

Fjallabyggð



Siglufjörður – Mat á öldufari við niðurbrot á Siglunesi



Sigurður Sigurðarson
Morgan Priet-Maheo
Fannar Gíslason
Útgáfa A - Janúar 2021



Útgáfa	Dagsetning	Endurskoðun	Útgefið af	Útgefið til
Útgáfa A	2021.01.25		SS, FG	
Upplýsingar um skýrslu				
Verkkaupi:				
Verkefni:	Siglufjörður - Mat á öldufari við niðurbrot á Siglunesi			
Verkefnisnúmer.:				
Aðgengi:	<input checked="" type="checkbox"/> Ópið	<input type="checkbox"/> Dreifing háð samþykki verkkaupa	<input type="checkbox"/> Lokað	
Höfundar:	Sigurður Sigurðarson, Morgan Priet-Maheo og Fannar Gíslason			
Tilvísun:	Sigurður Sigurðarson, Morgan Priet-Maheo og Fannar Gíslason, 2020. Siglufjörður - Mat á öldufari við niðurbrot á Siglunesi. Vegagerðin			
Forsíðumynd	Guðmundur Stefán Sigurðarson, Minjastofnun Íslands, 2017			



Helstu niðurstöður

Öldufarsreikningar sýna að Siglunes skýlir Siglufirði fyrir öldum. Ölduhæð innarlega á firðinum er mun lægri en á Héðinsfirði, næsta firði austan Siglufjarðar yst á Tröllaskaga, og skýrir þetta búsetu á Siglufirði en ekki í Héðinsfirði. Því er eðlilegt að spurt sé hvort að öldufar á Siglufirði komi til með að breytast við aukið landbrot á Siglunesi.

Í dag tengir örmjótt haft ytri hluta nessins og fastalandið. Töluvert landbrot hefur átt sér stað á undanförunum áratugum. Á tímabilinu 1945 til 2009 nam rofið um 20 metrum eða um þriðjungur úr metra á ári.

Áhrif mögulegs niðurbrots Sigluness eru skoðuð með öldufarsreikningum. Þetta er skoðað fyrir þrjú stig af rofi, í fyrstalagi að allt nesið hafi rofið niður í fjöruborð, og síðan enn neðar, eða niður á 2 og 5 m dýpi. Í öllum tilvikum er rofið látið ná yfir allt nesið.

Niðurstöður öldufarsreikninga á meðalstórstraumsflóði fyrir rof Sigluness niður í fjöruborð sýna að áhrifin eru mjög lítil. Úti í djúpálnum á móts við Brjótinn hækkar ölduhæð kenniöldu mest um 2 til 3 sentimetra fyrir ölduhæð á bilinu 0,7 til 0,9 m. Innar á móts við Bæjarbryggjum nemur hækkun um 1 sentimetra fyrir ölduhæð sem er um og yfir 0,3 m. Upp við bryggjurnar sjálfar þar sem skipin liggja, Löndunarbryggju SR innan við Brjótinn og við Bæjarbryggju, er hækkunin ekki nema lítil hluti þessarar aukningar. Því má leiða líkur að því að hækkun öldu við niðurbrot Sigluness niður í fjöruborð verði vart merkjanleg.

Við aukið rof, niður á 2 m dýpi, þá er aukning á ölduhæð á meðalstórstraumsflóði umfram það sem var við rof niður í fjöruborð vart merkjanleg. Við þessar aðstæður er heildar dýpi á grynningunum, þar sem Siglunes er nú, rúmum 3 m á stórstraumsflóði. Nái rofið niður á 5 m dýpi er aukning á ölduhæð heldur meiri en fyrir rof niður á 2 m dýpi.

Áhrif sjávarstöðu á ölduhæð voru könnuð með tveimur dæmum, annars vegar með óbreyttu Siglunesi og hins vegar eftir rof nessins niður á 5 m dýpi. Í báðum tilvikum hækkar aldan á móts við Brjótinn um 4 til 5 sentimetra fyrir hverja hækkun sjávarhæðar um 0,5 m og um 2 til 3 sentimetra við Bæjarbryggju.

Hér er það metið sem svo að gangi allt eftir, að rofið nái niður á 5 m dýpi og að sjávarstaða hækki um 0,5 til 1,0 m vegna loftslagsbreytinga, þá er líklegt að þess muni verða vart við hafnarkanta á Siglufirði. Nái rofið hins vegar ekki lengra en niður á 2 m dýpi og sjávarstöðuhækkun nemi ekki meira en um 0,5 m er hins vegar ekki líklegt að breytingar verði merkjanlegar.

Heildarniðurstaða þessarar athugunar er sú að niðurbrot Sigluness hefur mun minni áhrif en búast hefði mátt við. Grundvöllur þessarar niðurstöðu er að áfram verði neðansjávar hryggur með grynningum þar sem Siglunesið er nú. Því þarf að fylgjast með niðurbrotinu, ekki bara ofansjávar heldur ekki síður neðansjávar.

Í skýrslunni hafa niðurstöður öldufarsreikninga verið túlkaðar með tilliti til hreyfinga skipa við hafnarkanta. Ekki hefur verið lagt mat á aukna flóðahættu vegna hærri öldu inn við eyrina. Það þarf að gera í sérstakri skoðun.



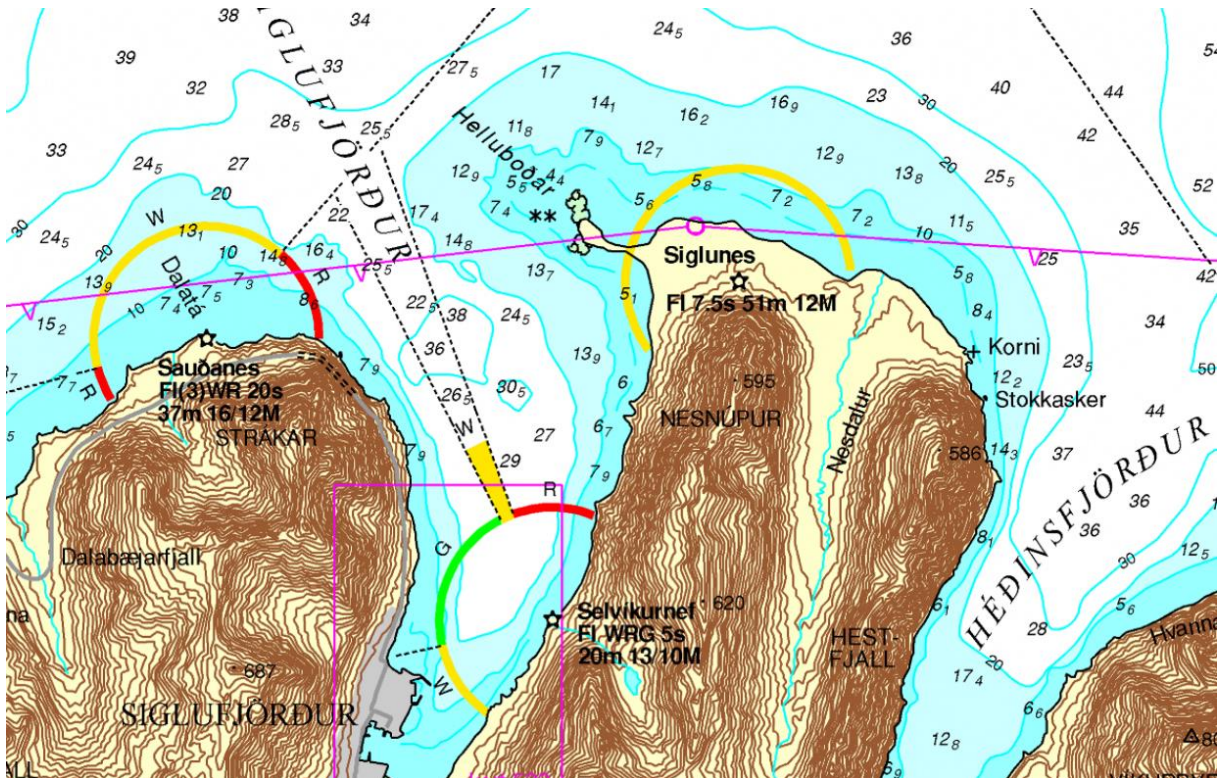
Efnisyfirlit

1	INNGANGUR	3
2	DÝPTARGRUNNUR	5
3	UPPSETNING REIKNILÍKANS FYRIR ÖLDUFARSREIKNINGA	7
3.1	BOTN OG REIKNINET	7
3.2	INNTAKSSTÆRÐIR ÖLDUFARSREIKNINGA	10
3.2.1	Öldur á hafi	10
3.2.2	Vindur á hafi	10
3.2.3	Sjávarföll og sjávarhæðir	11
3.3	UPPSETNING REIKNILÍKANS	11
4	NIÐURSTÖÐUR ÖLDUFARSREIKNINGA	12
4.1	ÚTBREIÐSLA ÖLDU AF HAFI OG INN Á SIGLUFJÖRÐ	13
4.2	NÚVERANDI AÐSTÆÐUR, ÖLDUHÆÐ VIÐ SIGLUNES OG Á SIGLUFIRÐI	15
4.3	ÁHRIF NIÐURBROTS EÐA ROFS SIGLUNESS Á ÖLDUHÆÐ Á SIGLUFIRÐI	18
4.3.1	Áhrif rofs niður í fjöruborð, í kóta 0,0 m, samanburður á ölduáttum	18
4.3.2	Samanburður á mismiklu rofi Sigluness fyrir ölduhæð á Siglufirði	20
4.3.3	Áhrif sjávarstöðu á ölduhæð á Siglufirði	26
5	NIÐURSTÖÐUR	29
VIÐAUKI A	ÖLDUHÆÐ Á SIGLUFIRÐI OG ÚTI FYRIR TRÖLLASKAGA	31
A.	MEÐ ÓBREYTTU SIGLUNESI – SJÁVARHÆÐ +1,3 M	31
B.	SIGLUNES ROFIÐ NIÐUR Í FJÖRUBORÐ 0,0 M – SJÁVARHÆÐ +1,3 M	35
VIÐAUKI B	DÝPTARMÆLING VIÐ SIGLUNES FRÁ ÁRINU 2009	39



1 Inngangur

Í framhaldi af umræðu um niðurbrot á Siglunesi árið 2009 gerði Siglingastofnun öldufarsreikninga þar sem lagt mat hver áhrif niðurbrotsins hefði á öldufar innst í Siglufirði. Ekki náðist að ganga frá því verkefni í skýrsluformi en til eru mjög hrá skýrsludrög frá árinu 2010.



Mynd 1-1 Sjókort af Siglufirði með Siglunesi fyrir mynni fjarðarins að austan verðu. Af sjókorta vef Landhelgisgæslunnar og Landmælinga.

Í inngangi að skýrslu Kristjáns Helgasonar, Siglingastofnun, frá árinu 2009¹ segir svo:

Siglunesið er öldubrjótur frá náttúrunnar hendi sem skýlir Siglufjarðarhöfn fyrir úthafsöldu. Sjórinna hefur í áranna rás brotið úr nesinu og er breidd þess nú talin um 55% af því sem var árið 1945. Talsverður tími mun þó líða áður en landbrotið valdi breytingum á sjólagi sem hafi í för með sér verri hafnarskilyrði á Siglufirði. Hins vegar gæti fiskverkunarhús og sumarhús sem standa nærri sjávarbakkanum innanvert á nesinu orðið fyrir tjóni ef ekkert er að gert fljótlega.

Í yfirlitsskýrslu um sjóvarnir frá ágúst 1995 er kafli um Siglunes. Þar er gerð grein fyrir rannsóknum sem fram fóru sumarið 1994. Byggðust þær m.a. á samanburði loftmynda frá 1945, 1985 og 1994 og athugunum sem gerðar voru í skoðunarferð

¹ Kristján Helgason, 2009. *Fjallabyggð – Landbrot Siglunesi*. Siglingastofnun, október 2009.



Þann 11. júlí 1994. Þá voru mæld þversnið yfir nesið á þrem stöðum þar sem það er mjóst.

Í júní 2006 voru aftur mæld þversnið á sömu stöðum. Verkfræðistofan Stoð ehf. Sauðárkróki framkvæmdi mælinguna með GPS mælitæki. Samtímis voru grafnar prufuholur á fimm stöðum til að kanna jarðvegsdýpt.

Þann 11. júní 2009 fór Kristján Helgason frá Siglingastofnun út á Siglunes ásamt þeim Stefáni Ragnar Hjálmarssyni frá Fjallabyggð, Braga Þ. Haraldssyni frá Verkfræðistofunni Stoð og Stefáni Einarssyni eiganda fiskverkunarhúss á Siglunesi. Mæld voru þversnið á sama hátt og gert var árið 2006 og jafnframt var mælt framan við fiskverkunarhús og við sumarhús um 90 m innar. Þá voru einnig kannaðir möguleikar á að finna nothæft grjót í sjóvarnir.

Dýptarmæling var gerð árið 1994 á vegum Sjómælinga Íslands í grennd við Siglunesið. Þann 30. júní 2009 var mælt dýpi við nesið með mælingabát Siglingastofnunar.

Hjá Siglingastofnun er nú í undirbúningi að keyra í tölvuforriti öldufarsútreikninga og meta þannig áhrif breytinga á Siglunesinu fyrir Siglufjarðarhöfn. T.d. ef skarð rofnaði í nesið eða breyting verður á dýpi á Helluboðum

Í ljósi þess að umræða um niðurbrot á Siglunesi hefur aftur skotið upp kollinum ákvað Vegagerðin að ganga frá skýrslu byggða á fyrrgreindum öldufarsreikningum. Öldufarsreikningar voru gerðir af starfsmanni Siglingastofnunar á þeim tíma, Morgan Priet-Maheo, en hún vinnur nú hjá Veðurstofunni.



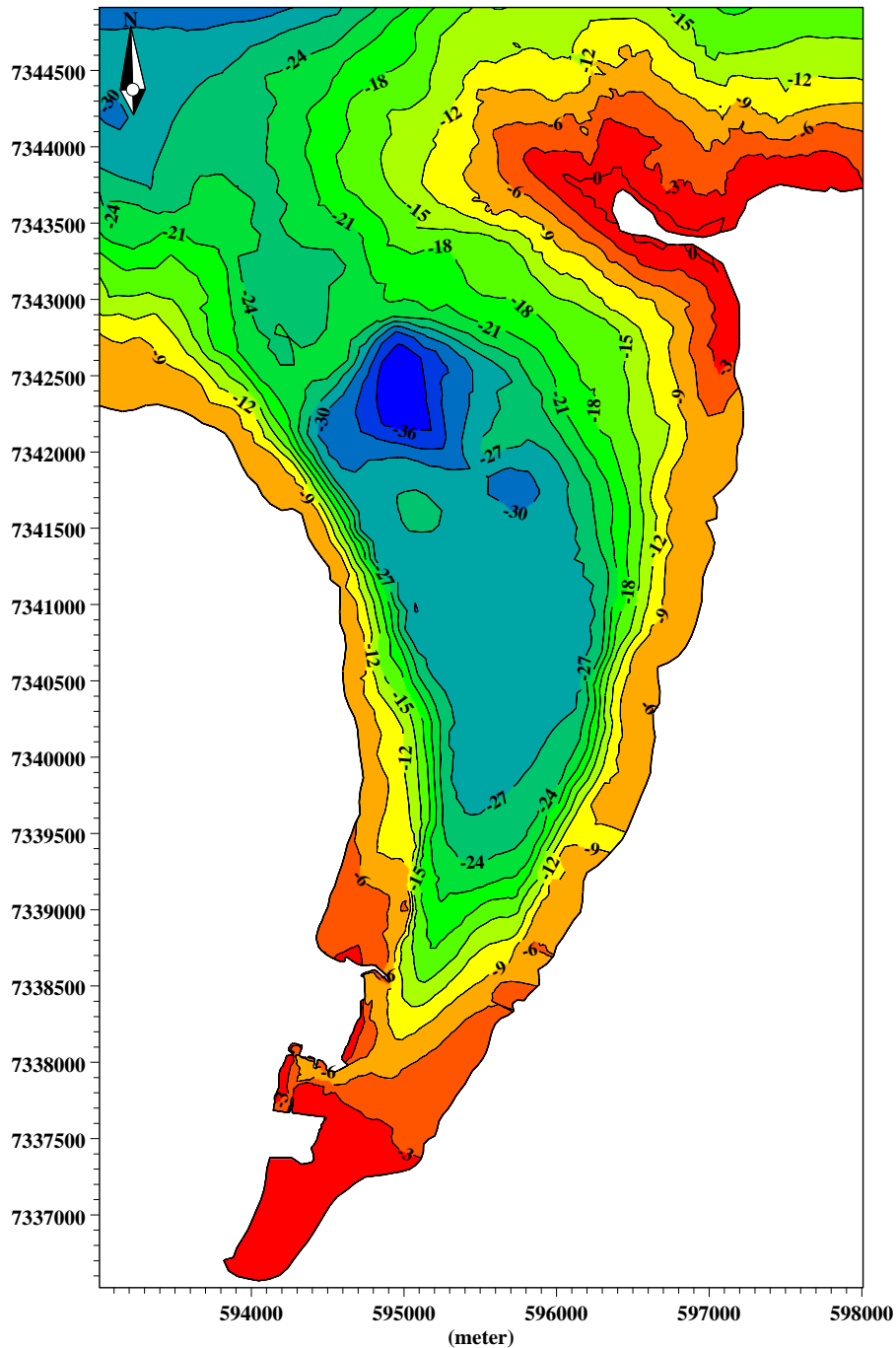
Mynd 1-2 Siglunes, horft niður á nesið frá Siglunesvita. Ljósmynd Kristján Helgason, Siglingastofnun 2010.



2 Dýptargrunnur

Við öldufarsreikninga er notaður dýptargrunnur sem settur er saman úr dýptarmælingum Sjómælingum Íslands.

Siglufjörður er tiltölulega grunnur fjörður yst á Tröllaskaga fyrir miðju norðurlandi. Fjörðurinn er um 7,5 km langur og um 3 km breiður þar sem hann er breiðastur, Mynd 2-1. Stór hluti fjarðarins er um 30 m djúpur en grýnnist innst. Auk þess er haft utarlega á firðinum, þar sem dýpið er rúmir 20 m. Innan við haftið er djúpur pollur þar sem dýpi er mest tæplega 40 m.



Mynd 2-1 Siglufjörður, dýptargrunnur notaður við öldufarsreikninga, dýpi í metrum miðað við sjökorta núll eða hafnarkerfi Siglufjarðarhafnar.



Við mynni fjarðarins að austan verðu liggur Siglunes, um 800 m langt nes sem skýlir firðinum fyrir öldum úr norðri til norðausturs, Mynd 2-2. Yst er nesið um 150 m breitt en innar nær landi er mjótt haft sem að hefur mjókkað nokkuð á undanförunum árum vegna landbrots, Mynd 2-3.



Mynd 2-2 Siglunes séð úr loft, horft til norðurs. Ljósmynd úr gögnum Siglingastofnunar frá því fyrir 2010.



Mynd 2-3 Siglunes, horft út eftir haftinu þar sem það er mjóst. Ljósmynd Kristján Helgason, Siglingastofnun 2010.

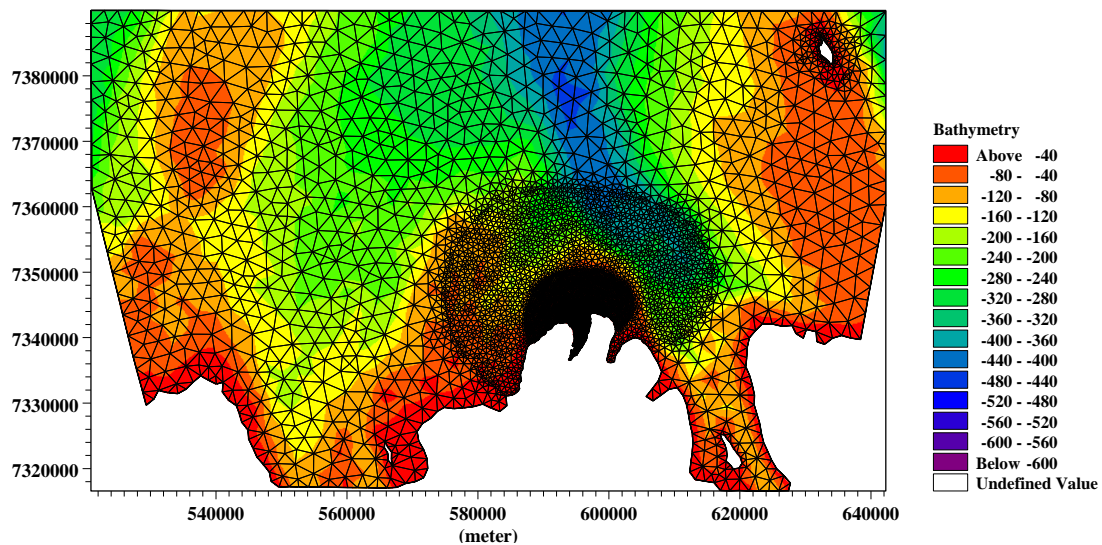


3 Uppsetning reiknilíkans fyrir öldufarsreikninga

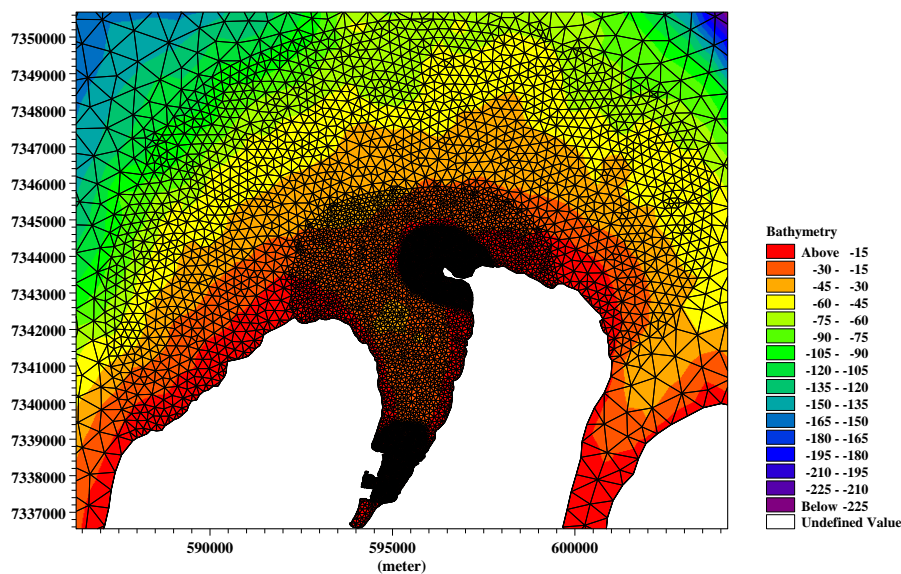
3.1 Botn og reikninet

Útbreiðsla öldu er óháð sjávarbotni þegar dýpi er meira en hálf öldulengd. Á grynna vantí eru öldulengd og öldustefna háðar breytingum á dýpi sjávarbotns. Alda sem nálgast strönd sveigir frá upphaflegri stefnu til lands upp á minna dýpi. Stefnubreytingin stafar af því að hraði öldunnar er háður dýpinu sem hún ferðast yfir og að hraðinn minnkar með minnkandi dýpi. Öldufaldurinn myndar því boga upp við ströndina þegar alda kemur skáhallt upp að strönd. Þessi hegðun öldunnar er kölluð öldusveigja.

Við öldufarsreikninga er notað öldusveigjúlíkanið MIKE21 SW sem þróað er hjá dönsku straumfræðistofunni DHI. Líkanið notar þríhyrnda möskva sem eru grófir yst á reikninetinu en þéttast svo innar þar sem þörf er á meiri nákvæmni, Mynd 3-1 og 3-2.



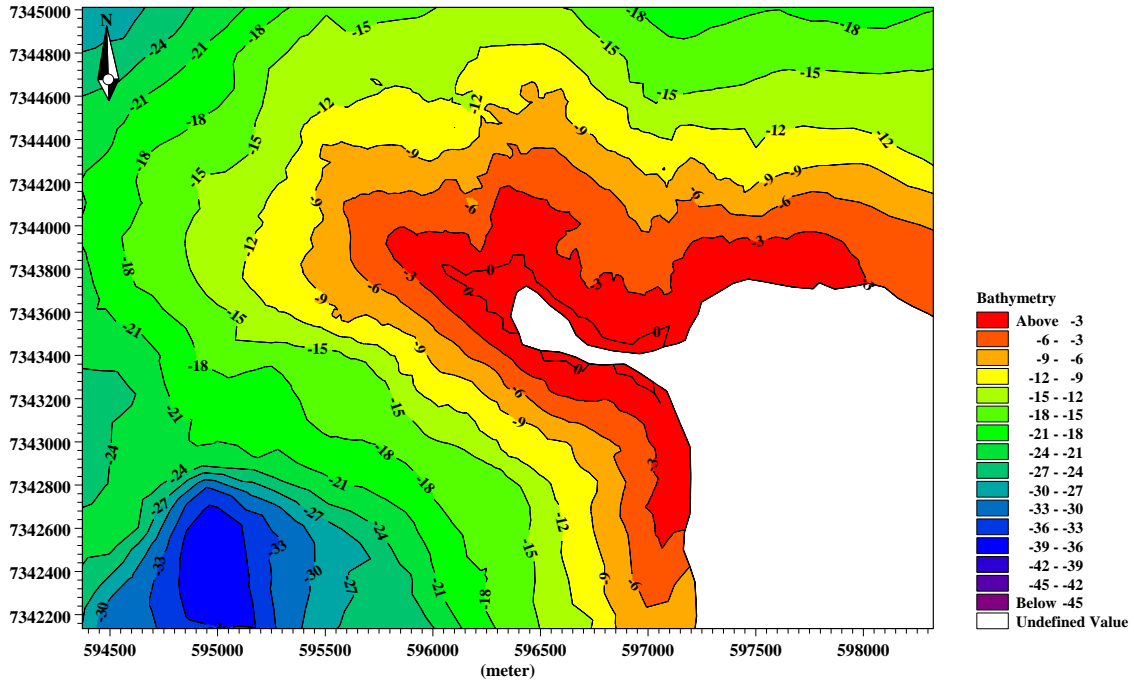
Mynd 3-1 Reikninet á hafsvæðinu úti fyrir Norðurlandi fyrir öldufarsreikninga. Þríhyrindir möskvar eru grófir yst en finni nær Siglufirði.



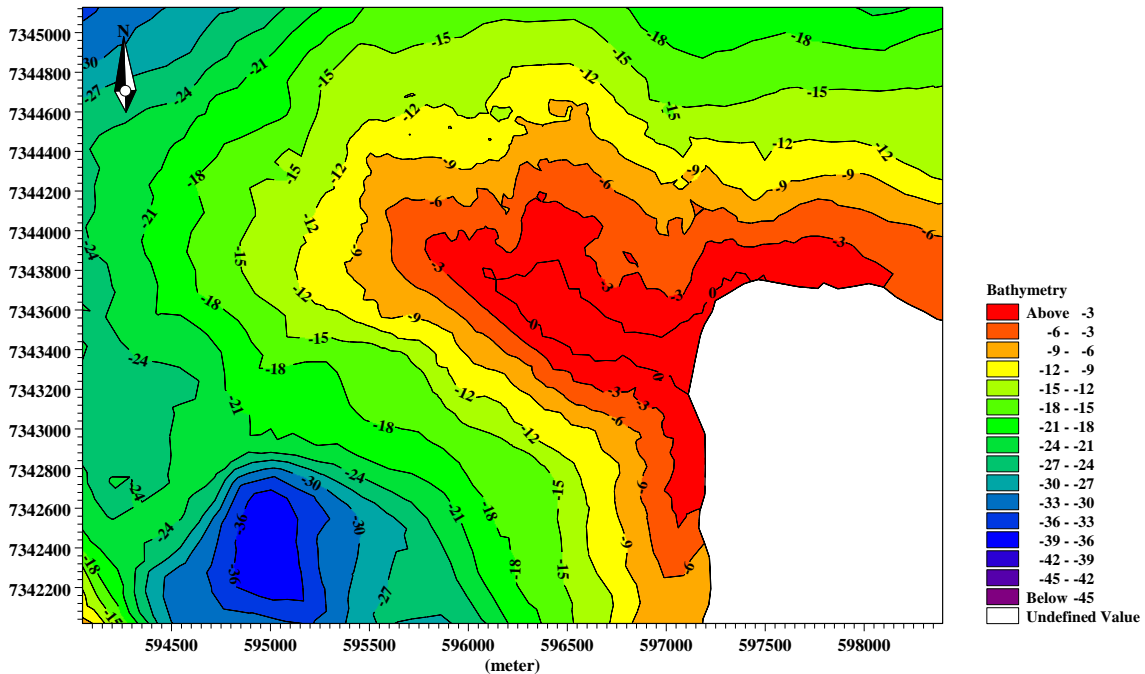
Mynd 3-2 Reikninet fyrir Siglufjörð, þríhyrindir möskvar eru þéttastir við Siglunes og innst í firðinum.



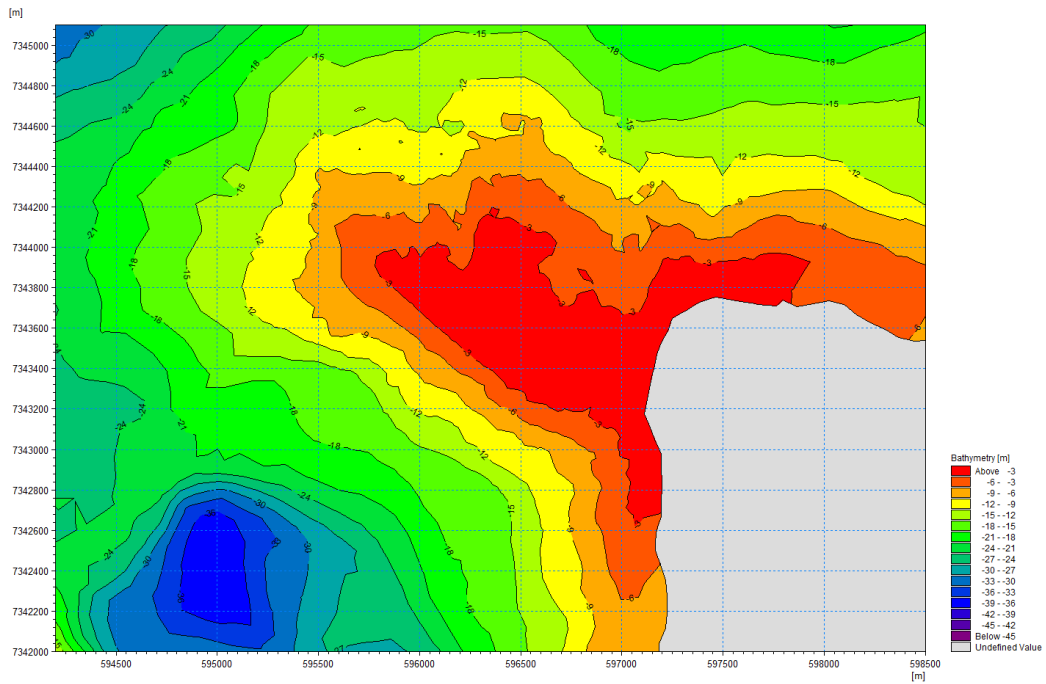
Sú aðferðafræði sem beitt er í þessari athugun er að reikna fyrst öldu frá hafi og inn á Siglufjörð miðað við núverandi dýpi á og í kringum Siglunes, Mynd 3-3. Síðan eru reikningarnir endurteknir fyrir dýptargrunn þar sem gert er ráð fyrir að allt nesið hafi rofnað, fyrst niður í hæð 0,0 m miðað við sjökorta núll, Mynd 3-4 og síðan niður í -2,0 m, Mynd 3-5, og -5,0 m dýpi, Mynd 3-6.



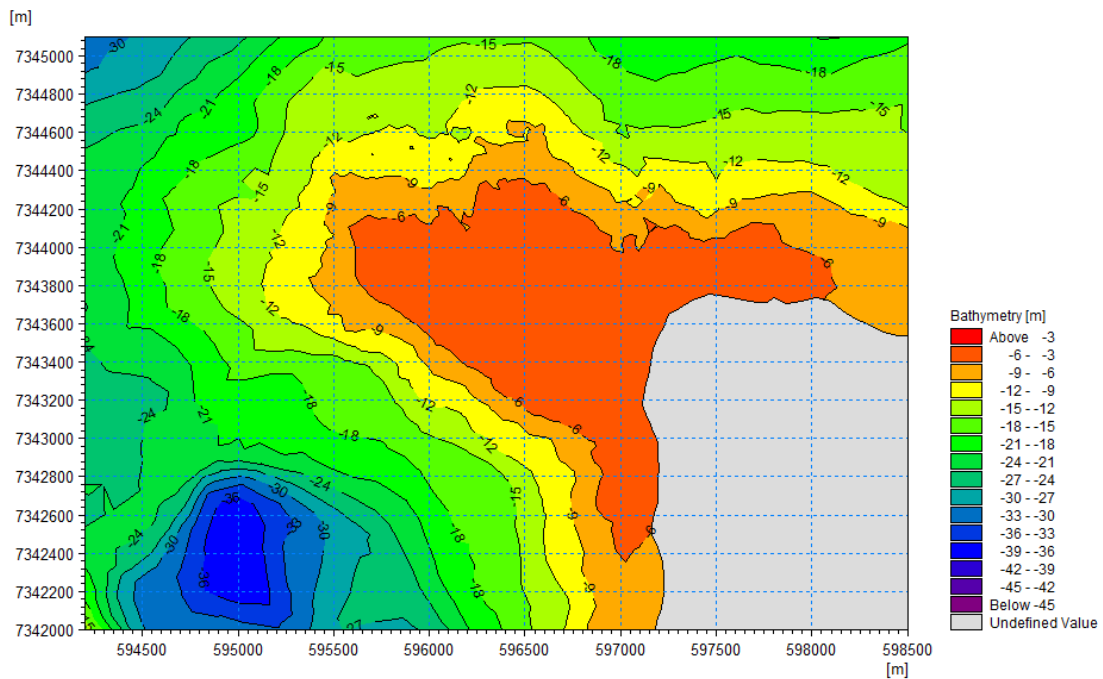
Mynd 3-3 Dýptargrunnur við Siglunes, dýpi í metrum miðað við sjökorta núll.



Mynd 3-4 Dýptargrunnur við Siglunes eftir að nesið hefur rofnað niður í fjöruborð, í kóta 0,0 m miðað við sjökorta núll.



Mynd 3-5 Dýptargrunnur við Siglunes eftir að nesið hefur rofnað niður í kóta -2,0 m miðað við sjókorta núll.



Mynd 3-6 Dýptargrunnur við Siglunes eftir að nesið hefur rofnað niður í kóta -5,0 m miðað við sjókorta núll.



3.2 Inntaksstærðir öldufarsreikninga

Inntaksstærðir öldufarsreikninga eru öldur og vindur á hafsvæðinu norðan Tröllaskaga, ölduhæð og stefna og vindhraði og stefna, auk sjávarhæðar á Siglufirði. Öldufarsreikningar eru annars vegar gerðir fyrir 1 árs endurkomutíma veðurs og hins vegar fyrir veðuráðstæður með um 100 ára endurkomutíma.

3.2.1 Öldur á hafi

Líkindadreifing öldu á hafi hefur verið ákvörðuð á grundvelli ölduspágagna frá evrópsku veðurstofunni ECMWF, Tafla 1. Þar sem Siglufjörður opnast til norðurs verða fjórar ölduáttir skoðaðar í þessum öldufarsreikningunum. Það eru öldu- og vindáttir frá norð-norðvestri til norðausturs. Samtals er tíðni þessara ölduátta 38% tímans, sem svo þýðir að 62% tímans er ölduáttin á hafi önnur. Þær eru hins vegar ekki taldar hafa áhrif inni á Siglufirði.

- Norð-norðvestan átt, NNV, réttvísandi 347,5°,
- Norðan átt, N, réttvísandi 0°,
- Norð-norðaustan átt, NNA, réttvísandi 22,5°,
- Norðaustan átt, NA, réttvísandi 45°.

Tafla 1 Líkindadreifing öldu á hafi eftir áttum.

Endurkomutími	NNV (347,5°)		N (0°)		NNA (22,5°)		NA (45°)	
	H _s [m]	T _p [s]	H _s [m]	T _p [s]	H _s [m]	T _p [s]	H _s [m]	T _p [s]
1 ár	7,5	12,3	10,5	14,6	9,5	13,9	8,5	13,1
100 ár	12	15,6	15,5	17,7	14,0	16,8	12,5	15,9
Tíðni ölduátta	3,3%		5,9%		11,6%		17,2%	

3.2.2 Vindur á hafi

Vindhraði á hafi með 1 og 100 ára endurkomutíma er gróft áætlaður út frá fyrirbyggjandi greiningu á vindgögnum evrópsku veðurstofunnar, sami vindhraði fyrir þær áttir sem prófaðar eru í reikningunum.

Tafla 2 Líkindadreifing vindhraða á hafi.

Endurkomutími	Allar prófaðar áttir [m/s]
1 ár	26
100 ár	35
	100%



3.2.3 Sjávarföll og sjávarhæðir

Sjávarföll á Siglufirði voru ákvörðuð af Hafnamálastofnun með mælingum árið 1976, Tafla 3, þar sem að meðalstórstraumsflóð er í +1,3 m í hæðarkerfi Siglufjarðarhafnar sem miðar við sjókortanúll.

Tafla 3 Sjávarföll á Siglufirði í hæðarkerfi Siglufjarðarhafnar

Meðalstórstraumsflóð	+1,3 m
Meðalsmástraumsflóð	+1,0 m
Meðalsjávarborð	+0,70 m
Meðalsmástraumsfjara	+0,40 m
Meðalstórstraumsfjara	+0,10 m

Öldufarsreikningar eru að mestu gerðir fyrir sjávarhæð +1,3 m sem er meðalstórstraumsflóð og hér kallað sjávarhæð 1. Hluti reikninganna er gerður fyrir aðrar sjávarhæðir. Sjávarhæð 2 þar sem gert er ráð fyrir 0,5 m áhlaðanda vegna lágs loftþrýstings ofan á meðalstórstraumsflóð eða +1,8 m. Sjávarhæð 3 gerir ráð fyrir að ofan á sjávarhæð leggist 0,5 m hækkun sjávarborðs vegna loftslagsbreytinga, +2,3 m. Í sjávarhæð 4 er hækkunin vegna loftslagsbreytinga 1,0 m og er því +2,8 m.

Tafla 4 Sjávarhæð fyrir öldufarsreikninga í hæðarkerfi Siglufjarðarhafnar

Sjávarhæð 1	Meðalstórstraumsflóð		+1,3 m
Sjávarhæð 2	Meðalstórstraumsflóð+loftþrýstingsáhlaðandi	+1,3+0,5 m	+1,8 m
Sjávarhæð 3	Sjávarhæð 2+hækkun vegna loftslagsbreytinga	+1,8+0,5 m	+2,3 m
Sjávarhæð 4	Sjávarhæð 2+hækkun vegna loftslagsbreytinga	+1,8+1,0 m	+2,8 m

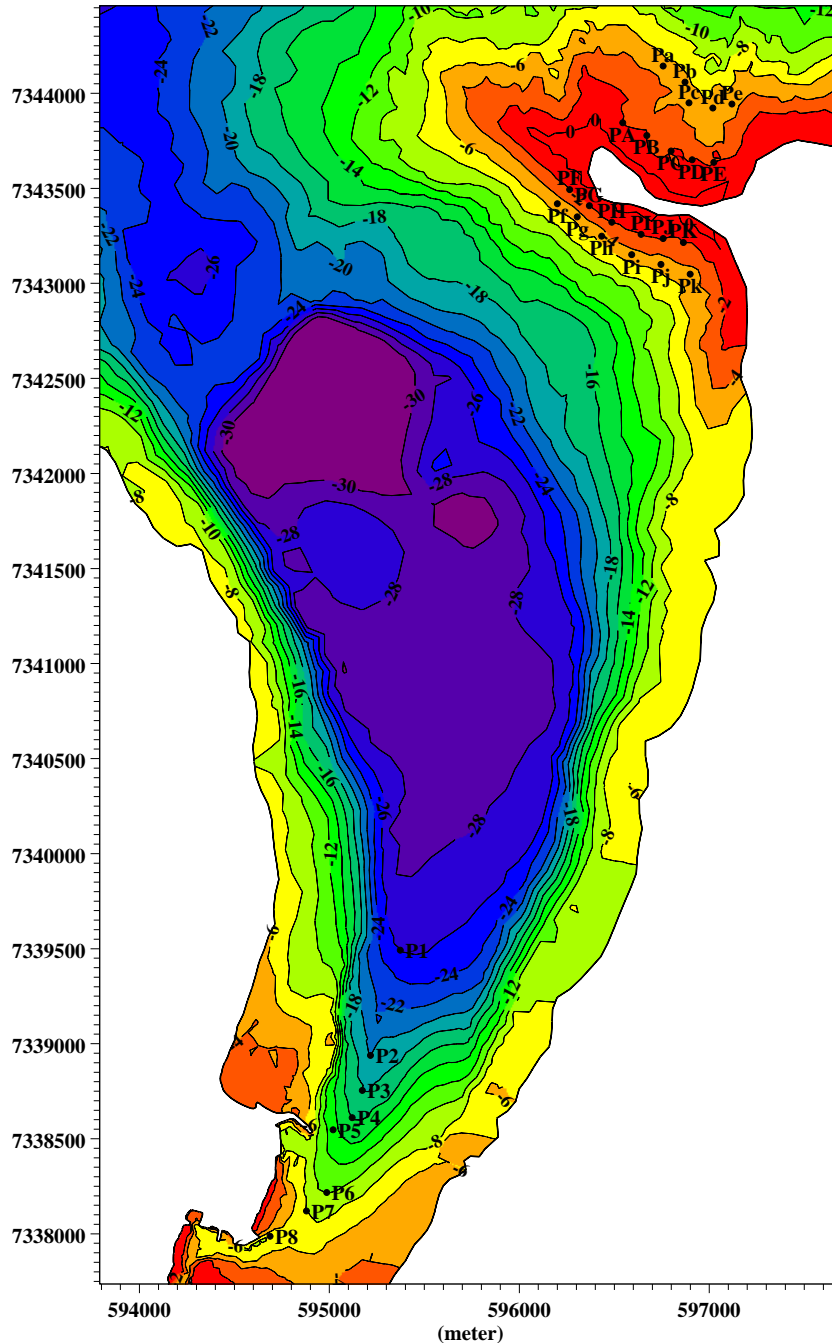
3.3 Uppsetning reiknilíkans

Öldukanið er keyrt í 12 tíma í náttúrustærð þannig að sjólagið sé fullmyndað á öllu hafsvæðinu, þ.e. inn í botn Siglufjarðar. Tíðniupplausnin er frá 0,05 til 0,5 Hz og stefnuupplausn er með $36 \cdot 10^\circ$ geirum. Reikningarnir eru gerðir með öldubognun, öldubrotum, hryfi við botn og orkutapi vegna hranna á ölduföldunum.

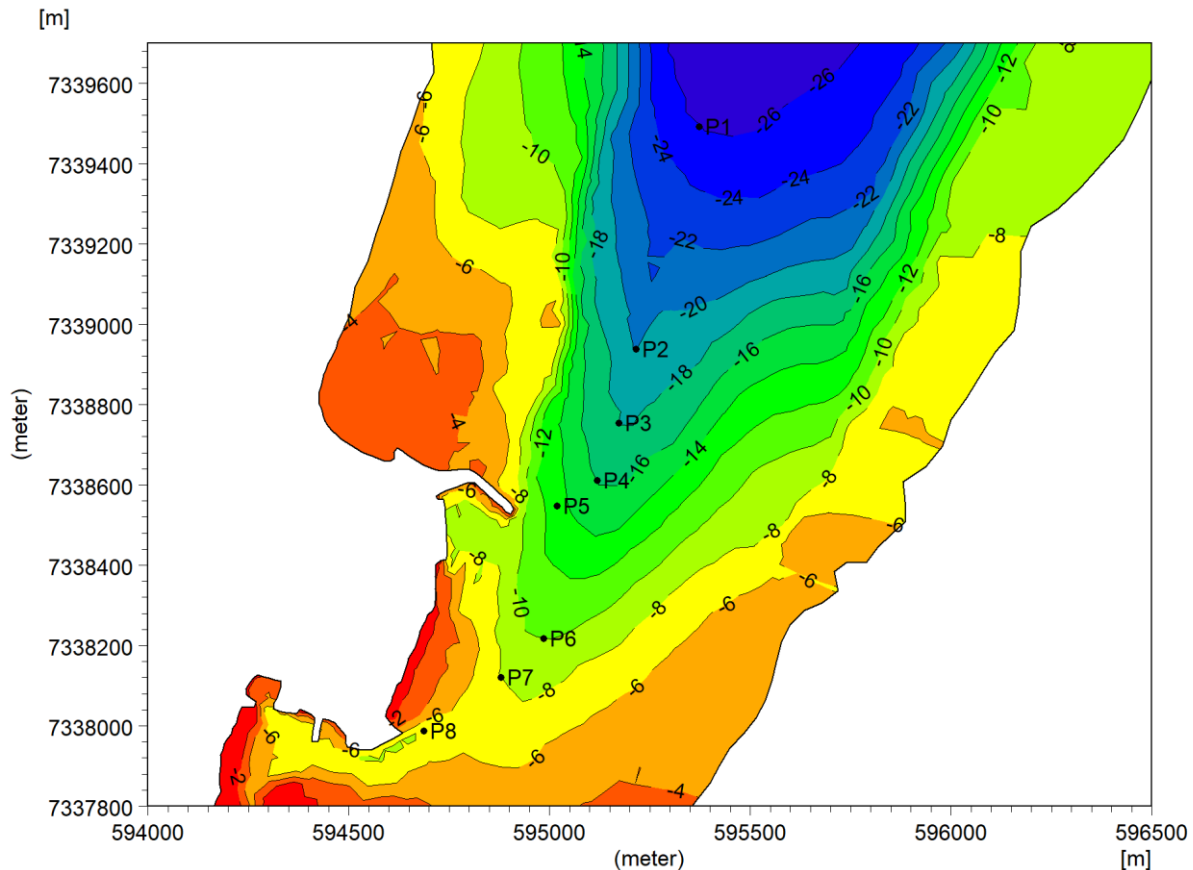


4 Niðurstöður öldufarsreikninga

Í þessum kafla verða sýndar niðurstöður öldufarsreikninga fyrir mismunandi öldustefnur, mismunandi endurkomutíma öldu og vinds á hafi og mismunandi sjávarhæðir. Niðurstöður verða skoðaðar í punktum annars vegar beggja vegna við Siglunes á 2 og 5 m dýpi, Mynd 4-1, og hins vegar innst í djúpál Siglufjarðar, Mynd 4-2.



Mynd 4-1 Staðsetning reiknipunkta beggja vegna við Siglunes, annars vegar á 2 m dýpi upp við nesið, punktar PA til PK, og hins vegar lengra frá ströndinni á 5 m dýpi, punktar Pa til Pk, ásamt punktum sem liggja eftir djúpál fjarðarins inn með eyrinni, punktar P1 til P8.



Mynd 4-2 Staðsetning reiknipunkta í innri hluta Siglufjarðar, inn eftir djúpál fjarðarins og inn með eyrinni, punktar P1 til P8.

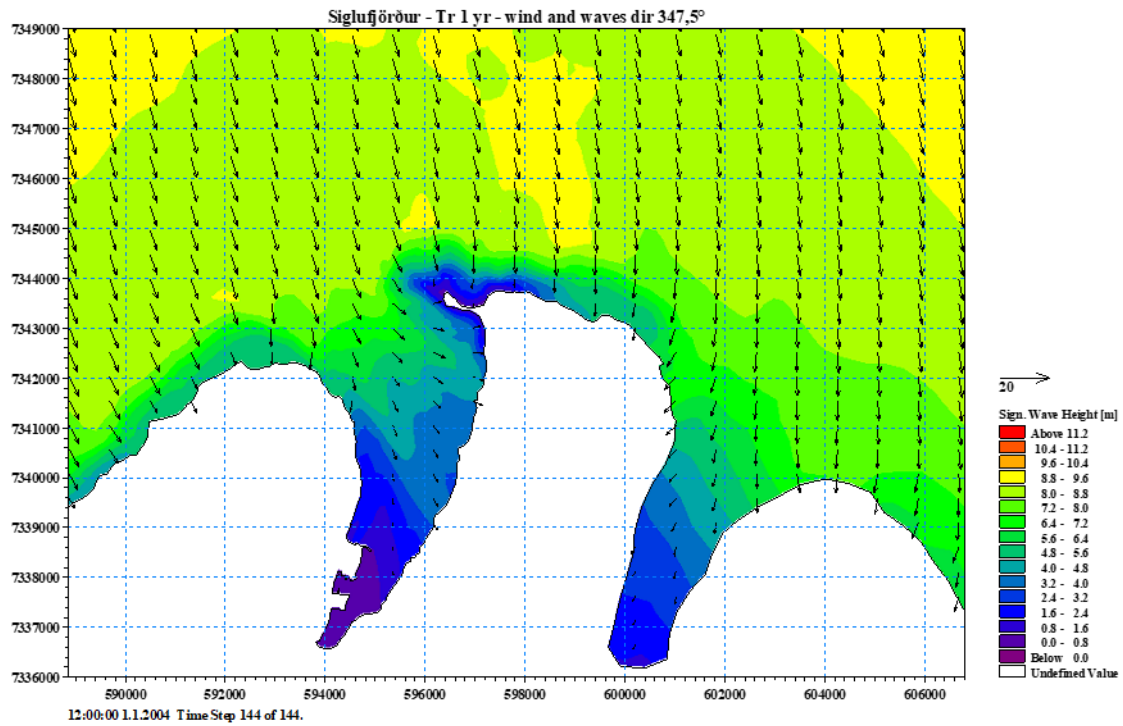
4.1 Útbreiðsla öldu af hafi og inn á Siglufjörð

Mynd 4-3 sýnir útbreiðslu norð-norðvestan öldu með eins árs endurkomutíma á hafsvæðinu norðan Tröllaskaga og inn á Siglufjörð, til vinstri, og Héðinsfjörð, til hægri á myndinni. Glöggst kemur fram á myndinni að mun meira skjól er á innanverðum Siglufirði heldur en á Héðinsfirði fyrir öldu úr norð-norðvestri.

Í viðauka A aftast í skýrslunni eru sýndar sambærilegar myndir af útbreiðslu öldu úr örðum norðlægum áttum, bæði fyrir eins árs og 100 ára endurkomutíma, fyrst fyrir óbreytt Siglunes, viðauki A-a, og síðan eftir rof Sigluness niður í fjöruborð, sjávarhæð 0,0 m, við auki A-b. Þar kemur það sama fram að útbreiðsla öldu úr norðlægum áttum er mun greiðari inn Héðinsfjörð en Siglufjörð.

Ástæða þessa er að Siglunesið skýlir firðinum fyrir öldu af hafi. En það er ekki einungis sá hluti nessins sem sést ofansjávar heldur miklu frekar sá hluti sem er neðansjávar. Og skjólið sem Siglunesið veitir er líklega aðalástæða þess að byggð myndaðist á Siglufirði en ekki í Héðinsfirði.

Því er það eðlilegt að spurt sé hvort að öldufar á Siglufirði muni breytast ef að ofansjávar hluti Sigluness rofnar niður í fjöruborð eða neðar. Hér verða skoðuð áhrif rofs niður í kóta 0,0 m og niður á 2 og 5 m dýpi.

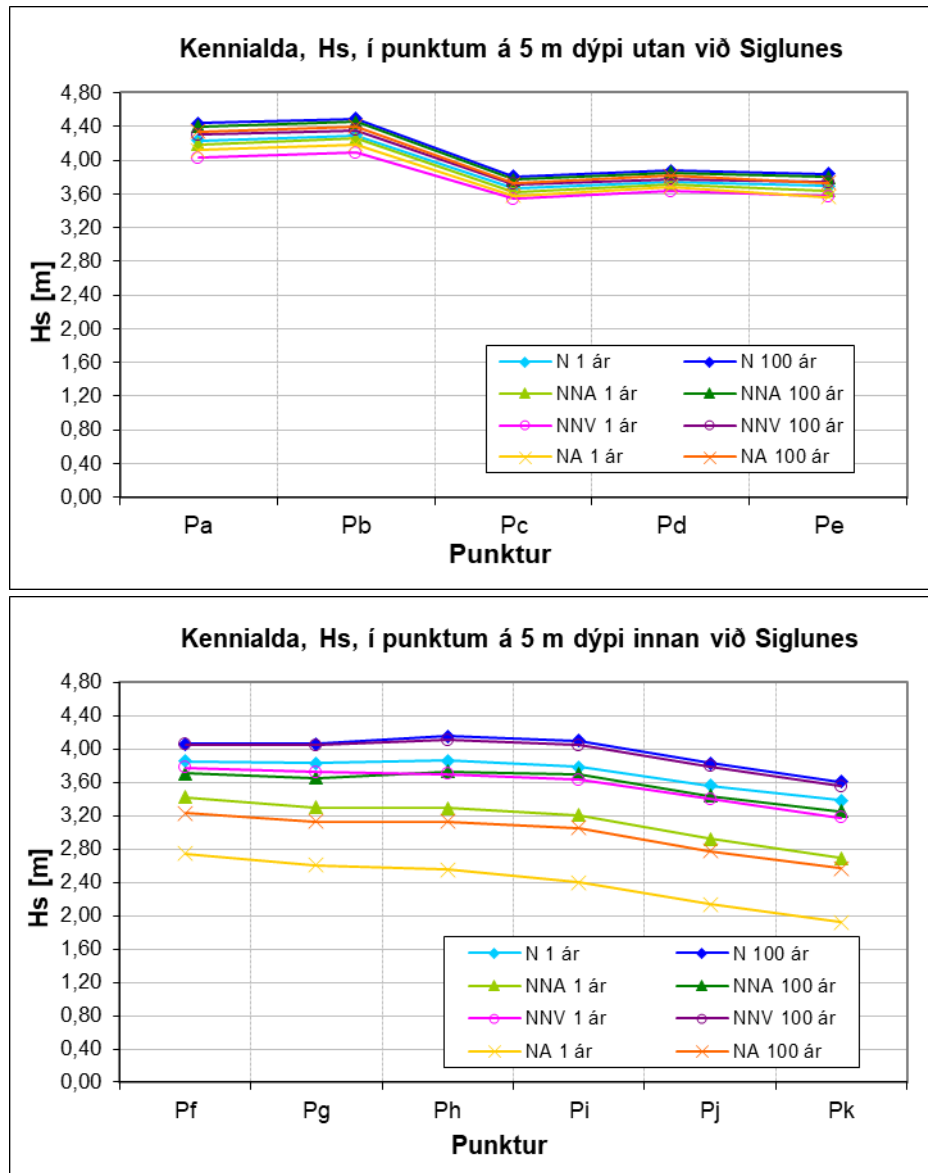


Mynd 4-3 Útbreiðsla öldu úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma á hafsvæðinu norðan Tröllaskaga og inn á Siglu fjörð, til vinstri, og Héðinsfjörð, til hægri á myndinni.



4.2 Núverandi aðstæður, ölduhæð við Siglunes og á Siglufirði

Mynd 4-4 sýnir niðurstöður öldufarsreikninga í punktum á 5 m dýpi beggja vegna við Siglunes, norðan eða utan á nesinu á efri myndinni og innan á nesinu á neðri myndinni, fyrir það sem kallað er núverandi aðstæður, þ.e. með óbreyttu Siglunesi. Reikningarnir eru gerðir fyrir sjávarhæð +1,3 m sem svarar til meðalstórstraumsflóðs.



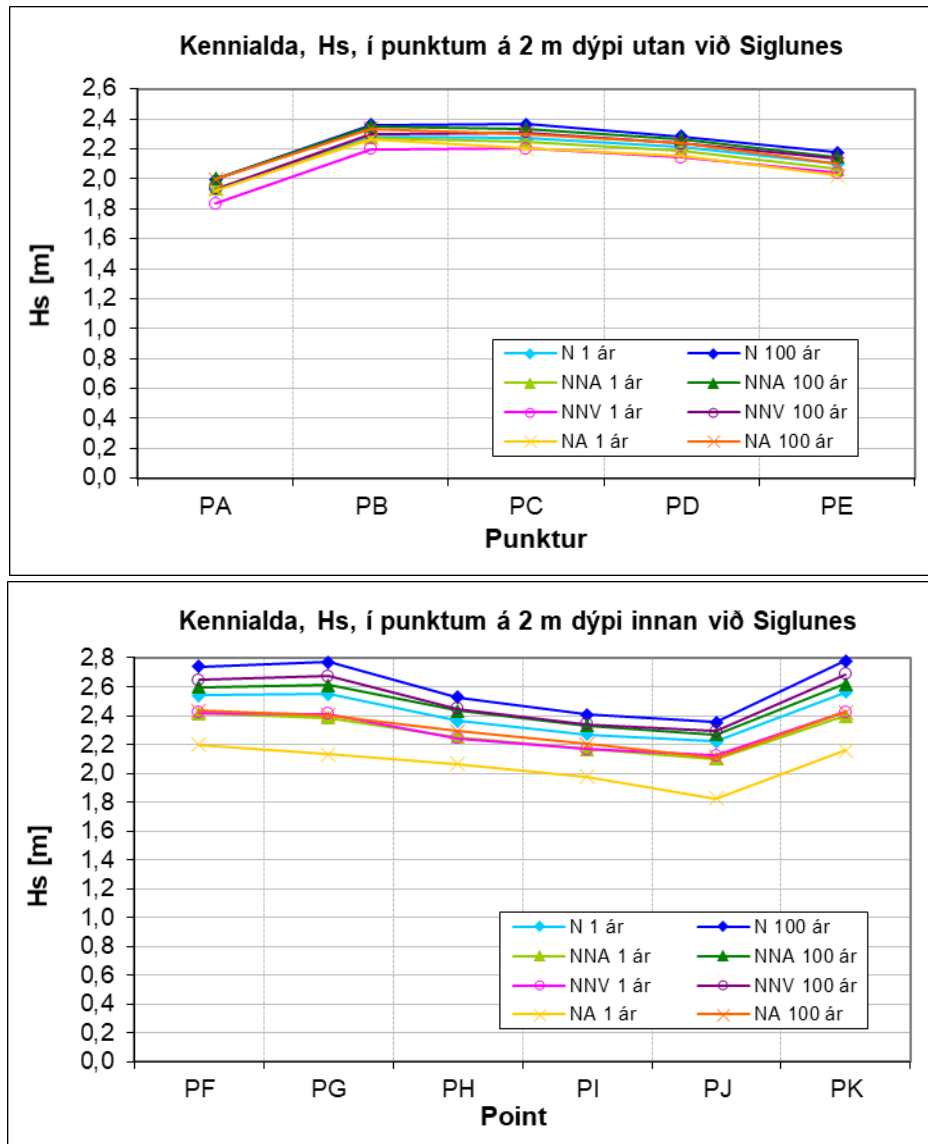
Mynd 4-4 Ölduhæð við Siglunes á 5 m dýpi, punktar Pa til Pe utan á nesinu á efri grafinu og punktar Pf til Pk innan á nesinu á neðra grafinu, á sjávarhæð +1,3 m og fyrir mismunandi öldu og vindáttir á hafi og með 1 árs og 100 ára endurkomutíma.

Utan á nesinu er tiltölulega lítill munur á ölduhæð eftir áttum og eftir endurkomutíma þegar komið er upp á 5 m dýpi. Innan á nesinu er munurinn heldur meiri, þar sem nesið skýlir best fyrir norðaustlægum áttum en minna fyrir norðan og norðvestlægum áttum. Yst á nesinu utanverðu er ölduhæð á bilinu 4,0 til 4,4 m, en innar og austar um 3,6 til 3,9 m. Innan á nesinu er ölduhæð á bilinu 2,8 til 4 m yst og um 2,0 til 3,6 m innst. Athyglisvert er að hæstu öldur innan á nesinu eru lítið lægri en utan á því. Þetta á við



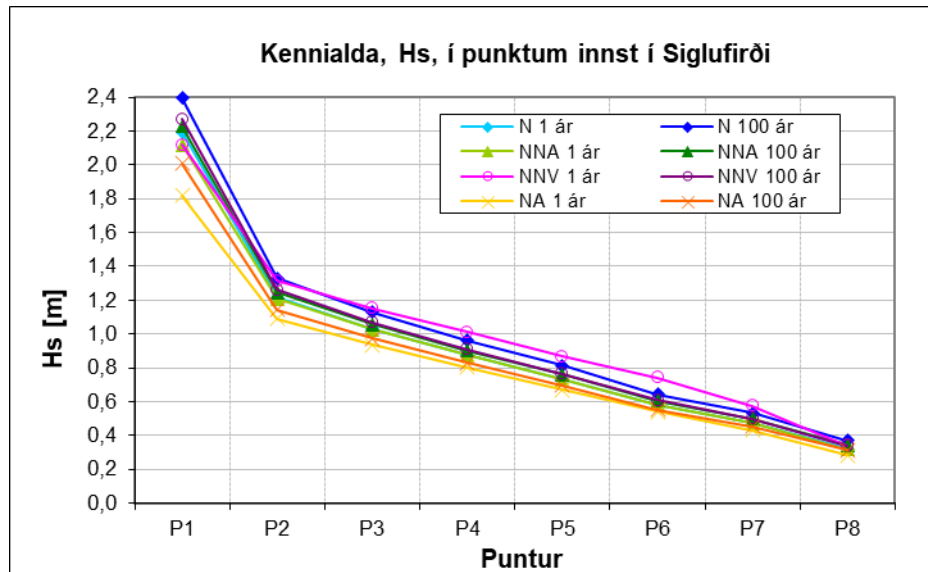
um öldur sem á hafi voru á bilinu 7,5 og 15,5 m, þannig að verulega hefur dregið úr ölduhæð þegar komið er upp að landi á 5 m dýpi.

Mynd 4-5 sýnir samskonar niðurstöður öldufarsreikninga, en nú nær ströndinni á 2 m dýpi.



Mynd 4-5 Ölduhæð við Siglunes á 2 m dýpi, PA til PE utan á nesinu á efri grafinu og punktar PF til PK innan á nesinu á neðra grafinu, á sjávarhæð +1,3 m, fyrir mismunandi öldu og vindáttir á hafi og með 1 árs og 100 ára endurkomutíma.

Þegar komið er upp á 2 m dýpi og nær landi hefur aldan farið yfir nokkuð breiðar grynningar að utanverðu og lækkað enn meira en áður vegna minna dýpis. Ölduhæðin er á bilinu 1,8 til 2,4 m. Þessar grynningar og sveigja öldunnar inn fyrir nesið valda því að ölduhæð innan á nesinu er jafnvel hærri en að utanverðu og er á bilinu 1,8 til 2.8 m.

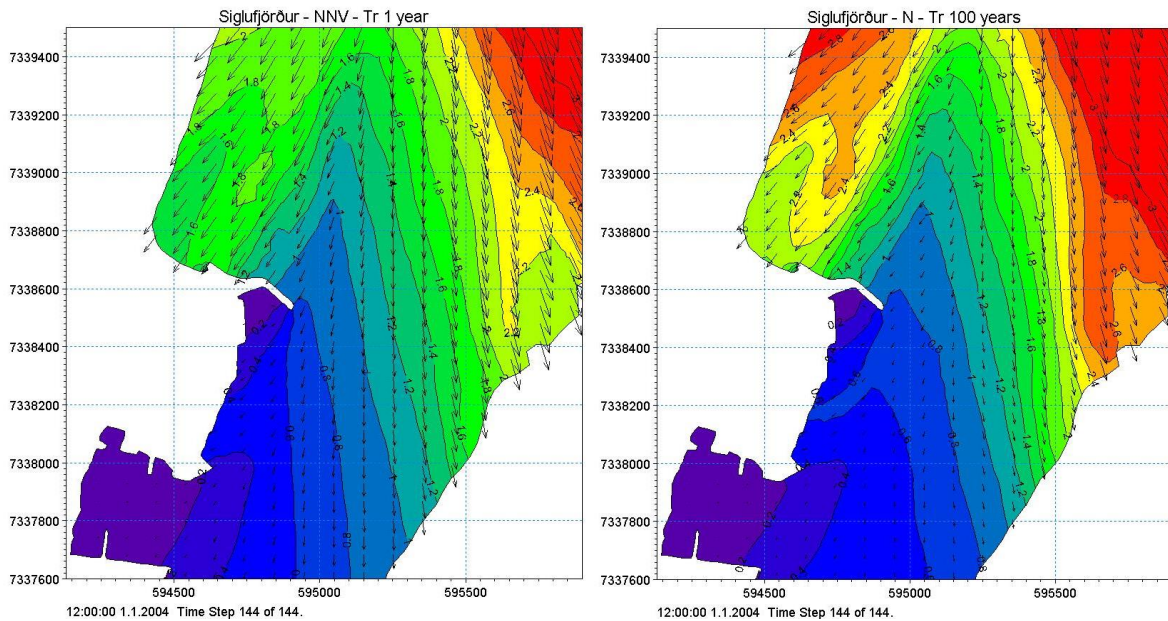


Mynd 4-6 Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn, á sjávarhæð +1,3 m, fyrir mismunandi áttir á hafi og mismunandi endurkomutíma.

Mynd 4-6 sýnir hvernig hæð úthafsöldu lækkar inn fjörðinn, frá því að vera um 1,8 til 2,4 m á um 25 m dýpi tiltölulega innanlega á firðinum, punktur P1, niður í innan við 0,4 m innst við eyrina á móts við Bæjarbyggju, punktur P8.

Öldur úr norðri og norð-norðvestri eiga greiðasta leið inn á Siglufjörð en öldur úr norð-norðaustri og norðaustri njóta mesta skjólsins af Siglunesi, sem lokar firðinum að austan verðu. Athyglisvert er að ölduhæð á Siglufirði er hæst fyrir norð-norðvestan öldu með 1 árs endurkomutíma á hafi, hærrí en fyrir öldur úr sömu átt með 100 ára endurkomutíma á hafi, þó að munurinn sé lítill. Orsök þessa er styttri sveiflutími 1 árs öldunnar.

Mynd 4-7 sýnir hæstu úthafsöldu sem kemst inn á innanverðan Siglufjörð, annars vegar öldu úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma og hins vegar öldu úr norðri með 100 ára endurkomutíma. Á báðum myndunum er sjávarhæðin +1,3 m eða stórstraumsflóð.



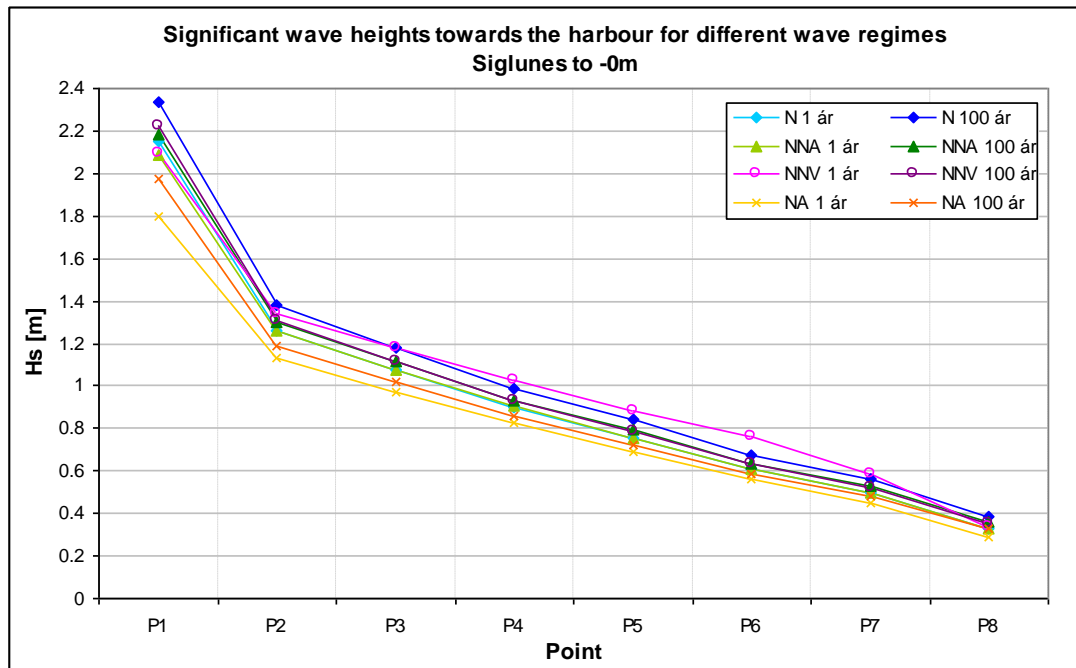
Mynd 4-7 Ölduhæð og öldustefna á innanverðum Siglufirði við núverandi aðstæður. Hæstu öldur sem komast inn að Siglufjarðarhöfn, úthafsalda úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma, vinstri myndin, og úr norðri með 100 ára endurkomutíma, hægri myndin, á sjávarhæð +1,3m.

4.3 Áhrif niðurbrots eða rofs Sigluness á ölduhæð á Siglufirði

Í þessum kafla verða skoðuð áhrif þess að Siglunes brotni niður og rofni. Fyrst verða sýnd áhrif þess að rofið nái niður í fjöruborð, að allt nesið rofni niður í kóta 0,0 m, fyrir allar fjórar ölduáttirnar sem hér eru til skoðunar. Síðar verða skoðuð áhrif mismikils rofs fyrir þrjár ölduáttir, fyrst rofs niður í fjöruborð og síðan að rofið nái niður á 2,0 og 5,0 m dýpi í hæðarkerfi Siglufjarðarhafnar. Í öllum tilfellum er gert ráð fyrir að allt nesið rofni. Reikningarnir eru gerðir fyrir meðalstórstraumsflóð, sjávarhæð +1,3 m.

4.3.1 Áhrif rofs niður í fjöruborð, í kóta 0,0 m, samanburður á ölduáttum

Mynd 4-8 sýnir hæð úthafsöldu inn eftir djúpál Siglufjarðar eftir að Siglunes hefur rofnað niður í kóta 0,0 m fyrir mismunandi ölduáttir og 1 og 100 ára endurkomutíma. Rof niður í fjöruborð þýðir að þá flýtur yfir nesið á flóði og því þarf að kanna möguleg áhrif þessa á öldufar innar á Siglufirði.



Mynd 4-8 Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn eftir rof á Siglunesi niður í kóta 0,0 m, á sjávarhæð +1,3 m, fyrir mismunandi áttir á hafi og mismunandi endurkomutíma.

Þessa mynd má bera saman við Mynd 4-7 í kaflanum á undan sem sýnir það sama en með óbreyttu Siglunesi eða áður en niðurbrot hefur átt sér stað. Til að auðvelda þann samanburð sýnir Tafla 5 breytingar á öldustærðum á tölulegu formi frá óbreyttu Siglunesi til þess ástands að rof niður í kóta 0,0 hefur átt sér stað.

Eins kom fram í síðasta kafla fyrir aðstæður án rofs Sigluness, þá er Siglufjörður opnastur fyrir norð-norðvestan og norðan áttum, en nýtur meira skjóls í norð-norðaustan og norðaustan áttum.

Í töflunni kemur fram að breyting á hæð kenniöldu, H_s , á móts við Brjótinn, punktur P5, er hækkun um 2 til 3 sentimetra á sjávarhæð +1,3 m fyrir ölduhæð á bilinu 0,7 til 0,9 m. Innar á móts við Bæjarbryggju, punktur P8, nemur hækkunin um 1 sentimetra fyrir ölduhæð sem er um og yfir 0,3 m. Breytingar í hæstu öldu, H_{max} , eru heldur meiri, um 3 til 5 sentimetrar á móts við Brjótinn og um einn til tveir sentimetrar á móts við Bæjarbryggju.

Upp við bryggjurnar sjálfar þar sem skipin liggja, Löndunarbryggju SR innan við Brjótinn og við Bæjarbryggju, er hækkunin ekki nema lítil hluti þessarar aukningar. Því má leiða líkur að því að hækkun öldu við niðurbrot Sigluness niður í fjöruborð, kóta 0,0 m, verði vart merkjanleg við hafnarkanta á Siglufirði.



Tafla 5 Breyting á öldustærðum, inn eftir djúpál Siglufjarðar, frá óbreyttu Siglunesi til aðstæðna eftir rof niður í kóta 0,0 m, rauðar tölur þýða hækkun en bláar tölur lækkun, fyrir sjávarhæð +1,3 m. Öldustærðirnar eru hæð kenniöldu, H_s , hæð hæstu öldu, H_{max} , og sveiflutími öldu, T_p . Punktur P5 er á móts við Brjótinn nyrst á eyrinni en punktur P8 á móts við Bæjarbryggju innt á eyrinni.

		Hs [m]															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
N	1 ár	2.19	-0.04	1.22	0.04	1.03	0.05	0.87	0.03	0.73	0.02	0.58	0.03	0.47	0.03	0.32	0.01
	100 ár	2.39	-0.06	1.33	0.05	1.13	0.05	0.96	0.02	0.82	0.03	0.65	0.03	0.53	0.03	0.37	0.01
NNA	1 ár	2.12	-0.03	1.21	0.05	1.03	0.05	0.87	0.03	0.73	0.03	0.58	0.03	0.47	0.03	0.32	0.01
	100 ár	2.23	-0.04	1.24	0.05	1.06	0.06	0.90	0.03	0.76	0.03	0.60	0.03	0.50	0.03	0.35	0.01
NNV	1 ár	2.12	-0.02	1.31	0.02	1.15	0.03	1.01	0.02	0.87	0.02	0.74	0.02	0.57	0.01	0.34	0.00
	100 ár	2.27	-0.05	1.26	0.05	1.07	0.05	0.91	0.03	0.77	0.02	0.61	0.03	0.50	0.03	0.34	0.01
NA	1 ár	1.82	-0.02	1.09	0.04	0.94	0.04	0.80	0.02	0.67	0.02	0.54	0.02	0.43	0.02	0.28	0.01
	100 ár	2.01	-0.04	1.14	0.05	0.97	0.05	0.83	0.03	0.70	0.03	0.55	0.03	0.46	0.03	0.31	0.01

		Hmax [m]															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
N	1 ár	4.07	-0.07	2.27	0.08	1.92	0.09	1.62	0.05	1.36	0.04	1.08	0.05	0.88	0.05	0.60	0.02
	100 ár	4.35	-0.11	2.41	0.09	2.05	0.10	1.74	0.04	1.48	0.05	1.17	0.05	0.97	0.05	0.67	0.02
NNA	1 ár	3.96	-0.05	2.27	0.09	1.93	0.09	1.65	0.06	1.37	0.05	1.10	0.05	0.89	0.05	0.59	0.02
	100 ár	4.07	-0.08	2.28	0.10	1.93	0.10	1.65	0.05	1.39	0.05	1.11	0.05	0.91	0.06	0.63	0.02
NNV	1 ár	4.03	-0.04	2.54	0.04	2.23	0.05	1.97	0.03	1.69	0.03	1.46	0.04	1.12	0.03	0.65	-0.01
	100 ár	4.19	-0.08	2.34	0.08	1.98	0.09	1.68	0.05	1.42	0.04	1.13	0.05	0.92	0.05	0.63	0.02
NA	1 ár	3.42	-0.03	2.07	0.07	1.78	0.07	1.53	0.04	1.28	0.04	1.04	0.04	0.82	0.04	0.54	0.01
	100 ár	3.70	-0.06	2.11	0.09	1.80	0.09	1.53	0.05	1.28	0.05	1.02	0.05	0.84	0.05	0.58	0.02

		Tp [s]															
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
N	1 ár	14.5	0.00	14.5	0.00	14.5	0.00	14.5	-0.01	14.5	0.00	14.5	0.00	14.5	0.00	14.5	0.00
	100 ár	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00	18.2	0.00
NNA	1 ár	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00	13.7	0.00
	100 ár	16.5	0.00	16.5	-0.01	16.5	-0.01	16.5	-0.01	16.5	-0.01	16.5	-0.01	16.5	-0.01	16.5	-0.01
NNV	1 ár	12.3	0.00	12.3	0.01	12.3	0.00	12.3	0.00	12.3	0.01	12.3	0.00	12.3	0.01	12.3	0.01
	100 ár	15.2	0.00	15.2	0.00	15.2	-0.01	15.2	-0.02	15.2	-0.01	15.2	-0.01	15.2	0.00	15.3	-0.01
NA	1 ár	13.1	0.00	13.1	0.01	13.2	0.00	13.2	0.00	13.2	0.01	13.2	0.00	13.2	0.01	13.2	0.01
	100 ár	15.9	0.00	15.9	-0.01	15.9	-0.01	15.9	-0.02	15.9	-0.01	15.9	-0.01	15.9	-0.01	16.0	-0.01

4.3.2 Samanburður á mismiklu rofi Sigluness fyrir ölduhæð á Siglufirði

Hér verða sýnd áhrif mismikils rofs á Siglunesi, niður í fjöruborð og niður á 2 og 5 m dýpi, fyrir ölduáttir á hafi úr norðri, norð-norðvestri og úr norðaustri á sjávarhæðinni +1,3 m, meðalstórstraumsflóði.

Fyrir norðan áttina, Mynd 4-9, eykst ölduhæð á móts við Brjótinn um 3 sentimetra fyrir rof niður á 0 og 2 m dýpi en um 4 sentimetra fyrir rof niður á 5 m dýpi, þá er ölduhæðin komin úr 0,73 m í 0,77 m. Á móts við Bæjarbryggju er aukningin 1 sentimetra fyrir rof niður á 0 og 2 m dýpi og 2 sentimetra fyrir rof niður á 5 m dýpi, úr 0,32 m í 0,34 m.

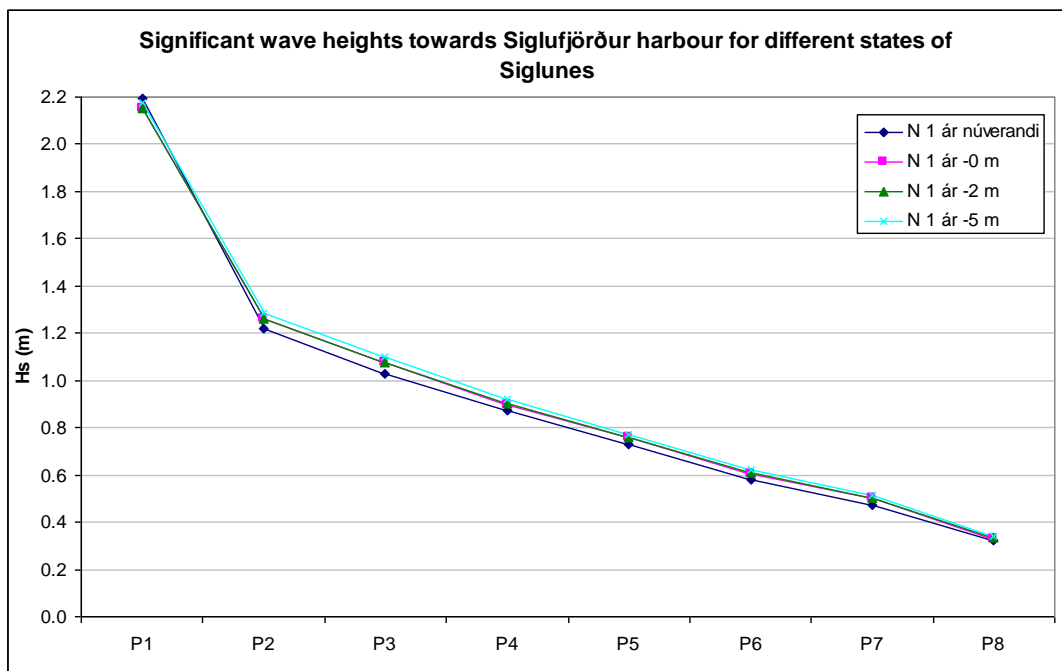
Fyrir norð-norðvestan áttina, Mynd 4-10, er aukningin í ölduhæð heldur minni en fyrir norðan áttina. Á móts við Brjótinn er hækkunin 1 sentimetri fyrir rof niður á 0 og 2 m dýpi og 3 sentimetrar fyrir rof niður á 5 m dýpi og ölduhæð þá komin í 0,90 m. Á móts



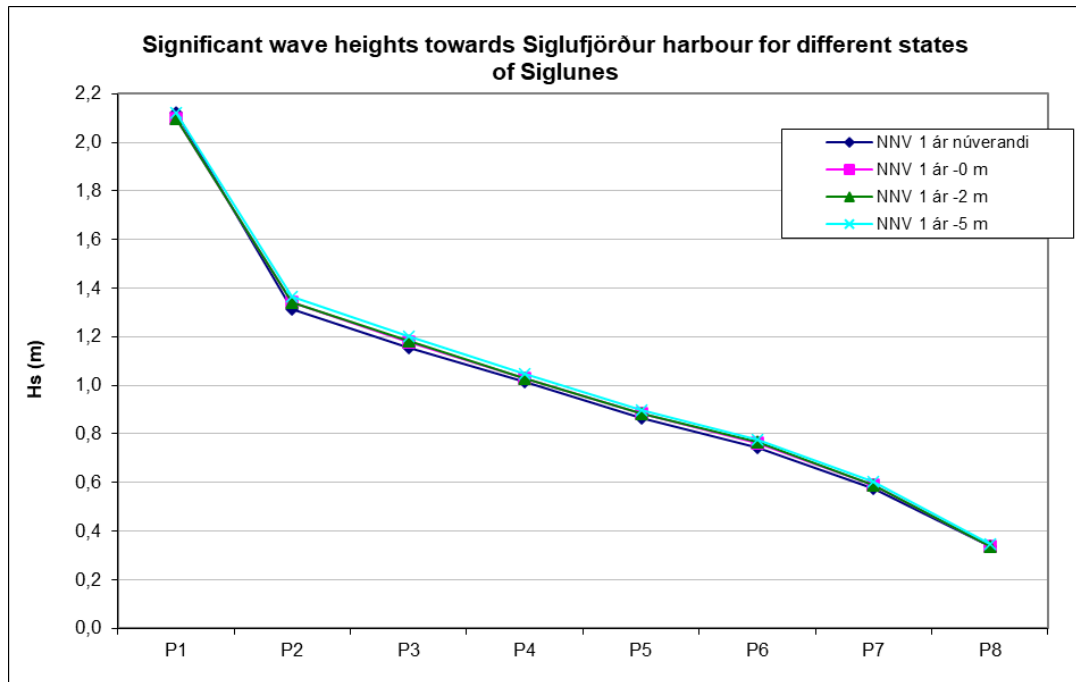
við Bæjarbryggju er aukningin einungis 1 sentimetri fyrir rof niður á 5 m dýpi og ölduhæð þá komin í 0,35 m.

Það er athyglisvert að ölduhæð á innanverðum Siglufirði eykst lítið sem ekkert við aukið rof, frá 0,0 m niður á 2 m dýpi þegar reikningar eru gerðir fyrir sjávarhæð +1,3 m en þá er dýpi á grynningunum þar sem Siglunes er nú komið í 3,3 m. Þó að aukning í ölduhæð sé heldur meiri við aukið rof, þ.e. rof niður á 5 m dýpi, þá er ölduhæð enn mjög lítil. Þar sem þessir öldufarsreikningar eru gerðir á sjávarhæð +1,3 m þá er dýpi á Siglunesgrynningum komið í 6,3 m.

Heildarniðurstaða þessa er að ölduhæð á innanverðum Siglufirði og við hafnarkanta aukist mjög lítið frá því sem hún er í dag jafnvel þó að heildardýpi á grynningum þar sem nú er Siglunes sé komið í 3 m á stórstraumsflóði.



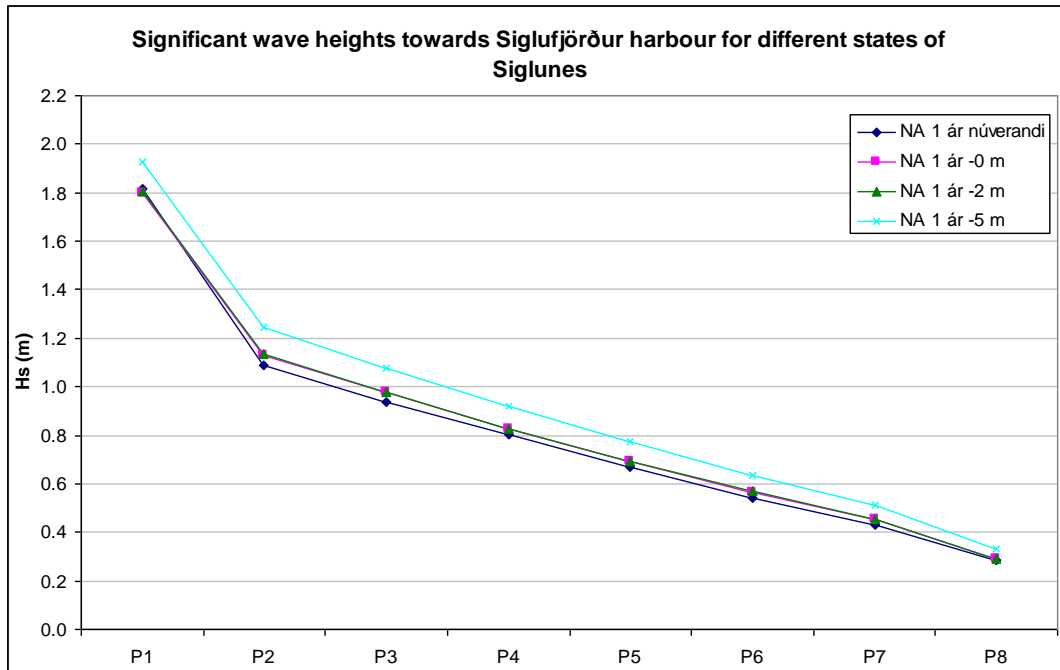
Mynd 4-9 Áhrif niðurbrots Sigluness niður í 0,0, 2,0 og 5,0 m dýpi fyrir öldur úr norðri með 1 árs endurkomutíma. Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn, á sjávarhæð +1,3 m.



Mynd 4-10 Áhrif niðurbrots Siglunes niður í 0,0, 2,0 og 5,0 m dýpi fyrir öldur úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma. Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn, á sjávarhæð +1,3 m.

Fyrir norðaustan áttina er breytingin vegna rofs Siglunes heldur meiri en fyrir aðrar ölduáttir, Mynd 4-11. Hins vegar var aldan sem kemst inn á Siglufjörð fyrir niðurbrot lægri en úr öðrum norðlægum áttum. Þannig hækkar ölduhæð á móts við Brjótinn um 3 sentimetra við rof niður á 2 m dýpi, úr 0,67 m í 0,70 m og um 10 sentimetra fyrir rof niður á 5 m dýpi, í 0,77 m og er þá orðin sú sama og 1 árs alda úr norðri. Á móts við Bæjarbryggjuna hækkar aldan úr 0,28 m án rofs í 0,29 m með rofi niður á 2 m dýpi og í 0,33 m fyrir rof niður á 5 m dýpi, sem er lægri ölduhæð en fyrir 1árs öldu úr norðri og norð-norðvestri.

Tafla 6 sýnir þessar sömu niðurstöður á tölulegu formi, þ.e. öldu með 1 árs endurkomutíma úr norð-norðvestri, norðri og norðaustri, án rofs og með rofi niður í 0 m og niður á 2 og 5 m dýpi, allt á meðalstórstraumsflóði, sjávarhæð +1,3 m.



Mynd 4-11 Áhrif niðurbrots Sigluness niður í 0,0, 2,0 og 5,0 m dýpi fyrir öldur úr norðaustri með 1 árs endurkomutíma. Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn, á sjávarhæð +1,3 m.

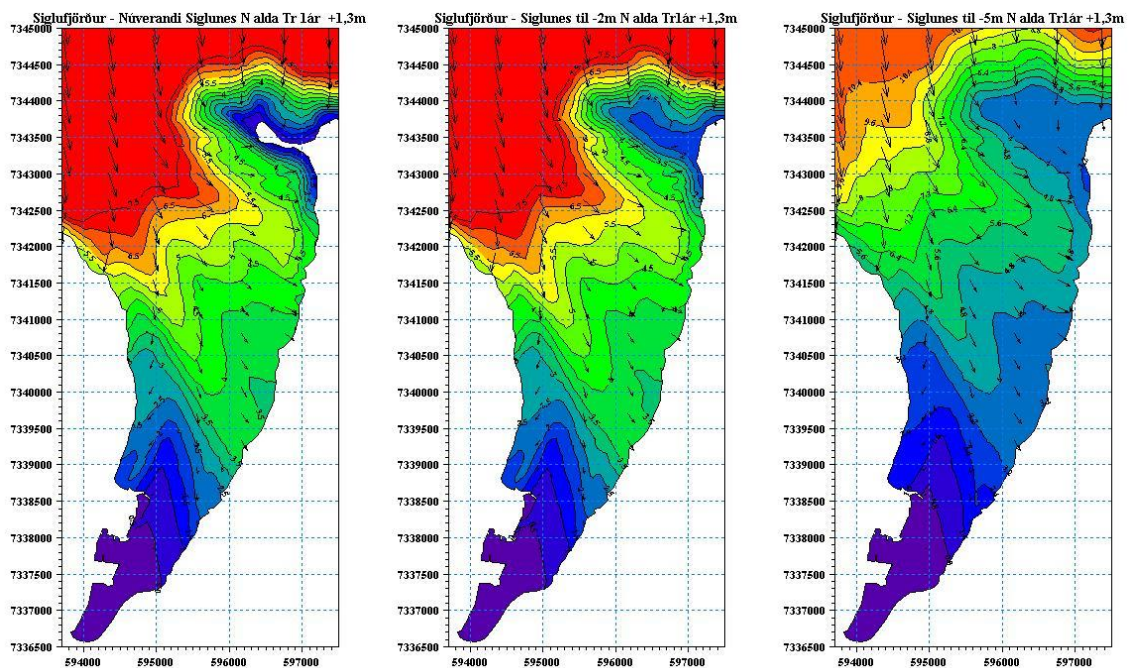
Tafla 6 Áhrif niðurbrots Sigluness niður í 0,0, 2,0 og 5,0 m dýpi fyrir öldur úr norð-norðvestri, norðri og norðaustri með 1 árs endurkomutíma. Ölduhæð inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni og Siglufjarðarhöfn, á sjávarhæð +1,3 m. Gráskygging sýnir ölduhæð og breytingum frá óbreyttu Siglunesi við niðurbrot í punktum P5 á móts við Brjótinn og í punkti P8 á móts við Bæjarbryggju

		Hs (m)									
		P1	P2	P3	P4	P5	(%)	P6	P7	P8	(%)
NNV	núverandi	2.12	1.31	1.15	1.01	0.87	0.0%	0.74	0.57	0.34	0.0%
	-0 m	2.10	1.34	1.18	1.03	0.88	1.9%	0.76	0.59	0.34	-0.6%
	-2 m	2.10	1.34	1.18	1.03	0.88	2.0%	0.76	0.59	0.34	-0.4%
	-5 m	2.12	1.36	1.20	1.05	0.90	3.5%	0.78	0.60	0.35	2.0%
N	núverandi	2.19	1.22	1.03	0.87	0.73	0.0%	0.58	0.47	0.32	0.0%
	-0 m	2.15	1.26	1.08	0.90	0.76	3.3%	0.61	0.50	0.33	2.9%
	-2 m	2.15	1.26	1.08	0.90	0.76	3.4%	0.61	0.50	0.33	3.0%
	-5 m	2.18	1.28	1.10	0.92	0.77	5.7%	0.62	0.51	0.34	5.4%
NA	núverandi	1.82	1.09	0.94	0.80	0.67	0.0%	0.54	0.43	0.28	0.0%
	-0 m	1.80	1.13	0.98	0.82	0.69	3.0%	0.56	0.45	0.29	2.0%
	-2 m	1.80	1.13	0.98	0.83	0.70	3.6%	0.57	0.46	0.29	2.7%
	-5 m	1.93	1.24	1.08	0.92	0.77	15.1%	0.63	0.51	0.33	16.1%

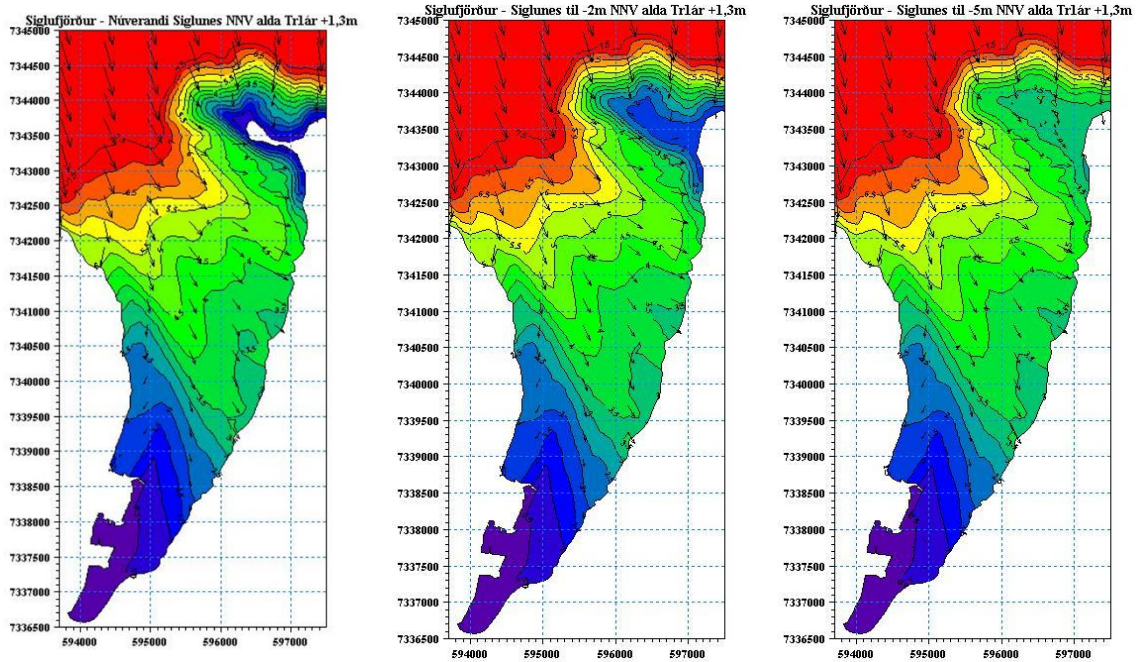


Mynd 4-12, Mynd 4-13 og Mynd 4-14 sýna samanburð á ölduhæð á Siglufirði fyrir og eftir rof á Siglunesi niður á 2 og 5 m dýpi, fyrst fyrir norðan öldu, þá fyrir norð-norðvestan öldu og síðasta myndaröðin er fyrir norðaustan öldu. Í öllum tilvikum eru reikningarnir gerðir fyrir sjávarhæð +1,3 m.

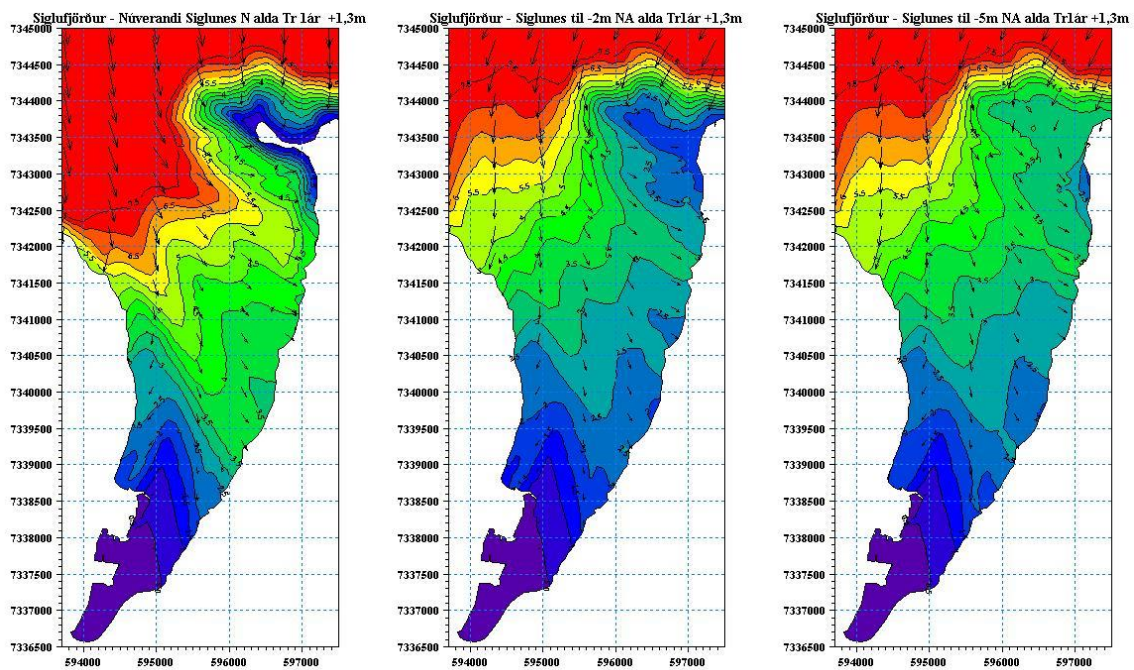
Athyglisvert er að sjá hve lítil áhrif niðurbrot Sigluness hefur á öldu á Siglufirði. Mjög lítil orka kemur yfir svæðið þar sem Siglunes er nú, jafnvel þó að það hafi rofnað niður á 5 m dýpi. Þar verða engu að síður grynningar sem öldur koma til með að brotna á.



Mynd 4-12 Samanburður á ölduhæð á Siglufirði fyrir og eftir rof á Siglunesi niður á 2 og 5 m dýpi. Alda úr norðri með 1 árs endurkomutíma á sjávarhæð +1,3 m. Ath. litaskalinn á mynd lengst til hægri er annar en á hinum myndunum.

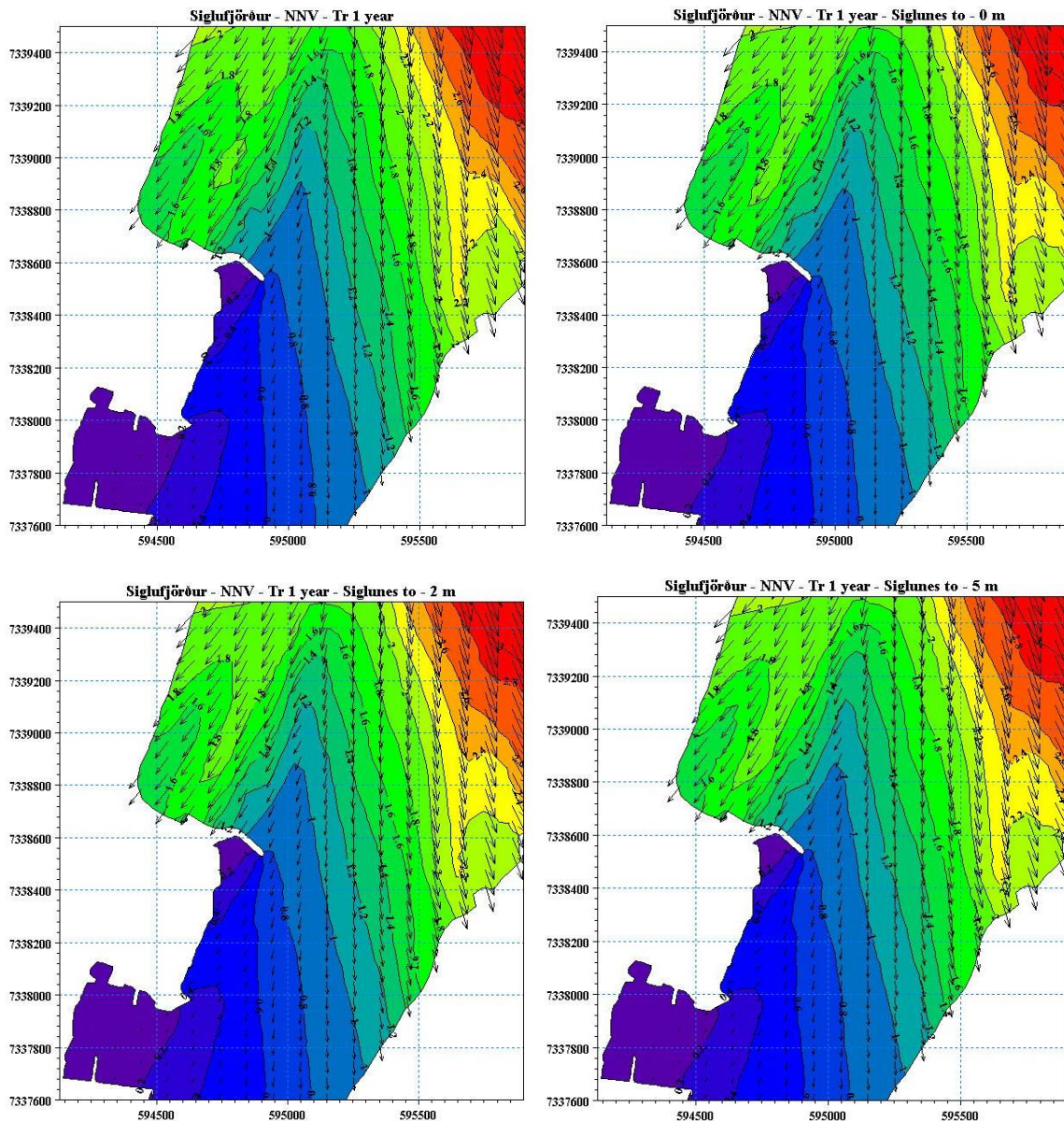


Mynd 4-13 Samanburður á ölduhæð á Siglufrjóði fyrir og eftir rof á Siglunesi niður á 2 og 5 m dýpi. Alda úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma á sjávarhæð +1,3 m.



Mynd 4-14 Samanburður á ölduhæð á Siglufrjóði fyrir og eftir rof á Siglunesi niður á 2 og 5 m dýpi. Alda úr norðaustri með 1 árs endurkomutíma á sjávarhæð +1,3 m.

Mynd 4-15 sýnir útbreiðslu öldu á innri hluta Siglufrjarðar fyrir öldu úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma á sjávarhæð +1,3 m fyrir óbreytt Siglunes, efri röð til vinstri, eftir rof á Siglunesi niður 0,0 m í, efri röð til hægri, eftir rof niður á 2 m dýpi, neðri röð til vinstri, og eftir rof niður á 5 m dýpi, neðri röð til hægri. Enn kemur fram hve lítil áhrif rofið hefur á ölduhæð á Siglufrjóði.



Mynd 4-15 Samanburður á ölduhæð á innri hluta Siglufjarðar fyrir og eftir rof á Siglunesi niður á 0, 2 og 5 m dýpi. Alda úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma á sjávarhæð +1,3 m.

4.3.3 Áhrif sjávarstöðu á ölduhæð á Siglufirði

Áhrif sjávarstöðu á ölduhæð á Siglufirði eru sýnd með tveimur dæmum, báðum fyrir norðan öldu, annars vegar óbreyttu Siglunesi og hins vegar eftir rof niður á 5 m dýpi.

Í fyrsta lagi sýnir Tafla 7 áhrif sjávarstöðu á útbreiðslu norðan öldu með 1 árs endurkomutíma á innri hluta Siglufjarðar með óbreyttu Siglunesi, þ.e. án þess að nokkuð rof hafi átt sér stað, fyrir tvær sjávarstöður, þ.e. +1,3 m og +1,8 m.

Þar kemur fram að með 0,5 m hærri sjávarhæð hækkar ölduhæð á móts við Brjótinn um 4 sentimetra og á móts við Bæjarbyggju um 3 sentimetra. Eins og áður kemur þessi hækkun ekki að fullu fram við hafnarkanana og því ekki líklegt að hennar verði vart.



Tafla 7 Áhrif mismunandi sjávarstöðu útbreiðslu öldu inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni við Siglufjarðarhöfn með óbreyttu Siglunesi dýpi. Norðan alda með 1 árs endurkomutíma. Gráskygging sýnir ölduhæð og breytingum vegna hærri sjávarstöðu en +1,3 m í punktum P5 á móts við Brjótinn og í punkti P8 á móts við Bæjarbryggju.

		P1	P2	P3	P4	P5	%	P6	P7	P8	%	
N	1 árs	+1.3m	2.19	1.22	1.03	0.87	0.73		0.58	0.47	0.32	
		+1.8m	2.26	1.27	1.07	0.91	0.77	4.8%	0.61	0.50	0.35	7.4%

Næst eru sýndar niðurstöður öldufarsreikninga, fyrir norðan átt með 1 árs og 100 ára endurkomutíma, fyrir mismunandi sjávarhæðir, frá +1,3 m til +2,8 m, eftir rof Sigluness niður á 5 m dýpi, Tafla 8. Þar kemur fram stigmögnuð hækkun öldu við hærri sjávarstöður. Á móts við Brjótinn hækkar ölduhæðin um 4 til 5 sentimetra fyrir hverja hækkun sjávarhæðar um 0,5 m. Á móts við Bæjarbryggju er hækkunin 2 til 3 sentimetrar.

Samanburður á núverandi ástandi Sigluness á meðalstórstraumflóði og eftir rof Sigluness niður á 5 dýpi og 0,5 m hærri sjávarhæð eða +1,8 m, þá er aukningin á ölduhæð á móts við Brjótinn um 8 sentimetrar, frá 0,73 m til 0,81 m. Fyrir hverja frekari hækkun sjávarhæðar um 0,5 m hækkar ölduhæð á móts við Brjótinn um 5 sentimetra og er hækkunin þá orðin 18 sentimetrar fyrir sjávarhæð +2,8 m eða 0,91. Á móts við Bæjarbryggju þá gefur ofangreindi samanburður 5 sentimetra hækkun, frá 0,32 m til 0,37 m, og síðan 2 til 3 sentimetra hækkun fyrir frekari hækkanir um 0,5 m og er orðin 0,42 m fyrir sjávarhæð +2,8 m.

Eins og áður hefur komið fram þá kemur þessi hækkun öldu ekki nema að hluta til fram við hafnarkantana.

Hér er það metið sem svo að gangi allt eftir, að rofið nái niður á 5 m dýpi og að sjávarstaða hækki um 0,5 til 1,0 m vegna loftslagsbreytinga, þá er líklegt að þess muni verða vart við hafnarkanta á Siglufirði. Nái rofið hins vegar niður á 2 m dýpi og sjávarstöðuhækkun nemi ekki meira en um 0,5 m er hins vegar ekki líklegt að breytingar verði merkjanlegar.



Tafla 8 Áhrif mismunandi sjávarhæð útbreiðslu öldu inn eftir djúpál Siglufjarðar og inn með eyrinni við Siglufjarðarhöfn eftir rof Sigluness niður á 5 m dýpi. Norðan alda með 1 og 100 ára endurkomutíma. Gráskygging sýnir ölduhæð og breytingum vegna hærri sjávarhæðar en +1,3 m í punktum P5 á móts við Brjótinn og í punkti P8 á móts við Bæjarbryggju.

		Hs [m]										
		P1	P2	P3	P4	P5	%	P6	P7	P8	%	
N	1 árs	+1.3m	2.18	1.28	1.10	0.92	0.77		0.62	0.51	0.34	
		+1.8m	2.26	1.35	1.15	0.97	0.81	5.2%	0.66	0.54	0.37	7.7%
		+2.3m	2.35	1.41	1.21	1.02	0.86	11.1%	0.70	0.57	0.39	16.1%
		+2.8m	2.44	1.48	1.28	1.07	0.91	17.6%	0.74	0.61	0.42	25.0%
	100 ára	+1.3m	2.35	1.40	1.20	1.00	0.85		0.68	0.57	0.39	
		+1.8m	2.44	1.45	1.25	1.04	0.89	4.2%	0.71	0.60	0.41	6.9%
		+2.3m	2.53	1.51	1.30	1.08	0.93	8.7%	0.75	0.63	0.44	13.9%
		+2.8m	2.62	1.58	1.35	1.13	0.97	13.6%	0.78	0.66	0.47	21.5%



5 Niðurstöður

Með öldufarsreikningum sem sýna útbreiðslu úthafsöldu norðan Tröllaskaga kemur fram hve mikið Siglunes skýlir Siglufirði. Ölduhæð innarlega á firðinum er mun lægri en á Héðinsfirði, sem er næsti fjörður austan Siglufjarðar yst á Tröllaskaga. Því er eðlilegt að spurt sé hvort að öldufar á Siglufirði komi til með að breytast við aukið landbrot á Siglunesi. Í dag tengir örmjótt haft ytri hluta nessins og fastalandið. Þetta er skoðað fyrir þrjú stig af rofi, í fyrstalagi rof niður í fjöruborð, þ.e. sjávarhæð 0,0 m, og í öðru og þriðja lagi fyrir rof niður á 2 og 5 m dýpi. Í öllum tilvikum er rofið látið ná yfir allt nesið.

Siglufjörður opnast til norðurs og því eru öldufarsreikningarnir gerðir fyrir ölduáttir á hafi frá norð-norðvestri til norðausturs. Þó að ekki sé mikill munur á, þá eiga öldur úr norðri og norð-norðvestri greiðari leið inn fjörðinn, en öldur úr norð-norðaustri og norðaustri, sem njóta meira skjóls af Siglunesi.

Niðurstöður öldufarsreikninga á meðalstórstraumsflóði fyrir rof Sigluness niður í fjöruborð sýna að áhrifin eru mjög lítil. Úti í djúpálnum á móts við Brjótinn hækkar ölduhæð kenniöldu mest um 2 til 3 sentimetra fyrir ölduhæð á bilinu 0,7 til 0,9 m. Innar á móts við Bæjarbryggjum nemur hækkun um 1 sentimetra fyrir ölduhæð sem er um og yfir 0,3 m. Upp við bryggjurnar sjálfar þar sem skipin liggja, Löndunarbyggju SR innan við Brjótinn og við Bæjarbryggju, er hækkunin ekki nema lítil hluti þessarar aukningar. Því má leiða líkur að því að hækkun öldu við niðurbrot Sigluness niður í fjöruborð verði vart merkjanleg.

Við aukið rof, niður á 2 m dýpi, þá er aukning á ölduhæð á meðalstórstraumsflóði umfram það sem var við rof niður í fjöruborð vart merkjanleg. Við þessar aðstæður er heildar dýpi á grynningunum, þar sem Siglunes er nú, rúmum 3 m á stórstraumsflóði. Ná rofið niður á 5 m dýpi er aukning á ölduhæð heldur meiri en fyrir rof niður á 2 m dýpi.

Áhrif sjávarstöðu á ölduhæð voru könnuð með tveimur dæmum, annars vegar með óbreyttu Siglunesi og hins vegar eftir rof nessins niður á 5 m dýpi. Í báðum tilvikum hækkar aldan á móts við Brjótinn um 4 til 5 sentimetra fyrir hverja hækkun sjávarhæðar um 0,5 m og um 2 til 3 sentimetra við Bæjarbryggju.

Hér er það metið sem svo að gangi allt eftir, að rofið nái niður á 5 m dýpi og að sjávarstaða hækki um 0,5 til 1,0 m vegna loftslagsbreytinga, þá er líklegt að þess muni verða vart við hafnarkanta á Siglufirði. Ná rofið hins vegar ekki lengra en niður á 2 m dýpi og sjávarstöðuhækkun nemi ekki meira en um 0,5 m er hins vegar ekki líklegt að breytingar verði merkjanlegar.

Heildarniðurstaða þessarar athugunar er sú að niðurbrot Sigluness hefur mun minni áhrif en búast hefði mátt við. Grundvöllur þessarar niðurstöðu er að áfram verði neðansjavar hryggur með grynningum þar sem Siglunesið er nú. Því þarf að fylgjast með niðurbrotinu, ekki bara ofansjavar heldur ekki síður neðansjavar.

Sumarið 2009 var dýptarmælt allt í kringum Siglunes, sjá teikningu í Viðauki B. Þar má sjá að grynningar í kringum Siglunes ná yfir mun stærra svæði en það Siglunes sem sést ofansjavar. Slíka dýptarmælingu ætti að endurtaka á um 10 til 20 ára fresti auk þess sem fylgjast þarf með breytingum ofansjavar með drónamælingum og loftmyndum.

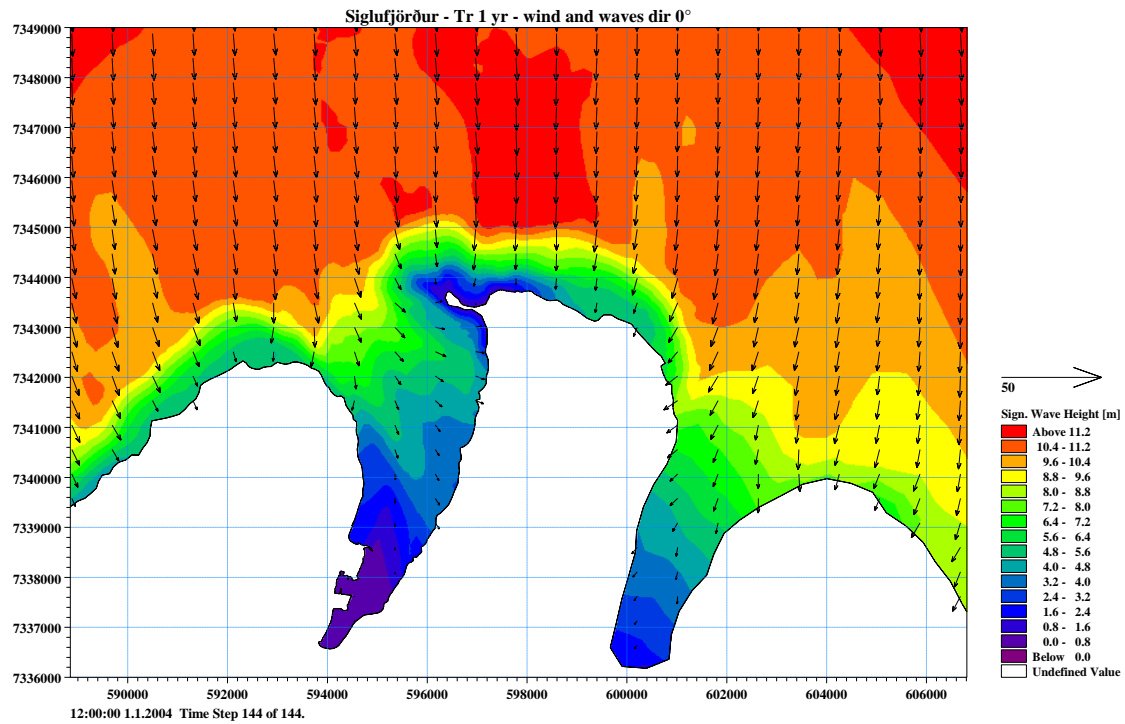


Í skýrslunni hafa niðurstöður öldufarsreikninga verið túlkaðar með tilliti til hreyfinga skipa við hafnarkanta. Ekki hefur verið lagt mat á aukna flóðahættu vegna hærri öldu inn við eyrina. Það þarf að gera í sérstakri skoðun.

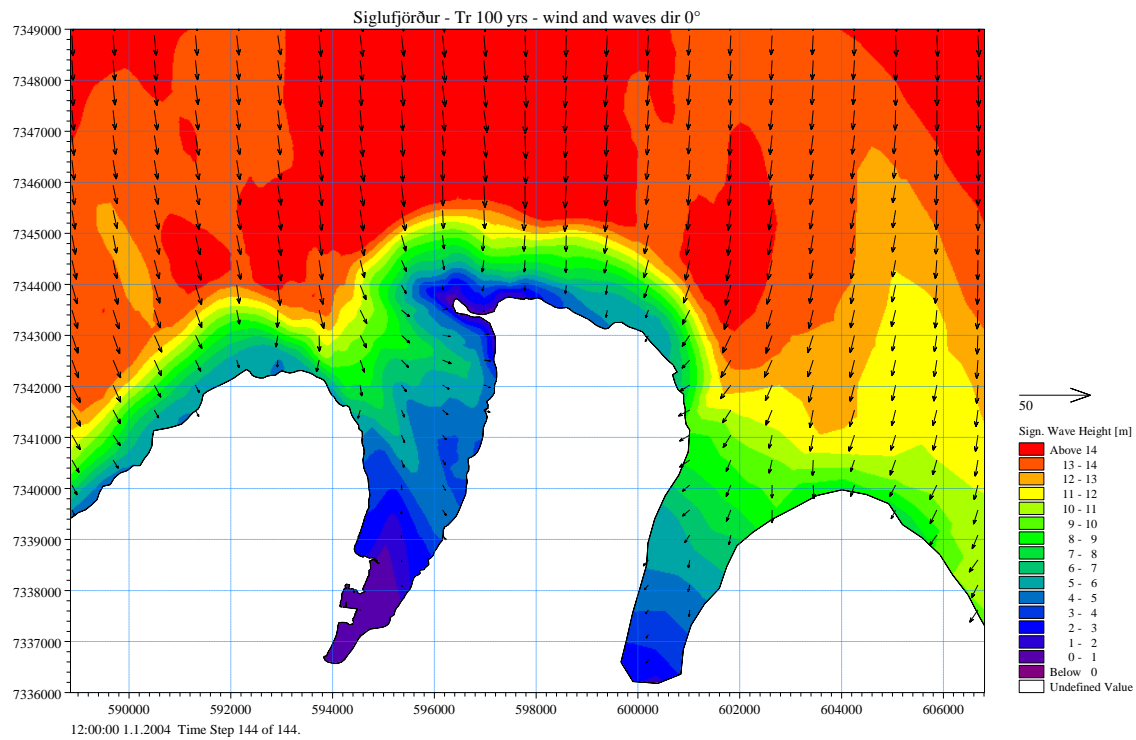


Viðauki A Ölduhæð á Siglufirði og úti fyrir Tröllaskaga

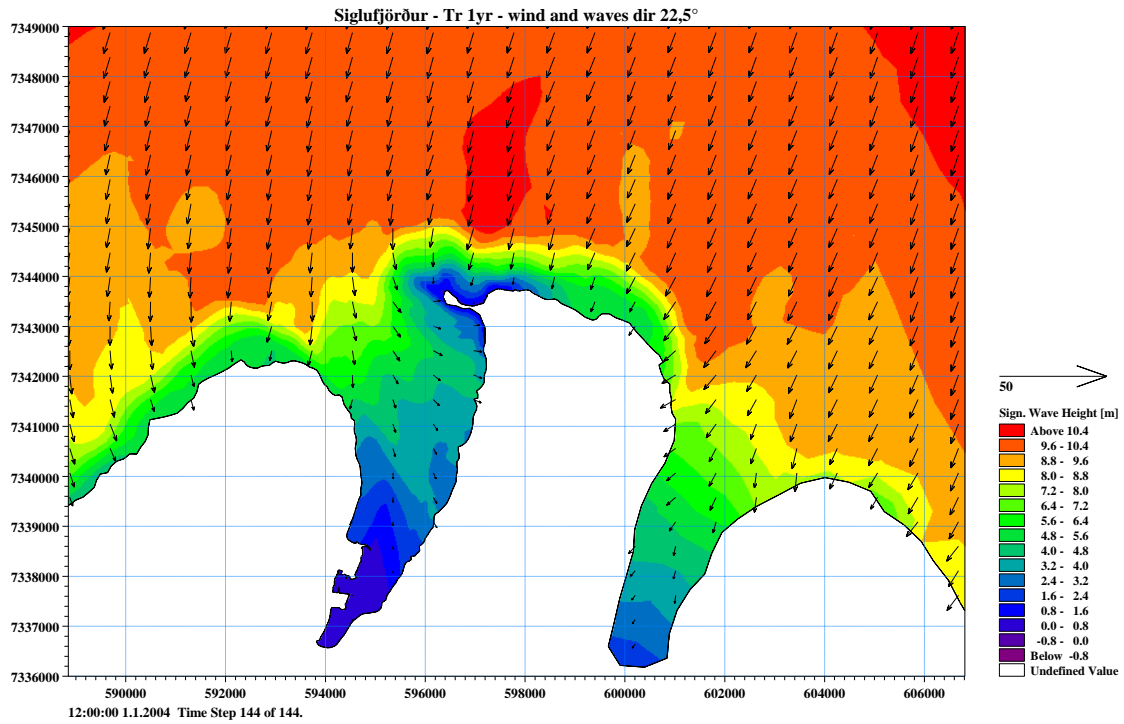
a. Með óbreyttu Siglunesi – sjávarhæð +1,3 m



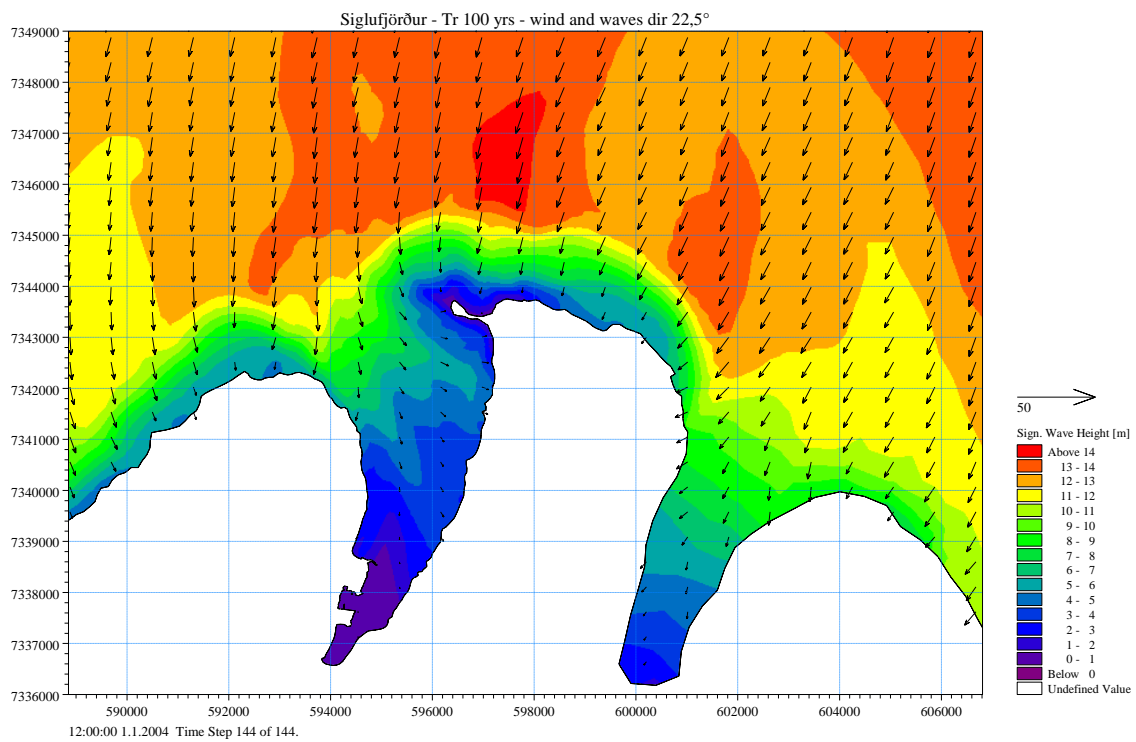
Mynd a-1 Alda og vindur úr norðri með 1 árs endurkomutíma



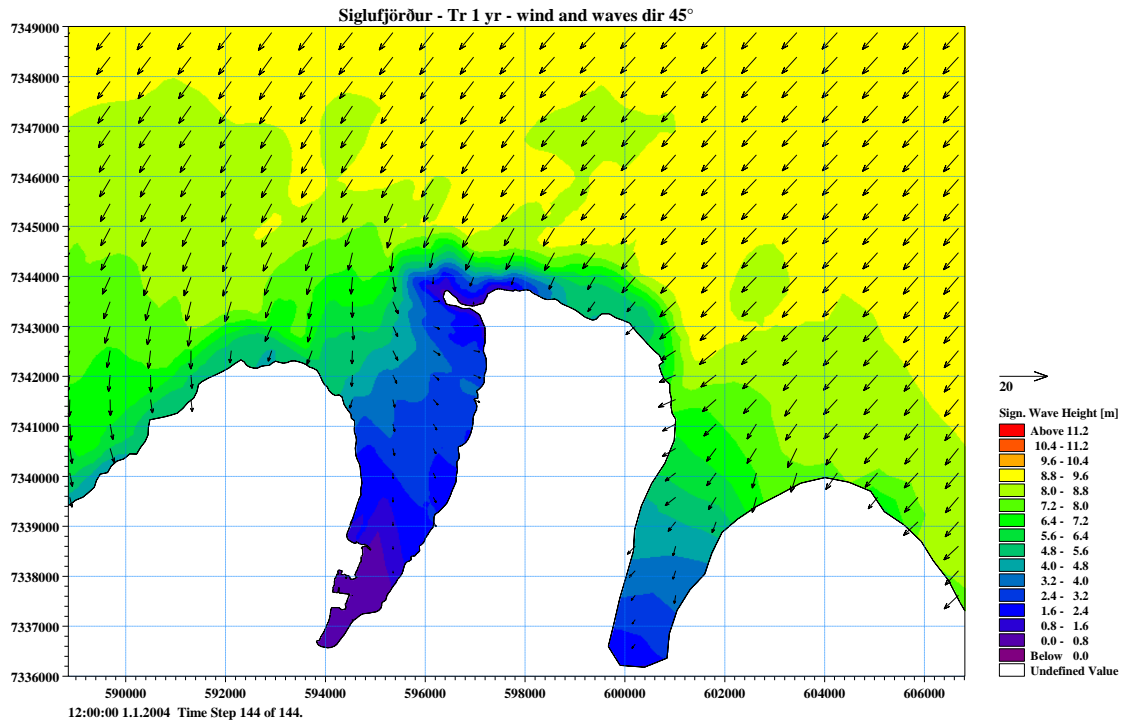
Mynd a-2 Alda og vindur úr norðri með 100 ára endurkomutíma



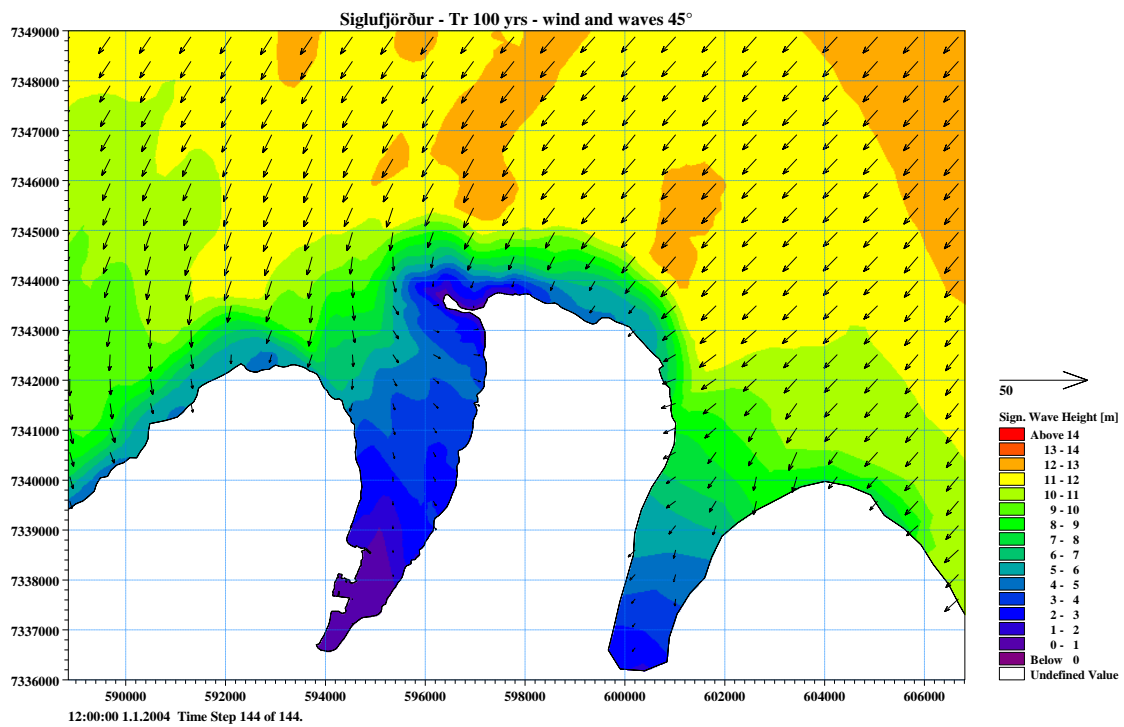
Mynd α-3 Alda og vindur úr norð-norðaustri með 1 árs endurkomutíma



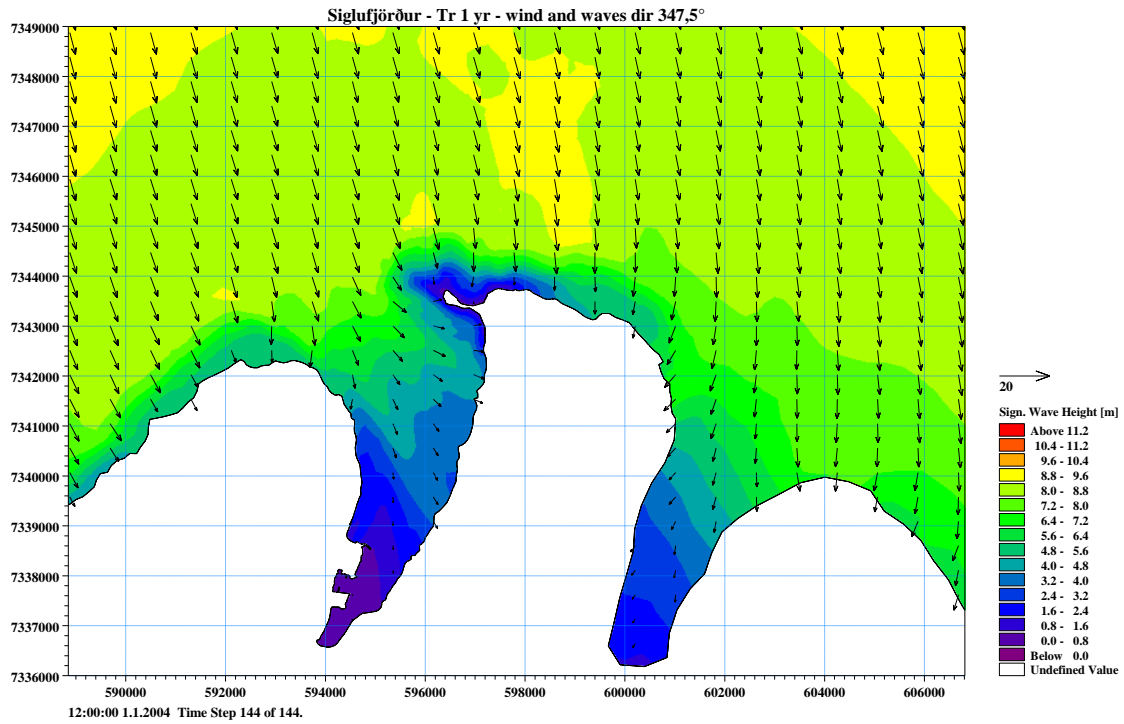
Mynd α-4 Alda og vindur úr norð-norðaustri með 100 ára endurkomutíma



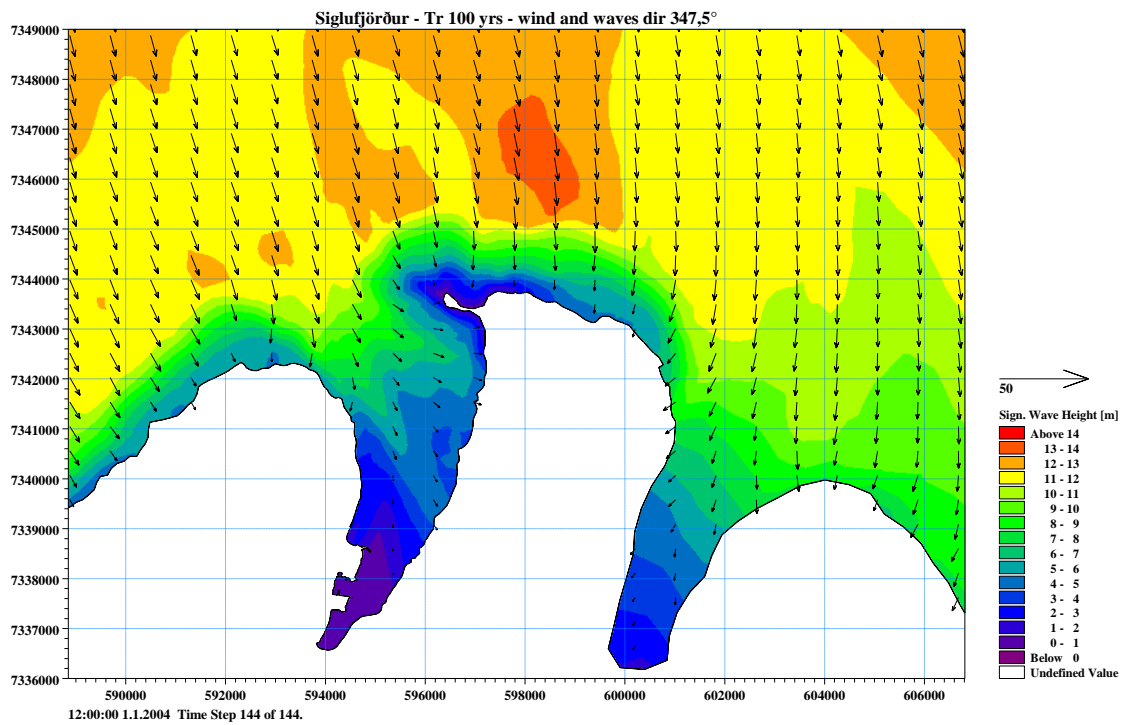
Mynd α-5 Alda og vindur úr norðaustri með 1 árs endurkomutíma



Mynd α-6 Alda og vindur úr norðaustri með 100 ára endurkomutíma



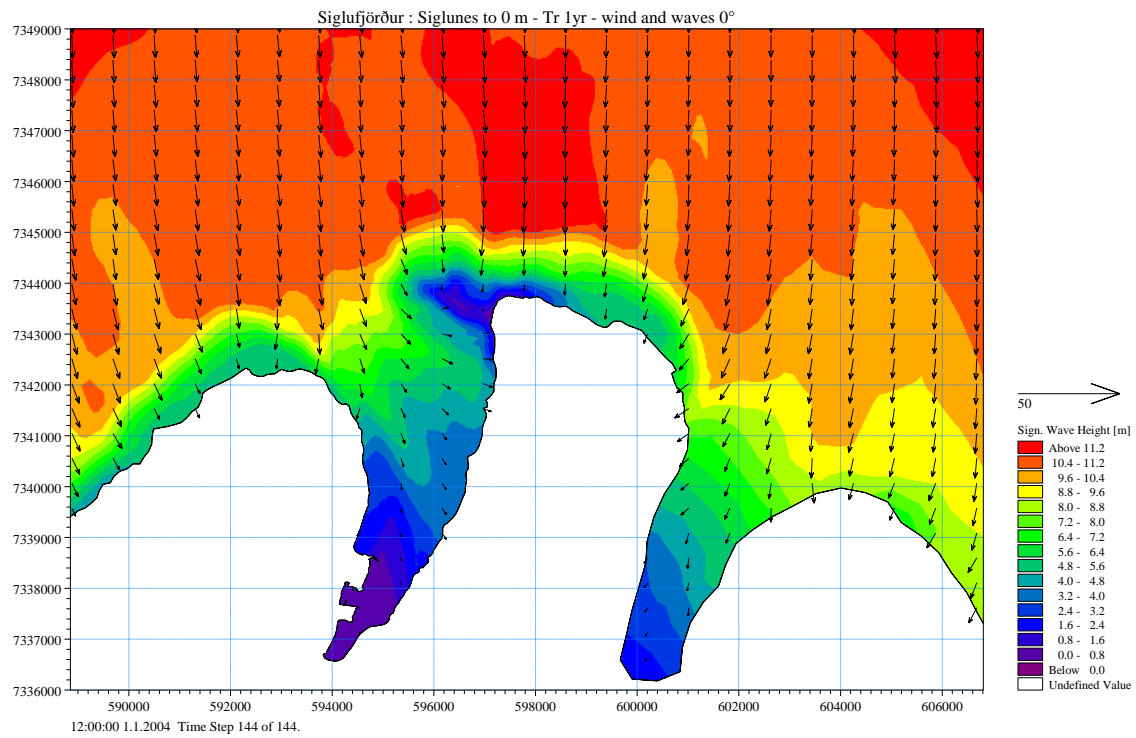
Mynd a-7 Alda og vindur úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma



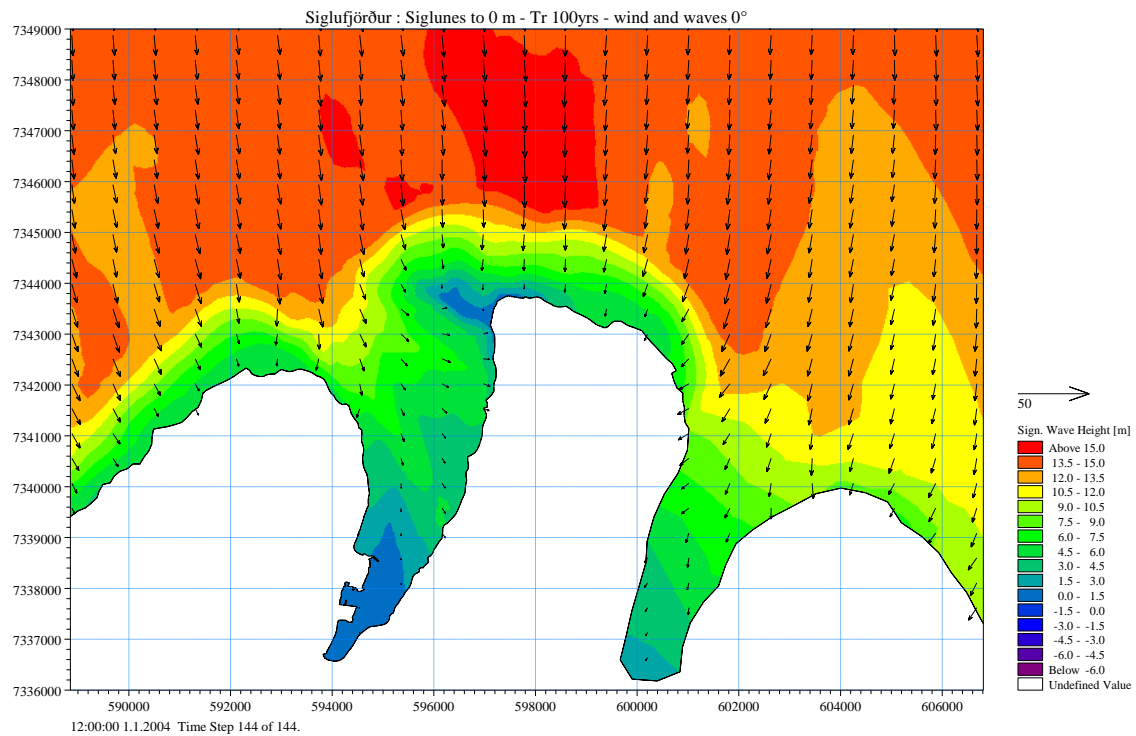
Mynd a-8 Alda og vindur úr norð-norðvestri með 100 árq endurkomutíma



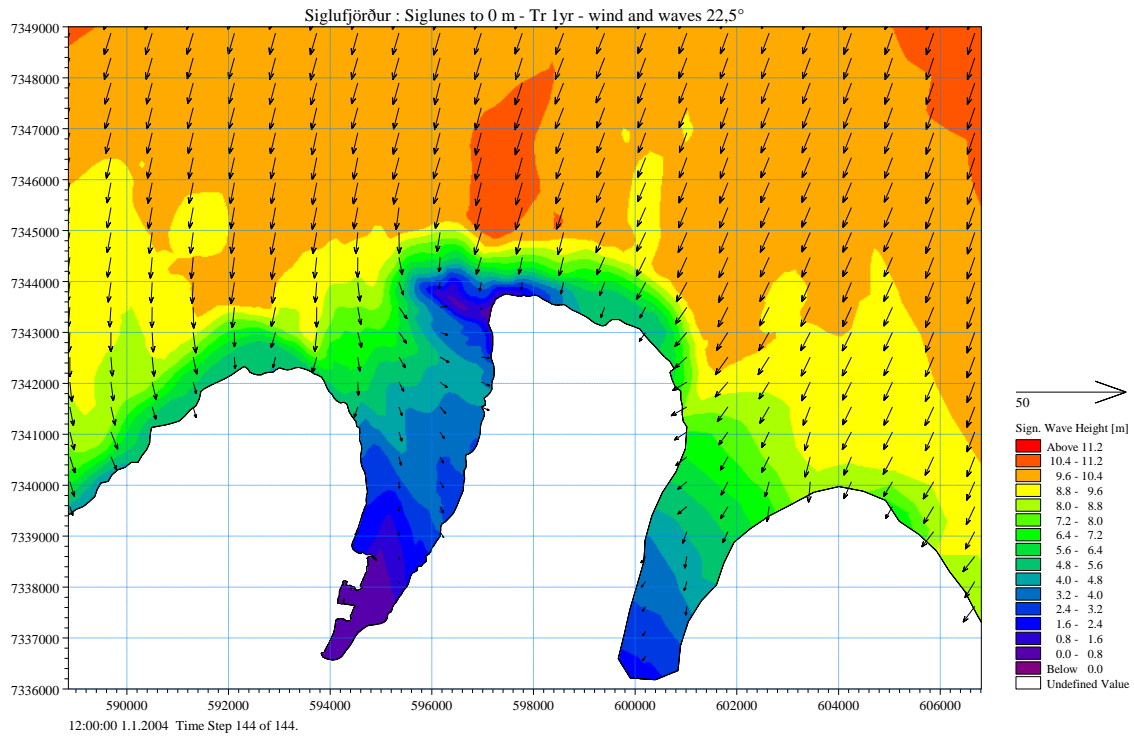
b. Siglunes rofið niður í fjöruborð 0,0 m – sjávarhæð +1,3 m



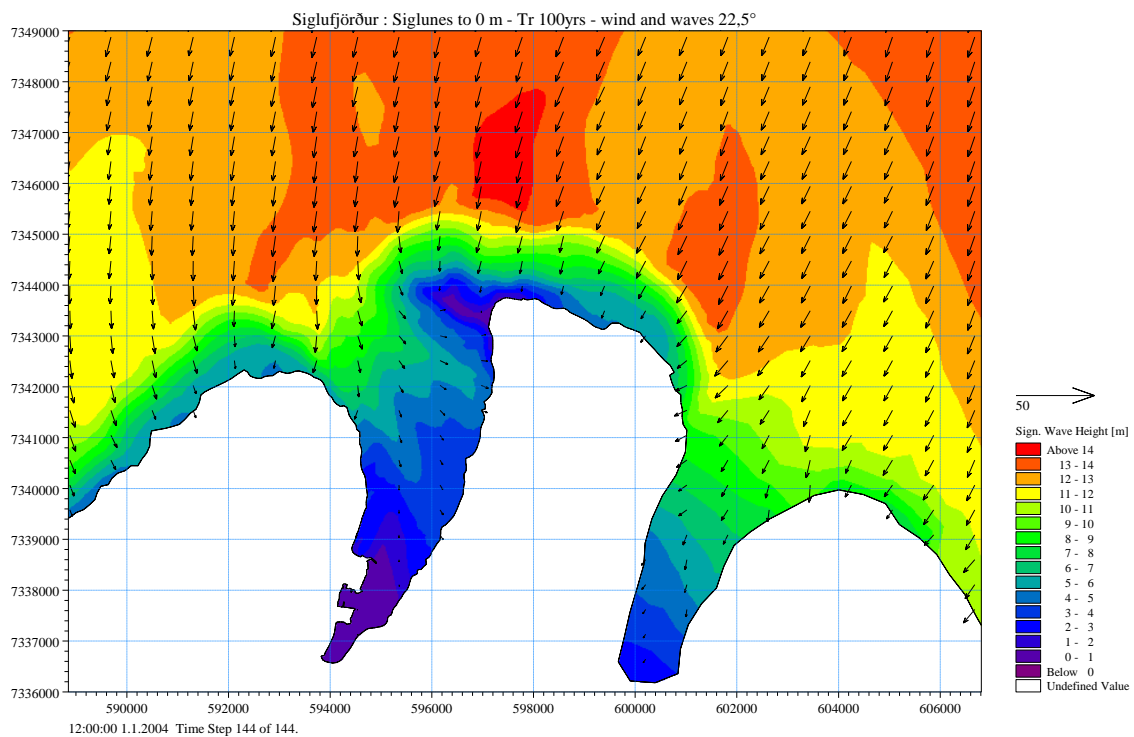
Mynd b-1 Alda og vindur úr norðri með 1 árs endurkomutíma



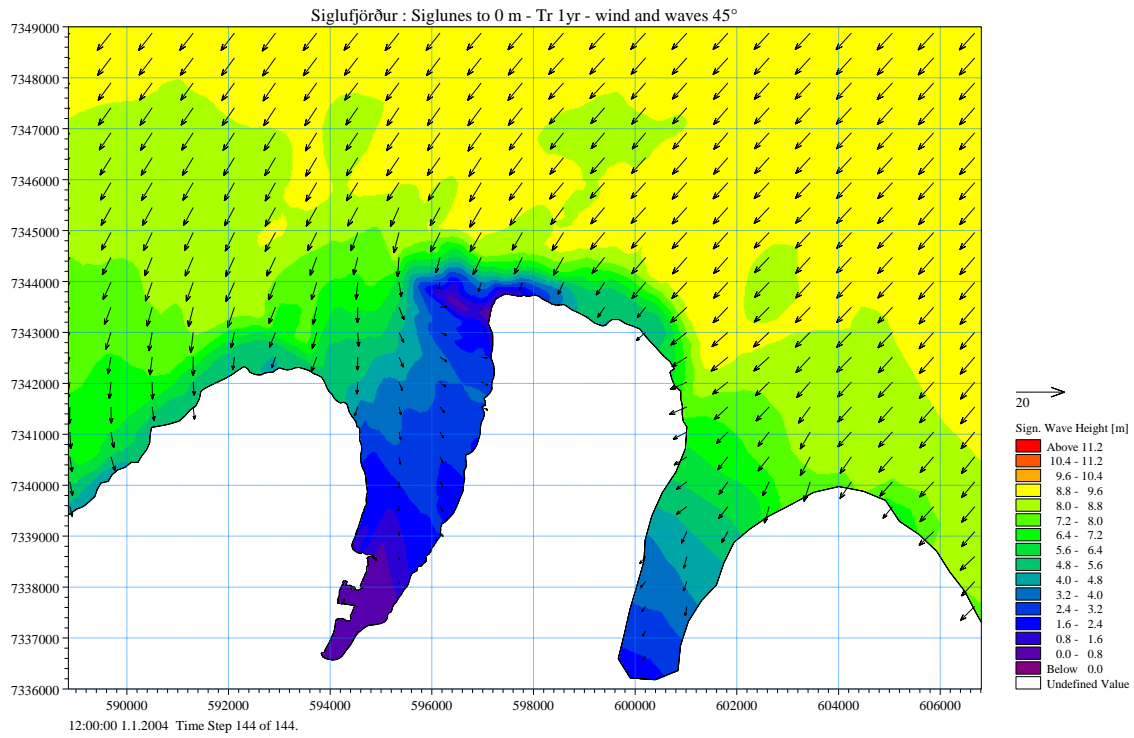
Mynd b-2 Alda og vindur úr norðri með 100 ára endurkomutíma



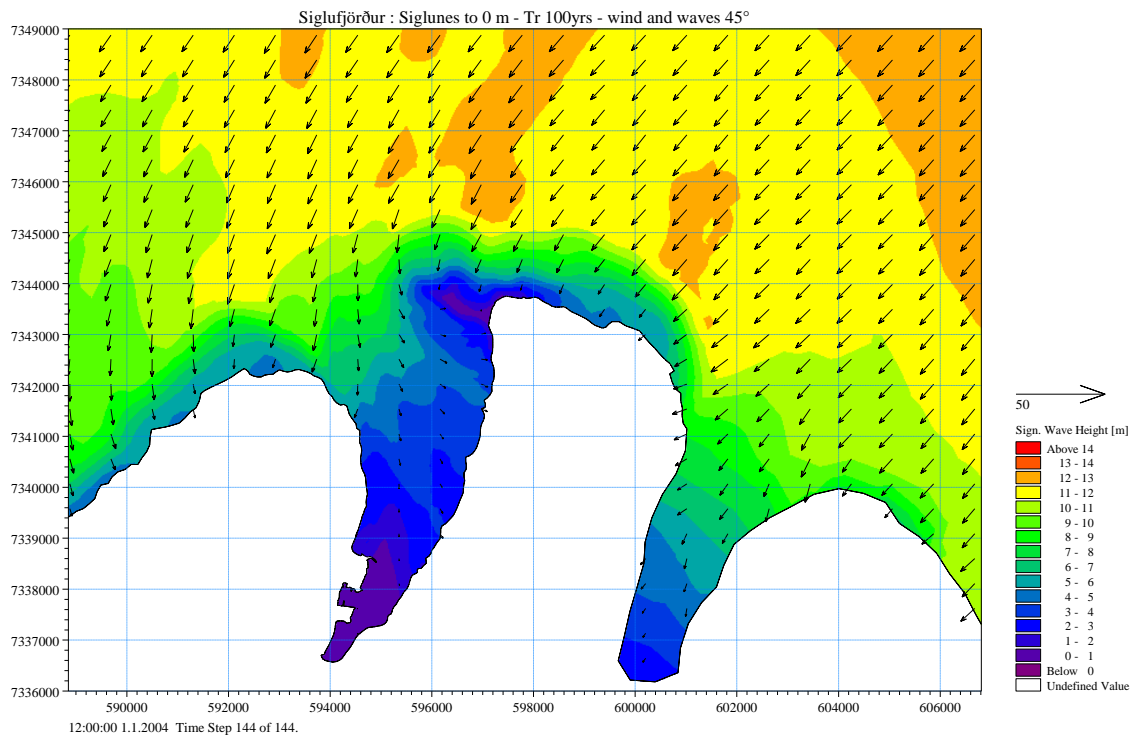
Mynd b-3 Alda og vindur úr norð-norðaustri með 1 árs endurkomutíma



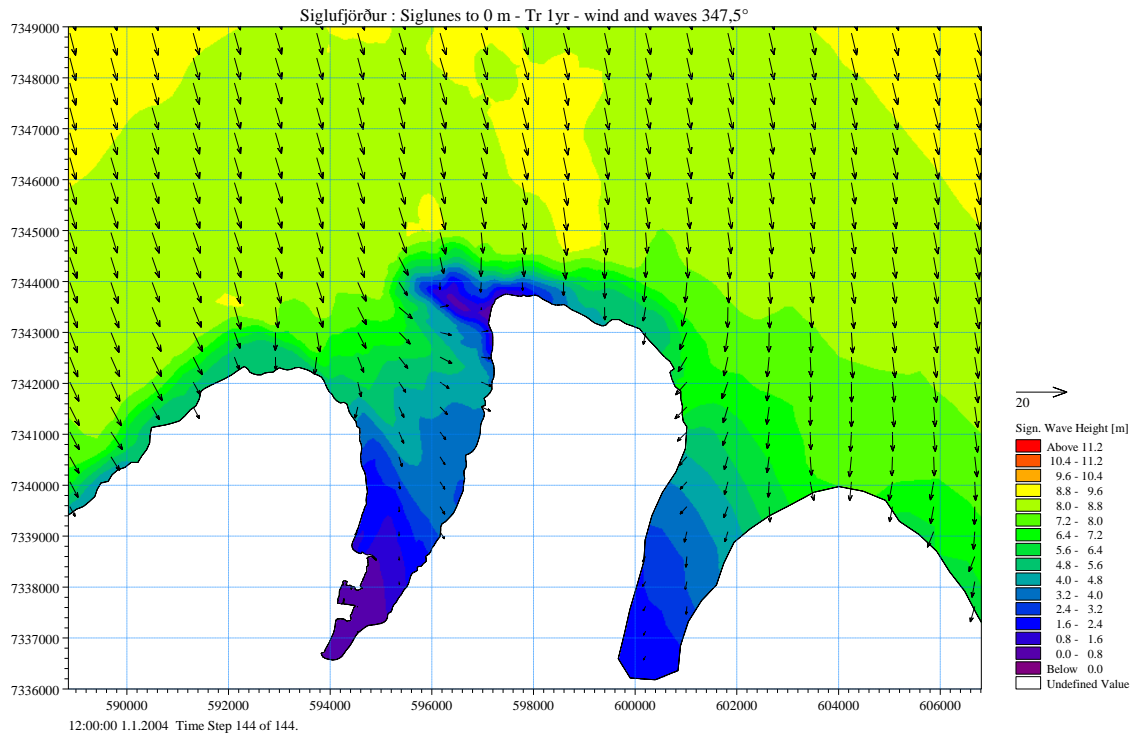
Mynd b-4 Alda og vindur úr norð-norðaustri með 100 ára endurkomutíma



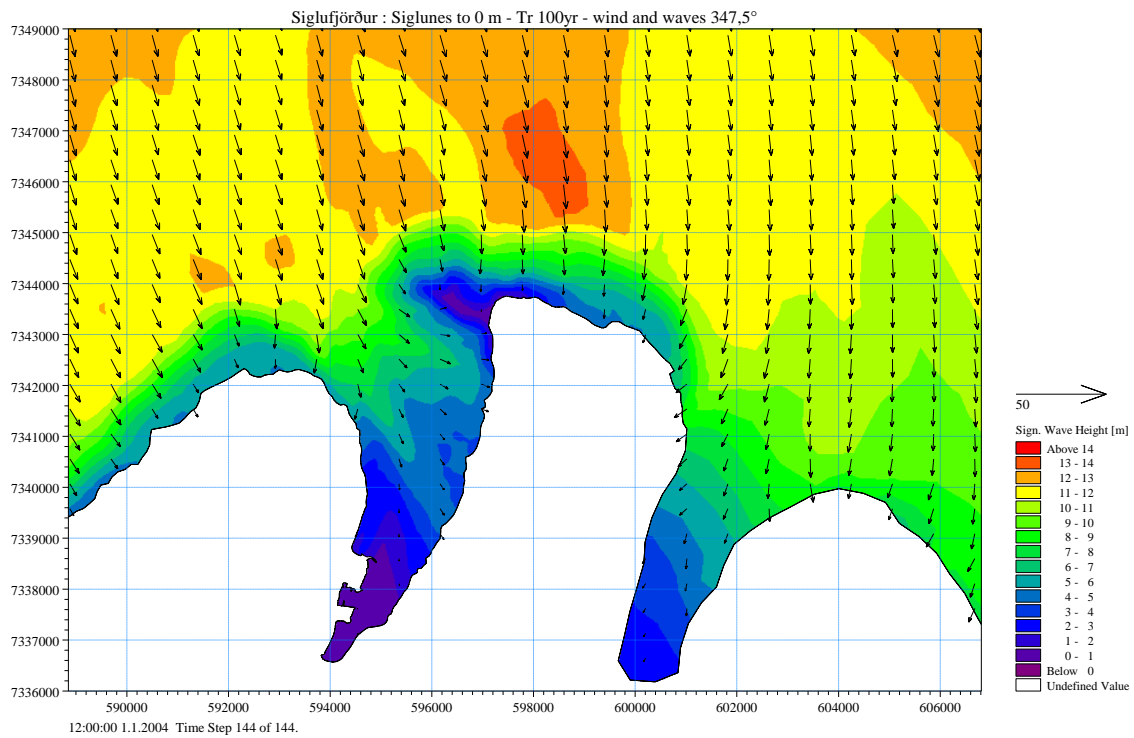
Mynd b-5 Alda og vindur úr norðaustri með 1 árs endurkomutíma



Mynd b-6 Alda og vindur úr norðaustri með 100 ára endurkomutíma



Mynd b-7 Alda og vindur úr norð-norðvestri með 1 árs endurkomutíma



Mynd b-8 Alda og vindur úr norð-norðvestri með 100 árq endurkomutíma

