



Frumrannsókn háhitasvæða. Rannsóknir  
JHD á umbrotum við Kröflu. Staða og horfur  
í desember 1982

**Axel Björnsson,**

**Greinargerð AB-82-06**

Frumrannsókn háhitasvæða.

Rannsóknir JHD á umbrotum við Kröflu.

Staða og horfur í desember 1982.

1. Inngangur

Á miðju ári 1975 jókst skjálftavirkni verulega á Kröflusvæði og hinn 20. desember 1975 hófst eldgos norður af Leirhnjúki. Óvenju miklar hæðarbreytingar, sprunguhreyfingar og jarðskjálftar urðu í kjölfar gossins og náði virknin allt norður í Axarfjörð. Síðan hafa orðið meiriháttar hreyfingar á sprungukerfinu, sem liggur úr Mývatnssveit, um Leirhnjúk og norður í Kelduhverfi. Umbrotin einkennast af hægfara landrisi á Kröflusvæði, sem er afleiðing rennslis kviku að neðan inn í kvíkuhólf undir jarðhitakerfinu. Þegar ákveðnum þrýstingi er náð í hólfinu rifnar jarðskorpan út frá því, kvikan rennur til norðurs og suðurs inn í sprungurnar, þrýstingur lækkar, land sígur á Kröflusvæði og gliðnar um sprungubeltið. Átta sinnum hefur eldur verið uppi síðan hræringarnar hófust, síðast í nóvember 1981. Enn sér ekki fyrir endann á umbrotunum. Til marks um það hefur verið stöðug skjálftavirkni og hæg en jöfn landlyfting síðustu mánuðina. Meðfylgjandi tafla gefur yfirlit um þá sigviðburði eða óróahrinur sem orðið hafa frá því umbrotin hófust. Myndin sýnir landhæð í Leirbotnum skammt norður af Kröfluvirkjun, en á henni kemur vel fram hvernig skiptast á ristímabil og hrinur svo og staðan í dag.

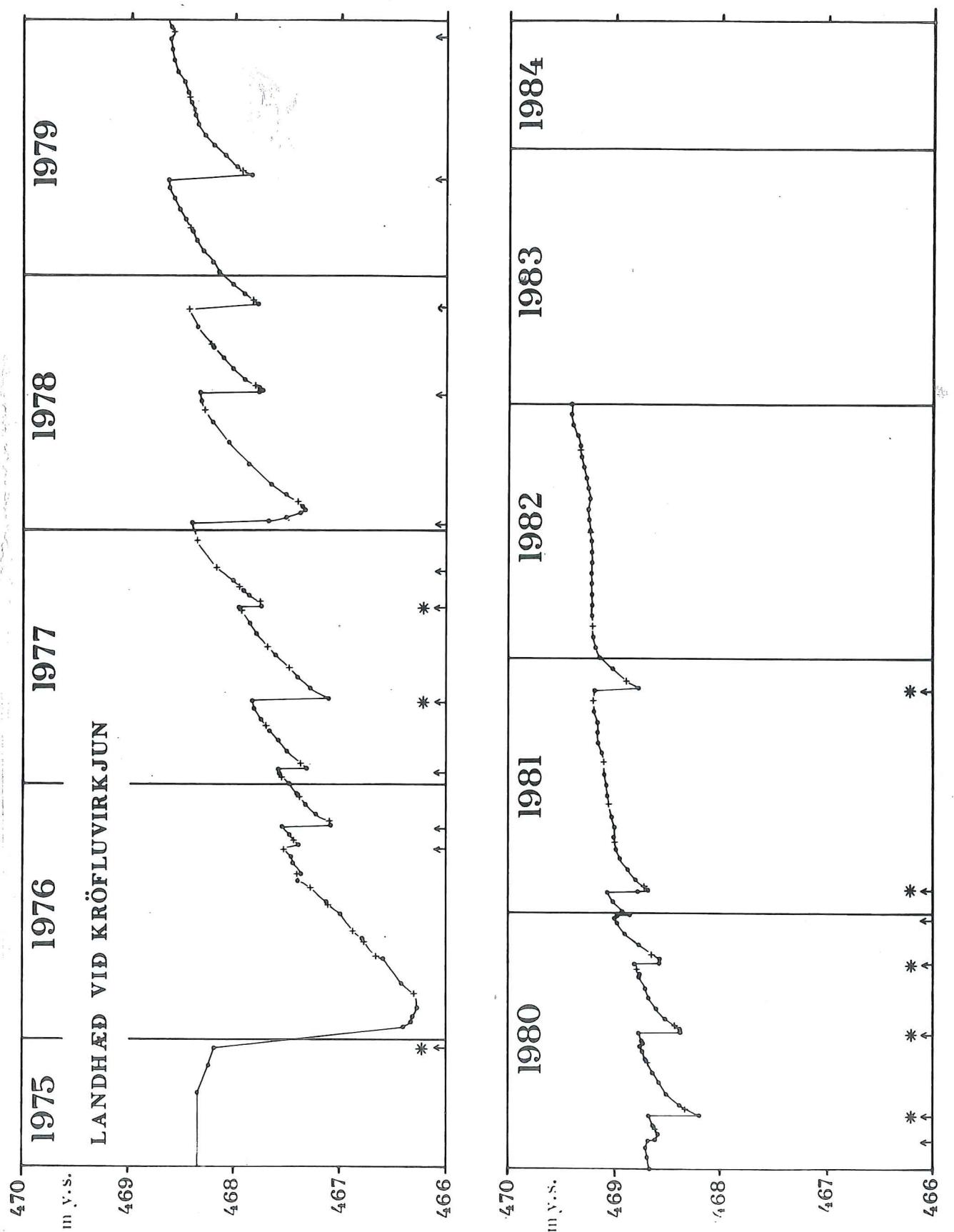
Hrinur og eldgos á Kröflusvæði 1975-1982

		mesta sig í sigmiðju (cm)	stefna kvíkuhlups norður/suður	Flatarmál hrauns km <sup>2</sup>	
20.	des. 1975 - feb.	1976	230	N	0,036
28.	sept.	1976	17	N+S	
1.	okt. - 1. nóv.	1976	51	N	
20.	jan.	1977	32	N	
27.	- 28. apr.	1977	81	S	0,001
8.	- 9. sept.	1977	24	S	0,5
2.	nóv.	1977	3	N	
7.	- 8. jan.	1978	119	N	
10.	- 12. júlí	1978	64	N	
12.	- 15. nóv.	1978	72	N	
13.	- 18. maí	1979	88	N	
6.	- 10. des.	1979	3	?	
10.	- 13. feb.	1980	11	S	
16.	mars	1980	53	N+S	1,3
20.	júní	1980	2	?	
10.	- 18. júlí	1980	43	N	5,3
18.	- 23. okt.	1980	29	N	11,5
22.	- 27. des.	1980	16	N	
30.	jan. - 4. feb.	1981	44	N	6,3
18.	nóv. - 23. nóv.	1981	47	N	15

2. Markmið rannsóknanna

Jarðhitadeild OS sá um mestan hluta frumrannsókna, er unnar voru í tengslum við virkjunarframkvæmdir við Kröflu og í Bjarnarflagi. Í janúar 1976 ákvað deildin að koma á fót auknu og reglubundnu eftirliti á óróasvæðinu, þar sem fyrirsjáanlegt var að jarðhræringar gætu haft veruleg áhrif á virkjunarframkvæmdir og rekstur mannvirkja. Tilgangur rannsóknanna var tvíþættur.

- a) Fylgjast sem gerst með umbrotunum og reyna að segja fyrir um framvindu þeirra. Voru einkum höfð í huga áhrif hræringanna á jarðhitasvæðin og á framkvæmdir við Kröflu. Þar unnu margir starfsmenn á vegum stofnunarinnar og var henni því skylt að sjá um öryggi þeirra og minnka áhættu af völdum skjálfta og eldgosa með stöðugu eftirliti í samvinnu við Almannavarnir.



Landhæð í mælipunkti FM 5596 í Leirbotnum, um 500 m norður af Kröfluvirkjun. Örvar benda á sigrinur og stjörnur eru við eldgos. Krossar eru hæðarmælingar en punktar tákna hæð fundna út frá hallamælingum.

b) Safna sem almennustum gögnum um þennan einstaka viðburð og öðlast meiri skilning á náttúru landsins og eðli hræringa almennt. Voru einkum höfð í huga tengsl eldsumbrota við og áhrif þeirra á háhitasvæði. Ljóst var að hér gafst í fyrsta skipti tækifæri til að kanna slíkar náttúruhamfarir síðan faríð var að stunda jarðvínsindi hér á landi. Langtímagildi rannsóknanna gat orðið ómetanlegt fyrir framtíðarnýtingu háhitasvæðanna og allar aðrar framkvæmdir á hinum virku eldgosabeltum, sem eru um fjórðungur af flatarmáli landsins.

### 3. Einstakir rannsóknarþættir

Margs konar athuganir hafa verið stundaðar á umbrotasvæðinu til þess að nálgast framangreind markmið. Helstu atriðin eru eftirfarandi:

1. Fastur starfsmaður hefur fylgst með svæðinu, litið eftir málum, framkvæmt ýmsar mælingar og sent gögnin suður til úrvinnslu.
2. Sprungumælingar. Fylgst er með breytingum á vídd sprungna á allmögum stöðum bæði með einstökum mælingum á nokkurra daga eða vikna fresti og eins með síritandi málum.
3. Hæðarmælingar eru framkvæmdar 3-8 sinnum á ári. Meldar eru hæðarbreytingar miðaðar við suðurenda Mývatns.
4. Þyngdarmælingar eru gerðar samhliða hæðarmælingum til þess að kanna massaflutninga neðanjarðar. Einnig hefur verið unnið að gerð Bouguerkorts af Kröflusvæði.
5. Hallabreytingar eru meldar nær daglega í stöðvarhúsi. Auk þess gerir Norræna Eldfjallastöðin (NE) hallamælingar á allmögum stöðum og rekur nokkra síritandi hallamæla.
6. Fjarlægðarmælingar eru gerðar um það bil einu sinni á ári af OS eftir þremur austur-vestur línum. Samvinna er höfð við þjóðverja um meiri háttar lengdarmælingar annað til fjórða hvert ár. NE gerði einnig nokkrar lengdarmælingar.
7. Skjálftamælar. OS á og rekur 3 mæla með útskrift í Reynihlíð. Raunvisindastofnun Háskólans (RH) sér um úrvinnslu gagna. Auk þess rekur RH tvo mæla í samvinnu við Almannavarnir (AV).
8. Vetni og radon er athugað reglulega á Kröflusvæði af NE og RH. Gæslumaður OS aðstoðar við sýnatökuna.

9. Loftmyndataka og kortagerð. Undanfarin ár hafa Landmælingar Íslands (LÍ) tekið flugmyndir af hraunum eftir hvert gos. Í samvinnu OS, LÍ, AV og þjóðverja er unnið að nákvæmri kortagerð eftir lágflugsmyndum.

Auk ofannefndra athugana, sem einkum beinast að umbrotunum hafa verið gerðar ýmsar rannsóknir á jarðhitasvæðunum. Ber fyrst að nefna upplýsingar fengnar með borunum og borholurannsóknum við Kröflu og í Bjarnarflági, í öðru lagi allumfangsmiklar yfirborðsat huganir eins og t.d. fjórpólmælingar, Slumbergermælingar, SP-kortlagning, þyngdarmælingar, segulmælingar, jarðfræðikortlagning, bergfræði o.fl.

Allir ofannefndir rannsóknarþættir fléttast saman í túlkun, þar sem oft er ógerlegt að greina í sundur rannsóknir vegna umbrota og grundvallarrannsóknir á eðli háhitasvæða.

#### 4. Framgangur verksins, áfangaskipting

Eins og fram hefur komið var megin tilgangur rannsókna á Kröflumbrotum í upphafi tvíþættur. Í fyrsta lagi átti að sinna öryggismálum og aðstoða við ákvarðanatöku í tengslum við framkvæmdir og í öðru lagi að afla sem gleggstra upplýsinga um hinn einstæða viðburð, sem nýtast myndu við rannsóknir annarra háhitasvæða í framtíðinni. Eins og gefur að skilja hafa örðið verulegar áherslubreytingar í þessum rannsóknum þau 7 ár, sem liðin eru frá upphafi umbrotanna.

Í því sambandi má benda á að almennavarnapætti eftirlits OS lauk að mestu í árslok 1977 þegar umsvif stofnunarinnar minnkuðu á óróasvæðinu og almennavarnir tóku öryggismál meira í sínar hendur. Góð samvinna hefur haldist við almennavarnir, sem hafa aðgang að öllum gögnum stofnunarinnar og njóta ráðgjafar sérfraðinga hennar.

Þegar umfangsmiklar rannsóknir eru hafnar á áður lítt þekktu efni vill það oft verða svo að þekkingin vex hraðast í fyrstu, og fljótlega koma fram megin drættirnir í lausn verkefnisins, en þegar fram í sækir vex þekkingin hægar með tíma. Þannig var málum varið í rannsókn um brotanna við Kröflu. Á árinu 1978 lauk umtalsverðum áfanga. Niðurstöður lágu þá fyrir um það marga þætti rannsóknanna að unnt var að setja fram jarðfræðilegt líkan, sem skýrði allar helstu athuganir. Niðurstöðurnar voru birtar viðs vegar í greinum og skýrslum og því óþarfð að endurtaka þær hér en þess í stað vísað til tilvitnanna aftast í þessari greinargerð. Rétt er að taka fram

að niðurstöðurnar hafa verulega breytt hugmyndum jarðvísindamanna um megineldstöðvar, sprungubelti og þar með háhitasvæði landsins og þegar haft áhrif á áætlanir um rannsóknir þeirra.

Eftir að þessum áfanga lauk varð veruleg breyting á verkefninu. Dregið var úr sérstökum athugunum á umbrotunum en þó haldið áfram að fylgjast með nokkrum mælistærðum, eins og landhæð, hallabreytingum og skjálftavirkni til þess að halda yfirsýn yfir framvindu hræringanna. Aukin þekking á eðli umbrotanna hefur síðan leitt til þess að unnt hefur verið að draga jafnt og þétt úr þessu reglulega eftirliti. Æskilegt er þó að því verði haldið áfram í nokkrum mæli einhver ár enn, því mikilvægt er fyrir framtíðarrannsóknir annarra háhitasvæða að vita hvernig súlikum umbrotum linnir. Jafnframt var gert nokkurt átak í jarðeðlisfræðilegri könnun jarðhitakerfisins við Kröflu sumarið 1979 í samvinnu við Kröfluvirkjun. Gerðar voru m.a. viðnámsmælingar, fjórpólmælingar, sjálfspennu- og segulmælingar. Forsendur þessara athugana voru m.a. niðurstöður umbrotarannsókna um kviku-hólf og kvikuflutninga, áhrif kviku á jarðhitakerfið svo og upplýsingar fengnar með borunum. Frumvinnsla þessara gagna hefur farið fram en engin heildarúrvinnsla enn sem komið er.

##### 5. Kostnaður

Kostnaður OS við rannsóknir á umbrotum við Kröflu hefur verið allmikill á undanförnum árum. Var hann mestur í upphafi þegar öryggissjónarmið réðu einkum ferðinni. Síðustu 3 árin hefur verulega verið dregið úr umfangi rannsóknanna og þar með kostnaði. Ástæðan er í fyrsta lagi sú að óvissa og áhætta hefur minnkað með aukinni þekkingu en í öðru lagi er um sparnaðaraðgerðir að ræða. Sem dæmi má nefna að árið 1982 var einungis hæðarmált prisvar, árin þar á undan var mált sex sinnum en tíu sinnum árið 1977. Heildarkostnaður fyrir árið 1982 er sundurliðaður í meðfylgjandi töflu. Hann nemur kr. 595 þús. Hæsti liðurinn eru laun og kostnaður við eftirlitsmann sem reyndar nýttist einnig við borholurannsóknir á því ári.

Útlagður kostnaður OS 1982

pús. kr.

Rekstur skjálftamæla.

Laun, húsaleiga, símalína o.fl.	50	
Viðhaldskostnaður greiddur RH	<u>35</u>	85

Hæðar- og þyngdarmælingar (3 ferðir, engin laun)

Ferðir og uppihald hæðarmælimanna	35	
Ferðir og uppihald þyngdarmælingam.	<u>15</u>	50

Eftirlits- og mælingamaður (HT)

Laun	240	
Uppihald	70	
Bílakostnaður	<u>80</u>	390

Loftmyndataka og kortagerð	50	50
----------------------------	----	----

Eftirlits- og mælingaferðir (engin laun)

3 ferðir, 1-2 menn í 3-6 daga	20	<u>20</u>
		<u>595</u>

6. Aætlun 1983

Mælingar og eftirlit: Mikilvægt er að sú keðja athugana, sem hafin var 1975, verði ekki algjörlega rofin, þar sem umbrotin eru enn í gangi. Mikið má þó draga úr eftirliti. Yfirlit yfir hræringarnar frá upphafi til enda, geta reynst ómetanleg hjálp við rannsóknir á öðrum háhitasvæðum síðar. Mestu máli skiptir að fylgst sé reglulega með landhæðarbreytingum, því þær gefa vísbendingu um kvikurennslu og þrýsting í kvíkuhólfi undir jarðhitakerfinu. Væntanlega er nauðsynlegt að mæla landhæð tvisvar til prisvar á árinu. Eftirlit með skjálftavirkni er einnig mikilvægt því skjálftar gefa upplýsingar um spennu í jarðskorpunni og rennslisleiðir kviku í hrinum. Aðrar mælingar eins og á vídd sprungna, lengdarbreytingum, þyngd o.fl. má gera mun sjaldnar en áður. Ekki er talin ástæða til að hafa lengur fastan eftirlitsmann á svæðinu. Starfsmenn Kröfluvirkjunar hafa boðist til að taka að sér nokkrar mælingar en öðrum má sinna með því að fara 3-4 ferðir úr

Reykjavík. Ekki er gert ráð fyrir neinum öðrum jarðeðlisfræðimælingum á svæðinu. Úttagður kostnaður JHD við ofangreindar mælingar og eftirlit er áætlaður eftirfarandi. Við úttagðan kostnað bætist vinnutími fastra sérfraðinga OS við úrvinnslu gagna.

þús. kr.

Rekstur skjálftamæla (3 mælar OS)	
Laun skjálftavarðar, húsaleiga,	
símalína o.fl.	80
Viðhaldskostnaður greiddur RH	<u>55</u>
	135
Hæðarmælingar, þyngdarmælingar (3 ferðir)	
Ferðir og upphald hæðarmælimanna	55
Laun hæðarmælimanna (GP)	55
Ferðir þyngdarmælimanna	<u>25</u>
	135
Eftirlits- og mæliferðir (4 ferðir)	
Ferðakostnaður, fæði, bíll	50
Ýmiss kostnaður, efni o.fl.	<u>20</u>
	<u>70</u>
	<u>340</u>

Miðað við árið 1982 lætur nærri að þetta sé samdráttur niður í þriðjung umfangs þess árs.

#### Úrvinnsla gagna

Þó umtalsverðum áfanga í úrvinnslu gagna hafi lokið á árinu 1978, er margt enn ógert til þess að allar upplýsingar, sem fólgnar eru í gögnunum, séu tiltækar á nýtanlegu formi. Lítið hefur verið unnið að úrvinnslu síðustu árin vegna annara aðkallandi verkefna. Nauðsynlegt er að eyða nokkrum mannmánuðum sérfraðinga í úrvinnslu gagna á árinu 1983 og ætti að vera unnt að ljúka skýrslu um þessi mál í lok ársins. Skýrslan ætti að innihalda heildarúttekt á sögu og eðli umbrotanna við Kröflu, svo og tengsl megineldstöðva og kviku við háhitasvæði.

Gert er ráð fyrir 4 mannmánuðum sérfraðinga JHD við þetta verk auk 1-2 mannmánuðum aðstoðarfólks í teiknivinnu, vélritun o.fl. Úttagður kostnaður verður lítill, en þó einhver, við kortagerð, myndagerð, fjölritun o.fl. og hefur verið áætlaður um 20 þús. kr.

Tilvitnanir

Axel Björnsson: Gosvakt við Kröflu. Skýrsla OS  
JHD 76 50, nóv. 1976

Axel Björnsson: Jarðhræringar við Kröflu.  
Náttúrufræðingurinn 46, 177-240, 1977.

Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Páll Einarsson, Eysteinn  
Tryggvason og Karl Grönvold: Current rifting episode  
in north Iceland. Nature 266, 318-323, 1977.

Axel Björnsson, Gunnar Johnsen, Sven Sigurdsson og Gunnar  
Thorbergsson; Rifting of the plate boundary in North  
Iceland 1975-1978.  
J. Geoph. Res. 84, 3029-3038, 1979.

Bryndís Brandsdóttir og Páll Einarsson: Seismic activity associated  
with the September 1977 deflation of the Krafla central  
volcano in North-Eastern-Iceland. J. Volc. Geoth. Res. 6,  
197-212, 1979.

Páll Einarsson: S-wave shadows in the Krafla caldera in NE-Iceland,  
evidence for a magma chamber in the crust.  
Bull. Volcanol. 41, 188-195, 1978.

Axel Björnsson: Rannsóknir og eftirlit á Kröflusvæði vegna jarðhrær-  
inga og eldgoshættu. Staða og horfur í febrúar 1978.  
Skýrsla OS JHD 78 11, feb. 1978.