



Umsögn um tilboð Stafna ehf. í útboðsverk
HGV-03

Sverrir Þórhallsson

Greinargerð SP-2003-xx



28-04-2003

UMSÖGN UM TILBOÐ STAFNA EHF. Í ÚTBOÐSVERK HGV-03

INNGANGUR

Borverkið “Hágöngur. Rannsóknarborun 2003. Útboðsgögn HGV-03” var boðið út af Landsvirkjun í mars 2003 og voru tilboðin opnuð 14. apríl. Verkið felst í að bora eina hefðbundna háhitaholu í um 1800 m dýpi (+/-30%) með mögulegu viðbótarverki á Kröflusvæði. Tvö tilboð bárust frá: a) Jarðborunum hf. og b) Stöfnum ehf. Unnið er að mati á tilboðunum hjá Verkfræðistofu VGK. Með verkefnablaði LV frá 22.04.2003 var undirrituðum falið að kanna tilboð Stafna ehf. um nokkur atriði þ.e. “hversu vel kröfur sem gerðar eru í útboðsgögnum um tæki og útbúnað eru uppfyllt, einkum:

- Togkraftur (180 t lágmark)
- Dæluafköst (bordælur, steypudælur)
- Drifbúnaður (toppdrif æskilegt)
- Gagnasöfnunarbúnaður”

Gögnin sem fylgdu beiðninni voru Útboðsgögn HGV-03 og mappa með tilboði Stafna ehf. Auk útfylltra tilboðsblaða Stafna ehf. voru í möppunni fylgiskjöl í sjö liðum. Í þessari greinargerð er einkum stuðst við upplýsingar í tækjaskrá tilboðsins. Tækjaskráin fyrir borbúnaðinn er afrit af tilboði bandaríska fyrirtækisins Schramm Inc. dags. 12.04.2003 til Verkfræðistofu F.G.H. í bor af gerðinni Rotadrill TM200, ásamt fylgihlutum þannig að úr verði starfhæfur bor.

UMSÖGN

Fá atriði í útboðslýsingunni fjalla beint um borbúnaðinn og sérstakar kröfur sem gerðar eru til hans. Í lið IV.9 Tækjaskrá stendur þó að “Bjóðanda skal vera ljóst að hæfni bors vegur þungt þegar tilboð er metið og því er greinargóð lýsing grundvallaratriði” í framhaldi eru nefndar eftirtaldar “lægstu viðmiðunartölur fyrir bor og tæki hans”:

- Togkraftur bors (Static Hook Load) 180.000 kg.
- Dæluafköst 2 x 30 l/sec við 17MPa mótþrýsting og 1x30 l/sec 17 MPa dæla með óháðum aflgjafa.
- Borstangir 2,5 km af “API Premium Class” eða betri.
- Hæð undir bor. Nægjanlegt rými skal vera fyrir öryggisloka fyrir yfirþrýsta holu samkvæmt verklýsingu.
- Drif. Toppdrif æskilegt.

Togkraftur

Togkraftur “hoist capacity” Rotadrill TM200 í tilboði Stafna ehf. er 200.000 lbs. eða 90.720 kg og mastrið er fyrir 113.400 kg “dynamic load rating”. Þetta er aðeins helmingur af þeirri kröfu um 180.000 kg sem gerð er í útboðslýsingu. Tilboð Stafna ehf. stenst því ekki þessi viðmið um togkraft í útboðslýsingunni. Á mynd 1 er sýnt hvaða kröfur borinn þarf að uppfylla til að komast í umrætt dýpi og komist er að þeirri niðurstöðu að TM200 borinn ræður við umrætt bordýpi, en togkrafturinn verður þá fullnýttur miðað við þau almennu viðmið sem notuð eru. Mastrið ræður og við þunga föðringanna eins og fram kemur á myndinni. Við borun þar sem mikils hristings er að vænta er ráðlagt að álag á mastrið sé með öryggisstuðli $S.F.=1,33$ x raunþungi borstrengs. Þungi borstrengs í borun ætti því ekki að fara yfir 68.000 kg á þessum bor. Í festu hefði borinn yfir að ráða a.m.k. 20.000 kg togkrafti, allt eftir því hve djúpt hún er. Myndin sýnir borstreng annars vegar með 10.000 kg álagsstöngum og hins vegar 20.000 kg. Eru það mörk þess álags sem þarf að beita á krónuna því æskilegt álag er um 1 tonn á hverja þvermálmstommu krónu. Í borun með 8-1/2” krónu þarf þá 8.500 kg álag og nauðsynlegt að hafa álagsstengur sem eru um 10.000-11.000 kg í vatni, því ekki má leggja allar álagsstengur á krónuna (ca. 75% af þunganum til að viðhalda togi í borstöngum þar fyrir ofan). Álagsstöngum með 20.000 kg þunga er beitt við borun ofar í holunni

þar sem hún er víðari. Að framansögðu vaknar spurning um það hvort krafan um togkraft sem gerð er í útboðslýsingunni sé ekki óþarflega há.

Dæluafköst

Bordælur í tilboði Stafna ehf. eru 2 x 420hp stimpildælur sem hafa hvor um sig afkastagetu upp á 50 l/sec eða þrýsting upp á 21 MPa. Dælan er með fimm girum og með valkostum um stimpilstærð til að dekkja þetta afkasta- og þrýstisvið. Dælurnar sjálfar standast því umrædd viðmið um afköst og þrýsting í útboðsgögnum, en ekki um afl drifmótors sem til þarf við hámarksskilyrði. Dísel dælumótorinn ræður ekki við að knýja dæluna samtímis við 30 l/sec og 17MPa þrýsting, því afl hans er 450hp. Til þess þyrfti mótorinn að vera $818 \text{ hp} = 30 \text{ l/s} \cdot 60 \text{ s/mín} \cdot 170 \text{ bar} / (440 \cdot 0,85) = 818 \text{ hp}$. Til að bora dýpsta hluta holunnar mætti nota tvær dælur sem hvor hefði 20 l/sec í afköst við 12MPa en það samsvarar 385hp í afli sem er nokkuð sem 450hp mótorinn í boði ræður við. Í verklýsingu er gerð krafa um þriðju dæluna með óháðum aflagjafa upp á sömu afköst. Í tilboði Stafna ehf. er þessi varadæla ekki nefnd sérstaklega en hugsanlega mætti nota steypudæluna í þessum tilgangi sem er af gerðinni Halliburton HT400, en hún mun afkasta um 18 l/sec við 10 Mpa eða um 25 l/sec við 7Mpa. Allar dælurnar eru með sér aflagjafa þannig að því skilyrði er fullnægt.

Steypudæla

Steypudælan sem tilgreind er í tækjalýsingunni er af gerðinni HT400, framleidd af Halliburton, og er hún algengasta dælan sem notuð er við fóðrunarsteypingar. Tækjalýsingin er ekki mjög nákvæm hvað varðar lýsingu á steypukerfinu. Ætla má að boðinn sé International steyputrúkkur með einni HT400 dælu og tveimur efjutönkum með viðeigandi blöndunarbúnaði. Ekki sést hvernig þeir ætla að flytja og meðhöndla þurrsementið. Slifshaldari fyrir borstengur til steypingar “inner-string” er heldur ekki að sjá á listanum, en aftur á móti eru “cementing heads” sem ekki þarf. Frekari lýsingu ætti því að afla um steypubúnaðinn og hvernig þeir hyggjast manna hann.

Borstangir

Borstangir skulu vera að API Premium Class. Þetta eru gæðakröfur sem gerðar eru til notaðra stanga með tilgreindum slitmörkum. Í tilboði Stafna ehf. er þetta ekki tiltekið en líklega er um nýjar stengur að ræða, en það þarf að staðfesta. Boðnar eru 4” borstengur úr stáltegund S135. Stál S135 hefur háan brotstyrk og hefur það þótt ókostur til lengdar vegna aukinnar hættu á sprungumyndun í jarðhitavökva. Því hafa stengur úr stáltegund E75 gjarnan verið valdar til jarðhitaborana, en þær eru úr linara stáli og hafa helmingi minni styrk. Umræddur 180.000 kg togkraftur bormasturs getur slitið “API Premium Class” stöng úr E75, en ekki úr S135. Borstengur eru “Range 2” sem er algengasta lengd þeirra. Varðandi stangaval er athugandi að borað verði með 4-1/2” borstöngum í stað 4” því í þeim yrði minni rennslismótstaða. Boðnar stengur eru nógu sterkar til að þola eðlilega áraun við borverkið. Ekki kemur skýrt fram í lýsingu á bornum hve langar fóðringar mastrið ræður við og er ástæða að fá staðfest hvort það ráði við “Range 3” fóðurrör.

Hæð undir bor

Í tilboði Stafna ehf. eru tilgreindir öryggislokar að þvermáli 21-1/4” sem notaðir yrðu við alla áfanga borunarinnar. Þetta eru 5 lokar: 1 x Turning Safety Valve, 2 x Annular og 2 x Single Ram (blind + rod). Ekki kemur fram hve háir þeir eru til samans og hvernig þeir komast fyrir undir borpallinum. Í verklýsingunni er tiltekið að kjallarinn meggi ekki vera nema 1,6 m að dýpt og því er útilokað að lokarnir komist undir borpallinn á TM200, sem sagður er í 8 ft hæð yfir jörðu, án þess að hækka undir borinn eða dýpka kjallarann. Því þarf að kanna frekar hvernig Stafnar ehf. hyggjast leysa þetta vandamál. Einnig þyrfti Landsvirkjun að kanna hvort krafan um mestu kjallaradýpt 1,6 m sé ófrávíkjanleg.

Skráningarkerfi

Skráningarkerfi borsins er samkvæmt tækjalýsingu Stafna ehf. 10 penna Geolograph síriti sem skrifar á blað: weight on bit, penetration rate, rotary RPM, torque, pump pressure, depth, temperature up/down, backflow, downtime. Þetta er gamaldags en mjög traust kerfi og er enn að finna á flestum djúpborum. Það skráir allar stærðir sem um er beðið á “Geolograph” sírita. Ekki er

Því gerð athugasemd við þennan þátt sem lýst er í verklýsingunni III.4.4. Söfnun gagna og skýrslur. Nútíma skráningarkerfi eru stafræn og byggja á tölvuskráningu og skjábirtingu. Aftast í lið E sama kafla er setning sem segir “Afhenda skal gögn fyrir hverja holu á tölvutæku formi, jafnóðum og þau verða til, svo jarðfræðiráðgjafi geti fylgst með framgangi verksins, gegnum fjartengingu”. Þetta er í vissu ósamræmi við ákvæði um “Geolograph” skráningu. Skýrt þyrfti að koma fram að aðeins tölvuskráning komi til álita. Lýsing á þeim þætti lýsir helst því sem erlendis er nefnt “mud logging”. Á djúpborum erlendis eru oft tvö skráningarkerfi. Annað kerfið er fyrir bormenn sem felst í vísandi mælum og Geolograph siritun (nú oft stafræn tækni) og hitt kerfið byggir á stafrænum mælingum fyrir “mud logging” og snýr að rannsókn holunnar. Í tengslum við “mud logging” er unnið úr viðkomandi mælingum og gerð jarðlagagreining, nánast sú þjónusta sem ROS hefur annast í gámnum á borstað. Við “mud logging” erlendis eru það söfnunartæki rannsóknarmanna sem nálgast mæligildin og vista, ýmist frá eigin skynjurum eða frá skynjurum borsins. Ef krafan um stafrænt skráningarkerfi fullnægir rannsóknarþörfinni er nánast verið að bjóða út “mud logging” þátt verksins einnig, en án jarðfræðings. Þá hefði tilboðsgjafi e.t.v. sparað sér uppsetningu “Geolograph” kerfis og samið við undirverktaka um “mud logging” þjónustu hvað varðar skráningarkerfið. Niðurstaða þessara bollalegginga er að umbeðinni skráningarskyldu er fullnægt með Geolograph siritu Stafna ehf., og skýrar hefði þurft að kveða að um starfræna skráningu og nákvæmni skynjara í verklýsingunni ef eingöngu nýjasta gerð skráningarkerfa kæmi til álita.

Toppdrif

Nefnt er í útboðslýsingunni að toppdrif sé æskilegt. Borinn TM200 er með toppdrifi og fullnægir hann þeim kröfum sem eðlilegt er að gera í því sambandi. Athuga þarf hvort þrýstipól skolvatnsbarka (air/mud flid lines) sé eingöngu 69 bar (1000 psi) eins og nefnt er, því þolið þarf að vera a.m.k. helmingi meira. Snúningshraði er allt að 146 sn/mín og spyrjast ætti fyrir um hvort gír sé á drifinu. Einnig ætti að grennslast fyrir um hvort unnt sé að slaka borholumæli í gegnum toppdrifið til mælinga inni í borstrengnum. Toppdrif hefur ýmsa kosti við jarðhitaborun. Auðveldara er að halda krónu kældri við niðurstöðu í heita holu og festist borstrengurinn er hægt að dæla og snúa borstreng öllum stundum, ólíkt því sem tíðkast við “rotary table” bor í upptekt. Af þessum sökum á bor með toppdrifi síður á hættu að festast í holu. Við festu hefur toppdrifsbor aukna möguleika á að losa sig (tog/álag, snúningur, skol) og er ekki háður því einu að beita miklum togkrafti eftir að “kelly” stöng hefur verið aftengd eins og er á “rotary table” bor. Þetta er m.a. ástæða þess að borum sem hafa eingöngu “rotary table” drif fer mjög fækkandi. Vegna minni hættu á erfiðri festu er hægt að draga úr kröfu um mikinn togkraft bors með toppdrifi. Umrædd hola er bein, ekki skáboruð, og því er ennfremur síður hættu á aukinni mótstöðu við hífingar.

NIÐURSTAÐA

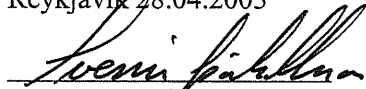
- Borinn sem Stafnar ehf. lýsir uppfyllir ekki kröfur um togkraft sem gerðar eru í útboðsgögnum HGV-03. Getu borsins er um helmingur af því sem krafist er. Engu að síður er komist að þeirri niðurstöðu að borinn hafi togkraft til að komast í umrætt dýpi, en getu borsins er þá fullnýtt.
- Dælur eru tvær og nógu stórar, en mótorafl ekki nægjanlegt til að knýja þær samtímis við mest rennsli og þrýsting sem krafa er gerð um í útboðslýsingunni. Dæluaflið er þrátt fyrir það talið fullnægjandi fyrir borun í umrætt dýpi. Varadæla, þriðja dælan, er ekki nefnd sérstaklega en nota má steypudæluna í neyð, en hún hefur ekki þau afköst sem krafa er gerð um.
- Steypudælan er fullnægjandi og það kerfi sem lagar steypueðjuna. Afla þarf frekari upplýsinga um flutning og meðhöndlun háhitaselementsins.
- Borstengur eru nægjanlega sterkar til að komast í umrætt dýpi. Athugandi að nota næstu stærð í vidd borstanga til að draga úr þrýstifalli og hafa úr linara stáli til að þola betur tæringu í jarðhitavökvanum.
- Miklar kröfur um öryggisloka gera það að verkum að mikla hæð þarf undir borinn til að koma þeim fyrir. Afla verður frekari upplýsinga um hvernig þessu verður fyrir komið.

- Skráningarkerfið er 10 penna Geograph síriti sem skrifar á pappír, ekki nýjasta tækni, en hann fullnægir kröfum í útboðslýsingu um hvað skuli skráð og um tíðni. Kröfu í útboðsgögnum um stafræna skráningu í tölvubúnaði með samtíma aðgengi er ekki fullnægt.
- Borinn er búinn toppdrifi og er það ákveðinn ávinningur við jarðhitaborun vegna betri kælingar á krónu og síður er hætt á erfiðri festu.

Af framsögðu er ljóst að borinn sem Stafnar ehf. miðar við í tilboði sínu er með togþol og dæluafl sem er aðeins um helmingur af því sem tiltekið er í útboðsgögnunum sem “lægstu viðmiðunartölur fyrir bor og tæki hans”. Í þessari greinargerð er þó komist að þeirri niðurstöðu að TM200 borinn ætti að ráða við umrætt borverk en geta hans yrði þá fullnýt. Í útboðslýsingunni eru gerðar miklar kröfur um tog og dæluafl sem spurning er hvort séu nauðsynlegar. Einnig er það spurning hvort borinn sem hinn tilboðsgjafinn býður til verksins standist þessar kröfur fyllilega, en það er ekki þessa verks að meta það. Erfiðast við að nýta bor af millistærð í þessu tilfelli er væntanlega takmörkuð hæð fyrir öryggislokana undir borpalli. Dýpri kjallari er einfaldasta lausnin til að bæta úr því, sé það talið ásættanlegt.

Önnur atriði en þau fjögur sem hér er fjallað um samkvæmt verkbeiðninni, þarf að skoða við mat á tilboði Stafna ehf.

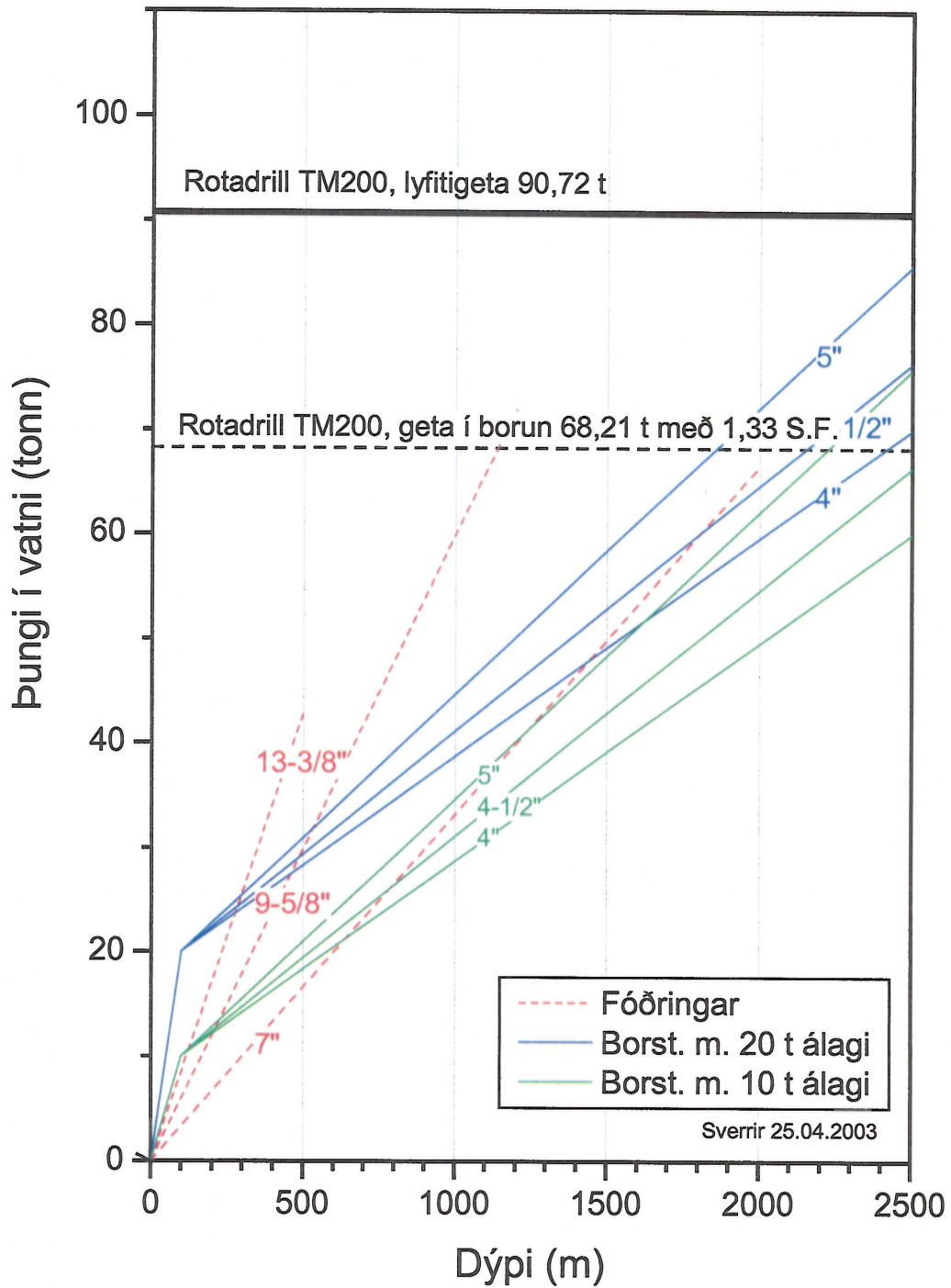
Reykjavík 28.04.2003



Sverrir Þórhalsson

Deildarstjóri Verkfræðideildar

DÝPTARGETA BORA



Mynd 1. Graf til að meta nauðsinlegan togkraft bors til að ná ákveðnu dýpi. Þyngi borstrengs í vatni vs. dýpi. Borinn Rotadrill TM200 sýndur sem dæmi.