

Hitaveita Suðurnesja,  
ferskvatnsrannsóknir

AFFALLSVATNSRANNSÖKN  
sept. 1976 – sept. 1977

Samið af:

Freysteini Sigurðssyni  
Sigurði G. Tómassyni  
Snorra P. Snorrasynt

OS-JKD 7715

Hitaveita Suðurnesja  
Keflavík  
Nóv. 1977.

## Efnisyfirlit

1.	Formáli .....	bls.	1
2.	Mælistaðir .....	"	1
3.	Rannsóknaraðferðir .....	"	2
4.	Hitamælingar .....	"	3
5.	Seltumælingar .....	"	3
6.	Efnagreiningar .....	"	4
7.	Afstæðar jarðvatnshæðir .....	"	6
8.	Ástand affallsvatnssvæðis .....	"	6
9.	Framhaldsrannsóknir .....	"	8

### Heimildaskrá:

"Varmaorkuver við Svartsengi, fyrirkomulag og áfangar".

Hitaveita Suðurnesja, maí 1976.

Ritstjórn: Stefán Arnórsson.

OS-JKD 7609: "Hitaveita Suðurnesja, Ferskvatnshrannsóknir, Afangaskýrsla fyrir árið 1976". Freyr Þórarinnsson, Freysteinn Sigurðsson, Guttormur Sigbjarnarson. Desember 1976.

OS-SFS 7702: "Svartsengi; Straumfræðileg rannsókn á jarðhita-  
svæði". Jónas Elíasson, Sigurður St. Arnalds, Snorri Páll  
Kjarran. Agúst 1977.

## 1. Formáli:

Skýrsla þessi fjallar um hluta rannsókna á affallsvatni frá varmaorkuveri Hitaveitu Suðurnesja í Svartsengi. Í kverinu "Varmaorkuver við Svartsengi" Maí 1976, kafla 5, bls 32 og áfram, er gert ráð fyrir, að 2,2 kg af 70°C heitum jarðsjó (60-65% selta) falli af fyrir hvert framleitt MW, auk gufu og heits vatns frá hljóðdeyfum. Vatni þessu skyldi veitt í hraunbolla vestan varmaorkuversins, Var það gert, og hefur þar myndast smálón vegna kísilútfellinga, eins og fyrir hafði verið sagt (bls. 33).

Líkur voru taldar á, að affallsvatnið myndi spilla grunnvatni á afrennslissvæðinu frá varmaorkuverinu. Ekki var vitað, hvert afrennslid færi, en líklegt talið, að það færi í suðlæga átt, þar sem Grindavík og herstöðin undir Þorbirni hafa vatnsból sín. Var því hafin rannsókn í sept. '76, sem beindist að afdrifum affallsvatnsins.

Rannsóknin er í meginatriðum þrípætt:

- 1) Efnagreiningar og aðrar athuganir á affallsvatni við varmaorkuverið og í lóninu.
- 2) Könnun á breytingum í grunnvatni á líklegu afrennslissvæði.
- 3) Vatnafræðilegir reikningar (m.a. líkanreikningar) á rennslishegðun affallsvatnsins.

Allir þessir rannsóknarþættir eru í umsjón Orkustofnunar. Um fyrsta þáttinn sér Jarðhitadeild og Jarðvarmaveitur; um annan þáttinn, sem skýrsla þessi fjallar um, sér Jarðkönnunardeild; um þriðja þáttinn sér Straumfræðistöð. Sbr. skýrslu OS-SFS 7702, kafla 4, bls 29.

## 2. Mælistaðir.

Grunnvatn, á líklegu afrennslissvæði jarðhitasvæðisins í Svartsengi, er aðgengilegt í borholum í og upp af Grindavík, og í fjörulækum og götum í og upp af Staðarhverfi (fyrrverandi) í

Grindavík. Auk þess verður jarðhitaáhrifa vart á jarðhitasvæðinu sjálfu (HSH-1) og norðan þess (HSK-1, HSK-12). Grunnvatn er hvergi aðgengilegt vestur frá jarðhitasvæðinu, né hið næsta því að suðvestan.

Sunnan svæðisins hefur verið fylgzt með grunnvatni á 9 stöðum, sjá mynd 1., en þeir eru:

Borhola HSK-7 undir Hagafelli.

Borholur T-2632 og T-2635 undir Þorbirni (vatnsból herstöðvarinnar).

Borhola nr. 2 við Grindavíkurveg og borhola í Moldarlágum (vatnsból Grindvíkinga).

Fjörulækur austan Húsatótta.

Gjárnar Baðstofugjá, "Miðgjá" og Hrafnagjá í Tóttakrökum upp af Staðarhverfi.

Þessir staðir spanna tæplega 90° geira SSV frá varmaorkuverinu.

Mælingar hófust í lok september 1976 og fóru fram sem næst tvisvar í viku til októberloka. Eftir það var mælt nærri vikulega til janúarloka, en úr því nærri mánaðarlega og þó stundum strjálar. Réði tvennt þessarri tilhögun. Annars vegar þurfti að kanna ástand svæðisins, áður en affallsvatnsáhrifa færi að gæta; hins vegar er hlutfall milli tíma milli mælinga og tíma frá því rekstur varmaorkuvers hófst, sem var í nóvemberbyrjun= 1976. Hefur síðan lengst af verið úthellt um 20 l/sek af heitum jarðsjó.

### 3. Rannsóknaraðferðir.

Hitastig hefur verið mælt á 9 stöðum frá Tóttakrökum hjá Staðarhverfi og austur í HSK-7. Leiðréttum hitastigum skakkar líklega ekki nema  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Selta var mæld í gjám í Tóttakrökum með "Hita- og seltumæli nr. 1.". Dreifing er mikil á mæligildum og mælingar takmarkað marktækar. Efnagreind hafa verið sýni frá 8 stöðum. Auk þess hefur klóríð verið greint í all mörgum

sýnum. Watnshæð hefur verið mæld, þar sem þess var kostur.

#### 4. Hitamælingar.

Mælistaðir eru sýndir á mynd 1. Í skrá 1 er færður hiti haustið 1976, í janúar 1977 og frá febrúar 1977.

##### skrá 1.-

<u>Mælistaður:</u>	<u>Hiti (°C):</u>	<u>76.09-11.</u>	<u>77.01.</u>	<u>77.02.</u>
Hrafnagjá (2m):	6.6	5,5-7.3	7.3	
Miðgjá (4m, 20m):	7.4-7.5	6.9-7.0	7.9-8.1	
Badstofugjá (4m):	7.6	5.2-8.4	8.2	
Fjörulækur:	7.8	6.8-7.0	-	
T-2632: <sup>1)</sup>	11.4	10.5	12.0	
T-2635:	15.0	15.0	14.6-13.8	
Hola 2, Grindavíkurveg:	11.2	9.8	11.3	
Moldarlágar:	7.0	6.7	6.9	
HSK-7:	-	-	7.2-7.3	

1) Mikil dreifing á mæligildum.

Á þessu sést:

1. Hiti hækkar til austurs í Staðarhverfi (6.6-7.8°C); er hæstur á svæðinu umhverfis Þorbjörn (10-15°C); en um 7°C á austanverðu svæðinu.
2. Hiti hækkaði haustið 1976 í gjám í Tóttakrókum, og fram eftir vetri, um 0.5-0.7°C.
3. Veruleg hitalækkun varð um mest allt svæðið í janúar, en hiti hækkaði svo aftur til fyrra horfs.
4. Marktak hækkun hefur ekki orðið á austanverðu svæðinu (upp af Grindavík). Breytingar í T-2632/2635 orsakast etv. af breytttri dælingu úr holunum.

#### 5. Seltumælingar.

Í skrá 2 eru sýnd meðaltöl mælds viðnáms, viðnám umreiknað að 25°C, klóríð samsvarandi því viðnámi í sjóvatni og greint klóríð.

Skrá 2.

<u>Staður:</u>	<u>Mælt:</u>	<u>reiknað:</u>	<u>reiknaður:</u>	<u>greindur:</u>
	<u>viðnám (<math>\Omega m</math>)</u>		<u>klóríðstyrkur (ppm <math>Cl^-</math>)</u>	
Hrafnagjá:	21	14	250	245
Miðgjá (4 m):	25	17	200	193
- (20 m):	21	14	250	ógreint
Baðstofugjá:	22	15	230	238
Hola-2 (Gr.v.):	21	15	230	216
HSK-7:	13	8 1/2	430	407

Efnasamsetning vatnsins víkur jafnan verulega frá sjóvatni. Mælt viðnám er líklega um 25% LF hátt, en svo hittist á, að svipuðu munar í leiðni vegna efnamunar.

6. Efnagreiningar.

Efnainnihald er yfirleitt mun meira en vanta mátti í ferskvatni. Veldur líklega íblöndun sjóvatns eða jarðhitaáhrif. Efnasamsetning heits jarðsjávar er frábrugðin efnasamsetningu sjóvatns:  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  hefur þorrið en  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $SiO_2$  aukizt. Sambærileg frávik í affallsvatni má því rekja til uppruna íblöndunarinnar. Heitar jarðgufur valda e.t.v. aukningu á  $CO_2$  - styrk. Í skrá 3 er tilgreindur styrkur nokkurra efna (ppm) og efnahlutföll.

Skrá 3.

<u>Staður:</u>	<u>Styrkur (ppm):</u>			<u>Hlutföll (ppm):</u>			
	$Cl^-$	$CO_2$	$SiO_2$	$Ca^{2+}$	$SO_4^{2-}/Cl^-$	$Mg^{2+}/Cl^-$	$Ca^{2+}/Mg^{2+}$
Hrafnagjá:	245	16	15	15	0.14	$7.1 \cdot 10^{-2}$	0.89
Miðgjá:	193	19	14	14	0.14	7.2 -	0.97
Baðstofugjá:	238	19	15	15	0.14	6.8 -	0.93
T-2632:	173	26	29	12	0.16	7.8 -	0.90
T-2635:	134	50	35	15	0.18	11 -	1.01
Hola-2, Gr.v.	216	32	28	22	0.17	10 -	1.28
Moldalágar:	500	24	12	37	0.12	5.5 -	1.06
HSK-7:	407	8	11	32	0.10	5.5 -	1.45

Staður:	Styrkur (ppm):				Hlutföll (ppm):		
	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Mg <sub>2+</sub> /Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>
Sjór:	19.200	100	1	410	0.13	6.7	0.32
HSH 4/5:	11.700	450	440	950	3.10 <sup>-3</sup>	6.10 <sup>-4</sup>	1.43
HSK 2/4:	75	18	14	8	0.15	9.5.10 <sup>-2</sup>	1.14

A: grundvelli þessarar efnagreininga má skifta rannsóknarsvæðinu í þrennt:

- 1) Tóttakrókar (gjárnar)
- 2) Svæði sunnan Þorbjarnar (T-2632, T2635; H-2)
- 3) Svæði upp og austur frá Grindavík (HSK-7) Moldarlágur

Einkenni 1) eru: SiO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> svipað og í HSK-2/4; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup>/Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> milli hlutfalla í sjó og í HSK-2/4; Cl<sup>-</sup> 120-170 ppm meira en HSK-2/4. Þetta má skýra með 0.6-0.9% íblöndun sjóvatns.

Einkenni 2) eru: SiO<sub>2</sub> tvöfalt meira en í HSK-2/4; CO<sub>2</sub> mun meira en í HSK-2/4, einkum í T-2635; Cl<sup>-</sup> 60-140 ppm meira en í HSK-2/4 Mg<sup>2+</sup>/Cl<sup>-</sup> herra en bæði í sjóvatni og í HSK-2/4, Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> svipað og í Tóttakrókum og í HSK-2/4, eða jafnvel herra (H-2). Þetta má etv. skýra með tiltölulega mikilli gufuhitun og mikilli upplausn steinefna úr bergi, en minni íblöndun en í Tóttakrókum og á svæði 3).

Einkenni 3) eru: SiO<sub>2</sub> svipað og í HSK-2/4, en CO<sub>2</sub> nokkru meira; hlutföllin SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup>/Cl<sup>-</sup> lægri en í sjóvatni og HSK-2/4, en Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> herra, en hvoru tveggja svipar lítillega til jarðhitavatns. Íblöndun þess (og líklega sjóvatns að hluta í Moldarlágum) gæti verið skýring á einkennum vatnsins.

Nokkrar sveiflur hafa verið á klórðstyrk í nýttu borholunum T-2632, T2635, holur 2 og í Moldarlágum. Þær eru þó mun minni í vatnsbólum Grindvíkinga en herstöðvarinnar. Þær gætir hins vegar munar á úrkomu verulega í leiðni og þá líklega einnig efnastyrk, sem bendir til takmarkaðs vatnasviðs.

## 7. Afstæðar jarðvatnshæðir.

Miðað við, að svipað hlutfall sé milli jarðvatnshæðar og sveiflna jarðvatnsborðs, svo og með tilliti til fjarlægðar frá sjó, nýtingar og annarra þátta, þá má gizka á meðaljarðvatnshæðir, sjá skrá 4.

### Skrá 4.

<u>Staður:</u>	<u>Agizkuð meðaljarðvatnshæð.</u>
HSK-1:	1.47 m.y.s.
Hrafnagjá:	0.9 -
Miðgjá:	0.95 -
Baðstofugjá:	0.7 -
T-2632:	1.2 -
Hola 2. Gr.v.:	0.8 -
Moldarlágar:	(0.5 -)
HSK-7:	0.8 -

Samkvæmt þessu væru vissar líkur á afstæðri jarðvatnshæð umhverfis Þorbjörn, og meira vatnsrennslis í Tóttakrókum en úr Vatnsheiði, með tilliti til líklegrar vatnsleiðni (lektar).

Í Moldarlágum hefur klóríðstyrkur aukizt verulega frá 1974 (340 ppm  $\text{Cl}^-$ ) til 1976 (580 ppm  $\text{Cl}^-$ ). Síðan í september 1976 hafa verið nokkurar sveiflur á klóríðstyrk, en þó ekki merkjanleg aukning. Þessi aukning klóríðstyrks stafar því ekki frá affallsvatni frá varmaorkuveri, heldur líklegast auknum uppdrætti sjávar vegna dælingar. Til þess sama bendir samanburður efnagreininga. Klóríðstyrkur þessi er verulega ofan venjulegra bragðmarka salts. Virðist ljóst að vatnsból Grindvíkinga eru nú þegar verulega ofnytt og einungis tímaspursmál hvenær vatnúr þeim verður óhæft til neyzlu.

## 8. Astand affallsvatnssvæðis.

Ahrifa jarðhitasvæðisins í Svartsengi virðist gæta víða í



ferskvatni umhverfis það. Hiti í grunnvatni norðan línu um Arnarsetur- Þórðarfell er 4-5°C, tæpar 6°C í HSK-9, rúmar 6°C í HSK-12 og 10-12°C í HSK-1. Samkvæmt seltumælingum (eðlisviðnám) má ætla, að norðan téorar línu sé nátturulegur klóríðstyrkur í grunnvatninu 40-75 ppm Cl<sup>-</sup>; í HSK-9 um 100 ppm Cl<sup>-</sup>; í HSK-12 tæplega 200 ppm Cl<sup>-</sup> og í HSK-1 um eða yfir 300 ppm Cl<sup>-</sup>. Þessi hiti og selta stafar að öllum líkendum frá jarðhitasvæðinu og gætir áhrifa þess þá alveg að jaðri núverandi vatnsvinnslusvæðis. Við vatnsvinnslu þar mun vatnsborð á því svæði væntanlega lækka nokkuð, en líklega hækka umhverfis varmaorkuverið vegna úthellingar jarðsjávar. Þess er því að vænta, að seltumörk í grunnvatni færist inn á Lágasvæðið við nýtingu þess. Enn er ekki vitað, hversu stór þessi tilfærsla líklega yrði.

Hiti og selta á mælistöðum affallsvatnsrannsókna virðast sýna glögg, að þar gæti einnig áhrifa jarðhitasvæðisins. Hita, seltu og efnainnihald má túlka á eftirfarandi hátt, á grundvelli þeirra gagna, sem fyrir liggja:

- 1) Í Tóttakrökum hefur átt sér stað 1/2-1% íblöndun sjóvatns, en hiti hefur líklega hækkað um 1-3°C frá hita grunnvatns. Hefur er um meiri hitaaukningu að ræða en samsvaraði sjóvatnsíblönduninni. Hún stafar etv. frá heitum jarðsjávarstraumi undir ferskvatnslaginu, sbr. OS-SFS 7702. Sé svo, þá er ekki ósennilegt, að hitahækkun sú, sem hófst í nóv. 1976, stafi frá auknu affallsstreymi vegna úthellingar affallsvatns í Svartsengi.
- 2) Undan Þorbirni virðist gæta um 1/2% sjóvatnsíblöndunar, skvt. klóríðstyrk. Hiti, umfram líklegan grunnvatns-hita, er hinsvegar 5-10°C og á því væntanlega staðbundin upptök undir Þorbirni. Til svipaðs gæti efnainnihald bent. Afrensli frá jarðhitasvæðinu virðist lítið um þetta svæði, a.m.k. í efti hluta ferskvatnslagsins. Því gætu leirfyllingar valdið, sem m.a. sjást í norðurhlíð Þorbjarnar og norðan hans. Það standa því nokkrar vonir til þess, að áhrifa affallsvatns úr Svartsengi

gæti ekki eins mikið þarna og búizt hafði verið við. Á þessu svæði eru vatnsból Grindvíkinga og herstöðvarinnar.

- 3) Á svæðinu upp og austur frá Grindavík virðist gæta 1/2-1 1/2% íblöndunar sjóvatns; eða 1-3% miðað við 66% saltan "djúpsjó" frá jarðhitasvæðinu við Svartsengi. Hiti er líklega nærri 2°C hærri en vænta mætti í grunnvatni á þessu svæði. Efnainnihald bendir til íblöndunar heits "djúpsjávar" (sbr. holur HSK-2/4). Gæti því verið, að íblöndunin ætti sér stað við austurjaðar jarðhitasvæðisins en affallsvatnsstreymi eigi sér ekki stað í merkjanlegum mæli um þetta vatnasvæði. Til þess gæti einnig bent, að hitastig grunnvatns virðist ekki hafa hækkað á svæðinu.

#### 9. Framhald rannsókna.

Nokkuð góð bráðabirgðahugmynd hefur nú fengizt af stæðu ("stationeru") ástandi affallsvatnssvæðisins. Hana þarf þó að tryggja betur með athugunum/lengri tíma. Dreifing mæligilda eftir tíma bendir til þess, að þessar athuganir megi vera mun strjállari en hingað til; og verði þó enn strjállari, þegar lengra um líður. Marktækra breytinga af völdum þeirra 20 l/s affallsvatns, sem úthellt hefur verið síðan í nóv. 1976, hefur ekki enn orðið vart, nema vera skyldi hitahækkun í grunnvatni í Tóttakrókum. Hins vegar mun úthellt vatnsmagn væntanlega stóraukast veturinn 1977/78. Þess vegna er ekki einasta að vænta meiri áhrifa af affallsvatni en hingað til, heldur jafnvel annars eðlis og því fullrar aðgátar þörf.

Á þeim grundvelli er hér lögð fram eftirfarandi rannsóknar-áætlun til jafnlengdar næsta árs (nóv. 1978):

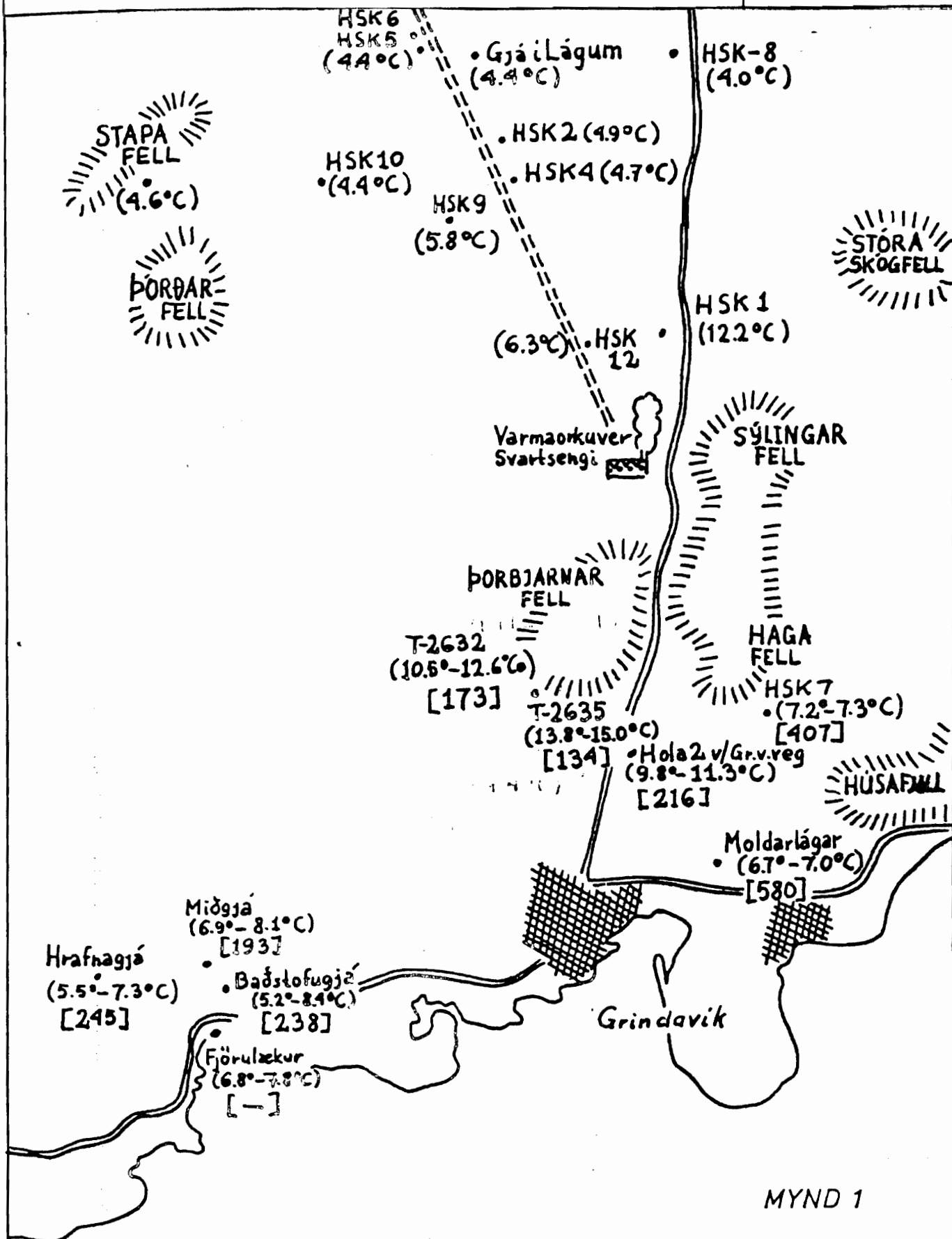
Hiti og selta verði mæld, og sýni tekin, á tveggja mánaða fresti á eftirtöldum stöðum:

HSK-12, HSK-1, HSH-1, HSK-7, borhola í Moldarlágum, hola 2 við

Grindavíkurveg, borholur T-2632 og T-2635, fjörulækur austan Húsatóttu, Baðstofugjá, Miðgjá, Hrafnagjá og etv. "Staðargjá" (við þjóðveginn vestur frá Stað). HSK-12 og HSK-1, etv. HSH-1, yrðu einnig mældar í sambandi við hita- og seltumælingar á "ferskvatnssvæðinu" á norðurhluta skagans.

Til greina kæmi einnig að hreinsa stíflaða vatnsholu í skarðinu milli Húsafjalls og Fiskidalsfjalls; ef það væri gerlegt með hóflegum kostnaði; og gera í henni sambærilegar athuganir um sinn.

Jarðvatnshæð skyldi jafnan mæla, þar sem þess er kostur.



MYND 1





Linurit yfir hitastig og greint Cl<sup>-</sup> Hringferilsöfanvarp.

- SKÝRINGAR**
- ▲ 226° Mælistaður stefna frá Svartsengi ígráðum
  - Mældur max. hiti í °C
  - γ- - - - - Mældur min. hiti í °C
  - ⋯⋯⋯ Greint Cl<sup>-</sup> ídrættur ferill v/sjöblöndunar

ppm  
Cl<sup>-</sup>

600  
500  
400  
300  
200  
100

Mældur max. hiti  
Mældur min. hiti

Greint Cl<sup>-</sup>

SVARTS  
ENGI

FORBJARNAR-  
FELL

▲ 212°

▲ 206°

▲ 182°

▲ 153°

▲ 169°

▲ 226°

▲ 222°

▲ 219°

GRINDAVÍK

MYND 2

0 1 2 3 4 5 km

18°C  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1