% óvissubils (sjá nánar heimild 15).



dýrar og heppilegra að við nýtingu svæðisins væri einfaldlega miðað við að flóð væru möguleg. Þessi rannsókn var gerð áður en nýtt mat á hæð Bäsendaflóðsins í Kvosinni kom fram og niðurstöður byggðar á flóði sem var um 1 m of hátt í lok 21. aldar og mat á kostnaði við fyrirhugaðar varnir því líklega of hátt<sup>28</sup>. Ásýnd þessa svæðis hefur á síðustu árum breyst frá því að vera athafnasvæði sjávarútvegs yfir í ýmiskonar verslun og þjónustu.

Hvað langtímaþróun á höfuðborgarsvæðinu varðar virðist ljóst að með hækkandi sjávarstöðu mun tíðni flóða á lágsvæðum aukast. Kostnaðarsamt getur verið að verjast slíkum flóðum og því mikilvægt að farið sé með gát ef skipuleggja á byggð á lágsvæðum.

### 12.1.3.5 Sjávarflóð og skipulag á höfuðborgarsvæðinu

Í fyrrgreindri rannsókn á flóðahættu á höfuðborgarsvæðinu<sup>18</sup> var kannað sérstaklega hvort farið hefði verið eftir tillögunum frá 1992 og 1995. Í nokkrum tilvikum komu fram misbrestir í eftirfylgd leiðbeininga, og virtist framkvæmdin mismunandi milli sveitarfélaga, og jafnvel milli hverfa innan sama sveitarfélags. Þannig voru dæmi um hús byggð nær ströndinni en gert var ráð fyrir, lágmarksgólfkóti var ekki alltaf tiltekinn í skilmálum deiliskipulags og í sumum tilvikum virðist skilgreining lágmarksgólfkóta jafnvel hafa verið sett í hendur framkvæmdaáðila. Á höfuðborgarsvæðinu má finna mörg dæmi um vönduð vinnubrögð þar sem reynt er að taka tillit til hækkunar sjávar við skipulagsvinnu, en ekki verður litið framhjá þeim tilvikum sem eftirfylgd tillagnanna hefur ekki heppnast sem skyldi.

Loks kom fram að ekki er til samræmdur gagna-

grunnur um tjón af völdum sjávarflóða. Mikilvægt er að slík skráning verði samræmd til þess að stuðla að upplýstri ákvarðanatöku.

Reynsla erlendis frá sýnir að við aftakaflóð fara stundum saman ákóf rigning og há sjávarstaða. Í grein 11.1 er fjallað um fráveitur og bent á að mikilvægt sé að tekið sé tillit til þessa við hönnun og skipulag á lágsvæðum og forðast að staðsetja viðkvæma innviði eða geymslur sem tryggja eigi örugga varðveislu verðmæta í kjöllurum á lágsvæðum.

### 12.1.3.6 Áhættustýring vegna sjávarflóða

Sjávarflóð eru frekar algeng við Íslandsstrendur og með hækkandi sjávarstöðu er líklegt að víða um land verði þau tíðari en verið hefur sem mun auka þörf á sjóvörnum. Við skipulag á lágsvæðum er mjög mikilvægt að tekið sé tillit til þess að sjávarstaða mun hækka á næstu öldum. Í skýrslu V2008 var bent á mikilvægi þess að tryggt væri að við skipulag á lágsvæðum væri miðað við besta mat á líklegri hækkun. Í þingsályktun um landsskipulagsstefnu frá 2016 eru ákvæði um að taka skuli tillit til hækkunar sjávarborðs vegna loftslagsbreytinga.

Eins og fram kom hér að framan ráðast aftakaflóð af óheppilegri samsetningu sjávarfalla, veðurtengdu álagi og ölduálagi. Í grein 5.3 er fjallað um líklegar breytingar á sjávarstöðu, byggt á gögnum úr skýrslu vinnuhóps 1 hjá milliríkjanefnd Sp (IPCC). Í þeirri skýrslu er einnig fjallað um breytingar á hvassviðratíðni og ölduálagi. Eins og fram kom í grein 12.1.1, hér að framan eru ekki vísbendingar um marktæka aukningu hvassviðra og einnig kemur fram í skýrslunni að ekki verði heldur vart við marktæka aukningu á ölduálagi. Niðurstöðum



líkana ber þó ekki velsaman og því telur milliríkjanefndin niðurstöður hvað þetta varðar ótraustar<sup>29</sup>. Mikilvægt er að hafa í huga að ekkert bendir heldur til þess að það dragi úr þessum þáttum og því ekki ástæða til þess ætla að náttúruleg hætta á flóðum minnki á svæðum þar sem afstæð sjávarstöðubreyting er lítil.

Mynd 12.4 sýnir endurkomutíma flóða í Reykjavík. Á myndinni má sjá að minna en 0.1 m munar á flóði með 20 ára endurkomutíma og flóði með 50 ára endurkomutíma, m.ö.o. tiltölulega lítil hækkun sjávarborðs gerir flóð sem áður höfðu 2% árslíkur mun algengari. Álíka reikningar, sem taka tillit til sjávarfalla, vind- og ölduáhláðanda, benda til þess að við Íslandsstrendur þurfi einungis um 0.07 – 0.1 m hækkun sjávarborðs til þess að tvöfalda líkur á flóði sem áður hafði 50 ára endurkomutíma<sup>30</sup>. Gera má ráð fyrir að sama gildi um aðra endurkomutíma, þannig að flóð sem áður hafði 20 ára endurkomutíma hendi að meðaltali á 5 ára fresti eftir tiltölulega litla hækkun sjávarborðs.

Til að glíma við aukna flóðahættu er í skýrslu milliríkjanefndar lagt til að beitt sé skipulegri áhættu- stjórnun og eru nokkrar leiðir ræddar<sup>31</sup>. Bent er á að óvissa um hækkun sjávarstöðu geti skapað vandkvæði fyrir hefðbundna kostnaðargreiningu en í staðinn má beita aðferðum þar sem margar sviðsmyndir eru skoðaðar, og áhersla lögð á aðgerðir sem henta í mörgum þeirra. Einnig sé hægt að fást við óvissu um fram- tíðarþróun með því að veða mögulegar aðgerðir eftir því hversu sveigjanlegar þær eru. Þannig er reynt að forðast eftir megni aðgerðir sem gera illt verra ef sjávarborð hækkar mikið og nefnd dæmi um útfærslur á slíkum stefnum<sup>32</sup>.

Sveigjanleg aðferðafræði af þessu tagi hefur verið viðhöfð á Íslandi um árabil í sjóvarnaráætlun sem er hluti samgönguáætlunar<sup>33</sup>. Í samvinnu við sveitarfélög er þörf á sjóvarnarverkefnum greind og framkvæmdum forgangsraðað með tilliti til þess hvaða varnir gegn sjávarflóðum og sjávarrofi séu mest aðkallandi. Þessi listi er uppfærður reglulega með tilliti til strandrofs, landhæðarbreytinga, sjávarborðsbreytinga og bygginga sjóvarna. Eftir byggingu sjóvarna fellur strandsvæði niður á listanum og að sama skapi getur rof fært strandsvæði ofar á listann.

Við hönnun sjóvarnargarða eru mannvirki hönnuð til að geta staðist ölduálag með um 100 ára endur- komutíma þar sem miðað er við spá um

sjávarborðshækkun u.þ.b. 20 ár fram í tímann. Talið er hagkvæmara að miða við sjávarborðshækkun til 20 ára í stað lengri tíma, sjóvarnir þurfa viðhald og því er hagkvæmara að styrkja þær eftir því sem fram líður og forsendur breytast.

Í skýrslu milliríkjanefndar<sup>31</sup> er bent á að aðferðir til áhættustjórnunar þurfi að vera breytilegar og taka mið af landnotkun. Augljóst sé að annað gildi fyrir mannvirki sem þarfnist viðhalds og uppbyggingar á nokkurra áratuga fresti, en fyrir skipulag íbúðabyggingar eða aðra landnóktun sem flokka megi sem ósveigjanlega. Í slíkum tilvikum geti verið viðeigandi að nýta landsvæðið ekki undir byggingar, heldur gera ráð fyrir því að landið muni flæða. Dæmi um slíka stefnu eru ákvæði um að ný byggð sé í tiltekinni fjarlægð frá ströndu eða aðrar takmarkanir um byggð á lágsvæðum.

Hér að framan var fjallað um tillögur frá 10. áratug síðustu aldar varðandi skipulag á lágsvæðum og fram kom að á höfuðborgarsvæðinu hefði í einhverjum tilvikum verið misbrestur á að þeim tillögum væri fylgt.

#### 12.1.4 Ofanflóð

Í kafla 4.6 í síðustu skýrslu vísindanefndar (V2008) er rakið að þrátt fyrir hlýnandi vetur er ólíklegt að dragi úr tíðni snjóflóða. Þótt hlýnun kunni að valda fækkun snjóflóða utan köldustu vetrarmánaða verður snjóflóða- hætta áfram viðvarandi yfir háveturinn. Í þessu sambandi má taka fram að í gögnum Veðurstofu Íslands bendir ekkert til þess að dregið hafi úr tíðni snjóflóða, en á hlýjum vetrum eru þó vot snjóflóð og krapaflóð algengari en í köldum árum.

Við hop og þynningu skriðjökla geta skapast aðstæður þar sem fjallshlíðar umhverfis þá verða óstöðugar og hætta á skriðuföllum getur aukist. Nýlegt dæmi um slík skriðuföll er berghrun sem féll á ofanverðan Morsárjökul í mars 2007<sup>34</sup> og skriða sem féll á Steinsholtsjökul árið 2012. Sú öra þróun sem hefur átt sér stað undanfarna áratugi í myndun jökullóna við hopandi jökuljaðra hefur einnig aukið hættu á að skriðuföll geti fallið í þessi jaðarlón. Slíkt gerðist árið 1967 þegar stórt bergflóð féll á Steinsholtsjökul og í jaðarlón hans 15. janúar 1967 og olli stórrí flóðbylgju<sup>35</sup>.

Í kafla 4.2.3 í V2008 er stuttlega fjallað um sífrera í háfjöllum og bent á að bráðnun hans geti gert efstu hlíðar óstöðugar tímabundið. Útbreiðsla sífrera á Íslandi er illa þekkt, sérstaklega í fjallendi, en útreikningar sem



Mynd 12.5 Skriðan í Móafellshyrnu í Fljótum. (Ljósmynd Þorsteinn Sæmundsson, 20. september 2012.)

byggðust á veðurgögnum og fjórum rannsóknarborholum<sup>36</sup> benda til þess að í yfir 800–900 m hæð sé sífreri útbreiddur og í heildina þeki sífreri um 8% af landinu, eða um 8000 km<sup>2</sup>. Í fjallshlíðum sem snúa til norðurs getur sífreri myndast mun neðar í fjallinu. Á síðustu árum hafa fallið a.m.k. þrjár skriður með blöndu af ís og lausefnum, árið 2011 í Torfufelli í Eyjafirði, árið 2012 í Móafellshyrnu í Fljótum (mynd 12.5) og 2014 í Árnesfjalli á Ströndum<sup>37</sup>. Öll þessi jarðhlaup koma úr bröttum hlíðum sem snúa móti NV til NA á svæðum sem eru nægilega köld til þess að sífrera gæti. Í Torfufelli og Móafellshyrnu var upptakasvæðið í 750 til 870 m hæð, en í Árnesfjalli var það í 350 m hæð. Þótt ekki sé hægt að fullyrða að þiðnandi sífreri sé orsakavaldur að þessum skriðum eru þær eftir sem áður óyggjandi dæmi um ísblönduð skriðuföll með upptök á sífrerasvæðum. Þó að erfitt sé að spá fyrir um líkur á skriðuföllum hefur jarðskrið í fjalllendi verið rannsakað með bylgjuvíxl-mælingu frá gervihnöttum og þegar er hafið slíkt eftirlit á Seyðisfirði<sup>38</sup>. Brýn þörf er á kortlagningu sífrerasvæða í fjalllendi en slík kortlagning er nauðsynlegur undanfari frekara áhættumats.

### 12.1.5 Gróðureldar

Í kafla 4.6 V2008 er bent á að með meiri framleiðni gróðurs, aukinni útbreiðslu skóga og minnkandi beit aukist hætta á sinu- og skógareldum. Minnkandi snjóhula, auk breytinga á úrkomu að vori og sumri, hafa einnig áhrif á hættuna.

Mestu gróðureldar sem vitað er um á Íslandi urðu

dagana 30. mars til 1. apríl árið 2006. Þeir náðu yfir 73 km<sup>2</sup> landsvæði<sup>39</sup>. Frá árunum 2006 til 2013 urðu 10 gróðureldar sem voru stærri en 1 hektari, fimm þeirra voru stærri en 10 hektarar og tveir stærri en 100 hektarar. Gróðureldar á Íslandi eru algengastir síðla vetrar og fram á vor, oftast vegna íkveikju, en síðustu ár hefur einnig orðið vart elda að sumarlagi<sup>40</sup>. Í áhættuskoðun Almannavarna kemur fram að hætta sé á skógar-, kjarr-, gróður- og sinueldum víða og mikill gróður nærri þéttbýli og sumarhúsabyggð kalli á aukinn viðbúnað. Þegar hefur verið unnin viðbragðsáætlun vegna gróðurelda í Skorradal<sup>41</sup> og unnið er að viðbragðs-áætlunum fyrir fleiri svæði.

Í sumarhúsabyggðum er oft öflug trjárækt og fyrirsjáanlegt er að líkur á tjóni vegna gróður- og skógarelda muni aukast með augljósri hættu á mann- og eignatjóni.

### 12.1.6 Eldgos

Í kafla 4.6 í V2008 er fjallað um rýrnun jökla og aukna kvikuframleiðslu neðarlega í jarðskorpunni vegna farglosunar. Ef þessi kvika næði yfirborði gæti það aukið tíðni eldgosa, eða valdið umfangsmeiri gosum. Mat á því hversu mikið kvikuframleiðsla hefur aukist vegna þeirrar rýrnunar jökla sem þegar hefur átt sér stað nær frá 0.014 km<sup>3</sup> á ári<sup>42</sup> upp í 0.21–0.23 km<sup>3</sup> á ári<sup>43</sup>. Erfitt er að meta hversu mikið af þessari kviku nær yfirborði og hversu langan tíma það kann að taka. Ef gert er ráð fyrir að 25% af kvikunni skili sér til yfirborðs samsvarar það einu Eyjafjallajökulgosi á 7 ára fresti. Þó

að þetta auki líkur á stærri og/eða tíðari gosum, er mikilvægt að hafa í huga að það getur tekið kviku áratugi eða árhundruð að berast til yfirborðs.

Eldgos hafa margþætta v á í för með sér<sup>44</sup>, s.s. hraunrennsli og flóðahættu nærri eldstöðinni, auk gasmengunar og gjóskufalls á stærra svæði. Í áhættuskoðun Almannafræðinganna kemur fram að afleiðingar eldgosa á samfélagið séu mjög víðtækar og að mörg lögregluumdæmi telji þörf á nánari skoðun vegna þeirra. Á undanförunum árum hefur verið unnið að heildaráhættumati vegna eldgosa á Íslandi<sup>45</sup>. Hættumat af þessu tagi er víðfeðmt og kemur inn á marga þætti, allt frá rannsóknnum á eðli og hegðun eldvirkra svæða til fyrirbyggjandi aðgerða og viðbragðsáætlana um hvernig skuli bregðast við náttúruvá af völdum eldgosa. Á vegum verkefnisins hefur þegar verið lokið greiningum á flóðahættu tengdum eldgosum í Kötlu og Örfafjöki<sup>46</sup>, auk mats á áfallaþoli vistkerfa í nágrenni Heklu með tilliti til öskufalls<sup>47</sup>. Eðlilegt er að áhætta vegna hugsanlegrar aukningar á eldgosum sem tengist þynningu jökla sé meðhöndluð sem hluti af slíku mati.

### 12.1.7 Áhættustýring og náttúruvá

Náttúruhamfarir af ýmsum toga hafa valdið íslensku þjóðinni búsigjum síðan land byggðist, en með skipulegri

áhættustýringu er hægt að draga úr tjóni og álagi vegna þeirra. Í þessari grein hefur verið fjallað um áhrif loftslagsbreytinga á nokkrar tegundir náttúruvá. Fyrir hverja þeirra hefur verið rætt um aðgerðir til að stýra áhættu, þ.m.t. að breyta hönnunarstöðlum vegna veðurtengdrar áhættu, gera hættumat vegna flóðahættu í ám og við ströndina, greina ofanflóðahættu vegna þiðnandi sífrera, gera aðgerðaáætlanir vegna hættu á gróðureldum og greina áhættu vegna eldgosa. Þótt einstök verkefni kunni að vera ólík er aðferðafræðin við hættumat og áhættustýringu það ekki.

Áhætta er margþætt hugtak sem í hættumati tvinnar saman líkur á hættulegum atburði og afleiðingum hans. Í hverju tilviki vísar áhætta til ákveðinna samfélagshagsmuna sem hættumatið byggist á. Fyrir hverja tegund náttúruhamfara þarf því að greina hættuna og einnig samfélagslega hagsmuni, ákveða hverjir þeirra eru mikilvægastir og eðlilegast að horfa til við áhættumat. Síðan þarf að ákveða viðmiðunarmörk fyrir ásættanlega eða viðunandi áhættu og grípa til aðgerða í samræmi við það.

Loftslagsbreytingar kunna að auka líkur á sumum náttúruhamförum, sérstaklega hvað varðar árflóð, sjávarflóð, ofanflóð, skógarelda og eldgos. Í þessum þáttum hefur þegar verið hugað að áhættumati og

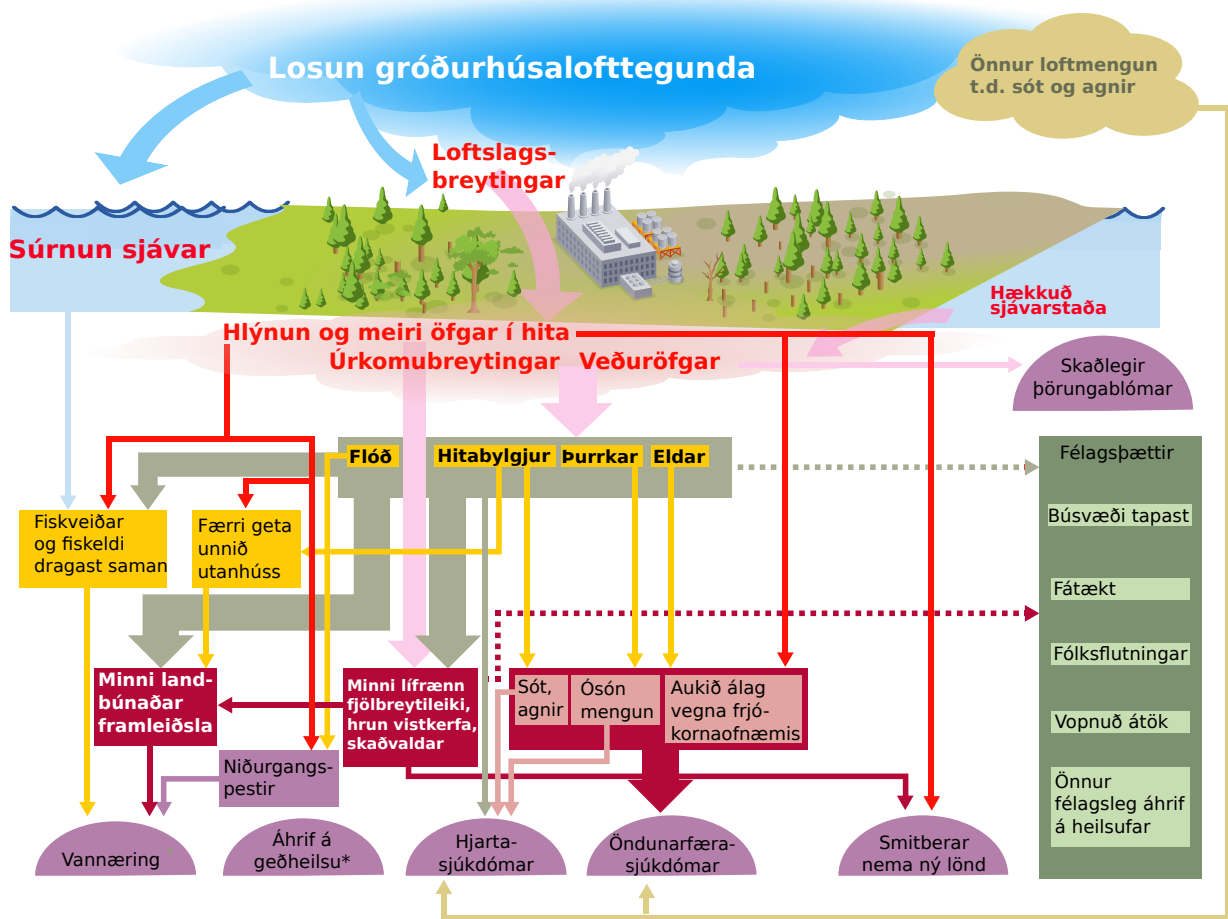
## 12A Um endurkomutíma náttúruhamfara

Margir aftakaatburðir eru þess eðlis að hægt er að leggja mat á líkindi þeirra, jafnvel þó ekki sé hægt að spá fyrir um hvenær þeir gerist. Með réttum gögnum má reikna tíðnidreifingu aftakaatburða og meta líkur þess að þeir verði á tilteknu tímabili. Þegar slíkir útreikningar eru settir fram er gjarnan talað um 10, 50 eða 100 ára atburði - og líkindum lýst með fullyrðingum eins og „100 ára flóð í Reykjavík er 5 m“. Þetta orðalag kann að valda ruglingi því það má túlka sem svo að ef sjávarstaða nái 5 m hljóti að líða 100 ár þangað það gerist næst. Þetta er ekki rétt túlkun, heldur er einungis átt við að líkur þess að flóð verði 5 m eða meira á hverju ári séu 1/100 (eða 1%). Vissulega er það svo að fyrir 1% árslíkur líða að jafnaði 100 ár milli atburða, en fyrir sérhvert 100 ára tímabil getur hent að atburðurinn gerist ekki, gerist einu sinni, tvisvar eða oft. Tafla 12.2 sýnir líkindi þess að 100 ára atburður

gerist a.m.k. einu sinni, tvisvar o.s.frv. á 100 ára tímabili. Svipuð líkindi fást fyrir 50 ára tímabil og „50 ára atburður“ (sem hefur 2% árslíkur) og einnig 10 ára tímabil og „10 ára atburður“ (sem hefur 10% árslíkur).

N	Líkur
1	63%
2	26%
3	8%
4	2%

Tafla 12.2 Líkindi þess að aftakaatburður með 1% líkur gerist a.m.k. N sinnum á 100 ára tímabili. Líkur þess að aftakaatburður gerist aldrei á tímabilinu eru 37% (eða 100–63). Svipaðar tölur fást ef reiknaðar eru líkur fyrir atburður með 2% árslíkur og 50 ára tímabil, eða 10% árslíkur og 10 ára tímabil.



Mynd 12.6 Áhrif loftslagsbreytinga á heilsu. \*Áhrif á geðheilsu eru afleiðing flókinnar samverkunar margra þátta á myndinni. (Aðlagð frá heimild 49.)

stýringu, í mismunandi mæli þó eftir tegund náttúruhamfara. Þó að staða áhættustýringar sé ekki sú sama fyrir allar tegundir náttúruvár er eðlilegast að viðbrögð við aukinni áhættu vegna loftslagsbreytinga verði skipulögð í tengslum við áhættustýringu á núverandi vá og aðgerðir til að mæta henni eflar.

Tryggingar eru mikilvæg leið til að stýra áhættu og á Íslandi veitir VTÍ tryggingavernd gegn náttúruhamförum eins og rakið er í grein 11.5.2.1. Þrátt fyrir þær takmarkanir sem eru á bótaskyldu Viðlagatryggingar má finna dæmi um að greiða hafi þurft tjón sem að hluta mátti rekja til þess að mannvirki hafi verið vanhönnuð eða illa staðsett. Í ljósi þessa er mikilvægt að ábyrgð ólíkra stjórnábyrgð, byggingaraðila og eigenda, sé skýr. Annars er hættu á að mistök á lægra stjórnsýslustigi valdi skaðabótaábyrgð á herra stjórnsýslustigi, t.d. þannig að VTÍ þurfi að greiða fyrir tjón af völdum flóða vegna vanhannaðra eða illa staðsettra mannvirkja.

## 12.2 Heilbrigðismál

Möguleg áhrif loftslagsbreytinga á heilsufar þjóðarinnar voru rædd nokkuð í fyrri skýrslu og stendur sú umfjöllun enn fyrir sínu<sup>48</sup>. Samkvæmt nýrri greiningu má skipta heilsutengdum áhrifum loftslagsbreytinga í sex flokka: smitsjúkdóma, öndunarfærasjúkdóma, vannæringu, hjartasjúkdóma, áhrif á geðheilsu vegna samverkandi áhrifa annarra þátta og áhrif vegna hættulegs þörungablóma (mynd 12.6)<sup>49</sup>. Álag vegna þessara flokka er mismunandi fyrir ólíka samfélagshópa og milli svæða.

Líklegt er að heilsutengd áhrif loftslagsbreytinga á Íslandi muni tengjast smitleiðum vegna breytinga á tegundasamsetningu skordýra, aukinnar tíðni öndunarfærasjúkdóma vegna breytinga á gróðurfari og vaxandi magns frjókorna og myglugróa. Rannsóknir frá Norður-Ameríku norðan 44. breiddarbaugs sýna til dæmis að frjókornatímabil hefur lengst frá 13 í 27 daga<sup>50</sup> og

rannsóknir frá Sviss sýna aukningu í magni birkifrjókorna á árunum 1969–2006<sup>51</sup>. Eins og fjallað var um í kafla 9.3 mun skóglendi hér á landi aukast og því líklegt að birkifrjó aukist einnig. Fylgni hefur einnig verið staðfest á milli aukinnar tíðni myglu og loftslagsbreytinga vegna herra rakastigs, og búist er við að tíðni myglu innandyra á köldum svæðum geti aukist um 5–10%<sup>52</sup>.

Loftslagsbreytingar geta aukið fólksflutninga til landsins frá fátækari heimshlutum og leitt til aukinnar tíðni sjúkdóma hérlendis. Ólíklegt er að önnur áhrif, svo sem áhrif hitabylgna á hjartasjúkdóma, áhrif á

vannæringu vegna uppskerubrests eða flóða verði umtalsverð hér á landi. Mögulegt er jafnvel að fækkun kaldra daga muni hafa jákvæð heilsutengd áhrif.

Í fyrri skýrslu vísindanefndar kom fram að miðað við núverandi þrótt heilbrigðiskerfisins benti ekkert til annars en að það myndi ráða við álag tengt loftslagsbreytingum. Nýleg rannsókn sýndi að viðeigandi viðbrögð við áhrifum loftslagsbreytinga á heilsu fælu í sér mikil tækifæri í bættri lýðheilsu til framtíðar<sup>49</sup>. Ástæða þykir því til að fylgjast vel með og bregðast við með viðeigandi hætti.

## Tilvísanir

- 1 Allar sjávarstöðutölur hér eru í hnitakerfi Sjómælinga og 5 m flóð er því flóð sem nær 5 m hæð í því hnitakerfi.
- 2 Fjöldi látinna í sjóslysum er ráðandi í tölum á myndinni. Heimildir: Hagskinna, Hagstofan, 1997; Slysavarnafélagið Landsbjörg, 2001–2013; Rannsóknarnefnd samgönguslysa, 2013–2016.
- 3 Guðrún Jóhannsdóttir (ritstj). Áhættuskoðun almannavarna 2011. Ríkislögreglustjórinn almannavarnadeild. Reykjavík.
- 4 Sjá mynd 12.20 Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver & M. Wehner, 2013. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, auk umfjöllunar í kafla 14.6 í Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie & T. Zhou, 2013. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. Báðir þessir kaflar eru í fimmtu matskýrslu Milliríkjanefndar Sp, sjá athugasemd 2 í kafla 3. Taka má fram að milliríkjanefndin notar orðalagið „low confidence“ um áreiðanleika reikninga á breytingum á lægðabrauta á Norður-Atlantshafi (sjá kafla 12.4.4.3).
- 5 Ásta Ósk Hlöðversdóttir 2010. Impacts of Climate Change on Wastewater Systems in Reykjavík, 2010. MSc. Thesis Faculty of Civil and Environmental Engineering and Natural Sciences, University of Iceland, Reykjavík. Sjá einnig umfjöllun í grein 11.1 um þessa rannsókn.
- 6 Sjá mynd 12.27 í skýrslu vinnuhóps 1 hjá IPCC 2013, sjá heimild 4.
- 7 Ríkislögreglustjóri og Viðlagatrygging 2014. Greining á áhrifum flóða á kjölfar eldgosa í Bárðarbungu. Mikilvæg úrlausnarefni.
- 8 Sjá nánar á tímarit.is.
- 9 Emmanuel Pagneux, Guðrún Gísladóttir & Árni Snorrason 2010. Inundation extent as a key parameter for assessing the magnitude and return period of flooding events in southern Iceland. Hydrological Sciences Journal, 55, 704-716.
- 10 Emmanuel Pagneux ofl. 2017. Flóð á vatnasviðum Eyjafjarðarar, Héraðsvatna, Hvitár í Borgarfirði, Lagarfljóts og Skjálfafljóts: I. Yfirlit yfir orsakir, stærð og afleiðingar sögulegra atburða. Veðurstofa Íslands VI-2017-007.
- 11 Talan 6 flóð á áratug er byggð á samantekt Páls Imslands og Þorleifs Einarssonar frá 1991: Sjávarflóð á Eyrarbakka og Stokkseyri - um tíðni þeirra og orsakir og rannsóknir á strandjarðfræði hérlendis Reykjavík, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands. RH-01-09, – en þar eru tiltekin 54 markverð sjávarflóð við Íslandsstrendur á fyrstu 90 árum síðustu aldar. Í skýrslunni Sjávarflóð á Íslandi (sjá 12) eru tiltekin 147 flóð á síðustu öld, en þar eru einnig minni flóð á skrá. Þessar tölur eru líklega vanmat á raunverulegri flóðatíðni því flóð sem ekki valda tjóni eru ólíkleg til að rata í skrár. Flóð sem valda verulegu tjóni eru mun færri og talningar sem þessar háðar því hvernig markverð sjávarflóð eru skilgreind.
- 12 Sjá skýrslu Guðrúnar E. Jóhannsdóttur 2017. Sjávarflóð á Íslandi Veðurstofa Íslands VI-20017-008.
- 13 Yfirlitsskýrsla um sjóvarnir árið 2011, Siglingastofnun, sjá einnig umfjöllun í grein 12.1.3.3. Í svari umhverfisráðherra vegna fyrirspurnar Lilju Rafneyjar Magnúsdóttur um sjávarflóð og sjávarrof (146. löggjafarþing, þingskjal 754–442) kemur fram að þau umdæmi sem hafi óskað eftir nánara mati í áhættuskoðun Almannavarna „séu undir við gerð sjóvarnaáætlunar þar sem sveitarstjórnir koma á framfæri óskum sínum um sjóvarnir“.
- 14 Sjá hliðargrein 12A Um endurkomutíma náttúrhamfara.
- 15 Matthías Ásgeirsson, Tandri Gauksson og Halldór Björnsson 2017. Öfgagreining á flóðhæðum í Reykjavík og Patreksfirði: Prófun á þröskuldsaðferð og samlíkum. Veðurstofa Íslands, VI 2017-003.
- 16 Sjá nánar Jónas Eliasson og Sveinn Valdimarsson 1993. Flóðhæðir í Reykjavíkurborg. Reykjavík, Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, í heimild 15 og í V2008. Fyrir Jónas og Svein hefur verið tekið tillit til sjávarfirborðshækkunar með því að bæta 6 cm við niðurstöðurnar. Í heimild 15 voru notaðar þrjár ólíkar aðferðir, hér er notuð niðurstaða samlíkindareikninga sem er sú aðferð sem höfundar mæla með. Tölur eru í hæðakerfi Sjómælinga, en sjávarstöðutölur í því kerfi eru 1.82 m hærra en tölur í hæðakerfi Reykjavíkurborgar.
- 17 Að morgni hins 10. febrúar 1997 var háflæði eftir að loftþrýstingur hafði fallið frá 990 hPa niður í tæplega 955 hPa á sólarhring. Þó að allhvasst hafi verið aðfaranótt mánudags dró úr vindi síðla nætur og því ólíklegt að vindáhlaðandi hafi verið ráðandi. Loftvægi stóð lægst um hádegi, um 945 hPa, en þá hafði fallið frá og sjávarstaða var tæplega 2.5 m. Þótt sjávarstaðan hafi verið mjög há um morguninn gekk sjór ekki á land.
- 18 Sjá greinargerðina Hækkuð sjávarstaða á höfuðborgarsvæðinu. Áhrif og aðgerðir 2016. VSÓ ráðgjöf, Reykjavík.
- 19 Einar Helgason og Hlíf Ísaksdóttir 2007. Ánanaust – Eiðsgrandi Sjóvarnir Almenna Verkfræðistofan.
- 20 Sigurður Sigurðarson, 2004, Álagsforsendur sjóvarna við Ánanaust, Eiðsgranda og norður- og vesturhluta lands við gömlu höfnina. Siglingastofnun.
- 21 Gíslí Viggósson, Jónas Eliasson og Sigurður Sigurðarson 2016. Ákvörðun á flóðhæð í Básendaflóði. Áfangaskýrsla til rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar.
- 22 Í greinargerð Þorbergs Þorbergssonar 1980. Verkamannabústaðir við Eiðsgranda í Reykjavík. Sjávarhæð og grundun húsa – er vitnað í Meyvant Sigurðsson sem segir: „Hjá Ísaki á Bjargi stóðu kýr í hækla af vatni inni í fjósi. Sjávarhæð var slík, að róandi var frá Eiði til Skerfjafjarðar og mýrin öll á kafi“. Meyvant segir þetta hafa verið í óveðrinu þegar franska rannsóknarskipið Pourquoi Pas? sókk, þ.e. aðfaranótt 16. september 1936. Sú dagsetning er þó líklega misminni því þrátt fyrir ítarlegar lýsingar á afleiðingum óveðursins í dagblöðum þessa tíma er ekki minnst á flóð við Seltjarnarnes, en hins vegar segir í Alþýðublaðinu þ. 30 október sama ár frá flóðum þ. 29. og er haft eftir ábúanda í Nesi (Kristínu Ólafsdóttur) að hún hafi aldrei áður séð slík flóð. Í þeirri grein kemur fram að víða hafi flætt yfir veginn suður á Nes. Ólíklegt er að Seltjarnarnes hafi verið umflotið tvívegis sama haustið.

- 23 Sjá Fjarhitun 1992. Skipulags- og byggingarreglur á lágsvæðum þar sem hættu er á flóðum. Reykjavík: Skipulag ríkisins. og einnig Fjarhitun hf. 1995. Lágsvæði, 2. áfangi Skipulags- og byggingarráðstafanir og sjóvarnir. Reykjavík: Skipulag ríkisins.
- 24 Sjá verkefnið Lágsvæði, viðmiðunarreglur fyrir landhæð sem styrkt var af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar 2016. Sjá nánar Þórir Ingason. 2017. Ársskýrsla 2017. Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar, maí 2017.
- 25 Þingsályktun um landsskipulagsstefnu 2015–2026, samþykkt á Alþingi 16.03.2016 [www.althingi.is/altext/145/s/1027.html](http://www.althingi.is/altext/145/s/1027.html)
- 26 Sjá t.d. VSÓ Ráðgjöf, 2013, Umhverfisskýrsla C-1 fyrir Aðalskipulag Reykjavíkur; Ísafjarðarbær, 2015, Deiliskipulag Suðurtangi hafnar og iðnaðarsvæði og Bjarki Jóhannesson, 2017, Aðalskipulag Akureyrar 2018 – 2030 – drög til kynningar.
- 27 Sjá skýrslu VSÓ 2016; heimild 18). Flóðhæðin hér er í hnitakerfi Sjósmælinga, en 5.8 m í því kerfi eru 4 m í kerfi Reykjavíkurborgar. Í rannsókninni sem vitnað er til er hnitakerfi Reykjavíkur notað og því talað um 4 m flóð. Sjávarborð á höfuðborgarsvæðinu þyrfti að hækka um rúma 0.6 m til þess að 100 ára flóðið næði 5.8 m en það gæti gerst síðla á þessari öld eða á fyrri hluta þeirrar næstu.
- 28 Sjá Anna Heiður Eyðisdóttir 2015. Flóðavarnir fyrir Kvosina. Verkfræðistofan Efla, Reykjavík. Benda má á að hönnunarflóðið í þessari skýrslu miðaðist við eldar mat á hæð Bäsendaflóðs í Reykjavík, að viðbættum 1.4–2.0 m vegna sjávarstöðuhækkunar frá lokum 18. aldar til loka 21. aldar. Síðan skýrslan kom út hefur mat á hæð Bäsendaflóðs í Kvosinni lækkað eins og rakið er í grein 12.1.3.2. Ef nýtt mat er notað lækkar hönnunarflóðið um nálega 1 m sem bæði dregur úr tjóni og nauðsynlegum sjóvörnum. Þó að þessari flóðahæð verði að lokum náð, því sjávarfirborðshækkun mun halda áfram öldum saman, er eftir sem áður mikilvægt að þessi rannsókn verði endurtekin fyrir lægra hönnunarflóð árið 2100.
- 29 Sjá umfjöllun í kafla 13.7.3 í AR5WG1 (sjá tilvitnun 2 í kafla 3) Milliríkjanefndin notar orðalagið „low confidence“ um áreiðanleika reikninga á svæðisbundnum breytingum á öldufari og breytinga á lægðabraumum á Norður-Atlantshafi (sjá kafla 12.4.4.3. í AR5WG1).
- 30 Vitousek Sean, Barnard Patrick L., Fletcher Charles H., Frazer Neil, Erikson Li, & Storlazzi Curt D. Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. *Scientific Reports*, 7(1):1399, 2017.
- 31 Wong, P.P., I.J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K.L. McInnes, Y. Saito & A. Sallenger 2014. Coastal systems and low-lying areas. Í *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (ritstj.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA, bls. 361-409.
- 32 Í heimild 31 er rætt um áhættustýringu strandflóða í Bretlandi (Thames Estuary Plan 2100), Hollandi (Delta Program) og sjóvarnarstefnu New York borgar.
- 33 Sjá umfjöllun um heimild 13 og grein 12.1.3.3. Umsjón þessa verkefnis er nú á forræði Vegagerðarinnar.
- 34 Þorsteinn Sæmundsson, Ivar Sigurðsson, Halldór G. Pétursson, Helgi Páll Jónsson, Armelle Decaulne, Matthew J. Roberts & Esther Hlíðar Jensen, 2011, Bergflóðið sem féll á Morsárjökull 20. mars 2007 – hverjar hafa afleiðingar þess orðið? *Náttúrufræðingurinn* 81 (3–4) 131-141.
- 35 Guðmundur Kjartansson 1968. Steinsholtshlaupið 15. janúar 1967. *Náttúrufræðingurinn*, 42(4) 120-169.
- 36 Etzelmüller, B., Farbrót, H., Guðmundsson, Á., Humlum, O., Tveito, O. E. & Björnsson, H. 2007, The regional distribution of mountain permafrost in Iceland. *Permafrost Periglac. Process.*, 18: 185–199.
- 37 Sjá nánar Sæmundsson, P, C Morino, JK Helgason, SJ Conway & HG Pétursson. 2018. The triggering factors of the Móafellshyrna debris slide in northern Iceland: intense precipitation, earthquake activity and thawing of mountain permafrost. *Science of The Total Environment*, 621,1163-1175, [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.111](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.111). Einnig: Sæmundsson, P., Helgason, J.K. and Pétursson, H.P. 2014b: Decline of mountain permafrost and the occurrence of recent large debris slides in Iceland. *European Geosciences Union, General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April – 02 May 2014*.
- 38 Sigurjón Jónsson. 2009. Slope creep in East Iceland observed by satellite radar interferometry, *Jökull*, 59, 89-102. Eftirlit með grjóttjökli í Strandartindi fyrir ofan athafnasvæði á Seyðisfirði er nýlega hafið (Tómas Jóhannesson, persónul. uppl.) sjá m.a. umfjöllun í „Boða eftirlit með sífrera í Strandartindi“, *Vísir*, 18. Febrúar 2018 (<http://www.visir.is/g/2018180219022>).
- 39 Próstur Þorsteinnsson, Borgþór Magnússon og Guðmundur Guðmundsson 2008. *Sinældarnir miklu á Mýrum 2006. Náttúrufræðingurinn* 76 (3–4), 109–119.
- 40 Próstur Þorsteinnsson. 2014. Árstíðabreytingar í tíðni gróðurelda á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 84 (1–2), 19 – 26.
- 41 Ríkislögreglustjórinn ofl., 2013, Viðbragðsáætlun vegna gróðurelda í Skorradal. *Almannavarnardeild Ríkislögreglustjóra*.
- 42 Pagli, C. & F. Sigmundsson. 2008. Will present day glacier retreat increase volcanic activity? Stress induced by recent glacier retreat and its effect on magmatism at the Vatnajökull ice cap, Iceland, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L09304, [doi:10.1029/2008GL033510](https://doi.org/10.1029/2008GL033510).
- 43 Schmidt, P., B. Lund, C. Hieronymus, J. Maclennan, T. Árnadóttir & C. Pagli 2013. Effects of present-day deglaciation in Iceland on mantle melt production rates, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 118, 3366-3379, [doi:10.1002/jgrb.50273](https://doi.org/10.1002/jgrb.50273).
- 44 Sjá yfirlit í Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason 2013. *Náttúruvá á Íslandi, Eldgos og jarðskjálftar. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan*.
- 45 Hættumat vegna eldgosu er unnið innan verkefnisins GOSVÁ en að því standa Veðurstofa Íslands Almannavarnardeild Ríkislögreglustjóra, Jarðvísindastofnun Háskólans, Landgræðsla ríkisins og Vegagerðin.
- 46 Sjá Magnús Tumi Guðmundsson, Emmanuel Pagneux, Matthew J. Roberts, Ásdís Helgadóttir, Sigrún Karlsdóttir, Eyjólfur Magnússon, Þórdís Högnadóttir og Ágúst Gunnar Gylfason. 2016. *Jökulhlaup í Örafum og Markarfljóti vegna eldgosu undir jökli: Forgreinng áhættumats*. Reykjavík JHÍ, VÍ, Almavarnardeild RLS. Ítarlegri greinargerð má finna í Pagneux, E., Gudmundsson, M. T., Karlsdóttir, S. &

- Roberts, M. J. (ritstj.) 2015. Volcanogenic floods in Iceland: An assessment of hazards and risks at Örfafajökull and on the Markarfljót outwash plain. Reykjavík: IMO, IES-UI, NCIP-DCPEM.
- 47 Elin Fjöla Þórarinsdóttir, Fanney Ósk Gísladóttir, Arna Björk Þorsteinsdóttir, Sigmundur Helgi Brink og Guðmundur Halldórsson, 2017. Kortlagning á áfallaþoli vistkerfa í nágrenni Heklu með tilliti til óskufalls Landgræðsla Ríkisins.
- 48 Sjá kafla 4.7.4 í V2008.
- 49 Watts, N ofl. 2017 The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *Lancet* 389 1151 – 1164.
- 50 Ziska L. ofl. 2011. Recent warming by latitude associated with increased length of ragweed pollen season in central North America, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(10): 4248–4251.
- 51 Frei T. & Gassner E. 2008. Climate change and its impact on birch pollen quantities and the start of the pollen season an example from Switzerland for the period 1969-2006., *Int J Biometeorol*, 52(7):667-74.
- 52 Jaakkola M.S ofl. 2011. Indoor dampness and mold problems in homes and and asthma onset in children. Í Braubach M., og fleiri (ritstj.) í *Environmental burden of disease associated with inadequate housing – a method guide to the quantification of health effects of selected housing risks in the WHO European region*. 2011, World health organizaion, Geneva, Switzerland, 5-31.