



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**BORUN HOLU 24 Í KRÖFLU
FYRIR LANDSVIRKJUN**
Verklýsing

Sverrir Þórhallsson
Ásgrímur Guðmundsson

**BORUN HOLU 24 Í KRÖFLU
FYRIR LANDSVIRKJUN**
Verklýsing

Sverrir Þórhallsson
Ásgrímur Guðmundsson

OS-88015/JHD-07 B Apríl 1988

EFNISYFIRLIT

INNGANGUR	1
1. JARÐFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR	2
2. FÓÐRINGAR - HOLUTOPPUR	5
3. SKOLVATN	10
4. STEYPING FÓÐURRÖRS	10
5. FRAMKVÆMD BORVERKSINS	11
6. RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR	12

INNGANGUR

Að beiðni Landsvirkjunar hefur Orkustofnun gert verklýsingu að borun holu 24 til öflunar á lágþrýstigufu fyrir Kröflustöð. Útboðslýsing hefur einnig verið gerð um borverkið. Hóla 24 hefur þegar verið staðsett á borplani holu KJ-11 sem boruð var árið 1978 og er í Leirbotnum. Vinnslu hluti "efra kerfisins" á þeim stað er talinn liggja á dýptabilinu 350-1200 m og að hitastigið sé 200-220°C. Vegna nálægðar við holu KJ-11 eru jarðfræðilegar aðstæður vel þekktar, og eru þær nýttar við hönnun á holunni, m.a. með því að fækka um einn fóðringarstreng frá fyrri borunum.

Verklýsing þessi á eingögnu við um þetta verk og er ekki hægt að yfirfæra hana á annan stað athugunarlaust. Tveimur holugerðum er lýst, holu með 13 3/8" vinnslufóðringu (við hola) og með 9 5/8" fóðringu (grönn hola). Ástæða þessa er að fá fram verðmun á borun slíkra hola. Við hönnun holunnar var tekið mið af því fóðurröraefni sem til er í Kröflu. Holan er að nokkru frábrugðin þeim sem fyrir eru. Hesltu frávik eru eftirfarandi:

- Holan er boruð gagngert til að nýta "efra kerfið".
Við það þarf ekki að nota eins marga og öfluga öryggisloka og fyrr.
- Djúpur borkjallari verður ekki steypdur við holuna.
Þetta auðveldar viðhald og rekstur, auk þess að spara umtalsverða upphæð í kjallarasmíð.
- Fækkað er um einn streng í fóðringar "prógraminu".
Þetta er hægt þar sem hita- og þrýstiástand er þekkt.
Þetta sparar nokkuð hundruð metra í fóðurrörum.
- Víða holan er tvöföld að þverskurðarflatarmáli.
Þá verður meira pláss fyrir kalkútfellingar og einnig getur þetta aukið afköst holunnar. Eldri holur í Kröflu eru allar af grennri gerð.

Í verklýsingunni hér á eftir er jarðfræðilegra aðstæðna getið og hönnun holunnar lýst. Einnig er lýst holutoppsbúnaði og öryggis-kröfum, boraðferð, steypingu fóðurröra, gagnasöfnun á meðan borun stendur o.fl. er snertir borverkið sjálft. Verklýsing þessi verður hluti af verksmningi Landsvirkjunar við borverktakann. Hún nær ekki til lýsinga á framkvæmd einstakra verkþátta, heldur lýsir hún hönnun holunnar og þeim atriðum sem Orkustofnun telur að muni auka líkur á góðum árangri.

1. JARÐFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR

Hola 24 hefur verið staðsett á borplani holu KJ-11 (mynd 2), og er gert ráð fyrir að hún verði 1000-1200 m djúp. Markmið með boruninni er að afla Kröfluvirkjunar viðbótar lágþrýstigufu. Ákveðið hefur verið að virkja svonefnt "efra kerfi", en það var lokað af með heilli fóðringu í holu 11, þegar hún var dýpkuð. Því er hér nánast um endurtekningu á efri hluta holu KJ-11 að ræða. Áður en efra kerfið var skermað af í holu KJ-11 afkastaði hún um 25-40 kg/s. Hér á eftir verður getið helstu upplýsinga um holu KJ-11, því gert er ráð fyrir að hola 24 verði svipuð.

Hola KJ-11 er undir Brekkubrúninni í Leirbotnunum, sunnan við KG-10 og skammt austan við gígaröð, sem er nokkuð áberandi og liggur vegurinn upp á Brekku í gegnum hana. Kjallari holu KJ-11 hefur efrtírfarandi hnit:

Hæð=482 m.y.s.
X=443.478,5
Y=579.622,3

Holu KJ-11 hallar til suðausturs. Efstu 400 metrarnir eru nánast beinir en á um 400 m dýpi er halli frá lóðlínu orðinn 2°. Síðan byggði hola rólega upp halla og mældist hann mestur á 1000 metara dýpi eða tæpar 9°. Á um 1200 m dýpi er hola rúma 90 m til suðausturs miðað við holutopp. Hún liggur um 50-100 m vestan við sprunguna sem hola KJ-9 sker.

Óveruleg skoltöp komu fram við borun holunnar eins og fram kemur í töflu 1 hér á eftir:

Tafla 1.

Dýpi (m)	Skoltöp (l/s)
190	5
350	1.5
790	2.5
880	1.5
1000	1.5
1025	1.5

Þess ber þó að geta að ekki var fylgst reglulega með skolvatnsbreytingum. Ennfremur ber að geta þess að ekki liggja fyrir upplýsingar úr höggborsholunni, sem náði niður á 60 m dýpi.

Í grófum dráttum má skipta jarðlögnum í efstu 1200 metrunum niður í fjórar aðal myndanir (mynd 1):

-Móbergsmýndun niður á 150 m dýpi. Efstu 60 m eru lítt kunnir en vitað er að á yfirborði eru þunn hraunlög, en þar neðan við er talið að komið sé niður í móberg.

-Hraunlagamyndun (150-400 m dýpi). Inn á milli hraunlganna troðast á nokkrum stöðum þykk móberg, sérstaklega á 270-300 m dýpi.

-Móbergsmýndun (400-820 m dýpi). Móbergið er gegnum stungið af basaltinnskotum eða þunnum hraunlögum.

-Hraunlög og basaltinnskot niður fyrir 1200 m dýpi. Hraunlög og breksiur eru mest áberandi niður á 1140 m dýpi, en þar neðan við eru innskot ráðandi.

Jarðfræðilegar aðstæður til borunar eru frekar hagstæðar á fyrirhuguðum borstað. Allt bergið er mikið ummyndað og er stigvaxandi ummyndun niður holuna. Það vill segja að bergið er nokkuð vel samlímt og því lítil hrinhætta í borun. Móbergið borast auðveldlega, en hraunlögin veita meiri fyrirstöðu. Við borun KJ-11 var borhraði í móberginu á bilinu 10-20 m/klst, en í hraunlögum og innskotunum var hann 5-10 m/klst.

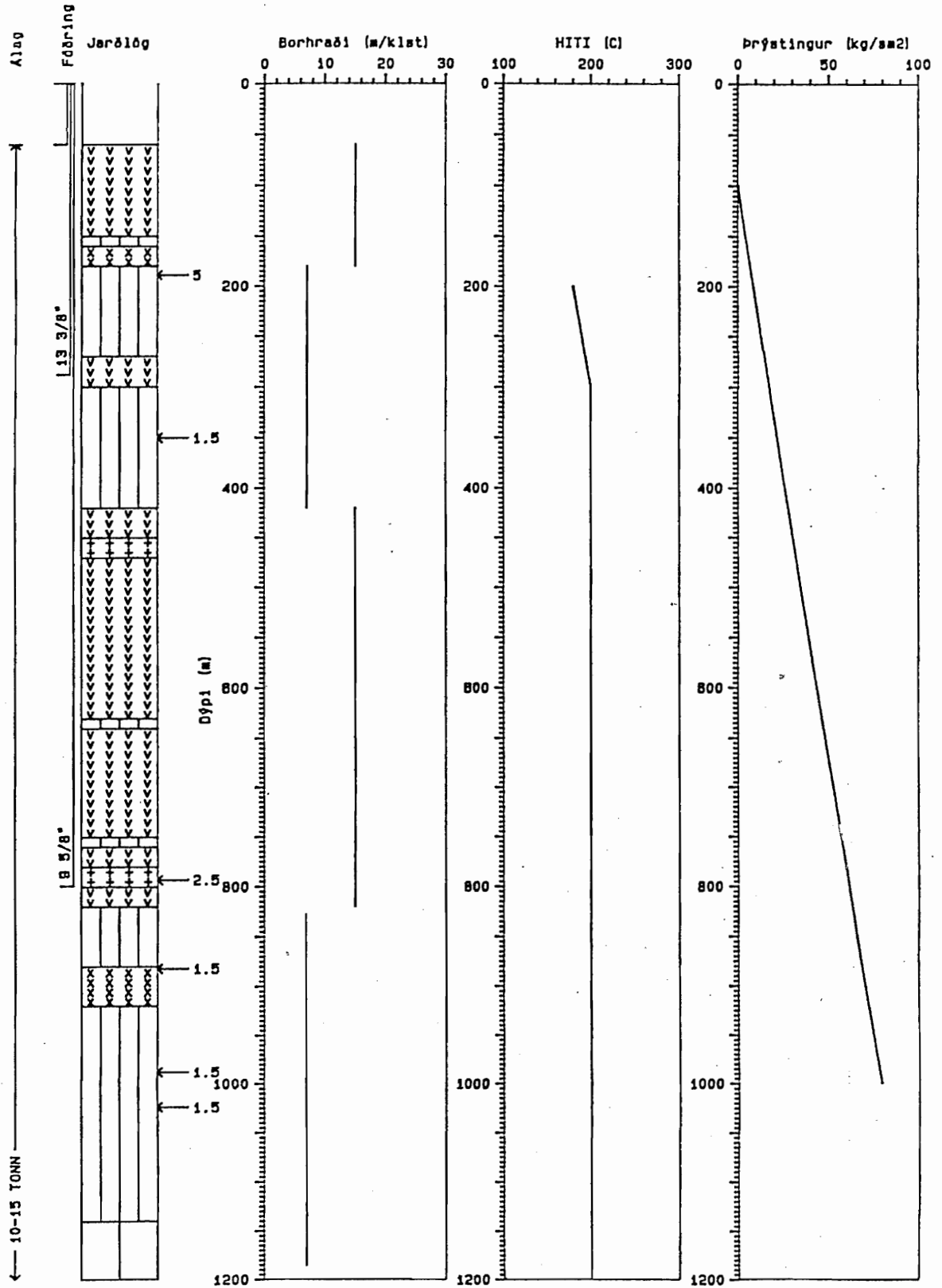
Holu 24 er ætlað að virkja "efra kerfið" í Kröflu, og er hitastig í því frekar lágt á bilinu 200-220°C. Ekki liggja fyrir hita- og þrýstimælingar af efri hluta holu KJ-11. Út frá holum KG-10, KG-5, KG-8 og KJ-3A má búast við að hiti í holunni sem nú verður boruð verði kominn í um 200°C á 200-300 m dýpi og haldist nánast óbreyttur í "efra kerfinu" niður á 1000-1200 m dýpi. Fljótlega þar fyrir neðan má búast við að hann hækki snögglega, þegar komið verður í "neðra kerfið".

Frítt vatnsborð er í stöðnum "efra kerfis" holum í Kröflu, og þarf að koma þeim í gos með ádælingu af lofti. Fyrir upphleypingu mældist t.d. vatnsborð í KJ-11 á 106 m dýpi en þá stóð 1,2 kg/cm² loftþrýstingur á holunni. Vatnsborð í staðinni holu má því áætla á 90-100 m dýpi. Óveruleg þrýstilækkun (vatnsborðslækkun) hefur orðið í jarðhitakerfinu vegna vinnslu og má því reikna með svipuðu þrýstiástandi nú í holu 24. Á um 1000 m dýpi má búast við tæplega 80 kg/sm² þrýstingi, þ.e. nánast "hydrostatiskum" þrýstingi.

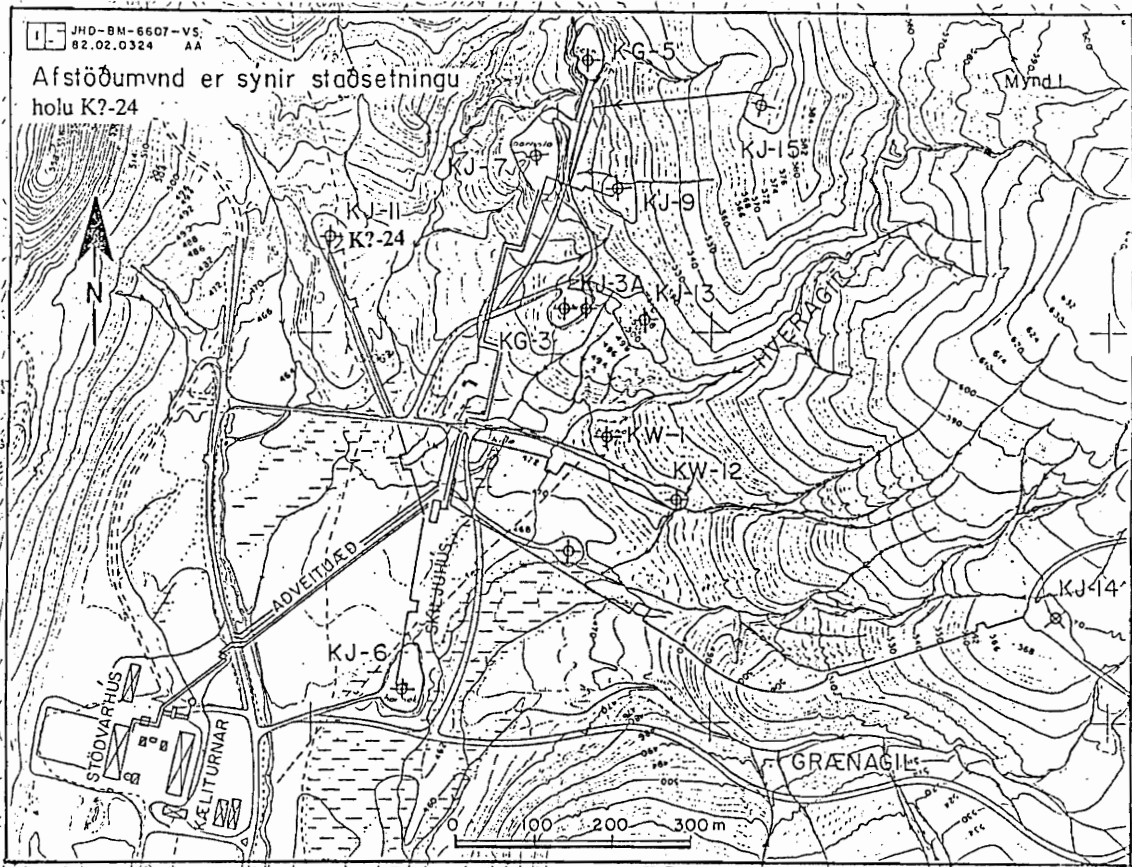
Rétt er að hafa í huga að þrýstipúlsar hafa komið inn í efri hluta Leirbotnakerfisins í tengslum við eldsumbrot á svæðinu og valdið því að holur, með vatnsborð á um 100 m dýpi, hafa hlaupið í gos ef þær stóðu opnar.

KRAFLA HOLA KJ-11

Jarðlög og mælingar



Mynd 1. Jarðlagasnið holu KJ-11 í Kröflu.



Mynd 2. Staðsetning holu 24

2. FÓÐRINGAR - HOLUTOPPUR

Lýst verður tveimur mismunandi holugerðum, sem hér eftir verða auðkenndar sem 13 3/8" hola og 9 5/8" hola. Heitið er dregið af ytra þvermáli vinnslufóðringar viðkomandi holu.

Hönnun holanna tekur mið af aðstæðum eins og þeim hefur verið lýst hér að framan, og þeim öryggiskröfum sem gera þarf við borun á háhitasvæðum (mynd 3, 4 og 5). Endanlegt dýpi holunnar og dýpi fóðringa verður ákveðið af jarðfræðingi meðan á verkinu stendur.

Öryggiskröfur við borun á háhitasvæðum, gera það að verkum að lengd og fjöldi fóðringa verður að vera þannig að ávalt sé hægt að kæfa skyndigos, og sama er að segja um öryggisloka. Hönnunin miðast við verstu aðstæður sem til greina koma. Þær koma upp ef holan nær að fara í gos úr æð þar sem hitinn er hæstur.

Við borun fyrir yfirborsfóðringu niður á 60 m dýpi er ekki talin goshætta. Við borun fyrir vinnslufóðringu niður á 400 m dýpi er aftur á móti borað í 200°C heitt jarðhitakerfi. Ef holan er kæld með stöðugri ádælingu af vatni fer holan ekki í gos, enda þrýstingur í holunni hærri en í jarðhitasvæðinu. Auk þess er reynslan sú að "efra kerfis" holur fara ekki af sjáfsdáðum í gos að lokinni borun, og því er goshætta talin lítil við borun í

400 m dýpi stendur yfir. Holan getur því aðeins farið í gos á þessu dýptarbili að gas ryðjist inn í holuna eða að þrýstihækkun verði í jarðhitakerfinu t.d. vegna eldsumbrota. Þá getur 200°C heitt vatn tekið að streyma upp holuna með þeim afleiðingum að holan komist í gos. Því er ráðlagt að hafa öryggisloka á yfirborðsfóðringunni þegar kaflinn 60-400 m verður boraður. Gufuþrýstingur vatns við 200°C hitastig er 14,5 bar. Til þess að kæfa holuna þarf að dæla vatni á holuna, eða leðju með þyngdarefni. Ef stór æð er rétt fyrir neðan yfirborðsfóðringuna, getur neðanjarðargos haldið áfram þrátt fyrir að lokað hafi verið fyrir gosið með öryggislokum borsins. Til að upphefja þann þrýsting sem neðanjarðargosið getur skapað, þarf fóðringin að vera nógu löng. Í því tilfalli sem hér um ræðir þarf yfirborðsfóðringin að vera a.m.k. 60 m djúp til að þung leðja nái tilskildum þrýstingi, þannig að hægt sé að ná borstöngum úr holunni, eða setja stengur í hana þrátt fyrir "neðanjarðargos". Sama gildir um aðrar fóðringar. Þetta veldur því að setja þarf einn fóringarstreng (yfirborðsfóðring) eða tvær fóðringar (yfirborðsfóðringu og öryggisfóðringu) í holuna eingöngu til að ná nægum þrýstingi með vatni eða þungri leðju miðað við mestan hugsanlegan gufuþrýsting. Við borun holu 24 er ekki sett öryggisfóðring í holuna, þar eð fyrirsjáanlegan þrýsting í holunni má upphefja með yfirborðsfóðringunni einni. Við boranir í Bjarnarflagi og Kröflu hafa gos á bortíma valdið tjóni vegna þess að fóðringar náðu ekki nógu djúpt (N-5 og KG-4). Auk öryggisloka sem getur lokað að stöngum er lagt til að borað verði í gegnum pakkdós sem þéttir að borstöngum þegar kaflinn 400-1200 m verður boraður og að holulokinn verði settur á vinnslufóðringuna áður er borun í lokadýpi hefst. Við borun á þessu dýpi er mun meiri hætta á skyndigosi, sérstaklega ef holan lendir í "neðra kerfinu".

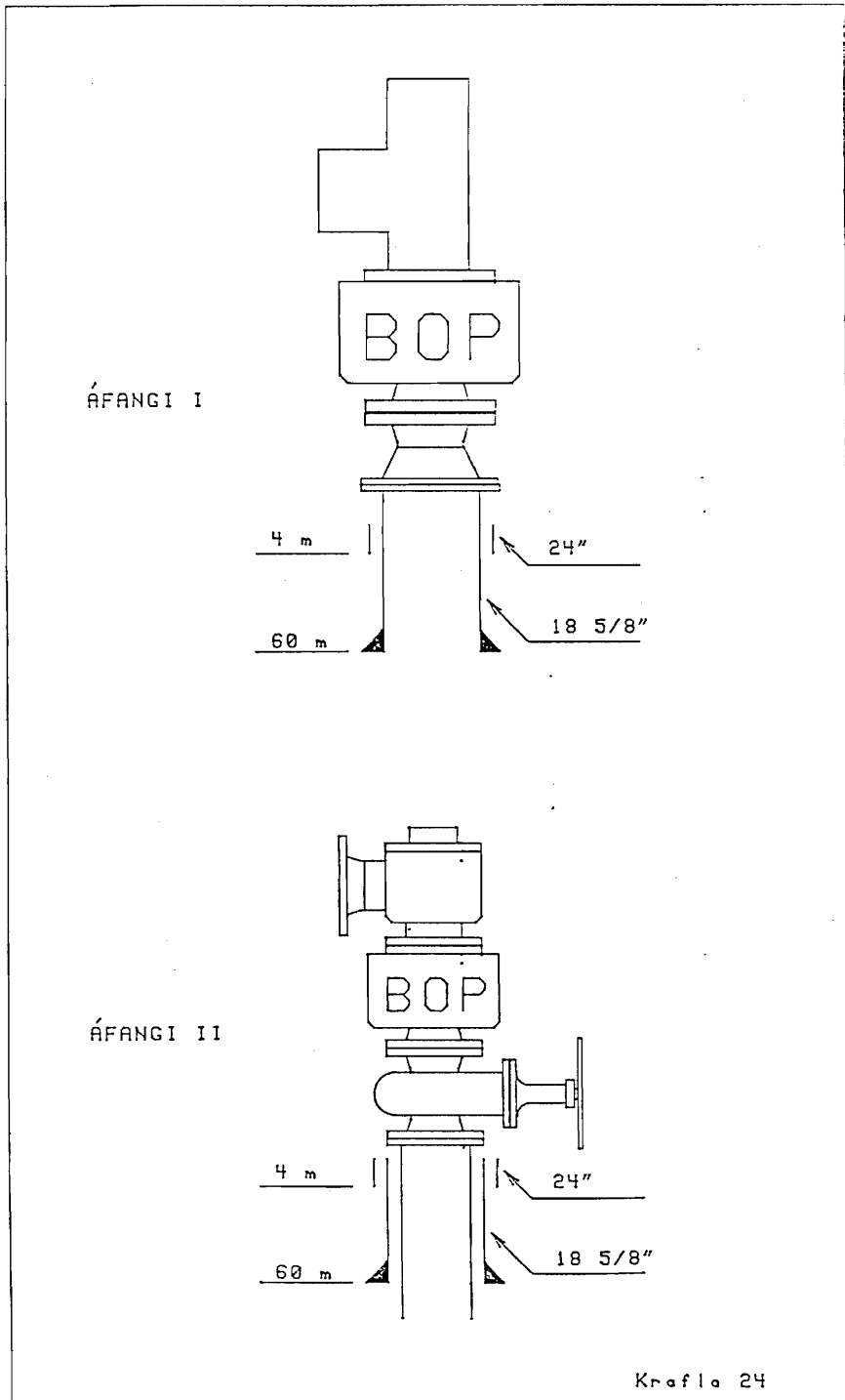
Tafla 2. 13 3/8" hola (víð hola)

Fóðring nr.	Stærð og gerð	Lengd (m)
I Yfirborðsfóðr.	18 5/8" x 98 lb/ft	60
II Vinnslufóðr.	13 3/8" x 61 lb/ft x J-55	400
III Raufaður leiðari	9 5/8" x 43 lb/ft x N-80	800

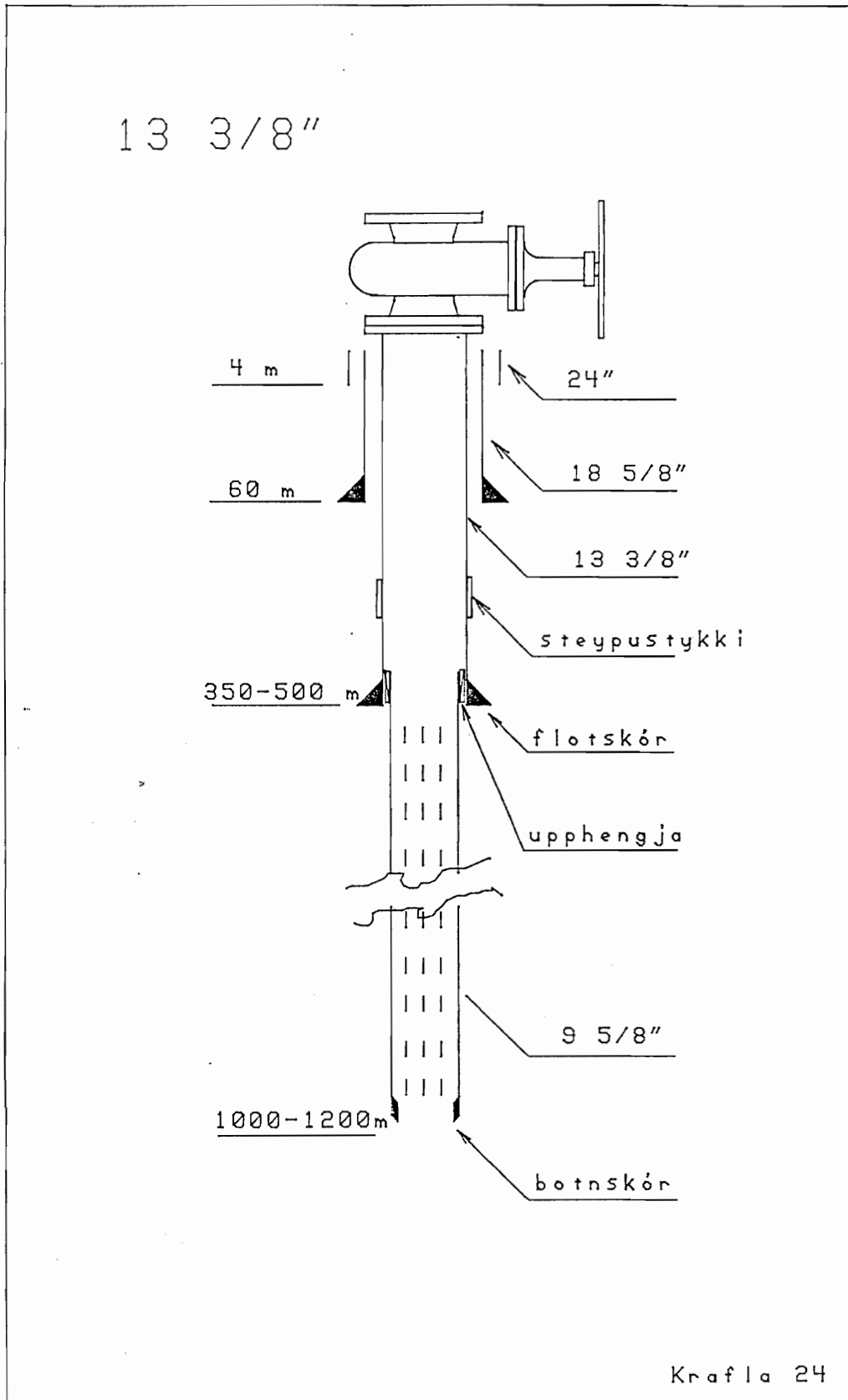
Tafla 3. 9 5/8" hola (grönn hola)

Fóðring nr.	Stærð og gerð	Lengd (m)
I Yfirborðsfóðr.	13 3/8" x 61 lb/ft x J-55	60
II Vinnslufóðr.	9 5/8" x 43 lb/ft x J-55	400
III Raufaður leiðari	7" x 26 lb/ft x J-55	800

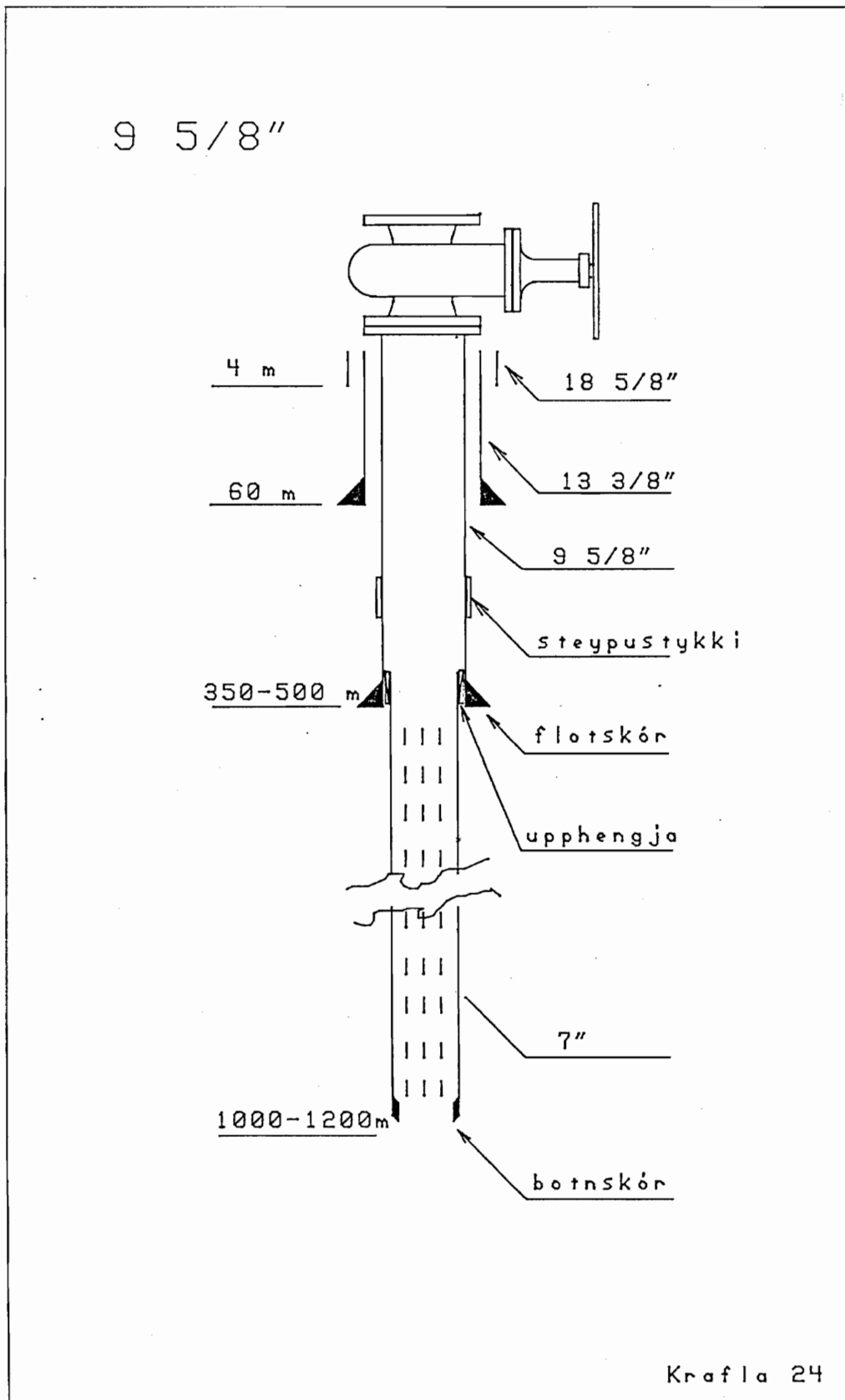
Allar fóðringar eru samkvæmt málstaðli American Petroleum Institute (API) Spec 5A, með "buttress" gengjum. Lengd röranna er samkvæmt sömu stöðlum "range 3". Fóðringarnar eru nokkurra ára gamlar og tekur verktakinn við þeim á plani Kröfluvirkjunar og þrífur gengjur undir hlífðarmúffu og endursmyr, og gengur úr skugga um að þær séu í lagi.



Mynd 3. Öryggislokar og holutoppur við borun holu 24



Mynd 4. Fóðringar "prógram" í holu 24, 13 3/8" hola (við hola)



Mynd 5. Fóðringar "prógram" í holu 24, 9 5/8" hola (grönn hola)

3. SKOLVATN

Yfirborðsvatn til notkunar við borunina er aðeins að fá úr lóni á móts við virkjunina. Verkkaupinn sér um að leiða vatn að borplaninu eins og við fyrri borframkvæmdir á svæðinu. Afkastageta dælukerfisins er um 30 l/s.

Borinn skal búinn kórum og tækjum til borunar með leðju. Gera má ráð fyrir að bora þurfi fyrir yfirborðsfóðringunni með leðju. Leðjuborað skal með "bentonit" leðjuefni og viðhalda seigju við 50-60 sek "March funnel".

4. STEYPING FÓÐURRÖRS

Steypa skal úr magni sem samsvarar rúmmáli bilsins milli holu-veggja og fóðurrörs, að viðbættu 100 %. Vegna niðurbrots sements við háan hita þarf að bæta kísilsalla og perlusteini í íslenska portland sementið. Sementsblöndu þessa má laga á borstað, hjá Semetnsverksmiðju ríkisins, eða flytja inn. Hlutföll í sementinu eru eftirfarandi:

Tafla 4.

HÁHITASEMENT	
(hlutfallsleg samsetning)	
Portland sement	100 kg
Kísilsalli - 325 mesh	35 kg
Perlusteinn, þaninn	2 kg
Bentonit leir	2 kg
Tafefni	0,2 kg

Eðlisþyngd sementseðjunnar skal vera um 1,65 og ber að skrá hana á a.m.k. 5 mínútna fresti meðan á steypingunni stendur. Borinn skal búinn tækjum til að laga eðjuna á innan við einni klukkustund. Við steypingu holunnar skal steyppt í gengnum borstengur sem tengjast sérstöku millistykki (t.d. Bakerline stab-in float collar). Millistykki þessu er komið fyrir milli annars og þriðja fóðurrörs neðan frá. Neðst á fóðringuna er settur flotskór sem í er einstefnuloki.

Ef steypa kemur ekki upp skal athuga hvort hægt sé að steypa ofanfrá. Sé opið fyrir rennsli niður með fóðringunni skal steyppt aftur, og því ekki hætt fyrr en steypan kemur upp. Í slíkum tilfellum má nota sandsteypu. Sigi steypuborðið eftir að steypingu er lokið skal fyllt upp með sementseðju á klukkustunda fresti. Til álita kemur að skjóta göt á fóðringu til að þrýsta steypu út um í því tilfelli að ofangreind ráð dugi ekki.

Að lokinni hörðnun steypu skal skorið ofan af fóðringunni og holutoppsbúnaður borsins settur á. Hálfum sólarhring eftir að steypingu lýkur skal hola mæld í botn með mælingabíl Orkustofnunar (cement bond logging, CBL), til að ákvaðrða hvort steypan sé samfelld utan fóðringar og af tilskildum gæðum.

5. FRAMKVÆMD BORVERKSINS

- Borverktakinn tekur við borplaninu eins og því verður lýst á teikningum hans sem fylgja eiga tilboðinu. Verkkaupi fer fram á að holutoppshönnunin miðist við að ekki þurfi að gera djúpan borkjallara við holuna eins og tíðkast hefur til þessa. Grunnan kjallara úr steypu (eða stáli) má þó setja við holuna og fárennsli frá holum lagt út fyrir borplanið. Niður úr hólknunum yrði komið fyrir stýrifóðringu sem næði niður í þéttari jarðlög, ca. 4 m.
- Fyrst er borað niður úr stýrifórðringunni sem komið hefur verið fyrir í kjallaranum. Borað er fyrir yfirborðsfóðringunni með krónu af viðeigandi stærð niður á 60 m dýpi.
- Yfirborðsfóðringin (fóðring I.) sett í holuna og síðan steyppt með sementslögum fyrir háhitaholur. Dæla skal steypunni niður um fóðringuna og upp með henni að utanverðu.
- Öryggisbúnaði borsins komið fyrir á fóðringunni. Notaður er belg-gosvari eins og sýnt er á mynd 3, áfangi I.
- Öryggisbúnaðurinn reyndur áður en borun hefst.
- Næst er borað fyrir vinnslufóðringunni (nr. II) sem nær frá yfirborði niður á 350-500 m dýpi. Komi fram skolar sem er stærra en 5 l/s skal það tilkynnt verkkaupa og ákvörðun tekin um hvort steypa skuli í æðina áður en farið er dýpra.
- Fóðingardýpi vinnslufóðringar verður ákvarðað á bilinu 350-500 m, og skal holan víddarmæld áður en fóðring hefst.
- Neðst á vinnslufóðringuna er settur steypuskór og sérstakur kolli (stab-in float-collar) settur milli annars og þriðja rörs neðan frá með tengingu fyrir borstengur.
- Fóðurrörin eru skrúfuð saman og hert að þríhyrntu herslumerki. Náist sú hersla ekki er rörið lagt til hliðar sem gallað.
- Fóðringin er þvínæst steyppt með að dæla steypu í gegnum borstengur með svonefndri "inner string" aðferð. Við steypingu á vinnslufóðringunni þarf að nota sement blandað kísilsalla, perlusteini og bentoníti (sjá sér kafla).
- Tólf tímum eftir að dælingu steypu er lokið er holan steypugæðamaæld (CBL).
- Flangs fyrir aðaloka holunnar er soðinn á vinnslufóðringuna af suðumanni með hæfnisvottorð, samkvæmt suðulýsingu.
- Holulokinn settur á holuna, stálhringjapétting. Rauðmálaður flang á WKM loka snúi niður (sjá leiðb. framl.)
- Öryggislokar borsins settir á holuna (áfangi II., mynd 3). Eftir að borstengur hafa verið settar í holuna, en áður en

steypan er boruð út, skal öryggisloki borsins þrýstiprófaður með því að loka að stöngum og setja 20 bar vatnsþrýsting á holuna sem síðan er látinn standa í 15 mínútur.

- Vinnsluhluti holunnar er síðan boraður í allt að 1200 m.
- Holan kæld og hitamæld áður en borstrengurinn er tekinn upp.
- Jarðlagamælingar framkvæmdar af Orkustofnun (vídd, viðnám, poruhluti og náttúruleg útgeislun. Vatn látið leka í holuna á meðan.
- Raufaður leiðari settur í holuna.
- Neðst á leiðarann er settur botnskór og efst upphengja sem skrúfast efst í leiðarann (fóðr. nr. III) og hengd er innan í vinnslufóðringunni (fóðr. nr. II).
- Leiðarinn hengdur ca. 20 m up í vinnslufóðringunni þannig að neðri endi hans verði ca. 10 m frá botni.
- Í verklok er þrepaprófun framkvæmd og mælingar til að ákvarða vinnslueiginleika holunnar.

Ath.

Verksamningurinn fjallar ítarlega um verkmörk og hvaða efni og þjónustu verkkaupi leggur til.

6. RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR

Áhöfn borsins er ætlað að safna nákvæmum upplýsingum um gang verksins. Veigamikið er að borskýrslur séu samviskusamlega fylltar út. Borskýrslum er ætlað að sýna alla helstu aflestra, svo sem dýpi, borhraða, skoítöp/aukningu, álag og snúningshraða krónu, þrýsting, hitastig skolvatns, seigju borleðju o.fl. og skulu þessar upplýsingar ekki skráðar sjaldnar en að fögurra (4) klukkustunda fresti. Afrit af borskýrslu skal afhent verkkaupa daglega, samkvæmt frekari fyrirmælum. Auk framngreindra handskrifaðra upplýsinga skal verkkaupi skrá gang veksins á "Geolograph" sírita og afhenda verkkaupa eitt afrit með borskýrslunni.

Svarfsýnum skal safna á 2 m fresti, og setja í 100 ml plastdósir. Dósirnar þarf að merkja holunúmeri og dýpi.

Pegar vart verður við skoltap, eða aðra vísbendingu um að vatnsæð hafi verið skorin, skal það skráð í borskýrslu og tilkynnt verkkaupa sem fyrst.

Verkkaupi hefur heimild til að stöðva verkið tímabundið og fara fram á að prófanir eða mælingar verði gerðar á holunni. Slík fyrirmæli skal verkkaupi gefa skriflega.