

**Krafla – staða og horfur í rannsóknum og
gufuöflun í nóvember 1992**

Ásgrímur Guðmundsson

Greinargerð ÁsG-92-15

KRAFLA - STAÐA OG HORFUR Í RANNSÓKNUM OG GUFUÖFLUN Í NÓVEMBER 1992.

1. INNGANGUR

Tilgangur þessarar samantektar er að draga saman niðurstöður rannsókna og framkvæmdir sem þær leiddu af sér á tímabilinu 1988 til ársloka 1992, eftir fimm ára hlé í borunum. Einnig að meta stöðu gufuöflunar til Kröflustöðvar annars vegar fyrir núverandi uppsett afl eða 30 MW og hins vegar fyrir stækkun upp í 60 MW.

Eðlilegt er að líta öðru hvoru yfir farinn veg og skoða framkvæmdir og áætlanir og bera þær saman við raunveruleikann. Í janúar s.l. var gefin út greinargerðin "GUFUÖFLUN FYRIR KRÖFLUVIRKJUN - STAÐA OG HORFUR Í UPPHAFI ÁRS 1992" (Greinargerð ÁsG-BS-92/01). Svo sem segir í inngangi þeirrar greinargerðar, þá var tekin saman greinargerð í janúar 1991 (ÁsG,BS,HÁ,VS-91/04) um stöðu gufuöflunar fyrir Kröflustöð og lagðar fram tillögur um rannsóknir og boranir 1991. Stiklað var á stóru um fyrri rannsóknir og boranir. Sú tillögugerð gerði ráð fyrir virkjuninni í fullum afköstum eða 60 MW árið 1995. Í því fólst borun á 4-6 holum 1992-1993 ásamt rannsóknum og síðan borun tveggja hola á ári þar til gufuöflun væri fullnægt. Tekið var tillit til þess að nauðsynlegt væri að hafa fleiri en eitt borsvæði tiltækt í einu og í tengslum við það voru þrjú svæði sérstaklega nefnd:

*Svæðið í næsta nágrenni Rauðhóls
Ofanvert Hveragil og svæðið austan Vítis.
Norðanverður Vítismór.*

Þá var greint frá borun holu KG-26 á Rauðhólssvæðinu og forborun austan Vítis. Svæðið í norðanverðum Vítismó var aftur á móti sett til hliðar í bili vegna fjarlægðar frá virkjuninni og þá um leið kostnaðarsamra framkvæmda. Þess í stað var augunum beint að Sandabotnaskarði, þar sem tvær grunnar kjarnaholur voru boraðar.

Síðar á árinu eða í lok maí var áður nefnd áætlun endurskoðuð, en þá höfðu verið gerðar viðnámsmælingar á Kröflusvæðinu með TEM- aðferð. Niðurstöður mælinganna leiddu til breytinga á áður framlögðum tillögum og var gerð nánari grein fyrir því í greinargerðinni "Krafla, verkefnaáætlun - Tillögur um nýboranir 1991 og 1992" (ÁsG-91/06. Þar er helst að nefna fráhrarf frá tillögum um boranir í norðanverðum Vítismó, tímabundið að minnsta kosti. Mælingarnar gáfu til kynna að mjög djúpt væri niður á vinnanlegan jarðhita og var það í góðu samræmi við niðurstöður borunar holu KG-25 eins og síðar verður vikið að. Aftur á móti ýttu þær undir nánari athugun á svæðinu í Sandabotnaskarði, þá sérstaklega við Leirhól. Að öðru leyti stóðu áfram tillögurnar um að bora hjá; Auga við veg, í ofanvert Hveragil eða norður af því

og í Leirbotnasvæðið milli hola KJ-11 og KJ-7. Það síðasta á við ef um er að ræða viðbótargufu fyrir vél 1 vegna nálægðar við mannvirki. Auk áætlana um boranir var lagt til að halda áfram viðnámsmælingum næst komandi vetur eða vor. Þá var hugmyndin að halda áfram mælingum frá Hvíthólum, þar sem mælingum var hætt sumarið 1983, og norður að Leirhnjúk, þangað sem mælingar náðu vorið 1991. Með því er talið að útjaðar 10 ohmm viðnámslæggðarinnar á Kröflusvæðinu sé vel afmarkaður. Í því sambandi ber að geta þess að á árunum 1970 -75 var mælt á þessum slóðum með annari aðferð (Schlumberger-aðferð) og búið að afmarka lágviðnámið nokkum veginn, en ástæða þótti til að þetta mælingamar og nota þá mæliaðferð sem best hefur reynst á undanfórnum árum, sem er kölluð TEM-aðferð.

Einn þeirra þátta sem mikil áhersla hefur verið lögð á síðasta áratug eru mælingar á gasstyrk í gufu úr völdum gufuaugum á jarðhitasvæðinu í Kröflu. Þetta reglubundna eftirlit hefur gefið mikilvægar upplýsingar um breytingar á gasútstreymi á Kröflusvæðinu.

2. YFIRLIT YFIR FRAMKVÆMDIR

2.1 Borun holu KG-24

Árið 1988 var hafist handa við boranir eftir fimm ára hlé. Mikill skortur var á lágþrýstigufu og því nauðsynlegt að afla hennar fyrir veturinn. Það þótti nokkuð víst að afla mætti allt að 5 kg/s af lágþrýstigufu með borun í efrihluta Leirbotnasvæðisins. Holu KG-24 var valin staður á borplani holu KJ-11. Sá hluti KJ-11, sem sker efrihluta jarðhitakerfisins, var fóðraður af á sínum tíma niður á 1200 m dýpi eftir að upplýsingar um afköst holunnar lágu fyrir. Ekki þótti ástæða til að ljúka lokaskýrslu á sambærilegan hátt og gert var áður, þar sem hola KG-24 er nánast við hliðina á KJ-11, en þess í stað lögð meiri áhersla á að koma sem mestum upplýsingum fyrir í

áfangaskýrslum um holuna. Ef ástæða þykir til má rýna betur í gögnin síðar meir. Niðurstöður borunar voru í góðu samræmi við upphaflegar áætlanir.

2.2 Hreinsun holu KJ-13

Sumarið 1989 var hola KJ-13 hreinsuð, en hún stíflaðist fáeinum mánuðum eftir að hún var endurboruð, sem var 1983. Gufubor vann það verk. Komið var í útfellingar strax við leiðaratopp á rúmlega 1000 m dýpi, og síðan af og til niður á tæplega 1600 m. Að því næst var komist voru útfellingarnar samsettar úr járn-súlfíðum og voru mjög harðar í borun. Árangur reyndist vera góður og gaf holan um 80 % af því er fékkst úr henni eftir endurborun 1983. Það samsvaraði um 12 kg/s í heildar-afköstum og um 9-10 kg/s í háþrýstigufu. Nokkrum mánuðum síðar varð vart við aflrýmun í holunni, en þrátt fyrir það er hún aflmeiri en fyrir hreinsun og gefur nú um 5 kg/s af háþrýstigufu.

2.3 Borun holu KG-25

Árið 1990 var boruð 2105 m djúp vinnsluhola skammt norðan við holu KG-4 (Sjálfskaparvíti). Markmiðið var að bora niður í æðakerfið, sem holur KG-4 og KG-10 skáru á 1900 - 2100 m dýpi og jafnframt að fóðra af efrihluta jarðhitakerfisins, sem er 180-200 °C heitur. Þrátt fyrir steypa vinnslufóðringu niður á 1200 m dýpi þá reyndist það ekki nægjanlega djúpt, þar sem efrihluta æðar náðu dýpra en áður hafði þekkt eða niður á 1400 - 1500 m dýpi. Á rúmlega 2000 m dýpi var komið í öflugt æðakerfi og virtist útlitið vera gott. Fljótlega eftir upphleypingu kom í ljós að einhver óþverri var í vökvanum. Vatnið litaðist svart eftir viku blástur og afköst holunnar minnkuðu í þrepum þ.e. hluti háþrýstigufu. Eftir tæplega tveggja mánuðar blástur var holunni lokað dagpart meðan á mælingum stóð. Við upphleypingu skaut holan af sér járnút, sem var ættaður af

rúmlega 1400 m dýpi eða þar sem neðrihluta æðarnar blandast efrihlutanum. Eftir nokkurra mánuða blástur var neðrihluti holunnar orðinn stíflaður og nánast eingöngu efrihluta vökvi, sem kom upp. Niðurstöður efnagreininga bentu til þess að neðrihlutinn væri í súrara lagi eða með pH~4-5. Jafnframt hafði vökvinn tært upp fóðringarnar að einhverju leyti.

Sumarið 1991 var reynt að lagfæra holuna. Engar útfellingar voru merkjanlegar í vinnslufóðringunni og var efri hluti leiðarans, sem náði niður á 1400 m dýpi, tekinn upp. Til stóð að hreinsa holuna niður í botn, en það dæmi gekk ekki upp. Efri hluti leiðarans, sem var eftir niðri, hreint og beint kurlaðist þegar borspjóti var rennt ofan í hann. Á 1550 m dýpi var komið niður í heillegt járn sem olli fyrirstöðu og var framkvæmdum þá hætt. Ástand holunnar er nú á þann veg, að holutoppur og vinnslufóðring (niður á 1200 m dýpi) eru í góðu lagi, en á 1550 m dýpi er efri endi á leiðaranum. Frá 1200 niður á 1550 m dýpi er holan ófóðruð. Þrýstingur botnæðarinnar er hærri en þrýstingurinn á efrihluta æðunum og er uppstreymi frá botni út í efrihluta æðarnar.

Lokið var við yfirgripsmiklar áfangaskýrslur tengdar borverkinu og upphleypingu holunnar, en lokaskýrsla var ekki gerð né skýrsla um lagfæringu holunnar.

2.4 Borun holu KG-26

Í júní 1991 var hafist handa við borun holu KG-26 og var lokið við að bora hana niður á 1210 m dýpi í júlímánuði (*Borun 1. áfanga holu KG-26, OS-91040/JHD-23 B* og *Borun 2. áfanga holu KG-26, OS-91041/JHD-24 B*). Gert var ráð fyrir að dýpka mætti holuna niður fyrir 2000 m dýpi ef afköst yrðu rýr. Svo reyndist vera eins og fram kemur í greinargerðinni "KRAFLA - HOLA KG-26, MAT Á UPPHAFSÁSTANDI, AFKÖSTUM OG

GÆFNI ÆÐA" (*GrB-BS-91/07*). Þegar niðurstöður lágu fyrir var ákveðið að dýpka holuna eins og þörf væri á innan skynsamlegara marka. Holan var dýpkuð í nóvember og desember sama ár. Brugðið var út frá hefðbundnum verklokum eftir að borinn var farinn af holunni. Holan var látin hitna upp í tvær vikur og síðan kæld í álíka langan tíma. Á þennan hátt var augin lektin inn í holuna með því að mynda kælisprungur. Að venju var gefin út áfangaskýrsla í að loknu verki (*Borun 3. áfanga holu KG-26, OS-92009/JHD-03 B*).

Vegna breyttrar stöðu í raforkumálum landsins lá ekkert á að fá niðurstöður um afl og samsetningu vökva holunnar. Því var beðið fram á sumar með upphleypingu. Eftir um sex mánaða upphitun var henni hleypt upp í júnílok. Holunni var lokað aftur eftir rúmlega viku blástur og látið renna á hana um 25 l/s af köldu vatni úr borveitunni. Ástæða þess var vísbending um varasaman vökva og þá um leið breytingar í afli meðan á þessum stutta blæstri stóð. Fyrstu niðurstöður efnagreininga bentu til að sýrustig væri tæplega pH~6 og ennfremur varð vart við óvenju mikið af uppleystum efnum. Þá komu brennisteinn, klóríð og járn í ljós í greiningum Iðntæknistofnunar á filterpappír, sem notaður var við sýnatökuna. Skýrsla um niðurstöður efnagreininga á sýnum úr holunni verður væntanleg í lok nóvember 1992.

2.5 Kjarnaholur í Sandabotnaskarði

Í lok ágúst og september voru boraðar tvær grunnar kjarnaholur í Sandabotnaskarði. Áætlað var að bora um 200 m djúpa holu við Leirhól og 400 m djúpa holu í mynni skarðsins um það bil miðja vegu milli Hvíthóla og Leirhóls. Borun holunar í Leirhól gekk samkvæmt áætlun. Á um 50 m dýpi var komið í 100 °C og á 200 m dýpi var hitinn kominn upp í rúmlega 170 °C hálfum mánuði eftir að borun lauk. Borað var þar sem grynnt var á lágvið-

námið. Seinni holan var vandamál frá upphafi. Borunin gekk mjög illa og kjarnaheimta var léleg. Þegar komið var niður á 168 m dýpi var gefist upp, en áætlan gerði ráð fyrir 400 dýpi. Samkvæmt viðnámsmælingum var ekki búist við háum hita fyrr en á tæplega 400 m dýpi. Hitinn í holunni var á bilinu 30 - 40 °C. Kjarninn var greindur á staðnum, en lítið meira hefur verið gert í úrvinnslu gagna enn sem komið er. Leirhólsholan var jarðlaga- og hitamæld í lok september 1992.

3. YFIRLIT YFIR RANNSÓKNIR

3.1 Borrannsóknir

Í tengslum við boranir hefur svæðisrannsóknunum verið haldið áfram og er líkanið af svæðinu ávalt í endurskoðun. Borverkum er venjulega skipt niður í áfanga sem miðast við fóðringar sem er verið að bora fyrir. Fyrir hvern áfanga er skrifuð áfangaskýrsla, sem lýsir nokkurn veginn gangi verksins og inniheldur allar upplýsingar er liggja fyrir í lok verkáfanga. Lítið er um túlkun í áfangaskýrslunum heldur fyrst og fremst hrá upptalning á gögnum sem safnað var á verk tímanum. Æskilegt er að vinna úr borholugögnum fljótlega að borun lokinni. Á undanförmum árum við vinnu í Kröflu, Nesjavöllum og í Svartsengi þá hefur skapast ákveðin vinnuregla við úrvinnslu gagna. Reynt hefur verið að gera svonefnda lokaskýrslu, þar sem öll borholugögn eru túlkuð og notuð til að undirbyggja jarðhitalíkan svæðisins. Það segir ekki að nauðsynlegt sé að vinna hlutina eins frá ári til árs enda eðlilegt að endurskoða úrvinnsluaðferðir eins og annað. Í því sambandi er stungið upp á því að bæta við rannsóknaraðferð á svarfi, sem hefur lítið verið notuð hér á landi en sem er í örur vexti. Þar er um að ræða rannsókn á vökvabólum í kristöllum. Þær geta gefið mikilvægar upplýsingar um myndunaraðstæður kristalla, þar á meðal hitastig, þrýsting og seltu.

Því miður hefur úrvinnsla verið látin sitja

á hakanum ef horft til síðustu ára. Myndir 1-5 sýna flæðirit yfir ferli borunar og rannsóknna hola sem boraðar hafa verið í Kröflu frá 1988. Dökki hlutinn sýnir þá verkþætti sem hafa orðið útundan og er í öllum tilfellum um að ræða lokaúrvinnslu. Í einu tilfelli eða við holu KG-24 var ekki talin þörf á umfangsmikilli úrvinnslu, þar sem borað var ofan í vel þekkt svæði. Ákveðin úrvinnsla hefur verið unnin við allar holunnar en ekki tæmandi.

3.2 Eftirlitsrannsóknir

Frá því að boranir hófust í Kröflu hefur holueftirlit verið í nokkuð fastmótuðum skorðum. Fylgst hefur verið reglulega með efnasamsetningu holuvökvans, holur hafa verið afkastamældar og hiti og þrýstingur mældur. Tíðni eftirlits hefur verið háð niðurstöðum hverju sinni og eftirlitsskýrslur um niðurstöður gefnar út árlega. Það sem vantar á að eftirliti sé í fullkomnu lagi er að líkangerð og vinnsluspár séu fyrir hendi og endurskoðaðar með reglulegu millibili með tilliti til árlegra mælinga.

Í upphafi árs 1992 gaf Orkustofnun út skýrslu um líkangerð og vinnsluspár af Hvíthólasvæðinu, sem unnið var fyrir Landsvirkjun. Skýrslan átti erfiða fæðingu, sem mátti m.a. skýra út frá fyrsta verki af þessu tagi hér á landi. Um var að ræða þunga tölvuvinnslu, en á vinnslutíma verksins bætti stofnunin tölvukost sinn til þess að geta sinnt verkefnum af þessu tagi.

3.3 Yfirborðsrannsóknir

3.3.1 Viðnámsmælingar

Hluti forrannsóknna á jarðhitasvæðum felst í því að mæla viðnám í jörðinni og afmarka á þann hátt líkleg vinnanleg svæði. Frekari vinna felst í að túlka mælingarnar með öðrum rannsóknarþáttum, en þar skiptir mestu máli jarðfræðikortlagning. Í meginatriðum er þessum rannsóknunum

lokið í Kröflu eins og gefur að skilja. Fáeinir lausir endar eru ófrágengnir.

Á vormánuðum 1991 voru gerðar TEM-mælingar austur af Leirhnjúk yfir Kröflu og svo suður í Sandabotnaskarð. Markmið mælinganna var að staðsetja nákvæmlega 10 ohmm viðnámslægð, sem markar nokkurn vegin það svæði sem borað er í eftir gufu. Frumniðurstöður lágu þá þegar fyrir um vorið (*Viðnámsmælingar í Kröflu 1991 - Greinargerð KÁ-HE-EHH-91/05*) og var ætlunin að samtengja úrvinnslu og skýrslugerð við áætlaðar mælingar, er stóð til að mæla vorið 1992 og er lýst í greinargerðinni "*Viðnámsmælingar á Kröflusvæði 1992 (KÁ-HE-91/09)*". Fyrstu niðurstöður bentu til þess að ekki væri ráðlegt að leita eftir gufu að svo stöddu í norðanverðum Vítismó. Frekar væri ástæða til að beina athugunum að svæðinu í kringum Leirhól í Sandabotnaskarði. Sú niðurstaða að kanna svæðið í Sandabotnaskarði var samhljóða niðurstöðum úr mælingum við Hvíthóla 1983, en vegna fjarlægðar við mannvirki Kröflustöðvar var sá kostur þá ekki inn í myndinn. Fjarlægðin hefur ekki breyst en annað mat er nú lagt á gufulagnir frá borholum að stöð.

Fallið var frá mælingum 1992 vegna breyttra áætlana í raforkuvæðingu landsins og stöðu Kröflustöðvar auk þess sem fallið var frá öðrum verkefnum varðandi gufuöflun. Þar af leiðandi var úrvinnslu TEM-mælinga frestað um ótiltekinn tíma.

3.3.2 Jarðhitakort

Á undanförmum árum hefur Orkustofnun lagt áherslu á það við Landsvirkjun að láta prenta jarðhitakort af Kröflusvæðinu. Þar sem fram kemur útbreiðsla virks og útkulnaðs jarðhita. Enfremur þær breytingar sem hafa átt sér stað í tengslum við Kröfluelda. Útivistu er svo til lokið og búið er að gera fyrstu drög af kortinu. Ef til vill þarf að kanna einhver vafatriði áður en til prent-

unar kemur og rétt er að gefa út skýringar-bækling með kortinu.

Kort af þessu tagi auðveldar verulega eftirlit með breytingum á yfirborðsjarðhita vegna vinnslu.

3.3.3 Gasstyrkur í gufuaugum

Allt frá 1978 hefur verið fylgst með gufu-útstreymi og gasstyrk í völdum gufuaugum á Kröflusvæðinu. Árið 1980 var gefin út viðamikil skýrsla um niðurstöður athuganna 1978-1979. Síðan kom 4 ára hlé, en frá og með 1984 hefur þessum rannsóknnum verið haldið áfram árlega. Myndir 6-8 sýna breytingar á gasstyrk í nokkrum gufuaugum yfir athugunartímabilið. Þær sýna annars vegar breytingar á gasstyrk, sem jókst verulega á svæðinu í tengslum við umbrotin á árunum 1976-78, en tók síðan að lækka með tíma. Hins vegar breytingar á gashlutfallinu $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$, sem notað hefur verið sem mælikvarði á áhrif kvikugasa í jarðhitakerfinu. Í suðurhlíðum Kröflu varð aldrei vart við kvikugös. Aftur á móti hafa athuganir á gasstyrk í gufuaugum þar leitt í ljós merkjanleg áhrif niðurdráttar vegna vinnslu.

Svæðiseftirlit af þessu tagi hefur gefið góða raun og m.a. ýtt undir sambærilegar athuganir á öðrum háhitasvæðum. Full ástæða er til að halda því áfram.

4 GUFU FYRIR 30 MW.

Núverandi staða í gufuöflunarmálum er nokkuð svipuð þeirri stöðu eins og hún var 1989 eftir að hola KG-24 kom inn með 4 - 5 kg í lágþrýstigufu. Erfiðlega hefur gengið að halda hola KJ-3A í rekstri og hola KG-5 er að stíflast af kalki, en hún hefur gefið tæp 3 kg/s af gufu. Á síðastliðnu ári var lágþrýstigufan samtals 13,2 kg/s, en mælingar s.l. voru sýndu 11,4 kg/s. Þá var hola KJ-9 ekki með, þar sem hún var hvíld. Holan gaf vorið 1991 4 kg/s af há-

þrýsti- og 1,7 kg/s af lágþrýstigufu. Þannig að heildarmagn af tengdri lágþrýstigufu er nokkuð svipað á milli ára, en ekki þarf mikið útaf að bera svo að skortur verði á henni. Háþrýstigufa hefur verið 63-65 kg/s á undanförmum árum, en þá er hola KJ-15 ekki meðtalinn. Mynd 9 sýnir hvernig afköst hola hafa breyst frá upphleypingu og þar kemur einnig fram hvað margar holur eru í notkun hverju sinni. Þar sést skýrt sú meginbreyting að heildarmassatakan hefur minnkað verulega á sama tíma og háþrýstigufan hefur minnkað lítilega. Því valda aðallega efrihlutaholur (lágþrýstiholur), sem ekki eru notaðar af ýmsum ástæðum. Þær hafa lágt vermi og því mikinn massa á bakvið hvert kíló af gufu. Einnig á sér stað sú breyting í holu KJ-21 að vermi hækkar á keyrslutímanum og eykur gufuhlutann á sama tíma og heildarmassinn minnkar. Árið 1992 var hola KJ-9 ekki notuð og skýrir það muninn milli 1991 og 1992. Mynd 10 sýnir aftur á móti samanburð á mælingum í upphafi og lok rekstrartímabils. Að vori, eða í lok rekstrartímabils, er heildarmassatakan aðeins 70 % af því sem hún var um haustið. Háþrýstigufan minnkaði aðeins um rúm 4 % yfir sama tímabil, en lágþrýstigufan minnkaði um rúm 25 %. Ef litið er á einstök svæði þá eykst hlutur háþrýstigufa á Hvíthólum um 34 % yfir rekstrartímabilið, en minnkar um rúm 18 % í Leirbotnum og um rúm 16 % í Suðurhlíðum. Sennilega er minnkunin í Leirbotnum vegna útfellinga í holu KJ-9 og sé þar af leiðandi eingöngu holubundin.

Gasminnkun hefur átt sér stað í gufu frá holu KJ-15 eins og sýnt er á myndum 11 og 12, þannig að holan er orðin vel vinnsluhæf og fást úr henni 5 kg/s af gufu. Mynd 10a sýnir gasstyrk úr nokkrum Kröfluholum og er KJ-15 þar á meðal. Hún var mjög gasrík í upphafi 1980 og var þannig fram til 1984. Þá snögg minnkaði gasstyrkurinn og hefur síðan dregið úr honum. Lægsta gildið fékkst í síðustu

mælingu vorið 1992 og samkvæmt því er holan orðin vel vinnsluhæf. Á sama tíma og gasminnkunin á sér stað þá verður hægfara aukning á afköstum. Sennilegasta skýringin er aukning á raunlekt vegna gasminnkunar Eflaust endurspeglar þessi hegðun í holu KJ-15 það sem er að gerast í jarðhitakerfinu í næsta nágrenni hennar.

Umhugsunarvert er hvort það sé hagkvæmt að hreinsa holu KJ-13 árlega til þess að bæta við 3-4 kg/s af háþrýstigufu yfir vetrarmánuðina. Aðrir kostir miðað við núverandi ástand eru breytingar á lögnum til þess að tryggja rekstraröryggi hola við tiltekinn holutoppþrýsting.

Ef til viðhaldsborana kemur þá er eðlilegat að bera niður innan Leirbotnasvæðisins eða Suðurhlíða. Það býður upp á lágmarks tengingarkostnað.

Í nóvember 1989 var tekin saman skýrsla, sem ber nafnið "*KRAFLA - Um endurvinnslu borhola (OS-89050/JHD-23 B)*". Þar voru skoðaðir möguleikar á að nota mannvirki á yfirborði eins og borplön, kjallara og jafnvel hluta af úreltum holum. Ef möguleiki verður á því þá sparast kostnaður a.m.k. við vegagerð og borplön.

Árið 1982 var unnið við hermireikninga fyrir Leirbotna og Suðurhlíðar og birtar vinnsluspár. Síðan hefur verið fylgst reglulega með efnainnihaldi, massatöku, hitastigi og þrýstingi í svæðunum. Árlega hafa verið gefnar út stöðuskýrslur um ástand svæðanna. Það er útaf fyrir sig góð vinnuregla, en mikilvægt er að yfirfara öðru hvoru líkangerð og vinnsluspár. Nú eru liðin um 10 ár síðan að hermireikningar voru gerðir á Leirbotna- og Suðurhlíðasvæðinu. Eftir þá vinnu hafa bætst við upplýsingar um svæðin, sem ekki voru fyrir hendi þá. Því er full ástæða til að yfirfara gamla líkanið og vinnsluspárnar í ljósi aukinna og í sumum tilfellum betri gagna. Lögð hefur verið áhersla á þetta á undanförmum árum. Þó Kröflustöð Lands-

virksunar verði rekin í náinni framtíð sem 30 MW, orkuver þá er samt ástæða til rannsókna vegna viðhaldsgufuöflunar. Rétt er að endurskoða eldri gögn sem jarðhitakanið á svæðinu byggir á auk þess sem fylgst verði árlega eða oftár á ári með eftirtöldum þáttum:

- (i) *Sýnataka úr öllum borholum.*
- (ii) *Hita- og þrýstimælingar í völdum holum.*
- (iii) *Hita- og þrýstimælingar í vinnsluholum sem einhverra hluta hafa verið teknar úr rekstri óákveðinn tíma.*
- (vi) *Afkastamælingar borhola.*
- (v) *Sérhæfðar mælingar til að fylgjast með jarðhitasvæðinu á yfirborði.*

5 GUFU FYRIR 60 MW.

Rannsóknir og framkvæmdir undanfarina ára hafa ekki gefið tilefni til mikillar bjartsýni varðandi stækkun virksunarinnar. Tvær holur hafa verið boraðar eins og rakið hefur verið hér að framan. Holurnar voru öflugar en vökvinn var tærandi og hugsanlega óvinnsluhæfur þar sem borið var niður.

Það er að sjálfsögðu reiknanleg stærð hvað mikið ætti að leggja undir til rannsókna vegna frekari gufuöflunar. Á meðan kostnaður er innan þeirra marka sem ásætlanleg eru þá er rétt að nýta tímann og kanna bestu möguleika á frekari gufuöflun til virksunarinnar. Það vill oft brenna við að farið sé of geyst í hlutina á síðustu stundu þegar markaðurinn kallar á aukningu. Með því að nota tímann nú getur undirbúningsvinnu vegna gufuöflunar verið lokið þegar kallið kemur.

Í inngangi voru tínd til þau svæði er töldust vera álitleg til árangurs. Hér á eftir er reifuð staðan á hverju svæði fyrir sig og gerðar tillögur um framhald.

5.1 Vítismór

Þar voru boraðar á árunum 1974 - 1976 þrjár holur, þ.e. KW-2, KG-4 og KG-10. Saga holanna er vel þekkt. KW-2 var boruð sem rannsóknarhola 1974, með annað fódringarprógram en fyrir vinnsluholur og kom aldrei inn í reksturinn. Ári síðar var KG-4 ekki haminn undir lok borunar og skildi að lokum eftir sig gíg, þar sem úr runnu tímabundið yfir 200 l/s af vatni með lágu sýrustigi (pH~1.8). Hola KG-10 var boruð undir haust 1976 og reyndist öflug, en stíflaðist af útfellingum eftir stuttan blástur.

Eftir að verulega hafði dregið úr áhrifum umbrota og merkjanleg minnkun var í kvikugösum í jarðhitakefinu eins og séð var á yfirboði, þá var lagt til að bora þarna á ný eða hreinsa holu KG-10. Hætt var við hreinsunarform holu KG-10 vegna óvissu um ástand fódringanna. Hola KG-25 var boruð sumarið 1990. Niðurstöður borunarinnar voru neikvæðar, en ekki er fullreynt ennþá um hvort hægt sé að endurvinnna holuna og gera hana nothæfa. Það má gera tilraun sem þarf ekki að vera dýr. Hún felst í því að nota holu KG-25 eins og hún er niður á 1500 m dýpi, en bora þaðan nýja holu niður í 2100 m dýpi. Láta holuna standa ófóðraða í vinnsluhlutanum þannig að vatnið úr efri æðunum þvoí tærandi vökvann eða gufuna úr botnæðunum. Erfitt er að sjá fyrir endann á tilraun að þessu tagi. Viss rök benda til þess að tilraunin lánist, þar sem vökvinn úr botnæðunum er ekki líklegur til að mynda útfellingar neðan við efrihluta æðar. Ofan við efrihluta æðar geta útfellingar myndast en að því er virðist ákaflega hægt eins og kom fram við lagfæringu holunnar sumarið 1991. Það helsta sem mælir á móti þessu er að holan gæti hrunið. Samanburður á víddarmælingum 1990 og 1991 sýndi að engin merkjanleg breyting hafði orðið á holuvíddinni á meðan á blæstri stóð. Ef ofangreind leið reynist fær þá blasir við að

stækka megi Kröflustöð á mjög hagkvæman hátt. Mistakist tilraunin verður hins vegar að afskrifa Vítismóssvæðið að sinni.

5.2 Rauðhóll og nágrenni.

Lengi þótti svæðið í nágrenni "Auga við veg" áhugavert, þar sem ekki hafur orðið vart við merkjanleg kvikugös í gufunni úr því svæði. Hóla KG-26 var boruð þar árið 1991eins og getið er um hér að framan. Úrvinnslu á efnainnihaldi holuvökvans er enn ekki lokið, en það sem komið er gefur ekki tilefni til sérstakrar bjartsýni. Sterkar vísbendingar um tærandi vökva úr botnæðum hafa komið fram, en þær eru líklega tengdar sömu innskotum og botnæðarnar í holu KG-25.

Vegna þeirrar biðstöðu sem nú er í gufuöflunarmálum þá eru hugmyndir um að dæla niður í holu KG-26 og raunar hófst tilraun til niðurdælingar í júlí síðastliðnum. Á þann hátt má koma í veg fyrir að tærandi vökvi geti eyðilagt neðri hluta leiðarans og svo kemur það væntanlega til með að hafa góð áhrif á jarðhitakerfið. Æskilegt er að dæla á holuna í 1/2 - 1 ár og hleypa henni síðan upp og sjá hvort merkjanleg áhrif koma fram vegna niðurdælingar. Ekki er ástæða til að velta fyrir sér frekari borunum á svæðinu fyrr en niðurstöður úr niðurdælingatilaunum liggja fyrir.

Annars er það umhugsunaratriði hvort það sé löngu tímabært að hefja niðurdælingu eins og hugmyndir hafa verið um á Hrafnþingum Kröflustöðvar. Niðurdæling hefur víðast hvar sannað ágæti sitt. Kosti niðurdælingar má meta á ýmsan hátt eins og hér er talið upp:

Bæta við massa í kerfið og halda uppi þrýstingi.

Auka massatöku úr kerfinu eða viðhalda ákveðinni massatöku.

Auka varmanám úr berginu.

Losna við affalsvatn vegna umhverfis-

sjónarmiða.

Koma í veg fyrir landsig vegna massatöku.

Ef þessir kostir eru dregnir saman, þá er megin tilgangur niðurdælingar að bæta jarðhitakerfið og lengja nýtingartíma þess.

5.3 Ofanvert Hveragil og austan Vítis

Sumarið 1991 var höggboruð hola suðaustan Vítis, rétt norðan Hveragils. Staðsetningin tók mið af því að vera austan Hveragilssprungunar og "Vítis-gíganna". Öflugasta uppstreymið á Kröflusvæðinu utan Leirhnjúks er á norður-suður belti rétt vestan höggborsholunnar. Ekki er vitað nákvæmlega hvað áhrif kvikugasa hafa teigt sig langt austur, en þeirra var ekki vart í Suðurhlíðum. Þá vaknaði sú hugmynd að uppstreymið við Víti og í Hveragili virkaði eins og afgösunarútbúnaður á jarðhitasvæðinu. Gasstyrkur í gufu er orðinn lágur í sunnanverðu Hveragili (G-3) og í holu KG-15, en þrátt fyrir verulega minnkun í útstreyminu við Víti þá er styrkur gass í gufu þar enn all hár. Það atriði hefur aftrað mönnum að taka af skarið og kanna ástand svæðisins með borunum. Ljóst er þó að bora verður holu til að kanna efnasamsetningu jarðhitavökvans.

5.4 Sandabotnaskarð

Fyrr á árum var svæðið í Sandabotnaskarði ekki inn í myndinni varðandi frekari gufuöflun vegna fjarlægðar við stöðvarhús og skiljustöð virkjunarinnar. Fjarlægðir hafa ekkert breyst heldur hugmyndir um flutning á gufu eins og áður hefur verið getið um. Sumarið 1983 var staðfest lágviðnám í skarðinu þar sem Leirhóll er. Mikil ummyndun er þar á yfirborði og er hún öll útkulnuð. Það var staðfest með ylkannamælingum í ágúst 1984. Svæðið hefur síðan verið utan allra rannsóknaráætlaða þar til sumarið 1991. Þá var viðnámsmælt seinni hluta vetrar og var Sandabotnaskarð

í jaðrinum á mælisvæðinu. Lágt viðnám kom þar fram eins og í mælingunum frá 1983. Áhugi kviknaði því á að kanna þetta betur og voru boraðar tvær grunnar kjarna-holur eins og lýst var hér að framan. Í framhaldi af því hefur verið lagt til að kanna enn betur stærð lágviðnámssvæðisins með viðnámsmælingum. Jarðfræðilega séð er svæðið áhugavert. Bogasprungur liggja þar nokkurn veginn austur -vestur og norð-læg misgengi liggja þar þvert á. Suðurendi á gossprungum, sem voru virkar á seinni hluta síðustu ísaldar (u.þ.b. 20.000 ár síðan), eru þarna rétt norðanvið eins og t.d. Hrafninnuhryggur. Einnig liggja þar yngri gossprungur.

Eftir að niðurstöður mælinga liggja fyrir er ástæða til að bora rannsóknarholu í Sandabotnaskarði til að kanna betur hita, þrýsting og hugsanleg afköst.

6. Tillögur um framhald

Hér á undan hefur verið rakið í stórum dráttum niðurstöður rannsókna og árangur framkvæmda á undanförunum árum. Í framhaldi af því hafa verið mótaðar tillögur. Hægt er að hugsa þær á marga vegu. Ein leiðin er að meta stöðuna og sjá hvað hægt er að gera meðan hlé er á borunum og mætti hugsa það eitthvað á þá leið eins og sýnt er í rannsóknaráætlun fyrir árið 1993 í töflu 1.

TILLÖGUR AÐ RANNSÓKNARÁÆTLUN Í KRÖFLU ÁRIÐ 1993
EFTIRLITSMÆLINGAR 1993

	Tímar	Tímagj.	Dagar	Dagsgj.	Metrar	Metragj.	Krónur
Mælingamenn	250	2.500					625.000
Mælingabíll			7	13.313			93.191
Mælingamagn					20.000	29	580.000
Úrvinnsla	100	2.500					250.000
Skýrsla							20.000
Samtals:							1.568.191

Uppihald er ekki innifalið í ofangreindri upphæð.

VIÐNÁMSMÆLINGAR 1993

	Tímar	Tímagj.	Fjöldi	Kr./mæl.	Krónur
Mælingamenn	363	2.500			907.500
Mælingar			27	20.000	540.000
Úrvinnsla og túlkun			27	35.000	945.000
Kynning	28	2.900			81.200
Skýrsla					50.000
Samtals:					2.523.700

Ferðir og uppihald eru fyrir utan ofangreindar upphæðir.

JARÐHITAKORT AF KRÖFLUSVÆÐINU

	Tímar	Tímagj.	Krónur
Sérfræðivinna	340	2.500	850.000
Tækniteiknari	160	2.100	336.000
Prentun og texti			750.000
Samtals:			1.936.000

VSK Innifalinn í prentun og texta

ÚRVINNSLA ÚR HOLU KG-25

	Tímar	Tímagj.	Krónur
Jarðfræði úrvinnsla	150	2.500	375.000
Mælinga úrvinnsla	50	2.500	125.000
Teiknistofa	10	2.100	21.000
Athugun á vökvabólun	50	2.500	125.000
Skýrsla			50.000
Samtals:			696.000

ÚRVINNSLA ÚR HOLU KG-26

	Tímar	Tímagj.	Krónur
Jarðfræði úrvinnsla	200	2.500	500.000
Mælinga úrvinnsla	100	2.500	250.000
Teiknistofa	10	2.100	21.000
Athugun á vökvabólun	50	2.500	125.000
Skýrsla			50.000
Samtals:			946.000

ENDURSKOÐUN HERMIREIKNINGA Í SUÐURHLÍÐUM OG LEIRBOTNUM

	Tímar	Tímagj.	Hlutf. af tíma	Krónur
Sérfræðingur	1.700	2.500		4.250.000
Tölvukostnaður			0,20	850.000
Skýrsla				50.000
Samtals:				5.150.000

Verkefnið er það stórt að eðlilegt er að vinna það á tveimur árum.

ÚRVINNSLA GAGNA ÚR SANDABOTNASKARÐI
--

	Tímar	Tímagj.	Krónur
Jarðfr. kjarnahola	200	2.500	500.000
Mælingar kjarnahola	50	2.500	125.000
Samtúlkun jarðlaga og viðnámsmælinga	150	2.500	375.000
Skýrsla			50.000
Samtals:			1.050.000

VERKEFNASTJÓRNUN

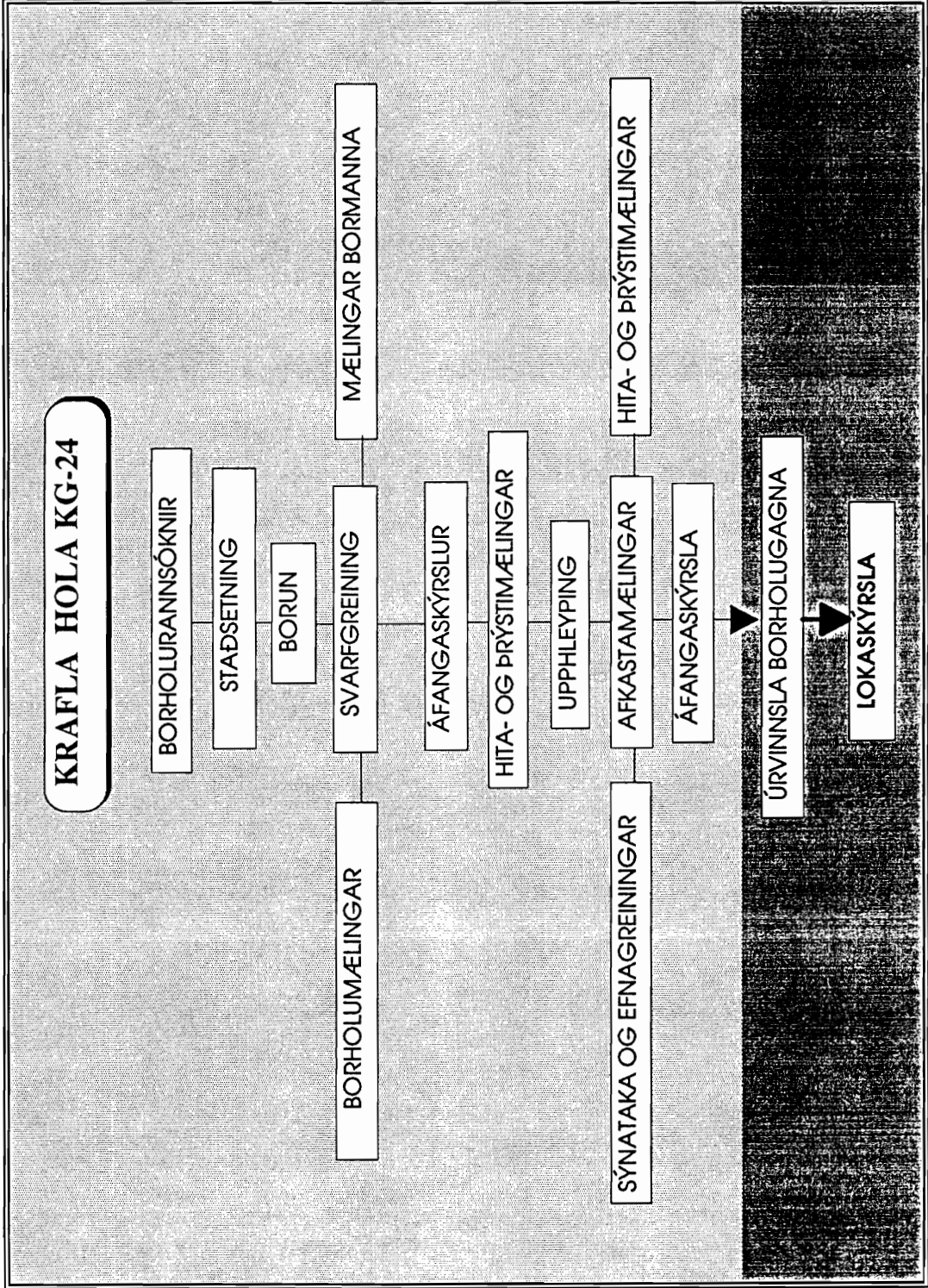
	Tímar	Mánuðir	Tímagj.	Krónur
Verkefnisstjóri	25	12	2.900	870.000

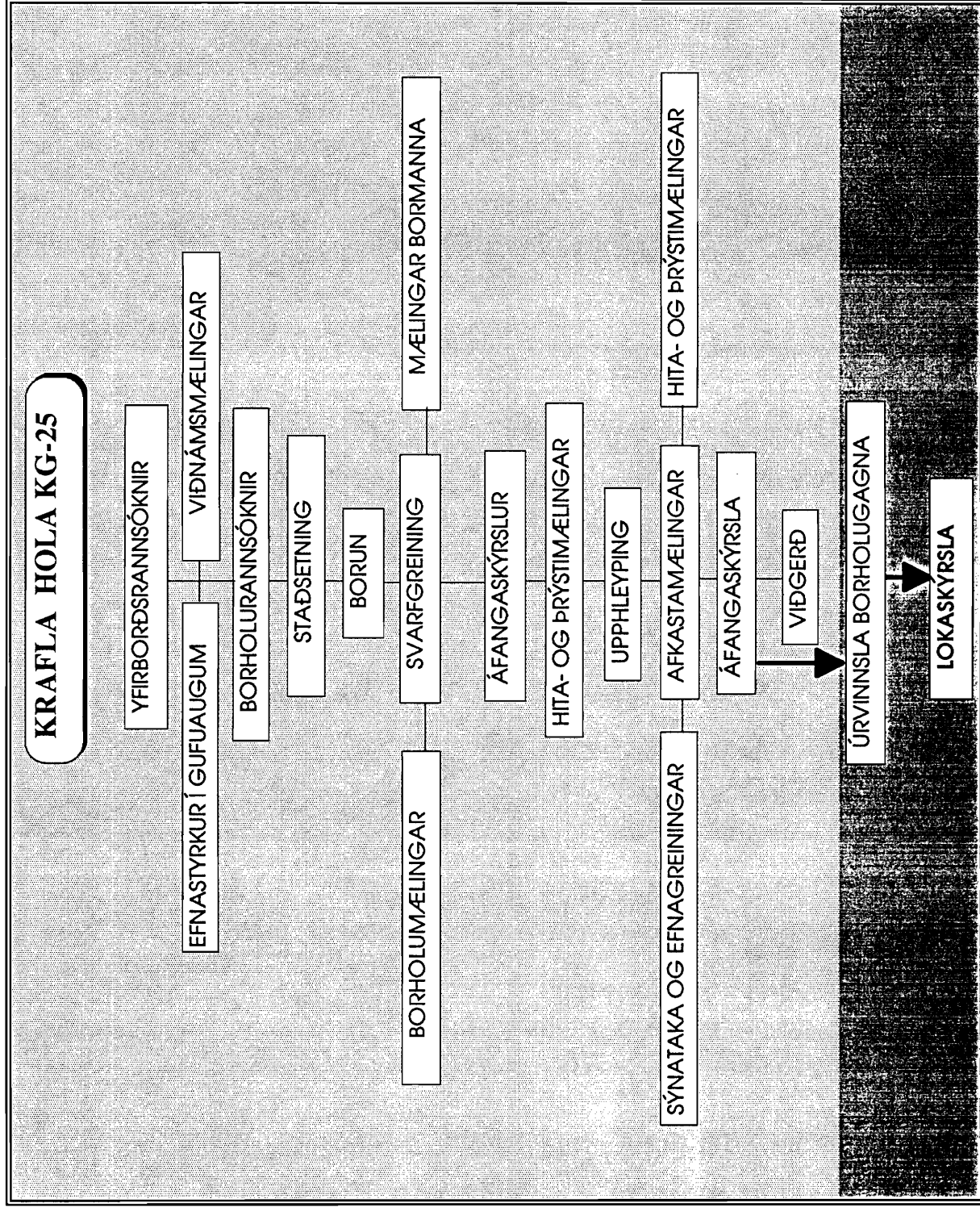
Heildarkostnaður við allar ofangreindar tillögur er:	14.739.891
---	-------------------

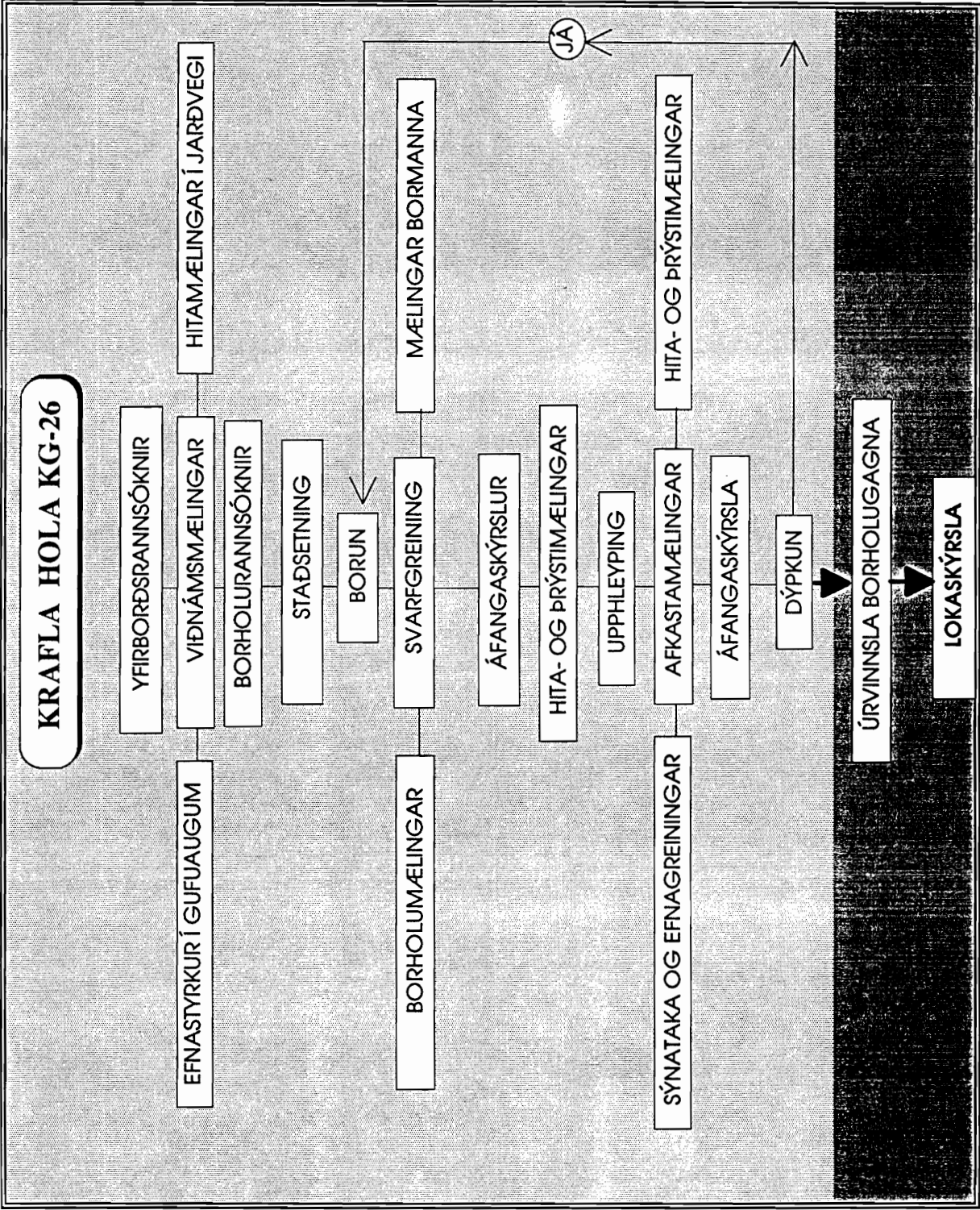
VSK er ekki innifalinn í ofangreindum tölum nema að það sé sérstaklega tilgreint. Allar kostnaðartölur miðast við gjaldskrá Orkustofnunar, sept. - nóv. 1992.

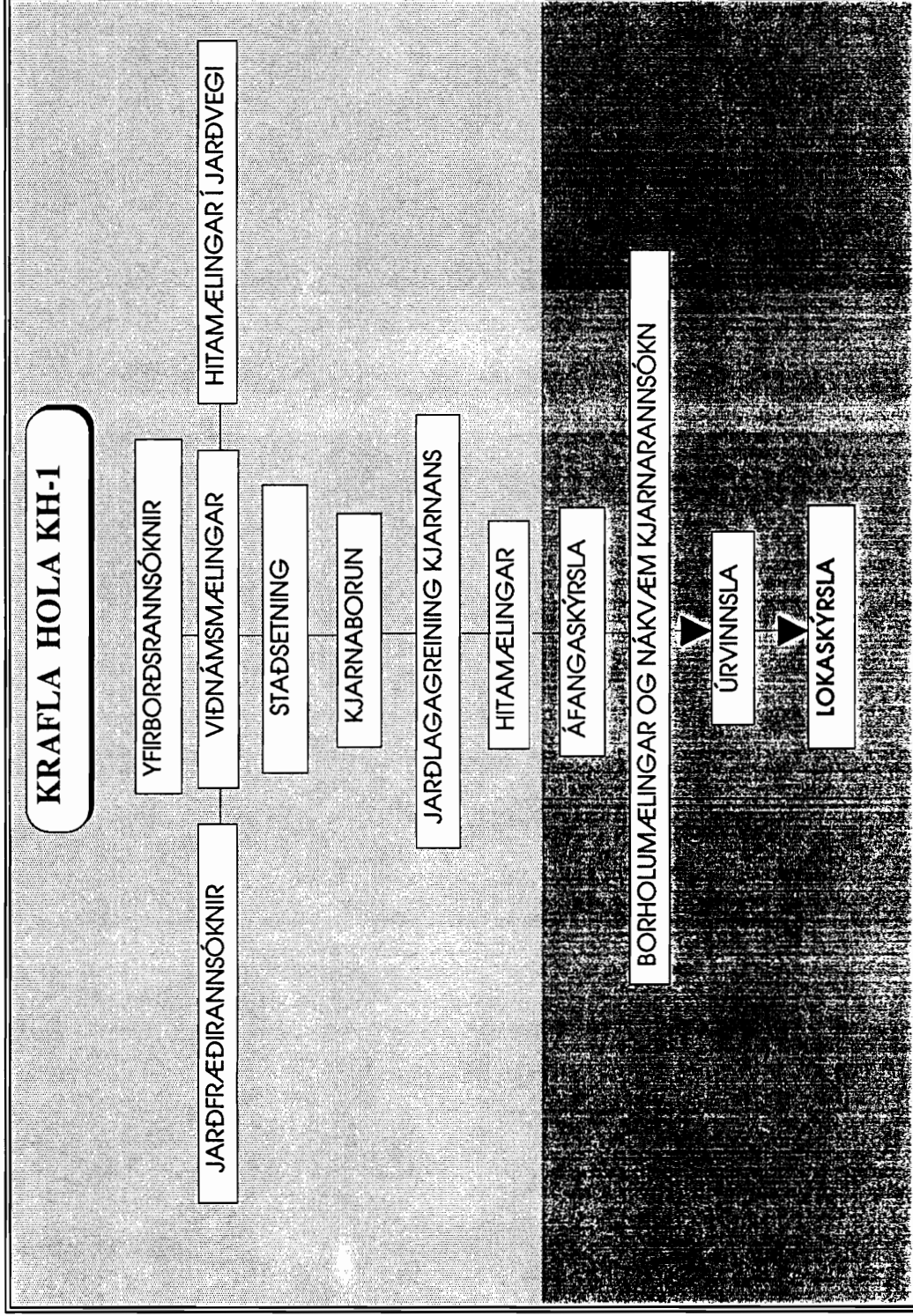
Auk ofangreindra verkefna er ástæða til að leggja áherslu á sýnatöku úr borholum eins og verið hefur á undanförmum árum.

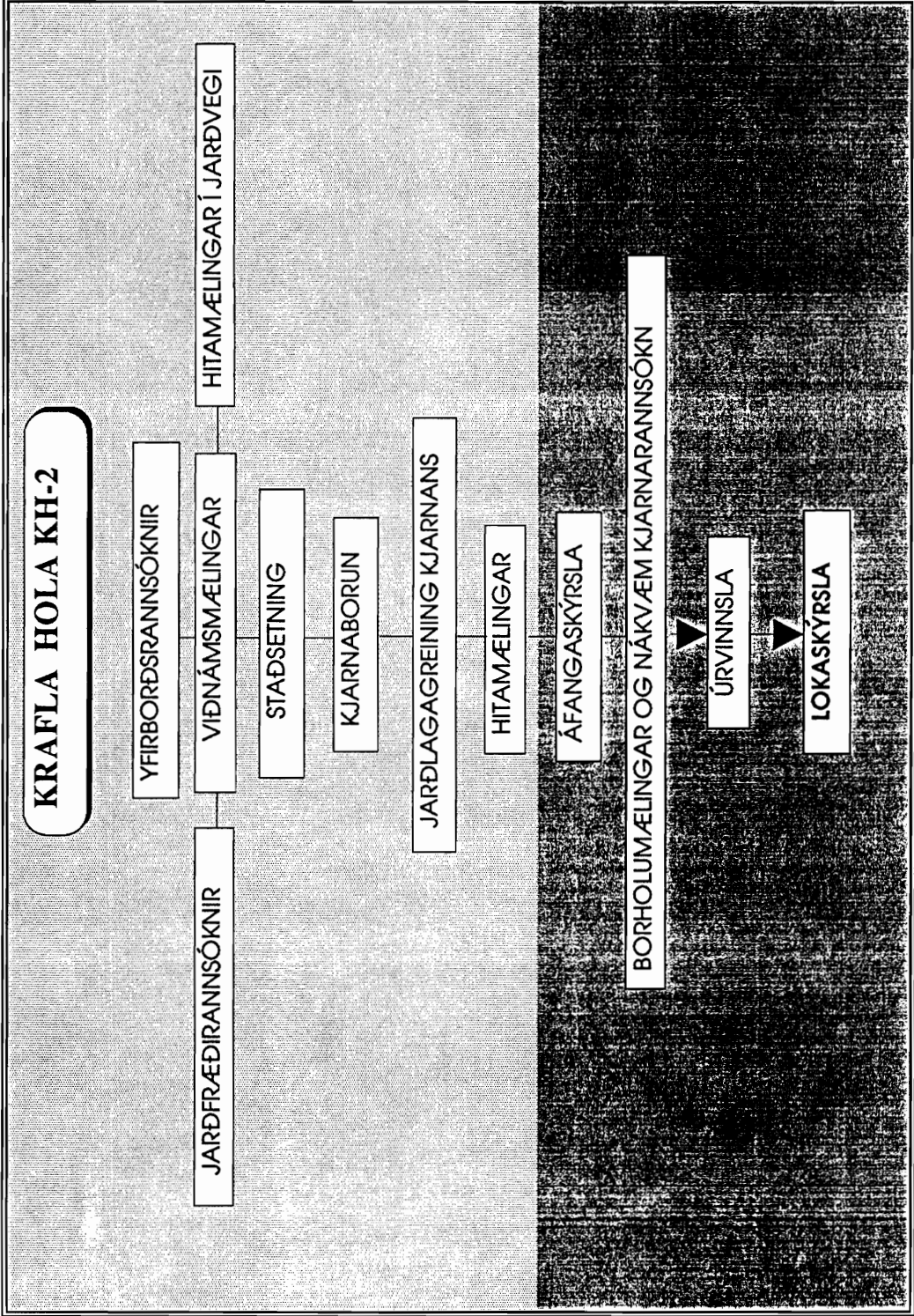
Einnig að halda áfram eftirliti með gasstyrk í gufu í nokkrum völdum gufuaugum.

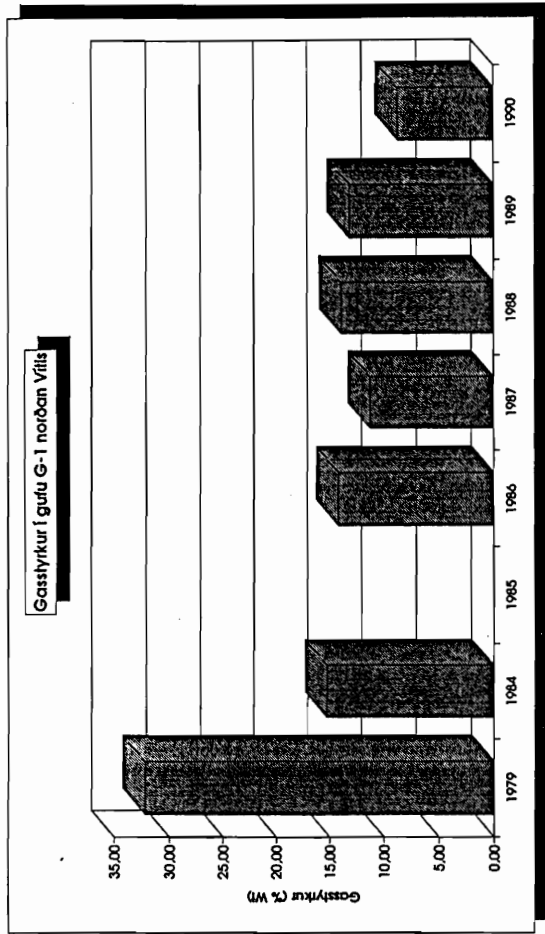




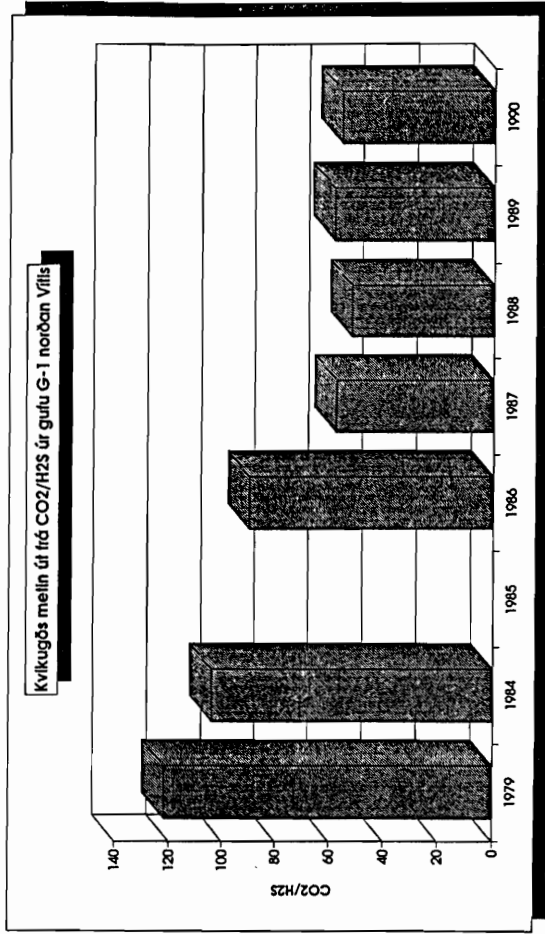




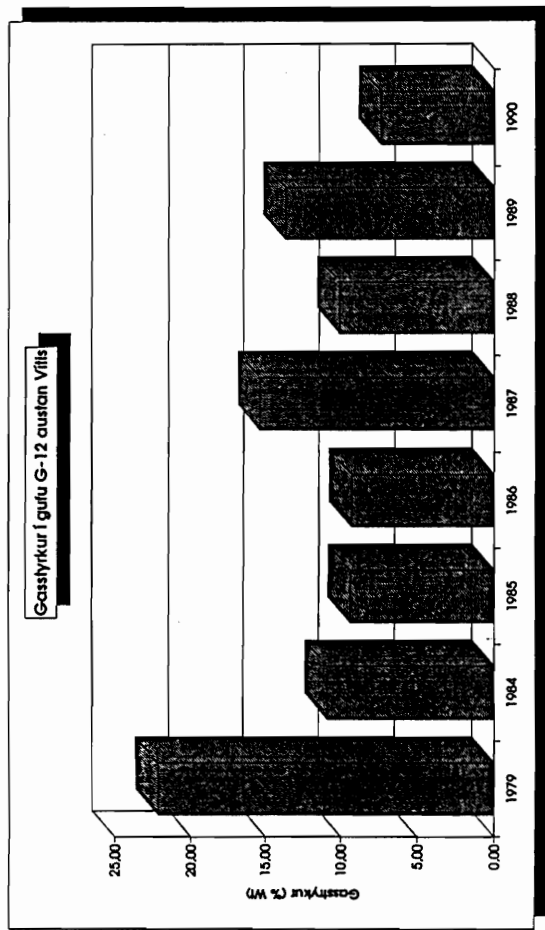




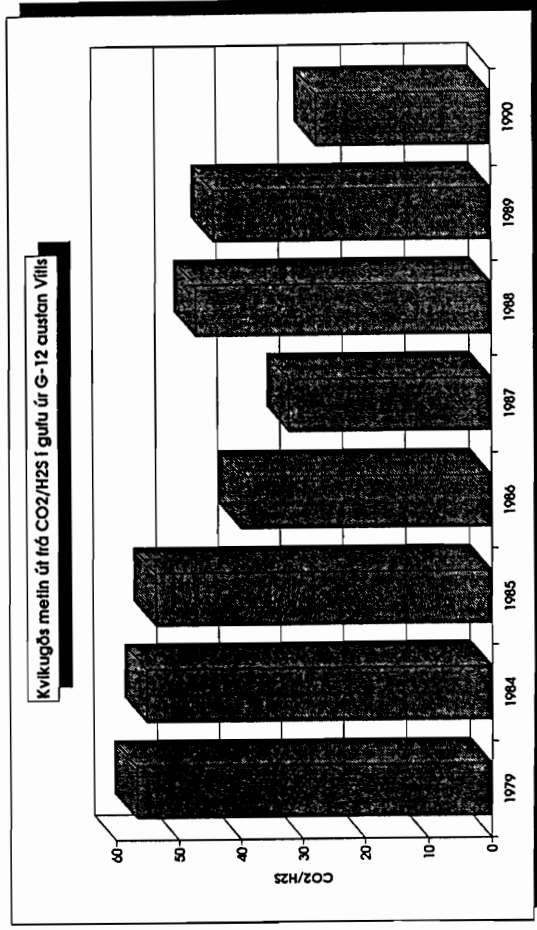
Mynd 6b



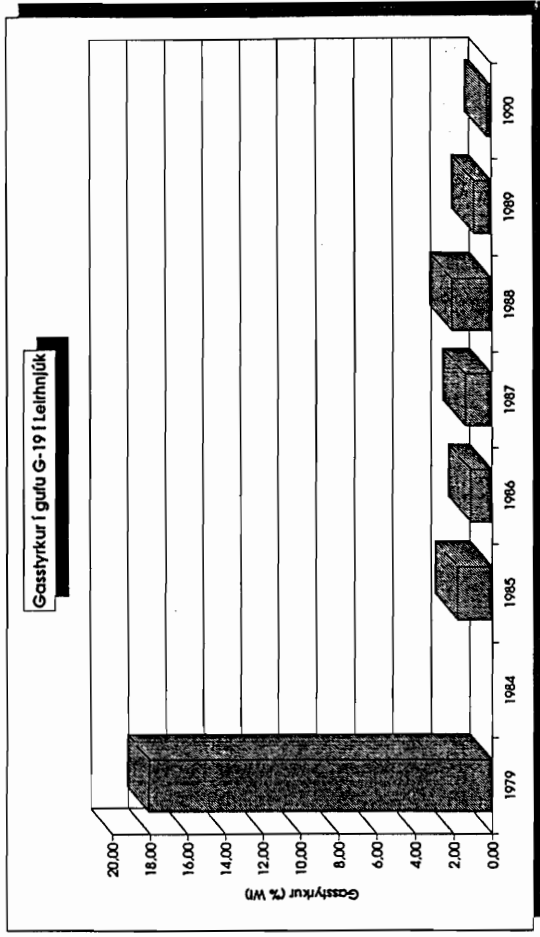
Mynd 6d



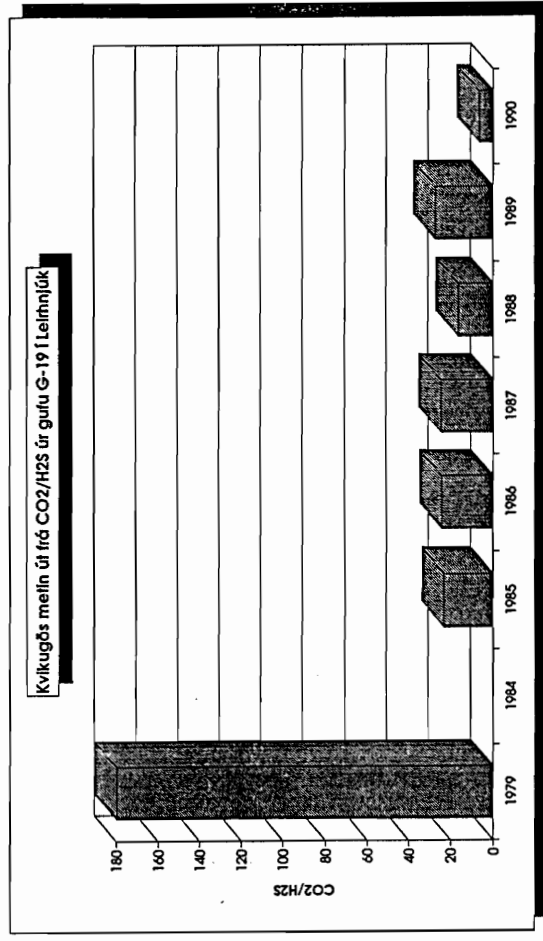
Mynd 6a



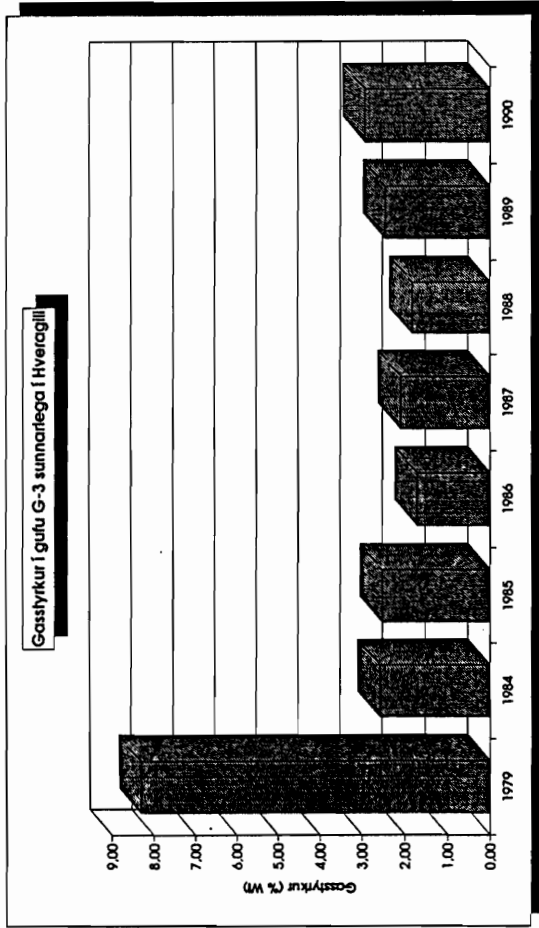
Mynd 6c



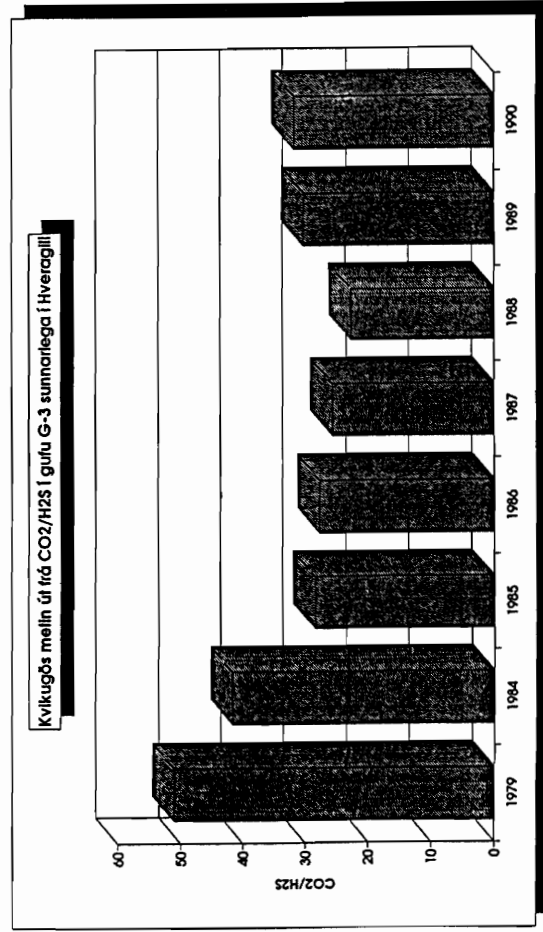
Mynd 7b



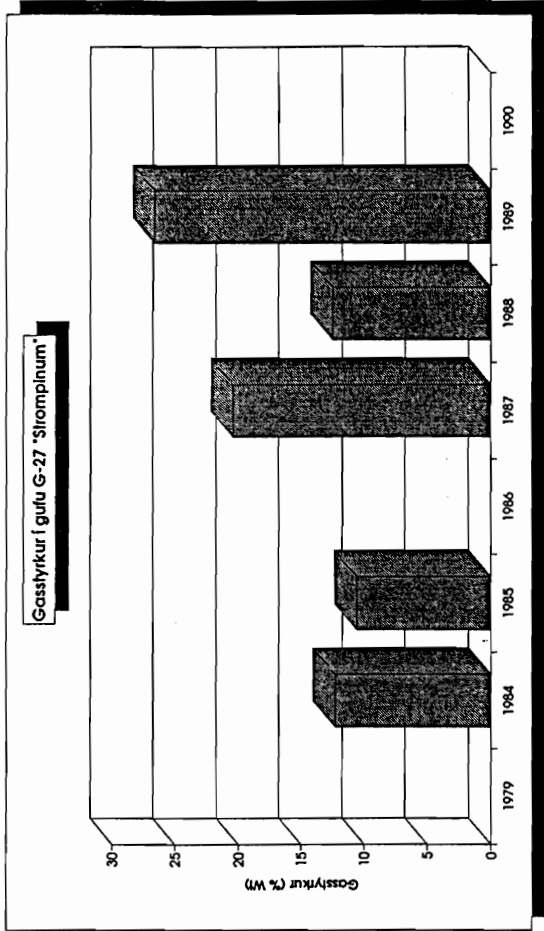
Mynd 7d



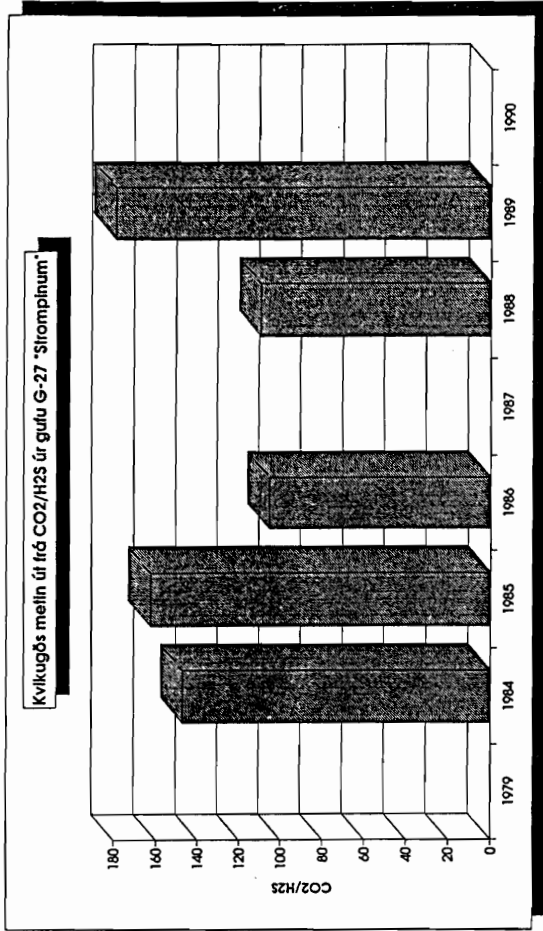
Mynd 7a



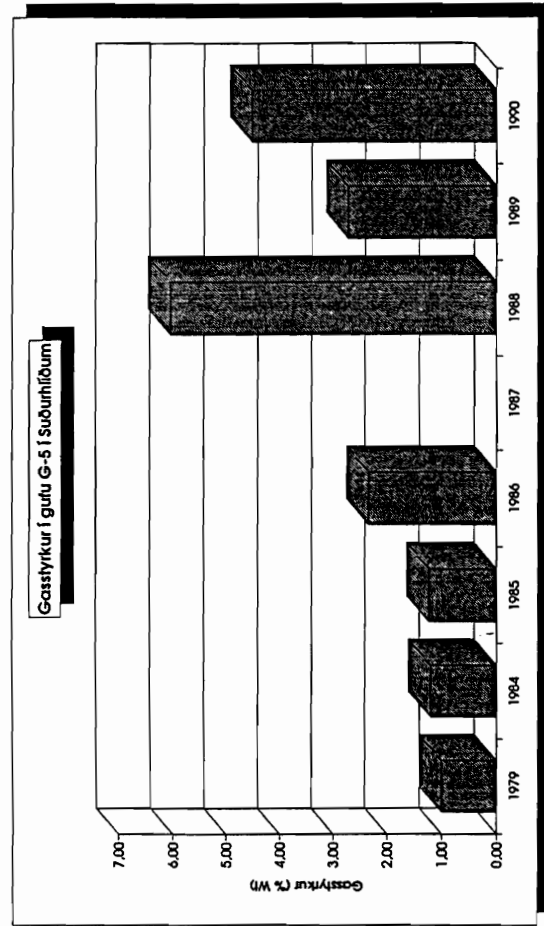
Mynd 7c



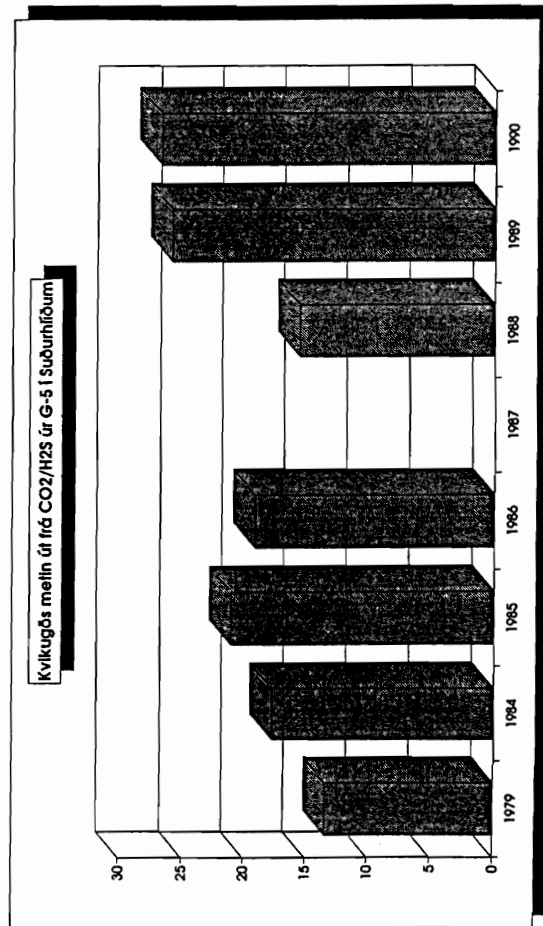
Mynd 8b



Mynd 8c

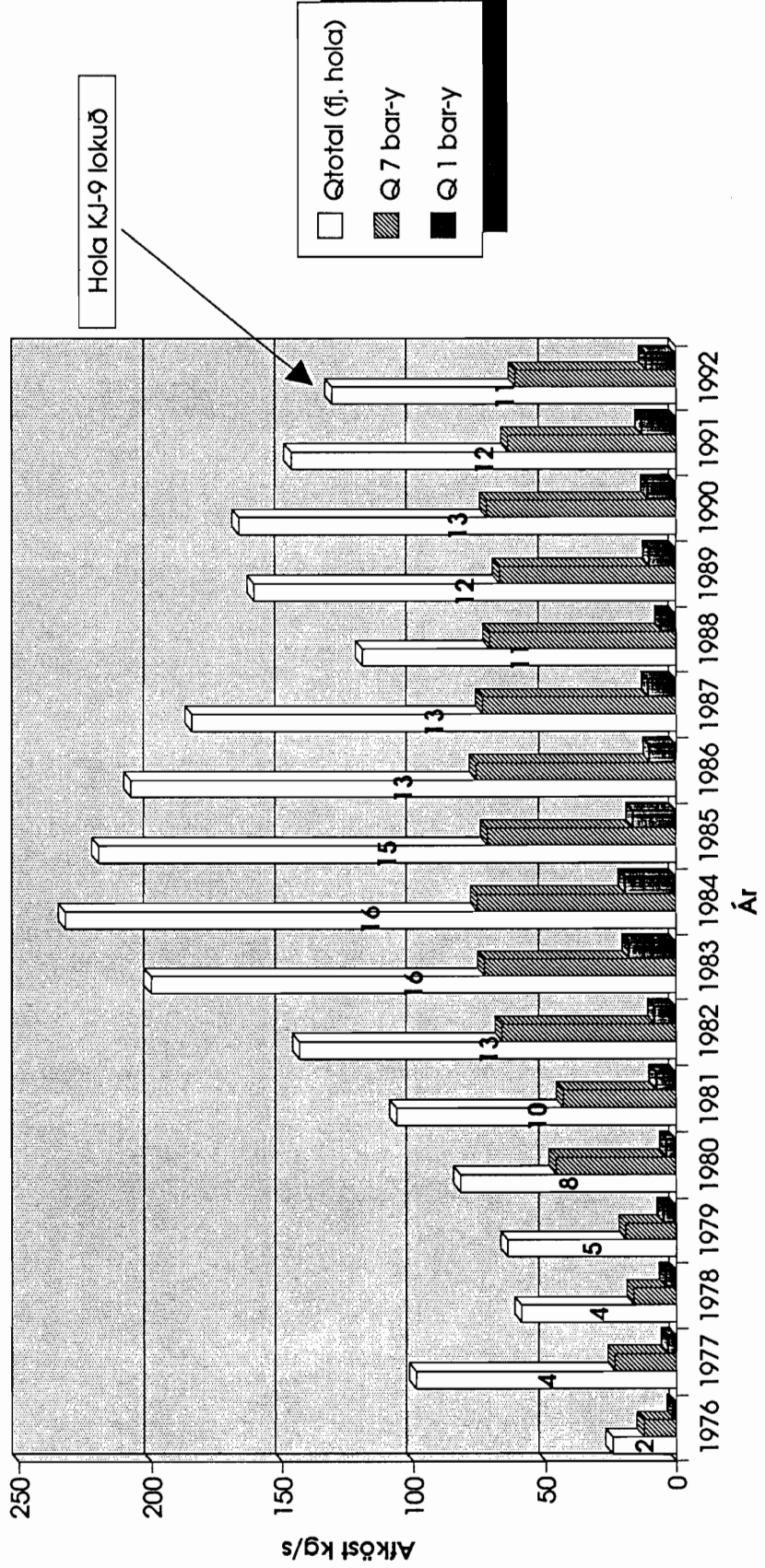


Mynd 8a

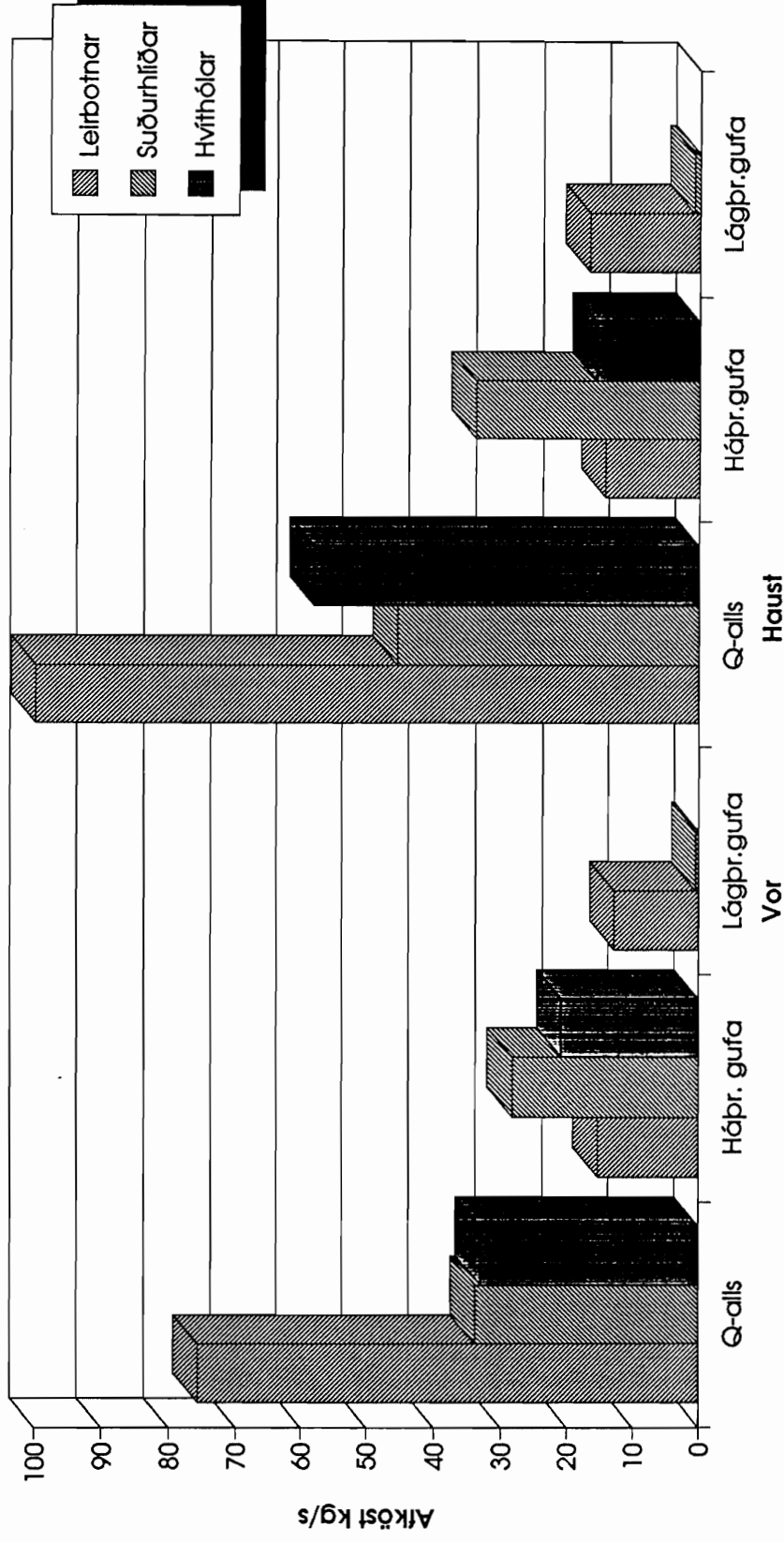


Mynd 8c

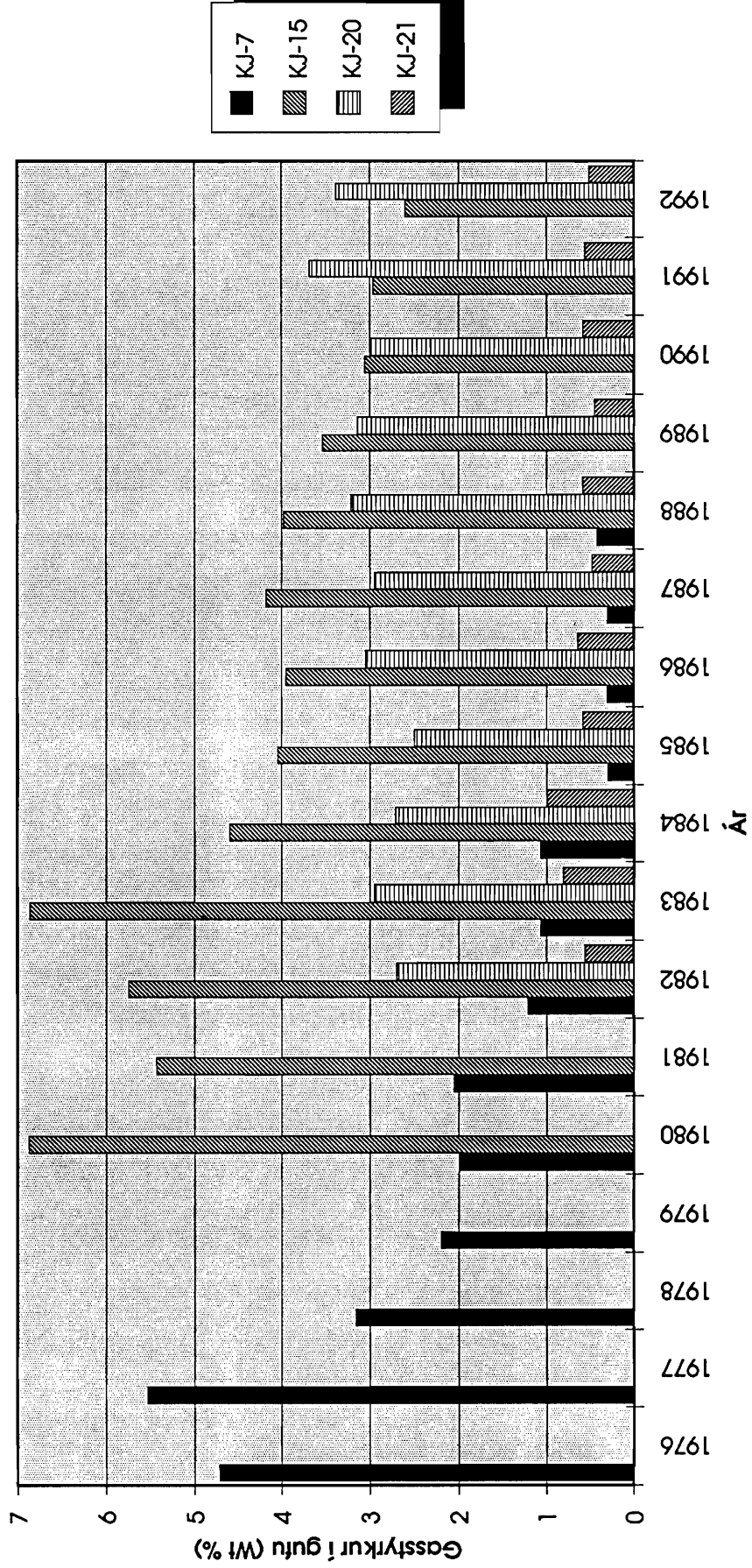
AFKÖST BORHOLA Í KRÖFLU 1976 - 1992



Samanburður á afköstum borhola í Kröflu vor og haust 1991



GASSTYRKUR Í GUFU Í NOKKRUM KRÖFLUHÖLUM



Samanburður á heildarafköstum og gasstyrk í KJ-15

