

Úrvinnsla þyngdarmælinga á Kröflusvæði frá
1975 til 1995. Staða og áætlun um lok
úrvinnslu og skýrsluskrif

Hjálmar Eysteinnsson

Greinargerð HE-98-03

1998-03-17

Úrvinnsla þyngdarmælinga á Kröflusvæði frá 1975 til 1995 Staða og áætlun um lok úrvinnslu og skýrsluskrif

1. Inngangur

Allt frá 1975 hefur Orkustofnun séð um hæðar- og þyngdarmælingar á Kröflusvæðinu. Tilgangur þessara mælinga var í upphafi að fylgjast með áhrifum jarðhitavinnslunnar. Kröflueldar hófust í desember 1975 og urðu verulegar breytigar bæði í hæð og þyngd samfara umbrotunum. Áhrif umbrotanna á hæðar og þyngdarbreytingar voru verulega meiri en hefði mátt vænta vegna jarðhitavinnslunnar og er ekki hægt að aðgreina áhrif hennar frá áhrifum Kröfluelda í mæligögnunum. Sumarið 1995 var aftur hæðar og þyngdarmælt á Kröflusvæðinu eftir margra ára hlé. Úrvinnsla hæðarmælinga er lokið með nýrri skýrslu en eftir er að gefa út niðurstöður þyngdarmælinganna.

2. Staða verkefnisins

2.1 Hæðarmælingar

Miklar landhæðar- og þyngdarbreytingar urðu samfara jarðhræringum er hófust við Kröflu í desember 1975. Með hæðarmælingum reyndist unnt að staðsetja kvikuhólf undir svæðinu og meta dýpi niður á það. Hæðarmælingarnar voru einnig forsenda þess að spá um framvindu umbrotanna

Í upphafi Kröfluelda seig land um meira en 2 metra í Kröfluöskjunni. Þar á eftir reis land og seig á víxl og hafði risið um allt að 3,8 metra árið 1989 þegar land stóð hæst og markar það lok Kröfluelda. Alls urðu 24 sigrinur á tímabilinu frá desember 1975 og fram til 1984. Á milli sigrina reis land með nokkuð jöfnum hraða eða sem svarar allt að 2-3000 mm/ári þar sem land reis hraðast og reis land gjarnan í 1-7 mánuði áður en það seig aftur. Í sigrinum hljóp kvika oftast til norðurs frá kvikuhólfinu, en í að minnsta kosti þrjú skipti til suðurs. Við kvikuhlaupin minnkaði þrýstingur í kvikuhólfinu og land seig mjög hratt (allt að 3-400 mm/dag), yfirleitt um ½-1 metra, oftast á 2-6 dögum en í nokkur skipti stóð sigtímabilið í um 20 daga.

Frá 1976 og fram til 1989 hefur land hækkað á Kröflusvæðinu um allt að 3,8 metra, og nam rishraðinn um 300 mm/ári fram til 1982, en um 100 mm/ári fram til 1989. Frá 1989 til 1995 hefur land sigið nokkuð, mest við Leirhnjúk um 220 mm, sem samsvarar 35 mm/ári. Með sama sikhraða mun land á Kröflusvæðinu ná sömu hæð og fyrir umbrotin eftir 30-40 ár.

Miðja ris- og sigskálarinnar er um 500 metra suðaustan við Leirhnjúk. Á grundvelli þessara hæðarbreytinga, og einföldu Mogi líkani sem gerir ráð fyrir þrýstibreytingum í punktuppsprettu, hefur verið reiknað út að dýpi á kvikuhólfið sé 2-4 km það er sambærilegt dýpi og dýpið niður á S-bylgjuskugga samkvæmt skjálftagögnunum.

Auk ris-/sigskálarinnar í Kröflueldstöðinni, sýna hæðarmælingarnar mikið sig innan sprungusveimsins frá Námaskarði og norður í Leirhnjúk, þar sem land seig um allt að 3,5 metra.

Úrvinnslu hæðarmælinganna er lokið með nýlegri skýrslu Orkustofnunnar og Norrænu Eldfjallastofnunnar (Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998). Eins og sjá má á mynd 16 í þeirri skýrslu, eru hæðarbreytingar milli árána 1989 og 1995, mestar á sama svæði og þar sem hæðarbreytingarnar voru mestar í Kröflueldum. Það verður vart skýrt á annan hátt en að áhrif Kröfluelda vari enn. Þó má sjá aukið landsig umhverfis borsvæðið í Kröflu, þar sem land hefur sigið um 150 til 200 mm. Líklegt er að það megi tengja áhrifum jarðhitavinnslunnar.

2.2 Þyngdarmælingar

Alls hefur verið þyngdarmælt í tæplega 900 mælipunktum á mælisvæðinu. Í þeim flestum hefur þó einungis verið mælt einu sinni í tengslum við gerð þyngdarkorts (bouguer kort). Slíkt kort sýnir eðlismassabreytingar innan mælisvæðisins. Í rúmlega 200 mælipunktum hefur verið mælt oftast en einu sinni, þar af um 90 þar sem mælt hefur verið oftast en tíu sinnum. Tilgangur með margmældu punktum er að fylgjast með þyngdarbreytingum með tíma. Þar sem hæð hefur veruleg áhrif á þyngdarmælingar (308 $\mu\text{gal}/\text{meter}$) verður að þekkja hæð mælipunkta nokkuð nákvæmlega til þess að hægt sé að leiðrétta mælingarnar fyrir hæðarbreytingum. Þar sem þyngdarmælingarnar voru yfirleitt ekki gerðar á sama tíma og hæðarmælingarnar var nauðsynlegt að brúa hæðarmælingarnar í tíma. Þetta reyndist all flókið og viðamikilið verkefni, einkum þar sem hæðarbreytingarnar voru ekki samfelldar í tíma né rúmi.

Búið er að vinna úr öllum þyngdarmælingum sem Orkustofnun hefur gert á mælisvæðinu. Þó eru til mælingar sem Dr. Jacoby frá háskólanum í Mainz í Þýskalandi, gerði sumarið 1995, og ekki hefur verið unnið úr. Dr. Jacoby mældi í talsvert fleiri fastmerkjum en Orkustofnun mældi þá, meðal annars á hæðarmælilínunum sem mældar voru aukalega með tilstuðlan vísindasjóðsstyrks Axels Björnssonar á Norrænu Eldfjallastofnunni. Þessar mælingar fylla því upp í eyður á mælisvæðinu auk þess sem nákvæmari niðurstöður fást ef unnið er úr öllum mælingunum frá 1995 saman. Því er mikilvægt að ljúka úrvinnslu þessara mælinga.

2.2.1 Þyngdarbreytingar með tíma

Fyrirliggjandi niðurstöður þyngdarmælinganna sýna yfirleitt þyngdarlækkun með tíma, eins og fram kemur á mynd 1 sem sýnir mælda þyngdarbreytingu í fastmerki FM 5596 nærri Kröfluvirkjun. Í þessum punkti hefur þyngd lækkað um 500 μgal frá 1976 til 1986. Mynd 2 sýnir þyngdarbreytingarnar á sama tímabili (1976-1986) á öllu mælisvæðinu. Þessar breytingar stafa fyrst of fremst af hæðarbreytingum. Á myndinni kemur einkum fram sigmiðjan í Kröfluöskjunni og sigspildan í sprungustykkinu frá Námafjalli og norður fyrir Leirhnjúk. Ef leiðrétt er fyrir hæðarbreytingum, sést á mynd 3 að í raun er um þyngdaraukningu að ræða í fastmerki FM5596. Einnig kemur fram á myndinni að þyngdarbreytingarnar eru í takt við hæðarbreytingarnar. Þegar land rís og kvika streymir inn í kvikuhólfið vex þyngdin, það er massaukning. Þegar land sígur minnkar þyngdin vegna þess að massi flyst úr kvikuhólfinu. Þetta kemur vel fram á mynd 4 sem sýnir þyngdarbreytingarnar eftir að búið er að leiðrétta fyrir hæðarbreytingum, á ristímabilinu frá nóvember 1976 fram til janúar 1977. Á myndinni kemur glögg fram að þyngdaraukningin

er mest innan Kröfluöskjunnar á sama stað og rismiðjan er. Mynd 5 sýnir heildar þyngdarbreytingu (eftir hæðarleiddréttingu) frá 1977 fram til 1986. Á þessu tímabili hefur orðið þyngdarminnkun yfir sigmiðjunni en annarstaðar þyngdaraukning, einkum á norðausturhluta mælisvæðisins. Þetta þýðir að það hefur orðið heildarmassarýrnun í kvikuhóflinu, og sá massi flust einkum til norðurs, sem er í samræmi við að flest kvikuhlaupin urðu til norðurs. Á myndinni kemur einnig fram minni þyngdaraukning á borsvæðinu suður af Kröflu, miðað við breytingarnar umhverfis. Auðveldast er að skýra þetta með massatöku úr jarðhitageyminum.

Frá 1986 og fram til 1995 eru þyngdarbreytingarnar óverulegar eins og fram kemur á mynd 6. Breytingarnar eru yfirleitt innan óvissumarka mæligildanna.

Þó svo að búið sé að vinna að mestu úr þyngdargögnunum, er eftir nokkur vinna að skýrslu, framsetningu gagnanna og frekari skoðun niðurstaðna. Athuga þarf nánar þyngdarbreytingar innan hvers sig/ris tímabils, og gera líkanareikninga þar sem reynt er að meta heildarmassabreytingu undir mælisvæðinu.

2.2.2 Bouguer kort

Til er í handriti skýrsla um þyngdarkort af Kröflusvæði, eftir Gunnar V. Johnsen. Verkinu var að mestu lokið 1986, en vegna uppsagna á Orkustofnun á þeim tíma, og vegna ruglings um punktaheiti var aldrei lokið við skýrsluna. Gunnar hefur nýlega leiðrétt nafnaruglinginn og leiðrétt það sem leiðrétt þurfti. Eftir er að endurgera nokkrar myndir í skýrslunni og hugsanlega bæta við nokkrum punktum úr gagnasafni Orkustofnunnar. Tiltölulega litla vinnu þarf til að klára skýrsluna og koma henni út. Hjálagt er það uppkast sem til er.

3. Kostnaðaráætlun

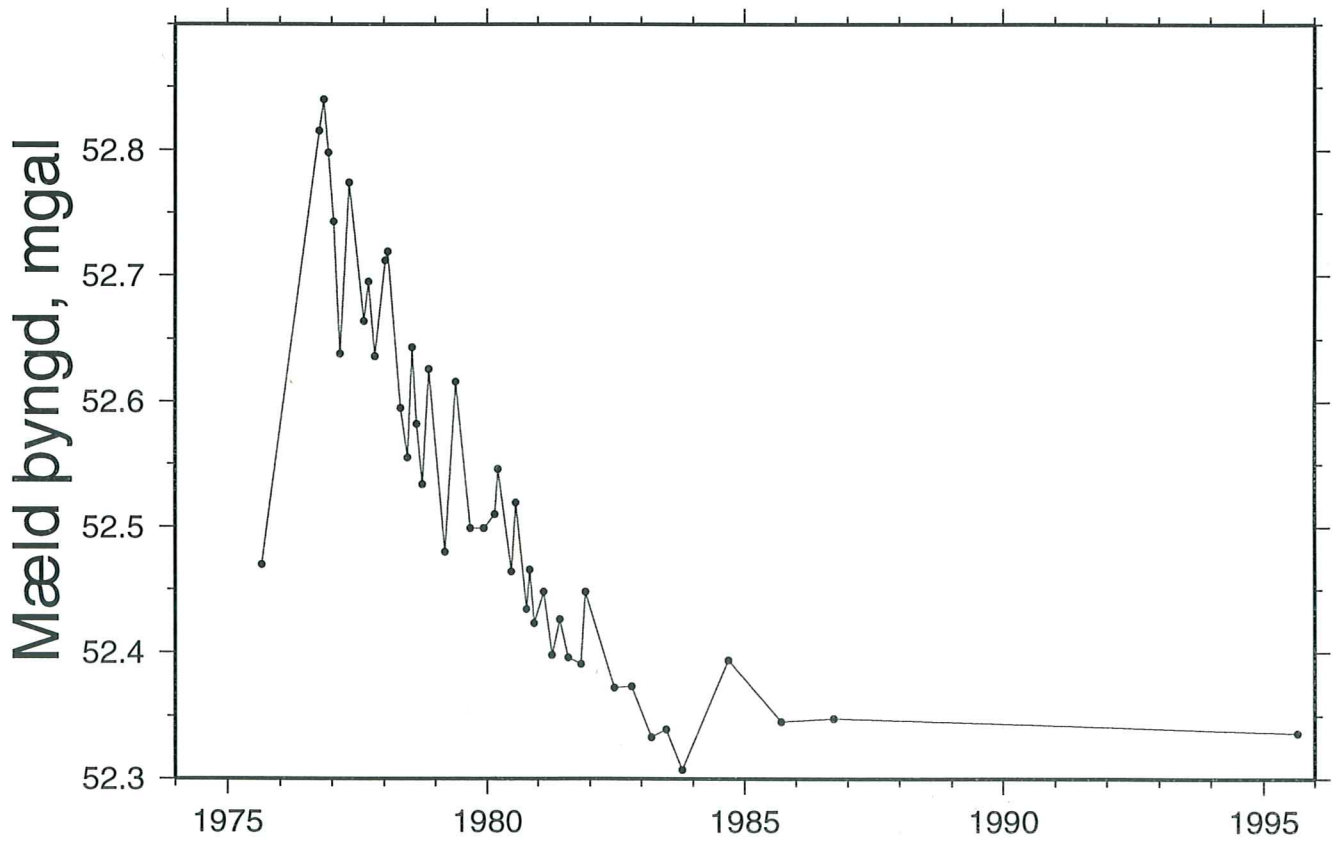
Lokið er að mestu allri úrvinnslu þyngdarmælinganna. Einungis er eftir að vinna úr þyngdargögnum sem Dr. Jacoby gerði á Kröflusvæðinu sumarið 1995. Klára þarf skýrslu um þyngdarbreytingarnar á Kröflusvæðinu svo og ljúka skýrslu um þyngdarkort. Tíma- og kostnaðaráætlun er samkvæmt eftirfarandi (án virðisaukaskatts):

Verk	Tímar vikur*dagar*klst	Einingarverð kr/klst	Kostnaður
Úrvinnsla mælinga Dr. Jacoby	3*5*8=120	3794	455.280
Skýrsla um þyngdarmælingar	5*5*8=160	3794	607.040
Skýrsla um Bouguer kort	3*5*8=120	3794	758.800
Útgáfukostnaður tveggja skýrslna			200.000
Samtals	320		1869.360

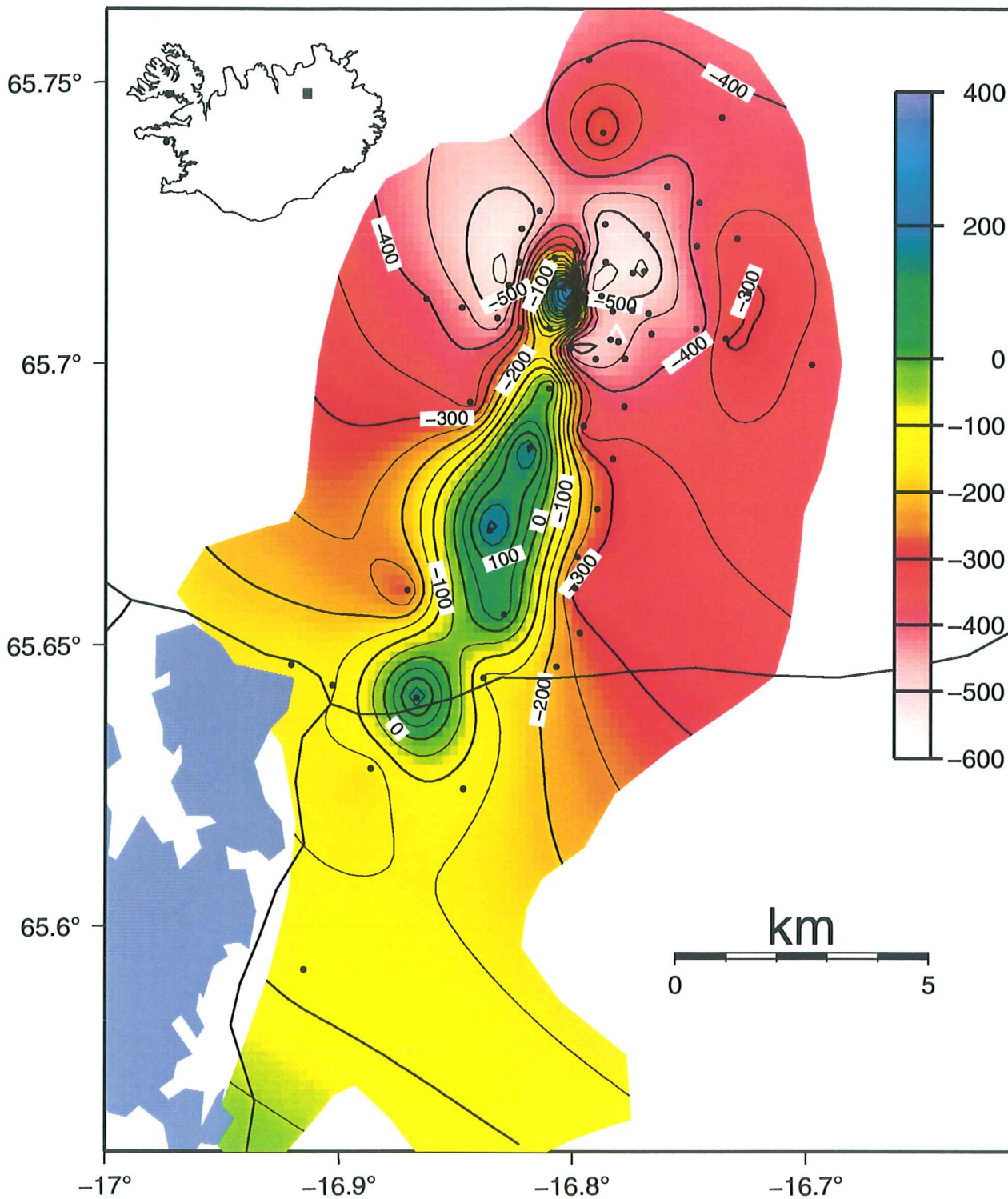
Verkið verður unnið næsta haust og verði lokið fyrir áramót.

Hjálmar Eysteinnsson

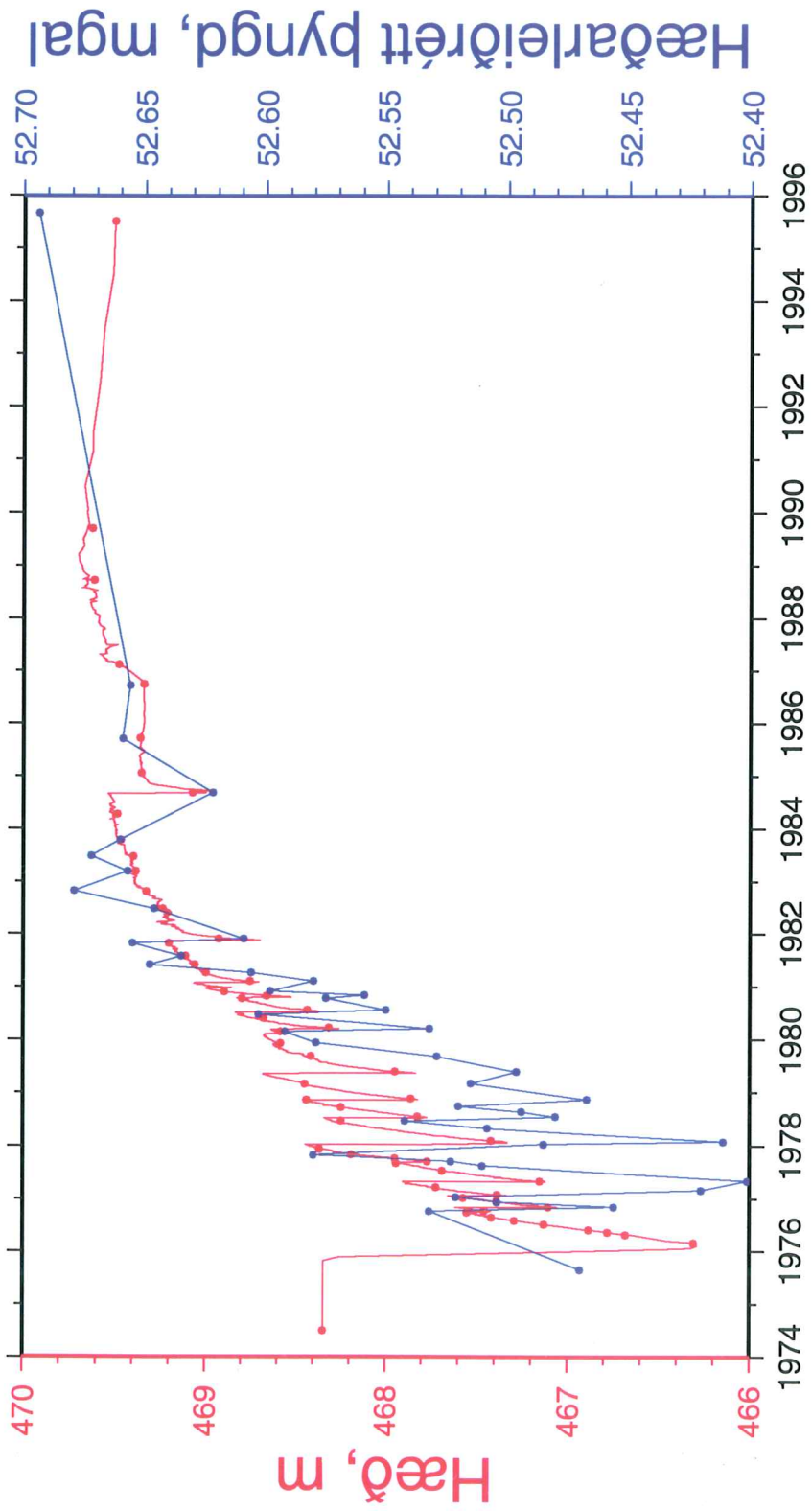
FM5596



Breytingar í mældri þyngd 1976 – 1986, μgal



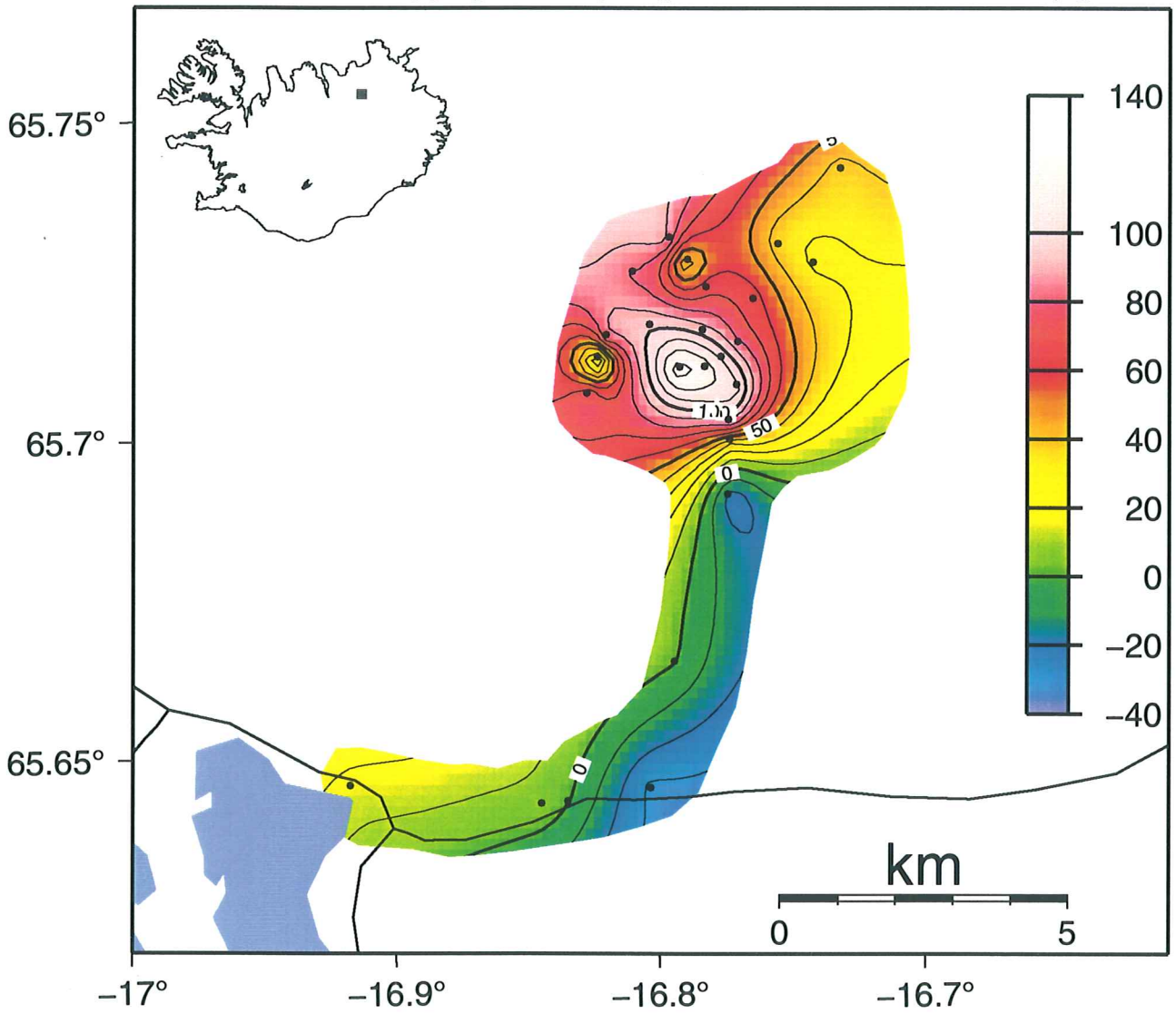
FM5596



GIMT Mör 18 17:51

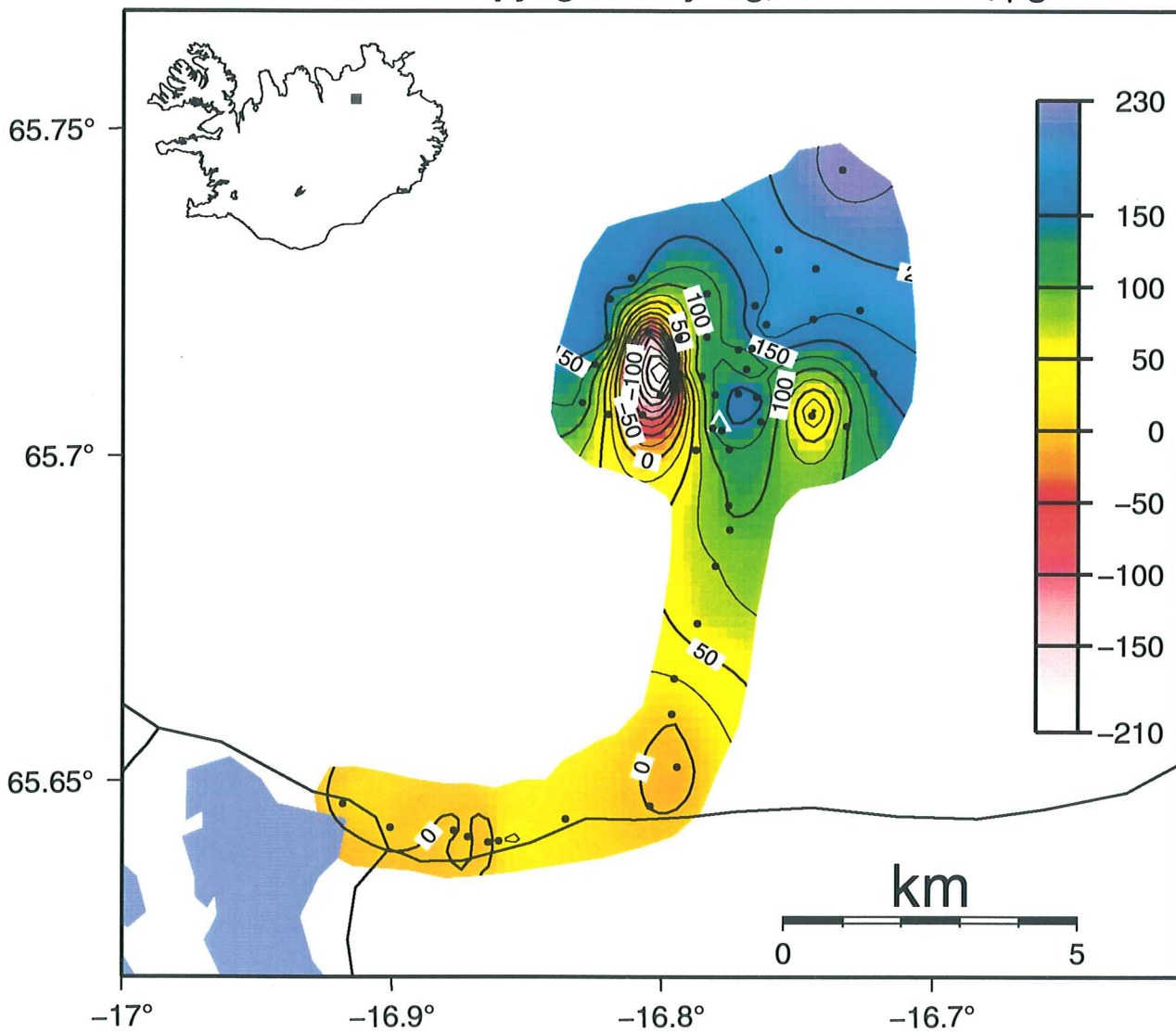
Mynd 3: Hæðar- og þyngdarbreytingar (leiðrétt fyrir hæðarbreytingum) í fastmerki FM5596

Hæðarleiðrétt þyngdarbreyting, 1/11/1976 – 19/1/1977, μgal



GMT Mar 18 17:36 Mynd 4: Hæðarleiðréttar þyngdarbreytingar á ristímabilinu frá nóvember 1976 til janúar 1977, μgal

Hæðarleiðréttar þyngdarbreyting, 1977 – 1986, μgal



Hæðarleiðrétt þyngdarbreyting, 1986 – 1995, μgal

