



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**SÝNIEINTAK**  
má ekki fjarlægja

**PYNGDARMÆLINGAR Á NESJAVÖLLUM  
OG HENGILSSVÆÐI 1994**

Hjálmar Eysteinnsson

Samvinnuverk Hitaveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar

OS-96015/JHD-08 B

Mars 1996



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 730 009

**PYNGDARMÆLINGAR Á NESJAVÖLLUM  
OG HENGILSSVÆÐI 1994**

Hjálmar Eysteinnsson

Samvinnuverk Hitaveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar

OS-96015/JHD-08 B

Mars 1996

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. MÆLINIÐURSTÖÐUR	3
3. ÞYNGDARBREYTINGAR	6
4. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	9
5. HEIMILDIR	16
VIÐAUKI:	
Þyngd sem fall af tíma í sérhverjum mælipunkti þar sem mælt hefur verið oftar en einu sinni	17

## MYNDASKRÁ

1. Staðsetning þyngdarmælinga	4
2. Staðsetning þyngdarmælipunkta eftir árum	5
3. Þyngdarbreyting milli 1990 og meðaltals þyngdar áráanna 1985-1987	6
4. Þyngdarbreyting milli áráanna 1994 og 1990	7
5. Þyngdarbreyting milli 1994 og meðaltals þyngdar áráanna 1985-1990	8
6. Hæðarbreyting milli 1994 og 1990	9
7. Hæðarbreyting milli 1994 og meðaltals hæðar áráanna 1985-1987	10

## TÖFLUSKRÁ

1. Þyngdargildi í fastmerkjum	12
-------------------------------	----

## 1. INNGANGUR

Þyngdarmæling er nákvæm mæling á þyngdarhröðun eða aðdráttarkrafti jarðar. Með endurteknunum þyngdar- og hæðarmælingum í sama neti má fylgjast með massabreytingum undir yfirborði. Tilgangur þyngdarmælinga á Nesjavalla- og Hengilssvæðinu er einmitt að fylgjast með hugsanlegum massabreytingum vegna vinnslu Nesjvallarvirkjunar. Ef jarðhitavökvi nær ekki að endurnýjast nægjanlega hratt vegna vinnslu, veldur það lækkun vatnsborðs og þar með lækkun þyngdarsviðs. Þyngdarmælingunum er því ætlað að gefa upplýsingar um heildarmassatöku þ.e. mismun þess jarðhitavökva sem dælt er upp og náttúrulegs innstreymis. Áður hefur verið gerð grein fyrir niðurstöðum eldri þyngdarmælinga í skýrslum Orkustofnunnar (Axel Björnsson o.fl. 1985, Gylfi Páll Hersir o.fl. 1990, Hjálmar Eysteinnsson 1991).

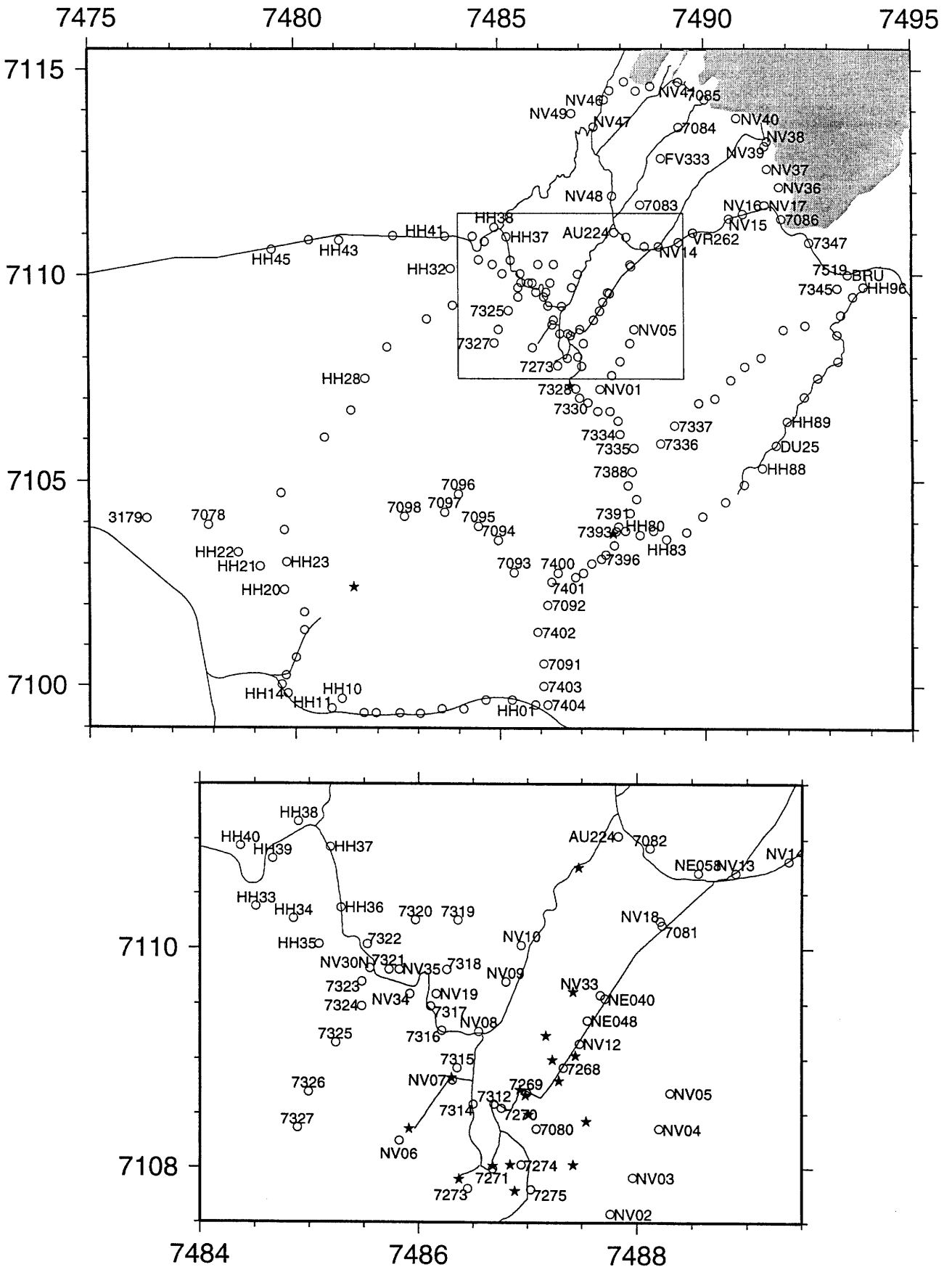
## 2. MÆLINIÐURSTÖÐUR

Sumarið 1994 var þyngdarmælt í 90 fastmerkjum og hafði áður um sumarið verið hæðarmælt í flestum þessara punkta (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur Vigfússon 1994). Mælingar fóru fram á tímabilinu 24/8-15/9 og tóku alls 13 mældidaga. Að þessu sinni voru teknar ljósmyndir af flestum mælipunktum sem verulega mun auðvelda staðsetningu mælipunkta næst þegar mælt verður. Myndirnar eru í vörslu Orkustofnunnar.

Þar sem þyngdarmælir Orkustofnunnar mælir ekki þyngdarsviðið beint heldur þyngdarmun milli punkta, þarf að tengja mælingarnar við mælipunkt með þekktu þyngdargildi. Eins og áður var grunnstöðin á Skólavörðuholti notuð (OS-5451, sjá Gunnar Þorbergsson o.fl. 1990). Mælingar fóru þannig fram að fyrst var komið upp 14 grunnstöðvum jafndreift um mælisvæðið og þær tegndar með þremur tengingum við landsnetsgrunnstöðina á Skólavörðuholti. Mælingar á öðrum punktum voru síðan tengdar við þessar grunnstöðvar á svæðinu. Í hverri tengingu er mælt að minnsta kosti tvisvar í hverjum punkti. Mynd 1 sýnir staðsetningu allra fastmerkja þar sem þyngd hefur verið mæld á Hengils-Nesjavallarsvæðinu. Mynd 2 sýnir aftur á móti hvar var mælt á hverju ári á tímabilinu 1982-1994. Þar kemur fram að ekki hefur alltaf verið mælt í sömu punktunum, sem torveldar samanburð á þyngdarbreytingum milli ára.

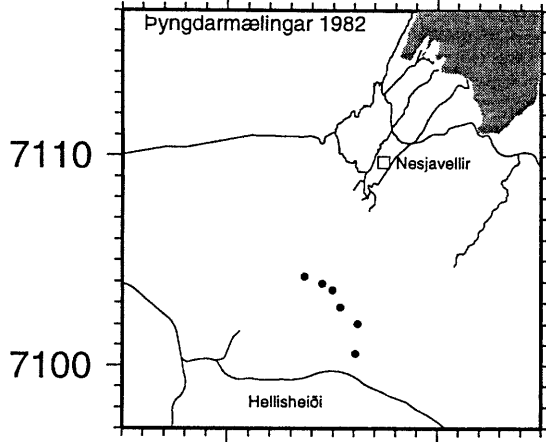
Árið 1994 var mælt eftir nýrri mælilínu frá Ölfusvatnsárbrú um Katlatjarnir og að Ölkelduhálsi. Reiknað er með að við framtíðarvinnslueftirlit verði mælt í sömu punktum og mælt var 1994, þ.e. frá Mosfellseiði eftir Nesjvallarvegi að Nesjavöllum og þaðan áfram niður að Hagavík og Ölfusvatnsárbrú, um Katlatjarnir að Ölkelduhálsi. Einnig mælilínan frá Nesjavöllum að Ölkelduhálsi og suður á Hellsheiði. Vegna háhitasvæðanna í Reykjadal væri einnig æskilegt að setja upp mælilínu frá Ölkelduhálsi og eftir jarðhitasvæðinu í Reykjadal og niður í Hveragerði.

Við úrvinnslu mælinga var fyrst leiðétt fyrir þyngdaráhrifum tungls og sólar. Til þess var notað "þyngdarpotential" Tamura 1987, með leiðréttingarstuðlum sem fengnir voru með úrvinnslu á mælingum á þyngdaráhrifum tungls og sólar í Reykjavík (Hjálmar Eysteinnsson 1996, óbirt gögn). Þessi "nýja" leiðréttingaraðferð gefur nákvæmari leiðréttingu á áhrifum tungls og sólar samanborið við eldir aðferð (Longman 1959), og getur munurinn numið allt að 20-30  $\mu$ gal. Eldri mælingar voru einnig endurunnar með þessari aðferð. Mæliniðurstöður voru síðan leiðréttar með tilliti til línulegs reks í mæli og loks voru skekkjur jafnaðar út með forritinu GNET (Gunnar Þorbergsson). Niðurstöður þessarar úrvinnslu ásamt niðurstöðum eldri mælinga er gefin í töflu 1.

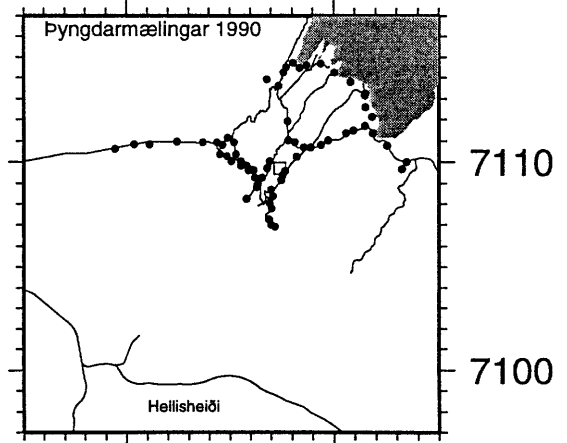
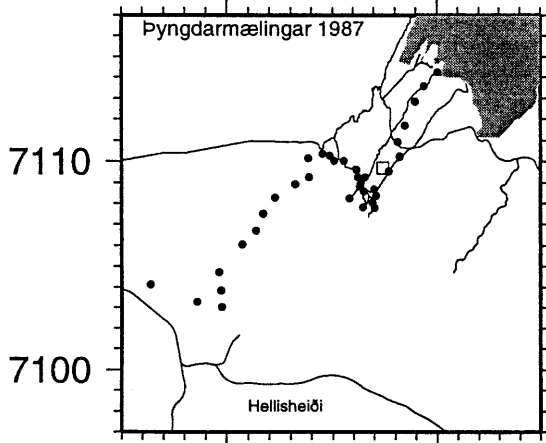
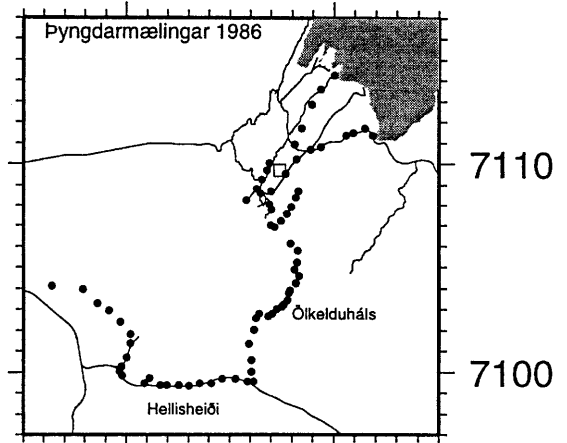
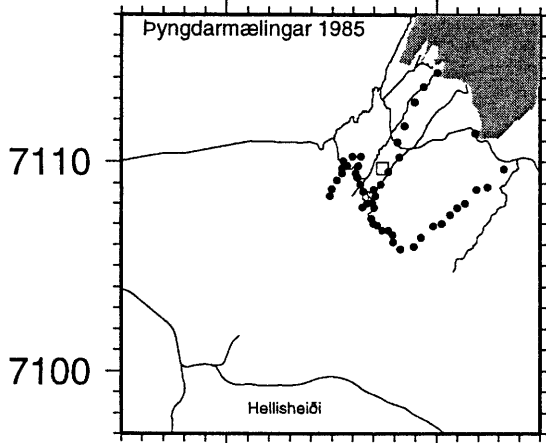
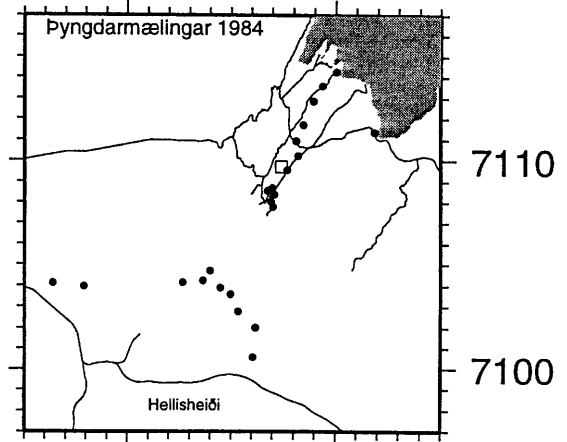


Mynd 1. Staðsetning fastmerkja þyngdarmælinga. Neðri myndin vísar til rammans á efri myndinni. Stjörnur sýna staðsetningu borholna. UTM hnit í km.

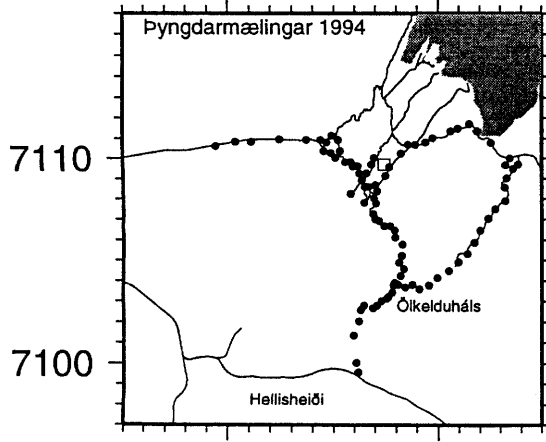
7480 7490



7480 7490

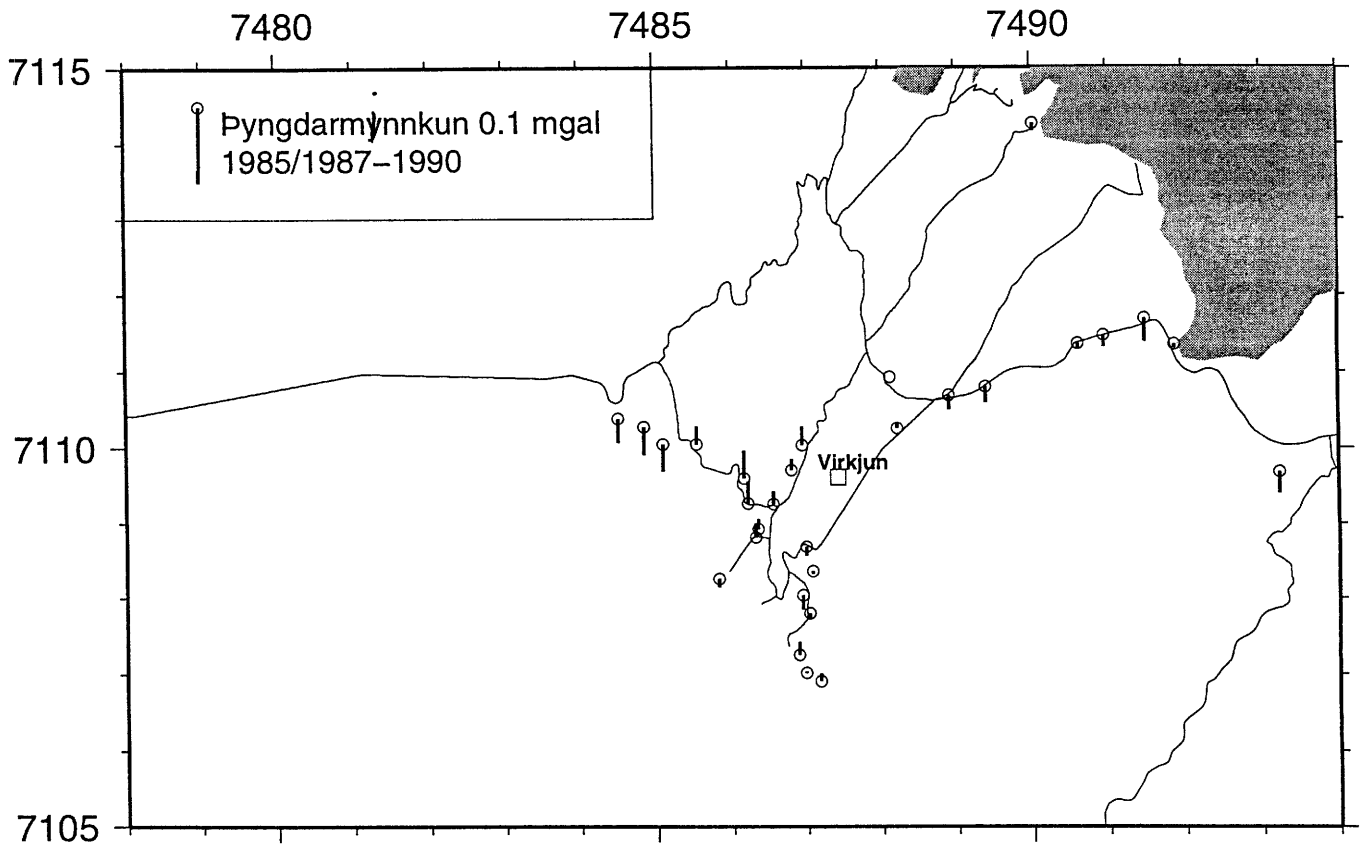


7480 7490



7480 7490

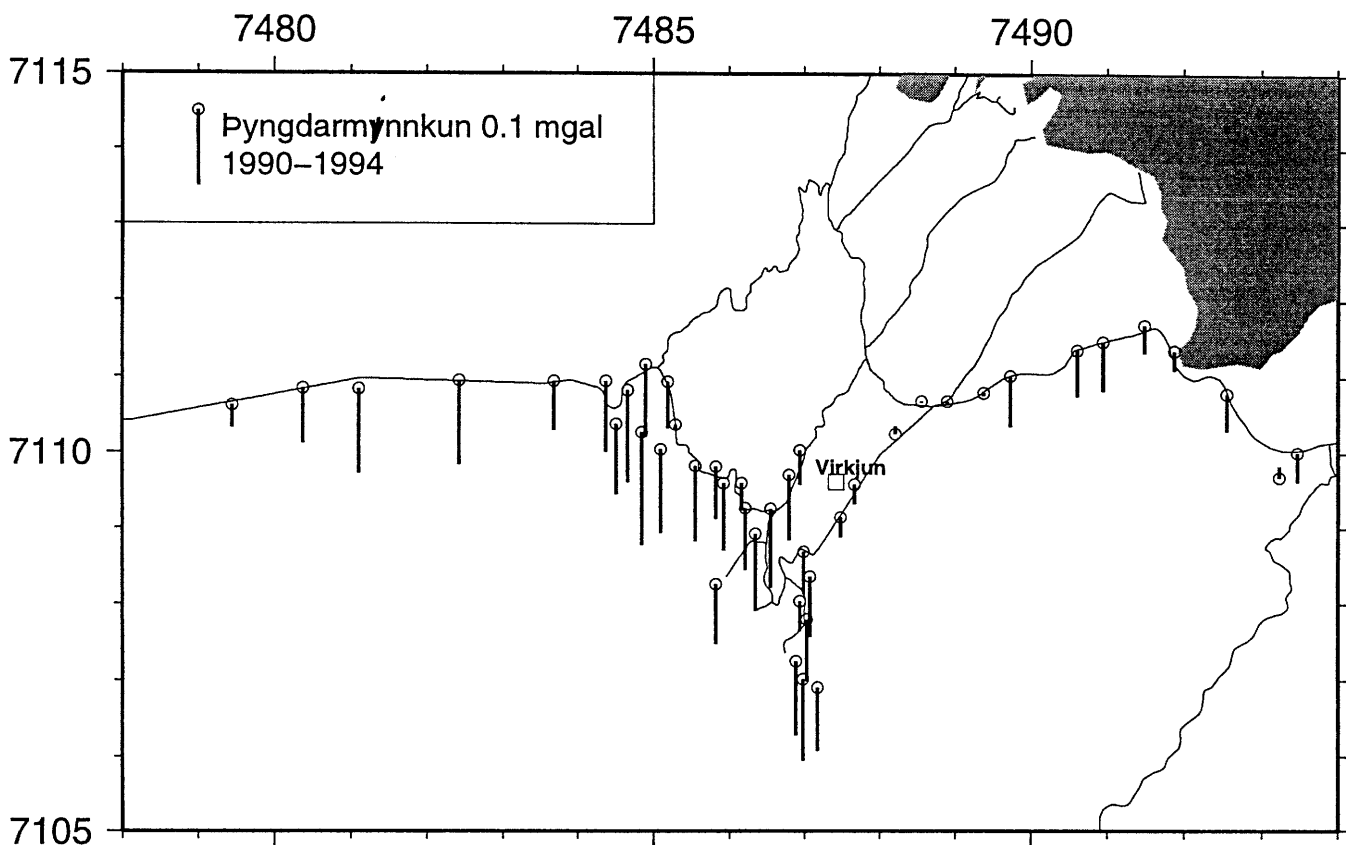
Mynd 2. Staðsetning pyngdarmælistöðva 1982-1994.



Mynd 3. Þyngdarbreyting milli 1990 og meðaltals þyngdar 1985-1987. UTM hnit í km.

### 3. ÞYNGDARBREYTINGAR

Í viðauka, aftast í skýrslunni, eru sýndar teikningar sem sýna hvernig þyngd sérhvers mælipunkts hefur breyst með tíma, það er að segja þar sem mælt hefur verið oftari en einu sinni. Á myndunum í viðaukanum er meðalþyngd í hverri mælistöð sett í 100  $\mu$ gal, svo að auðveldara sé að bera saman þyngdarbreytingar milli punkta. Þar kemur fram að óverulegar breytingar eru í mældri þyngd fram til 1985. Mælingarnar 1990 sýna einnig óverulegar þyngdarbreytingar eins og fram kemur á mynd 3, þar sem sýndur er þyngdarmunur mælinga frá 1990 og meðaltals þyngdar áráanna 1985-1987. Mælingarnar 1994 sýna talsverða þyngdarlækkun eins og fram kemur á myndum 4 og 5, sem sýna þyngdarbreytingar milli áráanna 1994 og 1990 annarsvegar og milli 1994 og meðaltals áráanna 1985-1990 hins vegar. Eins og fram kemur á myndunum er í langflestum mælipunktum um að ræða þyngdarminnkun upp á að minnsta kosti 25-50  $\mu$ gal. Að því gefnu að viðmiðunarpunktur þyngdarmælinganna á Skólavörðuholti (OS-5451) hafi haldist óbreyttur, er hér um athyglisverða almenna þyngdarminnkun að ræða sem er alls óskyld vinnslunni á Nesjavöllum. Hugsanlegar skýringar gætu verið lækkun vatnsborðs grunnvatnskerfa, breytingar í poruhluta bergs vegna gliðunar eða einhver annar massaflutningur (hugsanlega á kvika) tiltölulega djúpt í jarðskorpunni.

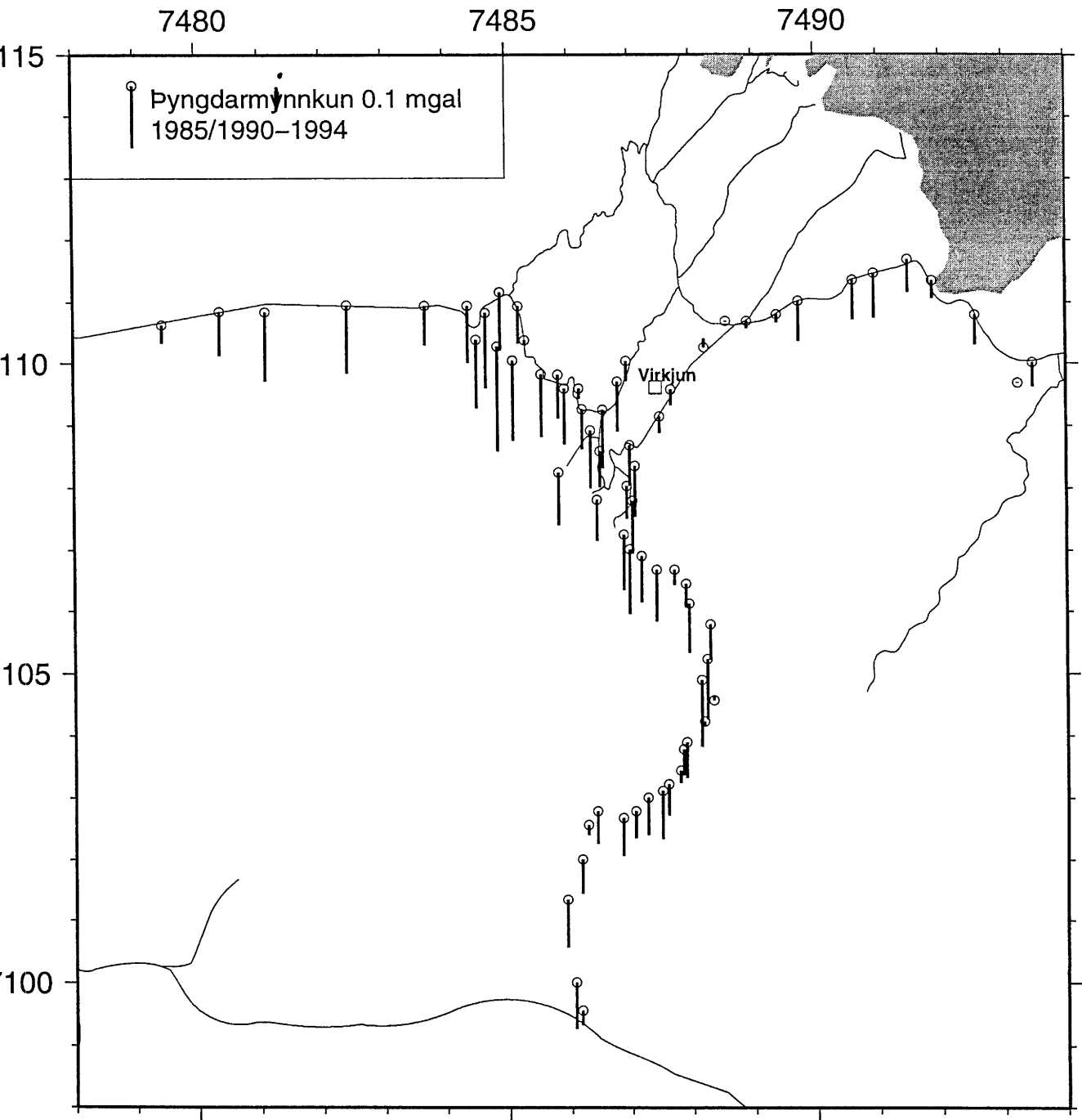


Mynd 4. Þyngdarbreyting milli árána 1994 og 1990. UTM hnit í km.

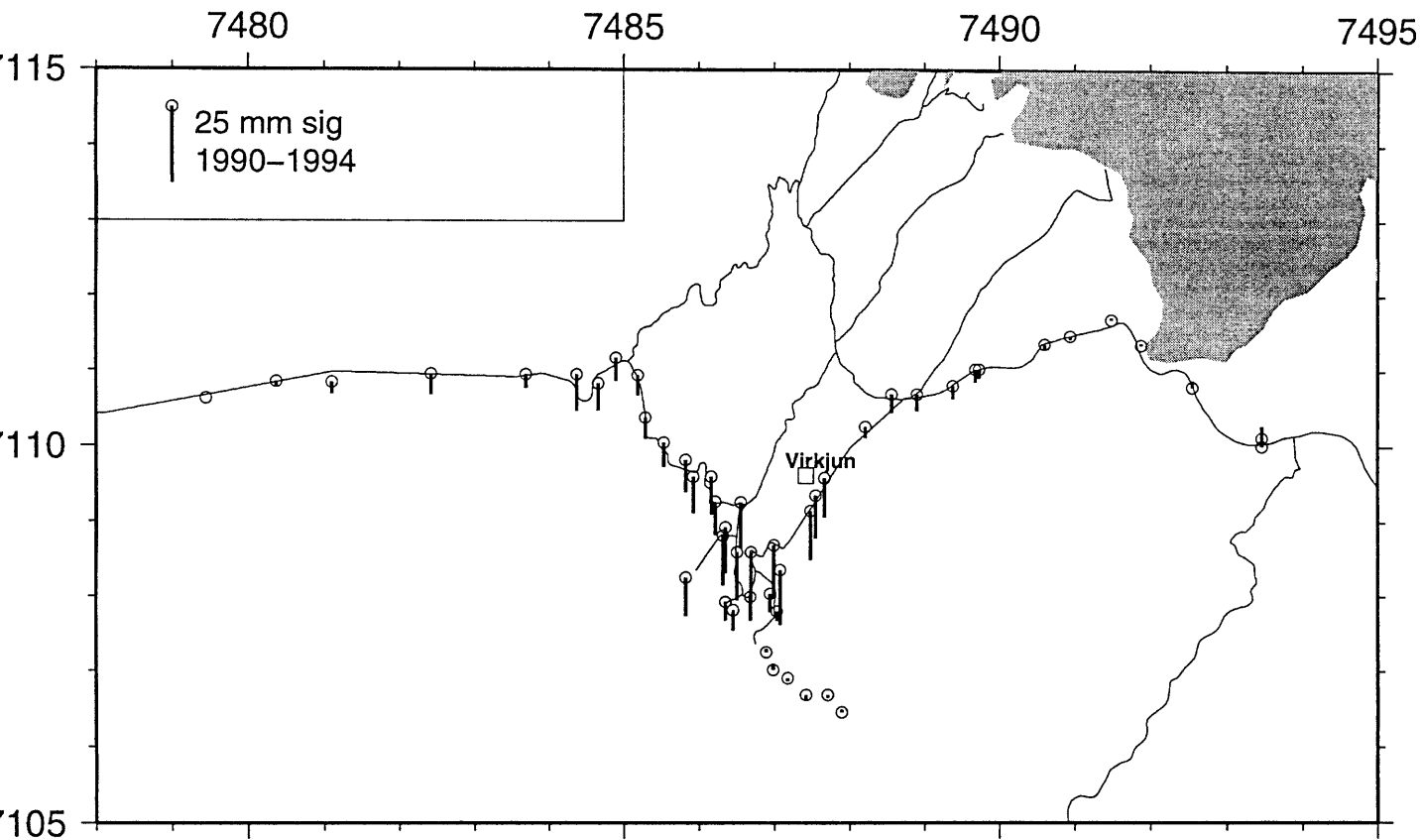
Mælipunktur sem staðsettur er norður frá miðjum Nesjvalladal sýna þó talsvert minni þyngdarminnkun, og jafnvel þyngdarhækkun. Hugsanleg skýring á þessu gæti verið að affallsvatn frá virkiuninni haldi uppi vatnsborði, ásamt því að vatnsborð stjórna fyrst og fremst af vatnsborði Þyngvallavatns.

Mesta þyngdarminnkunin sem fram kemur á myndum 4 og 5 er á svæði frá Mosfellsheiði austur fyrir borholu NV-14, eða um eða yfir 100  $\mu$ gal. Þetta er að hluta til sama svæði og mesta landsig mælist á, eins og fram kemur á myndum 6 og 7 (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur Vigfússon 194). Þess ber þó að geta viðmiðunarpunktur hæðarmælinga er ekki ávallt sá sami milli ára. Vera má að fastmerki á Mosfellsheiði (OS-HH45), sem notað var sem viðmiðun 1990-1994, hafi einnig sigið, þannig að sigið á myndum 6 og 7 sé enn meira. Ekki verður skýrt með fullnægjandi hætti hvað veldur þessari miklu þyngdarminnkun. Hún nær full langt vestur til að hægt sé að skýra hana með messatöku úr borholum á Nesjavallarsvæðinu. Ef gert er ráð fyrir að almenna þyngdarlækkunin sé um 50  $\mu$ gal og þyngdarbreytingin sé um 100  $\mu$ gal á svæðinu þar sem hún er mest, þá er hægt að skýra 50  $\mu$ gala þyngdarlækkun með 10-15 m lækkun vatnsborðs, miðað við 10% poruhluta. Ekkert liggur þó fyrir um að slík lækkun á grunnvatnsborði hafi átt sér stað.





Mynd 5. Þyngdarbreyting milli 1994 og meðaltals þyngdar árána 1985-1990. UTM hnit í km.



Mynd 6. Hæðarbreyting milli ára 1994 og 1990. UTM hnit í km.

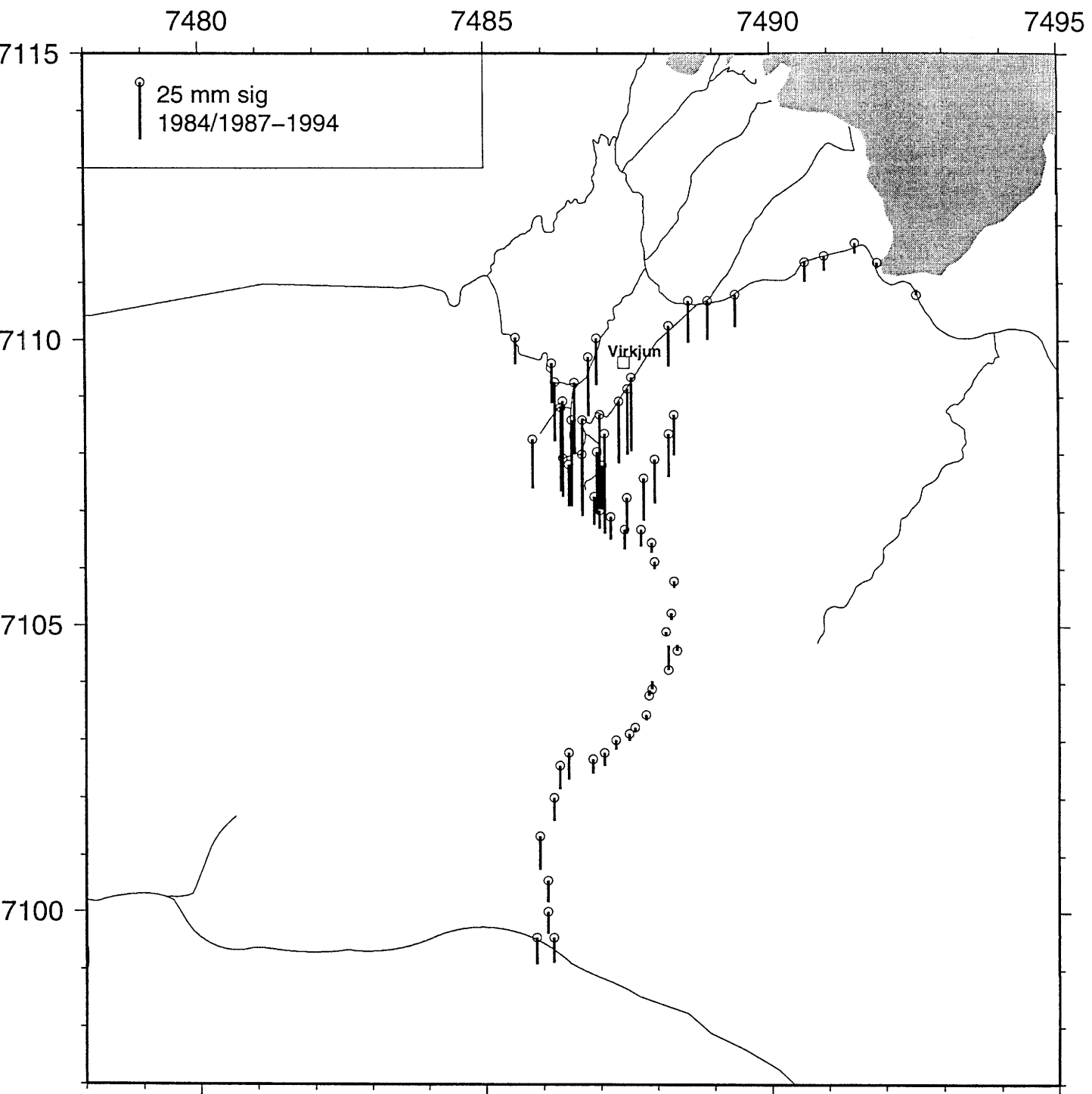
#### 4. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Óverulegar þyngdarbreytingar sjást í mæligögnum fyrr en 1994, en það ár mælist umtalverð þyngdarlækkun á mest öllu mælisvæðinu. Almenna þyngdarlækkunin er um 50µgal, en þar sem hún er hvað mest á svæðinu frá Mosfellsheiði austur að Stangarhálsi er þyngdarlækkunin um eða yfir 100 µgal.

Ekki verður séð með óyggjandi hætti að vinnsla úr borholum á Nesjavallarsvæðinu valdi þyngdarminnkun þar sem sú þyngdarminnkun sem mælist árið 1994 er ekkert áberandi mest næst vinnslusvæðinu eins og búasst mætti við. Einnig svarar þyngdarlækkunin til mun meiri massatöku en nemur vinnslu úr holum á Nesjavöllum. Vera má þó að á því svæði þar sem þyngdarminnkunin er hvað mest, stafi af einhverju leyti af vinnslu sem mundi þýða að áhrifasvæði vinnslunnar væri að stærðargráðunni 100km<sup>2</sup> samfara mjög góðri lekt á svæðinu. Sú skýring verður þó að teljast langsótt.

Full ástæða er til að fylgjast með vatnsborði í efstu jarðlögunum til að geta aðgreint þyngdarbreytingar vegna lækkaðs vatnsborðs, sem orsakast af lélegum vatnsárum, frá þyngdaráhrifum vegna vinnslu á Nesjavallarsvæðinu.

Vegna vinnslueftirlitsins er reiknað með að allt mælinetið verði mælt á að minnsta kosti 5 ára fresti og ætti því næstu mælingar að fara fram 1999. Hins vegar væri full ástæða til að mæla nokkra mælipunkta árlega til að fylgjast með hvort einhverjar breyting í þyngd eiga sér stað og með hliðsjón af því yrði tekin ákvörðun hvort ástæða sé til að mæla allt mælinetið. Slíkt árlegt eftirlit með nokkrum punktum tæki aðeins einn til tvo mælidaga.



Mynd 7. Hæðarbreyting milli 1994 og meðaltals hæðar áráanna 1984-1987. UTM hnit í km.

**Tafla 1. Þyngd í fastmerkjum 1982-1994. +982150 mgal.**

Fastm.	1982	1984	1985	1986	1987	1990	1994	Athugasemd
OS-HH45						41.192	41.162	Mosfellsheiði
OS-HH44						41.565	41.493	
OS-HH43						42.846	42.734	
OS-HH42						42.962	42.851	
OS-HH41						40.303	40.239	
OS-HH40						32.368	32.275	
OS-HH39						27.549	27.427	
OS-HH38						29.438	29.343	
OS-HH37						27.477	27.416	
OS-HH36						34.735	34.728	
OS-7322			28.443		28.462	28.477		Dyradalur
OS-NV30N						30.800	30.700	
OS-7321			24.141					
OS-NV35						26.981	26.912	
OS-NV34						22.761	22.672	
OS-NV19					16.838	16.875	16.840	
OS-7317			16.768					Háhryggur
OS-7316			23.093		23.081	23.116	23.034	
OS-NV08				29.512	29.501	29.523	29.419	
OS-7315			31.609		31.598	31.617	31.516	Kýrdalur
OS-7314			33.091	33.121	33.097		33.047	
OS-7312							45.907	
OS-7270		46.880						
OS-7271			39.086					Borhola NV-06
OS-7273			34.724		34.718		34.655	Borhola NV-08
OS-7320			20.342					
OS-7322			28.443		28.462	28.477		Dyradalur
OS-NV30N						30.800	30.700	
OS-7323			29.776					
OS-7324			24.446					
OS-7325			24.098					
OS-7326			22.386					
OS-7327			20.067					Skeggjadalur
OS-7319			14.601					
OS-7318			15.227					
OS-NV19					16.838	16.875	16.840	
OS-7317			16.768					Háhryggur
OS-7316			23.093		23.081	23.116	23.034	

Fastm.	1982	1984	1985	1986	1987	1990	1994	Athugasemd
OS-NV10				39.552		39.577	39.532	
OS-NV09				37.400		37.415	37.329	
OS-NV08				29.512	29.501	29.523	29.419	
OS-7315			31.609		31.598	31.617	31.516	Kýrdalur
OS-NV07				31.274	31.264	31.288		Borhola NV-12
OS-NV06				23.460	23.451	23.444	23.367	Borhola NV-17
NE-058						74.884	74.882	Vegamót
OS-NV18					71.662	71.670	71.681	
OS-7081		72.032	72.028	72.053	72.029			
OS-NV33						67.065	67.039	
NE-040		67.266	67.255	67.280	67.253			
NE-048						64.379		
OS-NV12						62.956	62.930	
OS-7268			62.965					
OS-7269		57.999	58.005	58.027	57.973	57.989	57.933	Borhola NV-04
OS-7312							45.907	
OS-7270		46.880						
OS-7080		58.661	58.627		58.613	58.616	58.537	
OS-7274		35.586	35.589	35.600	35.579	35.572	35.533	
OS-7275		28.694	28.687	28.721	28.711	28.700	28.619	Borhola NV-09
OS-7085		83.253	83.310	83.327	83.301	83.303		Þorsteinsvík
OS-7084		80.551	80.565	80.584	80.558			Nesjahraun
FV-333		79.205	79.224	79.255	79.230			
OS-7083		73.895	73.907	73.928	73.907			
OS-7082		73.352	73.351	73.388	73.345	73.361		Selklettur
NE-058						74.884	74.882	Vegamót
OS-7082		73.352	73.351	73.388	73.345	73.361		Selklettur
AU-224						68.369		
OS-NV48						66.860		
OS-NV47						63.502		
OS-NV49						63.714		Jórugil
OS-NV46						73.751		
OS-NV45						76.017		
OS-NV44						80.826		
OS-NV43						84.320		
OS-NV42						84.150		
OS-NV41						82.174		
OS-7085		83.253	83.310	83.327	83.301	83.303		Þorsteinsvík
OS-NV40						81.927		
OS-NV38						81.102		
OS-NV39						80.113		
OS-NV37						81.960		
OS-NV36						79.652		

Fastm.	1982	1984	1985	1986	1987	1990	1994	Athugasemd
NE-058						74.884	74.882	Vegamót
OS-NV13				72.064		72.045	72.042	
OS-NV14				72.069		72.048	72.044	
VR-262						74.836	74.770	
OS-NV15				74.774		74.766	74.705	
OS-NV16				76.774		76.758	76.693	
OS-NV17				77.584		77.553	77.516	
OS-7086		81.445	81.496	81.515		81.500	81.474	Hagavík
OS-7347						80.830	80.781	
OS-7519							79.062	
BRU						79.079	79.040	Ölfusvatnsárbrú
OS-7345			78.758			78.730	78.745	Ölfusvatnsá
OS-7344			72.296					
OS-7343			66.683					
OS-7342			60.228					
OS-7341			58.821					
OS-7340			59.052					
OS-7339			57.453					
OS-7338			55.845					
OS-7337			54.599					
OS-7336			53.899					
OS-7335			53.814	53.840			53.770	Þverárdalur
OS-HH96							71.427	
OS-HH95							65.727	
OS-HH94							57.614	
OS-HH93							54.935	
OS-HH92							60.151	
OS-HH91							47.750	
OS-HH90							43.150	
OS-HH89							35.886	
OS-DU25							26.015	Kattartjarnir
OS-HH88							30.330	
OS-HH87							28.764	
OS-HH86							28.023	
OS-HH85							21.998	
OS-HH84							21.739	
OS-HH83							19.042	
OS-HH82							23.072	
OS-HH81							29.377	
OS-HH80							35.258	Ölkelduháls

Fastm.	1982	1984	1985	1986	1987	1990	1994	Athugasemd
OS-NV05				54.308				
OS-NV04				51.071				
OS-NV03				47.714				
OS-NV02				42.549				
OS-NV01				38.184				
OS-7330			37.463	37.483		37.483	37.400	Stangarháls
OS-7328			27.415			27.432	27.335	Borhola NV-14
OS-7329			27.217	27.239		27.229	27.122	
OS-7330			37.463	37.483		37.483	37.400	Stangarháls
OS-7331			36.724				36.639	
OS-7332			43.121				43.096	
OS-7333			53.474				53.435	
OS-7334			53.176	53.221			53.119	
OS-7335			53.814	53.840			53.770	Pverárdalur
OS-7388				52.446			52.349	
OS-7389				51.085			50.978	
OS-7390				40.052			40.058	
OS-7391				39.133			39.125	
OS-7392				35.489			35.432	
OS-7393				29.078			29.036	Ölkelduháls
OS-7394				29.360			29.340	
OS-7395				28.484			28.433	
OS-7396				25.620			25.542	
OS-7397				24.659			24.599	
OS-7398				21.801			21.758	
OS-7399				21.821			21.760	
OS-7400				24.974			24.921	
OS-7401				28.900			28.884	
OS-7092	33.383	33.446		33.412			33.355	
OS-7402				34.363			34.286	
OS-7091	35.084	35.089		35.081				
OS-7403				33.935			33.861	
OS-7404				35.082			35.059	Hellisheiði
OS-7093	29.555	29.570						
OS-7094	23.483	23.487						
OS-7095	15.055	15.066						
OS-7097	7.786	7.819						
OS-7092	33.383	33.446		33.412			33.355	Hengladalsvegur

Fastm.	1982	1984	1985	1986	1987	1990	1994	Athugasemd
OS-HH01				34.862				Hellisheiði
OS-HH02				32.372				
OS-HH03				30.921				
OS-HH04				29.324				
OS-HH05				27.488				
OS-HH06				25.507				
OS-HH07				25.249				
OS-HH08				28.088				
OS-HH09				28.044				
OS-HH10				29.714				
OS-HH11				31.478				
OS-HH14				39.909				
OS-HH15				47.096				
OS-HH16				46.663				
OS-HH17				47.903				
OS-HH18				52.606				
OS-HH19				52.994				
OS-HH20				53.548				Kolviðarhóll
OS-HH23					53.726			
OS-HH24					55.312			
OS-HH25					57.672			
OS-HH26					53.689			
OS-HH27					51.751			
OS-HH28					48.691			
OS-HH29					45.478			
OS-HH30					41.467			
OS-HH31					37.686			
OS-HH32					35.895			
OS-HH33					23.767	23.736	23.642	
OS-HH34					25.959	25.924	25.774	Kista
OS-HH35					35.020	34.985	34.874	
OS-NV30N						30.800	30.700	Dyradalur
OS-3179	56.274			56.259	56.293			
OS-7078	55.789			55.785				
OS-HH22				55.389	55.426			
OS-HH21				53.731				
OS-HH20				53.548				Kolviðarhóll



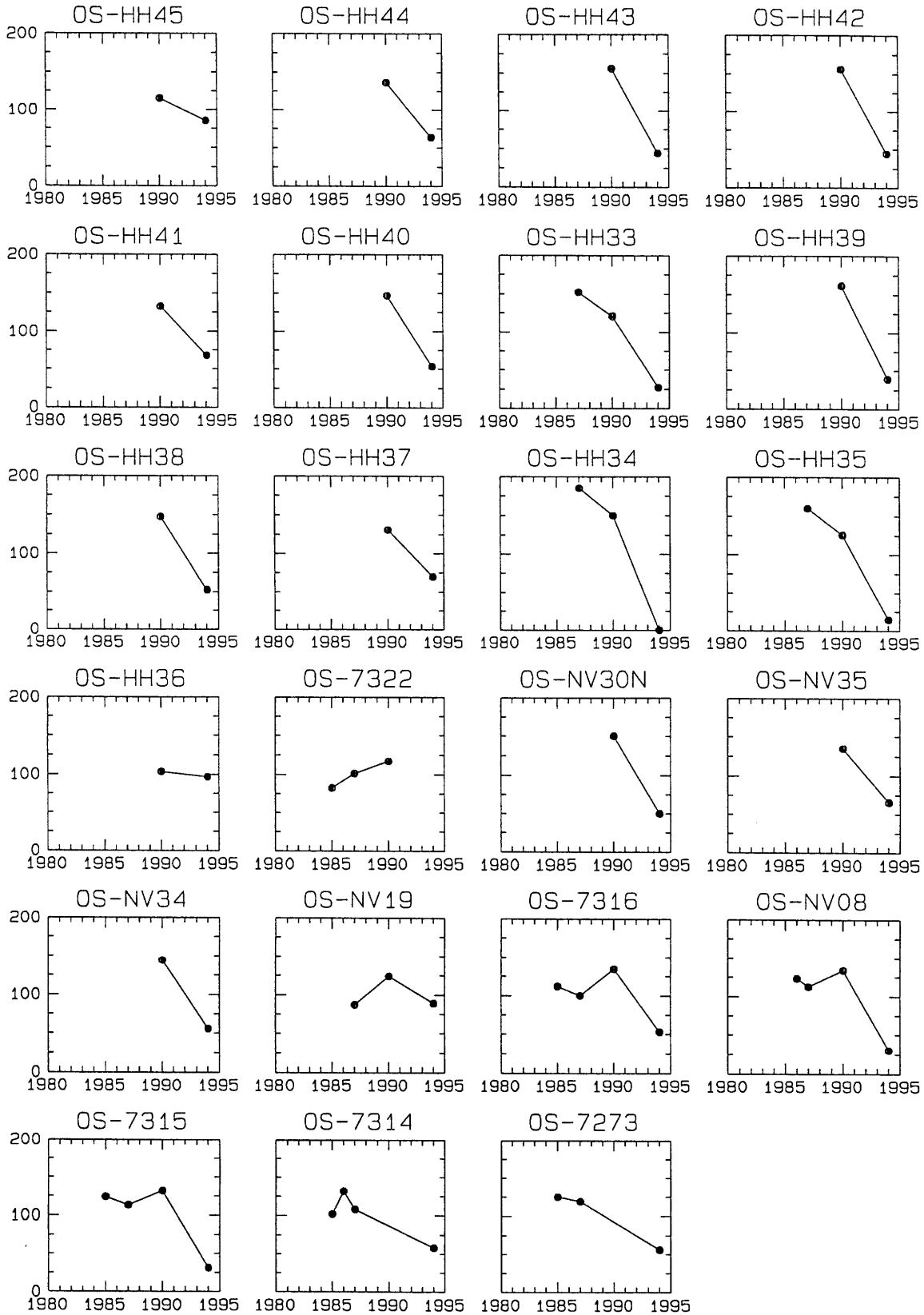
## 5. HEIMILDIR

- Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Knútur Árnason, Grímur Björnsson, Gylfi Páll Hersir og Gunnar V. Johnsen, 1985. *Nesjavellir-Yfirborðsrannsóknir. Samantekt jarðfræði- og jarðeðlisfræðigagna. Rannsóknaráætlun fyrir árið 1985.* Orkustofnun, OS-85030/JHD-07, 97 s.
- Gunnar Þorbergsson, Ingvar Þór Magnússon, og Guðmundur Pálmason, 1990. *Þyngdarmæligögn og þyngdarkort af Íslandi.* Orkustofnun, OS-90001/JHD-01, 50 s.
- Gunnar Þorbergsson og Guðmundur Vigfússon, 1994. *Nesjavallaveita. Landmælingar á Nesjavöllum og Hengilsvæði 1992-1994.* Orkustofnun OS-94036/VOD-05 B, 50 s.
- Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson og Axel Björnsson 1990. *Eldstöðvar og jarðhiti á Hengilsvæði. Jarðeðlisfræðileg könnun.* Orkustofnun OS-90031/JHD-06, 93 s.
- Hjálmar Eysteinnsson 1991. *Þyngdarmælingar á Nesjavöllum 1990.* Greinargerð Orkustofnunnar HE-91/02.
- Longman, I.M., 1959. *Formulas for computing the tidal accelerations due to sun and moon.* J. Geophys. Res., 64, 2351-2355.
- Tamura, Y., 1987. *A harmonic development of the tide generating potential.* Bulletin d'Informations Marees Terrestres no. 99, 6813-6855.

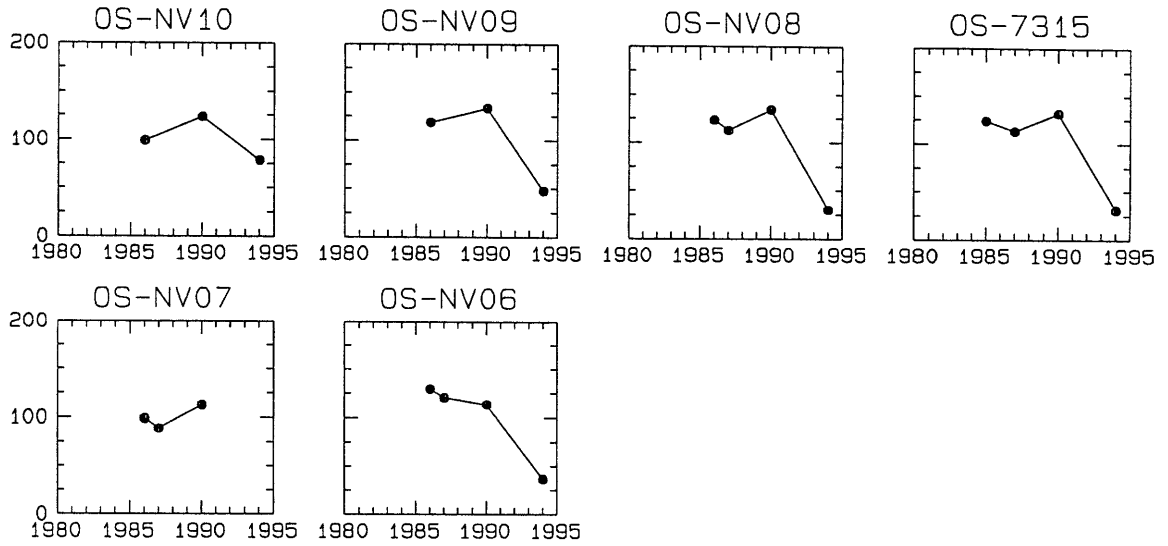
## VIÐAUKI

Þyngd sem fall af tíma í sérhverjum mælipunkti þar sem mælt hefur verið oftar en einu sinni. Kvarði lóðrétts áss er í  $\mu\text{gal}$ , þar sem meðaltal þyngdar allara mæliára í hverju fastmerki er sett í  $100 \mu\text{gal}$ .

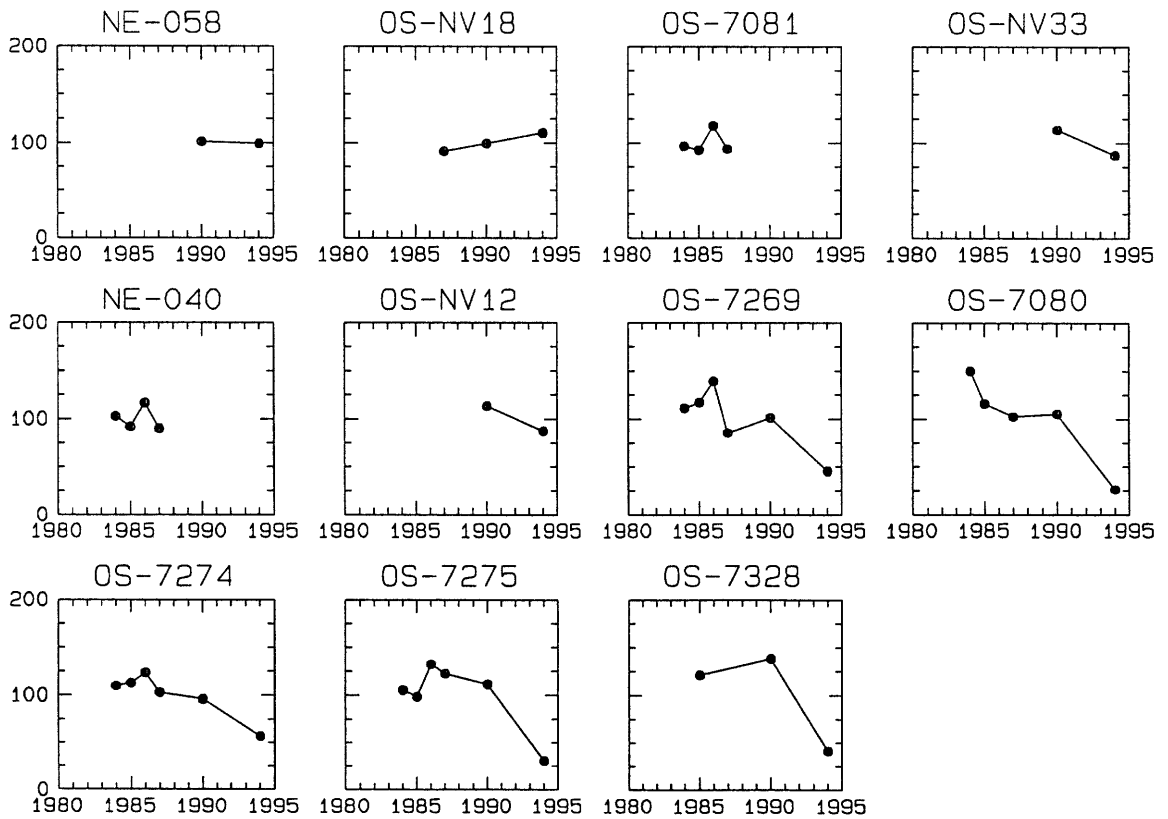
# Mosfellsheiði-Dyradalur-Háhryggur-Kýrdalur-Borhola NV-08



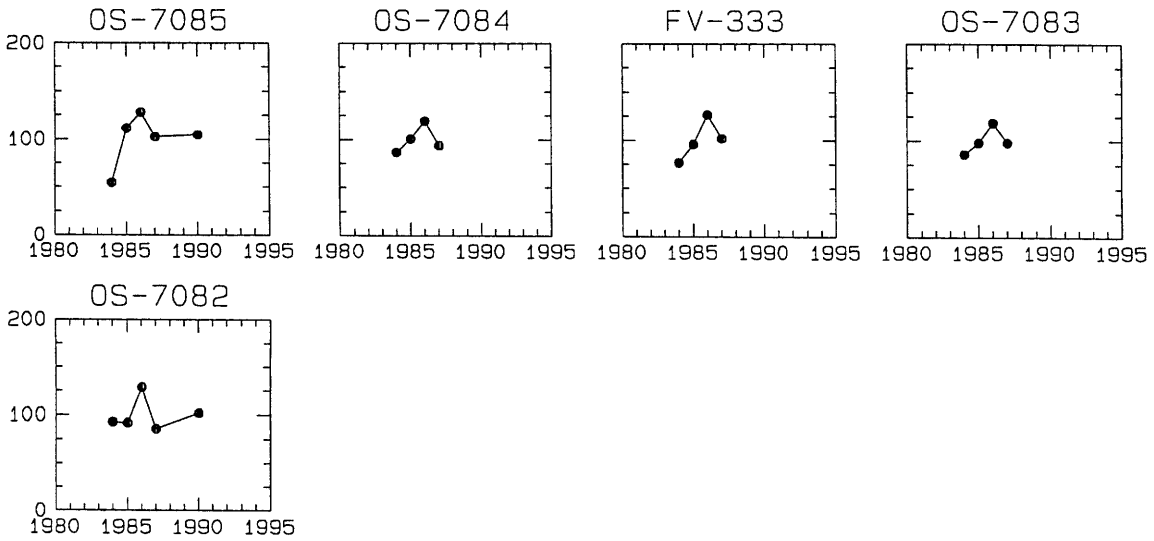
### Kýrdalur N-S



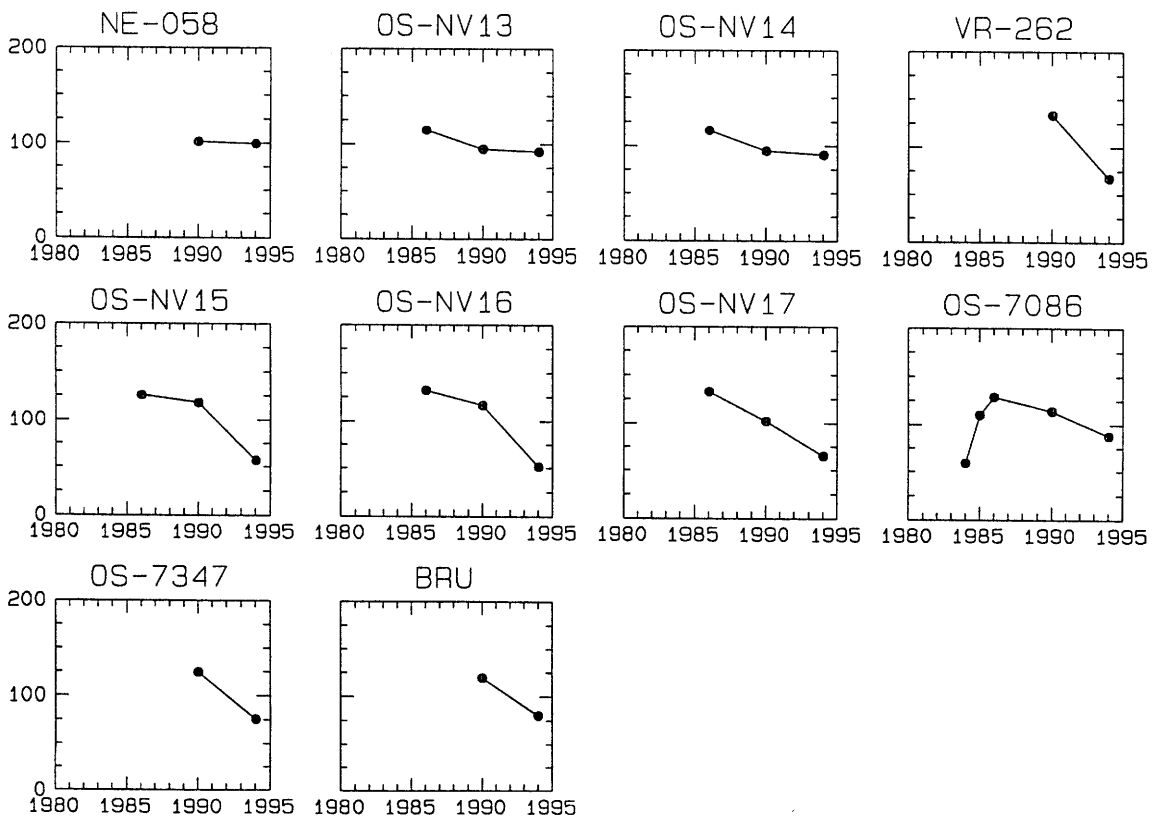
### Vegamót-Virkjun-Borhola NV-14



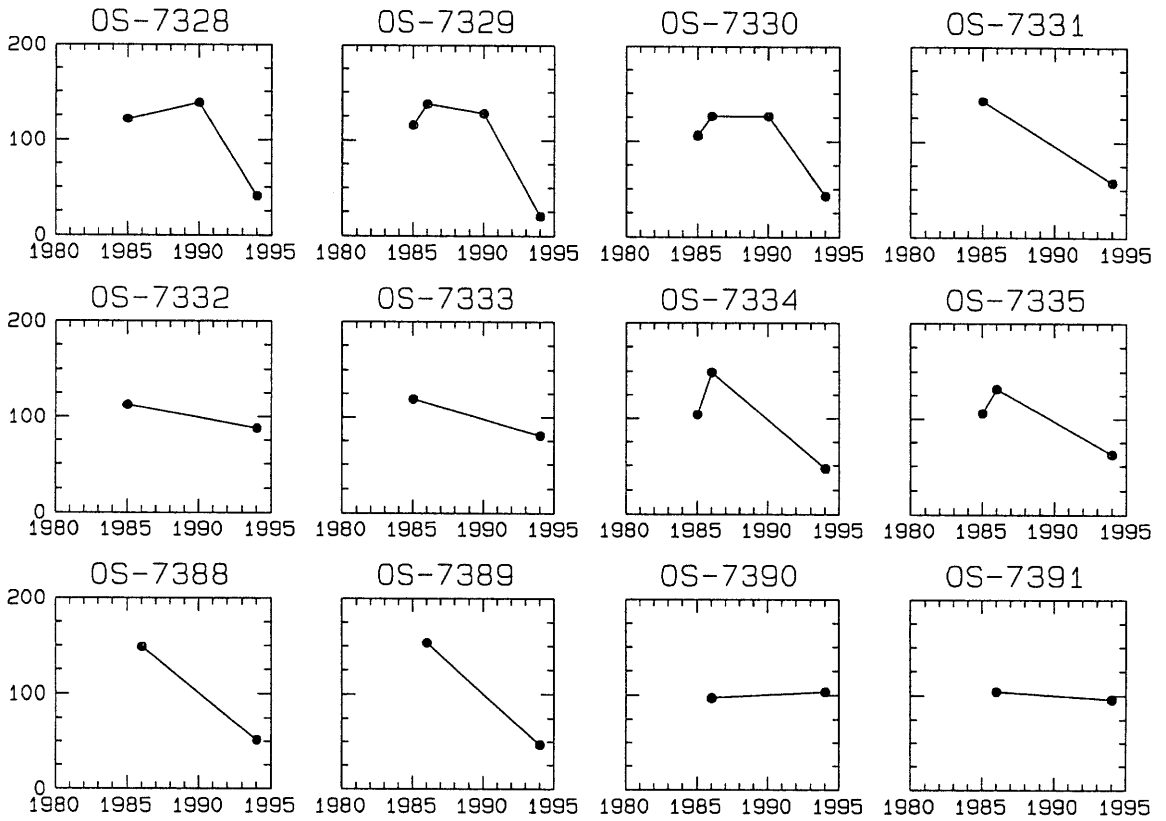
## Nesjahraun: Þorsteinsvík-Selklettur



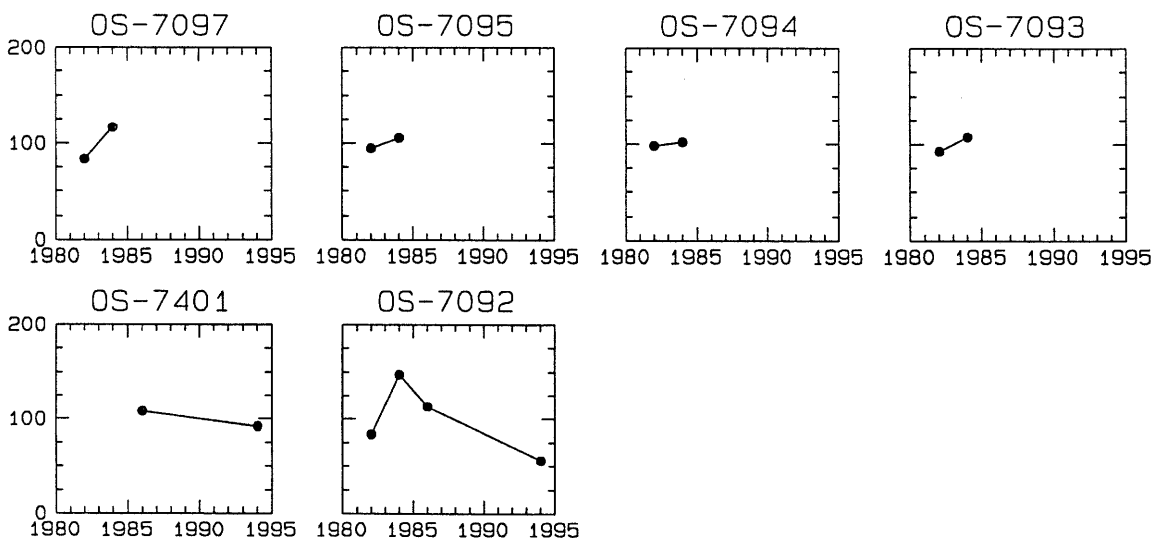
## Vegamót-Hagavík-Ölfusvatnsárbrú



## Stangarhás-Ölkelduhás



## Hengladalsvegur



# Ölkelduháls-Hellisheiði

