



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**BORUN HOLU KG-25 Í KRÖFLU
FYRIR LANDSVIRKJUN
Verklýsing**

OS-90018/JHD-07 B

Mái 1990

**BORUN HOLU KG-25 Í KRÖFLU
FYRIR LANDSVIRKJUN
Verklýsing**

OS-90018/JHD-07 B

Maí 1990

EFNISSKRÁ

STAÐSETNING BORHOLU KG-25	2
JARÐFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR TIL BORUNAR VIÐ KG-25	2
HÖNNUN HOLUNNAR - FÓÐRINGAR OG DÝPI	8
LÝSING Á BORVERKINU	9
ÖRYGGISKRÖFUR	13
SKOLVÖKVI	13
STEYPING FÓÐRINGA	14
SUÐUVINNA	14
RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR	15
SÉRTEIKNINGAR AF HOLUTOPPI	
EFNISLISTAR	
VIÐAUKI	

1. STAÐSETNING BORHOLU KG-25

Pegar ákvörðun um byggingu Kröfluvirkjunar var tekin var gert ráð fyrir að gufuöflun færi fram á Leirbotnasvæðinu, en svo var kallað allt svæðið í botni Hlíðardals ásamt Vítismóum. Árið 1975 var hola KG-4 boruð og varð hún 2002 m djúp. Hún var mjög aflmikil og tókst ekki að hemja hana að borun lokinni. Þar sem áður var holan er nú myndarlegur gígur, sem ber nafnið Sjálfskaparvíti. Ári síðar var hola KG-10 boruð skammt sunnan holu KG-4 og náði hún niður á 2082 m dýpi. Holan reyndist einnig vera mjög öflug, en stíflaðist eftir stuttan blásturstíma af útfellingum. Hún var hreinsuð ári síðar en allt fór á sömu leið, holan stíflaðist af útfellingum eftir þriggja vikna blástur. Á tímabilinu milli borunar þessara tveggja hola hófust langvin umbrot á Kröflusvæðinu með eldgosi í norðanverðum Leirhnjúk. Í kjölfar þeirra spýttust kvikugös inn í jarðhitageyminn og urðu þess valdandi að jarðhitavökvinn var óvinnsluhæfur í meginhluta Leirbotnasvæðisins. Frá þeim tíma hefur verið fylgst með breytingum á gasstyrk bæði í borholum og í gufuaugum (náttúrulegu útstreymi). Á árunum 1976-78 var gasstyrkurinn hæstur, en síðar hafa komið í ljós vísbendingar um að áhrif kvikuvirkinnar í jarðhitakerfinu væru þverrandi.

Undanfarin ár hefur legið fyrir tillaga frá Orkustofnun um borun í þann hluta Leirbotnasvæðisins sem heitir Vítismóar og fá úr því skorið hvort jarðhitavökvinn sé orðinn vinnsluhæfur. Þá var gert ráð fyrir viðgerð á holu KG-10 eða borun nýrrar holu á sama borplani. Vegna tæringar í leiðara holu KG-10 var fallið frá hugmyndum um viðgerð, en þess í stað lögð áhersla á nýborun. Sumarið 1988 var hola KG-10 hallamæld og einnig reynt að meta stefnu hallans. Hallinn var kominn yfir 10° eða út fyrir mörk mælisins á 800 m dýpi ennfremur voru ákveðnar vísbendingar um norður stefnu. Það gaf til kynna að botn holu KG-10 er sennilega nokkuð hundruð metrum norðan við holu KG-4. Út frá þeirri vitneskju var fallið frá hugmyndum um nýborun á borplani holu KG-10, en þess í stað farið norður fyrir Sjálfskaparvíti (holu KG-4) eins og sýnt er á mynd 1 og holu KG-25 valinn þar staður.






Á umræddu svæði voru öflugustu holur í Kröflu boraðar á sýnum tíma. Ef niðurstöður borunar holu KG-25 sýna að jarðhitavökvinn sé orðinn vinnsluhæfur á ný og holan reynist vera öflug, þá opnast Vítismóavæðið til gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun.

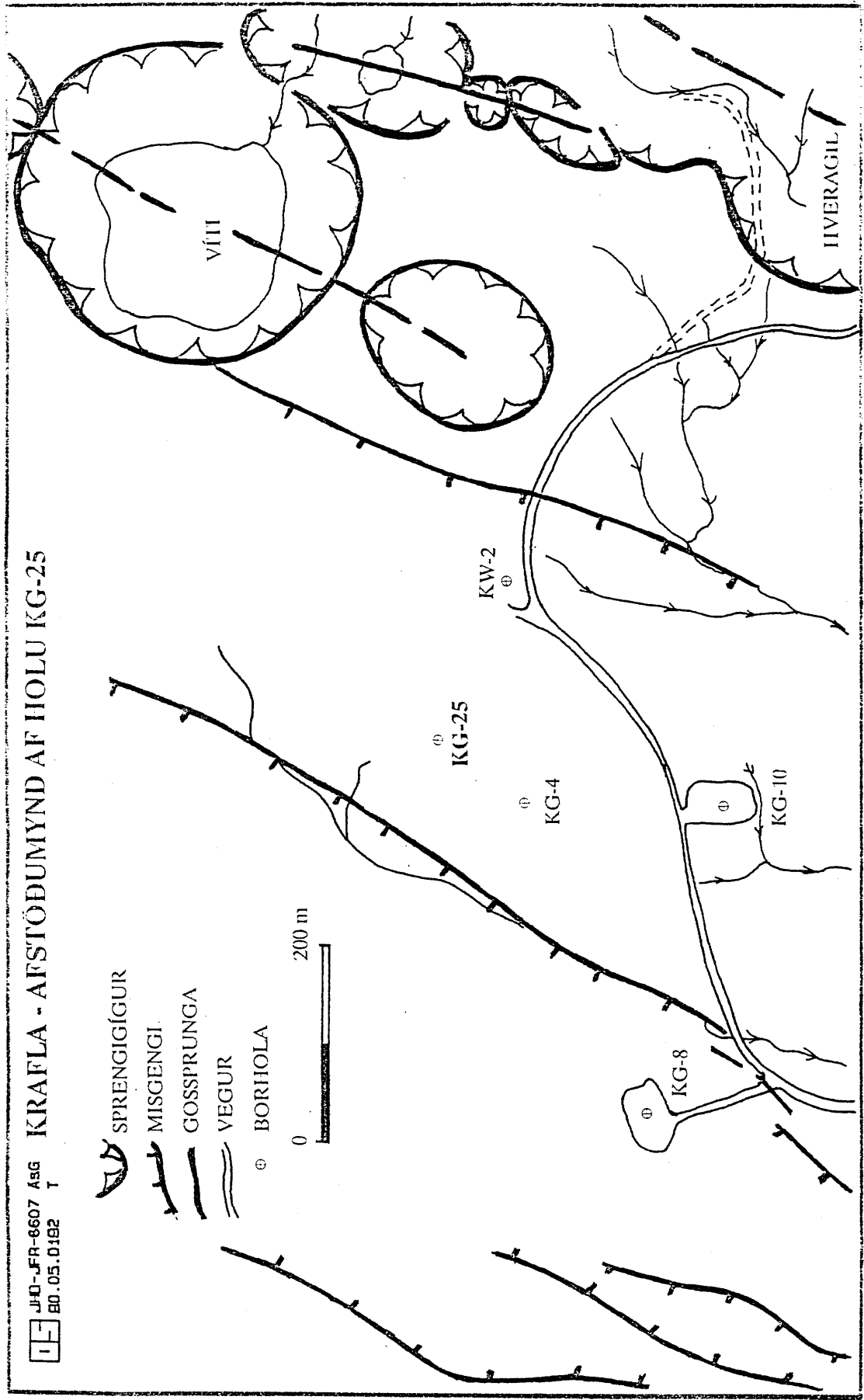
2. JARÐFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR TIL BORUNAR VIÐ KG-25

Mynd 2 sýnir einfaldað jarðlagasnið af holum KG-4 og KG-10, og eru þær báðar á svæðinu þar sem hola KG-25 verður boruð. Hér á eftir er lýst í megin atriðum jarðlögum sem hola KG-25 kemur til með að fara í gegnum niður á 2100 m dýpi. Ennfremur er dregnar fram upplýsingar um helstu lekastaði á þeirri leið eins og þeir komu fyrir í holum KG-4 og KG-10. Lýsingin miðast við áfangaskiptingu væntanlegrar holu KG-25.

KRAFLA - AFSTÖÐUMYND AF HOLU KG-25

JH-1-FR-6607 ÁSG
BO.05.0192 T

-  SPRENGIGÍGUR
-  MISGENGI
-  GOSSPRUNGA
-  VEGUR
-  ⊕ BORHOLA



HÖGGBORSFÓÐRING er áætluð niður á 90 m dýpi. Upplýsingar úr efstu 30 - 80 metrunum eru frekar takmarkaðar og eru að mestu fengnar úr borskýrslum. Góðar vísbendingar eru um, að hraunlög og móbergstúff eða breksíur séu einkennandi jarðlög niður á um 70 m dýpi. Þar neðan við tekur við móbergstúff. Ekki er vitað um lekasvæði á þessum kafla. Jarðlögin eru mikið ummynduð og þar af leiðandi samlímd.

ÖRYGGISFÓÐRING er áætluð niður í um 400 m dýpi. Jarðlögin neðan höggborsfóðringar eru einkum móbergstúff niður á 250 til 300 m dýpi. Þar fyrir neðan taka við basalhraunlög og eru neðri mörk þeirra á um 500 m dýpi. Í hraunlagakaflanum verður fóðringarendanum fundinn staður. Búast má við miklum lekasvæðum í námunda við 300 m dýpi og eru þeir á mótum móbergs- og hraunlagamyndunar. Í holu KG-4 kom ekkert skolvatn upp eftir að borinn kom í umrætt lekasvæði og því takmarkaðar upplýsingar til af bilinu frá 300 m niður að fóðringarenda vinnslufóðringar á um 600 m dýpi. Í holu KG-10 voru skoltöpin áberandi minni á umræddu dýpi og kom skolvatn vel upp allan tímann. Ef reynt er að heimfæra aðstæður í holum KG-4 og KG-10 upp á væntanlega holu KG-25, þá má búast við að hola KG-25 komi til með að líkjast holu KG-4, þ.e.a.s. jarðfræðilega.

Bergið er mikið ummyndað og þar af leiðandi samlímt, en einstaka ferskleg basaltinnskot frekar en hraun verða skorin áður en að fóðringardýpi kemur.

VINNSLUFÓÐRING er áætluð niður á um 1100 m dýpi og er tilgangurinn með svo djúpri fóðringu að skerma af vatnsæðar, sem tilheyra efrakerfinu. Neðan öryggisfóðringar er fyrst borað í gegnum neðri hluta hraunlagamyndunar, sem nær niður á um 500 m dýpi. Þar neðan við tekur við um 300 - 400 m þykk móbergsmýndun, niður á um 800 - 900 m dýpi. Þá er borað inn í basalhraunlagamyndun á ný og eftir því er neðar dregur þá eykst tíðni innskota. Talið hefur verið að lárétt innskot á bilinu 900-1200 m skilji að milli efra- og neðrakerfisins. Í holu KG-25 er búist við skilunum á 1100 - 1200 m dýpi.

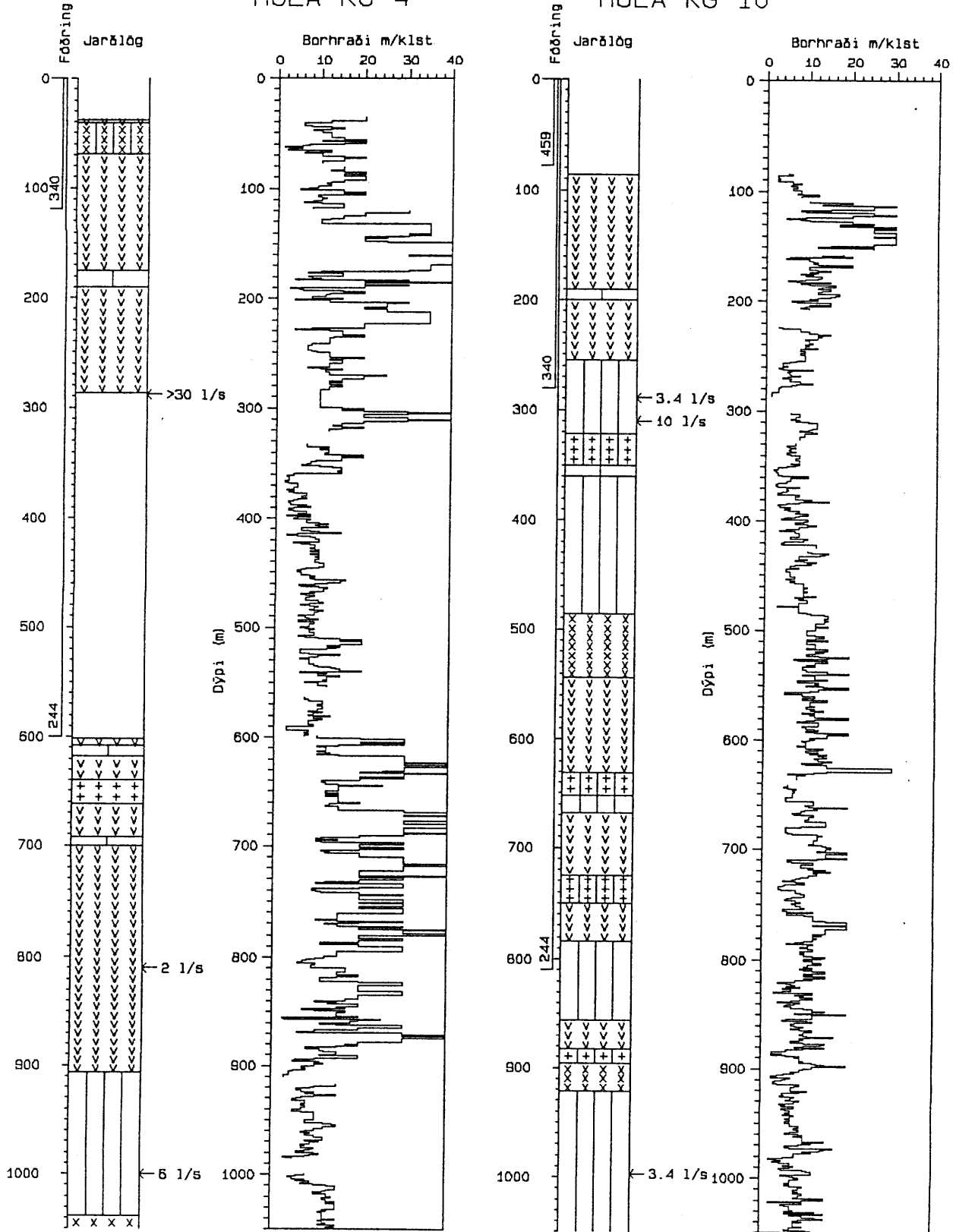
Ef holur KG-4 og KG-10 eru bornar saman, þá kemur greinilega í ljós að lekasvæðin eru ekki tengd láréttum flötum. Ef aftur á móti fóðringadýpi og borhraði eru höfð til hliðsjónar þá má leiða líkur að því, að lekasvæðin séu á svipuðu dýpi í báðum holunum. Í holu KG-10 nær vinnslufóðring niður í 800 m dýpi, en í holu KG-4 nær hún aðeins niður á 600 m dýpi. Algjört skoltap mældist í holu KG-4 á 1130 m dýpi, en ekkert sambærilegt var í holu KG-10. Þegar botnæð holu KG-4 fór í gos þá braut hún sér leið út á um 700 m dýpi, en ekki á 1130 m eins og búast hefði mátt við útfrá skoltöpum. Það gæti þýtt, að þegar skoltapið mælist í 1130 m þá hafi opningin verið á bilinu 600 - 900 m. Nærtækasta skýringin er sú, að vegna mikils borhraða hafi ekki orðið vart við lekann á um 700 m dýpi, þar sem borsvarfið hefur stíflað hann tímabundið. Síðan þegar borhraði minnkaði þá hefur æðin opnast. Hóla KG-10 reyndist mikið til þétt í borun niður í 1750 m dýpi.

Bergið er mjög ummyndað og samlímt nema þar sem fersk basaltlög eru skorin. Ummyndunarsteindir sýna hærri berghita heldur en beinar hitamælingar frá 400 - 1200 metra dýpi, og er það skýr vísbending um að svæðið hefur kólnað á umræddu dýptarbili. Ummyndunarsteindin kalsít hefur myndast á kólnunarskeiðinu. Hún hverfur þegar hitastigið nær suðumarksferli og því ákjósanlegt að nota hana til að draga skilin milli efra- og neðrakerfis og þá um leið ákveða fóðringardýpi með hennar hjálp.

KRAFLA

EINFALDAÐ JARÐLAGSNIÐ

HOLA KG-4 HOLA KG-10

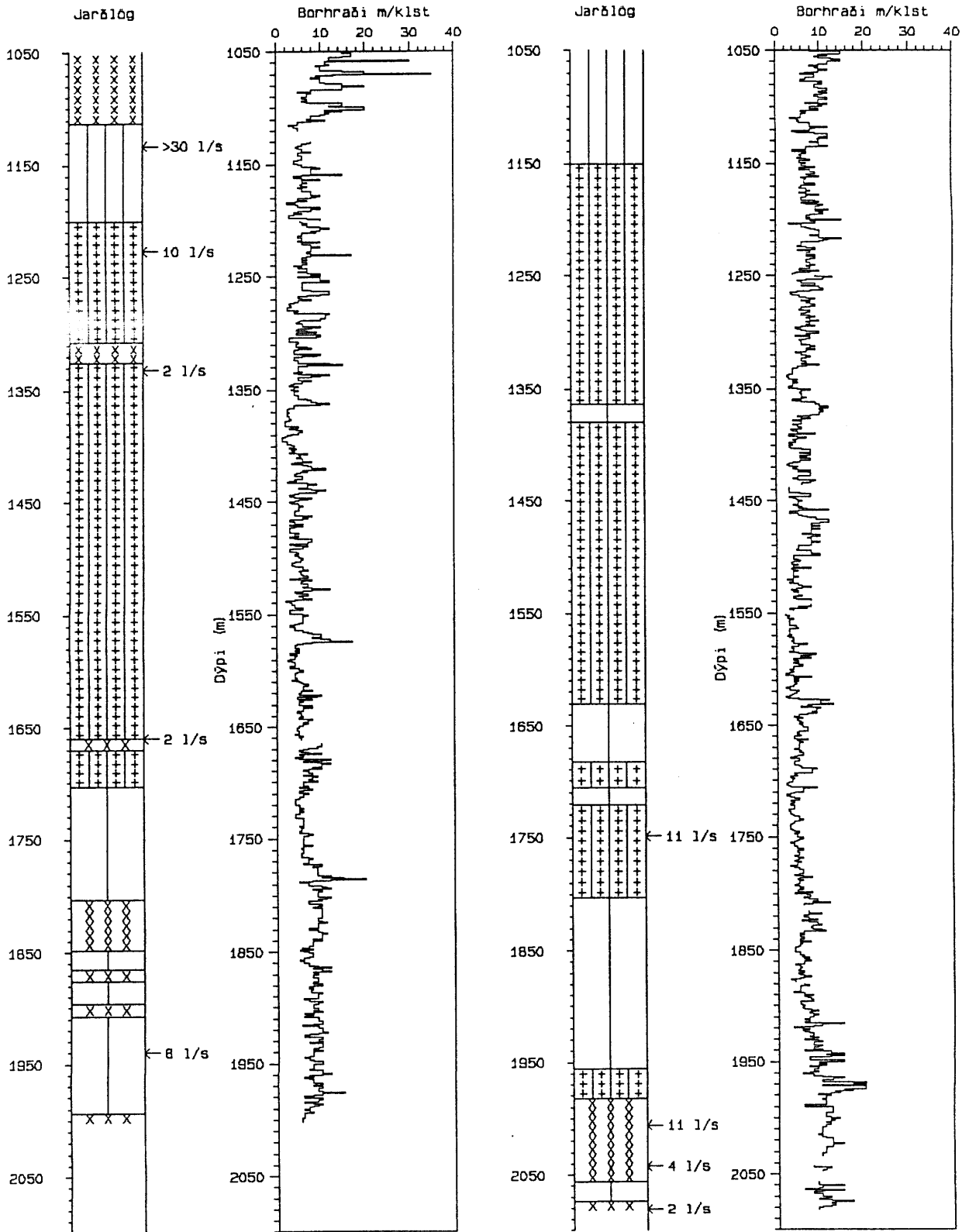


Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið á borsvæðinu við KG-25.

KRAFLA

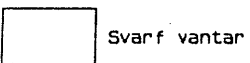
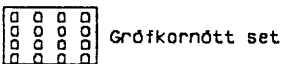
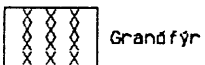
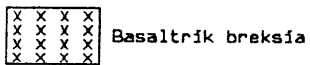
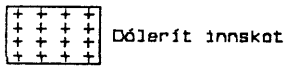
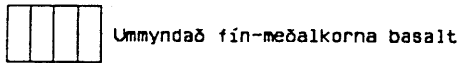
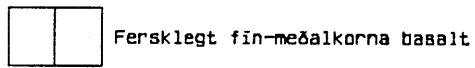
EINFALDAD JARFLAGASNIÐ

HOLA KG-4 HOLA KG-10



Mynd 2. Framh.

Skýringar við jarðlagasnið



VINNSLUHLUTINN verður boraður niður undir 2100 m dýpi. Holur KG-4 og KG-10 sýna að mestu leyti grófkristölluð basaltinnskot niður á 1600- 1700 m dýpi. Þar neðan við ber meira á fersklegum fín-meðalgrófkorna basaltinnskotum ásamt granófýrinnskotum, en mikill munur er á efnasamsetningu þessara berggerða. Markmið borunarinnar er að skera granófýrinnskotin, en í tengslum við þau komu vatnsæðarnar í holum KG-4 og KG-10. Erfitt er að meta legu innskotanna út frá fyrirbyggjandi gögnum. Vatnsæðarnar fylgja einhverskonar sprungum tengdum innskotunum og getur verið nauðsynlegt að bora í gegnum fleiri en eitt granófýrinnskot áður en tilætluðum árangri verður náð.

3. HÖNNUN HOLUNNAR - FÓÐRINGAR OG DÝPI

Holan er djúp vinnsluhola sem mun að öllum líkindum lenda í berghita sem er með því hæsta hér á landi. Hún er hönnuð með tilliti til fjölmargra atriða eins og t.d. fyrri reynslu af borunum í Kröflu, jarðfræðilegra aðstæðna, hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu, hugsanlegra afkasta, öryggiskrafna, efnis sem til er í Kröflu og einnig er tekið tillit til þeirra bortækja sem fyrirhugað er að nota til verksins. Sérstök greinargerð var samin um forsendur fyrir öryggiskröfum, einkum er vörðuðu goshættu í holu, og er hún birt í viðauka.

Nokkrar breytingar hafa verið gerðar á hönnun holunnar frá fyrri holum í Kröflu og verður þeirra helstu getið hér á eftir.

Fóðringar í holunni eru samskonar og áður hafa verið notaðar, en þær verða þó síðari, enda stefnt að því að fóðra "efra kerfið" af.

Holutoppurinn er hannaður fyrir meiri þrýsting en áður. Fram til þessa hafa holunnar verið með loka og flansa af ANSI 900 þrýstiklassa, en hún verður nú með ANSI 1500. Er þetta gert til að mæta hærri þrýstingi sem vænta má og einnig var þetta ákveðið með tilliti til reynslu af borholum í Kröflu, Bjarnarflagi og á Nesjavöllum sem varhugavert er að loka þar eð lokarnir eru aðeins af ANSI 900 gerð.

Hætt hefur verið við að nota þenslustykki sem er slíf ofaní holunni og í staðinn er millistykkið (þenslustykkið) sem þarf að vera milli fóðringarflans (12") og flans á aðaloka holunnar (10") haft 60 cm langt þannig að innri fóðringin geti gengið um hálfan meter upp. Þessi frágangur hefur verið á holum á Nesjavöllum síðan 1982.

Öryggisloki verður hafður við borun fyrir öryggisfóðringu, enda er hún dýpri en áður. Loki þessi var ekki til þegar borað var í Kröflu, en var keyptur til landsins fyrir boranir á Nesjavöllum árið 1985.

Rétt er að geta einnar endurbótar sem ekki verður hægt að nýta við þetta borverk, en það er að hafa holuna án djúps kjallara. Á Nesjavöllum var ákveðið að grynka borkjallarana og kaupa þess í stað stell undir borinn Jötunn til að hækka hann það mikið að öryggislokarnir kæmust eftir sem áður fyrir undir bornum. Á Nesjavöllum er aðeins þörf á 1 m djúpum kjallara í stað 3,8 m í Kröflu þar sem borað er með Gufubornum. Við þetta sparast tasverður kostnaður við kjallarasmið, frárennsli frá

kjallara verður ekki vandamál, vinna við holutoppsbúnda verður auðveldari og starfsmönnum stafar minni hættu af gasmengun.

Fóðringar og áætlað dýpi þeirra er sýnt á mynd 3.

4. LÝSING Á BORVERKINU

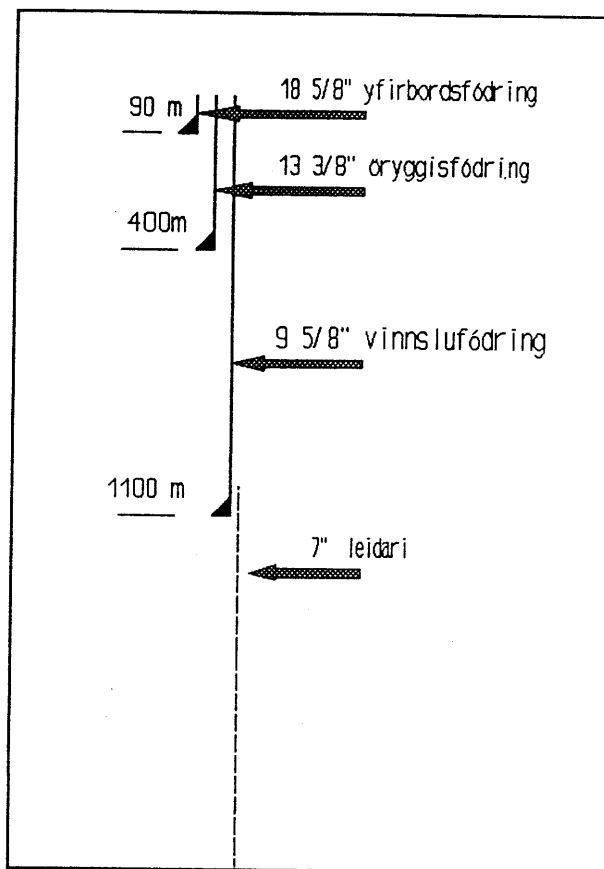
Verklýsingin nær ekki til lýsingar hvers verkþáttar, heldur er henni ætlað að lýsa hönnun holunnar og efnisvali og þeim atriðum sem Orkustofnun telur að geti stuðlað að öruggu og góðu verki.

Borverkið hófst um miðjan apríl með borun fyrir yfirborðsfóðringunni með höggbor. Orkustofnun gerði verklýsingu að verkinu og verður því ekki fjallað meira um það verk hér.

ÁFANGI 1 (90-400 m).

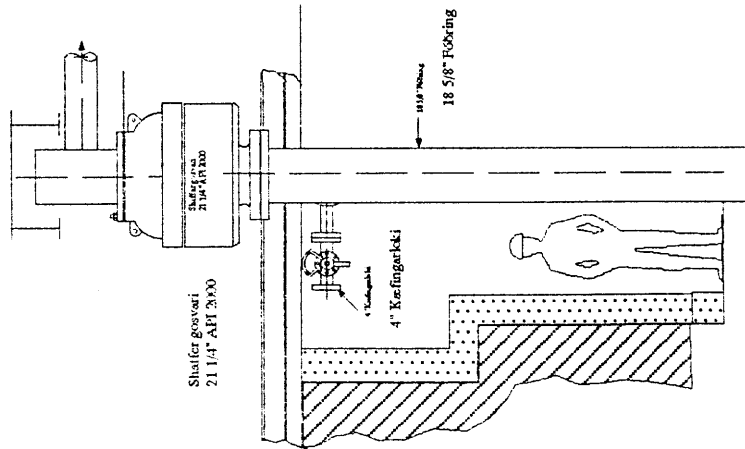
Verk Gufubors hefst með því að ganga frá höggborðsfóðringunni og síðan er borað fyrir öryggisfóðringunni. Verkinu má skipta í eftirfarandi áfanga (sjá einnig mynd 4):

- Yfirborðsfóðringin steyp, samkvæmt verklýsingu um höggborsholu.
- Holuflans er soðinn á yfirborðsfóðringuna, 0,3 m ofan við kjallarabrún og kæfingarstútur soðinn á fóðringuna. Hydril gosvari er síðan settur á holuna (mynd 5).
- Öryggisloki er reyndur með því að loka að stöng og síðan er þrýstiprófað áður en steypan er boruð út. Holan er fyllt af vatni og 10 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans er skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og lok þrýstiprófunar.
- Borað er með 17 1/2" krónu niður á ca. 400 m dýpi. Í borstreng skal hafa krónurýmara og eina stýringu milli annars og þriðja kolla. Einstefnuloki hafður við krónu.
- Borleðja verður notuð við borun þessa áfanga. Er það einkum til að tryggja góða skolun úr holunni og til að þétta minniháttar leka. Sjá sér kafla um skolvökva.
- Ákvörðun um lokadýpi er tekin af jarðfræðingi Orkustofnunar, þegar 400 m dýpi er náð. Holan verður hita- og víddarmæld mæld áður en fóðringin verður set niður.

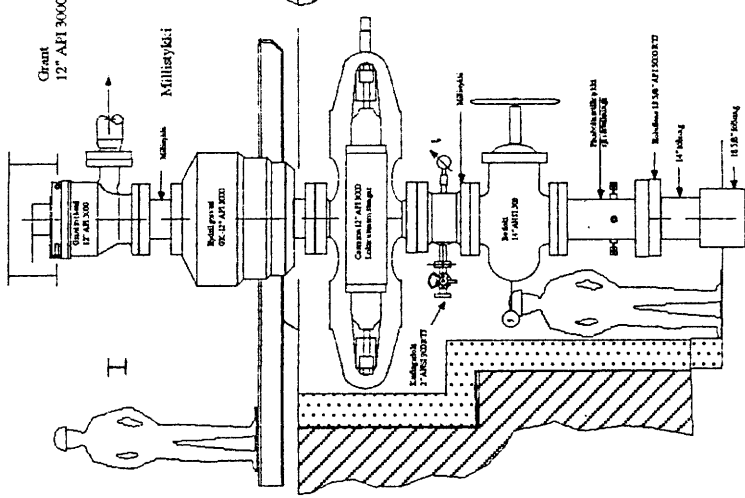


Mynd 3. Fóðringar og dýpi

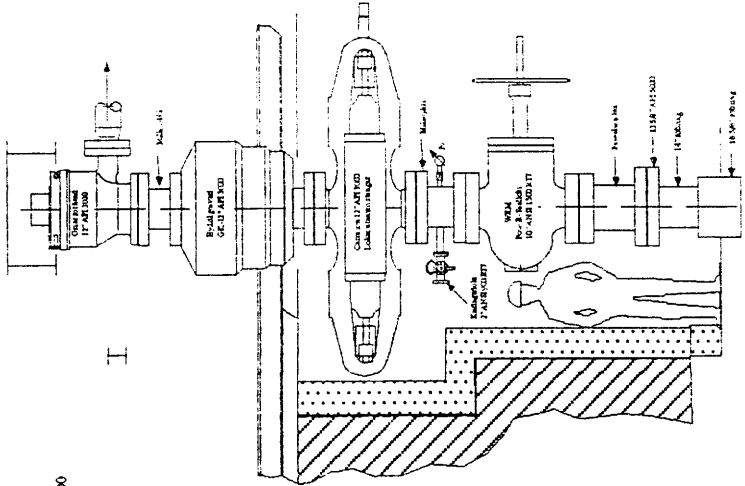
1. Áfangi: Borun með 17 1/2" krónu í allt að 400 m dýpi



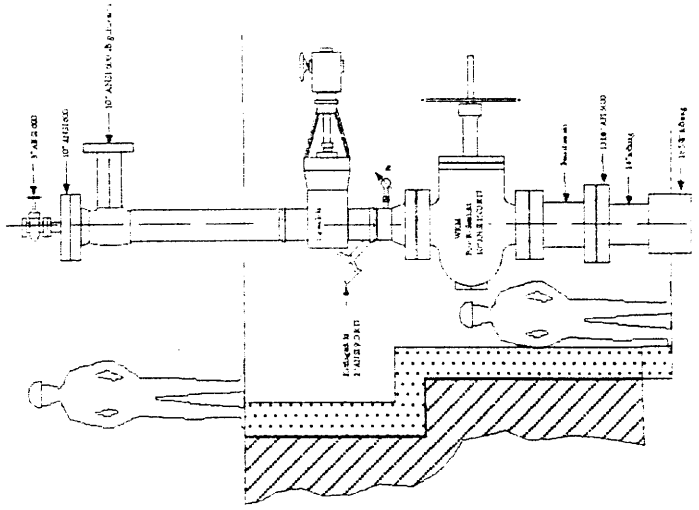
2. Áfangi: Borun með 12 1/4" krónu í allt að 1100 m dýpi



3. Áfangi: Borun með 8 1/2" krónu í allt að 2100 m dýpi



4. Holutoppur: Endanlegur holutoppur sjá sérteikningu



Ath.

Leggjia skal frá kæfingarlokum upp úr kjallara í stálfitt.d. líðalcíðs(lu) ANST 900, svarar til API 3000

Breytt frá teikningu: OS JHD-VT-8715-SLJ fyrir holutopp API 3000 yfir í holutopp API 5000

Bene hf

Bortækniráðgjöf

Verkfæðiráðgjöf

Sími 91-688452

Telefax 91-652103

Öryggisbúnaður Doifra á hálhúttasvæðunum

Afangi 1 til 4: Holutoppar

90-05-08 SBen

Útg. 2/05-15

Mynd 4

g. Fóðrað er með 13 3/8" fódurrörum og er botnskór með einstefnuloka hafður neðst ("float-shoe"), síðan tvö heil fódurrör og þá er svonefndur flotkollur ("float-collar") settur í (stykki með einstefnuloka og tengingu fyrir stengur til steypingar "inner string"). Efsta fódurrörið er efnismeira (e.þ. 20 mm) og skal því slakað niður í holuna með ásoðnu (eða skrúfuðu) fódurröri þannig að efri brún efnisrörsins nái um 1 m upp fyrir kjallarabotn (sjá nánar mynd 8).

Á fóðringuna eru settar grindur til miðjustillingar, tvær á neðsta rörið, og síðan ein á þriðja hvert rör, og loks tvær á efsta rörið. Endanlegt staðsetningarval miðjustilla tekur mið af niðurstöðum víddarmælinga, þannig að þeir lendi ekki við skápa í holunni. Þvínæst eru borstengurnar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla holuna fyrir steypingu og til að meta skoltap. Ef skoltap er meira en 5-10 l/s verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður með fóðringunni og holuvegg.

h. Steypt í holuna með tækjum borsins (sjá sér lýsingu í kafla 7). Ef sementið kemur ekki upp að utanverðu er steypugæðamælt og þá ákvörðun tekin um frekari aðgerðir. Þeim verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á staðnum. Mælingamenn Orkustofnunar skulu þó hafa sprengikúlur til staðar borverktakinn þakka eða lok fyrir holuna þannig að unnt sé að skjóta göt á fóðringuna og þrýsta sementi út, gerist þess þörf. Biðtími fyrir hörðun er um 8 klst. Áfanga 1 er þá lokið.

ÁFANGI 2 (400-1100 m)

a. Öryggislokinn tekinn af og öryggisfóðringin skorin í sundur um 60 cm frá gólfi kjallara. Endanlegur holuflans er soðinn á holuna, 12" x ANSI 1500 (sjá suðulýsingu).

b. Holutopps- og öryggislokabúnaði komið fyrir (sá mynd 6).

c. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út er öryggislokum lokað að stöng og þrýstiprófað. Holan er fyllt af vatni og 20 bar þrýstingur settur á og látinn standa í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stál liðaleiðsla skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins.

d. Sjálf holan er boruð með 12 1/4" borkrónu, krónurýmara og einni stýringu milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Skolvatn sem notað er við borunina þarf að vera um 40 l/s, og þarf vatnsveita fyrir borinn að hafa þá afkastagetu.

e. Holan er hallamæld á 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og fari hallinn yfir 3°, skal athuga aðgerðir til að rétta hann af.

f. Ákvörðun um lokadýpi vinnslufóðringar verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu jarðfræðings Orkustofnunar.

g. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.

h. Ef aðstæður leyfa er holan hita-, víddar- og jarðlagamæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

i. Mikilvægt er að vatn sé látið leka á holuna viðstöðulaust, þannig að hún nái ekki að hitna upp.

j. Holan er fóðruð með vinnslufóðringu 9 5/8". Botnskór með einstefnuloka er hafður á enda, og flotkoll milli annarrar og þriðju fóðringar. Fóðringuna þarf að fylla af vatni við ca. fimmta hvert rör sem sett er niður. Miðjustillar eru hafðir tveir á neðsta röri og síðan að jafnaði á þriðja hverju röri. Efsta rörið er miðjustillt með því að herða stillibolta sem eru á millistykki nr. 10 að 9 5/8" fóðringunni (sjá mynd 6).

k. Holan er kæld fyrir steypingu, eftir að borstrengurinn hefur verið tengdur flotkollanum.

l. Steypt er með tækjum borsins úr magni sem samsvarar tvöföldu rúmtaki bils milli holu og fóðurrörs, eða þar til steypa kemur upp. Komi steypan ekki upp utan með fóðringunni, verður að mæla steypugæði og koma steypu í ósteypta bilið. Aðgerðir verða ákveðnar á staðnum. Áfanga 2 er þá lokið.

ÁFANGI 3 (1100-2100 m)

a. Öryggislokar við áfanga 2 eru fjarlægðir og 9 5/8" fóðringin skorin í sundur um 10 cm ofan við fóðringarflansinn. Stýring fyrir vinnslufóðringuna klemmist milli holuflans og þenslustykkis. Þenslustykkinu er komið fyrir og skal hersla vera jöfn á boltunum og skal farið eftir upplýsingum um "Recommended 6BX flange bort torque" í Drilling Data Handbook (DDH) bls. 390. Borinn þarf því að hafa herslulykil (gír) sem getur gefið allt að 3800 fl-lb átak. Aðalloki holunnar, 10 " WKM Pow-R-Seal ANSI 1500, er settur á holuna, og er rauðmálaður flans lokans látinn snúa niður. Áríðandi er að hersla sé jöfn (sjá DDH bls. 390). Uppsetning holutopps og öryggisloka er eins og sýnd er fyrir áfanga 3 á mynd 7. Áður en steypan og steypustykkin eru boruð út er holan og öryggislokarnir þrýstiprófaðir við 40 bar þrýsting í 15 mínútur.

b. Holan er boruð með 8 1/2" krónu, krónustýringu og einni stýringu milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónu. Skolvatn sem notað er við borunina þarf að vera a.m.k. 25-30 l/s.

c. Holan er hallamæld á 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og fari hallinn yfir 3° skal athuga aðgerðir til að rétta hana af.

d. Borað er niður á allt að 2100 m dýpi, og gerir jarðfræðingur Orkustofnunar tillögu um lokadýpi holunnar í samráði við verkkaupa.

e. Holan er kæld og hitamæld, áður en upptekt á borstöngum hefst. Upptekt hefst ekki fyrir en gaumgæfilega hefur verið gengið úr skugga um að holan fari ekki í gos. Mikilvægt er að vatn leki stöðugt á holuna.

f. Mælingar eru gerðar í holunni (hiti, vídd, og jarðlagamæling) þegar borstrengurinn hefur verið tekinn upp.

g. Raufaður leiðari 7" er settur í holuna í lokin með fórdingarskó neðst. Miðað er við að leiðarinn sé hengdur um 20 m frá botni holunnar og að hengistykkið sé um 30 m upp í vinnslufóðringunni. Efst á leiðaranum er hengistykki með 7" buttress pinna og gripklossum fyrir 13 5/8" fóðringu. Þegar leiðarinn hefur verið settur, er sleppistykkið aftengt og tekið upp.

h. Áður en borinn er tekinn af holunni er holan þrepaðeld og er áætlað að það taki hálfan sólarhring.

5. ÖRYGGISKRÖFUR

Við borunina verður að viðhafa ítrustu varkárni. Kröfur um öryggisloka, styrk efnis o.fl. eru við það miðaðar að hættuástand myndist ekki þótt holan taki upp á því að gjósa. Þá skipta rétt viðbrögð boráhafnar höfuðmáli til að kæfa gosið, fyrst með því að loka öryggislökum og síðan ádæling vatns eða þungrar leðju. Orkustofnun mælist eindregið til að tvö hálfsdagsnámskeið verði haldin í Kröflu þar sem allri áhöfninni og þeim sem nærri borverkinu koma verður kynnt hvernig bregðast skuli við (fyrirlestrar og umræða fyrri daginn) og með æfingu þegar öryggisbúnaðurinn hefur verið settur á holuna fyrir áfanga 1 (þjálfun á bornum seinni daginn). Í viðauka er afrit af greinargerð þar sem lýst er "Mótun öryggiskrafna við borun holu KG-25 í Kröflu".

Áður en verkið hefst skal verktakinn leggja fram starfslýsingu hvers starfsmanns, hvað varðar störf sem hann skal vinna komi gos og hvernig honum beri að bregðast við.

6. SKOLVÖKVI

Vatn er notað til skolunar og mun verkkaupi leggja til vatnslögn að bornum og annast rekstur vatnsveitunnar. Verði algert skoltap þarf 30-40 l/s af vatni að staðaldri á borinn, því annars geta komið til tafir meðan vatni er safnað í karið.

Við borun 17 1/2" holunnar er gert ráð fyrir að borleðja verði notuð. Bentonit leir er blandaður í vatnið (um 5%) og er seigju leðjunnar haldið á bilinu 45-55 sek (trektartími). Leðjan er hreinsuð á hristisigti og í sandskiljum. Áætluð leðjunotkun er um 11 tonn af bentoniti, en það samsvarar þreföldu holu- og karfylli. Seigju leðjunnar skal skrá á borskýrslu reglulega á tveggja stunda fresti.

Ef gos verður í holunni, getur þurft að laga þunga borleðju. Er þá fyrst löguð venjuleg borleðja, en þar eð hún hefur aðeins eðlisþyngd um 1,05 þarf að bæta eðlisþyngu efnis í hana. Baríum súlfat (barít) er notað og þarf 500-600 kg af baríti í hvern rúmmetra leðju til að ná eðlisþyngdinni 1,4. Ákvörðun um notkun þungrar leðju verður aðeins tekin á staðnum og eðlisþyngdin ákvörðuð út frá þeim þrýstingi sem þarf að yfirvinna (sjá DDH bls. 273). Ein af hönnunarfosendum fyrir lengd fóðringa er að hægt sé að laga leðju með eðlisþyngu 1,4 til að kæfa gos í holunni. Til að fylla vinnslufóðringuna af þungri leðju þarf $(400 \text{ m} \times 39 \text{ l/m}) + (700 \text{ m} \times 36,6 \text{ l/m}) = 41220$ lítra eða um 20 tonn af baríti. Þetta lágmarksmagn þarf að vera til á borstað þannig að hægt sé að grípa til þess með stuttum fyrirvara.

7. STEYPING FÓÐRINGA

Fóðringarnar skal steypa með sementsefju. Sementið er protlandsement, auk kísilsalla, perlusteins og bentonits. Blöndunarhlutföllin eru eftirfarandi:

Portland semenet frá SR	100 kg
Kísilsalli (-325 mesh)	40 kg
Perlusteinn (Manville 4X/37)	2 kg
Bentonit	2 kg
Tafefni (eftir þörf)	0,5 kg

Framangreind efni eru sett á sementskúlur borsins í réttum hlutföllum og er síðan blásið milli tanka a.m.k. þrisvar sinnum (3) til að efnin nái að blandast. Verktakinn leggur til framangreind bætiefni í sementið og skal hann skila upplýsingum um þau með fóðringarskýrslu (steypuskýrslu).

Þegar steyp er skal eðlisþyngd efjunnar skráð á fimm mínútna fresti og henni haldið sem næst 1,60. Úr einu tonni af þurrefni fást þá um 940 l af sementsefju. Steypt skal þar til sement kemur upp utan með fóðringunni og skal a.m.k. tvöfalt sementsmagn (100 % umfram reiknað magn út frá rúmmali bils milli fóðringar og holu) vera til staðar þegar steypingin hefst.

Gróflega áætluð efnisþörf:

1. Steyping yfirborðsfóðringar 90 m, 26"x18 5/8", portland sement	26 tonn
2. Steyping öryggisfóðringar 400 m, 17 1/2"x13 3/8"	53 tonn
3. Steyping vinnslufóðringar 1100 m, 12 1/4"x9 5/8"	61 tonn

Steypingu verður stjórnað af verkfræðingi sem gefur frekari fyrirmæli á staðnum.

8. SUÐUVINNA

Eftirfarandi suðuvinna tengist borverkinu:

- Millistykki fyrir öryggislokana.
- Múffa með 13 3/8" buttress gengjum á eitt efnisrör, 14" rör sem er eftsta rörið í öryggisfóðringunni.
- Múffa fyrir framlengingu á 14" efnisrörið.
- Holutoppsflans á vinnslufóðringuna.

Hér er um vandasamar suður að ræða og er því algert skilyrði að suðumenn sem vinni verkin hafi gild hæfnisvottorð Iðntæknistofnunar fyrir málmsuðu, prófflokk E-R2-g og fyrir suðustöðu 2R og 5R. (E=rafsuða, R2=efnisflokkur stáls St 37.2-St 52.3, g=efnisþykkt >6mm, 2R og 5R rörasuða lóðrétt og lárétt). Suðumaður skal leggja fram afrit af vottorði og suðuferilslýsingu áður en verkið hefst.

Suðustykkið skal forhitað og soðið með rafsuðuvír OK 53.05 eða sambæilegum vír. Múffusuðan skal röntgenmyndast og standast gæðaflokkun 4 (DS/R 325).

Flest fóðurrör sem til eru í Kröflu má ekki sjóða (rör merkt með bláum, rauðum eða brúnum hring). Fóðringar úr efnisgæðum API J-55 eða K-55 má sjóða, en þau þekkjast á grænmáluðum hring (einum eða tveimur) á rörinu og á múffunni.

9. RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR

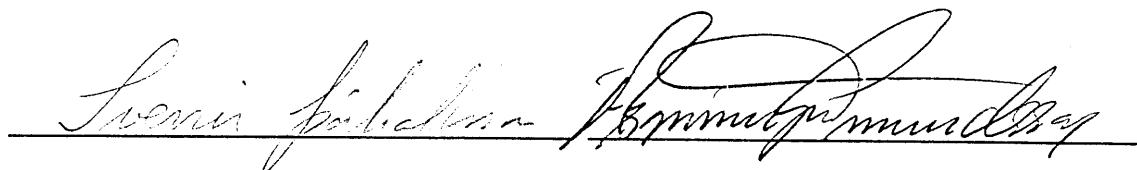
Mikilvægt er að halda reglubundinni skráningu á upplýsingum, sem fást meðan á borun stendur, og kemur það mikið til í hlut áhafnar borsins að sinna því. Veigamikið er að borskýrslur séu fylltar út samviskusamlega eins og þær gefa tilefni til eins og t.d. helstu upplýsingar um borstrenginn, þar með talið álag og snúningshraða krónu, seigju borleðju, gert grein fyrir töfum ef einhverjar eru, þrýstingur á dælum. Ennfremur að skrá á fjögurra tíma fresti eða oftár ef tilefni er til: skolvatnsbreytingar, þ.e. slög á dælu, skoltöp/aukningu, hita á skolvökva niður og upp og athugasemdir ef einhverjar eru.

Auk framangreindra atriða skal verktaki sjá um að skrá gang verksins á "Geograph" sírita (kjaftakerlingu) og afhenda staðarjarðfræðing afrit þess.

Svarfsýnum skal safna á tveggja metra fresti og setja í 100 ml plastdósir. Eftirfarandi merkingar þurfa að koma fram á hverri dós: staður, holunúmer, dýpi, dagsetning og tími.

Þegar vart verður við skoltap eða aðra vísbendingu um að vatnsæð hafi verið skorin, þá 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.



Sverrir Þórhallsson, yfirverkfr.

Ásgrímur Guðmundsson, verkefnisstjóri

SÉRTEIKNINGAR AF HOLUTOPPI

Bene hf
Bortækniráðgjöf
Verkfræðiráðgjöf
Sími 91-688452
Telefax 91- 652103

Öryggislokar Gufubors

1. Áfangi: Borun með 17 1/2" krónu.

90-03-21 SBen

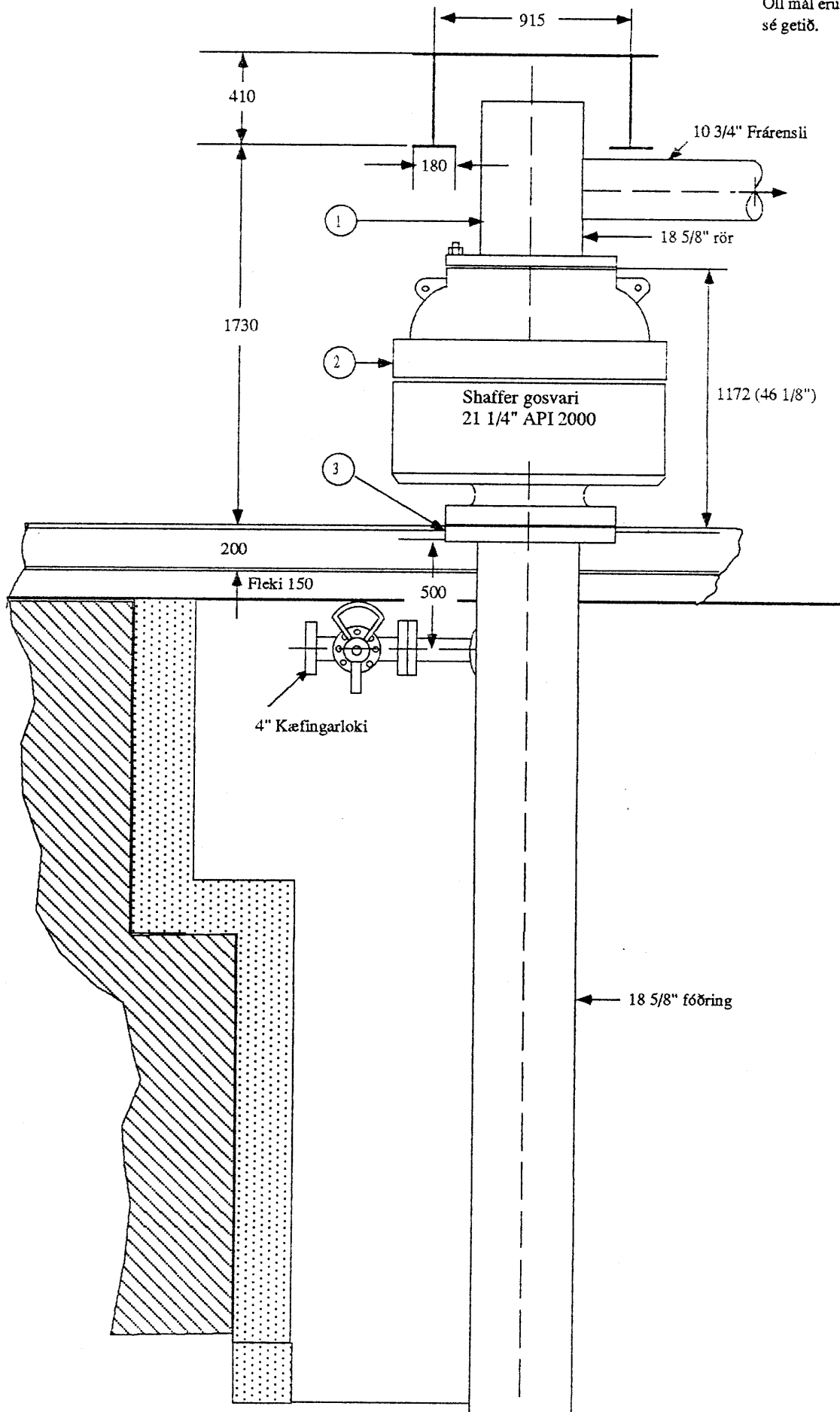
Útg. 2/ -03-24

Útg. 3/ -05-08

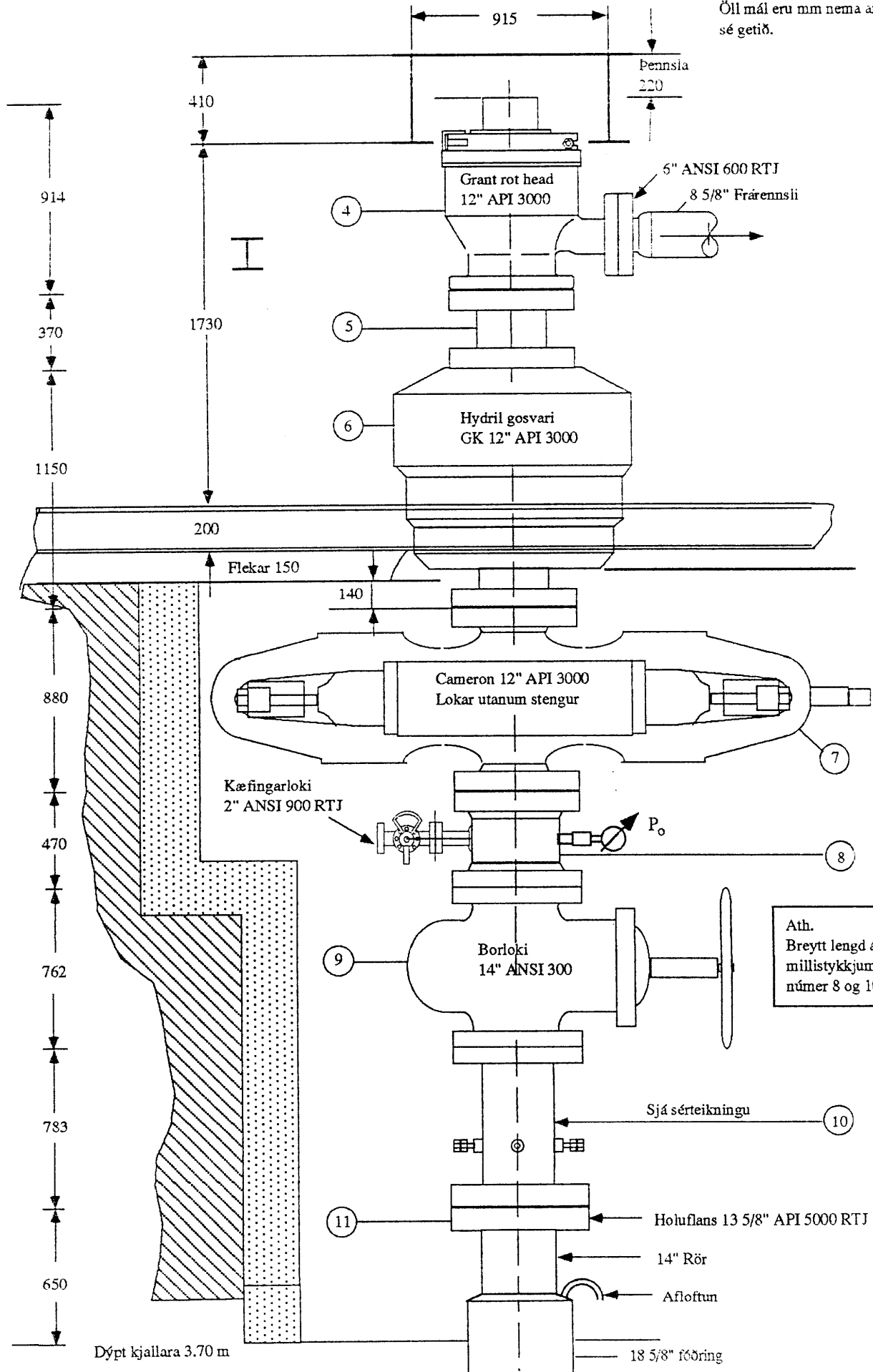
Mælikvarði 1:25

Mynd 5

Öll mál eru mm nema annars sé getið.



Öll mál eru mm nema annars sé getið.



Bene hf

Bortækniráðgjöf
Verkfræðiráðgjöf
Sími 91-688452
Telefax 91- 652103

Öryggislokar Gufubors

3. Áfangi: Borun með 8 1/2" krónu.

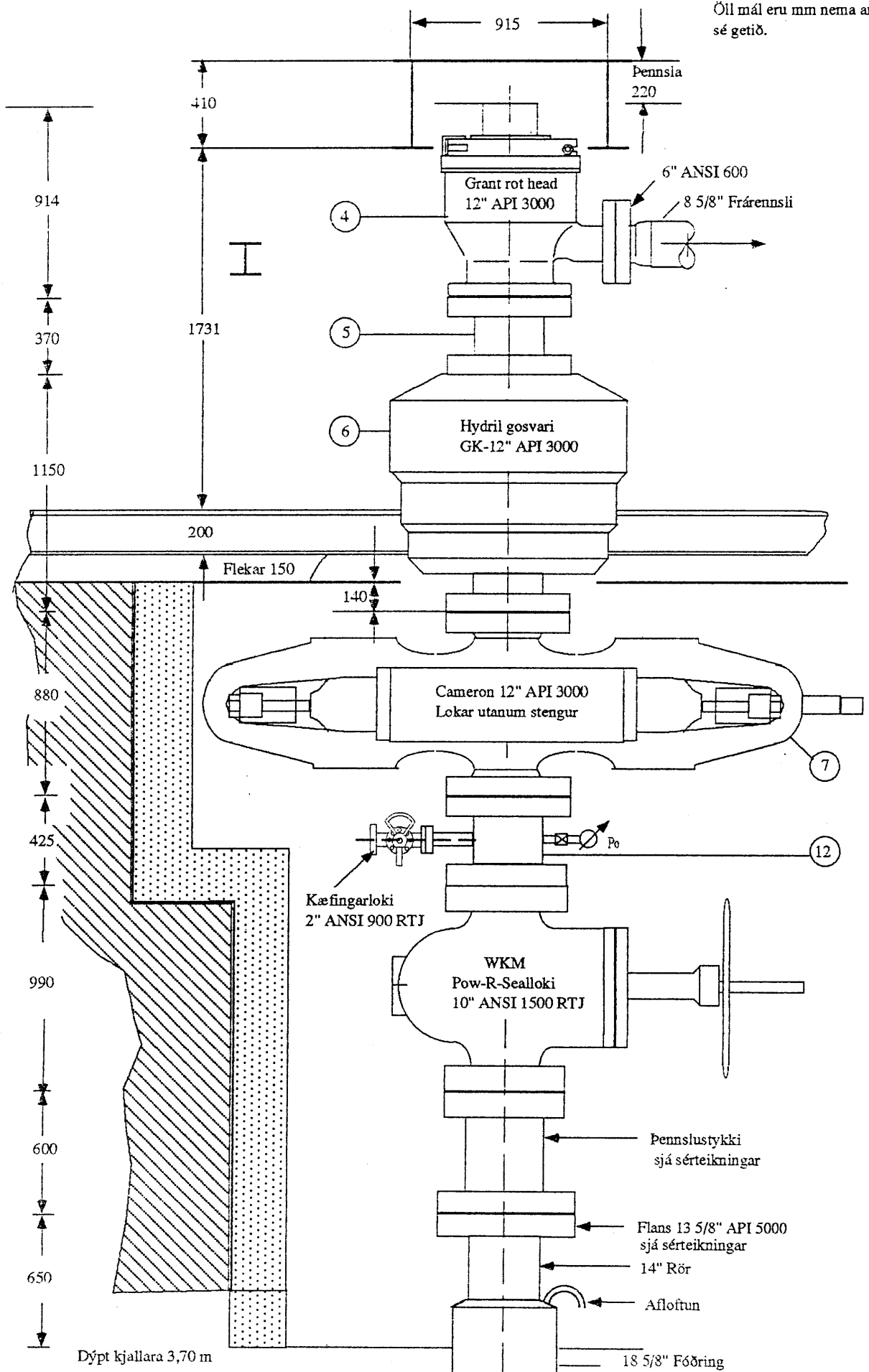
90-03-21 SBen

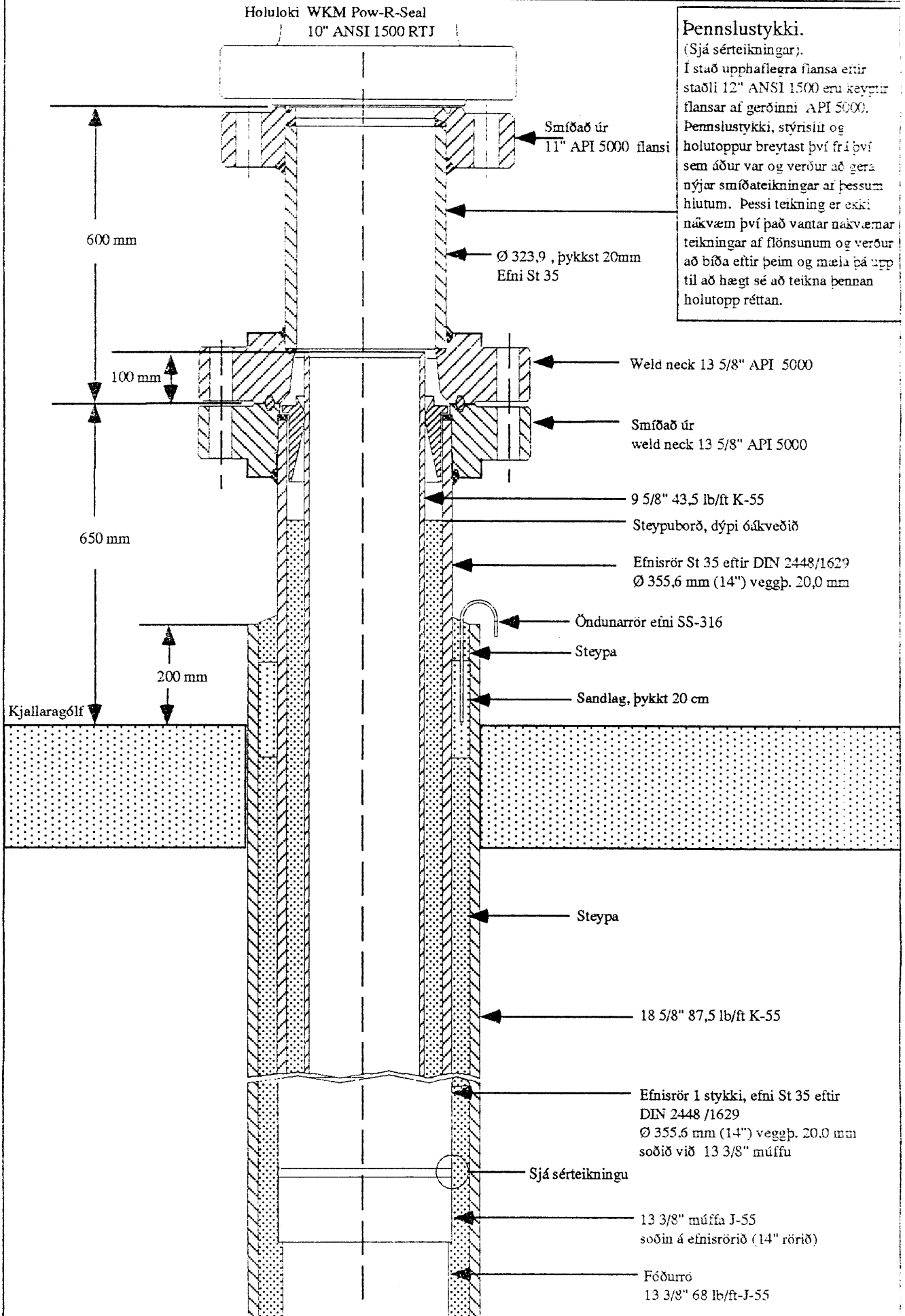
Útg. 2/ -03-24

Útg. 4/ -05-15

Mælikvarði 1:25

Mynd 7





Pennslustykki.
 (Sjá sérteikningar).
 Í stað upphaflegra flansa eftir
 staðli 12" ANSI 1500 eru keyptir
 flansar af gerðinni API 5000.
 Pennslustykki, stýrislit og
 holutoppur breytast því frá því
 sem áður var og verður að gera
 nýjar smíðateikningar af þessum
 hlutum. Þessi teikning er ekki
 nákvæm því það vantar nákvæmar
 teikningar af flönsunum og verður
 að bíða eftir þeim og mæla þá upp
 til að hægt sé að teikna þennan
 holutopp réttan.

EFNISLISTAR

ORKUSTOFNUN JHD
7. maí 1990
Sverrir

YFIRLIT YFIR MILLISTYKKI TIL BORUNAR Í KRÖFLU

Item Nr.	HEITI MILLISTYKKIS	Heildar- lengd (mm)	ANSI => API =>	14" 300	20" 600 21 1/4" 2M	12" 900 13 5/8" 3M	10" 1500 11" 5M	12" 1500 13 5/8" 5M
1	Frárennsli í kar				1, 50mm			
3	Fóðingarflangs 18 5/8"				1, 80mm			
5	Milli Grant og Hydril	370				2, 88mm		
8	Cameron til 14" loka	686		1, 58mm		1, 88mm		1, 113mm
10	M 14" loka og fóðringarfl.	567		1, 58mm				1, 113mm
11	Holutoppflangs					1, 88mm	1, 119mm	
12	Cameron til WKM loka	425					1, 119mm	
13	penslustykki	600					1, 119mm	1, 113mm
Samtals fjöldi:				2	2	4	2	3

Skýring á 1, 58mm:
1, = fjöldi flanga af viðkomandi stærð
58 mm = efnisþykkt í flang

VIĐAUKI



MÓTUN ÖRYGGISKRAFNA VIÐ BORUN HOLU KG-25 Í KRÖFLU

I. FORSENDUR FÓRÐUNARDÝPIS

Við hönnun háhitahola eru það einkum tvær meginforsendur sem ráða dýpi fóðringa:

JARÐFRÆÐILEGAR forsendur ráða mestu um hönnun holunnar. Þá er ákveðið hve djúpt skuli borað og af hvaða dýptarbili vinnslan skuli eiga sér stað (opni hluti holunnar).

ÖRYGGIS forsendum þarf að fullnægja með því að setja nokkrar fóðringar í holuna, þannig að ávalt sé tryggt að síðasta fóðringin geti tekið á sig allan þann þrýsting sem vænta má í borun næsta áfanga. Þessu er yfirleitt náð með því að setja þrjár fóðringar í háhitaholur:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Yfirborðsfóðringu | frá 0 til 15m/100 m |
| 2. Öryggisfóðringu | frá 0 til 200m/600 m |
| 3. Vinnslufóðringu | frá 0 til 600m/1200 m |

Fóðringar þessar eru settar að lokinni borun hvers áfanga og eru steyptar fastar.

Forsendur fyrir hámarksþrýstingi við fóðurrörsendann sem getur orðið við skyndigos í borun byggjast á útreikningum á þrýstingi í holunni í rennsli (neðjarðargos). Lengd fóðringarinnar þarf síðan að vera næg til að unnt sé að ná sama, eða hærri þrýstingi með því að setja þunga leðju í fóðringuna. Dæmi um neðanjarðargos er hola KG-4 í Kröflu, "Sjálfskaparvíti", sem ekki varð hamin þar eð vinnslufóðringin var of stutt. Við mótun krafna við borun holu KJ-25 er aðallega tekið mið af mælingum sem gerðar voru í holu KG-4 í gosinu, enda er það sú hola sem er næst fyrirhuguðum borstað fyrir holu KG-25.

Í eftirfarandi töflu eru birtar niðurstöður um lágmarks lengd fóðringa út frá tveimur leiðum "Varfærnisforsendum", og "Líklegum forsendum". Mynd 1. sýnir megin muninn í þessum forsendum, en þær eiga fyrst og fremst við hvaða hitaástand öryggiskröfurnar skulu miðast.

Varfærnisforsendur miðast við eftirfarandi:

a) Hámarkshitastig, miðað við suðumark á hverju dýpi (suðumarksferil). Í þessu tilfelli er ekki tekið tillit til áhrifa vegna hlutþrýstings gastegunda á lækkun hitastigsins. Áætlað er að hlutþrýstingur gasa geti mest orðið 10-20 bar í holunni.

b) Þrýstingur miðast við grunnvatnsborð á 110 m dýpi.

c) Æð komi inn í botni og streymi upp holuna og út rétt neðan við fóðringu (sbr. KG-4). Miðað er við að ekkert þrýstifall verði við innrennsli í holuna frá jarðhita-kerfinu.

d) Þrýstifall í holunni vegna eðlisþyngdar og þrýstifalls er gefið 15 bar á 1000 m (sbr. mælingu í KG-4). Einnig var þrýstingur við fóðurrörsendann reiknaður með tölvulíkani. Gaf það nokkru lægri þrýsting, en í varfærnisforsendum er þó miðað við mælinguna þ.e. 15 o/oo þrýstifall.

Líklegar forsendur miða við að á þessum stað sé "efra" og "neðra" kerfi á því hitastigi sem mælst hefur í Kröflu (mynd 1). Að öðru leiti eru forsendurnar þær sömu (b, c, d).

Þegar hámarksþrýstingur hefur verið ákvarðaður er það einkum tvennt sem ákvarðar minnsta dýpi fóðringanna. Annars vegar þarf jarðvegsþrýstingurinn að vera nægur (miðað við eðlisþyngd jarðlaga um 2,3) til að þrýstingurinn sprengi ekki ofan af sér ofanálíggjandi jarðlög, líkt og gerðist við holu KG-3. Hins vegar þarf borleðja með þyngdarefnum að geta upphafið mestan mögulegan þrýsting við fóðurrörsendann (til að kæfa óvænt gos í holunni). Miðað er við barít bætta borleðju með eðlisþyngd 1,4 í holuna, en til þess að útbúa leðjuna þarf að bæta um 500 kg af baríti í hvern rúmmetir.. Æskilegt er að ná nægum þrýstingi með vatni (eðlisþyngd 1), einkum þegar verið er að setja leiðarann í holuna í verklok..

II. ÁHRIF MISMUNANDI FORSENDNA Á DÝPI FÓÐRINGA

Hola KG-25 er hönnuð sem 2100 m djúp háhitahola sem skuli fóðruð niður á allt að 1100 m dýpi, og hafi grunnvatnsborð á 110 m dýpi. Í eftirfarandi töflu er sýnt hvaða áhrif mismunandi forsendur fyrir þrýsting hafa á minnst leyfilegt dýpi fóðringa. Mynd 2 sýnir jafnvægisþrýsting í svæðinu miðað við báðar forsendurnar og einnig er sýnd þrýstidreifing í boruholum vegna millirennslis í gosi. Skurðarpúntur þrýstiferils í holu og fyrir þunga leðju sýnir því minnstu lengd fóðringa fyrir hvern áfanga.

	Varfærnis- forsendur	Líklegar forsendur
--	-------------------------	-----------------------

BORUN Í ALLT AÐ 2100 m DÝPI

Hitastig (°C)	340°	340°
Suðuprýstingur (bar a)	150 bar a	150 bar a
Þrýstifallsforsaenda (bar/1000 m)	15	15
Hönnunarfos.: þrýst á 1100 m	119 bar	119 bar
Minnst dýpi vinnslufóðringar miðað við jarðl. 2,3 g/cm ³	520 m	520 m

Minnst dýpi vinnslufóðringar borleðja 1,4 g/cm ³	854 m	854 m
Minnst dýpi vinnslufóðringar miðað við kæfingu með vatni	1200 m	1200 m

BORUN Í ALLT AÐ 1100 m DÝPI (fyrir vinnslufóðringu)

Hitastig (°C)	300°	220°
Suðuþrýstingur (bar a)	85 bar a	23 bar a
Þrýstifallsforsenda (bar/1000m)	15	15
Hönnunarforsenda: Þrýst á 400 m	69 bar	6,5 bar

Minnst dýpi öryggisfóðringar miðað við jarðl. 2,3 g/cm ³	300 m
--	-------

Minnst dýpi öryggisfóðringar borleðja 1,4 g/cm ³	494 m
--	-------

Minnst dýpi öryggisfóðringar miðað við kæfingu með vatni	694 m
---	-------

BORUN Í ALLT AÐ 400 m DÝPI (fyrir öryggisfóðringu)

Hitastig (°C)	220°	190°
Suðuþrýstingur (bar a)	19 bar a	12 bar a
Hönnunarforsend: Þrýst. á 80 m	13 bar	6 bar

Minnst dýpi yfirborðsfóðringar miðað við jarðl. 2,3 g/cm ³	56 m
--	------

Minnst dýpi yfirborðsfóðringar borleðja 1,4 g/cm ³	93 m	43 m
--	------	------

Minnst dýpi yfirborðsfóðringar miðað við kæfingu með vatni	190 m	60 m
---	-------	------

III. ÁKVÖRÐUN FÓÐRUNARDÝPIS

VINNSLUFÓÐRING: Forsendur fyrir öryggiskröfum við borun niður á 2100 m dýpi eru þær sömu hvort heldur er um varfærinis- eða líklegar forsendur er að ræða. Reynsla af því að fást við óvænt gos ("blow-out") úr holum sem voru svipaðar að dýpt (Krafla KG-4, Sjálfskaparvíti og NJ-11 á Nesjavöllum) sýndu að þrýstingur gat orðið 100-120 bar við fóðurrösendann í gosi. Þetta eru í samræmi við forsendur hér að ofan.

Miklu skiptir að unnt sé að halda holunni frá því að fara í gos með ádælingu af vatni (ekki þungri leðju) á meðan verið er að setja raufaðan leiðarann í holuna í verklok (1100-2100 m). Því er ákjósanlegt að vinnslufóðringin verði um 1000 m að lengd eða líðlega það, þó svo að reiknað lágmarkslengd vinnslufóðringarinnar sé minna (854 m). Dýpi vinnslufóðringar umfram 854 m ákvarðaðast þó af jarðfræðilegum forsendum og verður ákvörðuð nákvæmlega á borstað. Þetta krefst þess aftur að hinar fóðringarnar sem lýst er hér að neðan þurfa einnig að vera lengri.

ÖRYGGISFÓÐRING: Til að unnt sé að bora niður á 1000-1100 m dýpi þarf öryggisfóðringin að ná niður á a.m.k. 400 m dýpi, þ.e tekið mið af varfærinismatinu. Til að gæta sem mest öryggis er æskilegt að fóðringin endi áður en í neðra kerfið er komið. Verður það m.a. gert með því að fylgjast með ummyndun á umræddu dýptarbili (kalsít hverfur m.a. þegar komið er á suðumarksferil) og stöðva borunina í tíma. Lagt er til að holan verði fóðruð með öryggisfóðringu í 400-450 m dýpi. Til að fullt öryggi sé tryggt þarf borinn þá að hafa barít þyngdarefni til að laga borleðju með eðlisþyngd 1,7, en efnisnotkunin er þá um 1000 kg í hvern rúmmetra af leðju. til að gæta öryggis við borun niður á 1100 m dýpi.

YFIRBORÐSFÓÐRINGIN þarf að vera 70-80 m að lengd til að mæta goshættu við borun fyrir öryggisfóðringunni.

IV. ÖRYGGISLOKAR VIÐ BORUN

Til þess að loka holunni meðan borstengur eru í holunni eru svonefndir öryggislokar "blow-out preventers" og eru þeir af fjórum gerðum. Hjálögð skýringarmynd sýnir hvernig þeim er komið fyrir á holunni og val þeirra við hvern áfanga.

1. **BELGGOSVARAR** loka að borstöngum, álagsstöngum og fóðringum. Er þá gúmmipétting þrýst saman og lokar hún þá holunni. Hitapol þessara loka er takmarkað. Gert er ráð fyrir að belggosvarar verði hafðir á holunni við borun allra áfanga holunnar.

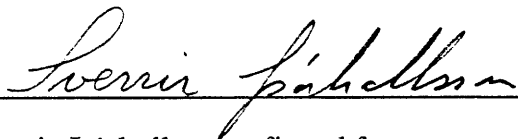
2. **ÖRYGGISLOKI SEM LOKAR AÐ STÖNGUM** er með stáltungu og gúmmipéttingu. Lokinn getur aðeins þétt við borstengur og takmarkar það notkunarvið hans. Loki af þessari gerð er notaður við áfanga 2 og 3.

3. **PAKKDÓS** er höfð efst á öryggisventlunum til að beina því sem úr holunni kemur út um hliðarstút og vernda þar með starfsmenn borsins gegn gufugosi. Í pakkdósinni er gúmmipétting sem snýst með stöngunum. Ekki er hægt að nota lokann til að stöðva streymi úr holunni.

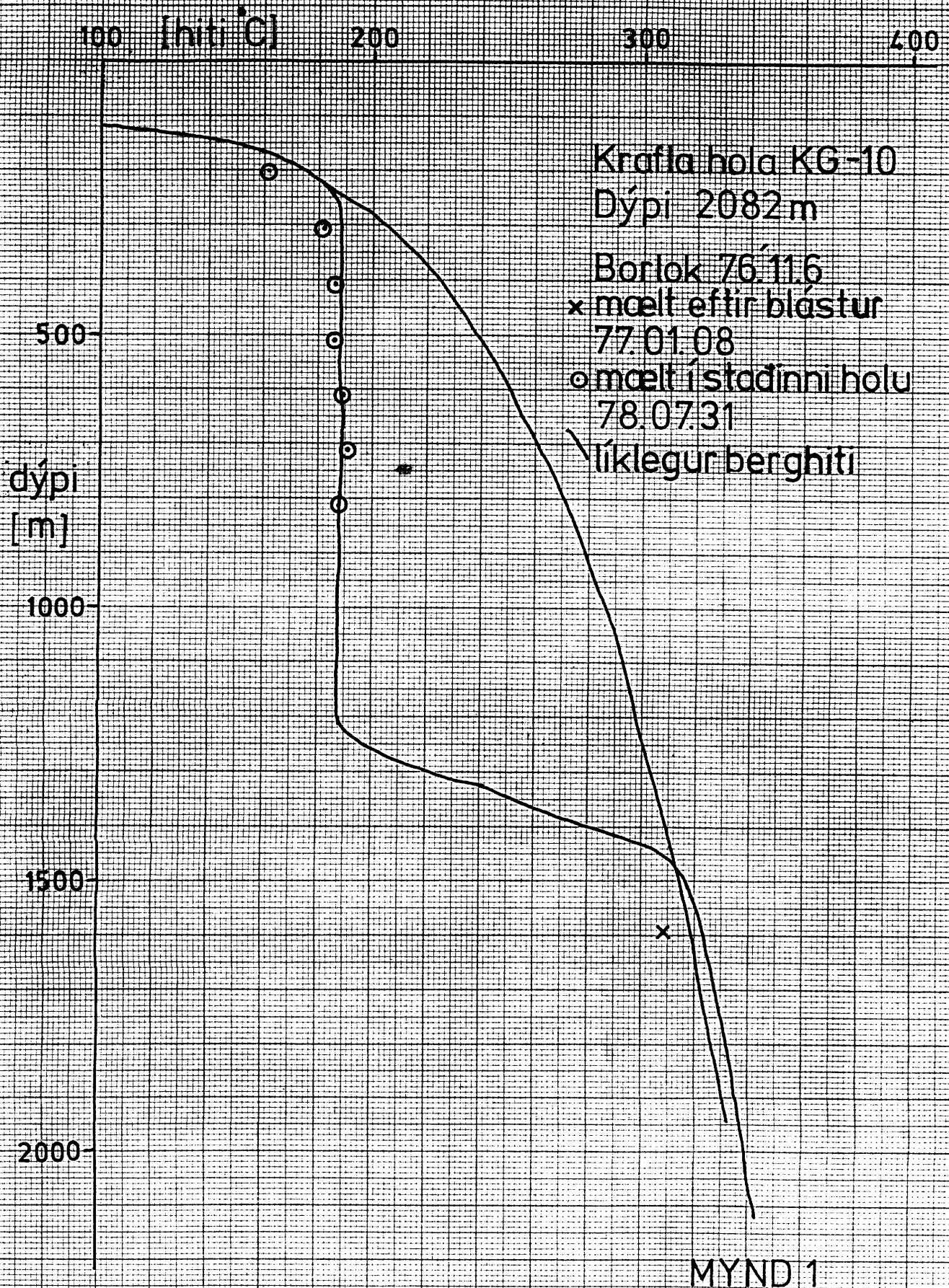
4. **HOLULOKAR** sem geta fulllokað þegar tæki eru ekki í holunni verða hafðir í áfanga 2 og 3 og er endanlegur aðal Loki holunnar reyndar hafður á henni við áfanga 3.

5. **KÆFINGARLOKAR** eru hafðir til að hægt sé að dæla vatni eða þungri leðju í holuna eftir að öryggislokum hefur verið lokað til að "kæfa" holuna. Dæla borsins er fasttengd kæfingarlokunum (2") um stál líðaleiðslu.

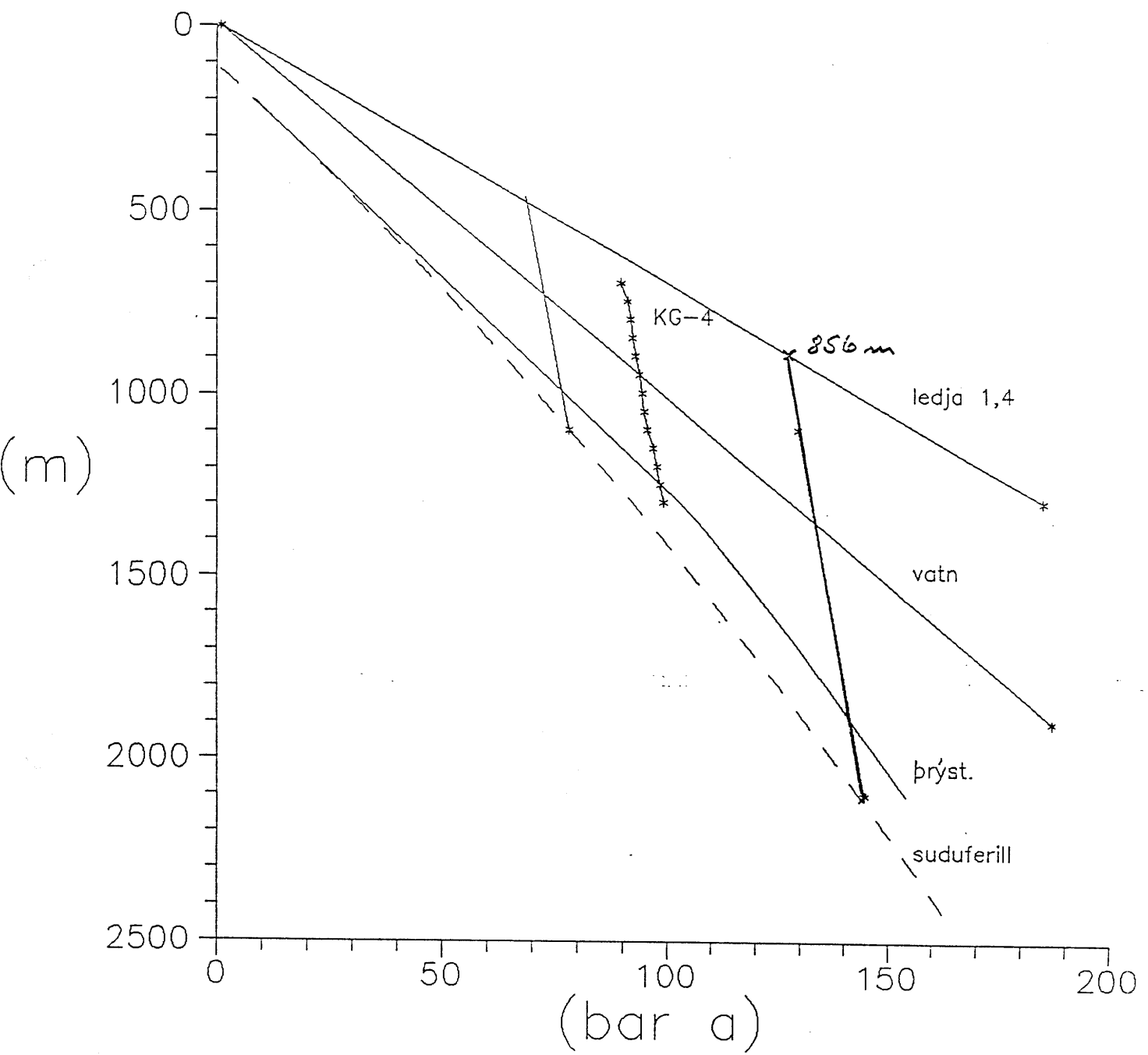
Á mynd 3 má sjá hvernig öryggislokunum er komið fyrir og ástæðu þess að grafa verður djúpan borkjallara við holuna. Dýpi borkjallarans er 3,2 - 3,7 m eftir því hvernig gengið verður frá þenslustykki á holutoppi. Borkjallarar af þessu tagi eru óheppilegir og hafa þeir ekki verið notaðir við boranir á háhitasvæðum s.l. fimm ár því hærri undirstaða var keypt við borinn Jötunn til að 1 m djúpur kjallari nægði. Við frekari boranir í Kröflu ætti að athuga þann möguleika gaumgæfilega.



Sverrir Þórhallsson, yfirverkfr.

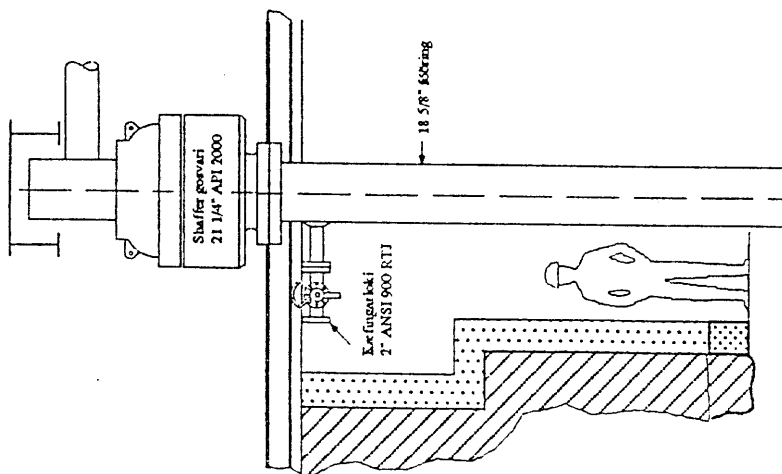
KRAFLA
BERGHITI

MYND 1

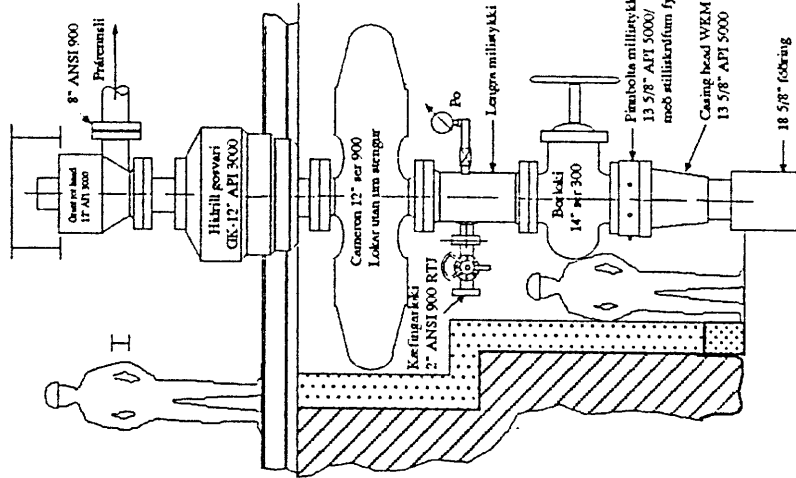


MYND 2

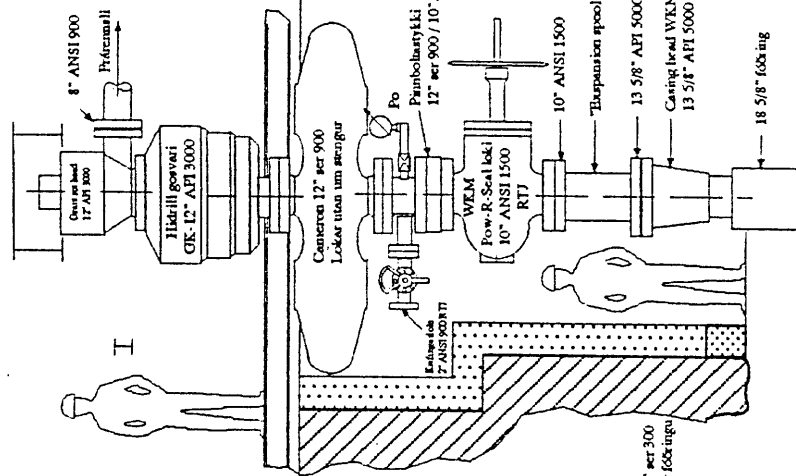
1. Áfangi: Borun með 17 1/2" krónu
í allt að 400 m dýpi



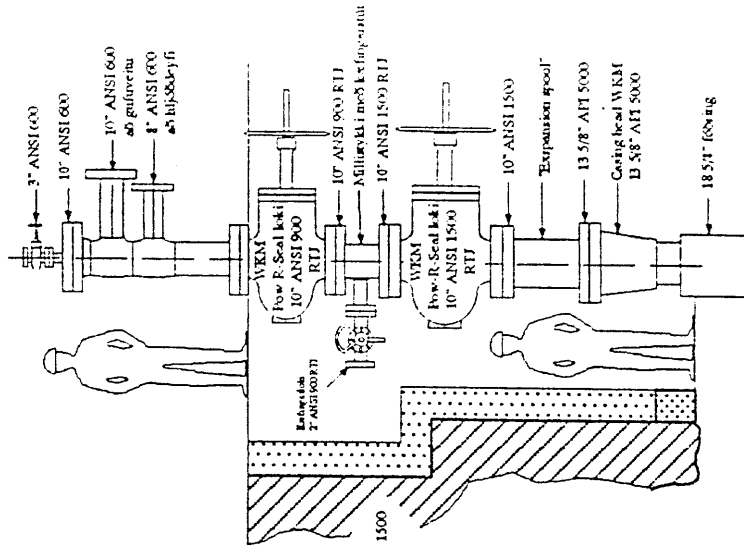
2. Áfangi: Borun með 12 1/4" krónu
í allt að 1100 m dýpi



3. Áfangi: Borun með 8 1/2" krónu
í allt að 2100 m dýpi



4. Holutoppur: Endanlegur holutoppur
sjá sérteikningar



Atth.

Leggja skal frá kæfingarlokum upp úr kjallara í stálfít (d. lífaleiðslu) ANSI 900, svarar til API 3000

Samanburðartafla fyrir brýstiklassa

Metric designation	ANSI B16.5	API 6A	API (eldra)
PN 50	Class 400	2000	ser 600
PN 100	Class 600	3000	ser 900
PN 150	Class 900	5000	ser 1500
PN 250	Class 1500		

Breyting frá T1 er:

Dýpri kjallarvegna stærri holuloka og holutoppis
Holufilans "Casing head" er 13 5/8" API 5000 í stað API 3000
Pinnslustykki "Expansion spool" er API 5000 og ANSI 1500
í stað API 3000 og ANSI 900
Holuloki er WKM ANSI 1500 í stað WKM ANSI 900

Öryggisbúnaður Dofra
á háhitasvæði

Breytt frá teikningu:
OS JHD-VT-8715-SLJ
T2. 03-30-90 SBen

MYND3.