

**Útreikningar á blástursprýstingi holu KG-26 í  
borun**

**Grímur Björnsson**

**Greinargerð GrB-91-02**

## ÚTREIKNINGAR Á BLÁSTURSPRÝSTINGI HOLU KG-26 Í BORUN

### 1. INNGANGUR

Eftirfarandi útreikningar voru gerðir til að meta hve mikill þrýstingur getur myndast í væntanlegri holu KG-26 í Kröflu, ef svo illa vildi til að hola færi í gos í borun. Holunni er ætlað að kanna hita og þrýsting í vatnskerfi undir svokölluðu "auga við veg", því gashitamælar benda til allt að 240-260 °C hita á þessum slóðum. Áður en af borun verður þykir nauðsynlegt að meta það þrýstiálag sem getur myndast í skyndilegu gosi holu KG-26 í borun, bæði með tilliti til núverandi 60 m langrar höggborsfóðringar annars vegar og í 400-600 m langri vinnslufóðringu hins vegar. Slíkir reikningar liggja til grundvallar þegar öryggiskröfur við borun eru gerðar.

### 2. FORSENDUR

Í forsendum þrýstingsreikninganna er gert ráð fyrir eftirfarandi:

1. Vatnsborð er á 50 m dýpi í KG-26.
2. Hiti og þrýstingur neðan 50 m fylgi suðumarksferli.
3. Sami þrýstingur ríki í holu og í vatnsæðum fjarri holu, þ.e. ekkert þrýstifall verður ef heitur vökvi tekur að streyma í miklu magni inn í holu.
4. Vermisæða er suðumarksvermi vatns við þann þrýsting sem æð er gefinn, eða hærra.
5. Hóla KG-26 verði boruð niður úr 60 m höggborsfóðringu með 17 1/2" krónu, og fóðruð með 13 3/8" fóðringu í 400, 500 eða 600 m dýpi.
6. Hóla KG-26 verði boruð með 12 1/4" krónu allt niður í 1200 m.

Í töflu 1 er sýndur hiti og þrýstingur miðað við suðumarksferil er hefst á 50 m og nær niður í 1200 m dýpi. Eins er sýnt hvert yrði vermi vatns við þann hita og þrýsting sem ríkir í sjóðandi súlunni.

TAFLA 1: Hiti, þrýstingur og vermi á suðumarksferli sem hefst í 50 m.

Dýpi (m)	Hiti (°C)	Þrýst. (bar-y)	Vermi vatns (kJ/kg)
400	235.4	29.8	1015
500	248.6	37.8	1080
600	259.5	45.6	1130
1200	303.6	89.3	1370

### 3. ÁLAG Á HÖGGBORSFÓÐRINGU

Þar sem holuhermir undirritaðs hentar illa til reikninga í holum með lágt vermi, var afráðið að skoða með myndrænni framsetningu hver blástursþrýstingur geti orðið í 60 m höggborsfóðringu holu KG-26. Við matið eru notaðar þrýstímælingar úr holum SG-7 og SG-12 í Svartsengi í blæstri. Innstreymishiti holanna er sambærilegur við hugsanlegan innstreymishita æða á 300-600 m dýpi í holu KG-26 (sjá töflu 1).

Á mynd 1 er sýndur áætlaður æðaþrýstingur við holu KG-26 út frá forsendunni um suðumarksferil sem hefst á 50 m. Þessi ferill sýnir hæsta æðaþrýsting holunnar með dýpi. Þegar meta á þrýsting í blásandi holunni, eru teiknaðir mældir þrýstiferlar hola SG-7 og SG-12 í sama skala og á mynd 1. Þrýstingur í holu SG-7 var mældur við 240 °C innstreymishita en í holu SG-12 var innstreymishitinn 212 °C. Þessir mældu ferlar eru síðan felldir inn á mynd 1 með hliðrun eftir dýpisás uns þrýstingur mælda ferilsins verður sá sami og þrýstingur suðumarksferilsins í því dýpi þar sem búast má við æð. Eins eru á myndinni ferlar sem kallaðir eru mesti hugsanlegi þrýstingur á 500 og 600 m dýpi. Er þá miðað við að inn í holuna komi sjóðandi vökví með mun hærra vermi en sýnt er í töflu 1.

Skoðun á mynd 1 sýnir, að ef 240 °C heitt vatn nær að streyma upp holu KG-26 í borun, þá má búast við 18-20 bara þrýstingi á topp höggborsfóðringarinnar. Ef vatnshitinn er nálægt 212 °C fellur þetta gildi toppþrýstings í 12 bör. Hreinar vatnsæðar með þennan innstreymishita munu hins vegar ekki hleypa holunni í gos án örvunar. Sú örvun gæti myndast við borun KG-26 ef æðar ofan til í holunni veita gufu eða gasi inn í holuna.

Versta ástand þrýstings við borun vinnslufóðringar holu KG-26 myndast síðan ef holan hittir á mjög gjöfular æðar sem veita blöndu af gufu og vatni inn í holuna án þrýstifalls milli æðar og holu. Blástursferlar slíks ástands fyrir æðar á 500 og 600 m dýpi eru sýndir á mynd 1. Afleiðing þessa gæti orðið 25-30 bara holutoppþrýstingur.

#### 4. ÁLAG Á VINNSLUFÓÐRINGU

Hér er skoðað það tilvik að hola KG-26 verði boruð í sjóðandi vatnskerfi sem nær í 1200 m. Í 1200 m dýpi hitti holan svo á mjög gjöfula æð, sem veiti annars vegar rúmlega 300 °C vatni inn í holuna (vermi=1370 kJ/kg) en hinsvegar blöndu af vatni og gufu með 1800 kJ/kg vermi. Reiknað var, með hermireikninum HOLA, hver yrði þrýstingur í blásandi 1200 m djúpri holu með 13" þvermál, þar sem botnþrýstingur er sá sami og á suðumarksferli (tafla 1). Síðan var lesið út úr reiknuðu ferlunum hver þrýstingur gæti orðið á 400, 500 og á 600 m dýpi við mismikið rennsli. Niðurstöður eru sýndar í töflu 2.

TAFLA 2: Þrýstingur á 0, 400, 500 og 600 m dýpi í 1200 m djúpri og 13" víðri blásandi holu

Dýpi (m)	Þrýstingur (bar-y)	
	1370 kJ/kg	1800 kJ/kg
0	42-43	64-65
400	54-55	72-73
500	57-58	74-75
600	61-62	76-77

Af töflunni sést að miklu máli skiptir hvort vatnsæð á 1200 m muni skila vatni eingöngu eða blöndu vatns og gufu. Líklegast er að einsfasa vatnsæðar komi á þessu dýpi ef mið er tekið af holum KG-8, KG-24 og KG-25. Æð á 1200 m dýpi myndi þá ekki fara í gos nema til kæmi örvun, t.d. vegna innsreymis gass og gufu ofar í ófóðraðri holunni.

#### 5. ÞRÝSTIFALL MILLI HOLU OG JARÐHITAGEYMIS

Ljóst er af mynd 1 og töflu 2 að innstreymi blöndu vatns og gufu með hátt vermi getur orsakað mjög háan þrýsting á topp holu KG-26 í borun. Þá myndast sjóðandi súla í holunni sem hefur þrýstistigul af stærðargráðunni 3 bör á hverja 100 m. Annmarki þessarar framsetningar er að þrýstingur inni í blásandi holunni er settur sá sami og út í jarðhitakerfinu. Slíkt er óraunhæft þar sem vökvinn verður fyrir mótstöðu á leið sinni í holuna og því meiri sem gufuhluti hans er hærri. Til að fá mat á þetta þrýstifall voru skoðaðar mælingar úr nokkrum Kröfluholum og holu BJ-11 í

Bjarnarflagi í blæstri. Athugað var hvert þrýstifall væri milli blásandi holu og staðinnar. Niðurstöður eru sýndar í töflu 3.

TAFLA 3: Niðurdráttur í nokkrum Kröfluholum og holu BJ-11 í blæstri

Holu-nafn	Rennsli (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	Toppþr. (bar-y)	Niðurdráttur (bar)	Gæfni (kg/s/bar)
KG-4	?	>2000	(80)	40-50	?
KG-5	30	800	3.2	30	0.6
KJ-9	25	1050	16	9	2.8
KJ-12	7	2600	15	50-100	0.07-0.14
KG-24	12	660	1.5	4	3
BJ-11	20	2080	26	40-60	0.3-0.5

Í töflu 2 er sýnd stærð sem kölluð er gæfni holu og sýnir hún hve mikið rennsli (kg/s) hola gefur fyrir hver bar í niðurdrætti. Sést þar að holur KJ-9 og KG-24 hafa mesta gæfni skoðaðra hola. Þessar holur eiga það sammerkt að vera blautar, þ.e. inn í þær streymir einsfasa vatn með tiltölulega litlu rúmmáli. Gæfnin fer síðan mjög versnandi með auknum gufuhluta og virðist meðaltalið 0,3 kg/s/bar gilda í holum þar sem æðar eru sjóðandi. Ef tekið er tillit til þessa ætti niðurdráttur í hugsanlegum blæstri holu KG-26 í borun, að vera kringum 3 bör fyrir hvert kíló gufublöndu sem inn í holu kemur. Þetta þrýstifall kann að vera ofmetið vegna meiri víddar holu KG-26 en holanna í töflu 3. Ef miðað er við reynslutölur úr Svartsengi, gæti þrýstifallið verið allt að helmingi minna, eða 1,5 bar fyrir hvert kíló úr holu m.v. 13" holuvídd. Óljósarar er hvert þrýstifallið yrði ef einfasa vatnsæðar kæmu vegna mikillar víddar holunnar. Líklegt gildi er lægra en 0,3 bör fyrir hvert kíló upp úr holu.

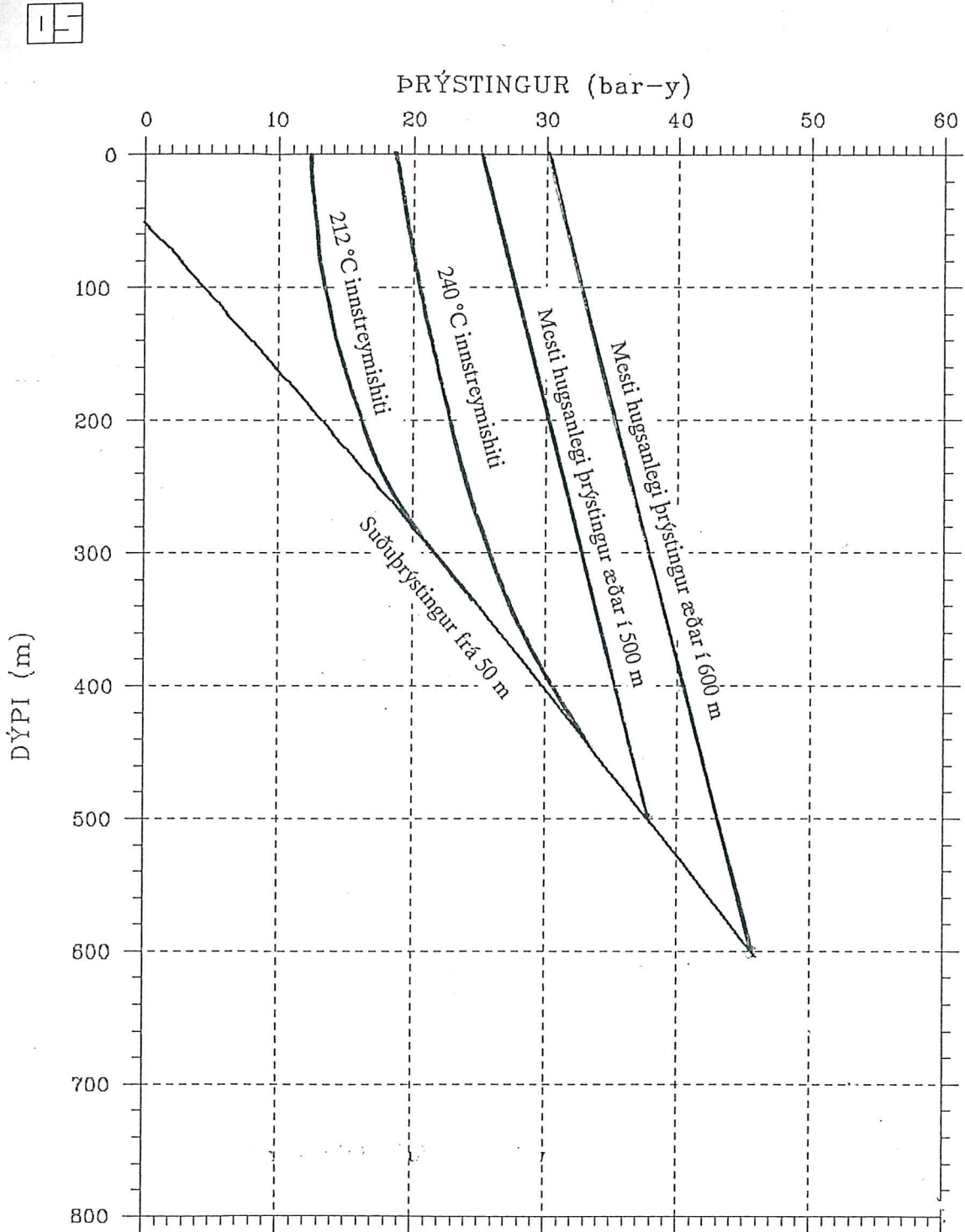
## 6. NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður athugana á hugsanlegu þrýstiálagi á höggborsfóðringu og vinnslufóðringu holu KG-26 í borun eru eftirfarandi:

1. Ef holan fer í gos meðan á borun vinnslufóðringar stendur, má búast við toppþrýstingi á bilinu 12-30 bör, allt eftir eðli og dýpi á innstreymisæðar. Þannig fæst lægsta gildi toppþrýstings ef holan blæs 212 °C vökva. Líklegasta gildi er 18-20 bör miðað við 240 °C vatnsæð á 400-500 m dýpi. Vatnsæðar af þessu tagi þurfa örvun til að holan fari í gos, t.d. ef gas og gufa leka inn í holu ofan þeirra.
2. Mesta álag á höggborsfóðringuna hlytist af gufuríkri æð á 600 m dýpi, sem gæti keyrt toppþrýsting í allt að 30 bör.
3. Toppur vinnslufóðringar gæti orðið fyrir rúmlega 40 bar þrýstiálagi ef holan færi í gos vegna rúmlega 300 °C vatnsæðar á 1200 m dýpi. Þetta þrýstiálag yrði enn hærra ef æðin veitti blöndu af vatni og gufu á holuna, líklegur toppþrýstingur yrði þá rúmlega 65 bör.
4. Ef tekið er tillit til niðurdráttar í borholum í blæstri, þarf að lækka hæstu gildi toppþrýstings um 1-3 bör fyrir hvert kg/s sem tekið er úr holu ef æðar eru sjóðandi, og um 0,1-0,3 bör fyrir hvert kg/s ef æðar eru einsfasa vatn. Lokunarþrýstingur verður hins vegar sá sami.

Reykjavík, 3. apríl 1991

Grímur Björnsson



Mynd 1: Áætlaðir þrýstiferlar holu KG-26 í blæstri meðan á borun vinnslufóðringar stendur.