

SJÁVARFALLASTRAUMAR Í BREIÐAFIRÐI

ORKA Í SJÁVARFÖLLUM

1. ÁFANGI



**SJÁVARFALLASTRAUMAR Í
BREIÐAFIRÐI
ORKA Í SJÁVARFÖLLUM
1. ÁFANGI**

SJÁVARFALLASTRAUMAR Í BREIÐAFIRÐI

GREINARGERÐ

VERKNÚMÉR: 2002.1002

DAGS: 2008-04-08

VERKHLUTI:

GR NR.: 01

UNNIÐ FYRIR: Sjávarorku ehf.

VERKEFNISSTJÓRI: Ólöf Rós Káradóttir

HÖFUNDUR: ÓRK

YFIRFARIÐ: Gunnar Guðni Tómasson, HR

DREIFING:

SAMANTEKT:

Gert hefur verið straumalíkan af mynni Hvammsfjarðar að beiðni Sjávarorku ehf. Með líkaninu eru kortlagðir straumar, ásamt því að leggja mat á þá orku sem felst í sjávarföllunum í firðinum, vegna hugsanlegrar virkjunar sjávarfalla. Hér er lýst niðurstöðum 1. áfanga verksins, þar sem líkanið er sett upp, kvarðað að sjávarhæðarmælingum og keyrt fyrir hálfan tunglgang. Ekki liggur fyrir hvort eða hvenær ráðist verður í aðra áfanga verksins.

Líkanið hermir vel mælda sjávarhæð, en hefur tilhneigingu til að vanmeta hæðarmun á flóði og fjöru lítillega. Flutningur sjávar um mynni Hvammsfjarðar og orka er því varlega áætlað hér. Hreyfiorka í mynni Hvammsfjarðar er um 1000 GWh á ári, þar af um 650 GWh frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð. Hluti orkunnar er í sundum á milli eyja, mestur flutningur sjávar er um Röst, eða um 75% af heildarflutningi, og þar er hreyfiorka 800 GWh á ári, þar af um 550 GWh frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð.

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Sjávarhæðarmælingar	1
3	Uppsetning og kvörðun straumalíkans	2
4	Sjávarhæð og straumhraði.....	6
5	Afl og orka	10
6	Samantekt og niðurstöður	14
7	Heimildir	15

1 Inngangur

Sjávarföll í höfum jarðar orsakast af aðdráttarkröftum milli jarðar og himintungla, og hafa þar sólin og tunglið langmest áhrif. Samspil nokkurra þátta, s.s. strandlínu og sjávardýpis, valda því að sjávarföllin eru afar flókið fyrirbæri. Sjávarfallabylgjan gengur réttssælis í kringum Ísland, einn hring á um 12,4 klst., þ.e. þegar flóð er við Vesturland er fjara við Austurland og öfugt. Hæð sjávarfalla við Ísland er mjög misjöfn, allt frá meira en 4 m mismuni flóðs og fjöru við stórstreymi vestanlands niður í um þriðjung þess við norður- og austurströndina.

Sjávarflóð kallast það þegar veðurfarslegir þættir valda hækkun á sjávarstöðu frá stjarnfræðilegum sjávarföllum. Nokkrir samverkandi þættir valda sjávarborðshækkuninni. Loftþrýstingur við yfirborð sjávar veldur hækkun eða lækkun á sjávarborði, sem aftur veldur straumum þ.a. sjórinn leitar þangað sem loftþrýstingur er lægri. Vindur verkar á yfirborð sjávar sem leitast við að auka strauma í vindstefnuna. Munur á sjávarflóðum og sjávarföllum kallast áhlaðandi. Þar sem veðurfar á vetrum er annað en á sumrum er straumafar mismunandi eftir árstímum. Ölduálag við ströndina getur einnig valdið enn frekari hækkun sjávarborðs.

Mesti þekkti munur flóðs og fjöru við stendur Íslands er innst í Breiðafirði. Þar er fjöldinn allur af eyjum sem þrengja að streymi sjávar og veldur þessi mikli munur á flóði og fjöru töluverðum straumhraða á mörgum stöðum í firðinum. Einnig valda þrengingarnar því að tímamunur á falli er tiltölulega mikill á stuttum kafla. Sjávarorka ehf. stendur fyrir athugun á hagkvæmni þess að virkja þá orku sem býr í sjávarföllum í firðinum, og fékk árið 2001 styrk til verkefnisins „Virkjun sjávarfalla í Breiðafirði“ frá Orkusjóði.

Sjávarorka ehf. hefur fengið VST hf. til að setja upp straumalíkan af firðinum. Þá skoðaði Iðntæknistofnun vélbúnað [Halla Jónsdóttir og Geir Guðmundsson, 2004] og Verkfræðistofan Vista ehf. framkvæmdi mælingar á sjávarhæð. Með líkaninu eru kortlagðir straumar, ásamt því að leggja mat á þá orku sem felst í sjávarföllum í firðinum. Hér er lýst niðurstöðum 1. áfanga verksins, þar sem líkanið er sett upp, kvarðað að sjávarhæðarmælingum og keyrt fyrir hálfan tunglgang. Ekki liggur fyrir hvort eða hvenær ráðist verður í aðra áfanga verksins, s.s. frekari kvörðun líkans að mældum straumum, þar sem hentugar straumamælingar hafa ekki farið fram.

Í kafla 2 er lýst þeim mælingum á sjávarföllum sem stuðst er við. Í kafla 3 er fjallað um straumalíkanið og kvörðun þess, þar sem bornar eru saman mældar og reiknaðar sjávarhæðir að teknu tilliti til veðurs. Í köflum 4 og 5 eru settar fram niðurstöður þar sem líkanið hefur verið keyrt yfir hálfan tunglgang og sjávarhæðir, straumar, massaflutningur, orka og afl eru skoðuð í stórstreymi og smástreymi, án áhrifa veðurs. Samantekt og niðurstöður eru í kafla 6.

2 Sjávarhæðarmælingar

Verkfræðistofan Vista ehf. var fengin til að mæla sjávarhæð og strauma. Þann 28. og 29. ágúst 2007 voru settir upp sjávarhæðarmælir í Stykkishólmi, Búðardal og Brokey. Mæld er sjávarhæð á 10 mínútna fresti. Sjávarhæðarmælikerfið er í ágætu lagi og líklegt er að svo verði um hríð. Niðurstöður mælinga má nálgast á mælivef Vistu¹. Áætlað var að mæla einnig straumhraða í sniðum með straumsjá yfir stórstreymi og smástreymi, en slíkt reyndist ekki unnt þar sem aldrei fór saman að sjólag væri hentugt, bátur tiltækur og nógu bjart. Ef ráðist verður í frekari kvörðun og nánari skoðun á straumum munu slíkar mælingar fara fram.

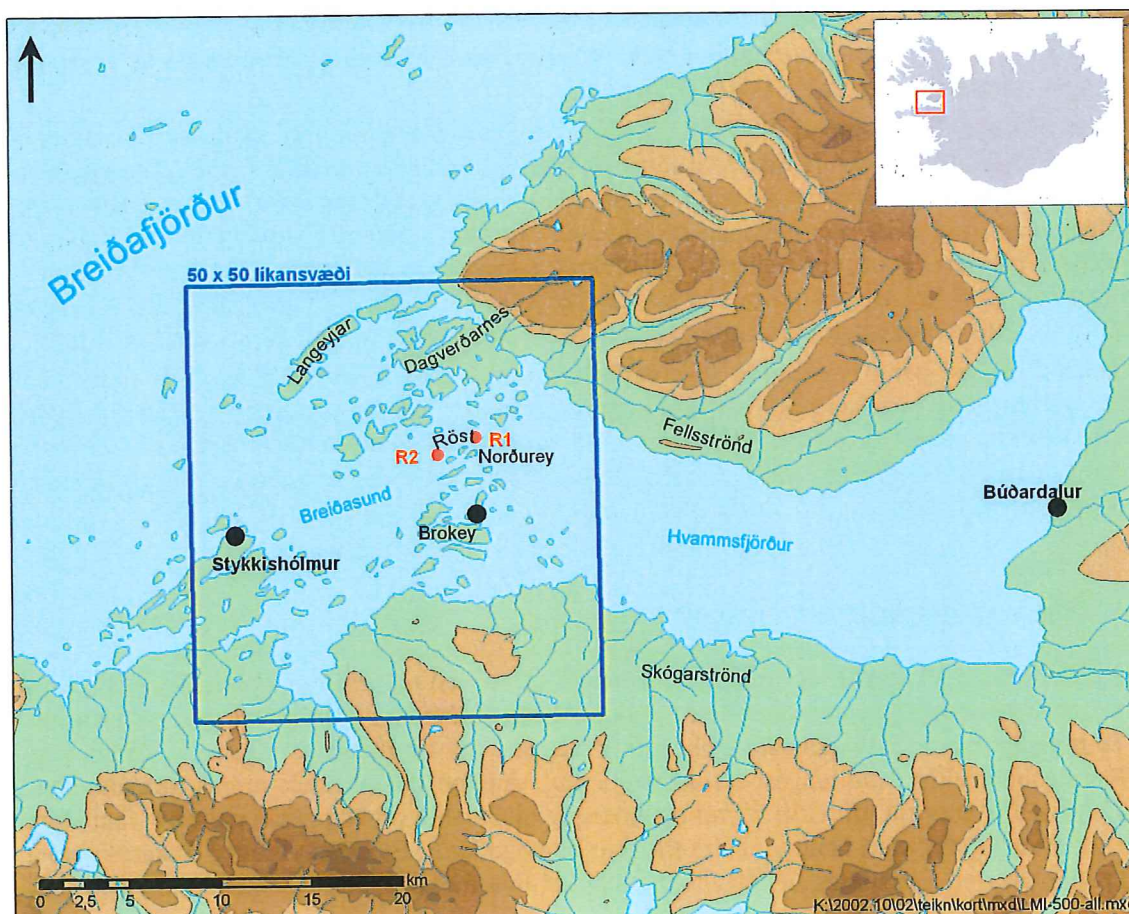
Við kvörðun sjávarfallalíkans sem lýst er í næsta kafla voru notaðar ofangreindar mælingar frá því í nóvember 2007.

¹ <http://vista.is/>

3 Uppsetning og kvörðun straumalíkans

Sjávarfallalíkan Siglingastofnunar Íslands (SÍ) sem VST hf. þróaði fyrir stofnunina var sett upp til að reikna strauma og sjávarhæð í mynni Hvammsfjarðar yfir hálfan tunglgang. Líkanið er tvívítt og í því eru grunnsjávarlíkingar leystar tölulega með aðferð endanlegra mismuna, en líkingarnar byggja á lögmálum um varðveislu massa og skriðþunga. Líkingarnar eru leystar með tvívíðum hluta Princeton Ocean Model, sem notað er til útreikninga á sjávarstraumum víða um heim. Þar sem sjávardýpi er lítið í samanburði við öldulengd sjávarfallabylgjunnar eru grunnsjávarlíkingar mjög góð nálgun. Sjávarhæð á röndum líkansins er fengin úr stærri líkönum sem ná yfir allan hnöttinn. Einnig eru teknar inn upplýsingar um vindhraða, vindstefnu og loftþrýsting, sjá [Gunnar G. Tómasson o.fl., 1996-2005].

Fyrst var keyrt líkan með 10 km x 10 km möskvastærð fyrir Norður-Atlantshaf, en líkansvæðið nær allt frá Grænlandi í vestri að Noregi og Skotlandi í austri, um 750 km norður fyrir Ísland og um 900 km suður fyrir Ísland. Randskilyrði frá þeim keyrslum voru notaðar til að keyra líkan með 2 km x 2 km möskvastærð fyrir landgrunnið við norðvesturland. Þessi tvö líkön hafa verið keyrð daglega á SÍ um árabil til upplýsinga fyrir sjófarendur með spá um sjávarhæðir og strauma. Til að fá nauðsynlega upplausn á straumum var keyrt enn minna líkan með betri upplausn sem notar randskilyrði frá 2x2-líkaninu, og svo koll af kolli allt þar til 50 m x 50 m upplausn var náð í mynni Hvammsfjarðar.



Mynd 3.1 Útmörk líkansvæðis straumalíkans með 50 m x 50 m upplausn. Sjávarhæðarmælar eru staðsettir í Stykkishólmi, Brokey og Búðardal. Straumar eru skoðaðir í punktum R1 og R2 í Röst.

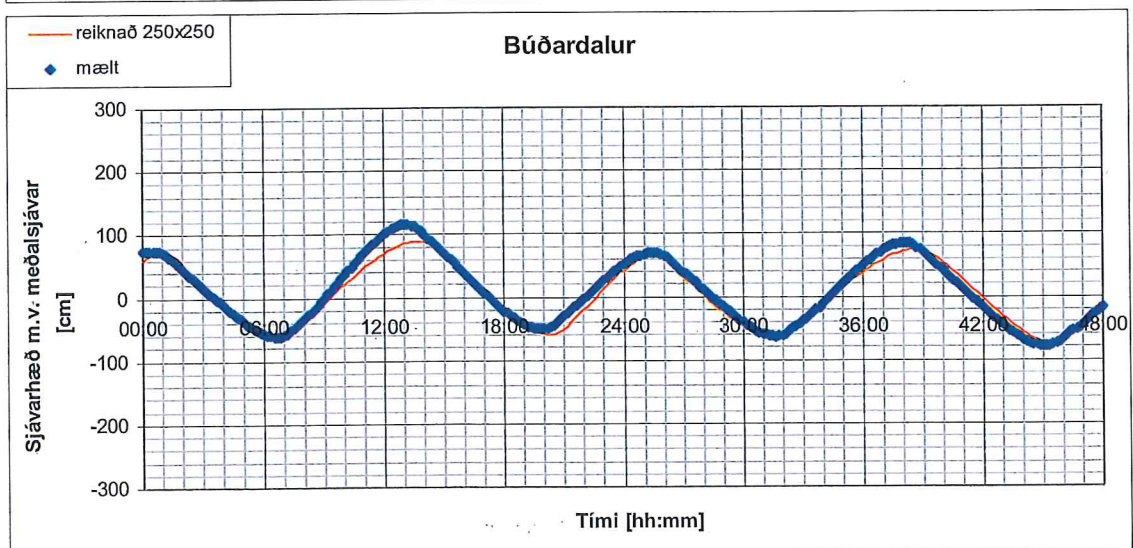
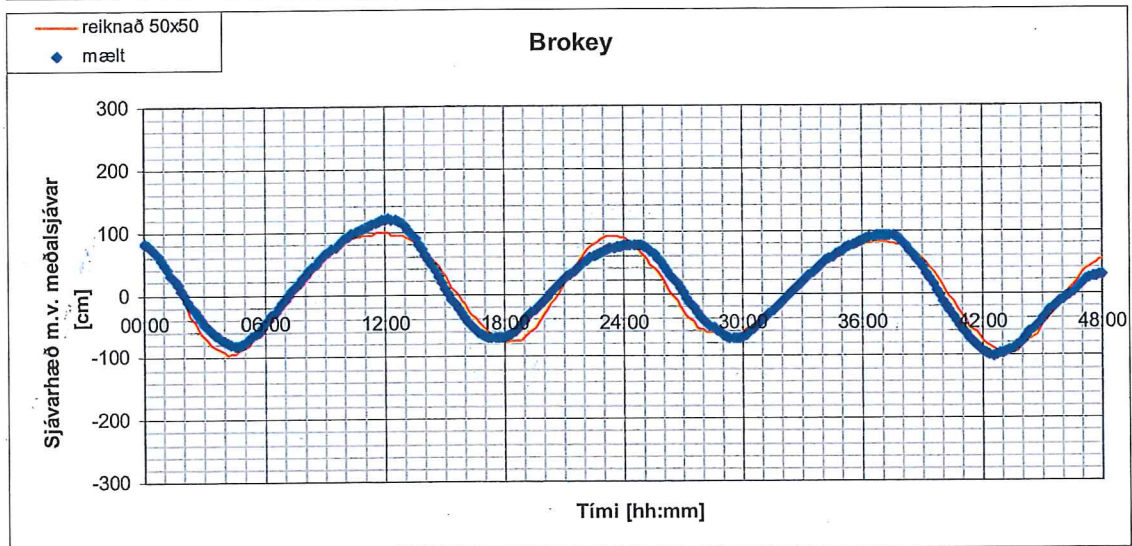
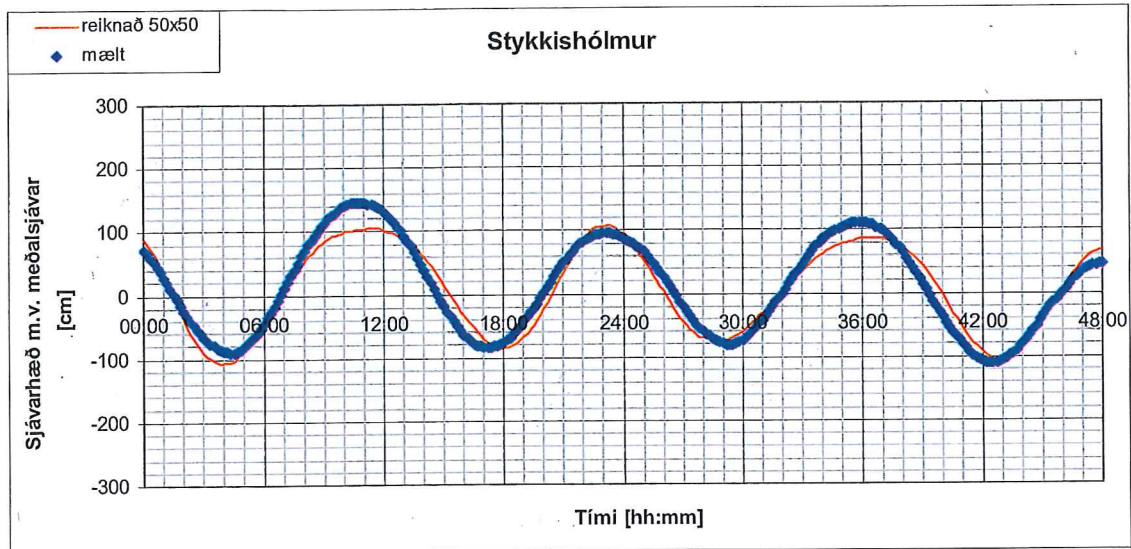
Sjávardýpi og strandlína hafa veruleg áhrif á sjávarföll, en upplýsingar um dýpi í Breiðafirði eru fengnar frá mælingum Sjómælinga Íslands frá árinu 2001. Dýpi og útlínur eyja voru fengin af sjókortum þar sem fyrrgreindum mælingum sleppti. Strandlína er unnin upp úr sömu mælingum. Útmörk líkansvæðis sem er með 50 m x 50 m möskvastærð má sjá á mynd 3.1, en líkanið nær yfir ríflega 500 km² og er með rúmlega 100 þúsund reiknipunktum í sjó.

Líkanið var kvarðað að mælingum á sjávarhæð í Stykkishólmi, við Brokey og Búðardal. Tekið var tillit til áhlaðanda végra veðurs í kvörðunarkeyrslum, og var raunverulegt veður á tímabilinu fengið frá Veðurmiðstöð Evrópuríkja (ECMWF) á neti með hálftrar gráðu möskvum fyrir milligöngu Veðurstofu Íslands og SÍ. Niðurstöður má sjá á mynd 3.2 fyrir smástreymi og mynd 3.3 fyrir stórstreymi. Samsvörun á milli mældrar og reiknaðrar sjávarhæðar er nokkuð góð, sér í lagi í tíma, að undanskilinni fjöru í Brokey. Nokkuð vel hefur tekist að herma sjávarhæð við Brokey þótt tiltölulega stutt sé á milli eyja þar sem sjávarhæðarmælirinn er staðsettur og því erfiðara að herma fallið í þessari upplausn. Í keyrslu í stórstreymi (mynd 3.3) verður vart við sveiflur sem þó ná því ekki að gera líkanið óstöðugt.

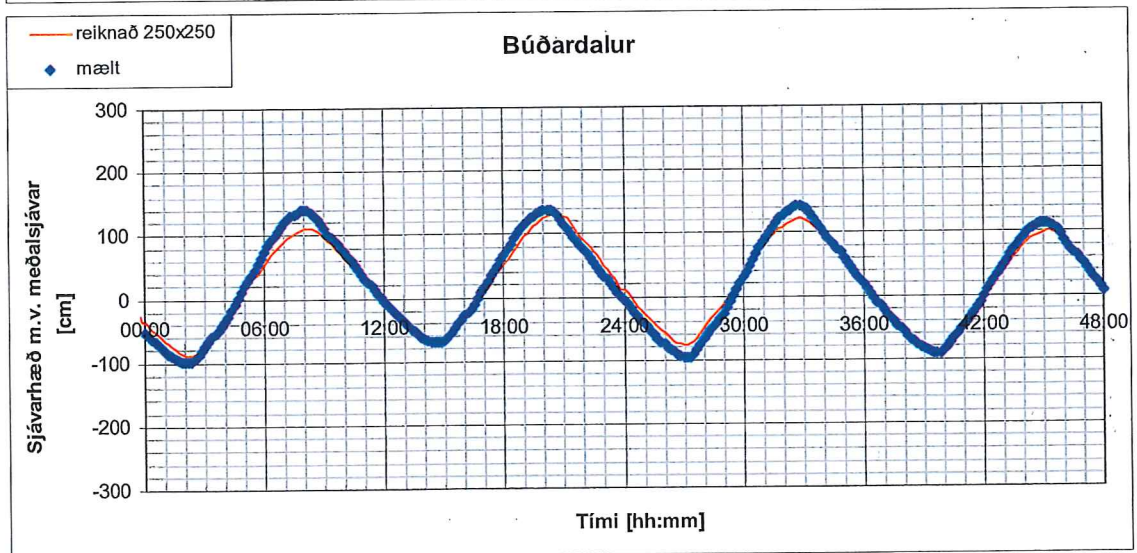
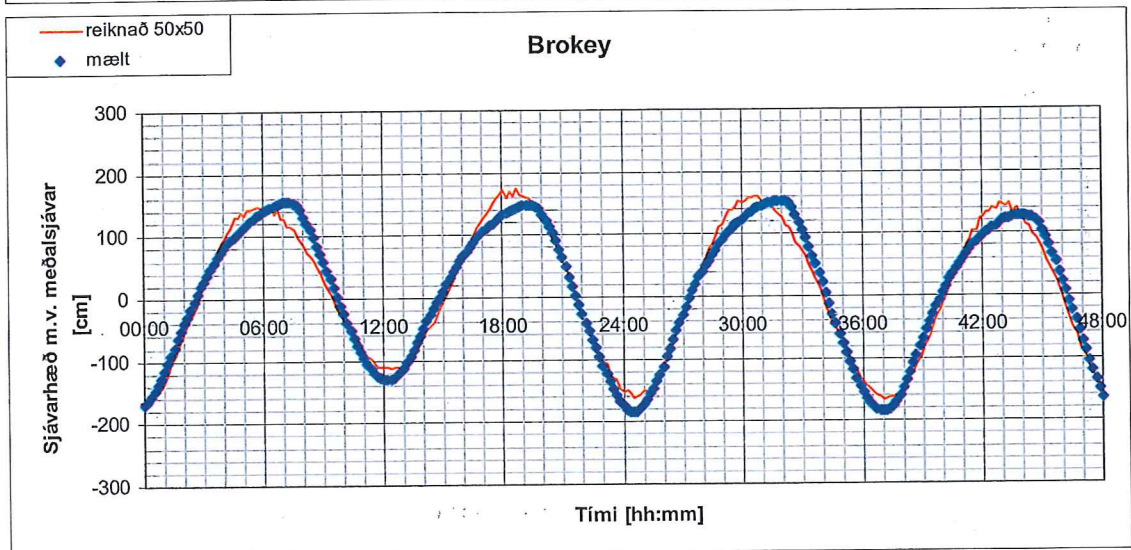
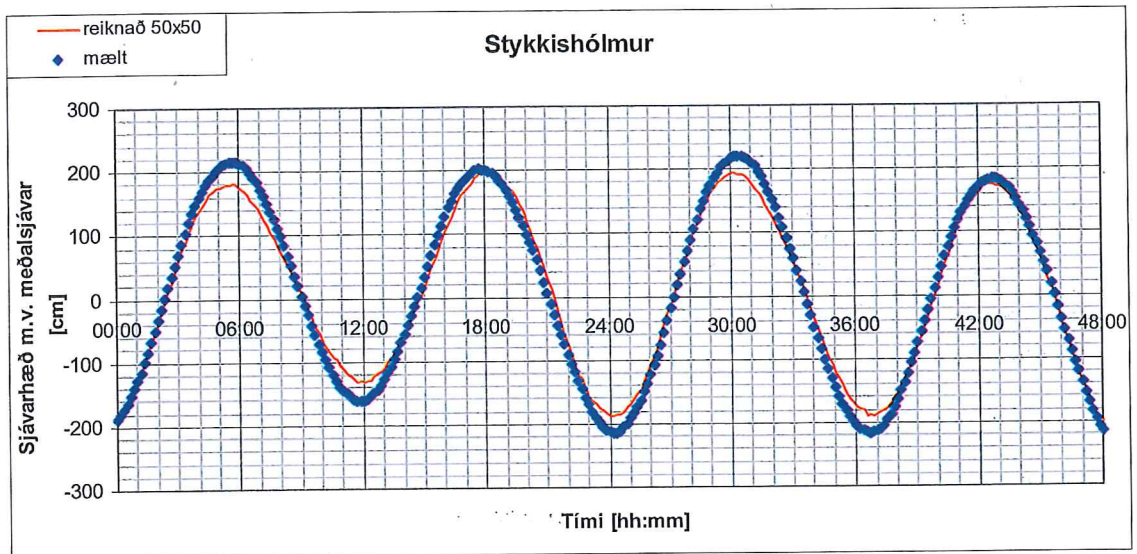
Sjávarfallahæð er munur á sjávarstöðu í háflæði og næsta lágflæði á undan, og er mest í stórstreymi og minnst í smástreymi. Í Breiðafirði mælist sjávarfallahæð við Stykkishólmi mest, í nóvember 2007 var hún 4,4 m í stórstreymi og 1,8 m í smástreymi. Líkanið fyrir Hvammsfjörð hefur tilhneigingu til að vanmeta sjávarfallahæð lítillega, og er þetta sérstaklega áberandi við Stykkishólmi í smástreymi. Sjávarfallahæð í Stykkishólmi reiknast frá 1,9 m í smástreymi til 3,9 m í stórstreymi.

Tímamunur á falli í Stykkishólmi og Búðardal mælist 02:20 á flóði og 03:00 á fjöru, og reiknast sá hinn sami. Reiknaður tími á fjöru í Brokey fellur saman við mældan en í líkaninu fellur of hratt að í Brokey, og reiknast flóð þar um klukkustund á undan mældu flóði.

Markmið straumamælinga fyrir sjávarfallalíkan af mynni Hvammsfjarðar er m.a. að meta flutning sjávar inn og út úr firðinum. Fyrsti áfangi í kvörðun sjávarfallalíkansins er ávallt að kvarða að sjávarhæð, en á síðari stigum eru niðurstöður staðfestar með straumamælingum og líkanið finnstillt ef þurfa þykir. Samanburður á reiknuðum og mældum straumhraða og flutningi sjávar verður ekki gerður í þessum áfanga, þar sem hentugar mælingar hafa ekki farið fram. Í Hvammsfirði væri æskilegt að staðfesta niðurstöðuna með slíkum samanburði, en ekki nauðsynlegt í fyrsta áfanga.



Mynd 3.2 Mæld og reiknuð sjávarhæð í smástreymi 16. og 17. nóvember 2007

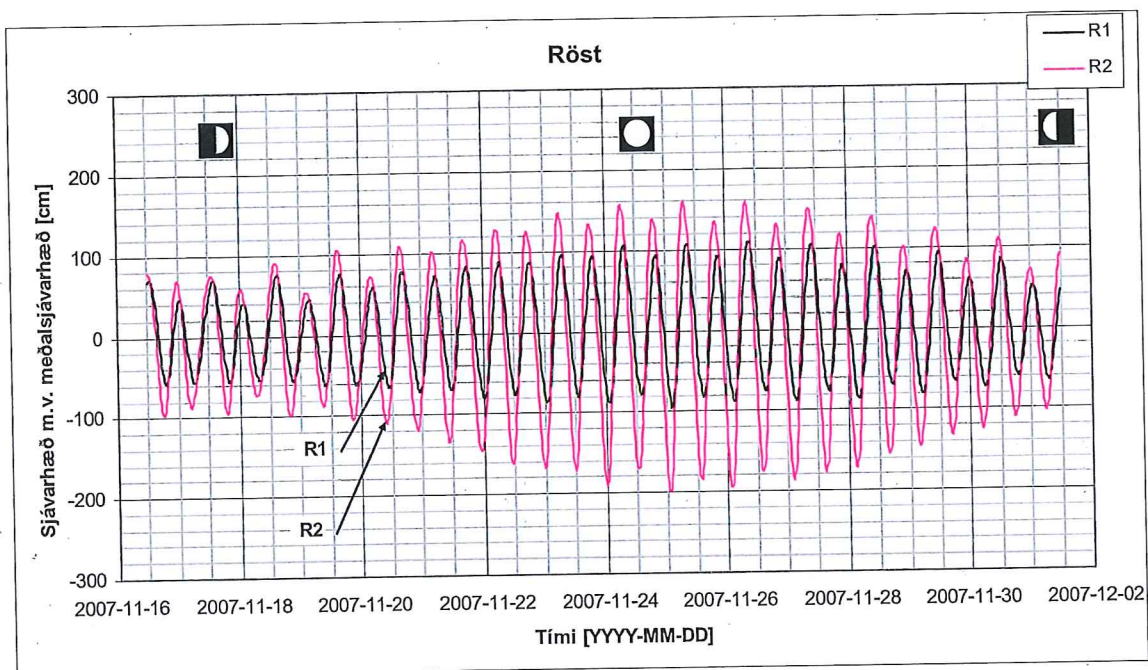


Mynd 3.3 Mæld og reiknuð sjávarhæð í stórstreymi 23. og 24. nóvember 2007

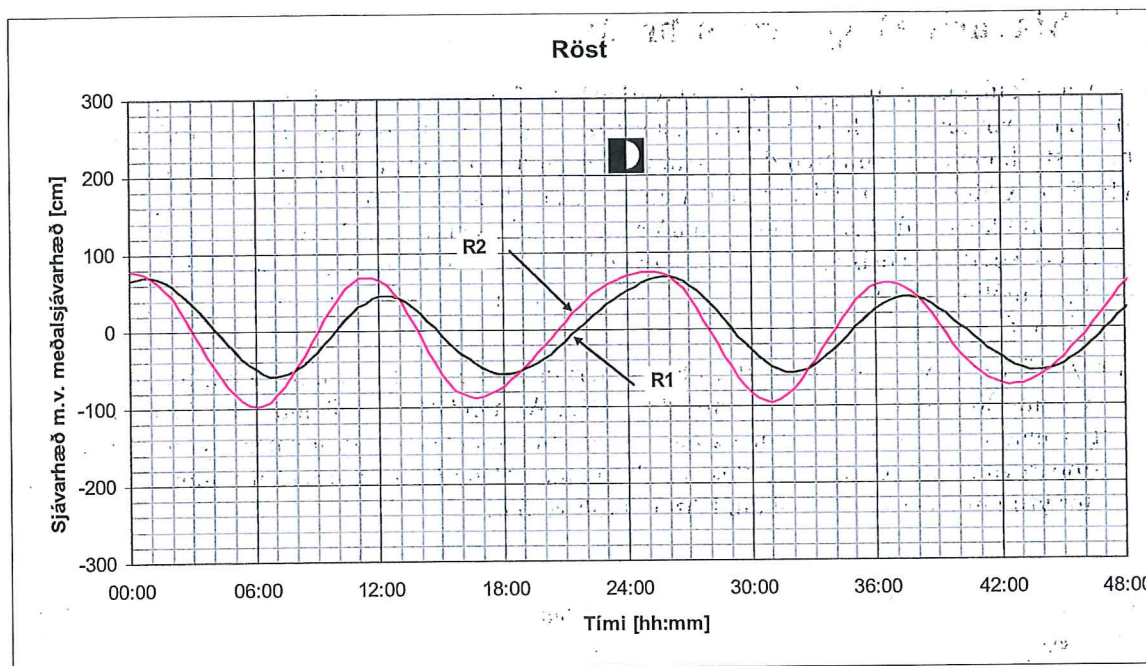
4 Sjávarhæð og straumhraði

Sjávarfallalíkanið gefur gott mat á sjávarhæð, meðalstraumum og heildarflutningi sjávar um fjörðinn, þar sem það hermir mælda sjávarhæð ágætlega. Hins vegar nær það ekki að reikna mjög staðbundna straumstrengi þar sem það er tvívítt, og reiknar því meðalstraum yfir dýpi og yfir 50 m x 50 m svæði. Til að áætla straumhraða og hæðar- og tímamun á sjávarfalli í firðinum, var líkanið keyrt yfir hálfan tunglmánuð án veðurs. Tímabilið frá 16. nóvember til 1. desember 2007 var keyrt, en smástreymt var 17. nóvember og 1. desember, en stórstreymt 24. nóvember. Með því móti er áætlaður sá breytileiki í straumum sem hægt er að spá fyrir um án þess að gera greiningu á veðurfari.

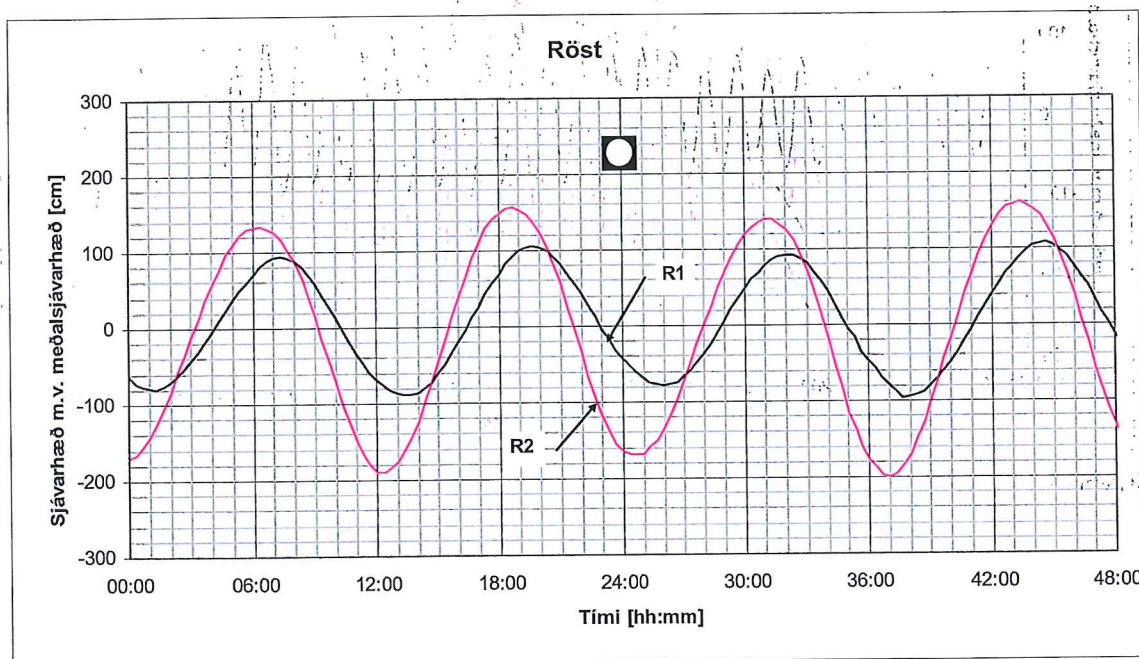
Á mynd 3.1 eru sýndir tveir punktar í Röst, merktir R1 og R2. R1 er um 2,3 km innar í firðinum en R2, um 20 m dýpi er í R1 og um 11 m í R2. Á mynd 4.1 er reiknuð sjávarhæð yfir hálfan tunglmánuð í Röst og á myndum 4.2 og 4.3 eru sömu upplýsingar fyrir smástreymi annars vegar og stórstreymi hins vegar. Þó stutt sé á milli punkta R1 og R2 verður hæðarmunur á milli þeirra mestur yfir einn metri, og hraði um Röst því töluverður.



Mynd 4.1 Reiknuð sjávarhæð yfir hálfan tunglgang. Sjávarföll án veðurs.

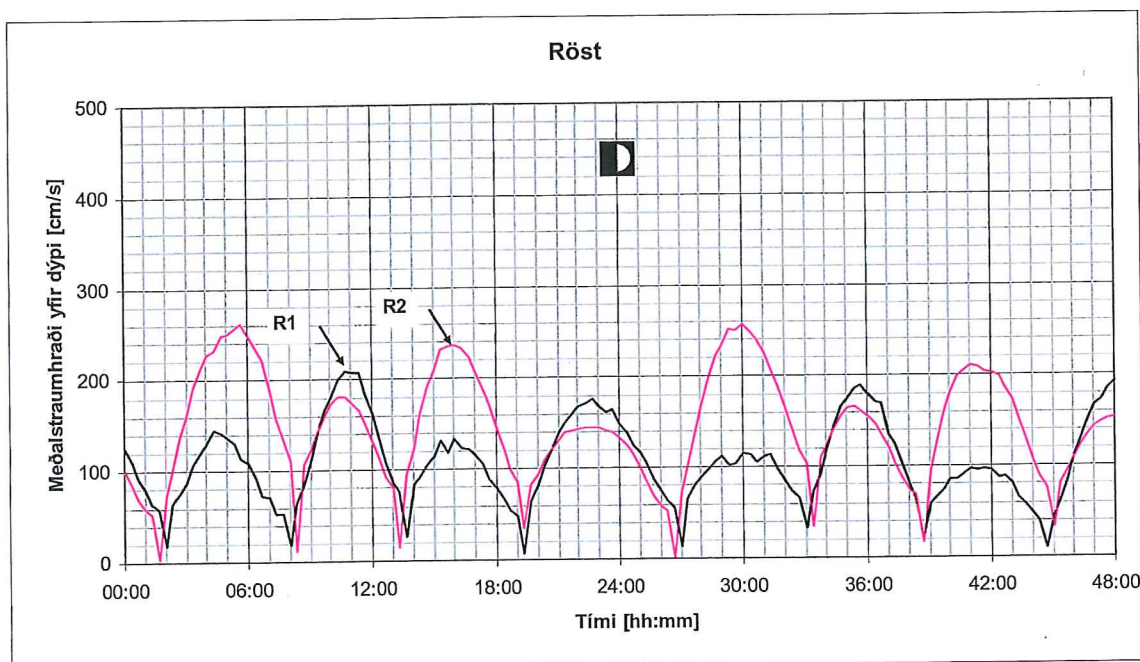


Mynd 4.2 Reiknuð sjávarhæð í smástreymi. Sjávarföll án veðurs.

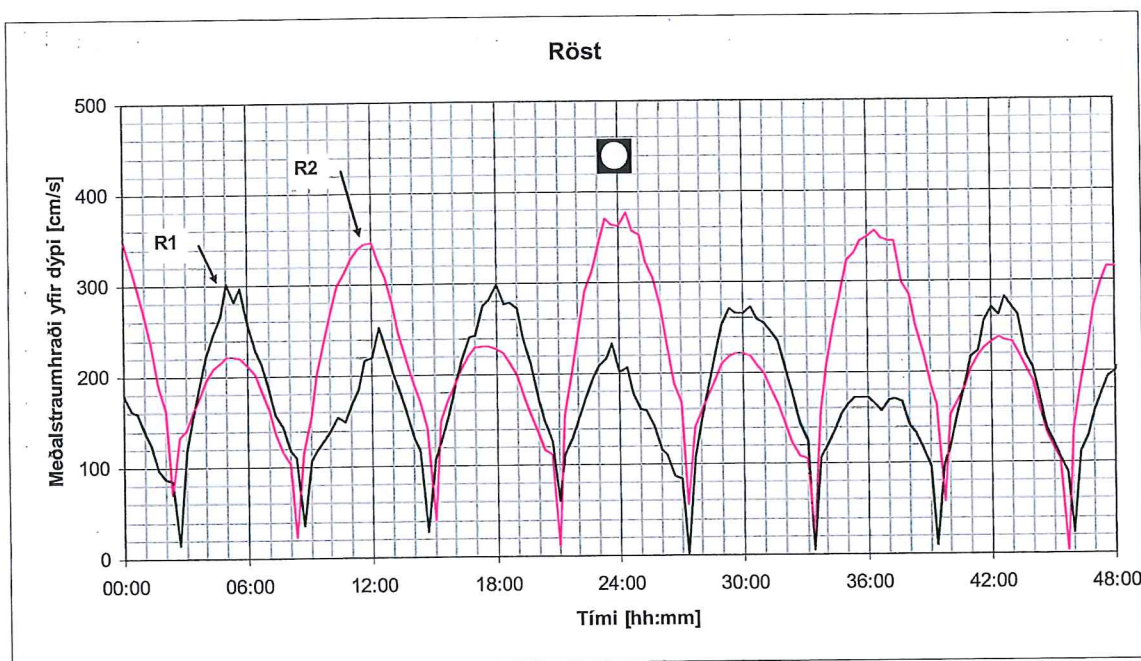


Mynd 4.3 Reiknuð sjávarhæð í Röst í stórstreymi. Sjávarföll án veðurs.

Á myndum 4.4 og 4.5 er reiknaður straumhraði í punktum R1 og R2 í Röst. Mestur hraði í Röst reiknast 8,7 m/s á stórstreymi. Meðalhraði yfir snið þvert á Röst á sama tíma er þó mun minni eða um 3,3 m/s. Meðalhraði í sama sniði yfir hálfan tunglmánuð er um 1,8 m/s. Mikill hraði reiknast einnig í einstökum punktum á milli eyja, allt að 11 m/s. Í viðauka 2 eru myndir þar sem sýndur er hámarks- og meðalhraði innan líkansvæðisins fyrir aðfall, útfall, smástreymi og stórstreymi.

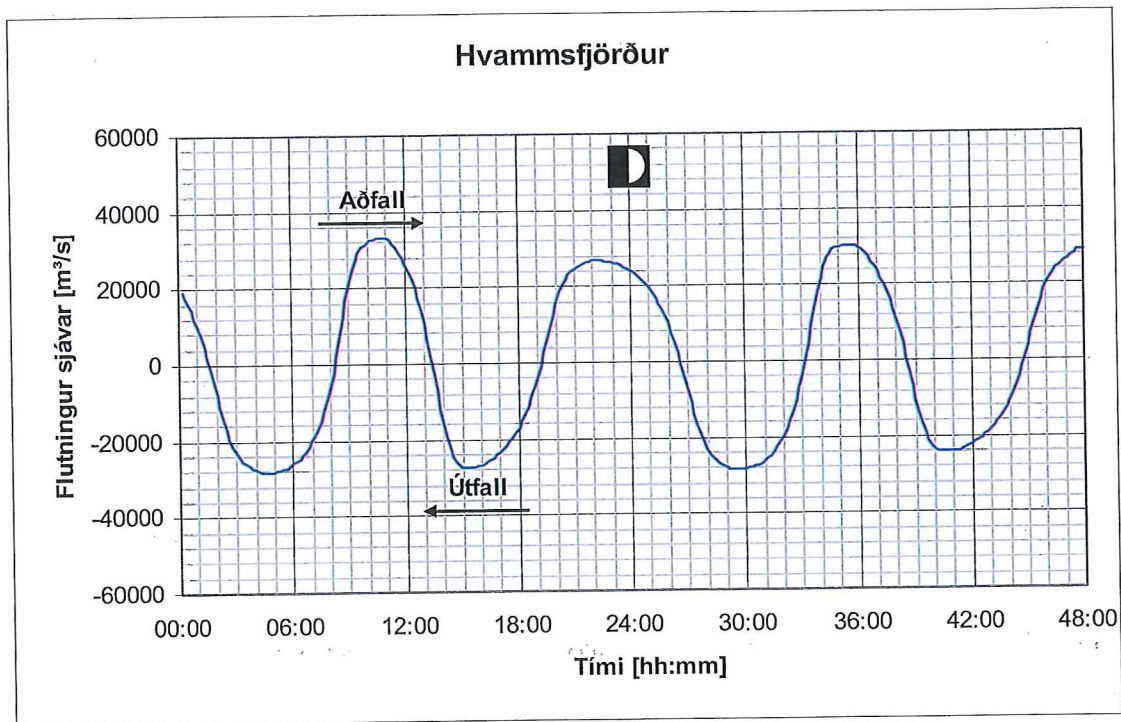


Mynd 4.4 Reiknaður straumhraði í Röst í smástreymi. Sjávarföll án veðurs.

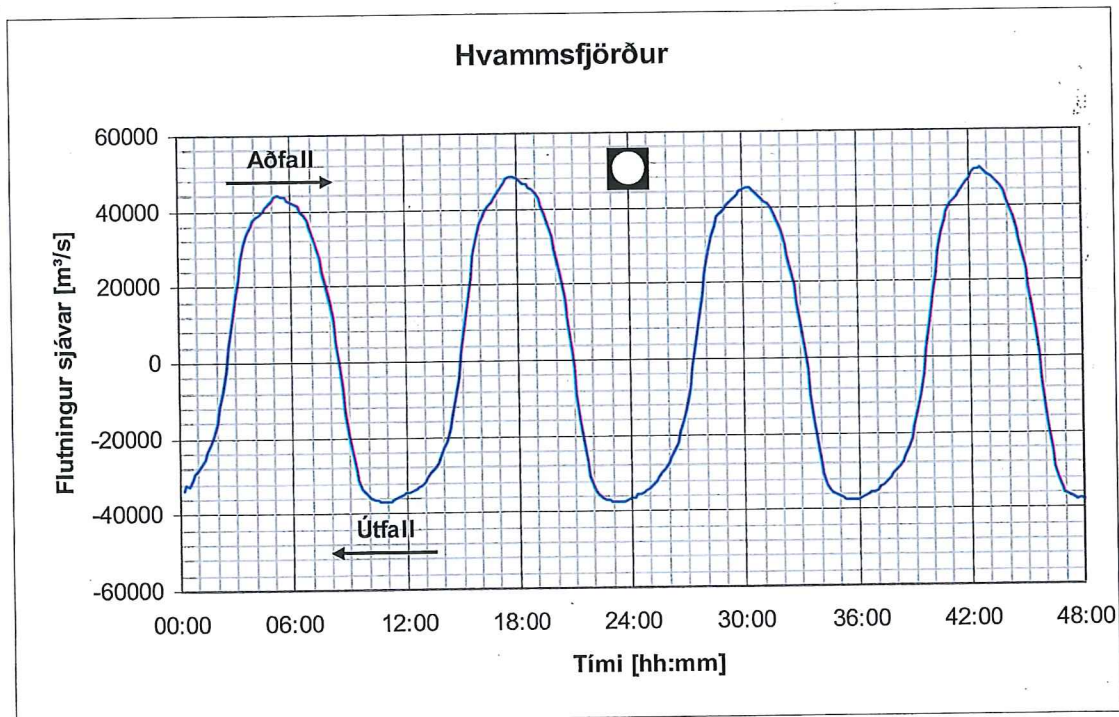


Mynd 4.5 Reiknaður straumhraði í Röst í stórstreymi. Sjávarföll án veðurs.

Flutningur sjávar vegna sjávarfalla reiknast mestur um Röst eða um 75% af heildarflutningi um mynni Hvammsfjarðar. Frá Röst að landi á Dagverðarnesi fara um 5%, um 10% fara um sundin milli Norðureyjar og Brokeyjar og um 10% umundið milli Brokeyjar og Skógarstrandar. Á myndum 4.6 og 4.7 er sýndur heildarflutningur sjávar um mynni Hvammsfjarðar. Flutningur sjávar um fjörðinn í stórstreymi er mestur um 40 000 m³/s í aðfalli og 50 000 m³/s í útfalli. Flutningur í smástreymi er mestur um 30 000 m³/s í aðfalli og útfalli. Sjávarfallarýmd er heildarflutningur sjávar yfir hálfá sjávarfallabylgju, rýmdin er mest allt að 800 Gl í stórstreymi og minnst um 400 Gl í smástreymi. Eins og fram hefur komið vanmetur líkanið mun á milli flóðs og fjöru lítillga, og þar með er það mat sem hér er sett fram fyrir flutning sjávar varfærið.



Mynd 4.6 Reiknaður massaflutningur um mynni Hvammsfjarðar í smástreymi. Sjávarföll án veðurs.



Mynd 4.7 Reiknaður massaflutningur um mynni Hvammsfjarðar í stórstreymi. Sjávarföll án veðurs.

5 Afl og orka

Með sjávarfallavirkjun í Breiðafirði er ætlunin að nýta þá orku sem fólgin er í sjávarfallastraumum. Straumhraði er breytilegur frá sjávarbotni upp í yfirborð. Hér hefur meðalstraumhraði yfir dýpi verið reiknaður í öllum hnútpunktum líkansins, en það nær ekki að herma staðbundna straumstrengi. Í þessum kafla er farið yfir þá hreyfiorku sem fólgin er í firðinum, byggt á líkanreikningum fyrir strauma. Ef ákveðið verður að virkja, þarf engu að síður að kortleggja frekar strauma á þeim stöðum sem fyrirhugað er að setja niður búnað.

Hreyfiafl þvert á straumstefnu er hreyfiorka á tímaeiningu og er skilgreint sem

$$P(t) = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

þar sem $P(t)$ er hreyfiafl [W], t er tími [s], E er hreyfiorka [J], ρ er eðlisþungi sævar [kg/m^3], A er flatarmál þvert á straumstefnu [m^2] og v er straumhraði [m/s]. Orkan sem fólgin er í sjávarfallastraumum á einum tilteknum stað ef horft er yfir ákveðið tímabil er þá

$$E = \int_T P(t) dt = \frac{1}{2} \rho A \int_T v^3 dt$$

þar sem T er tímabilið [s].

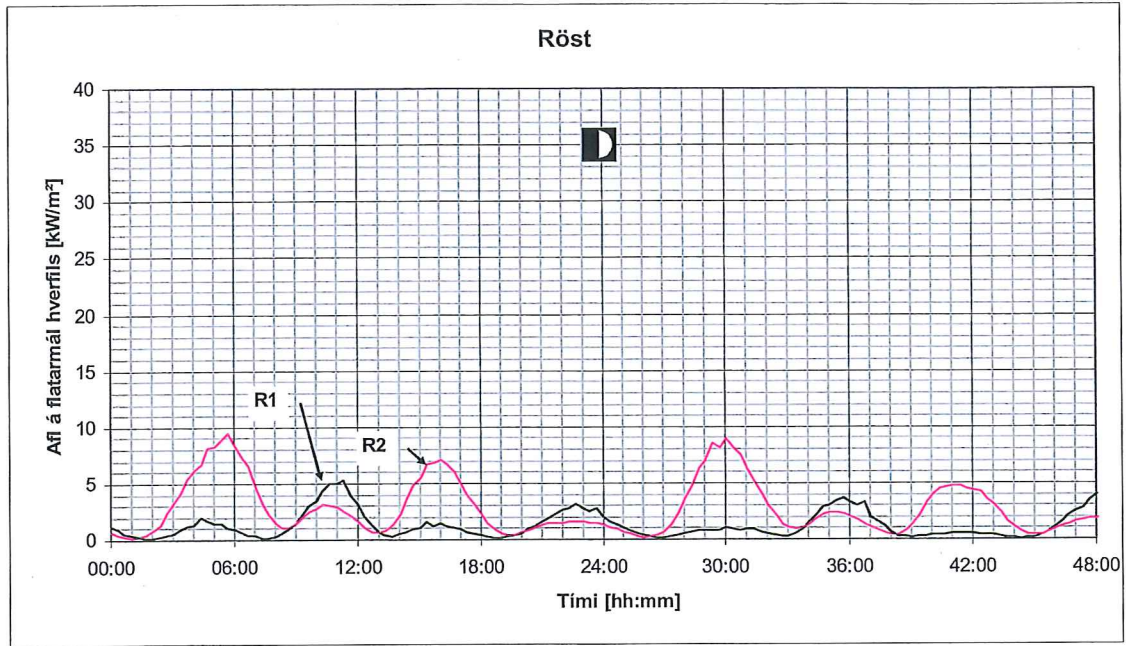
Sú orka sem ná má úr sjávarföllum með því að koma hverfli fyrir á ákveðnum stað er því

$$E_v = \eta E$$

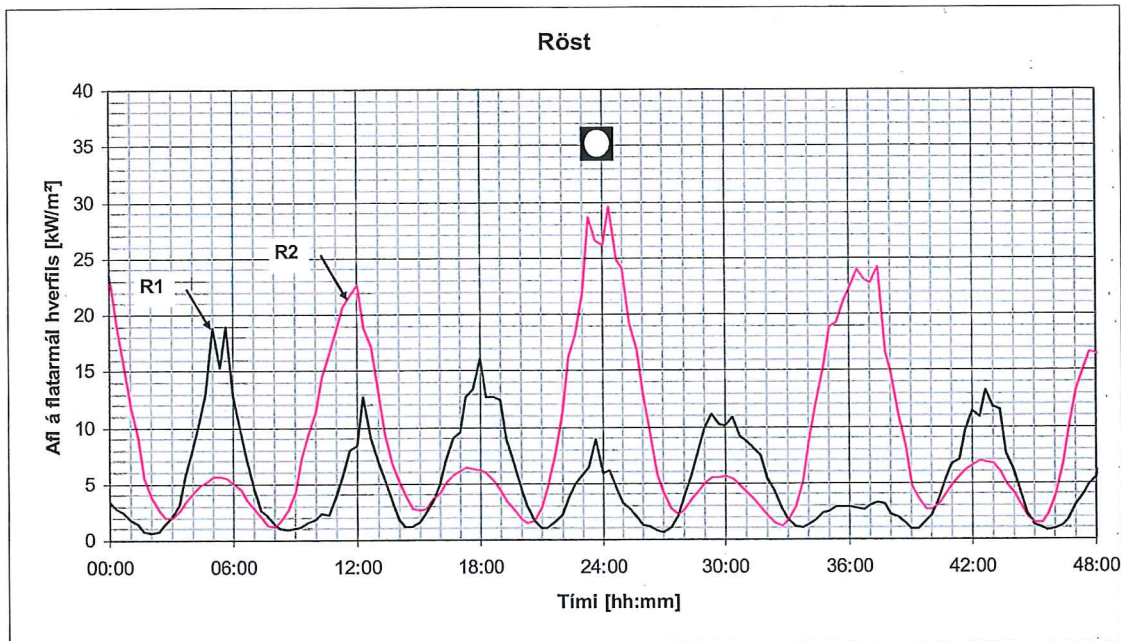
þar sem E_v er nýtanleg orka [J], η er nýtni hverfilsins og A er þvermál hans þvert á straumstefnu. Nýtni getur verið háð straumhraða, þannig gæti hverfill stöðvast alveg ef straumhraði fer niður fyrir ákveðið gildi.

Hreyfiafl og -orka eru í réttu hlutfalli við hraða í þriðja veldi, þ.e. ef hraðinn tvöfaldast þá áttfaldast hreyfiorkan. Einungis 5% skekkja í reiknuðum hraða veldur um 15% skekkju í reiknaðri hreyfiorku, og 10% skekkja í hraða veldur um 30% skekkju í reiknaðri hreyfiorku. Eins og fram kemur í kafla 3, er líklegra að straumar séu hér vanmetnir þar sem tilhneigingin er að vanmeta sjávarfallahæð, sér í lagi við Stykkishólm, þar sem hún mælist mest. Af því leiðir að það mat sem hér er sett fram á hreyfiorku í firðinum er varfærið.

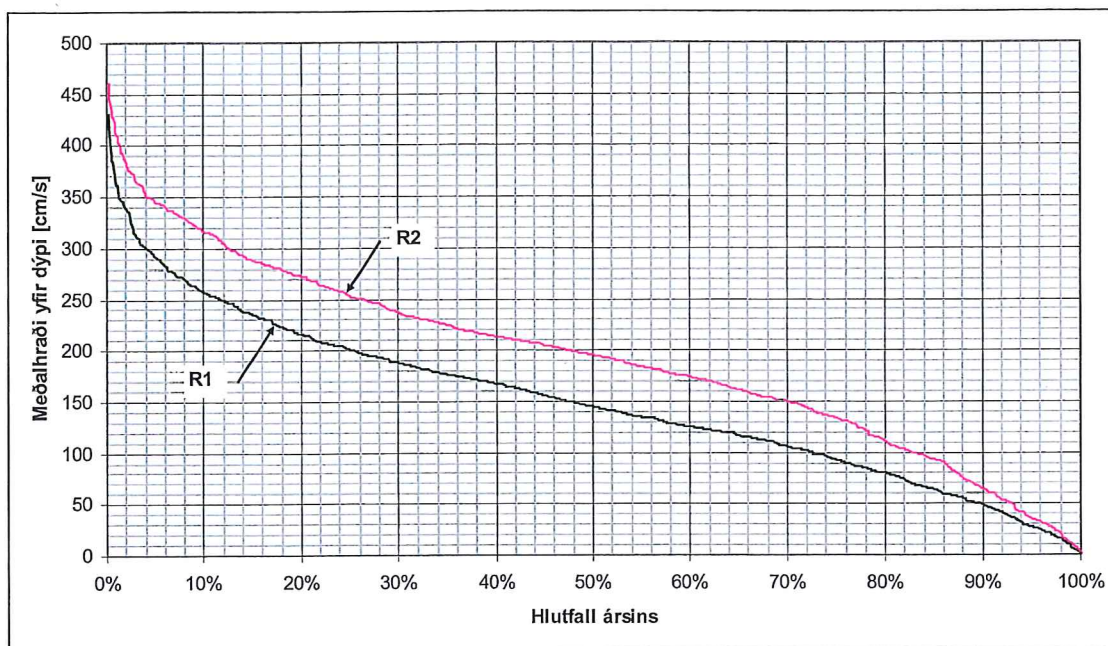
Á myndum 5.1 og 5.2 er sýnt afl á flatarmál þvert á straumstefnu á tveimur stöðum í Röst, punktum sem merktir eru R1 og R2 á mynd 3.1. Til að fá út það afl sem hægt væri að framleiða á þessum stöðum er tímaröðin margfölduð með nýtni og flatarmáli hverfils þvert á straumstefnu. Í stórstreymi er hreyfiorka á flatarmál þvert á straumstefnu um $85 \text{ kWh/m}^2/12,4 \text{ h}$ í punkti R1 og $135 \text{ kWh/m}^2/12,4 \text{ h}$ í punkti R2. Þegar tekið er tillit til mismunandi straumhraða innan ársins er orkugetan áætluð $28 \text{ MWh/m}^2/\text{ár}$ í R1 og $53 \text{ MWh/m}^2/\text{ár}$ í R2. Dýpi í punkti R1 er meira en í punkti R2. Þar ætti því að vera hægt að stilla upp fleiri hverflum. Þó ber að hafa í huga að í líkaninu er reiknaður meðalhraði yfir dýpi, og þar með er hreyfiorka reiknuð sem meðaltal yfir dýpi. Hér er því ekki tekið tillit til þess að í raun vex hraði almennt frá botni upp í yfirborð, og hreyfiorka er því minni við botn en við yfirborð. Sé gert ráð fyrir að hægt sé að raða hverflum hvern ofan á annan frá botni og allt að 3 m undir meðalsjávarhæð og að breidd hverfilstæðunnar sé 1 m er orkugetan $480 \text{ MWh}/\text{ár}$ í R1 og $430 \text{ MWh}/\text{ár}$ í R2 (ekki er tekið tillit til nýtni). Á mynd 5.3 er langægi straumhraða í punktum R1 og R2, ef gert er ráð fyrir að hverflar séu starfhæfir fyrir hraða sem er meiri en 50 cm/s sést að á báðum stöðum myndu hverflarnir framleiða rafmagn 90% af árinu.



Mynd 5.1 Afl á flatarmál þvert á straumstefnu [kW/m²] í smástreymi.



Mynd 5.2 Afl á flatarmál þvert á straumstefnu [kW/m²] í stórstreymi.



Mynd 5.3 Langægi straumhraða í Röst

Mynd 5.4 sýnir hreyfiorku yfir heilt ár á breiddareiningu þvert á straumstefnu innan alls líkansvæðisins án nokkurrar virkjunar miðað við meðalstraumhraða yfir dýpi. Reiknuð er orka frá botni upp í allt að 3 m undir meðalsjávarhæð. Mest hreyfiorka reiknast í Röst, enda fer um 75% massaflutnings í firðinum fram þar. Myndin miðast við orku í kerfinu áður en nokkrir hverflar eru settir í það, en með því að koma fyrir hverflum er tekin orka úr því og straumsviðið og þar með myndin breytist. Sé t.d. sett hverflaröð þvert yfir Röst þar sem orkan er mest, hefur það áhrif á straumhraða, afl og orku undan straumi, sé mikil orka tekin úr einu sniði minnkar það strax orku í öðrum sniðum, og getur auk þess haft áhrif á massaflutning í kerfinu.

Heildarhreyfiorkan í einu þversniði í Röst er um 800 GWh/ár. Þar af eru um 550 GWh/ár frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð, og hámarksafl í sniðinu um 240 MW. Heildarhreyfiorka í sundi sunnan Brokeyjar er um 70 GWh/ár, þar af um 30 GWh/ár fra botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð. Áætluð hreyfiorka í öllum massaflutningi um mynni Hvammsfjarðar er um 1000 GWh/ár, þar af um 650 GWh/ár frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð.

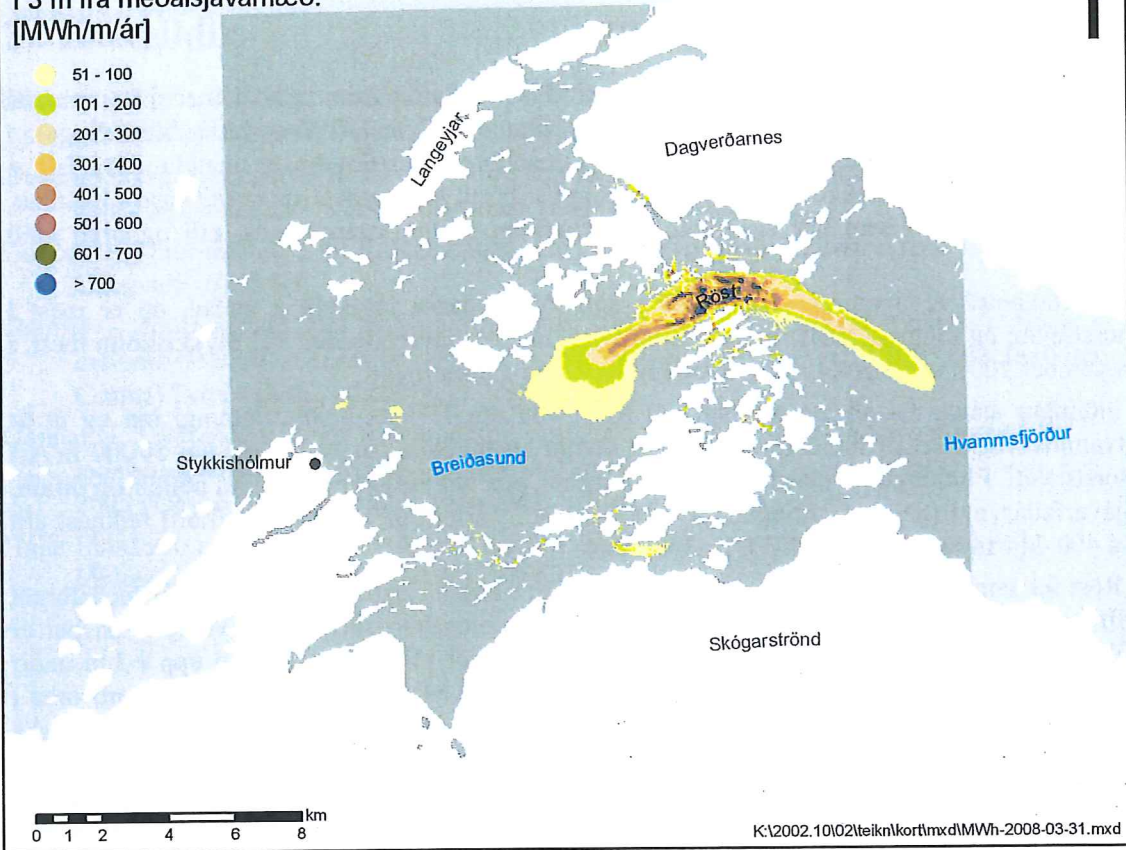
Aðeins lítinn hluta þessarar orku er unnt að virkja, þar sem taka þarf tillit til nýtni hverfla, þess að lágmarksbil þarf að vera á milli þeirra, og að þeir gætu verið starfhæfir fyrir ákveðið hraðabil. Einnig þarf að taka tillit til þess að sé tekin orka úr kerfinu, hefur það áhrif á straumafar. Til samanburðar má geta þess að orkugeta Sultartangavirkjunar er 880 GWh/ár og uppsett afl er 120 MW². Áður en staður fyrir virkjun verður valinn þarf að setja niður straummæli og kortleggja strauma á þeim stað, þar sem staðbundinna áhrifa gæti gætt sem ekki nást í þeirri grófu mynd sem 1. áfangi straumalíkans gefur af mögulegri orkuöflun. Varðandi umfjöllun á nýtni og hverflum er vísað í skýrslu Iðntæknistofnunar um orku í streymi vatns [Halla Jónsdóttir og Geir Guðmundsson, júní 2004].

Í þessum 1. áfangi eru áhrif virkjunar á straumafar ekki skoðuð, en með straumalíkaninu sem sett hefur verið upp og lýst er í þessari greinargerð er hægt að reikna breytingar á straumum vegna virkjunar.

² Upplýsingar fengnar af heimasíðu Landsvirkjunar 2008-02-21: <http://lv.is>.

Hreyfiorka án virkjunar frá botni upp
í 3 m frá meðalsjávarhæð.
[MWh/m/ár]

- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 400
- 401 - 500
- 501 - 600
- 601 - 700
- > 700



Mynd 5.4 Hreyfiorka á breiddareiningu frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð [MWh/m/ár] án nokkurrar virkjunar. Sé virkjað á einum stað, minnkar orka á öðrum stöðum.

6 Samantekt og niðurstöður

Sett hefur verið upp straumalíkan fyrir mynni Hvammsfjarðar sem reiknar meðalstraumhraða yfir dýpi á neti með 50 m x 50 m möskvastærð. Líkanið var kvarðað að sjávarhæðarmælingum í Stykkishólmi, við Brokey og í Búðardal og samanburður á reiknuðu og mældu sjávarfalli á þessum stöðum kom nokkuð vel út. Tilhneiging var þó til að vanmeta sjávarfallahæð í líkaninu, og því er það mat sem hér er sett fram á flutningi sjávar, straumhraða, afls og orku talið varfærið.

Sjávarfallahæð er munur á sjávarstöðu í háflæði og næsta lágflæði á undan, og er mest í stórstreymi og minnst í smástreymi. Í Breiðafirði mælist sjávarfallahæð við Stykkishólm mest, í nóvember 2007 var hún 4,4 m í stórstreymi og 1,8 m í smástreymi.

Flutningur sjávar fer að mestu fram um Röst, eða um 75% af heildarflutningi inn og út úr Hvammsfirði. Heildarflutningur sjávar um mynni Hvammsfjarðar er mestur um 50 000 m³/s í stórstreymi. Flutningur í smástreymi er mun minni, eða um 30 000 m³/s bæði í aðfalli og útfalli. Sjávarfallarým (heildarflutningur sjávar á 6,2 klst., yfir eitt útfall eða eitt aðfall) reiknast allt frá 400 GJ í smástreymi að 800 GJ í stórstreymi.

Í Röst fer saman mikill straumhraði (reiknast allt að 9 m/s á einstökum stöðum), hár meðalhraði yfir snið (3,3 m/s hámark í stórstreymi) og meginflutningsleið sjávar. Af því leiðir að þar er fólgin mikil hreyfiorka í sjávarföllum. Mesta orka í sniði yfir Röst frá botni upp í 3 m undir meðalsjávarhæð reiknast 550 GWh/ár og hámarksafl 240 MW. Til viðbótar er töluverð orka í öðrum sundum, t.d. eru tæplega 30 GWh/ár í sundi sunnan Brokeyjar. Samtals er því hreyfiorka um 650 GWh/ár frá botni upp í 3 m y.s. við núverandi aðstæður, þ.e. án allra virkjana. Heildarhreyfiorka frá botni upp í yfirborð sjávar er um 1000 GWh/ár og í Röst um 800 GWh/ár. Aðeins lítil hluti hreyfiorkunnar er virkjanlegur þar sem taka þarf tillit til nýtni hverfla og þess að lágmarksbil þarf að vera á milli þeirra, auk þess sem þeir gætu verið starfhæfir fyrir takmarkað hraðabil og þurfa öllum stundum að vera undir yfirborði sjávar. Hafa ber í huga að ef orka er tekin úr einu sniði minnkar það orku í öðrum sniðum. Í þessum 1. áfangi er mat á algeru hámarki á virkjanlegri orku í Breiðafirði því um 650 GWh/ár. Til samanburðar er uppsett afl í Sultartangastöð 120 MW og orkugeta 880 GWh/ár.

Til að staðfesta niðurstöður líkansins umfram það sem gert er hér, þurfa að fara fram mælingar á straumum í þversniðum, sem e.t.v. leiða til frekari fínstillinga á því. Samfara slíkum mælingum væri ráðlegt að mæla sjávarhæð á tveimur stöðum í Röst. Afl og orka eru í réttu hlutfalli við hraða í þriðja veldi og skekkja í hraða veldur því enn meiri skekkju í orku, þannig myndi 10% hraðaskekkja valda um 30% hreyfiorkuskekkju. Breytingar á reiknuðum straumum yrðu helst í dreifingu þeirra innan svæðisins, þar sem mat á flutningi sjávar er nokkuð gott, en þó varfærið. Því er ekki talið að stærðargráða á ofangreindu mati á orku myndi breytast við fínstillingu líkans.

Eins og fram hefur komið er líkanið tvívítt og reiknar meðalstraumhraða yfir dýpi sem fall af tíma. Upplausn þess er 50 m x 50 m, og því er reiknaður straumur einnig meðaltal yfir 2500m² svæði. Því nást ekki hugsanlegir staðbundnir straumstrengir. Vera má að á stöku stað á milli eyja felist hreyfiorka sem nýta mætti til viðbótar þeirri sem sett er fram hér, en ljóst er að mest er orkan í Röst. Sé ætlunin að virkja sjávarföllin þarf að kortleggja nánar strauma við fyrirhugaða staðsetningu virkjunar með frekari mælingum. Einnig væri æskilegt að skoða áhrif virkjunar á straumafar, en það má gera með straumalíkaninu sem sett hefur verið upp og lýst er í þessari greinargerð.

7 Heimildir

- Gunnar G. Tómasson, Kjartan Gíslason og Þorbjörn Karlsson, júlí 1996. *Reiknilíkan fyrir sjávarflóð við Ísland*. Verkfræðistofnun Háskóla Íslands.
- Gunnar G. Tómasson, Ólöf R. Káradóttir og Kjartan Gíslason, október 1996. *Reiknilíkan fyrir sjávarföll við Ísland*. Verkfræðistofnun Háskóla Íslands.
- Gunnar G. Tómasson og Ólöf R. Káradóttir, júní 2003. *Nýtt sjávarfallalíkan fyrir Ísland*. Gangverk 01-04-03.
- Gunnar G. Tómasson og Ólöf R. Káradóttir, júní 2005. *A two dimensional numerical model of astronomical tide and storm surge in the North Atlantic Ocean*. ICS 2005 (International Coastal Symposium), edited by G. Viggósson.
- Gunnar G. Tómasson og Ólöf R. Káradóttir, júní 2005. *Applications of the two dimensional numerical model of astronomical tide and storm surge in the North Atlantic Ocean*. ICS 2005 (International Coastal Symposium), edited by G. Viggósson.
- Halla Jónsdóttir og Geir Guðmundsson ITI, júní 2004. *Orka í streymi vatns*. Lokaskýrsla. Iðntæknistofnun, IT0406EUT06 8UI2089.

Viðauki 1 - Sjávarhæðarmælingar



25. febrúar 2008

VST – Ólöf Rós Káradóttir

Um sjávarfallamælingar í Breiðafirði

Á vegum Sjávarorku hafa verið framkæmdar sjávardýptarmælingar í Breiðafirði í þrígang.

Fyrst voru settir upp þrýstingsmælar frá fyrirtækinu Hugrónu, þeir voru knúnir með innri rafhlöðu og höfðu minni fyrir nokkurra vikna mælingar. Þeir mældu þrýsting fyrir ofan sig og voru ekki með leiðréttingu fyrir breytilegum loftþrýstingi. Samanburðarloftvog var ekki tiltæk. Til að lesa úr mælunum þurfti að taka þá úr sjó og tengja tölvu við þá. Hugbúnaður var í DOS og ekki aðgengilegur. Niðurstaðan varð sú að engar mælingar bárust frá þessum mælum.

Í júní 2006 voru settir sjávarhæðarmælar í sjó út rétt fyrir utan húsið að Ægissíðu 3 í Stykkishólmi. Þessir mælar voru þrýstingsmælar af gerðinni Druck PDCR-1830-8288 með 20m mælisviði, þeir voru hafðir tveir saman til að fullvíst væri að mæliskekkja ef einhver væri kæmi greinilega fram. Þessir þrýstingsmælar eru með loftslöngu inni í kaplinum og því hefur breytilegur loftþrýstingur ekki áhrif á mælinguna. Þar sem mælingar áttu einungis að vera í gangi skamman tíma, þá var látið nægja að sökkva nemunum í sjó út fyrir framan klett þar sem þeim var haldið niðri með Járnstykkjum. Mælingar voru teknar á 10min fresti og geymdar í gagnasöfnunarbúnaði, og þær voru sóttar 1 sinni á dag með farsíma. Sjávarstraumur var mældur 19. sept 2006 með straumsjá þegar siglt var fram og aftur yfir sunnið undan Ægissíðu. Mælingar voru ágætastar þar til mikið brim gerði þannig að mælarnir köstuðust nær ströndu. Afdrif Druckmælanna urðu þau að þeir voru ekki teknir út sjó og þá rak á land í tvígang í miklu brimi og þegar þeir loks voru teknir upp voru þeir með öllu ónýtir. Mælingarnar frá þessum tíma eru aðgengilegar á mælivef Vista.

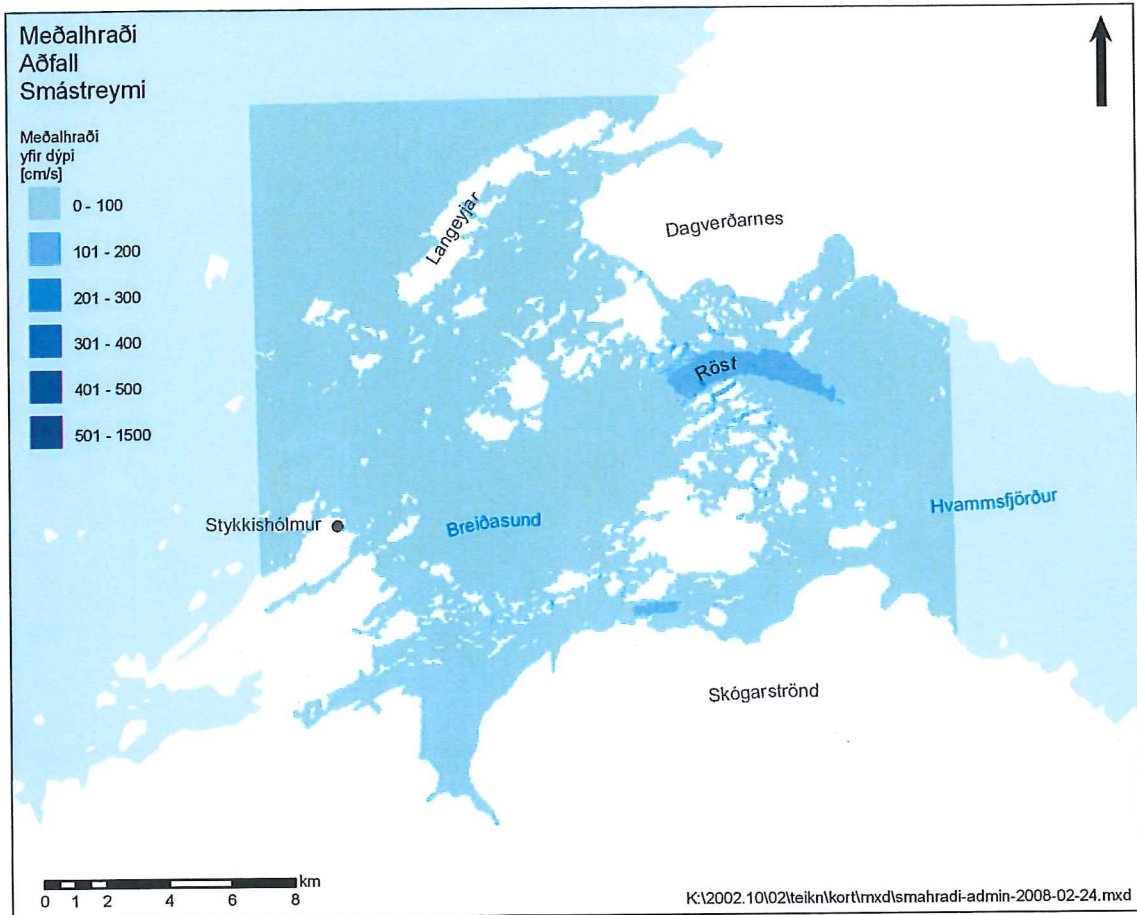
Sumarið 2007 voru aftur undirbúnar sjávarhæðarmælingar, nú í kringum áform um að sigla með straumsjánna þvert yfir Hvamsfjörðinn milli Fellsstrandar og Skógarstrandar. Til að fullt gagn væri af þeim mælingum, þá var ákveðið að setja sjávarhæðarmæla á sömu staði og Hugrónumælarnir voru áður settir á, þ.e. í Stykkishólmshöfn, við Brokey og í Búðardal. Aðstæður voru skoðaðar í júlí og nemarnir settir upp 28. og 29. ágúst 2007. Sjávarhæðarmælar eru af sömu gerð og áður, þ.e. Druck PDCR-1830-8288 með 20m mælisviði, einn mælir á hverjum stað. Í Stykkishólmi og í Búðardal er 220V spennan tiltæk en í Brokey er keyrt með rafgeymi og sólarrafhlaða notuð til að hlaða geyminn. Frágangur nema í Stykkishólmi og Búðardal miðaðist við að nemarnir gætu verið þar í 1 ár hið minnsta en í Brokey var minna lagt í frágang enda gert ráð fyrir að taka mælibúnað fljótlega í burtu. Það fór hins vegar svo að það fór aldrei saman að það sjór væri marflatur og bátur væri tiltækur, og þegar komið var inn í veturinn varð ljóst að engar straummælingar yrðu framkvæmdar fyrr en næsta vor þegar væri aftur bjartur dagur í 12 klst og líklegur að sjólagt yrði hagstætt.

Sjávarhæðarmælarnir hafa verið á sínum stað og mælingar hafa verið skráðar á 10min fresti allan sólarhringinn án nokkurra vandamála og sóttar sjálfvirkir með farsíma. Mælingarnar eru aðgengilegar á mælivef Vista. Þar sem enginn viðmiðunarpunktur er tiltækur, þá hefur mælingum verið hliðrað þannig til að þær sýna allar sömu meðalhæð sem miðast við sjávarhæðarmæli í Reykjavíkurböfn. Rafgeymirinn í Brokey var orðinn lágur í spennu og því var farið á bát þann 12. janúar og skipt um hann.

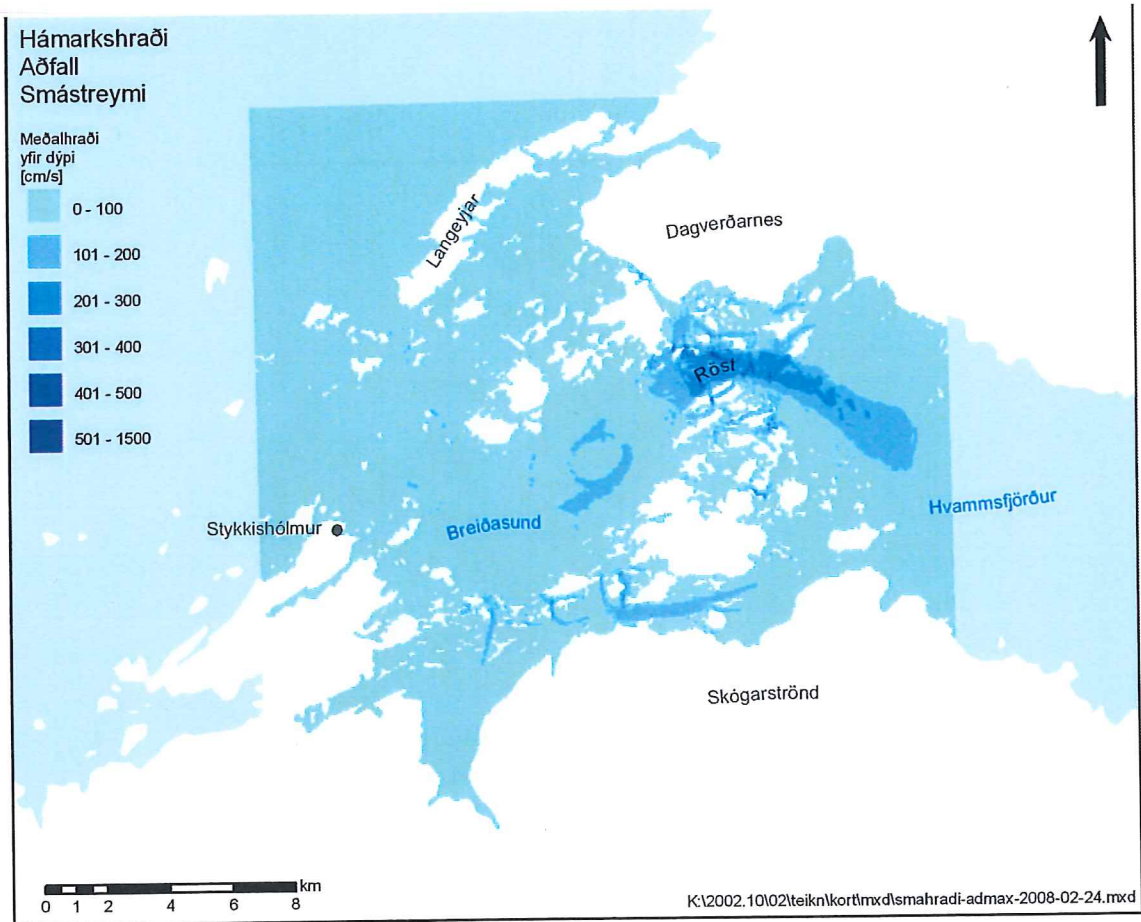
Sjávarhæðarmælikerfið er ágætt lagi og líklegt er að svo verði um hríð. Þó þarf að fara út í Brokey nk sumar og ganga betur frá mælistöðinni, bæta rafgeymaflíð og setja sólarcelluna á staur.

25. febrúar 2008
Verkfræðistofan Vista
Andrés Þórarinnsson

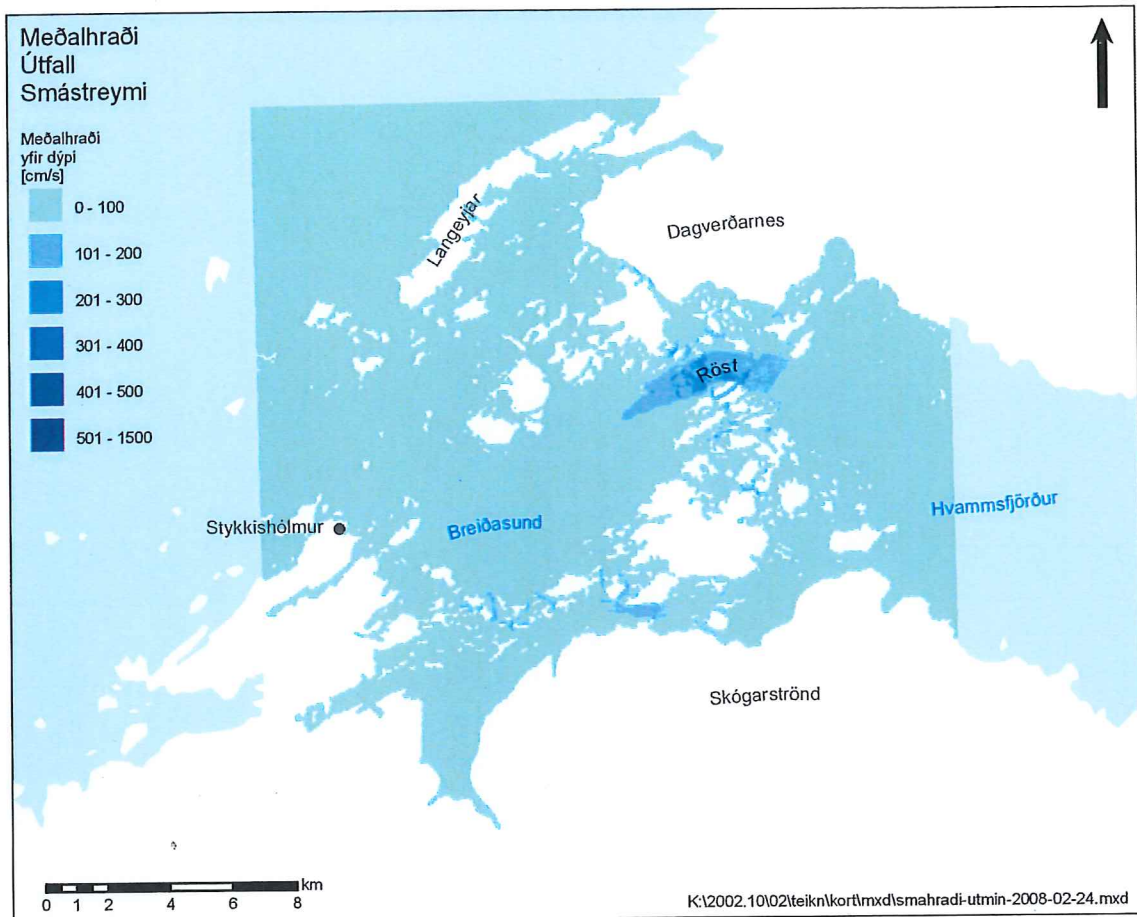
Viðauki 2 – Straumhraði - myndir



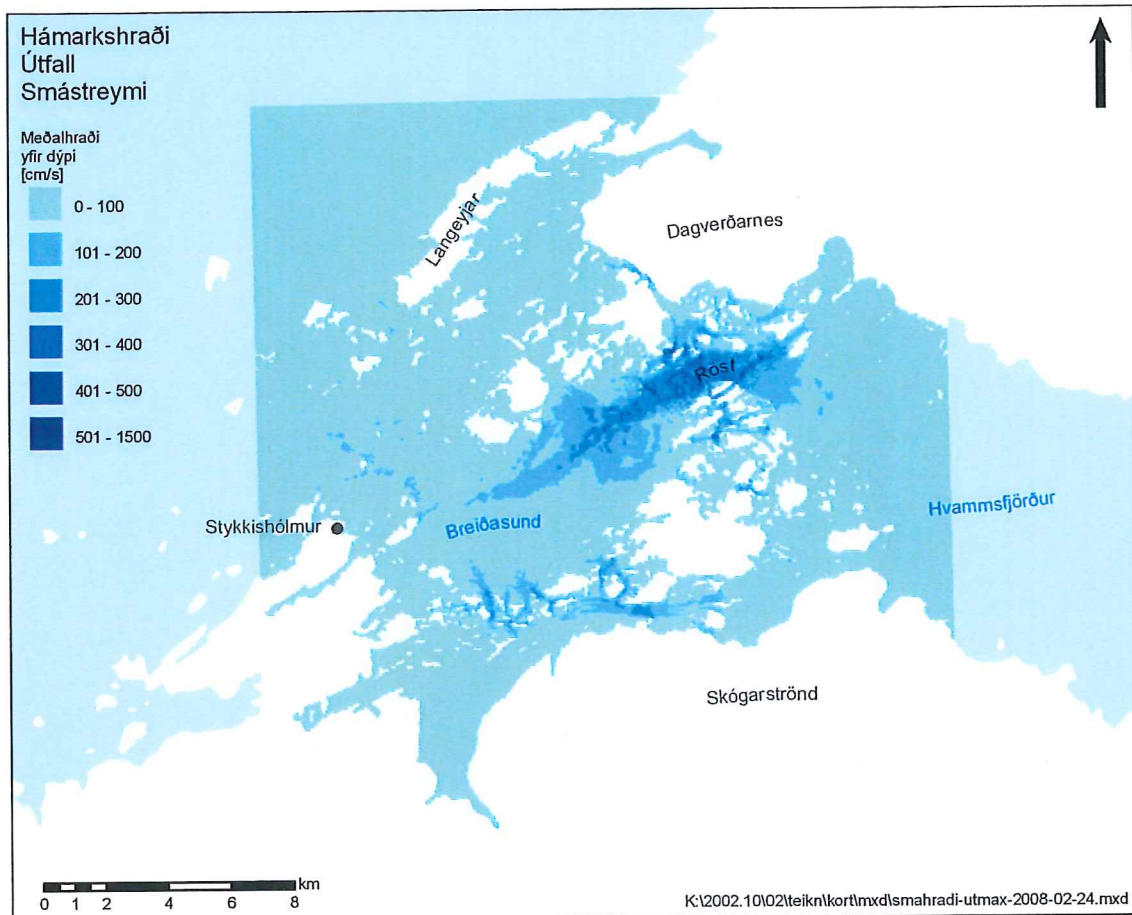
Meðalstraumhraði í aðfalli og smástreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



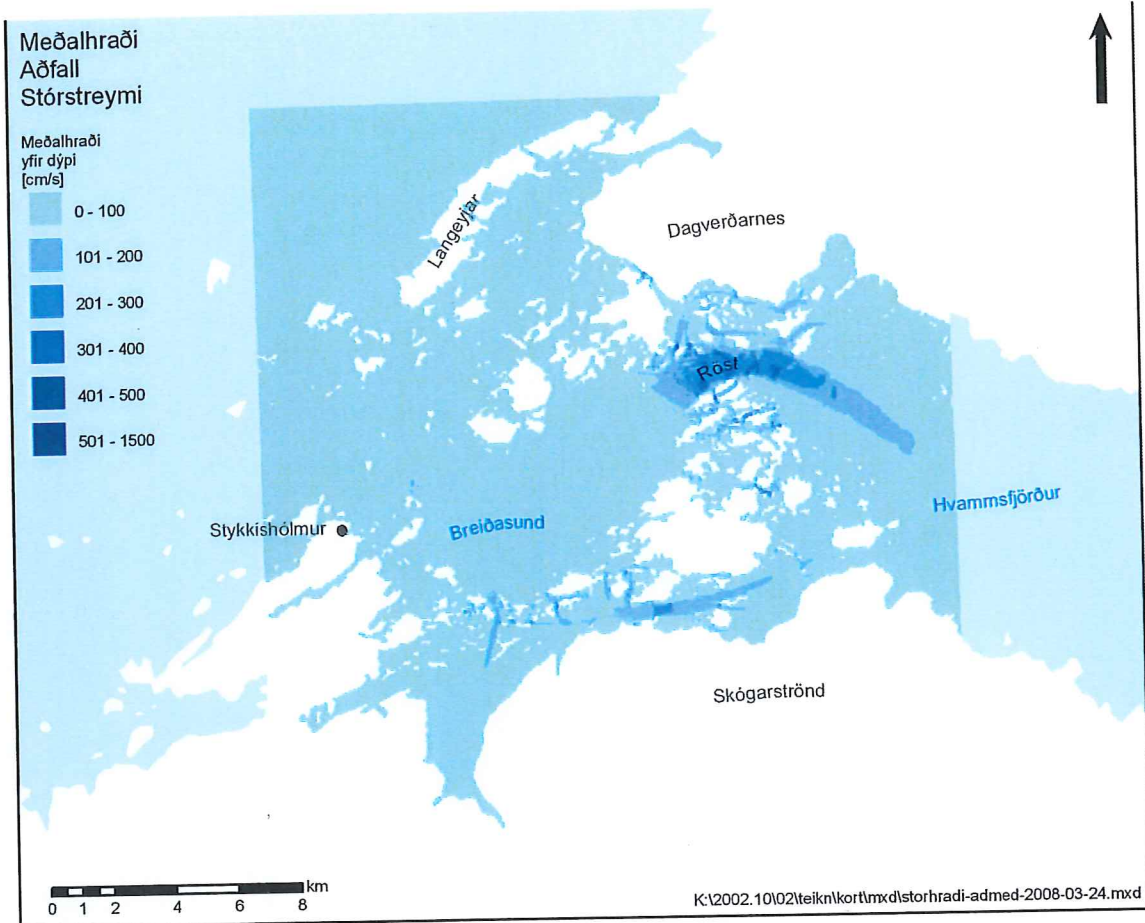
Hámarksstraumhraði í aðfalli og smástreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



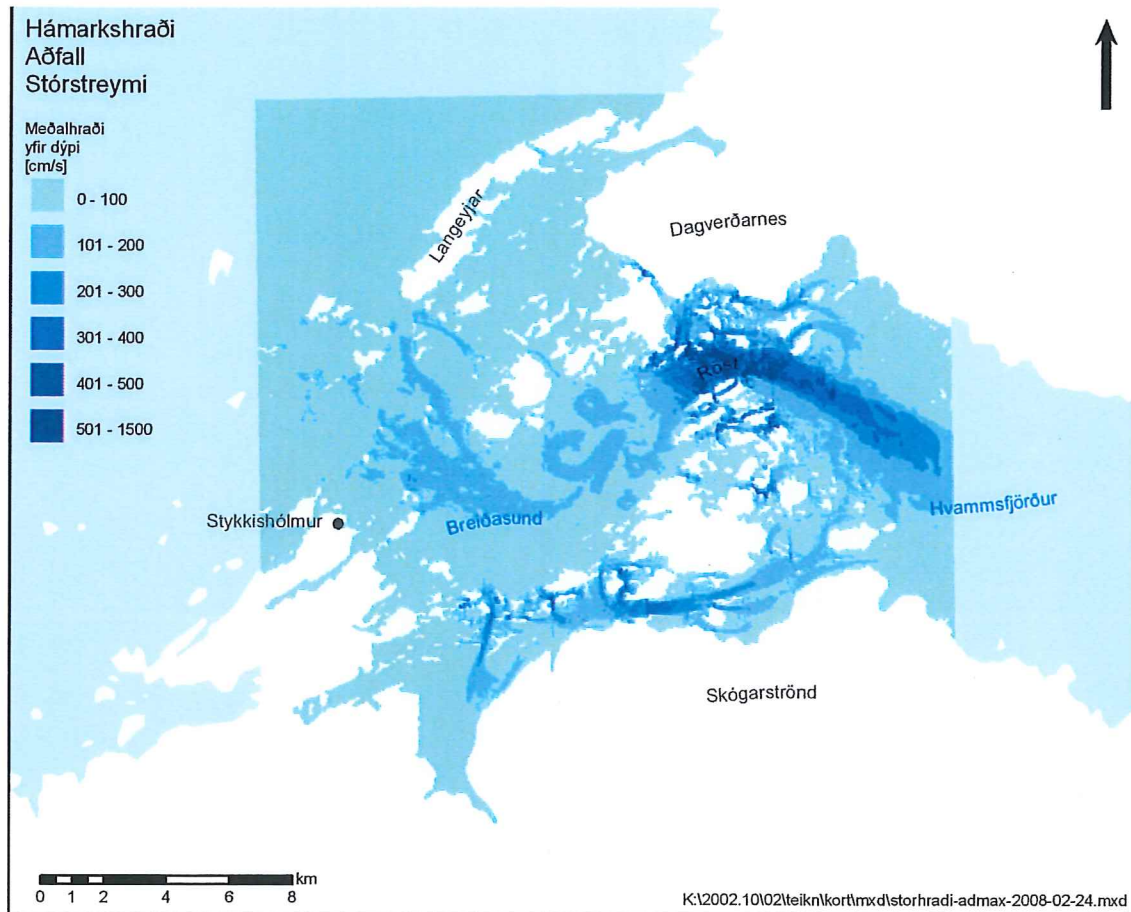
Meðalstraumhraði í útfalli og smástreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



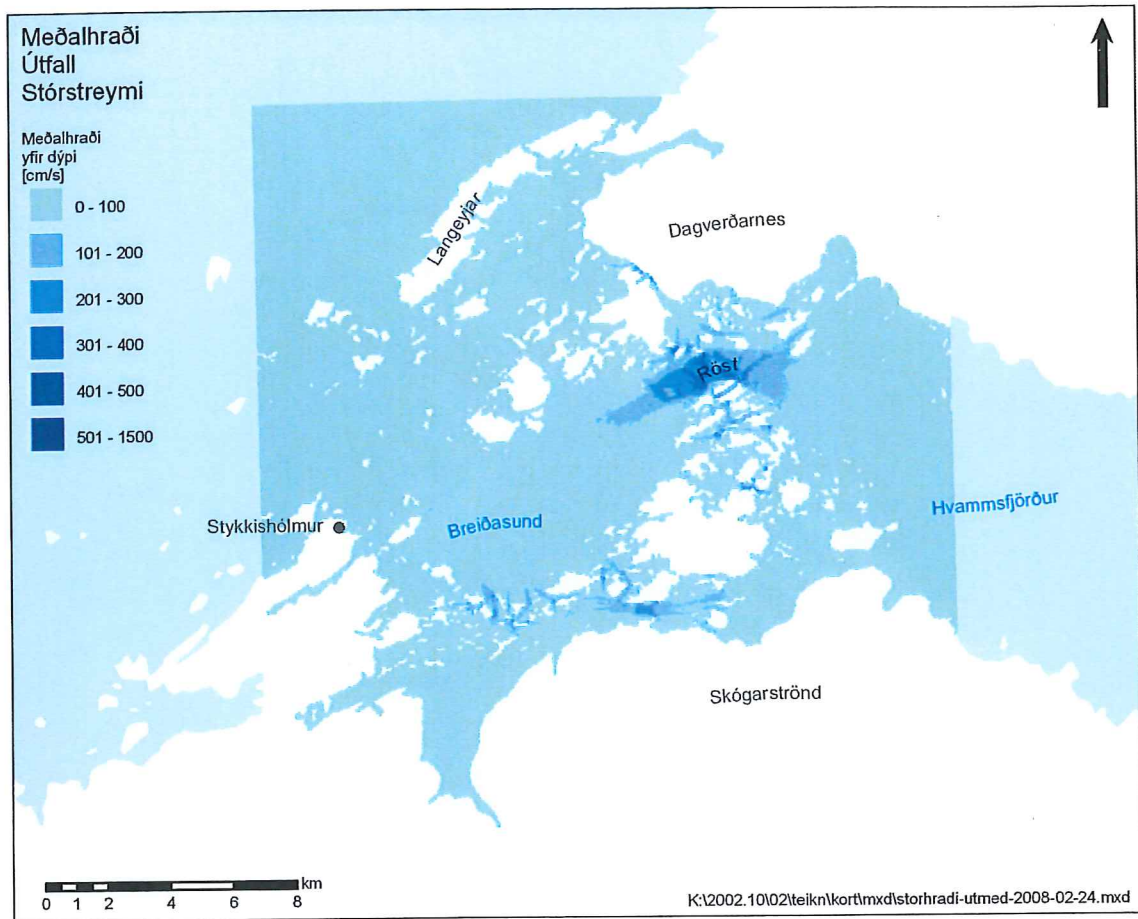
Hámarksstraumhraði í útfalli og smástreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



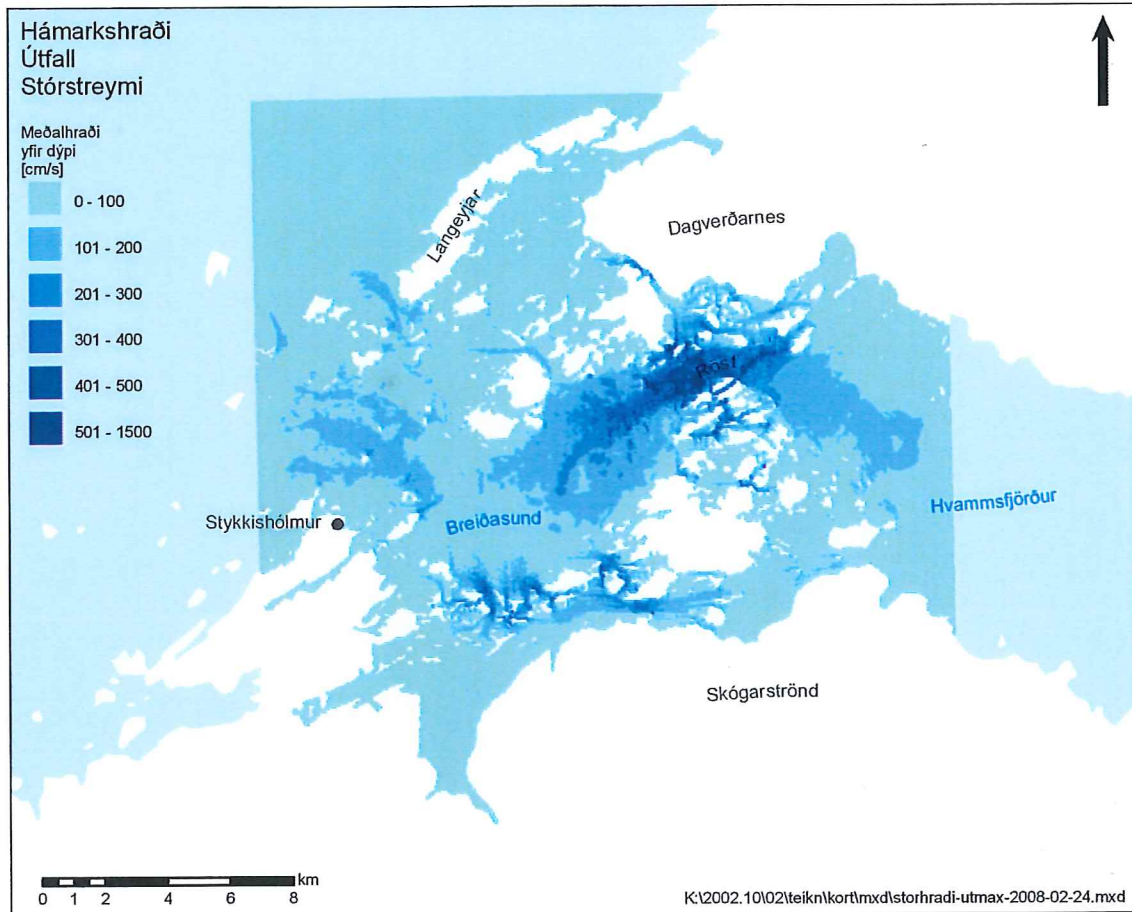
Meðalstraumhraði í aðfalli og stórstreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



Hámarksstraumhraði í aðfalli og stórstreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



Meðalstraumhraði í útfalli og stórstreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).



Hámarksstraumhraði í útfalli og stórstreymi (meðalhraði yfir dýpi cm/s).