

Samstarf Landsvirkjunar og Jarðvísindastofnunar Háskólans um jöklarannsóknir 1978 til 2017

Stiklað á stóru



Jarðvísindastofnun Háskólans
og
Landsvirkjun

Finnur Pálsson
Helgi Björnsson
Hannes H. Haraldsson
RH-01-2018

Inngangur

Að beiðni Landsvirkjunar höfum við skrifað samantekt um helstu þætti samstarfs Landsvirkjunar (LV) og Jöklahóps Jarðvísindastofnunar Háskólans, (JH) (áður Helga Björnssonar jöklafræðings og samstarfsfólks á Jarðeðlisfræðistofu Raunvísindastofnunar Háskólans). Fylgt er eftirfarandi verklýsingu:

Tekið verður saman yfirlit (10-12 bls. texti) sem lýsir helstu áföngum, verkefnum, áskorunum og þeim breytingum sem átt hafa sér stað undangengna áratugi í öflun gagna af jöklum. Textinn er ekki hugsaður sem vísindatexti heldur samantekt fyrir almennan lesanda. Áhersla verður lögð á að safna saman og merkja myndir af störfum við jöklarannsóknir. Samhliða verkefninu verður farið í gengum myndasafn LV frá jöklarannsóknum (300-400 mynda) og það sett með skýringum inn í ljósmyndakerfi LV. Mögulegt er að útbúin verði sýning af gögnunum sem ýmist getur verið innan LV eða nýst sem hluti af öðrum stærri kynningarverkefnum, s.s. á heimasíðu eða veggspjöldum.

Samstarf Landsvirkjunar og jöklahóps Jarðvísindastofnunar Háskóla Íslands, hefur staðið í nær 40 ár, og á margan hátt lagt grunn að alhliða og sértækri þekkingu á jöklum Íslands, eðli þeirra, stærð og langtíma breytingum. Við upphaf þessa samstarfs um miðjan áttunda áratug 20. aldar var þekking á jöklum landsins mjög takmörkuð. Flatarmál jöklanna var sæmilega þekkt en hæð þeirra og lögun síður og ísþykkt aðeins í stöku punktum frá því jarðsveiflumælingar höfðu verið gerðar um miðja 20. öld. Hæðarlínur á landakortum voru enn þær sömu og dregnar voru á kort Dana og Bandaríkjamanna skömmu fyrir og eftir seinni heimsstyrjöld. Fyrir ofan 1000 m hæð höfðu kortin reyndar aldrei sýnt annað en grófar ágiskanir um hæð og lögun yfirborðs. Jaðrar jöklanna höfðu þó öðru hvoru verið endurskoðaðir þegar kort voru endurprentuð, en þó sjaldan svo að greinilega kæmi fram frá hvaða tíma nýr jaðar væri. Eftir 1970 voru síðan gerð kort af blásporðum nokkurra skriðjökla með nákvæmum landmælingum, ýmist á vegum LV eða Raforkumálastjóra (síðar Orkustofnunar). Meðalþykkt jökuls hafði þá einnig metin með þyngdarmælingum á nokkrum sniðum á Vatnajökli.

Umfangsmestu og best túlkuðu afkomumælingar frá jöklum voru enn þær sem sænsk-íslenski leiðangurinn hafði safnað á SA-Vatnajökli 1935 til 1937. Nær engar veðurathuganir höfðu síðan þá verið gerðar á jöklum. Stakar afkomumælingar voru þó til á Vatnajökli allt frá sjötta áratugnum, flestar unnar í ferðum Jöklarannsóknafélag Íslands, einkum í Grímsvötnum, þó nær eingöngu af snjósöfnun að vetri, örfáar af sumarleysingu.

Þannig voru fá gögn til að meta stærð vatnasviða og afrennsli frá jöklum til jökulánna takmörkuð á sama tíma og aukin þörf var á gögnum um afrennsli frá jöklum eftir því sem æ fleiri og stærri virkjanir nýttu jökulvatn til rafmagnsframleiðslu. Úr þessum málum vildu virkjanaaðilar og tengdar stofnanir bæta (Landsvirkjun, RARIK, Skrifstofa Raforkumálastjóra, síðar Orkustofnun).

Í minnisblaði LV 262 1981, mál: 704.16 EBE/JMM (Elías B. Elísasson og Jóhann Már Marísson) segir:

Vatnarannsóknir

Að undanfögnu hefur Landsvirkjun lagt aukna áherzlu á grunnrannsóknir á vatnasvæði sínu. Tilgangurinn er fyrst og fremst sá, að öðlast meiri þekkingu á samhengi þeirra þátta, sem mynda rennsli ána svo sem úrkomu, jöklabráðnun og grunnvatni, til þess að geta spáð um vatnsrennsli betur en nú er gert. Þetta mun þegar fram í sækir væntanlega bæði bæta reksturinn á vatnsaflstöðvum og auka öryggið í áætlanagerðinni. Helztu nýmæli, sem unnið hefur verið að eru þessi. Á síðastliðnu ári var farinn 5 vikna mælingaleiðangur á Tungnaárjökul og botn hans kortlagður. Hugmyndin er að mæla einnig Köldukvíslarjökul og víðar með sama hætti.

Í fyrra voru settir upp nokkrir grunnvatnshæðarmælar í borholur og á þessu ári verða boraðar tvær holur austan Þórisvatns og settir mælar í þær.

Veðurstofan hefur verið beðin að finna beztu aðferðir við að áætla veðurfar liðins tíma á ómældum svæðum og er fyrsta skýrsla þegar komin.

Sett hefur verið á fót rennslisspárnefnd, sem í eiga sæti fulltrúar frá Landsvirkjun, Orkustofnun og Rafmagnsveitum ríkisins, sem vinnur að uppsetningu og aðlögun erlendra rennslislíkana fyrir okkar aðstæður. Framangreindar rannsóknir munu bæta forsendur í líkaninu þannig, að segja megi fyrir um áhrif veðurfarsbreytinga, vatnsborðsbreytinga í lónum o.s.frv. mun betur en hingað til.

Í minnisbáðinu hér að ofan er vísað til íssþykktarmælinga á Tungnaárjökli árið 1980. Aðdragandi þeirra var sá að um miðjan áttunda áratuginn hóf Helgi Björnsson jöklafræðingur vinnu við að þróa búnað til þess að mæla ísþykkt þíðjökla. Með fjárhagslegum stuðningi Eggerts V. Briem var Marteinn Sverrisson, nýútskrifaður rafmagnsverkfræðingur, við eðlisfræðistofu Raunvísindastofnunar ráðinn til að hanna og smíða mælitækin, en að því komu einnig Jón Sveinsson tæknifræðingur og Ævar Jóhannesson tæknimaður. Marteinn hannaði og smíðaði móttakarann (í afmælisriti Þorbjarnar Sigurgeirssonar, „Í hlutarins eðli“; einnig er grein um íssjármælibúnaðinn bls. 279-292) en Ævar gerði senditækin. Íssjái var tilbúinn til notkunar 1978 og var hún þegar notuð til þess að mæla þykkt íshellunnar á Grímsvötnum og á Bárðarbungu.

Hér má skjóta inn frásögn úr tímaritinu Jökli 1980, sem Sigurður Þórarinnsson, formaður Jöklaannsóknafélags Íslands, skrifar:

RANNSÓKNIR

Eftirfarandi um rannsóknir á Vatnajökli 1978 hefur Helgi Björnsson látið mér í té. Er það mikið gleðiefni, hvílíkur skriður er nú að komast á þykktarmælingar á jöklum hérlendis, og megum við vera stolt yfir því, að þau tæki, sem tæknimenn okkar hafa smíðað til slíkra mælinga, eru hin beztu sem nú er vöð á í veröldinni, svo að sótt er eftir þeim bæði úr vestri og austri.

Vorferð

„Lagt frá Rvík. laugardag 3/6. Komið heim 13/6.

Íssjármælingar

1) mæli lína frá Tungnaárjökli til Grímsfjalls,

2) Grímsvötn mæld nákvæmlega og svæðið austan þeirra. Alls 140 km langar mæli línur samanlagt. Unnið er að gerð korta af neðra borði íshellunnar og mati á rúmmáli hlaupavatnsins [úr Grímsvötnum].

3) mæli lína vestan Grímsvatna til Bárðarbungu og síðan kannaður botn á Bárðarbungu. Þar er mikil megineldstöð og í henni askja um 50 km², að

flatarmáli með hringlaga barma á um 50— 100 m dýpi, en allt að 400 m dýpi mældist innan jaðranna, [síðar fannst 800 m þykkur ís innan öskjunnar]

4) mælilína frá Bárðarbungu að sigkötluunum, sem hleypta vatni í Skaftá. Við sigkatlana reyndist um 500 m þykkur ís.

Alls voru mælilínur um 250 km samanlagt.

Snjóbíll: Jaki frá Landsvirkjun Bilstjórar: Hannes Haraldsson og Hörður Hafliðason Vélsleðar: tveir frá Norrænu eldfjallastöðinni. Staðsetningartæki: Lorantæki frá Landhelgisgæzlunni og gervitungatæki frá RH. Þátttakendur: Helgi Björnsson, Marteinn Sverrisson, Ævar Jóhannesson, Halldór Ólafsson, Sævar Skaptason auk bilstjóranna Harðar Hafliðasonar og Hannesar Haraldssonar.

Haustferð. Mælingar með íssjá á Tungnaárjökli 3-6/9. Vegna jökulþýfis varð minna úr mælingum en til stóð."

Sögulegt yfirlit.

Nú mun stiklað á stóru yfir jöklarannsóknir sem LV og JH hafa unnið saman að. Rakin verða verkefni og hvernig tækjabúnaður og aðstaða breyttist til batnaðar með hverju ári svo að afköst jukust stöðugt við mælingar. Fyrstu árin var unnið að öflun gagna um landslag við botn og yfirborð jökla og gerð landakorta, mati á ísforða sem bundinn er í jöklum og afmörkun vatnasviða til einstakra vatnsfalla. Þessi gögn lögðu grunn að gerð líkana um hreyfingu jöklanna. Byrjað var á rannsóknum á vatnasviði Þjórsár, Tungnaár og Köldukvíslar og síðan unnið á norðanverðum Vatnajökli. Síðar hófust mælingar á afkomu og skriðhraða jöklanna. Einnig var hitastig í vetrarsnjólaginu mælt á reglulegu bili í borkjörnum. Þarnaest kom að því að kanna veðurþætti sem ráða sumarleysingu, með því að koma upp sjálfvirkum veðurstöðvum á jöklum og mæla lofthita, raka, geislun, vindhraða og hæðarbreytingar við yfirborð jökulsins. Þannig fengust gögn til líkangerðar um tengsl leysingar og veðurfars á jöklum.

Í nokkrum þessara verkefna var samstarf við erlendar rannsóknastofnanir og háskóla, sem var styrkt af Evrópusambandinu og Norðurlandaráði. Sú fjölþjóðlega samvinna hefur reynst mjög mikilvæg til þess að fá aðgang að fjarkönnunargögnum og nýjungum í mælitækni og gagnaúrvinnslu. Á þann hátt hafa fengist gögn úr gervihnöttum, sem enginn innlendir sjóður hefði ráðið við að kaupa. Með þeim gögnum hefur tekist að skrá á hverju ári breytingar á jökuljöðrum og hæð snælínu auk þess sem unnt hefur verið að skrá hæð og hreyfingar jöklanna.

Íssjarmælingar, kortagerð og afmörkun vatnasviða.

Árið 1980 var að frumkvæði Jóhanns Más Maríussonar aðstoðarforstjóra Landsvirkjunar samið um að jöklafræðingar við Raunvísindastofnun mældu ísþykkt Tungnaárjökuls, gerðu kort af botni hans og afmörkuðu vatnasvið Tungnaár á jökli. LV lagði til snjóbíla og meiðhýsi. Dagana 11. apríl til 14. maí voru um 550 km löng snið mæld. Lagt var upp mælinet á jökulinn þannig að stikum var raðað með hornkíki á beina línu með 200 m millibili (mælt

með 200 m löngum spotta). Fleiri mælinínur voru lagðar samsíða með 1 km millibili og loks voru settar línur hornrétt á hinar svo að úr varð réttthyrnt mælinet. Aðeins var unnt að hafa með í leiðangurinn um 200 stikur og því þurfti stöðugt að taka þær upp eftir að mældar um 40 km langar mælinínur og flytja yfir á nýtt mælisvæði. Sæmilegt skyggni þurfti til þess að setja upp mælinetið og einnig til þess að sjá á milli stikanna þegar ekið var með mælitækin. Illviðri gátu því tafið mælingar. Þó var bót í máli að bjart var allan sólarhringinn svo að vinna mátti jafnt að nóttu sem degi. Lega nokkurra hornpunkta í mælinetinu var mæld með gervitunglastaðsetningartæki en slíkar mælingar voru þá nýnæmi (móttakarann hannaði og smíðaði Marteinn Sverrisson, sjá t.d. grein í afmælisriti Þorbjarnar Sigurgeirssonar, "Í hlutarins eðli"; bls. 293-300). Hæð yfirborðs var mæld með loftvog sem fylgdi íssjánni á ferð um jökulinn en breytingar í loftþyngd meðan á mælingum stóð voru skráðar í fastri bækistöð. Verkið unnu 7 manns: Helgi Björnsson, Hannes H. Haraldsson, Hörður Hafliðason, Jón Sveinsson, Bryndís Brandsdóttir, Magnús Már Magnússon, og Ástvaldur Guðmundsson. Í bækistöðinni var meiðhýsið (Moellenhús á skíðum) sem keypt var vegna leiðangursins, en fram til þess höfðu íssjármælingamenn þurft að sofa í tjöldum og oft við illan leik í fárviðrum svo að þeir máttu hafa sig alla við að standa undir tjaldúknum svo að þá fennti ekki í kaf. Þegar óveðri slotaði voru leiðangursmenn ekki til stórræða. Með því að geta beðið af sér illviðri innan húss héldu þeir nú þreki til langra. Unnið var úr mælisniðum sumarið 1980 á Merkjafræðistofu HÍ, undir verkstjórn Helga Björnssonar og Sigfúsar Björnssonar, en að því unnu þeir Steinar Jónsson, Gunnar Baldvinsson og Finnur Pálsson, allir nýútskrifaðir rafmagnsverkfræðingar. Helgi vann stafræn kort af botni og yfirborði og mat vatnsmætti við botn með Surf-hugbúnaði við háskólann í Stokkhólmi í Svíþjóð. Með þessum gögnum voru afmörkuð vatnasvið Tungnaár og Sylgju á jökli og reyndust þau verulega frábrugðin því sem ætla mætti af yfirborðskorti jöklanna. Móbergshryggir í stefnu SV-NA undir jöklinum ráða þarna miklu um hvert vatn rennur.

Árið 1981 var unnið að íssjármælingum á Eyjabakkajökli (var reyndar kostað af RARIK). Mælingum var hagað sem fyrr en einnig fékkst reynsla af því að aka nær beinar mælinínur eftir LORAN-C tækjum og skrá legu þeirra á segulbönd.

Íssjármælingum á vatnasviði Þjórsár var haldið áfram vorið 1982 á Kölfukvísjarjökli. Mælinínur voru lagðar út með hornamælingum eins og áður á Tungnaárjökli en um leið og ekið var eftir þeim með mælitækin var staðsetning með LORAN-C tækjum skráð jafnharðan, ásamt loftþrýstingi til hæðarmælinga, hvorutveggja með Texas Instruments 9900 örtölvukerfi (sá búnaður er nú varðveittur á Jöklasafninu á Höfn í Hornafirði). Staðsetning með LORAN-C tækjunum tókst vel. Endurteknar mælingar á sama stað með LORAN-C sýndu að nákvæmni væri um 20 m. Hins vegar var hliðrun í reiknuðum LORAN-staðsetningum sem gat numið nokkur hundruð metrum og var hún breytileg frá einum stað til annars. Þetta frávik þurfti að finna í nokkrum punktum á mælisvæðinu svo að unnt væri að leiðrétta skráðar staðsetningar. Tækin reikna með því að langbylgju-merkin (frá Gufuskálum á Snæfellsnesi, Jan Mayen og Færeyjum) ferðist á mótum lofts og sjávar en vegna þess að bylgjan í raun fer yfir land seinkar merkinu. Bylgja frá sendistöð á Snæfellsnesi hefur farið langa leið yfir Langjökul og Hofsjökul). Á Köldukvísjarjökli liðu þrjár vikur án þess að hægt væri að hefja mælingar. Norðan stóviðri var með miklum kulda, skafrenningi og ofankomu. Ekki væsti þó um

mælingamenn í Moellenhúsinu og þá nýju léttbyggðu meiðhýsi af sænskri (það hús lánaði LV JH þegar íssjármælingar voru gerðar á Mýrdalsjökli vorið 1991). En óveðrið reyndi þó á og fljótt urðu menn hundleiðir á bridge-spilamennsku, og svo fór að þeir voru hættir að láta vita af sér í byggð um Gufunes-radíó, orðnir nær úrkula vonar um að þeim að tækist að vinna það verk sem þeir höfðu tekið að sér. Svo fór að auglýst var eftir þeim í útvarpi við dagskrárlok, nokkuð höstuglega að þeim fannst, og þá létu þeir fljótt vita af sér og urðu því fegnir að vera beðnir um að klára verkið hvað sem það kostaði. Þegar veðri slotaði loks, bárust nýjar matarbirgðir og á næstu þremur vikum tókst að ljúka við fyrirhugað verk.

Árið 1983 var Hofsjökull mældur og eingöngu notaður LORAN-C búnaður við staðsetningu mæilína. Það flýtti fyrir mælingum en vond veður teygðu engu að síður úr þeim leiðangri vegna þess að jökullinn var víða svo sprunginn að gott skyggni þurfti til þess að fara um hann. Leiðangurinn tók sex vikur í stað þriggja sem áætlað var. Reyndar var þá meira mælt en í nokkrum leiðangri fram til þess. LV hafði þá bætti við öðru stærra og vistlegra meiðhýsi með kojurými fyrir 6 manns og eldunaraðstöðu (strax kallað Svítan).

Árið 1985 voru gerðar umfangsmiklar íssjármælingar á Bárðarbungu og á svæði suður að Grímsvötnum með stuðningi Vísindasjóðs. Áfram hélt samstarf JH og LV um íssjármælingar árið 1988 á Brúarjökli og 1989 á Dyngjujökli. Árið 1990 var hluti Síðujökuls mældur að hausti, vegna þess að í ágúst það ár sáust nýjar sprungur hátt uppi á jöklinum sem gátu verið merki um að framhlaup væri að hefjast svo að jökullinn yrði ófær til mælinga mörg næstu ár. Vorið 1991 tókst hins vegar að ljúka mælingum á Síðujökli og jökullinn umturnaðist ekki fyrr en í framhlaupi veturinn 1993-94. Í sam a leiðangri var einnig mældur Breiðamerkurjökul og einnig Vegagerðin að báðum verkefnum vegna rannsókna varðandi brúargerð yfir Jökulsá á Breiðamerkursandi, Skaftá og Hverfisfljót. Við þessar mælingar 1991 var auk LORAN-C mælinga í fyrsta sinn notað GPS móttökutæki við staðsetningu mæilína. Notaður var frumstæður búnaður úr MAGELLAN handtæki (eins tungls móttakari) sem tekist hafði að kaupa frá Bandaríkjunum, en þá var ekki hægt að fá slík tæki á almennum markaði vegna fyrra Persaflóastríðs. Gögnum frá GPS tækinu var safnað á fartölvu. Það voru tímamót því að þar með var staðsetningarnákvæmni kominn niður í um tíu metra.

Á árunum 1993 og 1994 var Skeiðarárjökull mældur í samstarfi JH og LV en með stuðningi Vegagerðarinnar og höfðu þá meginrættir botns og yfirborðs nær alls Vatnajökuls verið dregnir. Árið 1997 var Langjökull kannaður með íssjá í samvinnu JH og LV en Orkuveita Reykjavíkur kom einnig að verkinu vegna þess að frá Langjökli fellur grunnvatn til Þingvalla og að jarðhitasvæðinu í Henglinum. Vorið 2000 var bætt við íssjármælingum á Tungnaárjökli og Sylgjujökli, og auk þess mæld fjölmörg hæðarsnið með nákvæmum GPS tækjum til þess að endurskoða yfirborð á vesturhluta Vatnajökuls vegna þess að miklar breytingar höfðu orðið á lögum og hæð í framhlaupunum 1993 til 1996.

Allt frá því íssjármælingar hófust hafa þær verið gerðar víða á Vatnajökli í vorleiðöngrum JH-LV til afkomumælinga og í vorferðum JÖRFI, sem LV hefur stutt með því að leggja til snjóbil, vélsleða við flutninga. Stöðugt urðu farartæki og leiðsögutæki öruggari og aðbúnaður fyrir starfsmenn batnaði. LV keypti nýtt meiðhýsi (nýja Svítan) árið 2008 með rýmri kojum,

eldhúsi með vaski, hreinlætisaðstöðu með góðu klósetti, og auknu vinnurými með skrifborði til úrvinnslu gagna.

Íssjármælingar hafa einnig verið unnar í mörgum vorferðum JÖRFI, sem Landsvirkjun hefur stutt á þann hátt að leggja til einn eða fleiri starfsmenn, farartæki (snjóbíla, jeppa og vélsleða), og meiðhýsi, auk þess að flytja búnað að og frá jökli. Árið 1984 var mælt snið upp Tungnaárjökul til Grímsvatn og þaðan austur um ísaskil Skeiðarárjökuls og Brúarjökuls yfir í norðurhlíðar Breiðubungu. Ári síðar, 1985 var mælt annað snið upp Tungnaárjökul til Grímsvatna og þaðan austur að Snæhettu, suður á Örafajökul og tvö snið þar yfir Örafajökulsöskjuna (fyrstu mælingar á dýpt hennar). Árin 1987 og 1988 voru gerðar ítarlegar íssjármælingar í Grímsvötnum og 1990 var mælt á Háubungu og svæðinu milli Pálsfjalls og Bárðarbungu. Enn voru mæld snið í Grímsvötnum 1991, og norðan þeirra og um báða Skaftárkatla, og þaðan suður að Geirvörtum og Þórðarhyrnu. Þá var vorið 1993 aftur mælt í Grímsvötnum og norðan þeirra þar sem umbrot urðu 1938 (síðar Gjálp). Erfiðlega hafði gengið að sjá til botns gegnum öskulög. Vorið 1994 var mælt íssjárnsnið yfir Grímsvötn og upp á Bárðarbungu og einnig eftir ísaskilum Skeiðarárjökuls og Dyngjujökuls austur á miðjan Brúarjökul (að mælistöð B13 þar sem sett var upp fyrsta sjálfvirka veðurathugunarstöðin á Vatnajökli). Í þeim mælingum var fyrst og fremst slæðst eftir endurkasti frá öskulögum sem grafist hafa í jökulinn og segja sögu um afkomu jökulsins og hreyfingu (notuð stutt loftnet). Loks skal nefnt að hin síðari ár hafa JH og LV unnið að nákvæmum íssjármælingum á einstöku svæðum, svo sem við upptök jökulhlaups sem féll til Hágöngulóns sumarið 2011.

Afkomumælingar

Auk kortagerðar af botni og yfirborði jökla hófst fljótlega samstarf LV og JH um reglubundnar mælingar á afkomu og hreyfingu jökla, í fyrstu á Köldukvíslarjökli og Tungnaárjökli árið 1988, en það sama ár hófu Vatnamælingar Orkustofnunar einnig skipulegar afkomumælingar á Hofsjökli. Vorið 1988 var vetrarafkoma mæld á um 20 stöðum á vestanverðum Vatnajökli með því að meta vatnsgildi í snjókjörnum sem boraðir voru með handsnúnum kjarnabor gegnum vetrarsnjólagið. Þar með urðu þáttaskil við afkomumælingar. Eftir það hafa boranir komið algerlega í stað þess að grafa gryfjur með skóflum. Þar með stórkjokust mjög afköst við afkomumælingar. Komið var fyrir járnörum í borholurnar og hæð þeirra frá yfirborði mæld vor og haust til þess að meta sumarafkomu (*HB, HHH, MTG og ThTh unnu þetta verk*). Staðsetning stikanna var einnig mæld með landmælingatækjum theodólít og fjarlægðamæli, vor og haust og þannig metið skrið jökulsins um sumarið.

Samstarf JH og LV um mælingar á afkomu Vatnajökuls hófst svo vorið 1992 með mælingum á Tungnaárjökli, Síðujökli og Köldukvíslarjökli og hefur það staðið samfelld síðan. Tæknimenn JH höfðu þá fundið rafknúna vél til þess að snúa bornum hæfilega hratt (hentuga RiGDID handhelda snittvél og síðan hafa þær verið notaðar um allan heim við snjókjarnaborun). Þetta gerbreytti vinnu við afkomumælingar á jöklum, sparaði mikinn tíma, því að vissulega var seinlegt að handsnúa bor eftir að hann var kominn nokkra metra niður í jökulinn. Frá 1996 hefur hitastig í borkjörnum einnig verið mælt um leið og þeir komu upp; á reglulegu millibili, oftast á 20 cm fresti. Bambusstikur (í stað stálröra) voru settar niður í

kjarnaholurnar og að hausti var mæld sumarafkoma. Á leysingarsvæðum var vír hins vegar settur í holur sem voru boraðar niður í jökulís með gufubor (sem LV keypti frá Steinbach í Swiss, og enn er notaður aldarfjórðungi síðar!). Nú voru komin til sögunnar GPS mælitæki sem með eftirá leiðréttingum skiluðu staðsetningar nákvæmni 1-5 m sem dugði til að meta meðal skriðhraða sumars með nýtilegri nákvæmni. Frá 1996 náðist nákvæmni nærri 0,5 til 1 m, en eftir 2004 var hún orðið nokkrir cm eftir að farið var að nota nákvæm landmælinga GPS-tæki (nákvæmni 1-5 cm). Mælingar á afkomu og skriðhraða á öllum skriðjökulum Vatnajökuls (nema Köldukvíslarjökli) sýna að þeir hreyfast of hægt til að bera afkomu jafnóðum frá safnsvæði til leysingasvæðis; safnsvæðið þykkar því svo að stefnir í framhlaup.

Árið 1993 hófust mælingar á afkomu á Brúarjökli, og á Eyjabakkajökli 1996 (Vatnamælingar OS höfðu áður mælt þar nokkur ár). JH mælir hvert ár afkomu á Breiðamerkurjökli með stuðningi Vegagerðar og einnig á vatnasviði Grímsvatna og á Bárðarbungu í vorferðum JÖRFÍ. Þannig hefur nú í um tvo ártugi verið mæld afkoma um allan Vatnajökul á um 60 stöðum árlega. Þessar mælingarnar hafa síðan verið notaðar til þess að draga upp stafræn kort af vetrar-, sumar- og ársafkomu sem ná yfir allan jökulinn. Einnig hefur afkoma einstakra skriðjökla verið sundurliðuð og heildarafrennsli leysingarvatns til hinna ýmsu fallvatna verið metið. Frá 1997 hefur afkoma Langjökuls einnig verið mæld á um 25 mælistöðvum ár hvert í samvinnu JH og LV.

Árið 2011 hófust snjósmælingar með hátíðniradar (400 MHz tæki í eigu JH) sem dreginn var af snjóbil milli mælistaða í afkomumæliferð á Vatnajökli. Samtals var snjóþykkt skráð samfelld á um 500 km löngum sniðum. Fram kom að snjóþykkt gat verið nokkuð breytileg frá einu svæði til annars, einkum þar sem jökullinn er öldóttur vegna mishæða í botni. Vorið 2015 var enn meira mælt með snjóradar LV, ekið þvers og kruss um stóran hluta Vatnajökuls og Langjökuls. Tilgangur þessara mælinga var að rannsaka hve ójafnt vetrarsnjór getur dreifst yfir jökul. Að þessum vanda var reyndar hugað við upphaf fyrstu afkomumælinga með borunum á vestanverðum Vatnajökli og í ljós kom að ekki mætti setja niður mælistaði þar sem mikill snjór gæti safnast í dældir vegna skafrenning svo að þykkt yrði ekki dæmigerð fyrir meðalsnjósöfnun á jöklinum.

Veðurathuganir

Auk beinna afkomumælinga var lögð áhersla á að kanna samhengi afkomu og veðurs á jöklum. Slíkar rannsóknir höfðu verið gerðar á Bægisárjökli 1967-8, þar sem haldið var út mannaðri veðurstöð til þess að reikna orkubúskap við jökulyfirborðið og niðurstöður síðan bornar saman við mælda sumarleysingu. Sumarið 1994 hófu LV og JH tilraun með rekstur sjálfvirkrar veðurstöðvar á mælistað nærri jafnvægislínu á Brúarjökli (B13). Hún mældi og skráði samfelld lofthita, raka, vindstyrk og stefnu auk snjóhæðar. JH hafði þá um nokkurra ára bil mælt hita og loftþrýsting á Grímsfjalli og samtímis á fljótandi íshellu Grímsvatna til þess að meta breytingar í vatnhæð Vatnanna. Þau gögn voru jafnóðum send með fjarskiptum til byggða. Árið 1995 var veðurstöðin aftur sett upp í B13 og önnur samskonar á Saltarann á Grímsfjalli. Árið 1996 hófu JH og LV þátttöku í evrópuverkefni TEMBA þar sem kanna átti áhrif landslags á veður og afkomu jökla. Í þessu verkefni voru meðal þátttakenda stofnun

um rannsóknir lofthjúps, geims og sjávar við háskólann í Utrecht í Hollandi (IMAU), sem hafði mikla reynslu af resktri sjálfvirkra veðurstöðva á jöklum í Ölpunum, Grænlandi og Suðurskautslandinu. Að þeirra fyrirmynd byggðu JH og LV saman 5 veðurstöðvar sem settar voru á Vatnajökul, flestar með besta búnaði sem völ var á. Tæki til mælinga á hita, raka, geislunarþáttum, vindstyrk og stefnu auk snjóhæðar voru keypt fyrir styrkfé til JH en LV lagði einnig til mælitæki og sá um smíði mastra sem tækin stóðu á. Vorið 1996 voru þessar stöðvar settar upp, tvær á Brúarjökli, ein á Köldukvíslarjökli, ein á Tungnaárjökli, ein á Skálafellsjökli, en erlendu samstarfsaðilarnir ráku tvær stöðvar á Dyngjujökul, eina í Holuhrauni framan við Dyngjujökul, eina efst á Brúarjökli og fjórar stöðvar voru á Breiðamerkurjökli, auk þess sem þar voru veðurþættir reglulega mældir í sníði í lofthjúpunum yfir jökli þannig að sleppt var lausum loftbelg sem sveif til himins. Þetta sumar var önnur veðurstöðin á Brúarjökli mönnuð, þar var meiðhýsi LV (gamla Svítan) og einn til tveir starfsmenn allt sumarið, sem sáu um að lesa reglulega af veðurstöðvunum og annast ýmsar handvirkar mælingar m.a. skrá skýjahulu. Auk sameiginlegrar úrvinnslu og útgáfu margra greina um helstu niðurstöður þessa verkefnis, varð til tækjabúnaður og þekking sem síðan hefur nýst við smíði og rekstur veðurstöðva af þessu tagi. Á árunum 1996-2005 varð framhald á Evrópusambands-verkefnum (TEMBA, ICE-mass, SPICE) og sum ár voru fleiri en 10 veðurstöðvar reknar sumarlangt til mats á orkuflæði að jökulyfirborði. Síðan hafa JH-LV lengst af rekið saman um 10 veðurstöðvar að sumarlagi á Vatnajökli, en fjórar allt árið og eina eða tvær á Langjökli.

Gögn frá þessum veðurstöðvum hafa aukið skilningi á orkustraumum að jökulyfirborði, framlagi einstakra orkuþátta til leysingar (sólgeislunar, hitageislunar, skynvarma og dulvarma) og mats á því hvernig orkan breytist með tíma og frá einum stað til annars. Einnig hafa þessar niðurstöður nýst til þess að þróa einföld reynslubundin spálíkön um leysingu t.d. gráðudagalíkön og við mat á veikleika og gildissviði þeirra líkana. Þá eru þessar mælingar mjög mikilvægar til þess að meta árangur af tilraunum til þess að reikna orkuskipti við yfirborð jökuls með lofthjúpslíkönum. Nú (2016-2019) vinnur doktorsnemandi í jöklafræði að kvörðun á slíkum líkönum og notar til þess niðurstöður mælinga frá Vatnajökli. Til mikils er að vinna ef unnt yrði að meta jökulleysingu frá degi til dags út frá veðurspám. Stefnt er að því að veðurreiknilíkön geti hermt þau ferli sem ráða hitastigi við yfirborð jökuls. Hitamælingar í snjókjörnunum að vori munu þá einnig nýtast við kvörðun veðurlíkana, því að vetrarsnjórinn geymir upplýsingar um hitastig þegar hann fellur og fram til vorleysinga. Loks skal ítrekað að mælingar á vetrarafkomu (og vatnsgildi) á hveljöklum er enn besta úrkomumæling sem völ er á og hafa þær nýst til að stilla af fræðileg úrkomulíkön á Íslandi.

Mælitæki og ferðabúnaður

Sú mikla breyting sem hefur orðið í mælitækni, skráningu gagna og úrvinnslu þeirra á 40 árum hefur aukið afköst og árangur við jöklafrannsóknir. Þar skipta miklu framfarir í gerð tölvubúnaðar er nú orðinn hluti af öllum mælitækjum. Vegna náinnar samvinnu við Merkjafræðistofu Háskólans strax við upphaf íssjármælinga var einmenningstölvum beitt við úrvinnslu strax um 1980. Tölvubúnaðurinn var í fyrstu einfaldur, reiknigeta lítil, tiftíðni

örgjörva ~100kHz (nú hins vegar GHz), minni tölvanna aðeins ~64kByte (nú ~10GByte), gagnageymsla aðeins 128kByte disklingar (nú Terabyte) og textaskjáiir grófir (nú með háupplausnargrafík á ~30“ skjám). Mestallur hugbúnaðurinn var áður heimasíði, oft einfaldur vegna þess hve vélbúnaður var ófullkominn. Nú eru hins vegar nær öll mælitæki og hugbúnaður aðkeypt, mælitækin fjöldaframleidd eða sett saman úr tilbúnum einingum, og það sama á við um bæði vél- og hugbúnað til úrvinnslu. Framsetning mæliniðurstaðna hefur gerbreyst, frá því að vera handteiknaðar skissur og línurit yfir í hálfsjálfvirka gerð korta og línurita á stafrænu formi. Tölvur með myndaskjám og fullkomnum rit- og myndvinnsluhugbúnaði hafa breytt vinnu við skýrslu og greinaskrif.

Tæknibylting hefur einnig gerbreytt ferða- og leiðsögutækjum. Í fyrstu jöklaferðum var ekið eftir áttavita, vegalengdir mælar með hjóli sem dregið var um jökulinn og miðað var við kennileiti á landakortum; jöklakort voru þá frumstað og víða kolröng, hæðarlínur ofan 1000 m höfðu aldrei verið mældar. Árið 1978 kom fyrsta Loran-C tæki sem gat skráð stað með ~10 m nákvæmni en gildin sem tækin skráðu voru kerfisbundið röng sem gat numið nokkur hundruð metrum, þó mismunandi frá einum stað til annars. Skekkjan var reglubundin hliðrun sem fór eftir fjarlægð frá lóranstöðvum og unnt var að leiðrétta hana með samanburði við mælingar í þekktum landmælingapunktum á svæðinu. Þessi tæki nýttust þó ekki í fyrstu til leiðsagnar í leiðöngrum en unnt var að vinna úr gagnaskrá eftir að ferð lauk. Nokkru seinna komu lórantæki búin stafrænum skjá með hnitum svo að unnt var að nota þau við leiðsögn. Þau voru á stærð við nestisbox og urðu strax algeng í öllum jöklafarartækjum. En næsta stóra stökk fram á við varð með GPS leiðsögutækjum sem allir kannast nú við. Fyrsta tækið var notað í leiðangri JH-LV 1990. Nú eru í hverjum leiðangri jafnvel tugir GPS tækja. Flestar far- og spjaldtölvur eru með innbyggða GPS móttakara, leiðangursmenn eru jafnvel með GPS í símanum sínum, sem eru nákvæmari en margra milljón króna tæki voru um miðjan 10. áratuginn.

Slys í mælleiðöngrunum hafa verið fá og engin verulega alvarleg til þessa. Við undirbúning leiðangra skiptir miklu að geta skipulagt mælinet svo að sem mestur árangur náist og hvorki fólki né tækjum sé stefnt í voða, forðast sprungin svæði og finna færar leiðir. Fljótlega var farið að nýta bæði loftljósmyndir og gervitunglamyndir af ýmsu tagi. Áður fengust slík gögn aðallega útprentuð á pappír frá kollegum eða vinum erlendis en nú eru ýmis háupplausnargervitunglagögn auðfengin á nokkrum mínútum með niðurrhali á alnetinu.

Fjarskipti eru nú með allt öðrum hætti en áður fyrr, þegar aðeins ein Gufunes-radíó stöð var í snjóþólum og oft var sambandslaust við umheiminn. Nú næst víðast hvar á jöklum gott símasamband og nota má síma eða tölvur til að vinna á alnetinu. Með GSM síma og langdrægar TETRA-stöðvar næst víðast hvar samband, og gervihnattasímar bregðast ekki. Leiðangursmenn eru oft með í vasa sínum búnað sem sendir á ~10 mínútna fresti merki um staðsetningu í gervihnött, og félagar og fjölskylda geta fylgst með ferðum þeirra.

Vinnufatnaður hefur batnað, orðið skjólbetri og liprari en áður var, svo að menn þurfa ekki að þola kulda og verulega vösbúð við mælistörf. Verð hefur lækkað svo að ekki þarf að eyða í margra mánaða tekjum í ferðaföt og skó. Miklar framfarir hafa einnig orðið á öryggisbúnaði. Nú ferðast enginn á vélsleða án hjálms, björgunarlínu, brodda, leiðsögutækis og

fjarskiptabúnaðar. Í meiðhýsi, sem oft er með í lengri leiðöngrum, og í skálum JÖRFÍ á Vatnajökli og Langjökli (sem LV aðstoðaði við að flytja og koma upp) sofa leiðangursmenn í venjulegum rúmum, geta eldað góðan mat, þurrkað fatnað og haldið sér hreinum. Þetta eykur vellíðan, vinnuafköst og árvekni mælingamanna.

Farartæki í jöklaferðum hafa líka breyst. Rekstraröryggi snjóbíla hefur aukist, jeppar orðið öflugri, rúmbetri og með stærri dekk svo að þeir nýtast við verri aðstæður en áður fyrr. Vélsleðar eru nú flestir með fjörgengisvélar í stað tvíngengisvéla, eru kraftmeiri, gangvissari, þíðari, menga minna og bíla sjaldnar en áður.

Samandregið má segja að miklar umbætur hafi orðið í jöklarannsókniferðum á þeim fjóru ártugum samstarfs JH og LV, afköst aukist, aðbúnaður og öryggi batnað. Enn sem fyrr veltur þó árangur mest á leiðangursmönnum. Þar hefur verið valinn maður í hverju rúmi, sjaldan kastast í kekki og allir unnið sem einn maður.

Samantekt

Gögn frá íssjármælingum hafa nýst til þess að afmarka vatnasvið til fallvatna frá jöklum. Kort af yfirborði hafa verið uppfærð öðru hvoru, eftir því sem yfirborð jöklanna hefur breyst. Einnig hafa verið endurgerð eldri yfirborðskort og þau notuð til að afmarka vatnsvið á ýmsum tímum aftur á miðja 20 öldina. Mælingar á vetrarsnjópykkt á jöklum eru bestu úrkomumælingar sem völ er á. Samfelldar mælingar á afkomu ná yfir 25 ár hafa sýnt hvernig hún hefur breyst frá ári til árs og frá einum stað til annars, háð hæð, landslagi og brautum lægða á ferð yfir Atlantshafið. Einnig hefur fengist aukinn skilningur á framhlaupum skriðjökla Vatnajökuls. Veðurathuganir hafa verið notaðar til að reikna orkuflæði að jökulyfirborði og leysingu; (t.d. greiningu á orsökum stórflóða vegna leysingar frá Brúarjökli í ágúst 2004). Þannig hefur aukist skilningur á sambandi veðurs og afkomu og einnig verið unnt að velja bestu stuðla í einföld reynslubundin líkön af tengslum leysingar og lofthita (gráðudagalíkön) sem síðan hafa verið notuð í reiknilíkönum af afkomu jökla, m.a. í vatnafræðilíkönum við mat LV á rennsli til virkjana. Niðurstöður hafa verið notaðar af starfsmönnum og nemendum JH við gerð samtengdra reiknilíkana af veðurþáttum, afkomu og ísflæði jöklanna. Í samstarfi við jöklahóp Veðurstofu Íslands og fleiri hafa þessi reiknilíkön verið notuð til að meta líklega breytingu rúmmáls, flatarmáls og afrennslis frá jöklum að gefnum ýmsum sviðsmyndum um líklegar loftlagsbreytingar á komandi árum. Líkanreikningarnir, sem í aðalatriðum spá auknu afrennslis frá jöklum hér á landi fram yfir miðja 21. öldina, hafa þegar nýst við hönnun virkjana og í viðskiptaáætlunum LV. Greining gagna frá veðurstöðvunum og afkomumælingum, hefur verið notuð til að kanna hve næm jökulleysing er fyrir öskufalli frá eldgosum og ryki af hálendinu sem berst inn yfir jökla; m.a. hefur verið þróað reiknirit til að meta áhrif öskufalls á Brúarjökul á afrennslis til Háslóns. Gögn um afkomu og veður frá Vatnajökli hafa einnig verið notuð við rannsóknir á því hvernig líkön veðurfræðinga af lofthjúpnum yfir jöklum gætu nýst til þess að meta aðstæður við yfirborð jökulsins. Um er að ræða reiknilíkönin HIRHAM5 (frá dönsku veðurstofunni) og Harmonie (frá VÍ) sem lýsa ferlum í lofthjúpnum. Gögn um afkomu og mæld og reiknuð orkuskipti í veðurstöðvunum á jöklinum eru borin saman við spár lofthjúpslíkana um sömu

þætti við yfirborð jökuls. Þannig má prófa líkönin og stilla þau af svo að samræmi sé sem best milli mæligagna og líkanútreikninga. Á þann hátt hefur verið unnt að endurbæta mat lofthjúpslíkana á orkuskiptum við jökulyfirborð. Gefur það fyrirheit um að nota megi veðurspárlíkon þess að vinna skammtímaspár um afrennsli. Ennfremur segja afkomumælingar, sem ná yfir 25 ár, til um hve vel tekst að meta ársafkomu jökuls með lofthjúpslíkönum. Þá hefur verið unnið að því að bæta aðferðir til að meta endurkaststuðul sólgeislunar við jökulyfirborð með gervihnattagögnum. Eftir miklu er að slægjast vegna þess að endurkast sólgeislunar ræður miklu um heildarorku til leysingar á jökli. Því er mikilvægt að geta metið endurkastsstuðul með fjarkönnun við aðstæður þegar hann breytist hratt frá degi til dags, t.d. við eldgosa og sandstorma.

Öll ofangreind gögn og þekking hefur líka nýst til að skilja og meta áhættu vegna flóða frá jarðhitasvæðum og við eldgos í jöklum, sem geta ógnað virkjanamannvirkjum, nærri jökulám.

Að þessari vinnu hafa komið margir starfsmenn Jöklahóps, tæknimenn Jarðvísinda- og Raunvísindastofnunar, samstarfsmenn við erlendar og innlendar rannsókn- og háskólastofnanir, auk þess á annan tug nemenda í meistara og doktorsnámi við Jarðvísindadeild HÍ og fleiri háskóla sem starfsmenn jöklahóps hafa leiðbeint.

Um rannsóknirnar hafa verið skrifaðar tugir skýrslna og greinargerða, fjölmargar greinar verið birtar í ritrýndum fagtímaritum og hundruð erinda verið flutt og veggspjöld verið kynnt á fagráðstefnum innanlands og utan. Einnig voru gefin út kort af Hofsjökli og vestur- og norðurhluta Vatnajökuls á vegum JH og LV (yfirborð, botn, vatnsmætti og fleira) á árunum 1984 til 1986.

Viðauki I. Þessir komu að verki.

Sá hópur manna sem af hálfu JH hefur unnið hefur að jöklarannsóknum í samvinnu við Landsvirkjun telur á þriðja tug. Auk Helga Björnssonar jöklafræðings á Jarðvísindastofnun Háskólans (áður Jarðeðlisfræðistofnu Raunvísindastofnunar Háskólans) hafa þessir helst komið að verkum sem starfsmenn og samstarfsaðilar í lengri eða skemmri tíma: Marteinn Sverrisson, Jón Sveinsson, Þorbjörn Sigurgeirsson, Sigfús Björnsson, Finnur Pálsson, Magnús T. Guðmundsson, Sverrir Guðmundsson, Þorsteinn Jónsson, Sveinbjörn Steinþórsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Eyjólfur Magnússon, Alexander Jarosch, Gunnar Páll Eydal, Trausti Traustason, Þórdís Högnadóttir, Runólfur Valdimarsson, Magnús Már Magnússon, Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Þorsteinsson, Kirsty Anne Langley, Þröstur Þorsteinsson, Óliver Hilmarsson, Joaquin Munos Belart, Hrafnhildur Hannesdóttir, Snævarr Guðmundsson, Alexandra Mahlmann. Ýmsir erlendir gestir jöklahóps hafa lagt lið við þróun úrvinnslu og túlkun, gerð reiknilíkana og útvíkkun fræðasviðsins með tengslum við m.a. við veðurfræði og fjarkönnun. Þar má helst nefna þessi: Gwenn Flowers, Richard Hindmarsh, Niels Reeh, Ingvar Gjessing, Etienne Berthier, Louise Sandberg Sørensen, Laurent Mingo, Brent Minchew, Mark Simons, Guðmundur Hilmar Guðmundsson. Ekki má gleyma ómetanlegum stuðningi Eggerts V. Briem við smíði og kaup rannsóknabúnaðar á upphafsárum jöklarannsókna (laun stafsmanns við hönnun og smíði íssjár, tveir vélsleðar, Land Crusier jeppi). Seinni árin nýtur hans enn við, sjóður Eggerts V. Briem, sem hann lagði fé til, hefur á allra síðustu árum lagt fé til endurnýjunar íssjarmælitækja.

2012 bættist við Jarðvísindadeild staða kennara í jarðeðlisfræði með sérhæfingu í jöklafræði (Guðfinna Aðalgeirsdóttir) og þegar Helgi Björnsson hætti að þiggja laun vegna aldurs í lok árs 2012, kom í stöðu hans Alexander Helmut Jarosch en Helgi hefur haldið áfram störfum launalaust með aðstöðu við JH. Finnur Pálsson hefur starfað í jöklahlópi samfelld frá árinu 1981 en án fastrar ráðningar eða launa af fjárveitingum.

Ýmsir tæknimenn Raunvísindastofnunar og Jarðvísindastofnunar hafa komið bæði að tækjasmíði og tekið þátt í leiðöngrum, fyrstu árin Marteinn Sverrisson rafmagnsverkfræðingur, Jón Sveinsson rafmagnstæknifræðingur, Ævar Jóhannesson tæknimaður, Þorbjörn Sigurgeirsson eðlisfræðingur, Jón Pétursson eðlisfræðingur Magnús Már Magnússon jarðeðlisfræðinemi, Karl Benjamínsson, Runólfur Valdimarsson og Óskar Ágústsson á járn og trésmíðaverkstæði, nú seinni áratuginna einkum Þorsteinn Jónsson og síðar einnig Sveinbjörn Steinþórsson tæknimenn Jarðvísindastofnunar.

Nemendur sem unnið hafa að gagnaöflun, úrvinnslu og túlkun: Magnús T. Guðmundsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Eyjólfur Magnússon, Peter Schelander, Ola Knut Brandt, Þröstur Þorsteinsson, Etienne Berthier, Hrafnhildur Hannesdóttir, Monika Wittmann, Joaquin Munos Belart, Ágúst Þór Gunnlaugsson, Louise Steffensen Schmidt, Giri Gopalen,

Hér verður einnig að nefna að frá 2004 hefur Landsvirkjun leigt snjóþjónu Hjálparveitar Skáta í Rvk. HSSR, ásamt bílstjóra, oftast Hlynur Skagfjörð Pálsson en einnig Karl Eiríksson og Gunnar Kr. Björgvinsson.

Nokkur fyrstu ár afkomumælinga var reynt með misjöfnum árangri að nota þyrlu til haustmælinga, en erfið haustveður og þoka trufluðu of oft til að hægt væri að treysta á þessa aðferð. Flugmaður þyrluþjónustunnar var oftast Jón K. Björnsson.

Að hálfu Landsvirkjunar ber fyrstan að telja Hannes H. Haraldsson sem tók þátt í nær öllum mælileiðöngrum frá því um miðjan 8. áratuginn til 2012, og hafði lengst af umsjón með samvinnuverkefnum. Aðrir voru Jóhann Már Maríusson, Elías B. Elíasson, Agnar Olsen, Jan Henje, Sigmundur Freysteinnsson, Andri Gunnarsson, Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Úlfar Linnett, Hörður Hafliðason, Sigurður Páll Ísólfsson, Theodór Theódórsson, Gerður Jensdóttir á teiknistofu LV, Eyjólfur Óskarsson, Þorvarður ??? á flutningabíl og nú síðustu árin einnig Ragnar Þórhallsson og Gestur Jónsson

Og að mælingum hafa komið auk starfsmanna JH, RH, LV og marga félaga JÖRFÍ í vor og haustferðum á Vatnajökul þessir helst:

Ástvaldur Guðmundsson, Hlynur Skagfjörð, Arngrímur Hermannsson, Sveinn Sigurbjarnarson, Hörður Hafliðason, Bryndís Brandsdóttir, Vilhjálmur Kjartansson, Freyr Jónsson, Magnús Már Magnússon, Halldór Ólafsson, Sævar Skaptason, Skúli Bragason, Oddur Sigurðsson, Tómas Jóhannesson, Halldór Gíslason, Sverrir Hilmarsson,

Þessu skjali fylgja á stafrænu formi um 400 skannaðar ljósmyndir Hannesar H. Haraldssonar úr mæliferðum á níunda og tíunda áratug 20. aldar, auk nokkur hundruð stafrænna ljósmynda hans úr leiðöngrum eftir 1998.

Yfirlitsmyndir ljósmynda Marteins Sverrissonar í leiðöngrum í vorferð á Vatnajökul 1978 og leiðöngrunum Köldukvíslarjökul 1982, Hofsjökul 1983 og Bárðarbungu 1985.

Einnig yfirlitsmyndir um þúsund ljósmynda Finns Pálssonar úr ýmsum jöklaleiðöngrum eftir 1988.

Yfirlit skannaðra ljósmynda mynda Hannesar H. Haraldssonar: