



ÍSOR
ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Verklagsreglur fyrir niðurdælingu

**Umsögn um skýrslu Orkuveitu Reykjavíkur
um verklag vegna jarðskjálftavirkni
í jarðhitakerfum**

Kristján Ágústsson

Unnið fyrir Orkustofnun

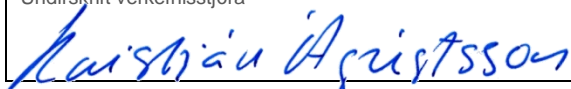
**Greinargerð
ÍSOR-13060**

Verknr.: 13-0136
18.09.2013

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599

isor@isor.is – www.isor.is

Undirskrift verkefnisstjóra 	Yfirfarið af StH
--	---------------------

Inngangur

Í skýrslu sérfræðingahóps, Verklag vegna örvaðrar skjálftavirkni í jarðhitakerfum, (Bjarni Bessason o.fl., 2012), eru ítarlegar tillögur um verklag við niðurdælingu. Orkuveita Reykjavíkur (OR) kallaði saman þennan sérfræðihóp þegar jarðskjálftar urðu í Húsmúla á Hengilssvæðinu, samhliða mikilli niðurdælingu affallsvatns frá Hverahlíðarvirkjun haustið 2011. Við samningu þessara tillagna var höfð hliðsjón af tillögum orkumálaráðuneytis Bandaríkjanna (DOE) um besta vinnulag við örvun jarðhitakerfa. Einnig var litið til vinnu sem fram fer innan fjölþjóðlegs rannsóknarverkefnis sem styrkt er af Evrópusambandinu (GEISER) og vinnu sem fer fram á vegum International Partnership og Geothermal Technology (IPGT) en niðurstaða þeirra verkefna er ennþá í drögum. Rétt er að fram komi hér að sérfræðingar ÍSOR í þessum efnum hafa tekið virkan og mikinn þátt í GEISER-verkefninu og vinnunni í gegnum IPGT jafnframt því að hafa að mestu leyti samið tillögurnar að verklagi í ofangreindri skýrslu OR sem samþykkt var í vinnuhópnum.

Orkustofnun leitaði til ÍSOR um tillögur um viðbrögð Orkustofnunar við skýrslunni og óskaði eftir því að ÍSOR myndi:

- 1) Bera tillögur skýrslunnar saman við staðla í öðrum löndum.
- 2) Gera tillögur um með hvaða hætti Orkustofnun ætti að skilyrða niðurdælingu við útgáfu virkjunar- og nýtingarleyfa þannig að tekið sé tillit til hugsanlegra jarðskjálfta við niðurdælingar.
- 3) Benda á hugsanlegar mótvægisáðgerðir.
- 4) Benda á leiðir til að halda almenningi og stjórnvöldum upplýstum.

Í skýrslu OR er verklagi við niðurdælingu skipt í eftirfarandi sex stig:

- 1) *Samskipti við almenning.*
- 2) *Frummat.*
- 3) *Öflun þekkingar.*
- 4) *Áhætta, áhrif og afleiðingar.*
- 5) *Ákvörðun um niðurdælingu og forsendur.*
- 6) *Örugg framkvæmd niðurdælingar.*

Samkvæmt tillögnum eru stig 2 til 6 framkvæmd í tímaröð en samskipti við almenning og stjórnvöld fara fram á öllum stigum.

Lauslegur samanburður við aðra staðla

Hér er fyrst til að taka að almennt eru ekki til opinberlega samþykktir staðlar um hvernig staðið skuli að niðurdælingu vatns í jarðhitakerfi. Hins vegar eru til ýmis tilmæli og tillögur um framkvæmd niðurdælingar sem hafa í sjálfu sér ekki laga- eða reglugerðargildi en yfirvöld og orkufyrirtæki hafa haft til hliðsjónar. Þá er rétt að geta þess hér að þessi tilmæli og tillögur eiga fyrst og fremst við um niðurdælingu sem hluta af örvun jarðhitakerfa, þ.e. til að búa til svokölluð örvuð jarðhitakerfi (Enhanced (stundum engineered) Geothermal Systems, EGS). Það er gert með því að dæla vatni niður í borholur undir nægjanlega háum þrýstingi til að bergið brotni og við það verða smáir jarðskjálftar. Hins vegar hafa í nokkrum tilvikum í heiminum (t.d. Húsmúli, Basel) orðið stærri skjálftar en svo að þeir verði skýrðir með niðurdælingunni einni. Í þeim tilvikum hefur vatni verið dælt niður í virkar sprungur sem eru nærri brotmörkum og nægir sú hækkun á vökvaþrýstingi, jafnvel þótt lítil sé, til að hleypa af stærri jarðskjálftum sem eru í aðsigi hvort sem er. Slíkir skjálftar kallast gikkskjálftar.

Tillögur sérfaðingahóps OR taka að nokkru mið af tillögum DOE. Þar er verklagi skipt í eftirfarandi stig:

- 1) *Perform preliminary screening evaluation*
- 2) *Implement an outreach and communication program*
- 3) *Review and select criteria for ground vibration and noise*
- 4) *Establish local seismic monitoring*
- 5) *Quantify hazard from natural and induced events*
- 6) *Characterize the risk of induced seismic events.*
- 7) *Develop risk based mitigation plan.*

Það er rétt að hafa í huga að lagaumhverfi í Bandaríkjunum er mjög mismunandi eftir ríkjum og sveitarfélögum og afskipti opinberra aðila af framkvæmdum eru minni en hér. Almennar takmarkanir framkvæmda koma þar frá öðrum lögum, eins og lögum um umhverfisvernd, og gilda þá einnig um niðurdælingar. Nær öll ábyrgð af framkvæmdum er á herðum framkvæmdaraðila og leyfishafa og réttur leyfishafa bæði formlega og óformlega sterkari en t.d. í Evrópu. Tillögur DOE eru því ekki staðlar heldur fyrst og fremst leiðbeiningar eða tillögur til framkvæmdaraðila og opinberra aðila um hvernig sé best að standa að niðurdælingu.

Í tillögum sem settar hafa verið fram innan GEISER-verkefnisins er verklagi skipt í eftirfarandi stig:

- 1) *Feasibility*
- 2) *Surface exploration*
- 3) *Drilling, logging and testing*
- 4) *Stimulation*
- 5) *Production*
- 6) *Abandonment*

Á öllum stigum er lögð áhersla á samskipti við almenning og stjórnvöld. Lagt er til að flutningur á milli stiga verði háður leyfi opinberra aðila. Í flestum tilvikum er það sami

opinber aðili og fer með leyfisveitingar fyrir námuvinnslu (e. mining authority). Í tillögum DOE kemur ekki beint fram að þeir þættir sem þar eru séu í tímaröð en að því gefnu eru mismunandi atriði þar tímasett á annan hátt en í tillögum GEISER. Til dæmis kemur hættumat (e. hazard estimate) og uppsetning staðbundins skjálftamælanets fyrir fyrir í tillögum GEISER. Í aðalatriðum koma sambærileg atriði fram enda tengsl og samráð milli þeirra sem unnu að tillögunum.

Vinnu við hvítbók IPGT um örvaða jarðskjálfta er ekki lokið. Staðan er sú að settur hefur verið fram fjöldi atriða sem þarf að framkvæma og þróa við framkvæmdir af þessu tagi. Þau falla í eftirfarandi flokka:

- 1) *Safety of operations.*
- 2) *Understanding of processes during stimulation and operation.*
- 3) *Components, hard- and software developement.*
- 4) *Social dimension.*

Á þessu stigi er þetta ekki endanlegur listi og handbók um framkvæmd hefur ekki verið sett saman. Þessi nálgun er að nokkru leyti fræðileg þar sem talsverð áhersla er lögð á að aukinn skilning á eðliseiginleikum kerfa, prófun og þróun á tölfræðilegum líkönum fyrir hættu- og áhættumat (e. hazard and risk) og þróun á tækja- og hugbúnaði. Aukinn skilningur á viðkomandi kerfi og þróun líkana fari einnig fram meðan á aðgerðum stendur.

Örvunar-skjálftar eru einnig hluti af jarðhitasamstarfi innan Alþjóðaorkustofnunarinnar (IEA-GIA, International Energy Agency – Geothermal Implement Agreement, Annex XI). Þar er verið að fjalla um tvenns konar viðfangsefni í þessu sambandi; mildandi aðgerðir (Mitigating the Effects of Induced Seismicity) og hvernig má nota örvunar-skjálfta til að fá fram sem hagkvæmastri orkuframleiðslu úr jarðhitakerfum (Using Induced Seismicity for Optimizing Production from Geothermal Reservoirs). Það eru að miklu leyti sami alþjóðlegi hópurinn sem hefur unnið að þessum málum hjá DOE, IPGT, IEA-GIA og GEISER þar sem Bandríkjamaðurinn Ernie Majer hefur gegnt lykilhlutverki. Íslendingar hafa átt fulltrúa í þessu samstarfi í gegnum ÍSOR.

Ekki er unnt að kalla ofangreindar tillögur um verklag staðla og í Bandaríkjunum verður það sennilega ekki en þar veita landeigendur leyfi til framkvæmda. Í Evrópu eru leyfi til örvunar hitakerfa (EGS) hjá opinberum aðilum og tillögur í GEISER-verkefninu eru að nokkru leyti felld að lögum um námuvinnslu. Tillögurnar miða fyrst og fremst að því að tryggja öryggi og lífsgæði almennings og starfsfólks. Mat á hagkvæmni framkvæmdar skiptir auðvitað máli og nokkuð um það fjallað en í aðalatriðum er það áhætta sem framkvæmdaraðli tekur.

Sérstaða Íslands

Jarðhitakerfi hér hafa ekki verið örvuð á sama hátt og gert er við myndun EGS. Í framtíðinni má þó hugsa sér að örvun með EGS-tækni verði beitt á Íslandi, bæði inni á þéttum hlutum háhitasvæðanna og á meira dýpi en því sem vinnsla fer nú fram á. Niðurdælingar hér eru til að vega á móti þrýstilækkun vegna dælinga úr svæðunum og til að farga jarðhitavökva, m.a. til að fyrirbyggja að hann fari í grunnvatn. Bergið er

lekt í efri hluta skorpunnar í gosbeltinu og því þarf ekki að opna eða búa til nýjar sprungur með háum þrýstingi. Því er þrýstingur við niðurdælingu á Íslandi mun minni en við myndun EGS og talsvert undir því marki að nýjar sprungur geti orðið til.

Niðurdælingar á Íslandi hafa oft farið fram á virkum svæðum þar sem kvikuhreyfingar eru og stöðug spennuaukning og bjögun vegna plötuhreyfinga jarðskorpunnar veldur jarðskjálftum. Þar sem niðurdælingarnar eru undir lágum þrýstingi hefur skjálftavirkni sem fylgir þeim hverfandi áhrif á heildarspennuútlausn til langs tíma við þessar aðstæður. Útlausnarferlið getur þó breyst við niðurdælingu, einkum má búast við tíðari skjálftum við upphaf niðurdælingar, sérstaklega ef farið er hratt af stað og miklu magni dælt niður á stuttum tíma. Það má líka búast við að svæði bregðist misjafnlega við niðurdælingu. Á sumum svæðum á Íslandi gætir lítillar eða engrar skjálftavirkni við niðurdælingu. Á einstökum svæðum geta orðið tíðari og smærri skjálftar en áður innan svæðisins og á öðrum færri og stærri skjálftar þegar til lengri tíma er lítið. Málið horfir öðruvísi við á svæðum þar sem spenna er nálægt brotmörkum en þar sem jarðskorpuhreyfingar eru litlar sem engar.

Áhrif niðurdælinga

Niðurdæling getur valdið óróa og jarðskjálftum eða hrundið þeim af stað. Byggingarstaðlar á Íslandi byggjast á langtíma skjálftasögu og það er ólíklegt að hér á landi verði skjálftar við niðurdælingu sem breyti forsendum þannig að endurskoða þurfi byggingarstaðla. Með öðrum orðum, öryggi fólks í húsum sem byggð eru samkvæmt byggingarstaðli á að vera tryggt. Órói er síendurtekinn eða jafnvel stöðugur titringur sem getur fundist vegna mjög tíðra smáskjálfta, vegna annarra breytinga í jarðhita-kerfinu eins og suðu en hann getur einnig stafað af mannlegum þáttum eins og umferð. Hann getur verið mjög truflandi og dregið úr lífsgæðum þótt hann sé ekki beinlínis hættulegur. Um óróa hafa ekki verið settir staðlar á Íslandi en það hefur verið gert víða erlendis þar sem þetta vandamál er algengt, t.d. í grennd við lestarteina.

Mótvægisáðgerðir

Eins og komið hefur fram hér að ofan er helst hætta á jarðskjálftum ef niðurdæling fer af stað með miklu magni vökva í byrjun. Einnig eykst jarðskjálftavirkni ef örar breytingar eru á niðurdælingu eins og þegar hún er stöðvuð tímabundið og svo sett í gang á fullum afköstum. Það er því mikilvægt að magnið sé lítið í byrjun og það síðan aukið hægt og að fylgst sé vel með jarðaskjálftavirkninni á nákvæmu staðbundnu jarðskjálftamælaneti samhliða. Einnig er mikilvægt að magnið sé sem stöðugast. Ef eitthvað óvænt á sér stað er hugsanlegt að draga þurfi úr magni eða hætta við niðurdælingu eins og lagt er til skýrslu OR.

Tillögur að viðbrögðum Orkustofnunar við skýrslunni

Verulegar rannsóknir fara nú fram víða í heiminum sem miða að því að skilja betur orsakir og eðli jarðskjálfta sem verða við niðurdælingu og finna leiðir til að lágmarka stærð og þar með áhrif skjálftanna. Tilgangurinn er að búa til og bæta viðmiðanir um

framkvæmd niðurdælinga. Slíkar viðmiðanir verða þó að vera í sífelldri endurskoðun eftir því sem niðurstöður rannsókna gefa tilefni til.

Í skýrslu OR eru tillögur að verklagi við niðurdælingu skýrar og vel útfærðar og mælt er með því að þær verði notaðar sem grundvöllur fyrir útfærslu á almennum skilyrðum Orkustofnunar við leyfisveitingar. Mælt er með að Orkustofnun láti vinna handbók með viðmiðunarreglum um hvernig staðið skuli að undirbúningi niðurdælingar og framkvæmd hennar og byggist hún á tillögunum í skýrslu Orkuveitu Reykjavíkur.

Þótt slíkar viðmiðunarreglur verði gefnar út verður þó að vega og meta í hverju tilviki hve mikla áherslu á að leggja á mismunandi þætti og hver tíma- og forgangsröð þeirra á að vera. Slíkt mat er háð eðli og jarðfræðilegri staðsetningu viðkomandi svæðis ásamt staðsetningu þess með tilliti til byggðar. Hættumatsrammi þarf að vera skýr til þess að ekki sé lagt í dýrar rannsóknir og viðamiklar aðgerðir sem ekki er þörf á. Slíkt gæti ella gerst í tilvikum þar sem áhætta er augljóslega óásættanleg eða þar sem hún er augljóslega hverfandi. Varðandi óróa verður að styðjast við erlenda staðla.

Mælt er með að frummat sé unnið í samvinnu við yfirvöld áður en samskipti og upplýsingagjöf til almennings hefst (sbr. DOE og GEISER). Aðalástæða þess er að án frummats er erfitt að skipuleggja kynningarferli ef niðurstöður þess sýna að væntanlegt niðurdælingasvæði er vænlegt. Ennfremur er óþarfi að vekja ugg almennings ef niðurstöður frummats eru að áhætta sem fylgir niðurdælingu sé óásættanleg.

Heimildaskrá

Bjarni Bessason, Eyþór H. Ólafsson, Gunnar Gunnarsson, Ólafur G. Flóvenz, Steinunn S. Jakobsdóttir, Sveinbjörn Björnsson og Þóra Árnadóttir (2012). *Verklag vegna örvaðrar skjálftavirkni í jarðhitakerfum*. Orkuveita Reykjavíkur, 2012-24.