

Hæðarendi í Grímsnesi
Afkastaprófun á holu HE-07 í borlok

Þórólfur H. Hafstað
Arnar Hjartarson

Unnið fyrir ISAGA

Hæðarendi í Grímsnesi

Afkastaprófun á holu HE-07 í borlok

Inngangur

Holan HE-07 á Hæðarenda var hitamæld og þrepaprófuð þann 5. maí 2003. Hún var boruð í apríl 2003 með Trölla, bor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða og er rétt um 900 m djúp. Holunni var ætlað að skera sömu sprunguna og hola HE-03, en hún gefur heitt vatn og kolsýru, sem pakkað er í verksmiðjunni þar á staðnum. Að sögn fást um 6 l/s af vatni úr þeirri holu og fylgja um 13 lítrar af CO₂ hverjum lítra vatns.

Ætlunin var að láta nýju holuna skera sprunguna á heldur meira dýpi en HE-03 gerir. Þannig væri minni hætta á að holurnar toguðust á um sama vatnið. Hvað þetta varðar virðist staðsetning holunnar hafa heppnast vel. Smáæð var skorin á rúmlega 605 m dýpi en líklega var borað gegn um aðalæðina (sprunguna) á 688 m dýpi. Sprungan reyndist þar vera töluvert þéttuð af útfellingum og alls ekki eins gjöful og hún er í vinnsluholunni (HE-02), en þar var hún skorin á 532 m dýpi.

Eftir að sprungunni hafði verið náð var reynt að örva innrennsli í holuna með því að dæla vatni á holutopp. Dælt var 20 l/s á holuna og fór þrýstingur þá í 14 bar og við 25 l/s dælingu varð þrýstingurinn 17 bar. Ekki varð vart við að umtalsverður árangur yrði af þessu og því var borað áfram niður í 900 m en án þess að nýjar innstreymisæðar fyndust.

Hola HE-07 er fódruð með 7" stálfóðringu niður í 250 m dýpi og er hún steipt föst. Þar neðan við er hún boruð með 6¼" hjólakrónu og er fóðringarlaus í 900 m. Hún virðist standa mætavel og er botnfall sáralítið. GPS-staðsetning holunnar (WGS 84) er N 64,07559 V 20,86011.

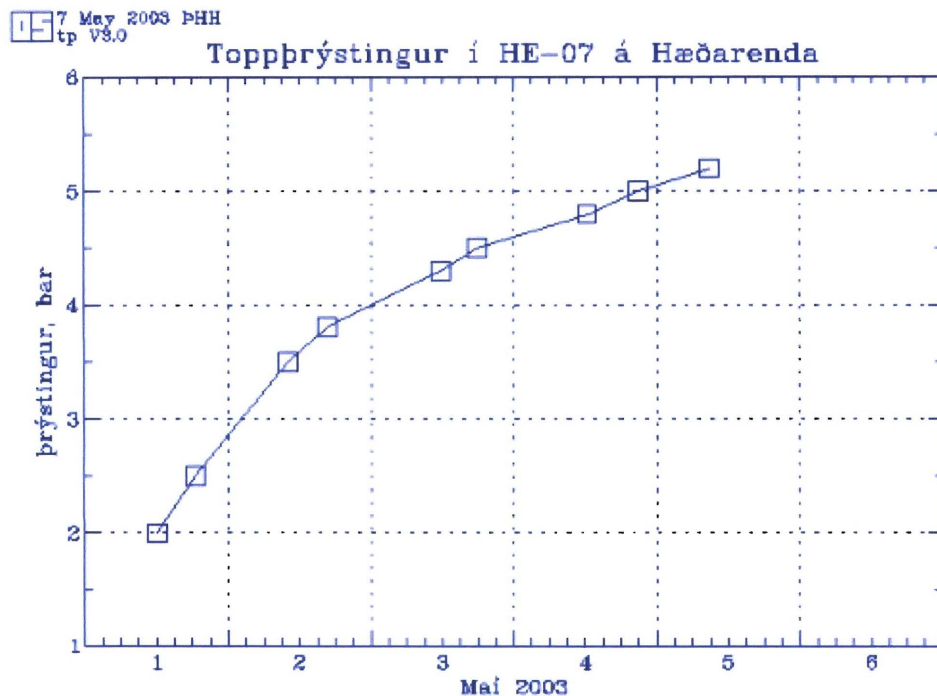
Holan hafði verið látin blása frá 1. maí fram til morguns 5. maí gegnum 2" svert rör. Á þeim tíma jókst þrýstingur úr 2,0 bar upp í 5,2 bar og virtist enn vera hækkandi. Þá var reyndar komin um 1 cm útfelling í rörið, mest fremst við útblásturinn. Rennsli á þessum tíma fór úr 2,8 l/s í 2,2 l/s. Þessar mælingar eru sýndar á mynd 1, en þær gerði Birgir Sigurfinnsson. Þrýstingshækkunin er þó ekki bara vegna þess að rennslið minnkaði, því hitinn í holunni var að smáhækka á þessum tíma meðan hún var að jafna sig eftir borunina.

Niðurstöður í stuttu máli:

Holan er slök miðað við þá sem nú er notuð; líklega ekki nema hálfdrættingur. Hún hefur þó skorið sömu sprunguna, sem þarna reyndist verulega þéttuð af útfellingum.

Gas virðist ólga úr vatninu alveg niður undir aðalæð við ca 3 l/s rennsli. Þá er þrýstingur á holutoppi innan við 4 bar en hann er 7½ bar í vinnsluholunni.

Enn streynir gas úr náttúrulegum uppkomustöðum og grunnum borholum í grennd



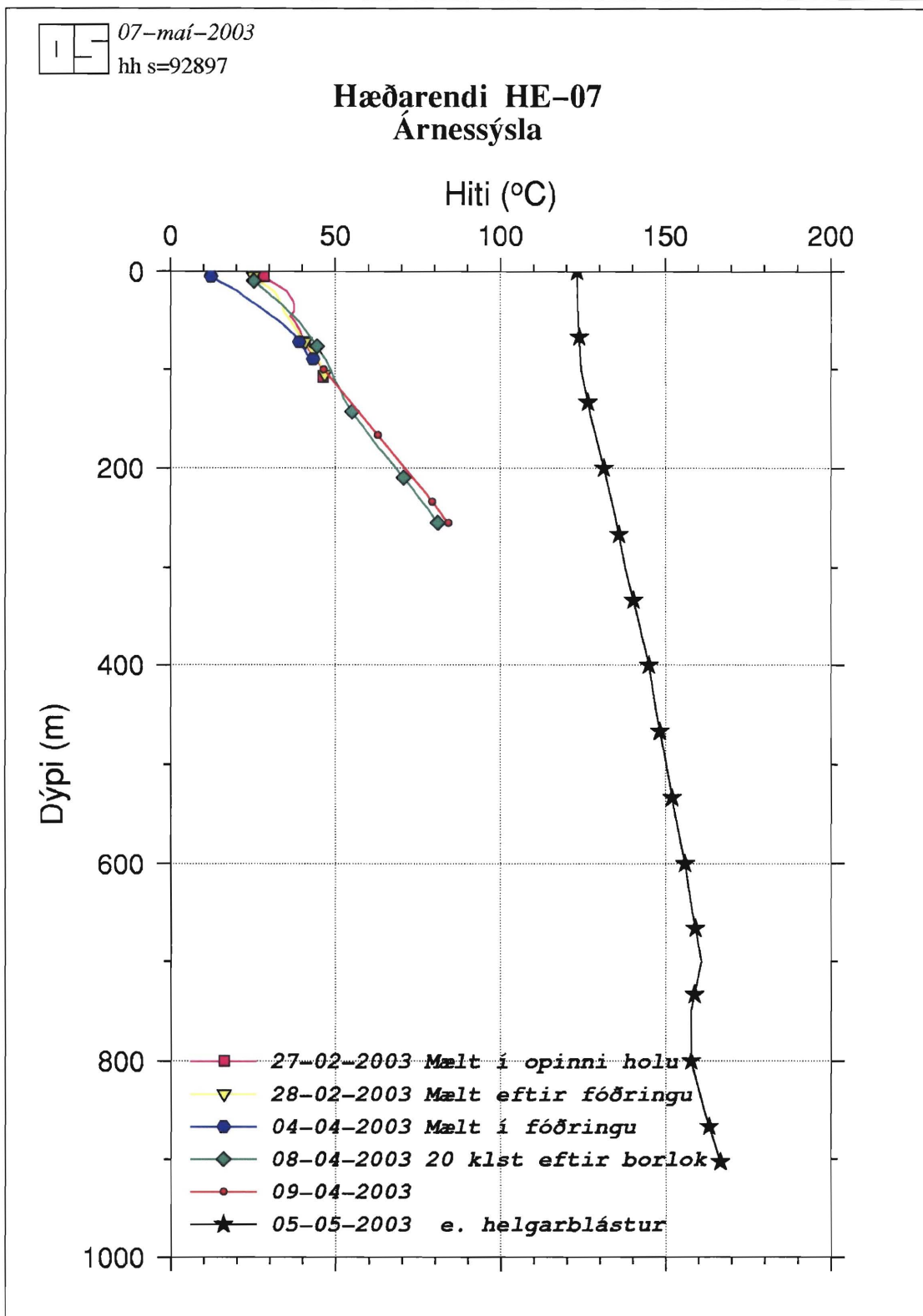
Mynd 1. Prýstingur á holutopp í HE-07 eftir að borun hennar lauk. Dagana 1. maí til 5. maí var rennsli lengst af 2,8 l/s en var komið niður í 2,2 l/s í síðustu mælingu vegna útfellinga í rörinu. Prýstingur í vinnsluholunni (HE-03) var stöðugur: 7,5 bar.

Hitamæling í HE-07

Mælingar hófust með hitamælingu um kl. 11 þann 5. maí 2003 og er mælingin sýnd á mynd 2. Ekki er um samfellda mælingu að ræða þar sem hitinn er það mikill að nota þarf vélrænan hitamæli (mekanískan mæli af Kuster-gerð). eru þá teknir mælipunktur á 50 m fresti niður eftir holunni. Mælingin sýnir að æðarnar milli 600 og 700 m eru rúmlega 160°C heitar. Engar æðar eru neðan við 688 m, en þar er aðalæðin. Þar neðan við hefur hitinn enn ekki jafnað sig eftir kælingu í borun og lækkar ögn en hækkar svo aftur við botn og nær þar 166°C.

Grjót kast úr HE-07

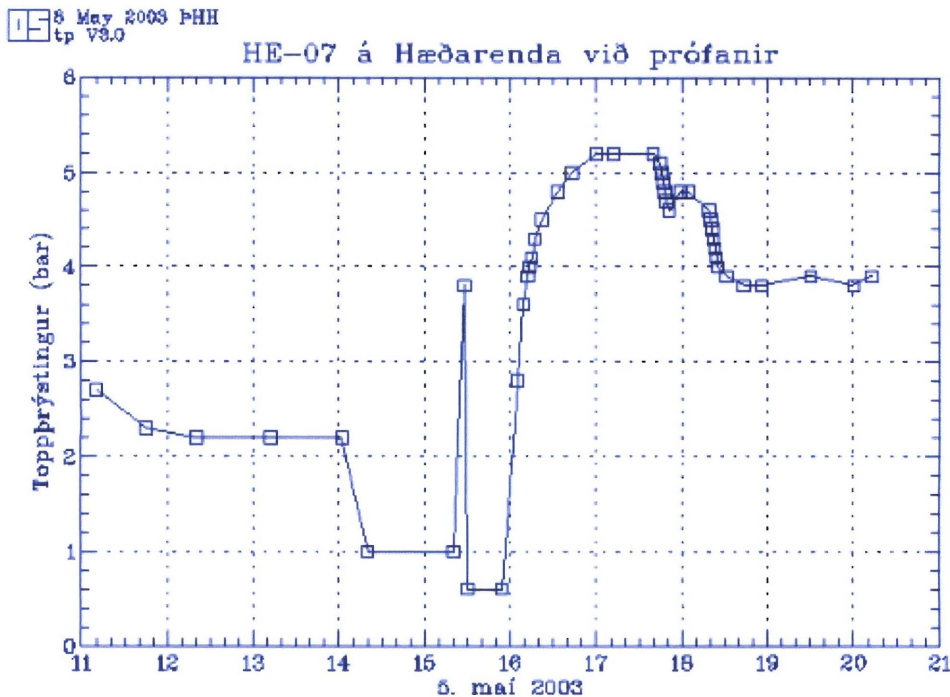
Eftir að hitamælingu lauk var opnað fyrir rennsli úr holunni. Rennslið var eins og að líkum lætur nokkuð misjafnt en að jafnaði á bilinu 4 - 5 l/s. Prýstingur á holutoppi við það rennsli var 1 bar (sjá mynd 3 milli kl. 14:00 og 15:30). Mikið grjót kom upp þegar hún blés fullopin. Afráðið var að láta hana losa sig við sem mest af þessum völlum, sem var nær einvörðungu ljósleitir smásteinar, líklega ættaðir úr sprungufyllingunni neðan við 688 m. Var hún nú látin ryðja úr sér þangað til grjót hætti að koma upp. Þessi hreinsun tók nærri 1½ tíma og hún hefur efalaust gert holunni gott eitt. Smásteinar á stærð við baun og allt upp í hnefastærð og jafnvel stærri hafa við þetta losnað úr sprungunni. Það hlýtur að hafa gert hana eitthvað betur vatnsgefandi. Við þessa snýtingu á holunni ólgaði gasið í vatninu út í bergið neðan við fóðringuna; það "flassaði" sem sagt duglega út í berg. Sárálítið grjót og svarf virðist hafa fallið til botns við þessar aðgerðir, holan lóðaðist um 1 m grynri eftir aðgerðina. Talið var óþarft að gera sérstaka loftdælingu eftir svo vel heppnaða hreinsunaraðgerð.



Mynd 2. Hitamælingar í HE-07. Fulllokað var fyrir rennsli í síðastu mælingunni en fram að því höfðu runnið um 2½ l/s úr holunni í fjóra daga. Hiti er stöðugur efstu 100 metrana; 123°C. Hitinn reyndist vera um 160°C á 700 m dýp; þ.e. rétt neðan aðalæðar. Þar fyrir neðan gætir enn kælingar vegna skolvatns, enda eru þar engar innstreymisæðar. Hiti hækkar svo ögn niðri við botn og nær þar 166°C.

Þrýstimælig í HE-07

Mynd 3 sýnir þrýstingsbreytingar á mæli, sem tengdur var við holutopp meðan á prófunum stóð. Á sama tíma urðu ekki þrýstingsbreytingar í vinnsluholunni HE-02.

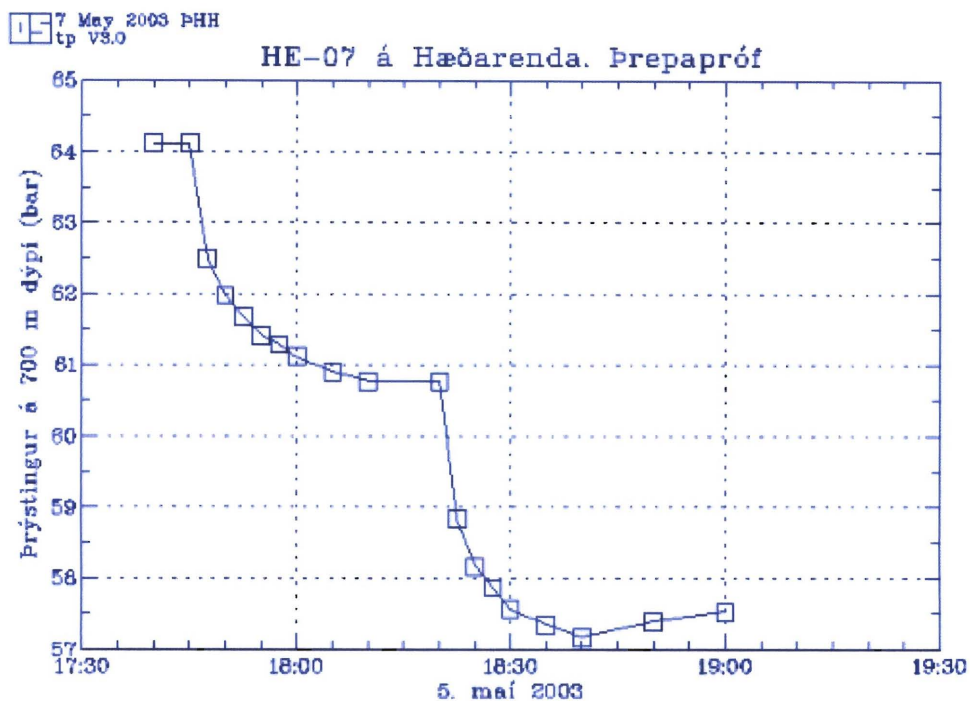


Mynd 3. Mælingar á þrýstingi á holutopp meðan á prófunum stóð í HE-07 í borlok.

Hitamæling stóð yfir í lokaðri holu til kl. 14:02. Eftir það var holan látin ryðja af sér grjótinu, eins og fyrr var lýst, með hléum fram til 15:30 (rennsli allt að 5 l/s). Þá var þrýstimælir settur í holuna. Gos lá niðri til 15:54 og eftir það var beðið eftir að þrýstingur jafnaði sig. Þrýstingur orðin stöðugur eftir kl. 17:00 og var þá mældur þrýstiprófíll niður í botn. Eftir það gerð þrepamæling, sem sýnd er nánar á mynd 4.

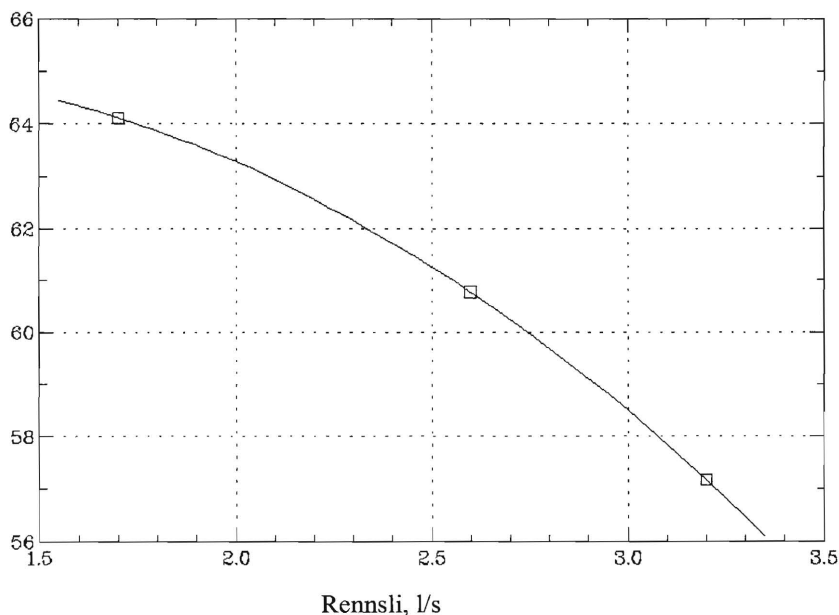
Þrepaprófun á HE-07

Eftir að þrýstimælingu frá 100 m dýpi niður til botns lauk (sjá mynd 6) var þrýstimælirinn hafður kyrr á 700 m dýpi, eða rétt neðan við aðalæðina í holunni. Síðan var gerð þrepaprófun til að sjá hver afköst holunnar væru við mismikið rennsli. Mynd 4 sýnir þrýstingsbreytingar þar við breytilegt rennsli. Enn er ekki vitað hver eðlisþyngd vatnssúlunnar ofan á þrýstimælinum var, þannig að ekki er hægt að ákvarða suðuborð í holunni beint eftir þessum þrýsting. Rennslið var blanda af sjóðandi vatni og gasi og var það þokkalega jafnt á fyrri þrepunum en á 3. þrepinu varð vart við smávægilegar gufusprengingar. Á mynd 5 er svo afkastaferillinn dreginn eftir þessum mælingum.

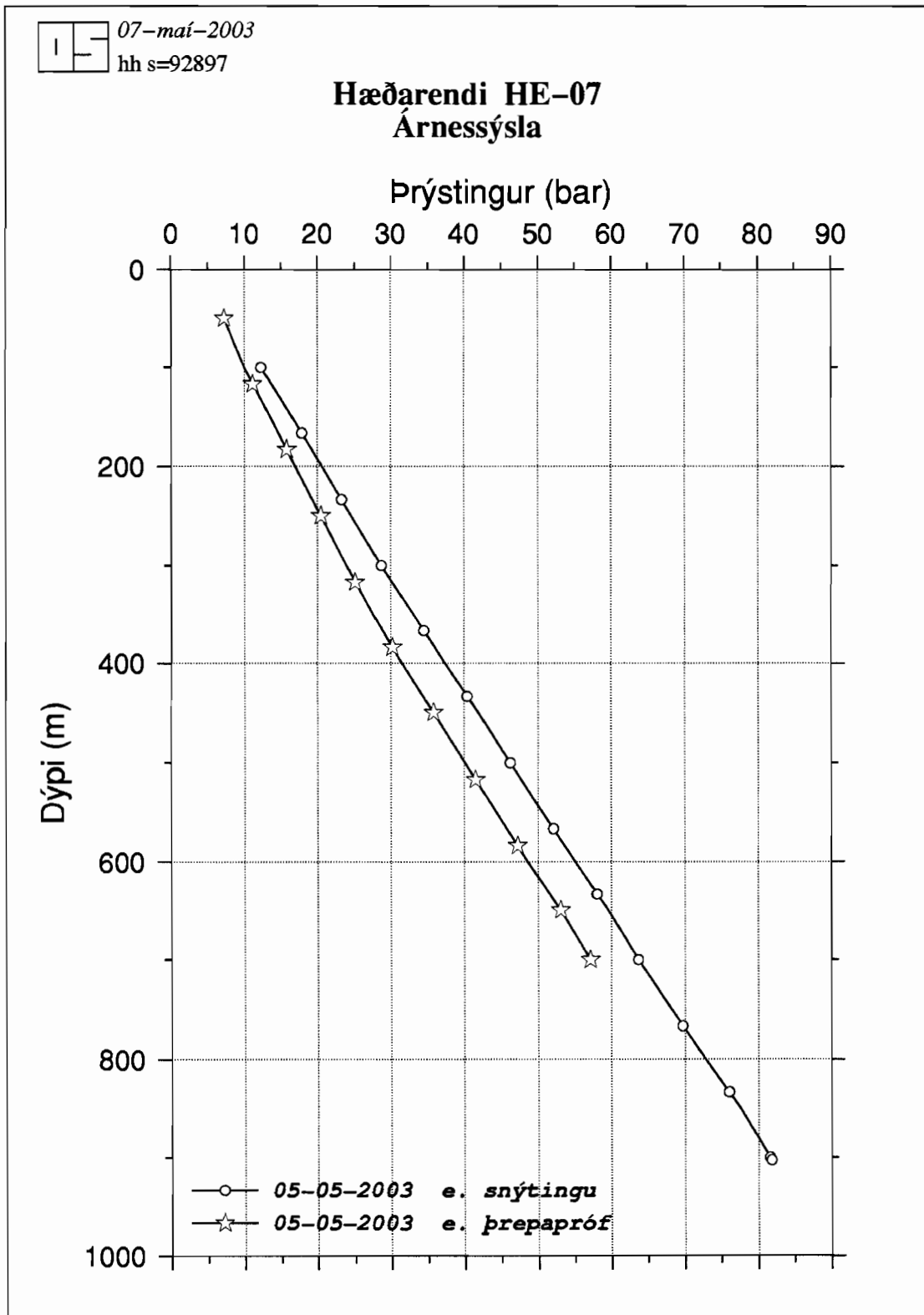


Mynd 4. Þrýstingsbreytingar á 700 m dýpi í holu HE-07 við mismikið rennsli.

1. þrep: 1,7 l/s til kl. 17:44. 2. þrep: 2,6 l/s til kl. 18:18. 3. þrep: 3,2 l/s til kl. 19:00.



Mynd 5. Tengsl þrýstings á 700 m dýpi við mismikið rennsli úr holu HE-07. Afkastaferillinn hefur líkinguna $Y = 63,74 + 2,81X - 1,52X^2$ þar sem Y er þrýstingur á 700 m dýpi (bar) og X er rennslið í l/s. Gasinnihald og þar með eðlisþyngd vatnsúlunnar er ekki þekkt til hlítar, en það er gasið, sem drifur vatnið upp til yfirborðs.



Mynd 6 Þrýstimælingar í holunni fyrir og eftir þrepadælingu. Í seinni mælingunni hefur rennsli og þrýstingur náð nokkuð góðu jafnvægi (sjá tímenn milli kl. 19 og 20 á mynd 3). Þá bendir örlítið hné á ferlinum til að gas fari að þenjast verulega út í vökvanum á rúmlega 350 m dýpi og enn meira ofan við 100 m við 3,2 l/s rennsli og 3,9 bar toppþrýsting.

Þrýstisnið í HE 07

Stuttleg athugun á sambandi þrýstings og hita bendir til að vatnið eitt og sjálft sé ekki komið í suðu við þann þrýsting, sem á holunni var þegar holan var mæld. Vatnssúlan er þá fyrst og fremst drifin upp af ólgunni í gasinu. Gróf athugun á eðlisþunga vökvans virðist benda til að gasið byrji að þenjast út á nokkuð mismiklu dýpi í þrýstismælingunum, sem sýndar eru á mynd 6:

Fyrri mæling (100 – 903m):	<i>Toppþrýstingur</i>	<i>Rennsli (l/s)</i>	<i>Breyting (dýpi m)</i>
	4,3 – 5,2 bar	1,7 (stöðugt)	gasstr. frá >600 m þensla ofan 300 m
Seinni mæling (700 – 50m):	<i>Toppþrýstingur</i>	<i>Rennsli (l/s)</i>	<i>Breyting (dýpi m)</i>
	3,9 bar stöðugur	3,2 (stöðugt)	gasstr. frá >600 m þensla ofan 400 m meiri o.v. 100 m

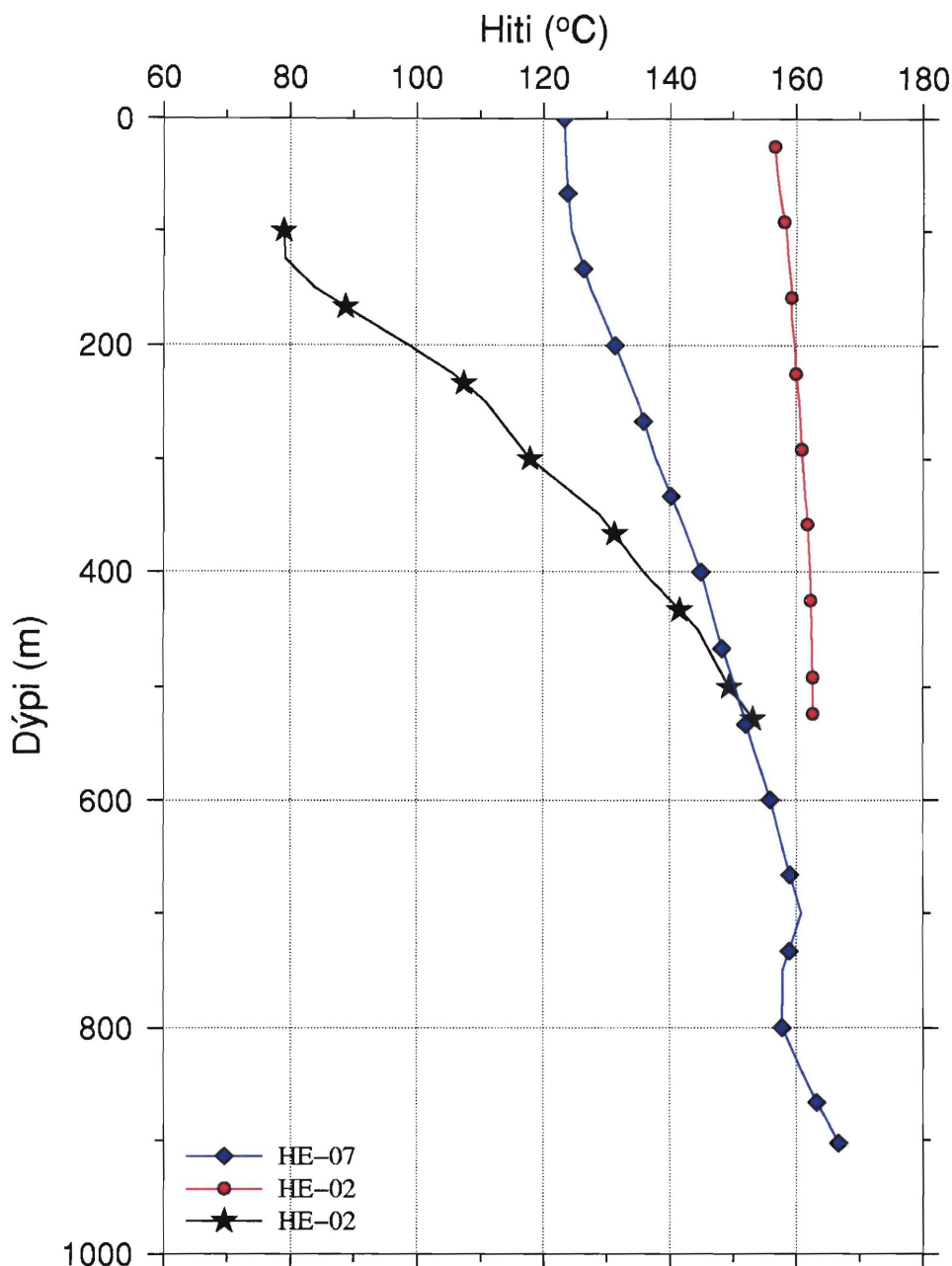
Sé þetta rétt athugað er gasið (CO₂) farið að ólga við efri æðina á rúmunum 600 m og hugsamlega alveg niður undir aðalinnstreymisæðinni á 688 í seinni mælingunni hér að ofan. Í síðasta þrepi þrepaprófunarinnar var þrýstingur og rennsli stöðugt. Vart varð við smáar gufusprenningar uppi í holustútnum á því þrepi en ekki á hinum fyrri. Samvæmt því gæti holan verið nærri þolmörkum á síðasta þrepinu með vatnsrennsli 3,2 l/s. Þá kemur nær einungis gas upp með vatninu en nær engin gufa, sé miðað við að toppþrýstingur fari ekki niður fyrir 3,9 bar.

Ef hlutfall gass og vatns er það sama og í vinnsluholunni HE-02, (1 vatnslítri á móti 13 gaslítrum) þá ættu að fást allt að 13×3,2 lítrar af CO₂-gasi úr nýju holunni HE-07. Það fengist með því að pína “vatnsborðið” niður að innstreymisæðinni og með miklu minni toppþrýstingi en er í núverandi vinnsluholu. Á mynd 7 eru hitaferlar HE-02 og HE-07 bornir saman og virðist svo sem hitinn í innstreymisæðinni stefni í að verða rétt ríflega 160°C. Samanburður á þrýstiferlunum er á mynd 8 og er áberandi hve þeim svipar saman. Bendir það til að hlutfallslegt gasinnihald sé nánast hið sama í vatninu úr báðum holunum.

Þetta eru grófgerðar niðurstöður prófunarinnar, sem ekki var gerð í fullheitri holu. Það breytir ekki því að of lítið vatnsinnstreymi er hinn takmarkandi þáttur. Hvað þrýstiástandið varðar er óvissara. Það virðist ekki ætla að nást upp eins mikill þrýstingur í þessari holu og núverandi vinnsluholu. Þegar lokað er fyrir allt rennsli úr henni koðnar þrýstingur í holutoppi mjög fljótlega niður.

Næst verður að finna hvað mikilu vatni og gasi hún skilar við mismunandi þrýstiástand. Til þess þarf skilju. Ekki hefur verið átt meira við holuna um sinn og var henni lokað og leyft að hitna. Holan gæti átt eftir að breytast eitthvað til aukningar þegar hún nær fullum hita, en varla stórlega. Náttúrulegt gasuppstreymi virtist ekki truflast á meðan á þessum blástursaðgerðum stóð, og einnig varð vart við að töluvert gas bólaði upp í rannsóknarholunni, sem er rétt hjá holu HE-07.

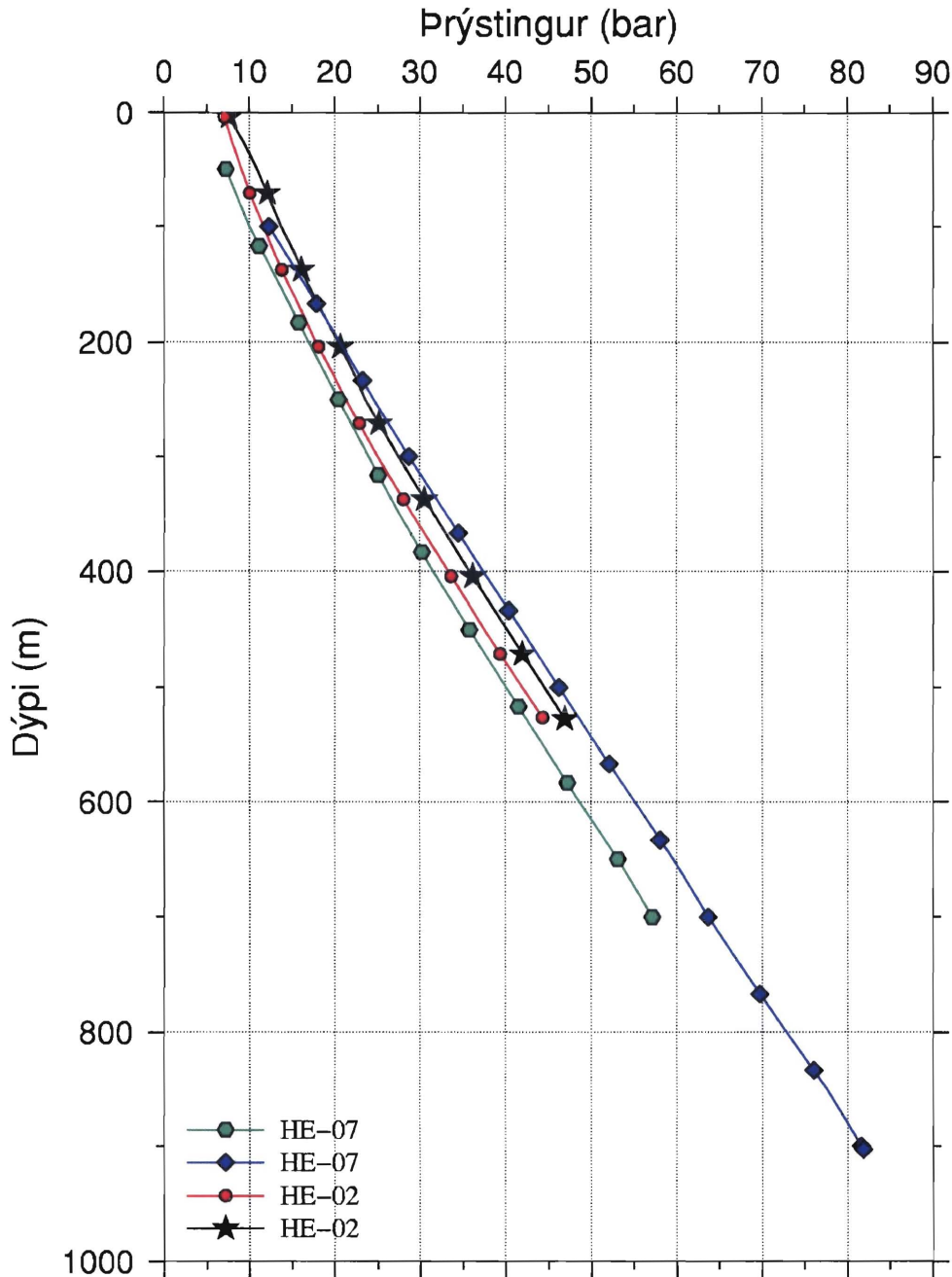
Hæðarendi, hiti. Samanburður á holum HE-02 og HE-07



Mynd 7. Samanburður hitamælinga úr vinnsluholunni (HE-02) og holu HE-07.

Svarti stjörnuferillinn sýnir síðastu mælingu fyrir upphitun í HE-02 og sá rauði er hitinn í henni eftir að fullum afköstum ver náð. Samkvæmt myndinni er ekki útilokað að hiti í aðal innstreymisæðinni í HE-07 ætti hugsanlega eftir að hækka um nokkrar gráður þegar holan verður látin hitna til fulls.

Hæðarendi, þrýstingur. Samanburður á holum HE-02 og HE-07



Mynd 7. Samanburður þrýstimælinga úr vinnsluholunni (HE-02) og holu HE-07.

HE-07: Blár ferill: Rennsli 1,7 l/s, toppþr. 4–5 bör. Grænn ferill: Rennsli 3,2 l/s, 3,9 bör. HE-02: Svartur ferill: Rennsli 5-6 l/s, toppþr. 10,2 bör. Rauður ferill: Rennsli 10-12 l/s, toppþr. 9,5 bör. Þrýstiferlunum úr hvorri holu fyrir sig svipar áberandi saman. Bendir það til að hlutfallslegt gasinnihald sé nánast hið sama í vatninu úr þeim báðum þrátt fyrir misjafnt vatnsrennsli.