

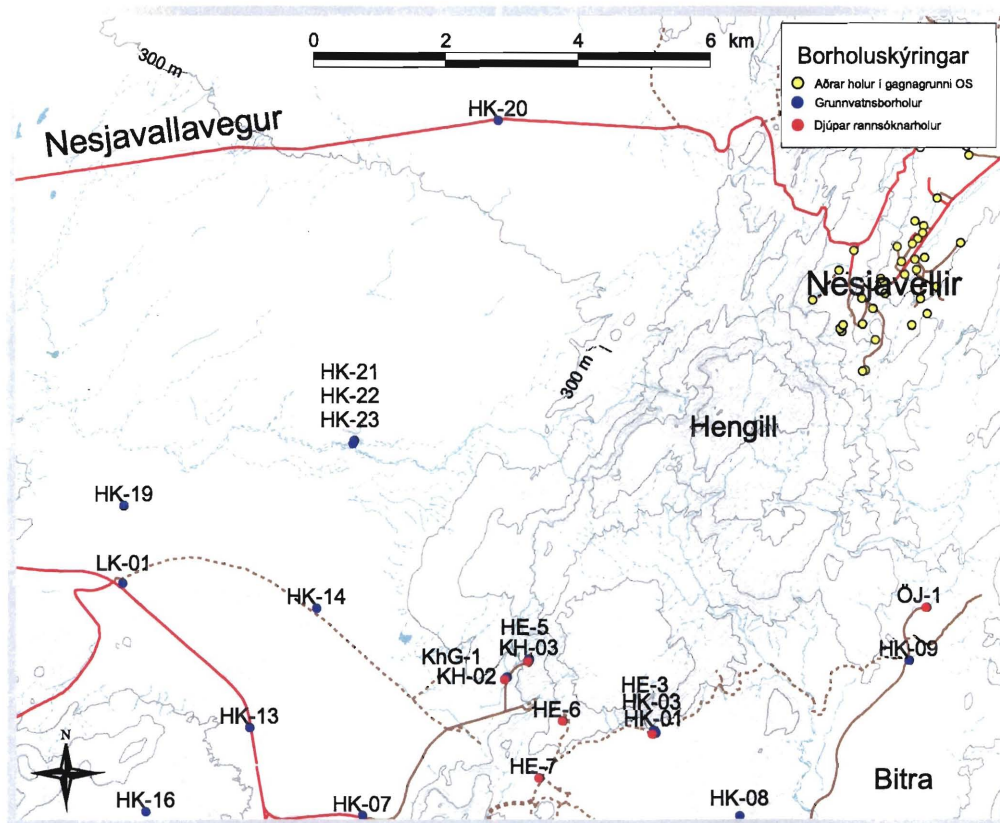
Orkuveita Reykjavíkur
Um vatnsöflun við Engidalskvísl fyrir Helliðarvirkjun

Þórólfur H. Hafstað
Gunnar Gunnarsson

Orkuveita Reykjavíkur

Um vatnsöflun við Engidalskvísl fyrir Hellsheiðarvirkjun

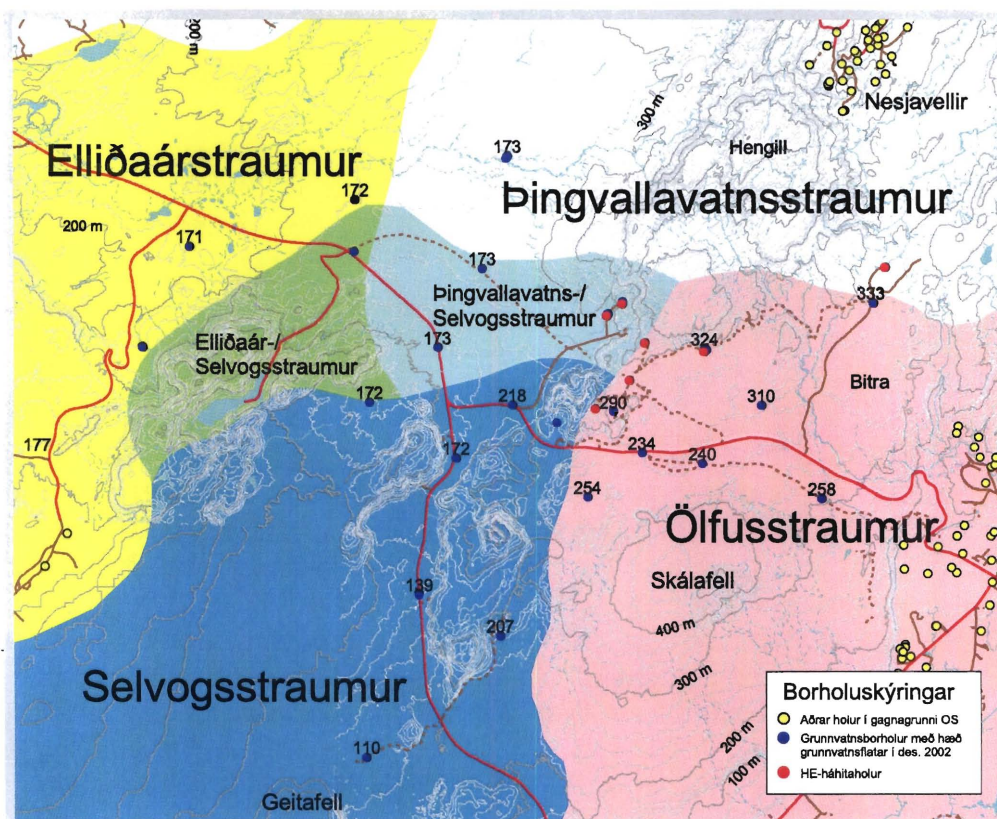
Áformuð Hellsheiðarvirkjun þarf geysimikið ferskvatn. Hér segir frá dælingu úr tveimur tilraunaholum við Engidalskvísl um tveggja vikna skeið í byrjun febrúar 2003. Tilgangurinn var að fá gleggri mynd af samspili vatnsmagns og niðurdráttar en fengist hafði við stutta úrdælingu þann 27. desember 2002 (Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson, 2003). Þá hafði komið í ljós að niðurdráttur vatnsborðsins væri afar lítill við ríflega 100 l/s úrdælingu og með dælingunni núna í febrúar fékkst staðfesting á því. Meiningin hafði hins vegar verið að prófa holurnar við eins óhagstæð skilyrði og mögulegt væri með tilliti til grunnvatnsaðstæðna. Það tókst hins vegar ekki því veðurfar á dælingatímabilinu var rysjótt. Töluverð rigning var af og til og frostleysi í jörð gerði það að verkum að úrkoma og annað írennsli skilaði sér fljótt og vel til grunnvatnsins. Minna reyndi því á grunnvatnsgeyminn en ætlunin hafði verið. Samt fengust nokkuð trúverðugar niðurstöður, eins og hér verður frá sagt.



Mynd 1. Lauslegt yfirlit um athafnasvæðið. Dælt var úr holum HK-22 og HK-23. Meðan á dælingu stóð var daglega fylgst með vatnsborðsbreytingum í þeim og að auki í HK-21, sem er á áhrifasvæði dælingarinnar rétt hjá dæluholunum. Utan áhrifasvæðisins var reglulega mælt í HK-14, sem er 2½ km suður af tilraunaholum. Að auki var mælt öðru hverju í HK-19 beint norður af Litlu-Kaffistofunni (LK-01) og HK-20, sem er norður við Nesjavallaveg. Grunnvatnsborð á svæðinu er fljótt að breytast vegna úrkomu, sem mætavel sást í umhleyplingunum meðan á dælingu stóð.

Grunnvatn á Hengilssvæðinu

Afrennslíshættir grunnvatnsins á svæðinu umhverfis Hengil eru engan veginn einfaldir. Undanfarin tvö ár hafa um 20 rannsóknarholur verið boraðar til að fá sem besta mynd af grunnvatnsborðinu. Með því móti hefur heildarmyndin skýrst smám saman og á enn eftir að verða ljósari eftir því sem mælingum fjölgar og grunnvatnslíkan Verkfræðistofunnar Vatnaskila eflist og dafnar. Skilin milli einstakra grunnvatnsstrauma fylgja sjaldnast vatnaskilum á yfirborði og víðast er þarna verulega djúpt niður að grunnvatnsborði. Í borholum við Bláfjöll er það hvað dýpst og hefur mælst vera rúmlega 250 m niður á grunnvatn. Neðan vatnsborðs eru margvísleg og misvel vatnsleiðandi jarðlög, sem eiga sinn þátt í að stýra grunnvatnsstreyminu. Þessi jarðlög koma sjaldnast fram á jarðfræðikortum.



Mynd 2. Grunnvatnshæð á rannsóknarsvæðinu í desember 2002. Sýnd er hæðarlega vatnsborðsins í einstökum holum (m y.s.). Á stóru svæði frá Þrengslum vestur að Litlu-Kaffistofunni og norðun undir Engidalskvísl er grunnvatnsflöturinn áberandi flatur og út frá þessari flatneskju falla grunnvatnsstraumar til suðurs og einnig vesturs og norðurs í átt að Þingvallavatni vestan undir Henglinum. Grunnvatnsskilin milli þessara strauma geta færst til eftir úrkomu- og írennslisaðstæðum hverju sinni. Við ákveðnar aðstæður virðist hugsanlegt að holurnar, sem dælt var úr við Engidalskvísl, geti til að mynda dregið að sér grunnvatn, sem að öllu jöfnu mundi síga til suðurs í átt að Selvogi eða Þorlákshöfn (Sigurður Sveinn Jónsson o.fl., 2003).

Tilraunaholurnar eru á norðurbakka Engidalskvíslar um tvo kílómetra vestur af Húsmúla. Áin er vægast sagt frekar stopult vatnsfall en um rennslishætti hennar er að öðru leyti ekki mikið vitað. Hún á upptök sín í vestanverðum Henglafjöllum og í verulegum vatnsveðrum eða miklum hlákum nær hún að renna alla leið niður í Fóelluvötn norðan við Sandskeið og jafnvel áfram niður í Lækjarbotna. Á þessari leið hefur hún skipt tvisvar um nafn og heitið Lyklafellsá og Fossvallaá. Það er þó ekki árvísst að hún nái að renna svo langt á yfirborði. Alla jafnan er hún horfin í jörð löngu áður en niður að vötnunum kemur. Vatnið í árfarveginum er því “hangandi” vatnsborð og vestur af Húsmúla rennur áin nokkra tugi metra fyrir ofan grunnvatnsborð.

Samkvæmt grunnvatnslíkaninu, sem nú er í smíðum, eru tilraunaholurnar við Engidalskvísl boraðar niður í grunnvatnsstraum, sem þarna sígur til norðurs í átt að SV-horni Þingvallavatns. Samkvæmt líkaninu eru holurnar nálægt grunnvatnsskilum eins og fram kemur á mynd 2. Aðeins sunnan þeirra fer vatn að falla til suðurs í átt að Selvogi en litlu vestar rennur grunnvatn að vatnasviði Elliðaána. Allir þessir grunnvatnsstraumar eiga sameiginleg upptök á nokkurs konar “grunnvatnssléttu” sem teygir sig allt frá Þrengslum vestur undir Litlu-Kaffistofunni og er undir Svínahrauni og Svínahraunssbruna allt suður undir Eldborg. Á þessum slóðum liggur grunnvatnsflöturinn alla jafnan um og yfir 170 m y.s. Af vatnsborðsmælingunum í holunum núna í febrúar að dæma, virðist úrkoma vera mjög fljót að skila sér niður til grunnvatnsins og sama gildir efalaust líka um það vatn, sem tapast niður í farvegi Engidalskvíslar. Lega vatnaskila milli þessarra nefndu grunnvatnsstrauma er að sama skapi dálítið breytileg eftir tíðarfari hverju sinni, eins og reynt er að sýna á mynd 2, en hún er sumpart gerð eftir myndum Verkfræðistofunnar Vatnaskila (2002).

Eftir að Engidalskvísl smokrar sér út úr fjallakeðjunni norðan Húsmúla rennur hún út á Mosfellsheiðargrágrýti meðfram jaðri Svínahrauns (Leitahrauns) og stundum uppi í því (Kristján Sæmundsson, 1995). Vísast sígur töluvert vatn frá ánni inn í hraunkantinn þar eins og það gerir við útfallið úr Draugatjörn sunnan undir Húsmúlanum. Hugsanlegt er líka að misgengisbrot með norðaustlæga stefnu, sem liggja þvert á farveg kvíslarinnar, eigi einnig sinn þátt í að sloka vatnið úr kvíslinni í sig. Samkvæmt forsendum reiknilíkansins eru þarna vel vatnsleiðandi jarðlög, sem mynda nokkurs konar rein vestan undir Hengilshálendinu og beina þau grunnvatnsstraumi frá Svínahraunssvæðinu til norðurs í átt til Þingvallavatns, eins og sýnt er á mynd 2. Tilraunaborholurnar, sem hér eru til umræðu, taka vatn sitt úr þessu vel leiðandi bergi. Stórfellt vatnsnám á þessum slóðum mun að nokkru leyti njóta góðs af því vatni, sem þarna sígur í jörð sem úrkoma og sem lekur úr kvíslinni. Jafnframt er við því að búast að hin vel vatnsleiðandi jarðlagarein greiði grunnvatninu leið til hugsanlegs vinnslusvæðis við Engidalskvísl og stækki þannig í raun vatnstökusvæðið til suðurs.

Farvegur Engidalsár liggur sem sagt þvert á allmikinn grunnvatnsstraum, sem hnígur í átt að Þingvallavatni. Þegar eitthvað rennsli er í ofanverðum farvegi árinna, sígur vatn úr honum niður í þennan straum. Sé hins vegar mikið í ánni nær hún að renna yfir “Þingvallavatnsstrauminn” og þá skilar hluti rennslis hennar sér á vatnasviði Elliðaána. Þessar afrennslisaðstæður eru afar sértstakar en samt sem áður engan veginn einstakar hér um slóðir. Austan í Henglinum eru vatnafarslegar aðstæður með nokkuð sambærilegu móti. Þar rennur Hengladalsá austur um Hellisheiðarhraun, nánast þvert yfir grunnvatnsstraum, sem þar er með suðlæga stefnu. Umtalsverður hluti Hengladalsárinnar sytrar að öllum líkindum niður í hraunið þar þó oftast nái mestur hluti hennar austur á Kambabrún og alla leið niður í Varmá (Þórólfur H. Hafstað og Freysteinn Sigurðsson, 2000).

Dælingaholurnar við Engidalskvísl

Tilraunaholum tveimur (HK-22 og HK-23) var valinn staður eftir að rúmlega tuttugu könnunarholur höfðu verið boraðar víðs vegar um Hellisheiði, Svínahraun og suður um Þrengsli (Sigurður Sveinn Jónsson o.fl., 2003). Áformuð Hellisheiðarvirkjun krefst mjög mikils ferskvatns og frá henni getur stafað grunnvatnsmengun ef ekki er rétt að málum staðið. Talað hefur verið um að þarna þurfi allt að 1000 l/s, sem er ekki fjarri því sem þarf til að fullnægja neysluvatnspörf Reykjavíkur og aðliggjandi sveitarfélaga. Með staðgóðri þekkingu á afrennsli grunnvatnsins á þessum slóðum á þó að vera hægt að nýta kalda vatnið í stórum stíl án þess að spilla því.

Dælingaholurnar voru boraðar á jólaföstu 2002 með Ými, jarðbor Jarðborana h/f í samræmi við verklýsingu, sem gerði ráð fyrir 220 m djúpum holum (Sigurður Guðjónsson 2002). Þær voru staðsettar í næsta nágreppi við rannsóknarholuna HK-21 með það fyrir augum að hana mætti nýta sem athugunarholu meðan á prufudælingu stæði. Allar eru holurnar í norðurjaðri þurrs leysingavatnsfarvegur um 150 m norðan við Engidalskvísl á Mosfellsheiði. Þarna eru tæpir 70 m niður að grunnvatnsborði.

Dælt var í tilraunarskyni um nokkurra klukkutíma skeið úr vinnsluholunum HK-22 og HK-23 við Engidalskvísl milli jóla og nýárs 2002. Meiningin var annars vegar að reyna að meta heildarniðurdrátt við dælingu á fullum afköstum úr báðum holunum en hins vegar að þreppaða a.m.k. aðra vinnsluholuna til að meta afkastaferil hennar (Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson, 2003). Sú dæling benti til að holurnar væru sérlega vel heppnaðar, en misgæfar þó.

Innbyrðis er afstaða holnanna, frágangur og fóðringar með þessum hætti:

Milli HK-21 og HK-22 eru 29.63 m, milli HK-21 og HK-23 eru 53.30 m, milli HK-22 og HK-23 eru 27.17 m, milli HK-23 og rennislismælingakars eru 20 m. Rennisliskarið og dæluholurnar (HK-23 og HK-22) eru á línu 45° austan við norður. HK-21 er með Ø8" lausa fóðringu í 78 m dýpi: Var boruð í 103 m, en stendur í 87 m. HK-22 er með Ø10¾" lausa fóðringu í 122.5 m dýpi: Hún var boruð í 153 m með 9/8" lofthamri, lenti þar í kargakenndu efni og miklu vatni, sem kæfði hamarinn. HK-23 er með Ø10¾" lausa fóðringu í 121.5 m dýpi. Var boruð með 9/8" í 158 m og áfram með 6¾" hjólakrónu og lofti í 202.5 m; eftir það fékkst ekkert svarf upp og var borun því hætt. Holan er að hluta hrunin saman á 163 m dýpi en líklega kemst vatn upp með hruninu (Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson, 2003).

Allar voru holurnar boraðar með DTH-lofthamri en HK-23 var boruð með hjólakrónu og lofti neðan við 158 m þar sem lofthamarinn vann ekki lengur vegna vatnsaga. Fóðrað var jafnóðum og notaður Holte-búnaður og hjámiðjukróna. Jarðlagasnið, sem gerð eru eftir svarfinu úr vinnsluholunum (HK-23 og HK-22) eru á mynd 3. Jarðlög neðan vatnsborðs virðast vera nokkuð misvel vatnsleiðandi grágrýtishraunlög (ólivín-póleít). Rétt neðan við fóðringarnar ber töluvert á kargakenndum lögum, sem væntanlega eru gropin og sæmilega vel vatnsgefandi. Á tæplega 180 m dýpi er komið niður í bólstraberg (í holu HK-23) og er það ríkjandi niður á 202 m, en þar var borun hætt þar sem ekki náðist lengur upp svarf og hætta var á að borinn festist, nema holan yrði fóðruð dýpra. Það hefði þurft að gera með raufaðri fóðringu til þess að hið vel vatnsgefandi bólstraberg yrði ekki lokað af. Raufuð fóðring hefði samt sem áður dregið nokkuð úr vatnsgæfni holunnar, þannig að afráðið var að hætta borun þó fyrirhuguðu dýpi hefði ekki verið náð. Fyrir vikið er ekki vitað hversu þykkt bólstrabergslagið er á þessum slóðum en það er efallítið afkastamesti grunnvatnsgjafinn.

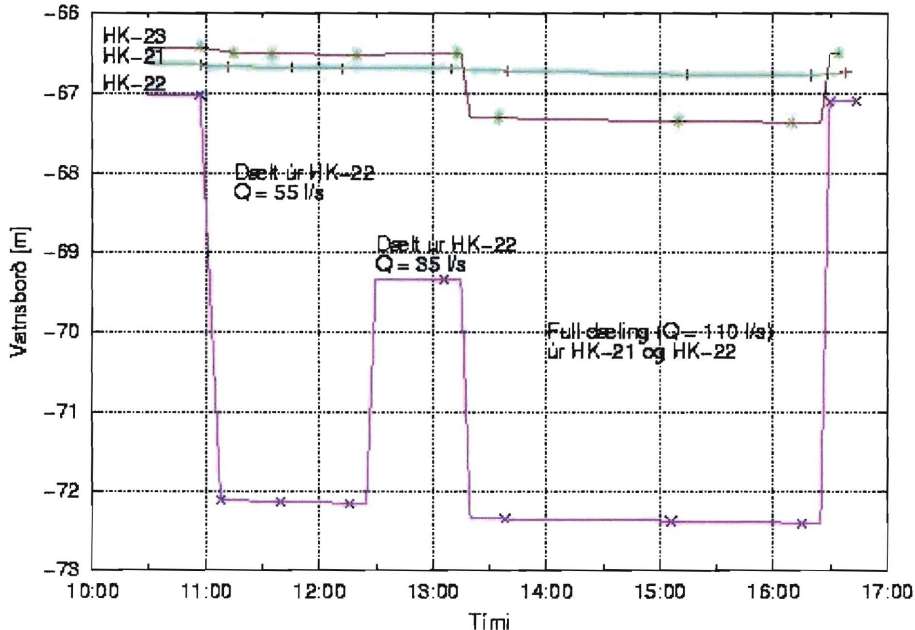
Skammtímadælingin

Helstu niðurstöður dælingar úr HK-22 og HK-23 þann 27. desember 2002 voru einfaldlega þær að ríflega 100 l/s dæling orsakaði lítinn niðurdrátt grunnvatnsborðsins og að vatnsborðið virtist vera fljótt að jafna sig á ný eftir stutta dælingu. (Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson 2003). Dæluholurnar brugðust misvel við dælingunni:

Þegar dælan í HK-22 var keyrð á fullum afköstum reyndist niðurdráttur vegna holutaps (iðustreymisstaps) vera 4,75 m meðan lagstreymistapið orsakaði aðeins um 40 cm niðurdrátt.

Niðurdráttur í HK-23 var ekki mældur sérstaklega með því að dæla úr henni einni. Ef það hefði verið gert má reikna út að hann hefði aðeins orðið 10 - 20% af niðurdrættinum í HK-22 eða aðeins um 85 cm miðað við 53 l/s dælingu.

Meðan dælt var úr báðum holunum á fullum afköstum (100-110 l/s) mældist vatnsborðslækkunin í rannsóknarholunni HK-21 einungis um 13 cm. Líklegt er að jafnvægi hafi ekki verið náð og endanleg áhrif hafi því ekki verið komin fram eftir svona stutta dælingu. Samt þótti vera hægt að fullyrða að á þessum slóðum ætti "svæðisniðurdráttur" alls ekki að vera mikill, þó þarna yrði verulega mikil vatnsvinnsla. Þetta fékkst staðfest í hálfsmánaðardælingunni, því þá mældist mest 20 cm niðurdráttur í HK-21. Hitastig vatnsins virtist vera nokkuð stöðugt meðan á dælingu stóð og mældist það 3,3°C á vatninu upp komnu. Þetta breyttist ekki í langtímadælingunni og sami hiti mælist vera í HK-21.



Mynd 4. Skammtímadæling úr HK-22 og HK-23 þann 27. desember 2002. Munurinn á vatnsgæfni holnanna er áberandi mikill. Efalaust er hann fyrst og fremst vegna þess að HK-23 nær niður í bólstaber eins og sýnt er á mynd 3 en ekki HK-22. Áhrif dælingarinnar á vatnsborðið í mælingaholunni HK-21 eru áberandi lítil og bendir það ótvírætt til að grunnvatnsveitirinn sé mjög vel vatnsleiðandi. Þessi úrdæling var hins vegar svo stutt að fullkomið jafnvægi milli niðurdráttar og dælingar náðist ekki.

Hálfsmánaðar dæling úr holunum

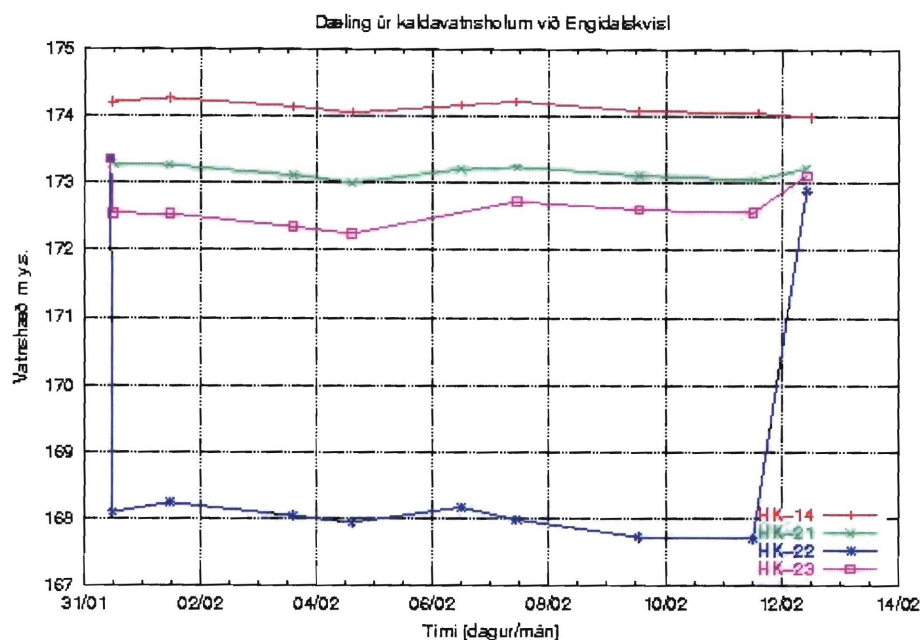
Tilgangurinn með þessu dælingaskeiði átti að vera að kanna viðbrögð grunnvatnsgeymisins við vatnstöku við óhagstæð skilyrði. Í febrúarmánuði má alla jafnan búast við að grunnvatnsmyndun sé lítil eða engin. Þá fellur úrkoma oftast sem snjór og jarðklaki hindrar að skyndiblotar skili sér niður í grunnvatnið. Grunnvatnsgeymirinn átti með öðrum orðum að vera í hálfgerðu svelt meðan á dælingu stæði. (Þórólfur H. Hafstað, 2003). Með því móti þótti vera hugsanlegt að hann gæti sýnt önnur viðbrögð en komið höfðu í ljós í stuttu úrdælingunni. Þetta getur sérstaklega átt við ef geymirinn hefur takmarkaða útbreiðslu. Í stuttu máli kom veðráttu í veg fyrir að þetta tækist sem skyldi. Umhleytingar, sem voru allan tímann meðan dælt var, gerðu það að verkum að grunnvatnsborð var dálítið breytilegt. Þegar upp var staðið var ástand þess með svipuðum hætti og verið hafði í byrjun dælingarinnar, eins og sýnt er á mynd 5.

Dæling úr HK-22 og HK-23 hófst 31. janúar og stóð til 11. febrúar. Úr hvorri holu fengust sem næst 55 l/s og er reiknað með að vatnsmagnið hafi verið stöðugt allan tímann. Sem fyrr var frárennslið aðeins leitt stuttan spöl frá holunum. Meðan á dælingu stóð var reglulega fylgst með vatnsborðsbreytingum í þeim og HK-21, daglega, ef fært var vegna veðurs. Utan áhrifasvæðisins var reglulega mælt í HK-14, sem er 2½ km suður af prufuholunum og að auki af og til í HK-19 beint norðan við Litlu-Kaffistofuna og HK-20, við Nesjavallaveg (sjá mynd 1).

Í ljós kom að niðurdráttur var fljótur að koma fram í Engidalskvíslarholunum þremur eftir að dælingin hófst og hann hélt sér í höfuðdráttum lítt breyttur eftir það, eins og sýnt er á mynd 5. Vatnsborðsbreytingar vegna úrkomu og annars írennslis voru fljótur að koma fram í viðmiðunarholunum og það sama á við um holurnar við Engidalskvísl og virðast breytingarnar í stórum dráttum fylgjast að. Geymirinn, sem vatnið skaffar, virðist vera stór, eða alla vega miklu stærri en svo að rúmlega 100 l/s úrdæling hafi merktanleg áhrif á hann. Því er ekki fært að finna jaðra hans með þessari dælingu. Hann er mjög velleiðandi og næmur fyrir úrkomu og öðrum írennslisbreytingum.

Þetta eru í hnotskurn þær ályktanir, sem af þessari tilraun má draga. Hér á eftir verður reynt að kreista ögn meira út úr þeim mælingum, sem gerðar voru. Þær vangaveltur verður að taka með þeim fyrirvara að margt er enn algerlega óvísst um gerð og eðli jarðlaganna, sem vatnið er dregið úr. Til að mynda vitum við ekki hversu þykkt og útbreitt hið vatnsgefandi bólstrabergslag er. Holan HK-23 nær aðeins ofan í það en væri enn gjöffulli ef hún næði alveg í gegn um það. Óvísst getur líka verið að hve miklu leyti á að líta á bólstrabergið sem opinn vatnsleiðara. Þá er hvorki vitað hversu mikil né hve stöðug áhrif rennsli í Engidalskvísl hefur á grunnvatnið þar í grennd og ekki heldur hvernig leki frá henni skilar sér til þess.

Þær upplýsingar, sem fást við keyrslu grunnvatnslíkans Vatnaskila, verða sífellt gleggri eftir því sem fleiri mælingar á náttúrulegu ástandi bætast við. Fróðlegt gæti verið að athuga hvernig líkanið bregst við ef reiknað væri með stórfelldri uppdælingu við Engidalskvísl og bera það saman við raunveruleikann. Hugsanlegt er að koma upp einhvers konar mælingum á rennslinu í Kvíslinni ofan (austan) við borholurnar. Með því er líklegt að eitthvað mat fengist á hvernig og hve mikið sigur frá henni til grunnvatnsins og þar með gæti það bætt líkanið enn betur.



Mynd 5. Vatnsborðsbreytingar á dælingatímabilinu. Holan HK-14 er utan áhrifa-svæðis dælingarinnar. Vatnsborðsbreytingar í henni virðast vera í takt við holurnar við Engidalskvísl en þó heldur dempaðri. Þetta samspil er sýnt nánar á mynd 6. Áberandi er hve niðurdrátturinn í HK-22 er miklu meiri en í HK-23 þrátt fyrir að sama vatnsmagni sé úr þeim dælt (um 55 l/s). Fullur niðurdráttur næst á nokkrum klukkutímum eftir að dæling hefst og helst án mikilla breytinga allan tíman. Eftir að dælingu lýkur jafnar vatnsborðið sig nokkuð fljótt, eins og sýnt er nánar á mynd 8.

Þrjár dæmisögur

Reynandi er að gera grein fyrir sambandi niðurdráttar og dælingar með því að setja upp einföld dæmi og þrautnýta þær upplýsingar, sem þrjú dælingarnar gefa. Eftirfarandi dæmi eru fram sett sem tilraun til að finna stærðargráðu niðurdráttar vatnsborðsins við stórfellda dælingu. Til að það sé gerlegt verður að takmarka forsendurnar dálítið en þær takmarkanir eru samt alls ekki miklar:

Reiknað er með að nýjar dælingarholur verði ekki lakari en HK-23 virðist vera.

Gert er ráð fyrir að veitirinn sé opinn og að úrkoma og írennsli eigi greiða leið niður.

Gert er ráð fyrir að veitirinn hafi mikla útbreiðslu og þoli mikla vatnstöku.

Ekki er tekið tillit til að aðeins er borað niður í bólstrabergið en ekki í gegn um það.

Gert er ráð fyrir að niðurdráttur í HK-23 sé um 90 cm ef 55 l/s hefði verið dælt úr henni einni, þ.e. ekki er reiknað með neinum áhrifum frá hinni holunni.

Í mælingholunni HK-21 mældust heildaráhrif >100 l/s dælingar um eða innan við 20 cm. Þessi vatnsborðslækkun er hér kölluð svæðisniðurdráttur.

Hér er áætlað hvað niðurdráttur vatnsborðsins verði mikill miðað við 500 l/s dælingu. Notaðar eru einfaldar reikniaðferðir og helst stuðst við Kruseman og De Ritter (1970).

1. dæmi. Dæling 50 - 55 l/s orsakar um 90 cm niðurdrátt og er þá reynt að líta fram hjá iðustreymistapi í holuveggjum. Út úr þessu dæmi fæst með aðferð Logans að leiðnin (transmissivity) sé $T = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Gróflega reiknað ætti 500 l/s dæling þá að gefa um 9 m niðurdrátt vegna lagstreymis, þ.e. án holutaps.

2. dæmi. Stutta dælingunni gaf okkur afkastaferil HK-22. Með grófri nálgun má ætla að lagstreymistapið í HK-23 hið sama og þar. Þetta má nota til að reikna nýjan afkastaferil fyrir hana eftir niðurstöðutölum úr skammtímadælingunni. Sá reikningur gefur að líking afkastaferils HK-23 sé u.þ.b. $Y = 0,00036X^2 + 0,0084X + 68$. Út úr því dæmi fæst að heildarniðurdráttur við 500 l/s dælingu yrði um 95 m og þar af væru 90 m vegna holutaps en aðeins tæpir 5 m af völdum lagstreymis.

3. dæmi. Þá má ætla niðurdráttinn ef dælt yrði úr mörgum holum á tiltölulega litlu svæði út frá innbyrðis áhrifum milli þeirra samkvæmt aðferð Dietz. Þá fæst enn hagstæðari niðurstaða: Gerum ráð fyrir að boraðar yrðu 10 holur á um eins hektara svæði. Úr hverri yrði dælt 50 l/s með um 1 m niðurdrætti en að auki ca. 10 cm áhrifum frá hverri af hinum holunum. Samtals þýðir þetta að vatnsborðslækkunin ætti að verða tæpir 2 m á svæðinu.

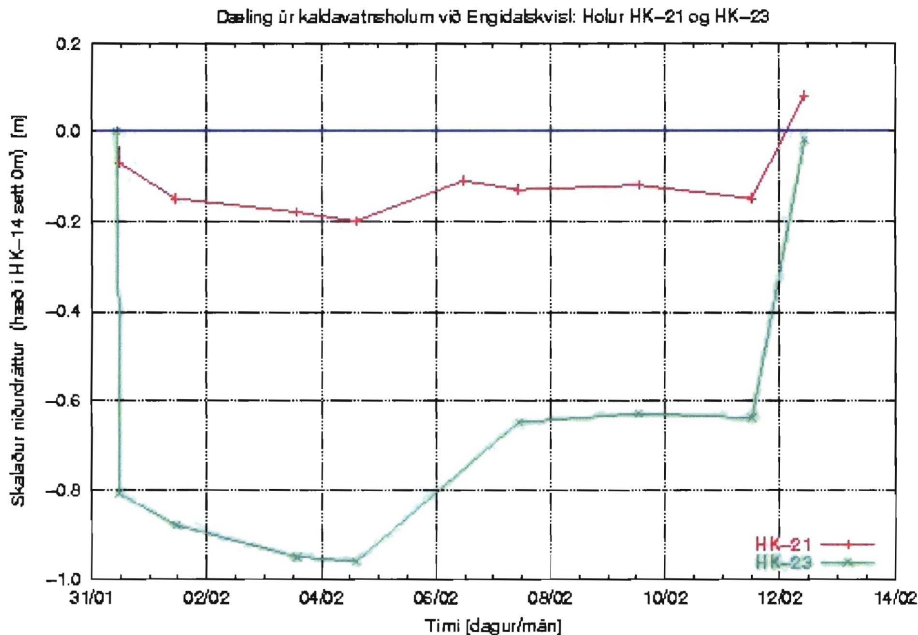
Úrkoma og írennsli

Úr öllum dæmunum hér að ofan fæst að við 500 l/s dælingu ætti niðurdrátturinn rétt hjá vatnstökustaðnum að vera innan við 10 m. Sé þetta rétt verður að segja að niðurdráttaráhrifin séu lygilega lítil. Leiðnin reiknast töluvert há í fyrsta dæminu og ef vatnsgefandi jarðlög hafa verulega mikla útbreiðslu ætti vatnið að geta streymt að vinnsluholum af mjög stóru svæði. Samkvæmt reiknilíkani Vatnaskila er þarna um vel vatnsleiðandi berg að ræða og það hefur dálitla N – S stefnuvirkni. Þegar lektargildunum líkansins hefur verið breytt í leiðni (mynd 9) virðist vera afar gott samræmi milli líkansins og dæluþrófunarinnar þrátt fyrir að veðurfarsaðstæður hafi ekki verið sem skyldi. Enn eru þó grunsemdir um að dælingin hafi ekki sýnt alveg “réttu” niðurstöðu og að í henni sé truflun vegna tíðarfars. Sú truflun gæti verið vegna mismikils rennslis í Engidalskvísl dagana sem dælt var, en þar með hefur leki frá henni til grunnvatnsins verið mismikill. Einnig gæti verið að vatnið, sem upp var dælt hafi aftur leitað niður og í raun sé undir lok dælingarinnar farið að hringdæla því.

Áberandi er hversu vatnsborðsbreytingarnar í holunum við Engidalskvísl eru samstiga í mælingaholunni HK-14 meðan á dælingaskeiðinu stendur. Þá skiptust á frost og þíður, þurrviðri og rigningar. Áhrif þessara rigninga koma fljótt og vel fram á báðum stöðum og virðast við fyrstu sýn fylgjast mætavel að, eins og mynd 5 ber með sér. Á sama tíma rann Engidalskvíslin misjafnlega langt niður eftir farvegi sínum. Nú hlýtur seytl frá ánni að hafa meiri áhrif næst svæðinu þar sem dæluholurnar eru. Þykir þá ekki útilokað að sjá megí hlut þessa írennslis í grunnvatnið sem aukalega hækkun á grunnvatnsborðinu þar umfram annars staðar á svæðinu.

Mynd 6 er teiknuð með þetta í huga. Á myndinni er vatnsborð í holu HK-14 notað sem viðmið og teiknað eins og það hefði verið stöðugt allan tímann sem dælt var við Engidalskvísl. Á myndinni sést að frá því að dæling er hafin fer vatnsborðið smálækkandi holunum fyrstu dagana. Mestur mælist niðurdrátturinn í dæluholunni HK-23 þann 4. mars, rétt tæplega 1 m. Eftir það hækkar í holunni um nærri 30 cm milli mæl-

inga og eftir það heldur vatnsborðið sér nokkurn veginn óbreytt allt til loka dælingar. Vatnsstaðan í mælingaholunni HK-21 hagar sér alveg í samræmi við þetta og raunar líka HK-22, en vatnsborðsbreytingarnar í henni eru ekki sýndar á myndinni.



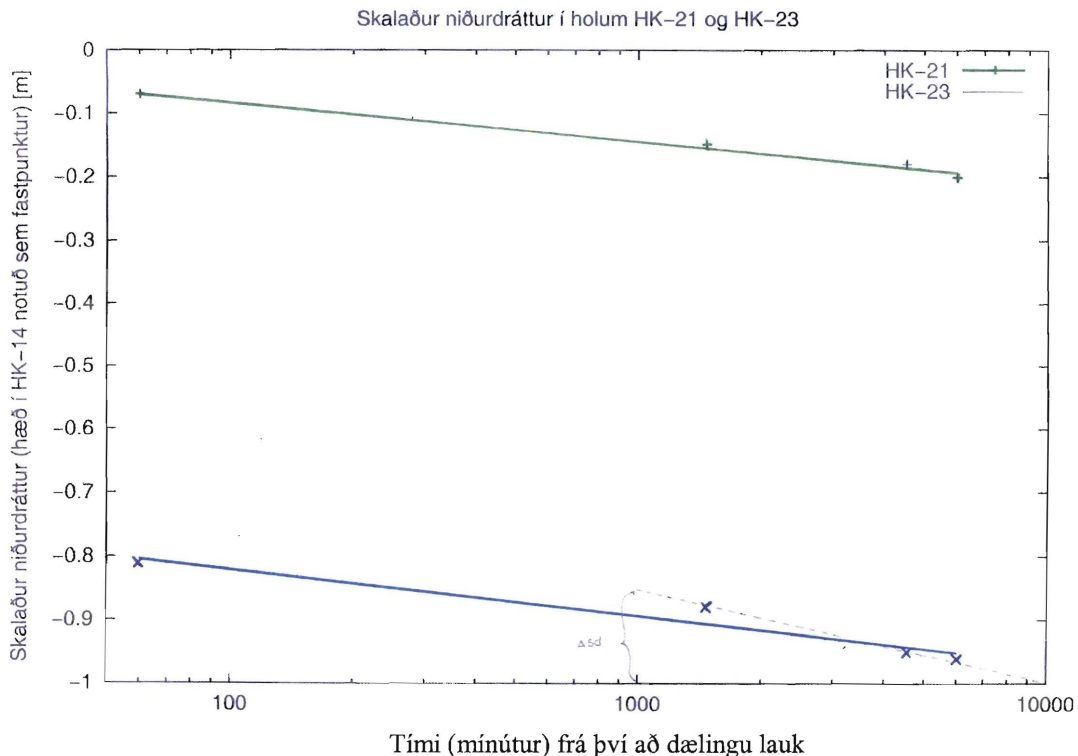
Mynd 6. Hér eru skalaðar vatnsborðsbreytingar sýndar; það er látið svo sem að engar vatnsborðsbreytingar hafi orðið í HK-14 (blá lína) meðan á dælingunni stóð. Niðurdrátturinn í dæluholunni HK-23 varð mestur tæplega einn metri og svæðisniðurdráttur (í mælingaholunni HK-21) u.þ.b. 20 cm. Eftir nokkurra daga dælingu minnkaði niðurdrátturinn verulega í báðum holunum, annað hvort vegna áhrifa frá Engidalskvísl eða vegna áhrifa afrennslisvatnsins.

Eðlilegast er að álykta að dæluholunum hafi borist “nýtt” vatn, þ.e. grunnvatn, sem ekki býðst á slóðunum umhverfis mælingaholuna HK-14. Þetta aðskotavatn getur annað hvort verið flóðavatn, sem hripar úr Engidalskvísl í grenndinni eða vatnið sem upp var dælt og seig í jörðu á ný í næsta nágrenni við holurnar.

Hvoru sem um er að kenna þá verður áberandi breyting á niðurdráttarferlinum eftir u.þ.b. 5 daga dælingu. Fram að því er niðurdrátturinn að vaxa smám saman og væri hann framlengdur hefði hann e.t.v. orðið allt að 1½ m undir lok dælingarinnar. En í stað þess snarhækkar í holunni í kring um 6. febrúar og vatnsborðið er nokkuð stöðugt eftir það. Stöðugleikinn á seinni hluta dælingarskeiðsins bendir til að írennslíð niður í grunnvatnið sé jafnt og stöðugt. Þá beinist grunurinn ótvírætt að affallsvatninu frá dælunum. Því var, eins og fram hefur komið, fargað rétt hjá dæluholunum. Eftir því sem best er vitað rann vatnið a.m.k. ½ - 1 km vestur eftir farvegasvæði Engidalskvíslar, en virðist oftast nær síga þar í jörðu á tiltölulega afmörkuðu svæði (Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson, 2003). Þetta vatn hlýtur fyrr eða síðar að skila sér niður í grunnvatnið á sama hátt og “náttúrulegur” leki úr árfarveginum og það er líka miklu stöðugra en rennslíð í Kvíslinni þessa umhleypingadaga. Stöðugleiki vatnsborðsins eftir 7. febrúar þykir benda til að þá hafi verið komið á einhvers konar

jafnvægi við afrennslið sem þarna sígur niður í grunnvatnið. Þannig er ef til vill einhver regla í þeirri óreglu, sem svona hringdæling skapar óhjákvæmilega.

Ekki verður mikið ráðið af töfinni, sem verður á að áhrif affallsins komi fram sem snarhækkað vatnsborð, og hefði raunar þurft að sírta vatnsborðsbreytingarnar. Á mynd 7 er vatnsborðsstaðan fyrstu fjóra dagana sýnd, þ.e. áður en hækkaði í holunum. Hugsanlega er hægt að nota niðurdráttarþróunina þessa fyrstu daga dælingarinnar til að átta sig á leiðnigildi vatnsgjafans, þ.e. áður en hringbælingar verður vart:



Mynd 7. Þróun niðurdráttar í mælingaholunni HK-21 og dæluholunni HK-23 fyrstu fjóra daga þrúfudælingarinnar, áður en áhrifa vegna frárennslisvatnsins fer að gæta. Mæligildin eru "leiðrétt" með hliðsjón af viðmiðunarholunni HK-14. Þarna er tímaskalinn lógaritmiskur og ítrasta túlkun á þróuninni í dæluholunni sýnir að vatnsborðslækkunin er 0,17 m milli 1000 og 10000 mínútna.

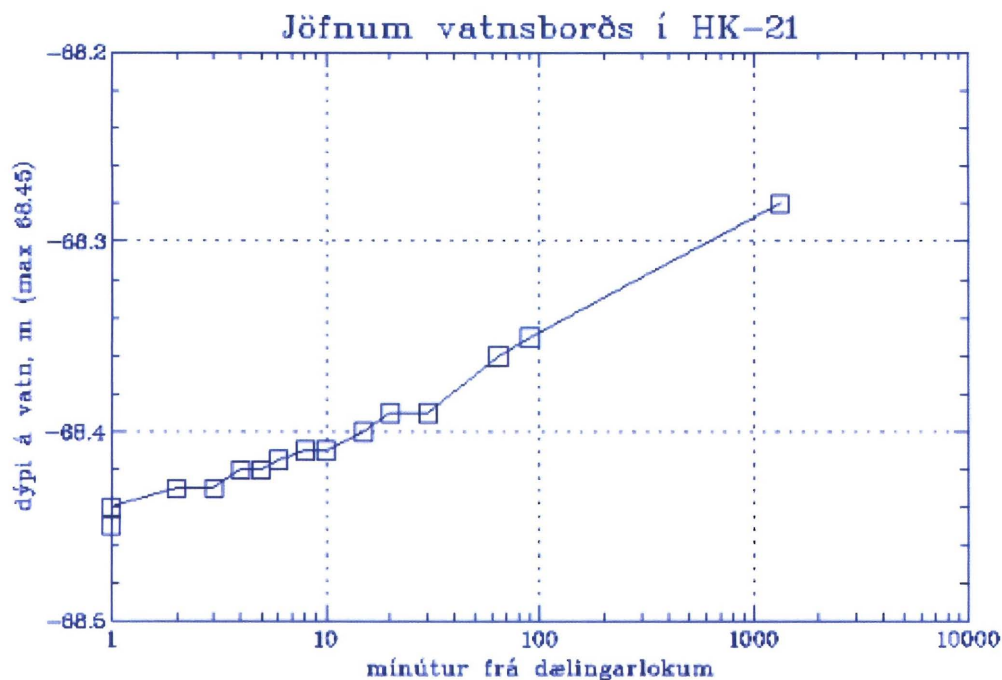
Sé gert ráð fyrir að niðurdráttarþróunin fyrstu fjóra dagana í dælingunni hafi verið algerlega ótrufluð af niðurrennsli frárennslisvatnsins, má nota þennan hluta tilraunarinnar til að áætla leiðnigildi hinna vatnsgjafandi jarðlaga:

4. dæmi. Dæling (50 - 55 l/s) fyrstu fjóra dagana orsakar niðurdráttaraukningu eins og sýnd er á mynd 7. Samkvæmt aðferð Jacobs þýðir það að vatnsleiðnin ætti að vera sem næst $T = 6 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, sem alls ekki er fjarri fyrri niðurstöðu. Þá ætti 500 l/s dæling að valda um 10 m niðurdrætti vegna lagstreymis hér, þ.e. án holutaps og grófslega reiknað, þar sem gert er ráð fyrir að einhvers konar jafnvægi hafi náðst.

Þrátt fyrir að allt virðist ætla að bera að sama brunni um að hér við Engidalskvísl sé alveg ótrúlega vatnsvænlegt, og það í stórum stíl, þykir rétt að líta á einn möguleikann enn. Fylgst var með því hvernig vatnsborðið í holunum jafnaði sig eftir að slökkt var á dælingunni. Þessar mælingar eru sýndar í töflu 1.

Tafla 1. Jöfnun vatnsborðs í holunum við Engidalskvísl

Tími: 11.feb kl 12:20	HK-21 (mælihol)	HK-23 (dæluhol)	HK-22 (dæluhol)
0 mín; slökkt!	68.45 m á vatnsborð	68.94 m á vatnsborð	73.80 m á vatnsborð
1 mín	68.44 (Δh 1 cm)	68.28 (Δh 66m)	68.82 (Δh 498 cm)
2 mín	68.43 (Δh 2 cm)	68.17 (Δh 77 cm)	68.79 (Δh 501 cm)
3 mín	68.43 (Δh 2 cm)	68.155 (Δh 78½ cm)	68.77 (Δh 503 cm)
4 mín	68.42 (Δh 3 cm)	68.15 (Δh 79 cm)	68.77 (Δh 503 cm)
5 mín	68.42 (Δh 3 cm)	68.14 (Δh 80 cm)	68.77 (Δh 503 cm)
6 mín	68.415 (Δh 3½ cm)	68.135 (Δh 80½ cm)	68.77 (Δh 503 cm)
8 mín	68.41 (Δh 4cm)	68.135 (Δh 80½ cm)	68.77 (Δh 503 cm)
10 mín	68.41 (Δh 4cm)	68.13 (Δh 81 cm)	68.77 (Δh 503 cm)
15 mín	68.40 (Δh 5 cm)	68.12 (Δh 82 cm)	68.76 (Δh 504 cm)
20 mín	68.39 (Δh 6 cm)	68.12 (Δh 82 cm)	68.76 (Δh 504 cm)
30 mín	68.39 (Δh 6 cm)	68.11 (Δh 83 cm)	68.75 (Δh 505 cm)
64 mín	68.36 (Δh 9 cm)	68.10 (Δh 84 cm)	68.73 (Δh 507 cm)
90 mín	68.35 (Δh 10 cm)	68.095 (Δh 84½ cm)	68.73 (Δh 507 cm)
1320 mín (12. febr.)	68.28 (Δh17 cm)	68.03 (Δh 91 cm)	68.62 (Δh 518 cm)



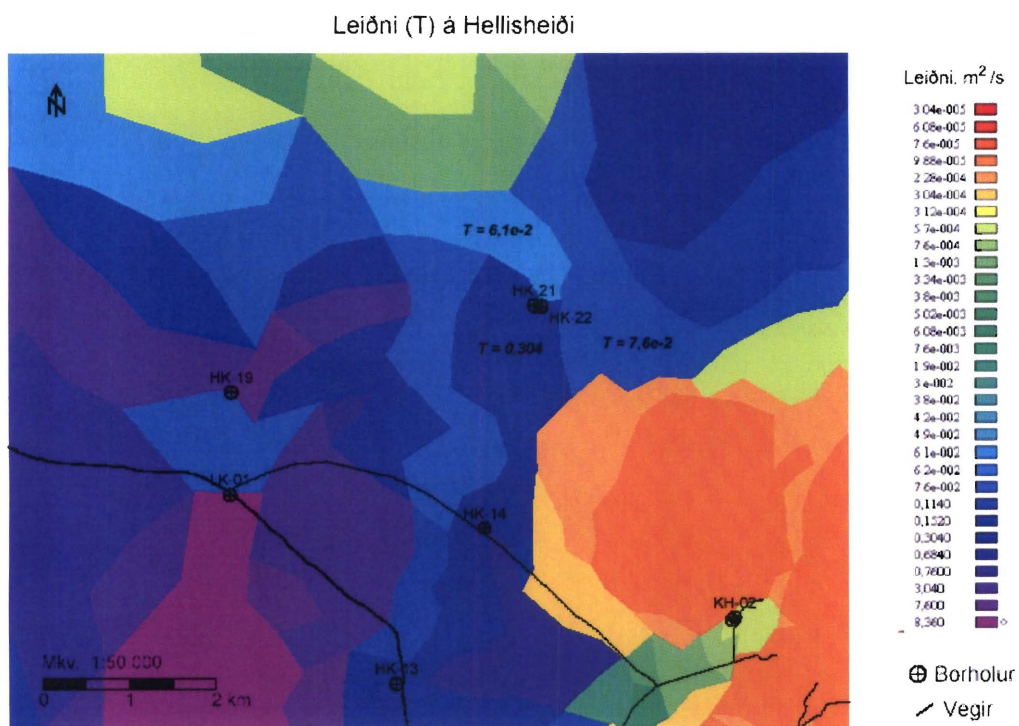
Mynd 8. Fylgst var með jöfnum grunnvatnsborðsins eftir að dælingu lauk. Vatnsborð var að fullu komuð í "eðlilegt horf" eftir sólarhring, en mestur hluti jöfnunarinnar á sé stað innan 5 mínútna. Hér er tímaásinn logaritmskur. Samsvarandi mynd fyrir HK-23 er notuð við lausn á dæmi 5 hér á eftir.

Með því að taka tillit til hversu lengi var dælt og hve miklu eftir því sem það er hægt vegna aðstæðnanna hér, á að vera hægt að reikna leiðnigildið. Það er gert í 5. dæminu og er ekki litið til að einhver hluti vatnsmagnsins hafi sigið aftur niður.

5. dæmi. Dælingu hætt. Jöfnun vatnsborðsins eftir ca. 110 l/s vatnstöku í 11 daga samfleytt. Ef tekið er mið af jöfnuninni í holu HK-23 (tafla 1) má enn nota aðferð Jacobs og að teknu tilliti til hve lengi var dælt, fæst að vatnsleiðnin í hinum vatnsgefandi lögumi sé $T = 2\frac{1}{2} \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Eftir því ætti um 24 m niðurdráttur að verða vegna 500 l/s dælingar.

Lokaorð

Hér að framan hafa verið gerðar fimm mismunandi tilraunir til að meta hver hugsanlegur niðurdráttur verði (utan við holuvegg) við 500 l/s dælingu úr vatnsbóli við Engidalskvísl. En þegar hér er komið er kannske rétt að hyggja að hvernig þessar niðurstöður falla að reiknilíkani Verkfræðistofunnar Vatnaskila á þessu svæði.



Mynd 9. Myndin sýnir hvaða leiðnigildi (transmissivity) eru notuð í grunnvatnslíkani Verkfræðistofunnar Vatnaskila á vestanverðu Hengilssvæðinu. Eins og sést er leiðnin á svæðinu umhverfis holurnar við Engidalskvísl ákaflega há. Á svæðinu norðan og austan við dæluholurnar er leiðnin $6-8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ og sunnan þeirra er ræma sem er enn betur vatnsleiðandi. Leiðnigildin eru í glettilega góðu samræmi við niðurstöður dæluþrófunarinnar, eins og fram kemur í dæmum 1, 4 og 5. Myndin er gerð af Verkfræðistofunni Vatnaskil (2003) og birt með hennar góðfúslega leyfi.

Öll dæmin, sem hér hafa verið sett fram, sýna nánast lygilega lítinn niðurdrátt. Veðurfar á þeim tíma, sem prófunin var gerð, var afleitt, ýmist hörkufrost ellegar úrhellisrigning. Fyrirfram mátti vita að vatnskerfið, sem tilraunaholurnar fá vatn sitt úr, væri afar næmt fyrir tíðarfari. Það var hins vegar jafnframt líka álitid vera viðfeðmt og ætti þess vegna að þola mikið vatnsnám. Vissar efasemdir voru raunar um hvort raunhæft væri að reyna að draga einhverjar ályktanir af tilraunadælingu, þar sem aðeins yrði dælt um 10% af því magni, sem þarna er ráðgert að vinna. Svo mikið vatnsnám er fyrst og fremst háð stærð grunnvatnskerfisins og einhver smávegis prufudæling hefur lítið að segja um það.

Það kom á óvart hversu gott samræmi fékkst við vatnsleiðniforsendur grunnvatnslíkans Verkfræðistofunnar Vatnaskila. Raunveruleg ástæða fyrir að dælingunni var hætt þann 11. febrúar var í reynd sú að ekki þótti gerlegt að reyna að etja kappi við veðurfarið lengur. Þegar farið var að skoða mæligögnin nánar sást að úr þeim mátti fá meiri upplýsingar en virtist við fyrstu sýn. Ekki er endilega visst að þær upplýsingar hefðu neitt batnað þó lengur hefði verið dælt. Eftir á að hyggja hefði ef til vill verið hægt að setja niðurstöðurnar í samband við veðurupplýsingar Vegagerðarinnar í Svínahrauni en ekki er heldur víst að það hefði breytt miklu.

Helstu niðurstöður

- Dýpri dælingaholan (HK-23) nær niður í verulega vel vatnsleiðandi bólstraberg. Ekki er vitað um útbreiðslu þess né hversu þykkt það er. Bólstrabergið er hrungjarnt og verður að taka tillit til þess ef ráðist verður í að vinna vatn úr því í stórum stíl.
- Geymirinn, sem skaffar vatnið, virðist vera stór, eða alla vega miklu stærri en svo að rúmlega 100 l/s úrdæling hafi merkjanleg áhrif á hann. Ekki er hægt að finna jaðra hans með þessari dælingu. Hann er mjög vel leiðandi og næmur fyrir úrkomu og öðrum irennslibreytingum.
- Niðurdráttur grunnvatnsborðsins vegna dælingar virðist afar lítill, jafnvel þó mikið vatnsmagn yrði hér tekið upp á tiltölulega þröngu svæði. Í grófum dráttum virðist sem að 500 l/s dæling muni valda 10 – 20 m vatnsborðslækkun.
- Samkvæmt niðurstöðum dæluþrófunar er leiðni (transmissivity) hinna vatnsgefandi jarðlaga á bilinu $T = 2.5 \times 10^{-2}$ til $8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Þessi gildi eru í glettilega góðu samræmi við grunnvatnslíkan Verkfræðistofunnar Vatnaskila.
- Grunnvatnsaðstæður eru sérstakar við Engidalskvísl vegna þess hvernig vatn sígur frá ánni niður til grunnvatnsins. Vera má að breytilegt rennsli í kvíslinni hafi beinlínis áhrif á legu grunnvatnsskila hverju sinni. Stórfellt vatnsnám á þessum slóðum hlýtur einnig að geta haft samskonar áhrif.
- Dælingaholunum var valinn staður í grunnvatnsstraumi, sem sígur til Þingvallavatns. Keyra þarf grunnvatnslíkan Vatnaskila þannig að þar séu teknir 1000 l/s og athugað hvort slík vatnstaka hefur umtalsverð áhrif á legu grunnvatnsskila á svæðinu.
- Verði ráðist í stórfellt vatnsnám í grennd við Engidalskvísl virðist sýnt, að vinnuheitid “Þúsund lítra holan” sé ekki eins fjarstæðukennt og höfundur þessarar greinargerðar hefur haldið fram allt til þessa.

Heimildir

Kristján Sæmundsson 1995. Hengill, jarðfræðikort (berggrunnur 1: 50000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur og Landmælingar Íslands.

Kruseman, G. P. and De Ritter, N. A. 1970. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. Bulletin 11. Wageningen 1970. 200 s.

Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Reyr Kristjánsson, Þórólfur H. Hafstað og Kristján Sæmundsson 2003. Grunnvatnsborholur á Hellisheiði og nágrenni. Greining jarðlaga í HK-holum, 2001-2000. Orkustofnun OS-2003/003. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Sigurður Guðjónsson 2002. Hellisheiði. Borun á vatnstökuholum. Fjarhitun h/f, V.G.K. og Orkustofnun ROS. HE-verk 8 unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur, 35s.

Verkfræðistofan Vatnaskil 2002. Grunnvatnslíkan af Hellisheiði. Bréf ásamt myndasafni, sent Orkuveitu Reykjavíkur, dagsett 6. september 2002.

Verkfræðistofan Vatnaskil 2003. Leiðni. Bréf ásamt mynd af leiðnigildum á vestanverðu Hengilssvæðinu, sent Orkustofnun, dagsett 25. mars 2003.

Þórólfur Hafstað og Freysteinn Sigurðsson 2000. Hveragerði. Grunnvatn undir Kömbum. Orkustofnun, greinargerð ÞHH-FS-2000/20, 5s + kort

Þórólfur H. Hafstað og Gunnar Gunnarsson 2003. Orkuveita Reykjavíkur. Stutt dæling úr HK-22 og HK-23 við Engidalskvísl. Orkustofnun, greinargerð ÞHH-GuGu-2003/03, 5s.

Þórólfur H. Hafstað 2003. Orkuveita Reykjavíkur. Um nokkurra daga dælingu úr HK-22 og HK-23 við Engidalskvísl. Orkustofnun, greinargerð ÞHH-2003/04, 2s.