



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**Karl Ragnars**

**VERÐ Á JARÐGUFU FRÁ  
HÁHITASVÆÐUM**

**OS82045/JHD06**

**Reykjavík, maí 1982**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Karl Ragnars**

**VERÐ Á JARÐGUFU FRÁ  
HÁHITASVÆÐUM**

**OS82045/JHD06**

**Reykjavík, maí 1982**



## ÁGRIP OG NIÐURSTÖÐUR

Markmið þessarar skýrslu er að áætla hver sé vinnslukostnaður jarðgufu á háhitasvæðum á Íslandi. Gert er ráð fyrir gufumarkaði (verksmiðju) í 600-1000 m fjarlægð frá borholum og 10-15 kg/s (36-54 tonn/klst) gufunotkun í 7000 stundir á ári. Áætlað er að þrjár borholur fullnægi gufuförfinni og að þar af sé ein holanna varahola.

Þar sem vinnslukostnaður er misjafn eftir jarðhitasvæðum og dýpi borhola er sú leið valin að gera líkan að vinnslumannvirkjum miðað við tvenns konar forsendur, annars vegar á svæði með háu hitastigi og "djúpum" borholum og hins vegar á svæði með hlutfallslega lágu hitastigi og "grunnum" borholum. Jafnframt er fyrrnefnda svæðinu valinn staður fjarri byggð og tiltækri aðkeyptri þjónustu en síðarnefnda svæðinu er valinn staður í grennd við iðnþróað landsvæði.

Miðað er við tvær gerðir borhola, borholur eins og þær sem boraðar hafa verið í Námafjalli, 1900 metra djúpar og boraðar með stærsta bornum, Jötni, og borholur eins og þær sem boraðar voru í Ölfusdal ofan Hveragerðis fyrir tæpum tuttugu árum, 1000 metra djúpar, nú boraðar með Narfa, sem ætla má að sé minnsti nothæfi borinn hér á landi til borana á háhitasvæðum.

Með þessu móti á að fást yfirlit um borkostnað á háhitasvæðum á Íslandi á breiðum grunni, þar sem annars vegar er miðað við hátt hitastig, djúpar holur, stærsta borinn og hlutfallslega dýra borun m.t.t. staðsetningar en hins vegar miðað við lágt hitastig, grunnar holur, lítinn bor og ódýra borun, bæði með tilliti til byggðar og fjarlægðar frá Reykjavík.

Gerð er áætlun um fyrirkomulag og stofnkostnað gufuveitu frá þrem holum að markaði, sem er í 600-100 m fjarlægð frá þeim. Gufuskilja er við hverja holu ásamt jöfnunargeymi, hljóðdeyfi og öryggislokum. Skiljurnar eru tengdar í ákveðnum safnpunkti, sem miðast við að 200 m fjarlægð sé milli holanna, en frá safnpunkti að markaði er tengingin í einni

600 m langri gufueð. Við hönnun kerfisins er reiknað með að frá hverri skilju komi 5-7,5 kg/s af gufu með 10 bar vinnuþrýstingi og að tvær holur séu samtímis í rekstri en ein til vara.

Ekki er gert ráð fyrir neinum sérstökum búnaði til losunar á affallsvatni til þess að hindra umhverfis- og varmamengun.

Samantekt er gerð á afli og vinnsluþrýstingi flestra marktækra vinnsluhola, sem boraðar hafa verið á háhitasvæðum á Íslandi til þessa. Ekki er hægt að draga neina almenna ályktun um mismun á afli frá grunnum og djúpum holum, en þó virðist, a.m.k. þegar miðað er við sum jarðhitasvæðanna, vera tilhneiging til vaxandi afli með dýpri holum. Öfugt er þetta ekki undir neinum kringumstæðum. Jafnframt er hægt að sýna fram á aukna vinnslugetu við hærri mótþrýsting eftir því sem holurnar eru dýpri og heitari, en hár vinnsluþrýstingur er ótvíræður kostur borhola, einkum til notkunar í iðnaði. Sú ályktun virðist sanngjörn, að djúpu holurnar séu að jafnaði ábatasamari heldur en þær grunnu, bæði með tilliti til gufurennslis og hæfni til vinnslu við háan mótþrýsting.

Í skýrslunni er gefin sú forsenda, að gufurennslis frá "djúpum" holum sé að jafnaði 7,5 kg/s en gufurennslis frá "grunnum" holum sé 5 kg/s.

Stofnkostnaður gufuvinnslulíkansins, sem að ofan er lýst, er:

Stofnkostnaður: 23,2-37,9 Mkr.

eftir því hvort borholur eru grunnar eða djúpar.

Þegar reiknað er með 25 ára afskriftartíma á gufuveitu, 10 ára afskriftartíma á borholum, 3% reksturskostnaði af stofnkostnaði, 8% vöxtum af fjármagni, 7000 stunda nýtingu á ofangreindu gufurennslis úr borholum á ári, 5% álagningu á kostnaðarverð gufunnar vegna jarðhitaréttinda og 10% almennrar álagningar á gufuverð, fæst gufuverðið:

Gufuverð: 15,50-18,40 kr/tonn

Ef 9 kg af gufu þarf til að framleiða 1 kWh samsvarar þetta eftirfarandi gufuverði í raforkuframleiðslu:

Gufuverð: 14-16 aur/kWh.

Framangreindar tölur, sem miðast við verðlag í janúar 1982, þegar vísitala byggingarkostnaðar var 909 stig, gefa mörk gufuverðsins miðað við hinar gefnu forsendur. Ekki má þó skilja niðurstöðurnar á þann veg, að hægt sé að velja gufuverð eftir gerð borhola; þar koma til eðli og eiginleikar háhitasvæðanna, sem ákvarða hagkvæmustu gerð borhola.

Þá ber einnig að hafa í huga að gufumarkaður sá sem gengið er út frá er hlutfallslega lítill, þannig að varaaflið er hlutfallslega mikið og vegur þar af leiðandi þungt í kostnaðartölunum.



EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP OG NIÐURSTÖÐUR.....	3
EFNISYFIRLIT.....	7
TÖFLU- OG MYNDASKRÁ.....	8
1 INNGANGUR.....	9
2 LÍKAN GUFUVEITU.....	10
2.1 Borholur (2 gerðir).....	10
2.2 Gufuveita.....	12
3 GUFUMAGN.....	14
4 KOSTNAÐARÁÆTLUN.....	18
4.1 Stofnkostnaður.....	18
4.2 Reksturskostnaður.....	19
5 GUFUVERÐ.....	20
6 REKSTRARÁÆTLUN OG FJÁRMÖGNUN.....	22
7 ÞRÓUN GUFUVERÐS.....	24
7.1 Gufuverð til Kísiliðjunnar.....	24
7.2 Samanburður við olíuverð.....	28
8 GJALD FYRIR JARÐHITAAFNOT.....	29
8.1 Námafjall og Krafla.....	29
8.2 Húsavík.....	31
8.3 Deildartunguhver.....	32
8.4 Svartsengi.....	32
8.5 Samantekt.....	32
ENGLISH SUMMARY: Cost of Geothermal Steam.....	33
VIÐAUKI 1: Hola 11 - Námafjalli. Borkostnaður með Jötni.....	35
VIÐAUKI 2: Hveragerði - 1000 m hola. Borkostnaður með Narfa.....	37



TÖFLUSKRÁ

Bls.

1	Skrá yfir borholur á háhitasvæðum þar sem mælingar á gufurennslí eru marktækar .....	17
2	Áætlað sjóðstreymi fyrir veitu með djúpum holum .....	23
3	Áætlað sjóðstreymi fyrir veitu með grunnum holum .....	23
4	Þróun verðs á svartolíu samanborið við verð á gufu .....	28

MYNDASKRÁ

1	Samanburður borhraða með Jötni og Narfa .....	11
2	Gufuveita í Námafjalli, yfirlitsmynd .....	26
3	Línurit yfir þróun gufuverðs frá 1968 .....	27

## 1 INNGANGUR

Markmið þessarar skýrslu er að áætla, hver sé vinnslukostnaður jarðgufu á háhitasvæðum á Íslandi. Þar sem vinnslukostnaður er misjafn eftir jarðhitasvæðum og dýpi borhola er sú leið farin, að gera líkan af vinnslumannvirkjum miðaða við tvenns konar mismunandi forsendur, þ.e. annarsvegar á svæði með háu hitastigi og djúpum borholum og hinsvegar á svæði með hlutfallslega lágu hitastigi og grunnum borholum. Jafnframt er fyrirnefnda svæðin valinn staður fjarri byggð og tiltækri aðkeyptri þjónustu en síðarnefnda svæðinu er valinn staður í nágrenni við iðnþróað landsvæði.

Valdir eru staðirnir Námafjalls-/Kröflusvæðin og Ölfusdalur ofan við Hveragerði.

Með þessu móti ætti að fást sem viðtækast yfirlit um vinnslukostnaðinn, þ.e. að sem flest tilvik vinnslukostaðar séu innifalin, en þó eru á þessu frávík, sem stafa af mismun á afli borhola, bæði frá einu svæði til annars og jafnframt frá einni borholu til annarrar.

Kostnaðaráætlun gufuveitunnar, þ.e. skiljur og gufulagnir, var gerð af verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns h/f og áætlun um sjóðstreymi af Rafteikningu h/f. Allar aðrar áætlanir eru gerðar af Þorsteini Einarsyni, sem áður starfaði á Orkustofnun, og Karli Ragnars verkfræðingi á Orkustofnun.

Miðað er við verðlag í jan. 1982 og gengið út frá

1 \$ - 9,80 ísl. kr.

Vísitala byggingarkostnaðar = 909 stig.

Þegar verðlag er fært til í tíma er gengið út frá breytingum á vísitölu byggingarkostnaðar.

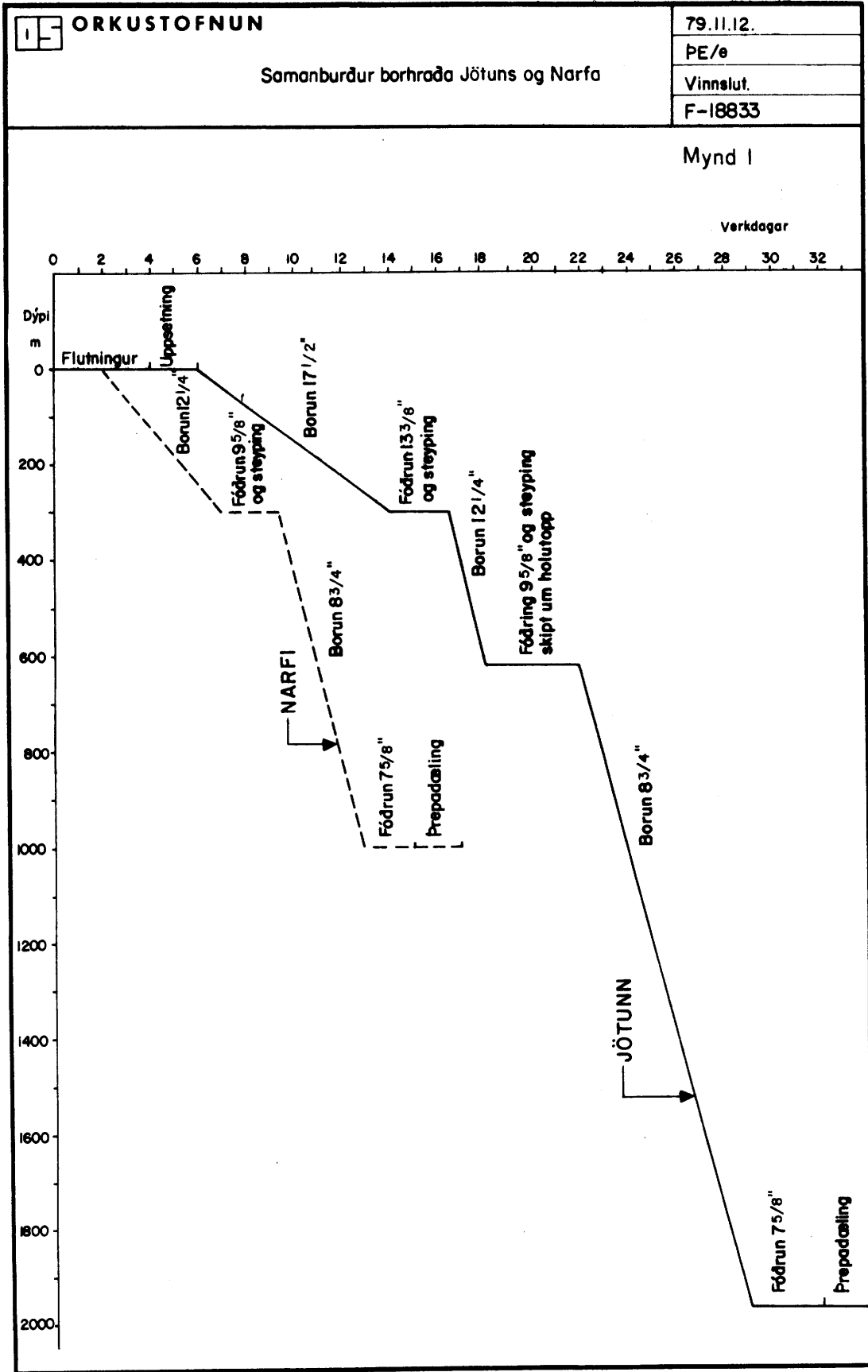
## 2 LÍKAN GUFUVEITU

Hér er áætlaður kostnaður við gufuöflun miðaður við tvenns konar mismunandi forsendur. Annarsvegar gufuveitu á háhitasvæði af þeirri gerð sem Námafjalls-/Kröflusvæðið er og hinsvegar gufuveitu á stað eins og í Ölfusdal. Í kafla 2.1 er gerð grein fyrir þeim þáttum sem hafa áhrif á vinnslukostnað gufunnar við borun á þessum gerðum jarðhitasvæða. Gufuveitan sjálf, þ.e. lagnir, gufuskiljur, ventlar, hljóðdeyfar og annar búnaður, sem er nauðsynlegur til flutnings á gufunni frá holum til gufukaupenda, er hinsvegar sú sama fyrir bæði jarðhitasvæðin, og er í kafla 2.2 gerð grein fyrir helstu tæknilegum forsendum hennar.

### 2.1 Borholur

Vinnslukostnaður gufu úr borholum á háhitasvæðum er mjög mismunandi allt eftir eðli jarðhitasvæðanna og staðsetningu þeirra. Eftir því sem hitastig svæðis er hærra er að vænta hærri þrýstings í því, og leiðir af því að frágangur borhola verður viðameiri. Val á hentugu bortæki fer einnig mjög eftir því hve djúpar borholurnar eru. Stórir borar eru dýrari á hverja einingu en litlir borar. Einnig ræðst kostnaður nokkuð af staðsetningu jarðhitasvæðanna og munar þar mestu, hversu nærri byggð þau eru en einnig eykst kostnaður við borverk með fjarlægð frá Reykjavíkursvæðinu. Á mynd 1 er sýndur samanburður á borhraða með Narfa annarsvegar og Jötni hinsvegar.

Til einföldunar við áætlun á almennum vinnslukostnaði jarðgufu á Íslandi er hér gengið út frá tveim gerðum borhola, annarsvegar borholum eins og tíðkast hafa í Kröflu og í seinni tíð í Námafjalli, 1900 m djúpar boraðar með stærsta bornum, Jötni, og hinsvegar borholum eins og boraðar voru fyrir tæpum tuttugu árum í Ölfusdal ofan Hveragerðis, 1000 m djúpar og nú boraðar með Narfa, sem ætla má að sé minnsti bor sem nothæfur er til borana á háhitasvæðum. Með þessu móti á að fást breitt svið borkostnaðar á háhitasvæðum á Íslandi þar sem annarsvegar er miðað við hátt hitastig, djúpar holur, stærsta borinn og hlutfallslega dýra staðsetningu en hinsvegar miðað við lágt hitastig, grunnar holur, lítinn bor og ódýra



staðsetningu, bæði með tilliti til byggðar og fjarlægðar frá Reykjavík.

Við frágang borhola er venjulega miðað við, að gufuþrýstingur samsvarandi hæsta hitastigi, sem vænst er í holunni, geti myndast í holutoppi og eru holutoppur og dýpt steyptra fóðringa við þetta miðuð á þann hátt að jarðlagaprýstingur við fóðringarenda sé a.m.k. jafnmikill og gufuþrýstingurinn, og er þá reiknað með að eðlisþyngd jarðlaganna sé 2.

Ef um er að ræða þekkt jarðhitasvæði, eins og í tveim ofangreindum dæmum, er miðað við hitastig svæðanna, en ef hinsvegar um er að ræða óþekkt svæði er miðað við ótruflaðan suðumarksferil.

Í Kröflu og Námafjalli eru hitastig svæðanna mjög nálægt því að fylgja suðumarksferli þar sem vænta má 340°C hita á 1900 m dýpi og þýðir það að steyptra festilfóðringin (9 5/8" casing) þarf að vera 700 m djúp og holutoppurinn af gerðinni API ser 900.

Í Ölfusdal hinsvegar fer botnhiti í 1000 m djúpum borholum ekki yfir 240°C og væri 200 m fóðringardýpi nægilegt með tilliti til ofangreindrar vinnureglu, en vegna grunnvatns og yfirborðsáhrifa þykir öruggara að hafa fóðringuna dýpri og er hér gert ráð fyrir 300 m steyptri festilfóðringu (9 5/8" casing). Jafnframt er holutoppurinn af staðli API ser 300.

Varðandi borun holanna og annan frágang er reynt að hafa áætlunina sem mest samræmda, sömu borviddir eru notaðar, borleiga og vinnulaun eru samkvæmt gjaldskrá JBR og einingarverð á efni eru þau sömu í báðum tilvikum.

Gerð er grein fyrir framkvæmda- og kostnaðaráætlun beggja borverkanna í kafla 4 hér á eftir og er niðurstaðan sú að 1900 m Jötunshola staðsett í Kröflu/Námafjalli kosti 8,1 Mkr en 100 m Narfahola staðsett í Ölfusdal 3,6 Mkr.

## 2.2 Gufuveita

Gerð er áætlun um fyrirkomulag og stofnkostnað gufuveitu frá þrem holum að markaði í 600 til 1000 m fjarlægð frá þeim. Gert er ráð fyrir gufu-

skilju við hverja holu ásamt jöfnunargeymi, hljóðdeyfi og öryggislokum. Skiljurnar eru tengdar í ákveðnum safnpunkti, sem miðast við að 200 m fjarlægð sé milli holanna og frá safnpunkti að markaði fer gufan eftir einni 600 m langri gufuzæð. Við hönnun kerfisins er reiknað með 5 - 7,5 kg/s gufu frá hverri skilju og að tvær holur séu samtímis í rekstri en ein til vara. Gengið er út frá 10 bara vinnubrýstingi í gufukerfinu og 50% umframgetu í gufluflutningi.

Gufuveitunni er lýst í stórum dráttum á mynd 2. Í kostnaðaráætluninni er stuðst við aðstæður, sem eru líkar því sem er í Bjarnarflagi, þ.e. tiltölulega vanþróað iðnaðarsvæði og því er veitan þar nokkru dýrari en ef hún væri í grennd við höfuðborgarsvæðið.

### 3 GUFUMAGN ÚR BORHOLUM

---

Nú er liðinn rúmur áratugur síðan vinnsla gufu hófst á háhitasvæði hér á landi en það var 1968 er tekin var í notkun fyrsta holan fyrir Kísiliðjuna, hola 3 í Námafjalli. Á næstu árum, þ.e. 1969, 1970 og 1971 voru boraðar holur 4 og 5, 6 og 7, 8 og 9. Hola 10 var boruð 1975, hola 11 árið 1979 og hola 12 árið 1980.

Allar hafa þessar holur blásið um lengri eða skemmri tíma inn á gufuveitukerfi Kísiliðjunnar og gufuaflstöðvar Laxárvirkjunar. Ekki hefur þó verið hægt um vik að mæla rennsli þeirra, þar sem lengst af hefur verið skortur á gufu á svæðinu og holurnar þess vegna uppteknar í vinnslu. Jafnframt gerðu umbrotin á svæðinu árið 1977 verulegt strik í reikninginn, þar sem allar holurnar skemmdust og flestar eyðilögðust alveg. Þessir atburðir spilltu verulega fyrir reynslu af langtíma-blæstri borhola en Námafjallssvæðið hefur verið í vinnslu um áratug lengur en önnur svæði, þ.e. Krafla og Svartsengi.

Í Kröflu hafa verið boraðar alls 18 holur. Hola 1 og 2 voru boraðar sem rannsóknarholur árið 1974, holur 3, 4 og 5 voru boraðar 1975, holur 6, 7, 8, 9, 10 og 11 árið 1976, holur 13, 14 og 15 árið 1980 og holur 16, 17 og 18 árið 1981. Hér er sama uppi á teningnum og í Námafjalli, holurnar hafa verið mjög óstöðugar í blæstri og erfitt um vik að fá fram marktækar tölur um rennsli. Holurnar hafa sumar hverjar verið mjög aflmiklar á fyrstu dögum blásturs og jafnframt blásið við háan þrýsting, en fljótlega dregið af þeim. Ennfremur hefur gætt óstöðugleika í blæstri holanna, þar sem jafnvægi ríkir ekki milli innrennslis í efri og neðri hluta þeirra.

Í Svartsengi hafa nú verið boraðar tíu holur, þ.e. holur 2-11 en hola 1 er kaldavatnshola og ekki talin með. Holur 2 og 3 voru boraðar árin 1971 og 1972. Holur 4 og 5 voru boraðar árið 1974. Hola 6 var boruð 1978 og hola 7 1979. Holur 8, 9, 10 og 11 voru boraðar á árinu 1980. Þessar holur eru allar, nema 2 og 4, notaðar af hitaveitunni og hafa þær blásið í eitt til fjögur ár.

Í Ölfusdal ofan við Hveragerði voru átta holur boraðar á árunum 1958-1961. Árið 1961 voru allar holurnar nema 1 og 5 látnar blása samfleytt í fjóra mánuði en í sex mánuði frá nóvember 1962 til maí 1963. Árið 1973 voru holur 2 og 4 tengdar hitaveitunni í Hveragerði og hafa þær blásið síðan. Hóla 8 hefur blásið af og til og verið notuð sem sýningarhóla. Í september 1979 var hóla 6 hleypt í blástur og í febrúar 1980 var hóla 7 einnig hleypt í blástur og hafa þær blásið síðan með stuttum hléum.

Á Reykjanesi hafa verið boraðar átta holur alls, en þó er aðeins ein þeirra marktæk, þ.e. hóla 8. Hún var boruð árið 1969 og hefur verið látin blása í lengri og skemmri tíma allt frá upphafi og síðustu ár í tengslum við tilraunasaltvinnslu.

Á Nesjavöllum var boruð hóla 5 árið 1972 og er hún eina marktæka hólan á því svæði. Hólan var boruð 1800 m djúp en við mælingar 1977 kom í ljós að hún hafði grynkað og var nú einungis 1000 m djúp.

Í töflu 1 eru skráðar borholur á háhitasvæðum, þar sem mælingar á gufurennisli eru marktækar. Ekki er hægt að lesa úr töflunni neina ákveðna fylgni milli dýpis, botnhita og gufurennislis. Virðist sem aðrir þættir ráði meiru um afl borholanna, s.s. gegndræpi jarðhitasvæðanna. Til þess að hægt væri að meta þessa fylgni á hverju jarðhitasvæði fyrir sig, þyrftu holurnar að vera miklu fleiri.

Af reynslunni í Námafjalli virðist þó mega draga þá ályktun að djúpar holur (1400-2000 m) gefi að öllu jöfnu meira rennsli en grunnar holur. Allöng reynsla er nú fengin af rekstri grunnu holanna þar og við samanburð á rennsli þeirra miðað við aðrar holur, bæði héraðs og erlendis, virðist það vera í minna lagi. Þrjár djúpar holur eru á þessu svæði og er rennsli þeirra umtalsvert meira en í þeim grunnu. Það ber þó að hafa í huga að reynsla af rekstri þessara hola er ekki löng.

Sé tekið mið af þeim holum, sem boraðar hafa verið í Kröflu, þ.e. holum 1-18, er enginn vafi á að rennsli úr djúpum holum er mun meira en úr grunnum holum. Stafar þetta af eðli jarðhitasvæðisins, sem nú er orðið allvel þekkt.



Svartsengi virðist vera mjög gegndræpt jarðhitasvæði og er enginn áberandi munur á rennsli úr djúpum og grunnum holum þar, þrátt fyrir að hitastig svæðisins sé ekki ýkja hátt.

Í Ölfusdal er engin reynsla af djúpum holum, en hér er hins vegar miðað við nýjar mælingar í grunnum holum. Rennsli þeirra er svipað og rennsli í grunnum holum í Námafjalli, en hins vegar er hitastigið mun lægra. Raunar eru til mælingar frá holu 8 í Ölfusdal, sem einnig er grunnhola, og er rennsli í henni mun meira en í hinum tveim. Ekkert er hægt að segja til um hvers væri að vænta úr djúpum holum í Ölfusdal.

Á Reykjanesi er hins vegar aðeins við eina djúpa holu að styðjast og þar virðist rennsli vera í meðallagi miðað við djúpar holur. Sömu sögu er að segja af Nesjavöllum.

Ekki er hægt að draga neina almenna ályktun um mismun á afli frá grunnum og djúpum holum, en þó virðist, a.m.k. þegar miðað er við sum jarðhitasvæðanna, vera tilhneiging til vaxandi afls með dýpi. Öfugt er þetta ekki undir neinum kringumstæðum. Jafnframt er hægt að sýna fram á vinnslugetu við hærri mótprýsting eftir því sem holurnar eru dýpri og heitari, en hár vinnsluprýstingur er ótvíræður kostur borhola einkum til notkunar í iðnaði. Sú ályktun virðist sanngjörn, að djúpu holurnar séu að jafnaði ábatasamari heldur en þær grunnu, bæði með tilliti til aukins gufurennslis og einnig eru þær hafari til vinnslu við háan mótprýsting.

Hér verður reiknað með, að gufurennslis frá djúpum holum sé að jafnaði 7,5 kg/s en gufurennslis frá grunnum holum 5 kg/s. Ætla má að þessar tölur séu í lægra lagi og þar af leiðandi varlega metnar.

TAFLA 1

Skrá yfir borholur á háhitasvæðum, þar sem mælingar á gufurennslí eru marktækar.

Jarðhita- svæði	Hola Nr.	Boruð /Ár	Dýpi m	Botnhiti °C	Mæld /Ár	Lang/stuttíma mæl.	Holubr. bar	Skiljubr. bar	Gufurennslí kg/s	v. skiljubr.
Námáfj.	3	66	683	260	68	lang	11	11	1,5	
"	3	"	"		68	"	6	6	2,1	
"	4	68	1138	275	69	"	11	11	7,0	
"	4	71	"		71	"	7	6	6,0	
"	5	68	637	230	71	"	7	6	5,0	
"	9	70	1311	250	71	"	7	6	3,0	
"	11	79	1923	310	80	"	11	10	13,0	
"	11	"	"		80	"	6	5	15,0	
Krafla	9	77	1226	290	77	stutt	11	10	13,0	
"	12	78	2222	300	79	lang	9	9	7,0	
Svartsengi	2	71	243	200	72	stutt	6	6	8,0	
"	3	71	402	226	72	"	6	6	10,0	
"	3	"	"		79	lang	7	6	10,0	
"	4	74	1713	240	79	"	15	6	9,0	
"	5	74	1579	240	79	"	15	6	9,0	
"	6	77	1734	240	79	"	15	6	9,0	
"	7	79	1438	238	79	stutt	15	6	9,0	
Ölfusd.	6	60	661	218	80	"	6	5	5,0	
"	7	60	831	223	80	"	6	5	4,0	
Reykjan.	8	69	1758	280	80	"	11	10	7,0	
"	8	"	"		80	"	6	5	10,0	
Nesjav.	5	72	1804	260	73	"	6	6	9,0	
"	5	72	ca 1000		77	lang	6	6	6,0	

#### 4 KOSTNAÐARÁÆTLUN

##### 4.1 Stofnkostnaður

Stofnkostnaður gufuveitunnar í Námafjalli byggist á því líkani sem lýst er í kafla 1. Stofnkostnaði er skipt í eftirfarandi þrjá meginþætti (verðlag í janúar 1982):

- 1 Borunarkostnað
- 2 Tengingarkostnað
- 3 Vexti á framkvæmdatíma

Borunarkostnaður með bornum Jötni er fenginn með hliðsjón af þeirri reynslu sem fékkst þegar hola 11 var boruð í Námaskarði sumarið 1979. Við mat á borunarkostnaði með bornum Narfa er stuðst við einingarverð frá Jarðborunum ríkisins (sjá nánari greiningu á borunarkostnaði í viðaukum 1 og 2).

Eins og kom fram í innganginum var Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf. falið að gera áætlun um stofnkostnað gufuveitu. Sú áætlun er miðuð við gildandi verðlag 1. júní 1979, og hljóðar upp á 314,6 Mkr. Í töflunni hérna að neðan hefur sú upphæð verið færð til gildandi verðlags í janúar 1982.

Reiknað er með að tvær holur verði boraðar í einum áfanga í lok árs, og sú þriðja í byrjun næsta árs. Vextir á framkvæmdatíma dreifast á árin samkvæmt því (sjá rekstraráætlun). Reiknað er með 8% vöxtum og eru þeir reiknað af 2/3 stofnkostnaðar 1. ár og af 1/3 2. ár. Við út-reikning vaxta er gert ráð fyrir að stofnkostnaður vaxi jafnt yfir framkvæmdatímann.

<u>Stofnkostnaður</u>	Tegund veitu	
	Jötunn	Narfi
	(Mkr)	(Mkr)
Borun	24,3	10,8
Gufuveita	10,4	10,4
Vextir á framkvæmdatíma	<u>3,2</u>	<u>2,0</u>
	37,9	23,2

#### 4.2 Rekstrarkostnaður

Svo sem að framan greinir er stofnkostnaði skipt í borunarkostnað annars vegar og gufuveitukostnað hins vegar, auk kostnaðar vegna vaxta á byggingartíma. Þetta er gert vegna mismunandi mats á endingartíma borhola og gufuveitu.

Í samræmi við reynslu og áunna hefð um mannvirki áþekk gufuveitunni er endingartíminn, þ.e. afskriftartíminn, settur 25 ár. Á hinn bóginn ríkir mun meiri óvissa um endingartíma borhola, bæði með tilliti til þess, að ekki er ýkja löng reynsla fengin af rekstri háhitahola og einnig gætir mismunar í endingartíma þeirra. Algengt hefur verið bæði hérlendis og erlendis að afskrifa borholur á 10 árum og verður sú viðmiðun notuð hér. Borhola er þó ekki mannvirki eins og ljósapera, sem nýtist að fullu þar til allt í einu slokknar á henni, heldur má ætla, að smám saman dragi úr afli hennar þar til það er orðið svo lítið, að ekki borgi sig lengur að nýta hana. Þetta þýðir í raun að bora þarf nýjar holur með vissu árabili til þess að viðhalda gufumagninu. Ef lagt er upp með þrjár holur jafngildir 10 ára afskriftartími því, að þær væru afskrifaðar á 25 árum og ein hola boruð til viðhalds fjórá hvert ár. Virðist þetta mat nokkuð raunhæft og í samræmi við reynslu, og ennfremur er ekki raunsætt að ætla mannvirkjunum lengri endingartíma en 25 ár þegar tillit er tekið til atlaðra tækninýjunga sem verða kunna á þeim tíma.

Samkvæmt fenginni reynslu af rekstri gufuveitunnar í Bjarnaflagi er fjármagnskostnaður um 80% af árlegum útgjöldum og reksturskostnaður um 20%. Þetta samsvarar um það bil því, að almennur rekstur og viðhald sé um 3% af stofnkostnaði og er sú tala notuð hér.

5 GUFUVERÐ

Gufuverð er reiknað með núvirðisaðferð. Samanlagðar tekjur allt reiknings- tímabilið og brotverð að frádrægnum stofnkostnaði, þurfa að vera ein- hverjar (>0) til að fjárfesting geti talist arðbær. Með nauðsynlegum árlegum tekjum er átt við að tekjur séu jafnar gjöldum og er þá gert ráð fyrir gefnum afkastavöxtum. Hér eru nauðsynlegar tekjur reiknaðar fram sem fall af 8, 10, 12 og 15% afkastavöxtum samkvæmt líkingunni:

$$(T - R) \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} + B \frac{1}{(1 + i)^n} - S = 0, \text{ þar sem}$$

- T = nauðsynlegar árlegar tekjur
- R = árlegar rekstrar-, viðhalds- og umsjónarkostnaður
- B = brotverð gufuveitu
- S = stofnkostnaður
- n = afskriftatími búnaðar
- i = vextir (reiknivextir)

Gert er ráð fyrir að líftími borhola sé 10 ár, en líftími annars búnaðar 25 ár. Reikningstímabilið í þessum samanburði er þó 10 ár en brotverð búnaðarins á 10 árum er áætlað 60% af stofnkostnaði og er það fært til núvirðis.

Niðurstöður

Afkastavextir (%)	Nauðsynlegar árlegar tekjur gufuveitu	
	Djúpar holur (Mkr)	Grunnar holur (Mkr)
8	6,19	3,63
10	6,75	3,98
12	7,37	4,37
15	8,31	4,96

Sé miðað við 7,5 kg/s gufurennisli úr djúpum holum og 5 kg/s úr grunnum holum (sjá kafla 3), 7000 stunda nýtingu á ári og að þriðja holan í líkaninu gegni hlutverki varaholu, verður gufuverðið:

Afkastavextir	Gufuverð	
	Djúpar holur kr/tonn	Grunnar holur kr/tonn
8%	16,34	14,37
10%	17,82	15,76
12%	19,45	17,30
15%	21,93	19,64

Við samanburð á verði ber að hafa í huga, að djúpu holurnar eru að öllu jöfnu hæfari til að halda uppi háum vinnsluþrýstingi en þær grunnu. Hér er um að ræða kostnaðarverð gufunnar, þ.e. hreinan framleiðslukostnað.

Ef gufuverðið er verðtryggt, þ.e. það fylgir breytingum á verðlagi, er eðlilegt að gera kröfu til 8% afkastavaxta, jafnvel þótt ekki séu fánleg lán á lánamarkaði með minna en 10% vöxtum (sjá kafla 6) og væri þá mismunurinn fjármagnaður með vaxtalaus eiginfé.

Til viðbótar kostnaðarverði gufunnar er eðlilegt að bæta við kostnaði af jarðhitaréttindum (sjá kafla 8). Hæfilegt gjald fyrir jarðhitaréttindi virðist vera um 5% af gufuverði þegar tekið er mið af fyrirliggjandi staðreyndum (sjá kafla 8).

Ennfremur er eðlilegt að bæta álagningu við kostnaðarverðið, bæði vegna óvissu um nákvæmni stofnkostnaðar og þeirrar áhættu sem ávallt er samfara borunum og einnig til þess að gera rekstrinum kleyft að fitja upp á nýjungum. Hér er reiknað með 10% álagningu.

Miðað við ofangreindar forsendur verður gufuverðið:

Djúpar holur: 18,90 kr/tonn

Grunnar holur: 15,50 kr/tonn

## 6 REKSTRARÁÆTLUN OG FJÁRMÖGNUN

---

Í kafla 5 voru reiknaðar nauðsynlegar tekjur gufuveitu sem fall af mismunandi afkastavöxtum. Í rekstraráætlununum hér á eftir er reiknað með gufuverði, sem miðast við 8% afkastavexti, þ.e. að árlegar tekjur án álagningar séu 6,19 Mkr fyrir veitu með djúpum holum, og 3,63 Mkr fyrir veitu með grunnum holum. Rekstarkostnaður veitnanna er 3% af stofnkostnaði, eða 1,13 og 0,69 Mkr, þannig að fé úr rekstri verður árlega 5,06 og 2,94 Mkr.

Reiknað er með að framkvæmdirnar séu fjármagnaðar að hluta til með lánsfé sem endurgreiðist með 10% vöxtum á fimm árum og að hluta til með óendurkræfu framlagi frá eiganda veitunnar. Þetta óendurkræfa framlag er til að veita á móti þeim vaxtamun sem er á milli þeirra afkastavaxta, sem reiknað er með þegar tekjur veitunnar eru ákveðnar (8%), og þeim vaxtakjörum sem reiknað er með að fáist á almennum lánamarkaði til framkvæmda sem þessara, þ.e. 10% vextir.

Gert er ráð fyrir að lán til rekstrar fáist á 10% vöxtum til fimm ára (nema að sjálfsögðu þegar að lán til rekstrar eru tekin eftir ár 5, þá eru þau greidd á þeim árum sem eftir eru fram að lokum tímabilsins).

TAFLA 2 Áætlað sjóðstreymi fyrir veitu með djúpum holum

Ár	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekjur af rekstri	0	5,06	6,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
Aðrar tekjur	5,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lán til framkv.	19,67	12,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lán til reksturs	0	0	0,62	4,73	5,36	6,31	7,26	4,89	3,62	4,09	0
Frankvæmdir	25,16	12,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afborganir af f.l.	0	0	3,94	6,44	6,44	6,44	6,44	2,52	0	0	0
Vextir af f.l.	0	3,21	3,21	2,84	2,18	1,54	0,88	0,24	0	0	0
Afborganir af r.l.	0	0	0	0,12	1,07	2,15	3,40	5,24	6,72	7,61	10,64
Vextir af r.l.	0	0	0	0,05	0,53	0,94	1,35	1,76	1,73	1,42	1,07
Aukning veltufjár	0	1,85	-1,47	0,34	0,20	0,30	0,25	0,19	0,23	0,12	-6,65
Sjóður í lok árs	0	1,85	0,38	0,72	0,92	1,22	1,47	1,66	1,89	2,01	-4,64

TAFLA 3 Áætlað sjóðstreymi fyrir veitu með grunnum holum

Ár	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekjur af rekstri	0	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Aðrar tekjur	4,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lán til framkv.	11,24	7,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lán til reksturs	0	0	0,63	3,02	3,50	4,13	4,93	3,66	3,18	3,97	0
Frankvæmdir	15,39	7,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afborganir af f.l.	0	0	2,26	3,78	3,78	3,78	3,78	1,52	0	0	0
Vextir af f.l.	0	1,90	1,90	1,64	1,29	0,92	0,54	0,15	0	0	0
Afborganir af r.l.	0	0	0	0,12	0,73	1,43	2,26	3,50	4,58	5,57	8,85
Vextir af r.l.	0	0	0	0,06	0,35	0,63	0,89	1,17	1,17	1,05	0,89
Aukning veltufjár	0	1,04	-0,59	0,36	0,29	0,31	0,40	0,26	0,37	0,29	-6,80
Sjóður í lok árs	0	1,04	0,45	0,81	1,10	1,41	1,81	2,07	2,44	2,73	-4,07

f.l. = framkvæmdalán

r.l. = rekstrarlán



## 7 PRÓUN GUFUVERÐS

---

### 7.1 Gufuverð til Kísiliðjunnar

Í janúar 1968 tók gildi samningur milli Jarðvarmaveitna ríkisins og Kísiliðjunnar um sölu á jarðgufu. Í samningunum var gert ráð fyrir 12000 tonna framleiðslu af kísilgúr á ári miðað við 7000 vinnslustundir, og var áætlað að til þess þyrfti 88000 tonn af gufu.

Þessar tölur voru fengnar með hliðsjón af þáverandi afkastagetu Kísiliðjunnar. Kísilgúrin var þurrkaður í tveimur vinnslurásum sem höfðu hámarksafköst við 7 bar gufuþrýsting, og voru í samningunum ákvæði um lágmarks (5 bar) og hámarksþrýsting (7 bar) seldrar gufu.

Í samningnum var ákveðið að fyrir árið 1969 og öll ár þar eftir skyldi gufuverð ákveðið samkvæmt líkingunni

$$V_i = V_o \frac{B}{B_o} \quad \text{þar sem}$$

$V_o$  : umsamið verð á árinu 1968, 22,40 gkr. per tonn.

$B$  : vísitala byggingarkostnaðar í júlí-okt. árið áður en nýja verðið tók gildi.

$B_o$  : vísitala byggingarkostnaðar í júlí-okt. 1967. Hún var þá 298 stig.

Gufuverð var síðan reiknað fram með þessari líkingu fyrir árin 1968, 1969 og 1970.

Fyrri hluta ársins 1971 tók Kísiliðjan í notkun tvær nýjar vinnslurásir og í júní sama ár var samningurinn frá 1968 endurnýjaður. Hámarksafköst þessara nýju vinnslurása voru við 10 bar gufuþrýsting, og var gömlu rásunum breytt til samræmis við þær nýju.

Í endurnýjaða samningnum var gert ráð fyrir að til að framleiða 22000 tonn af kísilgúr á ári þyrfti 230000 tonn af 10 bar gufu, miðað við

7000 vinnslustundir.

Við þessa endurnýjun samningsins lækkaði verð á gufu allverulega en samkvæmt gamla samningnum átti gufuverð fyrir 1971 að vera 36,71 gkr/tonn, en var lækkað niður í 28 gkr/tonn (um 22%).

Aðilar komu sér einnig saman um að fyrir árið 1972 og öll ár þar eftir skyldi gufuverð reiknast upp samkvæmt líkingunni úr samningnum frá 1968 (sjá að ofan), nema nú skyldi grunnverðið ( $V_0$ ) vera 29 gkr/tonn og miðað við vísitalu byggingarkostnaðar ( $B_0$ ) tímabilið júlí-okt. ár hvert (1970 480 stig). Í júlí-okt. 1971 var vísitala byggingarkostnaðar 535 stig, og varð gufuverðið sem gildi fyrir 1972 því

$$V_{72} = 29 \frac{535}{480} = 32,32 \text{ gkr/tonn}$$

Sama líking var síðan notuð þegar gufuverð fyrir 1973 var ákveðið. Vísitala byggingarkostnaðar í júlí 1972 var 683 stig, og gufuverð sem gildi fyrir 1973 því

$$V_{73} = 29 \frac{683}{480} = 41,72 \text{ gkr/tonn}$$

Í júní 1973 fór Kísiliðjan fram á breytingu á verðbreytingarákvæðum samningsins. Ákvæðum var breytt og var samþykkt að gufuverð fyrir 1974 og öll ár þar eftir skyldi reiknað samkvæmt líkingunni

$$V = V_0 \left( 0,4 \frac{G}{G_0} + 0,6 \frac{B}{B_0} \right) \text{ þar sem}$$

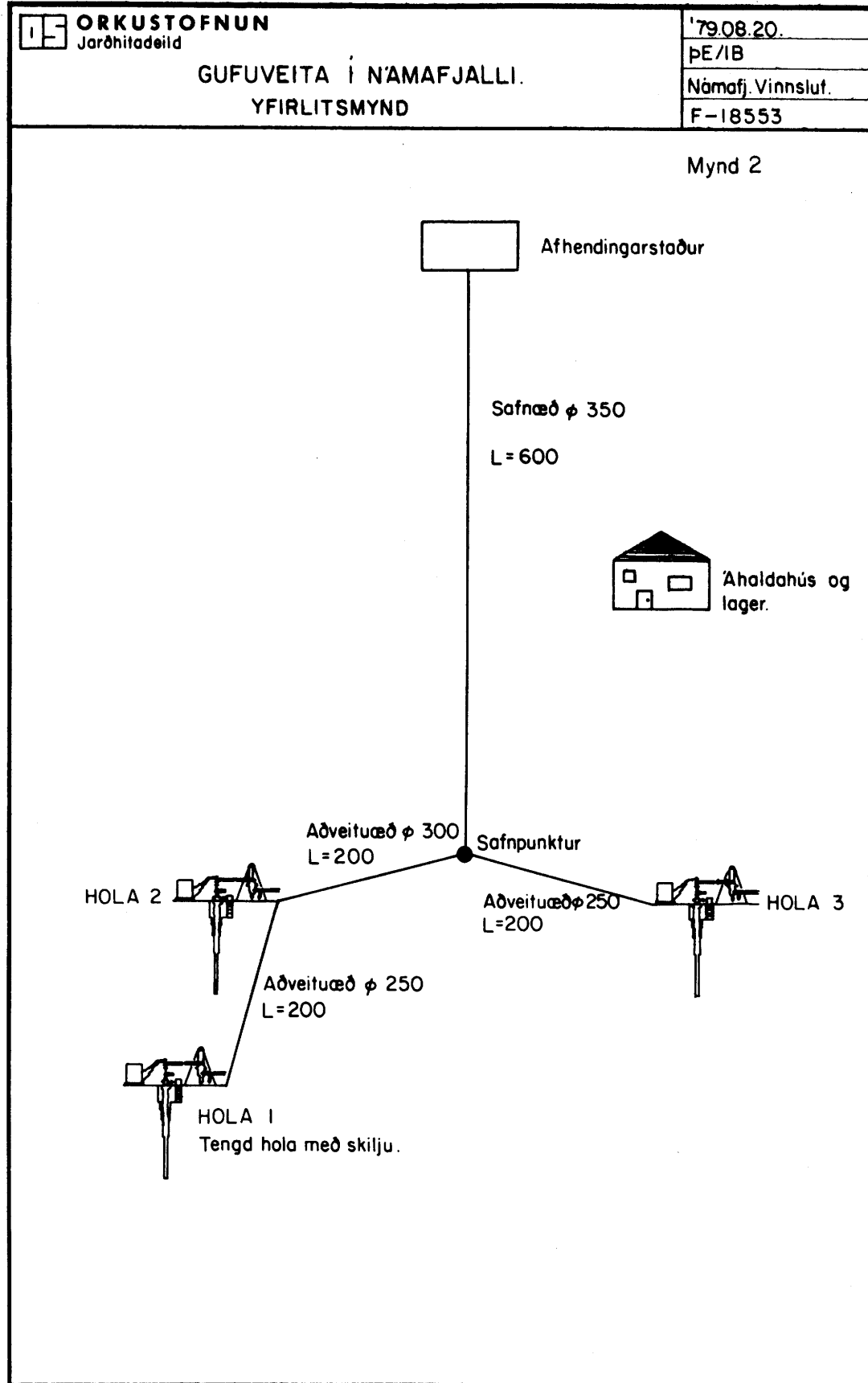
$V_0$  : grunnverð gufu

$G$  : gengi dollars 1. okt. 1972 (88,10 gkr/\$)

$B$  : vísitala byggingarkostnaðar í júlí-okt. árið áður en  $V$  tekur gildi

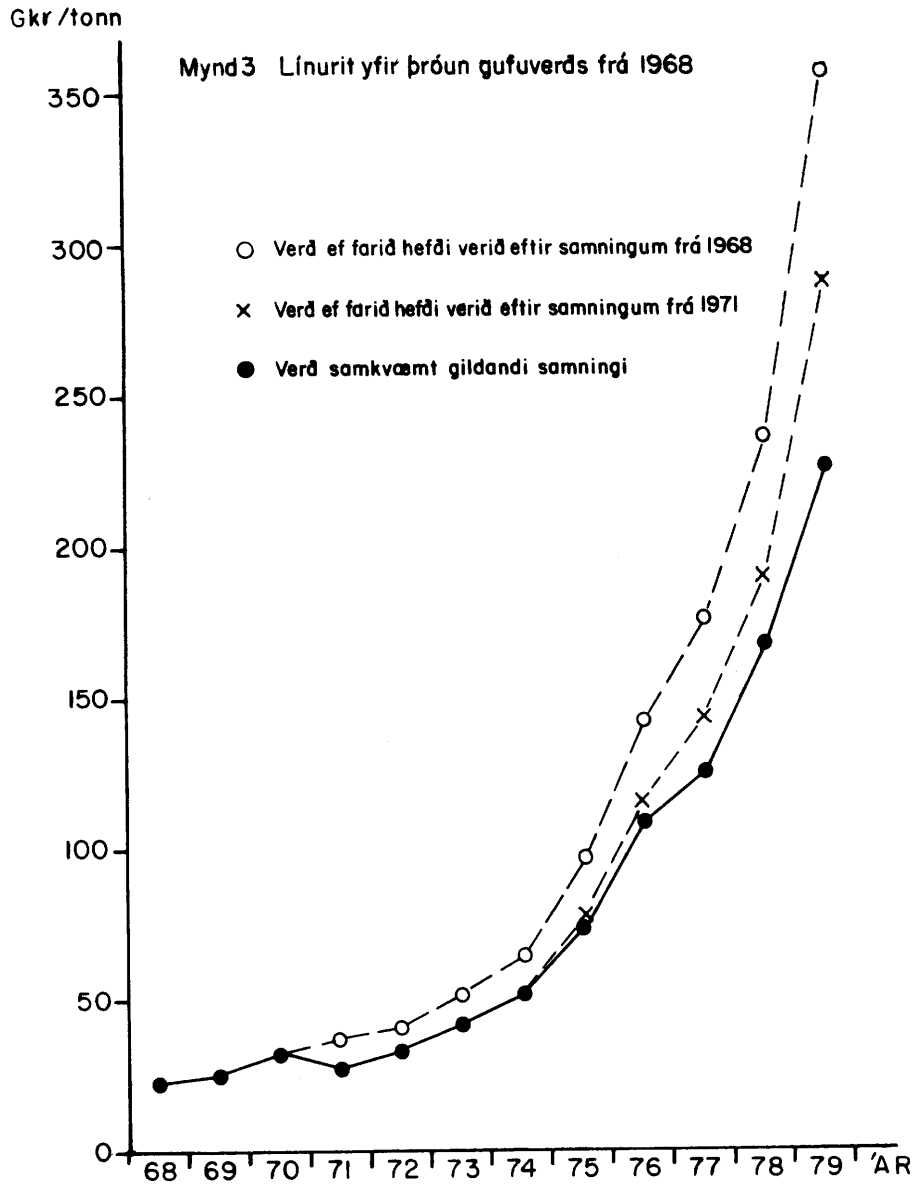
$B_0$  : vísitala byggingarkostnaðar fyrir júlí-okt. 1972 (683 stig)

Grunnverð það sem lagt var til grundvallar nýju gufuverði fyrir 1974, var gufuverðið 1973 hækkað með 10%, þ.e.  $41,27 \times 1,1 = 45,40$  gkr/tonn. Verð á gufu hefur síðan verið ákveðið samkvæmt þessari líkingu. Frá og með 1978 var hins vegar ákveðið að sú vísitala byggingarkostnaðar sem væri í gildi 1. okt. ár hvert skyldi tekin til viðmiðunar við útreikning á nýju gufuverði.



Í línuritinu að neðan er sýnd þróun gufuverðs frá 1968:

JHD-VJ-9000-KR  
82-06-0776-e



## 7.2 Samanburður við olíuverð

Hér er borinn saman kostnaður per kWh á jarðgufu annars vegar og gufu úr svartolíukötlum hins vegar.

### Forsendur

- Reiknað er með meðalverði á svartolíu fyrir hvert ár.
- Áætluð nýting á kötlum: 85%
- Brennslugildi svartolíu: 11,7 kWh/kg.
- Við útreikning á nýtni orku úr gufu er reiknað með þéttivarma við 10 bar þrýsting, þ.e. 2015 kJ/kg (560 kWh/tonn).

Tafla 4 sýnir hvernig verð á svartolíu hefur þróast í samanburði við verð á gufu:

Tafla 4 Þróun verðs á svartolíu samanborið við verð á gufu

Ár	Gufuverð til Kísiliðjunnar (gkr per tonn)	Kísiliðjunnar (gkr per kWh)	Meðal svartolíuverð (gkr per tonn)	Meðal svartolíuverð (gkr per kWh)	Verðhlutfall olíu/gufa (gkr per kWh/gkr per kWh)
70	31,4	0,056	2295	0,231	4,1
71	28,0	0,050	2500	0,251	5,0
72	32,3	0,058	2725	0,274	4,7
73	41,3	0,074	3343	0,336	4,5
74	51,3	0,092	8408	0,845	9,2
75	73,3	0,131	13185	1,326	10,1
76	109,0	0,195	19027	1,913	9,8
77	126,2	0,225	23550	2,368	10,5
78	168,6	0,301	31770	3,195	10,6
79	253,6	0,453	60936	6,123	13,5
80	359,6	0,641	122647	12,333	19,2
81	535,9	0,957	209551	21,071	22,0

Ef borinn er saman orkukostnaður jarðgufunnar, sjá kafla 5 og 6, og svartolíu á febrúarverði 1982 fyrir grunnar holur og djúpar, fæst eftirfarandi:

Grunnar	15,50	0,027	2.585	0,260	9,6
Djúpar	18,90	0,033	2.585	0,260	7,9

## 8 GJALD FYRIR JARÐHITAAFNOT

---

Í þessum kafla er reynt að áætla það gjald sem landeigandi kann að taka af orkukaupanda fyrir jarðhitaréttindi á því svæði sem orkan/gufan er tekin úr.

Upphæð þess gjalds sem landeigandi verður að innheimta er miðuð við 8% afkastavexti, þ.e. að sú upphæð sem árlega verður að innheimta af notendum viðkomandi jarðhitasvæðis er 8% af þeirri upphæð sem greidd var fyrir jarðhitaréttindin þegar þau voru keypt.

Reiknað er samkvæmt formúlunni:

$$AGJ = S \cdot \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

AGJ: upphæðin sem skiptist niður á notendur svæðisins eftir orku/gufunotkun

S: það sem greitt var fyrir jarðhitaréttindin upphaflega

i: afkastavextir (hérna 8%)

n: endurborgunartíminn

Formúlan að ofan gefur nauðsynlegar árlegar tekjur ef að S kr eru fjárfestar í fyrirtæki sem endast á í n ár, með gefnum afkastavöxtum. Í því tilviki þegar fest eru kaup á jarðhitaréttindum, er reiknað með að svæðið endist í óendanlega langan tíma, þ.e. að  $n \rightarrow \infty$ . Þá fæst að

$$AGJ = S \cdot \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} = \{n \rightarrow \infty\} = S \cdot i$$

sem er sú upphæð sem innheimta verður af notendum svæðisins eftir notkun.

### 8.1 Námafjall og Krafla

Ríkið keypti jarðhitaréttindin á Kröflu- og Námaskarðssvæðinu fyrir u.þ.b. 10 gMkr. árið 1971, auk þátttöku í rekstri hitaveitu Reykjahlíðar.

Sú upphæð er færð til núvirðis samkvæmt formúlunni:

$$\text{Núvirði} = \text{Stofngjald} \cdot \frac{B}{B_0}$$

$$NV = 0,1 \cdot \frac{18024}{532} = 3,4 \text{ Mkr}$$

Einnig skuldbatt ríkið sig til að sjá Hitaveitu Reykjahlíðar fyrir heitu vatni og standa undir kostnaði af aðveitun kerfisins um alla framtíð. Lauslega áætlað er kostnaður ríkisins af þeirri skuldbindingu um 0,2 Mkr árlega.

Samanlagður árlegur kostnaður ríkisins fyrir jarðhitaréttindin á þessu svæði er því:

$$\text{ÁG} = 0,08 \cdot 3,4 + 0,2 = 0,47 \text{ Mkr}$$

Á svæðinu eru í dag tveir notendur; Kröfluvirkjun og Kísiliðjan. Við áætlun gjalds fyrir jarðhitaafnot á þessa tvo aðila er reiknað með afköstum fyrir Kröfluvirkjun, 30 MW í 4500 klukkustundir á ári. Þá er einnig gert ráð fyrir að til að framleiða 1 kWh af raforku þurfi 9 kg af 8 bar gufu, eða 5,1 kWh af gufuorku. Fyrir Kísiliðjuna er gufunotkun áætluð samkvæmt samningi.

Áætluð heildarframtíðarnotkun svæðisins verður því:

Krafla: Framleidd raforka: 30 MW x 4500 h = 135 GWh pr. ár

Notuð gufuorka: 5,1 x 135 = 688 GWh pr. ár

Kísiliðjan: Keypt gufumagn: 230000 tonn pr. ár

Keypt gufuorka: 230000 x 2015 x 10<sup>3</sup>/3600 = 128 GWh pr. ár

Gjald tengt jarðhitaréttindum sem ríkið verður að innheimta verður þá

$$\frac{0,47 \text{ Mkr}}{(688 + 128) 10^6 \text{ kWh}} = 0,000575 \text{ kr/kWh}$$

## 8.2 Húsavík

1970 gerði Húsavíkurbær samning við Garðræktarfélag Reykjahverfis um kaup/réttindi á heitu vatni úr hvernum í landi Garðræktarfélagsins. Samningurinn var um kaup á 31 sekúndulítra úr hvernum, og verðið sem samið var um var 10000 gkr per sekúndulítra á ári. Einnig var samið um að verðið á hverjum sekúndulítra skyldi reiknast upp árlega með gildandi verði á gasolíu fyrir það ár. Grunnverð á olíu sem kaupandi og seljandi komu sér saman um að miðað yrði við var gildandi olíuverð 1970, þ.e. 3,22 gkr/l. Í dag er reiknað með að Hitaveita Húsavíkur noti 47 sekúndulítra úr hvernum. Í samningnum var gert ráð fyrir að Húsavíkurbær hefði einkarétt á borun í landi Garðræktarfélagsins, og fyrir hverja holu sem boruð væri skyldi félagið fá 10% af afköstum holunnar, eða greiðslu fyrir 5 sekúndulítra ef að þeir teldu sig ekki hafa not fyrir vatnið úr holunni. Á móti fengu garðræktarmenn einkaleyfi á notkun heits vatns til garðræktar.

1974 var boruð hola í Reykjahlíð, og þar sem Garðræktarfélagið hefur ekki not fyrir vatn úr henni, þarf Húsavíkurbær að greiða sem svarar andvirði 5 sekúndulítra til viðbótar því magni sem tekið er úr hvernum.

Samanlagt þurfa því Húsvíkingar að borga fyrir 52 sekúndulítra; þ.e. sá kostnaður sem er tengdur réttinum að nýta jarðhitasvæðið.

Samkvæmt þessu verður það gjald sem Hitaveita Húsavíkur þarf að innheimta af sínum notendum fyrir jarðhitaréttindi fyrir 1982 (miðað við olíuverð í janúar 1982, 3,65 kr/l miðað við 5000 nýtingarstundir og 40°C vatnsnýtingu):

$$\text{ÁGJ: } 365/3,22 \times 10000 \text{ kr} \times 52 \text{ l/s}/43,6 \text{ GWh} = 0,013536 \text{ kr/kWh á ári}$$



### 8.3 Deildartunguhver

Í sambandi við Deildartunguhver liggja allar upplýsingar fyrir. Afkastageta svæðisins hefur verið mæld og er um 185 l/s af 100°C heitu vatni. Einnig er ljóst að þær batur sem Hitaveita Akraness og Borgarness þarf að borga fyrir afnot af hvernum liggja í kringum 500 milljónir gkr. Gjald sem HAB verður að innheimta af sínum notendum verður þá (miðað við 5000 nýtingastundir og 40°C nýtni vatns):

$$\text{ÁGJ} = 0,08 \times 5 \text{ Mkr}/160 \text{ GWh} = 0,002500 \text{ kr/kWh per } \text{ár}$$

### 8.4 Svartsengi

Árið 1975 keypti Hitaveita Suðurnesja jarðhitaréttindi á 99 hekturum lands á Reykjanesi fyrir 87,7 gMkr. Sú upphæð færð til núgildandi verðlags

$$NV = 0,877 \cdot \frac{18024}{1722} = 9,2 \text{ Mkr}$$

Samkvæmt orkusþá fyrir HS er gert ráð fyrir að orkusala veitunnar nemi 355 GWh á ári árið 2000.

Gjald tengt jarðhitaréttindum sem HS þarf að innheimta af sínum notendum verður því:

$$\text{ÁGJ} = 0,08 \cdot 9,2 \text{ Mkr}/355 \text{ GWh} = 0,002072 \text{ kr/kWh}$$

### 8.5 Samantekt

Taflan sýnir gjald tengt jarðhitaréttindum sem notendur jarðhitaorku verða að borga eftir svæðum:

	Árgjald kr/kWh
Kröfluvirkjun/Kísiliðjan	$6 \cdot 10^{-4}$
Hitaveita Húsavíkur	$135 \cdot 10^{-4}$
Hitaveita Akraness og Borgarness	$25 \cdot 10^{-4}$
Hitaveita Suðurnesja	$21 \cdot 10^{-4}$

## COST OF GEOTHERMAL STEAM

### ENGLISH SUMMARY

The object is to estimate the production cost of geothermal steam from high temperature geothermal fields in Iceland.

Two cases are considered, one is a geothermal area in a rural district with high temperatures and deep wells, similar to the 1900 meters wells that have been drilled at Námafjall and Krafla with the drilling rig Jötunn and the other is a geothermal area near an industrialized region, with lower temperatures and shallow boreholes, similar to the 1000 meters deep holes that were drilled in Ölfusdalur twenty years ago, with a smaller rig.

Design and capital cost estimates of a steam supply system from three wells to the market is made. The market is assumed to be located 600 to 1000 meters from the wells. Each of the wells is equipped with a steam separator located by the well, water level tank, silencer and safety valves. The steam pipeline from the wells, that are spaced 200 meters apart, are connected at one point and the main pipeline run 600 meters to the market. The design is based on 5-7,5 kg/s steam flow at 10 bars from each of the separators and simultaneous operation of two wells while the third is a reserve well.

Steam discharge and wellhead pressure for high temperature boreholes in Iceland is compiled. The tendency is for bigger flows and increased wellhead pressures with deeper and hotter wells. Thus the basis for design is 7,5 kg/s steam flow from deep wells and 5 kg/s steam flow from shallow wells.

The capital cost of the above mentioned boreholes and steam systems is:  
2,4 - 3,9 million US dollars  
for shallow and deep boreholes respectively.

Based on the following assumptions:

- .                   deprectiation of boreholes: 10 years
- .    depreciation of surface equipment : 25 years
- .                   operating and maintainance: 3% (of capital cost)
- .                                   interest : 8%
- .                                   royalty : 5% (of steam price)
- .                   overhead and profit : 10% (of steam price)
- .                                   load factor : 80% (7000 h/year)

the cost of steam is calculated:

1,6 - 2,0 US\$/ton

for shallow and deep boreholes respectively.

If this steam were used for electric production (steam rate : 9 kg of steam per kWh) the cost of steam is:

14 - 15 US mills/kWh

for shallow and deep boreholes respectively.

VIÐAUKI 1

Þola 11 - Námafjalli  
Borkostnaður með Jötni  
Vísitala byggingak. 909 stig  
Aðflutningsgjöld og söluskattur  
af efni ekki reiknað með.

1.0	Borplan + vegagerð (höggborshola)			367 þkr
1.1	Borun, tímakostnaður			
	Borleiga (meðalkostn.)	38	þkr/dag	
	Olía	5,5	"	
	Vinnulaun	21	"	
	Uppihald (16 menn)	4,2	"	
	Ferðir	1,8	"	
	Bílar (6)	2,2	"	
	Borbíll	0,7	"	
	Háhitabortæki	3,3	"	
		<u>76,7</u>	" x 33	2530 "
1.2	Efni beint á verk			
	Borkrónur, rýmarar			
	Miðjust. og skór	194	"	
	Sement og íblöndunarefni	118	"	
	Borleója	74	"	386 "
1.3	Aðkeypt þjónusta			
	Flutningur efnis	91	"	
	Verktakaþj.	265	"	
	Þjónusta JHD	735	"	
	Sementsbílar	109	"	1200 "
1.4	Fóðringar og ventlar			
	18 5/8" 40 m	30	"	
	13 3/8" 300 m	182	"	
	9 5/8" 700 m	318	"	
	7 5/8" 1300 m	350	"	
	Raufun 7 5/8"	262	"	
	Holulokar (2 stk.)	280	"	
	Flansar + boltar + fittings	88	"	1485 "
1.5	Flutningskostn. frá Rvk	782	"	<u>782</u> "
				6750 "
	Ófyrirséð 20%			<u>1350</u> "
				8100 þkr

VIÐAUKI 2

Hveragerði 1000 m hola  
Borkostnaður með Narfa (áætlaður)  
Vísitala byggingak. 909 stig  
Aðflutningsgjöld og söluskattur  
af efni ekki reiknað með.

1.0	Borplan + vegagerð (höggborshola)			235 þkr
1.1	Borun, tímakostnaður			
	Borleiga	15	þkr/dag	
	Olía	4,5	"	
	Vinnulaun	13,9	"	
	Upphald (7 menn)	2	"	
	Ferðir	0,8	"	
	Bílar (4)	1,5	"	
		<hr/>		
		37,7	" x 17	641 "
1.2	Efni beint á verk			
	Borkr., rýmarar, miðjust., skór	97	"	
	Sement + íbl.efni	41	"	
	Borleðja	74	"	212 "
1.3	Aðk. þjónusta			
	Flutningur efnis	100	"	
	Verktakaþjónusta	176	"	
	Þjónusta JHD	735	"	
	Sementsbílar	29	"	1040 "
1.4	Fóðringar og ventlar			
	18 5/8" 40 m	29	"	
	9 5/8" 300 m	135	"	
	7 5/8" 700 m	188	"	
	Raufun 7 5/8" (6.800 kr/m)	138	"	
	Holulokar (1 stk.)	147	"	
	Flansar, boltar, fittings	59	"	696 "
1.5	Flutningskostn.	176	"	<hr/> 176 "
				3000 "
	Ófyrirséð 20%			<hr/> 600 "
				3600 þkr