

## Geothermal Engineering Integrating Mitigation of Induced Seismicity in Reservoirs

Kristján Ágústsson (kristjan.agustsson@isor.is) & Ólafur G. Flóvenz (ogf@isor.is), Iceland GeoSurvey (ÍSOR), Grensásvegur 9, 108 Reykjavík, Iceland, www.isor.is

ÍSOR er þátttakandi í nýju fjölþjóðlegu ESB verkefni, GEISER, sem miðar að því að milda áhrif jarðskjálfta sem fylgja örvun jarðhitakerfa.

Verkefnið hlaut styrk úr 7. rammaáætlun Evrópusambandsins á sviði vísinda og tækni. Jarðhitaklasinn GEORG styrkir verkhluta ÍSOR.

Þátttakendur eru 13, frá 8 löndum í Evrópu.

Verkefninu er skipt í 7 verkþætti með verkefnafundum og ráðstefnum.

Verktími er þrjú og hálf ár, frá 2010-2013.

Verkefnisstjóri á Íslandi: Kristján Ágústsson, kristjan.agustsson@isor.is

ÍSOR - Íslenskar orkurannsóknir, Grensásvegur 9

### Markmið

1. Betri skilningur á eðli manngerðra skjálfta (induced seismicity) í jarðhitakerfum.
2. Þróa aðferðir til að draga úr hættu vegna manngerðra skjálfta.
3. Semja leiðbeiningar fyrir stjórnvöld varðandi leyfisveitingar til orkuframleiðslu.

### Verkefnisþættir

#### 1. Rannsóknir á manngerðri skjálftavirkni (Analysis of induced seismicity).

Skoðuð verða gögn frá jarðhitasvæðum í Evrópu og samvinna höfð við sérfræðinga utan Evrópu. Manngerðir skjálftar skoðaðir og tengsl þeirra við vinnslu/niðurdælingu, spennusvið og jarðfræðilegar aðstæður rannsökuð. Þessi gögn verða borin saman við gögn frá svæðum þar sem örvun hefur haft hverfandi áhrif á jarðskjálftavirkni.

#### 2. Skilja samspil vökva og bergs og ferli sem valda skjálftunum (Understanding the geomechanics and processes).

Hér er um að ræða þætti eins og hitastig, þrýsting, fjaðureiginleika og poruhlutfall (poroelasticity), vökvamagn við niðurdælingar, sprungur, spennusvið og tímaháðir þættir. Þetta ásamt líkangerð og prófunum á rannsóknarstofum er notað til að til að meta hvað er líklegast að gerist við örvun.

#### 3. Afleiðingar manngerðra skjálfta (Consequences of induced Seismicity).

Borin er saman hætta vegna manngerðra skjálfta og hætta vegna eðlilegrar (bakgrunns) skjálftavirkni. Notaðar verða niðurstöður úr 1. og 2. til að reikna (quantify) líkindi á því að stórum skjálfta sé hleypt af stað með örvunaraðgerðum og meta hættu á skemmdum vegna hreyfinga á yfirborði. Niðurstöður í þessum verkþætti felast í leiðbeiningum til stjórnvalda og framkvæmdaraðila um leyfisveitingar og þróun/örvun jarðhitasvæða.

#### 4. Aðgerðir til að draga úr áhrifum manngerðra skjálfta (Strategies for the mitigation of induced seismicity).

Skv. tillögum í 3. lið og niðurstöðum 1. og 2. liðs verða lagðar til aðferðir sem eiga að minnka líkur á að hætta skapist við örvun jarðhitakerfa. Kynnt verða eftirlitskerfi sem verða yfirvöldum og framkvæmdaraðilum til aðstoðar við að draga úr hættu (og áhættu) við örvun og rekstur kerfanna. Reynsla úr námurekstri, olíu- og gasvinnslu verður einnig nýtt.

### Svæði sem skoðuð verða

- Soultz-sous-forêts (Frakklandi)
- Basel (Sviss)
- Groß Schönebeck, KTB (Þýskalandi)
- Larderello/Latera, Campi Flegrei (Ítalíu)
- Hengill, Krafla, Reykjanes (Íslandi)
- Groningen (Hollandi)
- The Geysers, (Bandaríkjum NA)
- Rosemanowes, (Bretlandi)
- Berlín, (El Salvador)
- Bouillante, French Antilles (Frakklandi)
- Copper Basin (Ástralíu)

### Gögn sem verkefnið byggir á

- Jarðskjálftar (Seismicity and ground motion data)
- Eðliseiginleikar bergs og vökva og samspil þeirra þátta (Geomechanics)
- Jarðfæði og höggun, spennuástand, forðafræðigögn (Reservoir data)
- Gögn um framleiðslu og niðurdælingu (Production/injection data)
- Gögn um færslur og bjögun á yfirborði (Surface deformation data)

### Þátttakendur

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. GFZ- Deutsches GeoForschungsZentrum | Þýskaland |
| 2. BRGM                                | Frakkland |
| 3. ÍSOR                                | Ísland    |
| 4. TNO                                 | Holland   |
| 5. ETHZ                                | Sviss     |
| 6. Statoil                             | Noregur   |
| 7. Geowatt AG                          | Swiss     |
| 8. NORSAR                              | Noregur   |
| 9. ARMINES                             | Frakkland |
| 10. EOST Strasbourg                    | Frakkland |
| 11. KNMI                               | Holland   |
| 12. AMRA                               | Ítalía    |
| 13. INGV                               | Ítalía    |



### Verkþættir, ÍSOR ber ábyrgð á WP2

- WP 1: Verkstjórn (Project Management) - GFZ  
 WP 2: Lýsigagnagrunnur með gögn um manngerðra jarðskjálfta á jarðhitasvæðum (Compilation of induced seismicity data from geothermal sites) - ÍSOR  
 WP 3: Rannsóknir á manngerðum jarðskjálftum (Analysis of Induced Seismicity) - GFZ  
 WP 4: Samspil vökva, bergs og jarðskjálftavirkni (Understanding the Geomechanical Causes and Processes of Induced Seismicity) - BRGM  
 WP 5: Jarðskjálftahættumat (Seismic Hazard Assessment) - ETHZ  
 WP 6: Aðferðir við örvun (Strategies for EGS operations with respect to Induced Seismicity (Mitigation)) - TNO  
 WP 7: Kynning (Dissemination) - BRGM

### Þátttaka ÍSOR

Aðstæður á Íslandi eru mjög frábrugðnar aðstæðum á meginlandi Evrópu hvað hættu af manngerðum skjálftum á jarðhitasvæðum varðar. Í fyrsta er landið strjálbýlt og flest jarðhitasvæði þar sem komið gæti til örvunar eru fjarri þéttbýli. Mannvirki eru að jafnaði yngri hér en víða í Evrópu og byggð skv. stöðlum sem gera ráð fyrir jarðskjálftum. Ólíklegt er að tíðni stórra jarðskjálfta sem fylgir örvun jarðhitakerfa verði svo há að það breyti forsendum um áhættu vegna jarðskjálfta. Hins vegar hefur nokkrum sinnum mælst umtalsverð smáskjálftavirkni samfara niðurdælingu og borunum hér. Þannig geta þau gögn svarað ýmsum spurningum um eðli manngerðra skjálfta og nýst öðrum og eru því mjög mikilvæg fyrir verkefnið.

Þá er mikilvægt að hafa í huga að þessi vinna á að leiða til tillagna að vinnureglum til ESB um framkvæmd við örvun og vinnslu á jarðhitasvæðum, sem endað gætu sem tilskipun frá ESB um slíkar framkvæmdir. Því er nauðsynlegt að koma að þessu verki og hafa áhrif á hugsanlegar reglugerðir í þá veru að kröfur verði eðlilegar m.t.t. sérstöðu okkar. Vert er að benda á að fréttir af jarðskjálftum tengdum jarðhitavinnslu erlendis hafa þegar leitt til vangaveltna ýmissa aðila um að þetta geti leitt til hættu við virkjanir háhita á Íslandi.

Í WP2, sem ÍSOR stýrir, er unnið að því setja upp lýsigagnagrunn um svæðin þar sem fram koma upplýsingar um hvaða gögn eru til á svæðunum, gæði þeirra o.s.frv. Einnig verður tenging á stofnanir sem eiga gögnin eða beinn aðgangur að þeim ef eigendur heimila það. Loks verður unnið yfirlit um þá þekkingu á þessum málum sem þegar hefur verið fjallað um í skýrslum og fræðiritum.

Fyrsti fundur í verkefninu var í Potsdam þann 9. febrúar. Þá var verkfundur í Reykjavík í WP2 12. og 13. apríl. Þessum hluta verkefnisins (WP2) lýkur í lok júní. Þá verður ákveðið á grundvelli þeirra gagna sem þá fyrir liggja og eru aðgengileg hvaða svæði verða tekin til sérstakrar skoðunar í verkefninu. Það er álit ÍSOR að afar heppilegt sé að eitt þessara svæða verði íslenskt enda munu aðilar verkefnisins leggja fram verulegt vinnuframlag til rannsókna á viðkomandi svæðum.

Aðalfundur GEISER verkefnisins verður haldinn í Reykjavík í október, í tengslum við hann verður opin ráðstefna.