

Varmaleiðni bergs

Valgarður Stefánsson

Greinargerð VS-92-08

VARMALEIÐNI BERGS

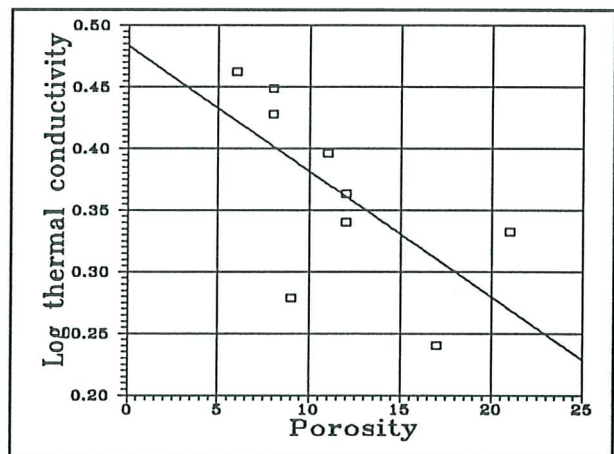
Varmaleiðni bergs er oft á bilinu 1-5 W/m K, en varmaleiðni vatns er 0,628 W/m K. Poruhluti bergs hefur því áhrif á varmaleiðni bergs, þannig að samfara miklum poruhluta er varmaleiðni bergs minni en í þéttu bergi. Stungið hefur verið upp á ýmsum samböndum til að lýsa sambandi varmaleiðni og poruhluta. Einfalt samband af þessu tagi er:

$$\log k = \phi \log k_1 + (1-\phi) \log k_2$$

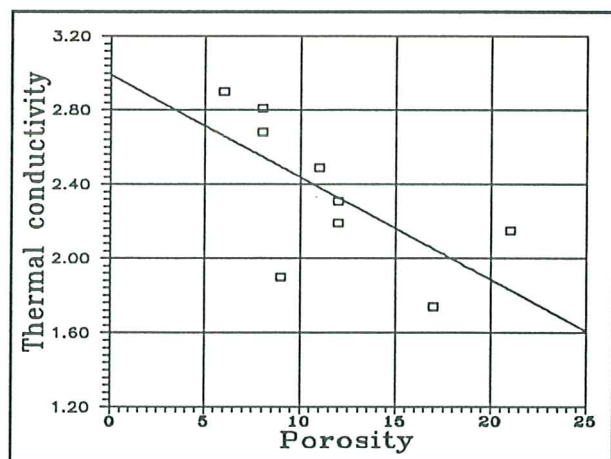
Hér er k_1 varmaleiðni vatnsins, en k_2 er varmaleiðni bergsins þegar poruhlutinn er núll. Á sama hátt og við tölum um bergeðlisþyngd (matrix density eða grain density) til aðgreiningar frá vanalegri eðlisþyngd (bulk density), væri hægt að tala um einhvers konar bergvarmaleiðni til aðgreiningar frá vanalegri varmaleiðni. Bergvarmaleiðni er að vísu óþjálft orð, en getur eflaust vanist ef talið er að skilgreiningin skipti máli.

Þegar varmaleiðni bergs er mæld, virðist það undir hælinn lagt hvort poruhluti er mældur á sama sýni, a.m.k. er það ekki vanalegt að gefa upp varmaleiðni og poruhluta mældan á sama sýni. Hins vegar er þetta gert að vissu marki í grein eftir J.H.Sass, A.H.Lachenbruch, T.H.Moses, Jr., og P.Morgan: *Heat Flow From a Scientific Research Well at Cajon Pass, California* (J. Geoph. Res. 97 noB4, 5017-5030, 1992). Mér fannst því ástæða að skoða hvernig samband er á milli varmaleiðni og poruhluta í því data sem gefið er upp í ofanefndri grein. Ég nota bara data úr greininni þar sem bæði poruhluti og eðlisþyngd er gefin auk varmaleiðni fyrir viðkomandi sýni. Þau sýni sem þannig er ástatt um eru sýni sem tekin voru á yfirborði í nágrenni holunnar. Berggerðin er sandsteinn.

Mynd 1 sýnir logaritman af varmaleiðni sem fall af poruhluta, en á mynd 2 eru gildin



Mynd 1.



Mynd 2.

teiknuð beint upp á línulegum skala fyrir báðar breytur.

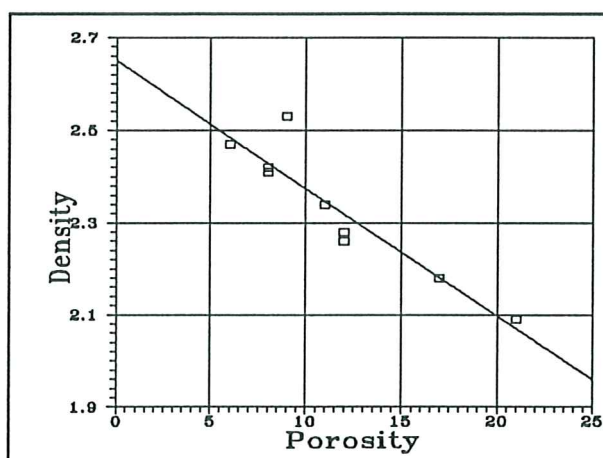
Fljótt á litið virðist ekki mikill munur á myndum 1 og 2. Jafna bestu línu á mynd 1 er: $Y = -0.01019X + 0.48346$, en samsvarandi jafna fyrir línu á mynd 2 er: $Y = -0.05538X + 2.99215$. Það er því spurning af hverju menn eru að burðast með logaritma í sambandinu á milli varmaleiðni og poruhluta. Svarið við þeirri spurningu kemur fram ef við reiknum skurðpunkta bestu línu við ásana. Ef poruhluti = 0, fáum við bergvarmaleiðnina k_2 . Á mynd 1 fæst gildi sem samsvarar 3.04 W/m K, en mynd 2 gefur 2.99 W/m K. Þegar poruhluti er 100% ættum við að fá varmaleiðni vatns, eða 0.628 W/m K. Mynd 1 gefur gildi sem samsvarar 0.29 W/m K, en mynd 2 gefur negatívt gildi. Það er því nokkuð ljóst að það er betra að nota lógaritmisku framsetninguna.

Rétt er að benda á að eðlileg breyting á varmaleiðninni vegna poruhlutabreytinga á þeim sýnum sem hér eru skoðuð, er um 50% (sjá mynd 2). Það vekur því nokkra umhugsun hvernig þeir Sass og félagar vinna úr sínum mælingum. Í fyrsta lagi nota þeir mikið þúður í að sýna fram á að þeir hafi fundið anísótropíu í varmaleiðni. Þessi anísótropíuáhrif eru yfirleitt minni en 10%. Svo leiðréttu þeir fyrir hitastigi. Sú leiðrétting er innan við 20%. Síðan er leiðrétt fyrir varmamyndun í bergi, og sýnist mér að sú leiðrétting sé innan við 20%. Hins vegar er ekki gert ráð fyrir að poruhlutinn hafi áhrif á niðurstöður. Menn gera einfaldlega ráð fyrir að það sé fyrir hendi einhver meðal poruhluti í berginu, sem er föst stærð. Einhvern veginn finnst mér að þetta sé snöggur blettur á umfjölluninni. Höfundar greinarinnar eru samt taldir vera spámenn á þessu sviði.

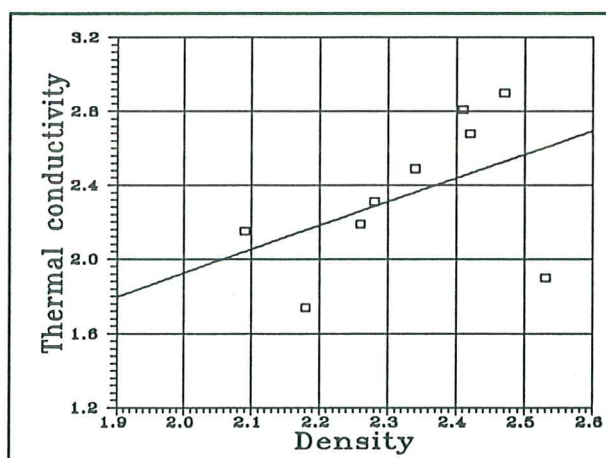
Til þess að fylla út í umfjöllunina sýnir mynd 3 vanalegt samband milli eðlisþyngdar og poruhluta fyrir þessu sýni og mynd 4 sýnir samband milli varmaleiðni og eðlisþyngdar fyrir sömu sýni. Af mynd 3 má lesa að bergþyngd fyrir þessar sandsteinsmyndanir er 2.65 g/cm^3 .

Þar sem sambandið milli varmaleiðni og poruhluta minnir nokkuð á sambandið milli eðlisþyngdar og poruhluta, mætti vænta þess að það væri góð fylgni milli varmaleiðni og eðlisþyngdar. Punktarnir á mynd 4 sýna greinilega fylgni milli þessara stærða, en dreifing þeirra er töluverð.

Ef það er í rauninni svo, að það sé er góð fylgni milli eðlisþyngdar og varmaleiðni getur útkoman orðið sú að það sé eins gott að nota þyngdarmælingar eða



Mynd 3.



Mynd 4.

hljóðhraðamælingar (seismik) til að ákvarða varmaflæði til yfirborðs í stað þess að treysta á varmaleiðni sem mæld á kjarnabútum. Hins vegar sýnist mér að besta aðferðin til að meta varmaleiðni í borholum sé að nota poruhlutamælingar í borholum (t.d. nifteindadreydingu) til þess að fá fram áreiðanlega dreifingu á varmaleiðni með dýpi. Ætla má að bergvarmaleiðnin í íslensku bergi sé tiltölulega vel afmörkuð stærð, þannig að vitneskja um bergvarmaleiðni og poruhluta mundi gefa góða ákvörðun á varmaleiðni bergsins sem fall af dýpi. Hluti af erfiðleikunum við að nota varmaleiðnimælingar á kjarnabútum eru þeir að verið er að nota mælingar gerðar á litlum sýnum 10^{-6} - 10^{-5} m³ til þess að meta varmaleiðni í rúmmáli sem er kanski 1-1,000 m³. Athugunarrúmmál í nifteindamælingu er um 1 m³, svo þar eru mun hagstæðari aðstæður fyrir hendi heldur en við mælingar á kjarnabútum. Við þetta bætist svo að fjöldi "mæligilda" í nifteindamælingu er yfirleitt 100-1000 sinnum meiri heldur en mælingar á kjarnabútum. Í rauninni þarf ekki að taka kjarna ef varmaleiðniákvörðunin er gerð með nifteindamælingu.

Önnur niðurstaða af þessum hugleiðingum er sú að í nákvæmum forðafræðireikningum ætti að láta varmaleiðnina breytast með poruhlutanum í stað þess að nota eitt og aðeins eitt gildi fyrir varmaleiðni í inntaksskrá.

Dreifing: Áhugamenn um forðafræðistuðla
GAx-GrB-Ómar-BS-HS-ÓGF-HF-ÁG-GÓF-GP