

# Um endurnýjanleika jarðvarmakerfa

Stefán Arnórsson

Prófessor emeritus, Háskóla Íslands

# Endurnýjanlegar og endanlegar orkulindir

Orkulindum jarðar hefur verið skipt í tvo flokka, annars vegar endurnýjanlegar og hins vegar endanlegar

Bæði Evrópusambandið og Department of Energy í Bandaríkjunum flokka jarðvarmaorku (geothermal energy) með endurnýjanlegum orkulindum. Ekki verður séð að þessi flokkun byggist á eðli jarðvarmaorku heldur á áhuga á því að betrumbæta tækni sem gerði það kleyft að nýta varma úr heitu, þurru (óleku) bergi

Tvískipting orkulinda í endanlegar og endurnýjanlegar er aðeins nálgun og virðst byggja á því að jarðefnaeldsneyti sé óendurnýjanleg orkulind (óvistvæn) en allar aðrar orkulindir og orkugjafar endurnýjanlegir (vistvæn) og er kjarnorka ýmist látin standa utan flokka eða hugsanlega með þeim vistvænu!

Mögulegt er að sækja um styrki í sjóði til að þróa að betrumbæta tækni til að örva nýtingu á vistvænum orkulindum en einnig að gera ýmsa orkugjafa að orkulindum og þar að vinna að því að gera tæknilega kleyft að nýta varmaorku í heitu, þurru bergi (þessi orka er ekki orkulind í dag)

# Flokkun jarðvarmakerfa

- Kerfi í ungu storkubergi (háhitakerfi)
- Tektónísk kerfi (lághitakerfi)
- Kerfi í setlagatrogum
- Heitt þurrt berg (ekki orkulind í dag)
- Þrjú fyrstnefndu kerfin hef ég nefnt jarðhitakerfi (hydrothermal systems)
- Samheiti á ensku fyrir öll jarðvarmakerfi er “geothermal systems”

# Jarðvarmi

Engin hefur haldið því fram að varmaorka í heitu, þurru bergi sé endurnýjanleg sem neinu máli skiptir. Hins vegar hafa ýmsir staðhæft og það réttilega að slík jarðvarmakerfi séu í heild sinni gífurlega stór varmanáma

Ekki hefur mér tekist að finna nema eina prentaða grein (er í ráðstefnuriti) þar sem því er haldið fram að jarðhitakerfi séu endurnýjanleg orkulind (Valgarður Stefánsson, 2000). Þó eru kerfi í setlagatrogum undanskilin og husanlega í einnig tektónísk kerfi

Hins vegar finnast ýmis ritverk þar sem sú niðurstaða er fengin að endurnýjanleiki jarðhitakerfa sé mjög breytilegur, allt eftir umfangi nýtingar og oft enginn. Grein Valgarðs hefur verið gagnrýnd enda brjóta niðurstöður hennar í bága við nær 70 ára gamlan og viðurkenndan skilning á uppruna jarðhitavatns, nefnilega að það sé úrkomuvatn eða sjór að uppruna eða blanda af þessu tvennu.

# Endurnýjanleiki hinna ýmsu gerða jarðvarmakerfa (dæmi) – frá O'Sullivan o.fl. (2010)

Miðað er við uppsett afl og vinnslu í 100 ár

Endurnýjunartími

Wairakei: 380 ár

East Mesa: 6200 ár

Darajat: 1800 ár

Copper Basin 130.000 ár

Tölurnar hér að ofan eru lágmark – gera ráð fyrir að varmastreymi inn í jarðhitakerfin haldist stöðugt og nýtist að fullu til að hita það berg sem kólnaði vegna vinnslunnar, nefnilega að engin varmi tapaðist út um yfirborðið fyrr en kerfið væri búið að jafna sig.

# Mat á stærð jarðvarmakerfa

Aðferð til að meta stærð jarðvarmakerfa var þróuð hjá USGS á áttunda áratug síðustu aldar.

Nefnist rúmmálsaðferð

Felur í sér að meta rúmmál heits bergs með heitu vatni/gufu

Ekki gert ráð fyrir neinni endurnýjun

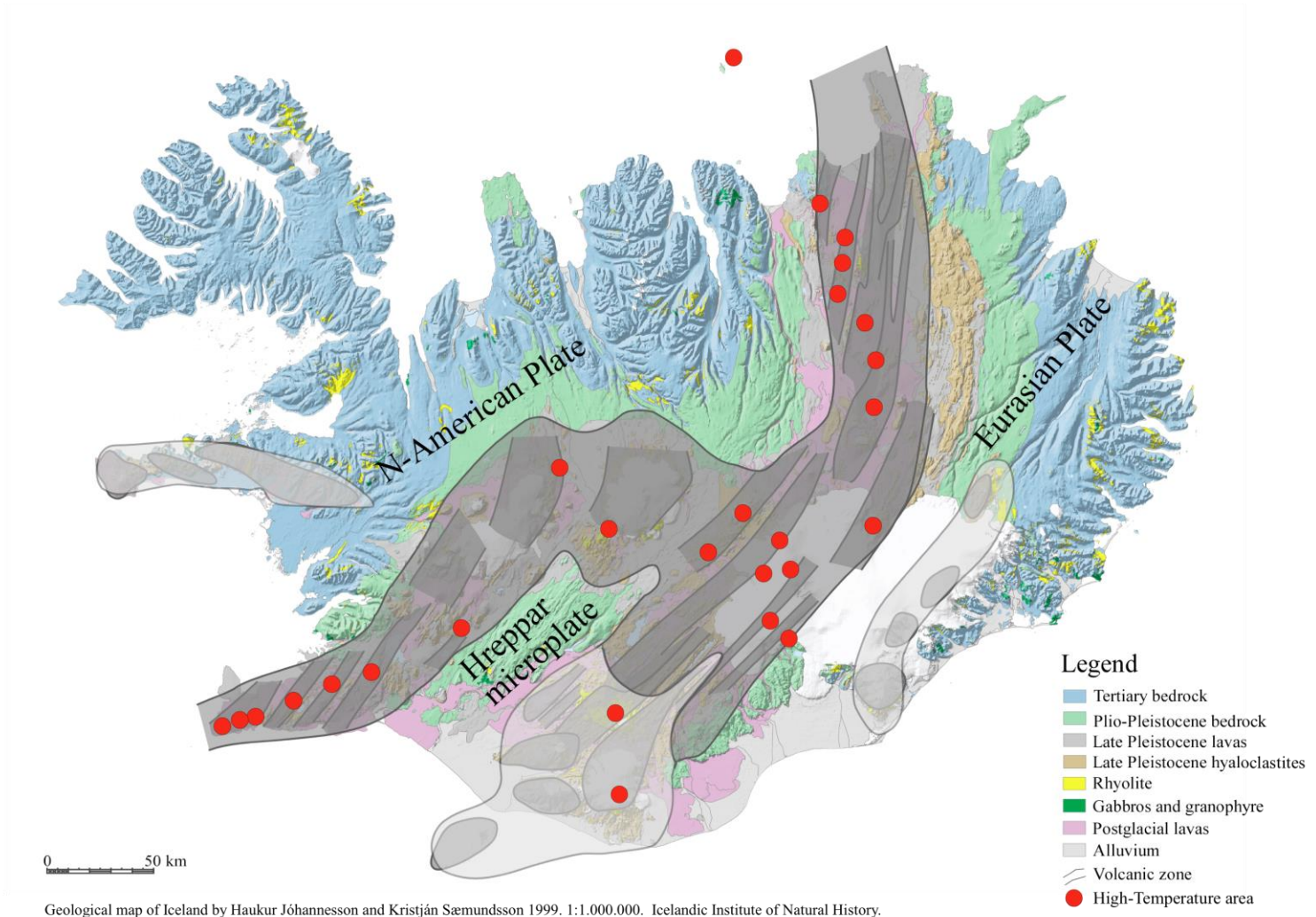
# Sérþekkingin

Á undanförunum áratugum hefur orðið allmikil breyting á samsetningu þess mannafla sem nú vinnur að jarðhitarannsóknum. Með síaukinni tölvutækni hefur aukist mannaflí í þeim geira sem gerir kröfu um hæfi í stærðfræði og tölvunotkun.

Um allmargra ára skeið hefur verið beytt svonefndri Monte Carlo tölfræði til að meta afl jarðhitakerfa. Ekki er öruggt að sú aðferð eigi við. Nefnd tölfræði segir ekkert til um afl einstakra jarðhitasvæða enda byggir hún ekki á gögnum; framleiðir aðeins tölur.

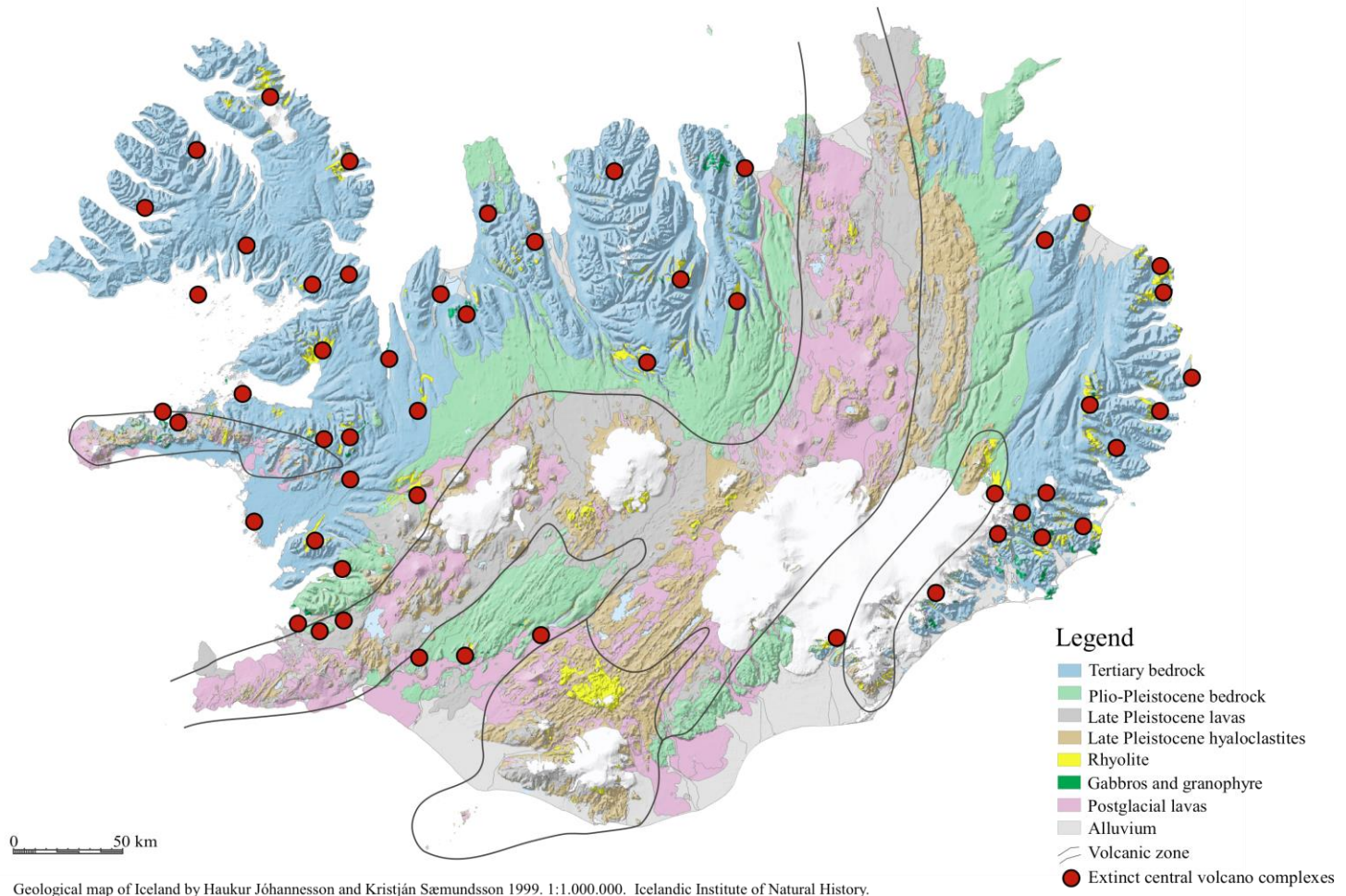
Stóri vandinn er þessi: Margir taka tölurnar alvarlega, líta á þær sem staðreynd. Að því er varðar jarðhita er Monte Carlo aðferðin best gleymd. Þá sem vinna umrædda tölvuvinnu skortir oftast en ekki þekkingu á jarðfræði.

# Virk háhitasvæði





# Fossil high-temperature systems in Iceland



# Jarðsaga háhitakerfa

Háhitasvæði verða til, þau þróast og deyja út að lokum

Snemma á æviskeiði sínu má gera ráð fyrir einhverri endurnýjun varma með innspýtingu kviku í rætur kerfanna

Hræring grunnvatns flytur varma frá varmagjafanum í átt til yfirborðs og hitar upp bergið

Að lokum slitnar háhitakerfið frá varmagjafanum vegna landreks. Þá er kerfið hrein varmanáma

Endurnýjanleiki háhitakerfa spannar frá því að vera nokkur (jafnan óþekkt stærð) í það að vera enginn allt eftir því hvar hákerfi er stadd í þróunarsögu sinni.

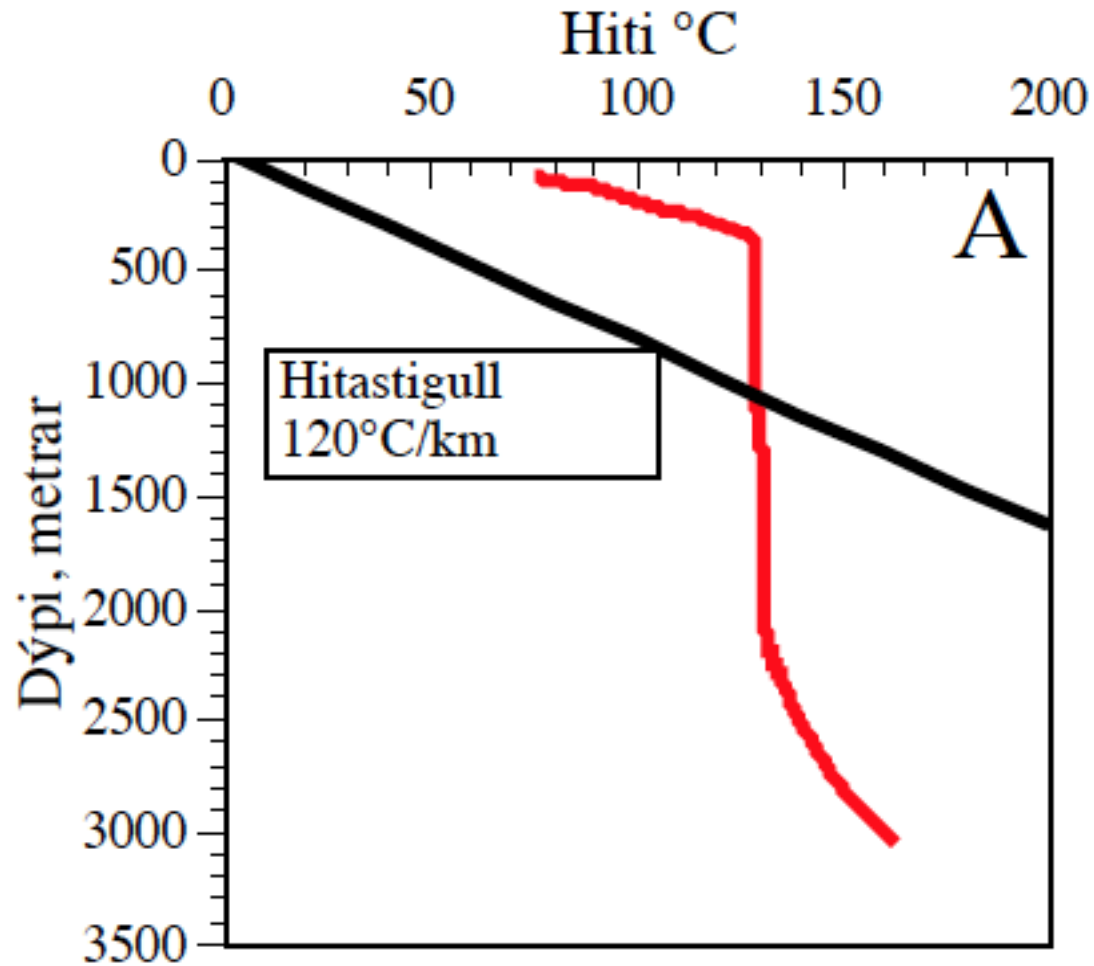
Varmastreymi upp í gegnum jarðskorpuna = varmaleiðni x hitastigull

Meginlöndin:  $2.0[\text{W/m } ^\circ\text{C}] * 30/1000 = 60 \text{ mW/m}^2$  eða  $60 \text{ kW/km}^2$ .

Á Íslandi er varmastreymið um tvöfalt meira vegna hærri hitastiguls

Hugsum okkur  $100^\circ\text{C}$  heitan hver með rennsli  $1 \text{ kg/s}$ . Vatnið fór niður  $5^\circ$ heitt – hitnaði um  $95^\circ\text{C}$ . Varmastreymið með heita vatninu nemur  $400 \text{ kW}$

Lághitasvæði (varmagjafinn heitt berg í rötum svæðanna – varmanám á sér stað við náttúrulegar aðstæður)



# Mat á endurnýjunartíma háhitakerfa í vinnslu

Sanyal (2005) hefur metið endurnýjunartíma háhitakerfi í vinnslu, m.a. íslensk kerfi.

	endurnýjunartími
Krafla (60 MW vinnsla í 100 ár)	1030 ár
Nesjavellir (120 MW í 100 ár)	620 ár
Kawerau (230 MW í 100 ár)	1380 ár
Wairakei (220 MW í 100 ár)	380 ár

# NIÐURSTAÐA

- Varmaorka í kerfum í heitu þurru bergi og setlagatrogum og tektónískum kerfum er ekki endunýjanleg sem skiptir nokkru máli.
- Endurnýjanleiki háhitakerfa er allt frá því að vera enginn í nokkurn allt eftir því hvar þau eru stödd í dag á æviskeiði sínu. Vandinn er sá að endurnýjanleikinn er ekki þekktur en að hámarki sá sem Sanyal (2005) hefur áætlað.
- Endurnýjanleikinn segir ekkert um stærð jarðhitakerfa, þ.e. hversu stórar varmanámur þau eru.