

Vatnshiti í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2014-076

Dags: Ágúst 2014

Fjöldi síðna: 46

Upplag: 20

Dreifing:

- ☐ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Vatnshiti í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar

Höfundar/fyrirtæki: Elín Björk Böðvarsdóttir, Egill Axelsson og Hákon Aðalsteinsson

Verkefnisstjóri: Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Gerð er grein vatnshitamælingum Landsvirkjunar og Vatnamælinga (Orkustofnunar og Veðurstofunnar) í Lagarfljóti frá árinu 1995 til og með 2013. Farið er yfir breyttar aðferðir við mælingar og möguleg áhrif þess á samanburð gagnanna. Vatnshiti í fljótinu fyrir og eftir virkjun er borinn saman og rætt um mögulegar orsakir mismunar. Talið er að virkjun gæti hafa valdið um 1 °C lækkun hita innst í fljótinu, en utar um 0,5 °C.

Lykilorð: Hitamælingar, vatnshiti, umhverfisáhrif, Kárahnjúkavirkjun, Fljótsdalsstöð, Lagarfljót, Hafursá, Freysnes, Strönd, Brekka, Lagarfell.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	1
2	Aðferðir.....	2
2.1	Mælingar og úrvinnsla.....	2
2.2	Samanburður á mælistöðum.....	3
2.3	Samanburður á mæliaðferðum	5
3	Niðurstöður	8
3.1	Mælingar árið 2008	8
3.2	Mælingar fyrir virkjun.....	10
3.3	Mælingar eftir virkjun.....	14
3.4	Samanburður fyrir og eftir virkjun.....	18
3.4.1	Hitaskil	18
3.4.2	Tengsl loft- og vatnshita	21
3.5	Ályktanir	22
4	Heimildir	27

1 INNGANGUR

Reglulegar hitamælingar hófust í Lagarfljóti árið 1995, á vegum Orkustofnunar og Landsvirkjunar [1] og héldu síðar áfram á vegum Landsvirkjunar [2]. Jafnframt voru á svipuðum tíma settir niður siritandi vatnshitamælar í helstu ár sem runnu til fljótsins um Fljótsdal. Markmið mælinganna var að safna gögnum um hitaskilyrði í fljótinu áður en til þess yrði veitt vatni af öðrum vatnasviðum, með hliðsjón af áætlunum um veitu frá Jökulsá á Dal.

Gert var ráð fyrir því að sumarhiti í Hálslóni færi vart yfir 6°C þegar best léti, og var m.a. stuðst við beinar mælingar í Þórisvatni frá árinu 1971, þar sem vatnið er rúmlega 100 m djúpt [3]. Mælingar á hita í innrennsli og frárennsli Fljótsdalsstöðvar benda til þess að Hálslón skili af sér 3-4°C vatni til stöðvarinnar yfir sumarið og að frárennslið geti verið um 0,5°C heitara, líklega eftir blöndu frá Fljótsdalsveitu [4]. Mælingar í frárennisskurðinum benda til að frárennislisvatnið hitni fljótt yfir sumarið, en nokkrar stakar hitamælingar eru til þegar það hefur sameinast öðru innrennsli í Lagarfljót.

Í skýrslu Orkustofnunar frá 1998 [1] var sett fram sú tilgáta varðandi hugsanleg áhrif af auknu innrennsli með lægra hitastigi, að það myndi litlu breyta. Talið var að áhrif gætu komið fram innst í fljótinu, en þau yrðu varla meiri en lækkun um 1°C. Í vatni með nærri eins árs meðalviðstöðutíma væru allar líkur á að varmanám vegna áhrifa lofthita og vinda (strauma) réði mestu um hita í fljótinu. Stuðst var við reynslu af hitamælingum og túlkun þeirra í stöðuvötnum víða í heiminum [5] sem og reynslu af hitamælingum í Þingvallavatni [6]. Niðurstöður í skýrslu um mat á umhverfisáhrifum virkjunar [7] voru svipaðar.

Helsta áhyggjuefni varðandi lækkun hita í fljótinu voru hugsanleg áhrif þess á loftslag á Héraði. Samskipti lofts (lofthita) og vatns (vatnshita) fara fram við yfirborð vatnsins og því hefur athyglinni mest verið beint að yfirborðshitunum. Þau samskipti koma þannig fram að lofthitinn hitar yfirborð vatnsins og við það situr nema vindar (vindstraumar) ná að koma varmanum niður. Spurning er því hvort aukið og kaldara innstreymi megni að blanda sér í leikinn. Landsvirkjun styrkir rannsóknir til doktorsnáms við Háskóla Íslands sem bera vinnuheitid *Investigations of the hydrodynamics of Lake Lagarfljót* (nemi Morgane Priet-Mahéo og leiðbeinandi próf. Hrund Andradóttir). Vonast er til að þær rannsóknir varpi meðal annars ljósi á þennan þátt.

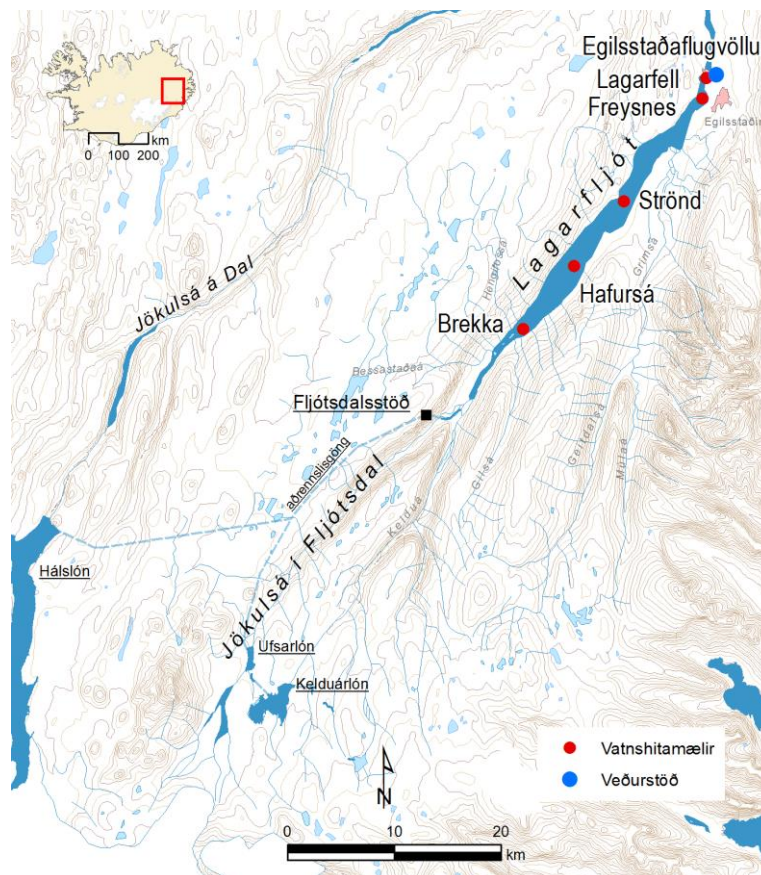
Þegar fjallað verður um vatnshita hér á eftir, án þess að tilgreina dýpi, er átt við vatnshita við yfirborð (1-2 m dýpi). Gögnunum er skipt í tímabil, annars vegar fyrir virkjun og hins vegar eftir. Tímabilið fyrir virkjun nær allt frá upphafi mælinga á hverjum stað til ársloka 2007. Tímabilið eftir virkjun hefst árið 2009 og nær yfir allar yfirfarnar mælingar síðan þá, þ.e. til sumarloka 2013. Árið 2008 er ekki haft með í samanburði þar sem virkjunin var ekki í fullum rekstri allt árið, og litið er á það ár sem aðlögunartímabil.

2 AÐFERÐIR

2.1 Mælingar og úrvinnsla

Í skýrslu Landsvirkjunar frá 2009 [2] kemur fram við hvaða mælingar var að styðjast fram að því að Kárahnjúkavirkjun var tekin í notkun árið 2008. Einnig er farið yfir þær mæliaðferðir sem notaðar voru ásamt lýsingu á hitamælum. Mælingarnar voru líkt og fyrr segir: Síritandi hitamælingar í helstu innrennslisám og í útrennslu Lagarins við Lagarfell (Lagarfljótsbrú), auk reglulegra sniðmælinga frá yfirborði til botns u.þ.b. 10 sinnum á ári frá vori til hausts. Sniðmælingarnar voru annars vegar teknar innarlega á stöð sem kennd er við Hafursá, þar sem fljótið er dýpst, og hins vegar utarlega á stöð sem kennd er við Freysnes, þar sem fljótið nær um 50 m dýpi. Að lokum voru til mælingar við bæinn Brekku, innarlega norðan fljóts, en sumarið 2000 voru settir þar niður síritandi mælar með reglulegu bili frá yfirborði til botns. Fyrstu árin var flökt á hvaða dýpi var mælt, en frá árinu 2003 hefur það haldist stöðugt.

Þar sem samanburður á yfirborðshita við Freysnes og Lagarfljótsbrú gaf til kynna að svo til engu munaði [2; línurit 14, bls. 18] var ákveðið að færa ytri stöðina að Strönd, nokkru innar við fljótið, og leggja niður mælingar við Freysnes. Árið 2009 var komið fyrir síritandi mælum, bæði við Hafursá og Strönd, með reglulegu millibili frá yfirborði (1 m dýpi) til botns. Jafnframt voru áfram teknar þéttari sniðmælingar við Hafursá og Strönd á þeim tíma sem vænta mátti hæsta hita, til að geta staðsett hugsanleg hitaskil nákvæmar. Staðsetningu allra mælistaða má sjá á mynd 1.

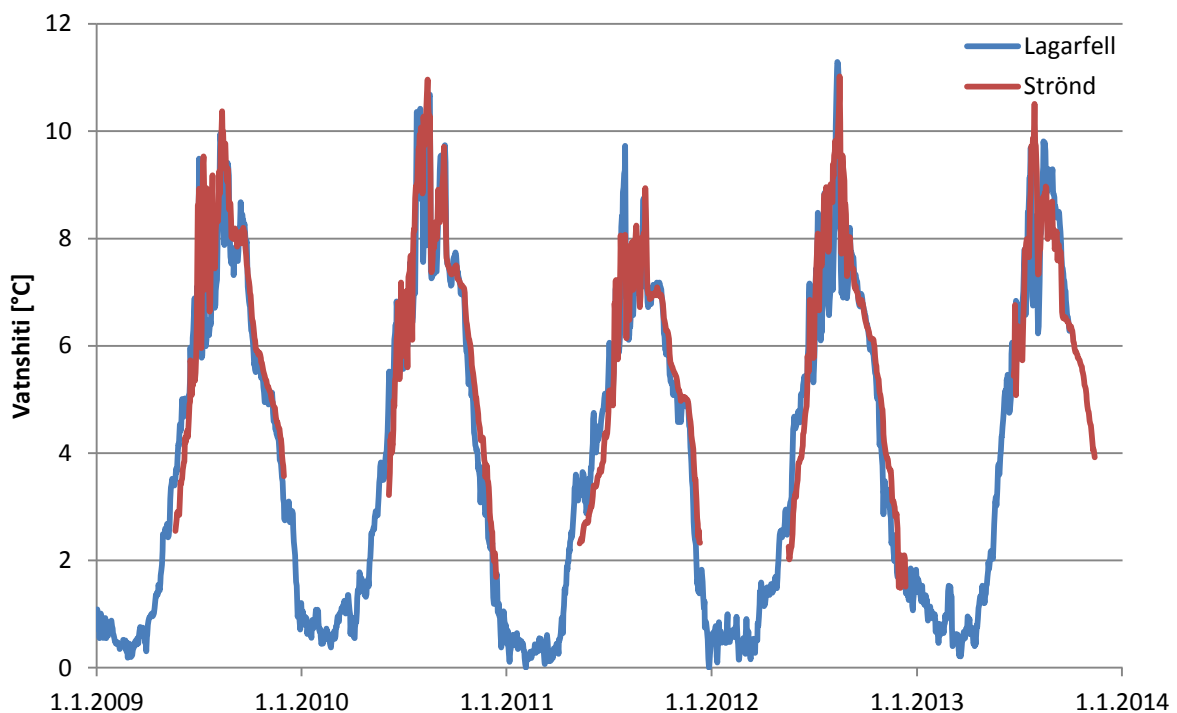


Mynd 1. Staðsetning vatnshitamæla í Lagarfljóti, ásamt veðurstöð við Egilsstaðaflugvöll.

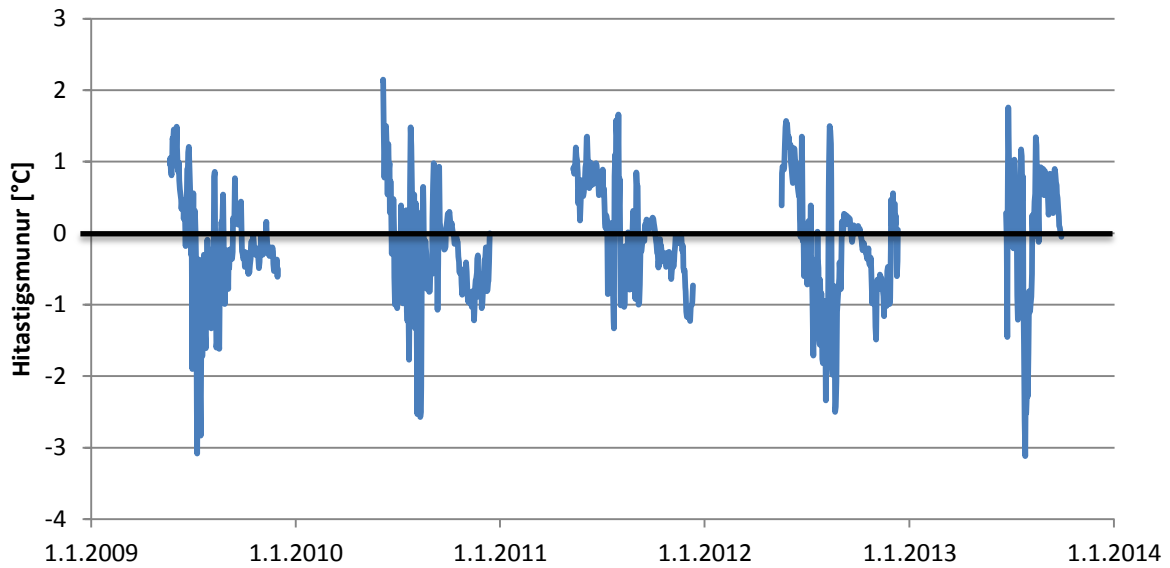
Við greiningu á tengslum lofthita og vatnshita fyrir og eftir virkjun þarf að hafa í huga að yfirborð (þ.e. efsti mælirinn) í síritandi mælingum hefur verið á 1-2 m dýpi. Við úrvinnslu sniðmælinga frá tíma-bílinu fram að virkjun [2] var miðað við mælingu rétt undir yfirborðinu (0 m dýpi). Til þess að tryggja sem best sambærilega úrvinnslu voru tengslin á milli lofthita og vatnshita endurreiknuð þar sem yfirborðshitinn er skilgreindur sem hitinn á 1-2 m dýpi. Það háttarlag fellur einnig betur að samanburði við Lagarfell (Lagarfljótsbrú) þar sem síritandi hitamælir er á um 2 m dýpi. Þó verður að hafa í huga að fljótið grynkar smám saman frá Strönd og Freysnesi að brúnni og þar má því almennt búast við meiri blöndun yfirborðsvatns og vatns dýpra að komið.

2.2 Samanburður á mælistöðum

Sumarið 2009 var ákveðið að flytja mælistöð frá Freysnesi, sem er skammt innan Lagarfljótsbrúar, innar í fljótið að bænum Strönd, þar sem sú staðsetning var talin henta betur til að endurspegla hita-ástand í sjálfu fljótinu. Sú ákvörðun var m.a. byggð á samanburði á stökum mælingum við Freysnes við síritandi mælingar við Lagarfell [2]. Sambærilegan samanburð á mælingum vatnshita við Lagarfell og Strönd má sjá á mynd 2. Svipuð gildi vatnshita fást á báðum mælistöðum en þó er greinanlegur munur, sem nánar má sjá á mynd 3. Samanburðurinn gefur til kynna að í júní þegar mælar voru settir niður við Strönd sé hitinn um 1-2°C hærri við Lagarfell. Aftur á móti snýst þetta við þegar hiti er sem hæstur yfir sumarið, og þá má búast við að hann sé allt að 2,5-3°C hærri við Strönd.

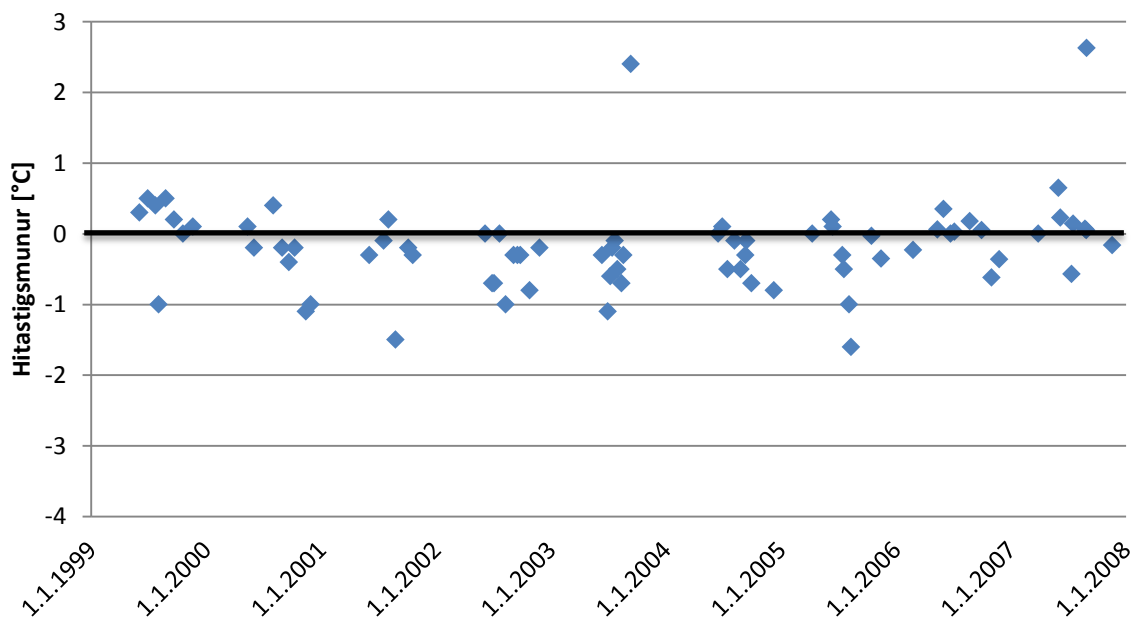


Mynd 2. Samanburður á sumarhita við yfirborð á mælistöð út af Strönd og við Lagarfell 2009-2013.



Mynd 3. Mismunur á hita við Lagarfell og Strönd yfir sumarmánuðina 2009-2013. Jákvæð gildi tákna hærri hita við Lagarfell, en neikvæð gildi við Strönd.

Sambærileg greining var framkvæmd fyrir samband vatnshita við Lagarfell og við Freysnes fyrir virkjun, og má sjá niðurstöður hennar á mynd 4. Munurinn en töluvert minni, er líkt og í samanburði við Strönd er hiti við Lagarfell heldur lægri. Það virðist því vera að vatnið við yfirborð kólni eftir því sem fljótið grynkar og vatnið leitar upp á við í átt að útfallinu. Tvær mælingar eru óvenjulegar, en þær sýna Lagarfell töluvert hærri en Freysnes. Önnur mælingin skýrist af óvenju háum lofthita og hægum vindum í september 2003, en hina (seint í ágúst 2007) er ekki hægt að skýra með veðurfari.



Mynd 4. Mismunur á hita við Lagarfell og Freysnes yfir sumarmánuðina 1999-2007. Jákvæð gildi tákna hærri hita við Lagarfell, en neikvæð gildi við Freysnes.

2.3 Samanburður á mæliaðferðum

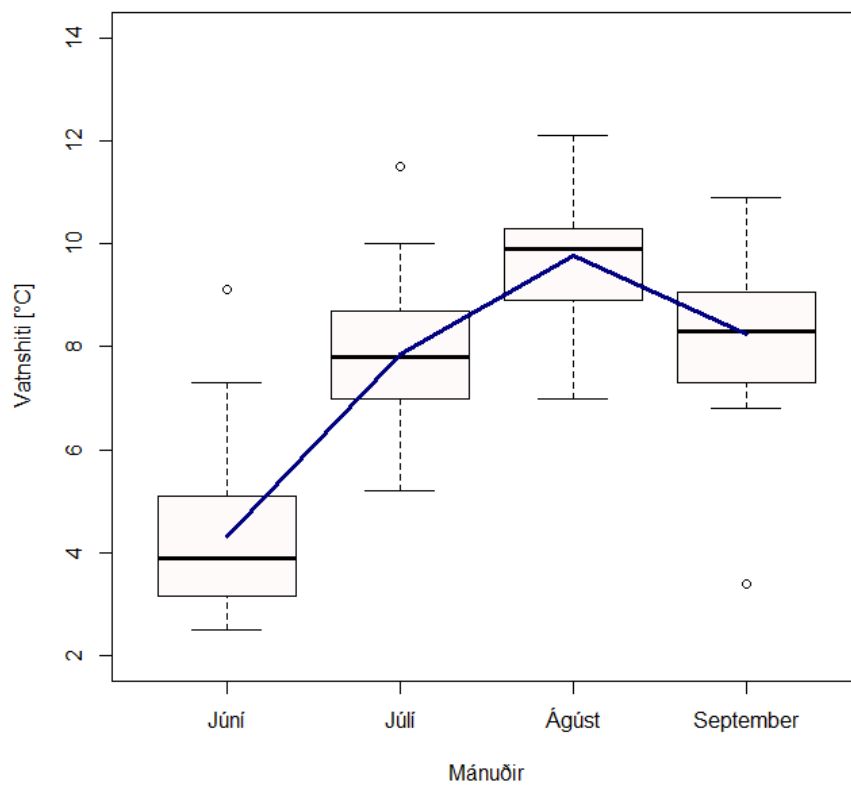
Síritandi sniðmælingar með reglulegu dýptarbili voru ráðandi á tímabilinu eftir virkjun, en stakar mælingar í samfellu frá yfirborði til botns var megin mæliaðferðin fyrir virkjun. Til að taka af allan vafa um samanburðarhæfni þeirra til að meta hitastigul að yfirborði og möguleg hitaskil, voru líkt og áður sagði teknar nokkrar stakar sniðmælingar yfir sumarið. Samanburður þessara mæliaðferða er birtur í viðaukum 1-2 og sýnir að síritandi mælingar á sniðum með 10 m millibili ná að greina hitaskilin með fullnægjandi hætti.

Við Brekku og Lagarfell eru þær mæliaðferðir sem notaðar eru fyrir og eftir virkjun sambærilegar, þ.e. síritandi mælingar, og því hentugar þegar kemur að samanburði á aðstæðum. Við Hafursá er aftur á móti hætt við óvissu í túlkun á mismun mælinga fyrir og eftir virkjun, þar sem eðli gagnanna er mismunandi; annars vegar stakar mælingar og hins vegar samfelldar. Við Freysnes og Strönd voru einnig notaðar ólíkar aðferðir við mælingar, en það er ekki það eina sem hefur áhrif á samanburðarhæfni þeirra. Það var ætlunin að mælistaðurinn við Strönd tæki við af Freysnesi en í ljós kom að eiginleikar þeirra eru ólíkar. Freysnes er talsvert nær úttaki fljótsins (mynd 1). Þetta veldur því að vatnshiti við þessa tvo mælistaði er ekki sambærilegur, en samanburður beggja stöðvanna við samtímamælingar við Lagarfell sýna að hiti við Freysnes og Lagarfell fylgist töluvert betur að heldur en hiti við Strönd og Lagarfell, sem nemur um 1°C (myndir 3-4). Þar af leiðandi er ekki unnt að byggja samanburð á vatnshita fyrir og eftir virkjun á gögnum frá Freysnesi og Strönd.

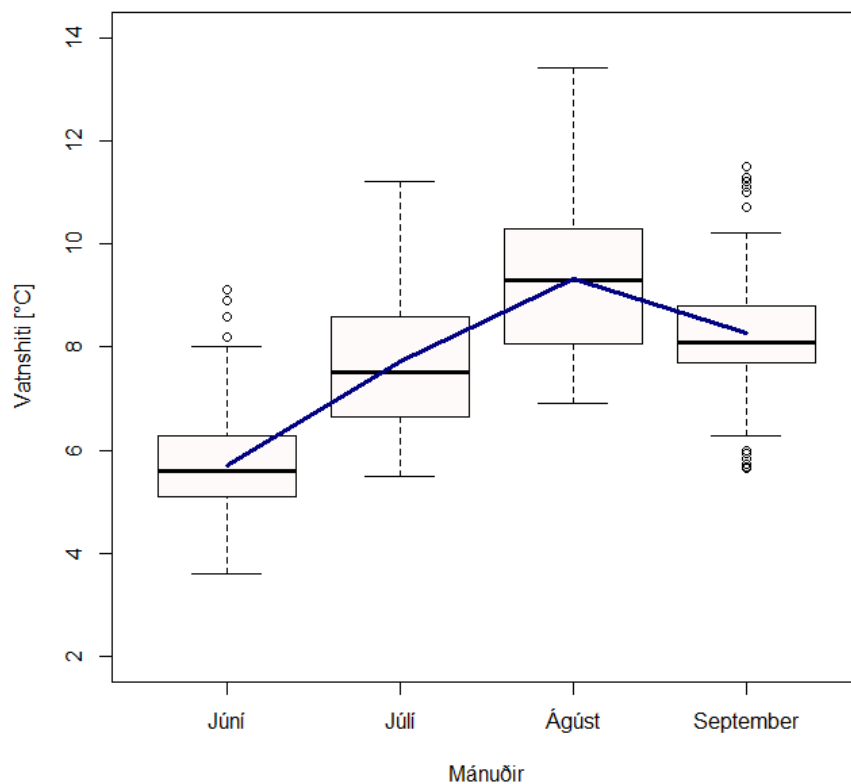
Til þess að bera saman aðstæður fyrir og eftir virkjun óháð fjölda mælinga er notast við breytt kassarit (*e. modified boxplot*). Kassarit (*e. boxplot*) eru gagnleg þegar bera skal saman ólíka hópa, í þessu tilfelli mánuði. Efri og neðri lína kassans tákna fjórðungsmörk (*e. quartiles*), þ.e. 25% af gögnunum eru ofan kassans og 25% af gögnunum neðan hans. Breið lína innan kassans táknar miðgildi (*e. median*) gagnanna, þ.e. helmingur gagnanna er ofan línunnar og helmingur neðan. Línurnar ofan og neðan kassans kallast skegg (*e. whiskers*). Í venjulegum kassaritum tákna þær hæsta og lægsta gildi úrtaksins, en hætta er á að útlagar geti bjagað þá niðurstöðu og því er notast við það sem nefnt er breytt kassarit. Í breyttu kassariti nær skeggið allt að einni og hálfri kassalengd út fyrir kassann, eða að hæsta gildi sem er innan þeirra marka. Ef einhver gildi lenda utan þeirra marka eru þau sett fram sem hringur, sem táknar vægan útlaga, eða stjarna, sem táknar ýktan útlaga. [8]

Við uppsetningu kassarits var annars vegar skoðaður mælistaðurinn við Hafursá, þar sem ólíkar mæliaðferðir eru notaðar, og hins vegar við Lagarfell, þar sem sama mæliaðferð er notuð fyrir allt tímabilið. Gögnunum var skipt í mánuði frá júní til september, því að á því tímabili er vatnshitinn hæstur. Lína sem lýsir meðaltali allra mælinga í viðkomandi mánuði sneiðir í gegnum kassana.

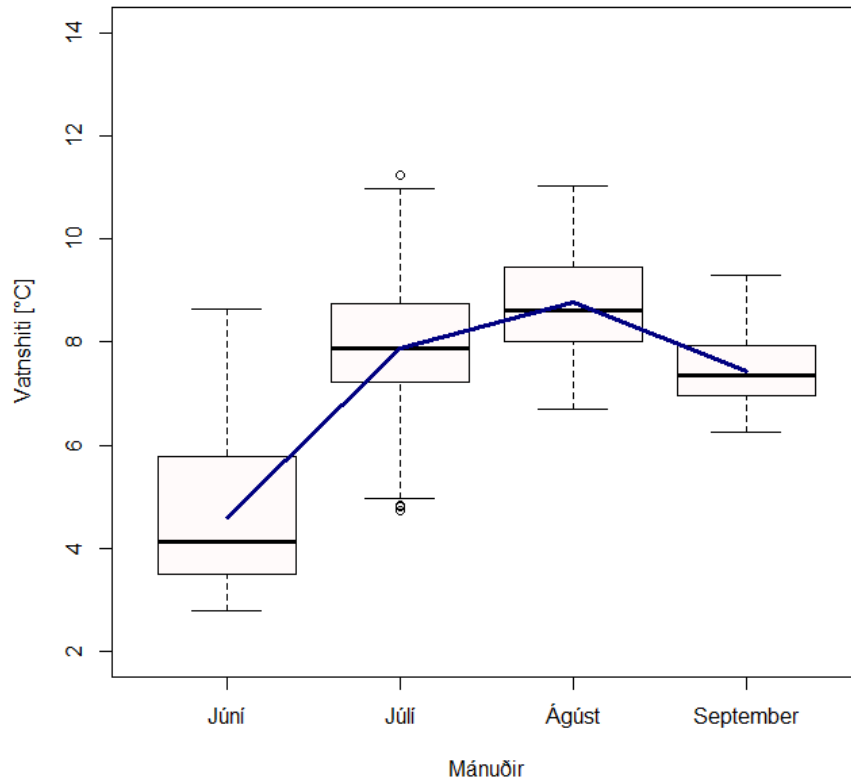
Myndir 5-8 sýna samanburð á vatnshita fyrir og eftir virkjun, annars vegar við Hafursá og hins vegar við Lagarfell. Ef horft er framhjá útlögum sést að niðurstöður beggja mælistaða eru sambærilegar, sem staðfestir að aðferðin er hentug til samanburðar af þessu tagi. Útlagarnir eru aftur á móti ólíkir, en þeir útlagar sem fást þegar aðstæður við Hafursá fyrir virkjun eru skoðaðar eru meira áberandi en aðrir. Þetta er tilkomið vegna eðli gagnanna. Grafið fyrir Hafursá byggir á stökum sniðmælingum og inniheldur þ.a.l. færri mælingar en hin gröfin. Kassaritin eftir virkjun (myndir 7-8) byggja á um 150 mælingum í hverjum mánuði, á meðan kassaritið við Hafursá fyrir virkjun (mynd 5) byggir aðeins á 20-25 mælingum í hverjum mánuði. Möguleiki er á að meðalvatnshiti samkvæmt sniðmælingum í ágúst sé ofmetinn, þar sem mælingar eru teknar þéttar í kringum hæsta hitastig og möguleiki að það bjagi niðurstöðuna.



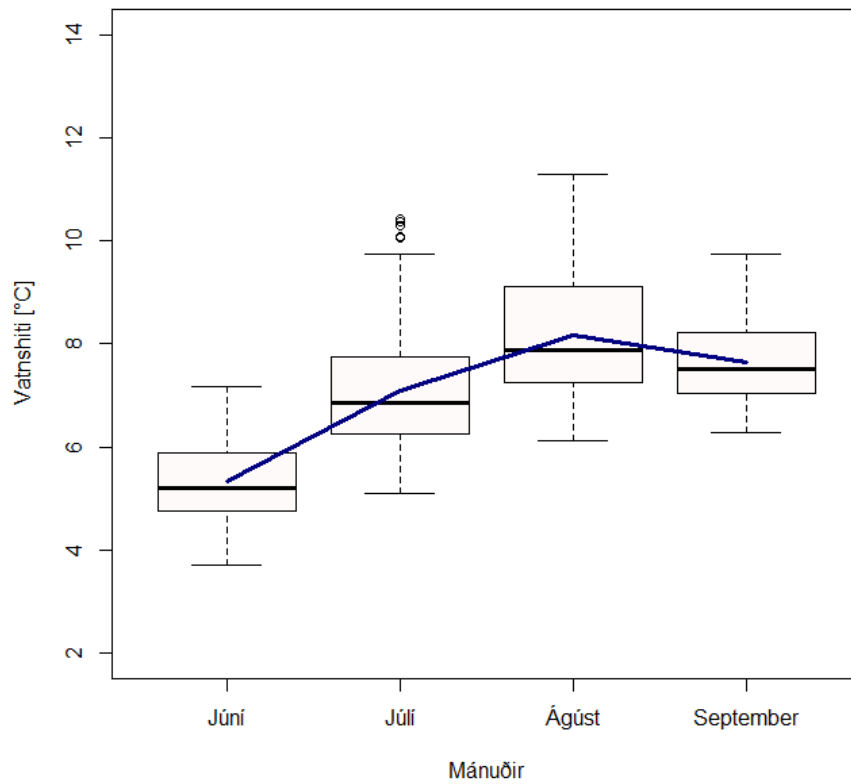
Mynd 5. Kassarit fyrir vatnshita við Hafursá fyrir virkjun, ásamt línu fyrir meðaltal stakra mælinga.



Mynd 6. Kassarit fyrir vatnshita við Lagarfell fyrir virkjun, ásamt línu fyrir meðaltal síritandi mælinga.



Mynd 7. Kassarit fyrir vatnshita við Hafursá eftir virkjun, ásamt línu fyrir meðaltal síritandi mælinga.

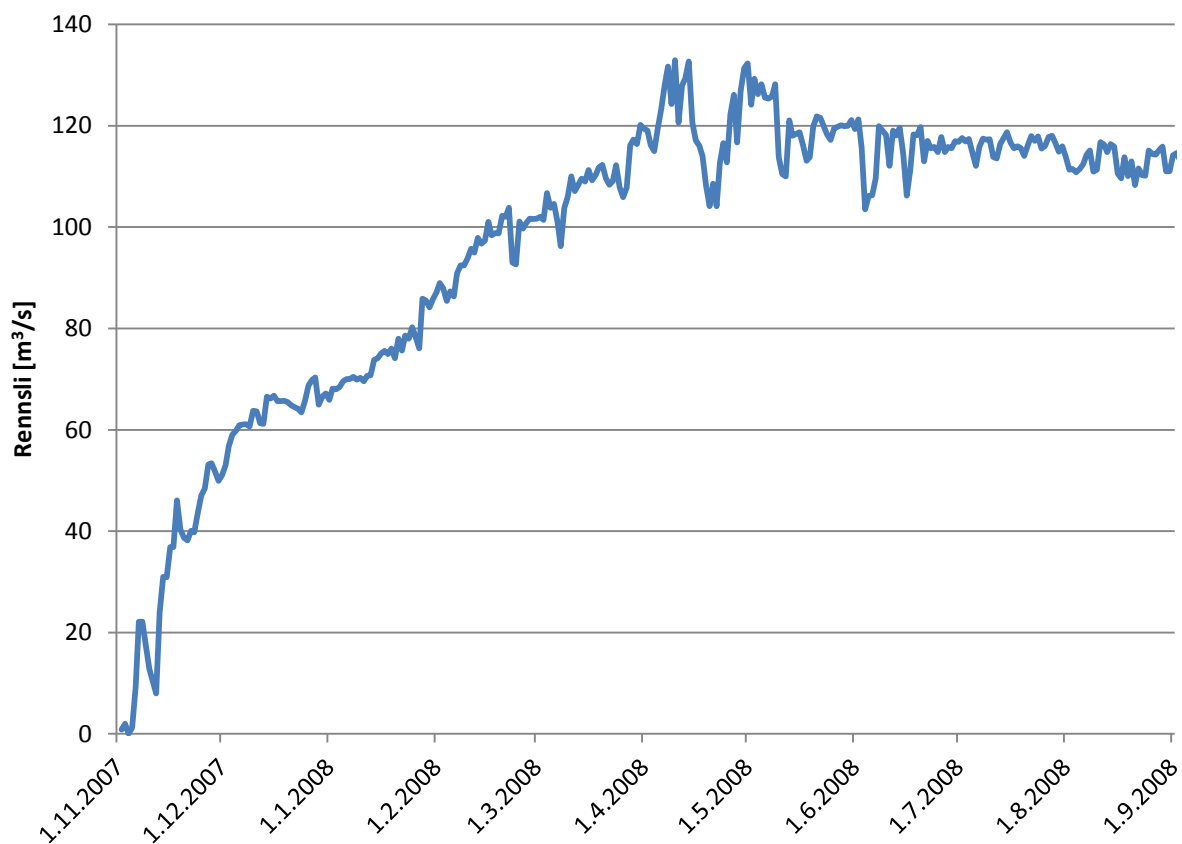


Mynd 8. Kassarit fyrir vatnshita við Lagarfell eftir virkjun, ásamt línu fyrir meðaltal síritandi mælinga.

3 NIÐURSTÖÐUR

3.1 Mælingar árið 2008

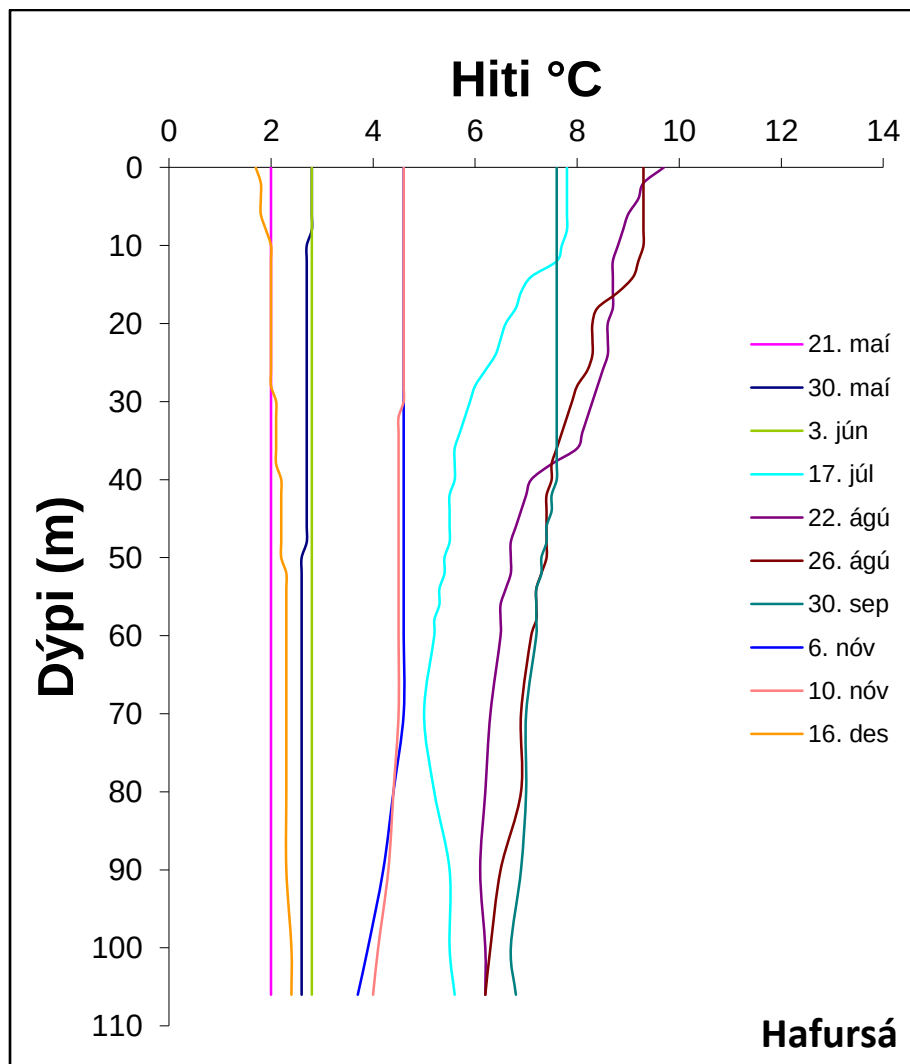
Stökum sniðmælingum á hita var haldið áfram árið 2008 með sama hætti og fyrir virkjun. Það ár var Kárahnjúkavirkjun (Fljótsdalsstöð) tekin í notkun vél eftir vél yfir veturinn og fram á vor. Frá og með apríl má heita að stöðin hafi verið komin í fullan rekstur með vatni frá Jökulsá á Dal um Háslón, en veitan frá Jökulsá í Fljótsdal um Ufsarlón var tekin í notkun í október 2008. Sumarið 2008 bættist því vatn frá Háslóni ofan á náttúrulegt innrennsli í Lagarfljót, en þróun þess má sjá á mynd 9. Af þessum sökum er talið rétt að sleppa mælingum frá 2008 úr samanburði fyrir og eftir virkjun.



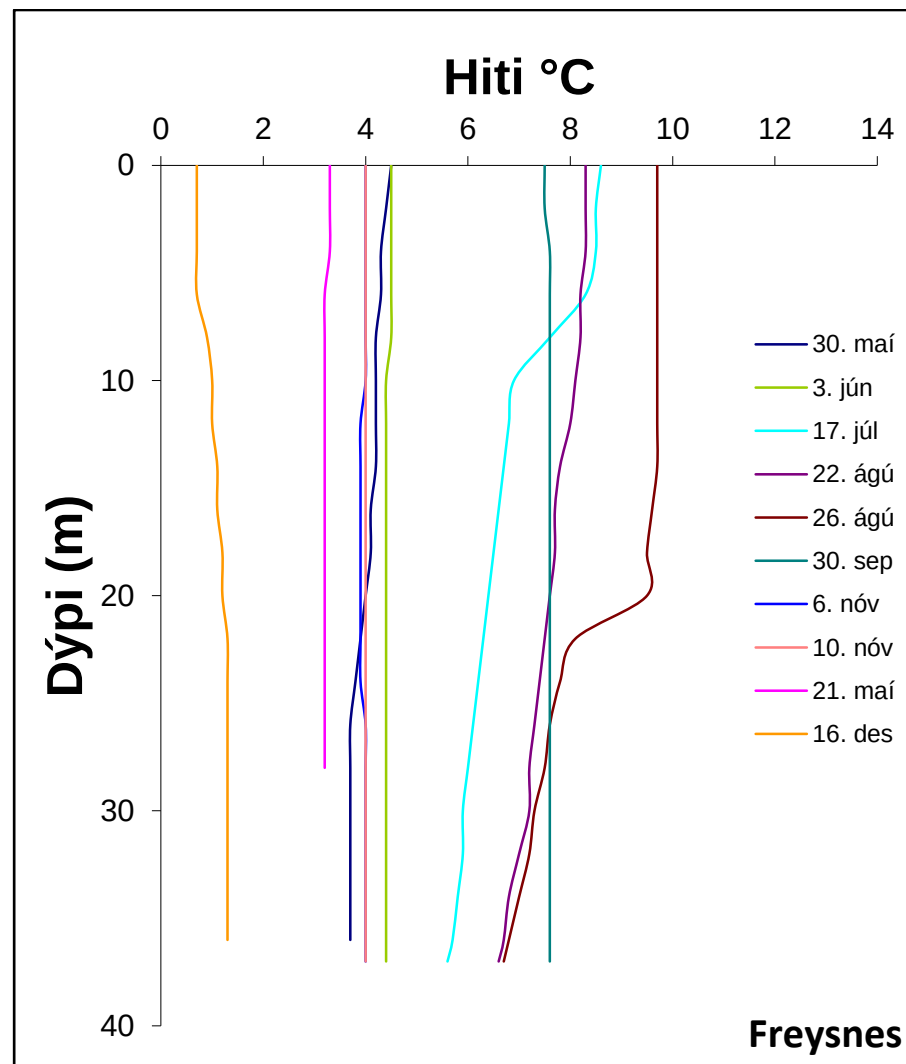
Mynd 9. Frárennsli Fljótsdalsstöðvar við upphaf reksturs 2008.

Þrátt fyrir að ekki sé notast við mælingarnar 2008 í beinum samanburði voru settir upp hitastigsprófílar til að meta hitaskil fyrir árið, líkt og árin áður [2], en þá má sjá á myndum 10-11.

Benda má á að þrátt fyrir að frárennslið frá Fljótsdalsstöð 2008 sé hrein viðbót við náttúrulegt innrennsli til Lagarfljóts, nær hiti við yfirborð 9-10 °C síðari hluta ágústmánaðar við Hafursá.



Mynd 10. Hitaskil við Hafursá árið 2008.



Mynd 11. Hitaskil við Freysnes árið 2008.

3.2 Mælingar fyrir virkjun

Þær mælingar sem stuðst er við fyrir virkjun eru annars vegar síritandi mælingar við Lagarfell og Brekku, og hins vegar stakar sniðmælingar við Hafursá og Freysnes. Nánari upplýsingar um mælingar á hverjum stað fyrir sig má sjá í töflu 1.

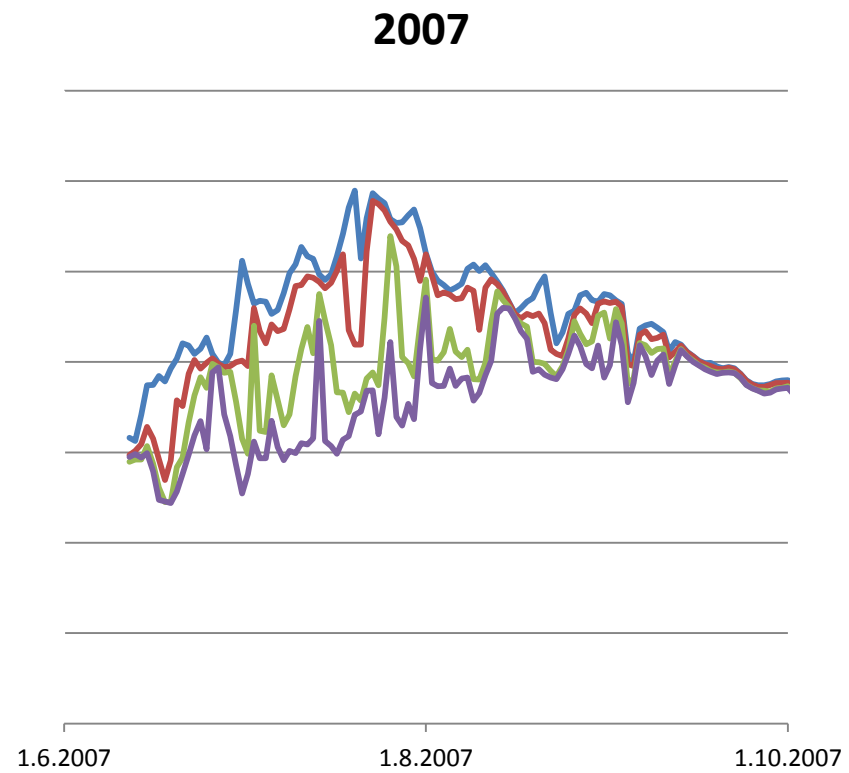
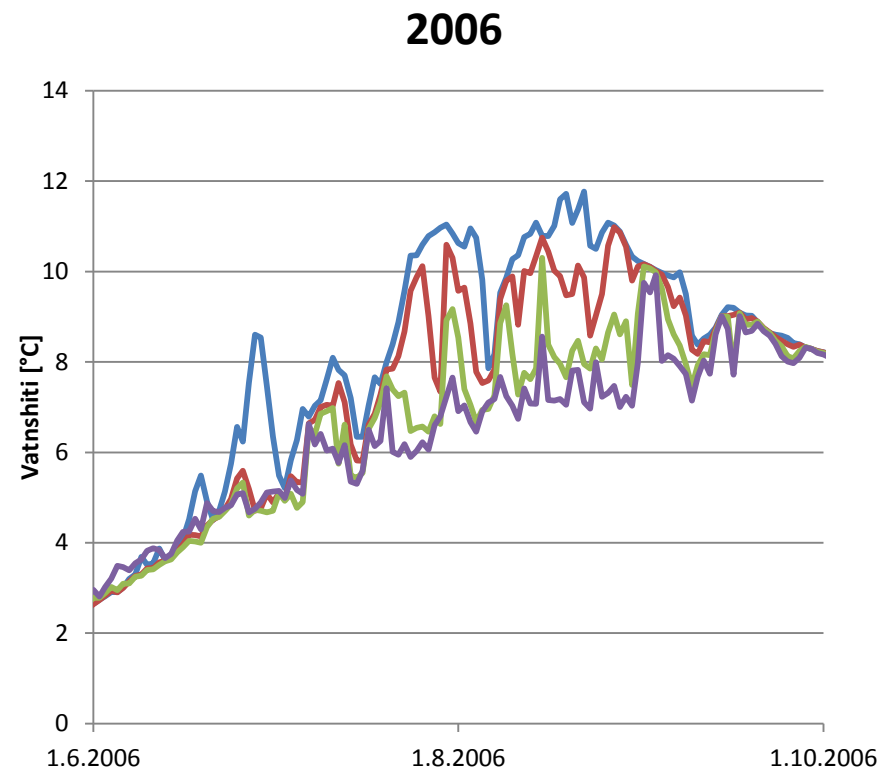
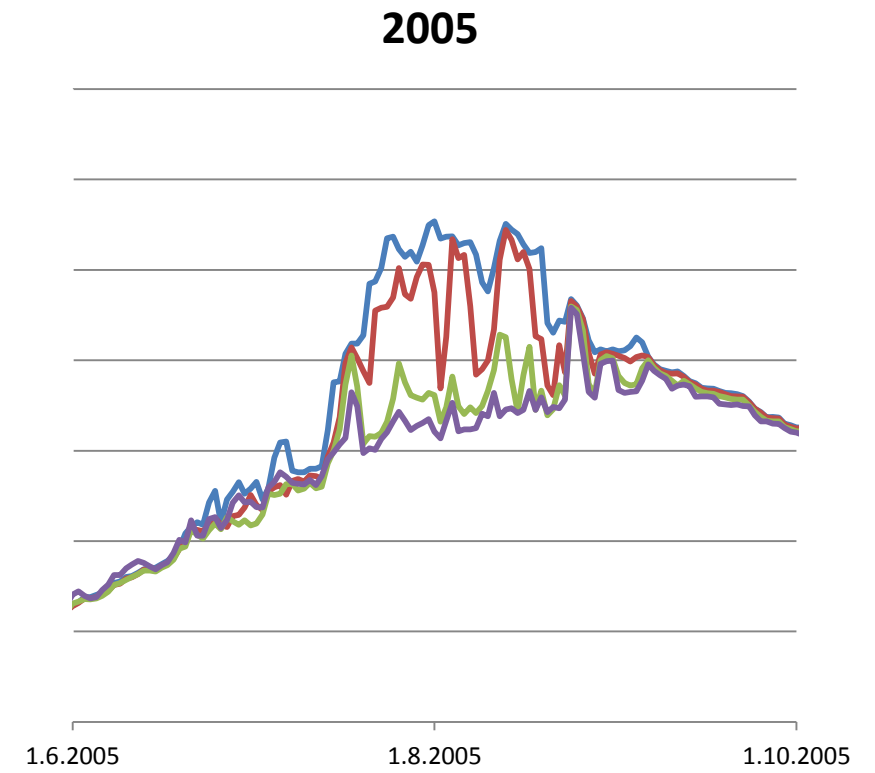
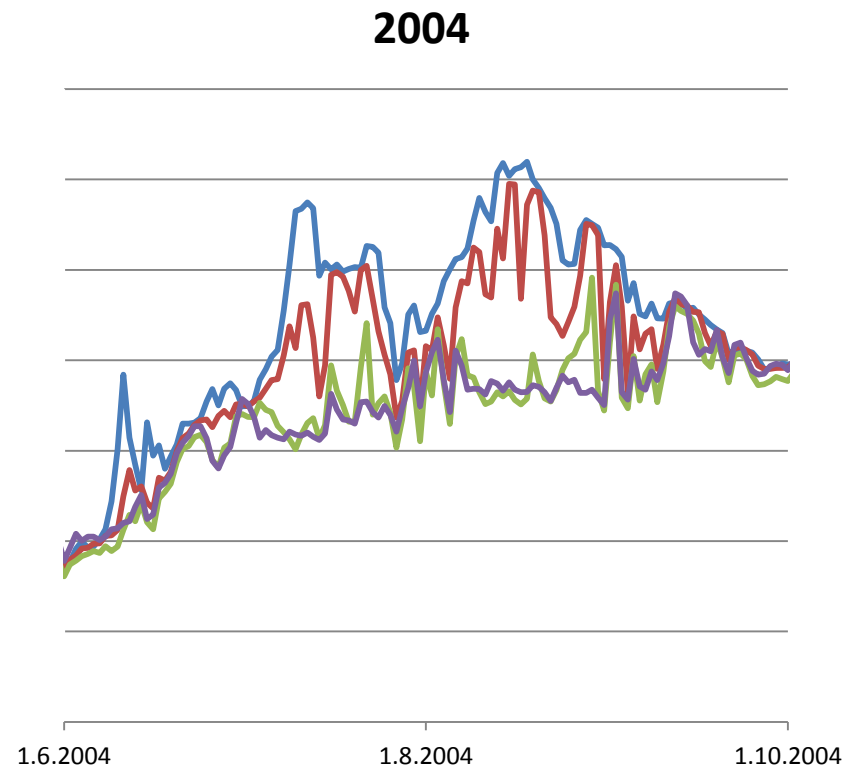
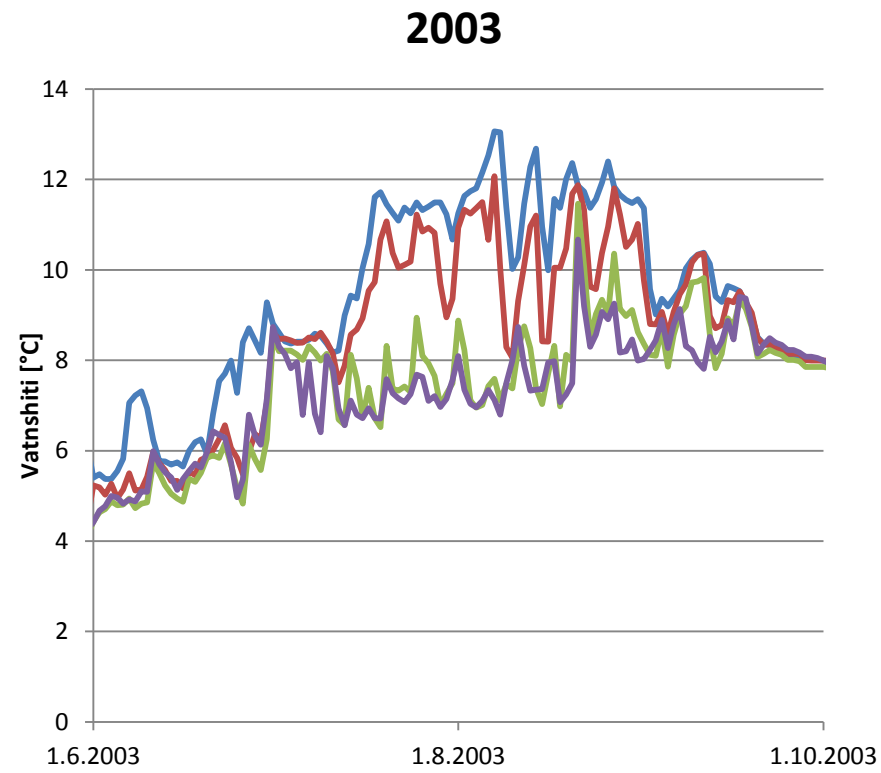
Mælistaður	Tegund	Upphaf	Dýpi	Austurnhit (ÍSN93)	Norðurhit (ÍSN93)
Brekka	Síriti	2000	1,5 m 16 m 31 m 42 m	696.269	515.504
Hafursá	Stakar sniðmælingar	1995	Frá 0 m Til 118 m	701.034	521.403
Freysnes	Stakar sniðmælingar	1995	Frá 0 m Til 48 m	713.057	537.146
Lagarfell	Síriti	1998	2 m	713.447	539.042

Tafla 1. Upplýsingar um mælingar fyrir virkjun.

Á myndum 12-14 má sjá línurit yfir hitastig á mismunandi dýpi við Brekku, Hafursá og Freysnes yfir sumarmánuðina árin 2003-2007. Þar sem línurit við Hafursá og Freysnes byggja á stökum sniðmælingum ætti ekki að lesa of mikið í einstakar mælingar, heldur heildarþróun yfir sumarið. Í skýrslu Landsvirkjunar frá 2009 [2] eru stakar sniðmælingar við Freysnes og Hafursá teknar saman í hitastigsprófíla fyrir hvert ár, en í þeirri skýrslu voru teknar saman vatnshitamælingar á Fljótsdalshéraði fyrir virkjun.

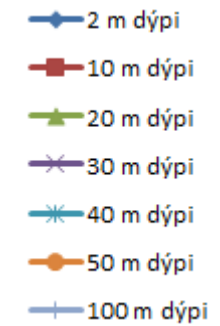
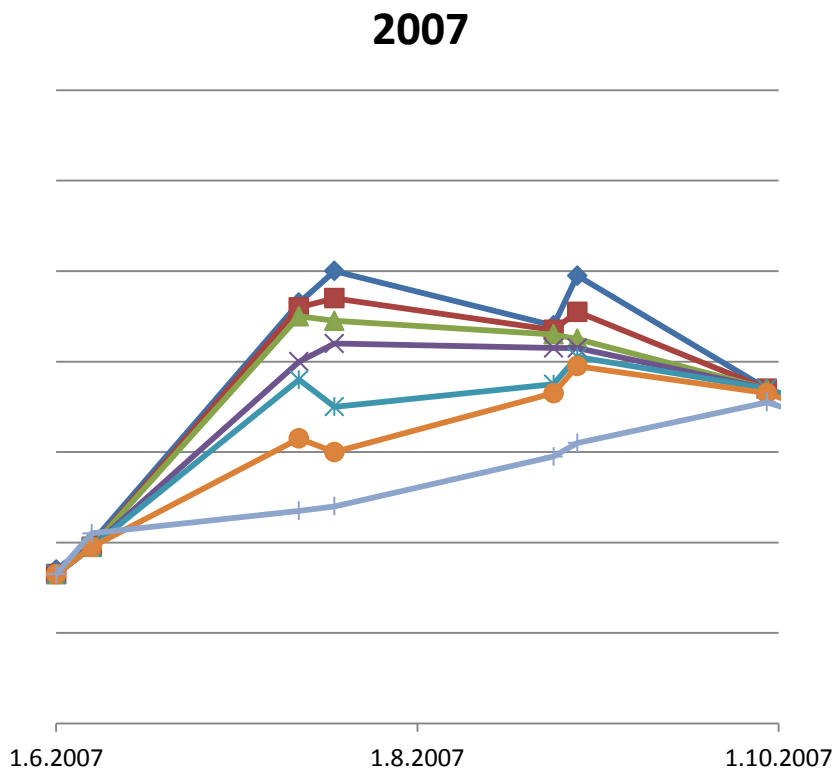
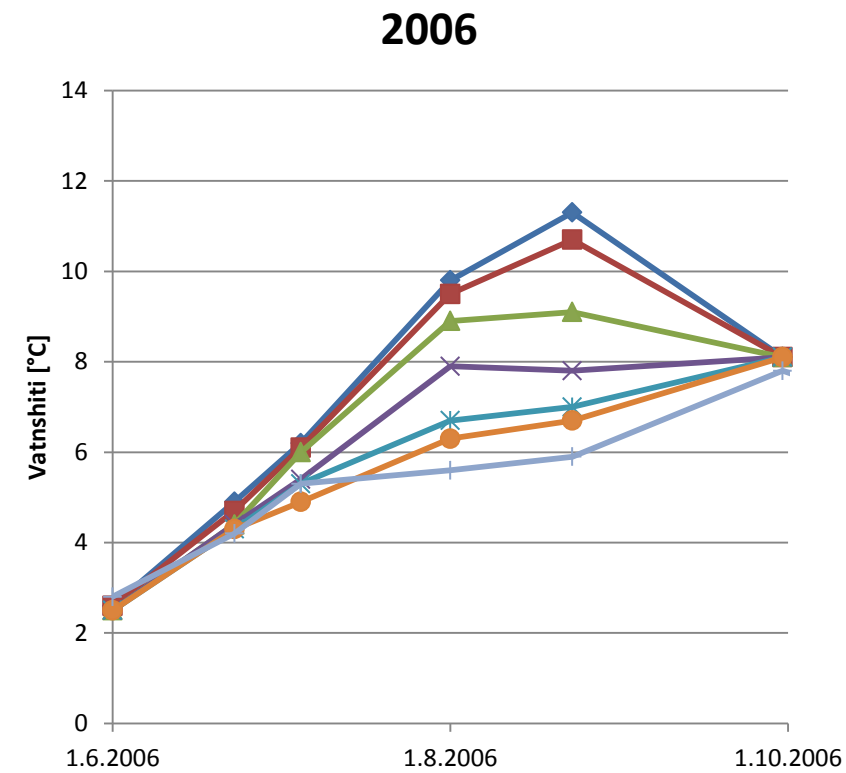
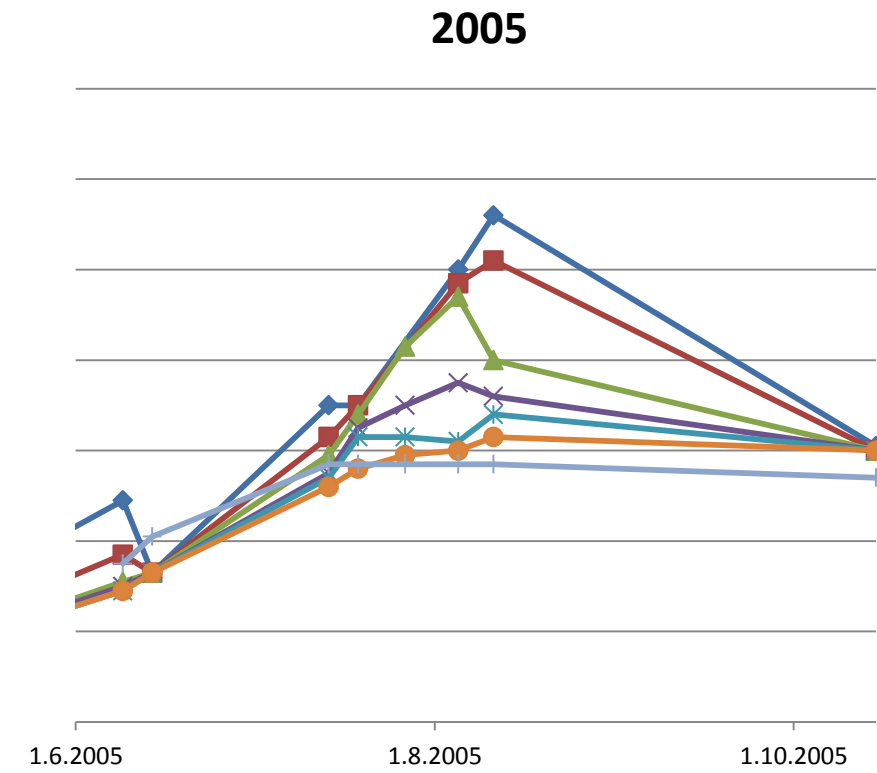
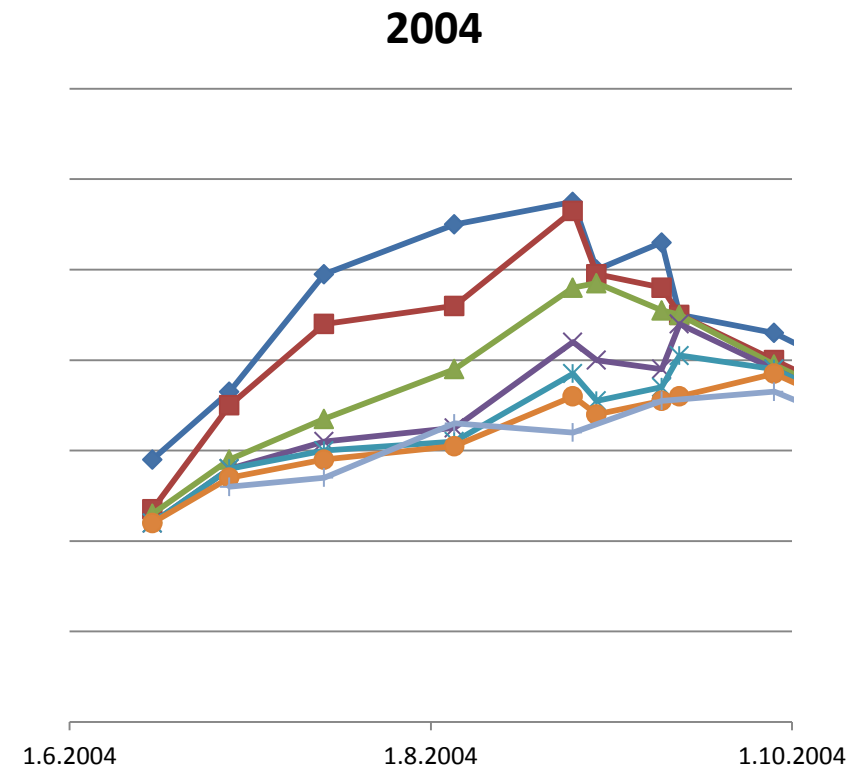
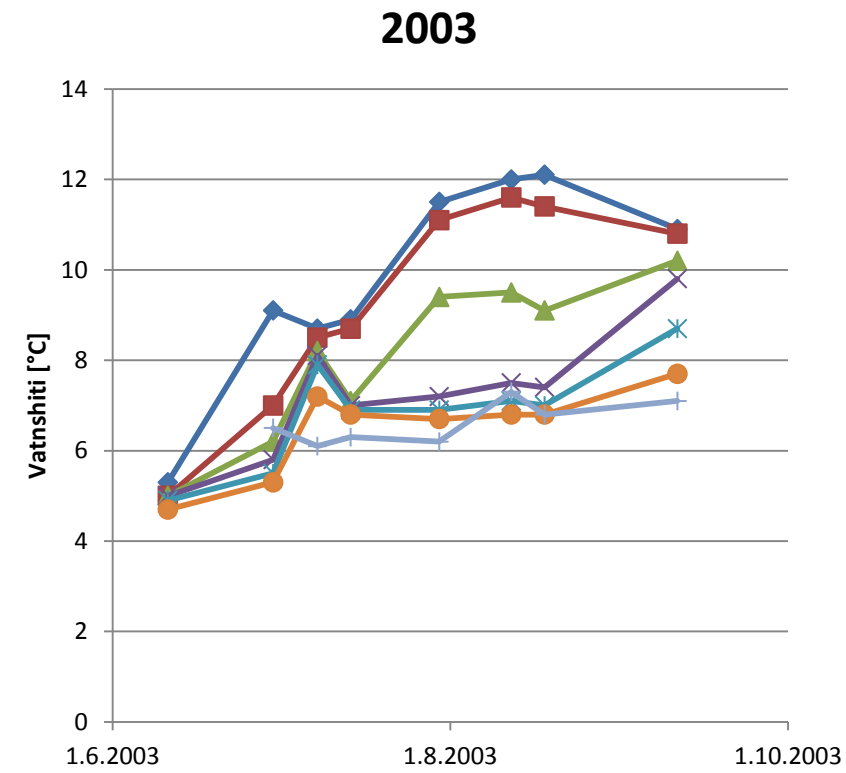
Mælar voru yfirleitt settir niður í júní og um svipað leyti hófust sniðmælingar. Við upphaf mælinga hvert ár er hiti svipaður á mismunandi dýpum, og það er ekki fyrr en hiti fer að nálgast 6°C að skil verða í hita eftir dýpi. Þessi hitaskil milli dýpri og grynri laga vatnsins eyðast aftur í september eða október þegar hitinn er aftur farinn að nálgast 6°C. Sú óregla sem er í hita allt sumarið og sést vel þar sem síritar skrá hitann, kemur eðlilega aðeins að takmörkuðu leyti fram í stöku mælingunum.

Samanburður á gröfunum við Brekku fyrir og eftir virkjun (myndir 12 og 15) sýnir óvenju háan vatnshita við yfirborð flest árin fyrir virkjun, þegar hitinn fer yfir 12°C og rennir sér annars hiklaust upp undir það. Hitinn liggur gjarnan tveimur gráðum lægra flest árin eftir. Þessi munur er ekki eins áberandi í gögnunum frá Hafursá.

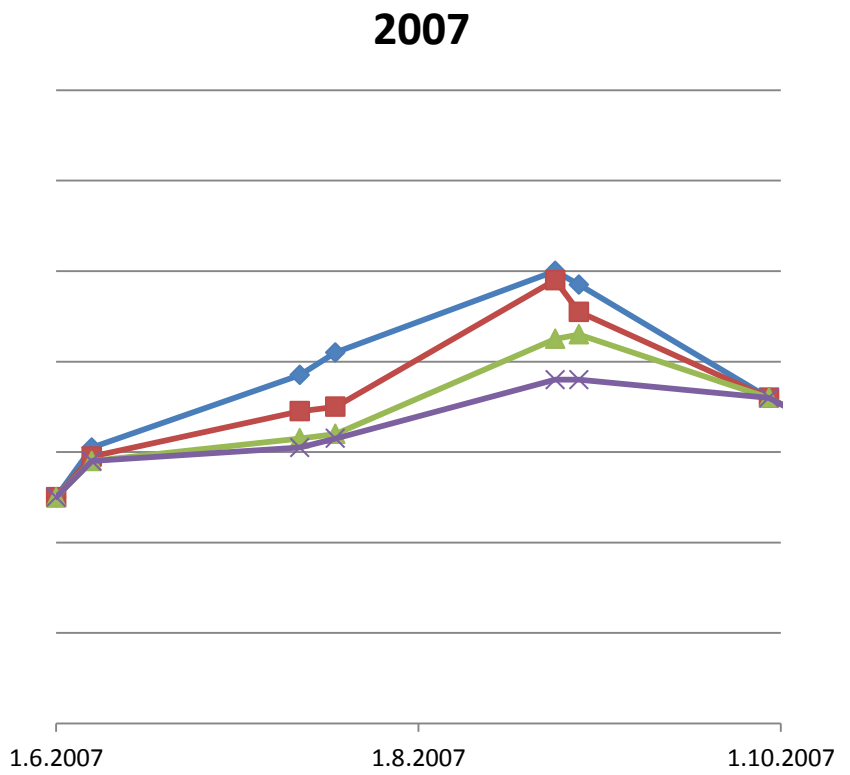
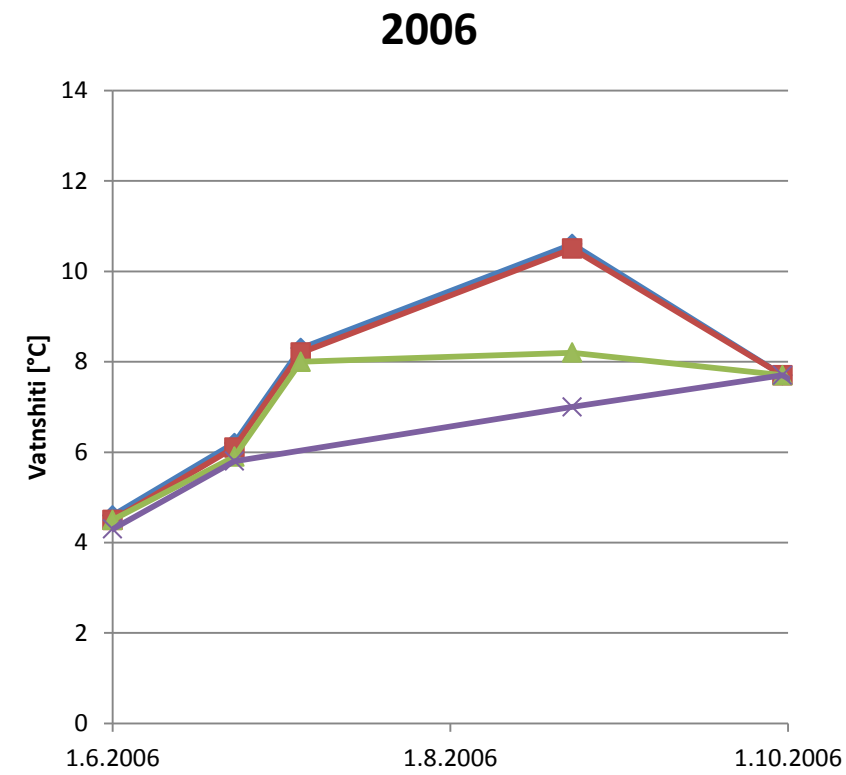
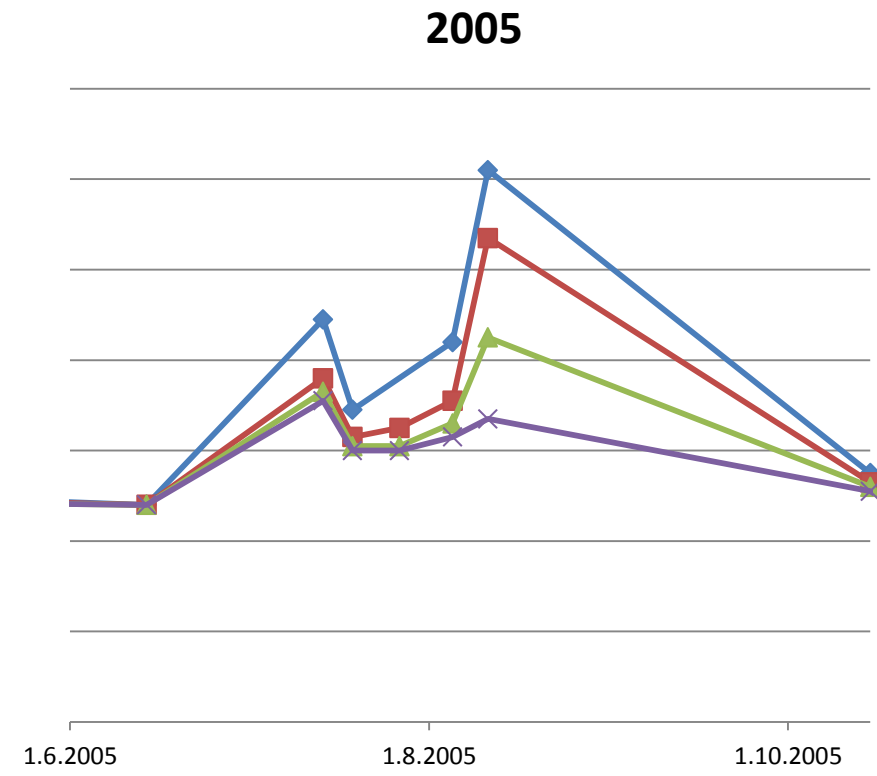
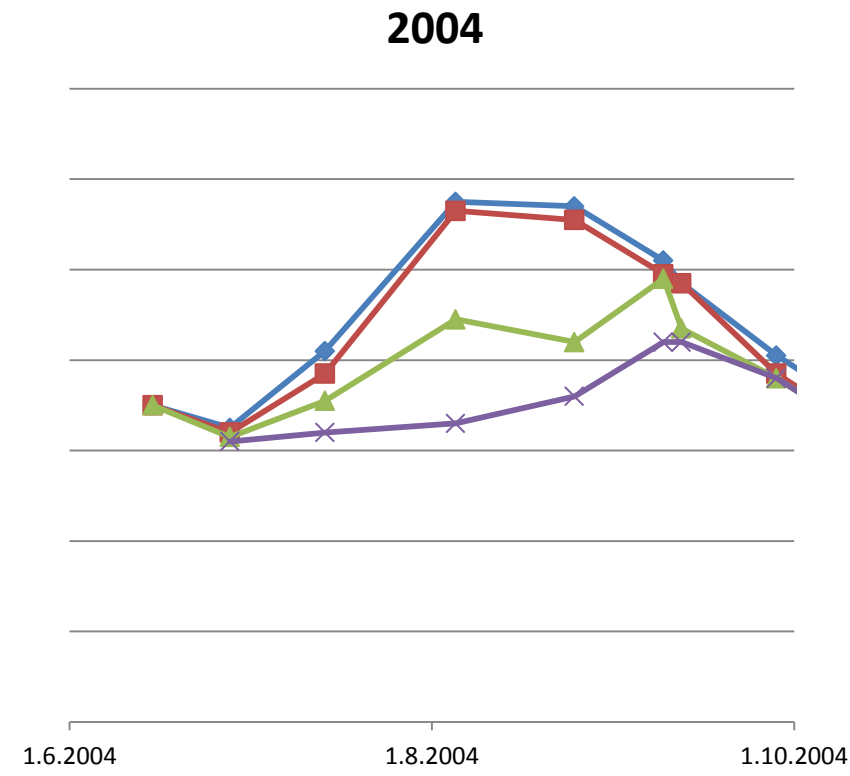
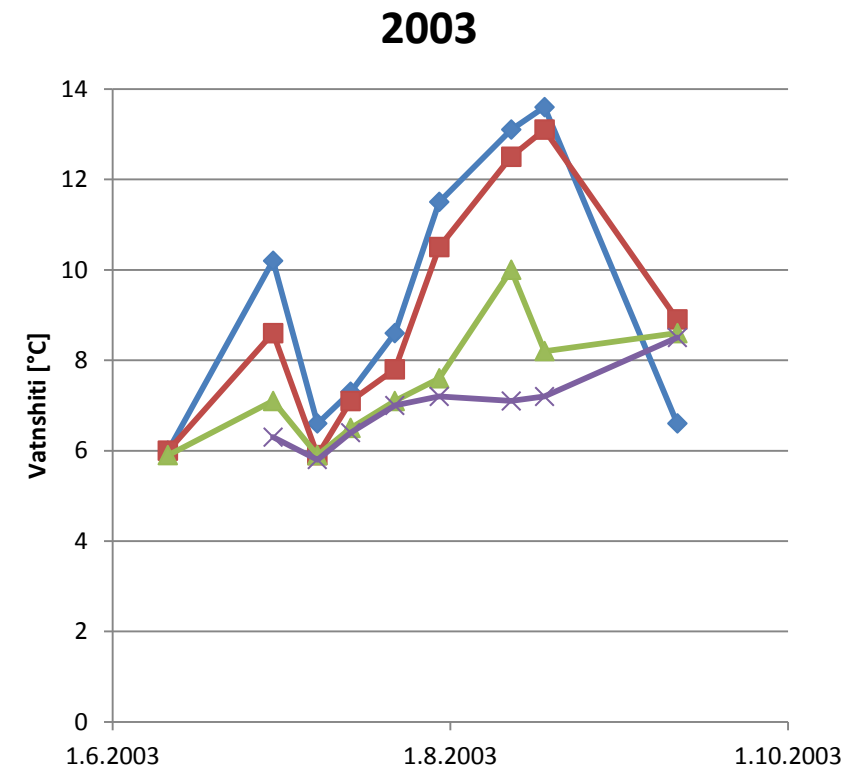


- 1,5 m dýpi
- 16 m dýpi
- 31 m dýpi
- 42 m dýpi

Mynd 12. Hiti í Lagarfljóti við Brekku yfir sumarmánuðina 2003-2007.



Mynd 13. Hiti í Lagarfljóti við Hafursá yfir sumarmánuðina 2003-2007, byggt á stökum sniðmælingum.



- 2 m dýpi
- 10 m dýpi
- 20 m dýpi
- 30 m dýpi

Mynd 14. Hiti í Lagarfljóti við Freysnes yfir sumarmánuðina 2003-2007, byggt á stökum sniðmælingum.

3.3 Mælingar eftir virkjun

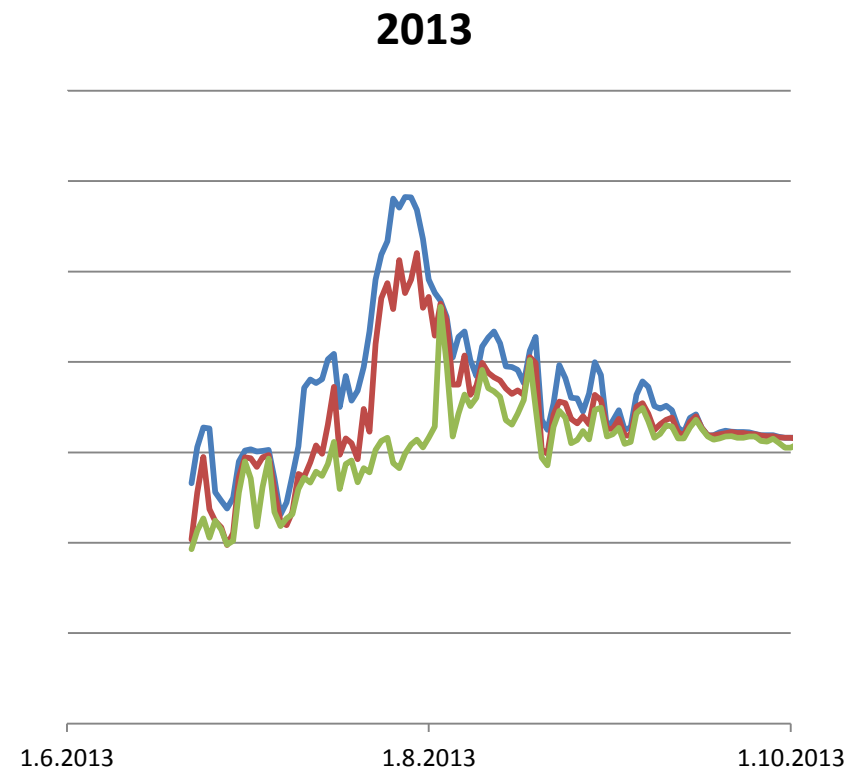
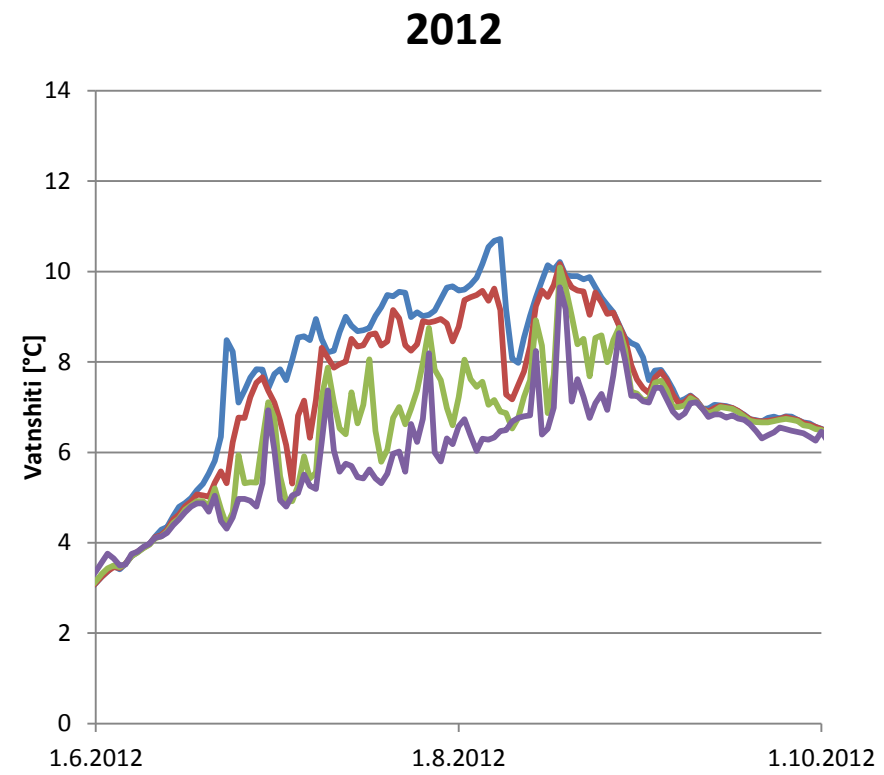
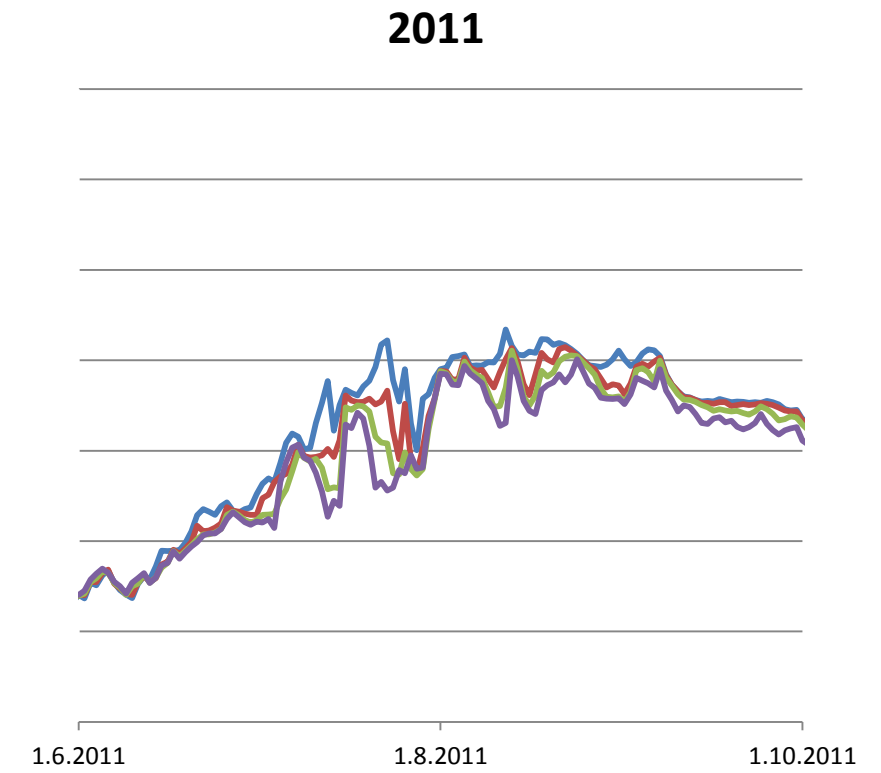
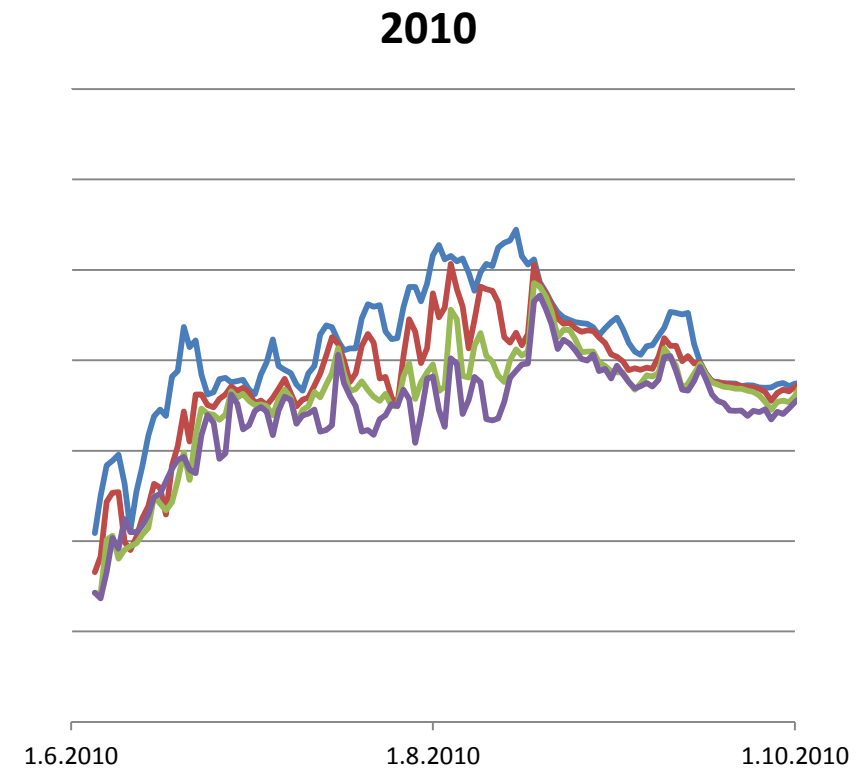
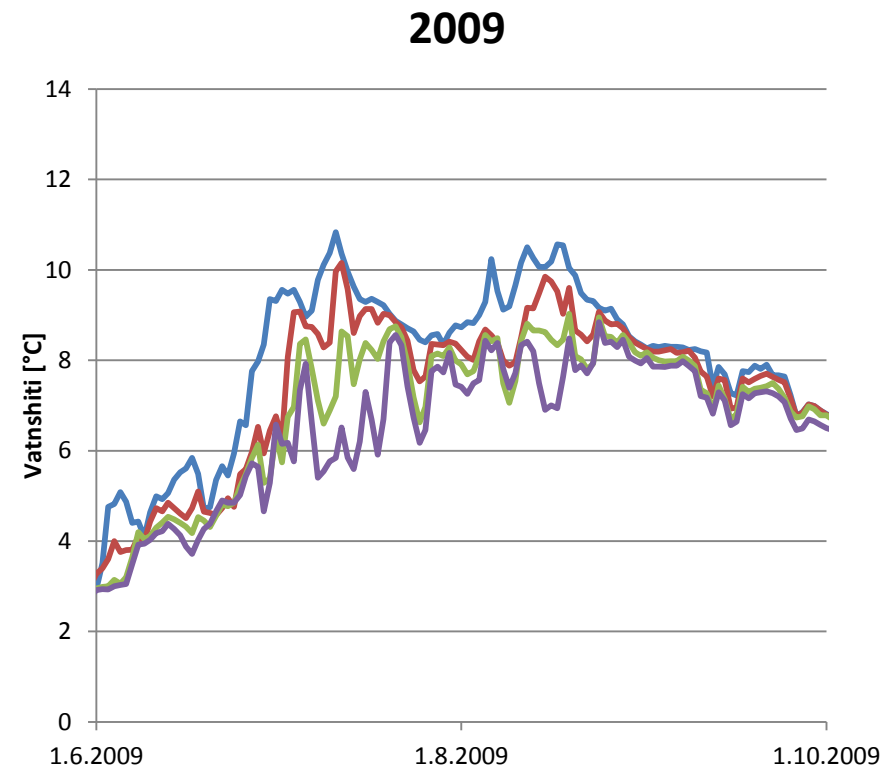
Þær mælingar sem stuðst er við eftir virkjun eru síritandi mælingar, sem fyrr við Lagarfell og Brekku, auk nýrra sírita við Hafursá og Strönd. Einnig eru til stakar sniðmælingar við Hafursá og Strönd. Nánari upplýsingar um mælingar á hverjum stað fyrir sig má sjá í töflu 2.

Mælistaður	Tegund	Upphaf	Dýpi	Austurnhit (ÍSN93)	Norðurnhit (ÍSN93)
Brekka	Síriti	2000	1,5 m 16 m 31 m 42 m	696.269	515.504
Hafursá	Stakar sniðmælingar	1995	Frá 0 m Til 118 m	701.034	521.403
	Síriti	2009	1 m 10 m 20 m 30 m 40 m 50 m 100 m		
Strönd	Stakar sniðmælingar	2009	Frá 0 m Til 66 m	705.734	527.492
	Síriti	2009	1 m 10 m 20 m 30 m 40 m 50 m 60 m		
Lagarfell	Síriti	1998	2 m	713.447	539.042

Tafla 2. Upplýsingar um mælingar eftir virkjun.

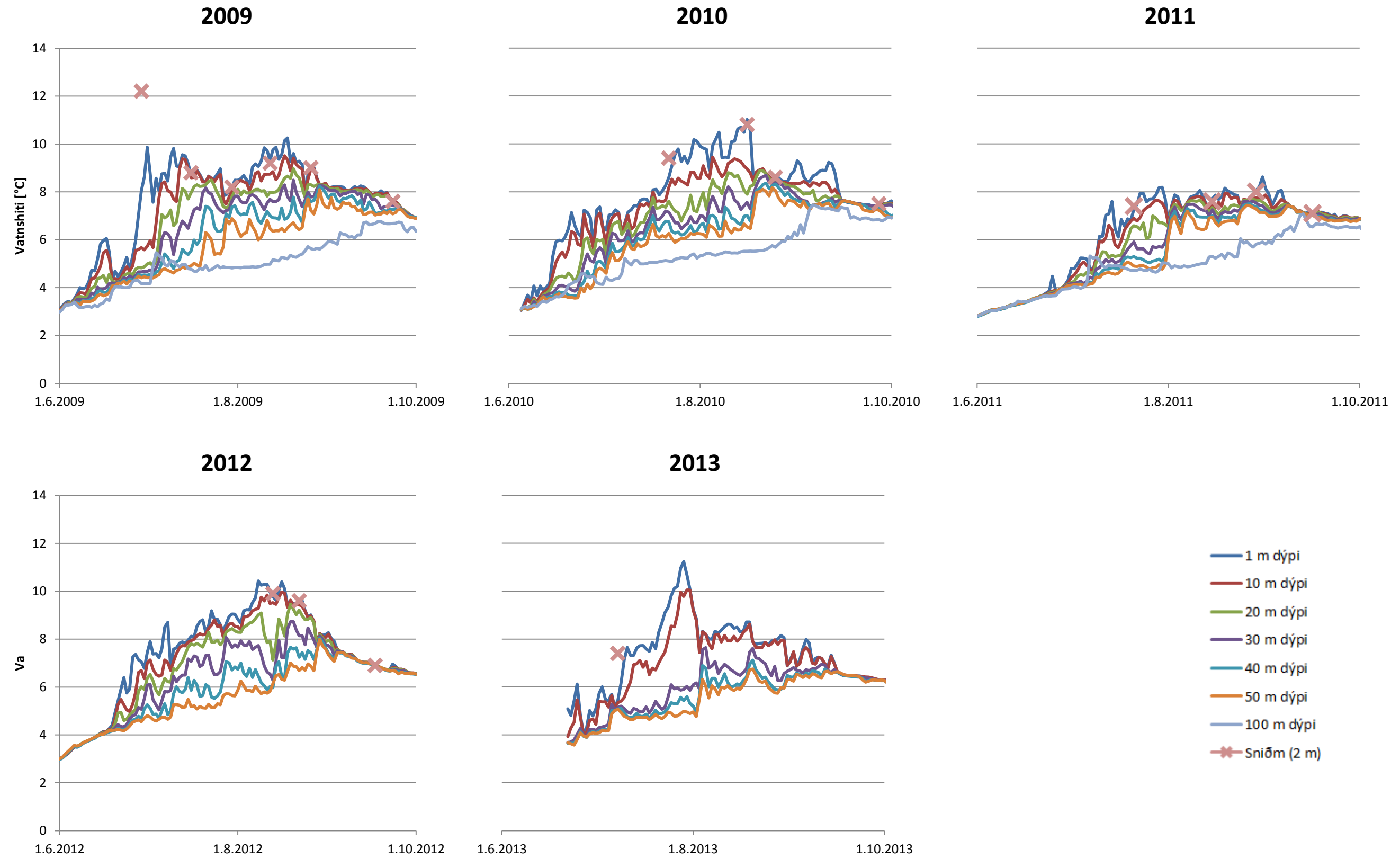
Á myndum 15-17 má sjá línurit yfir hitastig á mismunandi dýpi við Brekku, Hafursá og Strönd yfir sumarmánuðina árin 2009-2013. Í viðaukum 3-4 eru stakar sniðmælingar við Hafursá og Strönd teknar saman í hitastigsprófila fyrir hvert ár.

Sniðmælingar frá 29. júní 2009 skera sig töluvert úr en þá var heitt í veðri og tiltölulega hægur vindur. Möguleiki er að mælinum hafi ekki verið gefinn tími til að jafna sig, og hiti við yfirborð því ofmetinn. Við mat á meðaltali er þessari mælingu því sleppt allt niður að 10 m dýpi, en trúlegt er að mælirinn hafi verið búinn að jafna sig þegar hann var kominn á 10-20 m dýpi. Í mælingum við Hafursá og Strönd (myndir 16-17) má fá nokkra hugmynd um dreifingu stakra mælinga og hversu vel þær gætu verið að endurspegla þróun hitans í viðkomandi mánuði.

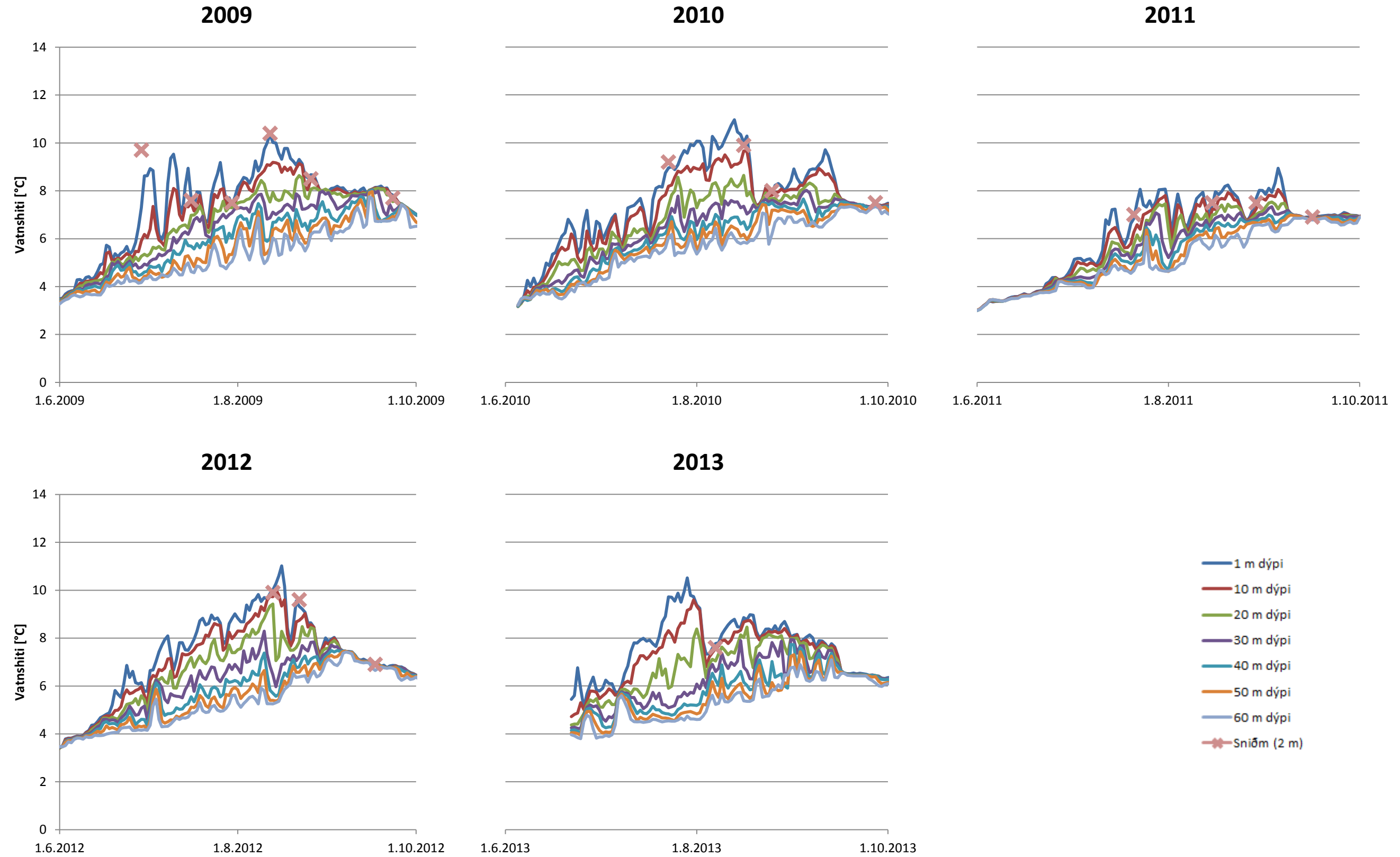


- 1,5 m dýpi
- 16 m dýpi
- 31 m dýpi
- 42 m dýpi

Mynd 15. Hiti í Lagarfljóti við Brekku yfir sumarmánuðina 2009-2013.



Mynd 16. Hiti í Lagarfljóti við Hafursá yfir sumarmánuðina 2009-2013, auk yfirborðshita úr stökum sniðmælingum.



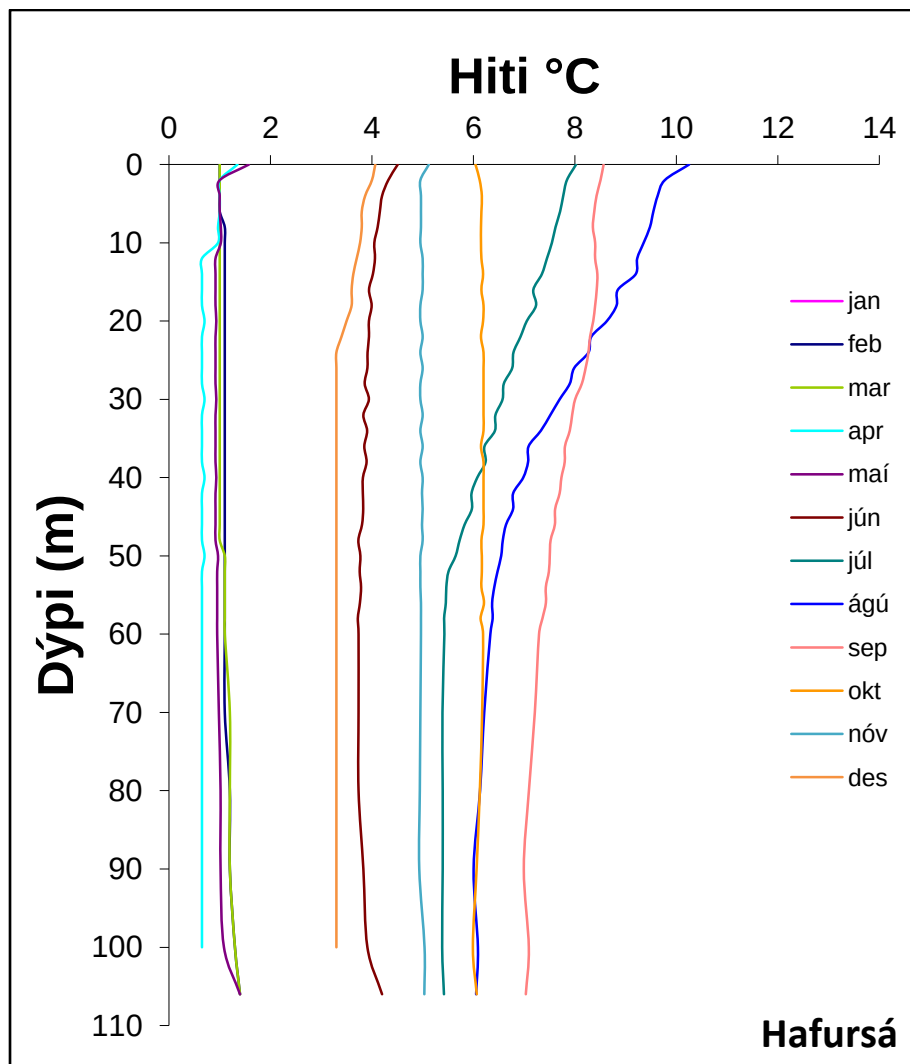
Mynd 17. Hiti í Lagarfljóti við Strönd yfir sumarmánuðina 2009-2013, auk yfirborðshita úr stökum sniðmælingum.

3.4 Samanburður fyrir og eftir virkjun

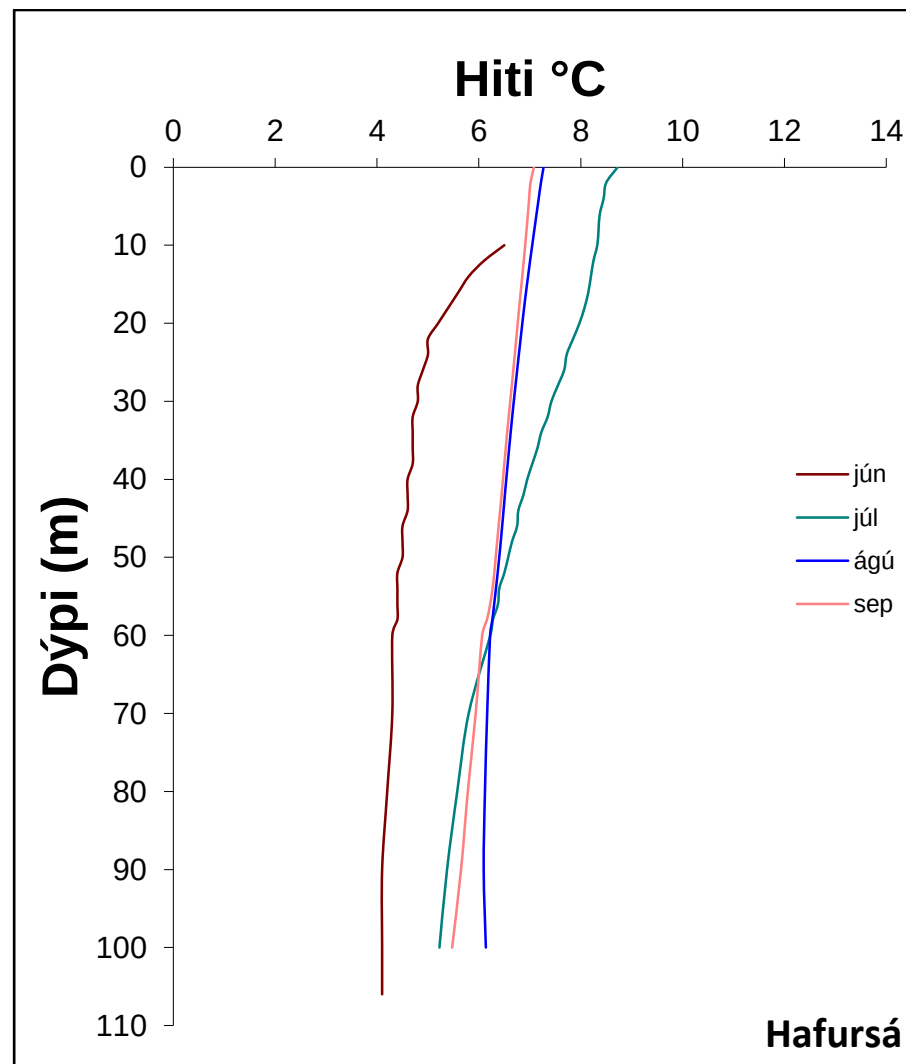
3.4.1 Hitaskil

Líkt og áður sagði hafa verið teknar stakar sniðmælingar í Lagarfljóti í þeim tilgangi að meta þau hitaskil sem myndast í fljótinu yfir sumartímann. Á myndum 18-21 má sjá meðaltal sniðmælinga fyrir og eftir virkjun, annars vegar við Hafursá og hins vegar við Freysnes og Strönd. Ólíkur skali er á gröfunum, þar sem dýpt fljótsins er breytileg eftir mælistöðum. Við samanburð þarf að taka tillit til þess að meðaltalið eftir virkjun byggir á töluvert færri mælingum heldur en fyrir, þar sem um styttra tímabil er að ræða og sítandi mælingar orðnar ríkjandi. Einnig hafa stakar sniðmælingar eftir virkjun eingöngu verið teknar yfir sumartímann og því engir hitaferlar sem lýsa ástandi að vetri til.

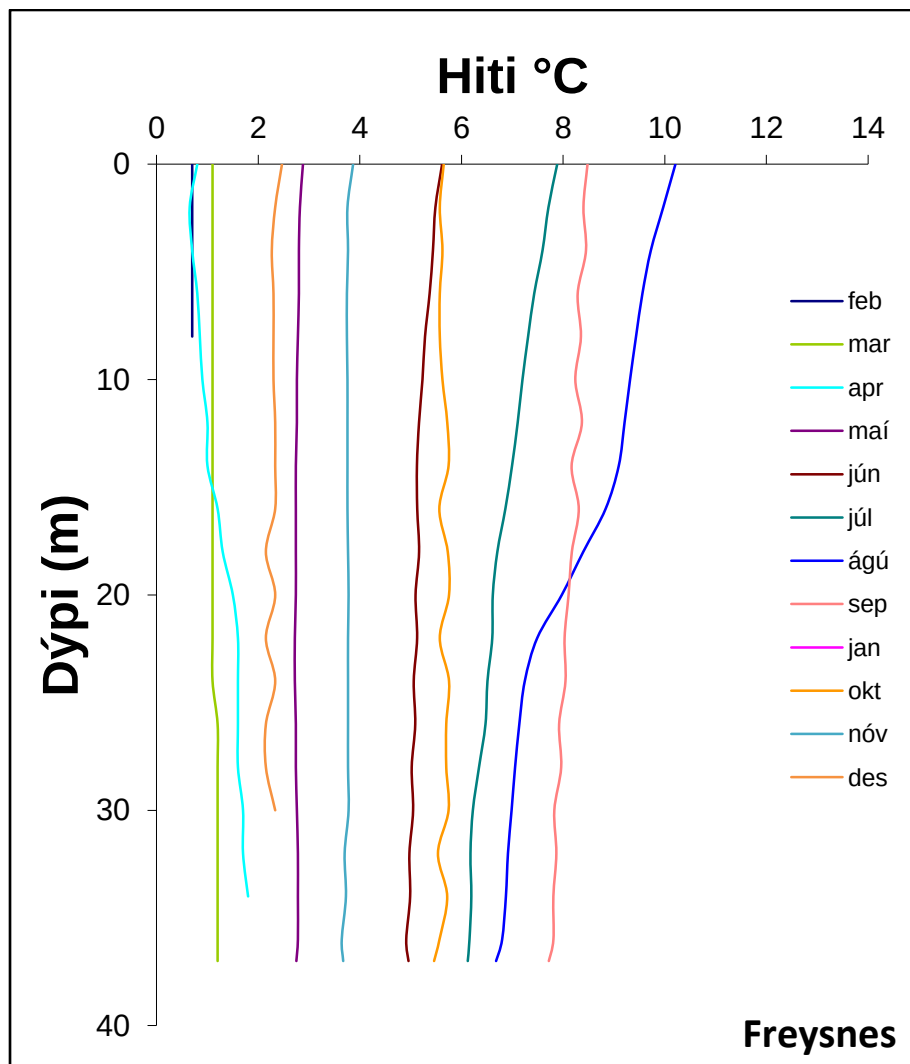
Þróun hitaskila virðist vera sambærileg milli ára, bæði fyrir og eftir virkjun. Lengstan hluta ársins eru hitaskil ekki til staðar, en eftir því sem líður á sumarið og hitinn hækkar í fljótinu byrja þau að myndast. Hitaskilin eru yfirleitt sýnileg í júlí og ágúst, en þá er heitast í fljótinu. Hitinn lækkar síðan aftur í september og hitaskilin hverfa fljótt. Breytileiki hitastigs er mestur næst yfirborðinu en minnkar með auknu dýpi.



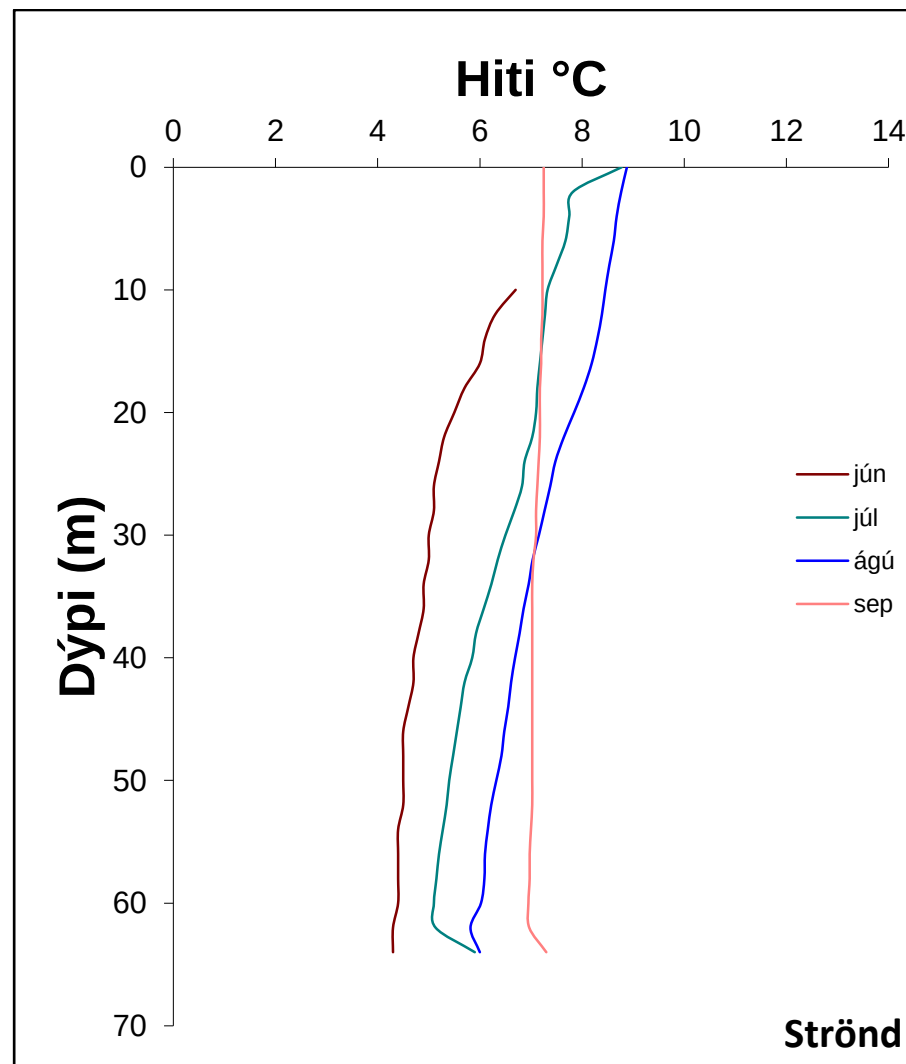
Mynd 18. Meðalhitaskil eftir mánuðum við Hafursá fyrir virkjun (1995-2007).



Mynd 19. Meðalhitaskil eftir mánuðum við Hafursá eftir virkjun (2009-2013).



Mynd 20. Meðalhitaskil eftir mánuðum við Freysnes fyrir virkjun (1995-2007).



Mynd 21. Meðalhitaskil eftir mánuðum við Strönd eftir virkjun (2009-2013).

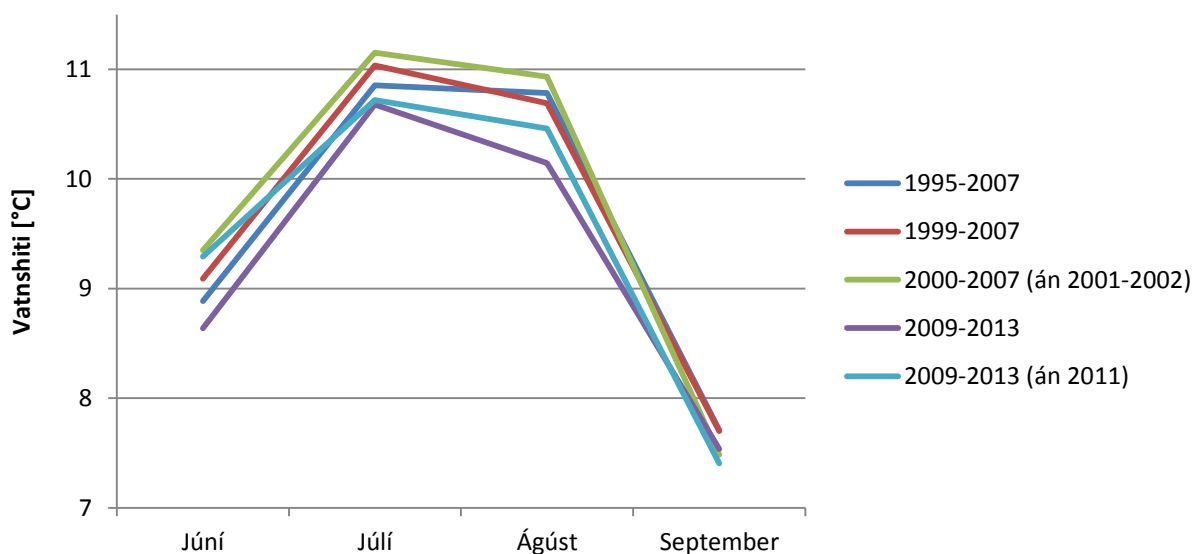
3.4.2 Tengsl loft- og vatnshita

Í skýrslu frá 2009 [2] var yfirborðsvatnshiti við Hafursá og Freysnes borinn saman við lofthita við Egilsstaði. Notast var við mánaðarmeðaltöl og þróunin skoðuð á ársgrundvelli. Á myndum 23-30 má sjá sambærilega úrvinnslu fyrir Brekku, Hafursá, Strönd-Freysnes og Lagarfell, bæði fyrir og eftir virkjun. Sambandið virðist þróast eins, hvort sem er fyrir eða eftir virkjun. Lofthiti byrjar að hækka að vori til í mars eða apríl og nær hámarki í júlí. Vatnshitinn fylgir þar á eftir, með u.þ.b. mánaðarhlíðrun, og nær hámarki í ágúst, sem er þó alltaf töluvert undir hámarki lofthita, líkt og sjá má í töflu 3.

Mælistaður	Fyrir virkjun		Eftir virkjun	
	Lofthiti	Vatnshiti	Lofthiti	Vatnshiti
Brekka	11,1 °C	10,6 °C	10,7 °C	8,9 °C
Hafursá	10,9 °C	9,8 °C	10,7 °C	8,8 °C
Strönd			10,7 °C	8,6 °C
Freysnes	10,9 °C	10,0 °C		
Lagarfell	11,0 °C	9,3 °C	10,7 °C	8,2 °C

Tafla 3. Hæstu gildi lofthita og vatnshita fyrir og eftir virkjun (sbr. myndir 23-30). Lofthiti er hæstur í júlí en vatnshiti í ágúst.

Blöndun í fljótinu virðist sambærileg fyrir og eftir virkjun (sbr. myndir 18-21), þrátt fyrir veitu vatns af öðru vatnasviði. Ekki er að sjá marktækan mun á tíðni mikilla vinda fyrir og eftir virkjun, en mikill vindstyrkur hefur áhrif á blöndun í vatninu. Lofthiti er að meðaltali um 0,5°C hærri fyrir virkjun heldur en eftir, en það má að einhverju leyti rekja til ársins 2011, sem var óvenju kalt. Líkt og sést á mynd 22 er þó ekki eingöngu árið 2011 sem dregur meðaltalið eftir virkjun niður, þrátt fyrir að hafa töluverð áhrif. Eitt „afbrigðilegt“ ár hefur því meiri áhrif, sem árin í samanburðarhópnum eru færri.



Mynd 22. Lofthiti við Egilsstaðflugvöll yfir sumarið fyrir ólík tímabil.

Þau árábil sem notast er við í samanburði lofthita samsvara þeim árum sem vatnshiti hefur verið mældur á einstaka stöðum í fljótinu. Stakar sniðmælingar við Hafursá og Freysnes stóðu yfir á árunum 1995-2007. Síriti við Lagarfell var gangsettur árið 1999. Árið 2000 hófust síritandi mælingar við Brekku, en árin 2001-2002 var ekki mælir á því dýpi sem skilgreint hefur verið sem yfirborð, og þeim árum því sleppt. Tímabilið eftir virkjun, 2009-2013, er sambærilegt fyrir alla mælistaði.

Ef mynd 22 er skoðuð nánar sést að töluvert meiri munur er á lofthita í ágúst en í júlí, og því getur verið blekkjandi að skoða eingöngu gildin í töflu 3. Þrátt fyrir að lofthiti í júlí hafi mest áhrif á uppsveiflu vatnshitans, þá getur lofthiti í ágúst haft áhrif á það hversu lengi sú uppsveifla endist.

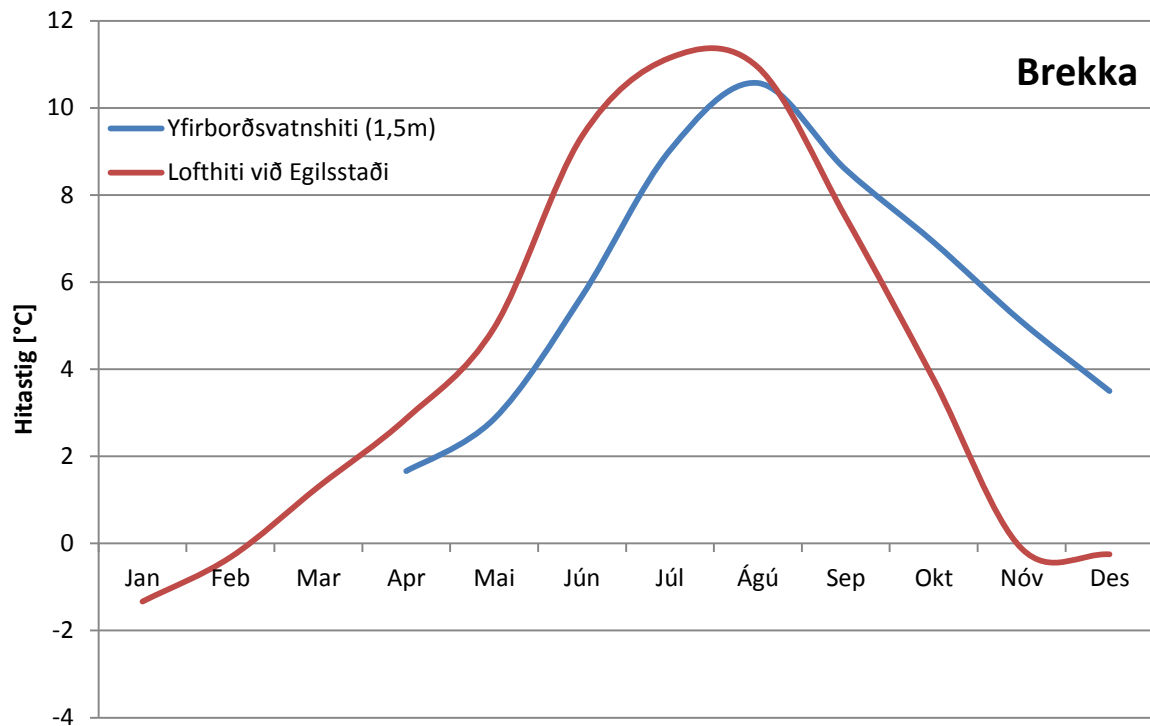
Við Brekku og Lagarfell var notast við síritandi mælingar, bæði fyrir og eftir virkjun, og eru þær mælingar því sambærilegar. Við Hafursá og Freysnes er aftur á móti byggt á stökum sniðmælingum, sem getur bjagað samanburð, bæði þar sem mælingar eru teknar þéttar yfir heitasta tíma sumarins og einnig er möguleiki að nemar hafi ekki fengið nægan tíma til að jafna sig, líkt og gerðist 29. júní 2009 (sbr. myndir 16-17). Athugun á gagnasafninu á bak við hitamælingarnar við Hafursá fyrir virkjun (kafli 2.3, mynd 5) bendir til að mælingarnar hafi ofmetið meðalhita vatnsins í ágúst um allt að 0,5°C.

Mismunandi lengd þeirra tímabila sem skoðuð eru fyrir og eftir virkjun, auk ólíkra veðurskilyrða, gefa breytilegar niðurstöður varðandi vatnshita yfir sumartímann. Það, auk ólíkra mæliaðferða, getur því skýrt allt að 0,5°C mun á vatnshita fyrir og eftir virkjun. Allur umfram munur skrifast mögulega á áhrif virkjunarinnar og breytta eiginleika þess vatns sem leitt er í fljótið.

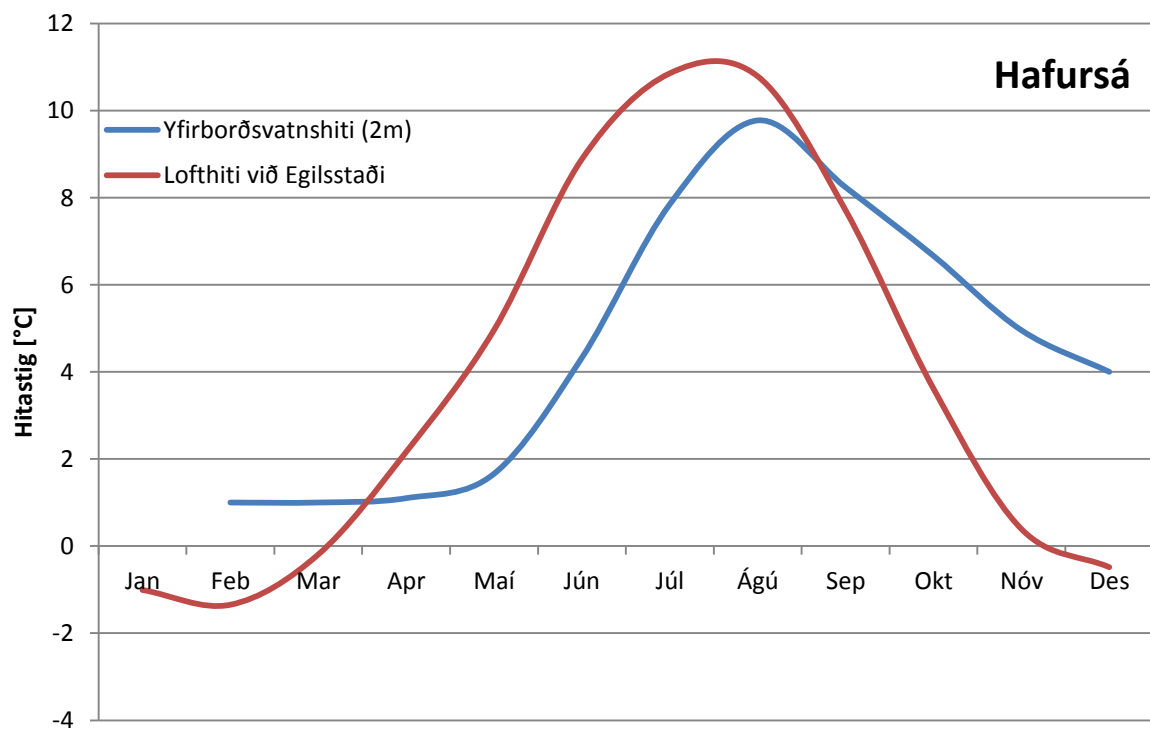
3.5 Ályktanir

Ef bornar eru saman niðurstöður einstakra mælistaða er áberandi lækkun vatnshita við Brekku um 1,7°C, en hana má e.t.v. rekja til þess að hiti í innrennsli Lagarfljóts hefur lækkað töluvert með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar. Við Lagarfell og Hafursá hafa þessi áhrif dvínað, en mæld lækkun vatnshita nemur um 1°C, og að teknu tilliti til ofanefndra fyrirvara gæti virkjun hafa valdið um 1°C lækkun innst í fljótinu, en annars um 0,5°C lækkun.

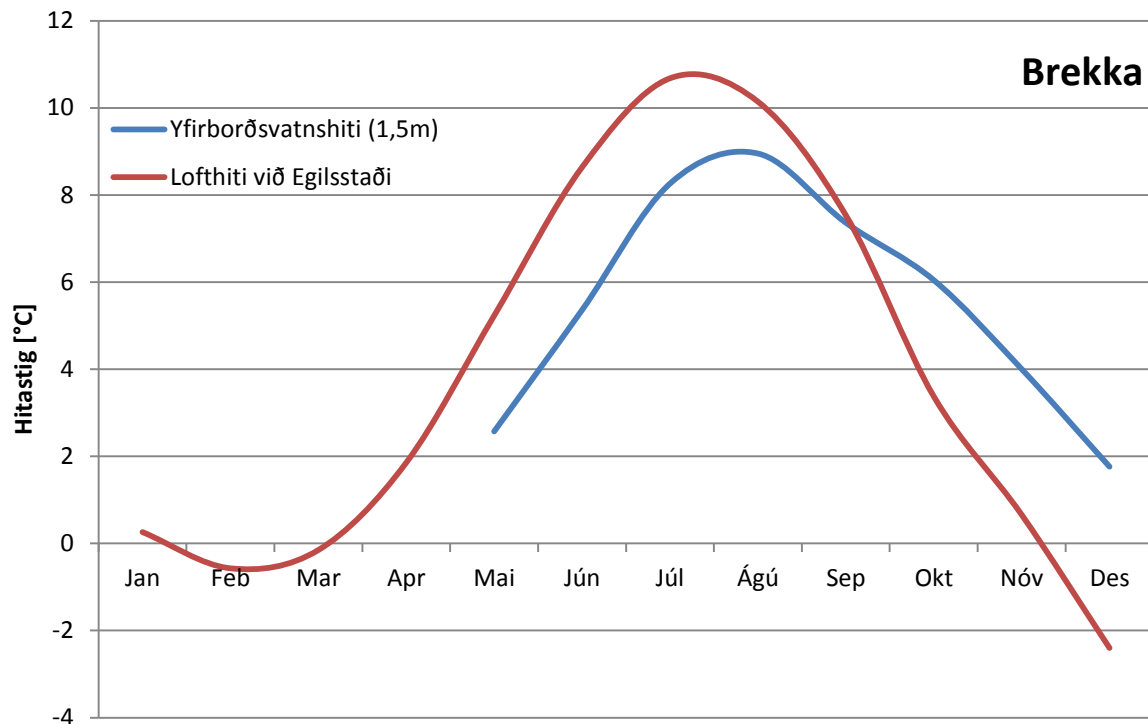
Líkur eru leiddar að því að það hafi orðið breytingar á hita í Lagarfljóti eftir virkjun, sem eru umfram breytingar í lofthita og umfram eðlilegan fyrirvara vegna mismunar í mælingum fyrir og eftir. Sumarið 2014 var haldið úti óbreyttum hitamælingum og ráðstafanir gerðar til að mæla betur hita í innrennsli til fljótsins. Vonast er til að rannsóknir á straumum í fljótinu geti varpað frekara ljósi á orsakir breytinganna, og jafnframt leiðbeint um hvernig best sé að standa að vöktun í framtíðinni.



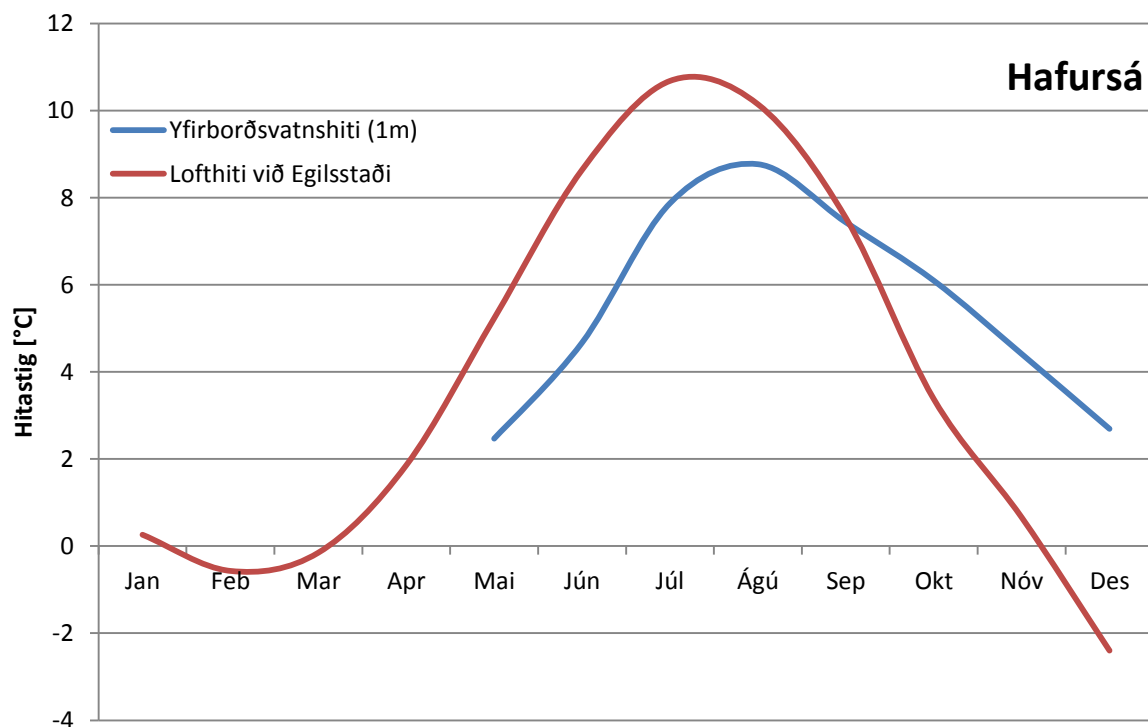
Mynd 23. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Brekku og lofthita við Egilsstaði fyrir virkjun (2000-2007).



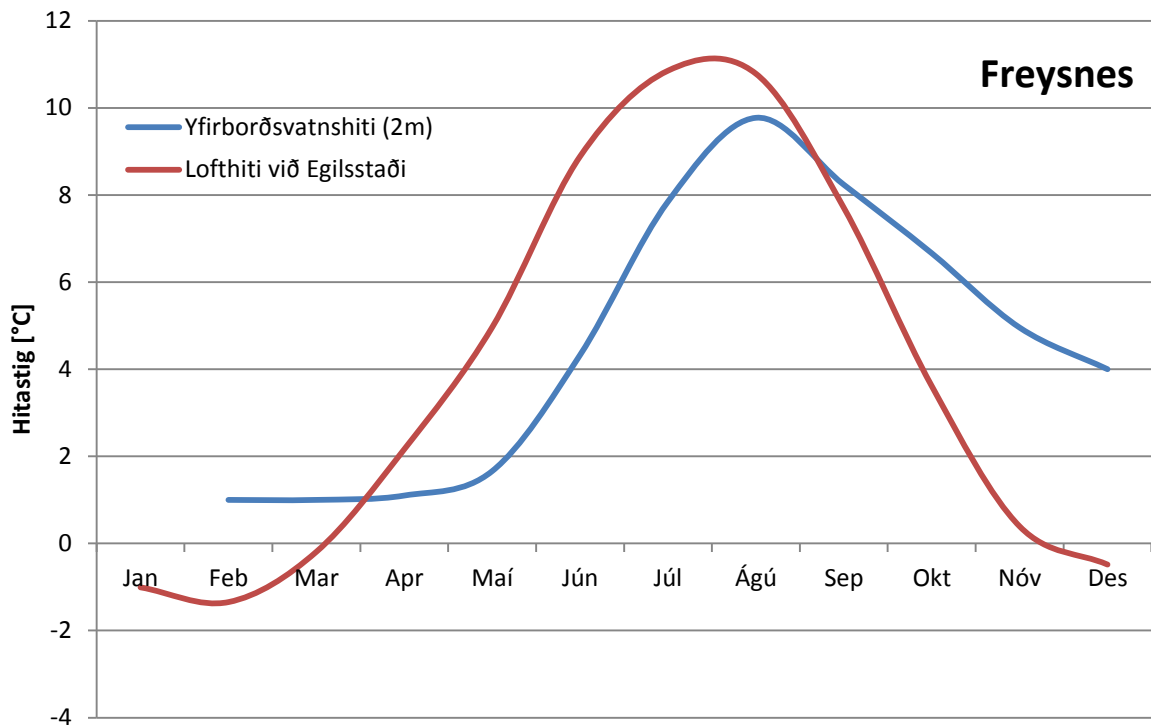
Mynd 24. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Hafursá og lofthita við Egilsstaði fyrir virkjun (1995-2007).



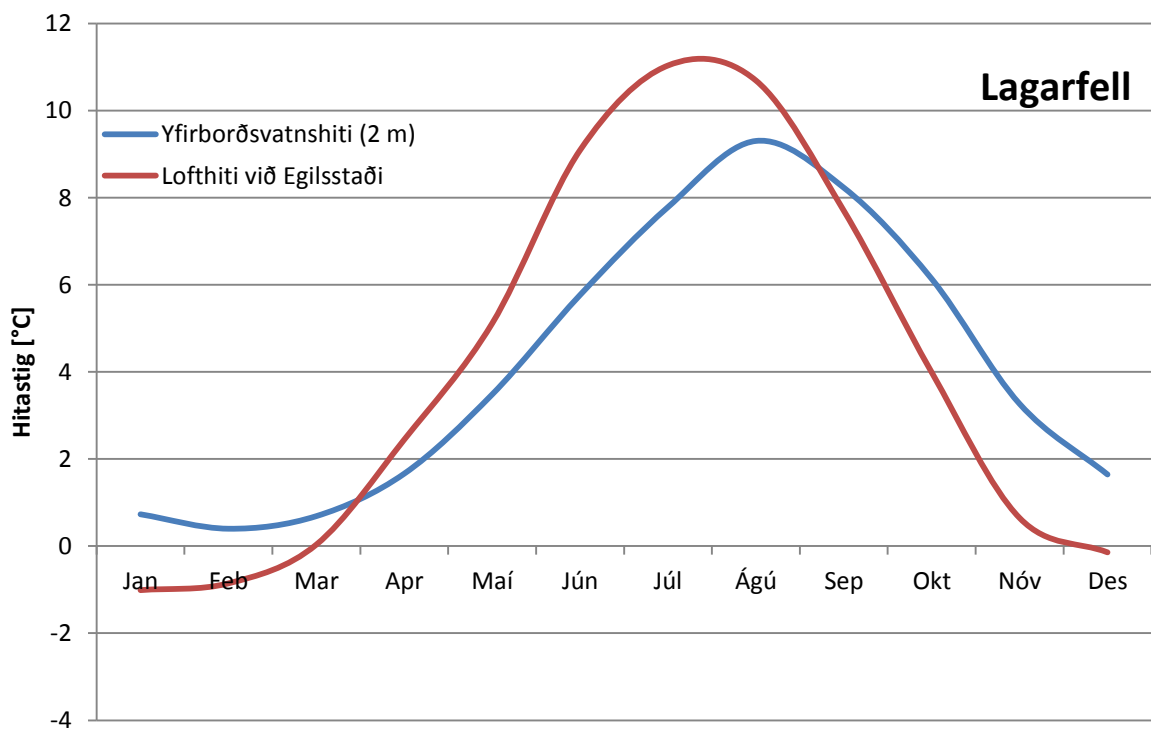
Mynd 25. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Brekku og lofthita við Egilsstaði eftir virkjun (2009-2013).



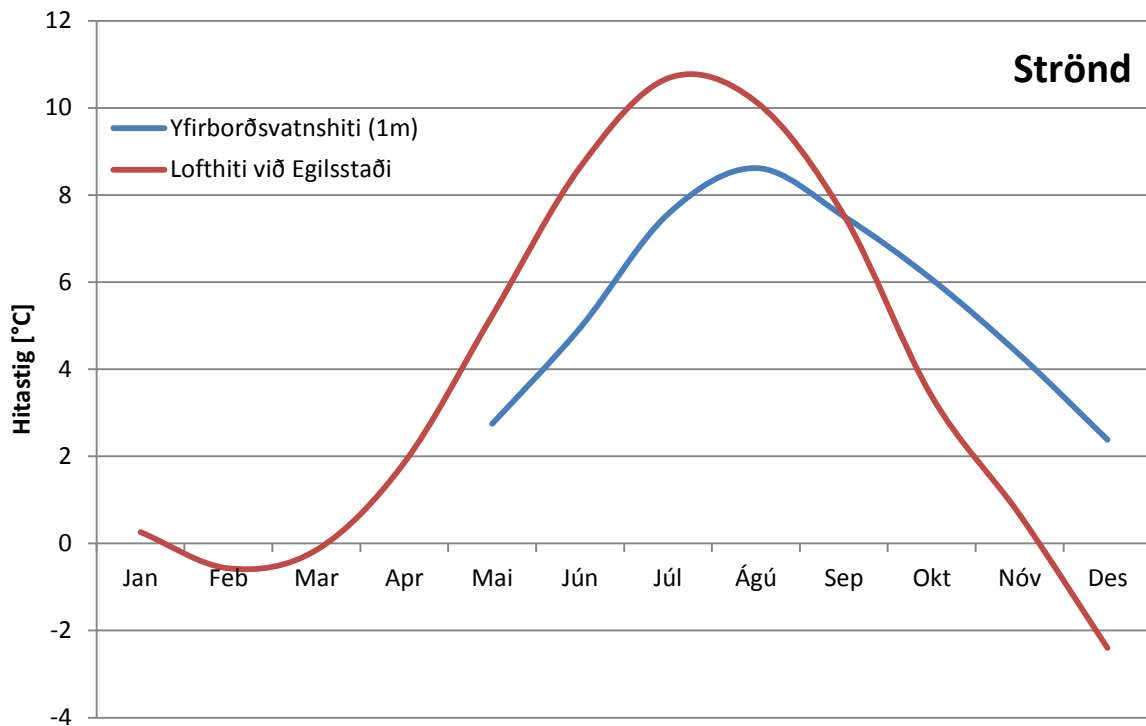
Mynd 26. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Hafursá og lofthita við Egilsstaði eftir virkjun (2009-2013).



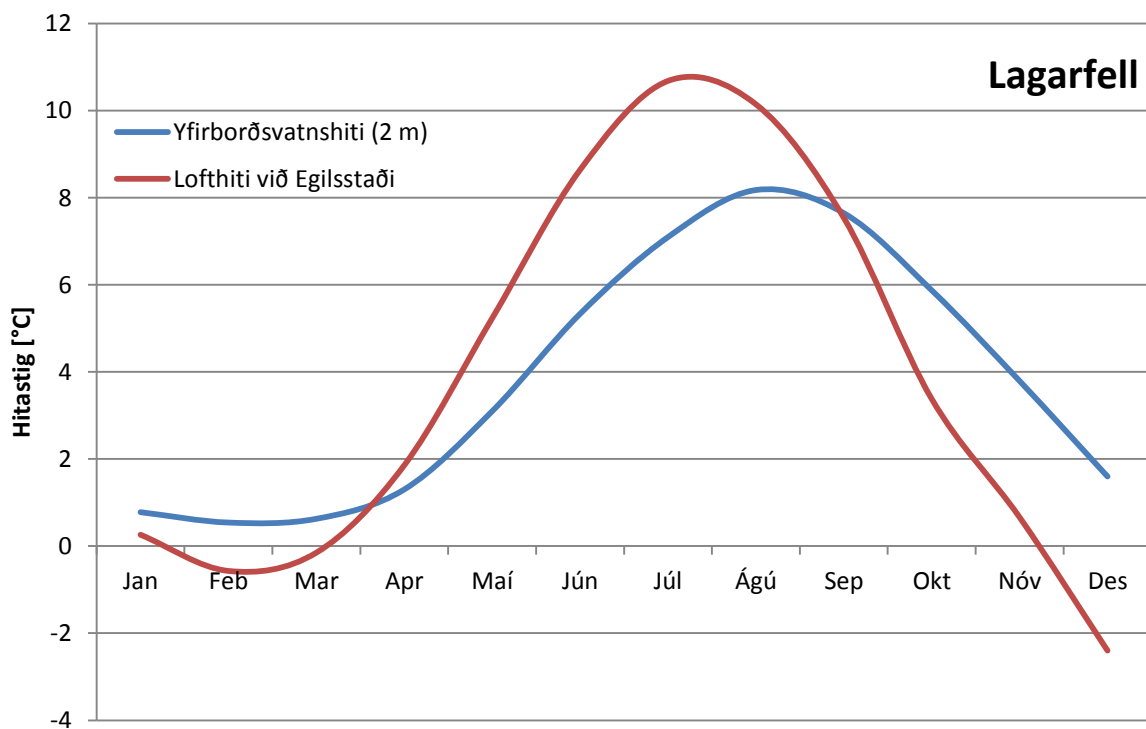
Mynd 27. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Freysnes og lofthita við Egilsstaði fyrir virkjun (1995-2007).



Mynd 28. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Lagarfell og lofthita við Egilsstaði fyrir virkjun (1999-2007).



Mynd 29. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Strönd og lofthita við Egilsstaði eftir virkjun (2009-2013).



Mynd 30. Meðaltalsferill yfirborðsvatnshita við Lagarfell og lofthita við Egilsstaði eftir virkjun (2009-2013).

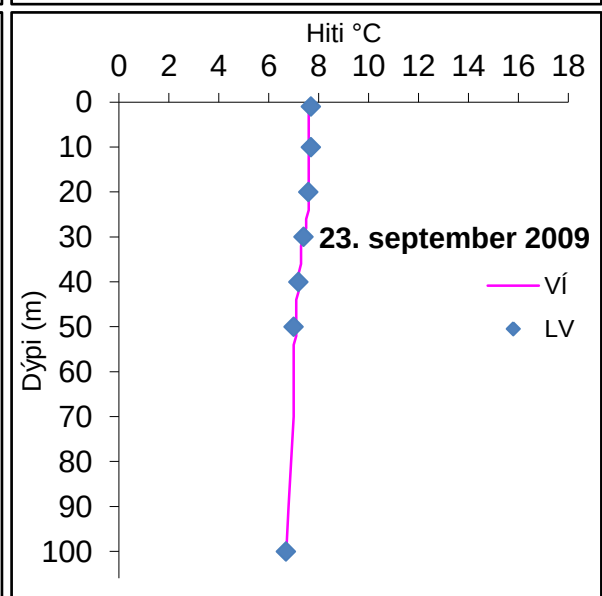
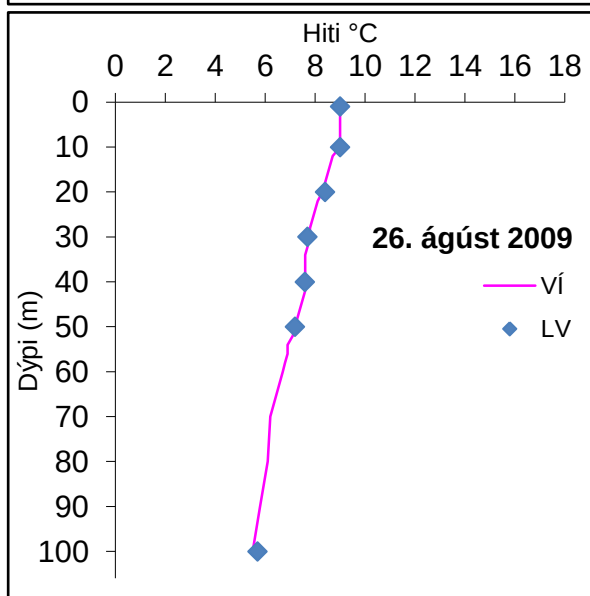
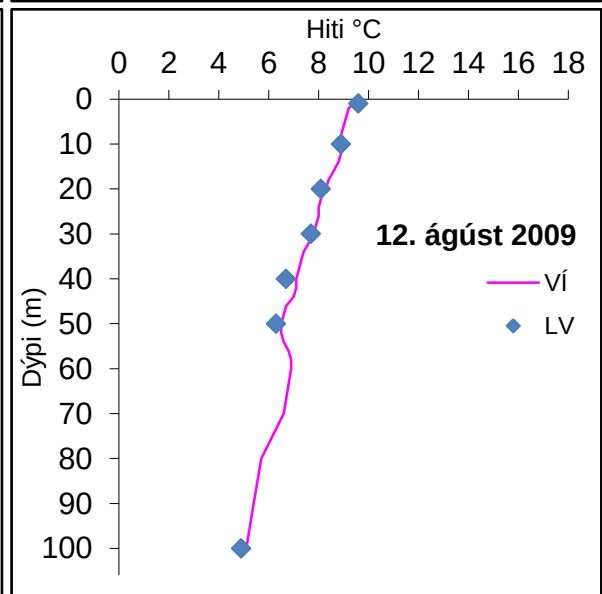
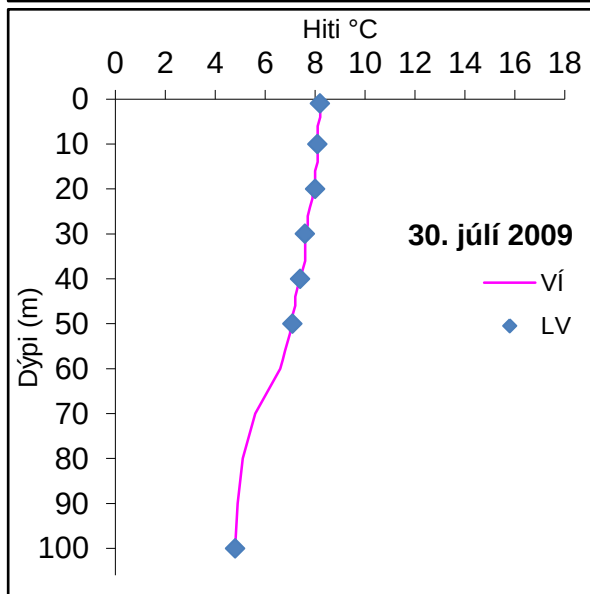
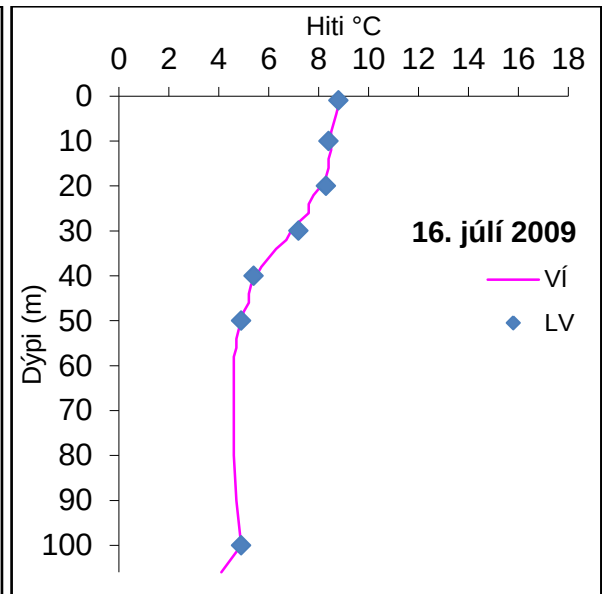
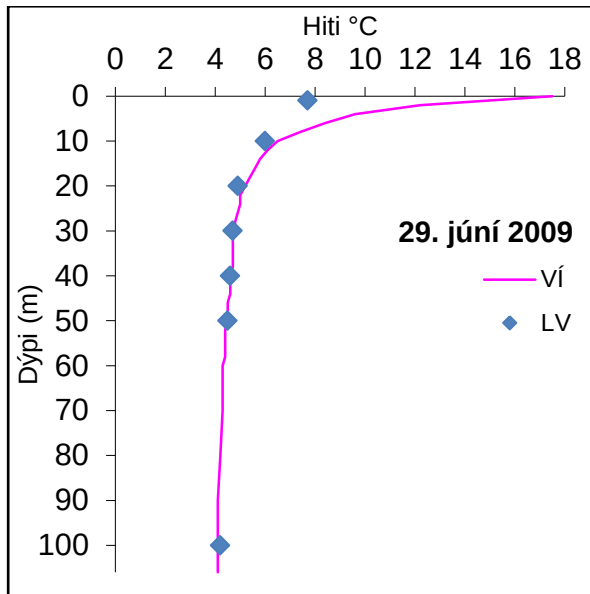
4 HEIMILDIR

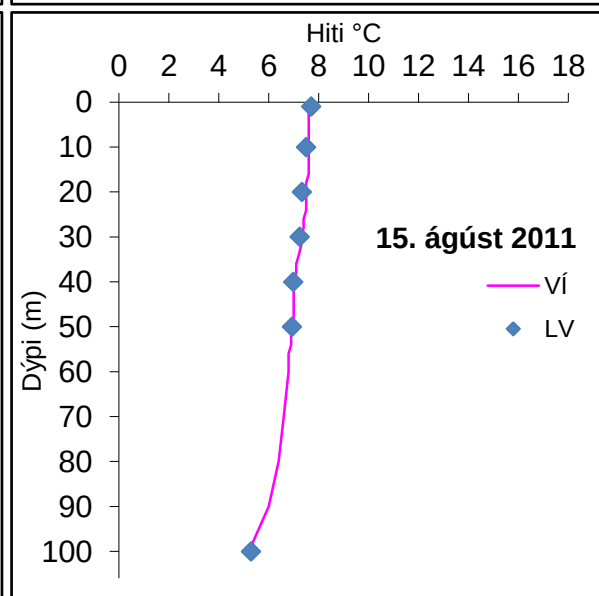
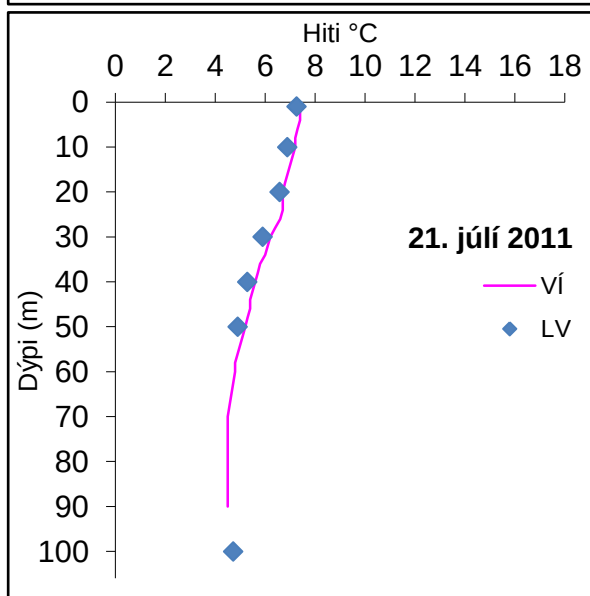
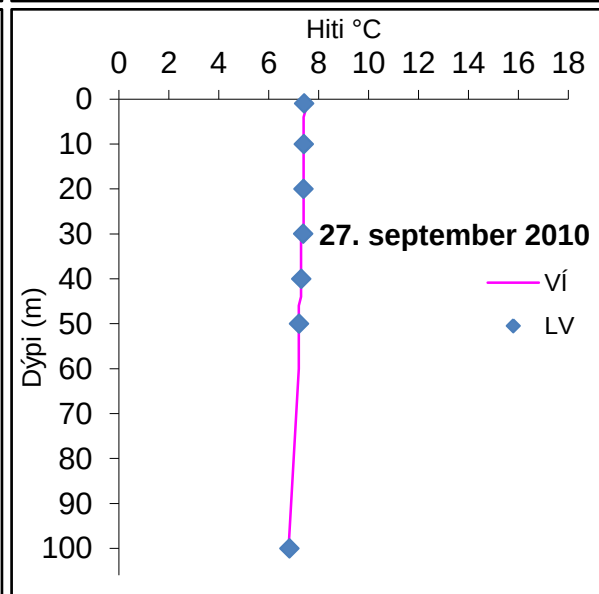
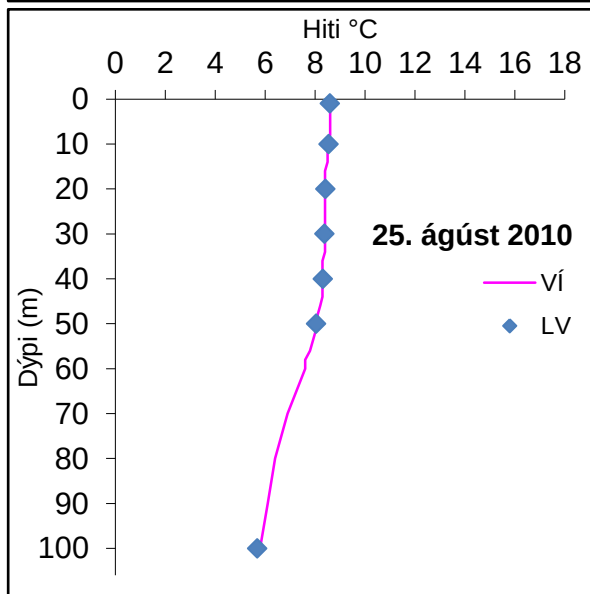
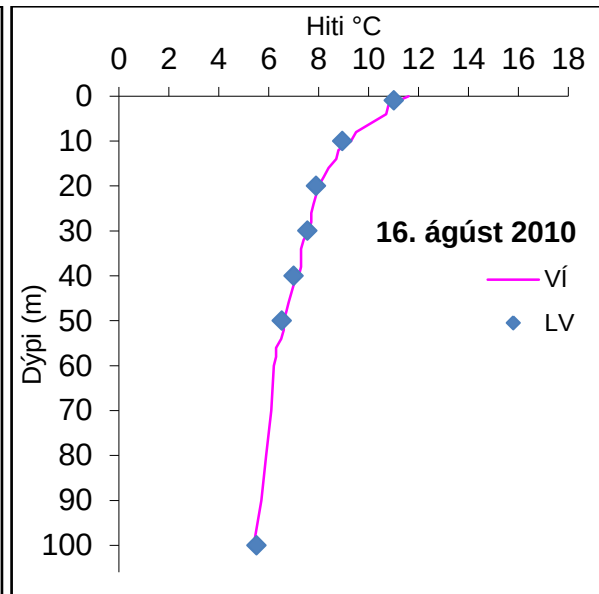
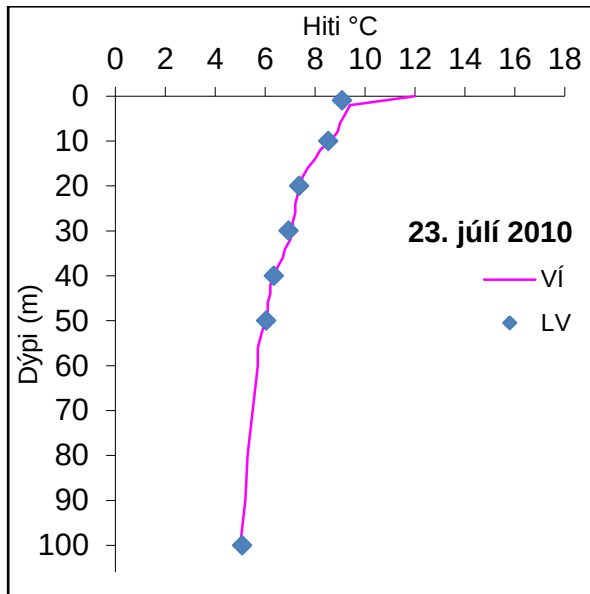
- [1] Magnús Á. Sigurgeirsson og Hákon Aðalsteinsson 1998. *Hiti í Lagarfljóti*. Orkustofnun. OS-98079.
- [2] Victor Kr. Helgason og Egill Axelsson 2009. *Vatnshitamælingar Landsvirkjunar og Vatnamælinga á Austurlandi árin 1995-2007*. Landsvirkjun. LV-2009/062.
- [3] Hákon Aðalsteinsson 1976. Þórisvatn. *Áhrif miðlunar og Köldukvísarveitu á lífsskilyrði svífs*. Samvinnuverkefni Orkustofnunar og Landsvirkjunar. Orkustofnun. OS-ROD 7643.
- [4] Elín Björk Böðvarsdóttir og Egill Axelsson 2014. *Hiti í Háslóni og frárennsli Fljótsdalsstöðvar 2009-2012*. Landsvirkjun. LV-2014-075
- [5] Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. Saunders, Philadelphia, 741 p.
- [6] Hákon Aðalsteinsson, Pétur M. Jónasson og Sigurjón Rist 1992. Physical characteristics of Tingvallavatn, Iceland. *Oikos* 64: 121-135.
- [7] Landsvirkjun 2001. *Kárahnjúkavirkjun, allt að 750 MW. Fyrri áfangi allt að 625 MW. Síðari áfangi allt að 125 MW. Mát á um hverfisáhrifum*. [Ritstj. Haukur Einarsson, hönnun hf.) Landsvirkjun, LV-2001/002.
- [8] H. Wickham and L. Stryjewski 2011. 40 years of boxplots. *The American Statistician*.

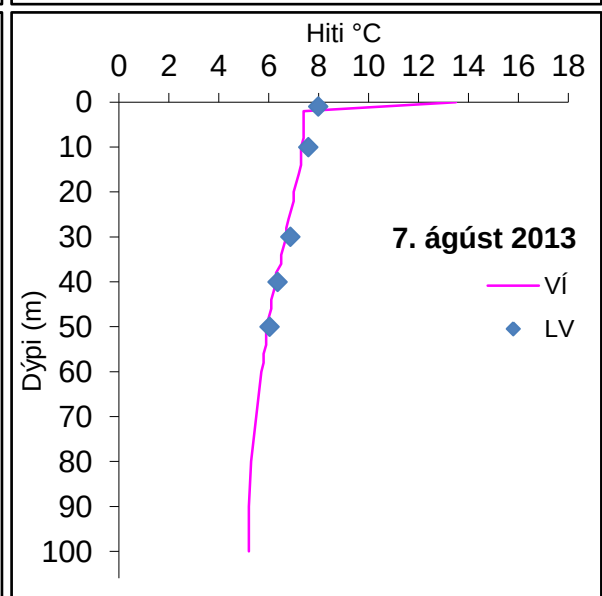
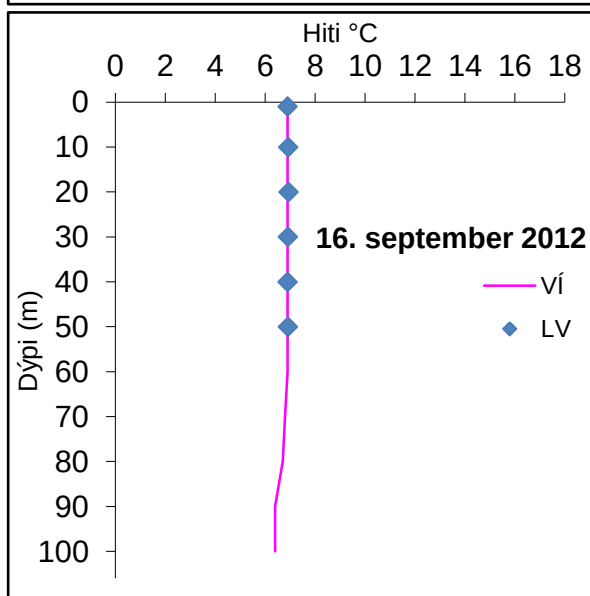
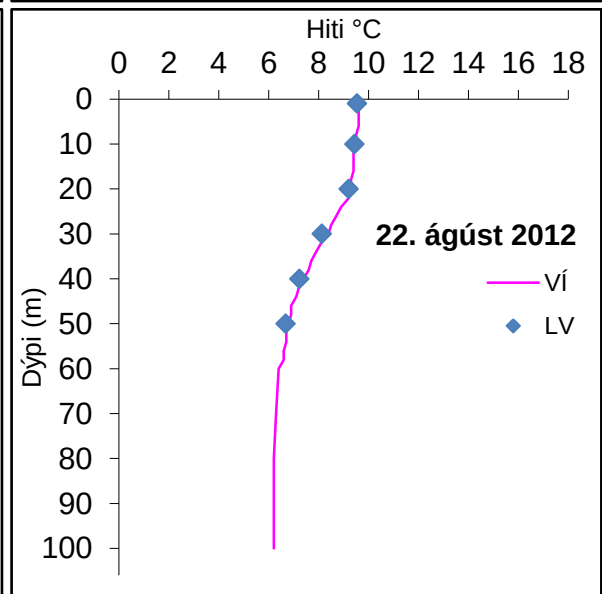
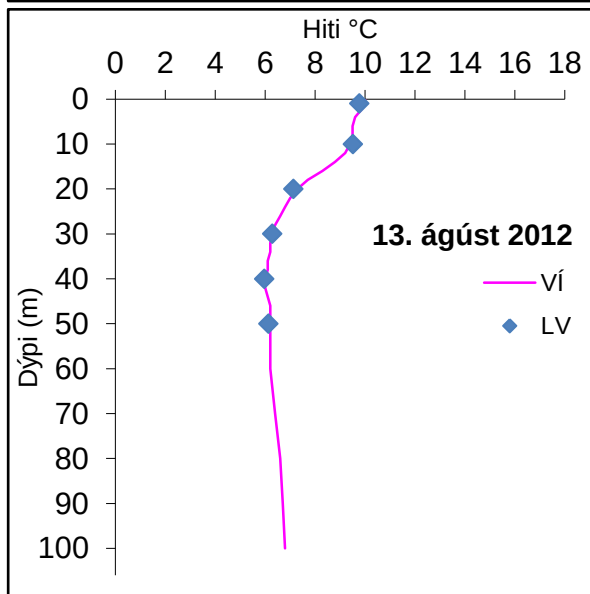
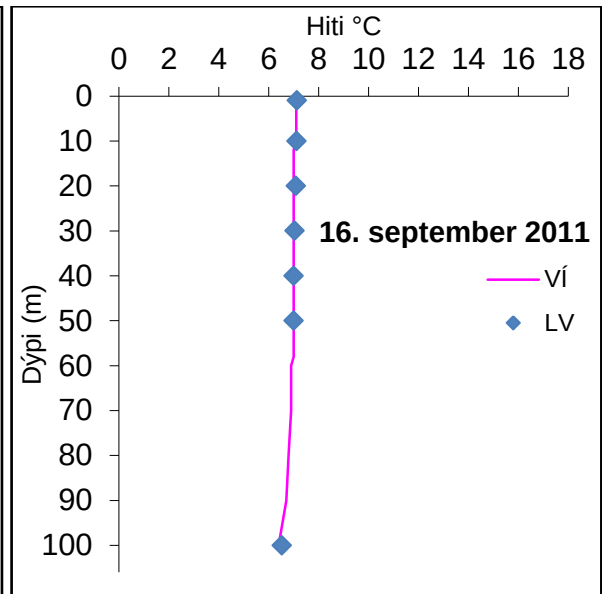
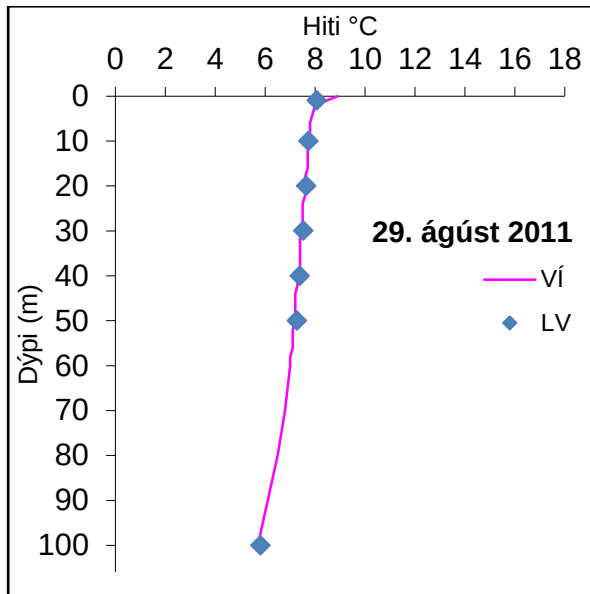
Viðauki 1

Hitamælingar í Lagarfljóti við Hafursá 2009-2013

Samanburður á mælingum úr síritum Landsvirkjunar og
sniðmælingum Veðurstofu Íslands



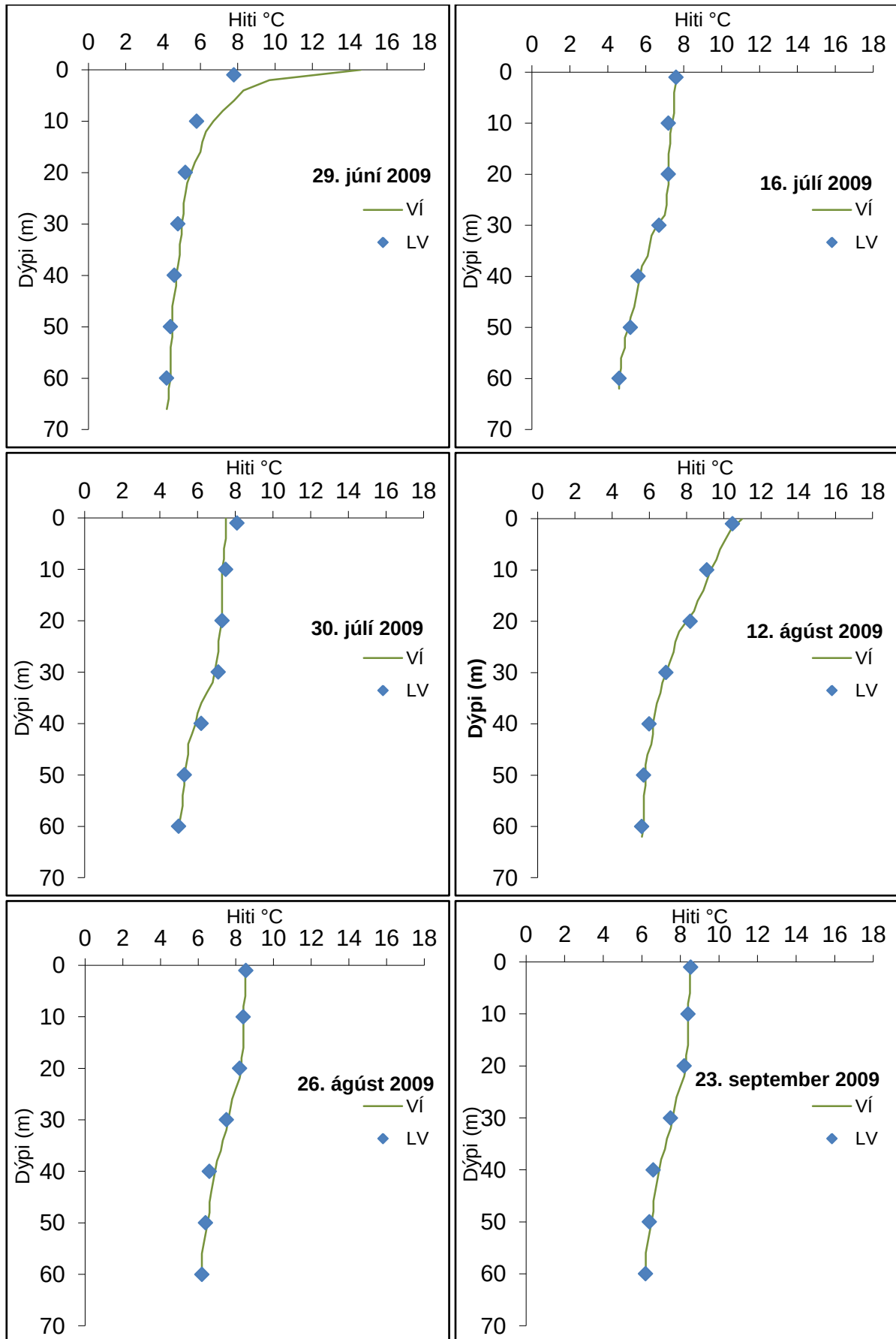


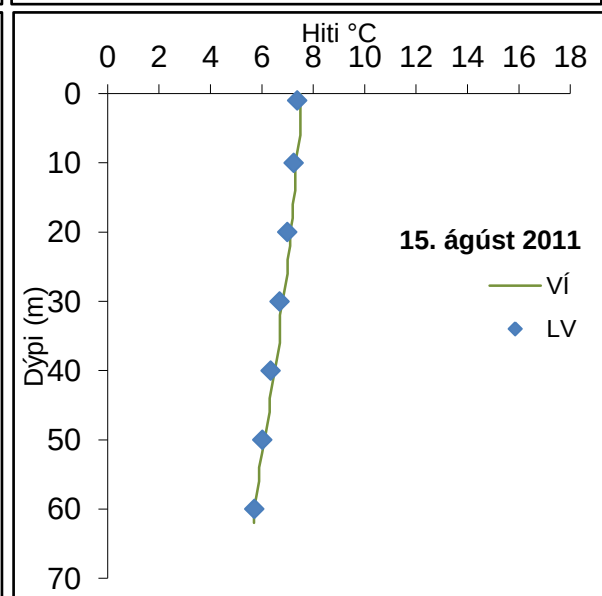
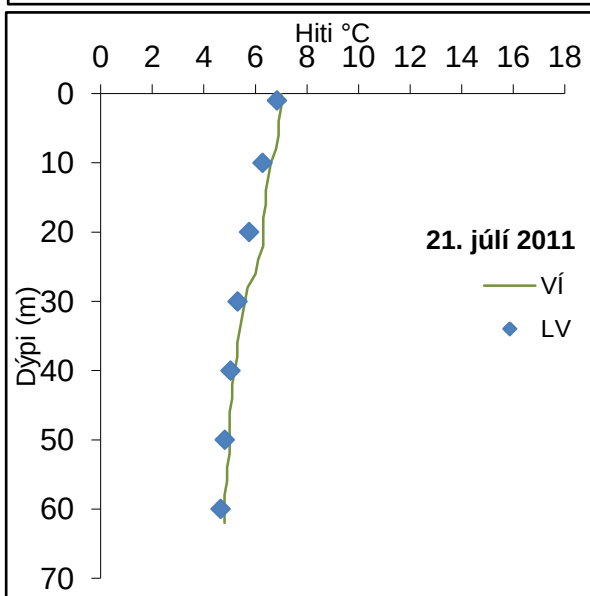
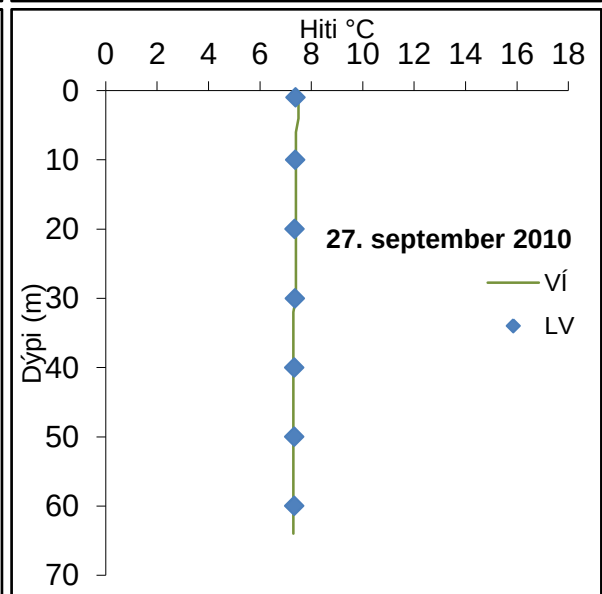
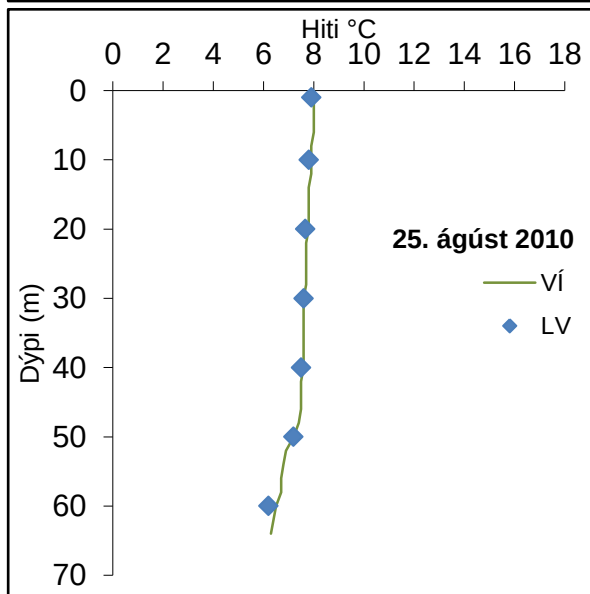
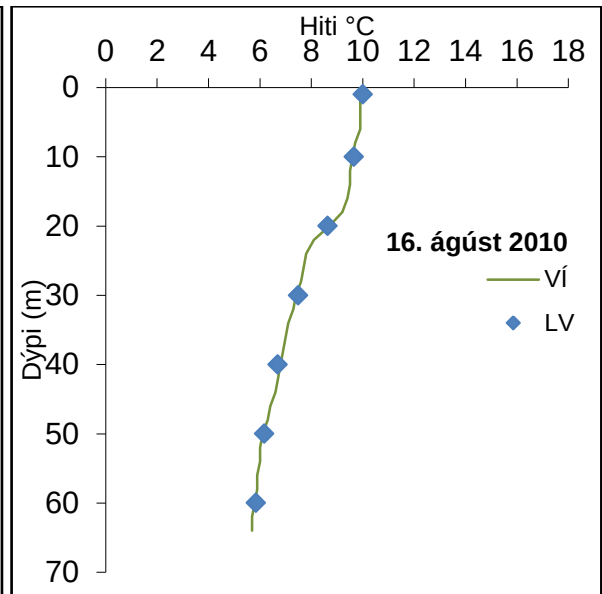
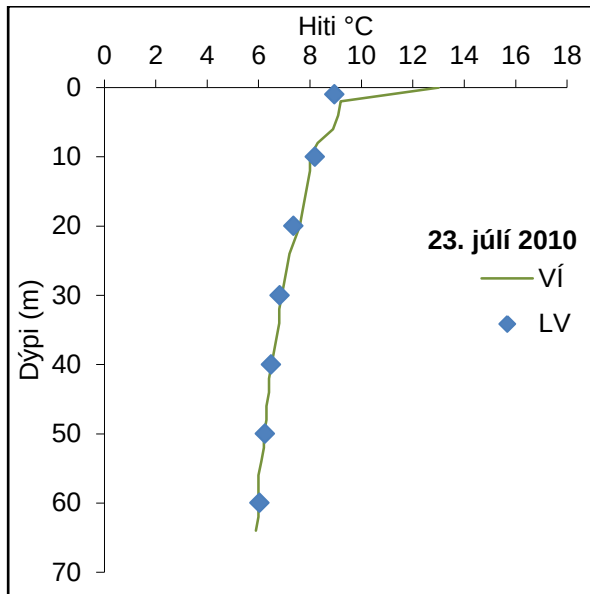


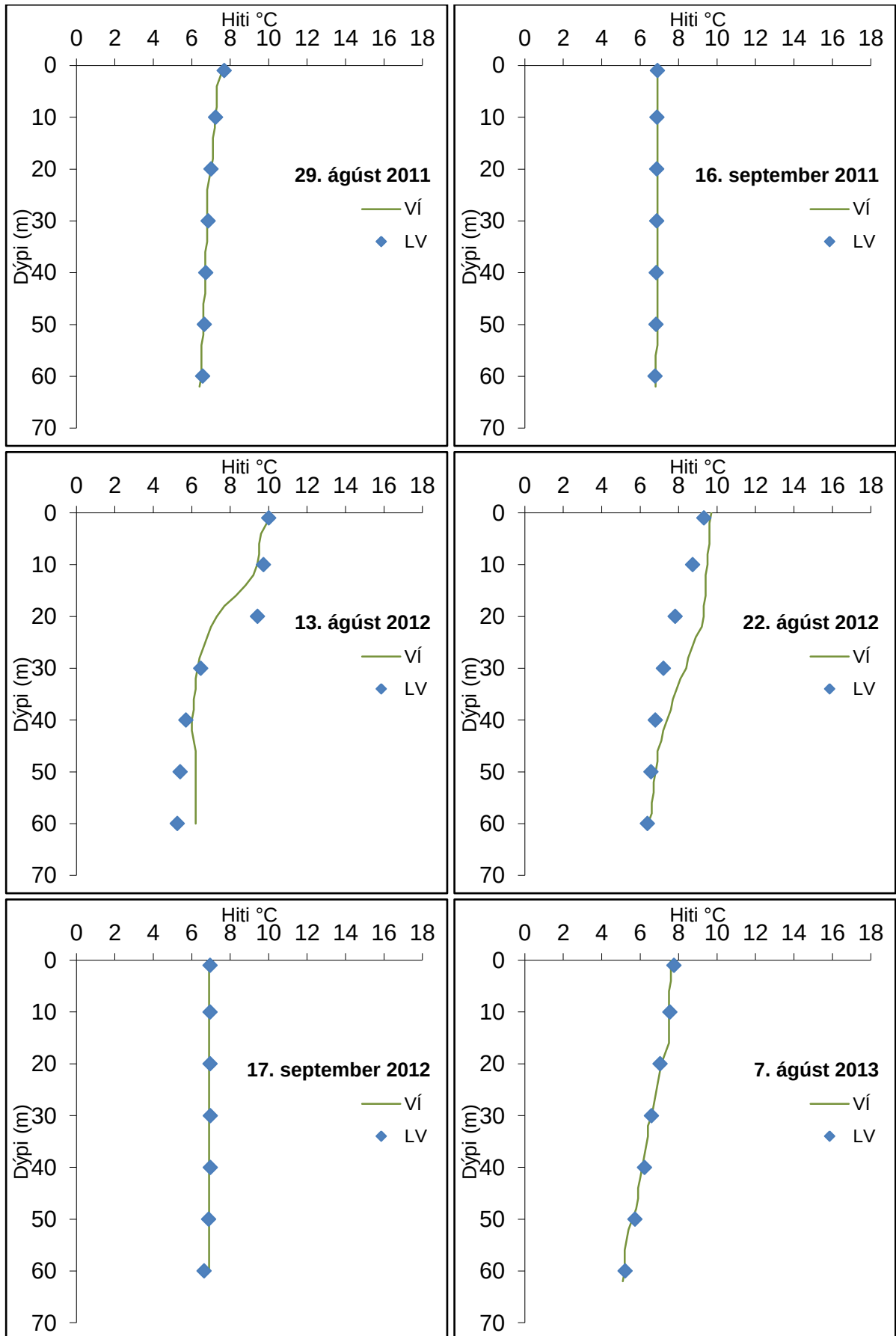
Viðauki 2

Hitamælingar í Lagarfljóti við Strönd 2009-2013

Samanburður á mælingum úr síritum Landsvirkjunar og
stökum sniðmælingum Veðurstofu Íslands



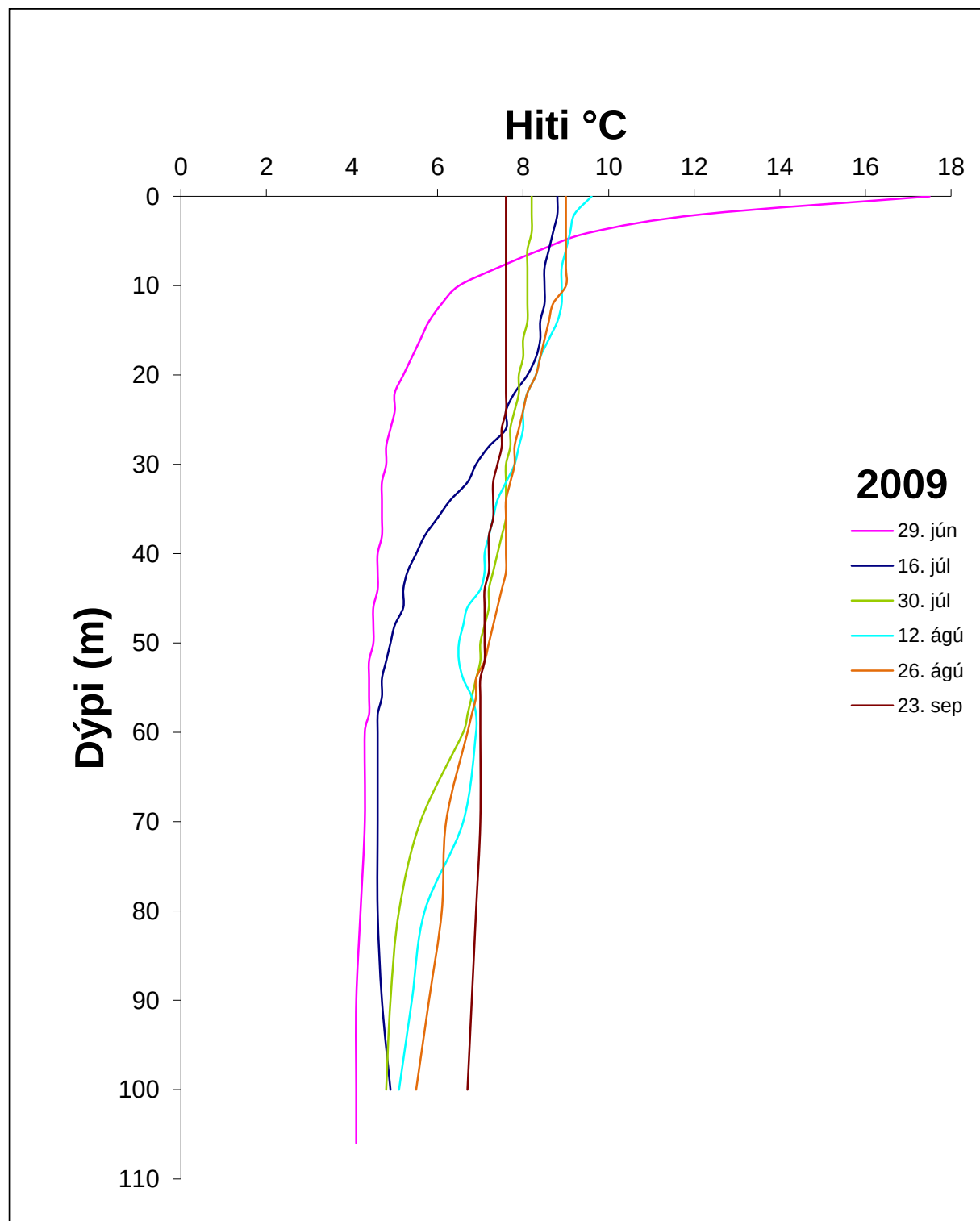


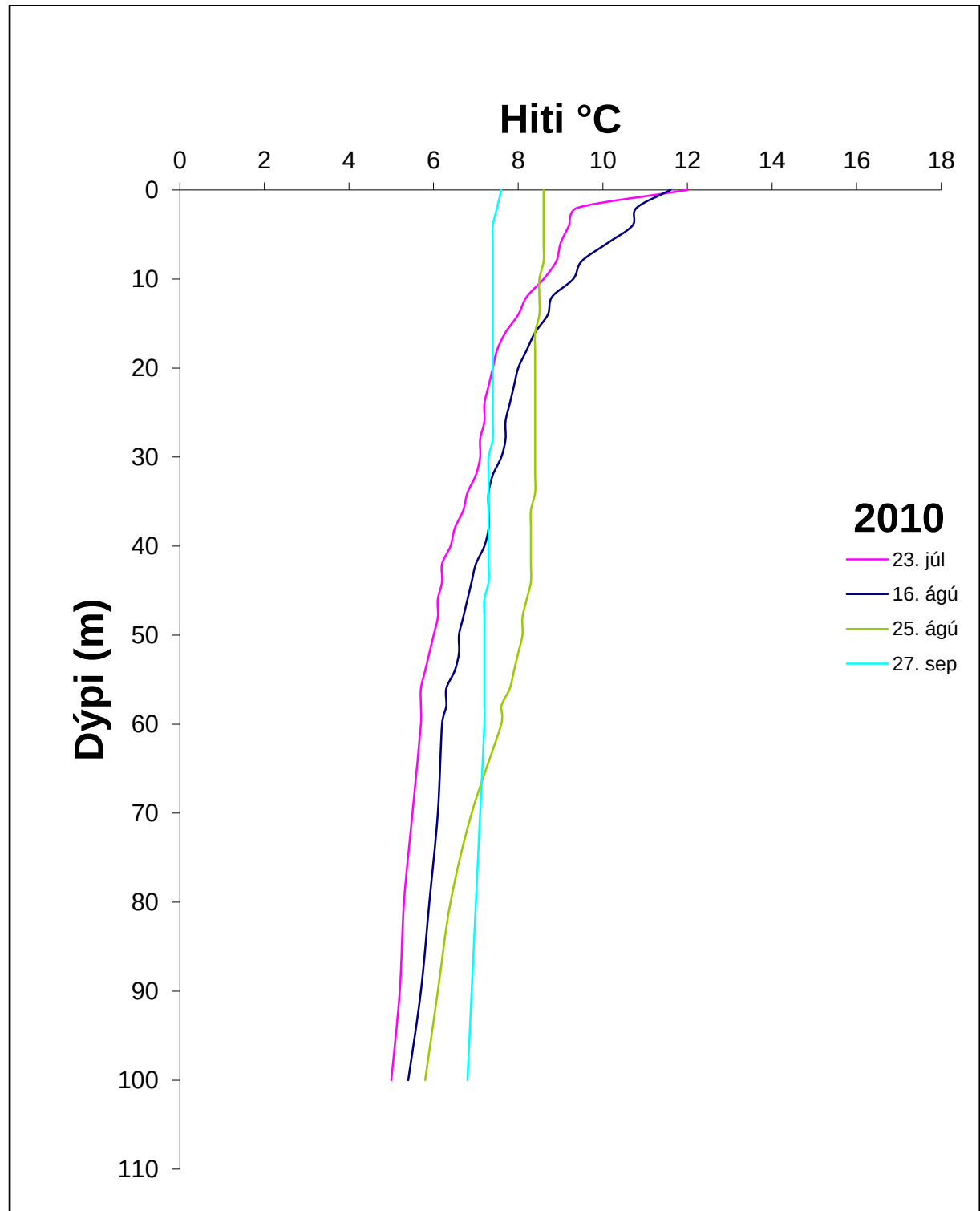


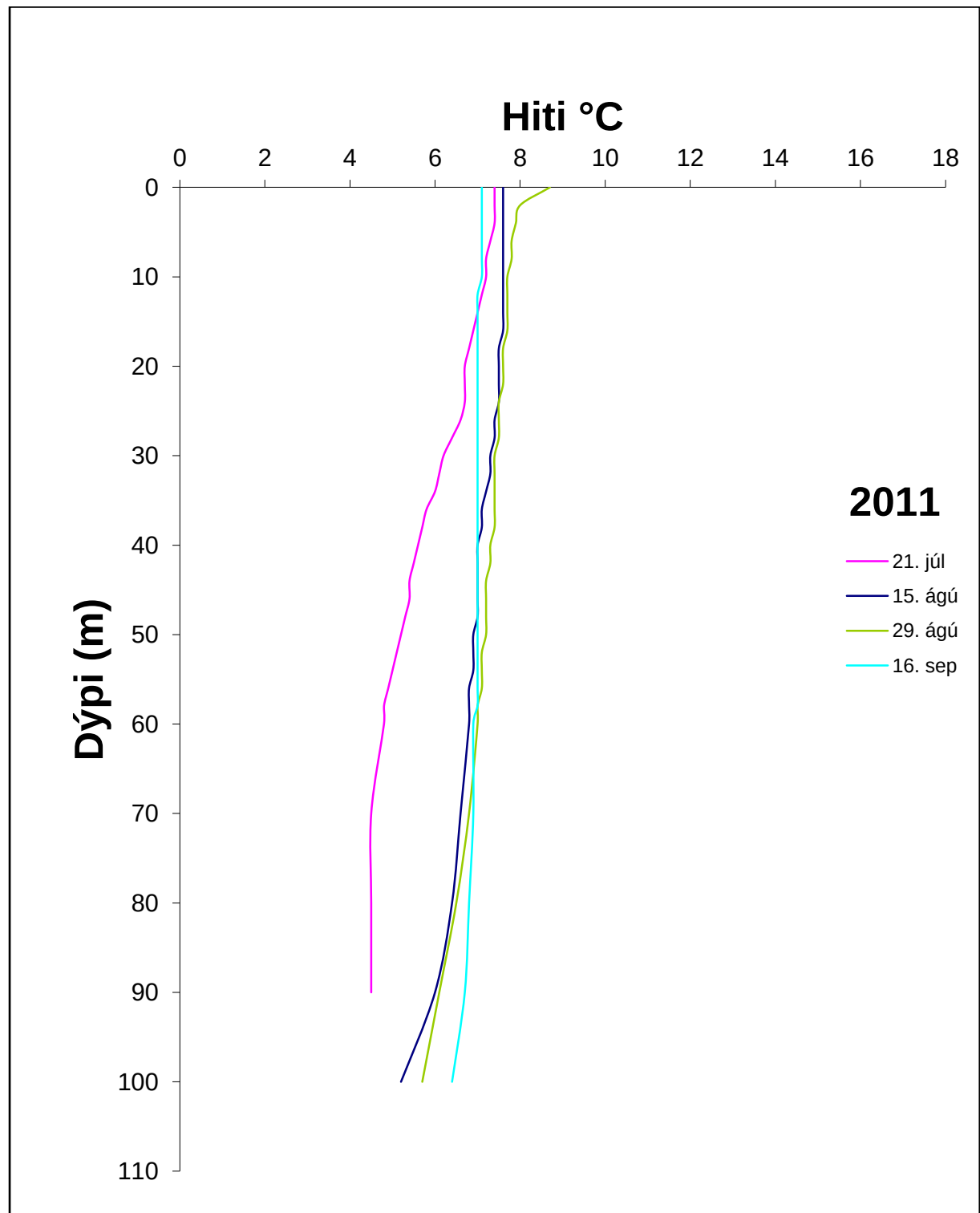
Viðauki 3

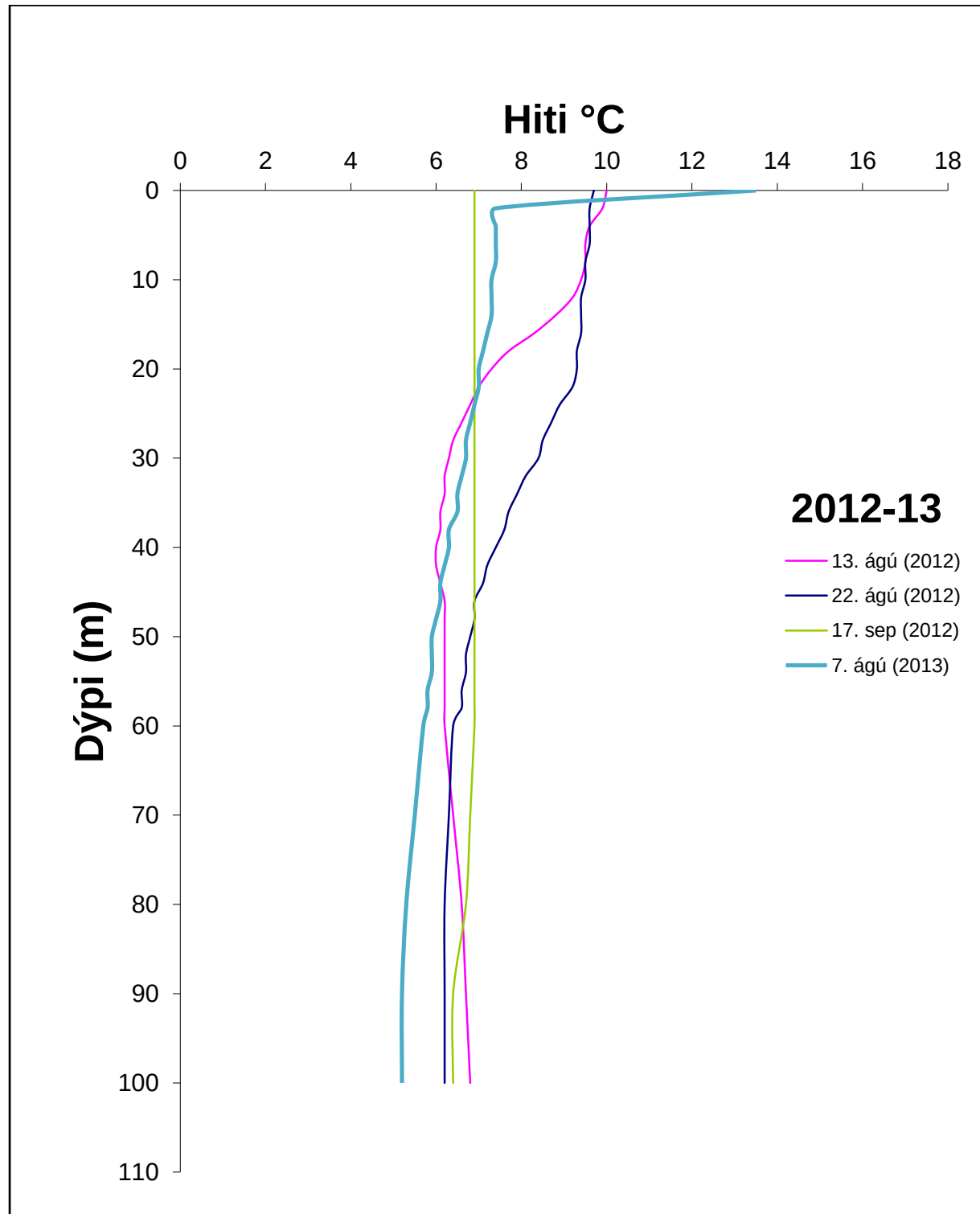
Hitamælingar í Lagarfljóti við Hafursá 2009-2013

Stakar sniðmælingar Veðurstofu Íslands





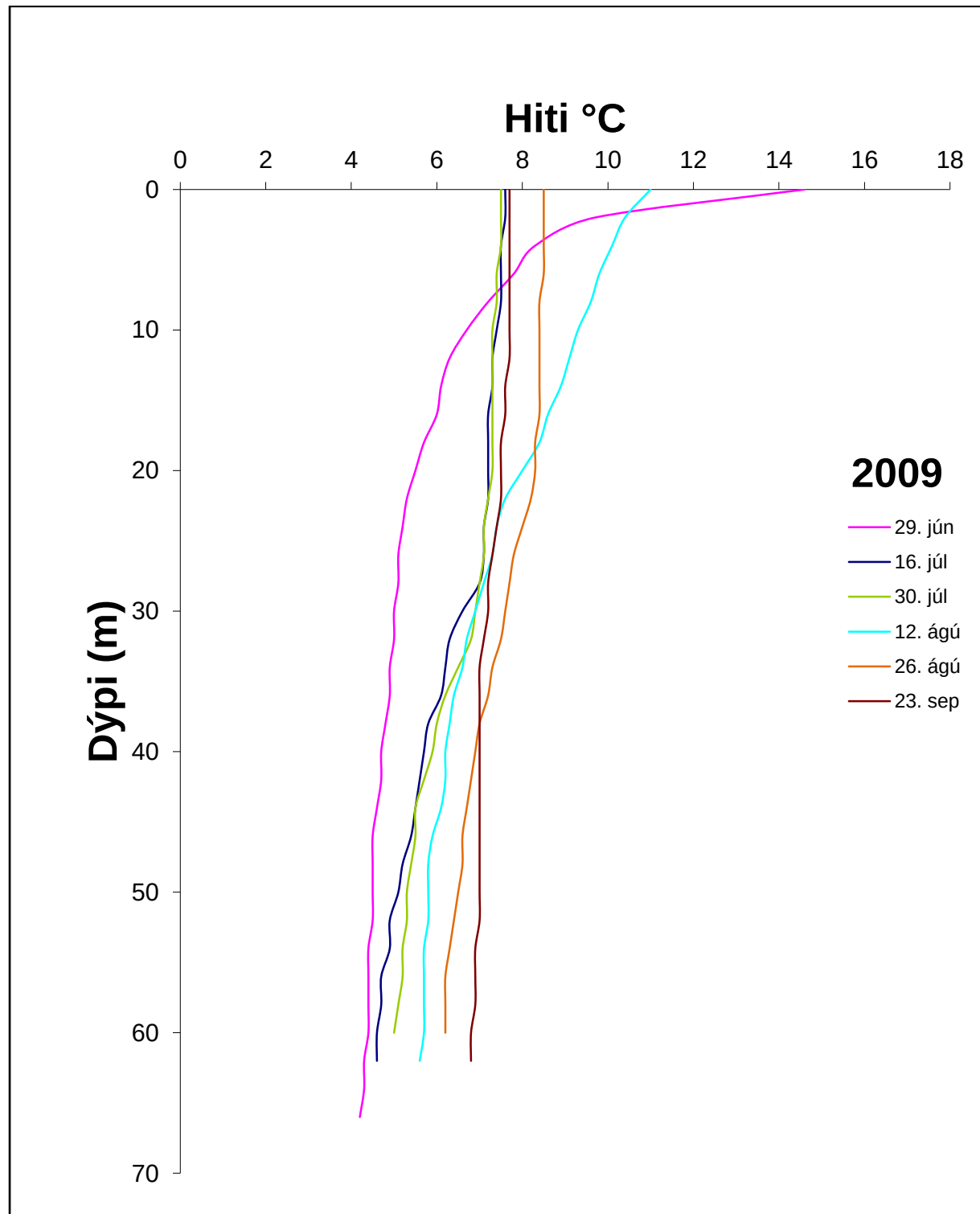




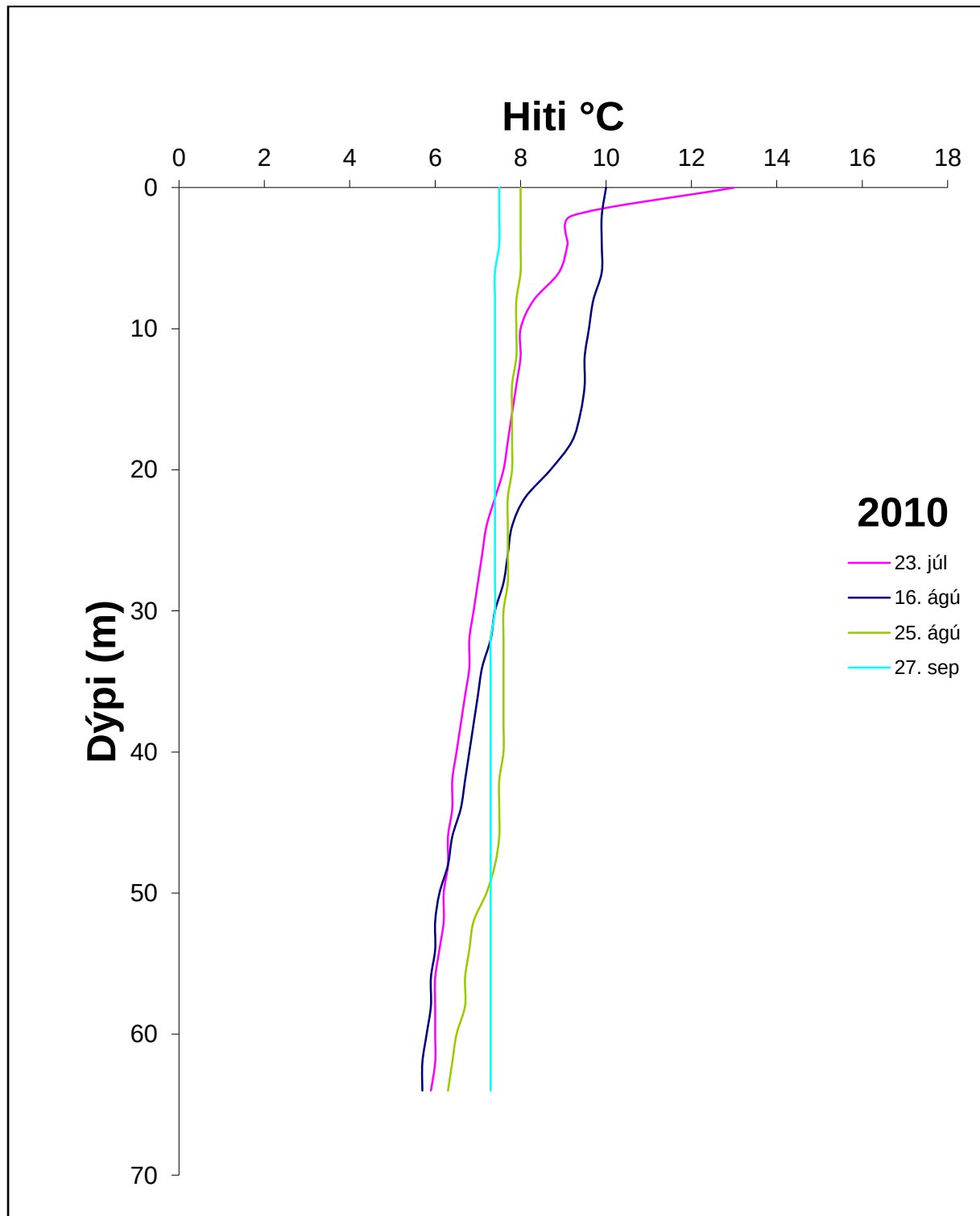
Viðauki 4

Hitamælingar í Lagarfljóti við Strönd 2009-2013

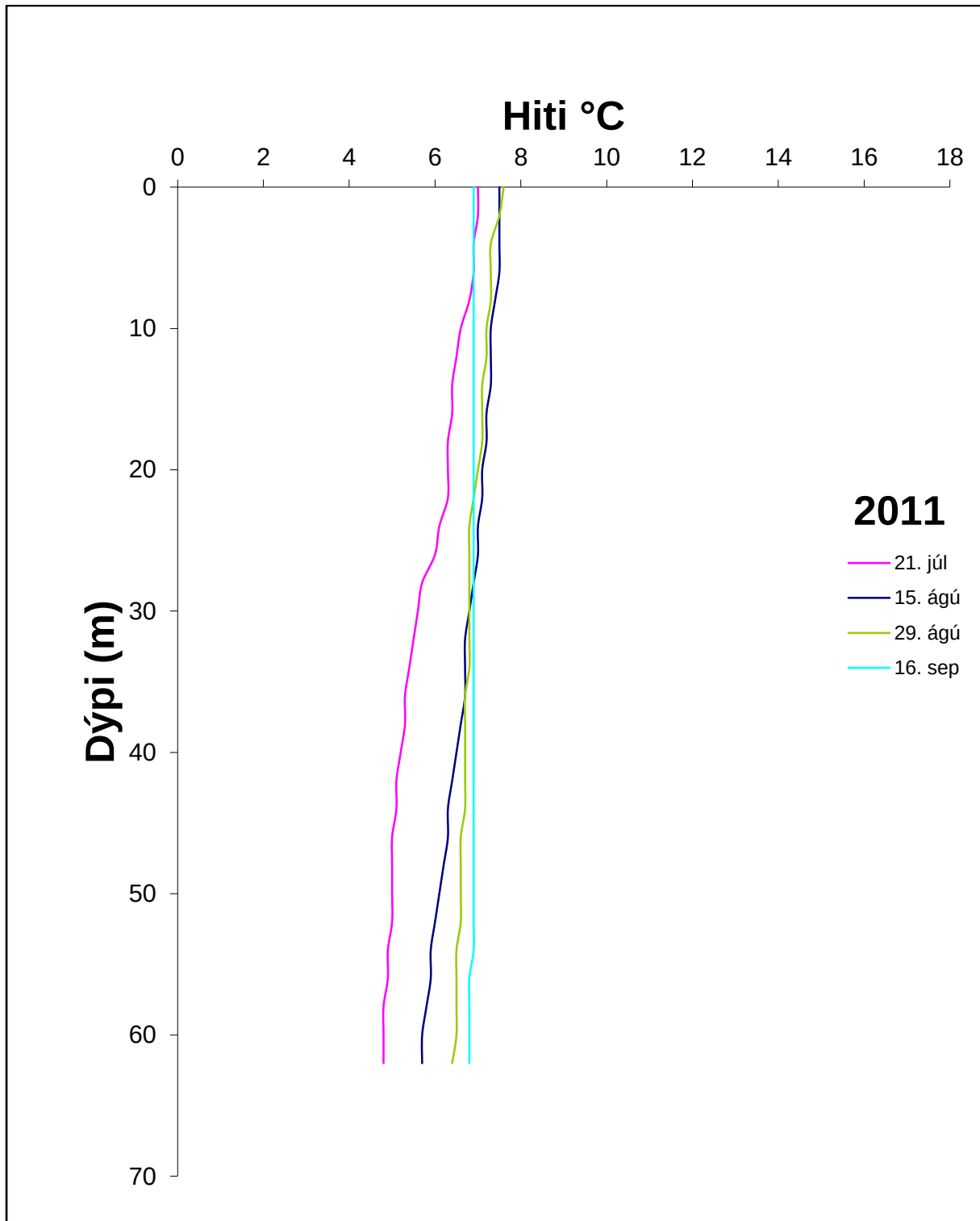
Stakar sniðmælingar Veðurstofu Íslands

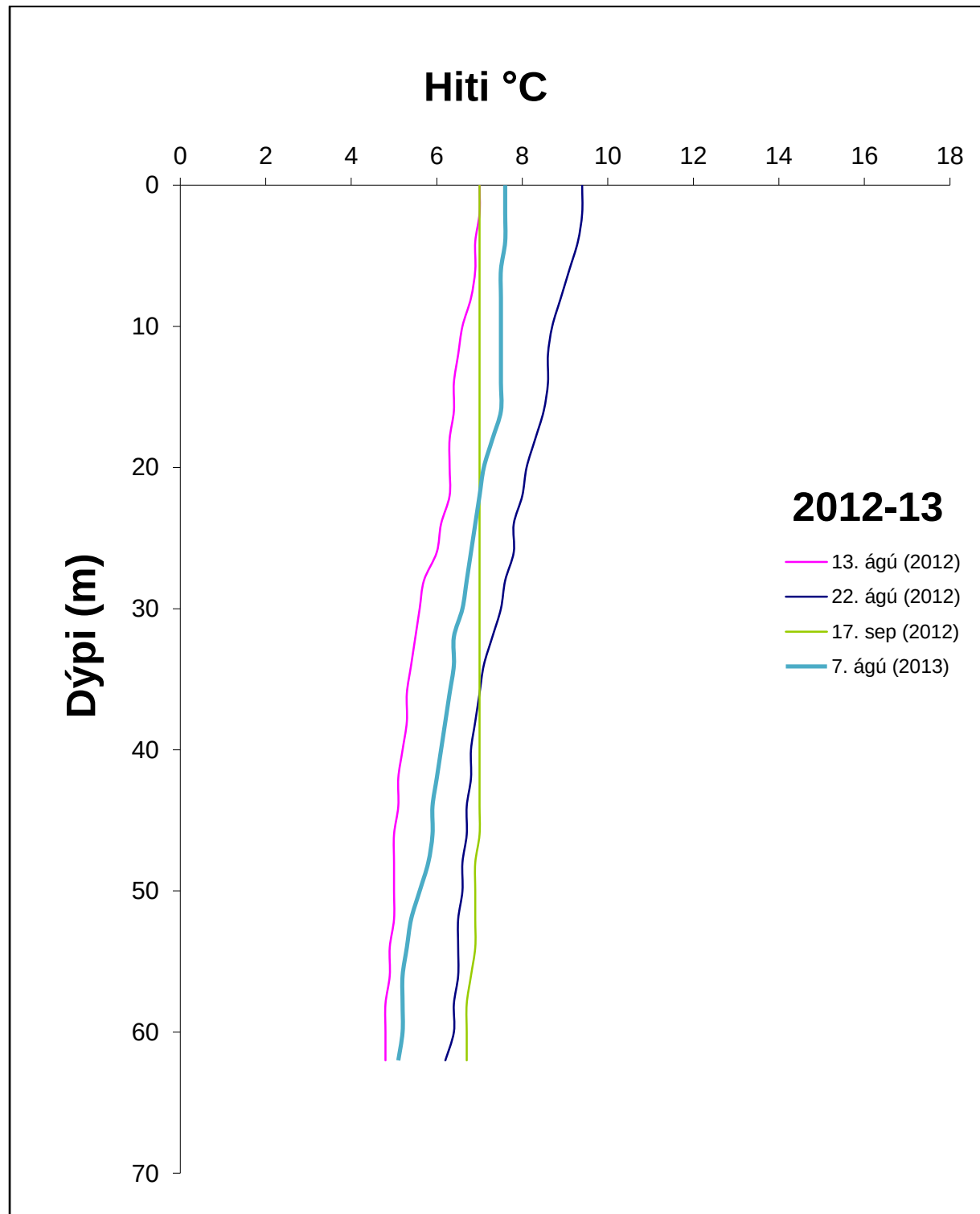


Vatnshiti í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar



Vatnshiti í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar







Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

