

NGU Rapport 2000.073

Utredning om grunnvarme til planlagte sykehus
i Akershus. Feltundersøkelser

Rapport nr.: 2000.073		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Utredning om grunnvarme til planlagte sykehus i Akershus. Feltundersøkelser				
Forfatter: Kirsti Midttømme, Helge Skarphagen, Øystein Nordgulen og Oddvar Longva		Oppdragsgiver: Akershus fylkeskommune og NGU		
Fylke: Akershus		Kommune: Lørenskog og Ski		
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1914-III Ski og 1914-IV Oslo		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 31	Pris: 110	
Feltarbeid utført: mai 2000		Rapportdato: 27.7.00	Prosjektnr.: 2877.00	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>Akershus fylkeskommune planlegger nye sykehus på Lørenskog og på Ski. De vurderer å benytte grunnvarme. Den mest aktuelle grunnvarmeløsningen for begge de planlagte sykehusene er fjellanlegg med varmepumpe og med mange grunne brønner (ned til 300 m).</p> <p>Løsmasseoverdekningen i området rundt de planlagte sykehusene ble vurdert ut fra tilgjengelige data. og berggrunnen ble kartlagt ved feltbefaring. Varmeledningsevnen ble målt på relevante bergartsprøver. Varmestrøm og temperaturgradienter i området ble antatt ut fra kjemiske analyser av bergartene. Ut fra de geologiske undersøkelsene og antatt energibehov for sykehusene er det gitt anbefalinger om dimensjonering av grunnvarmeanlegget.</p> <p>Det antas å være muligheter for å utnytte berggrunnen i områdene rundt de planlagte sykehusene i Lørenskog og på Ski til energiuttak og energilagring. I Ski viser undersøkelsene at forholdene er svært gunstig for bruk av grunnvarme. Det anbefales testboringer for å få bedre kunnskap om grunnvarmepotensialet i berggrunnen.</p>				
Emneord: grunnvarme		geotermisk energi		varmeledningsevne
grunnvannsstrømning				

INNHold

1. OPPSUMMERING OG ANBEFALING.....	4
2. VURDERING AV LØSMASSENE.....	5
3. BERGGRUNNSGEOLOGI.....	5
3.1 Berggrunnen i Lørenskog.....	5
3.2 Berggrunnen i Ski.....	10
4. PRØVEINNSAMLING.....	10
4.1 Prøvebeskrivelse: Bergartenes mineralogi og kjemiske sammensetning.....	10
5. VARMELEDNINGSMÅLINGER.....	11
5.1 Lørenskog.....	13
5.2 Ski.....	13
5.3 Anbefalte varmeledningsevner.....	14
6. GRUNNVANNSSTRØMNING.....	14
6.1 Temperaturen på grunnvannet.....	14
7. VARMESTRØM.....	16
7.1 Radioaktiv energi.....	16
7.2 Varmestrøm.....	17
7.3 Temperaturgradient.....	18
8. BOREHULLSLAGER FOR ENERGI.....	18
8.1 Skisse for dimensjonering av borhullslager på SiA.....	19
8.2 Skisse for dimensjonering av borhullslager, Follo sykehus.....	21
9. KOSTNADSOVERSLAG FOR KOMPLETT BOREHULLSLAGER PÅ SIA.....	22

VEDLEGG 1. Vurdering av løsmassemekktigheten

VEDLEGG 2. Varmeledningmålinger – beskrivelse av målemetode

VEDLEGG 3. Kjemiske analyser av bergartsprøvene.

Foruten forfatterne har følgende NGUere deltatt i prosjektet.

Odd Sagegg, Elin Sagvold og Tom Jacobsen - preparering av prøver.

Bjørn Nilsen - XRF analyser.

Eyolf Erichsen – kartskisser (microstation).

Randi Kalskin - kartskisser (arc view).

1. OPPSUMMERING OG ANBEFALING

Berggrunnen i det aktuelle utbyggingsområdet på Ski har termiske egenskaper som er positive med tanke på uttak av grunnvarme fra fjellbrønner. Den dominerende bergarten er en granittisk gneis med høy varmeledningsevne. Bergarten har i tillegg et ”høyt” innhold av radioaktive elementer som gir høy varmestrøm. Den naturlige grunnvannsstrømningen i berggrunnen vurderes som forholdsvis høy hvilket er positivt for uttak av grunnvarme. Berggrunnen er gjennomskåret av amfibolittganger som kan gi noe reduksjon i varmestrømmen.

Største dyp til fast fjell innenfor utbyggingsområdet på Ski er beregnet til 10 m. Løsmasseoverdekningen avtar systematisk mot sør slik at det kostnadmessig vil være gunstigst å etablere et grunnvarmeanlegg i området sør for det planlagte sykehuset.

Bergartene i det aktuelle utbyggingsområdet på Lørenskog (dioritt) har ikke de samme gunstige termiske egenskapene som på Ski. Varmeledningsevnen er middels god og innholdet av radioaktive elementer er lavt. Den naturlige grunnvannsstrømningen antas også å være lavere her enn i det omtalte området på Ski. Samlet sett synes derfor utgangspunktet for etablering av et grunnvarmeanlegg basert på fjellbrønner å være dårligere i Lørenskog-lokaliteten enn i Ski-lokaliteten. Dette innebærer likevel på ingen måte at vi ut ifra disse innledende undersøkelsene kan konkludere med at Lørenskog-lokaliteten er uegnet for etablering av et grunnvarmeanlegg.

Avstanden fra det aktuelle utbyggingsområdet på Lørenskog til gneisbergartene i nord og øst er for stor til at dette kan være aktuelle lokaliteter for brønnetableringer. Brønner må derfor bores i dioritt-bergartene, som har noe dårligere termiske egenskaper.

I Lørenskog-området kan løsmasseoverdekningen i de dypeste forsenkningene være mer enn 20 m. Brønner bør derfor fortrinnsvis etableres innenfor de gule og/eller lyserøde områdene i Figur 1.

Ut fra dette studiet mener vi at det er gode muligheter for å utnytte berggrunnen i områdene rundt de planlagte sykehusene i Lørenskog (SiA) og på Ski til energiuttak og energilagring. Vi anbefaler testboringer i de aktuelle områdene for å få bedre kunnskap om grunnvarmepotensialet i berggrunnen.

2. VURDERING AV LØSMASSENE

Vurdering av løsmassene er vedlagt (Vedlegg 1) og løsmasseoverdekningen er vist på kartene over Lørenskog (Figur 1) og Ski (Figur 2). I tillegg til bakgrunns materialet fra Akershus fylkeskommune og NGU er også geotekniske undersøkelser utført av Statens Vegvesen Akershus benyttet i vurderingen.

3. BERGGRUNNSGEOLOGI

Geologiske kart over berggrunnen i Lørenskog og Ski er vist på Figur 3 og 4. Berggrunnen i de aktuelle områdene består av:

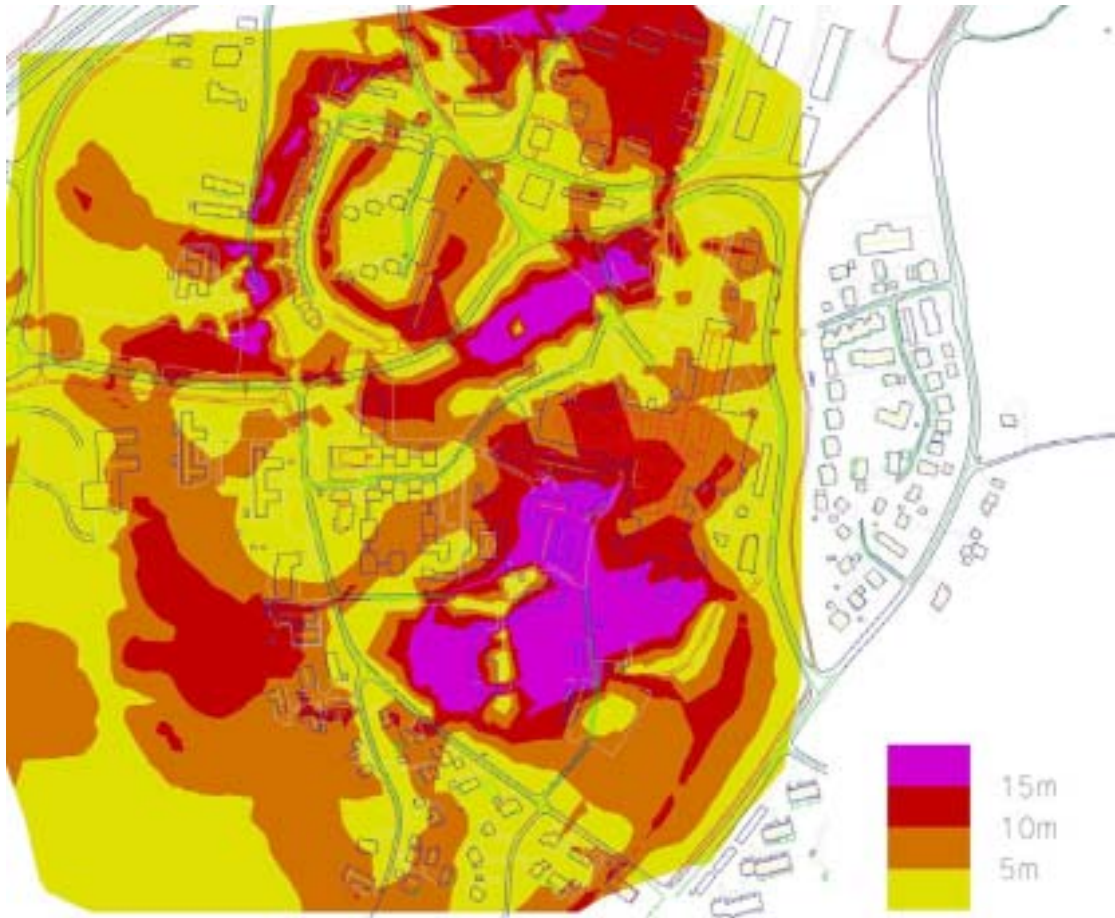
1. Lagdelt til laminerte biotitt-muskovittgneis med enkelte lag av kalksilikatbergarter
2. Diorittisk til tonalittisk, middelskornet gneis
3. Granittisk til granodiorittisk gneis

Biotitt-muskovittgneis er den eldste av disse, og bergartene i gruppe 2 og 3 er dypbergarter som har gjennomgått bergartene i gruppe 1 og størknet som større og mindre intrusive kroppar. Feltarbeidet har tatt sikte på å samle inn representative prøver av berggrunnen med spesiell vekt på området nær de planlagte nybyggene. Det er også tatt hensyn til tidligere undersøkelser og analyser gjennomført av NGU.

3.1 Berggrunnen i Lørenskog

I Lørenskog finnes bergarter fra gruppe 1 og 2. Ved sentralsykehuset (SiA) finnes diorittiske bergarter (gruppe 2) med enkelte tynne soner av gneis (disse er for tynne til å vises på kartet). Dioritten fingerer ut mot gneisene i nordlig retning (se kart). Mot øst avsluttes dioritten ca 600 meter fra sykehuset, og videre østover er det biotitt-muskovittgneis, stedvis med en del uregelmessige ganger av amfibolitt. Biotitt-muskovittgneisen er i dette området migmatittisk, dvs at den inneholder lyse kvarts-feltspatrike partier i veksling med mørkere partier med mer glimmer. Både diorittiske bergarter og biotitt-muskovittgneisen har en godt utviklet planstruktur (foliasjon) som gir bergartene et lagdelt preg. Foldestrukturer i bergartene gjør at foliasjonen har variabel orientering.

Ellers finnes det i dette området en del pegmatittganger (særlig grovkornet granitt) og noen finkornete, mørke og grå ganger som tilhører Oslofeltets bergarter.

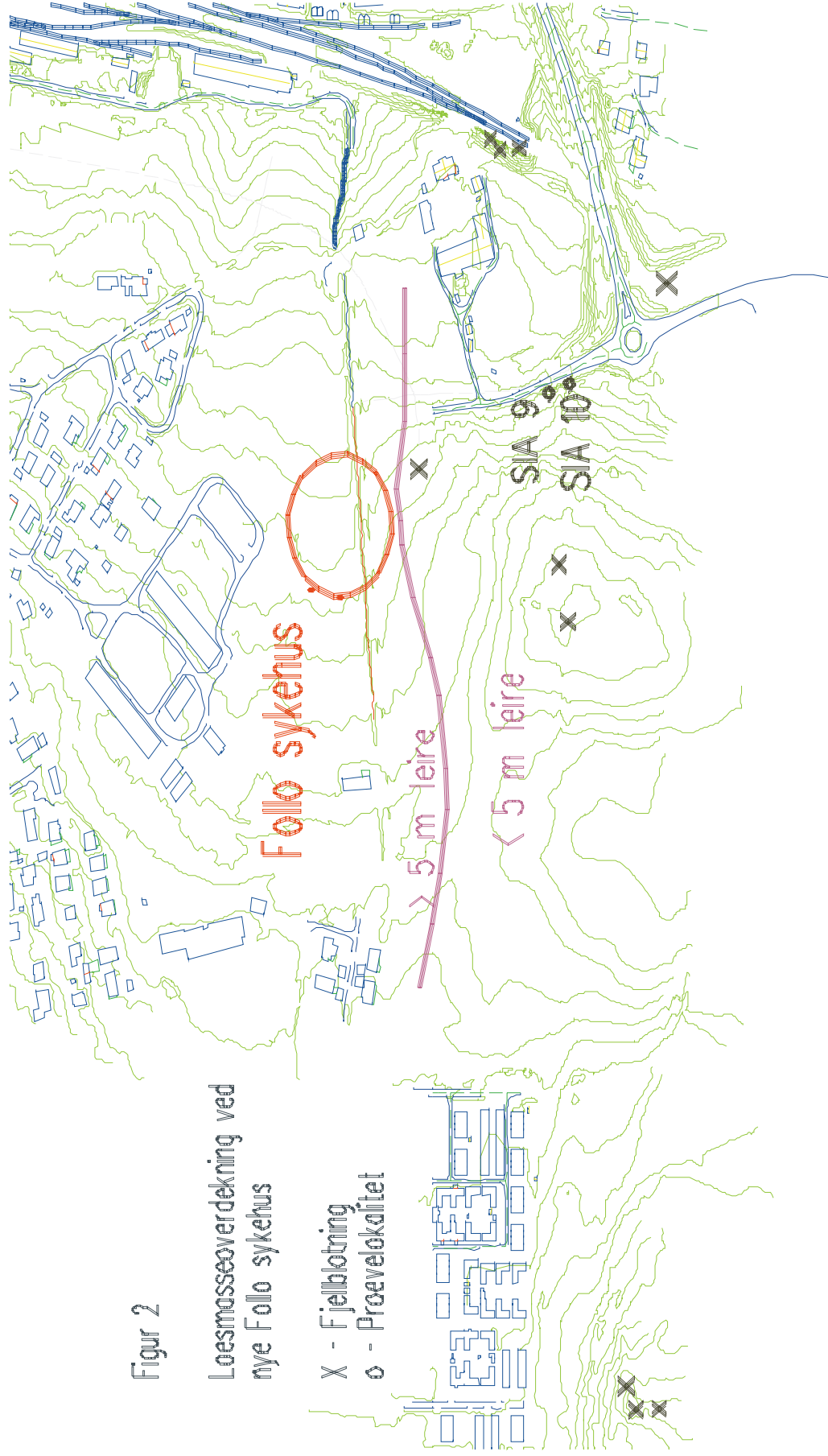


Figur 1. Antatt løsmasseoverdekning ved SiA på Lørenskog.

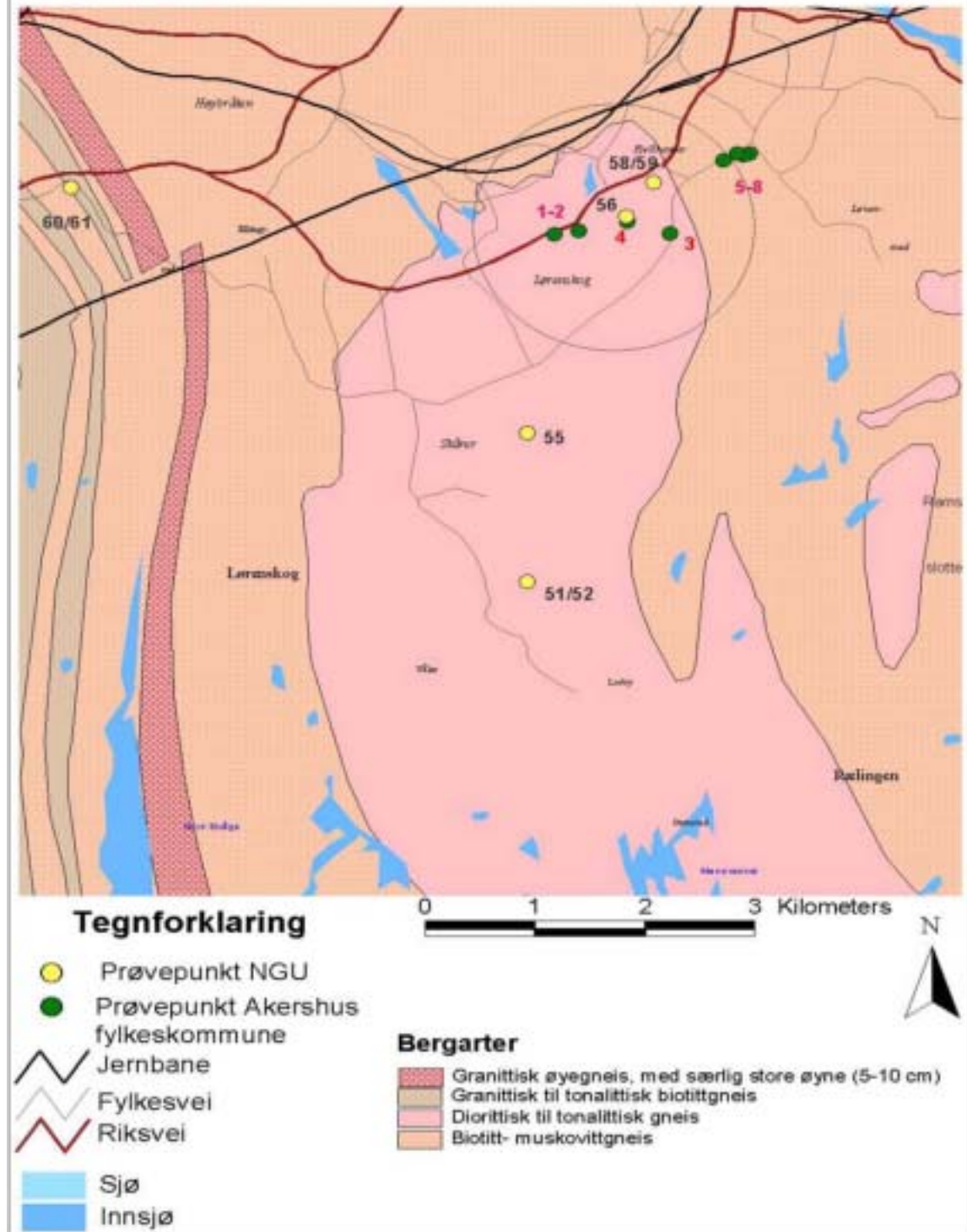
Figur 2

Loesmasseoverdekning ved nye Follo sykehus

- X - Fjellblotning
- o - Prøvekalitet

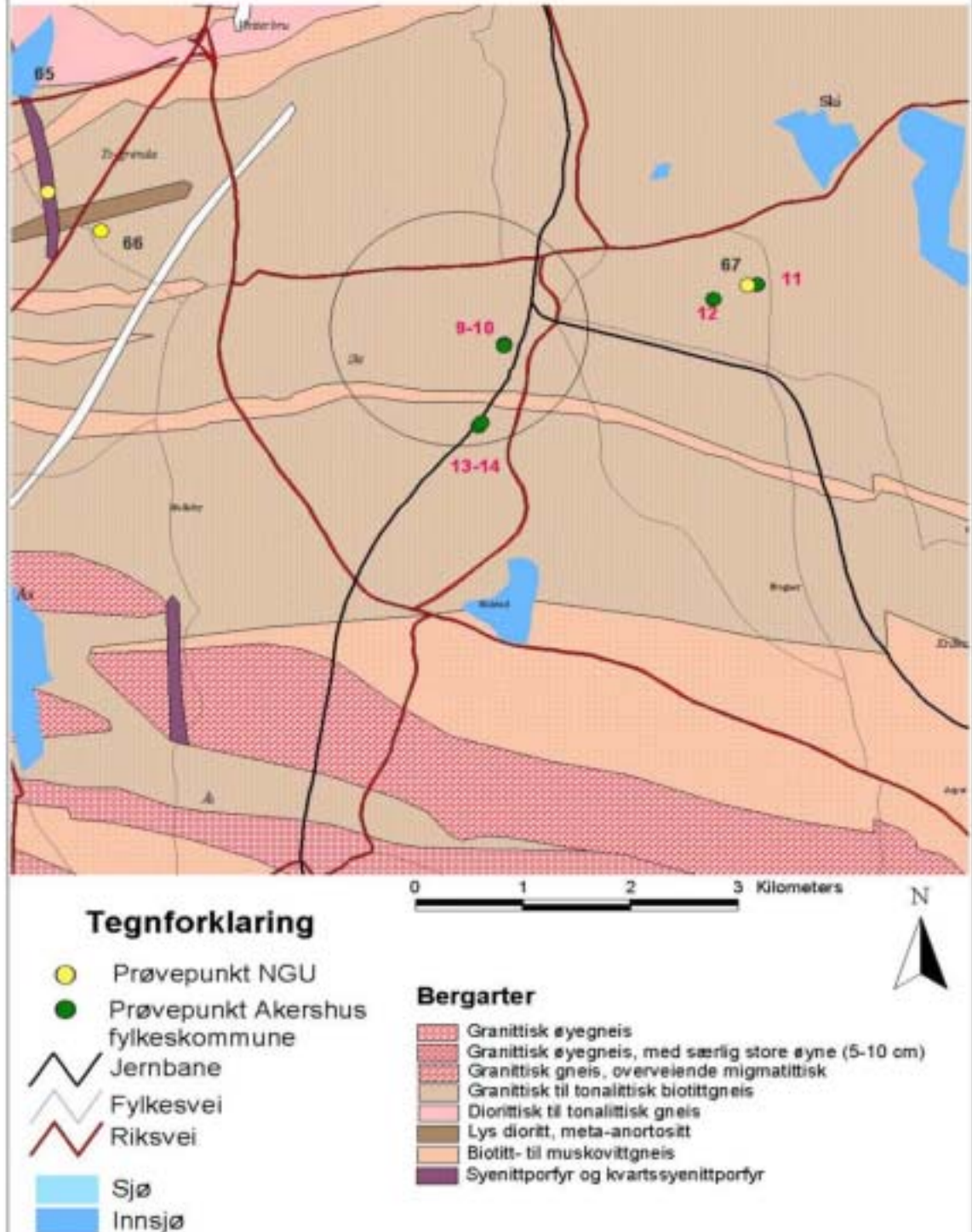


Prøvepunkter Lørenskog



Figur 3. Berggrunnskart med prøvepunkter, Lørenskog.

Prøvepunkter Ski



Figur 4. Berggrunnskart med prøvepunkter, Ski.

3.2 Berggrunnen i Ski

Ved Ski er berggrunnen dominert av granittisk til granodiorittisk gneis, stedvis med forholdsvis hyppige innslag av planfolierte, mørke amfibolittganger. I mindre omfang forekommer lag og bånd av biotitt-muskovittgneis (gruppe 1), og en slik sone framstår som et bånd orientert omtrent øst-vest på kartet sør for Ski. Gneisene har en sterkt utviklet planstruktur (foliasjon) som heller omtrent 40-50 grader i retning N til NNØ. Amfibolittgangene er i all hovedsak orientert parallelt med foliasjonen i gneisen. Resultatet av dette er en lagdelt bergart med dominerende granittisk gneis som inneholder en varierende mengde med lag av amfibolitt. Pegmatittganger og tynne kvartsganger med vilkårlig orientering finnes også i gneisen.

4. PRØVEINNSAMLING

14 bergartsprøver ble samlet inn under feltbefaring. Lokaliseringen av disse er vist med grønne sirkler på berggrunnskartene over Lørenskog og Ski (Figur 3 og 4). For å unngå påvirkning av frostsprengning og forvitring, ble prøvene tatt av "friskt fjell" fra vegskjæringer og byggegroper. På grunnlag av feltbefaringen og tidligere utførte arbeider kan det antas at bergartene som er prøvetatt på overflaten vil være representative for de bergarter en kan vente å finne nedover til noen få hundre meter under bakken.

Av bergartsprøvene ble det boret ut små kjerneprøver for varmeledningmålinger (diameter $d=35$ mm og høyde $h=25-30$ mm). Fra hver bergartsprøve ble det boret ut minst to kjerner, en normalt på bergartens lagdeling og en eller to kjerner parallelt med.

I tillegg ble det tatt ut representativ stykker av alle bergartsprøvene for kjemiske analyser og til tynnslip. Den kjemiske sammensetningen til prøvene ble bestemt ved XRF analyser utført ved NGU og ved ICP-MS utført ved GTK, (Geologiska forskningscentralen Kemilaboratoriet) Finland.

4.1 Prøvebeskrivelse: Bergartenes mineralogi og kjemiske sammensetning

Biotitt-muskovittgneisen er en omdannet sedimentær bergart, og dens mineralogi og kjemiske sammensetning viser forholdsvis stor variasjon. Prøver fra denne bergarten består hovedsakelig av kvarts, feltspat (plagioklas og kalifeltspat i varierende forhold), og til sammen utgjør disse mineralene mer enn 80% av bergarten. Glimmer (biotitt og muskovitt) utgjør ca 10-20%; i små mengder forekommer epidotmineraler, kloritt, granat og erts. Bergarten er fin til middelskornet og har en sterk foliasjon, dvs. at de enkelte mineralkorn er orientert parallelt med hverandre og gir en gjennomgripende planstruktur. Biotitt-

muskovittgneisen har forholdsvis lavt innhold av U og Th, mens innholdet av K varierer mellom ca 1 og 6,5%.

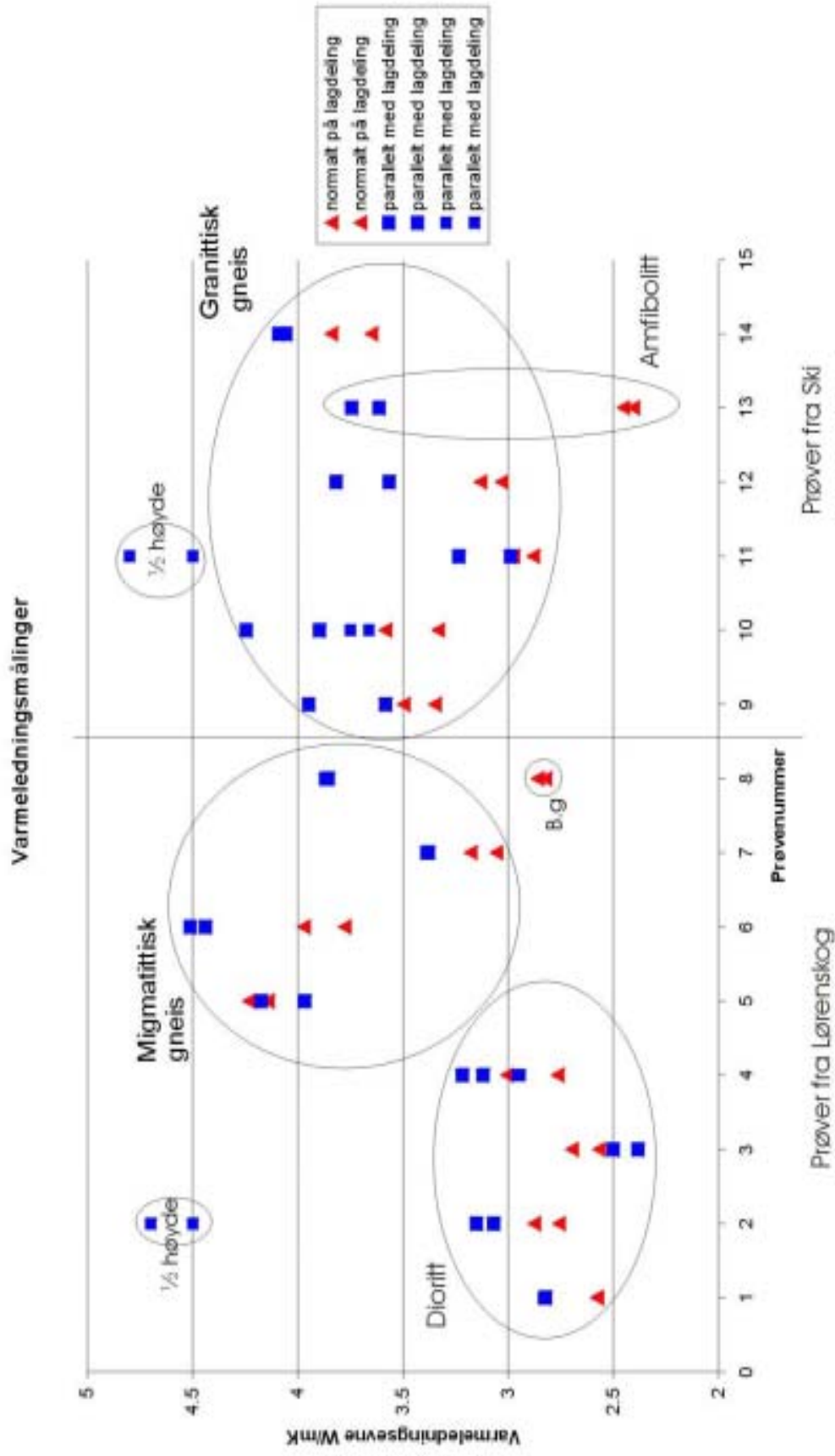
De diorittiske bergartene har høyt innhold av jern- og magnesiumrike mineraler, og tilsvarende lavt innhold av kvarts. Hovedmineralene er plagioklas og hornblende, i mindre mengder finnes pyroksen, biotitt og kvarts. I dioritten finnes mindre partier med tonalittisk til granodiorittisk sammensetning, og disse har større innhold av kvarts, kalifeltspat og biotitt. Bergarten er stort sett middelskornet, men finkornete varianter finnes lokalt. De analyserte prøvene viser forholdsvis stor variasjon i kjemisk sammensetning, men har som ventet relativt lave verdier for K, U og Th.

De granittiske til granodiorittiske gneisene (gruppe 3) har en mer ensartet sammensetning enn bergartene i gruppe 1 og 2. De er generelt middels- til grovkornet og har en gjennomgripende planorientering (foliasjon) av mineralene. De viktigste mineralene er plagioklas, kalifeltspat, kvarts; biotitt og muskovitt forekommer i mindre mengder (<10%), og det finnes enkelte små korn av granat og erts. SIA 12 inneholder noe mer biotitt og granat enn de andre prøvene. Sammenlignet med diorittene og biotitt-muskovittgneisen har bergartene et relativt høyt innhold av K, Th og U.

En prøve av amfibolitt (SIA 13) består av amfibol, plagioklas og biotitt med mindre mengder titanitt og apatitt. Den gir forholdsvis lave verdier for U, Th og K.

5. VARMELEDNINGSMÅLINGER

Varmeledningsevnen til bergartene ble målt med et utstyr utviklet ved NGU. Alle 33 varmeledningkjernene ble målt to ganger. Resultatet av målingene er vist i Figur 5. Målingene på den ene av de parallelle kjernene preparert av SIA 2 og 11 er ikke inkludert i de videre vurderingene. Disse kjernene ble preparert mye tynnere enn de andre kjernene, henholdsvis 12 og 15 mm. En årsak til at det måles så høy varmeledningsevne for disse kan være at det finnes kvartsganger som går tvers gjennom prøven. Målingen på normalkjernen til SIA 8 er også utelatt. Det er en synlig bergartsgrense på tvers av kjernen som sannsynligvis påvirker varmeledningsevnen til den kjernen.



Figur 5. Varmeledningmålinger på prøver fra Lørenskog og Ski.

5.1 Lørenskog

DIORITTISKE BERGARTER – GRUPPE 2, PRØVE SIA1-4

Varmeledningsevnen til diorittene som utgjør berggrunnen i sykehusområdet, måles til mellom 2,4 og 3,2 W/mK. Lavest varmeledningsevne har SIA 3. Den prøven er mer finkornet enn de andre og det kan forklare den lave varmeledningsevnen. Gjennomsnittlig varmeledningsevne basert på disse målingene er 2,8 W/mK. Gjennomsnittlig varmeledningsevne normalt på lagdeling er 2,6 og parallelt med lagdeling 2,9 W/mK.

BIOTITT-MUSKOVITTGNEISER – GRUPPE 1, PRØVE SIA 5-8.

Varmeledningsevnen til kjerneprøvene fra bergartene nord for SIA varierer fra 3,2 til 4,5 W/mK. SIA 7 skiller seg ut fra de andre tre prøvene med betydelig lavere varmeledningsevne. For SIA 6 måles varmeledningsevnen parallelt med lagdelingen 15 % høyere enn den normalt på lagdelingen, mens for prøve 5 virker lagdelingen å ha liten innvirkning på varmeledningsevnen. Gjennomsnittet av alle målingene er 3,9 W/mK, mens gjennomsnittet for alle målingene normalt på lagdelingen er 3,7 og de parallelt med lagdelingen er 4,0 W/mK.

5.2 Ski

GRANITTISK TIL GRANODIORITTISK GNEIS, GRUPPE 3, SIA 9-12 og 14.

Disse prøvene representerer berggrunnen i området rundt det planlagte Follo sykehus. De målte varmeledningsevnene for disse kjernene varierer fra 2,9 til 4,3 W/mK. SIA 11 skiller seg ut med lavere varmeledningsevne enn de 4 andre prøvene. Det måles enn liten anisotropieffekt for alle prøvene. Gjennomsnittlig varmeledningsevne er 3,6 W/mK og gjennomsnittsverdi målt normalt på og parallelt med er henholdsvis 3,3 W/mK og 3,8 W/mK.

AMFIBOLITT, SIA 13

I berggrunnen på Ski finnes det kvarts og amfibolittganger. Gangene er fra centimeters tykkelse til flere titalls meter tykke og er i hovedsak orientert parallelt med lagdelingen i gneisene. Varmeledningsevnen målt på SIA 13 antyder hvilken effekt disse gangene har på varmetransporten i berggrunnen. Varmeledningsevnen normalt med lagdelingen måles til 2,4 W/mK. Noe overraskende er varmeledningsevnen parallelt med lagdelingen 50 % høyere, dvs. 3,6 W/mK.

Kvarts har høy ledningsevne. Kvartsgangene vil øke varmeledningsevnen til berggrunnen.

5.3 Anbefalte varmeledningsevner

Ut fra varmeledningsmålingene anbefales følgende varmeledningsevner.

Lørenskog:

For diorittene 2,7 W/m·K

For biotitt-muskovittgneisene 3,5 W/m·K

Ski:

Granittisk til granodiorittisk gneis. 3,5 W/m·K

6. GRUNNVANNSSTRØMNING

Grunnvannsstrømningen er vurdert ut fra topografien og kapasiteten til eksisterende brønner i området rundt de planlagte sykehusene. Kartskisser over eksisterende brønner i nærområdet er vist i Figur 6 og 7. Grunnvannstrømningen vil transportere varme til energibrønnene. Ved god grunnvarmestrømning vil energi fra et større område bli transportert mot uttaksområdet. God grunnvannsstrømning vil være ugunstig med hensyn på lagring av energi. Grunnvannet vil da transportere varmen vekk fra energibrønnene.

Lørenskog

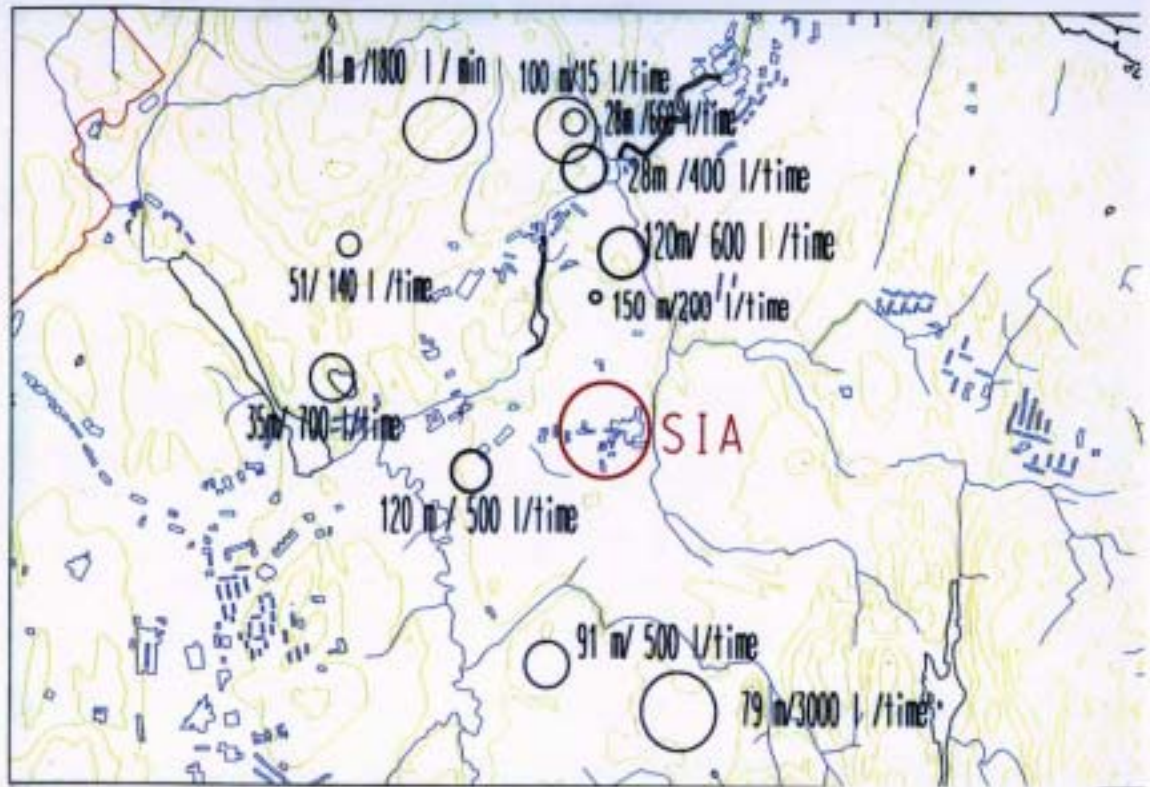
Området ligger på en høyde mellom flere bekkedaler. Det eksisterer to brønner på det aktuelle platået. Disse brønnene har liten kapasitet. Det antas at det er relativt liten grunnvannsstrømning i området rundt sykehuset.

Ski

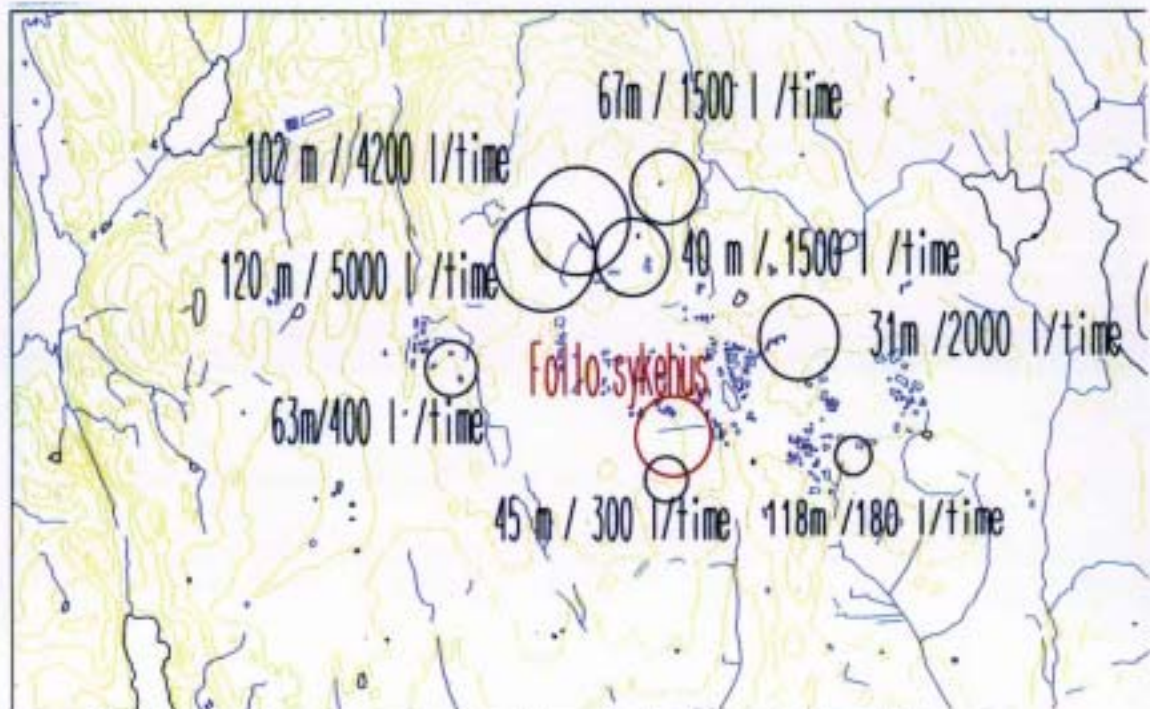
Området ligger svakt øst-sørøstlig hellende terreng. Rundt det aktuelle området er det flere eksisterende brønner med god kapasitet. Spesielt er kapasiteten til brønner nordvest for sykehusområdet god. Ut fra topografi og egenskapene til de eksisterende brønnene virker det å være god grunnvannsstrømning i området. Det kan derfor forventes at betydelig varmebidrag fra grunnvannstrømningen.

6.1 Temperaturen på grunnvannet.

Temperaturen på grunnvannet i det 5 -25 m øverste sjiktet av grunnen antas å være noe høyere enn midlere lufttemperatur gjennom året. På Ski og Lørenskog antas grunnvannstemperaturen i de øverste sjikt å være ca 6,0 °C.



Figur 6. Eksisterende brønner i området rundt sentralsykehuset på Lørenskog.



Figur 7. Eksisterende brønner i området rundt det planlagte Follo sykehus.

7. VARMESTRØM

Varmestrømmen vil bestemme temperaturgradienten mot dypet. Sammenhengen mellom temperatur, bergartenes varmeledningsevne og varmemestrøm er vist ved Fouriers ligning

$$q = k \frac{dT}{dz}$$

lign. 1

q	-	varmemestrøm [W/m ²],
k	-	varmeledningsevne [W/m·K],
dT/dz	-	temperaturgradient [K/m].

7.1 Radioaktiv energi

Varmestrømmen er bestemt av flere faktorer, men det viktigste bidraget er fra spalting av radioaktive elementer i berggrunnen. Energibidraget fra radioaktive elementer er beregnet ut fra ligning 2 (Rybach, 1973).

$$A = \rho \cdot 10^{-5} (9,52C_U + 2,56C_{Th} + 3,48C_K) \quad [\mu\text{W}/\text{m}^3] \quad \text{lign. 2}$$

ρ	-	tetthet kg/m ³
C_U	-	konsentrasjonen av uran [ppm].
C_{Th}	-	konsentrasjonen av thorium [ppm].
C_K	-	konsentrasjonen av kalium [%].

Ut fra de kjemiske analysene er energiproduksjonen til bergartsprøvene beregnet (Tabell 1).

LØRENSKOG

Diorittene har lavt innhold av de radioaktive elementene og har som ventet lav energiproduksjon. Bortsett fra SIA 5 har også gneisene nord og øst for SIA lavt innhold av radioaktiv elementer. Det er trolig liten temperaturgevinst å flytte grunnvarmeanlegget oppover mot grensen til gneisene.

Ut fra resultatet antas diorittene rundt SIA å ha en energiproduksjon på 0,2 $\mu\text{W}/\text{m}^3$

SKI

Ski har gunstige berggrunn med hensyn på radioaktiv energiproduksjon. "Høyt" innhold både av thorium, uran og kalium gir høy energiproduksjon i de granittiske gneisene.

Energiproduksjonen antas til 2,0 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ rundt det nye Follo sykehus.

Tabell 1. Beregnet radioaktiv energi fra kjemiske sammensetning til prøvene

NR	Bergartsprøve	U (ppm)	Th (ppm)	K2O	K (%)	Tetthet (kg/m ³)	Radioaktiv energi (10 ⁻⁶ W/m ³)
SIA 1	Kvartsdioritt	0.2	0.5	0.59	0.49	2750	0.13
SIA 2	Kvartsdioritt	0.2	0.5	0.77	0.64	2750	0.15
SIA 3	Finkornet kvartsdioritt	0.2	0.5	1.21	1.00	2750	0.18
SIA 4	Granodioritisk gneis	0.44	4.57	2.15	1.78	2570	0.56
SIA 5	Migmatittisk gneis	1.60	17.9	1.49	1.24	2600	1.70
SIA 6	Migmatittisk gneis	0.50	1.08	6.63	5.50	2600	0.68
SIA 7	Migmatittisk gneis	0.56	1.67	1.00	0.83	2600	0.32
SIA 8	Migmatittisk gneis	0.55	1.62	2.25	1.87	2600	0.41
SIA 9	Granittisk gneis	1.92	11.9	3.86	3.20	2550	1.52
SIA 10	Granittisk gneis	5.15	15.3	3.81	3.16	2550	2.52
SIA 11	Granittisk gneis	2.04	9.10	5.10	4.23	2550	1.45
SIA 12	Granodioritisk gneis	3.85	10.9	4.70	3.90	2600	2.02
SIA 13	Amfibolitt	0.36	1.79	2.64	2.19	3000	0.46
SIA 14	Granittisk gneis	3.40	20.7	4.59	3.81	2540	2.49

7.2 Varmestrøm

Antas det at tykkelsen på jordskorpa er 30 km og at varmemstrømmen til nedre deler av skorpa er konstant lik 25 mW/m², kan varmemstrømmen beregnes dersom en gjør en forenklet antagelse om at bergartene mot dypet er de samme eller har lignende egenskaper som dem på overflaten.

For Ski: $25 + (30 \times 2,0) = 85 \text{ mW/m}^2$

For Lørenskog: $25 + (30 \times 0,2) = 31 \text{ mW/m}^2$

Det finnes mange likevektsmekanismer, for eksempel lateral varmemstrøm, som vil utjevne temperaturdifferanser i grunnen. Det er også usikkert hvordan innholdet av radioaktive elementer varierer med dypet. Flere forskningsresultater viser at innholdet av radioaktive elementer blir mindre mot dypet, noe som vil medføre at verdien for Ski i realiteten blir noe lavere enn beregnet. For Lørenskog er tallene for bergartene på overflaten allerede så lave at en slik effekt trolig ikke vil bli vesentlig.

Taes det hensyn til disse mekanismene kan man anta følgende varmemstrømsdata:

Ski : 70 mW/m²

Lørenskog: 40 mW/m²

7.3 Temperaturgradient.

Ut fra de antatte verdier for varmestrøm og varmeledningsevne kan temperaturgradienten beregnes ved Fouriers ligning (lign 1).

Beregnet temperaturgradient er for:

Ski: 21,4 K/km

Lørenskog: 11,4 K/km

Til sammenligning ble temperaturgradienten målt til mellom 24 og 28 K/km i dypboringen ned til 1500 m ved rikshospitalet på Gaustad. Den høye temperaturgradienten der skyldes at boringen ligger like ved Oslofeltet som består av unge bergarter med "høyt" innhold av radioaktive elementer

Ut fra de antagelser som er gjort med hensyn på grunnvannstemperatur og temperaturgradient vil den midlere temperaturen i et 250 m dypt borhull være

På Ski: 9 °C

På Lørenskog 7,5 °C

Den antatt høye temperaturgradienten på Ski gjør at temperaturen i brønnen øker mekbart med dypet. Det vil derfor være gunstig å bore dypt for å øke effekten av grunnvarmeanlegget. Effekten av høye temperaturgradienter er ikke like god ved kollektorslangeløsninger da det for disse løsningene vil være et varmetap mellom oppad og nedadstrømmende væske. I teorien vil løsninger med flere koblede borhull der vannet sirkulerer ned og opp i forskjellige brønner være gunstigere. En slik løsning planlegges ved rikshospitalet på Gaustad. Vi mener det fortsatt er for store usikkerheter knyttet til slike løsninger, og vil derfor ikke anbefale et slikt anlegg før metoden er mer utviklet.

8. BOREHULLSLAGER FOR ENERGI

Sykehusene må ha kjøling og for å utnytte investeringen som gjøres i kjølemaskineriet bør disse også benyttes som varmepumper. Relativt små tilleggsinvesteringer på selve kjøleaggregatet i form av underkjølingsvarmeveksler og hetgassvarmeveksler vil kunne dekke mesteparten av varmtvannsproduksjonen og store deler av varmebehovet.

Varmtvannsproduksjonen bør skje i flertrinns-akkumulatortanker. Virkningsgraden på varmepumpesystemet blir best hvis relativt temperaturløft blir minst mulig. Derfor bør det benyttes lavtemperatur gulvvarme for varmeavgivelsen og samtidig nytte den til en hver tid, høyest mulig tilgjengelige temperatur på varmeopptaket. Det samme forholdet gjør seg gjeldende for kjølefunksjonen. Kjøleaggregatet trekker betydelig mindre energi hvis varmen kan dumpes ned i grunnen med en maksimaltemperatur på eksempelvis 30°C enn å dumpe samme kjøleeffekt ut i 30°C varm sommerluft. Av hensyn til legionellaproblematikken (legionella = type bakterie) bør (vannfordampende) kjøletårn unngås.

Ut fra energibehovet som er blitt oppgitt fra byggeledelsen blir det meget stor underdekning på varme fra et borhullslager. Dette bør kompenseres ved å ta restvarmen fra avkastluften til ventilasjonsanlegget. Vanligvis regner man bare 50% gjenvinningsgrad på platevekslere eller glykolbatterier. Selv i januar måned vil derfor avkastet yte et betydelig energibidrag. For SiA (Sentralsykehuset i Lørenskog) der berggrunnen ikke har så god varmeledning (2,7 W/m·K) vil det ved langvarige "hetebølger" kunne oppstå problemer med "peakloads". Dette innebærer at W belastningen per løpende boremeter blir for høy, noe som igjen medfører for høye temperaturer. Det er ikke riktig å dimensjonere borehullslageret for disse ekstremisituasjonene, som ikke bidrar med store energibesparelser. Man bør derfor supplere med luftbatterier hvor kuldemediet kan avgi varme til uteluften. De samme luftbatteriene benyttes også som varmekilde ned til -10°C når luftfuktigheten er lav og ikke medfører for sterk påriming. Under forhold som gir påfrysing ved høy luftfuktighet og temperaturer under -10°C benyttes borhullslageret alene. Energidraget (andelen) som kan tas fra uteluften avtar med fallende temperaturer. Avkastet fra ventilasjonen benyttes helt ned til dimensjonerende utetemperatur. Løsningen med kuldemediet direkte opp i et luftbatteri tilpasset norske vinterforhold, har vært benyttet på et borettslag i Lørenskog denne ettervinteren. Andre løsninger som baserer seg på langt flere brønner og varmeopptak fra skøytebane eller Fjellhamardammen er ikke vurdert i detalj. Så langt synes en løsning basert på en kombinasjon av borehullslager og luftbatterier som det mest aktuelle.

Ved å benytte så dype brønner som 250 m er det en viss fare for at brønnene kan komme til å avvike fra loddlinjen og derved skjære i hverandre hvis avstanden mellom dem blir for liten. Bergspenning, oppsprekking og foliasjon (lagdeling) medfører at boringene vil avvike fra loddlinjen, men erfaringer fra tidligere utførte borehullsanlegg tilsier at "alle" brønnene avviker tilnærmet like mye. For å avveie de nevnte forhold foreslås derfor å benytte 10 m avstand mellom brønnene.

Borhullslagene bør lokaliseres etter følgende kriterier:

- Løsmassedekket tykkelse, 350 kr /m for løsmasseboring tilsier minst mulig løsmasser. Av hensyn til fremføringen av slanger og rør samt isolasjon av disse, bør løsmassene være så dype at sprengning unngås.
- Nærhet til varmesentral

For at boremannskapet skal kunne arbeide rasjonelt (utnytte tiden mellom maskinflyttene), bør kontrakten for borehullslageret inkludere boring, kollektornedsetting, oppfylling av brineveske, grøfter, rørlegging, koblingskummer, merking, isolasjon av slanger og rør samt igjenfylling av grøftene. Ved at brønnanlegget leveres komplett frem til varmesentralen oppstår det ikke ansvarsulverisering hvis det oppstår problemer med lekkasjer, flatklemte slanger, luft som sperrer mm.

8.1 Skisse for dimensjonering av borhullslager på SiA

Det forutsettes et effektbehov for kjøling på 4-4,5 MW

Det anslås at temperaturen på 125 m dyp (250m/2) ligger på 7,5°C.

Det tillates at temperaturen kommer opp i 30°C i brønnen

Forventet varmeledningsevne på stedet anslås til 2,7 W/mK

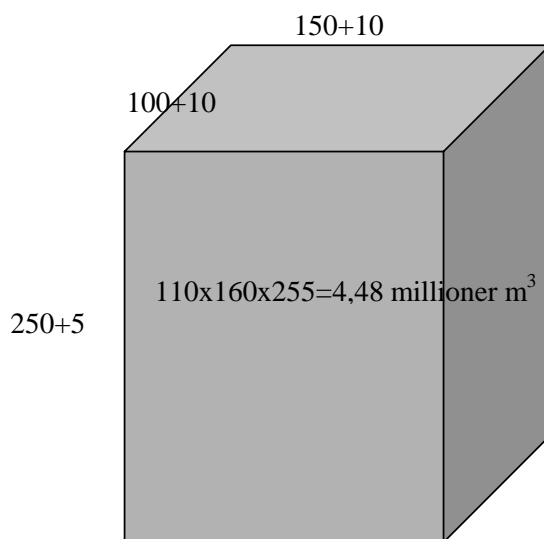
Dette gir en maksimal effektlast på :

$$30 - 7,5 = 22,5\text{K i "termisk kontrast" x } 2,7 \text{ W/mK} = \underline{60,8 \text{ W/m}}$$

Ved å velge 150 brønner til 250 m dyp blir det 37 500 boremeter

150x250 m x 60,8 W/m = 2,28 MW effekt kjøling i grunnen, resten av kjølelasten som ikke medgår til varmtvannsproduksjonen dumpes med luftbatterier.

Bergvarmelagerets volum



(det regnes en sone på 5 m utenfor brønnene som bidrar)

For hver grad K (1K = 1°C) som temperaturen i lageret senkes kan det tas ut:

$$4,48 \text{ millioner m}^3 \times 600 \text{ Wh/m}^3\text{K} = 2688 \text{ MWh/K}$$

Hvis temperaturen senkes 10 K i hele volumet:

2688 MWh/K x 10K=26880 MWh. Dette tilsvarer omtrent et års varmebehov (ikke inkludert varmt vann og ventilasjon).

Foreløpig konklusjon:

Det anslås at riktig antall brønner ligger i området 120 til 150 stk à 250 m

110 kr/m boring i fjell, foringsrør gjennom løsmassene og ned i fast fjell i tillegg.

For å komme med en mer detaljert skisse må de enkelte komponentene og tilgjengelige luftmengder fra avkastet legges inn i en dimensjoneringsmodell. Dette bør gjøres i samarbeide med en leverandør som har erfaring fra større anlegg.

8.2 Skisse for dimensjonering av borhullslager, Follo sykehus

Det forutsettes et effektbehov for kjøling på 1,6-1,7 MW kjøleeffekt.

Det anslås at temperaturen på 125 m dyp (250m/2) ligger på 9°C.

Det tillates at temperaturen kommer opp i 30°C i brønnen

Forventet varmeledningsevne på stedet anslås til 3,5 W/m K

Dette gir en maksimal effektlast på :

$$30^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C} = 21\text{K} \text{ i "termisk kontrast" } \times 3,5 \text{ W/m K} = \underline{73,5 \text{ W/m}}$$

ved å velge 70 brønner til 250 m dyp blir det 17 500 boremeter

$70 \times 250 \text{ m} \times 73,5 \text{ W/m} = 1,29 \text{ MW}$ effekt kjøling i grunnen, resten av kjølelasten som ikke medgår til varmtvannsproduksjonen dumpes med luftbatterier.

Volum av lageret

$$(90 + 10) \times (70 + 10) \times (250 + 5) = 2,0 \text{ millioner m}^3$$

For hver grad K (°C) som temperaturen i lageret senkes kan det tas ut:

$$2,0 \text{ millioner m}^3 \times 600 \text{ Wh/m}^3\text{K} = 1200 \text{ MWh/K}$$

Hvis temperaturen senkes 10 K i hele volumet:

$1200 \text{ MWh/K} \times 10\text{K} = 12\,000 \text{ MWh}$ Dette er i overkant av et års varmebehov (ikke inkludert varmt vann og ventilasjon).

9. KOSTNADSOVERSLAG FOR KOMPLETT BOREHULLSLAGER PÅ SIA.

Eksempel på kostnadsoverslag for komplett borehullslager på SiA. I dette eksempelet er det antatt 156 brønner (12x13) til 250 m.

Rigg og drift.	kr	50000,-
Tillegg for foring med stålrør 156 x 6 meter a kr 500,-	kr	468000,-
Boring i fjell total lengde 156 hull på 250 m 39000m a kr115,-	kr	4485000,-
Antifreeze/glycol fylt kollektor 50 Ø 39000x2 meter montert i borehull a kr 28	kr	2184000,-
156 stk bunnlodd a kr 1000,-	kr	156000,-
156 stk brønntopper og bærejern a kr 1000,-	kr	156000,-
Graving av grøfter 3000 meter a kr 250,-	kr	750000,-
Stenge strupe vent og nødv samlestocker 52 punkt a kr 3500,-	kr	182000,-
Kullverter 8 stk a kr 25000,-	kr	200000,-
Kollektor slanger i grøfter pr meter i grøft Ø 50 4500 meter a kr 50 ,-	kr.	225000,-
Kapping av stålrør sveising av kollektorslanger 156 stk a kr 900,-	kr	140400,-
Graving for og legging av samle/fordeling ledninger i borehullslageret samt en samle kum med strupeventiler for dette.	kr	250000,-

Sum kr 9.246.400

Alle oppgitte priser blir tillagt MVA.

Arbeidstrykk ved 40 °C vill være 5 kg på kollektorledningene.

Kostnadene ved graving og fremføring til teknisk rom fra varmelageret vil komme som et tillegg. Dette grunnet manglende opplysninger på lengdene på fremføringene.

REFERANSE

Rybach, L. 1973: Wärmenproduktionbestimmungen an Gesteinen der Schweizer Alpen. Beitr. Geol. Schweiz Geotech. Ser. 51, 43pp.

Vedlegg 1.

Vurdering av løsmassemektheter ved Akershus Sykehus og Follo Sykehus.

Tilgjengelig materiale:

Kvartærgeologiske kart: Oslo og Ski M 1:50 000

Rapporter fra Løvlien Georåd A/S:

Akershus fylkeskommune, Sentralsykehuset i Akershus, Nybygg/utvidelse (01.03.00)

Akershus fylkeskommune, Follo sykehus, Ski. Nybygg. (07.03.00)

Topografiske kart M 1:20 000

Sentralsykehuset i Akershus (SiA), Lørenskog.

Lørenskog ligger i et daldrag som forbinder Oslogryta med Øyeren/Romerike. Berggrunnen i området er gjennomgått av nord/sør øst/vest sprekker med en tredje retning i nordøst/sørvest. Dette gir et kollet landskap med trange daler mellom fjellknauser. I Lørenskogforsenkningen er berggrunnen stort sett dekket av leire. Erosjon i leira av bekker og ras har laget et kuppert terreng med daler langs de viktigste forsenkningene i berggrunnen og oppstående koller i mellom hvor fjellknauser delvis er dekket av leire. I dalene kan leirmektheten være større enn 20 m. Mens den over kollene sjelden blir særlig dypere enn 20 m.

Akershus fylkessykehus ligger på en slik kolle. Den opprinnelige fjordbunnen ligger på ca 175 m o.h. og danner en tilnærmet slette som fra sykehusområdet skrår ganske slakt ned mot dalene rundt platået i nord øst og sør. Rundt Lørenskog kirke, vest på platået, er skråningene brattere Boringene som er gjort viser at berggrunnen under dette platået er kuppert.

På basis av disse boringene og generell antagelse av formen på bergoverflaten er det laget et kart over antatt fjelloverflate i området. Kartet er konstruert ved å sette ut boringene i kartet og lage 3 tverrprofiler over disse. På tverrprofilene er registrert avstand til fjell satt ut og fjellets forløp til sidene for boringene antatt ut fra den generelle topografien.

Det konstruerte kartet tilsier at overdekningen av leire vil ligge mellom 5 og 15 m for mesteparten av sykehusomtata med lokalt større mektigheter.

Follo sykehus.

Sykehus tomta ligger i et jevnt SØ-skrånende terreng som i sør går over i en kolle. I henhold til kvartærgeologisk kart er denne kollen en oppstående fjellknaus uten løsmasse dekke.

Boringene som er gjort tilsier at leirtykkelsen i det skrånende terrenget avtar inn mot denne kollen. På kartet (figur 2) er det trukket en grense hvor leirmektheten er ca 5 m. Nord for denne vil mektigheten være større og sør for den mindre enn 5 m. Området ligger så langt fra moreneryggen, som er nevnt i grunnleggende rapporter, at massene stort sett vil bestå av leire - noe som også er bekreftet av boringene.

Vedlegg 2

Varmeledningmålinger- beskrivelse av målemetoden.

Varmeledningsevnen til bergartene ble måle med et utstyr utviklet ved NGU sommeren 1998 (se foto). Utstyret er videreutviklet fra det Mike Middleton bygget opp ved Chalmers Universitet, Sverige og som er beskrevet i Middleton (1993).

Måleutstyret består av:

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

Målemetoden er en transient metode utledet fra teorien om konstant, en-dimensjonal varmestrøm gjennom en plateformet prøve. Prøvene legges i en prøveholder som har en temperaturføler montert i bunnen. Forsøket startes med at en konstant varmekilde settes på prøveoverflata. Etter en viss tid (t_0) vil temperaturen på undersida av prøven begynne å stige lineært. Tida (t_0) er en funksjon av prøvens termiske diffusivitet (α) og prøvetykkelsen (a), som vist i ligning 1.

$$\alpha = \frac{a^2}{6t_0} \quad \text{lign 1.}$$

α	-	termisk diffusivitet, [m^2/s],
a	-	prøvetykkelse, [m],
t_0	-	tida før temperaturen på undersida begynner å stige, [s].

Den termiske diffusiviteten er en funksjon av varmeledningsevne, spesifikk varmekapasitet og tetthet. Hvis spesifikk varmekapasitet og tetthet er kjent, kan varmeledningsevnen bestemmes ved ligning 2.

$$k = \rho c \alpha \quad \text{lign. 2}$$

k	-	varmeledningsevne ($\text{W}/\text{m K}$),
ρ	-	tetthet (g/cm^3),
c	-	spesifikk varme ($\text{Ws}/\text{kg K}$),
α	-	termisk diffusivitet (m^2/s).

Målingene er testet og kalibrert ved sammenlignbare målinger med tre andre forskningsinstitusjoner som benytter andre målemetoder og ved målinger på standardmaterialet Pyroceram 9606 ($k = 4,0 \text{ W}/\text{m K}$).



NGUs utstyr for måling av varmeledningsevne.

REFERANSE

Middleton, M. 1993. A transient method of measuring the thermal properties of rocks. *Geophysics*, 58.3, 357-365.

VEDLEGG 3

KJEMISKE ANALYSER AV BERGARTSPRØVENE

**XRF
ICP-MS**

Resultater fra MCO's XRF LAB. Instrument: Philips PW1480.
Analysene er utført på glødetts prøver (v/1000 gr.C)
Analyse-data er regnet tilbake fra glødet- til mottatt-prøve.
Prøvene er isoformert med Li2B4O7 i forholdet 1:7

Utredning om grunnvarme til planlagte sykkelhus i Akershus v/K.Middtunne
analysekontraktnr: 2000.0178 MCB prosjektnr: 2877.00

FR.NAVN	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	MgO	CaO	Na2O	K2O	MnO	P2O5	Cl.tap	Sum
1	59.80	16.03	7.90	0.90	3.42	6.74	3.67	0.59	0.11	0.23	-0.04	100.15
2	63.13	16.82	5.99	0.76	2.30	5.92	3.82	0.77	0.08	0.27	0.43	100.29
3	51.82	17.57	8.79	1.10	5.22	8.72	3.49	1.21	0.13	0.18	1.46	99.69
4	71.94	13.93	2.31	0.23	0.88	3.19	3.40	2.15	0.03	0.04	0.41	98.54
5	68.63	11.58	7.74	1.22	2.49	1.98	2.16	1.49	0.07	0.02	1.60	98.99
6	68.64	14.59	5.21	0.71	1.71	1.10	1.70	6.63	0.08	0.02	0.53	100.92
7	75.83	11.55	4.41	0.27	1.19	2.37	2.46	1.00	0.08	<0.01	0.27	99.44
8	68.41	15.47	3.64	0.47	1.60	3.64	3.24	2.25	0.04	0.13	0.71	99.60
9	73.09	13.43	1.84	0.20	0.25	1.50	3.60	3.86	0.03	0.03	0.36	99.00
10	73.53	13.66	1.24	0.18	0.31	0.87	4.52	3.81	0.01	0.03	0.43	98.57
12	69.65	13.85	3.57	0.52	0.93	1.72	2.78	4.70	0.04	0.12	0.38	98.26
13	45.59	12.88	18.01	2.75	5.51	8.43	1.68	2.64	0.23	0.43	0.44	98.60
14	74.68	12.89	1.24	0.10	0.88	1.26	3.20	4.59	0.03	<0.01	0.24	98.32

-ID-	Mo ppm	Nb ppm	Zr ppm	Y ppm	Sr ppm	Rb ppm	U ppm	Th ppm	Pb ppm	Cr ppm	V ppm	As ppm	Sc ppm	S %	Cl %	F %
1	<5	9	191	22	413	<5	<10	<10	<10	33	113	<10	22	<0.1	<0.1	<0.1
2	<5	12	132	17	301	14	<10	<10	<10	22	85	<10	13	<0.1	<0.1	<0.1
3	<5	9	76	36	316	38	<10	<10	11	108	180	<10	24	<0.1	<0.1	<0.1
4	<5	9	131	6	207	57	<10	<10	<10	12	35	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1
5	7	21	397	44	128	70	<10	12	<10	77	135	<10	13	0.30	<0.1	<0.1
6	<5	<5	364	68	137	27	<10	<10	13	21	40	<10	17	<0.1	<0.1	<0.1
7	<5	10	353	58	202	184	<10	<10	31	39	119	<10	10	<0.1	<0.1	<0.1
8	<5	6	188	13	306	87	<10	<10	<10	27	68	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1
9	<5	10	135	21	97	135	<10	13	23	<10	19	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1
10	<5	8	98	71	70	105	<10	<10	23	<10	17	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1
12	<5	12	180	22	108	182	<10	14	23	12	58	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1
13	<5	7	218	49	147	218	<10	<10	<10	51	312	<10	59	<0.1	<0.1	0.22
14	<5	10	81	55	27	190	11	28	27	10	12	<10	<10	<0.1	<0.1	<0.1

-ID-	Ba ppm	Sb ppm	Sn ppm	Cd ppm	Ag ppm	Ga ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Yb ppm	Co ppm	Co ppm	La ppm	Nd ppm	W ppm
1	325	<10	<10	<10	<10	19	78	18	26	16	22	70	19	14	<10
2	302	<10	<10	<10	<10	18	63	<10	17	<16	11	56	11	15	<10
3	268	<10	<10	<10	<10	18	82	20	83	16	31	45	13	13	<10
4	831	<10	<10	<10	<10	16	31	<10	13	<16	<10	38	16	18	<10
5	351	<10	<10	<10	<10	15	61	149	32	<16	27	137	49	39	<10
6	175	<10	<10	<10	<10	13	21	10	11	<16	<10	59	20	10	<10
7	1719	<10	<10	<10	<10	17	58	25	23	16	<10	28	16	14	<10
8	461	<10	<10	<10	<10	17	48	<10	17	<16	<10	41	17	18	<10
9	583	<10	<10	<10	<10	18	25	<10	5	<16	<10	25	13	16	13
10	261	<10	<10	<10	<10	15	9	<10	<5	31	<10	44	17	25	<10
12	687	<10	<10	<10	<10	17	56	<10	7	16	<10	38	19	25	<10
13	428	<10	<10	<10	<10	25	157	<10	56	<16	53	92	28	17	12
14	112	<10	<10	<10	<10	21	24	<10	<5	25	<10	44	19	35	<10

Geologiska forskningscentralen
Kemilaboratoriet

	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd	Pr	Sc	Sm	Ta	Tb
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M	308M
L00004966 SIA 1	43,2	3,90	1,86	1,39	5,15	4,25	0,78	19,7	0,28	9,54	26,0	5,99	20,2	5,19	0,32	0,75
L00004967 SIA 2	42,1	2,86	1,54	1,23	3,73	2,97	0,55	20,0	0,20	7,73	22,1	5,27	11,8	4,06	0,25	0,56
L00004968 SIA 3	27,7	4,92	2,81	1,14	4,86	2,06	0,94	11,2	0,41	6,32	18,2	3,98	23,7	4,34	0,45	0,76
L00004969 SIA 4	41,7	1,21	0,84	0,71	2,10	3,38	0,23	21,9	0,11	4,73	15,5	4,58	6,04	2,46	<0,2	0,24
L00005000 SIA 5	128	6,93	4,78	1,11	8,29	10,5	1,88	63,0	0,74	16,5	57,0	15,3	19,5	9,80	0,48	1,19
L00005001 SIA 6	46,8	9,63	6,67	1,47	4,61	9,59	2,24	27,8	0,97	2,31	16,5	4,91	18,2	2,67	<0,2	1,16
L00005002 SIA 7	25,3	6,91	6,13	1,65	2,86	10,0	1,85	17,6	0,93	7,36	8,5	2,50	18,2	1,57	0,29	0,72
L00005003 SIA 8	39,9	1,73	0,95	1,25	2,76	4,54	0,34	21,7	0,14	6,07	16,9	4,57	8,87	2,90	<0,2	0,37
L00005004 SIA 9	55,6	3,04	1,78	0,54	3,38	3,17	0,59	30,1	0,31	8,02	20,8	6,02	3,04	3,96	0,62	0,56
L00005005 SIA 10	61,5	10,1	7,91	0,86	7,07	3,52	2,39	29,6	1,16	5,85	27,0	7,28	3,61	5,76	0,32	1,41
L00005006 SIA 12	66,0	4,78	2,20	1,03	5,37	4,89	0,88	31,9	0,32	10,9	29,6	7,80	10,2	5,65	0,70	0,81
L00005007 SIA 13	47,3	9,23	5,19	2,28	8,97	5,19	1,82	20,5	0,71	8,37	30,1	6,71	41,5	7,89	0,45	1,44
L00005008 SIA 14	39,7	8,81	6,58	0,27	7,26	3,58	1,86	17,3	0,66	8,26	21,2	5,29	4,61	6,94	0,37	1,35
L00005009 N67-67	55,0	3,53	1,62	0,84	4,61	4,03	0,68	27,2	0,21	9,19	24,3	6,66	8,81	4,80	0,60	0,69
L00005010 N67-86	48,4	3,27	1,47	1,05	3,88	3,81	0,80	22,4	0,22	9,58	22,3	5,53	8,56	4,26	0,84	0,57

Geologiska forskningscentralen
Kemilaboratoriet

	Th	Tm	U	Y	Yb
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	308M	308M	308M	308M	308M
L00004996 SIA 1	<0.5	0,28	<0.2	22,1	1,88
L00004997 SIA 2	<0.5	0,21	<0.2	16,5	1,33
L00004998 SIA 3	<0.5	0,42	<0.2	29,4	2,62
L00004999 SIA 4	4,57	<0.1	0,44	6,46	0,63
L00005000 SIA 5	17,9	0,68	1,60	47,8	4,83
L00005001 SIA 6	1,08	0,96	0,50	68,3	6,46
L00005002 SIA 7	1,67	0,88	0,56	58,1	6,65
L00005003 SIA 8	1,62	0,14	0,55	10,5	0,94
L00005004 SIA 9	11,9	0,28	1,92	18,8	1,93
L00005005 SIA 10	16,3	1,21	5,15	77,7	6,30
L00005006 SIA 12	10,8	0,33	3,85	24,7	2,07
L00005007 SIA 13	1,79	0,75	0,36	53,4	4,87
L00005008 SIA 14	20,7	0,94	3,40	55,0	4,99
L00005009 N97-87	9,10	0,22	2,04	19,8	1,40
L00005010 N97-86	6,53	0,21	2,69	17,5	1,55