

NGU Rapport 2000.034

Kartlegging av grunnvarme fra fjell -
sluttrapport

Rapport nr.: 2000.034		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Kartlegging av grunnvarme fra fjell - sluttrapport					
Forfatter: Kirsti Midttømme og Bernt Olav Hilmo			Oppdragsgiver: Forskningsrådet og NGU		
Fylke: Akershus			Kommune: Asker og Bærum		
Kartblad (M=1:250.000) Oslo			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814-1 Asker		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 15		Pris: 100
Feltarbeid utført: juni-sept. 1998			Rapportdato: 31.03.2000		Prosjektnr.: 277102
			Ansvarlig: <i>Bernt Olav Hilmo</i>		
<p>Sammendrag:</p> <p>Dette samarbeidsprosjektet mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har som hovedmål å utvikle en metodikk for kartlegging av energipotensialet fra fjellbrønner. NGU har gjort over 250 målinger av varmeledningsevne på 87 bergartsprøver fra et forsøksfelt i Asker og Bærum. Målingene er foretatt på et egenutviklet apparat og det er gjort sammenligninger med andre forskningsinstitusjoner som benytter andre måleteknikker. Disse målingene har gitt verdifulle data på varmeledningsevne i forskjellige bergarter og hvordan varmeledningsevnen varierer innen samme bergart med hensyn på mineralsammensetning, lagdeling og tekstur.</p> <p>NVE har laget en modell for grunnvannsbevegelse ut fra topografi og gjort en evaluering av energibidraget fra grunnvannsstrømning.</p> <p>På bakgrunn av varmeledningmålinger og grunnvannsstrømning er det laget et digitalt kart over grunnvarmepotensialet i fjell i forsøksområdet. Kartet er sammenstilt med geografiske data (eiendomsdatabase, gatenavn etc) og lagt ut på Internett, slik at man kan få opp opplysninger om grunnvarmepotensialet i fjell på sin eiendom. Dette er gjort for å gjøre kartet mest mulig brukervennlig. Dette er utviklet i forbindelse med en egen Internettside om grunnvarme. Kartlegging av grunnvarmepotensialet sammen med lett tilgjengelig informasjon om grunnvarme vil forhåpentligvis bidra til at grunnvarme i større grad blir vurdert ved valg av energikilde til oppvarming og kjøling.</p> <p>En evaluering av prosjektet vil danne grunnlag for om og eventuelt hvordan NGU og NVE skal gjøre grunnvarmekartleggingen i andre områder.</p>					
Emneord: Hydrogeologi		Grunnvarme		Varmeledningsevne	
Geotermisk gradient		Grunnvannsstrømning		Berggrunnsgeologi	
Energibrønn		Prøvetaking		Fagrapport	

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	4
2.	MÅL OG FORVENTET NYTTEVERDI.....	4
3.	GJENNOMFØRING	4
3.1	Prøvetaking av bergarter.....	4
3.2	Måling av varmeledningsevne.....	8
3.3	Bestemmelse av andre geologiske data (mineralsammensetning, tekstur etc).....	9
3.4	Evaluering av energibidraget fra grunnvannsstrømning.	9
4.	RESULTAT.....	9
4.1	Målinger av varmeledningsevne.....	9
4.2	Samstilling med andre geologiske parametere	10
4.3	Kart over varmeledningsevne.....	10
4.4	Grunnvannsstrømning.	12
4.5	Internett-side.....	12
5.	ANDRE FORHOLD	14
6.	SLUTTVURDERING	15
7.	RAPPORTER OG PUBLIKASJONER	15
7.1	Rapporter	15
7.2	Publikasjoner	16

1. INNLEDNING

Dette prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Bakgrunnen for prosjektet er en stadig økende etterspørsel etter miljøvennlige fornybare energikilder og en større politisk vilje til å satse på slike energikilder. Varmepumper basert på grunnvarme kan her representere et betydelig bidrag forutsatt at selve konseptet og mulighetene for bruk av grunnvarme blir bedre kjent.

Mulighetene for å utnytte grunnvarme er lite undersøkt her til lands. NGU har bred geologiske kompetanse og god oversikt over berggrunn, løsmasser og grunnvann i tettbebygde områder. Dette sammen med NVE's kompetanse innen energiforsyning og hydrologi gjør oss godt egnet til å utrede grunnvarme som energikilde.

2. MÅL OG FORVENTET NYTTEVERDI

Prosjektet skal medvirke til å nå nasjonal målsetning om økt bruk av alternative fornybare energikilder gjennom utvikling av en metode for kartlegging av grunnvarmepotensialet i fjell.

Prosjektet vil bidra til økt kunnskap om berggrunnens varmeledningsevne, og særlig hvilke mineralogiske og teksturelle bergartsparametere som bestemmer varmeledningsevnen.

På bakgrunn av målinger av varmeledningsevne på bergartsprøver og vurdering av energibidraget fra grunnvannsstrømning, er det utviklet et digitalt kart over grunnvarmepotensialet i fjell i et forsøksområde i Asker og Bærum. For å sikre god brukervennlighet og å nå flest mulig potensielle brukere er kartet, samt informasjon om grunnvarme lagt ut på Internett. Kartet vil være et nyttig hjelpemiddel til energiplanlegging og spesielt ved valg av energikilde til oppvarmings- og kjøleformål.

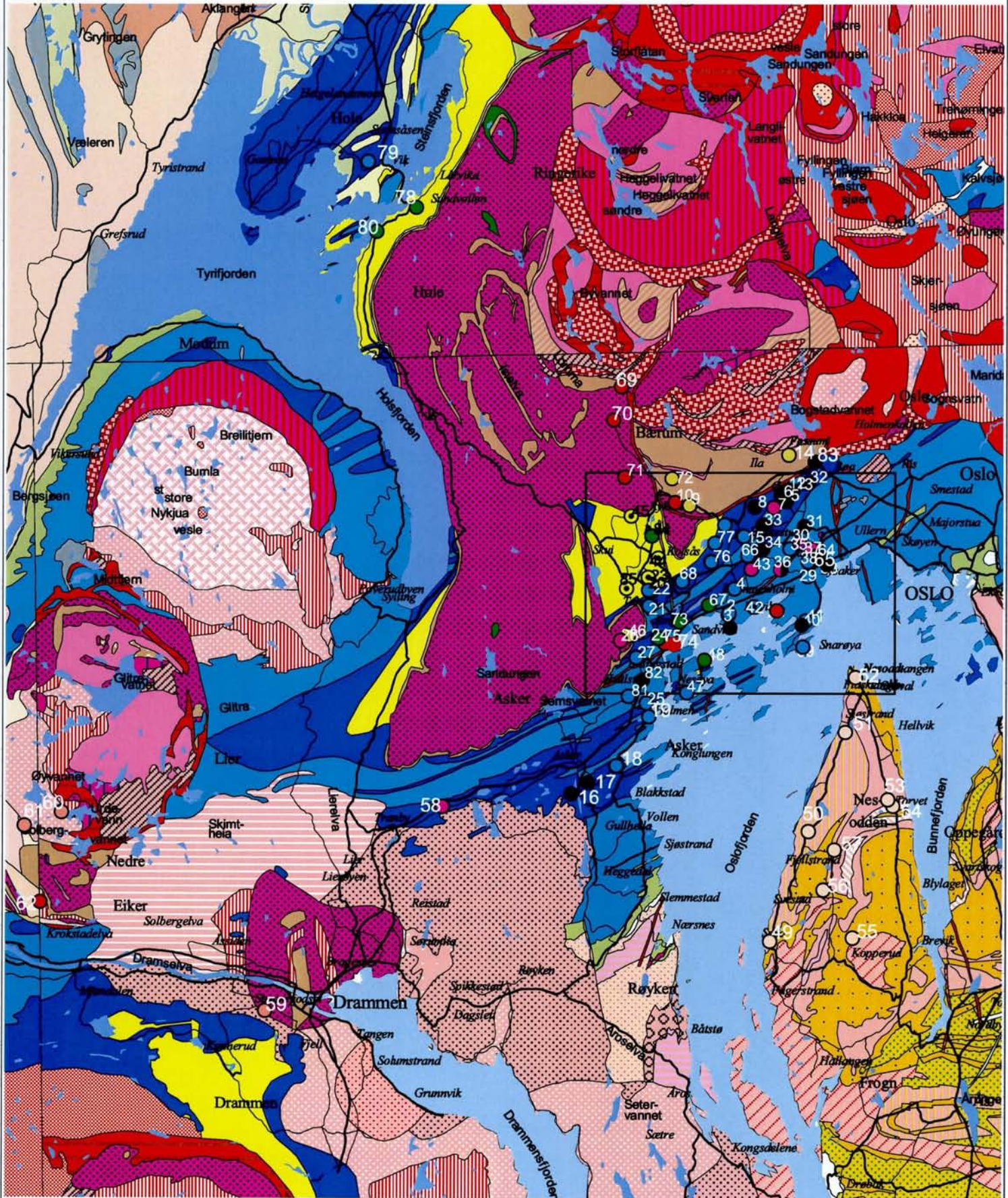
3. GJENNOMFØRING

3.1 Prøvetaking av bergarter

87 bergartsprøver ble samlet inn sommeren 1998. Prøvelokalitetene er vist for alle prøvene i Figur 1 og for prøvene i kjerneområde Sandvika-Lysaker i Figur 2. Tegnforklaring til kartene er vist på side 7. Størrelsen på bergartsprøvene varierte fra 15x10x10cm til 60x45x15cm

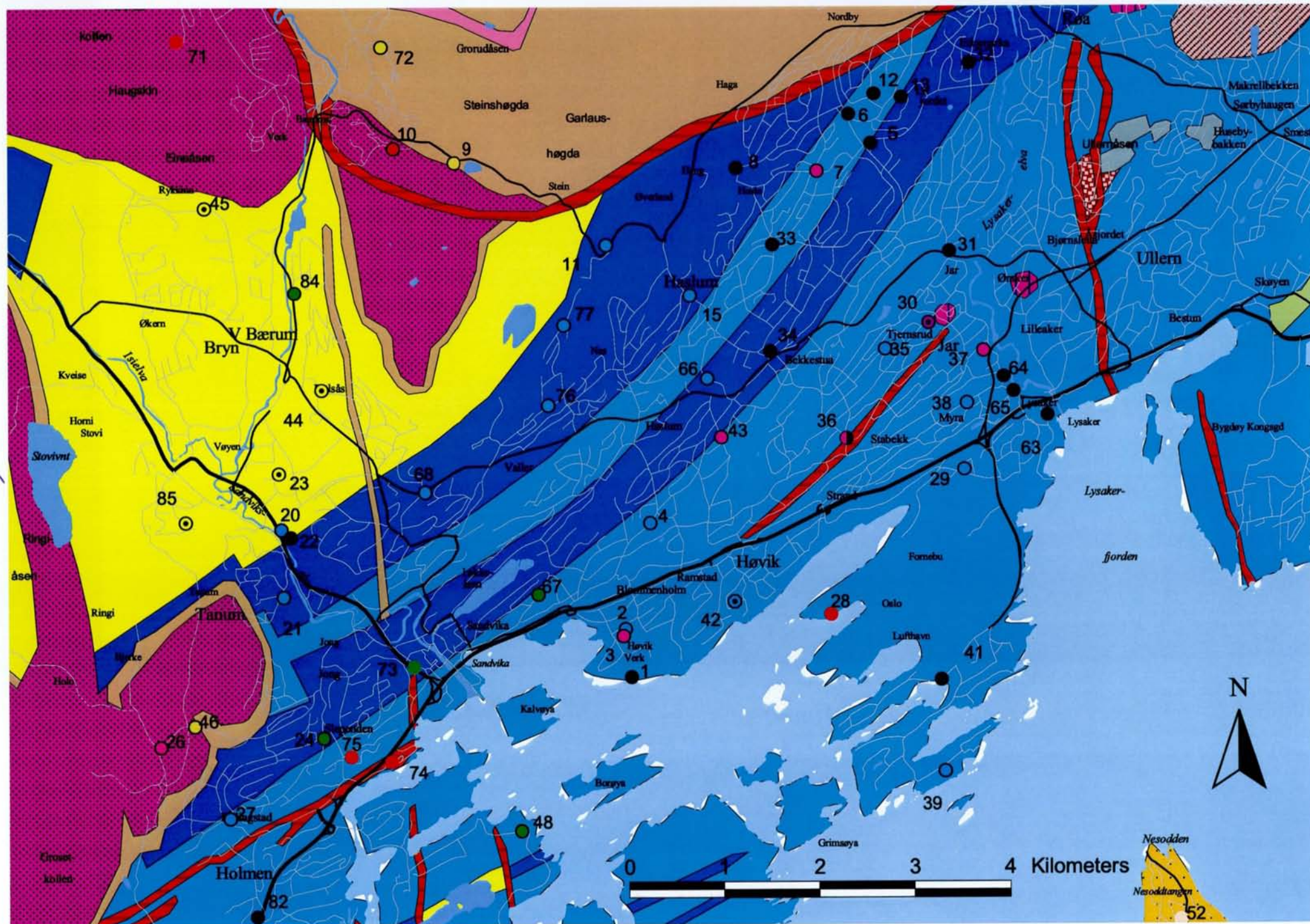
Av bergartsprøvene ble det preparert 237 varmeledningsprøver i størrelse 4x4x1cm Disse prøvene ble preparert både normalt og parallelt med antatt lagdeling.

Oversiktskart over prøvelokaliteter



0 5 10 15 Kilometers





Tegnforklaring

	Alkaligranitt (ekeritt), middels- til grovkornet
	Alkalisyenitt og alkali-kvartssyenitt (nordmarkitt)
	Alunskifer, sandstein og konglomerat, kambrisk alder
	Basalt (B1,B2 = basaltlava nr. 1,2 osv. B1 ligger over sedimentære bergarter fra karbon-
	Biotitt-hornblendegneis med tynne amfibolitter, delvis migmatittisk
	Biotittgranitt
	Gabbro, pyroksenitt, anortositt, dioritt ("Oslo-essexitt") i vulkanrør
	Granitt med rapakivstruktur (kalifeltspat med plagioklasrand)
	Granitt, fin- til middelskornet, delvis porfyrisk
	Granitt, finkornet og porfyrisk
	Granitt, grovkornet
	Granitt, grovkornet, stedvis porfyrisk
	Granitt, middels- til grovkornet
	Granittisk gneis, finkornet, omdannet subvulkansk porfyr
	Granittisk gneis, overveiende migmatittisk
	Granittisk til tonalittisk biotittgneis, migmatittisk, stedvis øyegneis
	Granittisk øyegneis
	Granittisk øyegneis, med særlig store øyne (5-10 cm)
	Granittporfyr og aplitt
	Granodioritt og tonalitt, massiv og foliert
	Ignimbritt, vesentlig rhyolittisk sammensetning, men også trakyttisk sammensetning
	Kalkstein, leirstein og sandstein, tidligsilurisk alder, Bærumgruppen
	Latitt, rombeporfyr (RP1,RP2 = rombeporfyr lava nr. 1,2 osv., RPL = lokalrombeporfyr lava
	Leirskifer, mergelskifer og kalkstein, ordovicisk alder
	Leirstein, sandstein og konglomerat
	Monzodioritt til kvartssyenitt (kjelsåsitt)
	Overveiende biotitt-muskovittgneis, stedvis med disten og/eller sillimanitt, og med kalksili
	Ryolitt til trakytt
	Sandstein, sensilurisk alder, Ringeriksgruppen
	Skriftgranitt
	Syenitt (grefsensyenitt m.fl.)
	Syenitt til kvartsmonzodioritt, finkornet (akeritt)
	Syenittporfyr og kvartssyenittporfyr, i ringganger og mindre kropper
	Trakytt, porfyrisk (T1,T2 = trakyttlava nr. 1,2 osv.)
	Tuff, latittisk til basaltisk sammensetning
	Vulkansk breksje, agglomerat, dagnær eruptivbreksje og tektoniske breksjer knyttet til kalde

Prøvelokaliteter

- Leirstein
- Siltstein
- Sandstein
- Kalkstein
- Granitt
- Gangbergarter
- Intrusivbreksje
- Porfyrer
- Basalt
- Gneis

3.2 Måling av varmeledningsevne

Et utstyr for å måle varmeledningsevnen til bergartsprøver ble utviklet ved NGU sommeren 1998 (Figur 3). Utstyret er videreutviklet fra det Mike Middleton bygget opp ved Chalmers Universitet, Sverige. Målemetoden er en transient metode utledet fra teorien om konstant en-dimensjonal varmestrøm gjennom en plateformet prøve. Måleutstyret består av:

- en varmekilde, dvs vannkjel med varmeelement.
- prøveholder med temperaturføler.
- temperaturlogger som er koblet til en PC.

Målemetoden ble testet ved sammenlignbare målinger med 3 andre forskningsinstitusjoner. Målingene utført ved NGU samsvarte bra med målingene utført ved Universitetet i Aarhus og ved NTNU. Sintef målte lavere varmeledningsevner enn de andre. Varmeledningsevnen ble målt på både tørre og vannmettede prøver. Alle prøvene ble målt minst to ganger i tørr tilstand, og kravet på reproduserbarhet var <10 % for to målinger.



Figur 3. Foto av NGU's utstyr for måling av varmeledningsevner.

3.3 Bestemmelse av andre geologiske data (mineralsammensetning, tekstur etc)

Det ble preparert tynnslip av alle bergartsprøvene, og tynnslipene ble mikroskopert. I beskrivelsen av prøvens tekstur er kornstørrelsen til de største korna spesielt vektlagt. Mineralsammensetningen til prøvene er antatt ut fra tynnslipanalysene.

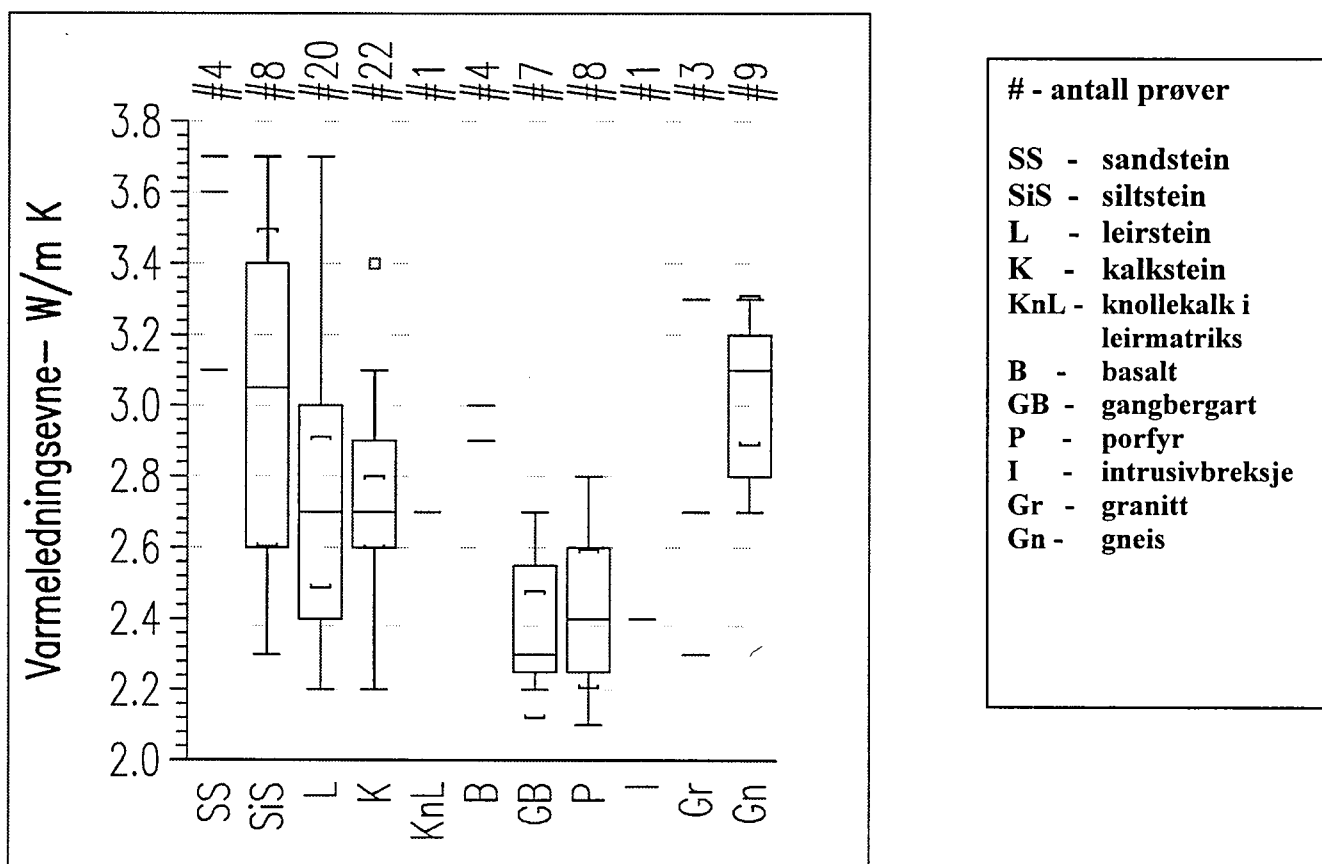
3.4 Evaluering av energibidraget fra grunnvannsstrømning.

En topografisk grunnvannsmodell ble utviklet ved NVE, og grunnvannsstrømningen for området Høvik – Bekkestua ble modellert (se vedlagt rapport).

4. RESULTAT

4.1 Målinger av varmeledningsevne

Det ble til sammen utført 860 varmeledningmålinger på de 237 varmeledningsprøvene. Den midlere varmeledningsevnen for hver bergartsprøve i tørr tilstand varierte fra 2,1 til 3,7 W/m·K. Varmeledningmålingene inndelt etter bergartstype er vist som boksplokk i Figur 4. De fire sandsteinene skiller seg ut med høye varmeledningsevnen. Det måles også høye varmeledningsevner på gneisene og basaltene, mens det måles lave varmeledningsevner for gangbergartene og porfyrene.



Figur 4. Boksplokk av målte varmeledningsevner inndelt etter bergartstype.

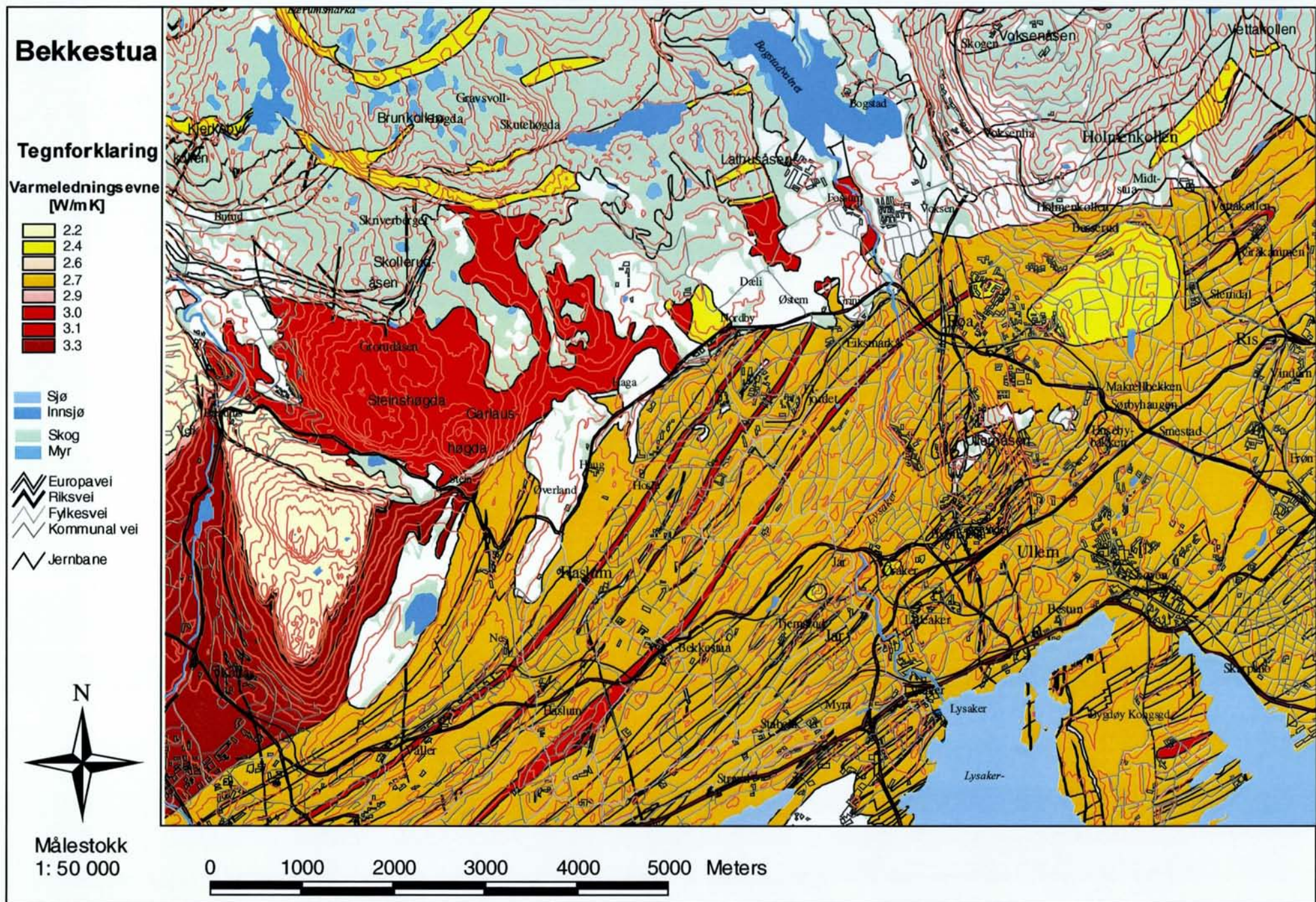
4.2 Samstilling med andre geologiske parametere

Bergartens varmeledningsevne er en funksjon av teksturelle faktorer og mineralogisk sammensetning. De tre materialparametere: kvartsinnhold, båndingsstruktur og kornstørrelse er funnet å ha god korrelasjon med varmeledningsmålingene.

For de 45 kalk- og leirsteinprøvene har alle 12 prøvene med varmeledningsevne over 2,9 W/m·K enten høyt kvartsinnhold, båndingsstruktur eller kornstørrelse over 0,05 mm. 70 % av de resterende prøvene har en målt varmeledningsevne mellom 2,3 og 2,7 W/m·K. Porøsitet, tetthet, leirmineral- og feltspatinnholdet virker å ha liten innvirkning på varmeledningsevnen. Vanmettede prøver har opp til 10 % høyere varmeledningsevne enn tørre prøver.

4.3 Kart over varmeledningsevne.

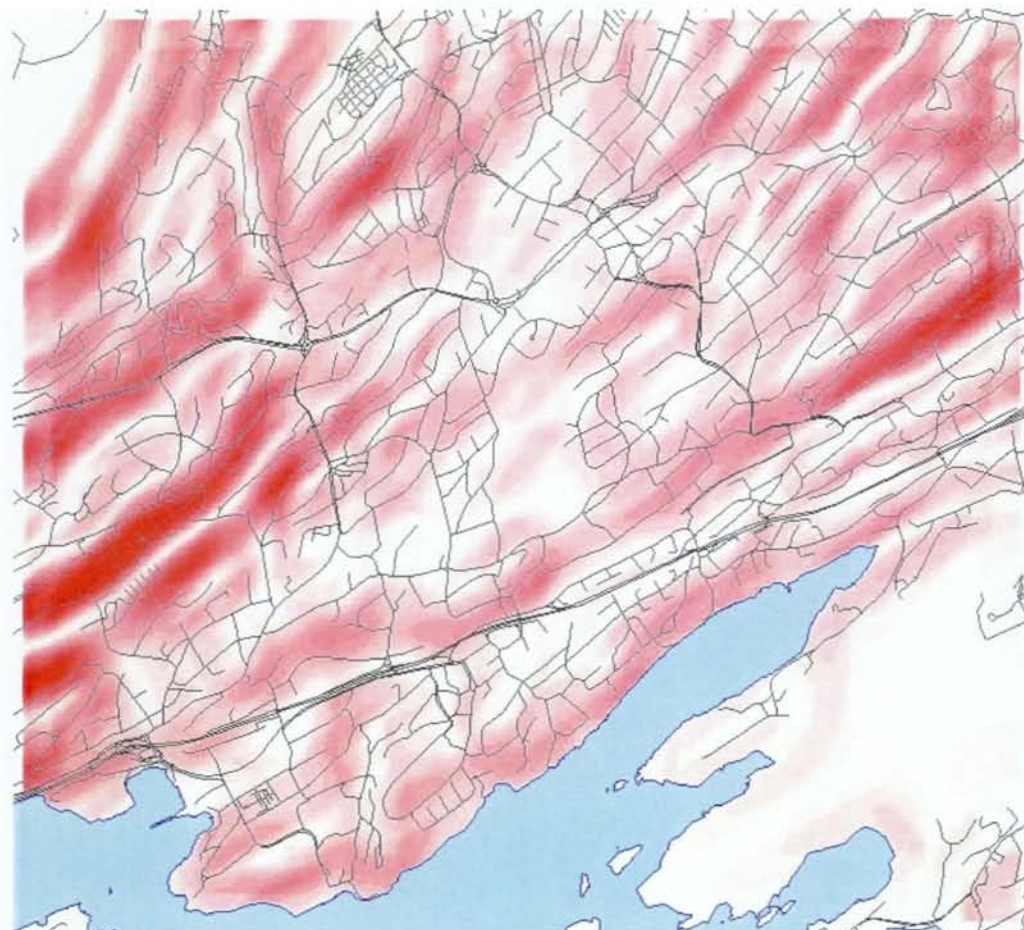
Varmeledningskartet over deler av Bærum kommune (Figur 5), er basert på målingene av varmeledningsevne på de innsamlede bergartsprøvene. Varmeledningskartet viser antatt varmeledningsverdier for tørre bergartsprøver.



Figur 5. Varmeledningsevne for bergarter i Bekkestua området.

4.4 Grunnvannsstrømning.

Kart over antatt grunnvannsstrømning i Bærum er vist i Figur 6. Områder med størst grunnvannstrømning er markert med mørkest rødfarge.

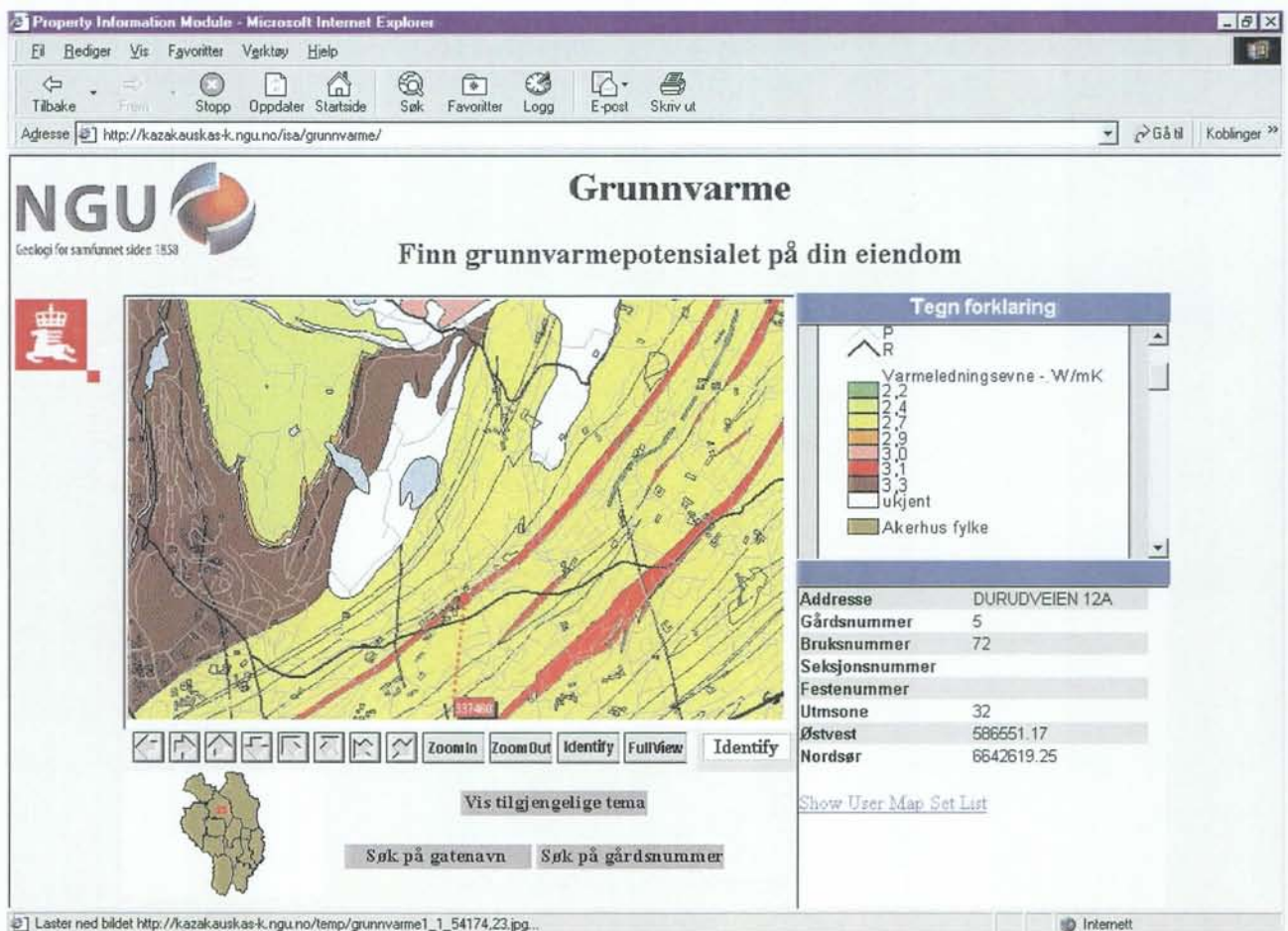


Grunnvatnrørsle Høvik - Bekkestua - Fornebu
basert på regional topografi.
Indikert ved raudfarge.

Figur 6. Kart over grunnvannsstrømning i Bærum.

4.5 Internett-side

Varmeledningskartet (Figur 5) er tilgjengelig via NVE og NGUs hjemmeside om grunnvarme (Figur 8) (<http://www.ngu.no/prosjekter/Grunnvarme/gv1-1.htm>). Kartet er koblet mot eiendomsdatabasen slik at man ved å søke på en av eiendommene på kartbladet, kan hente ut informasjon om grunnvarmepotensialet for den eiendommen. Foreløpig kan man hente ut opplysninger om berggrunnens antatte varmeledningsevne og grunnvannsstrømning.



Figur 7. Foreløpig versjon av internettkartet over energipotensialet fra energibrønner på kartblad Bekkestua.



Figur 8. NVE og NGUs hjemmeside om grunnvarme.

5. ANDRE FORHOLD

Det ble valgt et komplisert geologisk område med et rikt mangfold av bergarter både gang- og dyppergarter fra Perm og sedimentære bergarter fra Kambrosilur. I tillegg ble det prøvetatt grunnfjellsbergarter. Mangfoldet av bergarter og bergartsformasjoner har gjort at det ble tatt få prøver av de forskjellige bergartstypene og fra de forskjellige formasjonene. Det har ført til stor statistisk usikkerhet i dataene over varmeledningsevne. Riktig klassifisering har også vært et problem. Spesielt for de sedimentære prøvene fra Kambrosilur som består av vekslende leir-, kalk- og sandsteiner, gjerne med knollekalker, kan derfor klassifiseringen av bergarten være usikker.

NGU vil i løpet av 2000 foreta kartlegging av grunnvarmepotensialet i fjell i de resterende bebygde områdene i Asker og Bærum. I tillegg har NGU som målsetning å bygge opp en databank over bergarters varmeledningsevne. Dette vil spesielt bli gjort innenfor NGUs prosjekt *Lithogeokjemisk kartlegging av bergarter*, der det skal samles inn prøver for hver bergart på NGUs berggrunnskart i M. 1:250 000. Måling av varmeledningsevne vil inngå som en standardmåling i analyseprogrammet, og dette vil etter hvert gi oss gode regionale oversikter over berggrunnens varmeledningsevne.

Kjennskap til grunnvarmepotensialet gir riktigere dimensjonering av grunnvarmeanlegg. God varmeledningsevne i berggrunnen, samt et betydelig bidrag fra strømmende grunnvann kan gi opptil 50 % innsparing i kostnader til boring og kollektorsløyfer.

6. SLUTTVURDERING

Det er for tidlig å gi sikre vurderinger av hvilke nytte slike kart over energipotensialet i fjell har for utvikling og utnyttelse av grunnvarme som energikilde. Etterspørselen etter data over potensialet for grunnvarmeuttak og særlig berggrunnens varmeledningsevne har økt merkbart de siste åra. Resultater fra prosjektet er allerede brukt til vurdering av grunnvarme ved flere store byggeprosjekter i Oslo og Akershus. Etter vår vurdering er de viktigste resultatet av prosjektet følgende:

- økt kunnskap om bergarters varmeledningsevne, inklusiv måleteknisk
- nyttige erfaringer om hvordan grunnvarmepotensialet bør kartlegges og presenteres
- økt fokus og større almen interesse for grunnvarme
- økt samarbeid innen grunnvarme mellom NGU, NVE, SINTEF og universitetene

Resultatene i prosjektet er stort sett i tråd med de forventninger som opprinnelig ble lagt til grunn i søknaden til NFR. Vi vil likevel nevne noen forhold som var mer problematisk enn antatt:

- Grunnet mangel på gode rådata var modelleringen av grunnvannsbevegelsen vanskeligere enn antatt. Det ble derfor laget en modell ut fra topografiske kart.
- Målinger av varmeledningsevne på bergartsprøver var mer komplisert, både med hensyn på utvikling av apparatur og kalibrering av målingene.
- Presentasjon av kart over grunnvarmepotensialet på Internett tok lengere tid enn antatt grunnet forsinkelser med levering av oppgradert versjon av programvaren.

Målemetoden og utstyret for måling av varmeledningsevne er videreutviklet slik at målingene blir enklere og mer nøyaktig utført. Metoden er nå også blitt kalibrert ved målinger på standardmaterialet Pyroceram 9606. Utstyret er blitt benyttet både i eksterne oppdrag og interne prosjekter ved NGU. Det er etterspørsel etter varmeledningmålinger både fra oljeindustrien og fra grunnvarmemiljøer. Måling av varmeledningsevne på bergartsprøver inngår nå som en av de laboratorietjenestene NGU kan tilby.

7. RAPPORTER OG PUBLIKASJONER

7.1 Rapporter

Holm, Thorgeir 1998: Evaluering av energibidraget fra grunnvannsstrømning, *Dokument 19-1998, NVE*, 10s

Holm, Thorgeir 1999: Energi frå grunnvatn i berg. *Dokument 14-1999, NVE* 21s

Midttømme, Kirsti; Hilmo, Bernt Olav; Skarphagen, Helge og Nissen, August 2000: Kartlegging av energipotensialet i berggrunnen på kartblad Bekkestua, Bærum kommune: Varmeledningsevnen til bergarter. *NGU-Rapport 2000.036*, 99s.

7.2 Publikasjoner

Midttømme, Kirsti; Skarphagen, Helge & Hilmo, Bernt Olav 1999: Utnyttelse av grunnvarme – hva vet vi om bergartenes varmeledningsevne? *Norges Geologiske Forening Vintermøte*, Stavanger, Januar, 1999, Abstract i *Geonytt*, 74.

Skarphagen, Helge & Stene, Jørn 1999: Geothermal heat pumps in Norway. *IEA Heat Pump Centre Newsletter*, 17, 1.

Midttømme, Kirsti; Hilmo, Bernt Olav; Skarphagen, Helge & Kalskin, Randi 2000: Mapping of geothermal energy in bedrock, *Nordisk Geologiske Vintermøte*, Trondheim, Januar 2000, Abstract i *Geonytt*, 1, 2000, 120.

Midttømme, Kirsti; Hilmo, Bernt Olav; Skarphagen, Helge & Kalskin, Randi 2000: Kartlegging av grunnvarmepotensialet i fjell. *9 seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi* Abstrakt i *NGUrapport 2000.022*, 94.