



---

# Sjávarborðsrannsóknir

Sjávarborðsmælingar frá  
Reykjavík, Ólafsvík, Skagaströnd  
og Patrekshöfn.

---



Guðjón Scheving Tryggvason

Útgáfa A - Mars 2017

## Sjávarborðsrannsóknir

### Úrvinnsla sjávarborðsmælinga frá Reykjavík, Ólafsvík, Skagaströnd og Patrekshöfn

Útgáfa	Dagsetning	Endurskoðun	Útgefið af	Útgefið til
Drög A	2017.03.31		GST	Vegagerðin
<b>Upplýsingar um skýrslu</b>				
Verkkaupi:	Vegagerðin			
Fulltrúi verkkaupa:	Sigurður Sigurðarson			
Verkefni:	Sjávarborðsrannsóknir			
Verkefnisnúmer.:				
Aðgengi:	<input checked="" type="checkbox"/> Opið	<input type="checkbox"/> Dreifing háð samþykki verkkaupa	<input type="checkbox"/> Lokað	
Höfundur:	Guðjón Scheving Tryggvason			
Tilvísun:	Guðjón Scheving Tryggvason, 2016. Sjávarborðsrannsóknir - Úrvinnsla sjávarborðsmælinga frá Reykjavík, Ólafsvík, Skagaströnd og Patrekshöfn, útgáfa A. Vegagerðin.			
Forsíðumynd	Gróttá á Seltjarnarnesi, ljósm. Guðjón Scheving Tryggvason			

## Formáli

Verkefni þetta er annar áfangi í yfirferð og úrvinnslu gagna frá sjávarhæðamælum í höfnum landsins. Í fyrri hluta var skoðuð gögn frá sjávafallamælum í Grindavík, Landeyjahöfn og í Hornafirði (10). Í þessum hluta eru skoðuð gögn frá Reykjavík, Ólafsvík, Skagaströnd og Patreksfirði. Markmið verkefnisins er að safna saman þeim gögnum og upplýsingum sem til eru af sjávarfallamælingum og kvörðunum og fá fram heildstætt gagnasafn til frekari úrvinnslu. Einnig að endurreikna sjávarfallastuðla og sjávarföll og bera saman við úrvinnslu sem gerð var um 1980 á grundvelli mun styttri mælinga. Vegna jarðskorpuhreyfinga hér á landi eru hæðarpunktur á hreyfingu og þarf því að gefa upp tíma á viðmiðunarhæðum. Í þessu verkefni er miðað við tímamann eða árið 2004,6 eða í byrjun ágúst árið 2004, en það er viðmiðunartími í ISH2004, landshæðarkefi Íslands.

Söfnun og yfirferð gagna reyndist mikið umfangsmeiri og tímafrekari en gert var ráð fyrir vegna eyða í mælingum, sem stöfuðu að mestu leiti af vandræðum í gagnaflutningi um mótöld og lélegum samböndum milli mælitækja og söfnunarstaða. Einnig vegna skorts á kvörðunum sjávarfallamælanna og þess hversu mælunum er gjarnt á að bila.

Siglingastofnun, áður Vita- og hafnamálastofnun, stóð fyrir því að settir voru upp sjávarborðsmælar í samvinnu við hafnaryfirvöld í allmörgum höfnum þegar upplýsingakerfið Veður og sjólag var byggt upp. Rekstur mælanna var síðan færður á ábyrgð hafnanna. Mælarnir hafa yfirleitt reynst fullnægjandi til að sýna flóðhæð á hverjum stað en tæplega til að nema hægfara sjávarborðsbreytingar. Kvörðun mælanna á hverju ári hefði bætt mikið úr en full ástæða er til að koma upp nýjum og betri mælum víða um land til að nema sjávarborðsbreytingar af völdum hæðarbreytinga á landi og sjávarborðshækkunnar.

Náð var í mæligögn sjávarborðsmæla af tölum Siglingastofnunar Íslands, af tölvudiskum úr upphaflegum veðurmælitölvum upplýsingakerfis um Veður og sjólag, sem MogT ehf varðveittu, og í einstaka tilfellum fundust upphaflegu mælitölvurnar hjá viðkomandi höfnunum. Mikið fékkst einnig af gögnum af heimasíðu MogT ehf, sem veitti einnig upplýsingar um stillingar mælitækja. Kvarðanir fengust úr skýrslum Landmælinga Íslands. Mæligögn gamla flóðmælisins í Reykjavík svo og dagbækur fengust hjá Sjósmælingum Íslands (Landhelgisgæslu).

Aðstoð við verkefnið veittu Sigurður Sigurðarson hjá Vegagerðinni, Björn Erlendsson hjá Veðurstofu Íslands og Hilmar Helgason hjá Landhelgisgæslunni. Öllum aðilum er þakkað fyrir veittan stuðning.

Skýrsla þessi er unnin fyrir styrk frá Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar.

Höfundur skýrslunnar ber ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

## Efnisyfirlit

Formáli.....	1
Efnisyfirlit.....	2
1 Sjávarborðsmælingar í Reykjavíkurbænum.....	4
1.1 Inngangur.....	4
1.2 Sjávarborðsmælingar.....	5
1.3 Nýr mælir á Miðbakka frá 1994.....	5
1.4 Þekktar kvarðanir og flutningur.....	6
1.5 Viðhald nýja mælisins.....	8
1.6 Mæligögn og loftþrýstileiðréttingar.....	8
1.7 Ársmeðaltöl, mánaðarmeðaltöl, sjávarborðsbreytingar í Reykjavík.....	9
1.8 Mánaðarmeðaltöl.....	10
1.9 Samanburður mánaðarmeðaltala í Reykjavík og Færeyjum.....	11
1.10 Reykjavíkurlóðmælir sem viðmiðun til leiðréttinga og viðmiðunar á öðrum mælum.....	13
1.11 Sjávarfallastuðlar.....	14
1.12 Helstu niðurstöður fyrir Reykjavík.....	14
2 Sjávarborðsmælingar í Ólafsvíkurbænum.....	15
2.1 Inngangur.....	15
2.2 Sjávarborðsmælingar.....	15
2.3 Þekktar kvarðanir og flutningur.....	15
2.4 Viðhald mælis.....	16
2.5 Sjávarborðsbreytingar.....	16
2.6 Sjávarföll og hæðir fyrir Ólafsvík.....	18
2.7 Helstu niðurstöður fyrir Ólafsvík.....	20
3 Sjávarborðsmælingar í Skagastrandarhöfn.....	21
3.1 Inngangur.....	21
3.2 Sjávarborðsmælingar.....	21
3.3 Uppsetning mælis.....	21
3.4 Þekktar kvarðanir.....	21
3.5 Viðhald nýja mælis.....	22
3.6 Sjávarborðsbreytingar.....	22
3.7 Sjávarfallastuðlar.....	23

3.8	Helstu niðurstöður fyrir Skagaströnd .....	25
4	Sjávarborðsmælingar í Patreksfjarðarhöfn .....	26
4.1	Inngangur .....	26
4.2	Sjávarborðsmælingar .....	26
4.3	Þekktar kvarðanir og fluningur .....	26
4.4	Viðhald mælis .....	27
4.5	Sjávarborðsbreytingar .....	27
4.6	Sjávarfallastuðlar .....	29
4.7	Helstu niðurstöður fyrir Patrekshöfn .....	30
5	Heimildaskrá .....	31

# 1 Sjávarborðsmælingar í Reykjavíkurböfn

## 1.1 Inngangur

Safnað var saman öllum sjávarfallamælingum frá Reykjavíkurmæli ásamt kvörðunum og upplýsingum um færslu hans. Frá uppsetningu hefur mælirinn verið staðsettur á nokkrum stöðum í gömlu höfninni í Reykjavík. Saga mælisins á tímabilinu frá 1956 til 1989 er rakin í skýrslu þeirra Ólafs Guðmundssonar og Páls Einarssonar á Raunvísindastofnun Háskólans 1991, heimild (1) Mælirinn frá 1956, kallaður gamli mælir, var árið 1984 fluttur vegna framkvæmda frá vesturhlið Ægisgarðs yfir á austurhluta Ægisgarðs, þar sem hann var fram í ágúst árið 2000 en þá er síðasta færsla í dagbók mælisins. Í febrúar 1994 er settur upp nýr mælir á Miðbakka í Reykjavíkurböfn þar sem hann hefur verið síðan. Nýi mælirinn er rafrænn þrýstímælir með baköndun til að jafna út loftþrýstibreytingar en gamli mælir var flotholt sem skrifaði á pappírstromlu. Safnað var öllum gögnum sem til eru, þar á meðal mælingunum frá gamla mælinum frá árunum 1956 til 1994. Öll gögnin voru yfirfarin og lagfærð eftir því sem hægt var. Mælingar fram til 1994 voru á sínum tíma allar lesnar af pappírsörk og slegnar inn í tölvu. Óhjákvæmilega voru aflestrar- og innsláttarvillur til staðar, sjá skýrslu Ólafs og Páls (1). Frumgögn mælinga frá 1956 til 1994 fengust hjá Sjósmælingum Íslands. Við yfirferð á þeim gögnum fundust allmargar villur sem voru lagfærðar, einnig mátti sjá tímahliðranir miðað við sjávarfallaspá. Tímahliðranir voru ekki leiðréttar utan nokkurra stuttra tímabila þar sem mátti telja öruggt að um einnar klukkustundar hliðrun væri að ræða. Á mörgum stöðum var grunur um tímaskekkjur en ekki voru til staðar töl til að lagfæra þær. Yfirlit yfir kvarðanir á mælum frá 1956 til 1990 eru í skýrslu Ólafs og Páls (1).

Kvarðanir eftir 1990 fengust úr dagbókum mælisins hjá Sjósmælingum Íslands, heimild (9). Dagbækurnar ná fram í ágúst árið 2000 og ættu mæliblöð að vera til fyrir tímabilið 1995 - 2000 en ekki hefur verið lesið af þeim eftir 1994. Mælarnir eiga að mæla beint í hæðarkerfi Sjósmælinga Íslands, þar sem miðað er við hæð 12,54 m á koparplötu í húsi nr. 7 við Ægisgötu (BM3277). Til eru kvarðanir á nýja mælinum frá árunum 2000, 2008 og 2016. Fyrstu tvær kvarðanirnar voru gerðar að frumkvæði Siglingastofnunar Íslands og Landmælinga Íslands en sú seinasta að frumkvæði Sjósmælinga Íslands. Einnig eru til samtímamælingar gamla og nýja mælisins meirihluta ársins 1994. Miklir rekstrarörðugleikar voru með gamla mælinn á árinu 1994. Rör gamla mælisins er endurnýjað í mars og apríl og síðan hallamælt í mælinn. Eftir það voru bilanir og truflanir á símalínu milli mælis og sírita.

Dálitill hæðarmunur er milli mælanna eftir hallamælinguna, breytilegur eftir tímabilum, eins og verið sé að hliðra eða stilla gamla mælinn. Af samanburði mæla árið 1994 má ráða að gamli mælirinn sýni 15 til 25 mm hærri tölur en sá nýi. Kvörðunin árið 2000 gefur til kynna að nýi mælirinn sýni 17,6 mm of lágt. Við kvörðun árið 2008 sýnir mælirinn 27,1 mm of lágt og 2016 sýnir mælirinn 28,0 mm of lágt miðað við hæðarkerfi Sjósmælinga.

***Nauðsynlegt er að benda á það að eigi að nota sjávarfallamæla til að nema hægfara sjávarborðsbreytingar verður að kvarða mælana miklu oftar en gert hefur verið og virðist ekki veita af kvörðun einu sinni á ári og alltaf áður og eftir að mælar eru teknir upp eða þeim skipt út.***

## 1.2 Sjávarborðsmælingar

Eftir yfirferð og lagfæringar á gögnum eru heimtur sýndar í töflu 1.

1956	68%	1976	86%
1957	97%	1977	98%
1958	100%	1978	81%
1959	100%	1979	100%
1960	100%	1980	100%
1961	95%	1981	100%
1962	100%	1982	100%
1963	100%	1983	100%
1964	100%	1984	48%
1965	100%	1985	92%
1966	100%	1986	91%
1967	100%	1987	96%
1968	100%	1988	88%
1969	100%	1989	97%
1970	100%	1990	89%
1971	100%	1991	92%
1972	100%	1992	97%
1973	100%	1993	96%
1974	100%	1994 til 2015 samfelld, en fyllt var í styttri göt	
1975	100%		

**Tafla 1. gögn sem til eru fyrir hvert ár Reykjavíkurmælis.**

Búast má við að mælingar frá 1956 til 2007 séu með óvissu í tímasetningu hér og þar, allavega var það tilfinningin eftir að hafa skoðað gögnin sjónrænt meðfram sjávarfallaspá. Frá 1956 til 1994 skrifar mælir sjálfvirk á pappír. Síðar er lesið sjónrænt tíu mínútna meðaltal af pappírsgrafi á klukkustundar fresti og gögn slegin inn. Frá 25 febrúar 1994 eru mælingar gerðar með Campbell skráningartæki á 10 mínútna fresti þannig að meðaltal er tekið af síðustu mínútnu (mínútu 9-10, 19-20 o.s.frv.) Í mælingum frá 1994 til 2007 má sjá tímaskekkju vegna reks í klukku en ekki er vitað hvenær klukkan hefur verið rétt af en það hefur vafalaust verið gert allmörgum sinnum. Í janúar 2007 er mælisöfnun breytt þannig að gögn eru sótt miðlægt frá MogT ehf. Einnig hefur tímasetning verið stórlega endurbætt og ætti tímasetning því að vera mikið betri síðan þá. Frá 1994 hefur verið brúað í öll göt í sjávarfallamælingum, með hliðsjón af sjávarfallaspá, til að fá samfellda mæliröð.

## 1.3 Nýr mælir á Miðbakka frá 1994

Nýi mælirinn á Miðbakka var settur upp í febrúar 1994 að frumkvæði Reykjavíkurhafnar og í samráði við Sjómælingar Íslands sem mundu hafa afnot af mælinum. Mælir Sjómælinga á Ægisgarði var kominn til ára sinna og var til vandræða á árinu 1994 en var lagfærður, hæðarmældur (hallamæling) og rekinn fram á haust árið 2000. Nýi mælirinn er þrýstinemi af samskonar gerð og aðrir sjávarhæðarmælir í höfnum landsins. Honum var komið fyrir á enda stálteins eða öxuls inni í stálröri og er öllu þessu komið fyrir innan við öryggisstiga á stálpili við Miðbakka. Mælirinn var settur niður af Hugrónu h/f og settur upp út frá hæðarmælingum sem Hnit h/f annaðist fyrir Reykjavíkurhöfn.

## 1.4 Þekktar kvarðanir og flutningur

**27.07.1956**, fyrsta mæling Ægisgarður vestur

**14.03.1964 til 27.06.1968**, sig um 30 mm (mælir sýnir of hátt um 30 mm 27.06.1968), heimild (1)

**14.07.1976**, mælir fluttur á Grandagarð (1)

**14.07.1976 til 28.02.1977**, sig um 5 mm (1)

**23.05.1978**, mælir fluttur á Ægisgarð vestur (1)

**26.07.1984**, mælir fluttur á Ægisgarð austur, hallamælt (1)

**17.10.1990**, er hallamælt, hæð óbreytt frá 26.07.1984 (9)

**14.09.1992**, er hallamælt, mælir hefur sigið um 9 mm frá 17.10.1990 (9)

**26.04.1994**, er hallamælt í gamla mæli, líklega í síðasta sinn, en eftir lagfæringar á röri og mæli. (9)

**22.02.1994** er nýr mælir settur upp á Miðbakka. Nema mælisins var komið fyrir neðst á lóðréttum stálteini í 6,304 metra fjarlægð frá enda hans. Hallamælt var á topp teinsins og mældist hann í +5,297 m hæð í kerfi Sjósmælinga. Hallamælt var í skúfu við mæli (MBH-10), +5,327 m (9) Mælir var ekki kvarðaður að öðru leiti en því að stuðlar voru settir í Campbell mælitölvu.

Samanburður á mælingum gamla mælis og nýja árið 1994 bendir til að gamli mælirinn sýni hærri mælingar sem gæti numið um 20 mm. Gamli mælirinn er þó dálítið flöktandi þetta ár. Hallamælt var í Gamla mæli 26. apríl 1994. Líklegast er því að nýi mælirinn hafa verið settur niður með þessari skekkju, þar sem hann var ekki kvarðaður við niðurstöðu.

**10.01.2000**, er kvörðun í hæðarkerfi Sjósmælinga: +0,0176m + 1,000\*aflestur mælis (5).

**13.11.2002**, Nemi tekinn upp vegna þess að seinkun og minna útslag var talið vera til staðar. Mikill gróður var kominn í rörið sem talinn var hefta flæði, einnig var botn tekinn úr rörinu til að auka flæði (MogT ehf).

**13.09.2008**, er kvörðun í hæðarkerfi Sjósmælinga: +0,0271m + 1,000\*aflestur mælis (4).

**18.02.2013**, nemi tekinn upp, skipt um olíu í olúgildru og festingar á öxli endurnýjaðar. Sjávarhitanemi settur niður. (MogT ehf)

**1.11.2016**, kvörðun í hæðarkerfi Sjósmælinga Íslands: +0,0280 + 1,00111\*aflestur mælis (LMÍ).

Við kvarðanir frá árinu 2000 og síðar var hæðarmælt milli viðmiðunar Sjósmælinga Íslands við Ægisgötu 7 og Tryggvagötu 10 og hæðarbolta í þekju, skammt frá mæli (LM0724), einnig í hæðarbolta við mæli (skrúfa), og viðmiðun á kvörðunartæki. Samhliða kvörðunum var punktur LM0724 mældur með GPS frá viðmiðun REYK en sú viðmiðun er í einni byggingu Háskóla Íslands.

**Viðmiðunarpunktur við Tryggvagötu 10 var eyðilagður þegar húsin við Tryggvagötu, Fiskhöllin, voru rifin árið 2016. Nauðsynlegt er að setja nýjan hæðarpunkt til vara fyrir Ægisgötu 7 punktinn.**



Í töflu 2 eru hæðarmælingar milli ofanefndra mælipunkta sýndar.

Hallamæling [m]	REYK=>LM724	ÆGISG=>LM724	Ægisg=>skrúfa	Ægisg=>nemi
Febrúar 1994			-7,2130	
janúar 2000	-24,0710	-7,2350	-7,2002	-12,5220
September 2008	-24,1060	-7,2624	-7,2205	-12,5130
Nóvember 2016	-24,1160	-7,2784	-7,2234	-12,5120
Sig alls 2000 til 2016	0,0450	0,0434	0,0232	-0,0100

**Tafla 2 Hæðarmismunur við kvarðanir Reykjavíkurmælis.**

Sjá má af töflu 2 að LM0724 í þekju er að síga, sama sig mælist á LM724 með GPS frá REYK og hallamælingu frá Ægisgötu. Skrúfa, sem er í steiptum kanti stálþils við mæli, er einnig að síga (frá árinu 2000) en heldur minna en LM0724. Skrúfa er hinsvegar að lyftast milli 1994 og 2000.

Sjávarfallamælir sem festur er í steiptan kant stálþils ætti því líka að vera að síga en samkvæmt kvörðun er hann að lyftast. Ekki er vitað af hverju þetta stafar, þó kann að vera að hægfara rek sé komið í mæli. Afstaða hæðar og viðmiðunarpunkta er sýnd í skýrslu Landmælinga um kvarðanir á sjávarfallamælum, heimild (4). Kvarðanir nýja mælisins eru sýndar í töflu 3.

kvarðanir	hallatala	st. error	hliðrun	st. error
2000	1,0009		0,0180	
2008	1,0000	0,0014	0,0270	0,0050
2016	1,0011	0,0030	0,0280	0,0080

**Tafla 3 kvarðanir nýja mælis.**

Kvarðanirnar þrjár eru innan skekkjumarka og ekki augljóst hvernig ætti að leiðrétta tímaröðina, sérstaklega vegna þess að kvörðun í upphafi (1994) er ekki þekkt og vegna þess að við samanburð gamla mælisins og nýja mælisins, sem mældu báðir nánast allt árið 1994, kom fram um 20 mm mismunur, þar sem gamli mælirinn sýnir hærra sjávarborð. Einnig er vitað að nýi mælirinn var tekinn upp og hreinsaður árið 2002 og einnig árið 2013 en þá var festing skynjara einnig lagfærð (MogT).

**Vegna óvissu um kvörðun nýja mælisins í upphafi og vegna þess að hann virðist sýna 20 mm lægri mælingar en gamli mælirinn árið 1994 og skekkjumarka kvarðana var nýi mælirinn leiðrétur með því að hækka allar mælingar hans frá 1. mars 1994 til loka árs 2016. Hækkunin nemur 20 mm í upphafi og hækkar línulega í 28 mm í lok tímabilsins. Hallatala var höfð 1,000.**

Huga þarf að því að finna betri sjávarfallamæli og huga betur að kvörðunum og hallamælingum í framtíðinni.

Gamla tímaröðin var leiðrét miðað við þekkt sig mælis á tímabilinu frá 1956 til 1989 þar sem gert var ráð fyrir að tímaröðin sem fékkst frá Sjómælingum hafi verið frummæling. Mælingar úr nýja mælinum byrja 1. mars 1994 og voru allar mælingar eftir það hækkaðar eins og greint er frá hér að ofan. Nýi mælirinn mælir á 10 mínútna fresti. Tímaröðin frá 1994 til 2016 var lagfærð þannig að fyllt var í allar eyður með hliðsjón af sjávarfallspá. Tímaröðin var síðan fíltuð með 10 mínútna fíltur og síðan var sjötta hvert gildi tekið út sem klukkutímagildi og síðan reiknuð ársmeðaltöl og mánaðarmeðaltöl.

## 1.5 Viðhald nýja mælisins

Nýr mælir settur niður á Miðbakka í febrúar 1994.

Sami þrýstiskynjari hefur verið frá upphafi (10m Drukk þrýstinemi) og mælistuðlum hefur ekki verið breytt. Mælistuðlar í Campbell eru: hallatala = +4,8852 og hliðrun = -3,434 núllpunktur (fasti í Campbell) er talinn -1,007.

**13.11.2002** Nemi tekinn upp vegna þess að seinkun og minna útslag var talið vera til staðar. Mikill gróður var kominn í rörið sem talinn var hefta flæði, einnig var botn tekinn úr rörinu til að auka flæði.

**18.02.2013** Nemi tekinn upp, skipt um olíu í olúgildru, festingar á öxli endurnýjaðar. Sjávarhitanemi settur niður.

## 1.6 Mæligögn og loftþrýstileiðréttingar

Meðalsjávarborð er áhugavert fyrirbæri, en ekki er auðvelt að mæla það. Það segir til um hvar sjávarborð er miðað við land og nauðsynlegt er að vita hvar það er t.d. vegna landakorta og sjókorta. Í landakortum er meðalsjávarborð sett sem hæðin 0,0 m en í sjókortum er 0,0 m reiknað út frá lægstu sjávarstöðu á hverjum stað eða út frá sjávarföllum. Á seinni árum hafa sjávarborðsmælingar verið mjög í umræðunni vegna hækkunar sjávar af völdum mannlegra áhrifa á loftslag jarðar. Meðalsjávarborð er þó ekki auðfundið, enda breytilegt milli mánaða og ára, það er háð loftþrýstingi á viðkomandi stað, löngum náttúrulegum sveiflum í sjávarborði, og auk þess vindáhlaðanda, ölduáhlaðanda, hitastigi og seltu sjávar. Gangi lægð yfir staðinn, hækkar sjávarborð og öfugt í háum loftþrýstingi. Þetta fyrirbæri er kallað áhlaðandi vegna loftþrýstings eða „inverse barometric effect“ á ensku. Þetta veldur því að leiðréttta verður fyrir þessum breytingum eigi að bera saman sjávarborð á ákveðnum stað á einum tíma til annars, að minnsta kosti ef tímabil er stutt. Meðalloftþrýstingur er breytilegur milli ára og getur hæglega munað nokkrum hPa (millibörum). Oft er talað um að sjávarhæð breytist um 10 mm fyrir hvert hPa sem loftþrýstingur breytist. Þessi svörun var skoðuð í skýrslu Ólafs og Páls (1) og komist að þeirri niðurstöðu að svörun sjávarborðs í Reykjavík sé 8,4 mm/hPa. Þegar talað er um að mælingar séu leiðréttar fyrir loftþrýstingi er átt við að mælingar séu reiknaðar yfir í þá hæð sem sjávarborð væri í ef loftþrýstingur væri alltaf sá sami, þ.e. einhverskonar staðalloftþrýstingur. Hér á landi hefur oftast verið notast við meðalloftþrýsting á hverjum stað. Ef til vill væri eðlilegra að miða við meðalloftþrýsting alls landsins. Hér verður notast við 1006,0 hPa til að auðvelda samanburð milli landshluta og til að fá meðalsjávarborð sem næst landskerfisnúlli. Leiðréttingin verður þá til þess að meðalsjávarborðið verður samræmt um allt land. Líkingin fyrir leiðréttingunni verður þá eftirfarandi:

$$\text{Leiðrétt sjávarborð (m)} = \text{mælt sjávarborð} + (\text{loftþr.} - 1006,0) * 0,0084 \quad (\text{m})$$

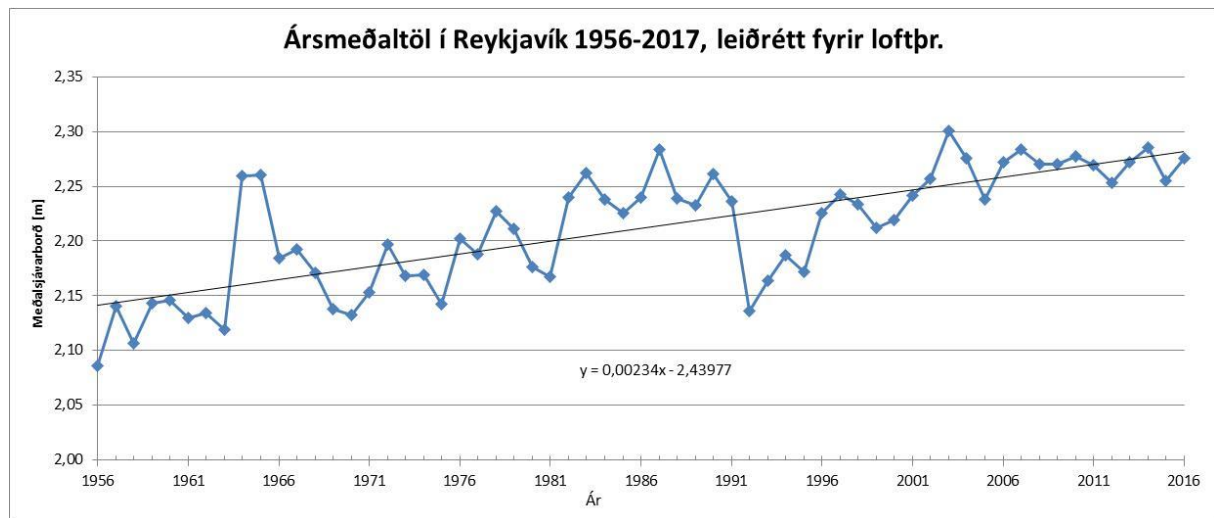
Sjávarfallamælar hér á landi eru í nánast öllum tilvikum tengdir veðurstöð sem mælir m.a. loftþrýsting með sérstökum loftþrýstinema. Auðvelt er því að fá loftþrýstigögn. Auk þess gefur Veðurstofa Íslands út mánaðarmeðaltöl veðurathugana á allmörgum stöðum. Við ákvörðun á núlli fyrir sjókort er almennt reynt að hafa sjávarborðsmæliraðir sem lengstar og helst 19 ár, vegna náttúrulegra sveifla í sjávarborði þar sem lengsta sveiflan er 18,6 ár. Þá er ekki endilega leiðrétt fyrir loftþrýstingi þar sem 19 ára meðaltal loftþrýstings ætti að vera nokkuð nálægt meðalloftþrýstingi staðarins. Eigi að finna meðalsjávarborð á nýjum stað er hægt að komast af með stuttar flóðmælingar og bera þær saman við mælingar á nálægum stað sem hefur langtíma sjávarfallamælingar, sjá kafla 1.9

Hér á landi er sjávarborðsneminn nú í öllum tilvikum þrýstinemi sem komið er fyrir neðansjávar. Skynjarinn er þannig gerður að hann mælir sjávarhæðina beint, enda er gert ráð fyrir því að eðlisþyngd vökvans á hverjum stað sé föst. Þar sem skynjarinn er þrýstimælir mundi hann mæla sjávarhæð plús loftþrýsting, en komið er í veg fyrir það með því að hafa mjótt rör meðfram rafmagnsvírum, frá bakhlíð skynjarans, upp á yfirborð og eyðast því áhrif loftþrýstings í mælingu. Þetta er oft kallað að þrýstiskynjarinn sé bakþrýstijafnaður. Athugið að þetta er ekki það sama og kallað er leiðrétt sjávarstaða miðað við loftþrýsting í þessari skýrslu. Vert að hafa í huga að eigi að nota gögnin til að finna hversu flóð geta orðið há eða til að útbúa sjávarflóðaspá, þá þarf að nota mælingar óleiðréttar gagnvart loftþrýstingi. Mikill ókostur við þrýstimælinn sem sjávarhæðamæli er hversu erfitt er að sannreyna hvort mælirinn sé að mæla rétt.

## 1.7 Ársmeðaltöl, mánaðarmeðaltöl, sjávarborðsbreytingar í Reykjavík

Reiknuð voru mánaðarmeðaltöl og ársmeðaltöl úr kvörðuðu mæliröðinni og voru mánaðar og ársmeðaltöl reiknuð upp í meðalloftþrýsting, 1006 hPa. Reiknað var með að sjávarborð svari loftþrýstibreytingu um 8,4 mm/hPa.

Í skýrslu Ólafs og Páls frá 1991 var komist að þeirri niðurstöðu að sjávarborð í Reykjavík hafi hækkað um 3,4 mm á ári og um 2,4 mm á ári eftir að leiðrétt hafði verið fyrir loftþrýstisvörun og hitasvörun hafsins og langtíma sveiflum í sjávarföllum.



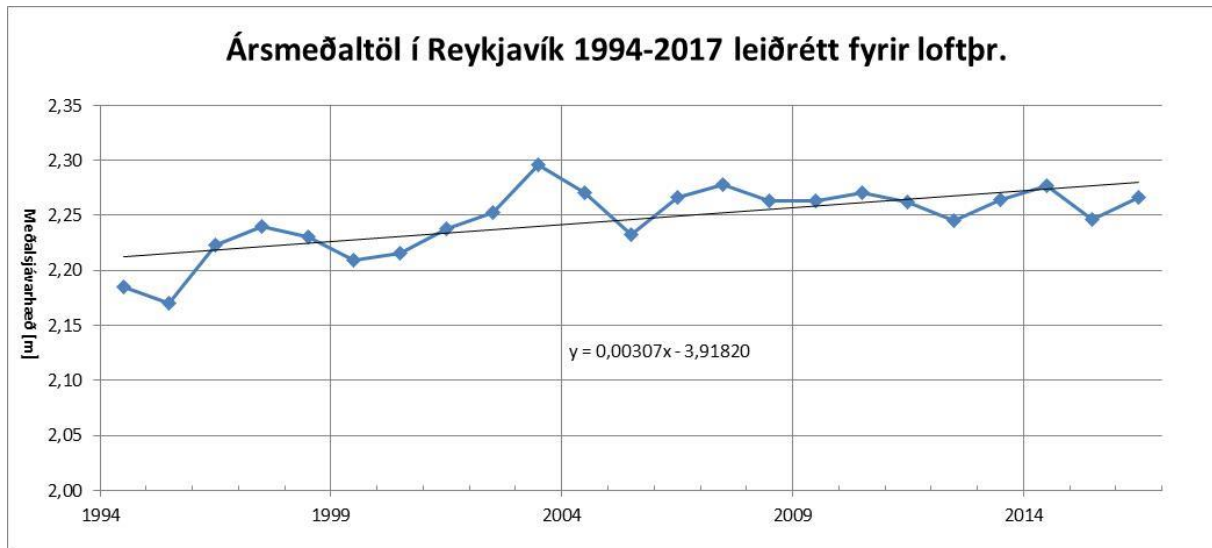
**Mynd 1 sýnir ársmeðaltöl í Reykjavík, leiðrétt hefur verið fyrir loftþrýstingi og nýi mælir hefur verið kvarðaður.**

Samkvæmt mynd 1 gefa ársmeðaltöl sjávarborðsmælinga fyrir tímabilið 1956 til 2017 til kynna að sjávarborð sé að hækka um 2,34 mm á ári miðað við land.

Stór stökk eða toppar eru áberandi í mælingum, sérstaklega árin 1964 til 1967 og 1982 til 1992. Þrátt fyrir að mælirinn sé talinn réttur árin 1964, 1968, 1984 og 1990, en þá er hallamælt í sjávarfallamælinn (1), þá vekja þessir toppar óneitanlega grunsemdir um óleiðrétt sig mælis.

Ef einungis eru skoðaðar mælingar frá nýja mælinum fyrir tímabilið 1994-2017 (23 ár), sjá mynd 2, fæst að afstæð sjávarborðshækkun í Reykjavík er 3,1 mm á ári. (Ef skoðað er tímabilið 1998 til 2017, 19 ár,

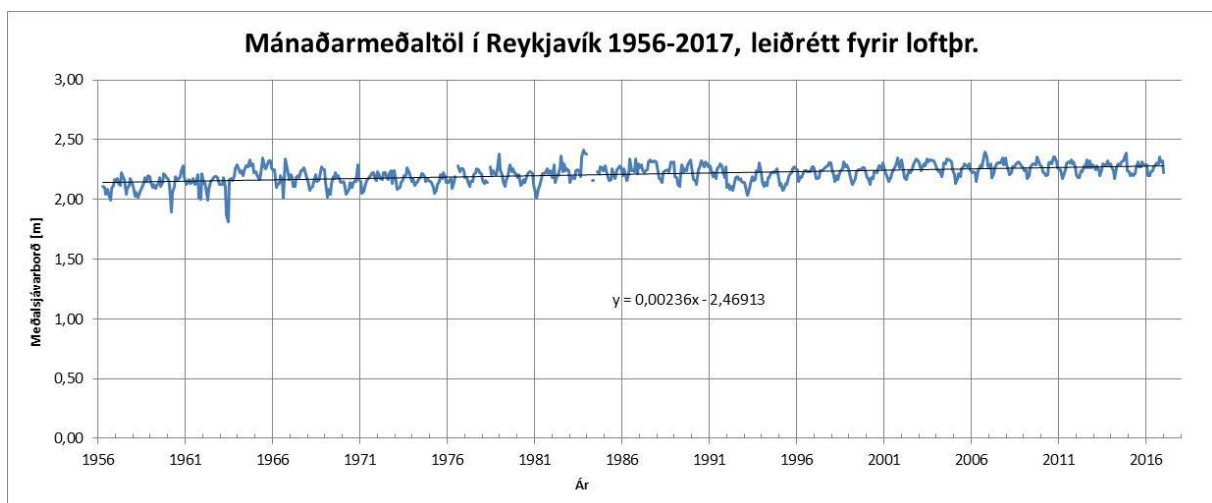
þá fæst að afstæð sjávarborðshækkun er 2,44 mm á ári). Mælingar eru því að gefa til kynna að afstæð sjávarborðsbreyting sé milli 2,4 og 3,1 millimetrar á ári. Í ritgerð Haraldar K. Guðjónssonar frá 2014 heimild (3), er komist að þeirri niðurstöðu að landsig í Reykjavík sé 1,2 millimetrar á ári byggt á GPS landmælingum árána 1996 til 2012. Fyrirliggjandi mælingar eru því að gefa til kynna að sjávarborðsbreytingar í Reykjavík að teknu tilliti til landsigs geti verið á bilinu 1,2 til 1,9 mm á ári. Eftirtektarvert er að frá árinu 2004 virðist lítil eða engin sjávarborðshækkun í gangi. Langtíma landsig í Reykjavík er þó ekki þekkt með neinni vissu.



*Mynd 2 sýnir ársmeðaltöl nýja mælis. Sjávarborðshækkun er 3,1mm á ári.*

## 1.8 Mánaðarmeðaltöl

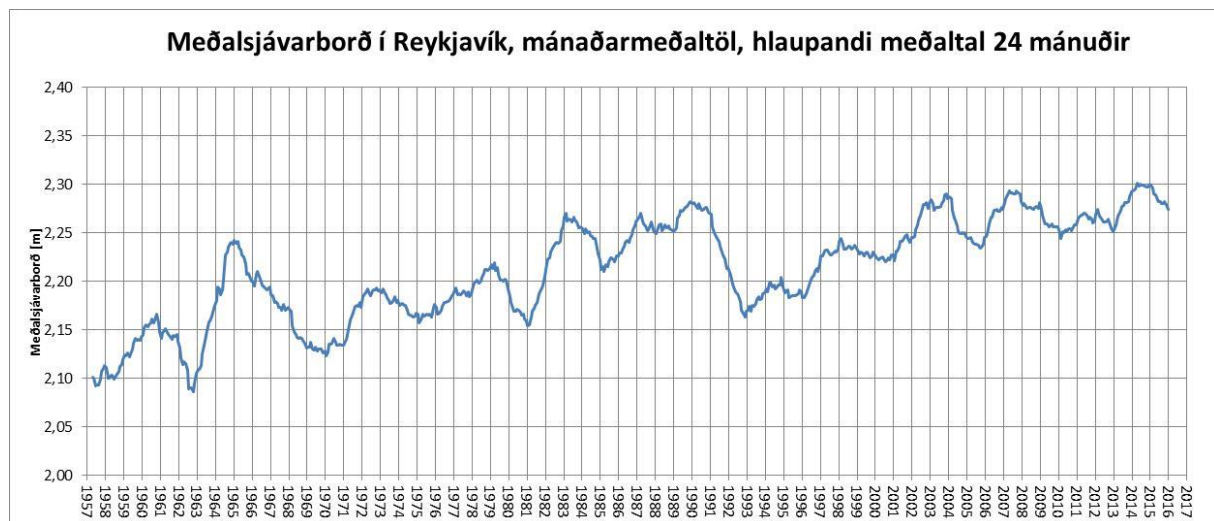
Reiknuð voru mánaðarmeðaltöl af kvarðaðri tímaröð. Mánaðarmeðaltölin gefa almennt gleggri yfirlitsmynd af sjávarborðsmælingum. Mynd 3 sýnir mánaðarmeðaltöl sjávarborðs í Reykjavík frá 1956 til og með 2016.



*Mynd 3 sýnir mánaðarmeðaltöl í Reykjavík, leiðrétt hefur verið fyrir loftþrýstingi og nýi mælir hefur verið kvarðaður. Samkvæmt grafi er sjávarborð að hækka um 2,36 mm á ári.*

Afstæð sjávarborðshækkun byggð á mánaðarmeðaltölum er um 2,6 mm á ári ef ekki er leiðrétt fyrir loftþrýstingi og 2,36 mm +/- 0,14 mm á ári ef leiðrétt er fyrir loftþrýstibreytingum. Síðustu 19 ár er afstæð sjávarborðshækkun 2,44 mm á ári (innan skekkjumarka). Í skýrslu Ólafs og Páls (1) var komist að þeirri niðurstöðu að sjávarborðshækkun frá 1956 til 1989 væri 2,4 mm á ári eða það sama og nú. Greinilegur munur er á grafi gamla og nýja mælis, sá nýi eftir 1994, sýnir mikið jafnari mælingar. Í grafinu má greina nokkur tímabil. Á tímabilinu 1956 til 1964 eru mælingar jafnar. Á tímabilinu 1964 til 1967 hækkar sjávarborð og lækkar síðan aftur. Tímabilið 1970 til 1992 hækkar sjávarborð jafnt og þétt en lækkar þá skyndilega. Tímabilið 1992 til 2016 hækkar sjávarborð jafnt og þétt en hækkun virðist hægja á sér eftir því sem á líður og síðustu 12 árin eru mjög litlar breytingar á sjávarborði. Óvissa er með kvörðun nýja mælisins eftir 1994. Kvörðun í nóvember 2016 gefur til kynna að þá gæti mælir verið að mæla of lágt um 28 mm. Í þessari skýrslu hefur verið bætt 20 mm við allar mælingar eftir 1. mars 1994, auk línulegarar hækkunar um 0 til 8 mm frá 1994 til loka árs 2016.

Á mynd 4 eru sýnd 24 mánaða hlaupandi meðaltöl sjávarhæðamælinga. Breytileiki meðalsjávarborðs sést nú vel, áhugavert væri að greina þetta frekar og finna hvaða sveiflur eru í tímaröðinni.



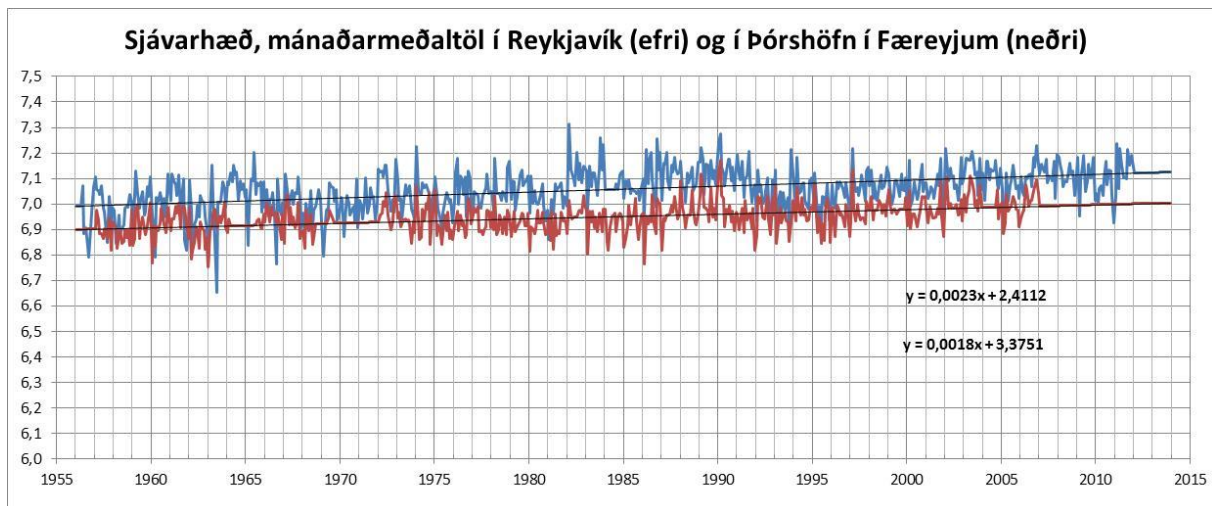
**Mynd 4 sýnir 24. mánaða hlaupandi meðaltal af meðalsjávarborð í Reykjavík.**

## 1.9 Samanburður mánaðarmeðaltala í Reykjavík og Færeyjum

Alþjóðastofnunin *Permanent Service For Mean Sea Level*, PSMSL, í Bretlandi, safnar gögnum frá hinum ýmsu sjávarborðsmælum í heiminum og sér um að greina og birta mælingar. PSMSL fær m.a. sjávarborðsmælingar frá Sjómælingum Íslands í rauntíma. Á heimasíðu þeirra fengust mánaðarmeðaltöl frá sjávarfallamælum í Reykjavík og frá Þórshöfn í Færeyjum.

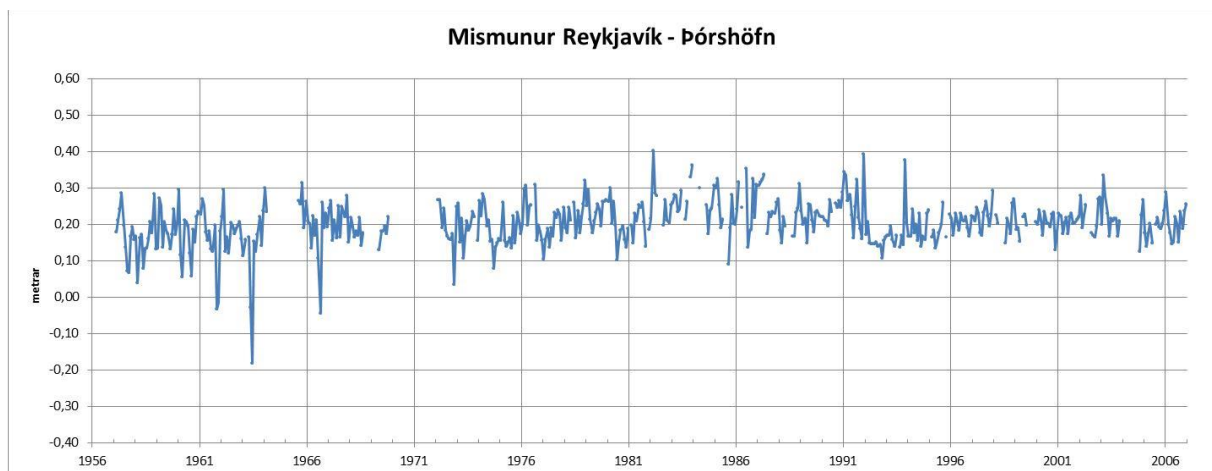
Áhugavert er að bera saman mælingar frá Þórshöfn í Færeyjum við mælingarnar frá Reykjavík. Þær ættu að vera svipaðar þar sem ekki er svo langt á milli staðanna að aðstæður gætu verið svipaðar. Á mynd 5 eru sýnd mánaðarmeðaltöl mælinga frá Reykjavík og Þórshöfn frá PSMSL (6).

Á mynd 5 sést að afstæð sjávarborðshækkun í Færeyjum er 1,8 mm á ári og í Reykjavík 2,3 mm á ári. Mælingar í Færeyjum ná til ársins 2007 og í Reykjavík til ársins 2012.



**Mynd 5** Sjávarhæð, mánaðarmeðaltöl í Reykjavík (efri) og í Þórshöfn í Færeypjum (neðri). Blá lína er fyrir Reykjavík og rauð lína er fyrir Þórshöfn. Ath. sjávarhæð hefur verið hliðrað. Gögn frá PSMSL.

Á mynd 6 er sýndur mismunur sjávarhæðamælinga í Þórshöfn í Færeypjum og í Reykjavík. Sjá má að sjávarborðshækkunin í Reykjavík 1963 til 1967 virðist ekki koma fram í Færeypjum, einnig að áberandi sjávarborðslækkun í Reykjavík 1992 kemur heldur ekki fram í Færeypjum. Það kann að stafa af mismunandi aðstæðum í hafinu eða mismunandi loftþrýstingi við Ísland og Færeypjar en kann einnig að stafa af kvörðunarskekku.



**Mynd 6** Mismunur sjávarborðsmælinga í Reykjavík og Þórshöfn í Færeypjum.

Við frekari samburð á gögnum frá Reykjavíkurmæli og gögnum fyrir sama mæli fengin frá PSMSL verður ekki betur séð en að leiðrétting vegna sigs Reykjavíkurmælis á árunum 1964 til 1968 hafi verið gerð tvisvar á PSMSL gögnum og að kvörðun eftir 1994 vantar.

Þess má geta að á árinu 2015 breytti PSMSL um aðferð til að reikna út leitni eða „trend“, ásamt því að nota frekar mánaðarmeðaltöl heldur en ársmeðaltöl. Til að reikna leitni og skekkju notar PSMSL nú s.k. „Integrated Generalized Gauss Markov stochastic model“, sjá hlekkinn:

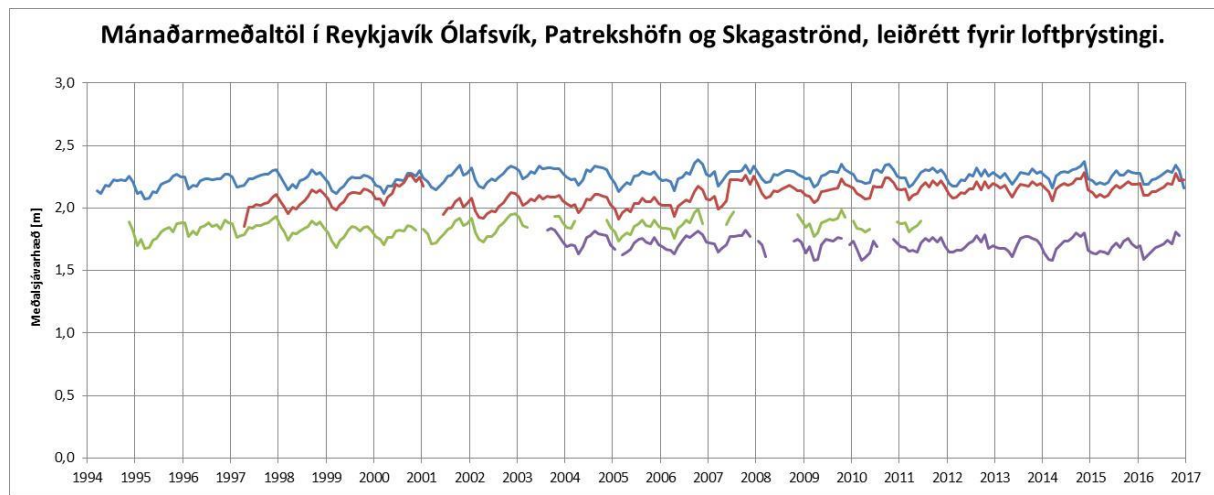
<http://www.psmsl.org/products/trends/methods.php>

Á heimasíðu PSMSL má finna tvær mismunandi tölur um sjávarborðshækkun í Reykjavík, 2,35 +- 0,43 mm á ári og 2,21 +-0,44 mm á ári fyrir Reykjavík 1957 til og með 2015, kvörðun fyrir Reykjavík frá 1994 vantar þó í þessa tölu. Ekki er ljóst af hverju þessi mismunur stafar.

<http://www.psmsl.org/products/trends/trends.txt>

## 1.10 Reykjavíkurfloðmælir sem viðmiðun til leiðréttinga og viðmiðunar á öðrum mælum

Á mynd 7 eru sýnd mánaðarmeðaltöl mælinga í Reykjavík, Ólafsvík, Patrekshöfn og Skagaströnd. Mælingar hafa verið leiðréttar gagnvart loftþrýstingi og hliðrað í hæð til að auðvelda samanburð.



**Mynd 7 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga í Reykjavík blá, Ólafsvík rauð, Patrekshöfn græn og Skagaströnd fjólublá. Mælingar hafa verið leiðréttar gagnvart loftþrýstingi og hliðrað í hæð.**

Sjá má að mælingar falla vel saman og hvert ár hefur sitt útlit sem er eins í megindrattum á öllum stöðunum. Líklega vegur meðalloftþrýstingur hvers mánaðar mest í útliti ferils hvers árs. Auðvelt er að sjá frávik milli staða, t.d. í Ólafsvíkurmælingu. Ástæða þess að mælingar eru svo líkar er að ekki er langt á milli staða og aðstæður í hafi og lofthjúp eru svipaðar. Þetta er oft notað ef færa þarf hæðarmælingar og sjávarföll yfir á nýjan stað þar sem litlar (stuttar) sjávarhæðamælingar hafa farið fram. Þá eru mælingar á nýja staðnum bornar saman við viðmiðunarstað þar sem langar mælingar eru fyrir hendi. Viðmiðunarstaður þarf að hafa a.m.k. 19 ára samfelldar mælingar þar sem meðalsjávarborð hefur verið reiknað sem meðaltal af öllum klukkutímagildum í 19 ár. Í Reykjavík var þetta gildi, MSH, ákvarðað sem +2,2494 m með tímann 2004,6 sem var miðjutíminn á 19 ára viðmiðunartímabili (ISH2004). Líking í mynd 3 gefur +2,2549 m fyrir árið 2004,6 Til að reikna meðalsjávarborð á nýjum stað eða öllu heldur að leiðréttu mælingu á nýjum stað er notuð aðferð sem lýst er í heimild (7), svokölluð „Modified Range Ratio Method“. Líkingin er eftirfarandi:

$$MTL_b = MTL_a + (1/N) \sum \{ (Mtl_b (i) - Mtl_a (i)) \} \quad i = 1 \text{ to } N$$

Þar sem  $MTL_b$  er leiðrétt meðalsjávarfallahæð (mean tide level), á nýjum stað og  $MTL_a$  er á viðmiðunarstað.  $Mtl_a$  og  $Mtl_b$  eru eitt eða fleiri mánaðarmeðaltöl meðalsjávarfallahæðar á viðmiðunarstað og leiðréttingarstað. Þessa líkingu má einfalda og setja MSH (meðalsjávarhæð) í stað MTL þá fæst:

$$MSH_b = MSH_a + (Mmt_b - Mmt_a) \quad \text{eða} \quad MSH_b = Mmt_b + (MSH_a - Mmt_a)$$

Þar sem  $MSH_b$  er meðalsjávarhæð á nýjum stað,  $MSH_a$  er meðalsjávarhæð á viðmiðunarstað (Reykjavík),  $Mmt_a$  og  $Mmt_b$  er eitt eða fleiri mánaðarmeðaltöl á viðmiðunarstað og nýjum stað.

### 1.11 Sjávarfallastuðlar

Reiknaðir voru sjávarfallastuðlar fyrir tímabilið 1999 til 2017. Tafla 4 sýnir helstu sjávarfallastuðla fyrir tímabilin 1999 til 2017 og 1956 til 1989 (1).

Reykjavíkurhöfn stuðlar 1999-2017			1956-1989	
stuðlar	fasi	útslag	fasi	útslag
heiti	deg	m	deg	m
Z0	-	2,2494	-	2,1820
M2	182,5735	1,3164	183,4	1,3128
S2	221,1404	0,5150	220,0	0,5141
K2	208,0853	0,1421	218,4	0,1457
N2	160,7892	0,2575	161,4	0,2571
O1	74,784	0,0678	65,1	0,0680

**Tafla 4 Sjávarfallastuðlar fyrir Reykjavíkurhöfn.**

Sjávarföll reiknuð út frá sjávarfallastuðlum 1999 til 2017 eru sýnd í töflu 5.

Sjávarföll í Reykjavík	
	m
MSTSFL	4,130
MSMFL	2,958
MSH	2,157
MSMFJ	1,355
MSSTFJ	0,183
KORTANÚLL	0,000

**Tafla 5 Sjávarföll í Reykjavík reiknuð út frá stuðlum 1999-2017.**

### 1.12 Helstu niðurstöður fyrir Reykjavík

- Gögn eru til frá 1956 til 2017. Þetta eru einu langtíma sjávarborðsmælingar á Íslandi.
- Kvarðanir hafa verið gerðar alltof sjaldan og óvissa er hvernig best er að kvarða mælinn frá 1994. Valið var að hækka mælingar línulega um +20 mm 1994 í +28 mm í lok árs 2016.
- Sjávarborðshækkun miðað við land er 2,4 +/- 0,2 mm á ári, öll gögn.
- Afstæð sjávarborðshækkun er óbreytt frá skýrslu 1991 (1), 2,4 mm á ári
- Sjávarfallastuðlagreining gefur svipaðar niðurstöður og fékkst í skýrslu 1991 (1).
- Setja þarf einn til tvo hæðarbolta til að tryggja hæðarviðmiðun Sjómælinga Íslands við Ægisgötu 7.
- Huga þyrfti að því að setja upp nýjan / annan mæli sem væri auðveldari í kvörðun og rekstri.



## 2 Sjávarborðsmælingar í Ólafsvíkurhöfn

### 2.1 Inngangur

Mælingar hófust 10. apríl 1997 þegar veðurstöð ásamt flóðmæli var sett upp. Veðurtölvan var sett upp í hafnarvigtinni í Ólafsvík en veðurstöðin var sett á ljósamastur skammt frá flóðmælinum sem var komið fyrir á vegg Norðurbakka. Tenging var á milli með símavír og var mælingum safnað í veðurtölvunni og einnig á Siglingastofnun. 20. ágúst 2014 er mælitölvan lögð niður þegar MogT ehf taka að sér söfnun mælinga og dreifingu á internetinu. Einnig tóku þeir disk úr mælitölvu til geymslu og þar fengust bestu möguleg mæligögn. Landmælingar Íslands kvörðuðu mælinn árin 2000 og 2008.

Allmikil vinna var að fara yfir mæligögnin, mikið var af stuttum eyðum og að því er virtist seinkunum í klukku flóðmælis. Allar eyður voru lagfærðar með því að brúa þær með spágögnum. Við úrvinnslu kom í ljós að bryggjan eða flóðmælir sígur töluvert á árunum 1997-2000 og hraðvirkt sig virðist eiga sér stað í maí til júní árið 2007. Ekki er vitað um framkvæmdir á hafnarsvæðinu sem gætu haft áhrif á mælingarnar en mælafesting hefur verið endurnýjuð einu sinni.

### 2.2 Sjávarborðsmælingar

Tafla 6 sýnir heimtur eftir yfirferð og lagfæringar á gögnum.

1997	72,7%	2007	99%
1998	100%	2008	98,9%
1999	100%	2009	92,8%
2000	93,2% mælir líklega að bila	2010	100%
2001	62%	2011	99%
2002	100%	2012	100%
2003	98,5%	2013	100%
2004	100%	2014	100%
2005	99,2%	2015	100%
2006	100%	2016	100%

**Tafla 6 Heimtur fyrir hvert ár úr Ólafsvíkurmæli.**

### 2.3 Þekktar kvarðanir og flutningur

Mælingar hefjast 10. apríl 1997.

Mælistuðlar í Campbell hafa verið óbreyttir frá upphafi: hliðrun = -5,754 og hallatala = 0,4993.

**Kvörðun 26. september 2000:** miðað við OLBB:  $-6,4084 + 0,97234 \cdot \text{aflestur mælis}$ .

**Kvörðun 20. ágúst 2008:** miðað við OLBB:  $-6,2911 + 0,974 \cdot \text{aflestur mælis}$ .

OLHB 1,3450m yfir OLBB

Þ.e. ef OLBB er 6,2911m yfir núllpunkti flóðmælis. Þá er OLHB 7,6361m yfir núllp. Mælis.

OLHB er í hæð 7,59m í hafnarkerfi svo mælir er í koda -0,0461m í hafnarkerfi.

Kvörðun í hafnarkerfi er því  $-0,0461 + 0,973 \cdot$  aflestur mælis.

Hér er hallatalan nánast sú sama milli kvarðana og mætti nota  $0,973 \cdot$  aflestur. Hæðarviðmiðun er hinsvegar ekki sú sama og munar 11,7 cm. Hallamæling milli viðmiðunarpunkta leiddi í ljós að þeir hafa ekki sigið innbyrðis. Hér er því úr vöndu að ráða, ekki er vitað hver skýringin er. Þó er vitað að skipt er um nema 11. Júní 2001 og gap er í mælingum frá 23. Janúar til 11. Júní 2001. Einnig er áberandi stökk í mælingum í maí 2007 sem gæti stafað af breytingu í mælafestingu. Líklegast er að rek hafi verið komið í skynjara fyrir skipti og líklegt er að mælingar séu ónákvæmar frá apríl 2000 og jafnvel eftir mitt ár 1998. Það vantar kvörðun eftir 2008 svo að í raun er bara ein kvörðun til, sem er frá 2008, um 7 árum eftir að nýr skynjari er settur. Þó er hallatala ágætlega skilgreind með tveim kvörðunum. Hæðarviðmiðun frá 2008 er þá notuð á öll gögn og gefur hún kvörðunina:  $-0,0461 + 0,973 \cdot$  aflestur mælis, og er þá miðað við að hæðarbolti ofan á ljóshúsi (OLHB) sé í +7,59m í hafnarkerfi.

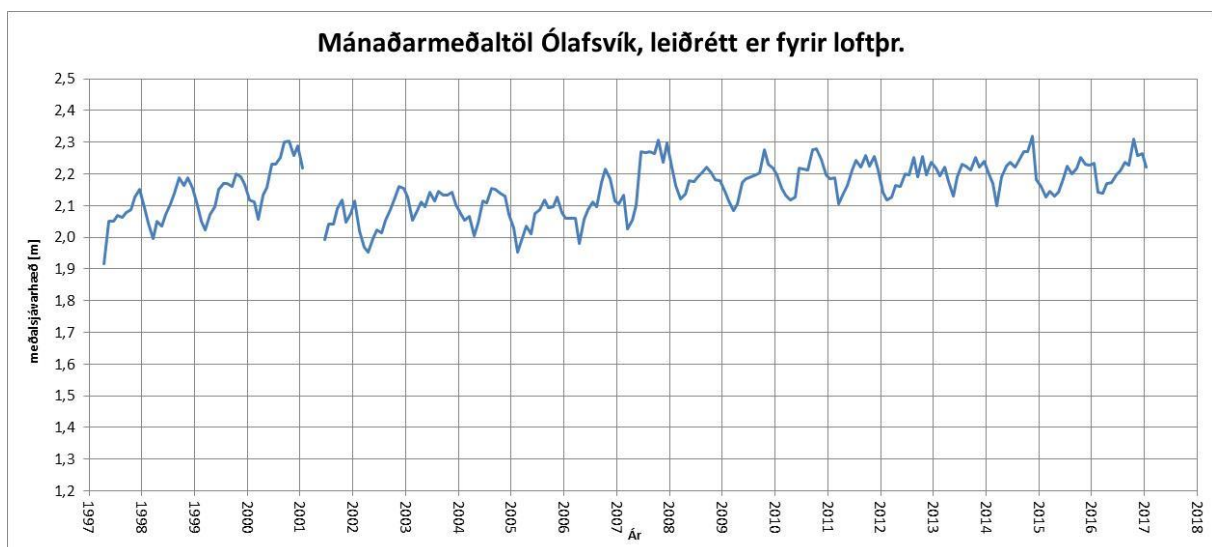
## 2.4 Viðhald mælis

Skipt er um nema 11. júní 2001.

Vitað er að festing skynjara hefur verið endurnýjuð en ekki er vitað hvenær.

## 2.5 Sjávarborðsbreytingar

Fundin voru mánaðarmeðaltöl og eru þau sýnd í mynd 8. Líklegast er komið drift í mæli árið 2000 þegar kvörðun er gerð og líklega frá upphafi.



### **Mynd 8 Yfirlit yfir mælingar í Ólafsvíkurhöfn, mánaðarmeðaltöl.**

Mynd 8 sýnir mánaðarmeðaltöl. Mælingar frá 1997 til 2001 eru ótrúverðugar. Mikið stökk kemur í mæli um mitt ár 2007, hugsanlega er mælifesting endurnýjuð þá og nemi fer ekki í sömu hæð og áður. Kvörðunin árið 2000 er gerð þegar mælir er kominn í rek. Því er einungis ein kvörðun til og var hún notuð á öll gögn.

Mynd 9 sýnir mánaðarmeðaltöl í Ólafsvík leiðrétt með mælingum í Reykjavík.



**Mynd 9 Ólafsvík leiðrétt miðað við Reykjavík.**

Tímabilið frá 2008 til 2017 var skoðað nánar en það er eina tímabilið með rétttri kvörðun. Mynd 10 sýnir mánaðarmeðaltöl frá árinu 2008 leiðrétt miðað við loftþrýsting. Gögn ná einungis til um 9 ára en þyrftu að ná 19 árum til að fá áreiðanlegt meðalsjárvarborð.



**Mynd 10 Meðalsjárvarborð í Ólafsvík leiðrétt miðað við loftþrýsting, meðalsjárvarborð 2008 til 2017 er um 2,2m.**

Mynd 11 sýnir Mælingar í Ólafsvík leiðréttar miðað við Reykjavík.



*Mynd 11 Ólafsvík leiðrétt miðað við Reykjavík.*

## 2.6 Sjávarföll og hæðir fyrir Ólafsvík

Gögn frá ágúst 2014 til febrúar 2017 voru greind í stuðla og sjávarföll reiknuð.

Þar sem kvarðaðar mælingar eru ekki til fyrir árið 2004 var meðalsjárvarborð árið 2004,6 fengið úr mælingum í Ólafsvík 2008 til 2017, leiðréttum miðað við Reykjavík, og reiknað aftur til ársins 2004,6 og fékkst +2,146 m. Niðurstöður eru sýnd í töflum 7 og 8.

<b>Sjávarfallastuðlar</b>		
heiti	fasi	útslag
	deg	m
M2	197,9	1,274
S2	234	0,495
K2	240	0,139
N2	176,5	0,252
O1	69,7	0,074

*Tafla 7 Sjávarfallastuðlar fyrir Ólafsvík.*

Tafla 8 sýnir sjávarföll í Ólafsvík 2004

<i>Sjávarföll í Ólafsvík</i>				leiðrétt	
				m	m
Meðalstórstraumsflóð	MSTFL	MSH+(M2+S2+K2)		4,054	4,00
Meðalsmástraumsflóð	MSMFL	MSH+(M2-S2)		2,925	2,87
Meðalsjávarhæð	MSH	MSH		2,146	2,10
Meðalsmástraumsfjara	MSMFJ	MSH-(M2-S2)		1,367	1,32
Meðalstórstraumsfjara	MSTFJ	MSH-(M2+S2+K2)		0,238	0,19
	KORTANULL	MSH-(M2+S2+N2+O1)		0,051	0,00
Viðmið, OLHB 7,59m lækkar um 5,1 cm verður 7,539 m					

**Tafla 8 Sjávarföll í Ólafsvík 2004,6**

Þar sem mælingar eru gerðar í hafnarkerfi 1981 með viðmiðun í OLHB í +7,590m, þarf að lækka allar tölur um 0,051 m til að fá nýtt hafnarkerfi (2004,6) og lækkar því viðmið OLHB um 0,051 m miðað við meðalsjávarborð 1981.

Hæðarviðmiðun hafnarinnar er OLHB, bolti í þaki ljósshús á bryggjunni í hæð +7,59 m. Hann fengi hæðina +7,539 m með tíma 2004,6 í nýju hafnarkerfi

Meðalsjávarborð í Ólafsvík á tíma 2004,6 er því +2,146 m (í hafnarkerfi). Í landskerfi ætti það að vera 0,0 m. Til að hæðarsetja hæðarbolta í hugsanlegu landskerfi þarf því lækka hæð þeirra í hafnarkerfi um 2,146 m. Viðmiðun OLHB verður þá 2,146 m neðar eða 5,444 m í landskerfi. VG034650 sem er 25,299 m í hafnarkerfi verður 23,153 m í landskerfi. Í Landshæðarkerfi Íslands, ISH2004, er hann gefinn upp sem 23,108 m, mismunur er 4,5 cm.

Tafla 9 sýnir samanburð á sjávarföllum 1981 og 2004. Dálítil mismunur kemur fram

<i>Ólafsvíkurhöfn</i>		1981	2004
		m	m
Meðalstórstraumsflóð	MSTFL	4,07	4,00
Meðalsmástraumsflóð	MSMFL	2,84	2,87
Meðalsjávarhæð	MSH	2,11	2,10
Meðalsmástraumsfjara	MSMFJ	1,38	1,32
Meðalstórstraumsfjara	MSTFJ	0,15	0,19
KORTANULL		0,00	0,00

**Tafla 9 Sjávarföll í Ólafsvíkurhöfn.**

Tafla 10 sýnir hæðarbolta í Ólafsvík, hæðir í hafnarkerfinu frá 1980, frá árinu 2004,6 og í landshæðakerfi ISH 2004.

<b>Hæðarpunktar í Ólafsvík</b>			
	Hafnark. 1980	Hafnark. 2004,6	ISH 2004
MTG	6,138	6,087	
OLBB	6,245	6,194	
OLHB	7,590	7,539	
VR511	6,265	6,214	4,071
VG034650	25,299	25,248	23,108

**Tafla 10 Hæðarpunktar í Ólafsvík**

Einungis munar um 5 cm á endurreiknuðu hafnarkerfi og því gamla. Mælingar ná einungis frá 2008 og er því ekki er ástæða til breytinga á hæðarsetningu gamla hafnarkerfis.

## 2.7 Helstu niðurstöður fyrir Ólafsvík

- Nothæf og trúleg gögn eru einungis frá 2008 til 2017. Gögn frá 2001 til 2007 eru álitleg en ekki kvörðuð í hæð. Gögn frá 1997 til 2001 sýna mikið samfelld sig mælis allan tímann og eru ótrúverðug.
- Óvarlegt er að draga ályktun um sjávarborðshækkun út frá 10 ára mælingum 2008 til 2017 en þau gefa til kynna um 5mm +/-2mm afstæða sjávarborðshækkun á ári.
- Sjávarfallagreining gefur ekki alveg sömu niðurstöður og 1981
- Viðmiðun í hæð, OLHB, hefur lækkað um 5,1 cm frá síðustu viðmiðun. Ekki er ástæða til að breyta hafnarkerfinu frá 1980.
- Kvarða þarf mæli oftár.

## 3 Sjávarborðsmælingar í Skagastrandarhöfn

### 3.1 Inngangur

Mælingar hófust 1. ágúst 2003 þegar veðurstöð ásamt flóðmæli var sett upp. Veðurtölvan var sett upp á skrifstofu sveitarfélagsins en veðurstöðin var sett á stálþilsbryggju við höfnina. Tenging var á milli með radiómótaldi og var mælingum safnað í veðurtölvunni auk þess sem hægt var að hringja í tölvuna og sækja mæligögn, og var mæligögnum einnig safnað á Siglingastofnum. Eins og á öðrum stöðum var sambandið við Siglingastofnun ekki gallalaust en radiósambandið milli veðurstöðvar og veðurtölvu á Skagaströnd kom heldur ekki vel út, svo gögn sem safnað var á Siglingastofnun voru afar götött. Gögn beint úr mælitölvunni hefðu líklega verið eitthvað betri en mælitölvun fannst ekki þrátt fyrir ítarlega leit, henni hefur sennilega verið fargað eftir að MogT settu upp nýjan búnað og tóku að sér söfnun úr veðurstöðinni í nóvember 2010.

### 3.2 Sjávarborðsmælingar

Eftir yfirferð og lagfæringar á gögnum eru eftirfarandi sjávarfallamælingar til frá Skagaströnd:

2003	42%	2008	36,5%
2004	92,7%	2009	87,9%
2005	89%	2010	54,8% afar götött
2006	97,9%	2011 til 2016	100%
2007	83,5%		

### 3.3 Uppsetning mælis

Veðurstöð var sett upp í júní 2003, notast var við flóðmæli sem Páll Einarsson á Raunvísindastofnun háskólans hafði sett upp. Hugsanlega eru til mæligögn og kvarðanir eldri en 2003 en þau hafa ekki fundist. Aðstaðan fyrir flóðmæli var líklega sett upp um 1996 þegar stálþilið var rekið niður.

### 3.4 Þekktar kvarðanir

Mælistuðlar Campbell mælitölvu: hliðrun = -2,25 hallatala = 0,35 frá 2003.

Einungis ein kvörðun er til en hún var gerð 20. nóvember 2009 af Landmælingum Íslands. Fínhallamælt var milli punkta. Niðurstöður kvörðunar voru:

**20.11.2009**, kvörðun, HB261 er 3,1292 m yfir núllpunkti mælis og hallatala er 0,994

RH9609 er 1,7362 m yfir HB261

HB261 er 3,234 m í hafnarkerfi og RH9609 er 4,970 m

Aðstæður til kvörðunar voru óhagstæðar vegna mikils vinds og ókyrrðar í höfninni og var því fræðileg hallatala skynjara, 1,00 notuð.

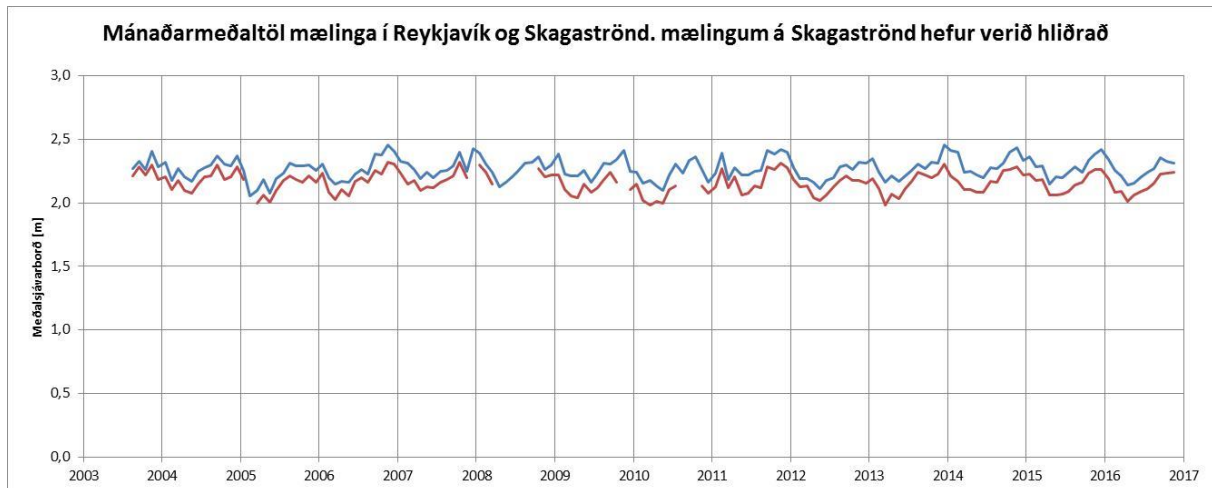
HB261 er 3,234 m. í hafnarkerfi 1977 og er því rétt mæling í hafnarkerfi = 0,1048 +1,00 \* aflestur mælis.

### 3.5 Viðhald nýja mælis

Ekki er vitað til að nokkuð hafi verið gert við flóðhæðarskynjara síðan 2003.

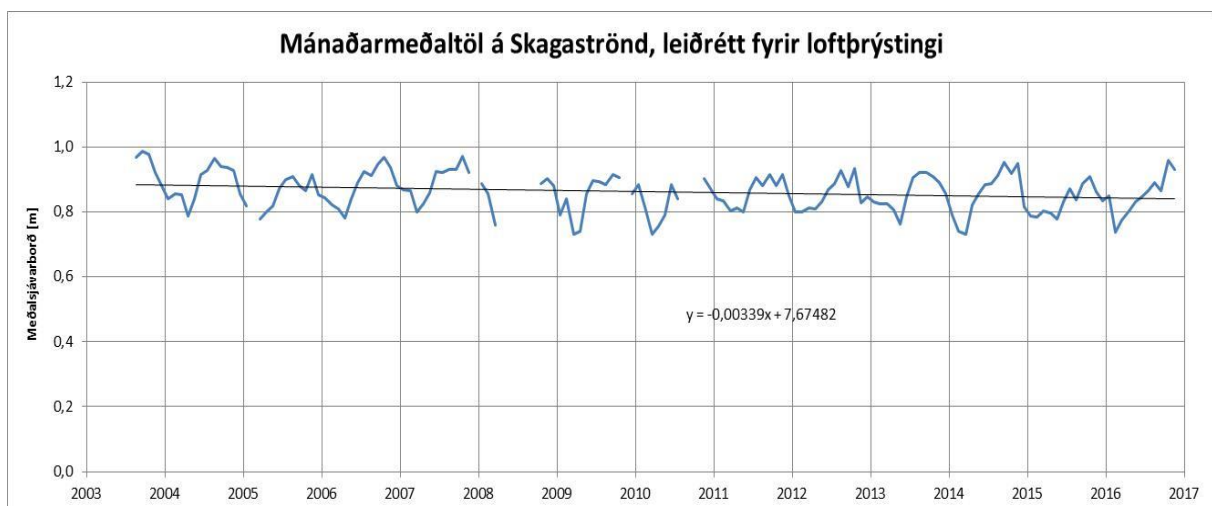
### 3.6 Sjávarborðsbreytingar

Reiknuð voru mánaðarmeðaltöl og þau skoðuð miðað við Reykjavík og loftþrýsting. Mynd 12 sýnir kvörðuð mánaðarmeðaltöl í Reykjavík og Skagaströnd. Meðaltölin fylgjast nokkuð vel að.



**Mynd 12** Mánaðarmeðaltöl í Reykjavík og á Skagaströnd, mælingum á Skagaströnd hefur verið hliðrað til að fá gleggri samanburð.

Mánaðarmeðaltöl voru leiðrétt miðað við loftþrýsting á Skagaströnd og eru sýnd í mynd 13. Land er að rísa miðað við sjó um 3,4mm á ári, 1 staðalfrávik er um 1,2 mm.



**Mynd 13** Mánaðarmeðaltöl gefa til kynna að sjávarborð sé að lækka miðað við land um 3,4 mm á ári.

Mánaðarmeðaltöl voru reiknuð úr þeim gögnum sem voru til og gefa þau til kynna að land eða bryggjan rísi um 3,4 mm +/- 1,2 mm á ári umfram hækkun sjávarborðs.



Mánaðarmeðaltöl leiðrétt miðað við Reykjavík eru sýnd í mynd 14. Land er að rísa miðað við Reykjavík um 3,2 mm á ári, 1 staðalfrávik er 1,3 mm. Líkingin í grafi gefur meðalsjávarhæð miðað við Reykjavík sem 0,860 m fyrir árið 2004,6



**Mynd 14** Mánaðarmeðaltöl á Skagaströnd, leiðrétt miðað við Reykjavík, land er að rísa um 3,2mm á ári miðað við Reykjavík

### 3.7 Sjávarfallstuðlar

Gögn frá nóvember 2010 til 1. desember 2016 voru greind í stuðla og sjávarföll reiknuð. Leiðrétt sjávarborð miðað við Reykjavík er 0,860 m 2004,6 Niðurstöður eru sýnd í töflum 11 og 12.

	fasi	útslag
	deg	m
Z0	-	0,860
M2	294,5	0,482
S2	330	0,155
K2	334,2	0,043
N2	271,3	0,101
O1	63	0,062

**Tafla 11** Sjávarfallstuðlar fyrir Skagaströnd.

Sjávarföll	Skagastrandarhöfn 2010 til 2016	sjávarföll	leiðr
		m	m
MSTSFL	MSH+(M2+S2+K2)	1,540	1,530
MSMFL	MSH+(M2-S2)	1,187	1,177
MSH	MSH	0,860	0,850
MSMFJ	MSH-(M2-S2)	0,533	0,523
MSTSFJ	MSH-(M2+S2+K2)	0,180	0,170
KORTANÚLL	MSH-(M2+S2+N2+O1+0,05)	0,010	0,000
	viðmiðun lækkar um [m]	0,010	

**Tafla 12 Útreikningur sjávarfalla á Skagaströnd. Lækka þarf viðmiðun um 1,0 cm.**

Ath. Þegar sjávarföll voru ákvörðuð 1977 var setur 5 cm öryggisstuðull á kortanúll.

Tafla 13 sýnir sjávarföll 1977 og 2004,6 ekki er marktækur munur.

sjávarföll	Skagasrtr. 1977	Skagastr. 2004,6
	m	m
MSTSFL	1,52	1,53
MSMFL	1,19	1,18
MSH	0,85	0,85
MSMFJ	0,52	0,52
MSTSFJ	0,18	0,17
KORTANÚLL	0,00	0,00

**Tafla 13 Sjávarföll á Skagaströnd 2004,6 og 1977, ekki er marktækur munur.**

Meðalsjárvarhæð, leiðrétt m.v. Reykjavík er 0,860 m 2004,6

Greining sjávarfalla gefur nánast sömu niðurstöður og 1977 og hæð á viðmiðunarpunkti HB261 í hafnarkerfi hefur lækkað um 10 mm frá 1977 sem er varla marktækt.

Til að umreikna hæðarpunkta úr hafnarkerfi í hugsanlegt landskerfi eru þeir lækkaðir sem nemur meðalsjárvarborði í hafnarkerfi 2004,6 (0,86 m) HB261 verður því 2,374 m í landskerfi og RH9609 verður 4,110 m í landskerfi.

RH9609 fær hæðina 4,088 m í ISH2004 (8) mismunur er 0,022m

Tafla 14 sýnir hæðarpunkta á Skagaströnd.

Hæðarpunktar á Skagaströnd			
	Hafnark 1977	Hafnark 2004,6	Landskerfi 2004,6
HB261	3,234	3,224	2,374
HB262	3,467	3,457	2,607
RH9609	4,970	4,960	4,110

**Tafla 14 hæðarpunktar á Skagaströnd.**

### 3.8 Helstu niðurstöður fyrir Skagaströnd

- Nothæf og trúleg gögn eru til frá 2003 til 2017. Gögn frá 2003 til 2011 eru ákaflega götótt. Hugsanlega má brúa þau að einhverju leiti.
- Mælingar 2003 til 2017 benda til þess að land hækki miðað við sjó sem nemur allt að 3,4 mm +/- 1,3 mm á ári.
- Sjávarfallagreining gefur svipaðar niðurstöður og 1977
- Viðmiðun í hæð, HB261 í hafnarkerfi hefur lækkað um 1 cm frá síðustu viðmiðun. Ekki er ástæða til að breyta hafnarkerfinu frá 1977.
- Kvarða þarf mæli oftár.

## 4 Sjávarborðsmælingar í Patreksfjarðarhöfn

### 4.1 Inngangur

Mælingar eru til frá 1. október 1994 til 6. september 2011. Veðurtölvan var sett upp í hafnarvigt og flóðmælir á enda stálpils. Tenging var á milli með símavír og var mælingum safnað í veðurtölvunni auk þess sem hægt var að hringja í tölvuna og sækja mæligögn. Mæligögnum var einnig safnað á Siglingastofnun en þau reyndust mjög götött. Eftir nokkra leit fannst gamla veðurtölvan og voru gögn frá henni notuð en þau reyndust einnig allmikið gölluð. Á seinni hluta ársins 2011 er rekstri mælisins hætt vegna sífelldra bilana.

### 4.2 Sjávarborðsmælingar

Farið var yfir gögn, ár fyrir ár, og mælingar bornar saman við sjávarfallaspá. Fyrstu 4 árin voru allgóð en þegar fór að líða á tímann kom í ljós tímafrávik miðað við sjávarfallaspá. Reynt var að hliðra mælingum eftir því sem kostur var en greinilegt var að miklum erfiðleikum hefur verið bundið að halda tímasetningu tölvunnar réttum. Einnig var allmikið um bilanir í vind og hitaskynjurum. Í lok árs 2011 er sjávarfallamælir hættur að sýna trúleg gildi. Stöðin er þó í gangi þar til í lok árs 2013 þegar hún er lögð niður.

Eftir yfirferð og lagfæringar á gögnum eru heimtur frá sjávarfallamælingum sýndar í töflu 15

1994	17,7%	2004	34,0%
1995	99,7%	2005	100%
1996	99,8%	2006	87,7%
1997	100%	2007	18%
1998	95,5%	2008	19,2
1999	97,2%	2009	95,9%
2000	100%	2010	47,6%
2001	99,2%	2011	57,8%
2002	100%	2012	0%
2003	47,0%	2013	0%

**Tafla 15 Heimtur mælinga frá sjávarfallamæli í Patreksfjarðarhöfn.**

### 4.3 Þekktar kvarðanir og flutningur

Mælistuðlar Campbell mælitölvu: hliðrun = -2,81 hallatala = 0,3517 frá upphafi

Einungis ein kvörðun er til en hún var gerð 28. september árið 2000 af Landmælingum Íslands. Fínhallamælt var milli punkta. Niðurstöður kvörðunar voru:

**28.09.2000**, kvörðun, flóðhæð í hafnarkerfi =  $0,00988634 + 1,01774 * \text{aflestur flóðmælis}$

HB93, hæð í hafnarkerfi = +5,281 m

HB92, hæð í hafnarkerfi +5,142 m

PAHB, nýr punktur, fyrir botni hafnarinnar, í hafnarkerfi = +4,491 m

PAHB var GPS mældur frá VR23 sem er 10 km suðaustur af höfninni.

#### 4.4 Viðhald mælis

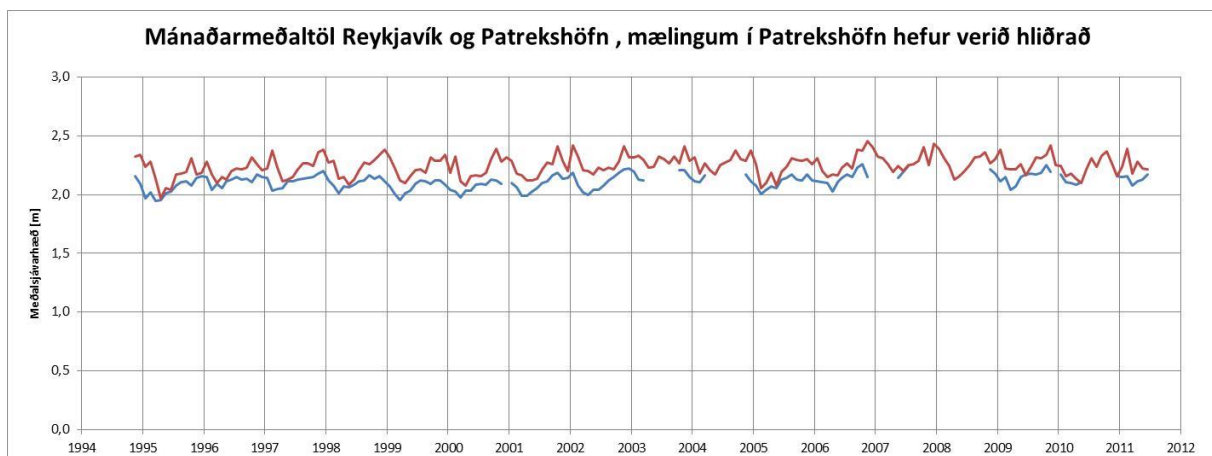
15.07.1998, Kvartað yfir að mæld flóðhæð sé um 40 til 50 metrum of há. Mæliskipun í Campbell var leiðrétt. Villa var í mæliskipun P1 fyrir mælingu á sjávarstöðu1. MUL var 1 en á að vera 0.1 (MogT).

23.10.1999, Sjávarhæðarnemi tekinn upp og mikill gróður hreinsaður úr röri. Hugsanlega komin í hann seinkun vegna tregðu (MogT).

Ekki er vitað til að meira hafi verið gert við flóðhæðarskynjara síðan þá.

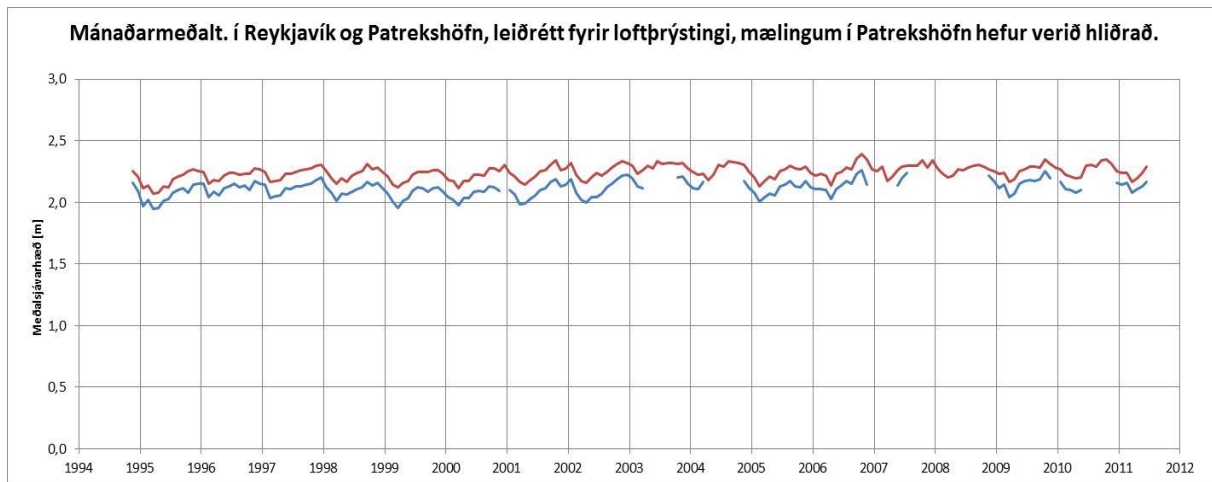
#### 4.5 Sjávarborðsbreytingar

Eftir yfirferð og kvörðun á gögnum voru mánaðarmeðaltölin reiknuð með því að taka meðaltal af öllum 10 mínútna mælingum fyrir hvern mánuð úr röðinni. Mæliröðin nær yfir tæp 17 ár. Mynd 15 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga í Reykjavík og á Patreksfirði, mælingum á Patreksfirði hefur verið hliðrað upp til að fá betri samanburð.

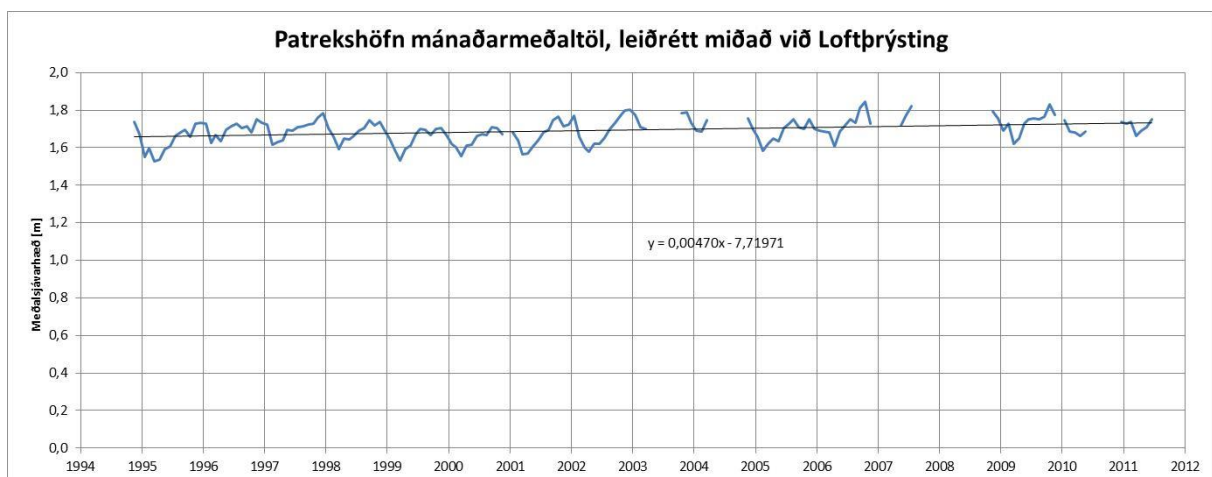


**Mynd 15 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga í Reykjavík og á Patreksfirði, mælingum á Patreksfirði hefur verið hliðrað.**

Ef mánaðarmeðaltöl eru leiðrétt miðað við loftþrýsting á mælistað fylgjast mælingar betur að, það bendir til að loftþrýstingur fylgist ekki að á báðum stöðum, sjá mynd 16.



**Mynd 16 sýnir mánaðarmeðaltöl í Reykjavík og Patrekshöfn leiðrétt miðað við loftþrýsting á mælistað.**



**Mynd 17 sýnir mánaðarmeðaltöl í Patrekshöfn leiðrétt viðað við Reykjavík. Afstæð sjávarborðshækkun er 4.7 mm á ári, eitt staðalfrávik er 1 mm.**

Mynd 17 sýnir mánaðarmeðaltöl í Patrekshöfn leiðrétt viðað við Reykjavík. Líking í grafi gefur meðalsjárvarhæð sem +1,715 m árið 2004,6

Á mynd 18 sést að sjávarborð í Patrekshöfn er að hækka um 1,1 mm á ári miðað við Reykjavík, eitt staðalfrávik er +/- 0,5 mm.



**Mynd 18 sýnir mánaðarmeðaltöl í Patrekshöfn leiðrétt viðáð við Reykjavík.**

## 4.6 Sjávarfallastuðlar

Tímaröðin frá 1994 til og með 2003 var greind í stuðla. Niðurstöður eru sýndar í töflu 16

Patrekshöfn	fasi	útslag
1994-2003	deg	m
Z0	-	1,715
M2	230,7	1,042
S2	263,8	0,392
K2	285,4	0,112
N2	208,9	0,207
O1	80,8	0,061

**Tafla 16 Sjávarfallastuðlar á Patreksfirði.**

Sjávarföll í Patrekshöfn í nýju hafnarkerfi með viðmiðun árið 2004,6 er sýnd í töflu 17. Lækka þar hafnarkerfi frá 1980 um 13 mm.

Sjávarföll	Patrekshöfn 1994 til 2003	sjávarföll mælir	leiðr
		m	m
MSTSFL	MSH+(M2+S2+K2)	3,261	3,248
MSMFL	MSH+(M2-S2)	2,365	2,352
MSH	MSH	1,715	1,702
MSMFJ	MSH-(M2-S2)	1,065	1,052
MSSTFJ	MSH-(M2+S2+K2)	0,169	0,156
KORTANÚLL	MSH-(M2+S2+N2+O1)	0,013	0,000
	viðmiðun þarf að lækka um 13 mm		

**Tafla 17 sjávarföll í Patreksfirði reiknuð út frá sjávarfallastuðlum**

Greining sjávarfalla gefur svipaðar niðurstöður og 1980 og hæð á viðmiðunarpunkti HB92 í hafnarkerfi hefur breyst um 13 mm frá 1980. Dálítil mismunur kemur fram miðað frá 1980, sjá töflu 18.

sjávarföll	Patr.höfn 2004	Patr.höfn 1980
	m	m
MSTSFL	3,25	3,19
MSMFL	2,35	2,29
MSH	1,70	1,67
MSMFJ	1,05	1,05
MSSRFJ	0,16	0,16
KORTANÚLL	0,00	0,00

**Tafla 18 sjávarföll í Patrekshöfn**

Tafla 19 sýnir hæðarbolta sem notaðir voru:

	hafnark 1980
HB92	5,142 m
HB93	5,281 m
PAHB	4,491 m
VR0023	369,575 m

**Tafla 19 Hæðarbolta á Patreksfirði í gamla hafnarkerfi.**

Meðalsjávarborð í Patrekshöfn miðað við Reykjavík er 1,715 m fyrir árið 2004,6

Hæðarbolta í landskerfi eru því 1,715 m lægri í því kerfi.

Tafla 19 sýnir hæðarbolta í mismunandi kerfum.

Hæðarpunktar á patreksfirði			
	Hafnark. 1980	Hafnark. 2004,6	Landskerfi
HB92	5,142 m	5,129	3,427
HB93	5,281 m	5,268	3,566
PAHB	4,491 m	4,478	2,776
VR0023	369,575 m	369,562	367,860

**Tafla 20 sýnir hæðarbolta á Patreksfirði í mismunandi kerfum.**

#### 4.7 Helstu niðurstöður fyrir Patrekshöfn

- Gögn eru til frá lokum ársins 1994 fram á mitt ár 2011. Gögn frá 2003 til 2011 eru þó götött.
- Mælingar benda til þess að sjávarborð hækki miðað við land um allt að 4 mm á ári.
- Sjávarfallgreining gefur svipaðar niðurstöður og 1980
- Viðmiðun í hæð, HB92 hefur lækkað um 13 mm frá síðustu viðmiðun. Ekki er ástæða til að breyta hafnarkerfi frá 1980.
- Endurnýja þyrfti mælistöð og hefja mælingar að nýju.



## 5 Heimildaskrá

1. Ólafur Guðmundsson og Páll Einarsson Raunvísindastofnun Háskólans 1991. Úrvinnsla sjávarfallagagna, sjávarföll og hægfara sjávarborðsbreytingar í Reykjavík.
2. Pugh D. T. UK 1987, Tides, Surges and Mean Sea-Level. Natural Environment Research Council Swindon,
3. Haraldur Ketill Guðjónsson. Hluti BS ritgerðar í Jarðfræði. Jarðvísindadeild Verkfræði og náttúruvísindasvið Háskóli Íslands Reykjavík, Janúar 2014. Sjávarborðsbreytingar í Reykjavík
4. Guðmundur Valsson desember 2010. Kvörðun á Sjávarfallamælum 2008-2009 samanburður við mælingar 2000. Landmælingar Íslands.
5. Rennen, Völksen, The Connection of Icelandic Stationary Tide Gauge to the National Reference Network. Landmælingar Íslands
6. PSMSL, Permanent Service for Mean Sea Level, psmsl.org ,  
<http://www.psmsl.org/data/obtaining/stations/839.php>  
<http://www.psmsl.org/data/obtaining/stations/638.php>
7. NOA Special Publication NOS CO-OPS 2. Computational Techniques For Tidal Datums Handbook. Silver Spring, Maryland September 2003.
8. Landshæðarkerfi Íslands ISH2004. Guðmundur Valsson o.fl. Útgáfa Landmælingar Íslands 2011
9. Dagbækur gamla flóðmælis í Reykjavík, Sjómælingar Íslands.
10. Guðjón Scheving Tryggvason, 2016. Sjávarborðsrannsóknir - Úrvinnsla sjávarborðsmælinga frá Grindavík, Landeyjahöfn og Hornafirði. útgáfa A, júní 2016. Vegagerðin.