

Hugmyndir um hönnun lágprýstiholu í Kröflu

Grímur Björnsson

Greinargerð GrB-88-05

HUGMYNDR UM HÖNNUN LÁGPRÝSTIHOLU Í KRÖFLU

1. Inngangur

Í þessari greinargerð er lýst hugmyndum undirritaðs um hönnunarforsendur og hönnun lágprýstiholu í Kröflu. Markmiðið er að boruð verði hola í efri hluta Kröflukerfisins, sem skilað getur sem mestu flæði, án hættu á útfellingum neðan vinnslufóðringar. Tekið skal fram að hugmyndir þessar snúast eingöngu um áhrif holunnar og toppskilyrða á rennslíð, en ekki að sjálfum jarðhitageyminum eða æðum hans. Við athugunina er notað nýlegt reikniforrit höfundar, sem hermír stöðugt, ein- eða tvífasa rennslí í lóðréttum borholum (Grímur Björnsson, 1987, Grímur Björnsson og Guðmundur Böðvarsson, 1987).

2. Forsendur reikninga

Þær stærðir sem ráða flæðisástandi í ein- eða tvífasa rennslí í borholum eru fyrst og fremst þrýstingur, vermi, heildarflæði, vídd holu og hrjúfleiki holuveggja. Aðrir þættir eins og varmaskipti við umhverfið og uppleyst efni í vökvunum geta einnig skipt máli, en hér er gert ráð fyrir að slík áhrif séu óveruleg og er þeim sleppt í reikningum. Þá er aðeins gert ráð fyrir einni æð á holubotni. Að þessum forsendum gefnum, auk þekktra inntaks/úttaksstærða rennslisins við annan enda pípunnar (hér á holutoppi), má með hermireikningum áætla rennslisaðstæður í holu frá einu dýpi til annars með nokkurri vissu.

Nú eru eiginleikar vökvans í efra Kröflukerfinu vel þekktir, þ.e. hreinn vatnsfasi með vermi kringum 900 kJ/kg (210 °C) og lítið af gasi og uppleystum efnum (Ásgrímur Guðmundsson, munnl. uppl.). Hríufleika holuveggjanna má áætla út frá handbókum

um stál sem 0.05 mm. Þeir þættir sem þá standa eftir til mats á rennslisástandi hinnar hugsanlegu holu eru:

1. Toppþrýstingur
2. Heildarflæði
3. Þvermál holu

Viðfangsefni þessara greinargerðar er síðan að breyta þvermáli hugsanlegrar holu á kerfisbundinn hátt, með það að markmiði að fá sem hæstan toppþrýsting og mikið flæði, án hættu á útfellingum neðan vinnslufóðringar.

3. Ástand holu við fastan toppþrýsting

Myndir 1 og 2 sýna reiknaðan botnþrýsting og dýpi á suðuborð í 1000 m djúpri holu sem rekin er við fastan 5 bar-a toppþrýsting og heildarvermi upp á 900 kJ/kg. Ástand holu var reiknað við holuradíana 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 og 20 cm, og var vídd holunnar óbreytt með dýpi í hverju tilviki. Þá var flæðið aukið úr 10 kg/s í 80 kg/s með 10 kg/s bili. Alls voru því athuguð 64 mismunandi hönnunar- og rekstrartilvik fyrir holuna.

Þegar meta á hagstæðustu hönnun holu, er réttast að hugsa þá holuna besta sem veldur lægstum botnþrýsting í blæstri (þ.e. hæstu þrýstifalli milli holu og geymis). Ef myndir 1 og 2 eru skoðaðar sést að slík hagkvæmni næst með sem stærstum holuradíus og sem minnstu flæði. Þó kemur að því við lítið flæði (10-20 kg/s) að ekki borgar sig að auka holuvíddina. Við þessar aðstæður eru núningstöp orðin óveruleg og þrýstingur ræðst af eðlisþunga nær kyrrstæðrar vökvásúlu af 900 kJ/kg heildarvermi. Einnig sést af myndunum að dýpi á suðuborð og botn-

þrýstingur eru nátengd, þ.e. því dýpra á suðuborð, því lægri botnþrýstingur.

Fróðlegt er að bera saman botnskilyrði þeirra tveggja holugerða sem mest eru notaðar hérlendis. Af mynd 1 má sjá að við hola ($13\frac{3}{8}$ " vinnslufóðring $\approx 0,16$ m innanráðius) veldur að jafnaði um 30 bara lægri botnþrýstingi en þær holur sem boraðar eru í Kröflu í dag ($9\frac{5}{8}$ " vinnslufóðring $\approx 0,11$ m innanráðius). Er þá miðað við sama flæði á toppi. Augljóst er að slík aukning í vídd mun skila sér í auknu flæði, ef gert er ráð fyrir að botnæðin sé mjög gjöful.

Í neðra, vinstra horni myndar 1 er skyggt svæði þar sem reiknaðist hætta á hljóðhraða á holutoppi. Nokkuð frumstæðar aðferðir eru notaðar við mat þetta og gæti skyggða svæðið verið stærra en sýnt er á myndinni. Innan þessa svæðis finnst engin flæðislausn fyrir holuna.

4. Holuhönnun með tilliti til útfellingarhættu

Töluverð útfellingavandamál fylgja holum sem vinna úr efra kerfinu í Kröflu. Þessar útfellingar myndast rétt ofan við suðuborð (þegar kalsít fellur út vegna breytinga á sýrustigi). Því verður að gera ráð fyrir reglulegum hreinsunum á holunum. Skilyrði fyrir að slíkar hreinsanir heppnist er að útfellingar myndist aðeins í vinnslufóðringunni. Það jafngildir kröfu um að holan megi ekki sjóða niður fyrir vinnslufóðringu.

Ef mynd 2 er skoðuð, sést að aukning innanmáls vinnslufóðringar úr 0,11 m í 0,16 m mun lækka suðuborð um 200-300 m og þar með færa það langt niður í leiðara. Slíkt er mjög óæskilegt út frá rekstrarsjónarmiðum. Virðist því lítill arður af víkkun holunnar ef gert er ráð fyrir að hún sé rekin með 5 bar-a toppþrýstingi. Hinsvegar er líklegt að slík víkkun lengi tímann milli hreinsana. Mat á hagkvæmni þess er utan við umfjöllun þessarar greinargerðar.

Næst er að athuga hvort ekki megi minnka dýpi á suðuborð með breytingum á topp-

þrýstingi. Gerðar voru myndir, hliðstæðar mynd 2, fyrir 3, 4, 6, 7, 8 og 9 bar-a toppþrýsting; 0,08, 0,12, 0,16 og 0,20 m holuradíá; og 10, 30, 50 og 70 kg/s heildarflæði, alls 96 mismunandi hönnunar og rekstrar-tílvik. Af þessum myndum og mynd 2 voru lesnir holuradíusar sem fall af heildarflæði og toppþrýstingi, miðað við föst 300, 400 og 500 m dýpi á suðuborð. Síðan voru teiknaðar myndir 3, 4, og 5. Þær sýna hver ráðius vinnslufóðringar þarf að vera til að tryggja fast dýpi á suðuborð, miðað við gefin skilyrði á holutoppi.

Af myndunum sést að ef miðað er við fast flæði, þá má hækka toppþrýsting verulega með aukinni vídd. Þetta er afleiðing þess að núnungstöp minnka með aukinni holuvídd, og "sér" holutoppurinn því betur þann þrýsting sem ríkir við suðuborðið. Einnig sést að ef miðað er við fastan toppþrýsting, þá má auka flæðið verulega með aukinni holuvídd.

Þess ber að gæta við skoðun á myndum 3-5 að hið fasta dýpi á suðuborð ákvarðar jafnframt nær fastan þrýstistigul í einfasa hluta holunnar neðan suðu. Þannig verður botnþrýstingur í 1000 m djúpri holu með suðuborð á 300 m dýpi um 78 bar-a, um 70 bar-a ef miðað er við 400 m og um 61 bar ef miðað er við 500 m dýpi á suðuborð. Því verður t.d. að telja mikið flæði og 300 m dýpi á suðuborð nokkuð óraunhæfan möguleika sökum lítils niðurdráttar milli holu og geymis.

5. Umræða

Þeir reikningar sem hér eru sýndir, miðast allir við að hin hugsaða hola vinni vökva úr æðum sem eru jafngjöfular og krafist er hverju sinni á holutoppi. Þessi forsenda þarf alls ekki að vera fjarri lagi ef svo heppilega vill til að holan vinni í raun úr mjög gjöfulum æðum, og eru þá myndir 3-7 hæfar til mats á bestu hönnun holu. Hinsvegar verður forsendan mjög varasöm ef æðar holunnar reynast slappar. Getur þá ráðið úrslitum um afköst holu að hún sjóði niður á mikið dýpi og valdi þar með hæsta mögulega niðurdrætti á hinar slöku æðar.

Það er því öryggisspilamennska við hönnun lágþrýstiholu í Kröflu að fódra svo djúpt sem mögulegt er.

Í öðru lagi virðist sem 9 5/8" vinnslufóðring nægi til að flytja allt að 60 kg/s við 5-7 bar-a toppþrýsting og 500 m dýpi á suðuborð. Þetta miðast við að holan sé *hrein af útfellingum*. Útfellingar sem setjast á holuveggi auka hinsvegar mjög á þrýstitöp vegna núnings. Þetta veldur tapi í niðurdrætti, minnkuðu flæði og óstöðugleika í rekstri. Má taka dæmi af holu KG-5 sem var mæld í blæstri sumarið 1987. Mynd 6 sýnir annarsvegar mældan þrýsting í blæstri og hinsvegar reiknaðan, og er þá miðað við holu hreina af útfellingum. Svo sem sjá má af myndinni veldur "hreina" holan 10-15 bara lægri þrýsting í vinnsluhluta holunnar en mælist í raun. Þessi þrýstimunur kann að skýra brokkgengan rekstur holu KG-5 upp á síðkastið. Út frá þessu má álykta að ávinningur af víðri vinnslufóðringu í lágþrýstiholu í Kröflu verði fyrst og fremst hægari dvínun afkasta og færri hreinsanir á útfellingum en þyrfti í grannri vinnslufóðringu.

6. Niðurstöður

Ef bora á lágþrýstiholu í Kröflu, virðast tvö atriði ráða miklu um afköst og endingu hinnar hugsanlegu holu.

1. Að vinnslufóðring verði höfð eins löng og kostur er.
2. Að fódra holuna með víðari en 9 5/8" vinnslufóðringu. Ekki er víst að það bæti við afköst holunnar, en hinsvegar er líklegt að það lengi tímann milli hreinsana.

Reykjavík, 17 maí, 1988

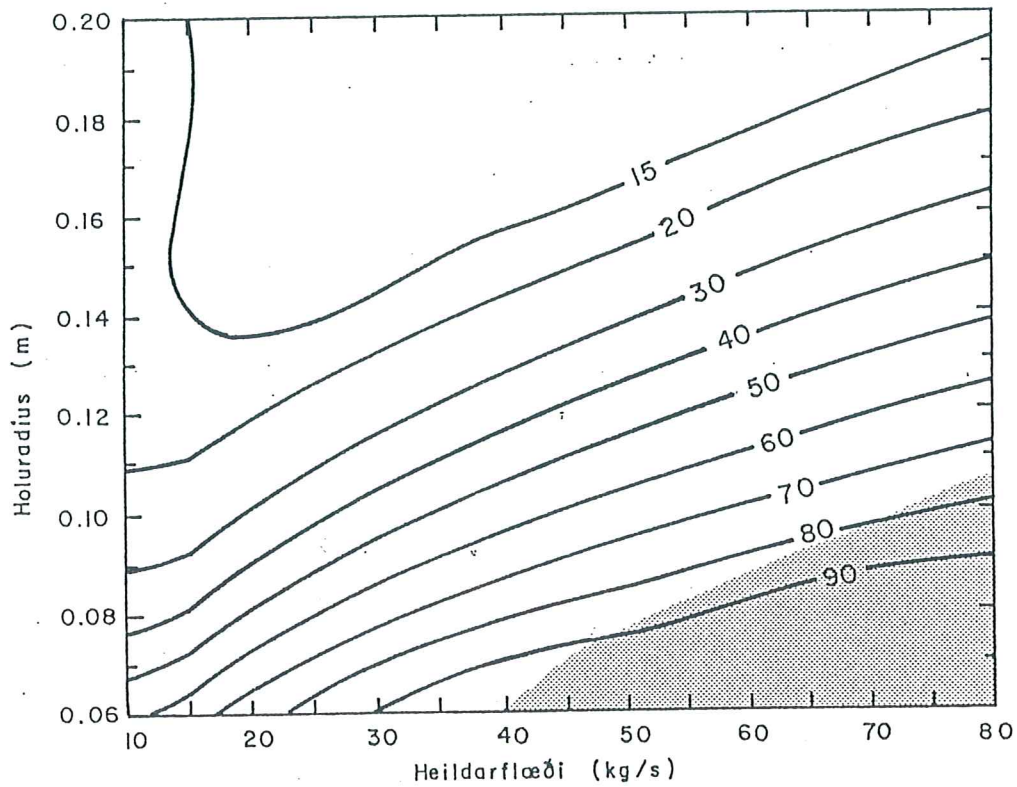
Grímur Björnsson

7. Heimildir

Grímur Björnsson og Guðmundur S. Böðvarsson, 1987: A multi-feedzone wellbore simulator. Geothermal Resources Council TRANSACTIONS, vol 11, october 1987, 503-507.

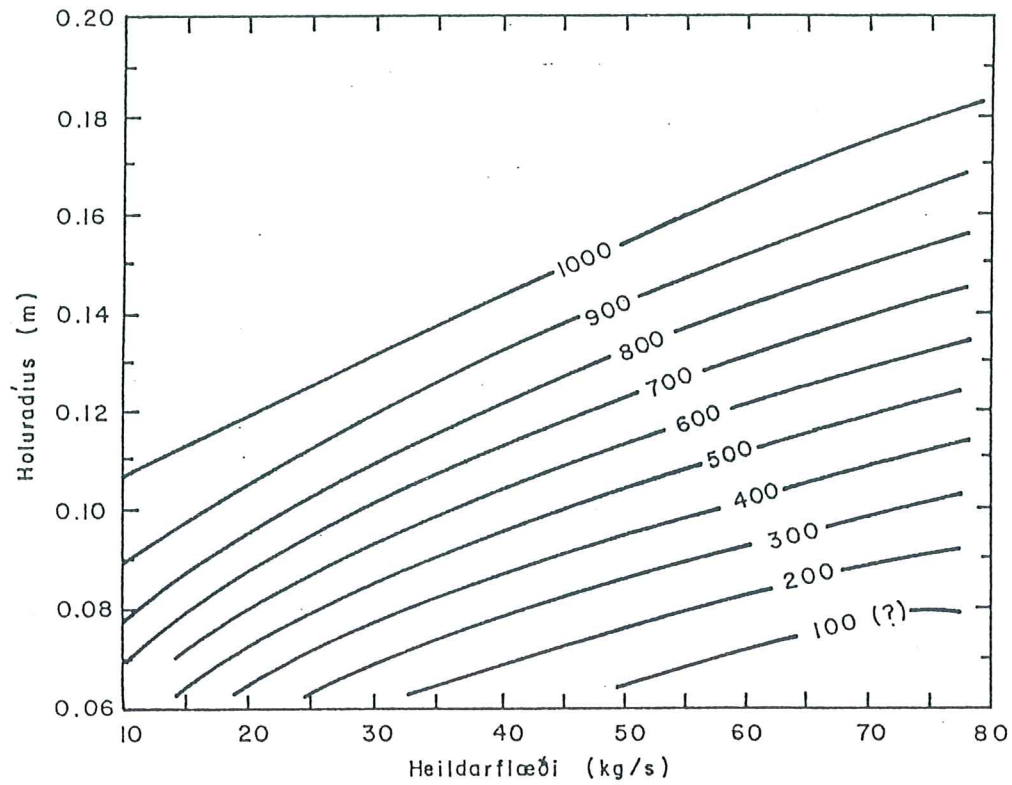
Grímur Björnsson, 1987: A multi-feedzone, geothermal wellbore simulator. MS ritgerð við University of California, Berkeley. 102 s.

1	JHD-BM-9000 GB
	88.03.0160 AA



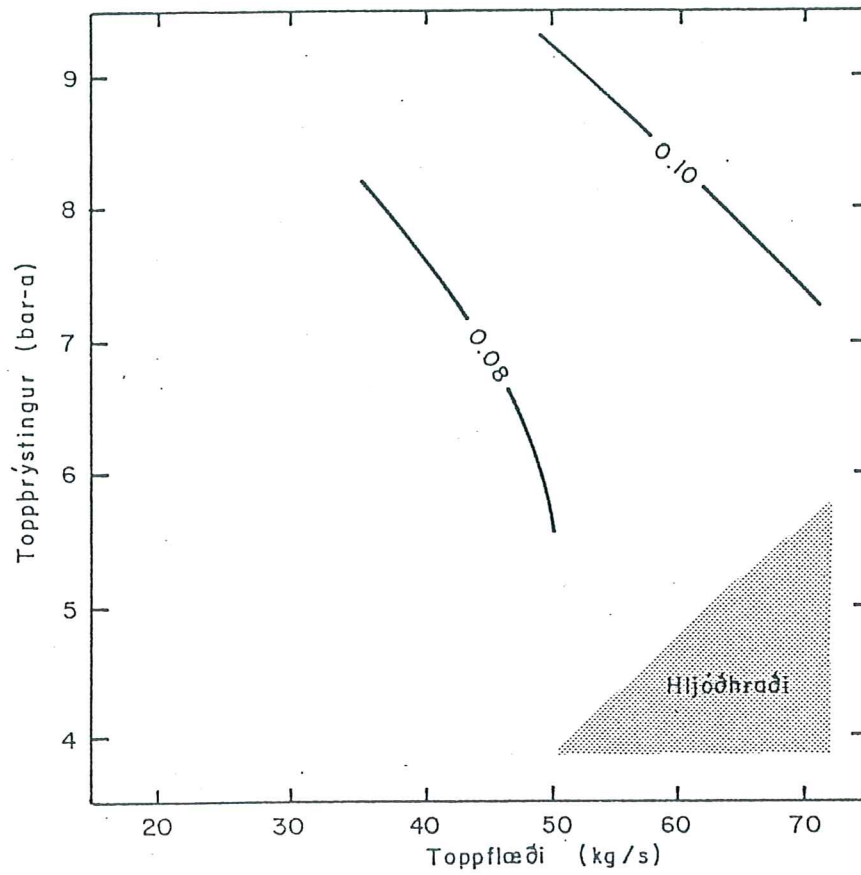
Mynd 1 Reiknaður botnþrýstingur (bar-a) í 1000 m djúpri holu sem fall af mismunandi flæði og holuradius. Holan er rekin við 5 bar-a toppþrýsting og vermi vökvans er 900 kJ/kg. Innan skyggðs svæðis reiknast hætta á hljóðhraða í holutoppi.

JHD-BM-9000 GB,
88.03.0159 AA.



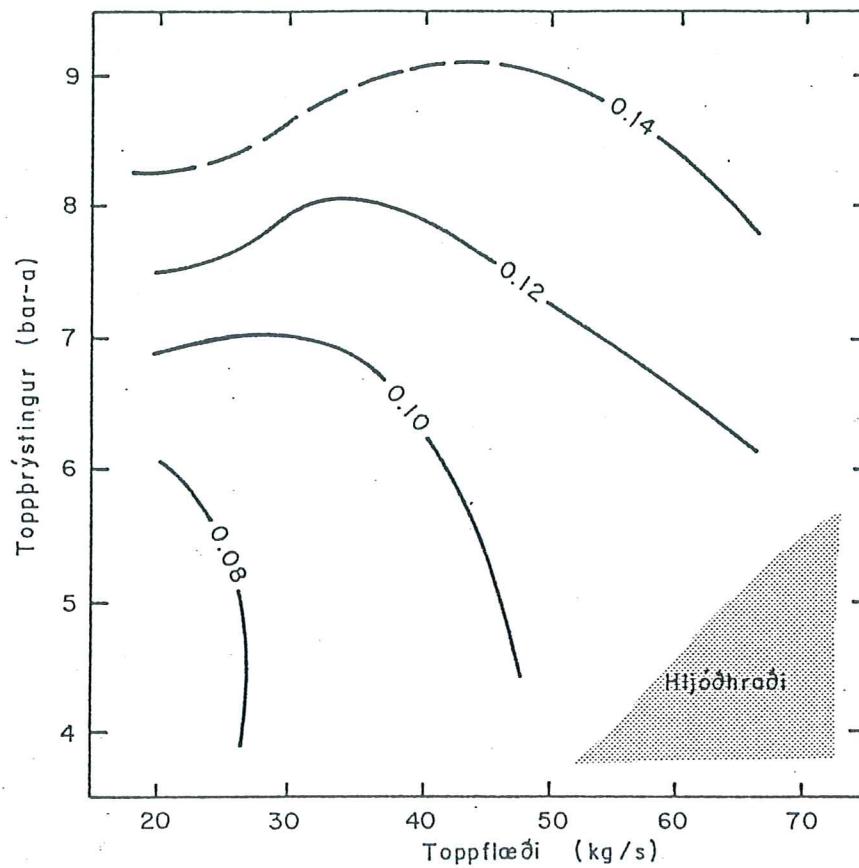
Mynd 2 Reiknað dýpi á suðuborð (m) sem fall af mismunandi flæði og holuradius. Holan er 1000 m djúp og er rekin við 5 bar-a toppbrýsting Vermis vökvans er 900 kJ/kg.

1	JHD-BM-9000 GB
	88.03.0156 AA



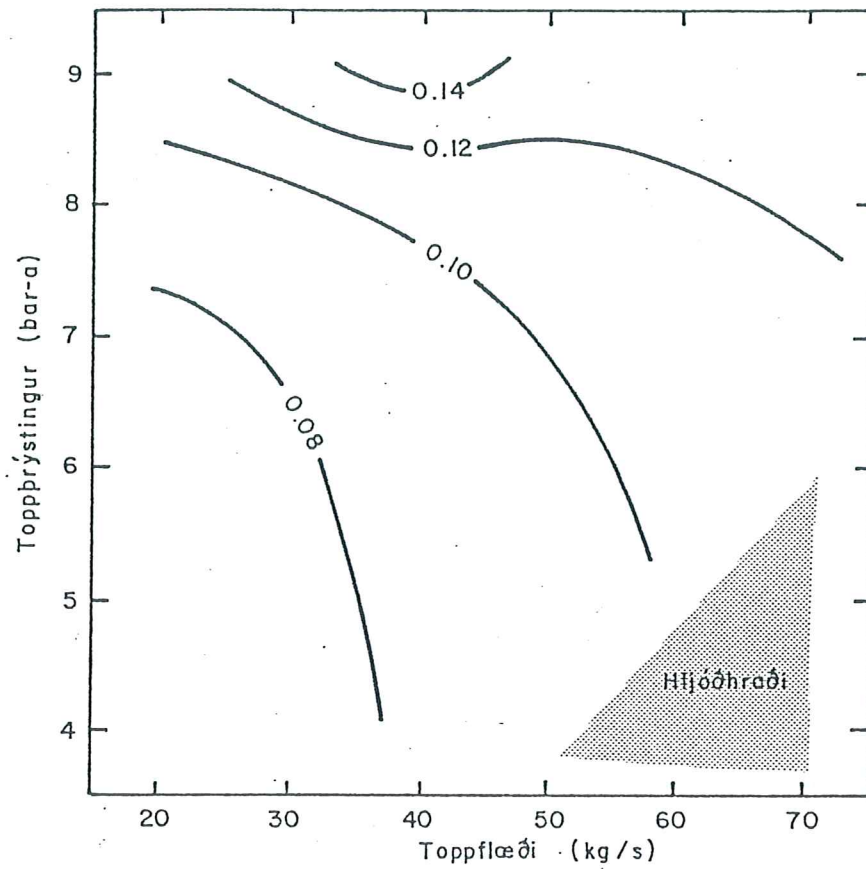
Mynd 3 Sá radiús holu (m) sem þarf til að festa suðuborð á 300 m dýpi, við mismunandi toppþrýsting og flæði. Vermí vökvans er 900 kJ/kg.

JHD-BM-9000 GB
88.03.0157 AA



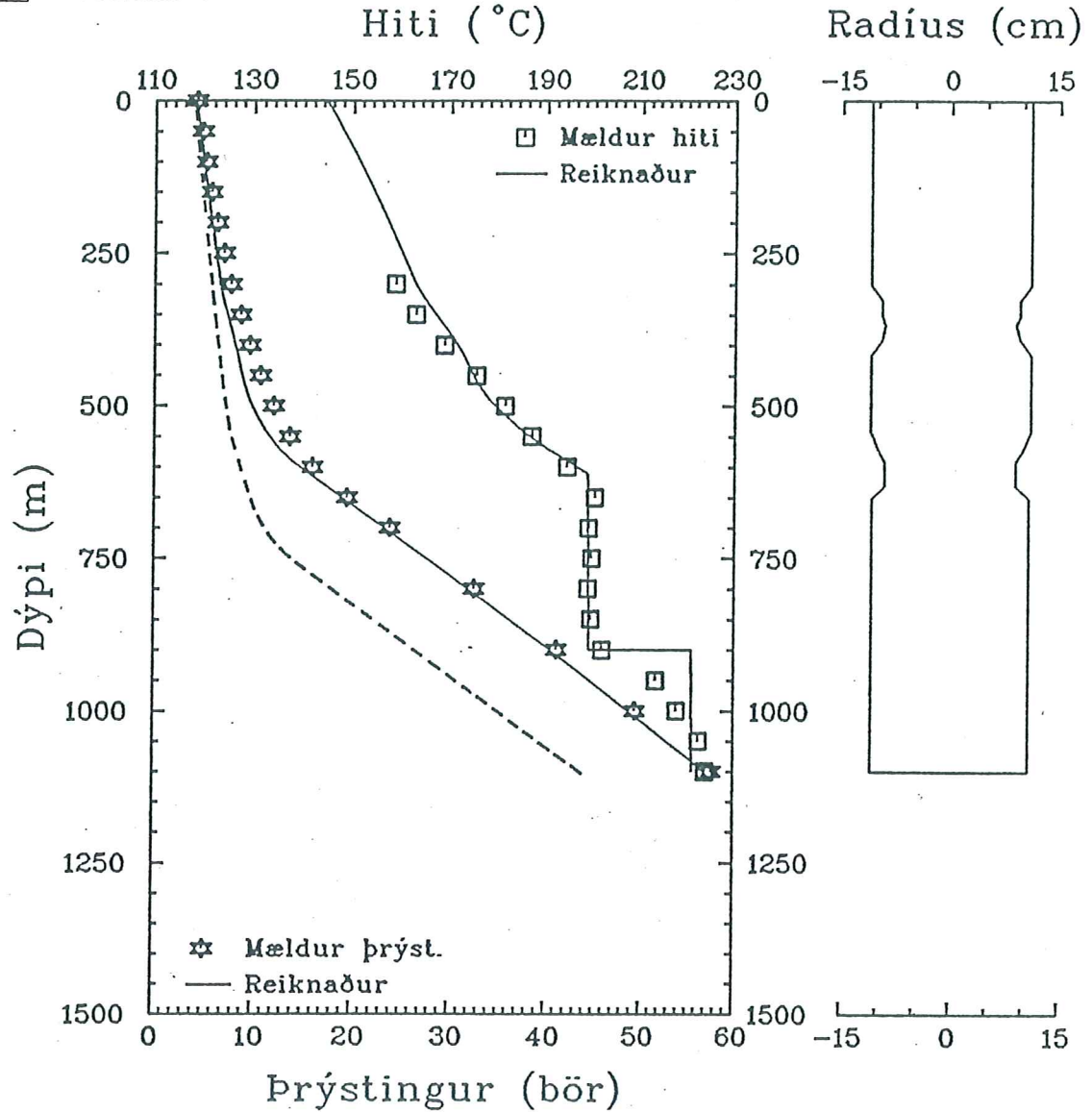
Mynd 4 Sá radius holu (m) sem þarf til að festa suðuborð á 400 m dýpi, við mismunandi toppþrýsting og flæði. Vermí vökvans er 900 kJ/kg.

JHD-BM-9000 GB
88.03.0158 AA



Mynd 5 Sá radius holu (m) sem þarf til að festa suðuborð á 500 m dýpi, við mismunandi toppþrýsting og flæði. Vermí vökvans er 900 kJ/kg.

JHD-BM-9000-GB
88.03.0161-T



Mynd 6 Mældir og reiknaðir hita- og þrýstiferlar í holu KG-5 í Kröflu. Holan var mæld í blæstri sumarið 1987. Meginæð holunnar sést á 900 m. Hægt að samræma mælda og reiknaða ferla með því að gera ráð fyrir útfellingum á um 350 og á um 600 m dýpi í holunni. Þessar útfellingar eru þekktar úr víddarmælingum. Einnig er sýndur brotinn ferill. Hann sýnir reiknaðan flæðisþrýsting þegar holan er hrein af útfellingum. Ef útreikningar eru réttir, hafa útfellingar þannig minnkað niðurdrátt við æðina í 900 m um 10-15 bör, frá því sem yrði í hreinni holu.