

Steinunn S. Jakobsdóttir  
Halldór Geirsson  
Jósef Hólmjárn

## Uppsetning jarðskjálftastöðva og GPS-stöðvar á Kárahnjúkasvæðinu

# Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	3
<b>1. Inngangur .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Uppsetning jarðskjálftamæla .....</b>	<b>6</b>
STADARVAL .....	6
UPPSETNING.....	6
<b>3. Uppsetning GPS-stöðvar .....</b>	<b>8</b>
STADARVAL .....	8
UPPSETNING.....	8
<b>4. Niðurstöður.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Samantekt .....</b>	<b>15</b>
<b>Viðauki</b>	
<b>Umhverfissvöktun við Kárahnjúka.....</b>	<b>21</b>
JARÐSKJÁLFTAMÆLINET .....	21
SAMFELLDAR GPS MÆLINGAR .....	24

# 1. Inngangur

Í upphafi ársins 2004 fór Landsvirkjun þess á leit við Veðurstofu Íslands að stofnunin tæki að sér vöktun á smáskjálftum og jarðskorpuhreyfingum á fyrirhuguðu lónstæði við Kárahnjúka. Á fundi sem haldinn var þann 10. febrúar í húsakynnum Landsvirkjunar var Veðurstofunni falið að gera tillögu að neti jarðskjálftamæla og GPS-mæla á svæðinu. Veðurstofan vann tillögu byggða á þeim forsendum sem gefnar voru í skjalinu „Umhverfisvöktun við Kárahnjúka - mælingar á smáum jarðskjálftum og jarðskorpuhreyfingum – verklýsing“ sem dagsett er í mars, en barst Veðurstofunni í hendur í apríl. Tillagan gerði ráð fyrir að settar yrðu upp allt að 6 nýjar jarðskjálftastöðvar og 3 GPS-stöðvar. Stöðvadreifing jarðskjálftamæla var miðuð við að beitt yrði aðferð afstæðra staðsetninga, sem notuð hefur verið til að kortleggja virkar jarðskjálftasprungur, en auk þess var nefndur sá möguleiki að setja upp stöð við suðaustanverðan Vatnajökul til að bæta eftirlit með virkni í austanverðum jöklinum (6. stöðin). Áætlun um GPS-mæla var gerð út frá hugmyndum um samanburðarmælingar, þannig að hægt væri að áætla hvaða áhrif Vatnajökull og aðrir umhverfisþættir hefðu á mælingarnar. Tillaga þessi, ásamt kostnaðaráætlun, var send Landsvirkjun þann 4. maí. Í svarbréfi dagsettu 15. júní var tilkynnt að ákveðið hefði verið að setja upp 3 jarðskjálftastöðvar og einn GPS-mæli og á meðfylgjandi korti höfðu allar stöðvarnar verið fluttar nær lónstæðinu. Til að ræða þessar nýju forsendur var haldinn fundur þann 7. júlí. Þar varð niðurstaðan sú að komið yrði fyrir 3 jarðskjálftastöðvum með dreifingu sem færi bil beggja tillagnanna og settur yrði upp einn GPS-mælir. Með þessu kerfi átti fyrst og fremst að sjá hvort einhver skjálftavirkni mældist yfirleitt á svæðinu. Þann 23. ágúst var síðan undirritaður samningur milli Landsvirkjunar og Veðurstofu Íslands.



Mynd 1. Grunnur að jarðhýsi.

## 2. Uppsetning jarðskjálftamæla

### Staðarval

Strax í júlí var hafinn undirbúningur að uppsetningu stöðvanna, þó að undirritaður samningur lægi ekki fyrir. Þantað var efni í rafstöðvar, fjarskiptatæki, jarðskjálftanemar og fleira. Í ágúst var síðan farin vettvangsferð, þar sem staðir voru skoðaðir m.t.t. aðgengis, berggrunnss og möguleika á gagnasendingu í móttökutölvu. Settir voru upp færarlegir mælar og gæði undirstöðunnar könnuð á þann hátt. Þessum framkvæmdum lauk 20. ágúst. Ákvörðun um staðsetningu mælistöðvanna var síðan byggð á niðurstöðum mælinganna.

### Uppsetning

Dagana 17.-22. september voru byggð jarðhýsi (tunnur) með steiptum stöpli fyrir mælitækin. Jarðhýsin eru gerð þannig að grafið er 1-2 m niður á góða klöpp og hún hreinsuð. Síðan er grunnað og steiptur hringlaga pallur, sem hafður er um 50 cm í þvermál og um 30-40 cm háur (mynd 1). Jarðhýsið sjálf er gert úr rotþró með afskornum endum, 1,1 m í þvermál. Endarnir eru skeyttir saman til að mynda lok á tunnuna. Innra rör, 60 cm í þvermál, er sett utan um pallinn til að einangra hann betur frá umhverfinu og freista þess að minnka hitasveiflur á jarðskjálftanemanum (mynd 2). Stöðvarnar draga nafn af staðsetningu: Brúarjökull (bru), með hnitin 64°49'43,9"N og 16°05'18,6"V. Hæð 813 m yfir ellipsóíðu. Hvannstöðsfjöll (hva), með hnitin 64°57'17,0"N og 15°52'09,4"V. Hæð 762 m yfir ellipsóíðu. Vestari-Sauðahnjúkur (vsh), með hnitin 64°48'27,9"N og 15°43'39,6"V. Hæð 916 m yfir ellipsóíðu. Í sömu ferð voru reist möstur fyrir rafstöðvar (sólar- og vindrafstöðvar). Þegar hér var komið sögu var veður farið að hafa áhrif á ferðaáætlanir.



Mynd 2. Horft ofan í jarðhýsi. Sjá má innra rörið með einangrun og jarðskjálftanema. Spýturnar 4 út við ytra rörið eru stöðir undir pall fyrir stafsetjara, rafgeyma og mótald.

Í lok október var gengið frá mælitækjum, fjarskiptabúnaði og rafstöðvum á jarðskjálftamælistöðvunum, sem og á GPS-stöðinni (sjá neðar). Notaðir voru Lennartz 5s namar og Guralp DM24 stafsetjarar með GPS-klukku. Spread spectrum móttöld af gerðinni Freewave voru sett upp fyrir gagnaflutning í skráningartölvu. Loftnet fyrir GPS-klukku voru reist við hlið jarðhýsisins (mynd 3).

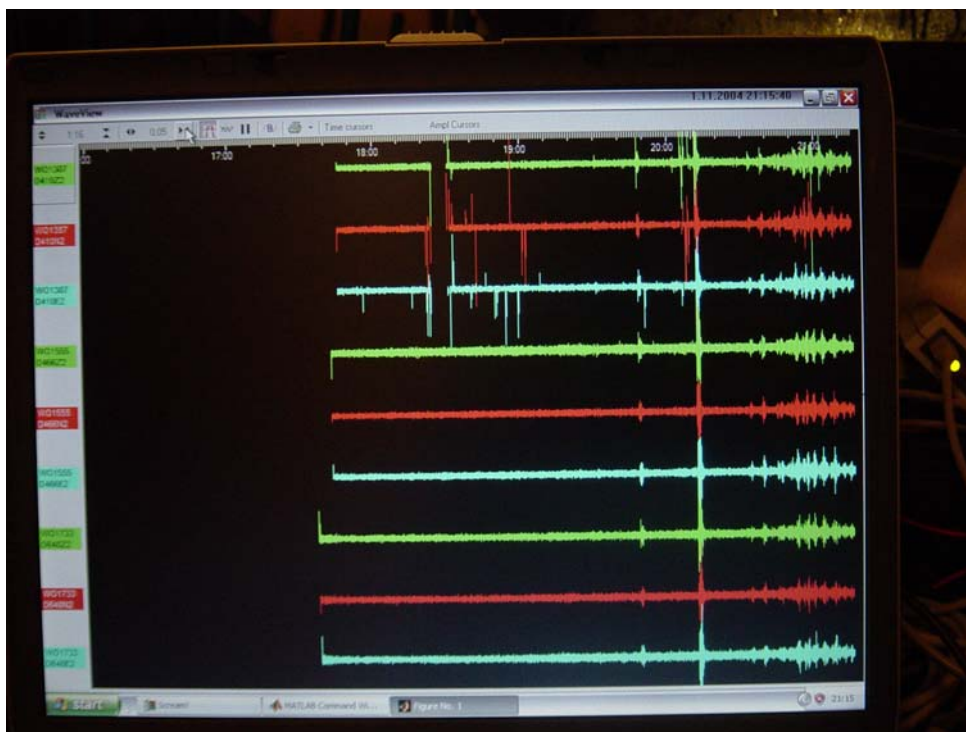


Mynd 3. Ytri frágangur jarðhýsis. Stöng fyrir GPS-klukku og móttaldsloftnet er staðsett við hlið jarðhýsisins.

Ákveðið hafði verið að setja skráningartölvurnar á skrifstofu eftirlitsmanna á Laugarási, þannig að þeir gætu fylgst með mælunum og aðstoðað okkur með tölvurnar ef á þyrfti að halda. Nýtt tölvuhúsnæði fyrir skrifstofuna átti að vera tilbúið mjög fljótlega og því var ákveðið að fresta uppsetningu skráningartölvanna í stað þess að setja þær upp til bráðabirgða. Kerfið var því prófað með fartölvu og svo skemmtilega vildi til að þannig náðust gögn sem sýna upphaf gossins í Grímsvötnum þann 1. nóvember (mynd 4).

Um miðjan desember var nýtt húsnæði undir tölvur o.fl. tilbúið. Tölvunum var komið fyrir þar (mynd 5) og þann 19. desember hófst gagnasöfnun á stöðvatölvurnar. Tölvurnar geyma öll gögn í um 31 sólarhring, þau gögn sem sýna skjálfta og sprengingar eru tekin til varanlegrar geymslu og send til Reykjavíkur um tölvutengingu. Þann 20. desember var unnið í samvinnu við Arnór Árnason hjá EJS að því að ganga frá uppsetningu tölvutengingar á milli Kárahnjúkatölvanna og móðurtölvu í Reykjavík, en hún sér um að staðsetja skjálfta og um samskipti við útstöðvarnar.

Ekki þótti ráðlegt að bæta stöðvunum inn í staðsetningarkerfið rétt fyrir stórhátíð. Fylgst var með gagnasöfnun og gagnasendingum frá nýju stöðvunum fram til 29. desember, en þá voru þær tengdar sem fullgildar stöðvar inn í SIL-kerfið.



Mynd 4. Byrjun Grímsvatnagoss 1. nóvember 2004 séð með augum nýju stöðvanna.

### 3. Uppsetning GPS-stöðvar

#### Staðarval

Við val á staðsetningu stöðvarinnar var fyrst og fremst þrennt haft í huga:

- ◆ Stöðin þarf að vera sem næst massamiðju lónsins.
- ◆ Stöðin þarf að vera á föstu bergi.
- ◆ Fjarskipti og aðgengi þurfa að vera ásættanleg.

Ekki var talið ráðlegt að vera of nærri helsta framkvæmdasvæði stíflnanna vegna jarðrasks og massatilflutnings. Helst komu þá tveir staðir til greina: á Sauðárhálsi, eða við vinnubúðirnar. Á báðum stöðum fundust ágætir klappir. Við vinnubúðirnar er aðgangur að rafmagni og síma, en þörf á vindrafstöð og GSM-fjarskiptum á Sauðárhálsi. Um svipað leyti bárust fregnir um að fundist hefði sprunga sem sker stíflustæðið og liggur eftir Sauða. Var þá ákveðið að hafa stöðina lónmegin við sprunguna (á Sauðárhálsi), því að ef lónið veldur höggun á sprungunni, þá er líklegra að færslur mælist þeim megin.

#### Uppsetning

Uppsetning tækja fór fram í tveimur ferðum. Dagana 6.-7. október var allri jarð- og steypuvinnu lokið. Þá var sett upp mastur fyrir sólar- og vindrafstöð. Einnig var sett upp undirstaða fyrir GPS-loftnetið. Undirstaðan er úr ryðfríu stáli og boltuð í klöppina með 12 mm ryðfríum snittteinum og sérstöku steinlími. Undirstaðan er sömu gerðar og er á öllum öðrum GPS-stöðvum Veðurstofunnar. Undir miðri undirstöðunni var boraður niður koparnagli, sem er punkturinn sem í raun og veru er verið að mæla.



*Mynd 5. Tölvuaðstaðan í nýja skrifstofuhúsnæðinu á Laugarási. Að öllum líkindum breytist aðstaðan þegar tölvuver eftirlitsmanna færir í nýja húsnæðið.*

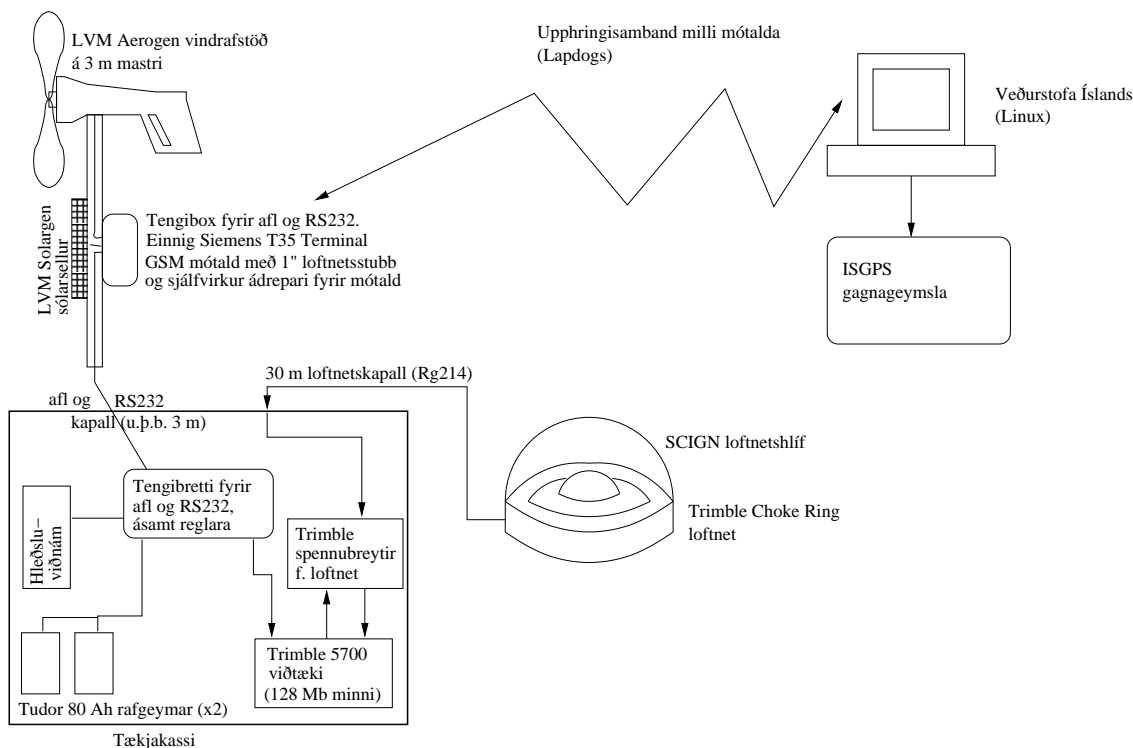
Þetta tryggir að mælingar spillist ekki þótt undirstaðan skemmist. Áletrun koparnaglans er NE-2004-06. Ákveðið var að stöðin skyldi fá stuttnefnið SAUD, en fullt nafn stöðvarinnar er Sauðárháls við Kárahnjúka. Hnit stöðvarinnar eru  $64^{\circ}53'54,23''N$  og  $15^{\circ}53'01,35''V$  og hæð yfir ellipsóíðu er 762 m.

Þann 30. október var tækjabúnaður á stöðinni settur upp, í sömu ferð og tækjabúnaður var settur á jarðskjálftamælastöðvarnar. Orkuverið er samskonar og á SIL-stöðvunum: LVM Aerogen vindrafstöð og tvær 25 W LVM Solargen sólarcellur hlaða inn á tvo 80 Ah rafgeyma (mynd 6). GPS-búnaður er frá Trimble: Trimble 5700 viðtæki og Trimble Choke Ring loftnet með loftnetshlíf frá SCIGN (Southern California Integrated GPS Network) (mynd 7). Loftnetshæðin, lóðrétt hæð frá merki að neðsta punkti loftnets, er 1,045 m. Viðtækið skráir mælingar frá GPS-gervitunglum á 15 sekúndna fresti í innra minni í sólarhringslangar skrár. Viðtækið, ásamt rafgeymum og hleðslureglara, eru í einangruðum álkassa við mastrið. Mynd 7 sýnir yfirlit yfir tækjabúnað á staðnum. Minnið í tækinu er 128 Mb og dugir fyrir um 160 daga af gögnum, sem kemur sér vel ef samband rofnar af einhverjum ástæðum. Einu sinni á sólarhring eru mæligögn sótt um GSM-mótald og unnið úr þeim sjálfvirkt. Frá því stöðin var sett í gang þann 30. október hefur gagnasöfnun verið samfelld.



*Mynd 6. Undirstaða og loftnetshlíf á SAUD, unnið að uppsetningu tækjabúnaðar á mastri fjær. Kárahnjúkar í baksýn.*





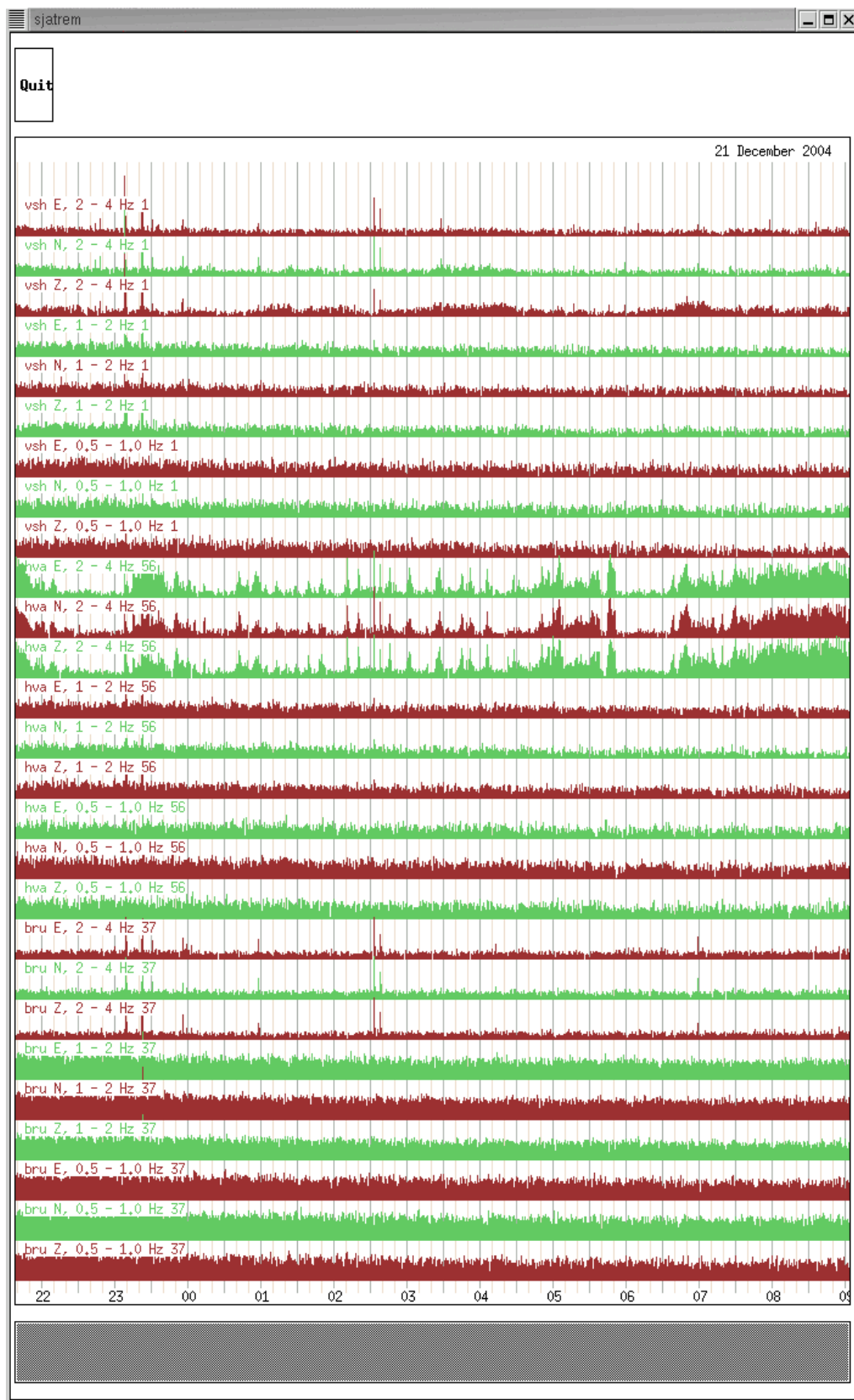
Mynd 7. Skýringarmynd af tækjabúnaði á Sauðárhálsi.

## 4. Niðurstöður

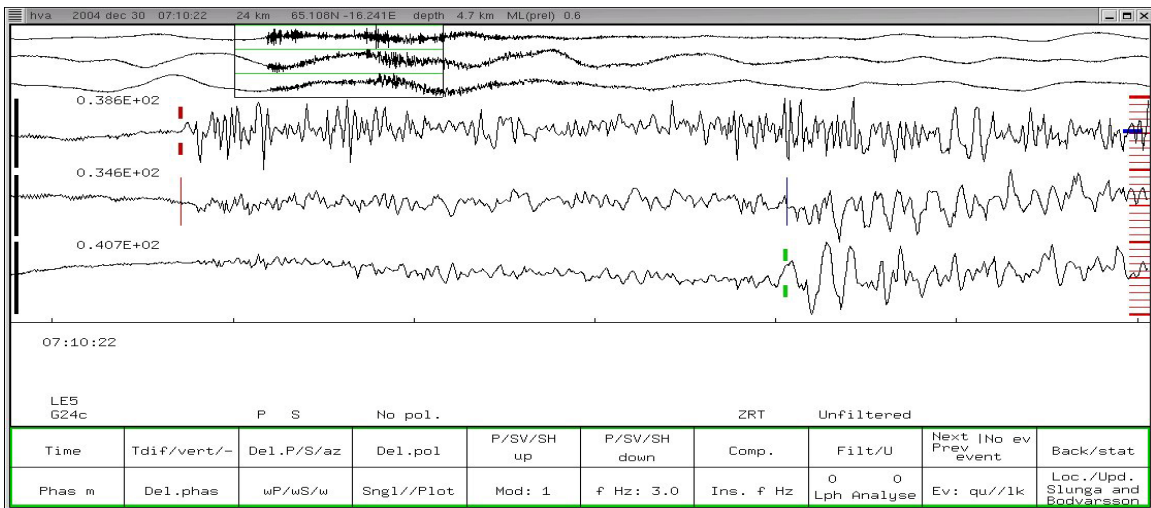
Þann 29. desember voru nýju stöðvarnar við Kárahnjúka tengdar inn í SIL-kerfið og síðan þá hafa þær verið hluti af staðsetningakerfinu. Myndir 8-10 sýna dæmi um gögn frá stöðvunum. Tafla 1 og mynd 11 sýna sprengingar og skjálfta í nágrenni stöðvanna frá 29. desember 2004 til 1. febrúar 2005. Stöðvarnar virðast vera mjög góðar og auka næmni kerfisins gagnvart skjálftum kringum Öskju og Herðubreið, sem og virkni í Bárðarbungu. Það er einnig greinilegt hvernig næmni og nákvæmni í staðsetningu sprenginga eykst. Stöðin í Hvannstóðsfjöllum sýnir glögg merki framkvæmda á virkjunarsvæðinu, en stöðin við Brúarjökul virðist sjá framkvæmdirnar minnst.

Þann 30. október hófust samfelldar GPS-mælingar á Sauðárhálsi við Kárahnjúka. Stöðin er rekin sem ein 15 annarra stöðva Veðurstofunnar, og er gagnasöfnun og úrvinnsla sjálfvirk að miklu leyti. Mynd 12 sýnir fyrstu mæliniðurstöður frá SAUD, frá 30. október til 31. desember. Gæði gagnanna eru sambærileg við aðrar stöðvar. Ekki er unnt að draga neinar ályktanir um færslur stöðvarinnar að svo stöddu sakir hversu stutt tímaröðin er.

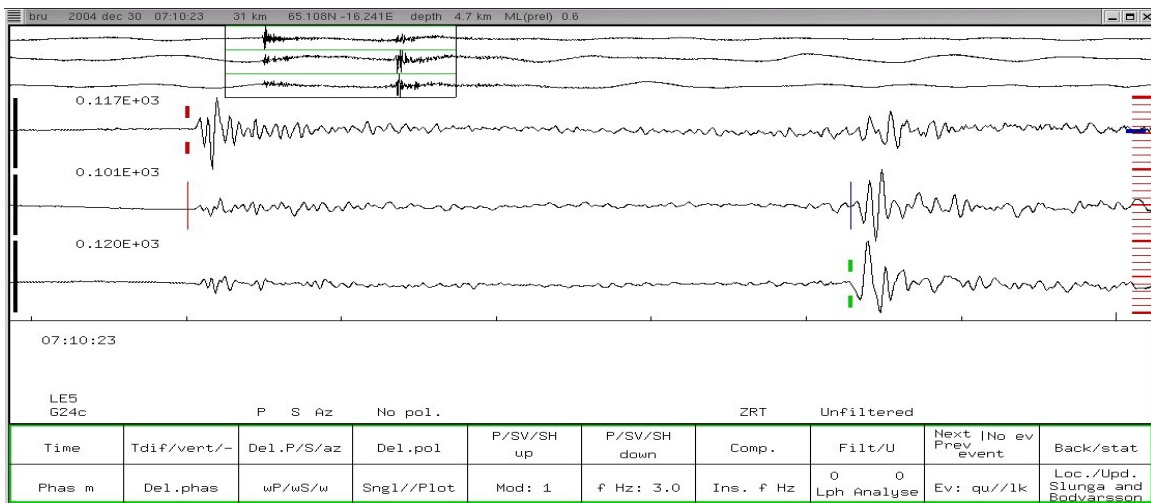
Ljóst er að ekki verður unnt að fullu að aðskilja þau ferli sem kunna að valda hreyfingum á stöðinni. Þau ferli eru jarðskorpuhreyfingar vegna plötuhreyfinga, landsig vegna þunga Háslóns, landris vegna þynningar Vatnajökuls, og hugsanlegar færslur á misgengisflötum. Æskilegt væri að auka mælingar á jarðskorpuhreyfingum á svæðinu, t.d. með GPS-netmælingum til að upphafleg markmið náist.



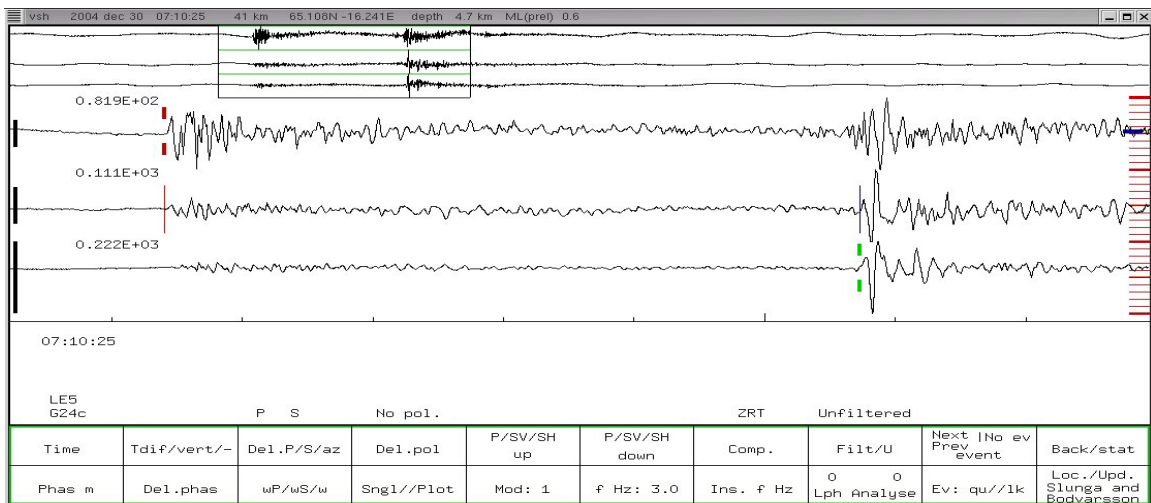
Mynd 8. Óróaplott: Gögn frá nýju stöðvunum síud á tíðnibilunum 0,5-1 Hz, 1-2 Hz og 2-4 Hz. Plottaðir eru 3 ásar fyrir hverja stöð. Greinilega má sjá að umhverfishávaðinn er mestur á stöðinni í Hvannstöðsfjöllum.



(a)

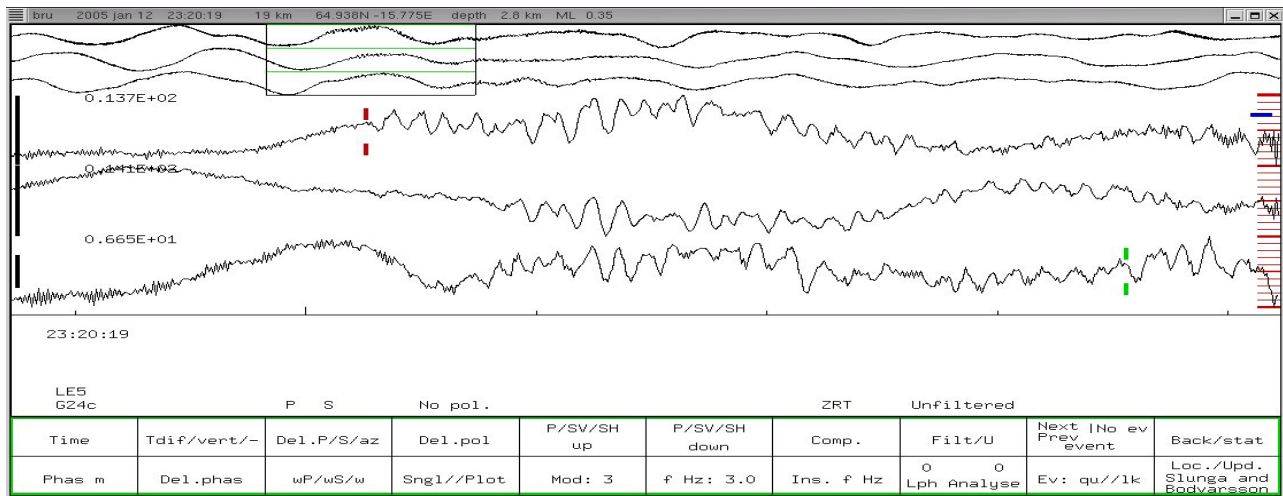


(b)

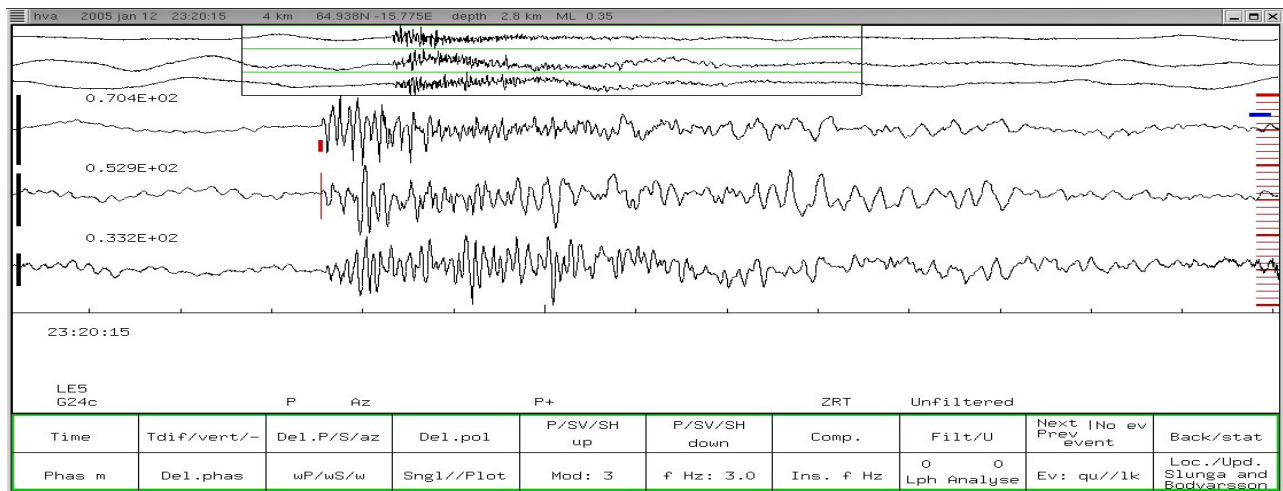


(c)

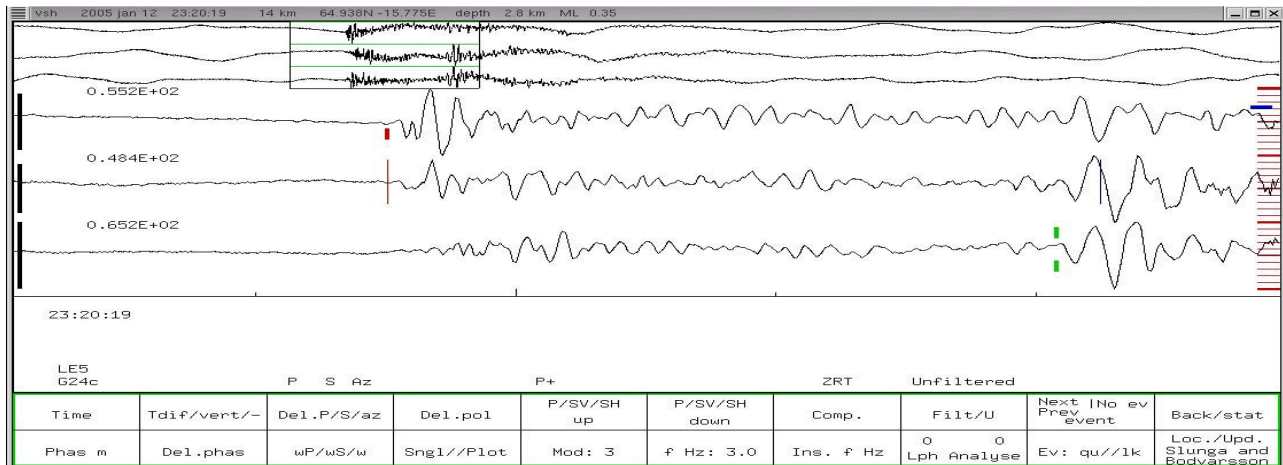
Mynd 9. Skráning á nýju stöðvunum á skjálfta af stærð 1 við Herðubreið. Stöðin í Hvannstóðsfjöllum (a) er næst skjálftaupptökunum en stöðin við Vestari-Sauðahnjúk (c) fjarst. Rauð strik sýna sjálfvirkt valdar P-bylgjur og þau grænu sjálfvirkt S-bylgjuval hugbúnaðarins.



(a)

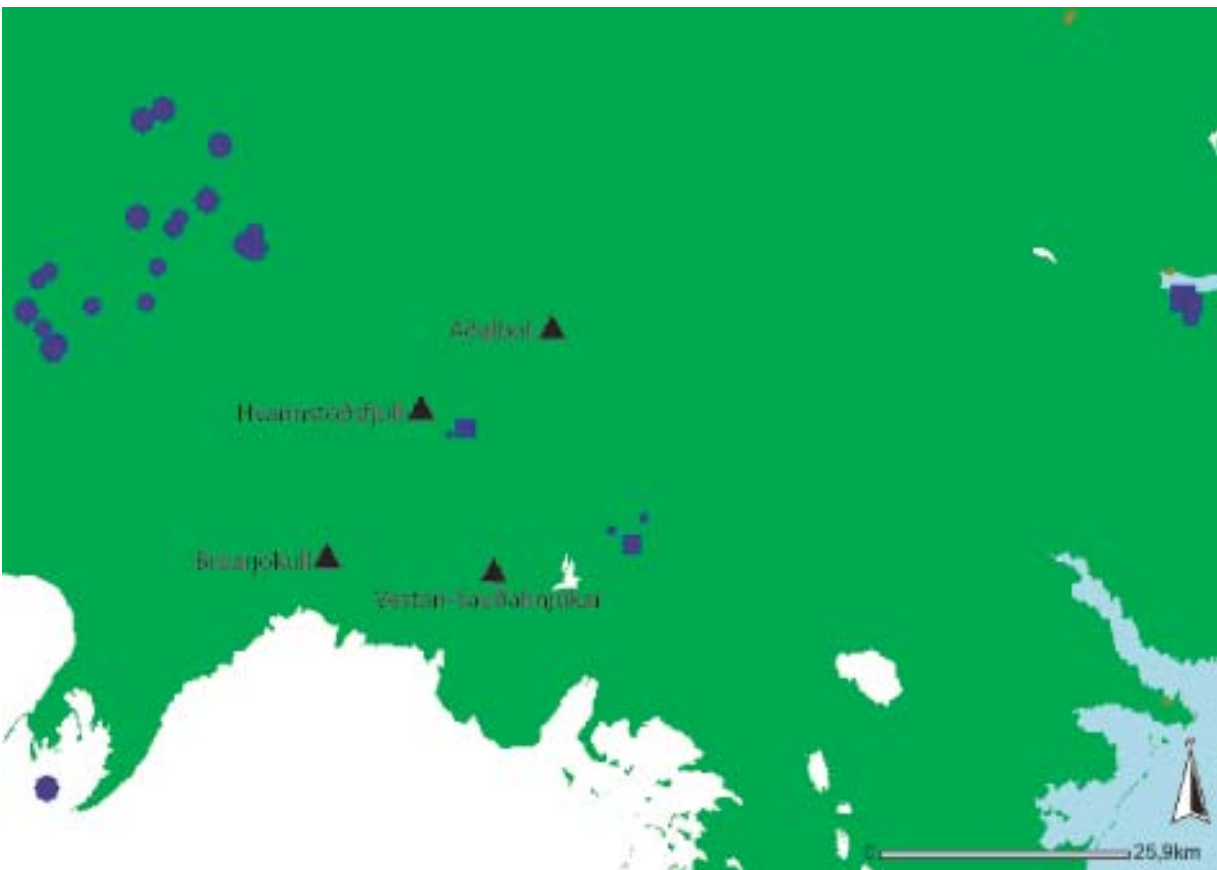


(b)



(c)

Mynd 10. Sprenging á Kárahnjúkasvæðinu (óstaðfest) skráð á nýju stöðvunum.



Mynd 11. Kort sem sýnir staðsetningu skjálfta og sprenginga á Norðausturlandi umhverfis Kárahnjúka.

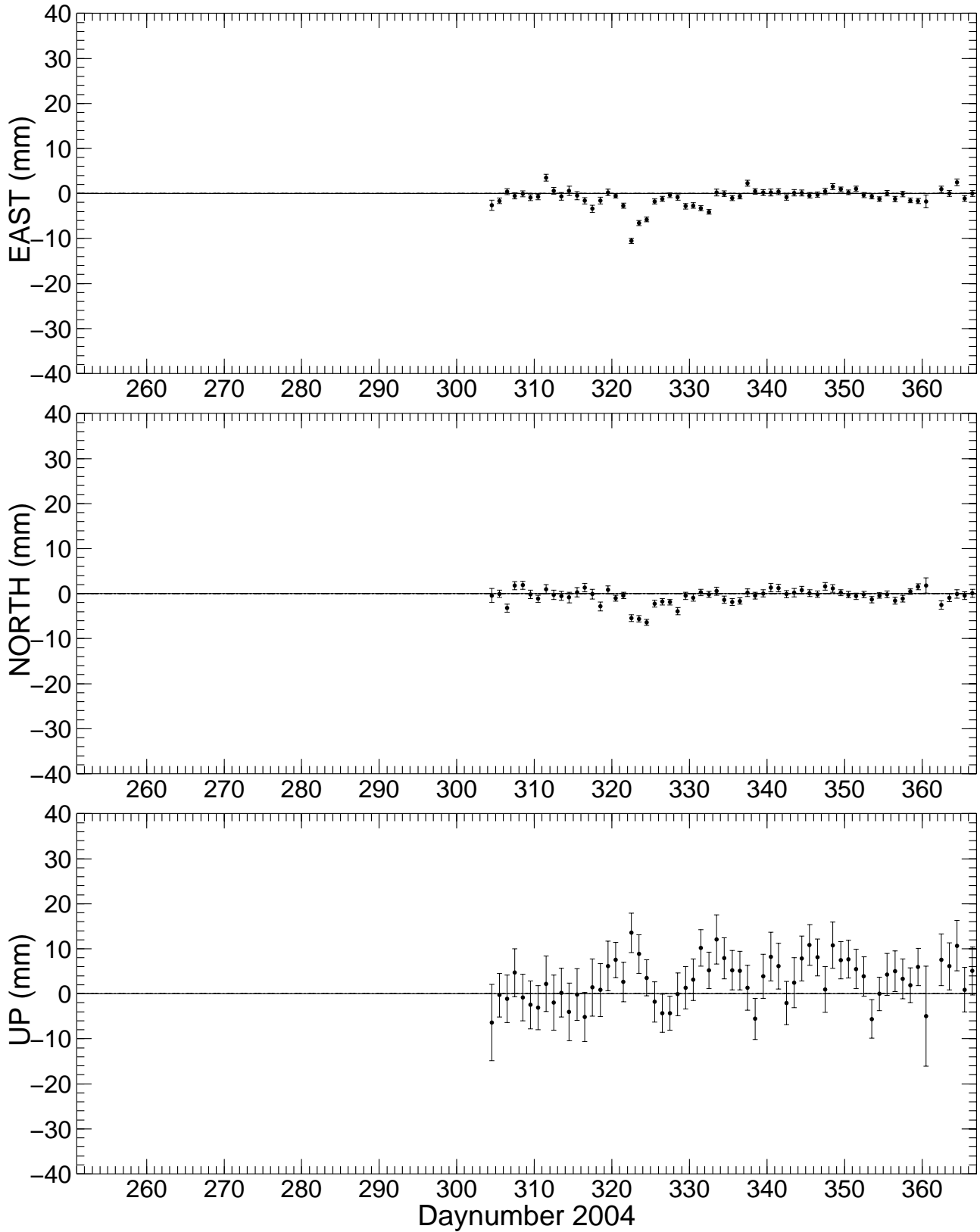
## 5. Samantekt

Á árinu 2004 var gerður samningur á milli Landsvirkjunar og Veðurstofu Íslands um vöktun á skjálftavirkni og jarðskorpuhreyfingum á virkjunarsvæði Kárahnjúkavirkjunar. Seinni hluta ársins var unnið að staðavali fyrir jarðskjálftastöðvar og GPS-stöð og þessar stöðvar settar upp. Voru þær allar að fullu komnar í gagnið fyrir árslok 2004 og safna nú gögnum til eftirlits og rannsókna. Stöðvarnar lofa mjög góðu hvað varðar gæði gagnanna sem þær safna. Upprunaleg áætlun um mæla á svæðinu mundi gera kleift að kortleggja sprungur með um 10-100 m nákvæmni og aðskilja landbreytingar af völdum virkjanaframkvæmda frá náttúrulegum landbreytingum.

Tafla 1. Staðsetningar atburða umhverfis Kárahnjúka.

Date	Lat	Lon	Size	Depth	Type
31.1.2005 17:55	-16.43145	65.09233	1.86	8.564	qu
31.1.2005 07:14	-16.57892	65.06007	1.24	2.577	qu
30.1.2005 19:57	-16.66856	65.02325	2.01	7.908	qu
28.1.2005 13:10	-15.77471	64.93725	0.4	0.135	un
27.1.2005 15:19	-15.7737	64.93665	0.4	0.135	un
27.1.2005 07:13	-16.39181	65.12611	1.28	3.223	qu
27.1.2005 07:05	-16.3954	65.12547	1.53	3.892	qu
27.1.2005 07:04	-16.38043	65.13395	1.47	2.408	qu
27.1.2005 06:14	-16.66924	65.09205	1.7	0.135	qu
27.1.2005 03:18	-16.68825	65.04219	1.77	3.689	qu
26.1.2005 23:22	-16.649	65.03017	0.92	7.2	qu
26.1.2005 21:29	-14.17141	65.00389	1.42	0.144	un
26.1.2005 06:54	-16.71393	64.6376	2.06	12.901	qu
26.1.2005 06:12	-16.21497	65.11829	1.67	8.206	qu
25.1.2005 21:20	-15.39621	64.84953	0.81	0.135	un
25.1.2005 18:23	-15.77526	64.9371	0.5	0.015	un
24.1.2005 10:42	-15.77463	64.93671	1.01	0.015	un
23.1.2005 21:30	-14.17752	64.99223	1.01	0.135	qu
22.1.2005 03:43	-15.77598	64.93893	0.22	2.697	qu
20.1.2005 15:34	-15.80954	64.93251	0.32	1.792	qu
20.1.2005 03:15	-16.31729	65.14883	2.48	5.914	qu
18.1.2005 16:20	-16.28355	65.19672	2.03	13.6	qu
15.1.2005 17:00	-16.69537	65.08481	1.83	6.057	qu
15.1.2005 16:39	-16.7225	65.0578	2.01	3.94	qu
14.1.2005 21:31	-14.19062	65.00875	2.17	0.135	un
14.1.2005 18:51	-15.7768	64.93636	0.18	0.135	un
14.1.2005 06:41	-16.45234	65.22157	2.17	2.536	qu
13.1.2005 19:44	-15.77377	64.93786	1.64	0.135	un
12.1.2005 23:20	-15.77496	64.9382	0.35	2.782	un
11.1.2005 13:04	-15.77696	64.9388	0.53	3.208	un
10.1.2005 04:55	-15.42363	64.82634	1.64	0.018	un
9.1.2005 19:16	-16.47189	65.13665	2.03	5.445	qu
9.1.2005 00:40	-15.43347	64.83037	0.5	1	un
8.1.2005 02:31	-15.46582	64.83998	0.52	0.571	un
5.1.2005 21:23	-16.40483	65.23048	2.27	2.603	qu
5.1.2005 16:13	-16.6684	65.02494	2.75	3.446	qu
5.1.2005 16:10	-16.66098	65.02673	2.62	4.163	qu
2.1.2005 15:37	-16.45952	65.0613	1.94	0.135	qu
31.12.2004 00:20	-16.24171	65.10857	1.16	4.569	qu
30.12.2004 21:17	-16.21678	65.10537	2.08	4.727	qu
30.12.2004 20:13	-16.2155	65.10471	2.21	5.021	qu
30.12.2004 19:52	-16.23651	65.10873	2.16	5.322	qu
30.12.2004 07:10	-16.24111	65.10808	1.48	5.51	qu

# SAUD – REYK



Mynd 12. Tímaröð hreyfinga á SAUD í austur, norður og upp miðað við að stöðin REYK sé föst. Mælingar hófust 30. október 2004 (dagur 304).

## **Viðauki**

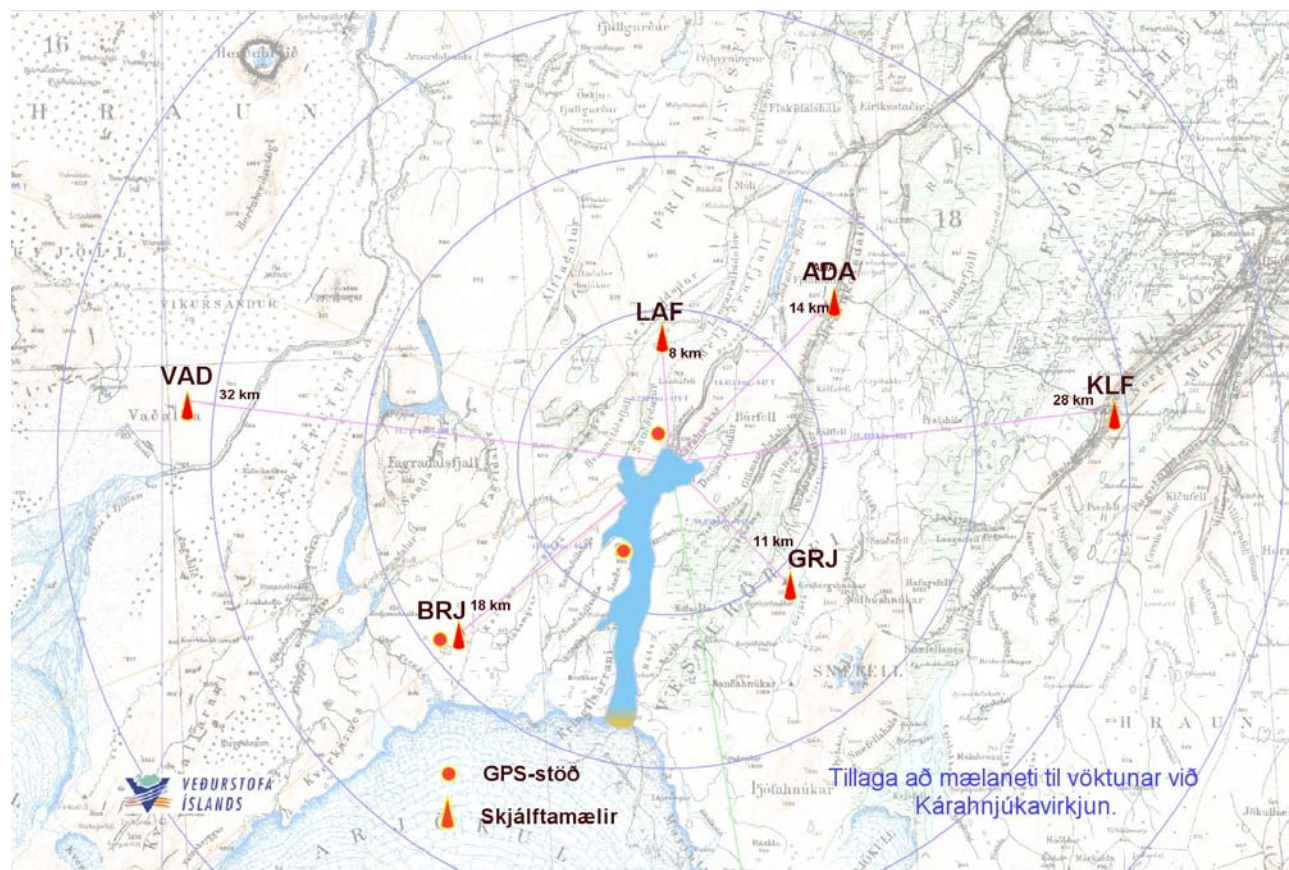


# Umhverfismælingar við Kárahnjúka

## Jarðskjálftamælingar

Markmið jarðskjálftamælinganna er að ákvarða staðsetningu og dýpi allra skjálfta á svæðinu af stærð 0,0 og yfir með góðri nákvæmni, meta stefnu og hreyfingu á brotflötunum og kortleggja virkar sprungur. Auk þess skal fylgst með virkni eldfjalla í nágrenninu og öðrum þáttum sem áhrif geta haft á Kárahnjúkasvæðinu.

Mynd 1 sýnir tillögu að jarðskjálftamælaneti, sem uppfyllir þessi skilyrði. Þar eru 3 mælar í innan við 15 km fjarlægð frá virkjanasvæðinu og 3 mælar til viðbótar út í ~35 km fjarlægð. Fjarlægð í þessar stöðvar og í næstu fastastöðvar í landsnetinu (SIL-netinu) sést í töflu 1. Til samanburðar má nefna að á Suðurlandsundirlendi, þar sem fjarlægð milli stöðva er um 20 - 30 km, nást allir skjálftar niður í stærð 0,0 - 0,5 og einstaka skjálftar allt niður í -1,2.



Mynd 1. Tillaga að jarðskjálftamælaneti.

Tafla 1. Meðalfjarlægð frá skjálftum á Hengilssvæðinu í nærliggjandi stöðvar (fremri dálkur) og frá Kárahnjúkastíflu í fyrirhugaðar nærliggjandi stöðvar (aftari dálkur).

Stöð	fjarl. [km]	Stöð	fjarl. [km]
kro	5	laf	8
bja	14	grj	11
hei	17	ada	14
sol	17	brj	18
san	20		
		klf	28
vos	35	vad	32
asm	36		
sau	36		
haf	37		
kud	46		
kri	49		
gyg	52		
hau	58		
vog	61	hof	63
grv	67		
mid	76	grs	79
nyl	76	sva	82
asb	77	grf	92

Til að nákvæmni staðsetninga verði sem mest þarf stöðvadreifingin að vera þannig að hornið á milli tveggja stöðva, séð frá upptökum skjálftans, verði hvergi mjög stórt og dýptarákvörðun skjálftanna verður nákvæmust ef stöðvarnar eru ekki allar í svipaðri fjarlægð frá upptökunum. Best er að hafa stöðvarnar á rólegum svæðum og varast að hafa þær of nálægt framkvæmdasvæðinu. Stöðvarnar hafa verið merktar inn á kortið með hliðsjón af gerð berggrunnins og aðgengis að stöðvunum. Stöðvar sem ekki hafa aðgang að símalínu þurfa að vera sem næst í sjónlínu við búdir Landsvirkjunar við Kárahnjúka. Áður en endanlegar staðsetningar stöðvanna eru ákveðnar þarf að kanna svæðið út frá ofangreindum forsendum.

Á Hengilssvæðinu, norðan Hveragerðis, hafa virkar jarðskjálftasprungur verið kortlagðar í nokkrum mæli með aðferð afstæðra staðsetninga, líkt og reiknað er með að gera fyrir Kárahnjúkasvæðið ef skjálftar mælast þar. Því er rétt að nota reynsluna þaðan við hönnun Kárahnjúkanetsins. Fjarlægð frá skjálftasvæðinu við Hengil í nálægustu stöðvar á Suðvesturlandi eru sýndar í töflu 1 til samanburðar við fjarlægð frá Kárahnjúkastíflu í fyrirhugaðar nærliggjandi skjálftastöðvar. Góð stefnudreifing stöðva er á báðum svæðum. Við Hengil mælast allir skjálftar

niður að stærð  $M_{lw} \geq 0.0$ , en þar fyrir neðan fara að tapast skjálftar. Miðað við næmni SIL-kerfisins á stuttbylgju-bandi (1-20 Hz) og bakgrunnshávaða á Suðvesturlandi við góð veðurskilyrði, mælast skjálftar af stærðinni  $M_{lw} = 0.0$  út í u.þ.b. 40 km fjarlægð með útslag upp á 2-3 sinnum bakgrunnssuðið. Tafla 2 sýnir fjölda tímaaflestra fyrir skjálfta á tveim mismunandi stærðarbilum. Aftasti dálkurinn sýnir dæmigerðar hámarksfjarlægðir í stöðvar sem nýtast til afstæðra staðsetninga skjálfta af gefnum stærðum, en afstæðar staðsetningar gefa mun meiri nákvæmni (allt niður í tugi metra) en gagnvirkar aðferðir og eru notaðar til að kortleggja virkar sprungur. Við afstæðar staðsetningar minnkar vægi stöðva með fjarlægð frá skjálfta, þ.a. nálægar stöðvar skipta mestu máli við þessa aðferð. Hins vegar byggir aðferðin á þeirri forsendu að innbyrðis fjarlægð milli skjálfta sé lítil miðað við fjarlægð í stöðvar og þær bylgjulengdir sem notaðar eru. Það er því ekki til bóta að hafa stöðvadreifinguna þéttari við upptakasvæðið.

*Tafla 2. Upplýsingar frá Hengilssvæði. Taflan sýnir algengustu gildi, sem fást við gagnvirka staðsetningu skjálfta í tveimur mismunandi stærðarbilum, fyrir: fjölda stöðva með tímaaflestra, mestu fjarlægð sem skjálftar sjást í og fjölda P-, S- og skautunar-ákvæðana. Í aftasta dálkinum eru algengustu gildi á mestu fjarlægð sem skilar nothæfum afstæðum tímamælingum, en þær eru notaðar við afstæðar staðsetningar.*

<b><math>M_{lw}</math></b>	<b>stöðvar</b>	<b>fjarl. km</b>	<b>fj. P</b>	<b>fj. S</b>	<b>fj. skaut.afst.</b>	<b>fjarl. km</b>
-0.5 - 0.0	4 - 8	17 - 37	3 - 5	4 - 7	2 - 3	20
0.0 - 0.5	6 - 9	17 - 59	4 - 6	4 - 9	2 - 4	40

Netið er hér byggt upp með 4 óbyggðastöðvum og 2 stöðvum í byggð. Með óbyggðastöð er átt við stöð þar sem hvorki er aðgangur að rafmagni né síma. Á óbyggðastöðvum eru nemi, stafsetjari og mótald rekin með sólar- og vindorku, en tölvunni (fyrir skrásetningu og frumúrvinnslu) er komið fyrir þar sem aðgangur er að rafmagni og gagnaflutningsneti. Gögnin eru send með mótaldi frá stafsetjara að tölvu og því þarf annað hvort að vera sjónlína á milli eða að nota endurvarpa (repeater). Óbyggðastöðvarnar eru viðkvæmari fyrir veðri (ísingu) og oftast er erfiðara að sinna þeim ef bilun verður í tækjabúnaðinum. Kostnaður við uppsetningu óbyggðastöðvar með tækjum og vinnu er áætlaður um 4-4,5 mkr. (sjá töflu 3). Kostnaður við uppsetningu stöðvar í byggð er um 3,5-4 mkr., þ. e. um 0,5 mkr. lægri og munar þar mest um mótöldin og búnað til orkuframleiðslu.

Byggðastöðvarnar í netinu yrðu annars vegar Aðalból, sem þegar er í notkun og hins vegar stöð innst í Norðurdal, inn af Fljótsdal. Mjög fljótlega ætti að verða hægt að hefja undirbúning undir byggingu síðarnefndu stöðvarinnar, þannig að hún gæti orðið starfhæf áður en greiðfært verður inn á hálendið. Ef Landsvirkjun síðan yfirtekur rekstur Aðalbóls og greiðir sem svarar uppsetningarkostnaði stöðvarinnar yrði því fé varið til þess að setja upp stöð í Hornafirði í um 60 km fjarlægð (við Hoffell). Sú stöð mundi nýtast vel fyrir staðsetningar á Kárahnjúkasvæðinu, auk þess sem vöktun á nágrannanum, Vatnajökli, mundi batna til muna. Endanlegar staðsetningar óbyggðastöðvanna yrðu að ráðast af vettvangskönnun. Leitað yrði að góðum berggrunni í Hvannstóðsfjöllum, í Grjótárhjúki, upp undir Brúarjökli og við Vaðöldu. Vaðalda er í um 30 km fjarlægð frá svæðinu og er samkvæmt yfirlitskortum af berggrunnum eins og eyja úr eldra hrauni sem rís upp úr nútímahraunum í kring, en hinar stöðvarnar eru allar austan nútímahrauna.

Uppbygging stöðvanna skiptist í 3 verkþætti. Fyrsti verkþáttur er vettvangskönnun með færanlegum jarðskjálftamæli þar sem fundinn er staður sem hentar, bæði hvað varðar næmni gagnvart jarðskjálftabylgjum og skilyrði til gagnasendinga í tölvu við virkjunarstæðið. Þessi

verkbáttur er mjög áriðandi fyrir gæði mælakerfisins og hann er framkvæmdur af starfsfólki Veðurstofunnar.

Annar verkþáttur er bygging útstöðva. Þá er grafin hola, steypur stöpull og gengið frá jarðhýsi (tunnu) umhverfis stöpulinn. Á stöðvum í byggð er plægður kapall frá tunnu að húsi þar sem tölvan er hýst, en á óbyggðastöðvum þarf að setja upp vind- og sólarrafstöð með tilheyrandi geymum auk loftnets fyrir mótald. Til eru teikningar og verklýsingar fyrir þennan verkþátt. Í hann er oftast ráðinn verktaki. Þar sem Landsvirkjun hefur aðstöðu á svæðinu er það e. t. v. einfaldara að hún sjá um þennan verkþátt, en þó er ráðlegt að hafa fulltrúa frá Veðurstofunni þegar holan er grafin.

Þriðji verkþátturinn er uppsetning tækja og tenging við tölvur og gagnaflutningsleiðir. Þennan verkþátt sjá tæknimenn Veðurstofunnar um. Mælarnir verða tengdir inn á landsnet Veðurstofunnar, hið svokallaða SIL-kerfi og verða sjálfvirkar staðsetningar skjálfta á svæðinu unnar í því kerfi. Gert er ráð fyrir að internettenging sé til staðar við Kárahnjúkavirkjun. Það skal nefnt hér til fróðleiks að nú þegar hefur einn hröðunarmælir verið tengdur SIL-kerfinu og verið er að undirbúa tengingu tveggja mæla til viðbótar. Þessir mælar verða allir á Suðvesturlandi.

Tafla 3. Kostnaði skipt á stöðvar. Allar tölur í þúsundum króna.

	laf	grj	brj	vad	klf	hof	Samtals
<b>Nemi LE5</b>	725	725	725	725	725	725	4350
<b>Digitizer</b>	522 - 880	522 - 880	522 - 880	522 - 880	522 - 880	522 - 880	3132 - 5280
<b>RF mótald-endurv.</b>	350 - 463	350 - 463	350 - 463	350 - 463	0	0	1400 - 1850
<b>Jarðhýsi m. vinnu <sup>1)</sup></b>	650	650	650	650	750 - 850	750 - 850	4100 - 4300
<b>Afl</b>	300	300	300	300	50	50	1300
<b>Tölva m. tilheyrandi</b>	313	313	313	313	250	250	1750
<b>Ýmis smávara</b>	50	50	50	50	50	50	300
<b>Uppsetning <sup>2)</sup></b>	1167 - 1188	1167 - 1188	1167 - 1188	1167 - 1188	1167 - 1188	1167 - 1188	7000 - 7130
<b>Samtals</b>	<b>4077 - 4569</b>	<b>4077 - 4569</b>	<b>4077 - 4569</b>	<b>4077 - 4569</b>	<b>3514 - 3993</b>	<b>3514 - 3993</b>	<b>23336 - 26262</b>

1) Þennan verkþátt er æskilegt að verkkaupi yfirtaki, sjái hann möguleika til þess.

2) Áætluðum heildarkostnaði skipt jafnt á allar stöðvar.

## Samfelldar GPS-mælingar

Markmið samfelldra GPS mælinga er að fylgjast með jarðskorpuhreyfingum á svæðinu, en þarna hefur almennt landrek, fargbreytingar vegna Vatnajökuls og fargbreytingar vegna stíflubygginga og verðandi lóns að öllum líkindum mest áhrif á færslur. Í vinnuskjali Landsvirkjunar/KEJV um umhverfisvöktun við Kárahnjúka kemur skýrt fram hvar GPS-stöðvarnar þurfa að vera. Leitað verður að góðum staðsetningum á stíflusvæðinu, við Sauðafellsháls og við Brúarjökul í nánd við áætlaða jarðskjálftamælistöð (sjá mynd 1). Tvö síðar nefndu svæðin eru vestan Háslóns, ef ekki finnast viðunandi staðir þar verður leitað austan lónsins. Við staðarval er leitað að góðri klöpp þar sem aðgengi er þökkalegt og góð skilyrði eru til gagnaflutnings frá mæli.

Starfsmenn Veðurstofunnar munu sjá um báða verkþætti uppsetningar, þ.e. staðarval og uppbyggingu stöðvanna.