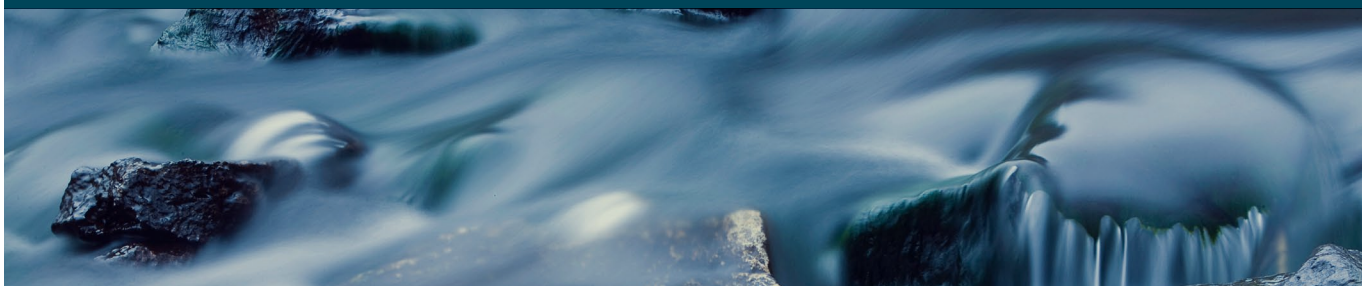


LV-2014-050



Landsvirkjun



Sniðmælingar Háslóns sumarið 2013

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2014-050

Dags: 1.4.2014

Fjöldi síðna: **Upplag: 12**

Dreifing:

- Birt á vef LV
- Opin
- Takmörkuð til

Titill: Sniðmælingar Háslóns sumarið 2013

Höfundar/fyrirtæki: Andri Gunnarsson, Theódór Theódórsson, Ragnar Þórhallsson, Jón Búi Xuyi, Gunnar Þór Jónsson

Verkefnisstjóri: Andri Gunnarsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Háslón var sniðmælt sumarið 2013 til að uppfæra mat á rýmd. Lónið hafði þá verið 5 ár í rekstri. Rýmd lónsins eykst um 110 Gl. Rýmdaraukinguna má rekja til hopunar Búarjökuls

Lykilorð: Háslón, sniðmælingar, fylgeislamælingar, eingeislamælingar, landmælingar, rýmd, aurburður, botnskrið

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Andri Gunnarsson

Sniðmælingar Háslóns 2013



Samantekt

Úrvinnsla mælinga sýnir að rúmmál Háslóns eykst frá fyrra mati, síðan 2001. Breytingar í rúmmáli eru litlar fyrir lægri hæðarbil lónsins, eða um 15 Gl fyrir vatnshæðir undir 600 m y.s. en fyrir vatnshæðir yfir 600 m y.s. er rúmmálsaukningin um 95 Gl. Heildar rúmmálsaukningin er því um 110 Gl en þessa breytingu má aðallega rekja til þess að Brúarjökull hefur hropað um 4.5 km frá árinu 2000. Vegna þessara breytinga er erfitt að meta í raun hversu mikið efni sest fyrir í lóninu á tímabilinu 2008-2013 þar sem botnkortin milli mælinga eru ekki vel samanburðarhæf vegna breytinga á sporði Brúarjökuls. Áætla má að rýmdaraukning lónsins sé hinsvegar meiri en sú sem mældis þar sem aur og botnskrið hefur sest til í lóninu og byggt á mati VST og Vatnaskila ætti að vera um 25-35 Gl rýmd í lóninu sem horfið hefur vegna aursöfnunar á rekstartíma lónsins. Því má áætla að aukin rýmd sem hopun Brúarjökuls hefur í för með sér sé í raun um 135-145 Gl.



1. Efnisyfirlit

1.	Inngangur	4
2.	Tilgangur vöktunar	6
3.	Mælingar	6
3.1	Framkvæmd	6
3.2	Mælibúnaður	7
3.2.1	Fjölgeislamælingar	7
3.2.2	Eingeislamælingar	8
3.2.3	Landmælingar og fastmerki	9
3.2.4	Úrvinnsla gagna	9
4.	Niðurstöður	10
4.1	Eldri mælingar	10
4.2	Mælingar 2013	11
5.	Heimildir	13
6.	Viðaukar	13
6.1.	Tafla með sambandi lónhæðar við flatarmál og rúmmál frá 1998 og 2013	13
6.2.	Hæðarkort Háslóns m.v. mælingu 2013	13
6.3.	Gagnakort mælingar 2013	13



1. Inngangur

Háslón er stærsta manngerða miðlunarlón á Íslandi og miðlar vatni til Fljótisdalsstöðvar. Mynd 1 sýnir yfirlitsmynd af vatnasviði Fljótisdalsstöðvar. Rekstur hennar hófst árið 2007 en fylling Háslóns hófst haustið 2006. Þrjár stíflur mynda Háslón, Kárahnjúkastífla er efst í Hafrahvammagljúfrum og er hæsta grjótstífla í Evrópu með steyptri þéttikápu. Hún stíflar Jökulsá á Dal við Fremri Kárahnjúk. Austan við Kárahnjúkastíflu er minni stífla, Desjarárstífla, í drögum undir Fremri Kárahnjúki og í dalverpi að vestanverðu er Sauðárdalsstífla. Saman mynda þessar stíflur Háslón sem er nú um 62 km² að stærð og nær inn að Brúarjökli¹.

Með tilkomu virkjunarinnar urðu verulegar breytingar á aurburði í vatnsföllum á áhrifasvæði hennar. Langmest urðu þessi áhrif í Jökulsá á Dal, enda er aurburður þar mjög mikill en eftir virkjun berst aurburður árinna inn í Háslón og veldur þar setmyndun og minnkar með því miðlunargetu lónsins. Þrátt fyrir að aðeins lítill hluti aurburðarins komist í gegnum lónið og virkjunina til Lagarfljóts, verður aukning svifaus þar veruleg. Setmyndun í Háslóni getur haft áhrif á líftíma virkjunar vegna skerðingar á rýmd og er því þáttur sem þarf að fylgjast með þegar áhrif hennar á sjálfbæra þróun eru metin.

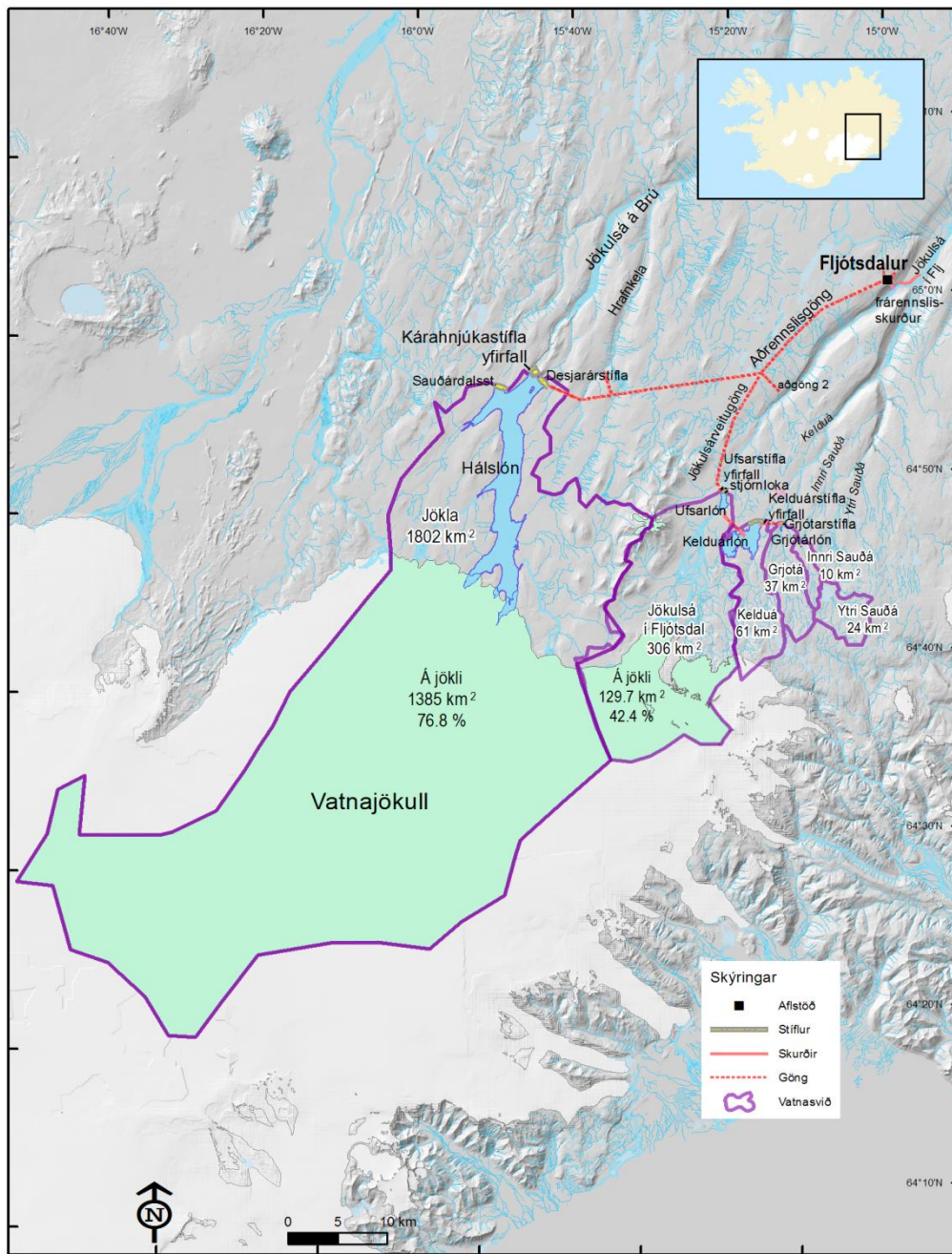
Rennsli til Háslóns samanstendur að langmestu leyti af jökulrennsli frá Brúarjökli. Vatnasvið Jökulsár á Dal við Kárahnjúka er talið um 1800 km², þar af um 1400 km² á jökli. Rennsli frá jöklinum skiptist milli meginkvísar Jökulsár á Dal, Gljúfrakvísar, Kringilsár og Sauðár. Meðalrennsli við Kárahnjúka er talið um 103 m³/s. Skipting rennslis frá jökli er samkvæmt Tafla 1.

Tafla 1 - Skipting innrennslis til Háslóns (VST, 2001)

Vatnsfall í innrennsli	Hlutfall heildarrennslis
Jökulsá	43%
Gljúfrakvíls	27%
Kringilsá	14%
Sauðá	16%

Á jökulleysingatímabilinu (júlí-september) koma um 70% af ársrennsli árinna fram og um 80-90% af heildarframburði árinna. Aurburði í ám má almennt skipta í tvennt. Annars vegar er botnskrið, sem samanstendur af þyngsta og grófasta efninu, sem skriður fram eftir botni árinna. Hins vegar er svifaur, fínna efni sem er dreift yfir dýpi árinna. (Kjara & Sigurjónsson, 2005).

¹ <http://www.landsvirkjun.is/Fyrirtaekid/Aflstodvar/Fljotsdalsstod> (sótt 19.02.2014)



Vatnasvið Fljótsdalsvirkjunar

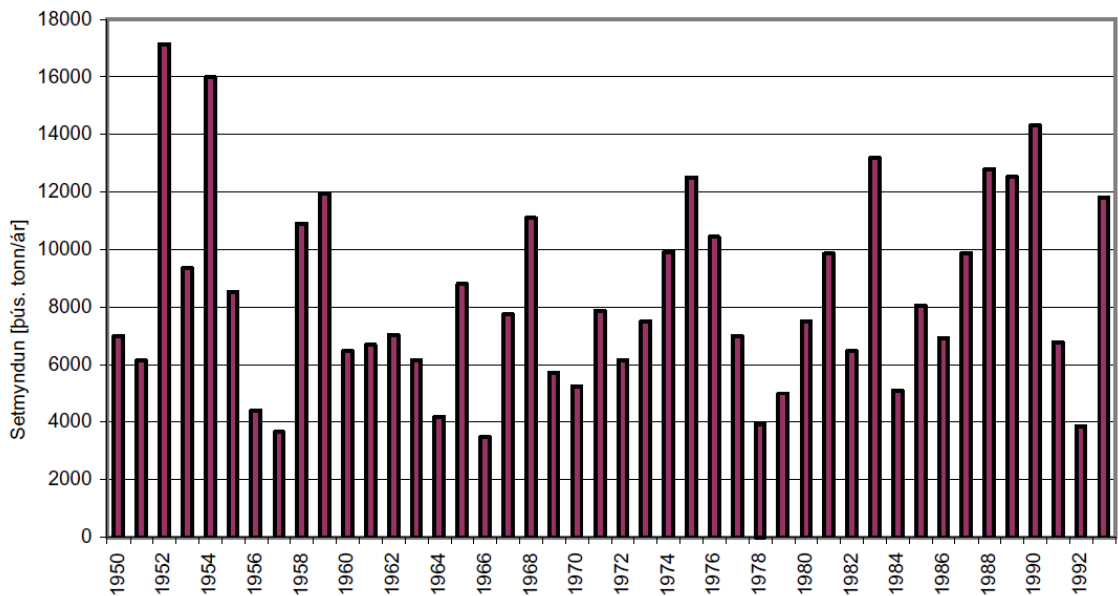
Samkvæmt rennislíkani Vatnaskila

Mynd 1 – yfirlitsmynd af virkjanasvæði Fljótsdalsstöðvar. Vatnasvið Háslóns er um 1802 km² en þar af eru 1385 km² jökull.

Mat á aursöfnun Háslóns hefur verið unnin í nokkrum verkefnum. VST hefur setti fram mat sem gerir ráð fyrir að meðaltali berist um 10.0 millj. tonn árlega inn í lónið en 9.3 millj.tonna setjist til í lóninu árlega (VST, 2001). Áætlað er að 1/3 hluti aurburðar sem berst til lónsins sé svifaur en 1/3 botnskrið að meðaltali. Hafa verður í huga að breytileiki milli ára getur verið mikill. Mynd 2 sýnir reiknaðan breytileika í heildarsetmyndun í Háslóni samkvæmt líkani VST. Breytileikin er frá 0.38 millj.tonn árlega til allt að 17.2 millj.tonna árlega. Samkvæmt ofangreindu yrði meðalsetþykkt 96,5 mm ef allur aur dreifðist jafnt yfir allt lónið sem er 57 km² og gert er ráð fyrir



eðlisþyngd 1400 kg/m^3 . Ef miðað er við lónrými 2100 Gl þá tæki það um 400 ár að fylla lónið (Kjaran & Sigurjónsson, 2005).



Mynd 2 – Heildarsetmyndun hvers árs í Hálslóni (VST, 2001).

2. Tilgangur vöktunar

Setmyndun í Hálslóni getur haft áhrif á líftíma virkjunar og er því þáttur sem þarf að fylgjast með þegar áhrif hennar á sjálfbæra þróun eru metin. Landsvirkjun hefur skilgreint vísa sem vaktaðir eru í sjálfbærni-verkefni á Austurlandi sem snúa að vöktun á uppsöfnun aurs í Hálslóni (vísir 2.5). Ef setmyndun í Hálslóni er mikil getur hún einnig haft áhrif á orkugetu lónsins. Því er nauðsynlegt að þekkja vel og uppfæra reglulega samband lónhæðar og rýmdar fyrir lónið. Mælingin sem nú er gerð tekur til alls lónsins og ætti að endurtakast eftir um 10 ár (2023). Að 5 árum liðnum (2018) væri ráðlegt að mæla efri hluta lónsins aftur til að fá endurmat á rýmdarbreytingum þar sem stærstur hluti þess efni sem sest til í lóninu er efst. Einnig er mikilvægt að fylgjast með hreyfingum Brúarjökuls og áhrifum hans á Hálslón.

3. Mælingar

3.1 Framkvæmd

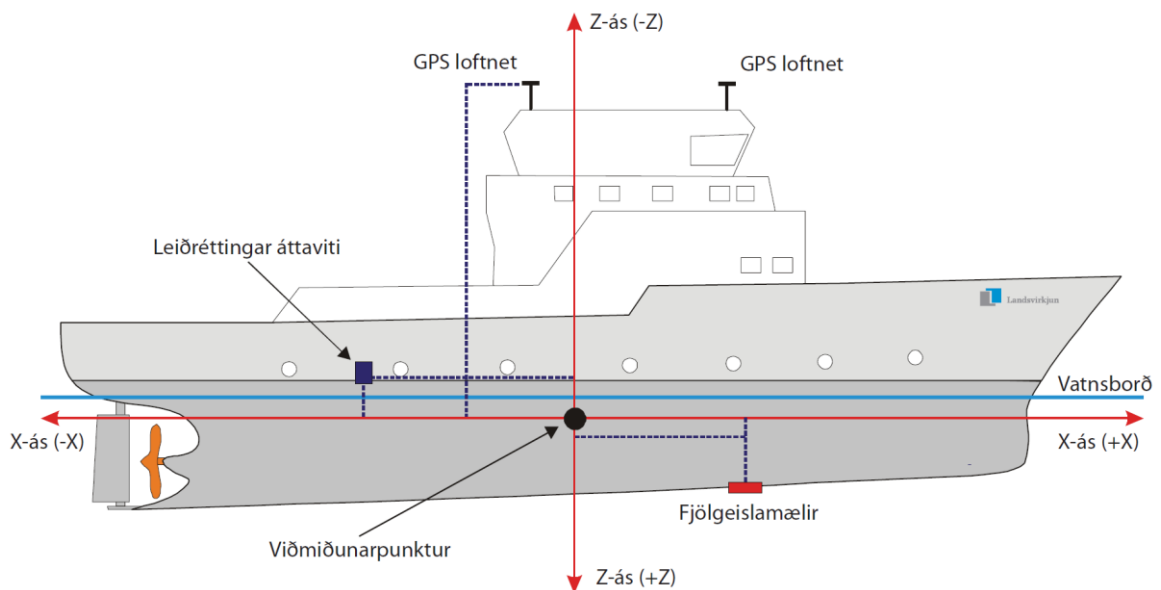
Rannsóknardeild Landsvirkjunar sá um framkvæmd og úrvinnslu sniðmælinga í Hálslóni. Mælingar voru gerðar í tveim ferðum, 9-13. september 2013 og 18. – 20 september 2013. Gögnum var safnað með fjölgeislamælingum, eingeislamælingum og hefðbundnum landmælingum. Starfsmenn við mælingar voru Ragnar Þórhallson, Gunnar Þ. Jónsson, Jón Thuy Xuan Búi og Andri Gunnarsson. Úrvinnsla og greining mælinga var unnin af Andra Gunnarssyni og Theódór Theódórssyni. Í viðauka er gagnakort mælinganna sem sýna snið og svæði sem mæld voru.



3.2 Mælibúnaður

3.2.1 Fjölgeisla mælingar

Mælikerfið samanstendur GNSS staðsetningarkerfi og Kongsberg EM3002 fjölgeisladýptarmæli. GNSS mælikerfið er byggt upp þannig að móðurstöð (e. base) er stillt upp á þekktu landmælingarhniti og við hana er settur endurvarpi sem endurvarpar merkinu allt að 10 km leið í sjónlínu. Milli báts og móðurstöðvar er radíósamband. Nákvæmni staðsetningar er 0.05 – 0.10 m og 0.02-0.05 m í hæð en það fer eftir stöðugleika móttakara og fjarlægð frá móðurstöð. Í bátnum eru tveim Trimble SPS GNSS móttökum með loftnetum komið fyrir og þannig er staðsetning og stefna bátsins reiknuð út m.v. afstöðu loftneta. Neðst í bátnum er Kongsberg EM3002 fjölgeisla mælir sem að mælir dýpt m.v. sjálfan sig. Mælisvið fjölgeisla mælisins er 120° eða um 3.5-4 sinnum dýpi. Í bátnum er leiðréttingarbúnaður (Kongsberg Seatex MRU) sem leiðréttir mælingarnar fyrir halla í x,y,z plönnum. Með því að keyra saman allar þessar leiðréttingar í rauntíma fæst mjög nákvæm x,y,z mæling þar sem x og y eru WGS84 hnit en z er ÍSNET2004 hæð. Mynd 3 sýnir uppsetningu mælibúnaðarins í bátnum og staðsetningu helstu hluta mælikerfisins og skilgreiningar hnitakerfa.



Mynd 3 – uppsetning mælibúnaðar í fjölgeisla mælingabát Landsvirkjunar.

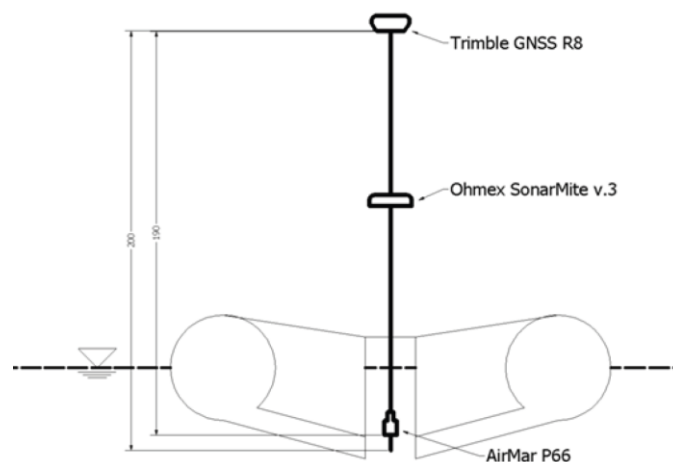
Til kvörðunar mælingum með fjölgeisla mæli er hljóðhraði í vatni mældur samhliða mælingu. Í upphafi hvernar mælingar er mælt snið sem sýnir breytileika hljóðhraða sem fall af dýpi. Þar sem hljóðhraði er breytilegur eftir staðsetningu í lóninu eru reglulega tekin hljóðhraðasnið til leiðréttingar á gögnum. Alls voru teknir 7 snið. Samhliða mælingunni er hljóðhraði vatns mældur í rauntíma á 1 m dýpi til að meta breytingar í hljóðhraða meðan á mælingunni stendur. Mælingar voru skráðar í gagnasöfnunartæki (Kongsberg Seafloor Information System, SIS). Frumgögn eru aðgengileg.



Mynd 4 – Fjölgeislamælingarbátur Landsvirkjunar fyrir mælingu í Háslóni í september 2013.

3.2.2 Eingeislamælingar

Mælibúnaður til eingeislamælinga samanstendur af GNSS (GPS) staðsetningarkerfi og Ohmex AirMar dýptarmæli sem bætir mældu dýpi við GNSS staðsetningarhnit. Afstöðumynd af búnaðinum má sjá á Mynd 5. GNSS mælikerfið er byggt upp þannig að móðurstöð (e. base) er stillt upp á þekktu landmælingarhniti og við hana er settur endurvarpi sem endurvarpar merkinu allt að 10 km leið í sjónlínu. Milli tækjanna er radiósamband. Nákvæmni staðsetningar er 0.05 – 0.1 m og 0.05 - 0.1 m í hæð en þó breytilegt eftir fjarlægð frá móðurstöðinni. Í bátnum er Trimble GNSS R8 móttakara komið fyrir á 2 m stöng en neðst á stönginni, 1.9 m frá móttakara er komið fyrir AirMar P66 dýptarmæli. Til að leiðrétta fyrir halla báts er komið fyrir Ohmex SonarMite v.3 hallanema sem endurreiknar dýpi m.t.t. halla og afstöðu báts m.v. lárétt fyrir öll plön. Mælingar voru skráðar í gagnasöfnunartæki og lesnar í tölvu til úrvinnslu. Djúprista bátsins er um 0.3 m.



Mynd 5 – uppsetning mælibúnaðar í eingeislamælibát Landsvirkjunar



3.2.3 Landmælingar og fastmerki

Vatnsborðshæðum og sniðum frá bökkum niður að vatnsborði er safnað til að auka áreiðanleika mælingar og fá samanburð við loftmyndir. Fjöl- og eingeislamælar geta ekki mælt grynna vatn en um 1.0 m og því er nauðsynlegt að eiga góðar mælingar á vatnsborði og landi við lónið. Landmælingar fara fram með sama hætti og sniðmælingar af bátum. Mælibúnaður til landmælinga samanstendur af GNSS (GPS) staðsetningarkerfi. Landmælingarkerfið er byggt upp þannig að móðurstöð (e. base) er stillt upp á þekktu landmælingarhniti og við hana er settur endurvarpi sem endurvarpar merkinu allt að 10 km leið í sjónlínu. Hnit eru svo mæld inn með færanlegu GPS loftneti sem fær leiðréttingu fra móðurstöðinni. Milli tækjanna er radiósamband. Nákvæmni staðsetningar er 0.01-0.05 m í plani og 0.02-0.05 m í hæð. Tafla 2 sýnir fastmerki sem notuð voru fyrir móðurstöð.

Tafla 2 – yfirlit fastmerkja sem notuð voru við mælingar

NAFN	E	N	HÆÐ	LYSINGAR
LW-333	649282.436	496313.88	656.05	BOLTI
LW-333a	649282.505	496313.791	656.053	BOLTI
VAH-V004	649331.204	483319.219	635.235	BOLTI
VAHV-001	649901.914	492812.566	629.563	BOLTI
VAHV-002	650246.398	487234.754	629.088	BOLTI
VAHV-003	649796.478	484930.714	628.273	BOLTI
VAHV-005	650109.904	481216.793	628.577	BOLTI

3.2.4 Úrvinnsla gagna

Frumgögn fjölgeislamælinga eru lesin úr Kongsberg SIS hugbúnaði og síðuð niður í 2.5 x 2.5 m möskva. Göngin eru svo lesin inn í ARCINFO GIS þar sem gögnin hreinsuð svo að útgildi og óeðlilegir toppar hverfi úr lokagagnaskrá. Vatnsborðsútlínur lónanna eru teiknaðar eftir vatnsborðmælipunktum og loftmyndum. Loftmynd sem notast er við fyrir útlínur vatnsborð er tekin með SPOT5 gervitungli 24.8.2008 en þá var lónhæð Háslóns var 625.80 m y.s. mælt í botnlökuhúsi Kárahnjúkastíflu. Þessari útlínu er gefin hæð og notuð í útreikningum ef við á. Gögnin voru lögð inn ásamt vatnsborðsútlínunni til útreiknings í ARCINFO GIS. Til að skapa reikningshæft líkan er aðgerð Topo to Raster (Spatial Analyst) beitt. Þessi aðferð þykir henta best vatnafarslegum fyrirbærum, svo sem lónum og vötnum². Á grundvelli þessa líkans voru síðan teiknaðar út hæðarlínur fyrir lónið og tegraðar til að fá rúmmál. Langsnið og þversnið voru síðan reiknuð til frekari greiningar.

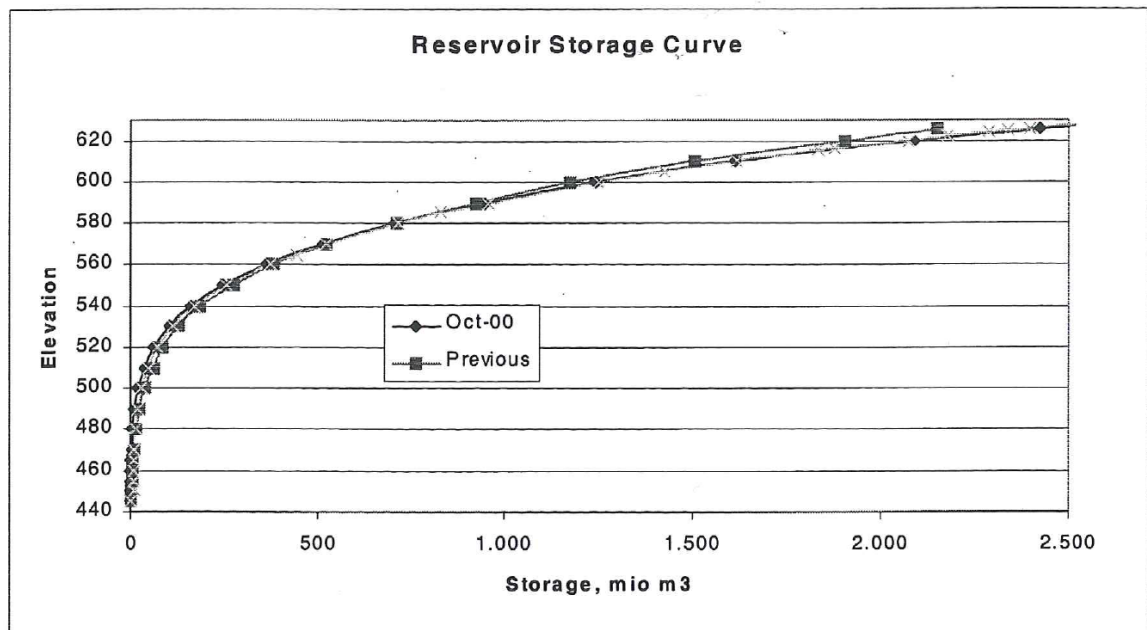
² ArcGIS Resources – ArcGIS Help v. 10.1



4. Niðurstöður

4.1 Eldri mælingar

Eldra mat á lónrýmd Háslóns var áætlað af VST (Þorkeldsdóttir, 2001). Matið byggði á flatarmálsreikningum Háslóns í mismunandi hæð yfir sjávarmáli. Stuðst var við hæðarlínugrunn frá Loftmyndum ehf en hæðarlínurnar voru unnar upp úr loftmyndum teknum í ágúst 1998, með annars vegar 2 m og hins vegar 5 m hæðarlínubili. Hnitakerfið er í ISN93. Flatarmál Háslóns var reiknað út í ArcInfo út frá 2 m hæðarlínugrunninum en einnig var stuðst við 5 m hæðarlínugrunninn til útreikninga á hæðarlínu 625 m y.s. þar sem sú hæð var ekki innan 2 m hæðarlínugrunnsins. Rúmmál lónsins er reiknað með því að brúa á milli flatarmáls lónsins í ákveðinni vatnshæð. Mynd 6 sýnir lónrýmdina fyrir upprunalegt mat byggt á loftmynd frá 1998 og endurunnið mat á rýmdinni unnið eftir að frekari mælingar voru gerðar í hæðarlínugrunninum í nóvember 2000 en þá voru gerð kort í skala 1:5000. (KEJV, 2001). Samkvæmt þeim gögnum er miðlanleg rýmd Háslóns m.v. fullt lón (550 - 625 m y.s.) 2088 Gl. Tafla 3 í viðauka sýnir samband lónhæðar og rýmdar fyrir gildandi mat fram til 2013 ásamt nýju mati.



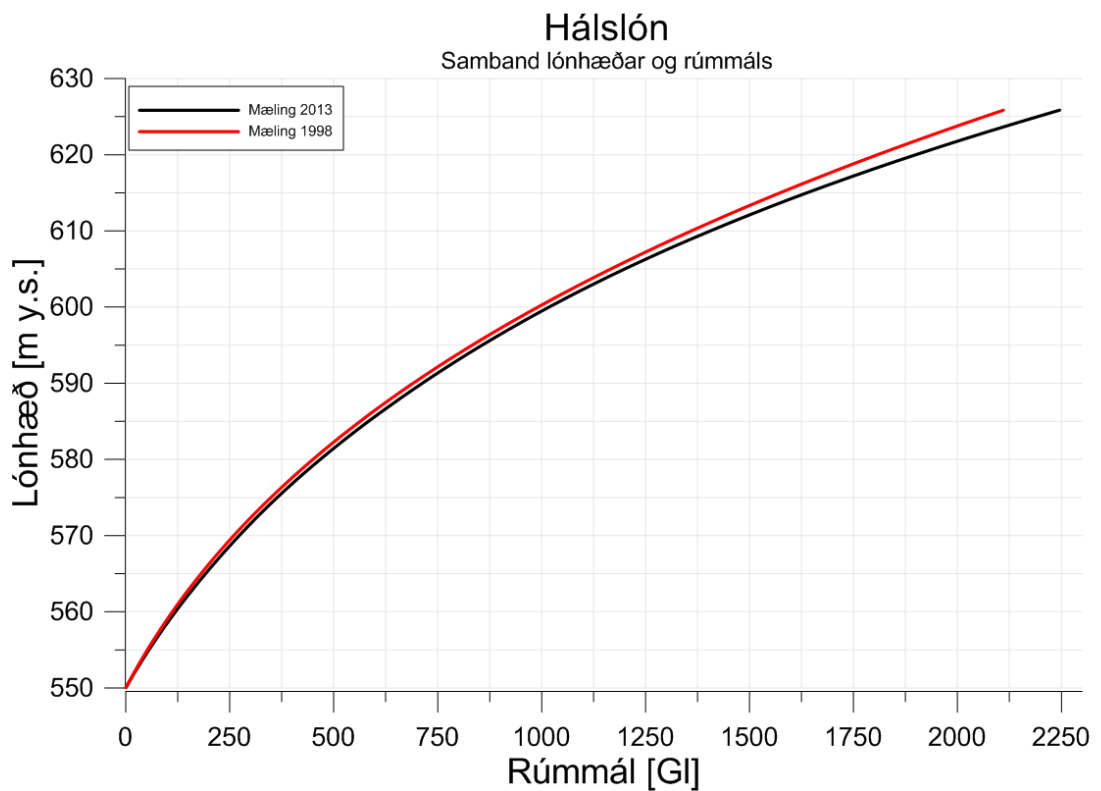
Mynd 6 – Mat á rýmd Háslóns. Byggt á loftmynd frá 1998 með 2 og 5 m hæðarlínum og endurmat frá 2001 með 1 m hæðarlínu gögnum fyrir hluta svæðisins. (KEJV, 2001), (Þorkeldsdóttir, 2001).



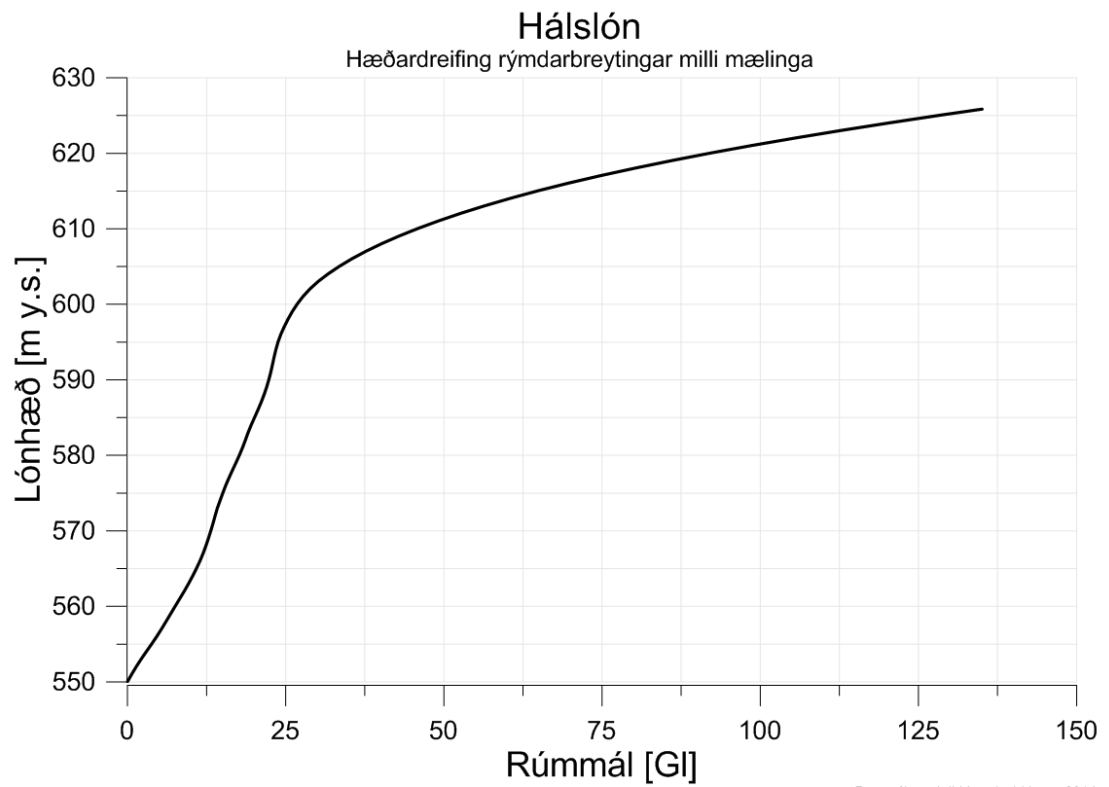
4.2 Mælingar 2013

Úrvinnsla mælinga sýnir að rúmmál Háslóns eykst frá fyrra mati. Mynd 7 sýnir samband lónhæðar og nýtanlegs rúmmáls lónsins bæðir fyrir eldra mat frá 1998 og mælingar 2013 en Mynd 8 sýnir dreifingu rúmmálsbreytinganna milli mælinga sem fall af hæð í lóninu. Breytingar í rúmmáli eru litlar fyrir lægri hæðarbil lónsins, eða um 15 Gl fyrir vatnshæðir undir 600 m y.s. en fyrir vatnshæðir yfir 600 m y.s. er rúmmálsaukningin um 95 Gl. Heildar rúmmálsaukningin er því um 110 Gl en þessa breytingu má aðallega rekja til þess að Brúarjökull hefur hopað um 4.5 km frá árinu 2000. Þetta er í samræmi við mat Jarðvísindastofnunar Háskóla Íslands á því hvernig Brúarjökull myndi bregðast við lóninu (Björnsson, Pálsson, Guðmundsson, & Eydal, 2001) en þar var spáð að jökulsporðurinn myndi hopa um 4 km vegna aukins vatnsprýstings frá Háslóni á botn jökulsins.

Vegna þessara breytinga er erfitt að meta í raun hversu mikið efni sest fyrir í lóninu á tímabilinu 2008-2013 þar sem botnkortin eru ekki vel samanburðarhæf. Nákvæmni íssjarmælinga af botni Brúarjökuls fyrir hopun hans eru ekki nægjanlega nákvæm svo hægt sé að nýta þau til mats á heildarrúmmáli lónsins fyrir eldra botnkort til samanburðar. Áætla má að rýmdaraukning lónsins sé hinsvegar meiri þar sem aur og botnskrið hefur sest til í lóninu og byggt á mati VST og Vatnaskila ætti að vera um 25-35 Gl rýmd í lóninu sem horfið hefur vegna aursöfnunar. Því má áætla að aukin rýmd sem hopun Brúarjökuls hefur í för með sér sé í raun um 135-145 Gl.



Mynd 7 – Samband lónhæðar Háslóns og rúmmáls. Rauð lína tilgreinir eldar mat á lónhæð frá VST en svört lína byggir á mælingum sumarið 2013.



Mynd 8 – Mismunur á rúmmálsmati milli mælinga 1998 og 2013 og dreifing uppsafnaðs rúmmáls með hæð.



5. Heimildir

Björnsson, H., Pálsson, F., Guðmundsson, S., & Eydal, G. P. (2001). *Áhrif Háslóns á Brúarjökul - LV-2001/013 - RH-04-2001*. Reykjavík: Landsvirkjun.

KEJV. (2001). *Kárahnjúkar Hydroelectric Project Updated Project Planning Report*. Reykjavík: KEJV.

Kjaran, S. P., & Sigurjónsson, H. (2005). *HÁLSLÓN Aurburður og setmyndun*. Reykjavík: Landsvirkjun.

Pálsson, S., Harðardóttir, J., Vigfússon, G., & Snorrason, Á. (2000). *Reassemssment of suspended sediment load of river Jökulsá á Dal at Hjarðarhagi, OS-2000/070*. Reykjavík: Orkustofnun.

VST. (2001). *Kárahnjúkavirkjun. Aurburður og setmyndun í lóninu. 2000-0304/02*. Reykjavík: VST.

Þorkeldsdóttir, H. K. (2001). *Kárahnjúkavirkjun: Lónkúrfa Háslóns*. Reykjavík: VST.

6. Viðaukar

6.1. Tafla með sambandi lónhæðar við flatarmál og rúmmál frá 1998 og 2013

6.2. Hæðarkort Háslóns m.v. mælingu 2013

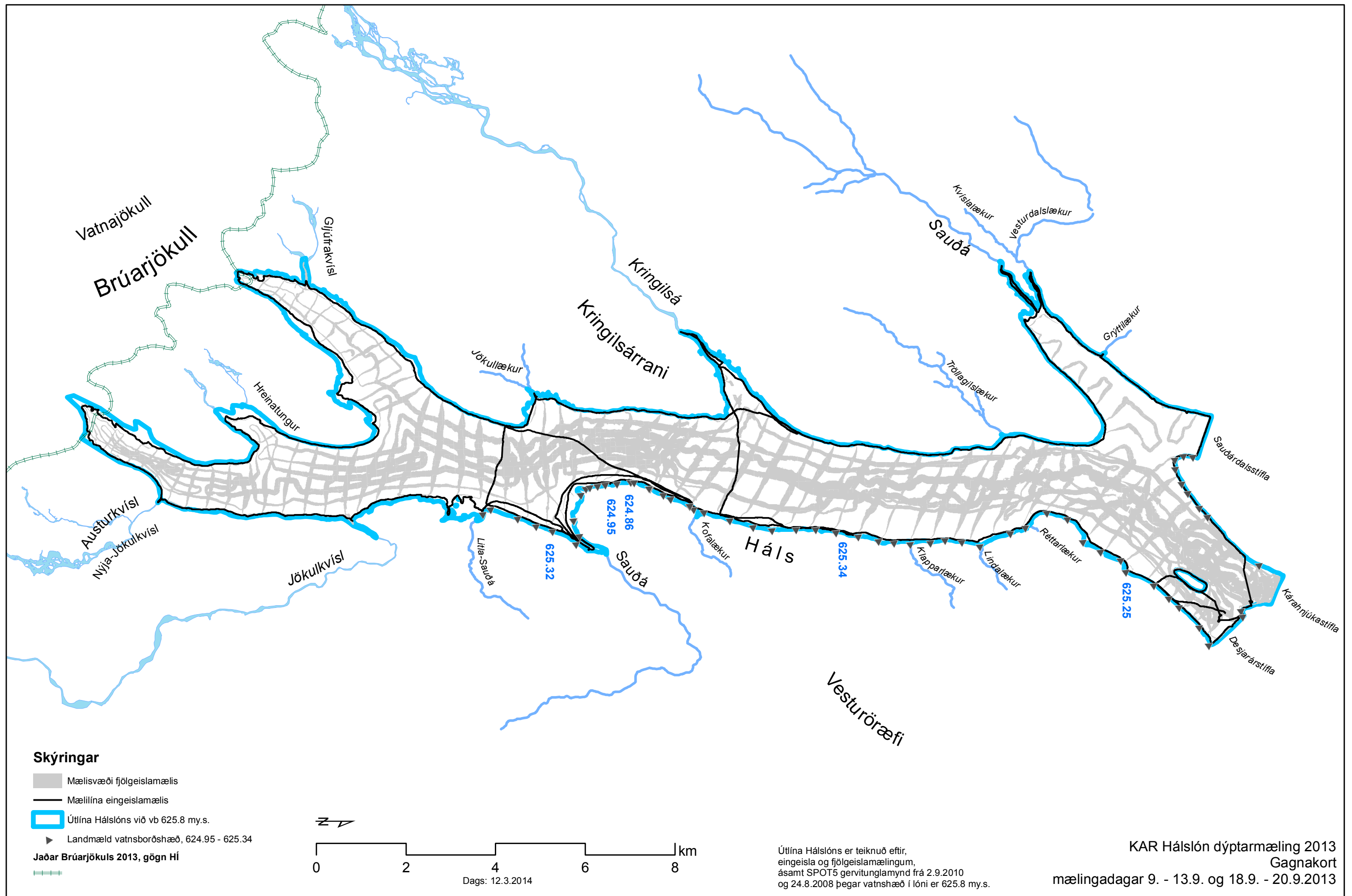
6.3. Gagnakort mælingar 2013

6.4 Yfirlit fastmerkja



Tafla 3 – Samband lónhæðar Háslóns, flatarmáls og rúmmáls.

Hæð m y.s.	1998		2013	
	Flatarmál km ²	Rúmmál GJ	Flatarmál km ²	Rúmmál GJ
550	9.9	0	10.3	0.0
560	13.4	116.5	13.6	119.8
565	15.1	187.6	15.3	192.2
570	17.1	268.1	17.2	273.2
580	21.6	461.3	22.0	468.3
585	23.8	574.8	24.6	584.5
590	26	699.2	27.3	714.2
600	32.7	992.4	34.2	1019.2
610	41	1361.1	43.8	1407.6
615	45.6	1577.7	49.3	1640.3
616	46.6	1623.8	50.6	1690.2
620	50.7	1819.9	55.5	1902.3
622	52.8	1923.4	58.1	2015.8
624	55.1	2031.3	60.6	2134.4
625	56.5	2088	61.8	2195.6
625,8	-	-	63.1	2245.6
626	57.8	2145.1	-	-



Vatnajökull
Brúarjökull

Kringilsá
Kringilsárrani

Sauða

Háls

Vesturöræfi

Jökullækur

Sauða

Kofalækur

Krapparlækur

Lindalækur

Réttarlækur

Sauðardalsstífla

Karahnjúkastífla

Deisararstífla

Austurkvísl
Nýja-Jökulkvísl

Jökulkvísl

Litla-Sauða

Kofalækur

Krapparlækur

Lindalækur

Réttarlækur

Sauðardalsstífla

Karahnjúkastífla

Deisararstífla

Hreinatungur

Gilfrakvísl

Kvíslalækur

Vesturdalslækur

Gryttilækur

Trögagislækur

624.86

624.95

625.32

625.34

625.25



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

