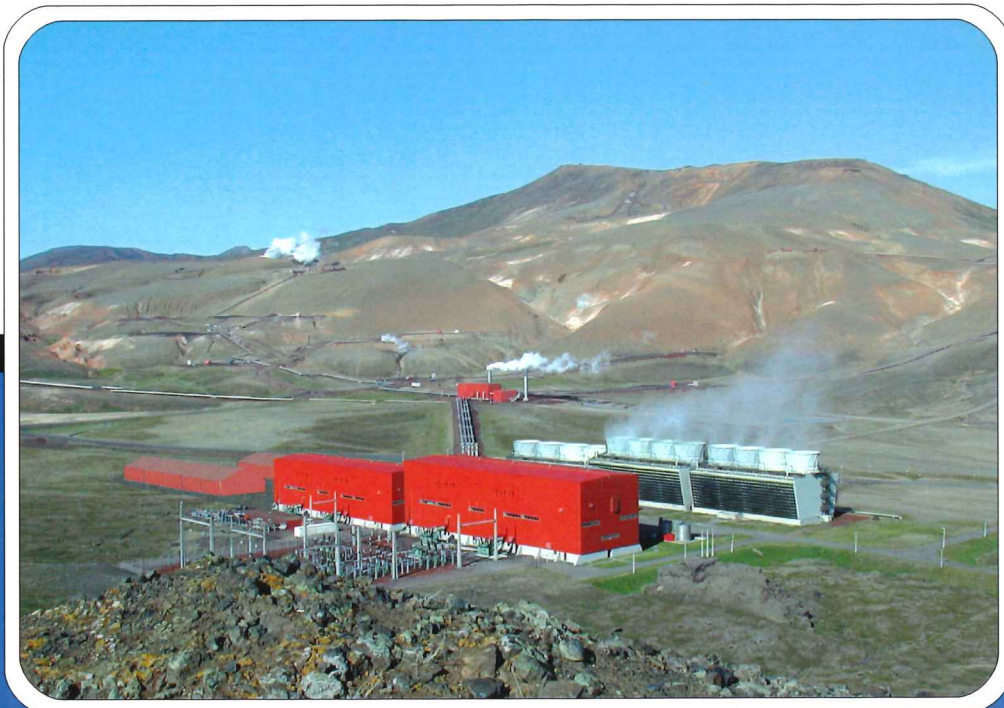


Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-Þingeyjarsýslu um 40 MW Mat á umhverfisáhrifum



Landsvirkjun

Ágúst 2001



Landsvirkjun

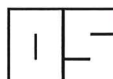
STÆKKUN KRÖFLUVIRKJUNAR
í Skútustaðahreppi, Suður-Þingeyjarsýslu
um 40 MW_e
Mat á umhverfisáhrifum

Matsskýrsla

Ágúst 2001

VGK

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Útgefandi: Landsvirkjun, ágúst 2001

Ritstjórn matsskýrslu: VGK hf., Orkustofnun
Prentun: Samskipti

Mynd á kápu: Birkir F. Haraldsson, VGK hf.

ISBN 9979-9500-1-3

SAMANTEKT

Landsvirkjun áformar stækkun jarðgufuvirkjunar sinnar við Kröflu í Skútustaðahreppi þannig að rafafli hennar aukist um 40 MW. Markmið Landsvirkjunar með stækkun Kröfluvirkjunar er að mæta á hagkvæman hátt aukinni eftirspurn eftir raforku bæði til orkufreks iðnaðar og til almennrar raforkunotkunar iðnaðar og heimila.

Stækkun Kröfluvirkjunar er tilkynningaskyld til Skipulagsstofnunar og fellur undir 6. gr. og lið 13a í 2. viðauka laga nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum. Skipulagsstofnun féllst á þá afstöðu Landsvirkjunar að um matsskylda framkvæmd væri að ræða. Tillaga að matsáætlun framkvæmdarinnar var kynnt og lögð fram til Skipulagsstofnunar sem féllst á tillögunum í desember 2000.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. og Rannsóknasvið Orkustofnunar unnu skýrslu um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar.

Lýsing framkvæmdar

Framkvæmdir við stækkun virkjunarinnar felast í borun vinnsluhola til gufuöflunar, tengingu þeirra við gufuveitu virkjunarinnar, stækkun skiljustöðvar, nýrri aðveituæð fyrir háþrýstigufu, nýju stöðvarhúsi ásamt 40 MW_e vélasamstæðu og tengivirki, nýjum kæliturni og færslu á verkstæðis- og geymslubyggingum.

Skipulag og náttúruvernd

Jarðhitavinnslusvæðið við Kröflu er í Skútustaðahreppi, en um hann allan gilda lög um verndun Mývatns og Laxár frá 1974. Framkvæmdirnar falla að aðalskipulagi Skútustaðahrepps, sem var staðfest 1997, þar sem gert er ráð fyrir orkuveri. Þar er Kröflusvæðið skilgreint sem jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar. Samhliða mati á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar hefur verið unnið að gerð deiliskipulags fyrir Kröflusvæðið þar sem afmörkuð eru framtíðarborsvæði, lagnaleiðir fyrir safnæðar, aðveituæðar og byggingarreitir. Einnig voru náttúrumyndanir kortlagðar og verða þau svæði sem mest verndargildi hafa samkvæmt korti Náttúruverndarráðs af Mývatnssveit frá 1987 skilgreind sem verndarsvæði og þeim hlíft við raski og mannvirkjum.

Mat á umhverfisáhrifum

Talið er að jarðhitageymir Kröflusvæðisins þoli vel að rafmagnsframleiðsla verði aukin um 40 MW. Við Kröflu hafa Landsvirkjun og þar áður Iðnaðarráðuneytið rekið jarðgufuvirkjun frá 1978 en 60 MW afköstum var náð þar 1998. Þegar er fyrir hendi gufa fyrir um 85 MW framleiðslu. Gufuöflun er áformuð á borsvæðum við Víti og í Vítismó. Áætlað er að bora 2-4 vinnsluholur við Víti vegna stækkunarinnar til viðbótar við þær holur sem þegar eru nýttar. Á næstu 30 árum er áætlað að bora eina holu á um 3 ára fresti vegna þrýstilækkunar og kólnunar jarðhitakerfisins til að viðhalda raforkuframleiðslu stækkunarinnar.

Affallsvatn frá virkjuninni er samsett af skiljuvatni frá skiljustöð og kælivatni og þéttivatni frá kæliturnum. Skiljuvatn mun aðeins aukast um 3 kg/s fyrst eftir stækkun Kröfluvirkjunar. Gert er ráð fyrir að vermi nýrra vinnsluhola fari lakkandi úr 2700 kJ/kg í 1300 kJ/kg á næstu 30 árum, en þá mun skiljuvatn aukast um 130 kg/s. Gert er ráð fyrir að frárennsli kælivatns og þéttivatns frá nýjum kæliturni verði um 33 kg/s að jafnaði. Styrkur mengandi efna í affallsvatni frá núverandi virkjun mælist yfirleitt mjög lágur og ekki skaðlegur lífríkinu. Vatnsból í Austaraselslindum stendur mun hærra en frárennsli virkjunarinnar og er ekki talin hætta á að áhrifa gæti á vatnsbólið vegna losunar skiljuvatns í Hlíðardalslæk. Ekki hafa fundist merki um að affallsvatn frá Kröflu komi fram í lindum við Mývatn. Fylgst verður með vatnsborði tjarna vestan undir Búrfellshrauni og með grunnvatnshæð í borholum í Búrfellshrauni. Áform eru um að hefja niðurdælingu hluta affallsvatns frá virkjuninni til að draga úr hugsanlegum umhverfisáhrifum og til að bæta eiginleika jarðhitakerfisins.

Losun jarðhitalofteggunda á Kröflusvæðinu eykst við stækkun Kröfluvirkjunar. Koldíoxíð og brennisteinsvetni eru náttúrulegar loftteggundir á jarðhitasvæðum. Árleg losun Íslendinga á koldíoxíði eykst um u.þ.b. 2 % vegna stækkunar Kröfluvirkjunar. Losun brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi árið 1999 var um 11.000 tonn á ári og eykst um 4.500 tonn á ári. Ekki er talin hætta á að losun brennisteinsvetnis hafi neikvæð áhrif á gróður eða grunnvatn. Stefna ríkisstjórnar Íslands er að nýta í auknum mæli innlenda orkugjafa, sem eru hreinir og endurnýjanlegir. Nýting jarðhita flokkast með hreinustu orkugjöfum sem völ er á.

Rekstur núverandi virkjunar virðist ekki hafa haft afgerandi áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita á svæðinu og er talið ólíklegt að stækkunin breyti nokkru þar um. Fjölbreytni og verndargildi hvera á Kröflusvæðinu er lítið með tilliti til hveralíffræði.

Ólíklegt er talið að stækkun Kröfluvirkjunar hafi áhrif á gróðurfar umhverfis virkjunina. Líklegt er að aukið affallsvatn frá stækkaðri Kröfluvirkjun muni auka hraða þeirra breytingaferla sem þegar eru í gangi við Hlíðardalslæk og tjarnirnar vestan undir Búrfellshrauni. Lagt er til að fylgst verði með þessum breytingum með reglulegum mælingum á fyrirfram ákveðnum sniðum.

Engar sjaldgæfar fuglategundir fundust og er ekki talið að fuglalíf truflist til langframa af völdum framkvæmdanna.

Áhrif á samfélag á svæðinu verða fyrst og fremst á meðan á framkvæmdum stendur, en búist er við að um 35 manns starfi að jafnaði við þær. Engar breytingar eru fyrirhugaðar á rekstrarfyrirkomulagi virkjunarinnar vegna stækkunarinnar.

Stækkun Kröfluvirkjunar er ekki líkleg til að hafa umtalsverð áhrif á ferðaþjónustu eða útivist í Mývatnssveit. Mikill meirihluti ferðamanna og ferðaþjónustuaðila í Mývatnssveit er fylgjandi því að nýta jarðgufu til rafmagnsframleiðslu. Aukin fræðsla og endurbætur á gestastofu, auknar merkingar og stikun gönguleiða, útgáfa göngukorta og almennt bætt þjónusta við ferðamenn er talin vega á móti neikvæðum áhrifum framkvæmda.

Hávaði frá borun og blásandi borholum mun tímabundið aukast nokkuð. Með nýjum hljóðdeyfum verður hljóðstig á helstu ferðamannastöðum á Kröflusvæðinu undir 50 dB(A).

Sjónræn áhrif eru ekki talin verða mikil af völdum framkvæmdarinnar. Fyrirhugaðar nýbyggingar norður af núverandi stöðvarhúsum verða styttri og lágreistari og myndast þannig samfelld húsaþyrping. Núverandi hús munu áfram verða aðalbyggingarnar á staðnum. Ráðgert er að lagfæra form og umhverfi hveirar holu og safnæðar, bæði þeirra sem fyrir eru og nýrra mannvirkja. Útlit bygginga, litaval og heildarásýnd mannvirkja á svæðinu verða samræmd.

Talið er að með því að vanda til efnistöku og frágangs í námum og með því að nýta efni úr eldri borstæðum og grunni mannvirkja verði umhverfisáhrifum vegna efnistöku haldið í lágmarki. Ráðgert er að allt að 40.000 m³ af efni í burðarlög verði sótt í opna námu við Grænagilsöxl, frekar en í aðrar námur sem liggja fjær framkvæmdasvæðinu. Innan við 2.000 m³ af steypuefni verði hins vegar sótt í Hólasandsnámu.

Eftir spennulosunina við Kröfluelda eru taldar litlar líkur á umtalsverðu tjóni af völdum jarðskorpahreyinga og hraunflóða í nágrenni við Kröflu á líftíma virkjunarinnar.

Eftirlit og vöktun

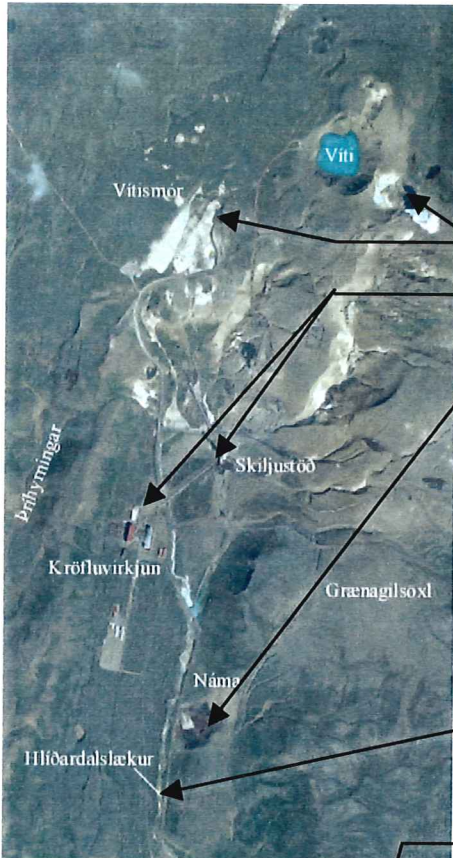
Reglubundið eftirlit og vöktun verður viðhaft á Kröflusvæðinu. Vegna reksturs virkjunarinnar og eftirlits með jarðhitasvæðinu felst það m.a. í mælingum á borholum og borholuvökva auk þess sem fylgst er með landbreytingum á svæðinu. Varðandi þætti sem snúa að áhrifum á umhverfið er áformað að koma á eftirliti með gróðri, fuglalífi, grunnvatni, yfirborðsvirkni jarðhita, frárennsli affallsvatns og styrk gastegunda sem berast frá virkjuninni.

Samanburður við virkjun í Bjarnarflagi

Kostirnir við stækkun Kröfluvirkjunar samanborið t.d. við virkjun í Bjarnarflagi eru minna rask af völdum framkvæmda, minni sjónræn áhrif mannvirkja auk hagkvæmni í rekstri vegna samnýtingar hluta mannvirkja og starfsfólks. Framkvæmdaraðili telur að stofnkostnaður við stækkun Kröfluvirkjunar sé um 25-30% lægri en virkjunar í Bjarnarflagi.

Niðurstaða

Niðurstaða Landsvirkjunar er að umhverfisáhrif stækkunar Kröfluvirkjunar séu tiltölulega lítil. Framkvæmdaraðili óskar því eftir því að fallist verði á framkvæmdina.



STÆKKUN KRÖFLUVIRKJUNAR

Mat á umhverfisáhrifum

ÁHRIFAKORT – HELSTU UMHVERFISÁHRIF

Sjónræn áhrif:

Jarðrask vegna borstæðagerðar og nýrra lagna
Tímabundin áhrif vegna borhola í blæstri
Sjónræn áhrif vegna stækkunar skiljustöðvar og
stöðvarhúss
Efnisnám, nýtt efni sótt í efnisnámu við Grænegilsöxl

Losun jarðhitaloftegunda:

Aukning á koldíoxíðlosun Íslendinga um 2% miðað við
útblástur 1999.
Losun á H₂S frá virkjuninni eykst um 4.500 tonn á ári

Affallsvatn:

Hlíðardalslækur- ekki gert ráð fyrir að skiljuvatn aukist
mikið fyrst eftir stækkun, en eftir því sem vermi hola fer
lækkandi mun magnið aukast
Tjarnir við Búrfellshraun- ekki búist við umtalsverðum
breytingum

Náttúrufar:

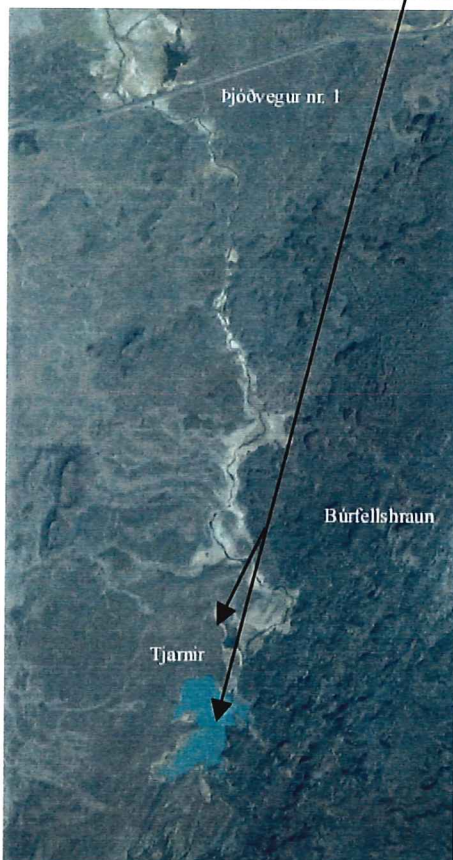
Ólíklegt er talið að stækkun Kröfluvirkjunar hafi áhrif á
gróðurfar umhverfis virkjunina
Engar sjaldgæfar friðlýstar plöntur fundust á
framkvæmdasvæðinu
Ekki er talið að fuglalíf truflist til langframa af völdum
framkvæmdanna

Samfélag:

Áhrif á samfélag á svæðinu verða fyrst og fremst á
meðan á framkvæmdum stendur

Ferðþjónusta og útivist:

Stækkun Kröfluvirkjunar er ekki líkleg til að hafa
umtalsverð áhrif á ferðþjónustu eða útivist í
Mývatnssveit



0 1 km

EFNISYFIRLIT**SAMANTEKT** i**EFNISYFIRLIT** v**ORÐSKÝRINGAR** ix**I. ALMENNT YFIRLIT**..... 1

1. INNGANGUR 1

1.1. *Almennt* 11.2. *Markmið framkvæmdar* 11.3. *Leyfisveitingar* 11.4. *Kröfluvirkjun og rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma* 21.5. *Aðrir virkjunarkostir*..... 21.6. *Kynning á framkvæmdum* 21.6.1. *Kynning matsáætlunar*..... 21.6.2. *Kynning matsskýrslu*..... 31.7. *Höfundar skýrslu* 4

2. LÝSING FRAMKVÆMDAR 13

2.1. *Inngangur* 132.2. *Staðsetning framkvæmdasvæðis* 132.3. *Lýsing framkvæmdar* 132.3.1. *Gerð borstæða* 132.3.2. *Borun nýrra vinnsluhola* 142.3.3. *Stækkun gufuveitu* 162.3.4. *Stækkun rafstöðvar* 172.3.5. *Stækkun tengivirkis*..... 182.3.6. *Tengdar framkvæmdir* 182.4. *Vinnslurás og búnaður virkjunarinnar* 182.4.1. *Borholur* 212.4.2. *Gufuveita* 212.4.3. *Vélasamstæða* 222.4.4. *Kælikerfi og kæliturn* 222.4.5. *Byggingar* 222.4.6. *Flutningur orkunnar til viðskiptavina*..... 222.5. *Tímaáætlun framkvæmda*..... 22

3. STAÐHÆTTIR..... 25

3.1. *Inngangur* 253.2. *Landslag* 253.3. *Jarðfræði* 263.4. *Veðurfar*..... 31**II. UMHVERFISÁHRIF FRAMKVÆMDA OG REKSTURS**..... 33

4. SKIPULAG OG LANDNOTKUN..... 33

4.1. *Núverandi staða*..... 334.2. *Verndun Mývatns og Laxár* 334.3. *Framkvæmdasvæði og áhrif aukinnar vinnslu* 344.4. *Niðurstöður*..... 36

5.	JARÐHITI OG ORKUFORÐI	37
5.1.	<i>Inngangur</i>	37
5.2.	<i>Orkuforði og áhrif frekari vinnslu</i>	37
5.3.	<i>Borsaga og staðsetning borhola</i>	38
5.4.	<i>Jarðhiti á yfirborði</i>	41
5.4.1.	<i>Eldri frásagnir af Kröflu</i>	41
5.4.2.	<i>Breytingar á yfirborðsvirkni eftir virkjun</i>	42
5.5.	<i>Landhæðarbreytingar</i>	43
5.6.	<i>Niðurstöður</i>	44
6.	GRÓÐURFAR	45
6.1.	<i>Inngangur</i>	45
6.2.	<i>Lýsing</i>	45
6.2.1.	<i>Virkjunarsvæði</i>	45
6.2.2.	<i>Hlíðardalslækur</i>	47
6.2.3.	<i>Tjarnir vestan undir Búrfellshrauni</i>	47
6.3.	<i>Niðurstöður</i>	48
7.	FUGLALÍF	49
7.1.	<i>Inngangur</i>	49
7.2.	<i>Lýsing</i>	49
7.3.	<i>Niðurstöður</i>	49
8.	HVERAÖRVERUR	51
8.1.	<i>Inngangur</i>	51
8.2.	<i>Lýsing</i>	51
8.3.	<i>Niðurstöður</i>	52
9.	AFFALLSVATN OG ÁHRIF Á GRUNNVATN	53
9.1.	<i>Inngangur</i>	53
9.2.	<i>Fráveita kælivatns og þéttivatns</i>	53
9.3.	<i>Fráveita skiljuvatns</i>	53
9.4.	<i>Hlíðardalslækur og áhrif á grunnvatn</i>	55
9.5.	<i>Förgun affallsvatns</i>	57
9.6.	<i>Niðurstöður</i>	59
10.	LOSUN JARÐHITALOFTTEGUNDA	61
10.1.	<i>Almennt</i>	61
10.2.	<i>Núverandi losun jarðhitaloftegunda</i>	62
10.3.	<i>Undirbúningur mótægisaðgerða</i>	63
10.4.	<i>Áhrif aukinnar vinnslu</i>	64
10.5.	<i>Losun gróðurhúsalofttegunda og stefna stjórnvalda</i>	65
10.6.	<i>Niðurstöður</i>	66
11.	SAMFÉLAG	67
11.1.	<i>Byggð og íbúapróun</i>	67
11.2.	<i>Atvinnuþróun</i>	67
11.3.	<i>Áhrif framkvæmda og reksturs</i>	68
12.	UMFERÐ	69
12.1.	<i>Núverandi ástand</i>	69
12.2.	<i>Áhrif framkvæmda og reksturs</i>	69
12.3.	<i>Niðurstöður</i>	70
13.	HÁVAÐI	71
13.1.	<i>Núverandi ástand</i>	71
13.2.	<i>Áhrif framkvæmda og reksturs</i>	72
13.3.	<i>Mótægisaðgerðir</i>	72
13.4.	<i>Niðurstöður</i>	72

14.	FERÐAÞJÓNUSTA.....	73
14.1.	Inngangur	73
14.2.	Framkvæmd könnunar.....	73
14.3.	Samantekt.....	73
14.4.	Afstaða ferðamanna og ferðaþjónustuaðila í heimabyggð.....	74
14.5.	Niðurstöður.....	76
15.	FORN- OG SÖGUMINJAR	77
15.1.	Inngangur	77
15.2.	Núverandi staða.....	77
15.3.	Niðurstöður.....	77
16.	SJÓNRAEN ÁHRIF	79
16.1.	Heimreið að Kröfluvirkjun	79
16.2.	Skíðalyfta og malarnáma.....	79
16.3.	Mannvirki Kröfluvirkjunar	80
16.4.	Ferðamannasvæði ofan Leirbotna.....	84
16.5.	Niðurstöður.....	84
17.	EFNISNÁM OG FÖRGUN ÚRGANGS.....	85
17.1.	Núverandi efnisnáma	85
17.2.	Aðrir kostir við efnistöku	85
17.3.	Efnisnám á framkvæmda- og rekstrartíma	86
17.4.	Förgun úrgangs	86
17.5.	Niðurstöður.....	86
18.	HÆTTUMAT.....	87
18.1.	Almennt.....	87
18.2.	Eldgosa og hraunflóðahætta við Kröflu	87
18.3.	Mótvægisáðgerðir.....	88
18.4.	Niðurstöður.....	88
19.	VÖKTUN OG EFTIRLIT	89
19.1.	Eftirlit með jarðhitasvæðinu.....	89
19.2.	Eftirlit með breytingum á landi við vinnslu	89
19.3.	Eftirlit með lífríki	89
19.4.	Eftirlit með grunnvatni	89
19.5.	Eftirlit með frárennsli	90
20.	STÆKKUN KRÖFLUVIRKJUNAR OG BJARNARFLAGSVIRKJUN	91
III.	NIÐURSTÖÐUR OG HEIMILDIR.....	93
21.	NIÐURSTÖÐUR MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM	93
22.	HEIMILDIR.....	97

MYNDIR

Mynd 1.	Afstöðumynd af Kröflusvæðinu.....	5
Mynd 2.	Jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar við Kröflu	7
Mynd 3.	Mannvirki Kröflustöðvar í Leirbotnum	9
Mynd 4.	Mannvirki norðan skiljustöðvar Kröfluvirkjunar.....	11
Mynd 5.	Fyrirkomulag á borteig (VGK)	14
Mynd 6.	Frágangur borholu við Kröflu	17
Mynd 7.	Vinnslurás Kröfluvirkjunar (VGK).....	19
Mynd 8.	Brotakerfi Kröflueldstöðvarinnar (Orkustofnun).....	27
Mynd 9.	Hveragil.....	28
Mynd 10.	Þversnið jarðlaga og ummyndunarbelti frá holu 11 að 18 (Orkustofnun)	29
Mynd 11.	Viðnám á Kröflusvæðinu 100 m yfir sjávarmáli (Orkustofnun).....	30

Mynd 12. Vindrós fyrir Reykjahlíð (Veðurstofa Íslands)	31
Mynd 13. Verndarsvæði á jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar við Kröflu.....	35
Mynd 14. Krafla grunnmynd fyrir forðafræðilíkan (Orkustofnun)	38
Mynd 15. Yfirlitsmynd af borholum á Kröflusvæðinu (Orkustofnun).....	40
Mynd 16. Séð að blásandi borholu 34 frá Víti (Stóra-Víti).....	41
Mynd 17. Afbræðslusvæði í Leirbotnum og Kröfluhlíðum (Orkustofnun).....	43
Mynd 18. Athugunarsvæði gróðurfarsrannsóknar (Rala).....	46
Mynd 19. Breytingar á tjörnum vestan undir Búrfellshrauni 1976-2000 (VGK).....	56
Mynd 20. Grunnvatnsborð á Mývatnssvæði (Orkustofnun).....	57
Mynd 21. Losun gróðurhúsalofttegunda við nýtingu mismunandi orkugjafa (VGK/ROS).....	61
Mynd 22. Styrkur H ₂ S við Kröflu 25. ágúst 1993 (Gretar Ívarsson o.fl.)	63
Mynd 23. Losun jarðhitaloфтtegunda frá Kröfluvirkjun (VGK/ROS).	64
Mynd 24. Fólksfjöldi í Skútustaðahrepp 1971 – 2000 (Byggðastofnun)	67
Mynd 25. Afstaða til fullyrðinga, þeir sem afstöðu tóku (RRF)	75
Mynd 26. Jákvæð afstaða til þátta tengdum jarðvarmavirkjunum (RRF)	76
Mynd 27. Rústir Skarðssels	79
Mynd 28. Vinnubúðir og efnisnáma sunnan Grænagilsaxlar við Kröflu	80
Mynd 29. Núverandi mannvirki Kröfluvirkjunar í Leirbotnum. Horft til norð–austurs.....	81
Mynd 30. Fyrirhugaðar nýbyggingar við Kröfluvirkjun.	81
Mynd 31. Horft til suð-austurs í átt að núverandi mannvirkjum Kröfluvirkjunar.....	82
Mynd 32. Fyrirhugaðar nýbyggingar við Kröfluvirkjun.	82
Mynd 33. Nýbyggingar við Kröfluvirkjun. Horft í suð-vestur í átt að Þríhyrningum.....	83
Mynd 34. Efnisnáma sunnan Grænagilsaxlar við Kröflu (VGK).....	85

TÖFLUR

Tafla 1.1. Höfundar skýrslu	4
Tafla 2.1. Tímaáætlun fyrir stækkun Kröfluvirkjunar	23
Tafla 9.1. Styrkur helstu efna í skiljuvatni, frárennsli kæliturna og í Hlíðardalslæk	54
Tafla 9.2. Dæmigert snefilefnainnihald skiljuvatns, frárennslis kæliturna og Hlíðardalslæk. .	54
Tafla 9.3. Fráveita affallsvatns frá núverandi virkjun (60 MW _e) og eftir stækkun í 100 MW _e .	57
Tafla 10.1. Styrkur jarðhitaloфтtegunda og áætluð losun frá Kröfluvirkjun.....	62
Tafla 12.1. Umferðarþungi við Kröfluvirkjun 1998.....	69
Tafla 13.1. Nokkrar mælingar á hljóðstigi á vinnslusvæði Kröfluvirkjunar	71
Tafla 18.1. Flokkun áhættuþátta við virkjun háhitasvæða.....	87
Tafla 20.1. Samanburður á stækkun Kröfluvirkjunar og Bjarnarflagsvirkjun.....	91
Tafla 21.1. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum vegna stækkunar Kröfluvirkjunar	93

VIÐAUKAR

- [V1] Ásgrímur Guðmundsson 2001. *Greinargerð um niðurdælingu affallsvatns frá Kröfluvirkjun*. Orkustofnun fyrir Landsvirkjun.
- [V2] Ásgrímur Guðmundsson 2001. *Greinargerð um samantekt borsögu í Kröflu*. Orkustofnun fyrir Landsvirkjun
- [V3] Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000. *Gróðurfar við Kröflu*. Rannsóknastofnun landbúnaðarins fyrir Landsvirkjun.
- [V4] Halldór Walter Stefánsson 2000. *Athuganir á fuglum á áhrifasvæði Kröfluvirkjunar*. Náttúrustofa Austurlands fyrir Landsvirkjun.
- [V5] Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar 2001. *Stækkun Kröfluvirkjunar. Áhrif á ferðaþjónustu og útivist. Gestakönnun, athugun meðal ferðaþjónustuaðila í heimabyggð og fyrri rannsóknir*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun.

ORÐSKÝRINGAR

Aðveituæðar	Pípur/ eða rör sem flytja vatn og gufu frá borholum til stöðvarhúss.
Afloftari	Vatn inniheldur uppleystar lofttegundir sem valda útfellingum í kæliturnum. Til þess að losna við lofttegundirnar er vatnið sent til afloftara þar sem uppleystar lofttegundir losna úr vatninu við suðu.
Bar_a	Mælieining fyrir þrýsting miðuð við lofttæmi (þrýstinginn 0 Bar _a). Venjulegur loftþrýstingur er 1,013 Bar _a eða 1 013 millibar.
Beinn eimsvali	Í beinum eimsvala er gufa þétt með því að úða yfir hana kælivatni.
Borholuvökvi	Gufa og vatn sem kemur upp um borholur og nýttur er til jarðhitavinnslu.
Borleðja	Við boranir er vatn oft blandað borleir til þess að auðvelda skolun borsvarfs upp holuna.
Borsvæði	Afmarkaður hluti jarðhitasvæðis þar sem boranir eftir vatni og gufu eru taldar líklegar til að skila árangri. Mörg borstæði eru oft á einu borsvæði.
Borstæði	Í daglegu tali kallað borplan. Afmarkað svæði innan borsvæðis þar sem boranir fara fram, oftast steypt plan í kringum borholuna.
Borteigur	Stækkað borstæði með rými til að bora fleiri en eina borholu.
Brennisteins- hverir	Hverir sem standa hátt til fjalla eða á hæðum og engin stór vatnsuppspretta er nálæg. Hér er um gufuaugu að ræða þar sem brennisteinsvetnið í hveragufunni oxast aðallega með ólífrænni oxun og brennisteinn safnast fyrir við opin í miklu magni á nánast hreinu formi.
Eimsvali	Tæki til að kæla og þétta gufuna sem berst frá hverflum með köldu vatni. Kalda vatnið hitnar upp í eimsvalanum um leið og gufan þéttist.
Ferilprófun	Aðferð til að mæla hvort og þá hversu lengi grunnvatnsstraumur berst á milli tveggja eða fleiri athugunarstaða. Efni af þekktri efnasamsetningu er hellt t.a.m. í niðurfall lækjar í hrauni eða niðurdælingarholu. Síðan eru sýni tekin á þeim stöðum þar sem vænta má að grunnvatnsstraumurinn berist til og þau efnagreind m.t.t. ferilefnisins.
Gufuháfur	Hár strompur eða háfur sem skilar jarðhitagufu út í andrúmsloftið.
Gufuverfill	Orkan í háþrýstigufunni snýr gufuverflinum og hverfillinn snýr rafala sem framleiðir rafmagn.
Gufuskilja	Í gufuskiljunni er vatn skilið frá gufunni. Gufan er notuð til raforkuframleiðslu, en skiljuvatnið fer til fráveitu.
Gufuveita	Öll mannvirki sem þarf til að flytja borholuvökva frá borholum í skiljustöð, skilja gufu frá vatni og veita gufu að rafstöð.
GWst	1 000 000 kWst. Mælieining raforku. Samsvarar þeirri orku sem fæst úr 1 kW af rafmagni í 1 milljón klukkustundir.
Háþrýstigufa	Gufa sem kemur upp úr borholum undir miklum þrýstingi (>7,6-bar-y)..
Háþrýstiskilja	Í háþrýstiskilju er vatn skilið frá gufu undir háum þrýstingi (8 bar), sem er tilkominn vegna þess hversu mikill hiti er í jarðhitakerfinu þar sem borað er. Því meiri hiti því meiri þrýstingur.
Hverfilsam- stæða	Hverfill, rafali og eimsvali, ásamt nauðsynlegum hjálparbúnaði, sem staðsett eru í stöðvarhúsi.
Jarðhitaloft- tegundir	Lofttegundir eins og t.d. brennisteinsvetni og koldíoxíð sem myndast í bráðinni kviku undir jarðhitasvæðum. Gasið berst til yfirborðs um sprungur í berginu og í eldgosum. Við vinnslu jarðhita berst það upp með jarðhitavökvanum úr borholum.
Jarðhitakerfi	Svæði sem nær yfir streymi vatns og varma, frá því að vatn fellur til jarðar sem úrkoma, drýpur niður í jörðina, dregur í sig varma og streymir upp sem heitur vökvi í formi vatns og/eða gufu.
Jarðhitavökvi	Vatn og gufa í jarðhitageyminum sem hefur dregið í sig varma.
Kæliturn	Varmaskiptir þar sem kælivatn er kælt með því að láta loft leika um það. Hluti vatnsins gufar upp og kælir það sem eftir er.
Kælivatn	Kalt vatn sem notað er til kælingar með beinum eða óbeinum hætti t.d. í eimsvala þar sem það leiðir til þess að gufan þéttist.
Lágþrýstiskilja	Í lágþrýstiskilju er vatn skilið frá gufu undir lágum þrýstingi (2 bör) sem fæst úr tiltölulega köldum borholum. Því lægri hiti því minni þrýstingur.

Lokahús	Í lokahúsi eru staðsettir gufustjórnlokar sem stjórna þrýstingi í gufuveitu með því að hleypa umframgufu út í gufuháf.
Matsáætlun	Áætlun Skipulagsstofnunar byggð á tillögu framkvæmdaraðila um hvaða þætti skuli leggja áherslu á við gerð matsskýrslu. Í því felst áætlun um kynningu og samráð við gerð matsskýrslu ásamt kröfum um lágmarksgögn.
Matsferli	Ferli, þar sem metin eru á kerfisbundinn hátt þau áhrif sem framkvæmd kann að hafa á umhverfið, áður en hafist er handa við framkvæmdir.
Matsskýrsla	Skýrsla með niðurstöðum mats á umhverfisáhrifum sem framkvæmdaraðili skilar til Skipulagsstofnunar.
Mótstreymisgerð	Tæki sem er þannig að tvö efni t.d. vatn og loft streyma á móti hvort öðru. Kæliturn af mótstreymisgerð er þannig að vatni er úðað yfir fyllingu og rennur niður hana í steypa þrö. Loftið er dregið inn um op neðst á hliðum turnsins, upp í gegnum fyllinguna á móti vatninu og er blásið upp úr turninum með rafdrifnum viftum.
Mótvægis-aðgerðir	Ráðstafanir sem gerðar eru til að forðast, draga úr, og ef hægt er, ráða bót á hugsanlegum neikvæðum umhverfisáhrifum.
MW_e	Mælieining fyrir rafafli. Samsvarar 1000 kW rafafli. Notað, einkum við varmavirkjanir, til aðgreiningar frá varmaafli (MW _{th}) sem er miklu meira en nýtanlegt rafafli.
Orkuforði	Nýtanlegt magn af orku í jarðhitakerfinu.
Óbeinn eimsvali	Gufa streymir utan um rör og kælivatn streymir innan í þeim án þess að gufa og vatn blandist.
Rafali	Til að hreyfing, ljós eða hitun efnis geti átt sér stað, þarf orku. Orka birtist í ýmsum myndum þar á meðal sem raforka. Þegar gufa streymir inn á gufuhverfil með miklum þrýstingi, snýr gufu-hverfillinn rafala sem umbreytir hreyfiorku gufunnar í raforku.
Rakaskiljur	Í rakaskiljunum eru síðustu leifar vatnsins skildar frá gufunni.
Safnæð	Safnar borholuvökva frá borholum og flytur að safnæðastofni.
Safnæðarstofn	Safnæðarstofn tekur við gufunni úr safnæðunum og veitir henni inn í skiljustöð.
Skiljustöð	Borholuvökvi er skilinn í gufu og vatn í skiljustöð.
Skiljustöðvarhús	Mannvirki þar sem gufuskiljur eru staðsettar, en í þeim er borholuvökvi skilinn í gufu og skiljuvatn.
Skiljuvatn	Borholuvökvi sem gufa hefur verið skilin frá. Inniheldur megnið af öllum uppleystum steinefnum, sem komu með borholuvökvanum.
Snefilefni	Eru frumefni og efnasambönd, sem eru í mjög litlum mæli í borholuvökvanum. Sum eru nauðsynleg lífverum í litlum mæli en mörg eru eitruð í of miklu magni. Dæmi um snefilefni eru blý (Pb), sink (Zn), kadmín (Cd), kopar (Cu), kvikasilfur (Hg) og arsen (As).
Sprungurein	Sprungurein samanstendur af tilteknum fjölda einstakra sprungna sem tilheyra sama brotinu í berggrunninum.
Sprungusveimur	Margar samliggjandi sprungureinar sem hafa ákveðna stefnu. Sprungusveimur Kröflusvæðis er t.d. 90 km langur og 5-8 km breiður en mjókkar syðst. Meginstefna hans er N10°A.
Stjórnlokar	Stjórna þrýstingi eða streymi t.d. gufustjórnlokar sem stjórna þrýstingi í gufuveitu með því að hleypa umframgufu út um gufuháfa.
Stöðvarhús	Mannvirki fyrir vélasamstæðu, ásamt rafbúnaði og stjórnbúnaði virkjunar.
Varmaskipti	Þegar t.d. kalt vatn er notað til þess að lækka hita heitari vökva, annaðhvort með beinum eða óbeinum hætti.
Vinnsluhola	Borhola sem er nýtt til vinnslu á jarðhita.
Vinnslurás	Segir til um hvernig söfnun og vinnsla gufu frá borholum fer fram.
Vinnslusvæði	Svæði sem nýtt er til vinnslu á jarðhita.
Vöktun	Reglulegt eftirlit með ýmsum þáttum sem tengjast rekstri virkjunarinnar, t.d. vinnslueiginleikum borhola, gasútblæstri og gróðurfari.
Þéttivatn	Í gufuhiturnum þéttist gufan og verður að sjóðheitu vatni, svokölluðu þéttivatni.
Pró/svarfþró	Pró/tankur þar sem svarf, borleðja og sement frá borholum safnast fyrir í á meðan borun stendur.

I. ALMENNT YFIRLIT

1. INNGANGUR

1.1. Almennt

Í þessari skýrslu er fjallað um mat á umhverfisáhrifum vegna stækkunar jarðvarmavirkjunarinnar við Kröflu í Skútustaðahreppi í Suður-Þingeyjarsýslu.

Framkvæmdaraðili er Landsvirkjun, sem áformar að auka afkastagetu rafafls um 40 MW_e. Framleiðsla virkjunarinnar eykst um 320 GWh á ári vegna þessarar stækkunar. Framkvæmda-
svæðið er sýnt á mynd 1. Framkvæmdaraðili kýs að greina ekki frá áætluðum framkvæmdakostnaði.

Framkvæmdir við virkjun á Kröflusvæðinu hófust 1974 með tilraunaborunum en árið eftir var hafist handa við boranir vinnsluhola og við byggingu mannvirkja. Í árslok 1975 hófust Kröflueldar og höfðu þeir áhrif á framkvæmdir. Öflun gufu gekk illa og þegar fyrri 30 MW_e vélasamstæðan var tekin í notkun í febrúar 1978 var hún aðeins keyrð á hlutaálagi. Það var ekki fyrr en 1984 að nægrar gufu hafði verið aflað til að keyra vélina á fullu afli. Uppsetningu seinni vélasamstæðunnar var frestað 1978 enda ekki útlit fyrir að gufa fengist fyrir vélina á næstunni. Á árunum 1996-1997 tókst að afla nægrar gufu fyrir seinni vélina og var hún gangsett í nóvember 1997. Árið eftir voru afköst stöðvarinnar komin í 60 MW_e. Til þess að tryggja gufubúskap enn frekar var ákveðið að bora þrjár holur til viðbótar þeim sem boraðar voru 1996 og 1997 og var ein hola boruð 1998 en hinar tvær 1999. Árangurinn af þessum borunum var mjög góður og nú er gufa til reiðu til að framleiða um 85 MW_e í Kröfluvirkjun.

Stækkun Kröfluvirkjunar er tilkynningaskyld til Skipulagsstofnunar og fellur undir 6. gr. og lið 13a í 2. viðauka laga nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum. Skipulagsstofnun féllst á þá afstöðu Landsvirkjunar að um matsskylda framkvæmd væri að ræða [Skipulagsstofnun 2000].

1.2. Markmið framkvæmdar

Markmið framkvæmdarinnar er að mæta, á hagkvæman hátt, aukinni eftirspurn almennings og atvinnuvega eftir raforku.

Eitt af hlutverkum Landsvirkjunar samkvæmt lögum nr. 42/1983 er “að hafa með viðunandi öryggi tiltæka nægilega raforku til þess að anna þörfum viðskiptavina sinna á hverjum tíma”. Aukin raforkunotkun stóriðjufyrirtækja ásamt almennri aukningu í raforkunotkun í landinu gera frekari virkjanir til raforkuframleiðslu nauðsynlegar til að mæta aukinni eftirspurn.

1.3. Leyfisveitingar

Stækkun Kröfluvirkjunar um 40 MW_e er er háð eftirfarandi leyfum:

- Leyfi Alþingis til vinnslu raforku skv. 10 gr. orkulaga nr. 58/1967.
- Framkvæmdaleyfi og byggingarleyfi sem Skútustaðahreppur veitir skv. 27., 36. og 43. gr. skipulags- og byggingarlaga nr. 73/1997.
- Starfsleyfi sem heilbrigðisnefnd Skútustaðahrepps veitir skv. 9. gr. reglugerðar nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun, sbr. fylgiskjal 2 liði 2.6, 9.1 a og 10.4. Starfsleyfi virkjunarinnar er í vinnslu.
- Leyfi Hollustuverndar ríkisins til dælingar vatns niður í jarðlög skv. 14. gr. reglugerðar nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns.

1.4. Kröfluvirkjun og rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Í rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma [Landvernd 2000], sem unnin er á vegum stjórnvalda, er lagt mat á virkjunarkosti og þeir flokkaðir m.a. með tilliti til orkugetu og hagkvæmni, gildis þeirra fyrir þjóðarhag og áhrif á náttúru og samfélag. Staða Kröfluvirkjunar innan rammaáætlunarinnar er sú, að virkjunin er í flokki þeirra virkjunarhugmynda sem verkefnisstjórn á von á að komi til skoðunar í fyrsta áfanga verkefnisins.

Stjórnvöld geta veitt leyfi til virkjunar sem er til umfjöllunar hjá verkefnisstjórn rammaáætlunar. Í slíkum tilfellum telja stjórnvöld eðlilegt að verkefnisstjórn fjalli um málið og komi sínum sjónarmiðum á framfæri, enda fari fram mat á umhverfisáhrifum á viðkomandi framkvæmd.

1.5. Aðrir virkjunarkostir

Virkjunin sem hér er lýst byggir á því að nýta sameiginlegan búnað núverandi Kröflustöðvar s.s. gufuveitu, skiljustöð, tengivirki, verkstæði, aðstöðu starfsfólks o.fl. og einnig að samnýta starfsfólk við rekstur, eftirlit og viðhald. Önnur staðsetning á Kröflusvæðinu er því ekki talin koma til álita.

Virkjunin hefur eftirfarandi kosti:

- Lítið rask þar sem verið er að virkja á svæði sem nú þegar er nýtt til orkuframleiðslu.
- Hagkvæm virkjun.
- Stuttur framkvæmdatími.
- Tiltölulega lítil virkjun samanborið við vatnsaflsvirkjanir og því hentugur kostur fyrir minni verkefni og eða almenna raforkukerfið.

Núll-kostur er augljóslega að virkja ekki frekar við Kröflu. Kostirnir við það eru þeir að ekki kemur til aukinnar losunar jarðhitalofittegunda eins og koldíoxíðs og brennisteinsvetnis og skiljuvatn eykst þá hægar en ef virkjað verður frekar. Ókostirnir eru þeir að samfélagið fær ekki efnahagslegan ávinning af framkvæmdum. Slíkt val mun einnig flýta framkvæmdum við aðrar virkjanir. Dæmi um aðra virkjun er Bjarnarflagsvirkjun og eru þessir kostir bornir saman í kafla 20.

1.6. Kynning á framkvæmdum

Haft hefur verið samráð við umsagnaraðila, Skipulagsstofnun og almenning í samræmi við lög nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum. Landsvirkjun leitaðist við að hafa eins mikið samráð og mögulegt var á meðan á vinnslu matskýrslu stóð. Því var óskað eftir athugasemdum frá almenningi, áhugamannasamtökum og umsagnaraðilum allan þann tíma sem matsferlið stóð.

Fyrirhuguð framkvæmd hefur verið kynnt á heimasíðu Landsvirkjunar (www.lv.is) og hefur almenningur haft tækifæri til að koma athugasemdum og ábendingum sínum á framfæri þar. Þeir sem ekki höfðu aðstöðu til að koma athugasemdum á framfæri með tölvupósti gátu sent bréf með athugasemdum sínum til Landsvirkjunar.

1.6.1. Kynning matsáætlunar

Drög að tillögu um áætlun um mat á umhverfisáhrifum voru send eftirfarandi umsagnaraðilum:

- | | |
|---|------------------------------|
| - Heilbrigðiseftirliti Norðurlands eystra | - Náttúruvernd ríkisins |
| - Hollustuvernd ríkisins | - Orkustofnun, auðlindadeild |
| - Landeigendum Reykjahlíðar | - Skipulagsstofnun |

- Náttúruvannsóknarstöðinni við Mývatn
- Sveitarstjórn Skútustaðahrepps

Einnig voru haldnir fundir með ofangreindum umsagnaraðilum. Þar var verkefnið kynnt og leitað eftir þeim þáttum sem viðkomandi umsagnaraðili vildi leggja áherslu á.

Auk þess voru drög að tillögu að matsáætlun send eftirfarandi stofnunum og áhugamanna-samtökum:

- Byggðastofnun
- Náttúruverndarsamtökum Íslands
- Ferðamálafélagi Mývatnssveitar
- Samtökum ferðaþjónustunnar
- Ferðamálaráði
- Samtökum um náttúruvernd á Norðurlandi
- Fuglaverndarfélagi Íslands
- Samtökum útivistarféлага
- Landeigendafélagi Laxár og Mývatns
- Skógrækt ríkisins
- Landgræðslu ríkisins
- Vegagerðinni
- Landvernd
- Veiðimálastjóra
- Náttúrufræðistofnun Íslands
- Veiðimálastofnun
- Náttúruverndarnefnd Þingeyjarsýslu
- Þjóðminjasafni Íslands

Fulltrúum áhugamannafélaganna var boðið til kynnisfundar á skrifstofu Landsvirkjunar 19. júlí 2000. Aðeins fulltrúi Landverndar mætti á fundinn.

Drög að matsáætlun voru kynnt á opnu húsi í Hótel Reyhlið í Mývatnssveit þann 22. júlí 2000. Um það bil 50 manns mættu á kynninguna, aðallega heimamenn en þó einnig ferðamenn, bæði íslenskir og erlendir. Sama dag voru drög að matsáætlun einnig kynnt á fundi landeigenda Reykjahlíðar.

Skriflegar umsagnir um drögin bárust frá:

- Heilbrigðiseftirliti Norðurlands eystra
- Náttúruvannsóknarstöðinni við Mývatn
- Landgræðslu ríkisins
- Orkustofnun, auðlindadeild
- Landvernd
- Veiðimálastjóra

Eftir að reynt hafði verið að koma til móts við þá aðila sem sendu umsagnir og athugasemdir til Skipulagsstofnunar var tillaga að matsáætlun send Skipulagsstofnun 6. nóvember 2000.

Skipulagsstofnun leitaði umsagnar Skútustaðahrepps, Náttúruverndar ríkisins, Heilbrigðis- eftirlits Norðurlands eystra, Hollustuverndar ríkisins, iðnaðar- og viðskiptaráðuneytisins, Landgræðslu ríkisins og Orkustofnunar. Skipulagsstofnun kynnti tillöguna einnig með fréttatilkynningu og á heimasíðu stofnunarinnar.

Með bréfi þann 27. desember 2000 féllst Skipulagsstofnun á matsáætlun framkvæmdaraðila, með nokkrum athugasemdum.

1.6.2. Kynning matsskýrslu

Á heimasíða Landsvirkjunar hafa birst niðurstöður rannsókna sem tengdar eru mati á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar.

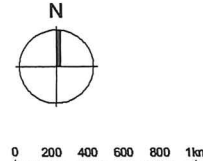
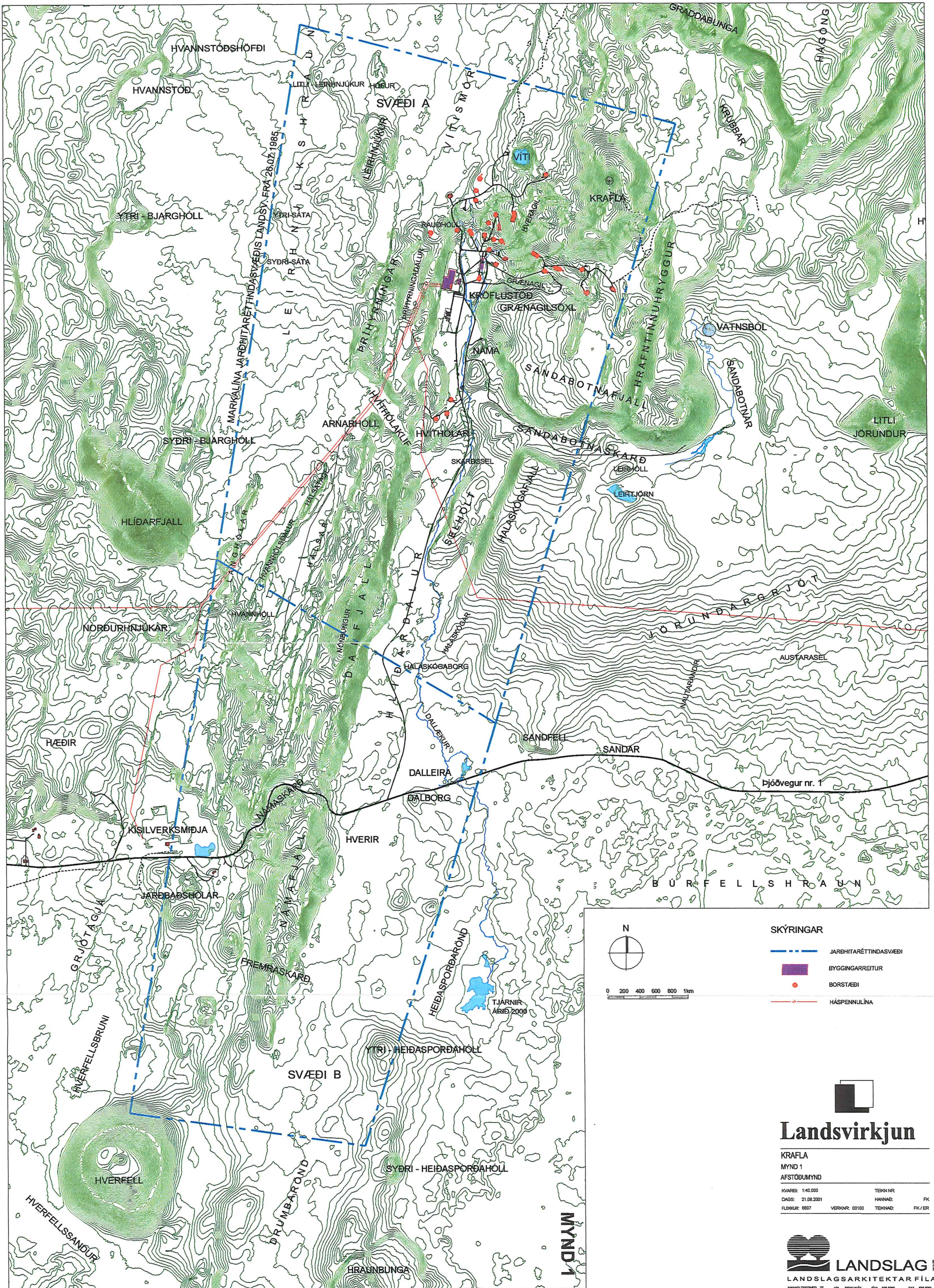
Þegar Skipulagsstofnun hefur auglýst matsskýrsluna verður efnt til kynningarfunda fyrir almenning þar sem framkvæmdin verður kynnt sem og niðurstöður mats á umhverfisáhrifum hennar.

1.7. Höfundar skýrslu

Hér er getið þeirra er komu að gerð skýrslunnar. Fjölmargar góðar ábendingar og athugasemdir komu frá ýmsum umsagnaraðilum og starfsmönnum Landsvirkjunar, ROS og VGK hf. Auk þess var aflað efnis úr skýrslum fjölmargra sérfræðinga á ýmsum sviðum.

Tafla 1.1. Höfundar skýrslu

Starfsmaður/nafn	Starfsheiti	Fyrirtæki
Verkefnisstjórn		
Runólfur Maack	Verkfræðingur	VGK hf.
Albert Guðmundsson	Verkfræðingur	Landsvirkjun
Gísli Gíslason	Tæknifræðingur	Landsvirkjun
Verkefnisstjóri		
Teitur Gunnarsson	Verkfræðingur	VGK hf.
Sérfræðingar sem lögðu til efni í skýrsluna.		
Auður Andrésdóttir	Jarðfræðingur	VGK hf.
Ásgrímur Guðmundsson	Jarðfræðingur	Orkustofnun
Björn Þór Guðmundsson	Jarðfræðingur	VGK hf.
Finnur Kristinsson	Landslagsarkitekt	Landslag ehf.
Gunnar I. Gunnarsson	Tæknifræðingur	Rafteikning hf.
Halldór Ármannsson	Efnafræðingur	Orkustofnun
Halldór Sverrisson	Líffræðingur	Rala
Halldór Walter Stefánsson	Líffræðingur	Náttúrustofu Austurlands
Jakob Kristjánsson	Lífefnafræðingur	Líffræðistofnun Háskólans
Jón Guðmundsson	Líffræðingur	Rala
Knútur Árnason	Jarðeðlisfræðingur	Orkustofnun
Kristinn Ingason	Verkfræðingur	VGK hf.
Kristján Sæmundsson	Jarðfræðingur	Orkustofnun
Manfreð Vilhjálmsson	Arkitekt	Arkitektar ehf.
Orrí Vésteinsson	Fornleifafræðingur	Fornleifastofnun Íslands
Ómar Sigurðsson	Verkfræðingur	Orkustofnun
Óskar Sigurðsson	Landfræðingur	VGK hf.
Reynir Vilhjálmsson	Landslagsarkitekt	Landslag ehf.
Snæbjörn Jónsson	Verkfræðingur	Rafteikning hf.
Trausti Hauksson	Verkfræðingur	Kemía sf.



- SKÝRINGAR**
- - - JARDHITARÉTTINDASVÆÐI
 - BYGGINGARREITUR
 - BORSTÆÐI
 - - - HÁSPENNULÍNA

Landsvirkjun

KRAFLA
MYND 1
AFSTÖBUMYND

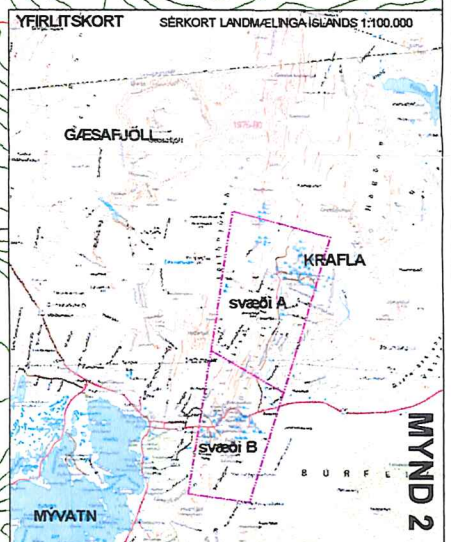
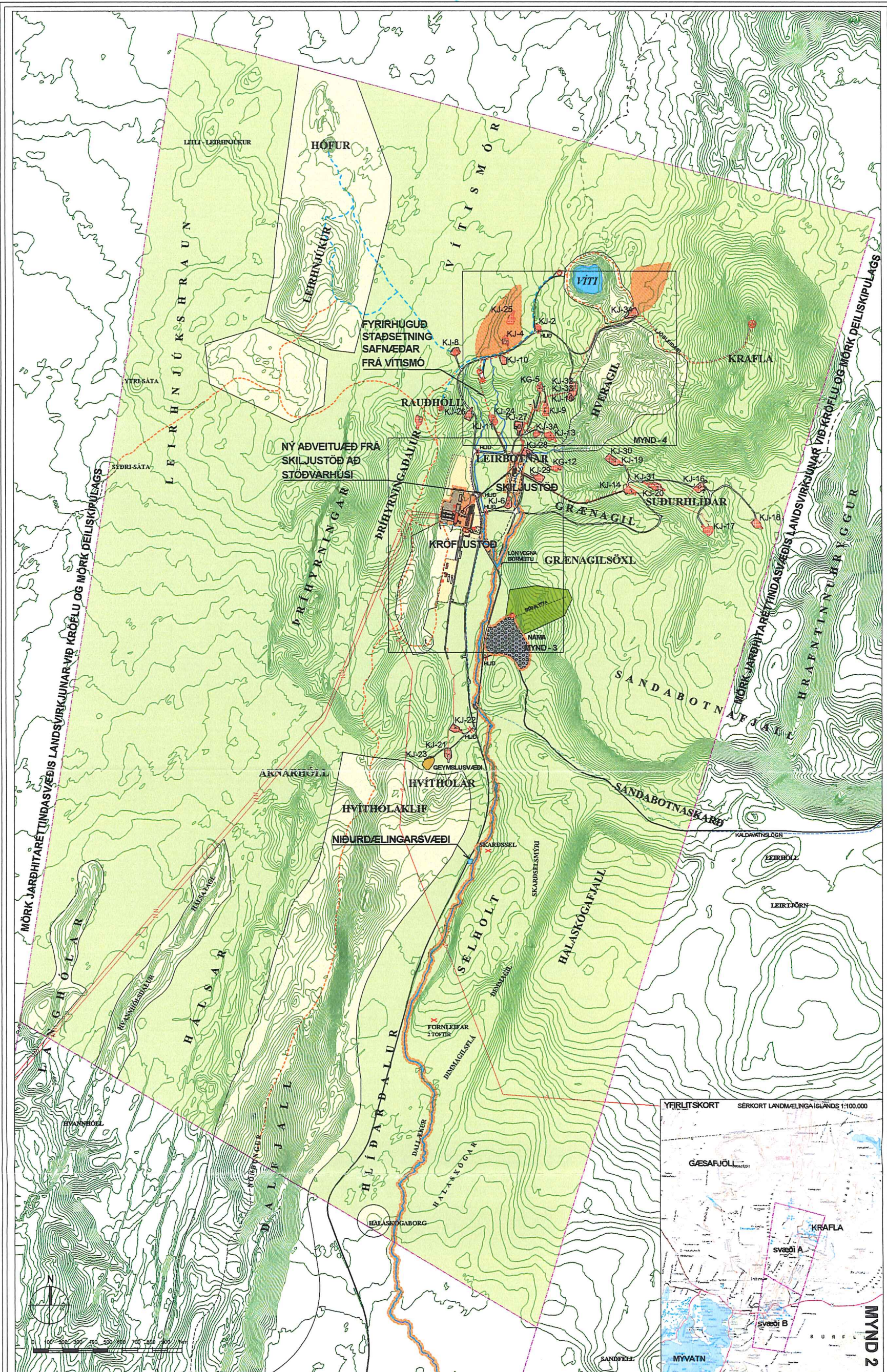
KVAFEL: 1:40.000
DAGS: 21.08.2001
FLOKKUR: 8807

TEKNI NR:
HANNAE: FK
TEKNAE: FK/ER

LANDSLAG
LANDSLAGSARKITEKTAR FÉLAG
FRÉDAGSSTRÆTI 27, 101 REYKJAVÍK, SÍM: 636 6300, FAX: 636 6301
VÉLFAR: WWW.LANDSLAG.IS

VGK VERKFRÉDISTOFA
GUDMUNDAR OG KRISTJÁNS N

MYND 1



SKÝRINGAR

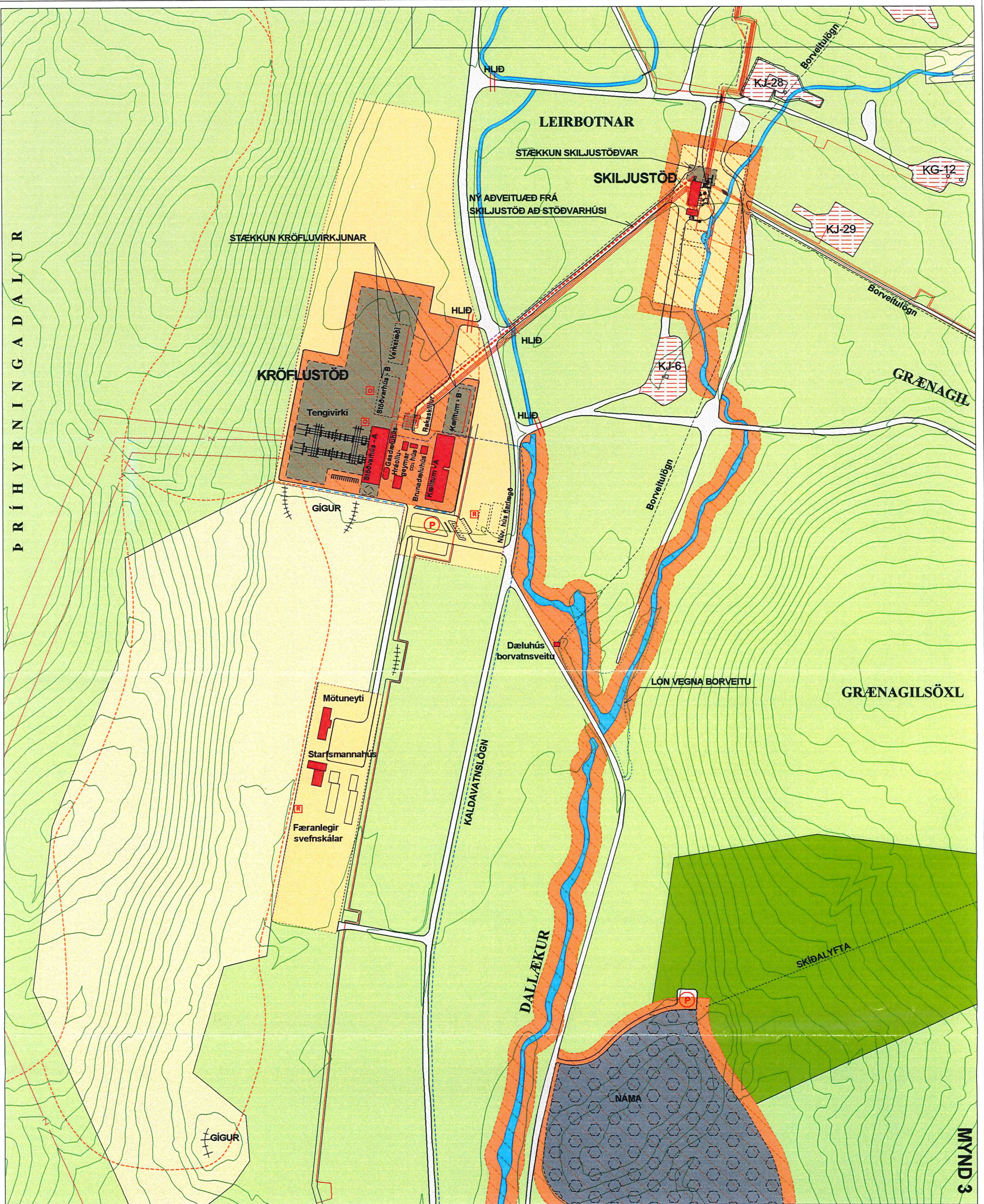
- | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------|
| OPIN ÖBYGGD SVÆÐI | SAFVÆÐ | OPIN SVÆÐI TIL SERSTAKRA NOTA | AKVEGIR |
| BYGGINGAR | FYRIRHUGUÐ SAFVÆÐ | GÖNGUSTÍGAR | VEGSLÓÐAR |
| BYGGINGAREITIR | VERNDARSVÆÐI / HVERFISVERND | MERKTAR GÖNGULEIDIR | FJALLASLÓÐAR |
| BYGGINGA- OG FRAMKVÆNDASVÆÐI / LÖDIR | ÁHRIFASVÆÐI VÍÐ STÆKULN VIRKJUNAR | HÁSPENNUSTRENGUR | ÚTSYNISSTADUR |
| KJ-1 MERKINGAR Á BORHÖLUM | MALARNAÐM | KALDAVATNSVEÐ | BÍLASTÆÐI |
| BORSTÆÐI | GEYMSLUSVÆÐI | LÖSLEIDARI | ROTRÓ / ÖLUDRÓ |
| BORSVÆÐI | | | |

KORTGRUNNUR:
 Hæðarlínur eftir myndkort frá Ísgraf ehf og Loftmyndum ehf frá 2000.
 Fláta mynd eftir loftmyndum Landmælinga Íslands unnó af hnit hf.

KRÖFLUVIRKJUN
 JARÐHITARETTINDASVÆÐIS LANDSVIRKJUNAR VÍÐ KRÖFLU MYND 2
 MÆSKA 04.12.2000
 DÁÐR 21.08.2001
 FLÓÐR 0807
 VERRAR 0210
 TERNAR 0107



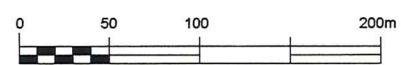
MYND 2



SKÝRINGAR

- | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| | OPIN ÖBYGGÐ SVÆÐI | | VERNDARSVÆÐI / HVERFISVERND | | ÁHRIFASVÆÐI VÍÐ STÆKKUN VIRKJUNAR |
| | BYGGINGAR | | MALARNÁM | | LJÓSLÉIÐARI |
| | BYGGINGAREITIR | | OPIN SVÆÐI TIL SERSTAKRA NOTA | | HÁSPENNUSTRENGUR |
| | BYGGINGA- OG FRAMKVÆMDASVÆÐI / LÖÐIR | | GÖNGUSTIGUR | | VEGIR |
| | MERKINGAR Á BORHÖLUM | | GÖNGULEIÐIR | | BILASTÆÐI |
| | BORSTÆÐI | | KALDAVATNSÆÐ | | ROTÞRÓ / ÖLLUÞRÓ |
| | SAFNÆÐ | | | | |

KORTGRUNNUR:
Hæðarlínur eftir myndkort frá Isgraf ehf og Loftmyndum ehf frá 2000.
Flatarmynd eftir loftmyndum Landmælinga Íslands unnið af Hrit hf.



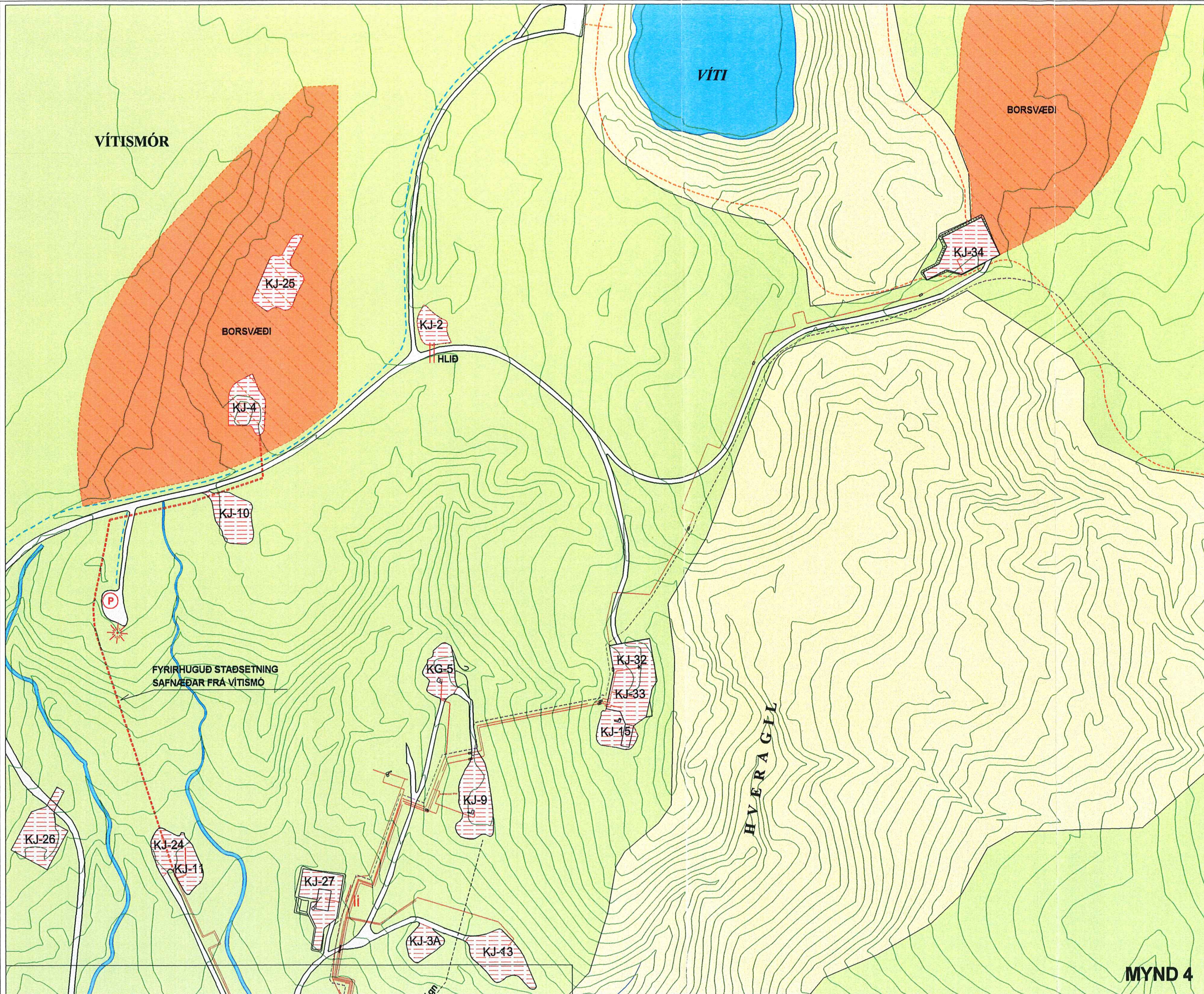
KRÖFLUVIRKJUN
MANNVIRKI KRÖFLUSTÖÐVAR Í LEIRBOTNUM
MYND - 3

KVÆÐI: ca 14000
DAGS: 21.08.2001
FLOKUR: 6607

TEKNI NR:
HANNAÐ: RV / FK / MV
TEKNAÐ: FK / ER

LANDSLAG FR
LANDSLAGSARKITEKTAR FÍLA
HÍÐHÖLLESTRÆTI 27, 101 REYKJAVÍK, Sími 525 5300, Fax 525 5301
VEFANG WWW.LANDSLAG.IS NETFANG LANDSLAG@LANDSLAG.IS

MANFRED VILHJÁLMSOHN - ARKITEKTAR EHF.

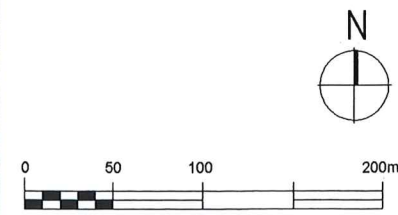


- SKÝRINGAR**
- OPIN ÖBYGGÐ SVÆÐI
 - BYGGINGAR
 - BYGGINGAREITIR
 - BYGGINGA- OG FRAMKVÆMDASVÆÐI / LÖDIR
 - KJ-1 MERKINGAR A BORHOLUM
 - BORSTÆÐI
 - SAFVÆÐ
 - VERNDARSVÆÐI / HVERFISVERND
 - MALARNÁM
 - OPIN SVÆÐI TIL SERSTAKRA NOTA
 - GÖNGUSTIGUR
 - GÖNGULEIDIR
 - KALDAVATNSVÆÐ
 - BORSVÆÐI
 - ÁHRIFASVÆÐI VID STÆKKUN VIRKJUNAR
 - LJOSLEIDARI
 - HÁSPENNUSTRENGUR
 - VEGIR
 - P BÍLASTÆÐI
 - ROTPRÓ / OLJUPRÓ

KORTGRUNNUR:
 Hæðarlínur eftir myndkortu frá Ísrafl og Loftröndum eitt frá 2000. Fláttarmynd eftir loftmyndum Landsmælinga Íslands unnið af Hrítt hf.

FYRIRHUGUÐ STAÐSETNING
 SAFVÆÐAR FRÁ VÍTISMÓ

HYERAGILL



MYND 4

KRÖFLUVIRKJUN
 MANNVIRKI NORDAN SKILJUSTÖÐVAR
 MYND - 4

KVAREI ca 1:4000	TEKNIÐ
DAGS 21.09.2001	HANNAÐ RV/FK/IV
FLÓKUR 6607	VERKUR 00100
	TEKNAÐ FK/ER

LANDSLAG TÍÐ
 LANDSLAGSARKITEKTAR FÍLA
 HINDOLSTRAÐI 27, 101 REYKJAVÍK, DMI 535 530, FAX 535 5301
 VEFNÁM WWW.LANDSLAG.IS NETTÍÐI LANDSLAG@LANDSLAG.IS

MANFRED VILHJÁLMSON - ARKITEKTAR EHF. / M / V

2. LÝSING FRAMKVÆMDAR

2.1. Inngangur

Í þessum kafla er fjallað um fyrirhugaðar framkvæmdir við jarðvarmavirkjunina við Kröflu. Kafla 2.3 sem lýsir framkvæmd og kafla 2.4 sem fjallar um vinnslurás virkjunarinnar byggir á verkhönnunarskýrslu um stækkun Kröflustöðvar [Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns o.fl. 2000].

2.2. Staðsetning framkvæmdasvæðis

Framkvæmdasvæðið er í hlíðum Kröflu, í Vítismó og í Leirbotnum í landi Reykjahlíðar, Skútustaðahreppi í Suður-Þingeyjarsýslu, sjá mynd 1.

Í aðalskipulagi Skútustaðahrepps er gert ráð fyrir orkuvinnslu á Kröflusvæðinu og mörkuð sú stefna að auka nýtingu jarðvarma í sveitarfélaginu. Á skipulagsupprætti er Kröflusvæðið afmarkað sem jarðhitaréttindasvæði skv. samningi milli ríkisstjórnar Íslands og Landsvirkjunar.

Í tillögu að deiliskipulagi fyrir Kröflusvæðið, sem nú hefur verið unnið, eru fyrirhugaðir vegir, borsvæði og lagnaleiðir afmarkaðar á vinnslusvæðinu. Gert er ráð fyrir að nýta önnur svæði, ef þörf krefur, með stefnuborunum af þegar afmörkuðum borsvæðum. Við staðsetningu á borsvæðum hefur m.a. verið tekið tillit til landfræðilegra aðstæðna og annarra borhola. Þá er í tillögu að deiliskipulagi sýndir byggingarreitir, svæði sem fyrirhugað er að vernda fyrir raski, göngustígar, bílastæði og fleira er tengist þjónustu fyrir ferðafólk.

2.3. Lýsing framkvæmdar

Helstu þættir framkvæmdarinnar eru:

1. Gerð borstæða.
2. Borun nýrra vinnsluhola.
3. Stækkun gufuveitu virkjunarinnar.
4. Stækkun rafstöðvar um eina 40 MW vélasamstæðu.
5. Stækkun tengivirkis um einn reit.
6. Ýmsar tengdar framkvæmdir.

Ekki þarf að leggja nýja háspennulínu frá Kröfluvirkjun vegna þessarar stækkunar virkjunarinnar.

2.3.1. Gerð borstæða

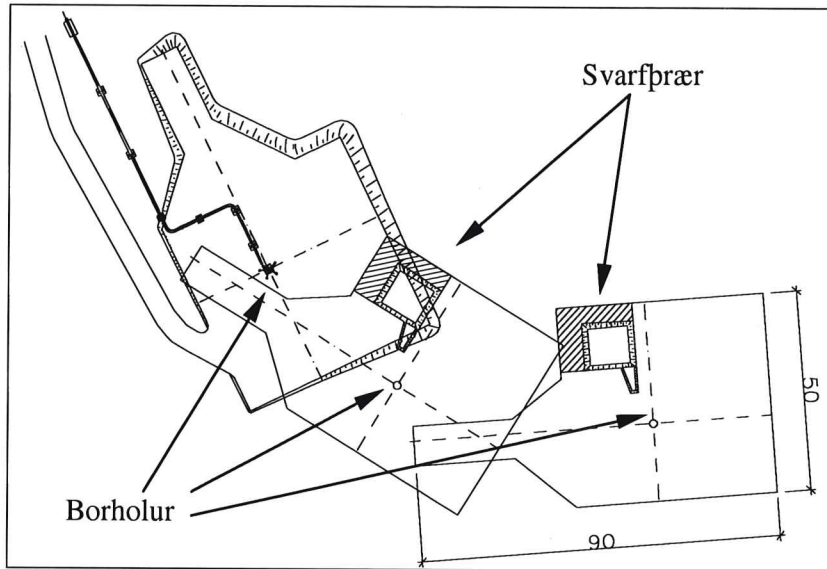
Lagt er til að stækka borsvæði við holu 34 til norðurs vegna þessarar stækkunar Kröfluvirkjunar (mynd 2 og mynd 4). Til að minnka rask er stefnt að því að bora fleiri en eina holu af útvíkkuðu borstæði, eins konar borteig. Holurnar verða settar niður með 30-60 m millibili, en stefnuboraðar þannig að fjarlægð milli vinnsluhluta þeirra verði að lágmarki 200 m.

Í öðru lagi verða nýtt núverandi borsvæði Kröfluvirkjunar og lögð sérstök áhersla á Vítismósvæðið, en þar eru fyrir holur 2, 4, 8 10 og 25. Litið er á þetta svæði sem framtíðarborsvæði sem verði nýtt ef vermi hola á svæðinu við Víti fer að minnka.

Á borsvæðunum þarf að útbúa borstæði fyrir borinn og fylgihluti hans. Gert er ráð fyrir að við hönnun á borstæðum verði notaður svokallaður borteigur (mynd 5). Stærð borstæða er almennt ca. 3.200 til 3.400 m², en með þessu fyrirkomulagi skarast borstæðin og flatarmál borstæðis verður minna fyrir hverja holu. Áætlað er að stærð borteigs á um 64.000 m²

borsvæði við Víti verði um 10.000 m² og að á um 100.000 m² borsvæði í Vítismó verði borteigurinn 10.000-14.000 m². Gera má ráð fyrir að um 2.000-3.000 m³ af fyllingarefni þurfi í hvert borstæði. Steyptir kjallarar, um 1,5 m að dýpt, eru byggðir utan um ystu fódningu holanna. Frárennslislögn liggur frá dælukari borsins í sérstakar svarfprær. Svarfprærnar eru byggðar fyrir skolvatnið sem frá holunum berst. Í þær safnast borsvarf, borleðja og steypueðja sem frá holunum berst við borun og þar botnfellur grófasta efnið.

Hinir fjölmörgu ferðamenn, sem ganga umhverfis Víti (Stóra-Víti) að sumarlagi, munu geta séð borteiginn við holu 34. Það verður því reynt að vanda sérstaklega allan frágang á og við borteiginn (mynd 16).



Mynd 5. Fyrirkomulag á borteig (VGK)

Efni til borstæðanna verður ýmist aðflutt eða efni endurnýtt úr eldri borstæðum. Við gerð borstæða og allar framkvæmdir sem þeim tengjast verður þess gætt að valda sem minnstu jarðraski.

2.3.2. Borun nýrra vinnsluhola

Í áætlunum um stækkun Kröfluvirkjunar er gert ráð fyrir að vermi borholuvökva verði 2600-2700 kJ/kg fyrstu árin en lækki síðan smám saman. Þá er reiknað með að afköst hola verði um 5 MW_e að jafnaði eða um 10 kg/s af háþrýstigufu. Þetta er varfærnislegt viðmið miðað við holur sem boraðar hafa verið undanfarið.

Á árinu 1999 voru boraðar 2 nýjar holur við Kröflu. Árangur af borunum var mjög góður og streyma 55 kg/s af háþrýstigufu frá þeim. Afla þarf um 28 kg/s af gufu til viðbótar fyrir 40 MW stækkun og er gert ráð fyrir að til þess þurfi að bora 3 u.þ.b. 2000 m djúpar holur við Víti. Verði árangur sérstaklega góður er hugsanlegt að næg gufa fái úr tveimur holum en verði árangur lakari en vænst er kann að þurfa að bora fjórðu holuna. Á næstu 30 árum er áætlað að bora eina holu á um 3 ára fresti vegna þrýstilækkunar og kólnunar jarðhitakerfisins til að viðhalda raforkuframleiðslu stækkunarinnar á borsvæðunum við Víti og/eða á Vítismó.

Til að stefnubora vinnsluholur af þeim sverleika og þeirri dýpt sem fyrirhugaðar eru við Kröflu kemur nú ekki annar íslenskur bor til greina en Jötunn. Jötunn vegur samtals 435 tonn og er fluttur í 24 hlössum. Bornum og fylgihlutum hans er komið fyrir á borstæðinu. Efnisflutningar vegna borunarinnar eru einnig umtalsverðir. Borun fer fram að sumarlagi af veðurfarsástæðum.

Borvatn

Við borun vinnsluhola þarf vatn til kælingar og skolonar á borsvarfi upp úr holunni. Þetta vatn verður tekið frá borvatnsveitu Kröfluvirkjunar suðaustan við stöðvarhúsin (mynd 3). Vatni verður dælt að borstæðinu frá borvatnsveitu virkjunarinnar um plastlögð sem lögð verður ofanjarðar og fjarlægð þegar borunum lýkur.

Þegar ekkert eða lítið skoltap er í holunni kemur vatnið, sem notað er til kælingar við borun, með borsvarfið með sér upp úr holunni. Grófasta borsvarfið er sigtað frá borvatninu en fínni sandur er skilinn frá í sandskiljum (sýklónum). Við borun þarf um 30 til 40 l/s af vatni að staðaldri á borinn. Þegar algert skoltap verður kemur ekkert vatn með borsvarf upp úr holunni og þá sagt að borað sé blint. Átt er við að ekkert er vitað um hvernig berg er verið að bora í gegnum. Slíkt skoltap verður oft þegar verið er að bora vinnsluhluta holunnar.

Borvatn frá fyrirhuguðum borsvæðum mun renna í Hlíðardalslæk. Við borun holu 34 var gengið frá frárennsli í samráði við Náttúruvernd ríkisins. Þar er vatni veitt af borstæðinu vestur í gil í grennd við holu 15. Gert er ráð fyrir að frárennslið nýtist við viðbótarboranir á þessu svæði, en frárennsli frá borsvæði í Vítismó verður veitt um fráveitulögð í gil vestan holu 9.

Borleir

Þegar borað er fyrir öryggisfóðringu er borvatnið oft blandað borleir og vítissóða til að skola borsvarfi upp úr holunni. Þessi blanda er nefnd borleðja eða gel. Borleðjan flytur borsvarfið mun betur upp holuna en hreint vatn. Þegar borleðja er notuð er henni hringrásað aftur niður í holuna.

Borleðjan er hreinsaður náttúrulegur bentónítleir, sem er víða notaður sem hjálparefni við boranir og til þéttinga á stíflum og skurðum. Leirinn, sem inniheldur ál-, járn-, magnesíum- og natríumsílfköt, telst skaðlaus (nontoxic) [Jarðboranir 2000]. Gert er ráð fyrir að notkun geti orðið allt að 25 tonn af bentónítleir fyrir hverja holu. Meðalnotkun hefur þó verið nær 9 tonnum fyrir hverja holu á Kröflusvæðinu til þessa.

Barít

Hugsanlegt er að holan gjósi, ef borað er í mjög heitar æðar á litlu dýpi. Til að hemja holuna getur þá þurft að útbúa borleðju með hárrí eðlisþyngd. Er þá búin til borleðja úr barítí (baríumsúlfati) sem er eðlisþungt efni og getur eðlisþyngd borleðjunnar með því móti orðið 1,4-1,8 g/cm³. Þessari borleðju er safnað í safnþróna að notkun lokinni eins og annarri borleðju. Gerð er krafa um að við borun séu tiltæk allt að 20 tonn af barítí, sem nægir til að fylla 500 m djúpa 12¼ tommu holu einu og hálfu sinni. Reynsla af notkun baríts við Kröflu er sú að til þess hefur þurft að grípa einu sinni við borun þeirra 35 hola sem boraðar hafa verið. Samtals voru þá notuð 33 tonn af barítí.

Baríum og sambönd þess eru á lista II b í reglugerð nr. 796 um mengun vatns og lista II í reglugerð nr. 797 um mengun grunnvatns og er því krafist starfsleyfis vegna losunar þess [Stjtið. B, Nr. 796/1999, Stjtið. B, Nr. 797/1999]. Það eru fyrst og fremst leysanleg baríum-sambönd sem eru eitruð, en barít er hins vegar torleyst samband baríums (baríumsúlfat) og leysist ekki í vatni. Baríumsúlfat er meðal annars gefið sjúklingum innvortis við rannsóknir. Barít er náttúruleg steind sem myndast úr kvikuveggum, einkum í grennd við djúpbergssinnskot. Barít er mjög fágætt á Íslandi en hefur fundist á yfirborði í grennd við þrjár megineldstöðvar á Austurlandi [Kristján Sæmundsson og Einar Gunnlaugsson 1999]. Nokkrar milljónir tonna eru unnin af barítí í heiminum á ári. Um 90% fer til borleðjagerðar, en einnig er barít notað við pappírsgerð og málningar- og gúmmíframleiðslu [Büchner og fleiri 1989].

Önnur efni

Ýmis efni eru notuð við boranir auk þeirra sem áður er lýst. Þetta eru allt náttúrulegar steindir eða lífræn efni sem brotna niður í náttúrunni og teljast skaðlaus náttúrunni (non-hazardous). Jarðboranir hf., sem borað hafa borholurnar við Kröflu, hafa gefið út handbók um stefnu sína í umhverfismálum [Jarðboranir hf. 2000]. Auk stefnu fyrirtækisins í umhverfismálum eru þar að finna vinnulýsingar um meðferð úrgangsefna, olíu og hjálparefna, sem notuð eru á bor-

svæðum. Með þessum vinnulýsingum er stefnt að öruggri og skilvirkri meðhöndlun efnanna, bæði með tilliti til umhverfis og aðstæðna á vinnustað.

Borsvarf

Við borstæðin er útbúin safnþró fyrir borsvarf (svarfþró). Umframvatni, sem ekki er notað aftur við skolon svarfs, er fleytt um yfirfall úr dælukari borsins í svarfþróna. Í henni botnfellur svarf, borleðja, þegar hún er notuð og steypuefja sem berst frá holunni í lok steypingar. Vatnið fer um yfirfall úr svarfþrónni og er leitt í náttúrulegan vatnsfarveg eða læk. Búast má við að yfirfallsvatnið litist af fíngerðum jarðefnum þegar borað er í gegnum ákveðin jarðlög. Þegar boruð var rannsóknarhola á Ölkelduhálsi fyrir Orkuveitu Reykjavíkur var sérstaklega fylgst með þessum þætti og áhrifum hans á lífríkið í Ölfusvatnsá. Ekki varð vart við skaðleg áhrif í ánni. Heildarmagn borsvarfs er áætlað um 150 m³ fyrir hverja holu. Að borun lokinni verður svarfþró tæmd og borsvarfið urðað. Gert er ráð fyrir að urða borsvarfið í efnisnámu suðvestan við Grænagilsöxl eins og gert hefur verið undanfarin ár.

Fóðringar

Prenns konar fóðringar eru notaðar í háhitaholur. Efst og grynnt þeirra er yfirborðsfóðring, sem nær niður á 60-90 m dýpi. Hún er steipt föst áður en aðalborun hefst. Þegar borað hefur verið niður á um 400 m dýpi, er öryggisfóðringu komið fyrir og hún steipt föst. Eftir frekari borun niður á um 1100 m dýpi er vinnslufóðringu komið fyrir og hún er einnig steipt föst.

Þegar borað hefur verið í endanlegt dýpi (u.þ.b. 2000 m), er raufaður stálleiðari hengdur neðst í vinnslufóðringuna og nær hann niður að botni holunnar. Þetta er gert til þess að holan falli ekki saman þegar hún byrjar að blása og jafnframt til að hindra grjóttflug upp úr holunni meðan á blæstri stendur. Þegar leiðaranum hefur verið komið fyrir í holunni er borinn fluttur af staðnum. Gert er ráð fyrir að samtals taki um 50 daga að bora hverja holu. Að því loknu er komið fyrir blástursbúnaði á holuna. Er þar um að ræða hljóðdeyfi til að taka við gufu og vatni meðan holan blæs. Jafnframt verður sett yfir holuna hús til að verja holutopp og búnað fyrir veðri og jafnframt hindra að fólk fari sér að voða við holuna. Á mynd 6 er sýnt hvernig holur við Kröflu líta út á þessu stigi framkvæmdar.

Upphleyping og blástur

Fyrst eftir borun er holan látin hitna þar til áhrif kælingar við borun eru að mestu horfin. Á meðan er holan lokuð og umhverfisáhrif engin. Upphleyping holunnar getur verið með ýmsu móti, allt eftir eiginleikum hennar. Holan er látin blása í 4-6 mánuði á meðan vinnslueiginleikar hennar eru kannaðir. Leitast verður við að láta holur blása utan ferðamannatíma.

Affallsvatn

Meðan á blæstri borholu stendur fer blanda af gufu og vatni í hljóðdeyfi. Gufan fer til lofts en vatninu er veitt um fráveitulagnir í gil eða læk í nágrenni borstæðisins. Búist er við litlu sem engu vatni frá holunum þar sem vermi vökvans er álitnið verða hátt. Um áhrif affallsvatns er fjallað í kafla 9.

Frágangur og eftirlit

Reglulegt eftirlit verður haft með holunum og holubúnaði. Að lokinni borun, upphleypingu og blæstri er borholan tekin í notkun og tengd með safnæð við gufuveitu virkjunarinnar. Allt efni og búnaður sem ekki tengist nýtingu holunnar verður hreinsaður af staðnum, svarfþró tæmd og efni þaðan fjarlæggt. Borstæðið verður lagfært þannig að það falli sem best að umhverfinu.

2.3.3. Stækkun gufuveitu

Safnæðar

Ein safnæð mun liggja frá hverri borholu að safnæðastofni, sem leiðir jarðhitavökvann til skiljustöðvar. Ef fleiri en ein hola er á sama borsvæði næst nokkur sparnaður í safnæðum á viðkomandi borsvæði. Ekki þarf að stækka eða breyta safnæðastofni frá borsvæðinu við Víti, en þegar boraðar verða vinnsluholur á borsvæðinu í Vítismó þarf að leggja stofnæð safnæða frá

holu 24 að því borsvæði (Mynd 4). Á sama stað lá eldri safnæð upp á Vítismó, en hún hefur að hluta til verið fjarlægð.

Gufuskiljur

Gert er ráð fyrir að bæta við tveimur gufuskiljum til að skiljustöð anni 40 MW stækkun, þannig að eftir stækkun verði fjórar háþrýstigufuskiljur í skiljustöðinni. Önnur þessara skilja verður sett upp og tekin í notkun sumarið 2001. Er það gert til að tryggja gæði gufu fyrir núverandi 60 MW_e stöð.



Mynd 6. Frágangur borholu við Kröflu

Tenging gufuskilja við safnæðar og aðveituæðar verður þannig að skiljurnar vinna saman sem ein heild. Skiljuvatn frá nýrri háþrýstiskilju verður leitt að lágþrýstiskiljum, sem fyrir eru í skiljustöð. Frá lágþrýstiskiljum er skiljuvatni veitt í gufuháf og í frárennsli. Skiljuvatnsstreymið er nú um 125 kg/s og eykst aðeins um u.þ.b. 3 kg/s til að byrja með vegna stækkunarinnar. Gert er ráð fyrir að á næstu 30 árum muni skiljuvatn vegna stækkunarinnar aukast í um 200 kg/s. Þetta skiljuvatn verður nýtt á lágþrýstiskiljum í stað jarðhitavökva frá lágþrýstiholum. Við það dregur úr losun skiljuvatns eldri hluta virkjunarinnar sem nemur um 70 kg/s. Gufan sem skilin er frá skiljuvatninu í gufuskiljunum fer ýmist um aðveituæðar að stöðvarhúsi eða að lokahúsi þar sem umframgufu er hleypt í gegnum stjórnloka til lofts um gufuháf. Um áhrif skiljuvatns er fjallað í kafla 9.

Aðveita

Leggja þarf nýja aðveituæð frá skiljustöð að stöðvarhúsi fyrir nýja vélasamstæðu. Gert er ráð fyrir að hún verði lögð við hlið aðveituæðanna þriggja, sem fyrir eru. Nauðsynlegt er að nýja aðveituæðin sé með þvermál 900 mm en ekki 700 mm eins og þær sem fyrir eru, til þess að þrýstifall í lögninni verði hæfilegt og meðburður, sem ekki hreinsast úr gufu í gufuskilju, hreinsast úr gufunni í aðveituæðinni. Gert er ráð fyrir að bætt verði við tveimur rakaskiljum fyrir aðveituæðina.

2.3.4. Stækkun rafstöðvar

Stöðvarhús og þjónustubygging

Gert er ráð fyrir að byggja við núverandi stöðvarhús í norður (mynd 3). Nýbyggingin þarf að vera jafnbreið núverandi stöðvarhúsi, 21 m og um 60 m löng. Gert er ráð fyrir að byggingin verði einangrað stálgrindahús, en í syðsta hluta þess verði steypur þjónustuhluti á tveimur hæðum.

Í vélasalnum er gert ráð fyrir hreyfanlegum krana til að hífa vélbúnað vegna viðhalds og viðgerða. Vinnusvæði verður við enda vélasamstæðu og eru dyr á vélasalnum við vinnusvæðið. Í steypa þjónustuhlutanum syðst í rafstöðinni verður stjórnþúnaður og stjórnherbergi,

rafgeymar fyrir stjórnbúnað og geymsla fyrir rafeindabúnað. Aðstaða fyrir starfsmenn verður sameiginleg með eldra stöðvarhúsi.

Hverfilsamstæða

Fyrirkomulag nýrrar vélasamstæðu verður sambærilegt því sem er í nýreistum raforkuverum á Nesjavöllum og í Svartsengi. Hverfli verður ekki komið fyrir ofan á eimsvala eins og í núverandi stöð við Kröflu heldur munu hverfill og eimsvali standa hlið við hlið á gólfi vélasalar. Gert er ráð fyrir að varmaskipti í eimsvala séu óbein. Gufan streymir utanum rörin og kælivatn streymir inn í þeim án þess að gufa og vatn blandist. Valinn er óbeinn eimsvali frekar en beinn, einkum til þess að koma í veg fyrir að jarðhitalofteggundir komast í kælivatnið.

Kæliturn og kælikerfi

Nýr kæliturn verður reistur norðan núverandi kæliturna. Turninn verður heldur lægri en eldri turnar eða 13,8 m í stað 19,3 m. Á mynd 3 má sjá hvar áætlað er að nýr kæliturn muni rísa.

Gert er ráð fyrir að nota þéttivatn frá eimsvala til að bæta upp vatnið, sem hverfur úr hringrásinni. Umframvatni er hleypt úr þrónni og tryggir það að styrkur uppleystra efna í kælivatni eykst ekki. Vatni til kælingar og neyslu er safnað í Sandabotnum austan Sandabotnafjalls og er veitt um lagnir til Kröflustöðvar. Ekki er gert ráð fyrir að auka þurfi ferskvatnsöflun Kröflustöðvar vegna þessarar stækkunar virkjunarinnar.

2.3.5. Stækkun tengivirkis

Núverandi tengivirki Kröflustöðvar verður stækkað til að taka við orku frá þriðju vélinni. Gert verður ráð fyrir að hægt verði að útbúa tvo nýja línuútganga eða innganga frá stöðinni síðar. Er þar hugsað fyrir því að orka frá annarri virkjun við Kröflu eða í Bjarnarflagi verði flutt í stöðina og þaðan um nýja háspennulínu.

2.3.6. Tengdar framkvæmdir

Eins og áður hefur komið fram er fyrirhugað að stækka stöðvarhús til norðurs, annað hvort með lengingu núverandi stöðvarhúss eða með nýrri sjálfstæðri byggingu. Vegna þessa verður skemma sem hýsir verkstæði og varahlutalager fyrir. Reiknað er með því að flytja þurfi þessa skemmu norðar en hún er nú.

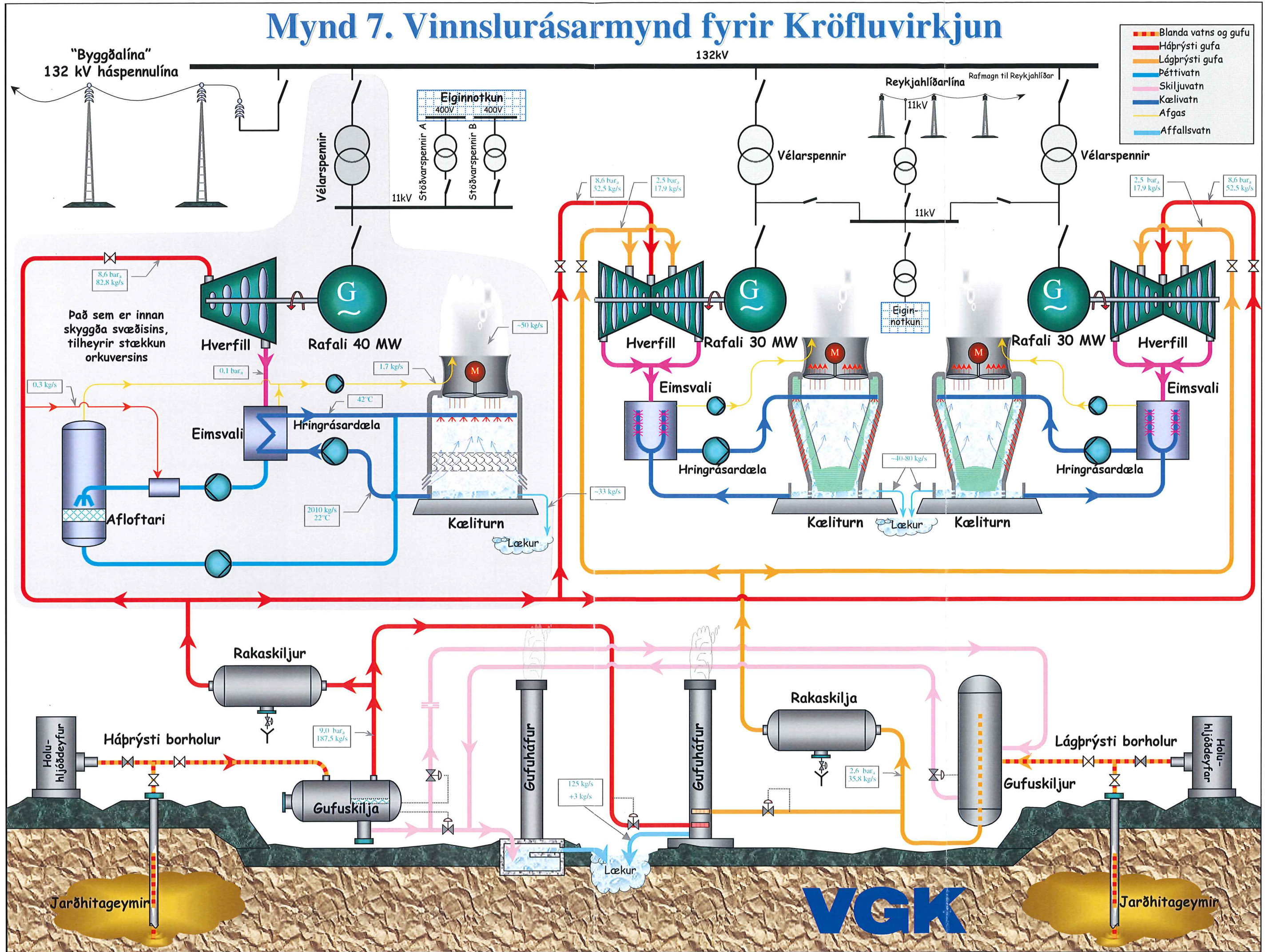
Rakaskiljuhús, sem nú er norðaustan stöðvarhúss mun verða mjög nálægt nýbyggingu stöðvarhúss og er gert ráð fyrir að færa þurfi það fjær stöðvarhúsinu til að svigrúm verði fyrir akstursleið milli rakaskiljuhúss og stöðvarhúss.

Einn valkostur við sölu raforku frá stækkun Kröfluvirkjunar er til 2. áfanga fyrirhugaðs álvers í Reyðarfirði. Ef til þess kæmi þyrfti að byggja 220 kV háspennulínu frá Kröflusvæðinu að virkjun í Fljótsdal.

2.4. Vinnslurás og búnaður virkjunarinnar

Vinnslurás Kröfluvirkjunar má sjá á mynd 7. Vinnslurás nýrrar vélasamstæðu er að nokkru frábrugðin vinnslurás núverandi virkjunar. Í aðalatriðum er munurinn sá að gert er ráð fyrir að ný vélasamstæða noti eingöngu háþrýstigufu og að notaður verði óbeinn eimsvali. Gufuveita verður sameiginleg með eldri vélasamstæðum.

Mynd 7. Vinnslurásarmynd fyrir Kröfluvirkjun



2.4.1. Borholur

Vinnslueiginleikar borhola í Kröflu eru mjög breytilegir eftir borsvæðum og getur verið mikill munur á holunum þó ekki sé langt á milli þeirra. Til aðgreiningar eru holurnar flokkaðar eftir staðsetningu og vinnslueiginleikum í þrjú borsvæði. Þau eru Leirbotnar, Kröfluhlíðar og Hvíthólar.

Leirbotnasvæðið er svæðið vestan Hveragils og Vítis, en til þess telst einnig Vítismóssvæðið. Það nær frá holu 6 í suðri og að holu 25 í norðri. Vestasta holan á svæðinu er 26 og austustu holurnar eru 12 og 15. Jarðhitakerfið á svæðinu er tvískipt. Hiti í efstu 1.000-1.200 metrunum fylgir ekki suðumarksferli heldur er hitinn á bilinu 180-220°C. Þar fyrir neðan hækkar hitinn hratt og mælist hærrí en 300°C og fylgir suðumarksferli.

Gufu úr holum, sem vinna eingöngu úr efra kerfi vegna lágs toppþrýstings, er ekki hægt að nýta nema inn á lágþrýstiveitu. Vatnsrennsli úr holunum er mikið og kemur bróðurparturinn af frárennsli Kröflustöðvar, um 125 kg/s, úr þessum holum en gasstyrkur í gufu úr þeim er lítill.

Þegar eldsumbrot hófust við Leirhnjúk árið 1975 varð skyndileg gasaukning í gufu úr djúpum holum á Leirbotna- og Vítismóssvæðinu. Borholuvökvinn varð einnig tærandi og borholurnar stífluðust af járn-kísilútfellingum að því er talið var vegna innstreymis kvikugastegunda í jarðhitakerfið. Gasstyrkurinn var mjög mikill meðan á umbrotunum stóð en hefur minnkað á síðustu 15 árum, sérstaklega í holum 11 og 15.

Talið er að gossprungur sem tengjast Hveragili og Víti skilji jarðhitakerfið í Leirbotnum frá kerfunum í suður- og vesturhlíðum Kröflu. Borholur í suður- og vesturhlíðum Kröflu eru hávermisholur með miklum gasstyrk í gufu. Fljótlega eftir að fyrsta holan, hola 14, var boruð í Suðurhlíðum árið 1981, jókst gasstyrkur í gufunni og hefur hann mælst mikill í Suðurhlíðaholum eftir það. Holurnar í Kröfluhlíðum eru nær þurrar og gefa því nánast eingöngu háþrýstigufu. Þar eru aflmestu holurnar og gefur nýjasta holan um 40 kg/s af háþrýstigufu. Gert er ráð fyrir að nýjar vinnsluholur verði boraðar á þessu svæði.

Ein hola er nýtt á Hvíthólasvæði þ.e. 21. Holan vinnur úr gufupúða á 600 metra dýpi en einnig streymir vatn inn í holuna úr dýpri æðum. Vermi holunnar hefur sveiflast milli ára en gasstyrkur haldist stöðugur. Um 20 kg/s af háþrýstigufu eru unnin úr svæðinu.

2.4.2. Gufuveita

Gufuveita safnar borholuvökvanum og flytur hann í skiljustöð, þar sem vatn og gufa eru skilin frá hvort öðru.

Gufuveitan er tvískipt þ.e. annars vegar lágþrýstiveita, sem safnar gufu frá borholum sem vinna úr efra kerfinu í Leirbotnum, og hins vegar háþrýstiveita, sem safnar gufu frá öðrum borholum. Gert er ráð fyrir því að nýjar vinnsluholur verði allar tengdar við háþrýstiveitu. Gufuþrýstingi er stýrt í skiljustöðinni. Umframgufu er hleypt út um 20 m háan gufuháf. Stjórnlokar stýra gufustreyminu til háfsins og eru þeir staðsettir í lokahúsi við hlið skiljustöðvar. Skiljuvatn frá háþrýstiskiljum fer inná lágþrýstiskiljum, en frá lágþrýstiskiljum er skiljuvatni veitt í hljóðdeyfi með 20 m háum gufuháfi og þaðan til frárennslis. Frárennsli skiljuvatns er nú um 125 kg/s. Eftir stækkun virkjunarinnar er gert ráð fyrir að skiljuvatn aukist um 3 kg/s í fyrstu og að í lok 30 ára spátímabils fyrir virkjunina verði það um 260 kg/s.

Gufan verður leidd um fjórar aðveituæðar að hverflum. Rakaskiljur eru í aðveituæðum til að fjarlægja síðustu leifar vatns úr gufunni og til öryggis ef vatn kæmist af slysi í aðveituæðar frá skiljum í skiljustöð.

2.4.3. Vélasamstæða

Gufan streymir frá rakaskiljum inná gufuhverflana þrjá um stopploka og stjórnloka á hverri vél. Hverflarnir eru eimsvalahverflar og tveir eldri eru af Mitsubishi gerð með um 30 MW_e afkastagetu hvor. Gert er ráð fyrir að afkastageta nýja hverfilsins verði um 40 MW_e. Gufu-notkun nýja hverfilsins er um 83 kg/s við inntaksþrýsting 8,6 bar_a og eimsvalaþrýstinginn 0,1 bar_a. Eldri hverflar nota hvor um sig um 53 kg/s af háþrýstigufu og um 18 kg/s af lágþrýstigufu með inntaksþrýstingi 2,5 bar_a. Í eldri vélasamstæðum er eimsvali beint undir hverflum og kælivatni er úðað yfir gufuna, sem þéttist og blandast kælivatninu. Óþéttanlegar lofttegundir eru sogaðar frá eimsvala með lofttæmidælum eða gufuþeysum.

Gufan frá nýja hverflinum er leidd til eimsvalans, sem stendur við hlið hverfilsins og er röravarmaskiptir. Í eimsvalanum er gufan þétt með kælivatni frá kæliturni án beinnar snertingar milli gufu og kælivatns. Þéttivatn er afloftað og blandað út í kælivatn. Óþéttanlegar gastegundir eru fjarlægðar úr eimsvalanum og afloftaranum með lofttæmidælum og veitt í loftstraum frá kæliturnum. Óþéttanlegt gas er um 1,5-2 % af gufumagninu.

2.4.4. Kælikerfi og kæliturn

Eldri kæliturnar eru af þverstreymisgerð. Vatninu er úðað yfir fyllingu og safnað í þró. Loft til kælingar er dregið inn um hliðar turnsins. Hluti kælivatnsins gufar upp og mettar loftið frá kæliturnunum. Magn þess vatns sem gufar upp fer eftir hita og rakastigi loftsins. Um 30 kg/s af nýju kælivatni er veitt í kælikerfið frá vatnsveitu Kröfluvirkjunar. Frá kæliturnunum fara nú um 40-80 kg/s af vatni í Hlíðardalslæk.

Gert er ráð fyrir að nýr kæliturn verði af mótstreymisgerð. Vatni er úðað yfir fyllingu og undir henni er steyp þró, sem vatninu er safnað í. Loftið er dregið í gegnum op neðarlega á hliðum turnsins, upp í gegnum fyllinguna og blásið uppúr turninum með rafdrifnum víftum. Frá nýja kæliturninum verður því vatni sem umfram er veitt í lækinn, um 33 kg/s að jafnaði. Um áhrif kælivatns er fjallað í kafla 9.

2.4.5. Byggingar

Öll helstu tæki virkjunarinnar eru innan dyra vegna veðurfarsins við Kröflu. Stærð nýs stöðvarhúss verður um 1.220 m² eða 18.300 m³. Aðrar nýjar byggingar vegna virkjunarinnar verða um 900 m² að flatarmáli eða um 10.000 m³ að rúmmáli. Grunnflötur stöðvarhússins er um 464 m yfir sjó. Stöðvarhúsið er byggt á hrauni. Laus jarðlög voru fjarlægð og byggingarnar byggðar á þjappaðri fyllingu. Eldra stöðvarhús er byggt úr steinsteypu, klætt að utan með áli. Gert er ráð fyrir að nýja stöðvarhúsið verði stálgrindarhús, en sá hluti þess sem hýsir raf- og stjórnbúnað verði byggður úr steinsteypu til að ná meiri þéttleika.

2.4.6. Flutningur orkunnar til viðskiptavina

Raforka frá Kröflustöð er flutt til Akureyrar um Kröflulínu 1 og til Fljótsdals um Kröflulínu 2. Spennan á þessum línunum er 132 kV. Flutningsgeta þeirra er næg fyrir fyrirhugaða stækkun virkjunarinnar.

2.5. Tímaáætlun framkvæmda

Miðað við að ákvörðun um virkjun verði tekin í upphafi árs þá má taka virkjunina í notkun í september á þriðja ári framkvæmda.

Gert er ráð fyrir að helstu verkþættir verði boðnir út um vorið og sumarið á fyrsta ári framkvæmdanna. Gert er ráð fyrir að viðbótarholur verði boraðar fyrsta sumarið, jarðvinna vegna byggingaframkvæmda hefjist um mitt fyrsta sumarið og að lokið verði við byggingar um ári síðar. Reiknað er með að samið verði við verktaka vél- og rafbúnaðar við lok fyrsta árs framkvæmda. Uppsetning búnaðarins muni hefjast um mitt annað ár og verði lokið um ári

síðar. Þá hefst gangsetning og prófanir og er gert ráð fyrir að vélin verði komin í rekstur um 33 mánuðum eftir að ákvörðun var tekin um virkjunina.

Tafla 2.1. Tímaáætlun fyrir stækkun Kröfluvirkjunar

Nr	Verkefni	1												2												3												
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Ákvörðun um virkjun	■																																				
2	Undirbúningur																																					
3	Borholur																																					
4	Vél- og rafbúnaður																																					
5	Byggingar																																					
6	Öflun tilboða																																					
7	Borholur																																					
8	Vél- og rafbúnaður																																					
9	Byggingar																																					
10	Framkvæmdir																																					
11	Borholur																																					
12	Vél- og rafbúnaður, forsmíði																																					
13	Vél- og rafbúnaður, uppsetning																																					
14	Byggingar																																					
15	Gangsetning og prófanir																																					
16	Frágangur umhverfis																																					

3. STAÐHÆTTIR

3.1. Inngangur

Í eftirfarandi köflum er fjallað um staðhætti á Kröflusvæðinu. Þessir kaflar byggjast að miklu leyti á lýsingum í fjölríti Náttúruverndarráðs [Náttúruverndarráð 1987] og skrifum Kristjáns Sæmundssonar, Orkustofnun [Kristján Sæmundsson 1991].

3.2. Landslag

Þegar farið er að Kröflu frá Reykjahlíð, er ekið yfir Námafjall um Námaskarð og beygt af þjóðvegi 1 inn Hlíðardal upp með Dalfjalli.

Dalfjall er móbergshryggur í framhaldi af Námafjalli. Nokkrar stuttar gígaraðir eru á hryggnum og hafa hraun runnið frá þeim niður bratta hlíðina að austan. Austurhlíð fjallsins er víða vaxin birkikjarri og blómgresi. Í henni er sérkennileg misgengissprunga, er kallast Grunniskurður, og hefur hraun runnið eftir honum og myndað þar hella. Þegar kemur inn Hlíðardal er á hægri hönd Halaskógafjall, en Hlíðardalslækur rennur niður dalinn miðjan.

Innarlega á Hlíðardal er farið upp að Hvíthólum, þar sem sjá má yfirborðsmerki um jarðhita. Þar er komið að fyrstu vinnsluholum Kröfluvirkjunar. Þar fyrir innan eru Leirbotnar. Í Leirbotnum voru boraðar holur fyrir Kröfluvirkjun fyrstu árin og þar voru skiljustöð, stöðvarhús og vinnubúðir reistar. Vestan við stöðvarhús Kröfluvirkjunar, sem er í um 460 m hæð yfir sjó, eru Þríhyrningar og norðan þess er farið uppúr Leirbotnunum uppá Vítismó. Austan stöðvarinnar er Sandabotnafjall með Grænagilsöxl næst, en norðan Grænagils er Krafla.

Krafla, sem er hæsta fjallið á svæðinu 827 m y.s., er í rauninni aðeins stuttur móbergshryggur sem hefur hlotið frægð sína af nálægðinni við mestu eldstöðina á þessum slóðum, öskjuna sem við hana er kennd. Vestan undir Kröflu eru margir sprengigíggar af ýmsum aldri og tjarnir í sumum þeirra.

Hinn alkunni sprengigígur Víti eða Stóra-Víti við Kröflu varð til í upphafi Mývatnselda þann 17. maí 1724. Víti er gríðarmikil gígskál sem í er stöðuvatni (mynd 16). Þvermál gígsins að ofan er um 320 m. Hæð gígveggjanna er um 100 m að austan, en um 50 m að vestan, miðað við gígbotninn undir vatninu, en það er um 33 m djúpt. Móbergsklettur og gjóskulög eru allt umhverfis gíginn en gjóskuna hefur lagt í suður. Smærri gíggar eru norðan og suðaustan við Víti. Í einum þessara gíga (Litla-Víti?) var bullandi leirhver í meira en öld eftir gosið. Hveragil er gil eitt mikið suðaustan af Vítisgígnum (mynd 9) og hefur líklega orðið til á svipaðan hátt þ.e. við sprengigos, en hugsanlega eitthvað fyrir en Víti og vatn síðan grafið sig fram úr því. Ofan til í gilinu virðist vera dálítið framhlaup. Í gilinu er mikill jarðhiti og nokkrir leir- og gufuhverir eru í botni þess og hlíðum. Telja sumir að þar sé hið upprunalega Litla-Víti. Þar er mikið litaskrúð af útfellingum á brennisteinssamböndum og jarðhitaummyndun bergsins. Um gilið fellur volgur smálækur, sem sameinast öðrum lækjum og affallsvatni frá Kröfluvirkjun og mynda Hlíðardalslæk. Í Leirbotnum, í hlíðum Kröflu og í Hveragili er mikill leir og jarðvegur laus. Gróður á þarna erfitt uppdráttar vegna foks og þurrka.

Leirhnjúkur er aflangt móbergfell, skammt vestur af Víti. Í austurhlíð hans er allmikið jarðhitasvæði og nokkrir leirhverir sem færðust í aukana þegar umbrot hófust þar 1975. Í Mývatnseldum er sagt að hnjúkurinn hafi klofnað að endilöngu og hefur hraun fossað úr gígaröð niður vesturhlíðina. Í nýlegum umbrotum hefur norðurhluti hnjúksins sprungið upp og stór leirpyttur myndaðist syðst í honum. Norður frá Leirhnjúk gengur slitrótt hraungígaröð allt norður um Sandmúla.

Hrafninnuhryggur er á austurmörkum svæðisins. Þetta er um 3 km langur og fremur mjór og brattur hryggur, sem rís allt að 100 m yfir fjallsflötinni umhverfis (Sandabotnafjall) og stefnir norður-suður. Hefur hann trúlega myndast við gos undir jökli. Í hryggnum er líparít og hefur það myndað hrafninnu víða ofan til á hryggnum. Liggur hún þar víða í allstórum steinum eða klettum og brot af henni um allar skriður.

3.3. Jarðfræði

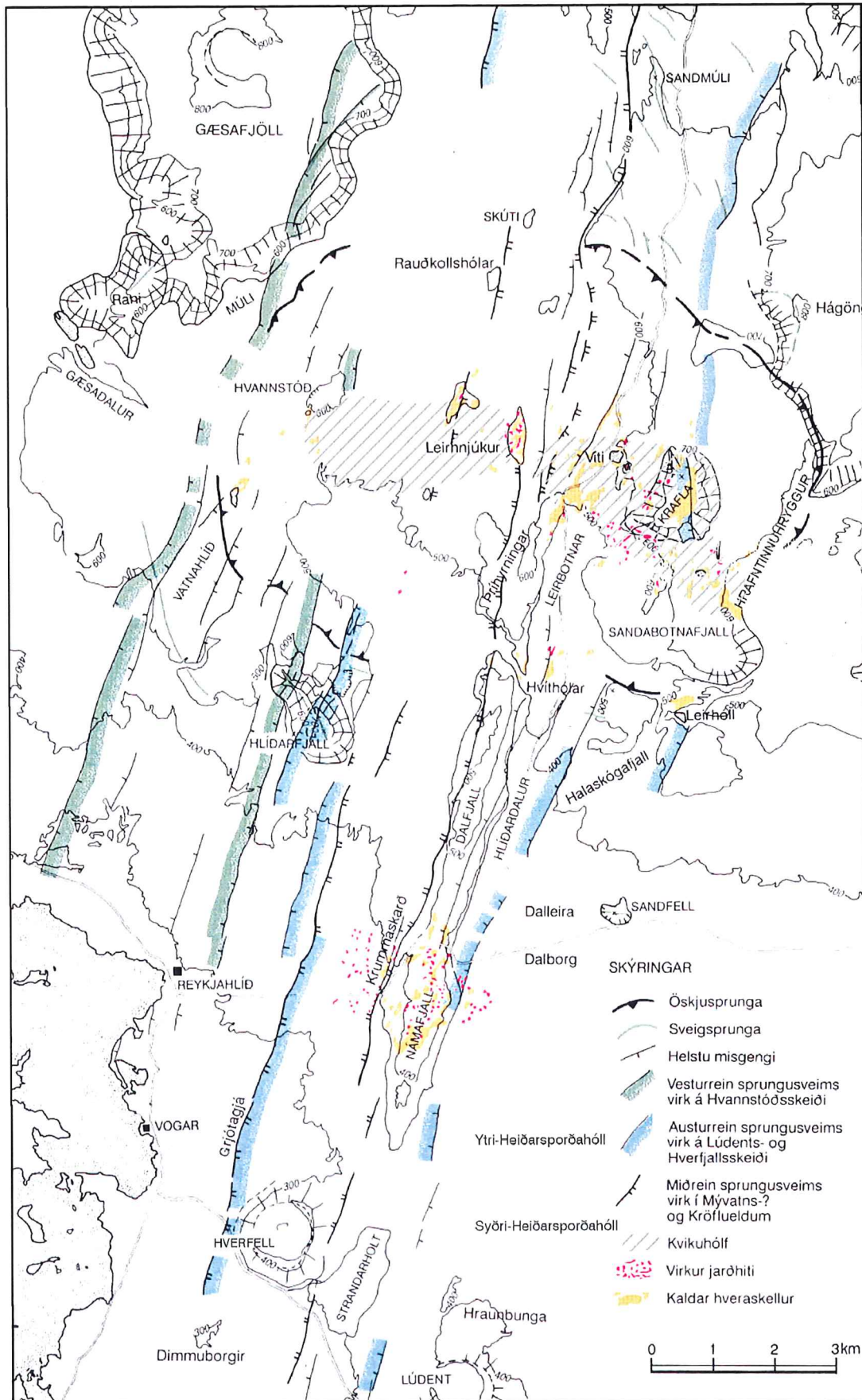
Á Kröflusvæðinu eru yfirborðsmerki um jarðhita svo til eingöngu að finna innan öskjunnar. Askjan myndaðist fyrir um 100.000 árum og hefur síðan klofnað frá norðri til suðurs í tvo nokkurn veginn jafna helminga. Milli helminganna hefur myndast um 2 km breiður íauki yfir öskjuna miðja frá því hún varð til. Berglög í öskjunni eru aðallega hraun, grágrýti og móberg frá síðasta jökulskeiði og nútíma sem fylla hana sums staðar upp á barma. Þessar myndanir eru allar úr basalti. Á sama tíma hefur þó einnig komið upp ísúr og súr kvika, aðallega austan megin í öskjunni. Jarðhitavinnslan hefur til þessa öll verið í eystri helmingi öskjunnar. Vestustu borholurnar eru nærri virkustu spildunni og jaðrinum á íauka síðustu 100.000 ára.

Sprungusveimurinn sem liggur langsum eftir Kröflukerfinu er tvískiptur í öskjunni og suður þaðan (mynd 8). Skilin á milli eru skammt vestan við Leirhnjúk. Eld- og sprunguvirkni hefur í tímans rás færst á milli sprungusveimanna tveggja, en miklu minni eldvirkni er í þeim vestari. Eystri sveimurinn hefur verið virkur síðustu 3000 árin. Þar á undan var sá vestari virkur í um það bil 5.000 ár, en á því tímabili gaus aðeins einu sinni á Kröflusvæðinu (Hvannstóð) [Kristján Sæmundsson 1991]. Aðal jarðhitasvæðið er í eystri sprungusveimnum, austanvert í öskjunni og liggur frá NV til SA. Það er um 10 km² að stærð á yfirborði. Jarðhitinn er mestur vestan og sunnan undir Kröflu og í Leirhnjúk. Annað hitasvæði er í kringum Hvíthóla við suðurjaðar öskjunnar. Kulnaðar hveraskellur eru auk þess við Leirhól, við suðausturjaðar öskjunnar. Einu jarðhitamerkin í vestari sveimnum eru kulnaðar hveraskellur og hverasprengigíggar milli Hvannstóðs og Krókóttuvatna. Í Kröflueldum spruttu víða upp innan öskjunnar gufusvæði og hverir á sprungureininni sem þá var virkust.

Jarðskjálftamælingar hafa sýnt að undir Kröfluöskjunni eru kvikuhólf á 3-7 km dýpi [Einarsson, P., 1978]. Einhvers konar mitti skilur á milli kvikuhólfanna við Leirhnjúk þar undir sem sprunguvirknin er hvað mest. Jarðhiti er yfir öllu eystra kvikuhólfinu og teygir sig yfir á það vestra þar sem eru Leirhnjúkarnir. Síðustu líparítgosin á Kröflusvæðinu (Hrafninnuhryggur, Hveragil, Víti) eru tengd eystra kvikuhólfinu. Kvikuhólfinn og þó fremur innkot og gangar ofan þeirra (um 80% jarðlaga neðan 1200 m) virka sem varmagjafi jarðhitakerfisins við Kröflu. Mörg dæmi eru um hliðstæður í rofnum megineldstöðvum.

Hverasprengigíggar eru margir og stórir vestan við Kröflu. Þeir elstu eru frá því seint á ísöld, en þeir yngstu mynduðust í Mývatnseldum á 18. öld. Gíggar þessir hafa í byrjun gosið kviku en jarðhitavökvi komist að gosrásunum og orðið af feiknaöflug gufugos. Víti, einn af gíggunum, er um 320 m í þvermál (mynd 16). Gera má ráð fyrir að gos sem þessi gangi mjög á jarðhitavökvann ofan til í þeim kerfum sem fyrir þessu verða.

Jarðfræðikort af Kröflusvæðinu liggur fyrir í handriti og unnið er að tölvuteikningu þess í mælikvarða 1:20.000. Kortlagningin var gerð aðallega á 9. áratugnum, en einu og öðru smávægilegu bætt við eftir það. Jarðfræðilýsing á Kröflusvæðinu er í Mývatnsbók Hins íslenska Náttúrufræðifélags sem var gefin út 1991 [Kristján Sæmundsson 1991]. Gagnleg viðbót síðan þá eru aldursgreiningar á berglögum á Kröflusvæðinu, sem er um það bil að ljúka. Aldursgreiningarnar ná frá hinum elstu, sem áætluð voru rúmlega 200.000 ára, til ungra myndana frá seinni hluta síðasta jökulskeiðs sem áætlaðar voru um 20.000 ára. Samkvæmt aldursgreiningunum sem fyrir liggja reyndist áætlaði aldurinn nærri lagi.



Mynd 8. Brotakerfi Kröflueidstöðvarinnar (Orkustofnun)

Jarðhitakort af Kröflusvæðinu er einnig í vinnslu. Aðföngum til þess var að mestu safnað á sama tíma og gögnum í jarðfræðikortið. Viðbætur síðan þá voru einkum varðandi vatnafarið (uppsprettur og læki) svo og misgengi, gjár og gossprungur sem allt er sýnt á jarðhitakortinu.

Almennt er reiknað með að grunnvatnsstreymi í jarðhitageyminn komi úr norðri og austri, þ.e. frá Hágöngum [Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir 1980]. Í forðafræðilíkani Orkustofnunar af Kröflusvæðinu, sem fjallað er um hér á eftir, er gert ráð fyrir að jarðhitakerfið sé í suðu og þar sé því grunnvatnslægð sem vatn myndi leita að einkum úr norðri og austri, en afrennsli væri til suðurs. Forðafræðilegir reikningar byggja á þessari mynd og ekkert hefur komið fram sem mælir gegn því að hún sé rétt.

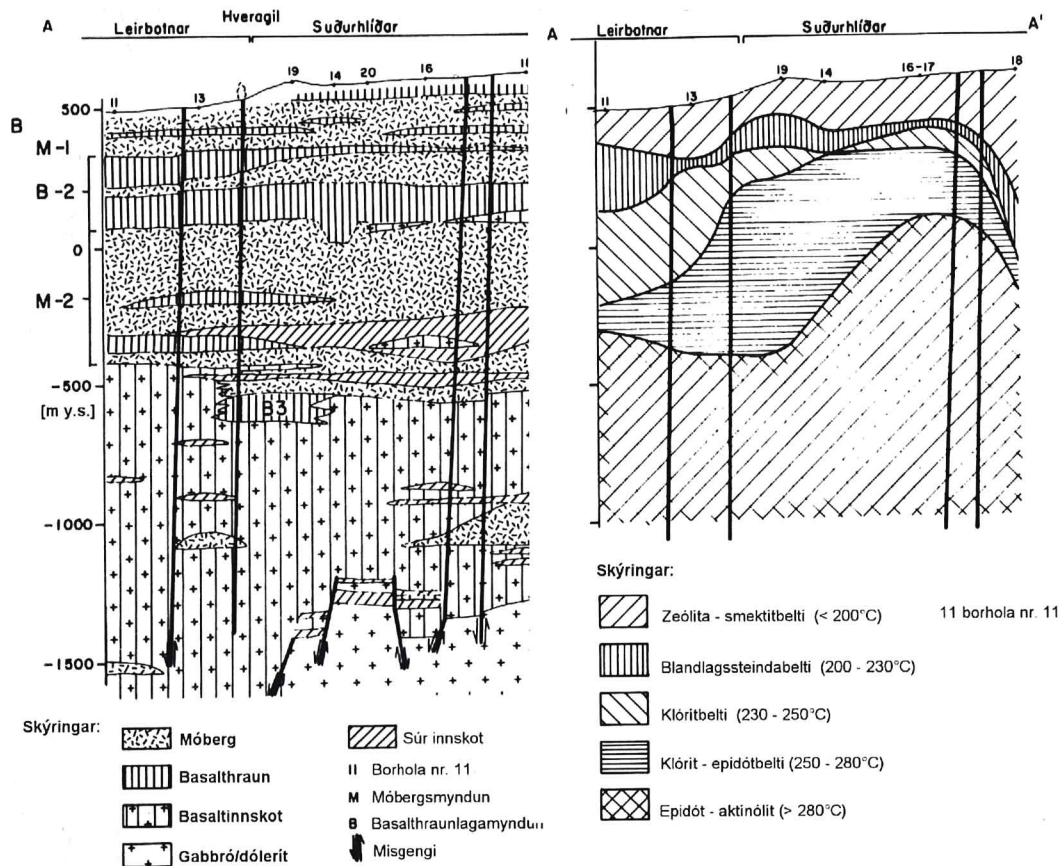


Mynd 9. Hveragil

Niðurstöður rannsókna á borsvarfi á Kröflusvæðinu sýna hvernig uppbygging jarðlaga og ummyndun í jarðhitakerfinu er í meginatriðum (mynd 10).

Í efstu 1.000 m eru áberandi tvær þykkar móbergsmýndanir. Komið er í móbergið í flestum holum strax neðan höggborsfóðringar á 40- 90 m dýpi og nær það niður á 150–200 m dýpi. Þar taka við basalhraunlög og ná niður á um 400 m. Frá 400 m niður á 800–1.000 m dýpi er neðri móbergsmýndunin í Leirbotna- og Vítissvæðinu. Þar neðan við taka við basalhraunlög á 800–1.000 m dýpi og er það breytilegt frá einum stað til annars. Í Suðurhlíðum er 100–300 m þykk innskotasyrpa af súru bergi við neðri mörk móbergins. Neðan 1.000 m dýpis eða þar um bil hafa innskot verið ráðandi bæði á Leirbotna og Suðurhlíðasvæðinu og verið 80–90% af staflanum. Í stefnuboruðu holunum sem liggja austan Hveragils og við Vítí hefur annað komið í ljós. Þar sést meira af upphleðslubergi.

Ummyndun í jarðhitakerfinu einkennist af háhitasteindum neðan 400–700 m dýpis. Allt bergið er mjög ummyndað í efri hlutanum og t.d. lítið um ferskt gler. Efst sjást zeólítar með kalsíti og kalsedón. Kvars sést fljótlega eða á 100–200 m dýpi. Leirinn raðast niður í nokkuð vel skilgreind ummyndunarbelti í samræmi við aukinn hita með dýpi. Í Leirbotnum hefur svæðið greinilega kólnað í efstu 800–1.400 m og sést það í ummyndun, þegar kalsít leggst utan á fyrirliggjandi ummyndunarsteindir (yfirprentun). Þegar hiti færast að suðumarksferli nálægt 1.000 m dýpi þá er kalsít orðið óstöðugt og er horfið að mestu. Neðan 1.000 m dýpis er háhitaummyndun einkennandi og eru einkennissteindir þar epidót, klórít, kvars, wollastónít, aktínólít, wairakít og prehnít. Þýrít er áberandi frá efstu lögum niður á 2 km dýpi.



Mynd 10. Þversnið jarðlaga og ummyndunarbelti frá holu 11 að 18 (Orkustofnun)

Sögu viðnámsmælinga á Kröflusvæðinu má rekja aftur til ársins 1970. Á árunum 1970 til 1977 voru gerðar all margar Schlumbergermælingar á Kröflusvæðinu og voru niðurstöður þeirra teknar saman í skýrslu árið 1978 [Ragna Karlsdóttir o.fl. 1978]. Dreifing mælinganna var nokkuð ójöfn vegna hrauna á yfirborði og erfiðs aðgengis og gáfu þær því einungis gróft yfirlit um jarðhitavirknina. Árið 1983 voru gerðar all ýtarlegar jafnstraumsmælingar (Schlumberger- og viðnámsmælingar) til könnunar á Hvíthólasvæðinu [Knútur Árnason o.fl. 1984].

Með tilkomu TEM-mælinga var þráðurinn tekinn upp að nýju og árin 1991 og 1993 voru gerðar 49 TEM-mælingar í austurhluta Kröfluöskjunnar. Árið 1996 voru niðurstöður allra viðnámsmælinga, sem gerðar höfðu verið í austurhluta Kröfluöskjunnar, teknar saman í skýrslu [Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir 1996]. Í þeirri samantekt kom fram mun skýrari mynd af háhitavirkninni í efsta kílómetranum í austurhluta öskjunnar en áður hafði sést, og mátti þar greina ýmis smáatriði sem tengja mátti við eldvirkni og innra ástand jarðhitakerfisins. Þrátt fyrir að TEM-mælingar nemi einungis viðnámsbreytingar niður á 800-1.000 m þá er komin góð reynsla á að túlka niðurstöður dýpra niður í jarðhitakerfið.

Árið 1999 var enn gert átak í viðnámsmælingum á Kröflusvæðinu, en þá voru gerðar 89 TEM-mælingar. Að þessu sinni var athyglinni einkum beint að vesturhluta öskjunnar, sem fram til þessa hafði verið lítið sem ekkert kortlagður með viðnámsmælingum, en einnig var mælinga-netið þétt nokkuð í austurhluta öskjunnar og stækkað til austurs. Úrvinnslu mælinganna er að mestu lokið og verða niðurstöður birtar í skýrslu fljótlega.

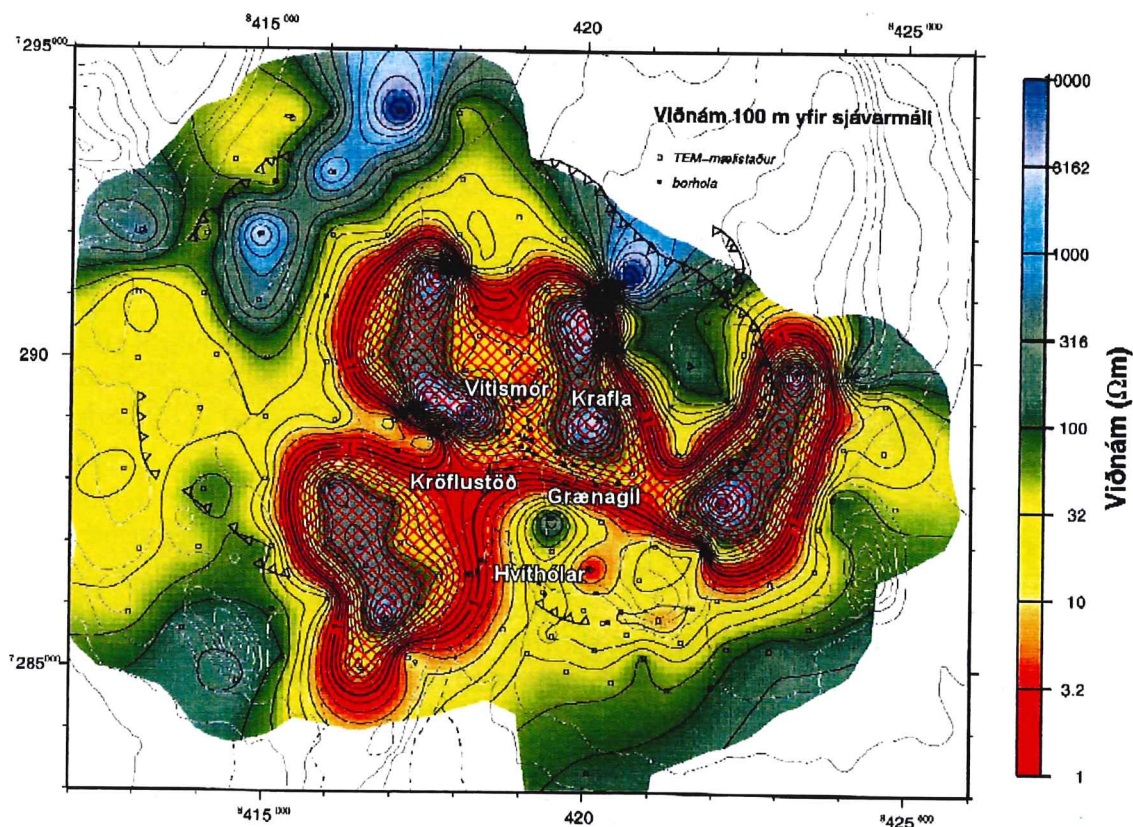
Meginniðurstöður viðnámsmælinganna eru dregnar saman á mynd 11, sem sýnir jafnvíðnámskort 100 m ofan sjávarmáls (um 400 m neðan yfirborðs). Á myndinni er sýnt, með rauðri skástrikun, svæði þar sem fram kemur hækkandi viðnám undir lágviðnámslagi (með viðnámi lægra en 10 Ωm). Samanburður á eðlisviðnámi jarðlaga og ríkjandi ummyndunarsteindum í

jarðhitakerfinu við Kröflu hefur sýnt að fram kemur hækkandi viðnám undir lágviðnámslagi þar sem ríkjandi ummyndun gefur til kynna hitabreytingar við 220-240°C. Rauðskástrikuð svæði eru því talin sýna hvar hiti er, eða hefur verið, hærri en 230°C.

Mynd 11 sýnir að á um 400 m dýpi koma fram þrjú meginviðnámsfrávik, sem á minna dýpi koma fram aðskilin. Það stærsta nær frá suðurhlíðum Kröflu, norður með vestanverðri Kröflu, rúmlega 1 km norður fyrir Víti, þaðan vestur fyrir Leirhnjúk, suður vestan við Leirhnjúk og þaðan til ASA í suðurhlíðar Kröflu. Núverandi vinnslusvæði Kröfluvirkjunar eru, að frátöldum Hvíthólum, í SA-hluta þessa viðnámsfráviks (borholur eru sýndar sem fylltir ferningar á myndunum). Annað útbreitt viðnámsfrávik er undir Dalfjalli og Leirhnjúkshrauni vestan við Hvíthóla og Hvíthóklif og teygir sig suður eftir Dalfjalli í átt til Bjarnarflags. Þriðja viðnámsfrávikkið kemur fram við austurjaðar öskjunnar og suður af Hágöngum.

Boranir og umfangsmikil yfirborðsvirkni sýna að viðnámsfrávikkið sunnan og vestan við Kröflu og við Leirhnjúk endurspeglar vinnanlegan háhitageymi. Borun holu 34 norðaustan Vítis sýndi að öflugur jarðhitageymir nær vel norður fyrir Kröflu, sem er í góðu samræmi við niðurstöður viðnámsmælinganna.

Niðurstöður viðnámsmælinga benda til þess að jarðhitasvæðið við Kröflu sé að minnsta kosti fimm sinnum stærra en núverandi vinnslusvæði. Þær benda einnig til þess að jarðhitakerfið við Kröflu skiptist að einhverju leyti í aðskilin kerfi og þar með að vinnsla á núverandi vinnslusvæði nýti einungis lítinn hluta heildarkerfisins.



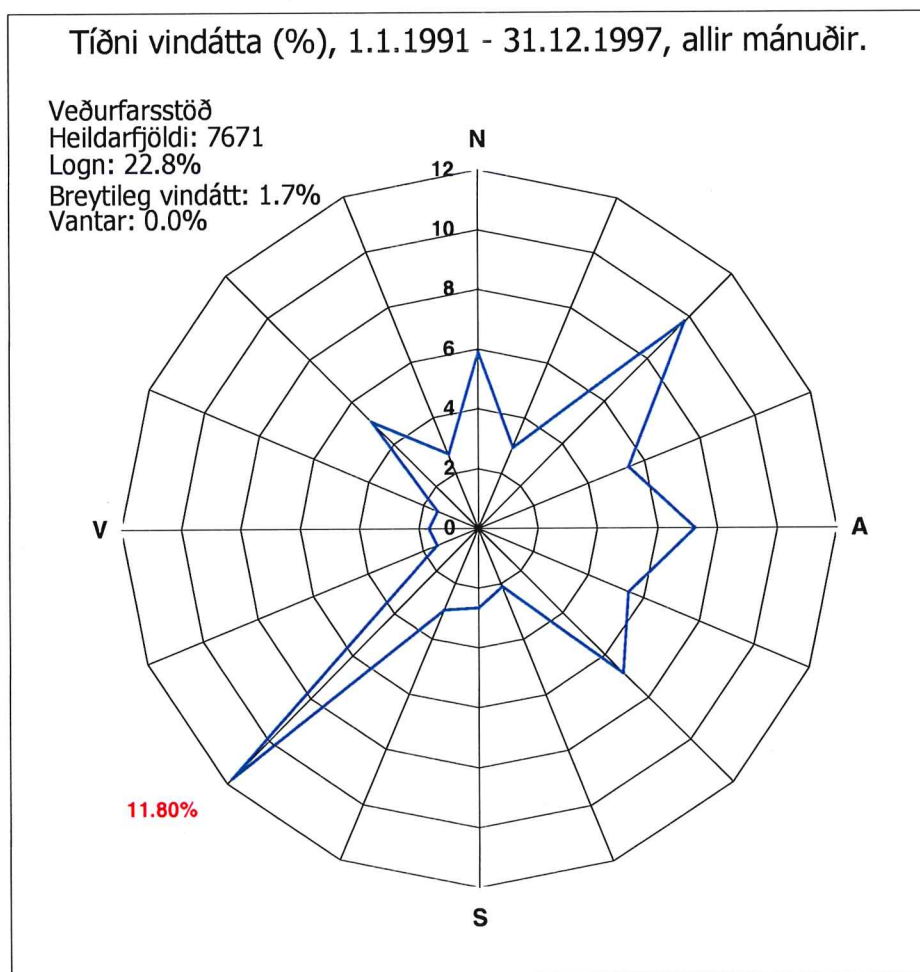
Mynd 11. Viðnám á Kröflusvæðinu 100 m yfir sjávarmáli (Orkustofnun)

3.4. Veðurfar

Reglubundnar veðurfarsmælingar hafa ekki farið fram við Kröflu. Hér verður vitnað til mælinga í Reykjahlíð sem er næsta veðurathugunarstöð í um 8 km fjarlægð og sjálfvirka veðurstöð í Syðri-Neslöndum á Neslandatanga í 11-12 km fjarlægð. Veðurathugunarstöðin í Reykjahlíð, sem hóf starfsemi 1936, er í um 285 m hæð yfir sjó. Sjálfvirka veðurstöðin á Neslandatanga komst í gagnið 1996. Hún er í 280 m hæð yfir sjó [Veðurstofa Íslands 2000a]. Kröflustöð er í um 460 m hæð yfir sjó og er veðurfar við Kröflu því að vonum talsvert harðara en í Reykjahlíð og á Neslandatanga.

Meðalhiti í Reykjahlíð er um 2,2°C, sem er talsvert lægri meðalhiti en t.d. í Reykjavík (5,0°C) eða Akureyri (3,2°C). Meðalúrkoma er aðeins um 395 mm á ári, mun minni en t.d. í Reykjavík (799 mm/ár) eða Akureyri (490 mm). Meðalvindhraði er nálægt 3,6 m/s, sem er minna en bæði meðalvindhraði á Akureyri (4,1 m/s) og í Reykjavík (5,9 m/s). Logn er einnig algengt í Reykjahlíð eða nálega í 23% mælinga. Mesti hiti sem mældur hefur verið í Mývatnssveit er 27,9°C þann 7. júlí 1991, en mesti kuldi -34,7°C aðfaranótt 7. mars 1998. Mesta vindhviða sem mæst hefur á Neslandatanga er 39,5 m/s í febrúar 2000 [Veðráttan 1998, Veðurstofa Íslands 2000b].

Mynd 12 sýnir vindrós fyrir veðurathugunarstöðina í Reykjahlíð. Samkvæmt vindrósinni eru SSV átt algengust, en einnig eru ANA og NA áttir algengar. Vindrós fyrir sjálfvirku veðurstöðina á Neslandatanga gefur sambærilega mynd [Veðurstofa Íslands 2000b].



Mynd 12. Vindrós fyrir Reykjahlíð (Veðurstofa Íslands)

II. UMHVERFISÁHRIF FRAMKVÆMDA OG REKSTURS

Í þessum hluta verður fjallað um helstu umhverfisþætti vegna stækkunar Kröfluvirkjunar. Fjallað er um skipulag og landnotkun, jarðfræði og jarðhita, náttúrufar, minjar, samfélag og þjónustu við ferðamenn og að síðustu hættumat vegna virkjunarinnar. Rakin eru þau áhrif sem vænta má af framkvæmdinni og þær mótvægisáðgerðir sem til greina koma til að draga úr þeim áhrifum.

4. SKIPULAG OG LANDNOTKUN

4.1. Núverandi staða

Á vegum Skipulags ríkisins (Skipulagsstofnun) var unnið umhverfismat fyrir Skútustaðahrepp 1993 til undirbúnings fyrir gerð aðalskipulags [Skipulag ríkisins 1993]. Þar voru settar fram 4 tillögur um landnotkun. Í öllum tilvikum var vinnslusvæðið við Kröflu skilgreint sem iðnaðarsvæði.

Aðalskipulag fyrir Skútustaðahrepp 1996-2015 var samþykkt 1997 [Skútustaðahreppur o.fl. 1997]. Eitt af meginmarkmiðum aðalskipulagsins í atvinnumálum er að auka nýtingu jarðhita í sveitarfélaginu. Kröflusvæðið er afmarkað sem jarðhitaréttindasvæði skv. samningi milli ríkisstjórnar Íslands og Landsvirkjunar. Gert er ráð fyrir áframhaldandi orkuvinnslu við Kröflu. Tilgreind eru þrjú vinnslusvæði sem nú eru í notkun: Leirbotnar, sem eru norðan Hlíðardals og allt norður fyrir Víti, suðurhlíðar Kröflu og Hvíthólar. Ennfremur er gerð grein fyrir efnisnámu við Kröflu. Nánar er fjallað um efnisnám í kafla 17.

Kröflusvæðið er í landi jarðarinnar Reykjahlíðar. Reykjahlíð, sem er talin stærsta jörð landsins, er í Skútustaðahreppi í Suður-Þingeyjarsýslu. Landeigendafélag Reykjahlíðar fer með eignarhald í Reykjahlíð. Um afnotarétt á Kröflusvæðinu gildir samningur milli eigenda Reykjahlíðar og ríkissjóðs Íslands frá 18. mars 1971 sem framseldur var af ríkisstjórn Íslands til Landsvirkjunar með samningi þann 26. júlí 1986.

Tillaga að deiliskipulagi fyrir Kröflusvæðið hefur verið gerð samhliða mati á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar.

Núverandi landnotkun tengist aðallega orkuvinnslunni (Mynd 2). Talsvert af ferðamönnum kemur þó til að skoða svæðið eftir að vegur var lagður að Kröflu, einkum til að skoða Víti (Stóra-Víti) og hverina við Leirhnjúk að sumarlagi. Landsvirkjun hefur opnað gestastofu á sumrin í Kröflustöð með fræðslufni fyrir ferðafólk um jarðfræði svæðisins og nýtingu jarðhitans. Þessi gestastofa er fjölsótt.

Á Kröflusvæðinu er fyrir utan borholur til vinnslu jarðhita, gufuveitu, skiljustöð, stöðvarhús og kæliturnna einnig vinnubúðir fyrir starfsmenn og verktaka og geymslur og verkstæði vegna rekstursins. Þá er í notkun efnisnáma á móts við stöðvarhús. Vatnsveita fyrir kalt vatn er frá Sandabotnum, handan Sandabotnafjalls, vegna vatnsþarfar núverandi virkjunar.

4.2. Verndun Mývatns og Laxár

Um Skútustaðahrepp gilda lög nr. 36 frá 1974 um verndun Mývatns og Laxár í Suður-Þingeyjarsýslu [Stjttíð. A, nr. 36/1974]. Tilgangur laganna er að stuðla að verndun Mývatns- og Laxársvæðisins. Ákvæði laganna taka til Skútustaðahrepps og Laxár með hólum og kvíslum allt að ósi árinna, ásamt 200 metra breiðum bakka meðfram Laxá báðum megin. Á svæðinu er hvers konar mannvirkjagerð og jarðrask óheimilt, nema með leyfi Náttúruverndar ríkisins. Breytingar á hæð vatnsborðs stöðuvatna og rennsli straumvatna eru einnig óheimilar nema til verndunar og ræktunar þeirra og að fengnu leyfi Náttúruverndar ríkisins. Að öðru leyti fer verndun Laxár- og Mývatnssvæðisins eftir reglum í lögum um náttúruvernd.

Í framhaldi af lagasetningunni 1974 var sett reglugerð 1978 [Stjtið. B, nr. 136/1978] um framkvæmd laganna. Í samræmi við ákvæði í 14. grein reglugerðarinnar lét Náttúruverndarráð gefa út náttúruverndarkort af Mývatnssveit 1987. Með þessu korti er lagt mat á verndargildi einstakra náttúrusmíða eða landsvæða í Mývatnssveit. Sérstakt einkunnakerfi var þróað til að auðvelda flokkun eftir verndargildi og var lagt kapp á að vanda til allra skilgreininga.

Í Mývatnssveit fléttast saman þrenns konar náttúruverndarþættir sem hver um sig er á heimsmælikvarða. Þessir þættir eru landslag, jarðmyndanir og lífríki. Verndargildi hvers þáttar er metið út af fyrir sig í þrjá undirflokkka. Við flokkunina var tekið mið af ákveðnum atriðum, sem veita svæðum verndargildi. Fyrst og fremst var miðað við það gildi sem svæðin hafa fyrir náttúruvísindi, náttúrufræðslu, útivist og hlunnindabúskap í náttúrulegu lífríki.

Með náttúruverndarkortinu hefur verndargildi Mývatnssveitar verið skipt í fimm verndarflokka. Sem skilgreindir eru á eftirfarandi hátt:

- **Verndarflokkur 1a.** Lífríki, jarðmyndanir og landslag eru í 1. flokki.
- **Verndarflokkur 1b.** Lífríki, jarðmyndanir eða landslag eru í 1. flokki. Einnig þegar lífríki, jarðmyndanir og landslag eru í 2. flokki.
- **Verndarflokkur 2.** Lífríki, jarðmyndanir eða landslag eru í 2. flokki.
- **Verndarflokkur 3.** Lífríki, jarðmyndanir eða landslag eru í 3. flokki.
- **Verndarflokkur 4.** Örfoka víðáttur.

Náttúruvernd ríkisins hefur lagt til að gerð verði verndaráætlun fyrir Kröflusvæðið og er Landsvirkjun tilbúin að styðja gerð hennar.

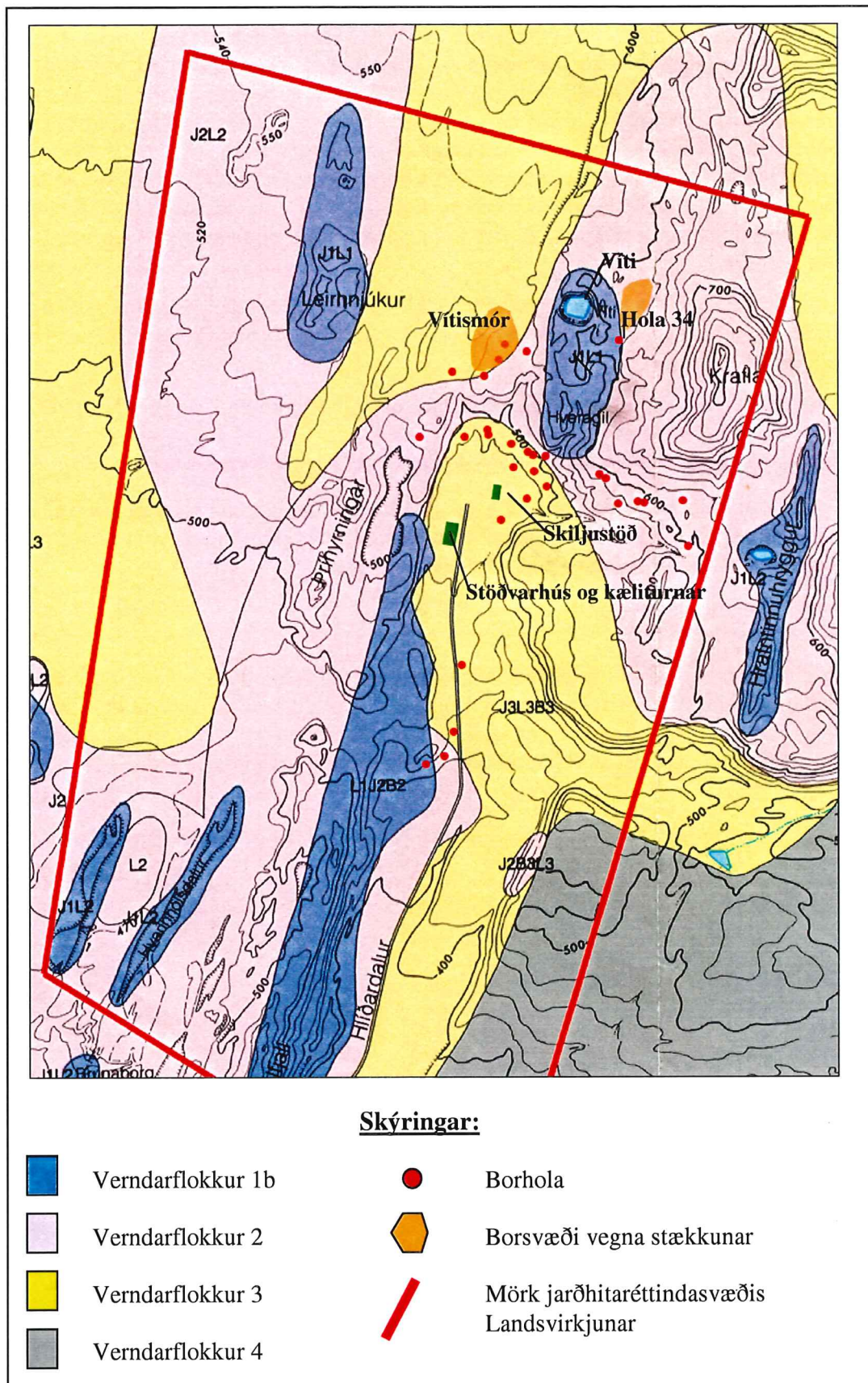
4.3. Framkvæmdasvæði og áhrif aukinnar vinnslu

Eins og áður hefur komið fram er eitt af markmiðum aðalskipulags Skútustaðahrepps að auka nýtingu jarðhita í sveitarfélaginu. Aukin raforkuframleiðsla með jarðhita í Kröflustöð fellur að þeim markmiðum.

Fyrirhuguð vinnsla er öll á jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar. Sett hefur verið fram tillaga að landnýtingu á vinnslusvæðinu með deiliskipulagi, sem unnin hefur verið samhliða gerð matsskýrslu. Í tillögu að deiliskipulagi hafa byggingarreitir verðið afmarkaðir, svo og borsvæði, vegir, lagnaleiðir o.fl. Leitast hefur verið við að skipuleggja verndarsvæði umhverfis jarðfræðimyndanir sem mest verndargildi hafa samkvæmt náttúruverndarkorti Náttúruverndarráðs. Jarðhiti hefur verið nýttur á Kröflusvæðinu frá 1974. Fyrirhuguð framkvæmd mun ekki hafa í för með sér breytingar á landnotkun þannig að breytinga sé þörf á aðalskipulagi. Landnotkun á svæðinu er hins vegar afmörkuð með ákveðnari hætti með gerð deiliskipulags.

Eins og áður hefur komið fram gilda lög nr. 36/1974 um verndun Mývatns og Laxár um allt jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar við Kröflu. Stærsti hluti jarðhitaréttindasvæðisins fellur í verndarflokk 3, en einnig er verulegur hluti þess í verndarflokki 2. Innan svæðisins eru eftirfarandi svæði í verndarflokki 1b: Halaskógaborg sem jarðmyndun í 1. flokki, Dalfjall vegna 1. flokks landslag, Hvannhólsdalur sem 1. flokks jarðmyndun og Víti, Hveragil og Leirhnjúkur öll sem jarðmyndanir og landslag í 1. flokki (mynd 2).

Í áðurgreindri tillögu að deiliskipulagi eru þessi svæði afmörkuð, stækkuð þar sem ástæða þótti til og nefnd verndarsvæði. Með afmörkun verndarsvæða er verið að tryggja að ekkert jarðrask verði né mannvirki rísi á þessum svæðum. Ekki er gert ráð fyrir skipulagðri göngustígagerð nema á þeim stöðum sem álag er mest og þá fyrst og fremst til að tryggja verndun svæðanna samfara öryggi þeirra sem um þau fara.



Mynd 13. Verndarsvæði á jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar við Kröflu.

Vegna stækkunar Kröfluvirkjunar sem hér er lýst verða framkvæmdir vegna borstæða eða borteigagerðar austan við Víti, umhverfis og norðan holu 34, og vestan við Víti umhverfis holu 25. Framkvæmdir verða við skiljustöð í Leirbotnum, sem verður stækkuð, og nýtt stöðvarhús ásamt kæliturni verður byggt við hlið þess sem fyrir er. Ýmsar tengdar framkvæmdir verða við stöðvarhús. Mynd 13 sýnir staðsetningu framkvæmda með tilliti til flokkunar Náttúruverndarráðs 1987. Framkvæmdasvæðið við holu 34 er í verndarflokki 2, en liggur að Víti, sem er í verndarflokki 1b. Framkvæmdir á svæðinu hófust 1990, eftir samráð við Náttúruverndarráð, með gerð borstæðis og forborun. Borun holu 34 fór fram sumarið 1999 og var holan tengd gufuveitu sumarið 2000.

Framkvæmdasvæðið í Vítismó er í verndarflokki 3. Framkvæmdir á svæðinu hófust 1976 með borun holu 4. Sú hola sprakk upp og var nefnd eftir það Sjálfskaparvíti. Hóla 25 var boruð 1990, en er ekki tengd gufuveitu.

Framkvæmdasvæðin við skiljustöð og stöðvarhús niðri í Leirbotnum eru í verndarflokki 3.

4.4. Niðurstöður

Aukin raforkuframleiðsla með jarðhita í Kröflustöð fellur að markmiðum aðalskipulags Skútustaðahrepps 1996-2015. Fyrirhuguð framkvæmd mun ekki hafa í för með sér breytingar á landnotkun sem kalla á breytingu á aðalskipulagi svæðisins.

Framkvæmdasvæðið er að mestu í verndarflokki 3, að litlu leyti í verndarflokki 2, en ekki á svæðum í verndarflokki 1b.

Í tillögu að deiliskipulagi eru svæði með hátt verndargildi afmörkuð nánar en á náttúruverndarkorti Náttúruverndarráðs af Mývatnssveit frá 1987 og stækkuð þar sem ástæða hefur þótt til. Þannig er leitast við að koma í veg fyrir að svæði sem mest verndargildi hafa samkvæmt náttúruverndarkortinu spillist af völdum jarðrasks og mannvirkjagerðar.

5. JARÐHITI OG ORKUFORÐI

5.1. Inngangur

Í þessum kafla er fjallað um jarðhitann, vinnslu hans og áhrif vinnslunnar á yfirborðsvirkni. Gerð er grein fyrir forðafræðilegum líkanreikningum, mati á nýtanlegum jarðhitaafköstum og hugsanlegum áhrifum niðurdælingar skiljuvatns. Þá er fjallað um áhrif vinnslunnar á landhæð og þyngd og að lokum fjallað um umhverfisáhrif af borunum.

5.2. Orkuforði og áhrif frekari vinnslu

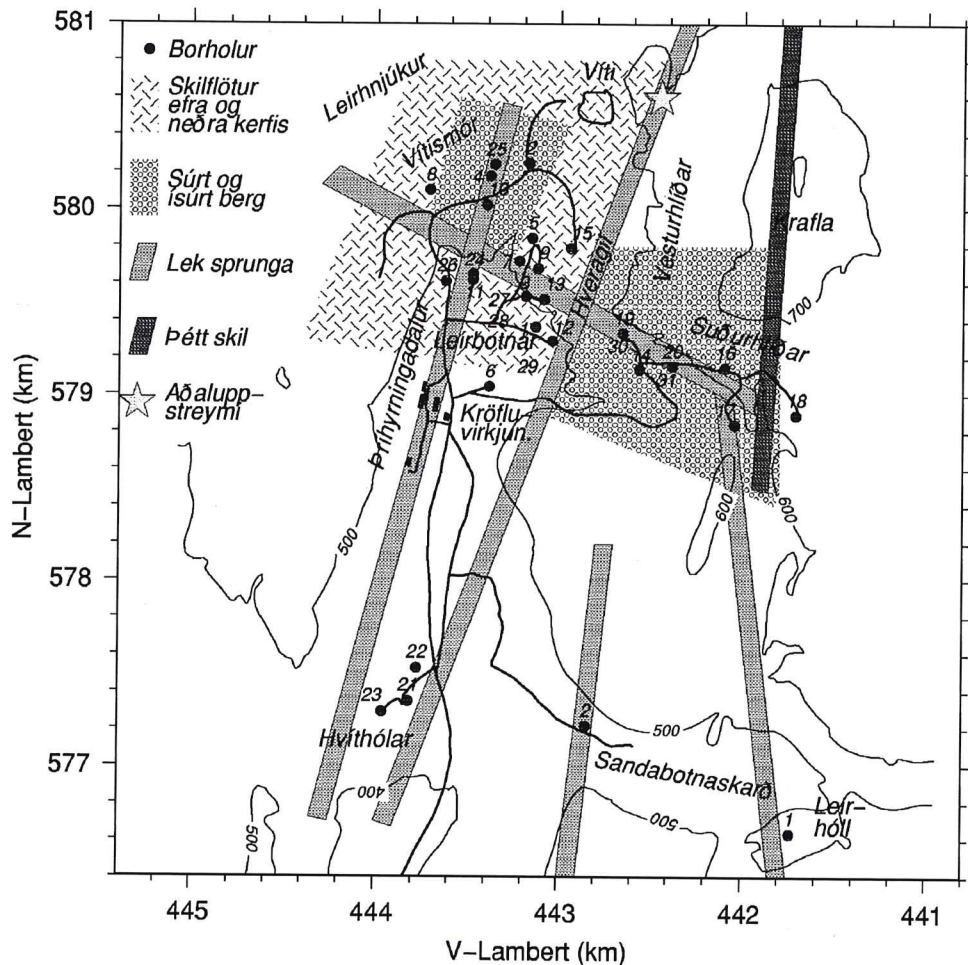
Þessi kafli byggist á greinargerð Orkustofnunar sem birtist í verkhönnunarskýrslu stækkunar Kröflustöðvar [Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns o.fl. 2000].

Á árunum 1997 til 1999 var gert forðafræðilegt reiknilíkan af Kröflusvæðinu. Náði líkanið yfir vinnslusvæðin í austurhluta Kröfluöskjunnar og að nokkru leyti yfir vesturhluta hennar. Útjaðrar reiknilíkansins náðu svo vel út fyrir öskjuna í allar áttir. Ítarlegast er líkanið á núverandi vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar (mynd 14) eða um suðurhlíðar Kröflu, vestur í Vítismó og svo suður um Leirbotna til Hvíthóla. Við líkangerðina var stuðst við eldra reiknilíkan sem gert var kringum 1982 og þekkingu á jarðhitakerfinu sem aflað var allt fram á árið 1998. Reiknilíkanið hefur verið notað til þess að herma upphafsástand jarðhitakerfisins eða það hita- og þrýstíástand sem ríkti þegar vinnsla hófst úr fyrstu borholum þar (1974). Einnig hefur þekkt vinnslusaga 32 hola, sem boraðar höfðu verið fyrir árslok 1998, verið hermd með líkaninu. Í stuttu máli líkir reiknilíkanið vel eftir þekktu þrýstings- og hitadreifingu við upphaf vinnslu í austur hluta Kröfluöskjunnar og vestur fyrir Leirhnjúk. Reiknilíkanið hermir einnig vel vinnslusögu flestra hola.

Reiknilíkanið hefur og verið notað til að spá fyrir um viðbrögð jarðhitakerfisins við nýtingu næstu áratugina. Þær keyrslur sem hafa verið gerðar benda til með allgóðri vissu að núverandi vinnslusvæði Kröfluvirkjunar standi undir núverandi vinnslu, þ.e. 60 MW_e, næstu 30 árin. Niðurstöður spáreikninga benda jafnframt til að núverandi vinnslusvæði með útvíkkun yfir í Vítismó muni geta staðið undir 30 MW_e stækkun Kröfluvirkjunar til næstu 30 ára. Við reikningana var notuð massataka sem samsvarar 90 MW_e heildarvinnslu. Eins líklegt er að massataka samsvarandi 100 MW_e heildarvinnslu eða 40 MW_e stækkun gefi sambærilegar niðurstöður. Hins vegar benda sömu spáreikningar til að holur staðsettar norður og austur af Víti muni draga að sér kaldari vökva úr norðri svo vermi þeirra minnkar verulega á fyrri hluta þessa 30 ára tímabils, úr um 2700 kJ/kg í um 1300 kJ/kg. Núverandi reikningar benda því til að svæðið við Víti og kannski aðallega norðan Vítis mun ekki eitt og sér standa undir stækkun Kröfluvirkjunar þegar horft er til næstu 30 ára.

Í núverandi reiknilíkani af vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar er gert ráð fyrir því að jarðhitakerfið skiptist í efra og neðra kerfi vestan Hveragilssprungunnar og norður að öskjurímanum líkt og nú er vitað um Leirbotnasvæðið og norður í Vítismó. Hiti í efra kerfinu er þarna kringum 200°C en í neðra kerfinu mun hærri (280-330°C) og við suðumark. Austan Hveragils hverfur þessi skipting og aðstæður í jarðhitakerfinu undir Kröflufjalli líkjast því sem þekkt er fyrir Suðurhlíðasvæðið. Hiti í kerfinu er þarna hár og nærri suðumarki. Þrýstingur er í samræmi við hitann þar sem suðumarki er náð, og annars staðar í samræmi við heita vatnssúlu með vatnsborði á 200-300 m dýpi.

Niðurstöður líkanreikninga Orkustofnunar benda til þess að jarðhitakerfið á Kröflusvæðinu muni geta staðið undir 90-100 MW virkjun næstu 30 árin. Líklegt er talið að útvíkka verði svæðið með borunum á Vítismóssvæðinu, þegar líða tekur á spátímann. Áætlað er að samanlögð afldvínun, sem tengist bæði holum og svæðinu, nemi um 6 % á ári. Það jafngildir því að bora þurfi eina holu á um þriggja ára fresti til að viðhalda 40 MW rafmagnsframleiðslu stækkunarinnar.



Mynd 14. Krafla grunnmynd fyrir forðafræðilíkan (Orkustofnun)

5.3. Borsaga og staðsetning borhola

Þegar rannsóknarboranir hófust á Kröflusvæðinu 1974 var stuðst við viðamiklar rannsóknir sem gerðar höfðu verið fram að þeim tíma á Kröflu og Námafjallssvæðinu. Jarðhitasvæðið var afmarkað út frá viðnámsmælingum, yfirborðskortlagningu á jarðfræði, jarðhita og efnasamsetningu jarðhitavökvans. Ennfremur voru þar til viðbótar notaðar fleiri jarðeðlisfræðilegar mæliaðferðir. Allt miðaðist þetta við tækniþekkingu sem var tiltæk á þeim tíma. Einnig var horft til reynslu annarra þjóða hvað varðar sambærilega jarðhitanytingu. Fyrstu vinnsluholur voru staðsettar í nágrenni áberandi yfirborðsjarðhita innan áður afmarkaðs svæði með hliðsjón af brotakerfi Kröflueldstöðvarinnar.

Fyrstu vinnsluholur, sem boraðar voru 1975, voru mjög öflugar. Vel tókst með borun holu 3 en aftur á móti misstu menn tókin á holu 4 og endaði hún sem vitnisburður um hina gífurlegu orku sem er að finna undir Kröflusvæðinu. Næsta ár, 1976, voru öryggiskröfur auknar til muna. Í millitíðinni hafði eldfjallið tekið upp á því að ræskja sig og var það upphafið að Kröflueldum sem stóðu yfir tímabilið 1975-1984. Fljótlega kom í ljós að eðliseiginleikar jarðhitakerfisins voru mjög flóknir og því erfitt að heimfæra reynslu annars staðar frá. Meðan verið var að glíma við úrlausn þeirra mála kom upp mjög alvarleg staða á Leirbotnasvæðinu, sem var áformað vinnslusvæði virkjunarinnar. Kvikugastegundir höfðu troðið sér inn í jarðhitakerfið með þeim afleiðingum að sýra vökvann verulega á því dýpi sem hentugast var að vinna hann og valda þar miklum útfellingum, sem stífluðu góðar vinnsluholur. Þá höfðu verið boraðar 11 holur þar af 9 vinnsluholur. Þá var tekin ávörðun um umfangsmikla kortlagningu á uppstreymi jarðhitavökvans og efnasamsetningu hans. Markmiðið var að kortleggja innan skoðunarsvæðis þann hluta sem orðið hafði fyrir áhrifum kvikugastegunda og væri þar af leiðandi varhugaverður til vinnslu. Það

var gert með viðamikilli sýnatöku jarðhitavökva úr öllum þeim gufuaugum sem hægt var að safna úr. Niðurstöður voru þær að allur neðri hluti Leirbotnasvæðisins hafði orðið fyrir áhrifum kvikugastegunda eins langt norður og séð var og Leirhnjúkur þar með talinn. Tvö svæði virtust laus við þessi áhrif. Það voru suðurhlíðar Kröflu og Hvíthólasvæðið. Áframhaldandi gufuleit tók mið af þeim niðurstöðum.

Haldið var áfram borunum 1980 og var þá fyrsta holan boruð í Suðurhlíðum með góðum árangri og varð það til þess að þar voru boraðar 6 holur til viðbótar á næstu árum. Árið 1982 var borað í Hvíthólasvæðið og reyndist það besta holan sem boruð hafði verið á Kröflusvæðinu fram að því. Síðar var þar bætt við tveimur holum. Meðan borframkvæmdir stóðu yfir átti sér veruleg þróun í bortækni og hönnun borhola. Meðal annars voru tvær holur stefnuboraðar og var það í fyrsta skipti sem það var gert með ráðnum hug hér á landi. Borunum var lokið 1983 og höfðu þá verið boraðar 24 holur og var þá búið að rúmlega fulllesta vél 1 í virkjuninni og framleiddi hún 30 MW_e.

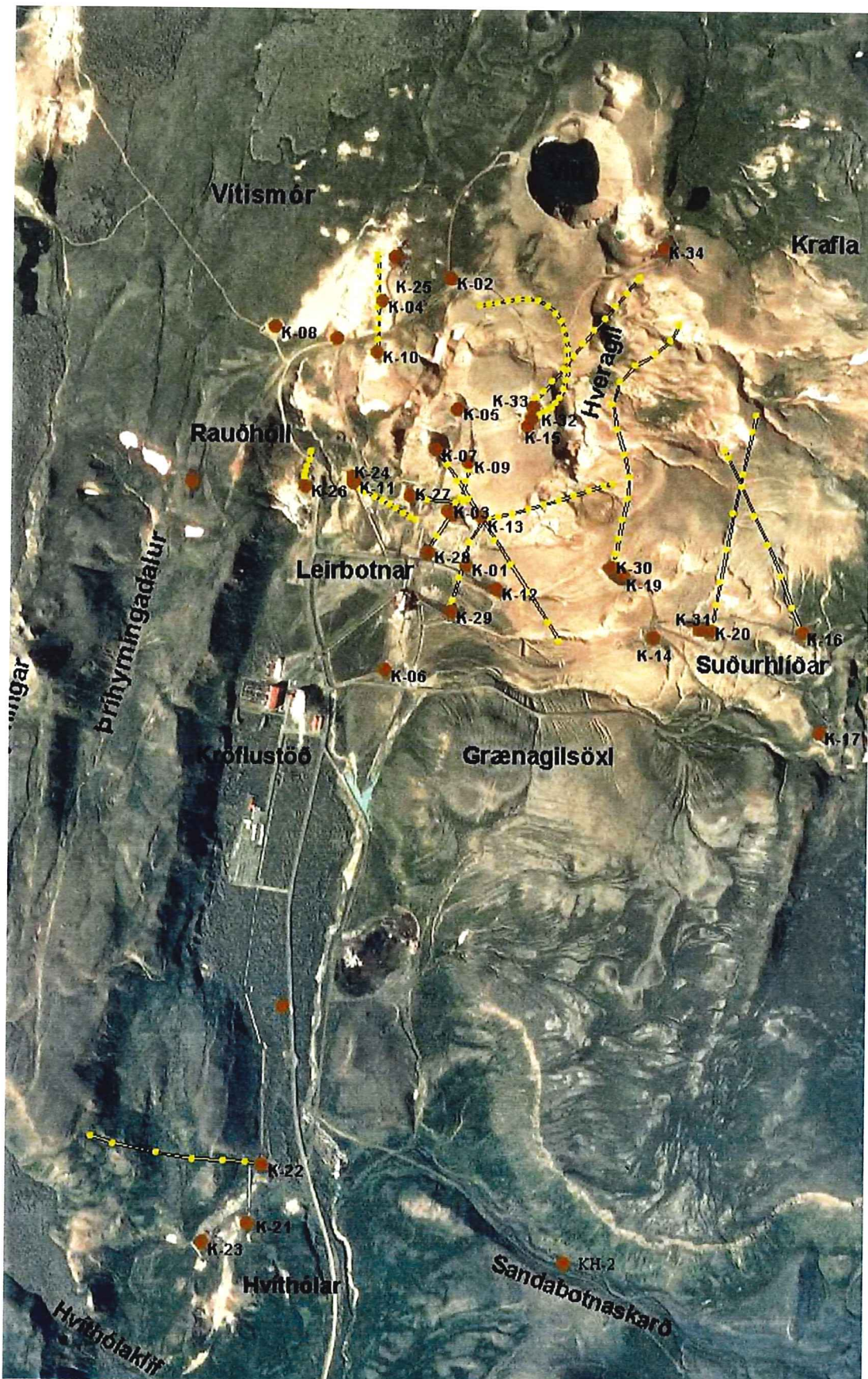
Eftir það var gert hlé og var fylgst með svæðinu eins og unnt var að koma því við. Ákveðnar holur voru sérstaklega nýttar sem mælingaholur auk þess sem fylgst var með gæðum jarðhitavökvans úr vinnsluholum og völdum gufuaugum á svæðinu. Skortur á lágþrýstigufu leiddi til þess að hola 24 var boruð sérstaklega til að afla hennar. Vissar vísbendingar komu fram á þessum árum um breytingu í jarðhitageyminum sem fólust m.a. í marktækri dvínun gasstyrks í gufu. Það gaf tilefni til að kanna á ný vinnslueiginleika í neðri hluta Leirbotna, en það var einungis hægt að framkvæma með borun. Boraðar voru tvær holur 1990 og 1991 og voru þær báðar öflugar en lágt pH~2-4 djúpvökva í holu 25 í Vítismó, sem þýðir að vökvinn er mjög súr, kom í veg fyrir vinnslu samkvæmt venjubundnum aðferðum. Einnig komu fram sýrueinkenni í holu 26, sem er vestast í Leirbotnum.

Árið 1996 var tekin ákvörðun um að afla gufu fyrir vél 2 og samhliða því að setja vélina niður í Kröflustöð. Framkvæmdir gengu vel og tókst jafnframt vel til með gufuöflun. Öflugar holur voru boraðar sérstaklega á svæðinu sem kennt er við Víti-Hveragil. Samhliða framkvæmdum voru Kröfluaskjan og næsta nágrenni rannsökuð með TEM-viðnámsmælingum. Ennfremur var lögð áhersla á að ljúka gerð jarðhita og jarðfræðikorta af Kröflu-Námafjallssvæðinu og gert var forðafræðilíkan af jarðhitageyminum. Því til viðbótar var haldið áfram rannsóknum á vinnslusvæðunum samhliða borunum með hita-, þrýsti- og jarðlagamælingum auk þess sem borsvarfið var rannsakað með tilliti til hitaummyndunar, jarðlagauppbyggingar, sprungna og misgengja. Árlegum eftirlitsmælingum var haldið áfram annars vegar í borholum, þar sem fylgst var með afli, hita, þrýstingi og gæðum vökvans ásamt gasstyrk í gufu úr völdum gufuaugum á svæðinu.

Ef dregnar eru saman niðurstöður af framansögðu þá er ljóst að gufuöflun á Kröflusvæðinu hefur verið erfið sérstaklega framan af meðan takmörkuð þekking var á eiginleikum svæðisins og svæðið var í ákveðnu uppnámi vegna eldsumbrotanna. Í ljósi þeirrar þekkingar sem fengist hefur með borunum þá er ljóst að álitlegasta svæðið til árangurs er í tengslum við sprungurnar við Hveragil og Víti. Borteigur við holu 34 er vel til þess fallinn að nálgast öflugustu æðarnar í Vítis-Hveragilssvæðinu en þær liggja neðan 1800 m dýpis. Óvíst er með árangur ef leita á inn á umrætt svæði annars staðar frá eins og t.d. vestan Vítis og af því myndi einnig verða óþarfa umrót.

Til framtíðar litið þá má búast við að Leirbotna- og Vítismóssvæðið komist í vinnsluhæft ástand með hefðbundnum aðferðum og þar megi auka eða viðhalda nauðsynlegu gufumagni fyrir 100 MW raforkuframleiðslu í Kröfluvirkjun.

Á mynd 15 má sjá dreifingu borhola og stefnu þeirra.



Mynd 15. Yfirlitsmynd af borholum á Kröflusvæðinu (Orkustofnun)

5.4. Jarðhiti á yfirborði

5.4.1. Eldri frásagnir af Kröflu

Í ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar [Eggert Ólafsson 1943] segir frá ferðum þeirra félaga í Mývatnssveit 1752. Í kafla um eldfjöll við Mývatn segir m.a. frá Kröflu.

„Krafla er ... kunnust vegna hinna ægilegu eldgosa frá 1724-1730. Fjallið er meira gert af leir en föstu bergi, og er hún nú upp á síðkastið orðin lág og lítt áberandi. Þó er hún enn kunn af hinu forna nafni sínu og tveimur ægilegum vötnum eða pyttum, sem liggja í suðausturhlið hennar. Kallast þeir Víti. Okkur gekk greiðlega að fjallinu. Þar fórum við af baki og gengum það, sem eftir var. Við fórum mjög varlega og rákumst á nokkra leirpytti án þess að lenda í þeim. Niðri í þeim öllum var heitt, en rauð leirskorpa yfir þeim. En við komumst samt aðeins að öðru vítisopinum, sem við höfðum séð til úr mikilli fjarlægð af reykjarmekki þeim hinum mikla, sem lagði upp af því. Op þetta líktist geysimiklum katli. Barmar hans voru um 5 faðma háir fyrir ofan vatnsborðið. Vatnið var bláleitt að lit, þykkt eins og grautur. Með gufunni berst fíngerður leir upp á barmana, og er hann súr.”



Mynd 16. Séð að blásandi borholu 34 frá Víti (Stóra-Víti)

Jónas Hallgrímsson ferðaðist um Ísland 1839-1842 og dvaldist sumarið 1839 um tíma hjá séra Jóni Þorsteinssyni í Reykjahlíð, sem ferðaðist með honum um sveitina [Páll Valsson 1999]. Þar er eftirfarandi haft eftir Jónasi um ferð hans að Kröflu:

„Á þessum hæðum vestan gjárinnar eru tveir gígar. Þeir liggja í stefnu frá Kröflu til Leirhnjúks og blasa þar við: gríðarstórir trektarlagar katlar í hinu mikla sandflæmi. Annar ketillinn er svo ljótur, svo skuggalegur og skelfilegur, að hann á varla sinn líka meðal þess sem fyrir ber andstyggilegt og óttalegt á yfirborði jarðar. Brúnin á honum er ekki upphá, heldur er allt í kringum hann sléttur, gróðurvana sandur. Opið á honum er kringlótt og mörg hundruð álnir í þvermál, ... Veggirnir eru brattir, á botninum vellur tjörn eða pollur með blá-svargrárrí leðju, og stíga upp af henni kæfandi gufur; veggirnir eru allir glóandi og rjúkandi brennisteinsnámur, af hinu besta tagi, ýmist með grænleitur, gulum eða hvítum lit; þetta er fullkomið djöfladíki og heitir Helvíti.”

Ólafur Jónsson segir frá ferðum sínum að Litla-Víti í Náttúrufræðingnum [Ólafur Björgvin Jónsson 1946]. Fyrst segir frá nöfnunum á Stóra-Víti og Litla-Víti:

„Upphaflega mun Litla-Víti hafa verið sprengigígur suður úr aðalgígnum, en nú allengi hefir borið þetta nafn hver einn, sem er neðarlega í gili því eða gjá, er gengur upp í suðvesturhlið Kröflu, suður af Stóra-Víti. Gjá þessi mun hafa orðið til mjög samtímis sprengigosinu 17. maí 1724, og hefir ætíð síðan verið þar mikill jarðhiti.”

Ólafur fór að Litla-Víti 1935 og lýsir því svo:

„Suð austur úr aðalgilinu gekk þröng skora, og var botn hennar eilítið hærri en botn aðalgilsins. Út undan suðvesturhlið gilskorunnar, alveg niðri við botn, kom gufusúla með talsverðum þyt. Í botni skorunnar var hörð móbergs- eða leirhella, og kraumaði vatn þar í smáholum....Hvergi annars staðar meðfram gjánni voru þá gufuhverir eða leirhverir, sem verulega kvað að, en víða rauk þar úr brennisteinshitum og hálfkulnuðum leirpyttum.”

Í september 1944 fór Ólafur aftur að Kröflu:

„Frá Stóra-Víti hélt ég að gjánni, sem áður er lýst, og kom þá í ljós, að nýr gufuhver hafði orðið til í litlu þvergili, er gengur suð austur úr aðalgjánni ofanverðri, rétt áður en hún víkkar. Gufusúlan kom upp úr botni litla gilsins, undan suðvesturhliðinni. Hún virtist mjög aflmikil, en orkan þó misjöfn. Stundum hringsólaði gufan niðri í gilskorunni, en svo jókst orkan, og gufumökkurinn þeyttist hátt í loft upp...Í norðausturbarmi gilsins voru líka gufuop, en ekki kom gufan þar upp með neinum þrýstingi...Niðri í gili voru smá leirhveraaugu vellandi...Sá ég að Litla-Víti var orðið að gjósandi leirhver og hafði hlaðið skál umhverfis hverinn, er mun hafa verið 7-8 m víð að ofan. Í hvernum var þunnt, svart leirskólþ, sem ólgaði ákaft og kastaðist 1-3 m upp úr hvernum”

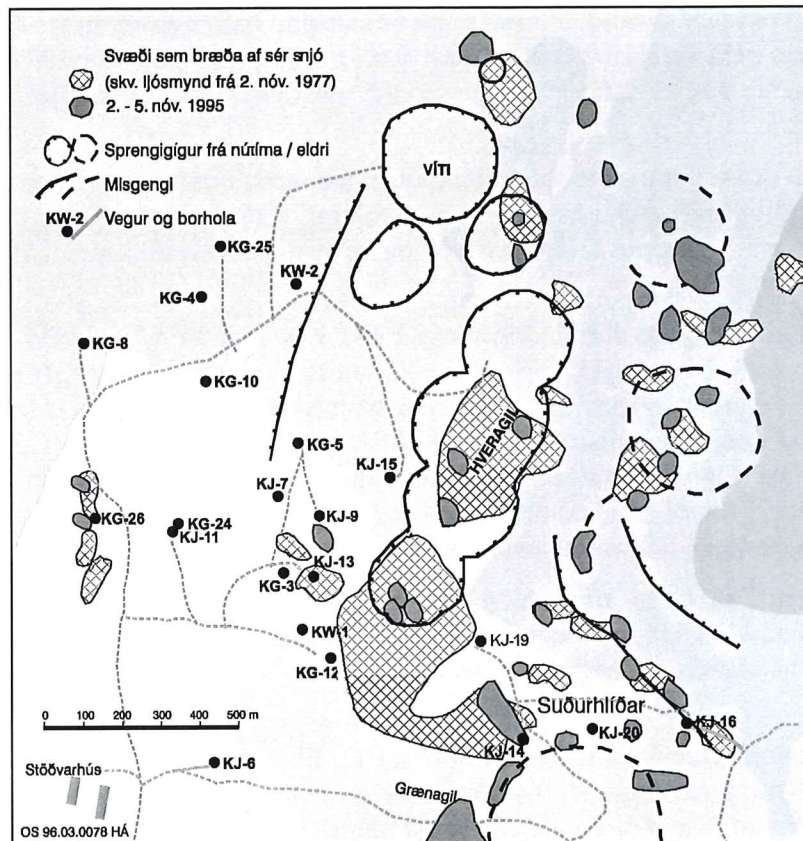
Vorið 1946 fór Ólafur enn að Kröflu og aftur varð hann var við breytingar á hveravirkni:

„Litla-Víti hafði tekið verulegum breytingum, hafði vaxið bæði að stærð og hrikaleik. Gufan var svo mikil, að ógerlegt var að sjá með nokkurri vissu, hvað þar gerðist. Þó mátti greina óljóst, að allmikill leirgígur hafði hlaðist upp utan um hverinn, en niðri í gígnum var látlaust skvamp og skvettur, en líka mikill gufubytur... Hverinn í efra þvergilinu hafði líka tekið miklum breytingum, var nú orðinn að vellandi leirhver, en bæði hverinn sjálfur og gufan voru snöggum minni en í Litla-Víti. Ekki virtist mér þessi hver meira en 4-5 m í þvermál.”

5.4.2. Breytingar á yfirborðsvirkni eftir virkjun

Af þessum eldri frásögnum má sjá að jarðhitasvæðið hefur tekið verulegum breytingum í tímans rás áður en þar var virkjað. Til að kanna útbreiðslu jarðhita á yfirborði við upphaf virkjunar var flogið yfir Kröflusvæðið 2. nóvember 1977. Var teiknað kort af útbreiðslu jarðhita miðað við afbræðslu [Gestur Gíslason o.fl. 1978]. Afbræðslum hefur nokkrum sinnum verið lýst síðan [Kolbeinn Árnason 1994 og 1996, Jón Benjamínsson o.fl. 1998, Jón Benjamínsson 1999] og er samburður nóvember 1977 og nóvember 1995 sýndur á mynd 17. Virðast þær breytingar helstar að aukinn yfirborðshiti sést sunnarlega í Suðurhlíðum. Sá hiti virtist þó hafa dvínað aftur 1999. Telja má að þessar breytingar séu óverulegar miðað við almennar breytingar sem verða á jarðhitasvæðum og fyrri breytingar á svæðinu.

Sama gildir um breytingar á virkni yfirborðsjarðhita samkvæmt loftmyndum [Kolbeinn Árnason 1994 og 1996] sem virðast í minna lagi miðað við breytingar almennt á jarðhitasvæðum og fyrri lýsingar á jarðhitavirkni á svæðinu.



Mynd 17. Afbræðslusvæði í Leirbotnum og Kröfluhlíðum (Orkustofnun)

5.5. Landhæðarbreytingar

Mælingar á landhæð við Kröflu og nágrenni má rekja aftur til ársins 1938 er hópur þýskra vísindamanna hóf landmælingar hér á landi. Landmælingar með fjarlægðamælum voru aðallega stundaðar af Austurríkismönnum og Þjóðverjum á Kröflusvæði frá miðjum sjöunda áratugnum fram til loka þess níunda. Vegagerðin framkvæmdi einnig umfangsmiklar fallmælingar á þessum slóðum í tengslum við lagningu vega í Mývatnssveit. Seint á níunda áratugnum var svo farið að notast við GPS mælingar og var landmælingum með fjarlægðamælum að mestu hætt [Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson, 1998]. Norræna eldfjallastöðin hefur á síðustu árum hæðarmælt við Kröflu með bylgjuvíxl-mælingum úr radargervitunglum (SAR) sem er ný tækni [Sigmundsson F. og fleiri 1997].

Samfara jarðhræringum við Kröflu, sem hófust í desember 1975, áttu sér stað miklar breytingar á landhæð yfir stutt tímabil. Þrýstingur í kvikuhólfi undir svæðinu réði landhæð á því tímabil sem Kröflueldar stóðu yfir. Landris og sig í kjölfarið var háð því magni kviku sem streymdi inn og út úr kvikuhólfinu á hverjum tíma. Því er einungis hægt að túlka niðurstöður landhæðamælinga sem gerðar voru frá 1975-1989 m.t.t. kvikuhreyfinga [Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998].

Frá því í mars 1989 og fram til 1998 seig land um 220 mm í sigdældinni í miðju sprungustykkisins sunnan Leirhnjúks en það samsvarar um 33 mm á ári. SAR mælingarnar hafa leitt í ljós greinilegt sig yfir kvikuhólfinu í Kröflu sem nemur um 2,4 cm á ári milli 1992 og 1995. Einnig hefur greinst sig langsam eftir sprungureininni sem nemur um 0,7 cm á ári [Sigmundsson F. og fleiri 1997]. Hæðarbreytingar sem fengnar eru út frá gervitunglamyndum sýna að sprungustykkið sígur miðað við landið umhverfis á landsvæði sem nær suður fyrir Bjarnarflag og norður fyrir Leirhnjúk. Einnig hefur komið fram nokkuð stór ílöng sigdæld, með stefnu NV-SA, innan öskjunnar á þeim stað þar sem miðja landhæðarbreytinga var á tímum Kröfluelda. Sig á borsvæðinu í Leirbotnum er nokkuð meira en umhverfis og er skýringin talin vera tvíþætt. Annarsvegar og að megin hluta er sigið talið stafa af storknun og kólnun innskota sem urðu til í

Kröflueldum en hinsvegar er talið að massataka úr svæðinu hafi einhver áhrif. Heildarmassi gufu og vatns sem tekin hafa verið úr svæðinu frá því að virkjunin var gangsett 1977 og fram til 1998 hefur verið áætlaður 90×10^6 tonn [Sigmundsson F. og fleiri 1997, Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998].

Áhrifa massatöku úr svæðinu gætir á takmörkuðu svæði næst borsvæðinu í Leirbotnum, en engin merki um sig í kjölfar massatöku hafa sést í Hvíthólum. Vatnsborðsmælingar hafa verið gerðar í holum sem ekki eru í vinnslu á Kröflusvæði og reynist það sveiflukennt [Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998].

Erfitt er að segja til um hvaða áhrif aukin vinnsla úr svæðinu hefur á landhæð í kjölfar stækkunar Kröfluvirkjunar. Áætlað er að gufu fyrir nýja vélasamstæðu verði aflað úr Kröfluhlíðum. Ekki er líklegt að frekari vinnsla úr Kröfluhlíðum komi til með að hafa áhrif á landhæðarbreytingar á Leirbotnasvæði þar sem Hveragilssprungan skilur þessi tvö vinnslusvæði að. Einnig þykir ljóst að landhæðarbreytingar vegna massatöku úr jarðhitasvæðinu við Kröflu geta ekki talist miklar eftir að Kröflueldum lauk. Erfitt er þó að meta breytingar sem stafa eingöngu af massatöku úr jarðhitageyminum vegna storknandi innskota undir svæðinu sem talin eru valda landsigi.

Áætlanir þess efnis að farga affallsvatni með niðurdælingu ofan í jarðhitageyminn eru m.a. hugsaðar til þess að viðhalda þrýstingi í kerfinu. Niðurdæling getur því virkað sem aðgerð gegn landsigi í kjölfar massatöku úr kerfinu. Nánar er fjallað um förgun affallsvatns í kafla 9.5.

Reglulegt eftirlit verður áfram haft með landhæðarbreytingum á Kröflusvæðinu. Fram kemur í samantekt á landhæðarmælingum við Kröflu að ef til vill verði megináhersla lögð á SAR mælingar við eftirlit á Kröflusvæði í framtíðinni þó svo að fallmælingar verði einnig notaðar áfram á staðbundnum svæðum og til að tengja saman fjarlæga punkta með mikilli nákvæmni [Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998].

5.6. Niðurstöður

Niðurstöður líkanreikninga Orkustofnunar benda til þess að jarðhitakerfið á Kröflusvæðinu muni geta staðið undir 90-100 MW virkjun næstu 30 árin.

Í ljósi þeirrar þekkingar sem fengist hefur með borunum þá er ljóst að álitlegasta svæðið til árangurs við gufuöflun er í tengslum við sprungurnar við Hveragil og Víti. Borteigur við holu-34 er vel til þess fallinn að nálgast öflugustu æðarnar í Vítis-Hveragilssvæðinu en þær liggja neðan 1800 m dýpis. Óvíst er með árangur ef leita á inn á umrætt svæði annars staðar frá eins og t.d. vestan Vítis og af því myndi einnig verða óþarfa umrót. Til framtíðar litið þá má búast við að Leirbotna- og Vítismóssvæðið komist í vinnsluhæft ástand með hefðbundnum aðferðum og þar meggi auka eða viðhalda nauðsynlegu gufumagni fyrir 100 MW raforkuframleiðslu í Kröfluvirkjun.

Breytingar á virkni yfirborðsjarðhita við Kröflu virðast óverulegar miðað við almennar breytingar á jarðhitasvæðum og fyrri lýsingar á jarðhitavirkni á svæðinu.

Ljóst þykir að landhæðarbreytingar vegna massatöku úr jarðhitasvæðinu við Kröflu geta ekki talist miklar eftir að Kröflueldum lauk. Áhrifa massatöku gætir á takmörkuðu svæði næst vinnslusvæðinu í Leirbotnum, en engin merki um sig í kjölfar massatöku hafa sést í Hvíthólum. Ekki er líklegt að frekari vinnsla úr Kröfluhlíðum komi til með að hafa áhrif á landhæðarbreytingar á Leirbotnasvæði þar sem Hveragilssprungan skilur þessi tvö vinnslusvæði að.

6. GRÓÐURFAR

6.1. Inngangur

Mývatnssveit er á móbergssvæði og hefur sveitin ekki farið varhluta af uppblæstri og áfoki. Hins vegar hefur loftslag miklu meiri áhrif á tegundasamsetningu en berggrunnurinn. Mývatnssveit er fremur snjólétt eftir því sem gerist á Norðurlandi og því vantar flestar tegundir sem einkenna snjóþung svæði. Mývatnssveit er hátt yfir sjó og því ekki margar hitakærar tegundir þar heldur.

Rannsóknastofnun landbúnaðarins gaf 1982 út gróðurkort fyrir Kröflusvæði og nágrenni [Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1982] í mælikvarðanum 1:40 000. Á því korti eru Leirbotnar og Kröfluhlíðar taldir gróðurlausir melar, en þar eru stöðvarhús, skiljustöð og flestar borholur virkjunarinnar.

Vegna mats á áhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar var gerður samningur við Rannsóknastofnun landbúnaðarins um rannsóknir á gróðurfari á svæðinu. Eftirfarandi kafli er byggður á niðurstöðum á rannsóknum Rala [Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000]. Sjá viðauka 3.

6.2. Lýsing

Athugunarsvæðið náði yfir dalinn umhverfis virkjunina og borholusvæði norðan við hana. Auk þess var svæðið meðfram volga læknum rannsakað alveg niður fyrir þjóðveg nr. 1 allt þar til að lækurinn myndar tjarnir og endanlegt affall og hverfur í hraunið.

Athugunarsvæðinu var skipt í sjö minni svæði og gróðri lýst þar (mynd 18). Svæðin voru valin með tilliti til nálægðar við borholur og virkjunina sjálfa og með tilliti til þess hversu dæmigerð þau virtust fyrir umhverfi sitt. Einnig var kannað sérstaklega svæðið meðfram Hlíðardalslæk þar sem allar breytingar á magni vatns, hita, efnasamsetningu og framburði jarðefna munu geta haft áhrif á gróðurfari í nánd við hann.

6.2.1. Virkjunarsvæði

Gróðurfari hvers svæðis er lýst almennt og á sumum þeirra voru tekin langsníð og þekja plantna mæld. Reynt var að velja dæmigerð gróðursvæði fyrir sniðin og að leggja þau þvert á fallanda í gróðurfari. Var þetta gert til þess að fá betri hugmynd um vægi einstakra plöntutegunda í gróðursamfélaginu en upptalning tegunda ein og sér hefði gefið. Svæðin voru flest það breytileg að skoða þarf niðurstöður þessara mælinga með nokkrum fyrirvara.

Svæði 1. Votlendi við borholu 34

Svæði þetta er í brekku austan við borholuna og er eins konar slétt hallamýri sem endar í snjóðældagróðri á mörkum mýrar og melhóla í kring. Mosar eru áberandi þar sem blautast er, en starir, fífa og kornsúra annars staðar. Mýrin endar í lítilli tjörn. Talsverð beit er á þessu svæði sem og öðrum vel grónum svæðum umhverfis Kröfluvirkjun.

Svæði 2. Þurrar brekkur og melar við borholu 34

Svæðið liggur sunnan við mýrina. Neðst er samfelldur gróður af mjög lágvöxnum jurtum og mosum. Þegar ofar dregur strjálást gróðurinn og endar í mel. Á melnum er ógróin mold mest áberandi en þar finnast þúfur af holtasóley og lambgrasi. Sléttan umhverfis borholuna tilheyrir þessu svæði en gróðurþekja er þar að jafnaði meiri.



Mynd 18. Athugunarsvæði gróðurfarsrannsóknar (Rala)

Svæði 3. Lagnasvæði, brekka og dalur eða gil niður á jafnsléttu

Svæðið samanstendur mest af þurrlendi. Hraunurð er undir því vestast en annars melur. Volgur lækur liðast niður dalinn og eru þar votlendisblettir. Í vætublettunum vex beitieski, mýrastör, mýradúnurt, klóffía, hrafnafífa og skarífíflar. Laugasef vex í bökkum. Á melnum er land víða raskað vegna framkvæmda við lagnir. Þar hefur sums staðar orðið töluvert vatnsrof þrátt fyrir að reynt hafi verið að sá í melinn. Sáningar eru gisnar og sáning frá síðasta vori (2000) virðist hafa misfarist, líklega vegna þurrka. Í sáningunum er klóelfting áberandi ofantil. Túnvingull, vallarsveifgras og beringspunktur eru líklega sáðgrös. Fjallasveifgras, blóðberg og fjallapunktur hafa komið inn í uppgræðslusvæðið. Einnig fundust vegarfi, langkrækill og skammkrækill.

Svæði 4. Sléttan norðan stöðvarhússins

Svæðið einkennist af þurrum þursaskeggsflákum og gróðurlitlum flagmómum. Rakar er þó með læknum sem rennur nærri veginum. Borið hefur verið á svæðið í sumar (2000) en engin áburðaráhrif eru sjáanleg, líklega vegna þurrka.

Svæði 5. Vesturhlíð dalsins

Svæðið er mói með nokkuð fjölbreyttum gróðri. Mest áberandi eru lyngtegundirnar kræki- og bláberjalýng. Þursaskegg og ljónslöpp hafa einnig nokkra þekju. Þarna er talsverð beit.

Svæði 6. Afgirt og friðað svæði á hrauni umhverfis stöðvarhúsin

Gróður er svipaður og á svæði 5, en víðir, smjörgras og hjónagrös eru óbitin og gróskumikil. Þarna finnst einnig stinnastör. Birki- og gulvíðiplöntur sem finnast á svæðinu hafa líklega verið gróðursettar.

Svæði 7. Austurhlíð dalsins

Austurhlíð dalsins minnir á vesturhlíðina, en beit virðist vera meiri. Einnig eru þarna lautir með snjóðældaekenni. Á þessu svæði fannst birki sem er líkast til síðustu leifar kjarrs sem þarna hefur vaxið í fyrndinni.

6.2.2. Hlíðardalslækur

Hlíðardalslækur eða Dallækur, sem fellur frá Kröflusvæðinu, hefur orðið fyrir áhrifum frá jarðhitanytingunni. Lækurinn er náttúrulegt afrennsli frá dalkvosinni sem virkjunin er í. Að hluta til er hann afrennsli frá hverasvæðunum, en einnig er hluti kalt lindarvatn. Í leysingatíð fellur í hann aukið vatn. Frá skiljustöð kemur í hann um 125 kg/s af um 100°C vatni og einnig 40-80 kg/s af um 40°C vatni frá kæliturnum. Lækurinn fellur suður Hlíðardal. Í hann bætist kalt vatn á fáeinum stöðum og hann endar í tjörnum suður í Búrfellshrauni.

Á leið sinni þangað suður ber hann með sér fínt efni sem þéttir botninn allhratt. Lækurinn skiptir því alloft um farveg og þéttir þau jarðlög sem hann fellur um. Á endanum safnast hann í tjarnir við hraunið og þéttist botn þeirra hratt. Við það minnkar leki um botninn sem verður til þess að tjarnirnar stækka og vatnið finnur sér nýja leið. Þessi ferill er greinilega í gangi og tjarnirnar fara stækkandi.

Þau efni sem mynda hið þetta lag eru framburður lækjarins sem er sandur og fínt ljóst efni ásamt blágrænum þörungum sem þrífast vel í læknum rétt neðan við virkjunarsvæði. Sandurinn á líklega uppruna sinn að miklu leyti í því rofi sem er á svæðinu. Ljósá fína efnið er að einhverju leyti myndlaus kísill sem fellur út við kólnun vatnsins svo og leirefni frá hverasvæðinu m.a. úr hlíðum Kröflu.

Næst virkjunarsvæðinu er lækurinn það heitur að hann hýsir sérstakt lífríki svo sem er á hverasvæðum, en um 2 km sunnan við orkuverið er hann kominn í sæmilegt jafnvægi við umhverfið hvað varðar hita. Efnainnihald virðist þó vera allt annað en í venjulegum köldum lækjum. Ef tekið er mið af þeim plöntutegundum sem þar vaxa virðist framburður plöntunæringarefna vera talsverður, að nítri undanskildu. Við lækjarbakka ber mest á hvítsmára, fjalldrapa, skarífílli, skriðlíngrasi, krækilyngi, ljósastör, mýrastör, mýrasefi og lógrasi. Dýragras finnst þar svo og hvítstör og einir. Nokkuð er um blágræna þörungum í botni lækjarins. Þeir virðast njóta góðs af vatninu sem fellur frá hverasvæðinu. Þegar neðar dregur fækkar blágrænum þörungum mjög.

Lækurinn fellur niður af því sléttlendi sem orkuverið er á. Í honum er mikið rek á þeim kafla, sandskrið er á botni og í honum fljóta blágrænir þörungar. Með núverandi farvegi er fjöldi gamalla farvega, sumir hafa þornað, aðrir eru blautir og bjúgvötn finnast. Lækurinn hefur öll einkenni þess að hann sé að bera fram efni og byltast um svæðið. Þar sem einhver fyrirstaða er svo sem vegur hefur verið lagður yfir svæðið myndast flæðilönd. Einkennisplöntur á þessu svæði eru skriðlíngrasi, skarífífill, bjúgstör og mýrasauðlaurur.

6.2.3. Tjarnir vestan undir Búrfellshrauni

Hl endar í allstórri tjörn vestan undir Búrfellshrauni, um 3 km sunnan þjóðveg nr. 1 (mynd 19). Rétt fyrir ofan hana er önnur tjörn sem er öllu minni en hefur verið stærri fyrir fáeinum misserum ef marka má umhverfi hennar. Umhverfis tjörnina eru flöt flæðilönd og hún er grunn. Á milli efri og neðri tjarnanna rennur lækur í frekar grunnum farvegi sem er lítt þróaður.

Neðri tjörnin er nokkrir hektarar að stærð. Við vesturbakka hennar má sjá hvar vatnið fellur út og undir hraunið í vesturátt. Þessi útföll sem eru tvö skýra hvert vatnið fer. Þau eru nú nægilega stór til að flytja allt það vatn sem í tjarnirnar fellur því vatnsflæðið virðist greitt. Við suðurenda

tjarnarinnar eru melhólar. Þar stendur melgresi upp úr vatninu sem sýnir að tjörnirnar hefur hækkað í sumar því að melgresi vex ekki í vatni. Það hefur spírað upp í þurru og vatnið komið síðar.

Tjarnirnar draga að sér andfugla og á vatninu voru a.m.k. tvær rauðhöfðafjölskyldur sem nýta sér þetta nýlega búsvæði. Svo virðist sem Hlíðardalslækur hafi breyst nokkuð við virkjunina við Kröflu. Vatn í læknum hefur aukist og tjarnir myndast vestan undir Búrfellshrauni. Það hefur síðan áhrif á gróðurfar næsta nágrennis og fæðuframboð fyrir sumar dýrategundir hefur aukist. Þrátt fyrir aukið vatnsmagn í læknum er ekki hægt að merkja að jarðvegsrof hafi aukist. Það er óverulegt ef undan er skilið það rof sem óhjákvæmilega á sér stað þegar vatnsfarvegir færast úr stað.

6.3. Niðurstöður

Áhrif virkjunarframkvæmda við Kröflu á gróður felast fyrst og fremst í raski vegna vegagerðar og lagningar leiðsla frá borholum að stöðvarhúsi og áhrifum affallsvatnsins á Hlíðardalslæk og umhverfi hans. Flestar nýlegar holur eru á mjög lítt grónu svæði og því ekki um miklar gróðurskemmdir að ræða. Þó virðist sem framkvæmdirnar hafi aukið vatnsrof í för með sér á sjálfu framkvæmdasvæðinu. Tilraunir hafa verið gerðar til þess að binda jarðveg með sáningu grasfræs og áburðardreifingu með misjöfnum árangri. Svæðið er erfitt til uppgræðslu og vafalaust tefur beit sauðfjár fyrir henni. Æskilegt væri því að friða uppgræðslusvæðin fyrir beit til þess að hjálpa gróðri á legg.

Engar friðaðar plöntutegundir fundust á svæðinu. Ekki fundust heldur tegundir sem sjaldgæfar geta talist, en við lækinn u.þ.b. tvo kílómetra sunnan við stöðvarhúsin fannst hvítstör. Tegund sem telst sjaldgæf á Mývatnssvæðinu þó hún finnist víða um norðanvert landið.

Áhrif Kröfluvirkjunar á Hlíðardalslæk eru af þrennum toga.

Í fyrsta lagi veldur heitt affallsvatn því að hitastig í nyrsta hluta lækjarins er hátt. Líklegt er að hitaáhrifa á gróður gæti mest vor og haust, og þá mest á gróður í læknum sjálfum og fast við vatnsborðið.

Í öðru lagi veldur affallsvatnið því að lækurinn er vatnsmeiri en hann var fyrir virkjun. Það ætti að hafa í för með sér hærri grunnvatnsstöðu umhverfis farveginn og hafa þannig nokkur áhrif í þá átt að skapa betri skilyrði fyrir rakakærar plöntutegundir.

Í þriðja lagi ber heita vatnið með sér bæði uppleyst efni og fínkorna jarðefni, sem hafa viss áburðaráhrif á gróður í og nærri farveginum og virðast þetta botn lækjarins og tjarnanna sem hann endar í. Flutningur jarðefna hefur líklega aukist frá því sem var fyrir virkjun vegna framkvæmda í Leirbotnum og Kröfluhlíðum. Þessi efni hækka botn lækjarins á Dalleiru, flatlendinu norðan við þjóðveg nr. 1 og verða til þess að hann skiptir tíðar um farveg en áður. Grunnvatnsstaðan hækkar, tjarnir og flæðilönd myndast. Skilyrði batna því fyrir rakasækinn gróður en fjalldrapi og ýmsar þurrlandistegundir hoga. Í leysingum berast jarðefni yfir gróður á bökkunum og nýtast sem áburðarefni. Jarðefnin eiga vafalaust einnig mestan þátt í þéttingu hraunsins sunnan vegar. Þar hafa myndast allstórar tjarnir sem eru enn að stækka.

Ólíklegt er talið að stækkun Kröfluvirkjunar hafi áhrif á gróðurfar umhverfis virkjunina. Líklegt er að aukið affallsvatn frá stækkaðri Kröfluvirkjun muni auka hraða þeirra breytingaferla sem þegar eru í gangi við Hlíðardalslæk og tjarnirnar vestan undir Búrfellshrauni. Lagt er til að fylgst verði með þessum breytingum með reglulegum mælingum á fyrirfram ákveðnum sniðum. Leiði vöktun í ljós neikvæð áhrif af völdum affallsvatns vegna förgunar með núverandi hætti verður fyrirkomulag förgunar endurskoðað í samráði við leyfisveitendur.

7. FUGLALÍF

7.1. Inngangur

Þrátt fyrir viðamiklar rannsóknir á fuglalífi umhverfis Mývatn hafa ekki verið gerðar rannsóknir á fuglalífi á Kröflusvæðinu sem beinst hafa að því að skoða áhrif Kröfluvirkjunar. Vegna þess var samið við Náttúrustofu Austurlands um rannsókn á fuglalífi á virkjunarsvæðinu við Kröflu vorið 2000. Rannsóknir Rannsóknarstöðvarinnar við Mývatn á fuglalífi á væntanlegu virkjunarsvæði í Bjarnarflagi [Árni Einarsson 1999] eru notaðar til samanburðar. Eftirfarandi kafli byggist á skýrslu Náttúrustofu Austurlands [Halldór W. Stefánsson 2000]. Sjá viðauka 4.

7.2. Lýsing

Skoðað var fuglalíf á um 5 km² svæði frá norðanverðu Víti og 6 km í suður þaðan. Svæðið var breiðast nyrst en mjókkaði er sunnar dró. Svæðið einkennist af jarðhitamelum, hæðum og mólendisgróðri. Í útjöðrum þess má sjá afmarkaðar hálendisgrundir með tilheyrandi plöntum. Mannvirkin sem reist hafa verið í tengslum við Kröfluvirkjun og slóðar, stígar og útsýnisstaðir fyrir ferðamenn setur sterkan svip á heildarmynd svæðisins.

Horft var yfir svæðið með sjónauka og fuglar taldir með beinni talningu, það er allir þeir fuglar sem sáust voru skráðir. Allt svæðið var skoðað svona. Tegundir voru flokkaðar og einstaklingafjöldi þeirra skráður. Tekin voru 3 snið og fuglar taldir á þeim. Rætt var við starfsmenn Kröflustöðvar og þeir inntir eftir upplýsingum um fugla á og við mannvirkin á svæðinu.

Talsverður hávaði kemur frá Kröflustöðinni sem fælir frá fugla, en nokkru fjær virðast fuglar geta þrífist. Svæðið er þegar raskað og frekari röskun á svæðinu mun því að öllum líkindum ekki hafa neikvæð áhrif á fuglalífið. Þá má geta þess að umtalsverð umferð fólks, gangandi og akandi er á svæðinu yfir sumartímenn sem hefur truflandi áhrif á fuglana.

Alls fundust 11 tegundir fugla á athugunarsvæðinu. Tegundirnar ellefu sem sáust á athugunarsvæðinu eru allar frekar algengar í íslenskri náttúru. Í samanburði við rannsóknir sem gerðar voru við Námafjall 1998-99 sést að sami fjöldi tegunda er á þessum svæðum þó svo að tegundirnar séu ekki þær sömu. Grágæs, álf og sendlingar sáust ekki við Námafjall en voru við Kröflu og svo voru hettumáfur, steindepill og spói við Námafjall en ekki við Kröflu.

Samkvæmt þessum athugunum bendir allt til þess að framkvæmdir á athugunarsvæði Kröfluvirkjunar muni hafa hverfandi áhrif á fugla. Það er einkum maríuerla, skógarpröstur og snjó-tittlingur sem gætu orðið fyrir nokkurri truflun.

7.3. Niðurstöður

Alls fundust 11 tegundir fugla á athugunarsvæðinu. Tegundirnar ellefu sem sáust á athugunarsvæðinu eru allar frekar algengar í íslenskri náttúru. Í samanburði við rannsóknir sem gerðar voru við Námafjall 1998-99 sést að sami fjöldi tegunda er á þessum svæðum þó svo að tegundirnar séu ekki þær sömu.

Samkvæmt þessum athugunum bendir allt til þess að framkvæmdir á athugunarsvæði Kröflustöðvar muni hafa hverfandi áhrif á fugla. Talsverð umferð ferðamanna, gangandi og akandi er um svæðið yfir sumartímenn sem hefur truflandi áhrif á fuglalíf.

8. HVERAÖRVERUR

8.1. Inngangur

Eftirfarandi umfjöllun byggist á greinargerð Jakobs Kristjánssonar um lífríki hverasvæðanna við Kröflu og Bjarnarflag, sem unnin var fyrir Landsvirkjun [Jakob Kristjánsson 1996].

Hverir eru afmarkaðir blettir á yfirborði jarðar og má líkja við eyjar. Þeir eru mjög sjaldgæfir m.v. heildaryfirborð jarðar. Hverir eru einnig lífríki örvera, sem flestar sjást ekki með berum augum. Sérkenni örvera kemur fram í starfsemi þeirra eða innri byggingu.

Verndargildi lífríkis í hverum má meta út frá þremur sjónarhornum:

- Í fyrsta lagi fagurfræðilegu gildi. Hverir eru sérstök náttúruyfyrirbæri og oft setja hveralífverurnar mark sitt á þá. Margvísleg litbrigði hvera má oft að stórum hluta rekja til ákveðinna lífvera, sem ná að fjölga sér mikið við hagstæð skilyrði.
- Í öðru lagi líffræðilegum fjölbreytileika. Hverir eru afar breytilegir innbyrðis hvað efna- og eðlisfræði varðar og eru þannig mismunandi vistkerfi með mismunandi örverutegundum. Hverir eru því gjarnan nefndir sem dæmi um mikilvæg örveruvistkerfi, sem geta eyðst og þar með leitt til útdauða ákveðinna tegunda.
- Í þriðja lagi hagnýtingargildi hveralífvera. Hveralífverur lifa við mjög erfið skilyrði miðað við aðrar lífverur. Hár hiti er þar efst á blaði en hverir einkennast oft líka af ýmsum jaðargildum svo sem sýrustigs og seltu. Það er ástæðan fyrir því að hveraörverur eru svo áhugaverðar sem uppsprettur fyrir margvísleg lífefni, sem hagnýta má í iðnaði.

8.2. Lýsing

Lífríki hvera á háhitasvæðum fer mjög mikið eftir því hversu mikið vatn er á svæðinu og hvernig það kemur að hverunum. Út frá þessu má flokka hverina upp í fjóra megin hópa.

- Í fyrsta lagi hverir sem standa mjög hátt til fjalla eða á hæðum og engin mikil vatnsuppspretta nálæg. Hér er oftast nær um að ræða einungis gufu og eru hverirnir oft þurrir. Þetta kallast gufuaugu og brennisteinsvetnið í gufunni oxast fyrir áhrif ólífrænnar oxunar. Vegna vatnsskorts er alla jafna lítið um lífverur í svona hverum.
- Næsta flokk má nefna leirhveri þar sem jarðvatnsstaða er nokkuð há en hverirnir samt stöðugir þ.e. lítið vatn rennur í þá og úr. Vatnið situr því kyrrt og safnar í sig brennisteins-sýrunni sem til verður við oxun brennisteinsvetnisins. Þessi gerð hvera er mjög rík af örverulífi.
- Þriðja stig hvera á háhitasvæðum má telja hveri þar sem að nokkurt vatnsflæði streymir úr hverunum a.m.k. öðru hvoru. Á slíkum svæðum safnast ekki fyrir eins mikil brennisteins-sýra og þeir ná að bleyta nánasta umhverfi sitt. Á nokkurra sentimetra dýpi í heitum jarðvegi umhverfis slíka hveri er gjarnan mjög mikið af loftfælnum hitakærum fornbakteríum af mörgum gerðum.
- Fjórða stigið er þar sem að verulegt vatnsstreymi fellur saman við hveraopin. Þetta vatnsstreymi getur stundum verið kalt grunnvatn eða kalt yfirborðsvatn, sem að gufuuppspreymið nær að hita nægilega mikið. Í þessari síðustu hveragerð á háhitasvæðum nær að myndast afar sérstætt lífríki.

Hverasvæðið við Kröflu fellur nánast alfarið í flokk nr.1, en þó finnast stöku hverir í flokki 2 en engir í flokki 3 eða 4. Hverir í 1. flokki innihalda lítið af lífverum vegna þurrks og eru því ekki mjög merkilegir frá líffræðilegu sjónarmiði. Hverir í flokki 2 eru aftur á móti mjög ríkir af lífverum en þeir eru hins vegar á sama hátt algengir og því ekki ástæða til að leggja neina sérstaka áherslu á verndun þeirra á þessu svæði.

8.3. Niðurstöður

Af því, sem rakið er hér að framan má ljóst vera að fjölbreytni í gerðum hvera er ekki mikil á Kröflusvæðinu. Það hefur því ekki mikið verndargildi umfram önnur háhitasvæði ef horft er þröngt á málið út frá hveralíffræðinni eingöngu. Hér er ekki verið að taka afstöðu til verndargildis, sem byggist á öðrum forsendum. Sjá kafla 4 um skipulag og landnotkun.

9. AFFALLSVATN OG ÁHRIF Á GRUNNVATN

9.1. Inngangur

Affallsvatn frá orkuverinu er annars vegar upphitað kælivatn frá kæliturnum blandað þéttivatni frá eimsvölum og hins vegar skiljuvatn frá skiljustöð (mynd 7).

Öllu affallsvatni er veitt í Hlíðardalslæk (Dallæk), en í hann renna auk þess: vatn úr lindum og hverum á svæðinu, yfirborðsrennsli og leysingavatn og affallsvatn frá borholum þegar þær blása. Hlíðardalslækur rennur niður Hlíðardal og endar vestan undir Búrfellshrauni, sunnan Þjóðveg 1, þar sem hann myndar nú tjarnir en útrennsli þeirra hverfur í sprungur í hrauninu.

9.2. Fráveita kælivatns og þéttivatns

Vatni til kælingar og neyslu er safnað í Sandabotnum austan Sandabotnafjalls og er veitt um lagnir til Kröflustöðvar. Köldu vatni frá kæliturni ásamt nýju kælivatni er úðað yfir jarðhitagufuna frá hverflunum í eimsvölum sem myndar þéttivatn, en kælivatnið hitnar og blandast þéttivatninu. Frá eimsvölu er vatninu dælt efst í kæliturna þar sem það fellur niður, hluti þess gufar upp en afgangurinn kólnar og fer í þrær í botnum þeirra, en frárennslisvatni er veitt í Hlíðardalslæk. Magn frárennslis frá núverandi virkjun er á bilinu 40-80 kg/s, en það er háð hita og rakastigi í andrúmslofti.

Frárennslisvatn frá kæliturnum einkennist af mjög litlu steinefnainnihaldi en það er með uppleystum jarðhitalofttegundum. Uppleyst CO₂ mælist á bilinu 60-125 mg/kg og H₂S á bilinu 8-50 mg/kg [Trausti Hauksson 2000]. Kvikasilfur úr jarðhitavökvanum fylgir að mestu gufunni frá skiljustöð og má því búast við að það endi í þéttivatni frá eimsvölum.

Í kælikerfi nýrrar vélasamstæðu verður óbeinn eimsvali. Þéttivatn verður afloftað áður en því verður blandað saman við kælivatn. Ekki verður þörf á viðbótar kælivatni en sem nemur þéttivatninu og er talið af frárennsli frá nýjum kæliturni verði um 33 kg/s að jafnaði.

9.3. Fráveita skiljuvatns

Megin hluti skiljuvatns er veitt í Hlíðardalslæk frá skiljustöðinni í Leirbotnum eða um 100 kg/s, en um 25 kg/s fara frá skiljustöðinni við Hvíthóla. Fyrirhugað er að losa allt skiljuvatn frá Kröfluvirkjun frá skiljustöðinni í Leirbotnum.

Með skiljuvatninu berst megin hluti þeirra uppleystu steinefna sem eru í jarðhitavökvanum.

Í töflu 9.1 má sjá dæmigerðan styrk helstu efna í skiljuvatni frá skiljustöð í Leirbotnum, í frárennslisvatni frá kæliturnum og í Hlíðardalslæk við Þjóðveg 1 (Austurlandsveg) [Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson 2000].

Nokkur framburður þéttir botn Hlíðardalslækjar allhratt og skiptir hann því oft um farveg. Talið er að þessi framburður séu útfellingar, leir af hverasvæðunum og blágrænir þörungar sem þrífast vel í læknum rétt neðan við virkjunarsvæðið. Næst virkjunarsvæðinu er lækurinn það heitur að hann hýsir sérstætt lífríki svo sem á hverasvæðum, en um 2 km sunnan við Kröflustöð er hann kominn í sæmilegt jafnvægi við umhverfið hvað varðar hita [Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000].

Af þessum efnum mælist styrkur natríums, kalíums, áls, bórs og súlfats um eða yfir mörkum fyrir drykkjarvatn í Hlíðardalslæk. Vatnsból í Austaraselslindum stendur mun hærra en Hlíðardalslækur og því er ekki talin hætta á að jarðhitavatn komist í það frá læknum.

Innihald snefilefna í skiljuvatni, frárennsli frá kæliturnum og Hlíðardalslæk má sjá í töflu 9.2 [Björn Þór Guðmundsson og Stefán Arnórsson 1998, Halldór Ármannsson o.fl. 1998].

Tafla 9.1. Styrkur helstu efna í skiljuvatni, frárennsli kæliturna og í Hlíðardalslæk

Efni	Styrkur í skiljuvatni mg/kg	Styrkur í frárennsli kæliturna mg/kg	Styrkur í Hlíðardalslæk mg/kg
Kísill (SiO ₂)	574	17	225
Natríum (Na ⁺)	285	19,5	147
Kalíum (K ⁺)	32	0,3	14
Kalsíum (Ca ⁺²)	6,17	4,53	35,8
Magnesium (Mg ⁺²)	0,04	2,07	8,33
Súlfat (SO ₄ ⁻²)	307	42	231
Klóríð (Cl ⁻)	40,5	2,9	28,4
Flúoríð (F ⁻)	1,08	0,13	0,51
Járn (Fe)	0,08	0,08	0,08
Bór (B)	1,12	0,20	0,48
Ál (Al)	1,33	0,04	0,34
Karbónat (CO ₂)	61,5	115	97,9
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	11,9	40,5	0,05
Uppleyst efni alls	1329	77	681
Sýrustig, pH	9,57	5,44	8,86

Tafla 9.2. Dæmigert snefilefnainnihald skiljuvatns, frárennslis kæliturna og Hlíðardalslæk.

(einingar eru þúsundfalt minni en í fyrri töflu)

Efni	Styrkur í skiljuvatni µg/kg	Styrkur í frárennsli kæliturna µg/kg	Styrkur í Hlíðardalslæk µg/kg
Kopar, Cu	<0,05 ^{I)}	<0,05 ^{I)}	0,5 ^{I-II)}
Sink, Zn	0,397 ^{D)}	2,55 ^{D)}	0,4 ^{D)}
Kadmín, Cd	0,0179 ^{II)}	0,0240 ^{II)}	-
Blý, Pb	0,078 ^{D)}	0,033 ^{D)}	<0,2 ^{D)}
Króm, Cr	0,101 ^{D)}	1,975 ^{D)}	5,6 ^{III)}
Nikkel, Ni	0,27 ^{D)}	0,52 ^{D)}	-
Arsen, As	22 ^{IV)}	0,27 ^{D)}	16-45 ^{IV)}
Kvikasilfur, Hg	0,011	0,036	-
Fosfór, P	1,28	1,15	-

I) Mjög lítil eða engin hættu á áhrifum á lífríki. II) Lítil hættu á áhrifum á lífríki. III) Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki. IV) Áhrifa að vænta á lífríki. V) Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði. Samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns [Stjttíð. B, Nr. 796/1999].

Mjög lítilla eða lítilla áhrifa er að vænta af innihaldi kopars, sinka, kadmíns, blýs, króms og nikkels í affallsvatni frá Kröfluvirkjun, ef miðað er við reglugerð um varnir gegn mengun vatns [Stjtið. B, nr. 796/1999].

Styrkur arsens mældist 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í skiljuvatni og 0,27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í frárennsli frá kæliturenum. Í Hlíðardalslæk hefur styrkur arsens mælt 16-45 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns [Stjtið. B, nr. 796/1999] er lífríki talin stafa mjög lítil hætta af arsenstyrk undir 0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$. Í þeim mælingum sem gerðar hafa verið á styrk arsens í lindum við Mývatn er arsenstyrkur alls staðar undir 0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ [Halldór Ármannsson o.fl. 1998].

Styrkur kvikasilfurs mældist 0,011 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í skiljuvatni og 0,036 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í frárennsli kæliturena. Í reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn [Stjtið. B, nr. 800/1999] eru losunarmörk yfirleitt 50 $\mu\text{g}/\text{l}$ (0,05 mg/l). Í gæðamarkmiðum sömu reglugerðar er miðað við að heildarstyrkur kvikasilfurs í yfirborðsvatni á landi þar sem áhrifa fráveituvatns gætir megi ekki fara yfir 1 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Styrkur fosfórs mældist 1,28 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í skiljuvatni og 1,15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ í frárennsli kæliturena. Samkvæmt reglugerð um mengun vatns [Stjtið. B, nr. 796/1999] er árvatn talið næringarsnautt ef fosfórstyrkur er undir 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ (<0,02 mg/l).

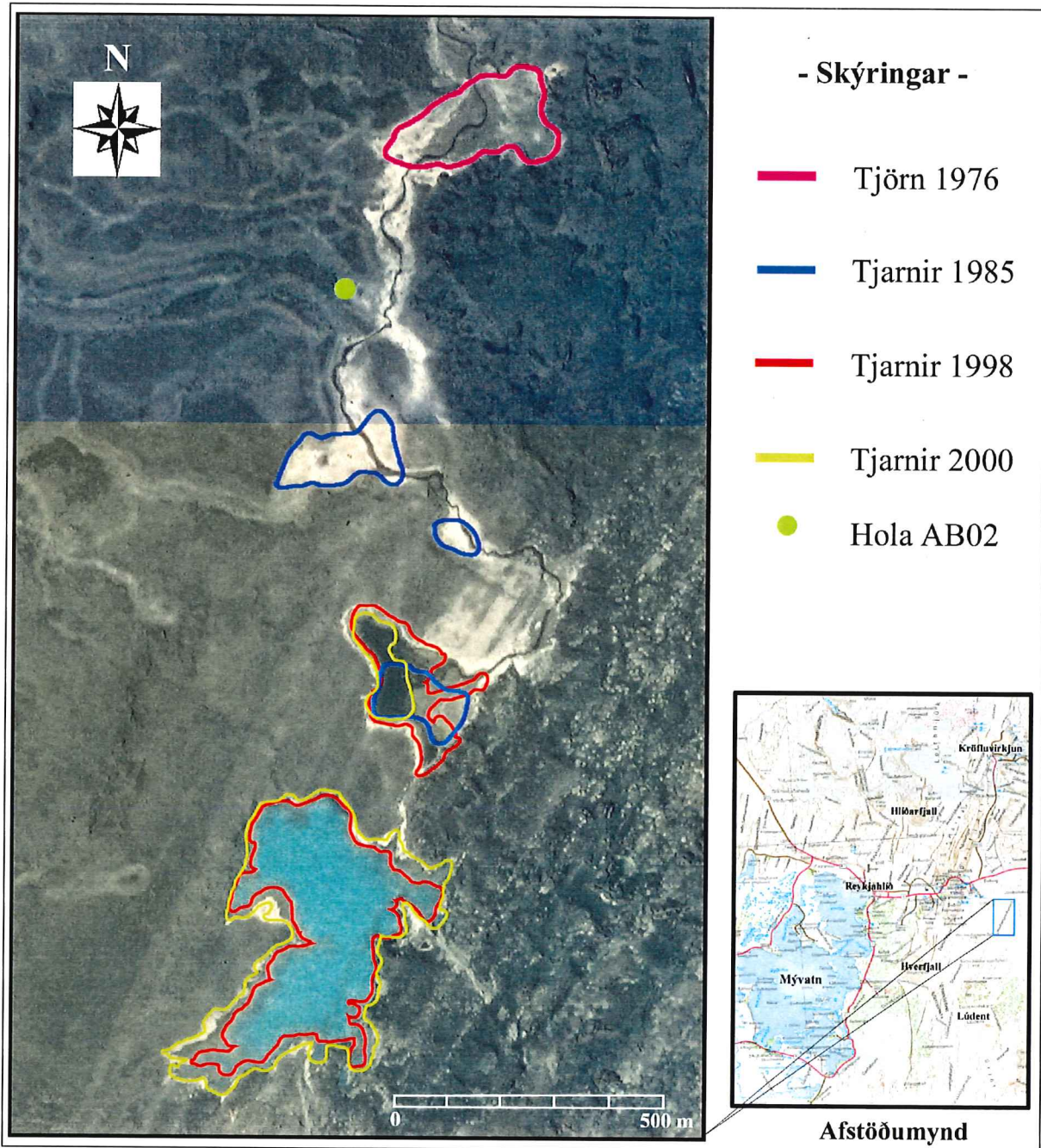
Köfnunarefni hefur ekki verið mælt í skiljuvatni eða frárennsli kæliturena. Í gróðurfarsrannsókn Rala vegna mats á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar [Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000] kemur fram að ef tekið væri mið af þeim plöntutegundum sem vaxa á bökkum Hlíðardalslækjar virðist framburður jurtanæringarefna vera talsverður að köfnunarefni undanskildu.

Ekki er talin ástæða til að ætla að breytingar verði á styrk snefilefna við fyrirhugaða stækkun Kröfluvirkjunar. Holur á fyrirhuguðu vinnslusvæði eru hávermisholur og nánast þurrar. Því mun skiljuvatn ekki aukast um nema 3 kg/s fyrst eftir stækkun virkjunarinnar úr 125 kg/s í 128 kg/s. Gert er ráð fyrir að á spátímanum lækki vermi nýrra vinnsluhola úr 2700 kJ/kg í 1300 kJ/kg, en þá mun skiljuvatn vegna stækkunarinnar aukast í um 200 kg/s. Þetta skiljuvatn verður nýtt á lágþrýstiskiljur í stað jarðhitavökva frá lágþrýstiholum. Við það dregur úr losun skiljuvatns eldri hluta virkjunarinnar sem nemur um 70 kg/s

9.4. Hlíðardalslækur og áhrif á grunnvatn

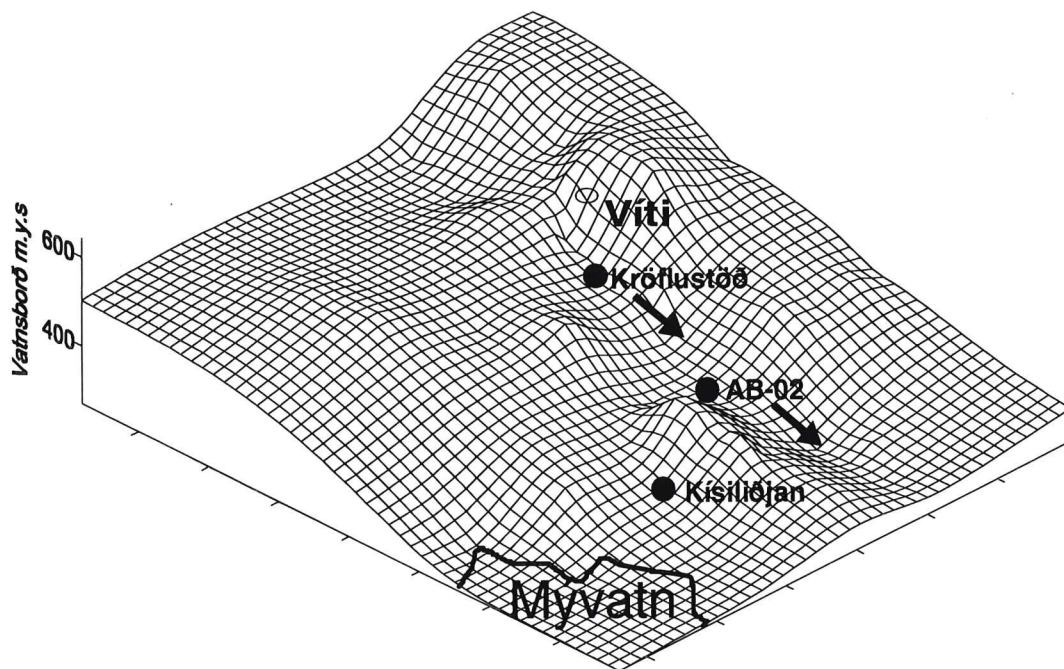
Fyrir virkjun við Kröflu var streymi í Hlíðardalslæk sveiflukennt, mikið í leysingum en lítið í þurrkatíð. Eftir virkjun hefur streymið verið jafnara vegna affallsvatns frá virkjuninni. Framburður í læknum hefur þétt botn hans og leitt til þess að lækurinn hefur borist lengra suður og myndar þar grunnar tjarnir vestan undir Búrfellshrauni. Mynd 19 sýnir hvernig tjarnir í hrauninu hafa breyst og færst frá upphafi vinnslu við Kröflu um 1976 fram til ársins 2000. Á þessu tímabili hafa myndast og horfið nokkrar tjarnir í hrauninu. Við mat á stærð tjarnanna samkvæmt loftmynd frá árinu 2000 kom í ljós að um tvær tjarnir var að ræða, samtals tæpir 10 ha að stærð. Hefur efri tjörnin minnkað frá 1999, en neðri tjörnin stækkað og þó virðist hún hafa gott niðurfall um sprungur niður í hraunið [Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000].

Árið 1979 var boruð hola, AB-02, í nágrenni við þáverandi niðurfall Hlíðardalslækjar til að kanna hugsanlega blöndun affallsvatns og grunnvatns. Niðurstöður efnagreininga benda ekki til neinnar blöndunar innstreymisvatns holunnar við affallsvatn frá Kröflu. Fylgst hefur verið með raunverulegu grunnvatnsborði í áður nefndri holu í Búrfellshrauni og kom í ljós að grunnvatnsborð lækjarins og tjarnanna er falskt. Hefur vatnsborðið sveiflast frá um 52 til 56,5 m dýpi.



Mynd 19. Breytingar á tjörnum vestan undir Búrfellshrauni 1976-2000 (VGK)

Mynd 20 sýnir raunverulegt grunnvatnsborð á Mývatnssvæðinu þar sem stuðst er við mælt vatnsborð linda og niðurstöður viðnámsmælinga [Halldór Ármannsson o.fl. 1998]. Samkvæmt því virðist vera hindrun á streymi grunnvatns til vesturs, en að grunnvatn streymi til suðurs austan við Mývatn. Efnagreiningar á affallsvatni, holuvatni og lindarvatni á svæðinu styðja þessa niðurstöðu. Ekki hafa fundist merki um affallsvatn frá Kröflu í lindum við Mývatn og hafa niðurstöður ferilefnaprófana á svæðinu stutt þá tilgátu að affallsvatn frá Kröflu renni langt til suðurs austan Mývatns og blandist þar miklum grunnvatnsstraumi að sunnan [Halldór Ármannsson o.fl. 1998; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1999].



Mynd 20. Grunnvatnsborð á Mývatnssvæði (Orkustofnun)

9.5. Förgun affallsvatns

Frá jarðvarmavirkjunum, sem framleiða rafmagn, er losað skiljuvatn frá skiljum og þéttivatn og kælivatn frá kæliturnum. Magnið er háð stærð virkjunar og eðli jarðhitavökvans sem notaður er. Við Kröflu er jarðhitavökvinn með hátt vermi og fer þar af leiðandi meginhlutinn beint inn á hverfla virkjunarinnar í formi gufu. Í töflu 9.3 má sjá yfirlit yfir fráveitu affallsvatns núverandi Kröfluvirkjunar, áætlaða breytingu fyrst eftir stækkun virkjunarinnar og eftir um 30 ára spátíma fyrir virkjunina.

Tafla 9.3. Fráveita affallsvatns frá núverandi virkjun (60 MW_e) og eftir stækkun í 100 MW_e.

Fráveita	Núverandi virkjun	Fyrst eftir stækkun	Eftir 30 ár
	kg/s	kg/s	kg/s
Kælivatn og þéttivatn	40-80	73-113	73-113
Skiljuvatn	125	130	260

Kröfluvirkjun var hönnuð með tveimur þrýstiprepum, þ.e vökvinn er fyrst skilinn við háan þrýsting (8,6 bar_a) og síðan við lægri þrýsting (2,5 bar_a). Bora þurfti sérstakar holur fyrir lágþrýstihlutann. Vermi jarðhitavökvans í þeim er tiltölulega lágt þannig að aðeins 10-15 % vökvans nýtist sem gufa en afgangurinn fer beint í frárennsli. Innan við 200 kg/s af affallsvatni renna nú frá virkjuninni. Meira en helmingur af því affallsvatni tengist lágþrýstiholum, sem þurfti að bora sérstaklega.

Allt frá upphafi rafmagnsframleiðslu við Kröflu hafa verið uppi vangaveltur um hvort dæla ætti affallsvatni frá skiljum niður í jarðhitageyminn [Ásgrímur Guðmundsson 2001], sjá viðauka 1. Niðurdæling í jarðhitakerfi er einhver sú flóknasta af öllum fylgiaðgerðum jarðhitanytingar og þar af leiðandi ekki unnt að gefa sér fyrirfram hver niðurstaðan verður í hverju tilviki. Ávinningur af niðurdælingu er talinn vera:

- Að bæta við massa í kerfið og halda uppi þrýstingi.
- Að auka varmanám úr berginu.
- Að draga úr hugsanlegum umhverfisáhrifum affallsvatns á yfirborði eins og greint hefur verið frá fyrr í þessum kafla og í kafla 6.
- Að koma í veg fyrir landsig vegna massatöku.

Ef lítið er til stækkunar um 40 MW_e þá er vermi jarðhitavökvans úr áætluðu vinnslusvæði hátt, sem leiðir af sér góða nýtingu og mjög lítið affallsvatn frá skiljum. Þegar fram líða stundir má búast við að vermi lækki og magn affallsvatns aukist. Tillögur liggja m.a. fyrir um að nýta betur varmann með því að bæta við frárennslisvirkjun. Magn affallsvatns breytist ekki með slíkri virkjun en hiti þess verður kominn niður í a.m.k. 80 °C.

Hugmyndir um förgun affallsvatns hafa einkum verið þrjúþættar:

- Losun á yfirborði og vatnið látið hripa niður í gropin jarðlög eins og nú er gert.
- Borun grunnra hola (200-500 m djúpar) til að losna við vökvann.
- Dæling vökvans niður í jarðhitakerfið m.a. til að bæta vinnsluna.

Auk þess geta allar þessar aðferðir farið saman að einhverju leyti.

Á minnsta vinnslusvæði Kröfluvirkjunar, í Hvíthólum (mynd 2), var gerð tilraun með niðurdælingu haustið 1999 og fram á vorið 2000. Upphafleg áætlun gerði ráð fyrir að dæla affallsvatni frá holu KJ-21 niður í botnæðar holu KJ-22, sem er þar skammt frá en stefnuboruð eina 600 m til vesturs út í sprungusveiminn. Of mikið af vökvannum sem dælt var niður komst í tengsl við meginæðar holu KJ-21 og lækkaði varmainnihald vökvans. Ekki þótti ráðlegt að halda áfram niðurdælingu við þær aðstæður enda jókst skiljuvatnið smám saman og því enginn ávinningur af framkvæmdinni. Í staðinn var undirbúið að tengja Hvíthóla við skiljustöðina í Leirbotnum þannig að allt skiljuvatn færi út á einum stað.

Undirbúningur að niðurdælingu í holu KG-26 hefur staðið yfir undanfarið ár og er gert ráð fyrir að framkvæmdin geti hafist haustið 2001. Holan er fjarri öðrum vinnsluholum og er fóðruð niður á 1200 m dýpi. Áætlað er að dæla 20-30 kg/s niður í hana til að byrja með og verður vökvannum dælt frá úttaki lágþrýstiskilja. Lögð verður leiðsla í jörð frá skiljustöð að fyrirliggjandi safnæð, þaðan að holu KJ-24 og frá henni einnig í jörð að holu KJ-26, sjá myndir 3 og 4. Ef tilraunin gefur jákvæðar niðurstöður þá verður næsta skref að auka niðurdælingu upp í 50 kg/s ef holan annar því. Annars verður dælt niður eins og holan tekur við. Áhrif niðurdælingar í holu KG-26 hafa verið skoðuð sérstaklega með hjálp líkans af jarðhitakerfinu. Það sýnir að niðurdæling samhliða vinnslu hefur jákvæð áhrif á jarðhitakerfið til lengri tíma lítið og lengir líftíma þess. Gert er ráð fyrir niðurdælingartilraunin taki nokkur ár. Niðurstöður munu leiða í ljós hvert áframhaldið verður. Ef þessi framkvæmd sýnir jákvæðar niðurstöður þá má búast við að allt að helmingi núverandi affallsvatns verði dælt niður í holuna í framtíðinni.

Auk niðurdælingar í sjálft vinnslusvæðið þá er borun á grunnnum niðurdælingarholum í lek jarðlög við misgengi og sprungur talinn álitlegur kostur við förgun affallsvatns. Slíkar niðurdælingarholur mundu þá verða staðsettar í sprungubeltinu við sunnanverðan jaðar Kröfluöskjunnar. Hugsanleg staðsetning slíkrar framkvæmdar er innan sigdalsins í Hlíðardal, þar sem Hlíðardalslækur rennur neðan Skarðssels (mynd 2). Búist er við að vegna lágs hitastigs affallsvatnsins megi leggja leiðslur í jörðu frá skiljustöð að niðurdælingarsvæði meðfram Kröfluvegi. Miðað er við að bora niður í lekar sprungur á 200-500 m dýpi til að veita affallsvatninu í burtu. Markmið með förgunar með þessum hætti er að affallsvatnið hafi ekki neikvæð áhrif á grunnvatnskerfi Mývatns og á vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar.

9.6. Niðurstöður

Í kælikerfi nýrrar vélasamstæðu verður þéttivatni blandað saman við kælivatn. Ekki verður þörf á viðbótar kælivatni og er talið að frárennsli frá nýjum kæliturni verði um 33 kg/s að jafnaði. Frárennslisvatnið mun einkennast af mjög lágu efnainnihaldi.

Holur á fyrirhuguðu vinnslusvæði eru hávermisholur og nánast þurrar. Því mun skiljuvatn ekki aukast um nema 3 kg/s fyrst eftir stækkun virkjunarinnar. Gert er ráð fyrir að vermi nýrra vinnsluhola fari lakkandi úr 2700 kJ/kg í 1300 kJ/kg á næstu 30 árum. Við það mun skiljuvatn aukast en það verður nýtt á lágþrýstiskiljur í stað jarðhitavökva frá lágþrýstiholum. Áætlað er að skiljuvatn vegna stækkunarinnar muni aukast um 130 kg/s.

Styrkur mengandi snefilefna í affallsvatni frá virkjuninni mælist yfirleitt innan lægstu marka til verndar lífríki. Styrkur arsens í affallsvatni frá virkjuninni fellur þó í flokk IV – áhrifa að vænta. Styrkur arsens í lindum við Mývatn mælist hins vegar innan lægstu marka til verndar lífríki. Vatnsból í Austraselslindum stendur mun hærra en Hlíðardalslækur og er ekki talin hætta á að áhrifa gæti á vatnsbólið vegna losunar skiljuvatns í lækinn. Ekki er búist við breytingum á styrk snefilefna í affallsvatni vegna stækkunarinnar.

Líkan af grunnvatnsborði á Mývatnssvæðinu bendir til þess að hindrun sé í grunnvatnsrennsli frá Kröflusvæðinu til vesturs en að vatnið geti runnið til suðurs austan við Mývatn. Ekki hafa fundist nein merki um að affallsvatn frá Kröflu komi fram í lindum við Mývatn og eru ekki taldar líkur á áhrifum affallsvatns á lindirnar.

Áformað er að hefja niðurdælingu affallsvatns frá núverandi virkjun í þeim tilgangi að skoða viðbrögð jarðhitakerfisins. Ef tilraunir með niðurdælingu verða jákvæðar má búast við að allt að helmingi núverandi affallsvatns verði dælt niður í framtíðinni.

Leiði vöktun í ljós neikvæð áhrif affallsvatns vegna förgunar með núverandi hætti verður fyrirkomulag förgunar endurskoðað í samráði við leyfisveitendur.

10. LOSUN JARÐHITALOFTTEGUNDA

10.1. Almennt

Helstu lofttegundir í jarðhitagufu, sem eru taldar umhverfisspillandi, eru koldíoxíð (CO_2), brennisteinsvetni (H_2S) og metan (CH_4). Af sporefnum, sem berast með gufu, hafa menn einkum áhyggjur af kvikasilfri (Hg).

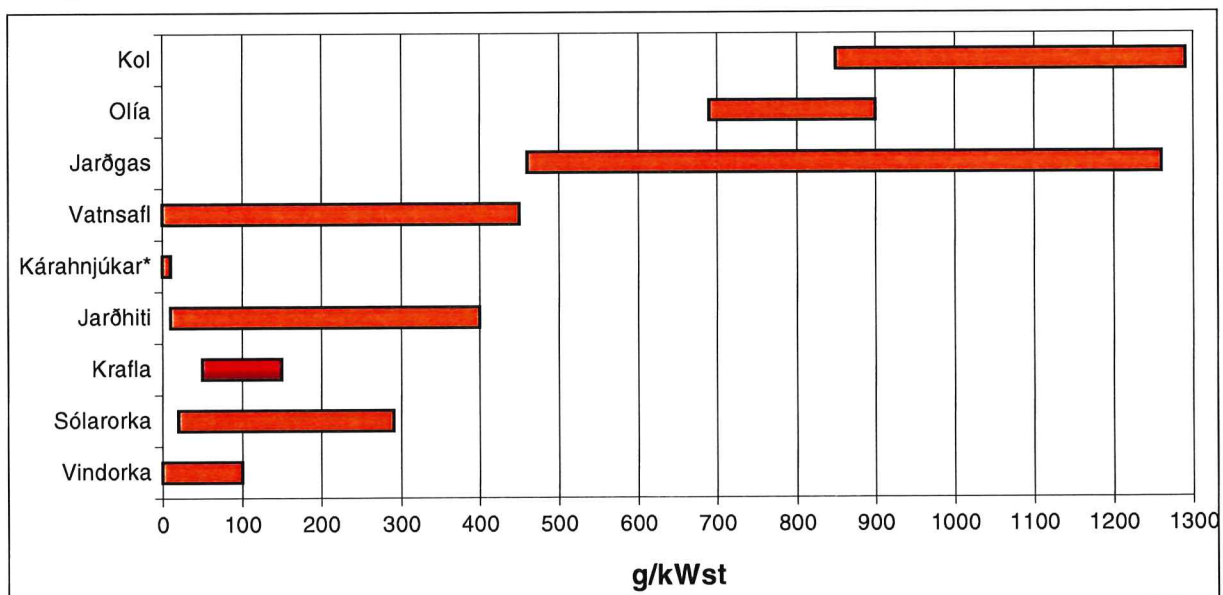
Brennisteinsvetni er eitruð lofttegund og getur oxast í brennisteinsdíoxíð (SO_2). Losun SO_2 er háð alþjóðasamþykktum, en það getur valdið súru regni þegar það oxast áfram í SO_3 og myndar brennisteinssýru (H_2SO_4) með regnvatni.

Niðurstöður athuganna á hugsanlegri oxun H_2S frá jarðhitasvæðum á Íslandi í SO_2 sýna að H_2S er þvegið umsvifalaust úr andrúmslofti í rigningu og jafnvel á þurrum, lygnum dögum oxast aðeins lítið brot af H_2S í SO_2 . Hugmyndir eru uppi um að brennisteinsvetnið oxist í vatn og brennistein (S) sem falli til jarðar og nýtist gróðri sem áburður [Jón Örn Bjarnason 1991, Gretar Ívarsson og fleiri 1993, Hrefna Kristmannsdóttir 1997, Kristmannsdóttir og fleiri 2000]. Víða skortir brennistein í jarðveg hér á landi, einkum á þurrviðrasömum svæðum norðan- og austanlands og á Vestfjörðum [Magnús Óskarsson og Matthías Eggertsson 1991].

Mengunarmörk brennisteinsvetnis á vinnustað eru 10.000 ppb (10 ppm) miðað við 8 stunda vinnudag og þakgildi 15.000 ppb (15 ppm) miðað við 15 mínútna meðaltal [Stjtið B 19, nr. 154/1999]. Lyktarmörk fyrir brennisteinsvetni eru á bilinu 5-10 ppb (0,005-0,010 ppm) [VGK og VBL 1993]. Engar reglur eru í gildi um hámarksstyrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti aðrar en um mengunarmörk vinnustaða.

Koldíoxíð, sem er aðal jarðhitalofttegundin (yfirleitt >90%), og metan eru gróðurhúsalofttegundir, en ekki eitruðar. Magn útblásturs þessara lofttegunda er háð ákvæðum Kyoto samningsins. Þar sem koldíoxíð er náttúruleg kvikugastegund á jarðhitasvæðum er með vinnslu jarðhitans einungis verið að flýta fyrir því að koldíoxíð komist til yfirborðs og út í andrúmsloftið.

Mynd 21 sýnir á hvaða bili losun gróðurhúsalofttegunda er miðað við nýtingu mismunandi orkugjafa til rafmagnsframleiðslu [Hunt 2000]. Þar má sjá að nýting jarðhita er með bestu kostum til rafmagnsframleiðslu sem völ er á. Losun jarðhitalofttegunda við Kröflu er aðeins um tíundi hluti þeirrar losunar sem verður við sambærilega rafmagnsframleiðslu með jarðefnaeldsneyti.



* [Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson 2001; VST 2001]

Mynd 21. Losun gróðurhúsalofttegunda við nýtingu mismunandi orkugjafa (VGK/ROS)

10.2. Núverandi losun jarðhitalofttegunda

Að meðaltali eru um 1,5 % af massa gufunnar við Kröflu óþéttanlegar lofttegundir s.k. jarðhitalofttegundir. Samkvæmt mælingum [Trausti Hauksson 2000] er gasinnihald gufunnar á fyrirhuguðu borsvæði við Víti þó heldur hærra. Tafla 10.1 sýnir áætlaða losun jarðhitalofttegunda vegna stækkunar Kröfluvirkjunar:

Tafla 10.1. Styrkur jarðhitalofttegunda og áætluð losun frá Kröfluvirkjun

Efni	Styrkur í gufu K-34 mg/kg	Efnaflæði 60 MW tonn/ár	Efnaflæði 100 MW tonn/ár	Aukning 60-100 MW tonn/ár
Koldíoxíð, CO ₂	23.867	55.000	123.000	68.000
Brennisteinsvetni, H ₂ S	1.336	4.300	8.800	4.500
Metan, CH ₄	1	8	14	6

Miðað við önnur íslensk jarðhitasvæði er gasstyrkur gufu við Kröflu fremur mikill. Ástæður þess má að nokkru rekja til Kröfluenda en við þá jókst gasstyrkur gufu við Kröflu verulega en hefur farið minnkandi síðan um 1980 og má reikna með frekari minnkun á næstu árum.

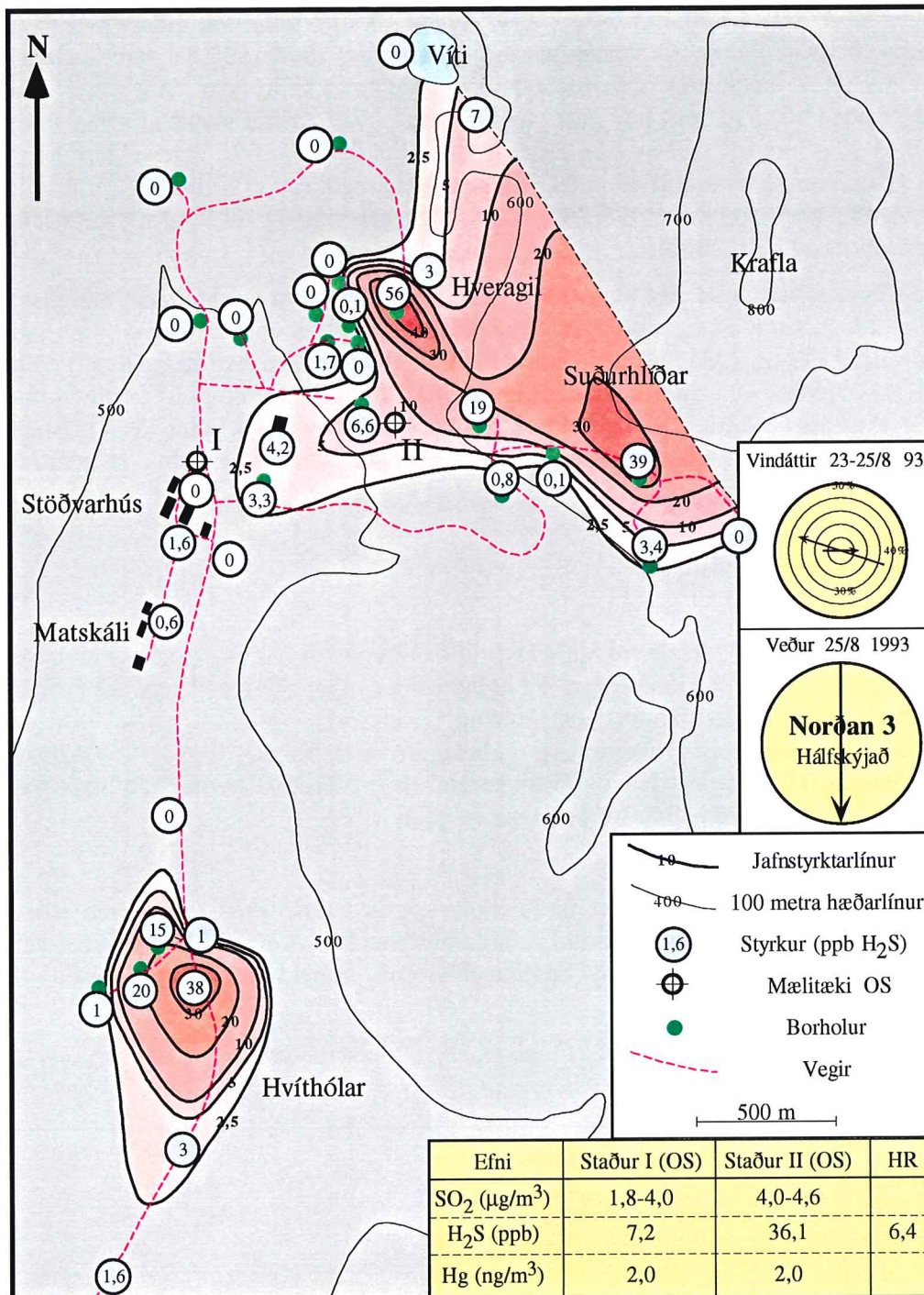
Á vegum Orkustofnunar hefur brennisteinsvetni í lofti verið mælt við Kröflu. Á mynd 22 má sjá meðaltal mælinga við Kröflu á vegum Orkustofnunar 1993 [Gretar Ívarsson o.fl. 1993]. Stök mæligildi voru frá 0-219 ppb (0,219 ppm) en meðalgildin 0-56,0 ppb. Hæsta meðalgildið var við borholu 15, skammt frá Hveragili (56 ppb), en einnig mældust há gildi í Suðurhlíðum (38,5 ppb) og við Hvíthóla (37,7 ppb). Lág mæligildi fengust almennt nálægt mannvirkjum, hæst reyndust þau við skiljustöðina (4,2 ppb). Síðan þá hefur verið settur upp háfur við frárennsli skiljuvatns frá stöðinni, sem veitir gufu og gastegundum í 20 m hæð frá jörðu.

Þá var fylgst með styrk brennisteinsvetnis og brennisteinsdíoxíðs við austurvegg stöðvarhúss frá ágúst 1994 til febrúar 1995 [Magnús Á. Sigurgeirsson o.fl. 1995]. Hámarksstyrkur H₂S mældist 24 µg/m³ lofts (17 ppb). Mánaðarmeðaltöl fyrir H₂S sveifluðust frá 4 µg/m³ (2,9 ppb) í ágúst, þegar stöðin var stopp, upp í 12 µg/m³ (8,6 ppb) í nóvember.

Almennt hefur styrkur H₂S mælst svipaður í andrúmslofti á jarðhitasvæðum á Íslandi óháð útblæstri [Kristmannsdóttir og fleiri 2000].

Af snefilefnum, sem berast með jarðhitagufu, hefur athyglin einkum beinst að kvikasilfri (Hg). Samkvæmt mælingum Jóns Ólafssonar er styrkur kvikasilfers í jarðhitalofttegundum við Kröflu 3,8-120 ng/l og er mismunandi eftir borholum [Jón Ólafsson 1978]. Á vegum Orkustofnunar voru gerðar mælingar á kvikasilfri í andrúmslofti við Kröflu og fleiri jarðhitasvæðum í júlí 1993 [Gretar Ívarsson og fleiri 1993] og mældist við Kröflu um 2 ng/m³. Styrkur kvikasilfers á strandsvæðum meginlanda er talinn vera um 1,5 ng/m³ en um 4 ng/m³ yfir meginlöndum. Samkvæmt Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni [WHO 1976] er styrkur hærri en 15 ng/m³ óæskilegur.

Ekki reyndist marktækur munur á kvikasilfri í andrúmslofti virkjaðra og óvirkjaðra jarðhitasvæða samkvæmt þessum mælingum. Styrkur kvikasilfers reyndist í öllum tilfellum lægri en 6,0 ng/m³, rétt við eða undir óvissumörkum greiningaraðferðarinnar. Er styrkur kvikasilfers sambærilegur við styrk þess í andrúmslofti utan jarðhitasvæða, s.s yfir haf- og strandsvæðum [Edner o.fl. 1991].

Mynd 22. Styrkur H₂S við Kröflu 25. ágúst 1993 (Gretar Ívarsson o.fl.)

10.3. Undirbúningur mótvægisáðgerða

Landsvirkjun hefur, ásamt Orkustofnun og fleiri aðilum, tekið þátt í samstarfsverkefnum um rannsóknir á umhverfisáhrifum jarðhitanýtingar. Hluti þeirra rannsókna hefur snúist um mengunarmál. Mælingar hafa verið gerðar á styrk brennisteinsvetnis (H₂S), brennisteinsdíoxíðs (SO₂) og kvikasilfurs (Hg) á jarðhitasvæðum, virkjuðum jafnt sem óvirkjuðum, og afdrif brennisteinsvetnis hafa verið könnuð.

Mælingar á styrk SO₂ á jarðhitasvæðum 1993 sýndu að styrkurinn var víðast hvar lágur og við óvissumörk mæliaðferðarinnar. Mælingar voru endurteknaðar 1994-1995 þar sem mælt var daglega í um 6 mánuði á nokkrum jarðhitasvæðum. Mengunarmörk fyrir SO₂ gera ráð fyrir að sólarhringsmeðaltal styrks þess fari ekki yfir 50 µg/m³. Við Kröflu reyndust sólarhringsmeðaltöl á bilinu 0,11-12,07 µg/m³. Hæst gildi fengust við Námafjall, en líkur voru leiddar að því að um áhrif frá Kísiliðjunni gætu verið að ræða. Eins og áður sagði oxast aðeins lítið brot af H₂S í SO₂ [Magnús Á. Sigurgeirsson o.fl. 1995; Magnús Á. Sigurgeirsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1996; Kristmannsdóttir og fleiri 2000].

Hitaveita Reykjavíkur hefur gert kannanir á tæknilegum lausnum við hreinsun brennisteinsvetnis úr jarðhitalofttegundum áður en þeim er sleppt til lofts frá orkuverinu á Nesjavöllum [VBL 1989, VGK og VBL 1993 og 1995; Haldor Topsøe. 2000]. Iðntæknistofnun hefur unnið að þróun s.k. THIOPAQ® aðferðar sem gæti hentað til hreinsunar brennisteinsvetnis úr jarðhitalofttegundum þar sem styrkur þess er lítill. Flestar þekktar hreinsiaðferðir byggja á framleiðslu brennisteins eða brennisteinssýru sem þarf síðan að farga. Umhverfislegur ávinningur er því vafasamur auk þess sem kostnaður er verulegur.

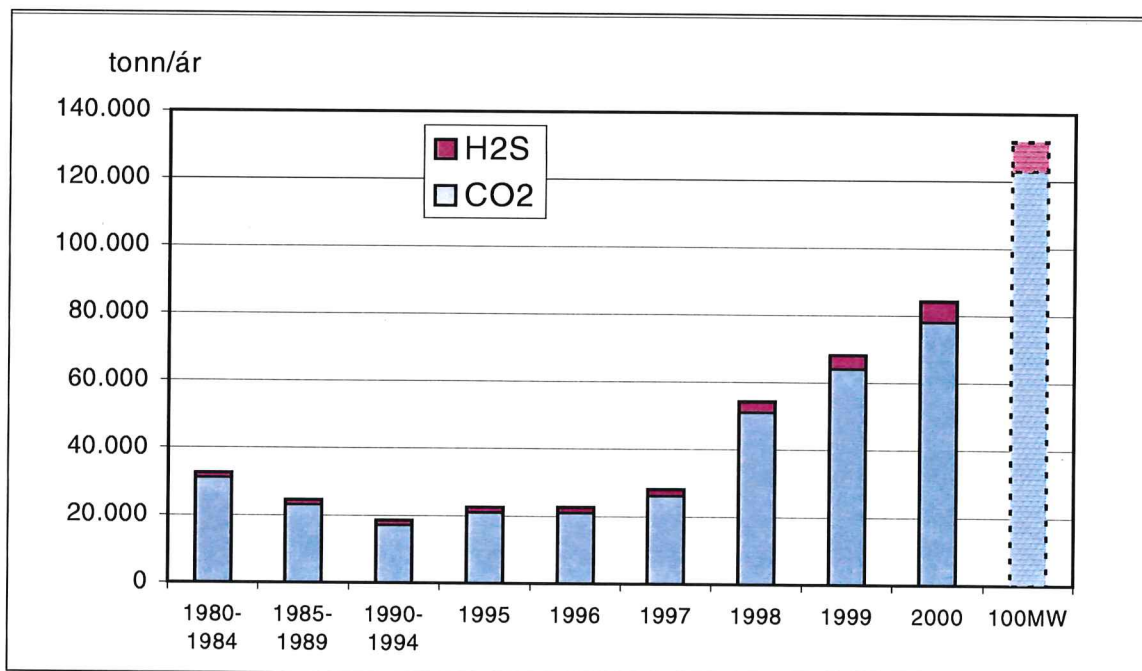
10.4. Áhrif aukinnar vinnslu

Á framkvæmdatíma

Gufan, sem holan blæs af sér, fer frá hljóðdeyfi út í andrúmsloftið eins og útstreymi úr gufuaugum á svæðinu og gufuháfum virkjunarinnar. Ef holan verður mjög öflug, má gera ráð fyrir að einhver vatnsúði berist með gufustróknum næst holunni. Reiknað er með að helstu lofttegundirnar í gufunni séu þær sömu og í hverum og gufuaugum á svæðinu. Þær eru koldíoxíð (CO₂), brennisteinsvetni (H₂S), vetni (H₂) og köfnunarefni (N₂). Reiknað er með að þetta gas fari út í loftið frá hljóðdeyfi á meðan á blæstri holunnar standur.

Á rekstrartíma

Tafla 10.1 sýnir áætlað magn losaðra jarðhitalofttegunda frá Kröfluvirkjun nú og eftir stækkun. Við stækkun virkjunarinnar eykst losun jarðhitalofttegunda. Á mynd 23 má sjá þróun losunar jarðhitalofttegundanna koldíoxíðs og brennisteinsvetnis undanfarin ár og áætlaða losun eftir stækkun.



Mynd 23. Losun jarðhitalofttegunda frá Kröfluvirkjun (VGK/ROS).

Vegna stækkunar Kröfluvirkjunar mun losun koldíoxíðs á Íslandi aukast um u.þ.b. 68.000 tonn á ári eða um 2 % miðað við losunina 1999. Ekki er talið líklegt að þessi losun hafi nein áhrif á nánasta umhverfi virkjunarinnar, en koldíoxíð hefur gróðurhúsaáhrif. Einnig eykst losun metans lítils háttar eða um 6 tonn á ári sem er 0,05 % miðað við losunina 1999.

Við stækkunina eykst losun brennisteinsvetnis um u.þ.b. 4.500 tonn á ári. Árleg losun brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi árið 1999 var um 11.000 tonn (Halldór Ármannsson, munnlegar upplýsingar). Talið er að einungis lítil hluti brennisteinsvetnis oxist í brennisteinsdíoxíð, sem getur myndað súrt regn, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í sulfat eða falli til jarðar sem brennisteinn og nýttist sem áburður.

10.5. Losun gróðurhúsalofttegunda og stefna stjórnvalda

Stefna ríkisstjórnar Íslands

Ríkisstjórnin samþykkti 17. október 1995 sérstaka framkvæmdaáætlun vegna Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar [Umhverfiráðuneytið 1997]. Markmið stefnu ríkisstjórnar Íslands til þess að sporna gegn gróðurhúsaáhrifum er að útstreymi koldíoxíðs og annarra gróðurhúsalofttegunda verði ekki meira um aldamótin en það var árið 1990, í samræmi við ákvæði Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Áfram verður lögð áhersla á aukna hlutdeild vatnsafls og jarðhita í orkunotkun og draga þannig úr losun gróðurhúsalofttegunda sem eru mun meiri samfara brennslu jarðefnaeldsneytis.

Það er álit ríkisstjórnarinnar að skuldbindingar um takmörkun útstreymis gróðurhúsalofttegunda eigi ekki að koma í veg fyrir að reist verði ný stóriðjufyrirtæki í landinu, ef þau vilja nýta hinar hreinu orkulindir landsins, jafnvel þótt fyrirtækin noti kol eða koks sem hráefni og auki útstreymi gróðurhúsalofttegunda vegna þess.

Megináhersla er lögð á aðgerðir sem eru beinlínis hagkvæmar eða aðgerðir sem stuðla jafnframt að öðrum markmiðum og ávinningi. Af þessum sökum leggur ríkisstjórnin m.a. áherslu á olíusparnað í fiskveiðum, samgöngum og iðnaði og aukna nýtingu mengunarlausra, innlendra orkugjafa þar sem það er þjóðhagslega hagkvæmt ásamt landgræðslu og skógrækt til að stöðva landeyðingu, bæta gróðurfar og binda koldíoxíð.

Meðal sértækra aðgerða eru:

- Aukin notkun endurnýjanlegra orkugjafa með því að auka hlut jarðvarma og rafmagns frá endurnýjanlegum orkulindum á kostnað jarðefnaeldsneytis.
- Þróunaraðstoð Íslendinga á sviði jarðhitánýtingar. Íslendingar geta líklega lagt einna mest af mörkum til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda á alþjóðavettvangi með því að aðstoða þróunarríki og önnur ríki við að nýta jarðhita til orkuvinnslu. Líklegt er að í nýjum viðauka við samninginn verði að finna ákvæði um sameiginlega framkvæmd, þar sem iðnríkin geta í stað þess að minnka losun í eigin landi tekið þátt í verkefnum í ríkjum Mið- og Austur-Evrópu, sem leiða til minni losunar gróðurhúsalofttegunda og fengið það viðurkennt til frádráttar á losun í eigin landi.

Kyoto bókunin

Bókun við rammasamning Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar var samþykkt í Kyoto í Japan í desember 1997. Þar voru samþykkt bindandi útstreymismörk fyrir sex gróðurhúsalofttegundir fyrir einstök ríki árið 2010. Samkvæmt bókuninni má útstreymi á Íslandi aukast um 10% til ársins 2010 miðað við 1990.

Nokkur ákvæði bókunarinnar kunna að veita möguleika á að leyfa aukið útstreymi. Ef fyrirsjáanlegt er að farið verði fram úr tilgreindum mörkum, er heimilt að kaupa hluta af kvóta annarra ríkja, sem e.t.v. fullnýta ekki kvóta sinn. Þá var samþykkt í Kyoto, að frumkvæði Íslendinga, að áhrif stórra verkefna í ríkjum með lítil hagkerfi sem leiða til mikillar aukningar í heildarlosun verði skoðuð sérstaklega.

Sjálfbær þróun – ný stefna fyrir Norðurlönd

Forsætisráðherrar Norðurlandanna og pólitískir leiðtogar sjálfstjórnarsvæða á Norðurlöndum samþykktu í nóvember 1998 yfirlýsingu um stefnumótun fyrir sjálfbær Norðurlönd. Áætlun um sjálfbæra þróun á Norðurlöndum er nú komin út [TemaNord 2001]. Þar koma fram markmið og verkefni fyrir tímabilið 2001-2004 og langtímamarkmið um sjálfbæra þróun á Norðurlöndum fram til ársins 2020. Í framhaldi af meginmarkmiðum og almennum markmiðum sem fram koma í yfirlýsingu forsætisráðherranna eru í áætluninni markmið og verkefni fyrir tiltekna geira og svið sem sérstök áhersla er lögð á.

Í umfjöllun um orkumál kemur fram að hlutfall endurnýjanlegrar orku telst hátt á Norðurlöndunum (27 %) en langhæst á Íslandi (64%). Til endurnýjanlegrar orku telst vatnsafl, jarðhiti, sólarorka, vindorka og lífefnaorka að meðtöldum úrgangi.

Meðal markmiða í orkumálum til skemmri tíma er að styðja skal pólitískar ráðstafanir og tækni sem miðar að aukinni notkun á endurnýjanlegri orku. Eitt af langtímamarkmiðunum er að auka skal verulega hlutfall endurnýjanlegrar orku. Jafnframt á að nýta endurnýjanlegar orkuauðlindir á ábyrgan hátt þannig að tekið sé tillit til endurnýjunar og áhrifa á umhverfið og íbúa þeirra svæða sem fyrir áhrifum verða.

Stækkun Kröfluvirkjunar og losun gróðurhúsalofttegunda

Það er ljóst af því sem rakið er hér að framan að stefna stjórnvalda er að auka nýtingu jarðvarma. Það er stefna stjórnvalda að skuldbindingar um takmörkun útstreymis gróðurhúsalofttegunda eigi ekki að koma í veg fyrir að reist verði ný stóriðjufyrirtæki í landinu, ef þau vilja nýta hinar hreinu orkulindir landsins og er augljóst að átt er við jarðvarma ekki síður en vatnsafl í þessu sambandi.

Þá er ljóst að eitt af meginatriðum í framkvæmdaáætlun ríkisstjórnarinnar til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda er að aðstoða önnur ríki við nýtingu jarðhita til orkuframleiðslu í stað brennslu jarðefnaeldsneytis. Losun koldíoxíðs við virkjun jarðhita við Kröflu er aðeins u.þ.b. tíundi hluti þess sem verður við samsvarandi orkuframleiðslu með jarðefnaeldsneyti. Til þess að Íslendingar geti aðstoðað aðrar þjóðir við nýtingu umhverfissvænnar jarðhitaorku er nauðsynlegt að þeir geti virkjað hana í eigin landi.

10.6. Niðurstöður

Koldíoxíð er náttúruleg gastegund á jarðhitasvæðum. Við vinnslu jarðhita er því ekki verið að búa til nýtt koldíoxíð heldur að flýta fyrir því að koldíoxíð komist til yfirborðs og út í andrúmsloftið. Losun koldíoxíðs á Íslandi eykst um u.þ.b. 68 000 tonn á ári eða um 2 % miðað við losunina 1999. Ekki er talið líklegt að þessi losun hafi nein áhrif á nánasta umhverfi virkjunarinnar, en koldíoxíð hefur gróðurhúsaáhrif. Losun metans eykst lítils háttar eða um 6 tonn á ári.

Losun gróðurhúsalofttegunda frá jarðhitavirkjunum er lítil samanborið við orkuver sem brenna jarðefnaeldsneyti. Losun gróðurhúsalofttegunda frá Kröfluvirkjun er þannig um tíundi hluti þess sem losað er frá hefðbundnu kolaorkuveri af sömu stærð. Nýting jarðhita er með bestu kostum til rafmagnsframleiðslu sem völ er á með tilliti til losunar gróðurhúsalofttegunda.

Ljóst er að stækkun Kröfluvirkjunar samrýmist stefnu ríkisstjórnar Íslands um Kyoto samninginn, enda er aðstoð Íslendinga við nýtingu jarðhita í öðrum ríkjum talið geta orðið stærsta framlag Íslendinga í baráttunni við aukna losun gróðurhúsalofttegunda í heiminum. Þá er ljóst að stækkun Kröfluvirkjunar samrýmist stefnu Norrænu ráðherranefndarinnar um sjálfbæra þróun fyrir Norðurlönd þar sem hvatt er til aukinnar notkunar á endurnýjanlegri orku.

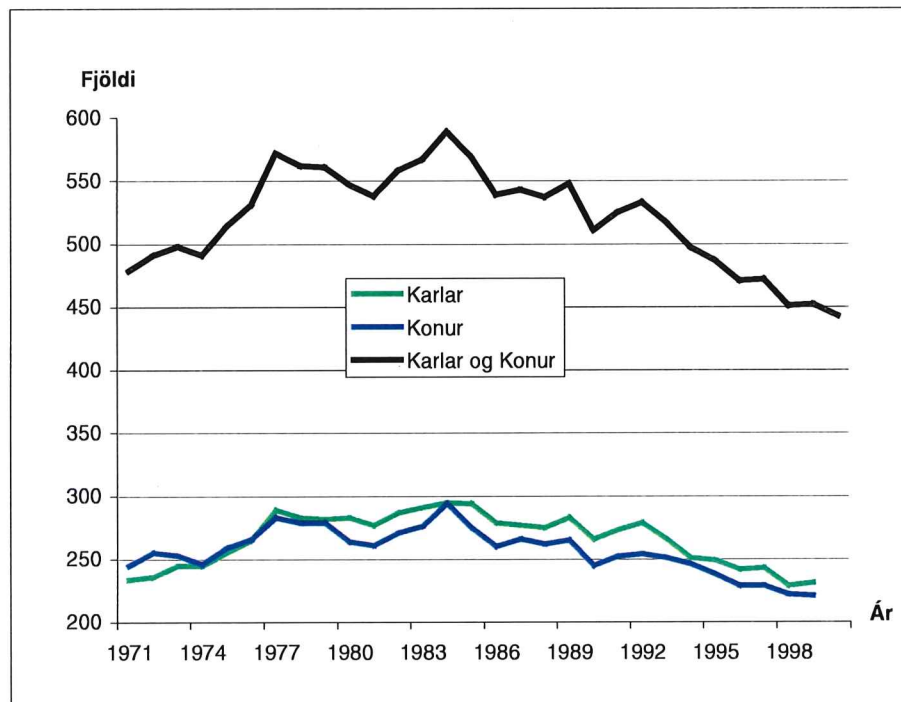
Við stækkunina eykst losun brennisteinsvetnis um u.þ.b. 4.500 tonn á ári. Talið er að einungis lítill hluti þess oxist í brennisteinsdíoxíð, sem getur myndað súrt regn, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í sulfat eða falli til jarðar sem brennisteinn og nýttist sem áburður.

11. SAMFÉLAG

11.1. Byggð og íbúapróun

Árið 1703 voru íbúar í Mývatnssveit um 200. Árið 1910 voru íbúarnir orðnir um 290, 1920 um 360 og tæplega 400 árið 1930. Þá fækkaði íbúum aftur og voru þeir um 350 árið 1950.

Síðustu tveimur áratugum er síðan hægt að skipta í nokkur vaxta og samdráttarskeið (mynd 24). Með tilkomu Kísiliðjunnar og Kröflustöðvar á árunum 1965 – 1977 fjölgaði íbúum úr 394 árið 1965 í 572 árið 1977. Samdráttur varð á svæðinu frá 1978 til 1981 og fækkaði íbúum niður í 538, en frá 1981 til 1984 fjölgaði aftur á svæðinu og urðu íbúar flestir 589 árið 1984. Íbúum hefur síðan fækkað og í lok árs 2000 voru þeir orðnir 443 [Skútustaðahreppur 2001].



Mynd 24. Fólksfjöldi í Skútustaðahrepp 1971 – 2000 (Byggðastofnun)

Skipting íbúa eftir kynjum er nokkuð jöfn og hlutfallsleg aldursskipting er svipuð því sem er á landsvísu. Gera má ráð fyrir því að meðalaldur hækki nokkuð á næstu árum.

Þéttbýli í Reykjahlíð fór að myndast með tilkomu Kísiliðjunnar og í dag býr þar um helmingur íbúa hreppsins. Þá hefur vísir að byggðakjörnum verið að myndast í Vogum og á Skútustöðum.

11.2. Atvinnuþróun

Skútustaðahreppur er auðugur af auðlindum sem eru undirstaða atvinnulífsins á svæðinu. Þessar auðlindir felast í miklum jarðhita, gnótt jarðefna og mikilfenglegri náttúruvegurð.

Iðnaður er einn helsti atvinnuvegur í Skútustaðahreppi og er hlutdeild hans tæplega 20 prósentustigum hærrí en á landsvísu. Um þriðjungur íbúa sveitarinnar byggir afkomu sína á Kísiliðjunni sem er undirstaða þéttbýlisins í Reykjahlíð, en um 10% íbúa hafa atvinnu af rekstri virkjana við Kröflu og í Bjarnarflagi. Annar iðnaður á svæðinu er Léttsteypan hf., sem er í Bjarnarflagi austan Jarðbaðshóla og trésmíða-, bifreiða- og dekkjaverkstæði í Reykjahlíð, sem er rekið af verktafaryrirtækinu Sniðli.

Mikill samdráttur hefur átt sér stað í landbúnaði og hefur hlutfallsleg fækkun sauðfjár verið umfram landsmeðaltal. Ræktunarskilyrði eru almennt góð í hreppnum og miklir möguleikar til ræktunar túna og bithaga. Landbúnaður gefur þó lítið af sér í Skútustaðahreppi eins og víða annars staðar og því er algengt að bændur stundi önnur störf samhliða bústörfum.

Mikill fjöldi ferðamanna heimsækir svæðið á hverju ári. Rúmlega tveir þriðju hluti ferðamanna gistir í tjöldum en afgangurinn á hótelum, í skólum og í heimahúsum. Samkvæmt fjölda skráðra gistinátta í Skútustaðahreppi frá 1984 til 1998 er stærsti hluti þeirra sem gista erlendir ferðamenn. Fjallað er um áhrif stækkunar Kröfluvirkjunar á ferðaþjónustu í kafla 14.

Vinna við þjónustu veitir sífellt fleira fólki atvinnu í hreppnum og er Reykjahlíð aðalþjónustukjarni sveitarinnar auk Skútustaða og Voga.

11.3. Áhrif framkvæmda og reksturs

Á meðan á framkvæmdum stendur er gert ráð fyrir að starfsmenn verktaka verði að meðaltali um 35, en auk þeirra verða eftirlitsmenn verkkaupa þar einnig.

Við Kröfluvirkjun eru nú 17 föst stöðugildi. Tíu vaktamenn (7 vélfræðingar og 3 rafiðnaðarmenn), yfirvélfræðingur, þrjú gufuveitumenn (1 vélfræðingur og 2 vélvirkjar), verkamaður og vörubílstjóri. Tveir starfsmenn skipta með sér einu stöðugildi í ræstingum. Auk þess eru tvær stöður hjá verktaka við mótuneyti og um það bil tvö önnur ársverk verktaka vegna reksturs stöðvarinnar. Yfir sumarið starfa um 10 ungmenni á aldrinum 16 til 20 ára við ýmis störf við viðhald og umhirðu á stöðvarsvæðinu. Ekki er gert ráð fyrir breytingum á fjölda starfsmanna að framkvæmdum loknum.

Engin föst búseta er við Kröflustöð vegna reksturs virkjunarinnar þar. Starfsmenn koma akandi á staðinn frá heimilum sínum. Við Kröflu er mótuneyti og gistiaðstaða er fyrir starfsmenn ef t.d. veður eða færð gera það nauðsynlegt. Gert er ráð fyrir að starfsmenn verktaka hafi aðstöðu í vinnubúðum við Kröfluvirkjun á meðan á framkvæmdum stendur.

12. UMFERÐ

12.1. Núverandi ástand

Þjóðvegur nr. 1 (Hringvegur) liggur um sunnanverða Mývatnssveit að Reykjahlíð, austur þaðan um Námaskarð og til Austurlands (Austurlandsvegur). Frá Reykjahlíð liggur vegur nr. 87 (Kísilvegur) til Húsavíkur. Mikil umferð er um þessa stofnvegi, einkum vegna ferðamanna að sumarlagi. Með vinsælustu ferðamannastöðum í Mývatnssveit eru Hverir við Námafjall og Leirhnjúkur og Víti við Kröflu.

Aðkoma að Kröfluvirkjun er um Austurlandsveg frá Reykjahlíð um Námaskarð og þaðan eftir vegi nr. 863 út Hlíðardal að Kröflustöð (Kröfluvegur).

Tafla 12.1. Umferðarþungi við Kröfluvirkjun 1998

	Ársdagsumferð	Sumardagsumferð
Hringvegur austan Kísilvegar	400	730
Kröfluvegur (nr. 863)	130	200

[Vegagerðin 2001]

Vegagerðin hefur lokið uppbyggingu þjóðvegur um Námaskarð og engar breytingar eru fyrirhugaðar á veginum þar. Óháð stækkun Kröfluvirkjunar er fyrirhugað að breikka Kröfluveg í 6 m og leggja á hann klæðningu á þessu ári. Vegagerðin annast snjómokstur á þjóðvegum í Mývatnssveit þrisvar í viku, en Landsvirkjun sér um veginn að Kröflustöð og er honum haldið opnum allt árið ef veður leyfir.

Frá Kröfluvegi er heimreið að Kröflustöð, starfsmannahúsum og skiljustöð. Þá er hægt að aka að bílastæðum við Leirhnjúk og Víti. Vegir eru að borstæðum í Suðurhlíðum, Vesturhlíðum, við Hvíthóla og vegarstöði að vatnssveitu í Sandabotnum. Gert er ráð fyrir að þessar leiðir verði lokaðar almennri umferð.

Gönguleiðir um svæðið eru alltaf opnar. Gönguleiðir eru stikaðar frá Reykjahlíð, bæði um Hlíðarfjall að Leirhnjúk og norður eftir Dalfjalli að Rauðhól ofan stöðvarhúss. Landsvirkjun hefur í samráði við Náttúruvernd ríkisins og landeigendur útbúið bílastæði og göngustíga við Leirhnjúk og Víti. Útsýnissvæði með skiltum er ofan við Leirbotnana þar sem gott útsýni er yfir virkjunarsvæðið. Fyrirhugað er að leggja þaðan göngustíg að útsýnisstað á Rauðhól (mynd 2).

12.2. Áhrif framkvæmda og reksturs

Framkvæmdunum mun fylgja nokkur umferð vinnuvéla og vörubíla um vinnustæðið tímabundið á meðan á þeim stendur. Stór hluti þeirrar umferðar tengist efnisflutningum vegna borstæðagerðar. Það virðist því eftir nokkru að slægjast að nýta efnisnámu sem næst virkjuninni.

Flutningar á efni vegna borunar, byggingarefnis, vegna stækkunar gufuveitu og starfsmanna verktaka munu fara um Austurlandsveg og Kröfluveg. Þessi umferð mun dreifast á langan tíma og ætti ekki að trufla almenna umferð. Þegar fluttur verða stærstu einstakir hlutar vélbúnaðar þarf í nokkrum tilvikum að gera sérstakar ráðstafanir vegna umferðar. Um slíka flutninga gilda ákveðnar reglur og munu þeir fara fram undir eftirliti lögreglu.

Að framkvæmdum loknum mun ekki verða breyting á umferð vegna virkjunarinnar frá því sem nú er.

12.3. Niðurstöður

Þrátt fyrir að gert sé ráð fyrir talsverðum flutningum á búnaði, efni og starfsfólki vegna framkvæmdanna er um tímabundið ástand að ræða og flutningarnir dreifast á nokkurn tíma. Notkun á efnisnámu á Kröflusvæðinu mun draga úr truflun á umferð í Mývatnssveit. Helsta truflun á almennri umferð verður vegna flutninga á einstökum stórum vélbúnaðarhlutum, sem verða undir eftirliti lögreglu.

13. HÁVAÐI

13.1. Núverandi ástand

Reiknað er með að bora þurfi 2-4 nýjar vinnsluholur vegna stækkunar Kröfluvirkjunar. Við rekstur jarðgufuvirkjunar eins og við Kröflu má auk þess reikna með að af og til þurfi að bora nýjar vinnsluholur til viðhalds gufustreymis til stöðvarinnar eftir því sem eldri holur ganga úr sér. Hávaði við borun getur orðið nokkur. Mæling á hljóðstigi var gerð á Jötni, stærsta bor Jarðborana hf., af Vinnueftirlitinu árið 2000 og mældist þá á borpalli um 90 dB(A) og 75 dB(A) við vinnuskúr bormanna, sem er yfirleitt um 30 m frá bornum [Vinnueftirlit ríkisins 2000].

Eftir borun eru borholur venjulega látnar blása í um 4-6 mánuði. Jafnframt eru holur sem tengdar eru gufuveitu prófaðar og aflmældar árlega. Við þær aflmælingar eru holurnar látnar blása í nokkra daga. Frá borholum í blæstri við Kröflu hefur hljóðstig mælt á bilinu 70-110 dB(A). Nokkur munur getur verið á hljóðstigi milli einstakra hola eftir hlutfalli vatns og gufu í þeim vökva sem frá holunum kemur. Annar hávaði frá rekstri er einkum frá skiljustöðvarsvæði þar sem umframgufu er veitt til lofts um stjórnloka og gufuháf.

Sumarið 2000 var hljóðstig mælt við Kröfluvirkjun. Helstu niðurstöður voru eftirfarandi:

Tafla 13.1. Nokkrar mælingar á hljóðstigi á vinnslusvæði Kröfluvirkjunar

Staður	Skýring	Hljóðstig dB(A)
Hola 34 í blæstri	Í um 20 m fjarlægð	96-97
Hola 34 í blæstri	Í um 40 m fjarlægð	93
Hola 34 í blæstri	Í um 80 m fjarlægð	88
Víti, vestanvert	Um 500 m frá holu 34 í blæstri	61
Víti, bílastæði	Um 600 m frá holu 34 í blæstri	52
Hola 33 í rekstri	1 m fjarlægð (án húss)	74-75
Hola 32 í rekstri	1 m fjarlægð (með húsi)	63

[Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns 2000]

Við holu 34 mælist því heldur hærra hljóðstig en mældist við holu 15 við Kröflu 1999 [Hönnun hf. 2000a], en þar var meðaltalshljóðstig 95 dB(A) í 10 m fjarlægð frá holunni. Þetta eru með háværustu borholum á Kröflusvæðinu.

Í framhaldi þessara mælinga var líklegt hljóðstig reiknað fyrir nokkra vinsæla ferðamannastaði við Kröflu. Notaðar voru hefðbundnar aðferðir við útreikninga [Piercy and Embleton 1979, Eyjólfur Sæmundsson 1995]. Reiknað hljóðstig við Víti austanvert með holur í rekstri á borteig við holu 34 er <20 dB(A) en í blæstri gæti hljóðstigið austan Vítis orðið um 77 dB(A). Reiknað hljóðstig við Leirhnjúk miðað við að hola 34 blási er hins vegar 57 dB(A). Við útsýnissvæði virkjunarinnar er reiknað hljóðstig á meðan hola blæs við Víti um 63 dB(A) en 73 dB(A) ef eins hola blési á Vítismóssvæðinu.

Reiknað hljóðstig í Reykjahlíð er um 42 dB(A) og er þá ekki tekið tillit til landslags. Vegna staðsetningar borteigs við holu 34 nýtur Reykjahlíð hins vegar skjóls af landslagi.

Samkvæmt reglugerð nr. 933/1999 um hávaða er viðmiðunargildi fyrir hljóðstig í íbúðabyggð 50 dB(A) að degi, 45 dB(A) að kvöldi og 40 dB(A) að næturlagi [Stjttíð. B, nr. 933/1999].

13.2. Áhrif framkvæmda og reksturs

Reikna má með einhverjum hávaða við borunina, en hann fer þó sjaldnast yfir 90 dB(A). Á Kröflusvæðinu fer borun fram að sumarlagi af veðurfarsástæðum. Eftir borun eru borholur venjulega láttnar blása í 4-6 mánuði, eins og áður sagði. Hávaði fylgir þessum blæstri, en hljóðdeyfar, sem settir verða við holurnar, dempa hljóðstigið til muna.

Fyrirhuguð framkvæmd er sambærileg við framkvæmdir sem verið hafa við Kröflu undanfarin ár. Reksturinn verður, eftir að framkvæmdum líkur, sambærilegur við núverandi rekstur. Að framkvæmdum loknum þarf að bora eina vinnsluholu á um 3 ára fresti vegna stækkunarinnar.

13.3. Mótvægisáðgerðir

Nýjar borholur við Kröflu hafa reynst mjög aflmiklar og þurrar. Vegna þessa hafa hljóðdeyfar sem notaðir hafa verið fram að þessu á svæðinu ekki hentað til að lækka hljóðstig frá holunum á fullnægjandi hátt. Landsvirkjun hefur því ákveðið að láta hanna nýja og öflugri hljóðdeyfa til að nota í framtíðinni við borholur við Kröflu. Markmiðið er að ná hljóðstigi niður fyrir 70 dB(A) í 10 m fjarlægð frá holunum við blástur. Þá verður reiknað hljóðstig komið niður í 37 dB(A) við Víti vestanvert og 44 dB(A) við Víti austanvert meðan hola blæs á borteig við holu 34 í stað 61 og 77 dB(A). Á útsýnisstað virkjunarinnar verður hljóðstig 42 dB(A) í stað 73 dB(A) með eldri gerð hljóðdeyfa og kraftmikilli blásandi borholu í Vítismó. Þessi nýja gerð af hljóðdeyfum verður notuð þegar næst verður borað við Kröflu. Leitast verður við að láta holur blása utan ferðamannatíma.

13.4. Niðurstöður

Mælingar við fyrri framkvæmdir og við núverandi rekstur sýna að hljóðstig mun tímabundið geta farið yfir þau mörk sem sett eru um hávaða á iðnaðarsvæðum innan vinnslusvæðisins við Kröflu. Einkum á þetta við í kringum borstæði þegar borun stendur yfir og þegar kraftmiklar borholur blása.

Gerð verður krafa um að þeir sem vinna við boranir og blásandi borholur noti viðeigandi varnarbúnað á meðan á vinnu stendur. Aðgangur óviðkomandi verður takmarkaður að borsvæðum með lokun vega að þeim. Nýir, öflugri hljóðdeyfar verða hannaðir og smíðaðir til að setja við nýjar holur á svæðinu. Markmiðið er að ná hljóðstigi niður fyrir 70 dB(A) í 10 m fjarlægð frá blásandi borholu. Hljóðstig á öllum helstu ferðamannastöðum á Kröflusvæðinu verður undir 50 dB(A) með þessum nýju hljóðdeyfum.

14. FERÐAÞJÓNUSTA

14.1. Inngangur

Markmið Landsvirkjunar í ferðamálum er að fólk eigi greiðan aðgang að virkjunarsvæðum og inn í stöðvarnar. Þetta krefst þess að styrkja svæðin sem ferðamannasvæði og tryggja að aðstæður séu þannig að það sé ekki gengið á þolmörk þeirra. Landsvirkjun hyggst ná þessu fram með samstarfi við heimamenn í ferðaþjónustu og umhverfismálum.

Í samvinnu við landeigendur, ferðaþjónustuaðila, sveitarstjórn, Náttúruvernd ríkisins og Ferðamálaráð er unnið að uppbyggingu á svæðinu við Leirhnjúk og Víti. Útbúin hafa verið bílastæði, salernisaðstaða og gönguleiðir hafa verið merktar. Þá hefur Kröflustöð verið opin almenningi og sérstök gestastofa sett á fót þar sem m.a. er boðið upp á stutta heimildarmynd um sögu stöðvarinnar og Kröfluelda. Fjöldi erlendra ferðamanna heimsækir Kröflustöð ár hvert. Vegir innan athafnasvæðis Kröflustöðvar hafa opnað fyrir nýja möguleika í ferðaþjónustu með því að gefa kost á skoðunarferðum um svæðið sem margir nýta sér.

Til að fá heilstæða mynd af viðhorfum ferðamanna til hugsanlegrar stækkunar Kröfluvirkjunar var samið við fyrirtækið Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar um að kanna viðhorf ferðamanna og ferðaþjónustuaðila í Mývatnssveit til stækkunarinnar. Hópar ferðamanna voru fengnir til að svara spurningalistum í júlí og ágúst 2000, en ferðaþjónustuaðilar á haustmánuðum 2000 eftir að aðal ferðamannatímanum lauk. Eftirfarandi kafli er byggður á niðurstöðum þeirrar rannsóknar [Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar 2001]. Sjá viðauka 5.

14.2. Framkvæmd könnunar

Gestir í Mývatnssveit

Könnunin meðal gesta fór fram í Mývatnssveit á tímabilinu 23. júlí til 21. ágúst. Þess ber að geta að þessi rannsókn var gerð samhliða sambærilegri rannsókn vegna jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi. Ætlunin var að ná 700 svörum, 350 vegna stækkunar Kröflustöðvar og 350 vegna jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi. Náðist það markmið að fullu og fengust alls 719 svör, 343 fyrir Kröflu og 376 fyrir Bjarnarflag. Margar spurninganna voru samhljóða í könnuninum og þannig nýtast svör við þeim í báðum skýrslunum.

Áður en gestir svöruðu könnuninni fengu þeir í hendur loftmynd af Kröflusvæðinu með texta þar sem áformuðum framkvæmdum var lýst í stuttu máli.

Ferðaþjónustuaðilar

Athugunin meðal ferðaþjónustuaðila í Mývatnssveit og nágrenni var send viðkomandi í pósti eftir samþykki í síma. Jafnframt var viðtalstími í síma ákveðinn skömmu síðar til að tryggja heimtu á svörum. Úr þessum athugunum fengust 24 svör, 18 meðal ferðaþjónustuaðila í Mývatnssveit en 6 meðal ferðaþjónustuaðila í nágrenninu, einkum á Húsavík og Akureyri sem skipuleggja ferðir til Mývatnssveitar eða eiga þar hagsmuna að gæta á sviði ferðaþjónustu.

14.3. Samantekt

Þessi samantekt byggir á niðurstöðum úr viðhorfskönnuninni sem gerð var á meðal innlendra og erlendra ferðamann í Mývatnssveit sumarið 2000, athugun meðal ferðaþjónustuaðila í Mývatnssveit og nágrenni, auk niðurstæðna úr fyrri rannsóknum meðal ferðamanna í Mývatnssveit og víðar á landinu.

- Flestir ferðamenn koma til Mývatnssveitar til að njóta náttúrunnar og útsýnis, allmargir til að kynna lifnaðarháttum íbúanna og sögu svæðisins en fáir til að skoða mannvirki.

- Áætla má að um 50 þúsund erlendir og innlendir ferðamenn hafi farið um Kröflusvæðið sumarið 2000, nær helmingur allra þeirra gesta sem höfðu einhverja viðdvöl í Mývatnssveit, og 10 – 15 þúsund gestir á öðrum tíma ársins. Flestir koma til að skoða Víti og hverasvæðið við Leirhnjúk en allmargir til að skoða Kröfluvirkjun.
- Rúmlega þriðjungur erlendra sumargesta (37%) í Mývatnssveit en 95% Íslendinga vissu af Kröfluvirkjun áður en þeir komu í Mývatnssveit.
- Afstaða ferðamanna í Mývatnssveit er fremur jákvæð til sambúðar Kröfluvirkjunar og ferðapjónustu, einkum Íslendinga, en útlendingar eru talsvert varkárari í afstöðu sinni. Afstaða heimamanna til Kröfluvirkjunar er almennt jákvæð og þeir telja að virkjunin hafi jákvæð áhrif á ferðapjónustu einkum þó Kröfluvegur sem bætti aðgengi ferðamanna að náttúruperlum, s.s. Víti og hverasvæðinu við Leirhnjúk.
- Hávaði og gufuleiðslur samfara jarðvarmavirkjunum fara mest fyrir brjóstið á ferðamönnum, byggingar síður og verulegur meirihluti ferðamanna er jákvæður gagnvart borholum og gufustrókum sem fylgja slíkum framkvæmdum. Meirihluti heimamanna telja háspennulínur, hávaða og leiðslur neikvæða þætti.
- Ferðamenn vilja gjarnan hafa baðlón og gestastofur/fræðslumiðstöðvar og fræðsluskilti í tengslum við jarðvarmavirkjanir. Fólk sem er komið yfir miðjan aldur er oftast jákvæðara en þeir yngri til mannvirkja sem ójákvæmilega fylgja jarðvarmavirkjunum.
- Gestastofa Kröfluvirkjunar fær fremur slaka dóma erlendra gesta, þokkalega dóma Íslendinga en góða dóma ferðapjónustuaðila í heimabyggð. Um sjötti hluti þátttakenda í gestakönnun sumarið 2000 í Mývatnssveit heimsóttu eða ætluðu sér að heimsækja gestastofuna í ferðinni.
- Kröflusvæðið og næsta nágrenni er eitt mikilvægasta göngusvæði ferðamanna í Mývatnssveit.
- Um 40% þeirra heimamanna sem töldu rétt að nýta jarðgufu á svæðinu til raforkuframleiðslu vildu að byrjað væri á framkvæmdum við Bjarnarflagsvirkjun, 30% vildu byrja á stækkun Kröfluvirkjunar en 25% að farið yrði í báðar framkvæmdir samtímis.
- Ferðapjónustuaðilar í heimabyggð telja að framtíð ferðapjónustu í Mývatnssveit byggist einkum á því að lengja ferðamannatímann, standa vörð um sérstæða náttúru, efla heilsutengda ferðapjónustu og kynna ferðamönnum sögu og menningu svæðisins.

14.4. Afstaða ferðamanna og ferðapjónustuaðila í heimabyggð

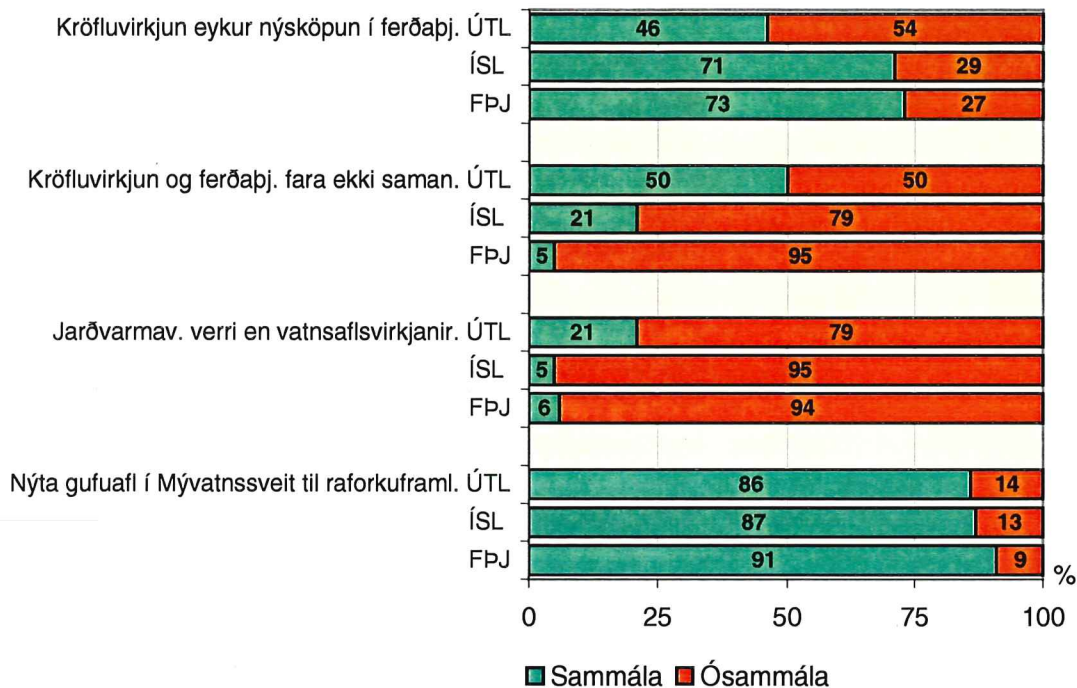
Afstaða til fullyrðinga

Í könnuninni voru gestir og ferðapjónustuaðilar (FPJ) í Mývatnssveit og nágrenni spurðir hvort að þeir væru sammála fjórum fullyrðingum sem tengjast Kröfluvirkjun og afstöðu til jarðvarmavirkjana og nýtingu jarðgufu í Mývatnssveit til raforkuframleiðslu. Fyrstu tvær fullyrðingarnar voru einungis í Kröflukönnuninni (343 svarendur) en síðari tvær fengu allir gestir.

Fullyrðingarnar voru eftirfarandi:

- Kröfluvirkjun eykur möguleika á nýsköpun í ferðapjónustu.
- Kröfluvirkjun og uppbygging í ferðapjónustu fara ekki vel saman.
- Jarðvarmavirkjanir eru verri kostur en vatnsaflsvirkjanir.
- Það er rétt að nýta gufuafl í Mývatnssveit til raforkuframleiðslu.

Svarmöguleikar voru: Sammála, hlutlaus, ósammála og veit ekki. Mynd 25 sýnir hlutfall þeirra sem tóku skýra afstöðu til fullyrðinganna.



Mynd 25. Afstaða til fullyrðinga, þeir sem afstöðu tóku (RRF)

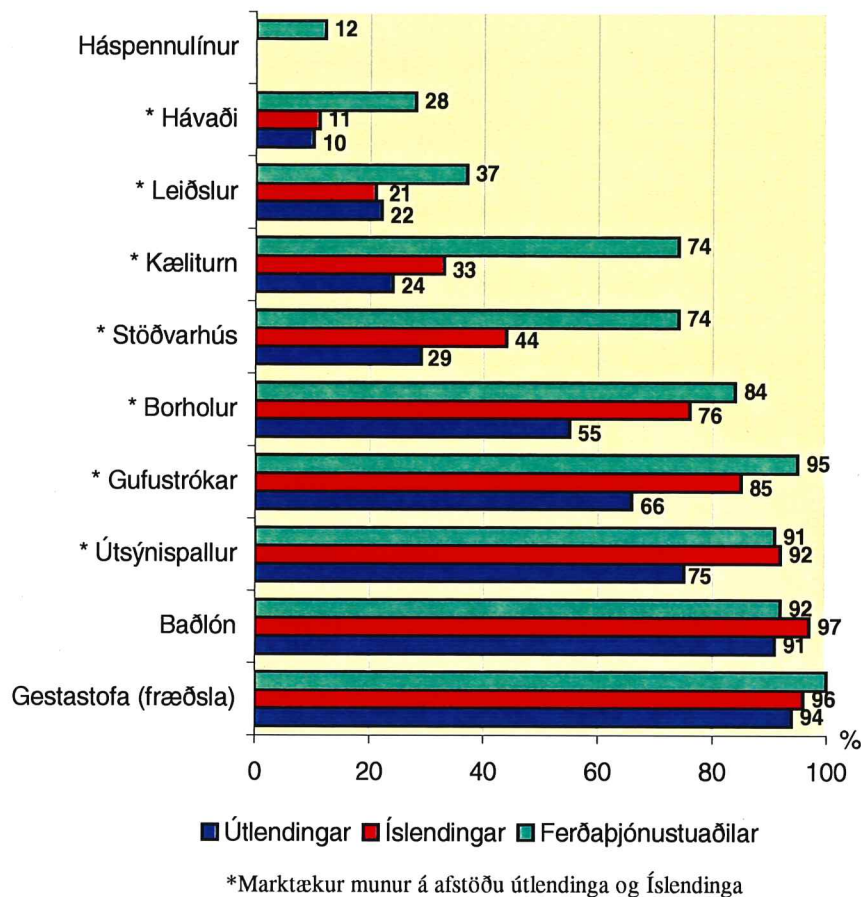
8-55% svarenda tóku ekki afstöðu til fullyrðinganna. Flestir tóku afstöðu til þess hvort rétt væri að nýta gufuafli í Mývatnssveit til raforkuframleiðslu en hins vegar töldu margir sig ekki dómbæra á hvort stækkun Kröflustöðvar yki möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu Mývatnssveitar.

Afstaða til virkjunartengdra mannvirkja/þátta

Spurt var um hvað gestum fyndist um ýmiss konar mannvirki er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum. Annars vegar var spurt um mannvirki og umhverfispætti sem eru óhjákvæmilegur fylgifiskur slíkra framkvæmda s.s. borholur, hávaði, gufustrókar, stöðvarhús og kæliturnar. Hins vegar var spurt um álit gesta á ferðatengdri aðstöðu og þjónustu í nágrenni jarðgufuvirkjana, þ.e. baðlóni fræðslumiðstöð og útsýnispalli á virkjunarsvæði (þar sem slíkt er raunhæft). Það kemur lítið á óvart að mikill meirihluti svarenda (91-95%) er fylgjandi þjónustu s.s. baðlóni og fræðslumiðstöð (Mynd 26).

Ferðamenn töldu hávaða og gufuleiðslur frá borholum að kæliturni neikvæðustu þættina er fylgja jarðvarmavirkjunum og voru útlendingar og Íslendingar þar á einu máli (78-90%). Jafnframt höfðu um ¾ hlutar útlendinga neikvæða afstöðu til bygginga, þ.e. kæliturna og stöðvarhúsa. Bæði íslenskir og erlendir ferðamenn voru jákvæðir gagnvart borholum og gufustrókum (55-85%). Marktækur munur er á afstöðu Íslendinga og útlendinga til stöðvarhúsa, borhóla, gufustróka og útsýnispalla á virkjunarsvæðum og voru útlendingar neikvæðari í afstöðu sinni en Íslendingar.

Eins og meðal ferðamanna var spurt hvað ferðaþjónustuaðilum í Mývatnssveit og nágrenni fyndist um ýmiss konar mannvirki er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum. Yfirleitt voru ferðaþjónustuaðilar mun jákvæðari en ferðamenn til allra mannvirkja sem tengjast vinnslu á jarðhita. Flestir töldu háspennulínur neikvæðar en síðan gufuleiðslur og hávaða.



Mynd 26. Jákvæð afstaða til þátta tengdum jarðvarmavirkjunum (RRF)

Áhrif Kröfluvirkjunar og holu 34

Þeir gestir sem höfðu skoðað Kröfluvirkjun voru spurðir hvort Kröfluvirkjun hefði haft jákvæð, neikvæð eða engin áhrif á þá. Á sama hátt var spurt um áhrif borholunnar við Víti (hola 34) sem er aflmesta holan á svæðinu og var hún látinn blása s.l. sumar.

Meiri hluti Íslendinga töldu að bæði Kröfluvirkjun og borholan hefðu haft jákvæð áhrif á sig (56-63%) og fáir töldu áhrifin neikvæð (5-11%). Margir útlendingar töldu einnig áhrifin jákvæð (41-45%) en um fimmtingur að þau væru neikvæð (19-23%).

14.5. Niðurstöður

Stækkun Kröfluvirkjunar úr 60 í 100 MW er ekki líkleg til að hafa umtalsverð áhrif á ferðapjónustu eða útivist í Mývatnssveit. Þó eru framkvæmdirnar fremur líklegar til að letja en hvetja erlenda gesti til að heimsækja svæðið, einkum gesti frá Mið-Evrópu, en áhrif á Íslendinga verða að öllum líkindum hverfandi. Mótvægisáðgerðir, s.s. aukin fræðsla og endurbætur á gestastofu Kröfluvirkjunar, auknar merkingar og stikun gönguleiða á Kröflusvæðinu, útgáfa gönguleiðakorta og almennt bætt þjónusta við ferðamenn á svæðinu, eru líklegar til að veita talsvert upp á móti neikvæðum áhrifum framkvæmda.

Jafnframt ber að varast að nýjar borholur verði í næsta nágrenni hverasvæðisins við Leirhnjúk þar sem hávaði og gufuleiðslur eru að dómi ferðamanna neikvæðustu þættirnir sem fylgja jarðvarmavirkjunum.

15. FORN- OG SÖGUMINJAR

15.1. Inngangur

Fyrsta heildaryfirlit um fornleifar á svæðinu er að finna í örnefnalýsingu Péturs Jónssonar í Reykjahlíð fyrir jörð sína, en hún var gerð um miðja 20. öld. Árið 1977 gerði Helgi Hallgrímsson náttúrufræðingur fornleifakönnun í Skútustaðahreppi [Helgi Hallgrímsson 1978]. Á árunum 1995-1999 var gerð fornleifakönnun í Skútustaðahreppi og skráði Birna Lárusdóttir fornleifar í landi Reykjahlíðar sumarið 1999 [Birna Lárusdóttir og Orri Vésteinsson 2000]. Birna Lárusdóttir og Orri Vésteinsson könnuðu fornleifar fyrir Landsvirkjun í tengslum við mat á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi 1999 [Orri Vésteinsson 1999]. Vegna vinnu við mat á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar var leitað til Orra Vésteinssonar og er eftirfarandi kafli byggður á greinargerð hans [Orri Vésteinsson 2000].

15.2. Núverandi staða

Fornleifaskráning var gerð í Skútustaðahreppi á árunum 1995-1999. Í síðasta áfanga voru fornleifar skráðar í landi Reykjahlíðar þar sem Kröfluvirkjun er. Engar fornleifar fundust á sjálfu vinnslusvæðinu eða í næsta nágrenni þess.

Þeir minjastaðir sem næstir eru vinnslusvæðinu eru:

Kröflunámur - heimild um brennisteinsnámur. Kröflunámur voru suðvestan í Kröflu og við Leirhnúk. Á hvorugum staðnum sjást ótvíræð ummerki brennisteinsnáms. Mikið rask hefur orðið í suðvesturhluta Kröflu, þar eru borholur á víð og dreif og mikil mannvirki. Í austurhlíðum Leirhnúks er talsverður hiti og mikið af hveraleir.

Skarðssel – seltóftir. Skarðssel á Hlíðardal (mynd 26). Rústir á austurbakka Dallækjar, vestan undir Sandabotnaskarði. Hægt er að aka nánast upp að selinu og er það merkt inn á mörg kort af Mývatni og nágrenni. Kröfluaflleggjari er ekinn 4,6-4,7 km til norðurs frá þjóðvegi. Þá blasa rústirnar við um 50 m austan við veginn og austan við Dallæk.

Svæðið í kringum Leirhnúk var einnig kannað í sambandi við mat á umhverfisáhrifum Bjarnarflagsvirkjunar haustið 1999 en engar mannvistarleifar fundust þar.

15.3. Niðurstöður

Ekki er vitað um staðsetningu Kröflunáma, en minjastaðurinn er þess eðlis að þess er ekki að vænta að ummerki um námagröftinn sé enn að finna. Skarðssel er langt utan við fyrirhugað framkvæmdasvæði.

Hverfandi líkur verður að telja á að áður óþekktar fornleifar geti komið í ljós við framkvæmdir á svæðinu.

16. SJÓN RÆN ÁHRIF

16.1. Heimreið að Kröfluvirkjun

Frá þjóðvegi nr.1, austan við Námafjall, liggur vegur norður um Hlíðardal, með Dalfjall að vestan en Halaskóga og Halaskógafjall að austan. Hlíðardalur er grænn og grösugur. Hlíðardalslækur, rennur eftir dalnum. Norðan við Dalfjall er Hvíthólaklif. Þar fellur storkin hraunelfur niður í dalinn, náttúrusmíð sem setur svip á umhverfið.

Háspennulína í skarðinu er til mikilla lýta og væri mikill fengur af að finna henni aðra legu. Nokkru sunnar, niður við lækinn er Skarðsel sem nú eru rústir einar (mynd 27).



Mynd 27. Rústir Skarðsels

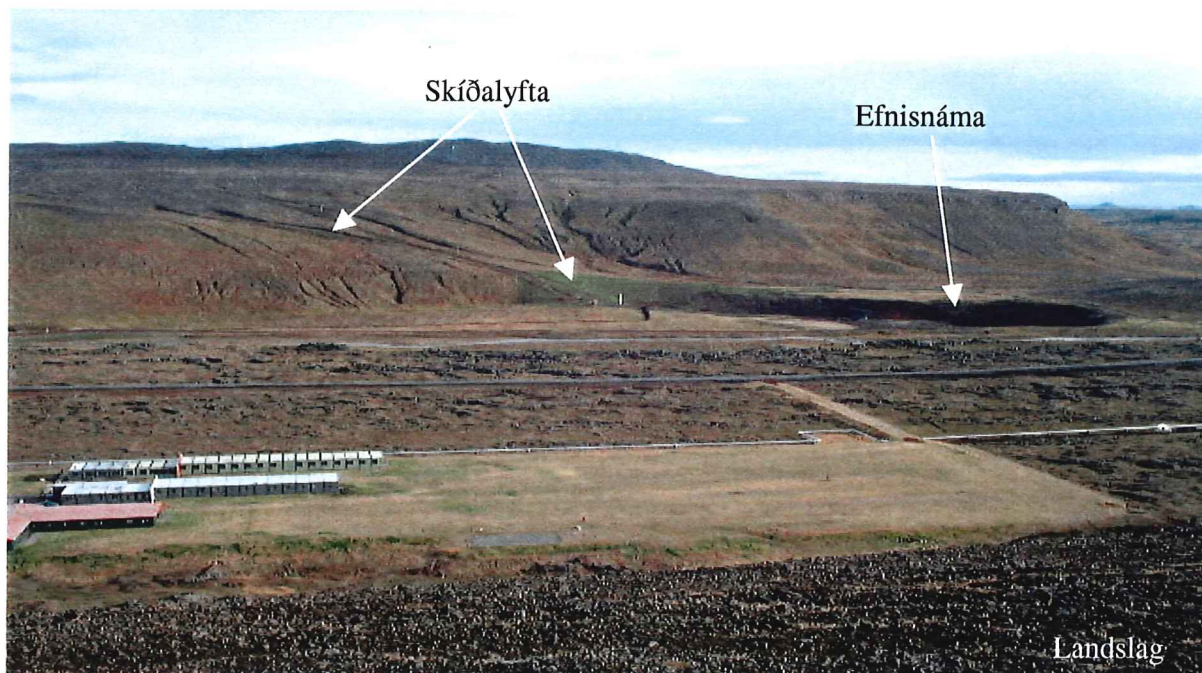
Ummerki um bæinn eru þó enn vel glögg og áhugaverð að skoða. Ef frá er talin fyrrnefnd háspennulína liggur leiðin úr Námaskarði norður fyrir Hvíthólaklif að mestu um óraskað land. Fyrirhuguð stækkun á Kröfluvirkjun mun ekki leiða til neinna breytinga á þessum vegarkafli ef frá er talið aukið frárennslisvatn í Hlíðardalslæk.

16.2. Skíðalyfta og malarnáma

Utan við Skarðsel fer landið að hækka og er þar til norðurs afmarkað dalverpi u.þ.b. 1,5 km að lengd og 500 m breitt. Þetta eru Leirbotnar og eru þeir í raun framhald af Hlíðardal. Fremst og syðst í dalverpinu, að austanverðu er skíðalyfta og efnisnáma (mynd 28).

Skíðalyftan er nýbyggð og birtist sjónum sem stauralína upp hlíðina frá barmi efnisnámunnar. Landrask er takmarkað við mjóa rönd upp fjallshlíðina meðfram staurlínunni. Sáð hefur verið í raskið sem væntanlega verður lítið áberandi.

Efnisnáman sem að hluta til er uppgrædd er hinsvegar nokkuð áberandi jarðrask, djúp gryfja, ónáttúruleg í umhverfinu. Gert er ráð fyrir að efnisnáman verði notuð fyrir fyrirhugaðan virkjunaráfanga og er þá ráðgert að haga efnistöku þannig að efnisnámið aðlagist betur umhverfinu og að lokum græða upp raskað land með grassáningu.



Mynd 28. Vinnubúðir og efnisnáma sunnan Grænagilsaxlar við Kröflu .

16.3. Mannvirki Kröfluvirkjunar

Þegar komið er í Leirbotna verða orkumannvirkin áberandi sjónrænt séð. Starfsmannabúðir og orkustöðin standa skipulega í tveimur þyrpingum í vestanverðu dalverpinu og njóta stuðnings af fjallshlíðinni.

Starfsmannabúðir

Færanlegir svefnskálar, starfsmannahús og mötuneyti standa syðst á flatri fyllingu í hrauninu. Húsin eru lágrest timburhús, í hlutlausum jarðlitum með rauð þök. Yfirbragð starfsmannahúsa mun ekki breytast vegna fyrirhugaðrar framkvæmda, en á fyllingunni er nægilegt rými ef með þarf fyrir tímabundna fjölgun vinnuskála. Eftir að virkjun líkur verður unnt að flytja hluta af vinnubúðum burt af staðnum.

Kröflustöð

Stöðvarhús, kæliturn og tengd tæknimannvirki eru umfangsmiklar og áberandi byggingar. Kæliturnarnir, eru einkennishús virkjunarinnar. Upp af turnunum standa gufustrókar frá heitum vatnsfossom sem leika um húsið. Yfirfall frá kæliturnum endar síðan í farvegi Hlíðardalslækjar sem teygir sig upp í Leirbotna.

Aðkomusvæði og bílastæði sunnan bygginganna verður endurskipulagt og gert meira aðlaðandi. Lögð er áhersla á að skerða ekki sérstæðar hraunmyndanir við suðurgabl á stöðvarhúsi A. Stærstu nýbyggingar verða nýtt stöðvarhús B og nýr kæliturn. Verkstæðishús og geymsluskemma verða nýrst á svæðinu og koma í stað þriggja skemma sem verða fjarlægðar. Myndir 29 og 31 sýna núverandi mannvirki Kröfluvirkjunar og myndir 30, 32 og 33 sýna þau mannvirki sem munu bætast við.



Mynd 29. Núverandi mannvirki Kröfluvirkjunar í Leirbotnum. Horft til norð–austurs.



Mynd 30. Fyrirhugaðar nýbyggingar við Kröfluvirkjun.



Mynd 31. Horft til suð-austurs í átt að núverandi mannvirkjum Kröfluvirkjunar.



Mynd 32. Fyrirhugaðar nýbyggingar við Kröfluvirkjun.



Mynd 33. Nýbyggingar við Kröfluvirkjun. Horft í suð-vestur í átt að Þríhyrningum.

Fyrirhugaðar nýbyggingar vegna stækkunar á Kröflustöð verða staðsettar norður af núverandi stöðvarhúsi og munu mynda samfellda húsabyrpingu. Nýbyggingarnar verða töluvert styttri og lágreistari þannig að núverandi hús munu áfram verða aðalbyggingar á staðnum. Tvær gamlar skemmur, sem standa framan við stöðvarhúsið, falla ekki að heildarmyndinni sem skildi og verða fjarlægðar. Útlit bygginga og litaval verður samræmt.

Náttúrulegt, óspillt land, utan nauðsynlegs athafnasvæðis við byggingarnar, verður verndað.

Skiljustöð

Skiljustöðin stendur ein á miðju flatlendinu í Leirbotnum. Ráðgert er að lengja hús skiljustöðvarinnar lítillega til norðurs. Stækkun skiljustöðvar mun hafa lítil áhrif á útlit byggingarinnar.

Borholur og lagnir

Í fjallshlíðinni norðan og norðaustan af Leirbotnum eru borholur á víð og dreif. Borholurnar, ásamt safnæðunum frá þeim, eru mjög áberandi. Þegar betur er að gáð má sjá að frá skiljustöðinni kvíslast þrjár stofnæðar upp í fjallið og tengjast allar holur við þær, en frá skiljustöð liggja þrjár aðveituæðar samhliða að orkuverinu. Við fyrirhugaða stækkun verður einungis sú breyting á að fjórða aðveituæðin bætist við á kaflanum frá skiljustöð að stöðvarhúsum og stofnæð lengist í fjallinu að nýjum borholum.

Í tengslum við stækkun virkjunarinnar er ráðgert að lagfæra form og umhverfi hvernar holu og stofnæðar fyrir sig, bæði þeirra sem fyrir eru og nýrra mannvirkja. Gerð verður áætlun um betri frágang á flestum stöðum. Frágangur á yfirborði mun taka mið af umhverfinu, hraun í hraun-yfirborði, gras á grónu landi, leir í leirflögum. Akstursleið að borholum og upp í Kröfluhlíðar verður lokuð með hliði. Allar leiðir verða opnar gangandi fólki.

16.4. Ferðamannasvæði ofan Leirbotna

Áhugaverðustu skoðunarstaðir fyrir ferðafólk eru, auk virkjunarinnar, eldstöðvar ofan við Leirbotna, umhverfi Leirhnjúks og sprengigígurinn Víti. Ekið er upp úr Leirbotnum um brattan veg. Uppi á brúninni er gamalt borstæði sem mótað hefur verið sem útsýnisplan sem aka má inn á. Þar er upplýsingaskilti og útsýni yfir virkjunarsvæðið. Frá vel afmörkuðu bílastæði norðan við Rauðhól er lagður göngustígur um Leirhnjúk. Við bílastæðið eru snyrtingar. Við Víti eru einnig bílastæði og stígur frá þeim um gígbarmana.

Í tengslum við stækkun virkjunarinnar er ráðgert að bæta ástand og útlit bílastæðisins við Víti, bæta gönguleið um gígbarma, og gera stíg upp að holu 34, öflugustu holu svæðisins. Ennfremur er ráðgert að leggja gönguleið upp á Rauðhól, en þaðan er mikið útsýni yfir virkjunarsvæðið og eldstöðvarnar til allra átta.

16.5. Niðurstöður

Ráðgert er að nýta malarnámu við Grænagilsöxl í fyrirhugaðan virkjunaráfanga og verður efnistöku hagað þannig að malarnámið aðlagist betur umhverfinu, og mun raskað land verða grætt upp með grassáningu.

Fyrirhugaðar nýbyggingar eru staðsettar norður af núverandi stöðvarhúsum og mynda samfellda húsabyrpingu. Þær verða töluvert styttri og lágreistari þannig að núverandi hús munu áfram verða aðalbyggingarnar á staðnum. Útlit bygginga og litaval verður samræmt. Náttúrulegt, óspillt land, utan nauðsynlegs athafnasvæðis við byggingarnar, verður verndað. Ráðgert er að lagfæra form og umhverfi hvernar holu og stofnæðar fyrir sig, bæði þeirrar sem fyrir eru og nýrra mannvirkja. Þannig mun heildarásýnd mannvirkja á svæðinu verða samræmd.

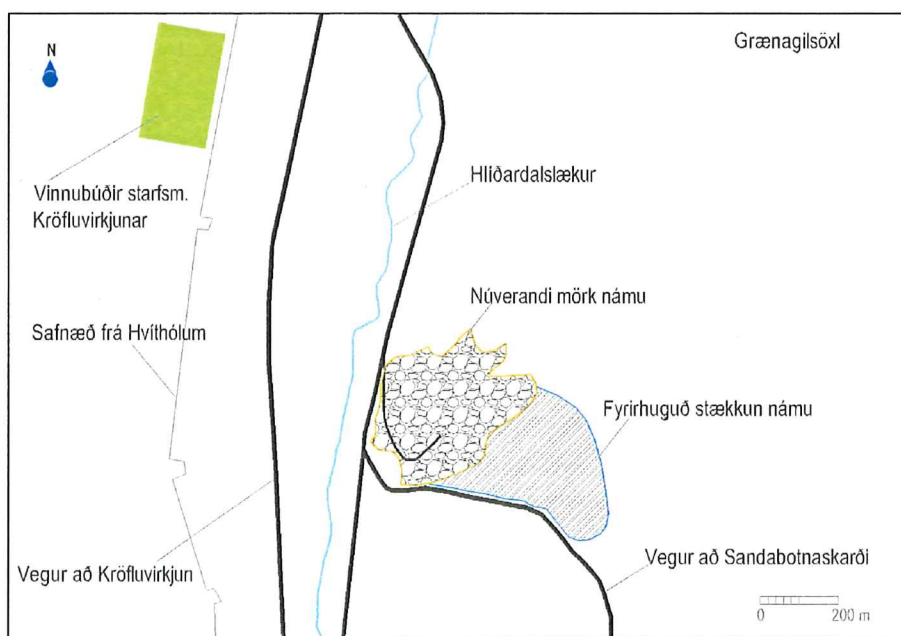
Bæta á ástand og útlit bílastæðisins við Víti, bæta gönguleið um gígbarma, og gera stíg upp að holu 34, öflugustu holunni á svæðinu. Ennfremur er ráðgert að leggja gönguleið upp á Rauðhól, þaðan sem er útsýni yfir virkjunarsvæðið og eldstöðvarnar til allra átta. Aðkomusvæði og bílastæði sunnan núverandi stöðvarhúss verður endurskipulagt og gert meira aðlaðandi.

17. EFNISNÁM OG FÖRGUN ÚRGANGS

17.1. Núverandi efnisnáma

Við jarðvinnu á virkjanasvæðinu hefur fyllingarefni verið tekið úr námu suðvestan við Grænagilsöxl við Kröflustöð (mynd 34). Í aðalskipulagi Skútustaðahrepps 1996-2015 er gerð grein fyrir þessari námu og þar er reiknað með að hún verði stækkuð um 3 ha frá því sem hún er nú. Náman hefur verið og verður eingöngu nýtt við framkvæmdir á Kröflusvæðinu. Efnið er að mestu rauðamöl eða rautt gjall. Reiknað er með að í námunni sé hægt að vinna allt það efni sem þarf fyrir framkvæmdir við stækkun Kröfluvirkjunar.

Náman var orðin nokkuð áberandi, en byrjað er að græða upp þann hluta námunnar sem blasir við frá heimreiðinni. Vegna áframhaldandi vinnslu verður náman opnuð meira til suðurs inn í daldrag á milli hóls og hlíðar Sandabotnafjalls, en ekki verður tekið efni úr hlíðum hólsins sem yrði of áberandi. Brúnir námunnar munu ekki ná hærra upp en núverandi námubrúnir. Raski á yfirborði vegna námuvinnslunnar verður haldið í lágmarki og vegna öryggissjónarmiða verður náman unnin með bröttum fláum, en ekki í stöllum eða með þverhnípi.



Mynd 34. Efnisnáma sunnan Grænagilsaxlar við Kröflu (VGK)

17.2. Aðrir kostir við efnistöku

Við umfjöllun um aðrar námur er stuðst við greinargerð Hönnunar hf. í viðauka 1 við frummat á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi [Hönnun hf. 2000b] og aðalskipulag Skútustaðahrepps 1996-2015 [Skútustaðahreppur o.fl. 1997].

Flugvallarnáma

Náman er um 15 km frá Kröfluvirkjun, í malarhjalla norðan Reykjahlíðar rétt austan við flugvöll. Í aðalskipulagi Skútustaðahrepps er reiknað með að þessi náma verði nýtt áfram til vinnslu á fyllingarefni og námasvæðið stækkað frá því sem nú er. Þarna er möguleiki til efnistöku ef ekki fæst nægilegt efni úr námunni við Grænagilsöxl.

Garðsnáma

Náman er suðaustan vegar hjá Garði við sunnanvert Mývatn í um 25 km fjarlægð frá Kröfluvirkjun. Efnid er numid ur gjallgíg, gervigíg. Í aðalskipulagi Skútustaðahrepps er reiknað með að þessi náma verði nýtt áfram og námasvæðið stækkað frá því sem nú er.

Hólasandsnáma

Náman er á Hólasandi rétt vestan Kísilvegar um 33 km frá Kröfluvirkjun. Efnid sem er jökulárset er talið ágætis fyllingarefni og hefur verið notað sem steypuefni fyrir byggingar á Mývatnssvæðinu. Námunar er ekki getið í aðalskipulagi Skútustaðahrepps þar sem hún er utan skipulagsmarka sveitarfélagsins.

Samanborið við námuna við Grænagilsöxl verður flutningskostnaður meiri við efnistöku í þremur ofangreindum námum vegna meiri fjarlægðar frá virkjunarstað. Kostnaður við efnistöku eykst og aukin umferð veldur mengun og ónæði.

17.3. Efnisnám á framkvæmda- og rekstrartíma

Miðað er við að boraðar verði allt að 4 holur í viðbót á um 10.000 m² borteig við Víti og að á næstu 30 árum komi til borana í Vítismó á borteig sem gæti orðið allt að 14.000 m² að stærð. Áætlað er að 30-40.000 m³ af fyllingarefni þurfi til borstæðagerðar á tímabilinu. Gert er ráð fyrir að nokkurn hluta þess efnis megi fá úr eldri borstæðum en megin hlutinn verði samt nýtt efni t.d. úr námunni við Grænagilsöxl.

Við byggingarframkvæmdir þarf 2.000 m³ af fylliefni til steinsteypugerðar. Búast má við að verktaki kaupi steypu úr nágrenninu og er líklegt að efni úr Hólasandsnámu verði notað til steinsteypuframleiðslu.

17.4. Förgun úrgangs

Grófasta efnid í vatni sem notað er til kælingar við borun er sigtað frá og skolvatni hringrásað. Svarfpró verður sett upp þar sem fíngerðari úrgangur botnfellur. Að borun lokinni verður jafnað yfir svarfpróna. Heildarmagn borsvarfs er áætlað um 150 m³ fyrir hverja holu. Gert er ráð fyrir að við borframkvæmdir við Kröflu verði borsvarf, afgang sementsefja og borleðja áfram urðuð í efnisnámu við Grænagilsöxl eins og verið hefur. Þetta er gert þar sem borsvarfið er ekki burðarhæft fyllingarefni.

Verktakar sem vinna við framkvæmdina munu farga úrgangi í sérstaka gáma sem fjarlægðir verða af gámapjónustu og ruslið urðað á viðurkenndu urðunarsvæði.

Tveir gámar fyrir almennt sorp við Kröfluvirkjun eru í umsjón Sorpsamlags Húsavíkur. Brotajárn og timbur er flokkað og farið með í sérstaka gáma í Reykjahlíð, eða beint til Sorpsamlags Húsavíkur. Spilliefnum er safnað og þeim komið í móttökustöð á Akureyri.

17.5. Niðurstöður

Efnisþörf við stækkun Kröflustöðvar er lítil í samanburði við margar aðrar virkjunarframkvæmdir. Talið er að með því að vanda til efnistöku og frágangs í námum og með því að nýta efni úr eldri borstæðum og grunni mannvirkja verði umhverfisáhrifum vegna efnistöku haldið í lágmarki. Ráðgert er að allt að 40.000 m³ af efni í burðarlög verði sótt í opna námu við Grænagilsöxl við Kröflustöð, frekar en í aðrar námur sem liggja fjær framkvæmdasvæðinu. Innan við 2.000 m³ af steypuefni verði hins vegar sótt í Hólasandsnámu.

Förgun úrgangs á framkvæmda- og rekstrartíma verður samkvæmt reglum og er ekki talin hætta á umhverfisáhrifum af völdum úrgangs á framkvæmdasvæðinu.

18. HÆTTUMAT

18.1. Almennt

Búast má við náttúruvá af ýmsu tagi á Kröflusvæðinu og er skemmst að minnast Kröfluelda í því sambandi.

Helstu áhættuþættir við virkjun háhitasvæða á Íslandi hafa verið flokkaðir í 13 flokka samanber eftirfarandi töflu:

Tafla 18.1. Flokkun áhættuþátta við virkjun háhitasvæða

Vegna eldgosa	Vegna jarðskorpuhreyfinga
1. Eldgos við/nálægt virkjun	8. Sprunguhreyfingar
2. Hraunflóð yfir virkjunarsvæði	9. Landris, landsig
3. Ösku- eða gjóskufall	10. Jarðskjálftar
4. Jarðhitageymirinn spillist af völdum kvikugastegunda	11. Skriðuföll
5. Kvikuhlaup í jarðhitageyminum	12. Leðju- eða gufusprengingar
6. Öflugar gufusprengingar geta valdið þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu	13. Kalt vatn streymir inn í jarðhitageyminn af völdum sprunguhreyfinga
7. Flóð í ám	

[Sæmundsson, K., 1992]

Í byrjun Kröfluelda voruðu jarðvísindamenn við áhættuþáttum 1, 2, 3, 8, 9 og 12. Einungis sprunguhreyfingar (8) ollu tjóni á virkjuninni. Jarðhitageymirinn spilltist einnig af kvikuhlaupum (5) og kvikugastegundum (4) og reyndist síðast talda atriðið alvarlegast.

Hugsanlega geta allir þættir nema helst flóð (7) valdið tjóni á virkjuninni á líftíma hennar. Litlar líkur eru taldar á því næstu áratugina vegna spennulosunar samfara Kröflueldum.

18.2. Eldgosa og hraunflóðahætta við Kröflu

Eftirfarandi kafla byggist að miklu leyti á skýrslu nefndar iðnaðarráðuneytis um hraunflóðavarnir við Kröflu frá júní 1985 [Helgi G. Þórðarson, Axel Björnsson og Þorvaldur Vestmann 1985].

Miðja megineldstöðvarinnar við Kröflu er nálægt Leirhnjúki um 2 km NV af stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar. Hinn virki hluti Kröflu sprungustykkisins er víðast 1-3 km á breidd og nær frá sunnanverðri Mývatnssveit um Bjarnarflag og Leirhnjúk og liggur þaðan um Gjástykki norður í Kelduhverfi.

Öll hraungos í Mývatnseldum og í Kröflueldum hafa komið upp innan virka sprungustykkisins. Mestar líkur eru á að gos verði á þessum sprungum eða á nýjum sprungum nálægt þeim innan virka beltisins. Lega gosrásarinnar ræður því síðan í hvaða átt hraun rennur frá henni.

Gjosi í Leirhnjúki og renni hraun austur af honum er líklegasta rennislísiðin suður með hnjúkunum og suðvestur á sléttuna sunnan og vestan við hann (mynd 1). Renni hraun lengra til austurs gæti það komist suður í Þríhyrningadal. Fyllist hann rennur hraunið um skarð austur úr honum rétt sunnan við stöðvarhús Kröfluvirkjunar og þaðan suður á Hlíðardal. Stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar gæti stafað veruleg hætta af hraunrennslí austur úr Þríhyrningadal og Kröflulínur 1 og 2 ásamt Reykjahlíðarlínu myndu eyðileggjast á kafla.

Kröfluvirkjun stafar mest hætta af hraunrennsli sem rynni í austur frá sprungum milli Leirhnjúks og Rauðkolls og þaðan í suður. Hraun úr þeirri átt gæti runnið ofan í Leirbotna norðaustan við stöðvarhúsið og þaðan suður á Hlíðardal. Stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar þyrfti ekki að stafa veruleg hætta af hraunrennslinu.

Eftir að Kröflueldar hófust árið 1975 voru gerðar nokkrar áætlanir um hraunflóðavarnir við Kröflu [Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1975, 1976a, 1976b, 1976c; Þorleifur Einarsson 1976; Verkfræðistofa Norðurlands 1976; Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Virkir 1976a, 1976b]. Það sem komst í framkvæmd var að vegur úr Leirbotnum upp á brekkubrún við Rauðhól var hækkaður, tagl austur úr Rauðhól var framlengt eftir brekkubrún og gerð var áætlun um ýta upp gjalli við stöðvarhússvegg til varnar hraunflóði þegar slík hætta stafaði að stöðvarhúsi.

Líkur á tjóni af völdum hraunflóða í kjölfar eldsumbrota við Kröflu voru metnar 1985 áður en umbrotum við Leirhnjúk linnu. Niðurstaða þess mats var að líkur á umtalsverðu tjóni á mannvirkjum Kröfluvirkjunar væru innan við 1%. Ekki var lagt mat á hugsanlegt tjón sem hlotist gæti vegna sprunguhreyfinga í kjölfar jarðhræringa á svæðinu. Kostnaður við varnargarða annars vegar og niðurstaða mats á tjónalíkum hins vegar var ástæða þess að ekki varð meira úr framkvæmdum við varnargarða.

18.3. Mótvægisáðgerðir

Sérstakt skipulag er hjá Landsvirkjun vegna viðbragða við vá. Viðbrögð eru mismunandi eftir eðli og umfangi hættunnar og eftir virkjunarstöðum. Sérstakt neyðarskipulag fyrir Kröfluvirkjun felur meðal annars í sér þjálfun starfsmanna virkjunarinnar í viðbrögðum við helstu hættum.

18.4. Niðurstöður

Ekki er hægt að útiloka tjón af völdum eldgosa eða jarðskorpuhreyfinga á virkjunarsvæðinu við Kröflu. Líkur á tjóni af völdum hraunflóða voru metnar 1985 áður en umbrotunum við Leirhnjúk lauk. Niðurstaðan þá var að líkur á umtalsverðu tjóni væru innan við 1%.

Eftir spennulosunina við Kröfluelda eru taldar litlar líkur á umtalsverðum jarðskorpuhreyfingum á líftíma virkjunarinnar.

19. VÖKTUN OG EFTIRLIT

19.1. Eftirlit með jarðhitasvæðinu

- Mánaðarlegar mælingar verða gerðar á holutoppsprýstingi og vatnsborði, einnig mælingar á afli hola ef þær blása í hljóðdeyfi.
- Fylgst verður með afli hola þegar tækifæri gefast, a.m.k. einu sinni á ári.
- Fylgst verður með efnainnihaldi borholuvökva a.m.k. einu sinni á ári.
- Fylgst verður með þrýstingi og hita í jarðhitakerfinu einu sinni á ári.
- Fylgst verður með virkni jarðhita með því að kortleggja nýjar jarðhitastöðvar sem og útkulnaðar hitaskellur innan háhitasvæðisins við Kröflu. Tekin verður innrauð mynd úr flugvél á fimm ára fresti til samanburðar við mælingar á jörðu niðri.
- Líkanreikningar verða endurskoðaðir á 5 ára fresti eða oftár ef þörf krefur.

19.2. Eftirlit með breytingum á landi við vinnslu

- Fylgst verður áfram með landbreytingum með nákvæmum landmælingum. Tíðni verður svipuð og undanfarin ár en hún byggir á þeim breytingum sem orðið hafa.
- Fylgst verður áfram með þyngdarbreytingum eins og verið hefur. Tíðni verður svipuð og undanfarin ár en hún byggist á þeim breytingum sem orðið hafa.

19.3. Eftirlit með lífríki

- Gerð verður rannsókn á fuglalífi við Kröflu í tengslum við rannsóknaráætlun fyrir Kröfluöskjuna sem nú er í undirbúningi. Fylgst verður með fuglalífi með fuglatalningu á 5 ára fresti.
- Gert er ráð fyrir að nýtt gróðurkort verði gert í tengslum við rannsóknaráætlun fyrir Kröfluöskjuna, sem nú er í undirbúningi.
- Fylgst verður með breytingum á gróðurfari við Hlíðardalslæk og tjarnir vestan undir Búrfellshrauni með reglulegum mælingum á fyrirfram ákveðnum sniðum.

19.4. Eftirlit með grunnvatni

- Fylgst verður með vatnsborði tjarna vestan undir Búrfellshrauni og með grunnvatnshæð í borholum í Búrfellshrauni tvisvar á ári. Sýni verða tekin úr borholum til efnagreininga einu sinni á ári. Öll aðalefni í vatni verða greind.
- Sýni verða tekin einu sinni á ári af skiljuvatni og úr Hlíðardalslæk. Öll aðalefni í vatni verða greind.
- Sýni til snefilefnamælinga verða tekin á tveggja ára fresti af skiljuvatni, úr Hlíðardalslæk, úr borholum í Búrfellshrauni og úr lindum við Mývatn.
- Grunnvatnslíkan af svæðinu verður endurskoðað með nýjum gögnum eftir því sem þörf er á.

19.5. Eftirlit með frárennsli

- Magn frárennslis verður skráð.
- Stakar mælingar verða gerðar á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti á mismunandi stöðum á jarðhitasvæðinu og umhverfis stöðvarhús. Kannað verður hvort hægt verði að koma á símælingum.
- Kannað verður hvort hægt verði að koma á mælingum á langtíma breytingum vegna kvikasilfurs í lofti.

20. STÆKKUN KRÖFLUVIRKJUNAR OG BJARNARFLAGSVIRKJUN

Í þessum kafla eru kostir og gallar við stækkun Kröfluvirkjunar og Bjarnarflagsvirkjun bornir saman. Niðurstöður frummats á umhverfisáhrifum Bjarnarflagsvirkjunar [Hönnun hf. 2000c] eru notaðar til samanburðar við niðurstöður mats á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar. Við samanburð á áhrifum á ferðaþjónustu er miðað við niðurstöður Rannsóknna og ráðgjafar ferðaþjónustunnar í könnun meðal ferðamanna og ferðaþjónustuaðila, sem fram fór árið 2000.

Tafla 20.1. Samanburður á stækkun Kröfluvirkjunar og Bjarnarflagsvirkjun

Umhverfispáttur	Stækkun Kröfluvirkjunar	Bjarnarflagsvirkjun
Skipulag og landnotkun	Á skipulögðu jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar. Framkvæmdir í samræmi við gildandi aðalskipulag. Deiliskipulag unnið í samráði við sveitarstjórn.	Á skipulögðu jarðhitaréttindasvæði Landsvirkjunar. „Vegna óvissu um áform um gufuaflsvirkjun í Bjarnarflagi” var skipulagi frestað á svæðinu, en gert var ráð fyrir nýju 60 ha iðnaðarsvæði í Bjarnarflagi.
Orkuforði og áhrif vinnslu	Orkuforði á núverandi vinnslusvæði dugar til vinnslu 100 MW _e í a.m.k. 30 ár.	Jarðhitakerfið getur staðið undir fyrirhugaðri 40 MW _e vinnslu a.m.k. næstu 50 árin.
Gróðurfar	Frekar gróðursnautt svæði. Engar sjaldgæfar eða friðaðar plöntur í hættu vegna framkvæmdanna.	Framkvæmdasvæði að mestu sandorpið og gróðurvana. Skerðing á gróðri á línuleið.
Fuglalíf	Búist er við hverfandi áhrifum á fuglalíf.	Búist er við hverfandi áhrifum á fuglalíf.
Hveraörverur	Hveralíf fábreytt og hefur lítið verndargildi.	Hveralíf á framkvæmdasvæðinu sambærilegt og við Kröflu. Sérstætt hveralíf er við Jarðbaðshóla.
Verndargildi	Framkvæmdasvæði við stöðvarhús og skiljustöð eru í verndarflokki 3. Borsvæði við Víti er í verndarflokki 2, en nálægt Víti og Hveragili sem eru í verndarflokki 1b. Borsvæði í Vítismó er í verndarflokki 3.	Allt framkvæmdasvæðið er í verndarflokki 2. Skammt vestan við það eru Jarðbaðshólar í flokki 1b. Hverir, austan Námafjalls, er einnig í verndarflokki 1b.
Forn- og söguminjar	Kröflunámur er eini minjastaðurinn á svæðinu, en merki um þær hafa ekki fundist.	4 minjastaðir í nágrenni við framkvæmdasvæði.
Efnahagsleg áhrif	Talsverð áhrif í sveitarfélaginu á framkvæmdatíma. Starfsmannafjöldi óbreyttur eftir stækkun. Auknar tekjur sveitarfélags af fasteignagjöldum.	Talsverð áhrif í sveitarfélaginu á framkvæmdatíma. 3-4 ný störf skapast. Auknar tekjur sveitarfélagsins af fasteignagjöldum. Gefur möguleika á áframhaldandi uppbyggingu iðnaðar á svæðinu.
Ferðaþjónusta	Stækkun Kröfluvirkjunar er ekki líkleg til að hafa umtalsverð áhrif á ferðaþjónustu eða útivist í Mývatnssveit.	Virkjun í Bjarnarflagi er heldur umdeildari bæði meðal ferðaþjónustuaðila og gesta í Mývatnssveit, en er talin gefa meiri möguleika til nýsköpunar.
Umferð	Aukin umferð á framkvæmdatíma. Lítil áhrif af flutningum efnis, ef náma við Grænagilsöxl verður valin.	Umferð eykst á framkvæmdatíma á svæðinu.

Umhverfispáttur	Stækkun Kröfluvirkjunar	Bjarnarflagsvirkjun
Hávaði	Hljóðstig getur tímabundið farið yfir 70 dB(A) við borun nýrra vinnsluhola. Hljóðstig verður undir 50 dB(A) á öllum helstu útsýnisstöðum á Kröflusvæðinu með nýjum hljóðdeyfum.	Við blástur borhola getur hljóðstig á útsýnisstað náð 70 dB(A) en <50 dB(A) með nýjum hljóðdeyfum. Hugsanlega þarf að beita hljóðmönnum til að ná <40 dB(A) að næturlagi í Reykjahlíð.
Affallsvatn og áhrif á grunnvatn	Lítill aukning á affallsvatni vegna hásvermis og niðurdælingar. Talið er að efnastyrkur í Hlíðardalslæk breytist lítið vegna stækkunarinnar. Ekki hefur orðið vart við affallsvatn frá Kröflu í lindum við Mývatn.	Losun á affallsvatni er talin geta haft áhrif á lífríki Mývatns vegna aðlögunar þess að kísilríku vatni. Frekari rannsóknir á áhrifum affallsvatns standa yfir.
Losun jarðhitalofttegunda	Losun koldíoxíðs eykst um 68.000 t/ár. Aukin losun brennisteinsvetnis um 4.500 t/ár.	Losun koldíoxíðs eykst um 4.000 t/ár. Aukin losun brennisteinsvetnis um 5.200 t/ár.
Sjónræn áhrif	Jarðrask vegna borstæða. Sjónræn áhrif stækkaðra bygginga eru talin lítil.	Jarðrask vegna vega og borstæða. Sjónræn áhrif veitumannvirkja, bygginga og útblásturs kæliturns.
Efnisnám og förgun úrgangs	Náma við Grænagilsöxl við Kröflu notuð. Magn sambærilegt við Bjarnarflagsvirkjun. Förgun úrgangs með sama hætti og við Bjarnarflag.	Flugvallarnáma notuð. Magn sambærilegt við stækkun Kröfluvirkjunar. Förgun úrgangs með sama hætti og við Kröflu.
Hættumat	Spennulosun í Kröflueldum er talin draga úr líkum á tjóni á líftíma virkjunarinnar.	Spennulosun í Kröflueldum er talin draga úr líkum á tjóni á líftíma virkjunarinnar.

Umhverfisáhrif þessara virkjunarkosta eru um margt sambærileg.

Kostirnir við stækkun Kröfluvirkjunar samanborið við virkjun í Bjarnarflagi eru minna rask af völdum framkvæmda, minni sjónræn áhrif mannvirkja auk meiri hagkvæmni í rekstri vegna samnýtingar hluta mannvirkja og starfsfólks. Framkvæmdaraðili telur að stofnkostnaður við stækkun Kröfluvirkjunar sé um 25-30% lægri en virkjunar í Bjarnarflagi.

Kostirnir við virkjun í Bjarnarflagi samanborið við stækkun Kröflu eru meiri efnahagsleg áhrif í sveitarfélaginu vegna fleiri starfa við virkjunina, auknir möguleikar til nýsköpunar í iðnaði og ferðaþjónustu í tengslum við virkjunina og minni losun koldíoxíðs.

III. NIÐURSTÖÐUR OG HEIMILDIR

Í þessum hluta eru dregnar saman úr II. hluta skýrslunnar helstu umhverfisþættir sem framkvæmdin er talin hafa áhrif á, líkleg áhrif sem framkvæmdin er talin hafa á þá þætti og helstu aðgerðir sem fyrirhugaðar eru til að vega á móti þeim umhverfisáhrifum sem vænta má vegna stækkunar Kröfluvirkjunar.

21. NIÐURSTÖÐUR MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM

Í töflu 21.1 eru teknar saman helstu niðurstöður mats á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar ásamt viðeigandi mótvægisáðgerðum. Áhrifin eru flokkuð eftir því hvort þau eru talin verða á framkvæmdatíma eða rekstartíma virkjunarinnar.

Tafla 21.1. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum vegna stækkunar Kröfluvirkjunar

Umhverfisþættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Áhrif á framkvæmdatíma		
Áhrif á jarðfræðimyndanir með verndargildi (4. kafli)	Fyrirhugaðar framkvæmdir eru að mestu á svæðum í verndar-flokki 3, að litlu leyti á svæðum í flokki 2 en engar á svæðum í flokki 1b.	Með verndarsvæðum er leitast við að vernda svæði sem mest verndargildi hafa. Þessi svæði verða friðuð fyrir öllu jarðraski.
Affallsvatn (9. kafli)	Frárennsli borvatns með leifum borsvarfs. Jarðhitavökvi frá borholum í blæstri.	Safnþrær settar upp til að skilja frá borsvarf. Vatni veitt í vatnsvegi og læki.
Losun jarðhitalofttegunda. (10. kafli)	Losun CO ₂ og H ₂ S á meðan holur blása.	Lokað hús sett yfir holur til að hindra fólk í að komast í borholukjallara, þar sem eitrunarhætta er mest.
Samfélagsleg áhrif (11. kafli)	Nokkur. Gert er ráð fyrir að vinna við framkvæmdirnar nemi 85 ársverkum og að jafnaði starfi um 30-40 manns að þeim.	
Umferð (12. kafli)	Tímabundið verður nokkur aukning á framkvæmdasvæði vegna efnisflutninga. Lítil utan Kröflusvæðisins nema ef sækja þarf fyllingarefni lengra að.	Efnistaka verði að mestu leyti úr námu við Grænagilsöxl við Kröflu.
Hávaði (13. kafli)	Tímabundið verður hávaði við borun og á meðan holur blása.	Ný og öflugri gerð hljóðdeyfa settir við holur.

Umhverfisþættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Sjónræn áhrif (16. kafli)	Jarðrask vegna borstæðagerðar, nýrra lagna og tímabundið vegna borhola í blæstri.	Jarðraski verður haldið í lágmarki og form og umhverfi allra borhola og safnæða verður lagfært. Umfang borstæða minnkað með s.k. borteigum.
	Sjónræn áhrif vegna stækkunar skiljustöðvar og stöðvarhúss.	Heildarásýnd mannvirkja á svæðinu verður samræmd. Aðkoma, bílastæði og gönguleiðir fyrir ferðamenn á svæðinu verður bætt.
Efnisnám (17. kafli)	Lítill. Nýtt efni sótt í efnisnámu við Grænagilsöxl, sem lítið áberandi rask fylgir.	Efnistöku hagað þannig að náman aðlagist betur umhverfinu. Raskað land verður grætt upp þar sem það á við.
Áhrif á rekstrartíma		
Skipulag og landnotkun (4. kafli)	Lítill. Viðhaldsboranir vegna stækkunarinnar verða af borsvæðum við Víti og í Vítismó. Svæði með mest verndargildi hafa verið afmörkuð og lýst verndarsvæði.	Ekkert rask verður á verndarsvæðum umfram það sem þarf til göngustígagerðar, þar sem við á.
Orkuforði (5. kafli)	Jarðhitageymirinn er talinn þola vel stækkunina. Búist er við lækkandi vermi hola á Vítissvæðinu þegar líða tekur á 30 ára spátíma. Getur þá þurft að bora í Vítismó.	
Yfirborðsvirkni jarðhita (5. kafli)	Lítill.	
Landhæðarbreytingar (5. kafli)	Ekki er talið að stækkunin hafi áhrif. Breytingar hafa orðið á landhæð á Kröflusvæðinu, sem að mestu eru taldar tengjast gósvirkni á tímum Kröfluelda.	Niðurdæling affallsvatns getur dregið úr landsigi af völdum massatöku.
Gróðurfar (6. kafli)	Ólíklegt er talið að stækkun Kröfluvirkjunar hafi áhrif á gróðurfar umhverfis virkjunina. Aukið affallsvatn er talið auka hraða breytingarferla sem eru í gangi við Hlíðardalslæk og tjörnum við Búrfellshraun.	Tilraunir eru hafnar með niðurdælingu affallsvatns. Förgun affallsvatns verður endurskoðuð í samráði við leyfisveitendur, ef vöktun leiðir í ljós neikvæð áhrif.

Umhverfisþættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Fuglalíf (7. kafli)	Engar sjaldgæfar fuglategundir fundust við Kröflu og ólíklegt að stækkun virkjunarinnar muni spilla fuglalífi á svæðinu.	
Hveraörverur (8. kafli)	Fjölbreytni hvera er ekki mikil á Kröflusvæðinu og verndargildi þeirra lítið út frá hveralíffræði.	
Affallsvatn og áhrif á grunnvatn (9. kafli)	Ekki eru taldar líkur á áhrifum. Skiljuvatn vegna stækkunarinnar mun aukast um 3 kg/s í byrjun en aukast í 130 kg/s með tímanum þegar vermi lækkar. Frárennsli kæliturna eykst um 33 kg/s að jafnaði. Ekki er talið að styrkur mengandi efna í affallsvatni breytist vegna stækkunarinnar, en hann er almennt lágur. Styrkur arsens fellur í flokk IV – áhrifa að vænta. Engin merki hafa fundist um affallsvatn frá Kröflu í lindum við Mývatn.	Skiljuvatn frá nýjum háþrýstiskiljum verður nýtt á lágþrýstiskiljum í stað borunar nýrra lágþrýstihola. Það leiðir til minni losunar skiljuvatns. Skiljuvatni verður dælt niður í jarðhitageyminn m.a. til að bæta vinnslueiginleika hans. Förgun affallsvatns verður endurskoðuð í samráði við leyfisveitendur, ef vöktun leiðir í ljós neikvæð áhrif.
Losun jarðhitalofttegunda (10. kafli)	Aukning á koldíoxíðlosun Íslendinga um 68.000 t/ár eða 2 % miðað við útblástur 1999. Hefur ekki áhrif á nánasta umhverfi virkjunarinnar. Losun H ₂ S frá jarðvarmavirkjunum eykst um 4.500 tonn á ári. Ekki talið hafa neikvæð áhrif.	
Samfélag (11. kafli)	Lítill. Engin breyting er fyrirhuguð á starfsmannafjölda Kröfluvirkjunar.	
Umferð (12. kafli)	Lítill. Engar breytingar á umferð að framkvæmdum loknum.	
Hávaði (13. kafli)	Tímabundið verður hávaði við borun og á meðan holur blása. Hljóðstig á vinsælum ferðamannastöðum á Kröflusvæðinu verður undir 50 dB(A).	Ný og öflugri gerð hljóðdeyfa settir við holur.
Ferðaþjónusta (14. kafli)	Stækkun Kröfluvirkjunar er ekki líkleg til að hafa umtalsverð áhrif á ferðaþjónustu eða útivist í Mývatnssveit.	Endurbætur á gestastofu, auknar merkingar og stikun gönguleiða, göngukort og bætt þjónusta við ferðamenn á svæðinu vega upp á móti neikvæðum áhrifum.

Umhverfisþættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Forn- og söguminjar (15. kafli)	Kröflunámur voru á svæðinu. Þær hafa ekki fundist og ekki er talið að ummerki um þær komi í ljós við framkvæmdir.	
Sjónræn áhrif (16. kafli)	Jarðrask vegna borana til viðhalds gufustreymi á 3 ára fresti og tímabundin áhrif vegna borhola í blæstri.	Borað verður af borsvæðum við Víti og í Vítismó. Gengið verður frá jarðraski jafnóðum.
Efnisnám og förgun úrgangs (17. kafli)	Lítill. Nýtt efni sótt í námu við Grænagilsöxl, sem lítið áberandi rask fylgir.	Efni notað úr eldri borstæðum eftir föngum og vandað til við efnistöku og frágang námu.
Hættumat (18. kafli)	Hætta vegna eldgosa er ekki talin mikil. Talið er að dregið hafi úr líkum á eldgosum vegna spennulosunar sem varð við Kröfluelda.	Neyðaráætlanir eru fyrir hendi og starfsmenn þjálfaðir samkvæmt þeim.

Við stækkun Kröfluvirkjunar eykst losun affallsvatns í Hlíðardalslæk lítið. Styrkur mengandi efna í affallsvatni frá núverandi virkjun mælist lágur og ekki skaðlegur lífríkinu. Ekki er talin hætta á áhrifum á grunnvatn og engin merki hafa fundist um affallsvatn frá Kröflu í lindum við Mývatn. Ráðgert er að hefja niðurdælingu hluta affallsvatnsins og að fylgst verði með hugsanlegum breytingum við Hlíðardalslæk og tjarnir vestan undir Búrfellshrauni. Leiði vöktun í ljós neikvæð áhrif affallsvatns vegna förgunar með núverandi hætti verður fyrirkomulag förgunar endurskoðað í samráði við leyfisveitendur.

Árleg losun Íslendinga á koldíoxíði eykst u.þ.b. 2 % við stækkun Kröfluvirkjunar og losun brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi sem var um 11.000 tonn á ári árið 1999 eykst um 4.500 tonn á ári.

Ólíklegt er talið að framkvæmdin hafi áhrif á lífríki umhverfis virkjunina. Fyrirhugað er að viðhaft verði virkt eftirlit og vöktun með ýmsum þáttum sem tengjast rekstri virkjunarinnar, ásamt því sem snýr að umhverfinu.

Sjónræn áhrif eru ekki talin verða mikil. Form og umhverfi borhola og safnæða verða lagfærð og útlit bygginga, litaval og heildarásýnd mannvirkja á svæðinu verða samræmd.

Hljóðstig getur tímabundið farið yfir 70 dB(A) við borun nýrra vinnsluhola. Hljóðstig verður undir 50 dB(A) á öllum helstu útsýnisstöðum á Kröflusvæðinu með nýjum hljóðdeyfum sem settir verða á holur í blæstri. Ekki er talið líklegt að stækkun Kröfluvirkjunar hafi umtalsverð áhrif á ferðaþjónustu eða útivist í Mývatnssveit og er fræðsla og bætt þjónusta við ferðamenn talin vega á móti neikvæðum áhrifum.

Áhrif á samfélag verða fyrst og fremst vegna atvinnusköpunar á framkvæmdatíma.

Niðurstaða Landsvirkjunar er að umhverfisáhrif stækkunar Kröfluvirkjunar séu tiltölulega lítil.

22. HEIMILDIR

Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1998. *Breytingar á landhæð við Kröflu 1974-1995. Samantekt á landhæðarmælingum*. OS-980002.

Árni Einarsson 1999. *Mófuglar við Námafjall 1998-99*. Skýrsla til Landsvirkjunar.

Ásgrímur Guðmundsson 2001. *Greinargerð um niðurdælingu affallsvatns frá Kröfluvirkjun*. Orkustofnun fyrir Landsvirkjun.

Birna Lárusdóttir og Orri Vésteinsson 2000. *Fornleifaskráning í Skútustaðahreppi IV*. Fornleifar við austan- og norðanvert Mývatn. Reykjavík

Björn Þór Guðmundsson og Stefán Arnórsson 1998. *Snefilefni í borholuvatni og affallsvatni frá Kröflu og Námafjalli*. Raunvísindastofnun Háskólans RH-07-98.S

Büchner W., Schliebs R., Winter G., Büchel K.H, 1989. *Industrial Inorganic Chemistry*. VCH, Weinheim.

Edner H., Faris G. W., Sunesson A., Svanberg S, Bjarnason J.Ö., Kristmannsdóttir H., Sigurðsson K.H. 1991. *Lidar Search for Atmospheric Atomic Mercury in Icelandic Geothermal Fields*. J. Geoth. Res., vol 96 NO D2.

Eggert Ólafsson 1943. *Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar umferðir þeirra á Íslandi árin 1752-1757*. Haraldur Sigurðsson og Helgi Hálfðánarson, Ísafoldarprentsmiðja h.f.

Einarsson, P. 1978. *S-wave shadows in the Krafla caldera NE-Iceland, evidence for a magma chamber in the crust*. Bull. Volcanol. 41: 1-9.

Eyjólfur Sæmundsson 1995. *Vinnuvistfræði, maðurinn og vinnustaðurinn*. Eyjólfur Sæmundsson.

Freyr Þórarinnsson og Bára Björgvinsdóttir 1980. *Krafla-Námafjall: Grunnvatnshæð*. Orkustofnun, greinargerð FP/BB-80/01.

Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1978. *Krafla. Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu*. Orkustofnun OS-JHD-7846.

Gretar Ívarsson, Magnús Á Sigurgeirsson, Einar Gunnlaugsson, Kristján H. Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1993. *Mælingar á gasi í andrúmslofti. Styrkur brennisteinsvetnis, brennisteinsdíoxíðs og kvikasilfurs á háhitasvæðum*. OS-93074/JHD-16.

Haldor Topsøe 2000. *Upplýsingar frá Jens Kr. Laursen, Haldor Topsøe vegna mats á umhverfisáhrifum stækkunar Nesjavallavirkjunar*.

Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 1998. *Krafla-Námafjall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn*. OS-98066.

Halldór Sverrisson og Jón Guðmundsson 2000. *Gróðurfar við Kröflu*. Rannsóknastofnun landbúnaðarins fyrir Landsvirkjun.

Halldór Walter Stefánsson 2000. *Athuganir á fuglum á áhrifasvæði Kröfluvirkjunar*. Náttúrustofa Austurlands fyrir Landsvirkjun.

Helgi Hallgrímsson 1978. *Söguminjar í Mývatnssveit*. Handrit.

Helgi G. Þórðarson, Axel Björnsson og Þorvaldur Vestmann 1985. *Hraunflóðavarnir við Kröflu og Bjarnarflag*. Álit nefndar á vegum Iðnaðarráðuneytis.

Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson 2001. *Mat á gróðurhúsaáhrifum fyrirhugaðs Háslóns*. RALA, Mars 2001. LV-2001/019

Hrefna Kristmannsdóttir 1997. *Umhverfisáhrif jarðhitanytingar*. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Hitaveita Suðurnesja, Landsvirkjun og Umhverfisráðuneytið.

Hrefna Kristmannsdóttir, Steinunn Hauksdóttir, Guðni Axelsson, Magnús Ólafsson og Halldór Ármannsson 1999. *Ferilprófun á Mývatnssvæðinu*. OS-99028.

Hunt, T., 2000. *Geothermal and the Environment. Lecture 1*. Fyrirlestrar um umhverfisáhrif jarðhitanýtingar hjá Jarðhitaskóla Sameinuðu Þjóðanna í Reykjavík 26.-29. september 2000.

Hönnun hf. 2000a. *Hljóðmælingar og hljóðstigsútreikningar*. Viðauki 11 við frummat á umhverfisáhrifum 40 MW_e jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi. Skýrsla fyrir Landsvirkjun.

Hönnun hf. 2000b. *Efnisnám fyrir Bjarnarflagsvirkjun. Greinargerð um efnistökuástandi í nágrenni Bjarnarflagsvirkjunar og efnisgerð í grunni stöðvar- og kæliháuss*. Viðauki 1 við frummat á umhverfisáhrifum 40 MW_e jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi. Skýrsla fyrir Landsvirkjun.

Hönnun hf. 2000c. *Frummat á umhverfisáhrifum 40 MW_e jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi*. Skýrsla fyrir Landsvirkjun.

Jakob K. Kristjánsson 1996. *Greinargerð um lífríki hverasvæðanna við Kröflu og Bjarnarflag*. Iðntæknistofnun Íslands, Líftæknideild.

Jarðboranir 2000. *Stefna Jarðborana í umhverfismálum*. Jarðboranir hf.

Jón Benjamínsson 1999. *Kröflusvæði. Yfirborðsathuganir og efnagreiningar haustið 1999*. Landsvirkjun – Kröflustöð.

Jón Benjamínsson og Trausti Hauksson 1998. *Kröflusvæði og Námafjall. Yfirborðsathuganir og efnagreiningar haustið 1997. Yfirlit um Kröflusvæðið*. Landsvirkjun-Kröflustöð.

Jón Örn Bjarnason 1991. *Um sýrustig úrkomu í Svartsengi*. Orkustofnun.

Jón Ólafsson 1978. *Kvikasilfur og arsen í borholum við Kröflu og Námafjall*. Náttúrufræðingurinn, 48 (1-2), 52-57.

Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir, 1996: *Viðnámsmælingar í Kröflu*, Orkustofnun, OS-96005/JHD-03.

Knútur Árnason, Brynjólfur Eyjólfsson, Karl Gunnarsson, Kristján Sæmundsson og Axel Björnsson 1984: *Krafla-Hvíthólar. Jarðfræði og jarðeðlisfræðikönnun 1983*. Orkustofnun, OS-84033/JHD-04.

Kolbeinn Árnason 1994. *Hitamyndir af jarðhitasvæðum. Fjarkönnun á hitainnrauðu sviði úr flugvél 1993. II. Námafjall, Krafla og Þeistareykir*. Upplýsinga- og merkjafræðistofa Háskólans, UMH F941001.

Kolbeinn Árnason 1996. *Hitamyndir af jarðhitasvæðum. Fjarkönnun á hitainnrauðu sviði úr flugvél 29. sept. 1995. III. Námafjall og Krafla*. Upplýsinga- og merkjafræðistofa Háskólans, UMH F960101.

Kristján Sæmundsson 1991. *Jarðfræði Kröflukerfisins*. Í “Náttúru Mývatns”, ritstj. Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson. Hið íslenska náttúrufræðifélag.

Kristján Sæmundsson og Einar Gunnlaugsson 1999. *Íslenska steinabókin*. Mál og Menning.

Kristmannsdóttir, K. Sigurgeirsson, M., Ármannsson, H., Hjartarson, H. and Ólafsson, M., 2000. *Sulfur gas emissions from geothermal plants in Iceland*. Geothermics 29, 525-538.

Landvernd 2000. *Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðhita*. www.landvernd.is. Upplýsingavefur um rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma.

Magnús Óskarsson og Matthías Eggertsson 1991. *Áburðarfræði*. Búnaðarfélag Íslands.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Kristján H. Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1995. *Mælingar á brennisteinsgösum í andrúmslofti. Styrkur brennisteinsvetnis og brennisteinsdíoxíðs við Svartsengi og Kröflu*. OS-95025/JHD-12 B.

Magnús Á. Sigurgeirsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1996. *Mælingar á brennisteinsgösum í andrúmslofti. Styrkur brennisteinsvetnis og brennisteinsdíoxíðs á Nesjavöllum og í Bjarnarflagi*. OS-96019/JHD-12 B.

- Náttúruverndarráð 1987. *Mývatnssveit – Náttúruverndarkort*. Fjölrit nr. 19.
- Orri Vésteinsson 1999. *Fornleifakönnun. Jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi*. Fornleifastofnun Íslands fyrir Landsvirkjun.
- Orri Vésteinsson 2000. *Fornleifar á vinnslusvæði Kröfluvirkjunar*. Fornleifastofnun Íslands fyrir Landsvirkjun.
- Ólafur Björgvin Jónsson 1946. *Frá Kröflu*. Náttúrufræðingurinn **16**: 4, 152-157
- Páll Valsson 1999. *Jónas Hallgrímsson : ævisaga*. Mál og Menning.
- Piercy and Embleton 1979. *Sound Propagation in Open Air. Handbook of Noise Control*. Harris C.M., editor. McGraw-Hill.
- Ragna Karlsdóttir, Gunnar Johnsen, Axel Björnsson, Ómar Sigurðsson og Egill Hauksson 1978: *Jarðhitasvæðið við Kröflu. Áfangaskýrsla um jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1976-78*. OS JHD-7847. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1982. *Gróðurkort af Íslandi, Blað 304 Gæsa fjöll*.
- Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar 2001. *Stækkun Kröfluvirkjunar. Áhrif á ferðaþjónustu og útivist. Gestakönnun, athugun meðal ferðaþjónustuaðila í heimabyggð og fyrri rannsóknir*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun.
- Sigmundsson, F. Vadon, H. and Massonnet, D. 1997. *Readjustment of the Krafla spreading segment to crustal rifting measured by satellite radar interferometry*. Geophys. Res. Letters, 24, No 15, 1843-1846.
- Skipulag ríkisins 1993. *Umhverfismat fyrir Skútustaðahrepp*.
- Skipulagsstofnun 2000. *Ákvörðun um tillögu að matsáætlun*. Bréf Skipulagsstofnunar til Landsvirkjunar dagsett 27. desember 2000.
- Skútustaðahreppur 2001. www.myv.is.
- Skútustaðahreppur, Náttúruvernd ríkisins og Skipulag ríkisins 1997. *Skútustaðahreppur, Suður Þingeyjarsýslu – Aðalskipulag*. Gylfi Guðjónsson og Sigurður J. Jóhannsson.
- Stjtið. A, nr. 36/1974. *Lög um verndun Mývatns og Laxár í Suður-Þingeyjarsýslu*. Náttúruvernd ríkisins.
- Stjtið. B, nr. 136/1978. *Reglugerð um framkvæmd laga nr. 36/1974 um verndun Mývatns og Laxár í Suður-Þingeyjarsýslu*.
- Stjtið. B, nr. 154/1999. *Reglur um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum*. Vinnueftirlit ríkisins.
- Stjtið. B, nr. 796/1999. *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns*. Hollustuvernd ríkisins.
- Stjtið. B, nr. 797/1999. *Reglugerð um varnir gegn mengun grunnvatns*. Hollustuvernd ríkisins.
- Stjtið. B, nr. 800/1999. *Reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn*. Hollustuvernd ríkisins.
- Stjtið. B, nr. 933/1999. *Reglugerð um hávaða*. Hollustuvernd ríkisins.
- Sæmundsson, K. 1992. *Hazards Associated with the Exploitation of High-Temperature Geothermal Fields in Iceland*. Natural Disasters '92. Reykjavík. Lauslega þýtt samkvæmt: 40 MWe Jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi og 132 kV háspennulína að Kröflustöð – Frummat á umhverfisáhrifum. Hönnun hf., 2000.
- TemaNord 2001. *Sjálfbær þróun – nýstefna fyrir Norðurlönd*. Umhverfisráðherrar og samstarfsráðherrar Norðurlandanna f.h. Norrænu ráðherranefndarinnar.
- Trausti Hauksson 2000. *Greinargerð um sýnatöku úr borholum í Kröflu og Bjarnarflagi sumarið 2000*. Unnið fyrir Landsvirkjun, Kröflustöð.

- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson 2000. *Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás sumarið 1999*. Unnið fyrir Landsvirkjun, Kröflustöð.
- Umhverfisráðuneytið 1997. *Ísland og loftslagsbreytingar af mannavöldum*. Skýrsla umhverfisráðherra.
- VBL 1989. *Förgun brennisteinsvetnis við Nesjavallavirkjun*. Verkfræðistofa Baldurs Líndal fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.
- Veðráttan 1998. *Mánaðaryfirlit samið á Veðurstofu Íslands, mars 1998*. Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands 2000a. www.vedur.is.
- Veðurstofa Íslands 2000b. *Veðurfarsupplýsingar fyrir Mývatnssveit vegna mats á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar*.
- Vegagerðin 2001. *Umferðartölur í Mývatnssveit 1998*. Upplýsingar frá Auði Þóru Árnadóttur.
- Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns 2000. *Greinargerð um hávaðamælingar við Kröfluvirkjun*. Unnið fyrir Landsvirkjun vegna mats á umhverfisáhrifum stækkunar Kröfluvirkjunar.
- Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf., Rafteikning hf. og Orkustofnun 2000. *Stækkun Kröflustöðvar – Verkhönnun*. Landsvirkjun.
- Verkfræðistofa Norðurlands 1976. *Hraunflóðavarnir í Skútustaðahreppi*. Unnið fyrir Almannavarnarnefnd Skútustaðahrepps í apríl 1976.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1975. *Hraunflóðavarnir við Kröfluvirkjun*. Unnið fyrir Kröflunefnd 23/12 1975
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1976a. *Hraunflóðavarnir í Mývatnssveit*. Unnið fyrir Almannavarnir ríkisins 5/1 1976.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1976b. *Hraunflóðavarnir við Kröflu – viðauki*. Viðauki við skýrslu VST og Virkis. Október 1976
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1976c. *Kröfluvirkjun – Hraunvarnir í Hlíðardal*. Unnið fyrir Orkustofnun. Október 1976.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Virkir 1976a. *Hraunflóðavarnir við Kröfluvirkjun*. OST OS-JHD-7645 12 . September 1976
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Virkir 1976b. *Hraunflóðavarnir við Kröfluvirkjun, viðauki II*. Viðauki við skýrslu VST og Virkis. Nóvember 1976.
- VGK og VBL 1993. *Nesjavallavirkjun – Förgun brennisteinsvetnis*. Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns og Verkfræðistofa Baldurs Líndal fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.
- VGK og VBL 1995. *Förgun brennisteinsvetnis með framleiðslu brennisteinssýru á Nesjavöllum*. Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns og Verkfræðistofa Baldurs Líndal fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.
- Vinnueftirlit ríkisins 2000. *Bréf Vinnueftirlits ríkisins til Jarðborana hf, dagsett 03.10.2000*, um hávaðamælingar frá jarðbornum Jötni við borholu 22 á Nesjavöllum.
- VST 2001. *Mengun við virkjanaframkvæmdir*. Kárahnjúkavirkjun, mat á umhverfisáhrifum, viðauki 10. LV-2001/002.
- WHO 1976. *Environmental health Criteria. 1, Mercury*. World Health Organization. Geneva.
- Þorleifur Einarsson 1976. *Hraunflóðavarnir í Mývatnssveit*. Greinargerð Raunvísindastofnunar Háskólans til iðnaðarráðherra í febrúar 1976.