

NGU Rapport 2000.063

Kartlegging av grunnvarmepotensialet i
løsmasser og berggrunn i Alvdal

Rapport nr.: 2000.063		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser og berggrunn i Alvdal				
Forfatter: Kirsti Midttømme, Bernt Olav Hilmo og Randi Kalskin		Oppdragsgiver: NGU, NVE og Alvdal kommune		
Fylke: Hedmark		Kommune: Alvdal		
Kartblad (M=1:250.000) Røros		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1619 III Alvdal		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 33	Pris: 130	
Feltarbeid utført: Høsten 1999		Rapportdato: 26.07.00	Prosjektnr.: 2771.04	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>I et samarbeidsprosjekt mellom Alvdal kommune, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) er det foretatt en kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser og berggrunn i Alvdal kommune, og da med hovedvekt på sentrumsnære områder i kommunen</p> <p>Kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmassene på elveslettene langs Folla og Glåma, på Plassen, samt området rundt utløpet av sideelvene Tronåa og Kvernbekken, er gjort på grunnlag av resultat fra georadarmålinger, undersøkelsesboringer, temperaturmålinger, vann- og sedimentanalyser. Undersøkelsene viser at enkelte områder langs Glåma er godt egnet for grunnvarmeuttak.</p> <p>Elveviftene ved utløpet av Tronåa og Kvernbekken er godt egnet for uttak av grunnvann. Tre undersøkelsesbrønner på elvesletta like vest for Glåma viste en grunnvannskapasitet med over 20 l/s. Disse brønnene er boret i gamle elveløp. Andre lokaliteter på de sentrumsnære elveslettene er uegnet for grunnvannsutttak. Ut fra georadarprofilene klarte man ikke å skille ut de områdene på elvesletta som er godt egnet for grunnvannsutttak med de som er dårlig egnet. På Plassen viste alle undersøkelsene at massene er for tette og finkornede til å pumpe opp tilstrekkelige mengder med vann.</p> <p>Kvaliteten av grunnvannet som ble analysert var god, og det er liten sannsynlighet for skade på tekniske installasjoner i et grunnvarmeanlegg. Ut fra temperaturmålinger antas områdene som ikke er påvirket av Folla og Glåma å ha en grunnvannstemperatur over 4,0 °C gjennom vinteren.</p> <p>Målinger av varmeledningsevnen på kjerner fra 11 bergartsprøver bestående av kvartsrike sandsteiner og kvartsitter fra områdene rundt Alvdal sentrum viser at berggrunnen har svært god varmeledningsevne, og er godt egnet for uttak av grunnvarme.</p>				
Emneord: grunnvarme		energikartlegging	geofysiske undersøkelser	
temperaturmålinger		varmeledningsevne		
			fagrapport	

INNHold

1	INNLEDNING	4
1.1	Prosjektdeltagere fra NGU	4
1.2	Andre rapporter fra prosjektet	4
2	GRUNNVARMEPOTENSIALET I LØSMASSER	5
2.1	Tidligere geologiske og hydrologiske undersøkelser	5
2.2	Kvartærgeologien	6
2.3	Feltundersøkelser	8
2.3.1	Georadarmålinger	8
2.3.2	Undersøkelsesboringer og prøvepumping	10
2.4	Laboratorieundersøkelser	10
2.4.1	Vannanalyser	10
2.4.2	Kornfordelingsanalyser	11
2.5	Vurdering av grunnvannsuttaget	12
2.6	Temperaturmålinger	12
2.7	Modellering av grunnvarmepotensialet i løsmasser	14
3	GRUNNVARMEPOTENSIALET I BERGGRUNN	16
3.1	Berggrunnen i Alvdal	16
3.2	Bergartsprøver fra Alvdal	16
3.3	Temperaturen i berggrunnen	19
4	OPPSUMMERING	19
4.1	Grunnvarmepotensialet i løsmasser	19
4.2	Grunnvarmepotensialet i berggrunn	20
5	ANBEFALINGER	20
5.1	Løsmassekartlegging	20
5.2	Berggrunnskartlegging	20
6	REFERANSER	20

VEDLEGG

VEDLEGG 1 Vannprøver - metodebeskrivelse.

VEDLEGG 2 Vannanalyser, 10 prøver fra Alvdal.

VEDLEGG 3 Kornfordelingsanalyser, 11 sedimentprøver fra Alvdal.

VEDLEGG 4 Varmeledningsmålinger – metodebeskrivelse.

1 INNLEDNING

Å kartlegge grunnvarmepotensialet i løsmassene i Alvdal var formålet med et samarbeidsprosjekt mellom Alvdal kommune, NVE og NGU i perioden 1999 -2000. Mektige løsmasseavsetninger dominerer landskapet i dalførene i Alvdal, og med dette studiet ønsket man å kartlegge muligheten for å utnytte energien lagret i disse avsetningene.

Klimaet gjør at Nordøsterdalen er et interessant område for grunnvarme. Det kalde klimaet fører til et stort behov for oppvarming gjennom en lang fyringssesong. Men kaldt klima fører også til lave grunnvannstemperaturer noe som kan gi marginal effekt fra et grunt grunnvarmeanlegg i løsmasser.

I forbindelse med feltarbeidet i Alvdal ble det samlet inn bergartsprøver for varmeledningmålinger. Berggrunnens varmeledningsevne er en avgjørende faktor for energiuttaket fra et grunnvarmeanlegg i berg. Varmeledningmålingene gir en oversikt over grunnvarmepotensialet i berggrunnen i de sentrumsnære områdene av Alvdal.

Alvdal kommune var interessert i å kartlegge grunnvarmepotensialet i de bebygde områdene av kommunen. I møte med teknisk etat i juni 1999 ble følgende områder utpekte som spesielt interessante.

- Sentrumsområdet på Steia, der meieriet og Alvdal Skurlag spesielt ble nevnt som potensielle brukere av grunnvarme.
- Elvesletta langs Rv3, nord for sentrumområdet, med eksisterende og planlagte service og reiselivsbedrifter.
- Plassen, der kommunen ønsket å få både økt bosetting og arbeidsplasser.
- Eksisterende og planlagte boligområdene øst for Rv29 i Gjelten-Steinmoområdet.

Ble det under undersøkelsene oppdaget områder som var spesielt godt egnet for grunnvarmeuttak, ønsket kommunen å vurdere utnyttelse av disse ressursene ved å regulere områdene til utbyggingsområde i kommuneplanen.

1.1 Prosjektdeltagere fra NGU.

I tillegg til rapportforfatterne har følgende NGU-personell deltatt i prosjektet:

Torleif Lauritsen - georadarmålinger

Bjørn Iversen - undersøkelsesboringer

Tomm Berg, Bård Søberg og Bente Kjøsnes - vannanalyser

Wieslawa Koziel - kornfordelingsanalyser

Odd Sagegg, Elin Sagvold, Tom Jacobsen og Bengt Johansen - preparering av varmeledningprøver

Morten Thoresen, Bjørn Follestad - kvartærgeologi

Gaute Storrø – temperaturdata.

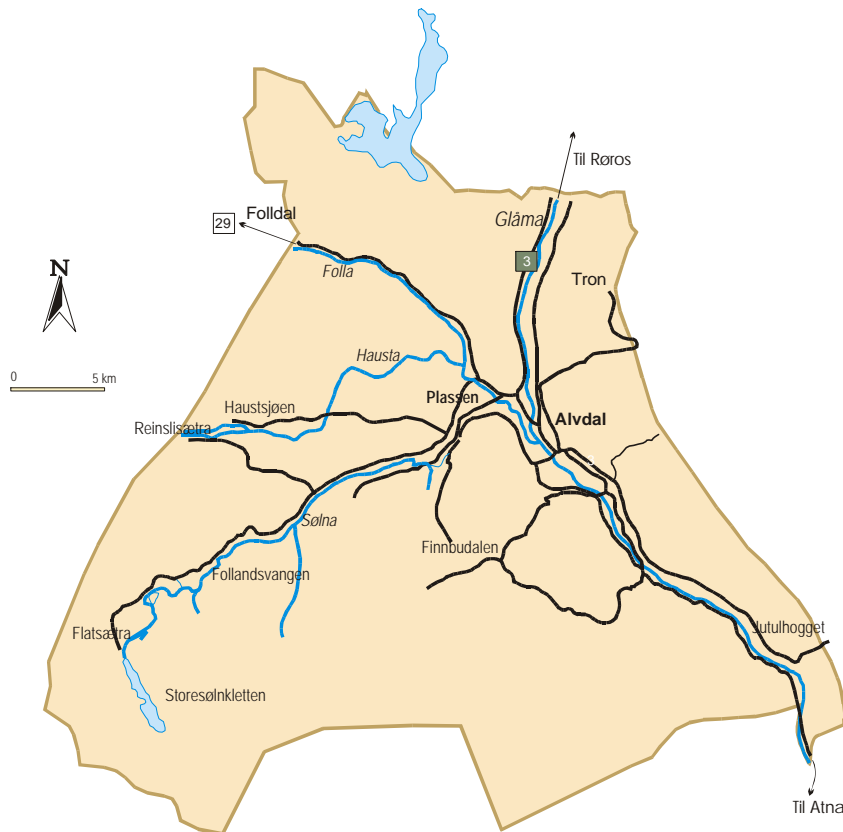
1.2 Andre rapporter fra prosjektet.

Oppdragsrapport, NVE, 5/2000 "Grunnvarmepotensialet ved Alvdal sentrum." Heidenstrøm, B., Dimakis, P. & Pedersen T.S.

NGU rapport 2000.005. "Georadarmålinger og sonderboringer i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i Alvdal kommune." Lauritsen, T & Iversen, B.

2 GRUNNVARMEPOTENSIALET I LØSMASSER

Et grunnvarmeanlegg i løsmasser utnytter energien lagret i grunnvannet og løsmassene ved bruk av varmepumpe. En forutsetning for slike anlegg er at det finnes rikelig med grunnvann som kan pumpes opp. Energimengden som kan hentes ut fra et slikt anlegg er bestemt ut fra mengde opp-pumpet vann og temperaturen på vannet. Vann har god lagringsevne for termisk energi. Den egenskapen uttrykkes som spesifikk varmekapasitet, C_p , og for vann er varmekapasiteten lik $4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ($\sim 1,18 \text{ kWh/m}^3\cdot\text{K}$). Kvaliteten på vannet kan i tillegg være avgjørende for driften av anlegget. Høyt innhold av enkelte mineraler og stoffer (blant annet jern, mangan og karbonater) kan føre til utfelling og skader på varmepumpa.



Figur 1. Kartskisse over Alvdal kommune (Follestad & Thoresen, 1999).

2.1 Tidligere geologiske og hydrologiske undersøkelser

Tidligere geologiske og hydrologiske undersøkelser i Alvdal som har vært bakgrunnsmateriale for dette studiet er:

1. Kvantærgeologisk registrering av løsmasseavsetningene i kommunen som har resultert i et kvantærgeologisk kommunekart i målestokk: 1:60 000 og i NGU- publikasjonen " Geologiske severdigheter langs bil- og sykkelveier og turstier i Alvdal" (Follestad & Thoresen, 1999).
2. Grunnvannsanlegget som ble anlagt på Gulløymoen etter mange år med forundersøkelser blant annet av flere mulige lokaliteter langs Folla og Sølva (Kirkhusmo, 1976, Klementsruud, 1992, Klementsruud & Rohr-Torp, 1991, Rohr-Torp, 1991,1995, Veslegard, 1987, 1988).
3. Utredninger ved planlegging av Savalen kraftverk. NVE observerte i tidsperioden 1971 –1975 variasjonene i grunnvannstanden i 19 observasjonsbrønner på slettene langs Glåma. Disse observasjonene ble korrelert mot endringene i vannstanden i Glåma (NVE, 1975). Boe (1975) utredet kraftutbyggingens virkningen på isforholdene i Glåma ut fra en vurdering av vannføring, vannstand og vanntemperatur data.

4. Seismisk målinger ble utført med et 1,7 km langt profil like nord for Sjulhusbrua for å kartlegge tykkelsen og variasjoner i løsmassene (Dalsegg, 1988)
5. Undersøkelser av Statens Vegvesen i forbindelse med utbedringer av Steia bru, gang og sykkelvei langs RV 3 forbi Skarpsno og Storsteia og planlegging av ny trase av RV29 forbi Vestgård.
6. Forundersøkelser ved vurdering av infiltrasjonsmulighetene for Alvdal sentrum og Kveberg rensedistrikt utført av Geofuturum (1995).
7. Vannføringsdata og vanntemperaturdata fra Glåma ved Savalen og Høye (data fra NVE) og temperaturdata fra grunnvannsanlegget på Gulløymoen (data fra NGU).
8. Data fra registrerte brønner fra hydrogeologisk database, NGU.

2.2 Kwartærgeologien

Kwartærgeologisk kart over sentrale deler av Alvdal kommune er vist i figur 2. Kartgrunnlaget er hentet fra Follestad & Thoresen (1999). Videre følger en beskrivelse av de vanligste løsmasseavsetningene i Alvdal.

Elveavsetninger

Områdene langs elvene Folla, Glåma og nedre deler av Sølna består hovedsakelig av elvesletter med elveavsetninger. Elveavsetningene består overveiende av finkornede horisontale lag av flomsedimenter og grovere materiale avsatt i tidligere elveløpet. Nydannelsen av grunnvann i elveslettene er regulert av vannføringen i elvene og nedbørsmengden. Elveavsetninger er ofte godt egnet for grunnvannsutttak fordi de inneholder grovkornede vannførende lag, har god gjennomstrømning av vann og høyt grunnvannsspeil.

Et godt eksempel på grunnvannsutttak fra elveavsetninger er grunnvannsanlegget på Gulløymoen som består av 3 brønner, hver med en kapasitet på 1500 l/min. Mektigheten på det vannførende sand/gruslaget på Gulløymoen er 10 m. For å utnytte det vannførende laget optimalt er brønnene boret på skrå med en fallvinkel på 17,5° (Rohr-Torp, 1995).

Foruten grunnvannsanlegget er det registrert 3 løsmassebrønner i Alvdal. To av brønnene, hver med en kapasitet på 8000 l/time, er registrert henholdsvis på slettene sør for Kvebergbrua og på Strand. På de store elveslettene lengre nord er det kun registrert en løsmasseboring ved Flaten ved Sjulhusjordet hvor ble det boret ned til 64 m uten å finne vann.

I tillegg til løsmassebrønnene finnes det flere 4-5 m dype gravde gårdsbrønner på elvesletta mellom Folla og Glåma. Flere av disse benyttes fortsatt til grunnvannsutttak.

I forbindelse med utredning av vannverket ble det foretatt flere sonderboringene langs Folla og Sølna. Alle områder som ble undersøkt ble funnet å være uegnet for grunnvannsutttak, fordi massene var for finkornige og tette.

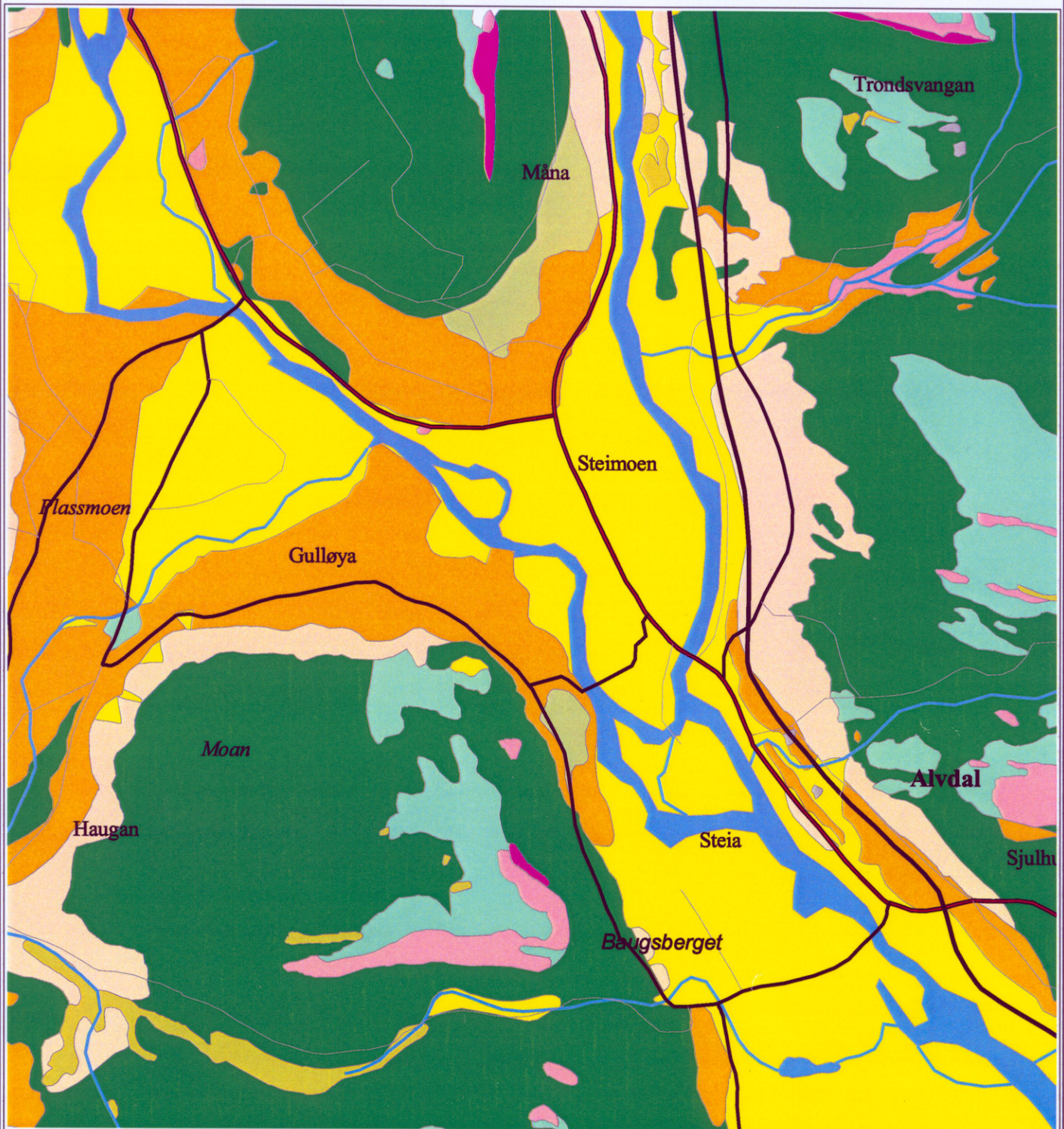
Flere sideelver stuper ned dalsiden og renner ut i Glåma. Ved utløpet av disse er det avsatt vifteformede elveavsetninger, som vist på det kvartærgeologiske kartet. Disse avsetningene antas å være grovkornige og gunstig for grunnvannsutttak.

Breelavsetninger






Mektige breelavsetninger dominerer landskapet i Alvdal, og langs hoveddalførene danner disse terrasser langs dalsidene. Flere av sidedalene som Sølna og Finnbudalen er fullstendig dekket av breelavsetninger. De lavtliggende avsetningene, som er bebygd og derfor interessant for grunnvarmeførmål, består av mer finkornige masser som er lite egnet til grunnvannsutttak.

Eskere er ryggformede breelavsetninger avsatt i vannførende tunneler under isen. De er ofte grovkornig og vannledende, og kan dermed være gunstig for grunnvannsutttak. Det er påvist flere eskere i Alvdal, også i de sentrumsnære områdene.











Kvartærgeologisk kart over Alvdal sentrum



Tegnforklaring

-  Elv, innsjø
-  Riksvei
-  Fylkesvei
-  Kommunal og privat vei
-  Jernbane

Løsmasstype

-  Morenemateriale, tykt dekke
-  Morenemateriale, tynt dekke
-  Breelvavsetning
-  Bresjøavsetning
-  Elve- og bekkeavsetning
-  Vindavsetning
-  Skredmateriale, tykt dekke/ur
-  Torv og myr (organisk materiale)
-  Fyllmasse (antropogent materiale)
-  Bart fjell

Målestokk 1: 35 000

0 0.5 1 1.5 2 Kilometer



Figur 2

Bresjøavsetninger

Bresjøavsetninger er finkornige avsetninger avsatt i bredemte sjøer. Disse avsetningene finnes i dalbunnen og langs dalsidene opp til 660 m som var nivået til Nedre Glåmsjøen som demte opp store deler av Alvdal under siste istid.

Under elveavsetningene i hoveddalene og nedre deler av Sivilldalen og Sølndal er det avdekket mektige bresjøsedimenter. Med seismiske målinger ble tykkelsen på bresjøsedimentene funnet å være ca 80 m ved Sjulhusbrua (Dalsegg, 1988). Bresjøavsetninger er lite egnet for grunnvarmeuttak.

Morene

Utenom dalene er størstedelen av berggrunnen dekket av morenemateriale. Disse avsetningene har varierende tykkelse og korngradering, men de er vanligvis lite egnet for store vannuttak og dermed uttak av grunnvarme. I tillegg ligger bare en liten del av kommunens bebyggelse på moreneavsetninger.

Ut fra kunnskap om løsmasseavsetningene i kommunen og kommunedelplanen ble undersøkelsesområdet avgrenset til de sentrale elveslettene nord og sør for utløpet av Folla, elvesletta på Plassen, elveviftene ved utløpet av sideelvene Kvernbekken og Tronåa og ved eskeren ved gården Tronsli.

2.3 Feltundersøkelser

Kartlegging av potensialet for uttak av grunnvann ble gjort på grunnlag av resultater fra georadarmålinger, undersøkelsesboringer og prøvepumping.

2.3.1 Georadarmålinger

Georadar er en geofysisk undersøkelsesmetode som ved hjelp av elektromagnetisk bølgepulser kan kartlegge geologien ned til ca 30 m dyp. Elektromagnetiske bølgepulser blir sendt ned i bakken og reflekterte signaler blir mottatt. De reflekterte signalene er bestemt av løsmassenes dielektriske egenskaper. Spesielt vil grenser mellom ulike løsmasstyper og markerte strukturer vises på georadaropptaket. Mektigheten og sammensetning av løsmassene kan tolkes ut fra georadarprofilen.

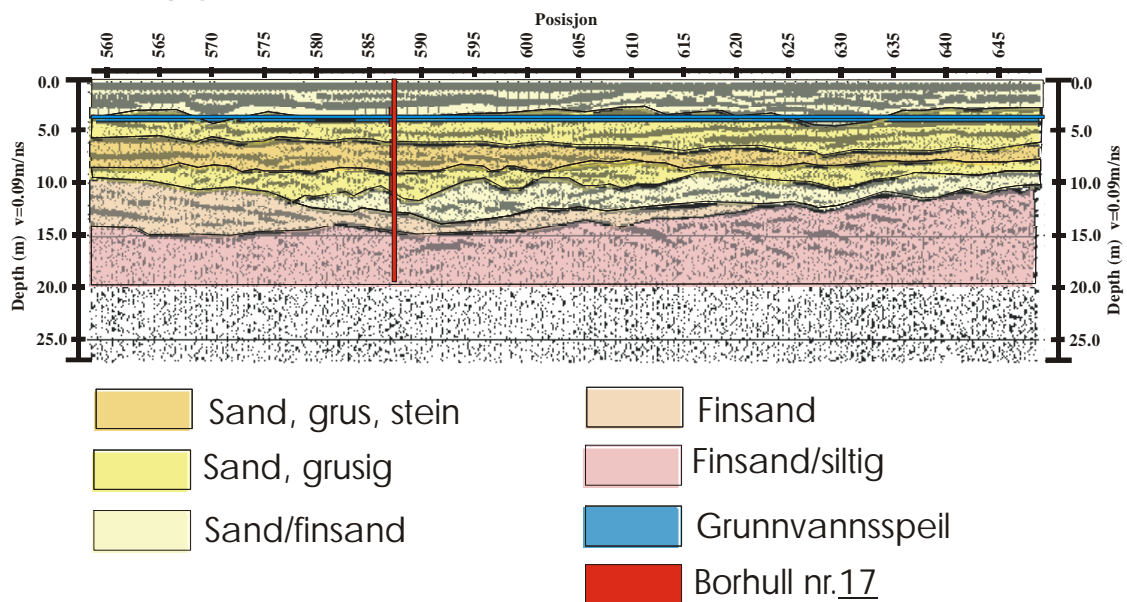
Det ble utført ca 16 km med georadarmålinger i juni 1999 (figur 3). Lokalisering av georadarprofilene er vist på kartet i kartbilag 1. Målingene ble utført med digital georadar av typen pulseEKKO 100 fra Sensors & Software Inc., Canada. Det ble benyttet 100 MHz antenner og 1000V sender med 1,0 m antenneavstand og 0,5 m målepunktavstand for alle profilene unntatt profil 1. Mye finkornede avsetninger og støy fra senderen på Tronfjellet reduserte kvaliteten på georadaropptakene. Georadarprofilene er terrengkorrigert ut fra topografiske kart i målestokk 1: 5000.

Tolking og presentasjonen av de tolkede georadarprofilene har vært en viktig del av prosjektet. Eksempel på et tolket utsnitt av georadarprofil 19 er vist i figur 4. Alle 24 georadarprofilene og tolkningen av disse er presentert i NGU rapport 2000.005.



Figur 3. Georadarmålinger i Alvdal sentrum.

Utsnitt av georadarprofil P19 Alvdal



Figur 4. Tolking av utsnitt av georadarprofil 19

2.3.2 Undersøkelsesboringer og prøvepumping



Figur 5. Boring ved Taverna hotell og kafeteria i Alvdal.

Lokalisering av undersøkelsesboringene ble bestemt ut fra tolkninger av georadarprofilene. De ble utført med Hafo borerigg med 57 mm Ø krone og vannspyling (figur 5). Boringen er hydraulisk drevet og kan utføres både med rotasjon og slag. Under boring ble borsynk, vanntrykk, bruk av slag og karakterisering av boreslammet registrert.

Det ble utført 17 sonderboringer i Alvdal i perioden august- september 1999. Plasseringen av boringene er vist i kartbilag 1. Boredata for alle boringene er vedlagt i NGU Rapport 2000.005. Boringene ble avsluttet mot antatt fjell eller etter at det var boret flere meter i tette siltmasser. Dypeste boring var boring 13 på Sjulhusjordet der det ble boret 44 m.

Der det ut fra undersøkelsesboringen ble antatt å være egnede masser for grunnvannsuttak, ble det satt ned 32 mm Ø jernrør med 1 m filter bestående av 2-4 mm brede slisser. Disse brønnene ble testpumpet i forskjellig nivå med en sugepumpe med kapasitet på 5 l/s. Fra flere av brønnene ble det tatt prøver av grunnvannet og sedimentprøve av det opp-pumpede materialet.

2.4 Laboratorieundersøkelser

Prøver ble innsamlet under feltundersøkelsene for analyser av vannkvalitet og av kornfordelingen i løsmasse sedimenter.

2.4.1 Vannanalyser

10 grunnvannsprøver ble tatt i forbindelse med prøvepumpinga. To vannprøver ble tatt fra boring 3, 4, 14 og 17, og en vannprøve ble tatt fra boring 8 og fra en grunn brønn i kjelleren på Taverna hotell og kafeteria. Analyseresultatene, samt veiledende verdier for drikkevann er vist i vedlegg 2.

Vann med høyt jern- og manganinnhold er lite egnet for grunnvarmeuttak. Foreslåtte grenseverdier for direkte uttak av energi fra grunnvann er 1,0 mg/l for jern og 0,5 mg/l for mangan (Lindblad-Posse, 1986). For vannprøvene fra Alvdal varierer jerninnholdet fra mindre enn deteksjonsgrensa på 0,01 mg

Fe/l til 0,175 mg Fe/l. Manganinnholdet i vannet varierer fra mindre enn deteksjonsgrensa på < 0,001 til 0,0433 mg Mn/l. Ut fra disse resultatene er det liten sannsynlighet for jern- eller manganutfelling ved grunnvarmeuttak fra disse lokalitetene. Ved høy hardhet på grunnvannet kan kalkutfelling skade varmpumpa i et grunnvarmeanlegg. Kalsiuminnholdet i vannprøvene varierer fra 9 –23 mg Ca/l og de lave verdiene gir liten sannsynlighet for kalkutfelling.

Med unntak av enkelte prøver med for høyt fargetall, tilfredsstillende vannprøvene kravene til drikkevannskvalitet.

2.4.2 Kornfordelingsanalyser

11 sedimentprøver ble tatt av opp-pumpede masser ved prøvepumpinga. Tre sedimentprøver ble tatt fra boring 4 og to prøver ble tatt fra boring 3, 8, 14 og 17. Kornfordelingen i prøver tatt fra prøvepumping vil avvike fra direkte prøvetaking av sedimenter. Filteråpningen er 2-4 mm slik at grovere korn enn 4 mm vil dermed ikke trenge gjennom filteret og pumpes opp. Sedimentprøven taes av det materialet som har sedimentert i ei bøtte i løpet av 15-30 min. Finsilt- og leirpartikler bruker lengre tid på å sedimentere og en stor del av disse partiklene vil derfor ikke bli med i prøven. Kornfordelingsbestemmelsene er basert på laserdiffraksjon og er utført med instrument av typen Coulter LS 200. Måleområdet er 0,4 µm- 2,0 mm. Kornfordelingsanalysene er vist i vedlegg 3. Sammenstilles kornfordelingsanalysene mot resultatet av prøvepumpinga, som vist i tabell 1, er det en viss trend med mer opp-pumpet vann ved grovere kornstørrelse på sedimentene. For de tre prøvene fra boring 4 (prøve 3-5) er prøve 4 mer finkornet enn de to andre. Fra sedimentene fra det laget prøve 4 ble tatt ble det pumpet opp 45 l/min med vann, mens det fra de to andre lagene ble pumpet 90 og 100 l/min.

Tabell 1. Kornfordelingsdata sammenlignet med grunnvannskapasiteten. Nummer i parentes angir rangering der den mest grovkornige er rangert som nr 1.

Boring-sed.prøve	Grunnvannskapasitet l/s	Kornstørrelse 5 % µm	Midlere kornstørrelse	Kornstørrelse 90%
Bh.3-4,7 m /Pr.1	100 (5)	64 (9)	583 (6)	1597 (7)
Bh.4-4,7m /Pr.3	100 (5)	115 (8)	674 (5)	1699 (5)
Bh.4-8,7m/Pr.4	45 (9)	192 (4)	453 (9)	722 (9)
Bh.4-12,7m/Pr.5	90 (7)	175 (5)	792 (3)	1834 (4)
Bh.8-4,7m/ Pr.7	60 (8)	144 (6)	816 (2)	2332 (2)
Bh.14-6,7m/Pr.8	150 (3)	231 (2)	785 (4)	2171 (3)
Bh.14-14,7m/Pr.9	180 (2)	335 (1)	993 (1)	2882 (1)
Bh.17-4,7m/Pr10	200 (1)	134 (7)	473 (8)	1537 (8)
Bh17-6,7m/Pr11	150 (3)	206 (3)	582 (7)	1654 (6)

2.5 Vurdering av grunnvannsutttaket

Sonderboringen påviste lokaliteter som var godt egnet for grunnvannsutttak. Ut fra georadarmålingene og sonderboringene har vi anslått følgende grunnvannsutttak (Tabell 2):

Tabell 2 Antatt grunnvannsutttak ut fra georadarmålinger og undersøkelsesboringer

Boring	Kapasitet pr boremeter [l/min]	Tykkelse vannførende sjikt [m]	Antatt grunnvannsutttak [l/s]
Bh 3 , ved Tronåa	a: 100 b: 30	a: 3 b: 5	5 - 10
Bh 4 , Smedheim	a: 100 b: 45 c: 90	a: 4 b: 2 c: 5	10 - 15
Bh 5 , Persheim	20	5	0,5 - 2,0
Bh 8 , ved Kvernbekken	a: 100 b: 50	a: 2 b: 4	4 - 6
Bh 14 , Aukrustsenteret	a: 140 b: 180	a: 7 b: 3	25 - 40
Bh 17 , Enga	180	6	20 - 30

Foruten der det er boret og funnet egnete løsmasser for større vannuttak, antas områdene rundt munningen av Tronåa og Kvernbekken og være egnet for grunnvannsutttak. De beste lokalitetene for grunnvannsutttakene ble funnet på elvesletta langs Glåma. Plasseringen av disse boringene ble bestemt ut fra georadarmålinger til antatt gamle elveløp. Disse sedimentære strukturene vil vanligvis inneholde mer grovkornige materialer enn flomsedimentene som dekker resten av elveslettene, og derfor være gunstigere for grunnvannsutttak. Like ved de "godt egnede" lokalitetene ble det gjort boringer hvor det ikke var mulig å pumpe opp grunnvann. Enkelte av de "dårlig egnede" lokalitetene som eksempel boring 5 og 12, er også lokalisert til antatt gamle elveløp. Årsaken til at disse lokalitetene likevel gir lite vann er antatt å være infiltrasjon av finkornig materiale inn i det grovere elvematerialet fra omliggende flomsedimenter.

Ut fra resultatet av de geotekniske undersøkelsene er det antatt at sannsynlighet for uttak av større grunnvannsmengder ved en vilkårlig boring på de sentrale elveslettene langs Glåma og Folla er liten. Dette har sammenheng med at utstrekningen på de tidligere elveløp med grovkornede avsetninger er relativt liten sammenliknet med de finkornede flomsedimentene.

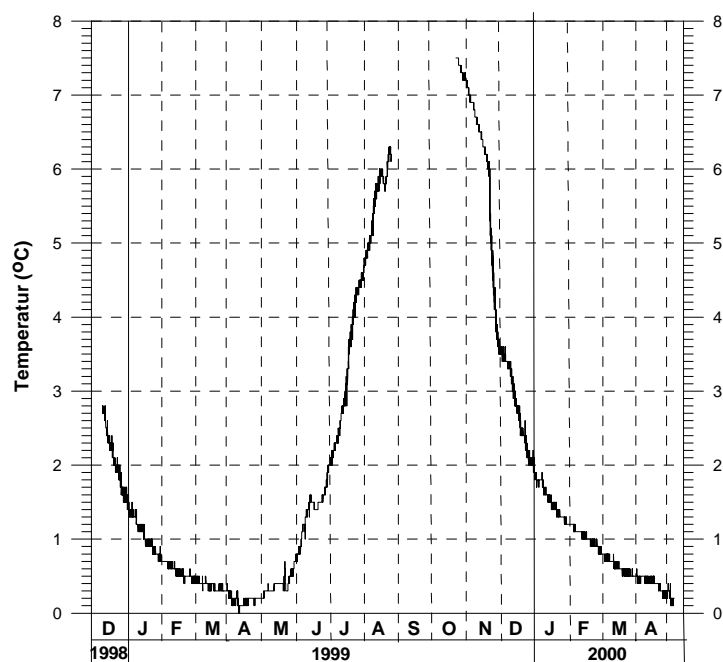
2.6 Temperaturmålinger

Grunnvannstemperaturen er en av de store usikkerhetsfaktorer ved bruk av grunnvarme fra løsmasser i Alvdal. Temperaturmålinger på Gulløymoen grunnvannsanlegg viste vanntemperatur ned mot 0,1 °C senvinters (figur 6). Med slike temperaturer er det minimalt med energi å ta ut fra grunnvannet. Brønnene på Gulløymoen vannverk ligger like ved bredden av Folla, og temperaturen på grunnvannet vil derfor være påvirket av temperaturen på elvevannet.

Lufttemperaturen er den viktigste faktoren som bestemmer grunnvannstemperaturen ned til ca 30 m dyp. Andre faktorer som også vil påvirke grunnvannstemperaturen er snødybde, vegetasjonstype, type løsmasse, vindhastigheter, topografi med mere (Nordell, 1994). På grunn av et isolerende snødekke i de kaldeste månedene vil grunnvannstemperaturen ofte være et par grader høyere enn midlere lufttemperatur gjennom året.

Årsmiddel for lufttemperaturen i Alvdal i perioden 1961-1990 er 1,1 °C. Sammenliknet med andre målestasjoner skiller Alvdal seg ut med store årsvariasjoner i temperaturen med kalde vinter måneder og relativt varme sommer måneder. Grunnvannstemperaturen antas derfor å være ca 2-3 °C høyere enn midlere lufttemperatur.

GRUNNVANNSTEMPERATUR VED
GULL IMOEN VANNVERK



C:\ALVDAL\TEMP01.GRF

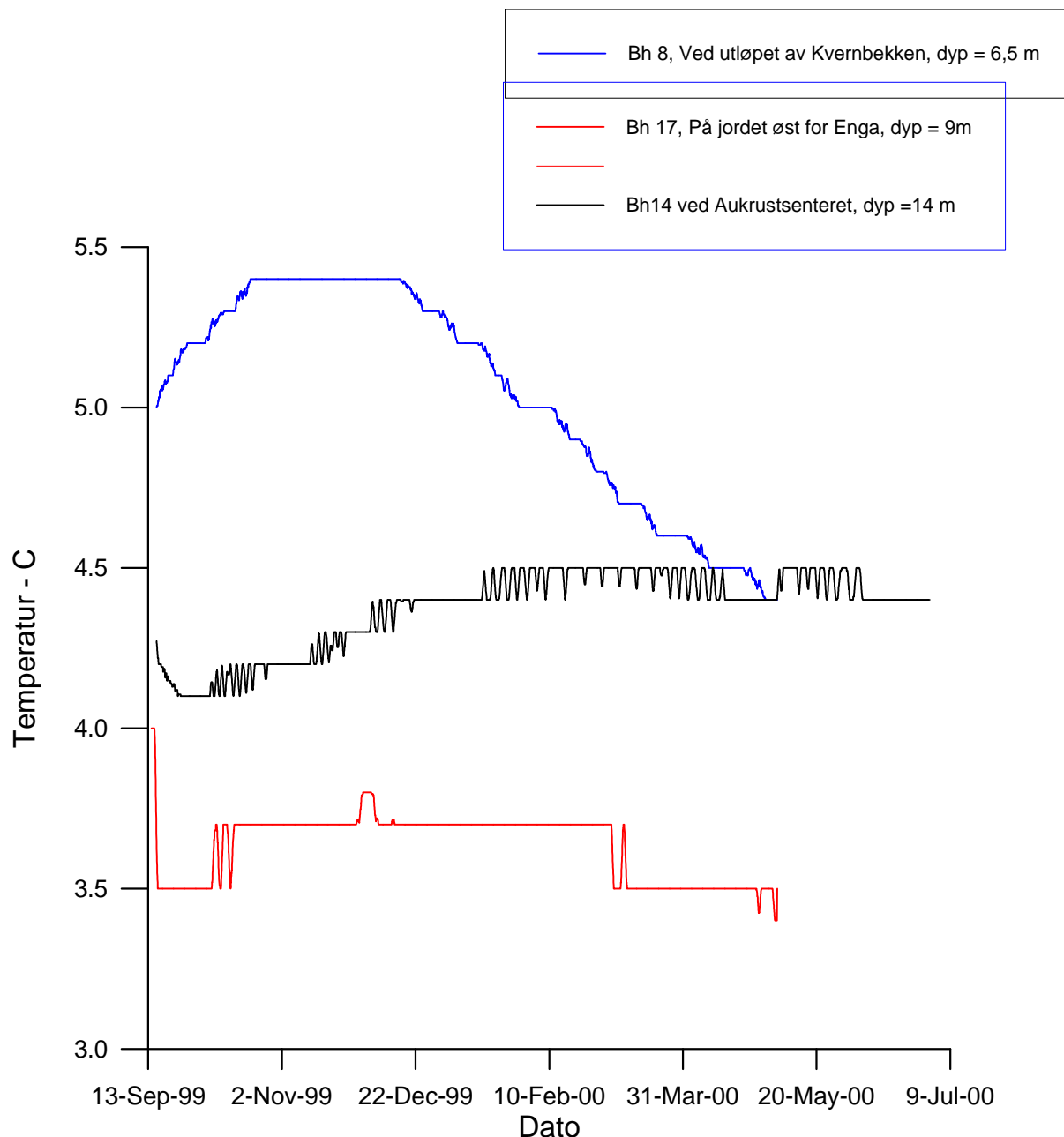
Figur 6. Grunnvannstemperatur for Gulløymoen vannverk , desember 1998 – april 2000.

For å måle grunnvannstemperaturen gjennom året ble det satt ned temperaturloggere i tre av undersøkelsesbrønnene. Temperaturen ble logget hver time fra september 1999 til mai 2000 (figur 7). Brønnene ble ikke pumpet i måleperioden. Ved pumping kan kaldt elvevann bli ført inn til brønnene og føre til lavere grunnvannstemperatur. Temperaturen i Bh 8 på 6,5 m dyp var oppe i 5,4 °C fram til slutten av desember. Gjennom vinteren sank den jevnt ned til 4,4 °C i mai 2000.

Grunnvannstemperaturen i Bh 17 på 9 m dyp var mer stabil og holdt seg mellom 3,5 og 3,8 °C i perioden sept 99- april 2000. På 14 m i Bh 14 steg temperaturen i hele perioden fra 4,1 til 4,5 °C. Det er 2 K (1K=1°C) forskjell på høyeste målte temperaturen i Bh 8 og laveste i Bh 17. Hovedårsaken til temperaturforskjellene antas å være påvirkning fra Glåma og Folla. Selv om Bh 17 ligger lengst fra elvene antas temperaturen i den brønnen å være mest påvirket av elvetemperaturen. Folla svinger østover like før utløpet i Glåma ca 140 m nord for Bh17. Det vil være et høyt vanntrykk mot yttersvingen som presser elvevannet inn i elveslettene nedenfor utløpet, og senker dermed grunnvannstemperaturen i området om vinteren.

Bh 14 ligger bare 12 m fra Glåma. Temperaturen i den brønnen virker å være mindre påvirket av elvevannet enn i Bh 17. Glåma renner i en relativt rett strekning forbi den boringen.

Tidspunktet for maksimal målte grunnvannstemperatur avhenger av dyppet til temperaturloggeren fordi kuldefronten trenger lengre tid til å trenge ned til 14 m enn til 6 m meters dyp.

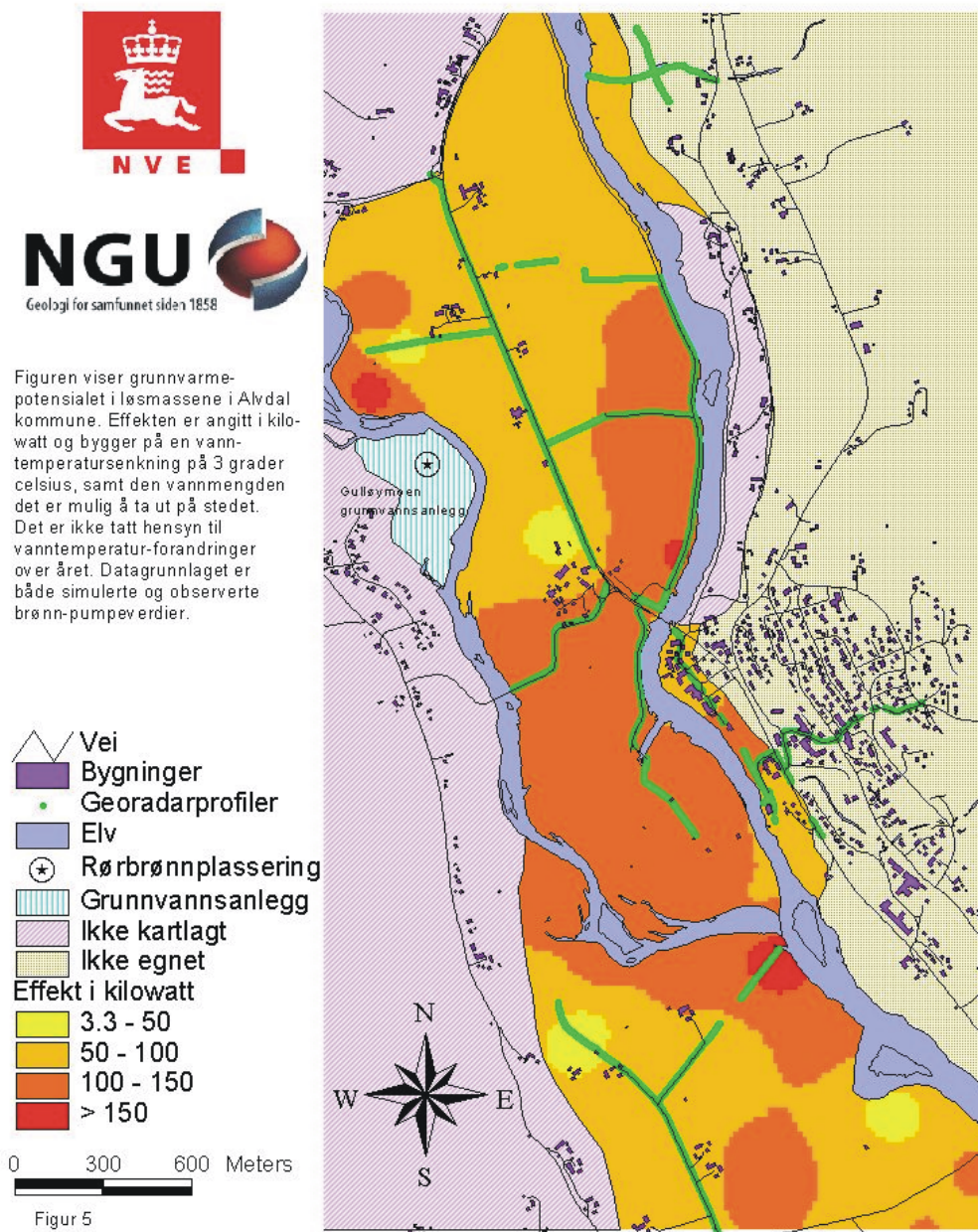


Figur 7. Temperaturdata fra 3 brønner i Alvdal.

2.7 Modellering av grunnvarmepotensialet i løsmasser

NVE har ut fra felldataene utviklet en modell for grunnvannstrømningen i løsmassene på elveslettene ved Alvdal. Modellen er nærmere beskrevet i NVE-rapporten: "Grunnvarmepotensialet ved Alvdal sentrum" av Heidenstrøm et al., (2000). Grunnvannsmodellen er benyttet til å bestemme grunnvarmepotensialet i det aktuelle området. Det er i beregningen av grunnvarmepotensialet antatt en vanntemperatursenkning gjennom varmeveksleren på 3°C. Grunnvarmepotensialet i snitt over året er vist i figur 8. Egne kart over antatt sommer- og vinterpotensialet er vist i Heidenstrøm et al., (2000). Kartene er basert på georadarmålingene, og korrigeret mot resultatet av undersøkelsesboringene. Den kompliserte løsmassegeologien på elveslettene samt klare begrensninger i kvalitetene på georadaropptakene har gjort at tolkningen av georadaropptakene er usikker. Den usikkerheten vil gjenspeiles i informasjonen på potensialkartet (figur 8) og forringe kvaliteten og dermed nytteverdi av kartet.

Grunnvarmepotensialet på elvesletta i Alvdal (snitt over året).



Figur 8. Antatt grunnvarmepotensialet i snitt over året, modellert av NVE (Heidenstrøm et al., 2000)

3 GRUNNVARMEPOTENSIALET I BERGGRUNN

En stor del av bebyggelsen i Alvdal kommune befinner seg i områder med liten eller ingen løsmasseoverdekning. Her kan energi fra berggrunnen benyttes til oppvarming. Til forskjell fra grunnvarmeanlegg i løsmasser, vil man ved uttak av grunnvarme fra berggrunn vanligvis benytte en lukket løsning der en kollektorslange er senket ned i et 80 – 200 m dypt borehull (energibrønn). Varme fra berggrunnen vil varme opp væsken i kollektorslangen, og denne energien kan utnyttes ved bruk av varmepumpe. Energipotensialet til en fjellbrønn med lukket kollektor er avhengig av berggrunnens varmeledningsevne og temperatur, grunnvannets temperatur og grunnvannsstrømning. Varmeledningsevnen bestemmer hvor godt varmen blir transportert gjennom berggrunnen. Har berggrunnen god varmeledningsevne, vil mye energi i form av varme bli transportert mot en energibrønn, i tillegg vil energien fra et større volum av berggrunnen bli ledet mot brønnen.

3.1 Berggrunnen i Alvdal

Bergartene i Alvdal kommunen tilhører forskjellige dekkeserier som ble skjøvet inn fra nordvest under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden i tidsperioden senprekambrium-silur (540 –400 mill. år siden). Kart over berggrunnen er vist i figur 9. Grunnlaget for kartet er berggrunnskart Røros og Sveg i målestokk 1:250 000 fra 1989. Bergartsnumrene er vist i tegnforklaringen. Bergartene sør for Alvdal sentrum tilhører undre dekkeserie (Bergartsnr. 49-57 se tegnforkl. i figur 9). Nord for Alvdal sentrum tilhører bergartene i vest øvre dekkeserie (Bergartsnr. 8-41), og de i øst midtre dekkeserie (Bergartsnr. 42-48). Helt sør i kommunen stikker grunnfjellet opp (Bergartsnr. 58-68). Tronfjellet er dypbergart fra silur-ordovicium (490-420 mill år).

3.2 Bergartsprøver fra Alvdal.

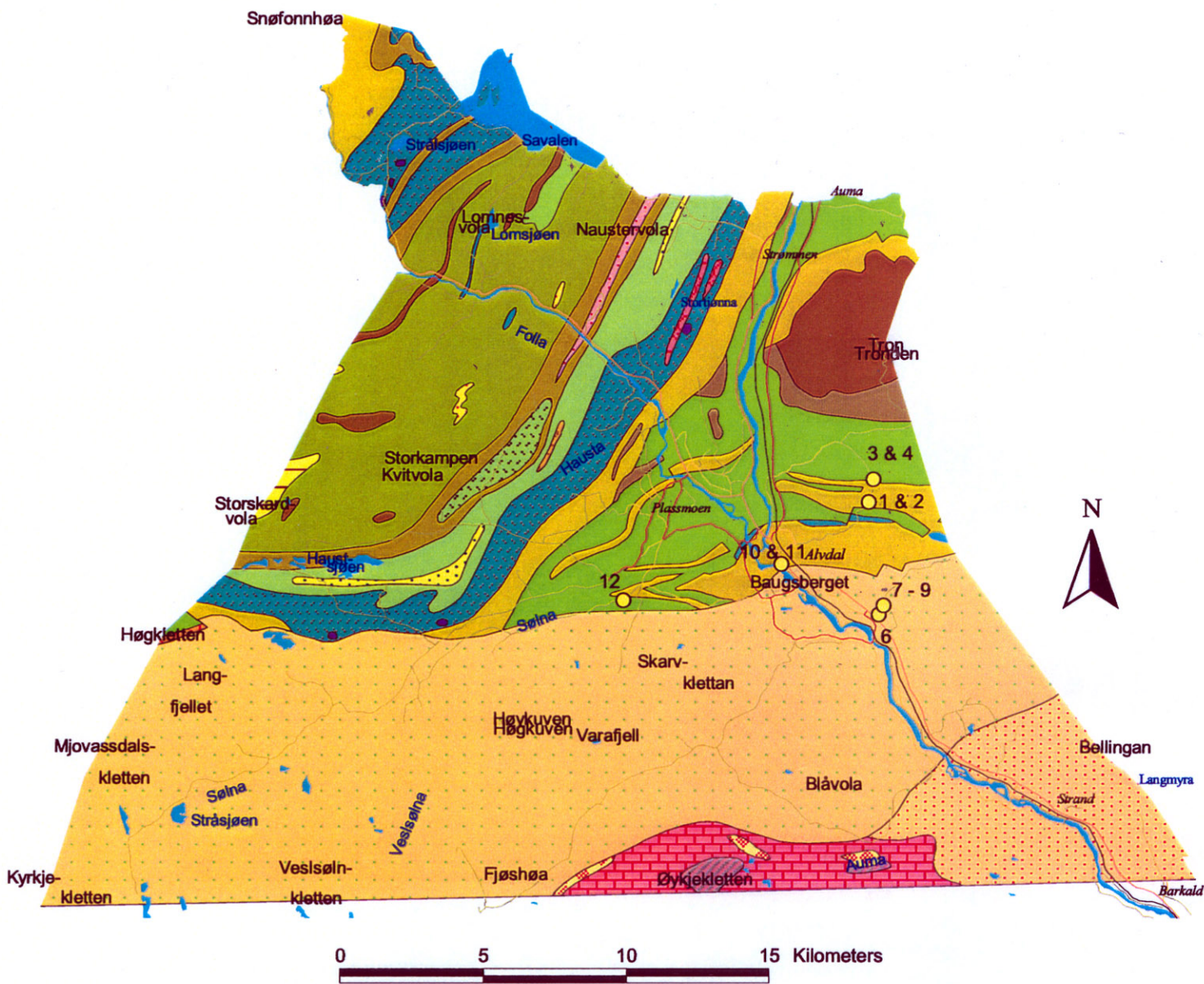
Tolv bergartsprøver ble samlet inn fra området rundt Alvdal sentrum. Lokalitetene til prøvene er vist på figur 9 med gule sirkler. Prøvene ble samlet inn noe tilfeldig i forbindelse med feltarbeidet. Å kartlegge grunnvarmepotensialet i fjell var i utgangspunktet ikke inkludert i prosjektet. Det er derfor ikke utført noen berggrunnskartlegging i forbindelse med prøvetakingen eller analyser av prøvenes kjemiske og mineralogiske sammensetning.

Av bergartsprøvene ble det boret ut små kjerneprøver med diameter 35 mm og høyde 21-31mm for varmeledningmålinger. Fra hver bergartsprøve ble det boret ut fra 1-4 kjerneprøver. Kjernene ble boret enten normalt på bergartens lagdeling eller parallelt med bergartens antatte lagdeling. Prøve 5 , den eneste prøven av fyllitt, ble ødelagt under preparering.

Varmeledningsevnen til bergartene ble målt med et utstyr utviklet ved NGU. Målemetoden er nærmere beskrevet i vedlegg 4.

Varmeledningmålingene er vist i figur 10. Alle 34 kjerneprøver ble målt minst 2 ganger. Generelt har prøvene svært god varmeledningsevne. Det samsvarer med et generelt høyt kvartsinnhold i prøvene. Middelerdien for varmeledningsevnen for disse prøvene er 4,5 W/m·K. Tilsvarende verdi for 87 bergartsprøver fra et studie fra Bærum kommune er 2,7 W/m·K (Midttømme et al.,2000). NGU's måleutstyr er kalibrert med standardmaterialet med lavere varmeledningsevne (4,0 W/m·K). De høyeste verdiene målt på prøvene fra Alvdal har derfor noe større usikkerhet. Målingene er inndelt i fire grupper etter bergartstype. En oppsummering av måleresultatene for de fire hovedbergartstypene viser følgende.

BERGGRUNNSKART OVER ALVDAL

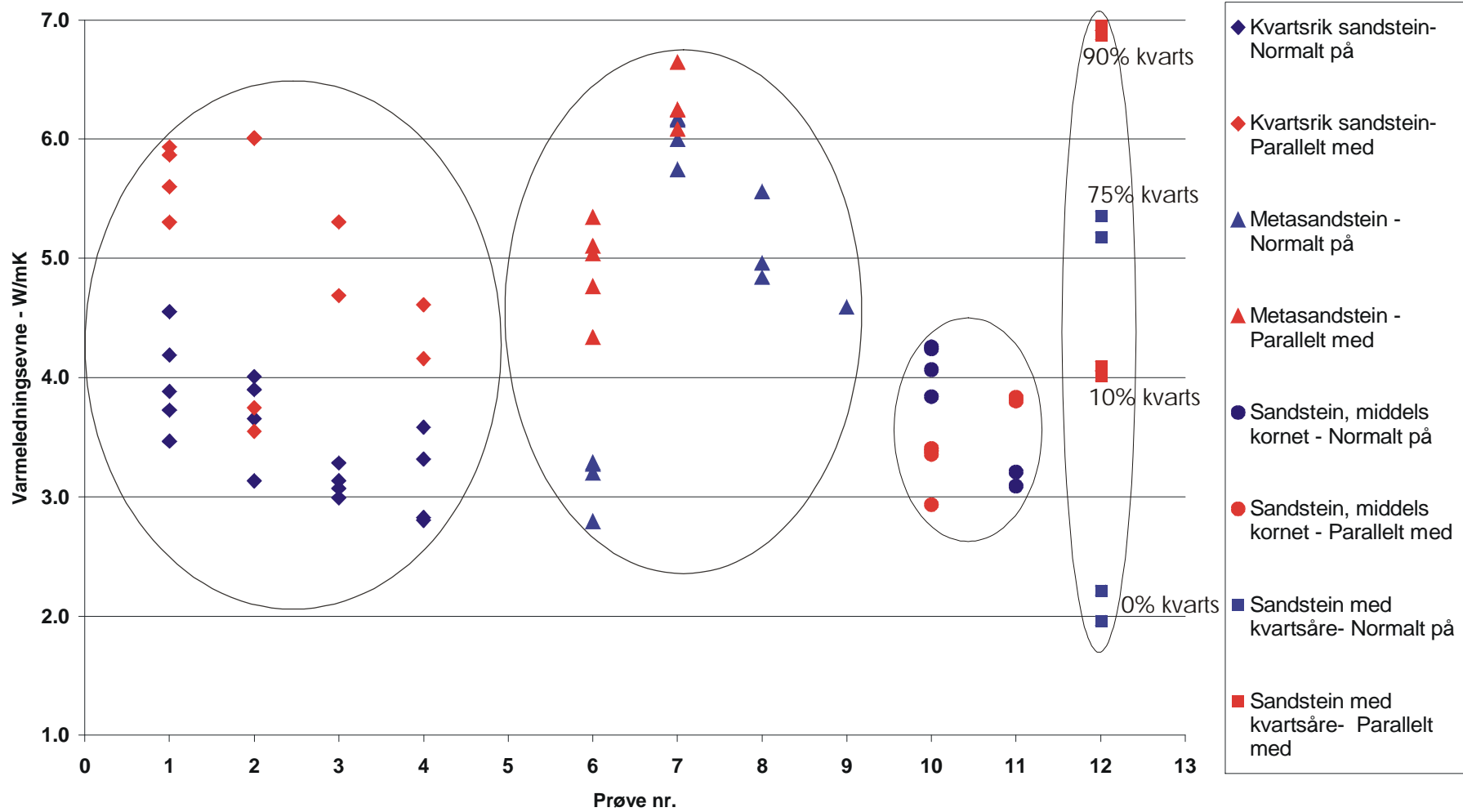


Tegnforklaring

- 6. Dioritt, gabbro, metagabbro
- 7. Serpentinitt - kleberstein
- 11. Konglomerat m. boller av rhyolitt og grønnstein
- 13. Grovkornet sandstein og konglomerat
- 15. Grå og svart fyllitt
- 16. Grå fyllitt
- 22. Kvarterofyr og metakvarterofyr.
- 25. Grønnstein og amfibolitt
- 27. Båndet kvartsitt
- 28. Amfibolitt
- 29. Kalkspatmarmor
- 30. Konglomerat med boller av kvartsitt
- 31. Grå fyllitt, biotitt, biotittfyllitt
- 35. Kvarterglimmerskifer
- 38. Kalksp.holdig fyllitt, granatgli. og garb.skifer og gneis.
- 40. Konglomerat, stedvis med boller av serpentinitt mm
- 42. Amfibolitt, grønnstein
- 43. Kalkspatmarmor
- 44. Grå og grønn fyllitt og glimmerskifer
- 45. Feltspatførende kvartsitt, kvartsskifer og helleskifer
- 47. Øyegneis
- 49. Meta-arkose, feltspatholdig kvartsitt og helleskifer
- 53. Arkose og feltspatholdig kvartsitt
- 64. Tillitt og morenekonglomerat
- 66. Dioritt og gabbro
- 68. Granitt

Bergartsprøve

Figur 9



Figur 10. Resultater fra varmeledningmålinger på bergartsprøver fra Alvdal.

Prøve 1 – 4, Kvartsrik sandstein

Prøvene er finkornige, og de fleste kjernene har synlig lagdeling. Kjernene fra prøve 3 og 4 inneholder mer feltspat enn de fra prøve 1 og 2. Målt varmeledningsevne varierer fra 2,8 til 6,0 W/m·K med en middelverdi på 4,2 W/m·K. Med unntak av den ene kjernen for prøve 2 måles det betydelig høyere varmeledningsevne parallelt med lagdelingen ($k\text{-parallell}_{\text{middel}} = 5,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) enn normalt på ($k\text{-normal}_{\text{middel}} = 3,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). For de 3 prøvene med høyest varmeledningsevne er det synlige kvartsganger gjennom prøven. Ren kvarts har varmeledningsevne på 7,8 W/m·K (Horai, 1971).

Prøve 6 – 9, Metasandstein

Prøvene er finkornige. Lagdeling er kun synlig i 3 av kjernene fra prøve 6. Foruten de 2 kjernene av prøve 6 som er målt normalt på lagdelingen, har kjernene svært god varmeledningsevne. Middelerdien for disse prøvene er 5,0 W/m·K. Varmeledningsevnen er anisotrop for prøve 6, mens den er isotrop for prøve 7.

Prøve 10 -11, Middelskornet sandstein

Prøve 10 og 11 er mer grovkornet, og har høyere innhold av glimmer, enn de andre prøvene. Ingen lagdeling er synlig, men kjernene fra prøve 11, spesielt den preparert i normalretningen har forvitringssprekker som går i forskjellige retninger. Middelerdien for varmeledningsevnen for disse prøvene er 3,6 W/m·K. Det måles liten anisotropieffekt.

Prøve 12, Finkornet sandstein med kvartsåre

Prøve 12 er todelt, med en del finkornet sandstein og en del ren kvarts. Kjernene fra prøve 12 ble preparert med forskjellige andel av kvartsåra, henholdsvis 0%, 10%, 75% og 90%. De målte varmeledningsevnene varierer fra 2,0 – 7,0 W/m·K. Variasjonene korrelerer med kvartsandelen, der kjernen som inneholder mest kvarts har høyest varmeledningsevne. Middelerdien er 4,7 W/m·K. Hva den virkelige varmeledningsevnen for en slik bergart er, er usikkert, men sannsynligvis svært avhengig av retning i forhold til kvartsåra.

3.3 Temperaturen i berggrunnen

For et grunnvarmeanlegg i berg hentes varme fra brønner som er opp til 250 m dype. Temperaturen i berggrunnen vil øke med dyppet på grunn av bidrag fra radioaktiv energi i jordskorpa og kjernen. Temperaturen i berggrunnen antas å være lik grunnvannstemperaturen. Temperaturmålingene i løsmassebrønnene viser en grunnvannstemperatur på ca 4,0 °C gjennom vinteren. I tillegg til målt grunnvannstemperatur på 6-14 m vil midlere temperatur for en energibrønn være avhengig av temperaturgradienten med dyppet. I dette studiet er det ikke gjort undersøkelser for å beregne eller måle temperaturgradient og varmestrøm i området.

4 OPPSUMMERING

4.1 Grunnvarmepotensialet i løsmasser

Undersøkelsene viser at flere lokaliteter langs Glåma er godt egnet for grunnvarmeuttak.

Ut fra tolkninger av georadarprofil antas områdene rundt munningene av sideelvene Tronåa og Kvernbecken å være godt egnet for grunnvannsuttak. Største grunnvannskapitet har tre undersøkelsesbrønner boret i gamle elveløp på elvesletta like vest for Glåma hvor riktig dimensjonerte produksjonsbrønner vil kunne gi over 20 l/s. Andre borer på de sentrumsnære elveslettene viste finkornige masser med dårlig vanngiverevne. Ut fra georadarprofilene er det vanskelig å skille ut områdene på elvesletta som er godt egnet for grunnvannsuttak med de som er dårlig egnet. På Plassen viste alle undersøkelsene at massene er for tette og finkornige til større grunnvannsuttak. Vannkvaliteten på grunnvannet som ble analysert var god, og det er lite sannsynlig at grunnvannet vil kunne skade de tekniske installasjonene i et grunnvarmeanlegg. Ut fra temperaturmålingene antas grunnvannstemperaturen å være over ca. 4,0 °C gjennom vinteren for de områder som ikke er påvirket av elveinfiltrasjon fra Folla og Glåma.

4.2 Grunnvarmepotensialet i berggrunn

De kvartsrike sandsteinene i områdene rundt Alvdal sentrum og mot sørøst har svært god varmeledningsevne og er godt egnet for uttak av grunnvarme fra berggrunnen

5 ANBEFALINGER

5.1 Løsmassekartlegging.

Ut fra de undersøkelser som ble utført var det ikke mulig å skille ut de områdene på elvesletta som er egnet for grunnvarmeuttak mot de som er uegnet. Kvaliteten på georadaropptakene var ikke god nok til å skille ut massene med god vanngivereven. Flere lokaliteter, som både ut fra borelogg og tolking av georadaropptak ble antatt å være sand og grus, ble ved testpumping funnet å være uegnet for grunnvannsuttak sannsynligvis på grunn av innblanding av silt i sand- og grusmassene.

Det ble oppdaget gode grunnvannslokaliteter i det som ut fra georadaropptak ble tolket som gamle elveløp. Disse gode boringene burde ha blitt fulgt opp ved systematisk profilering med georadar og undersøkelsesboringer for å kartlegge utstrekningen på disse sedimentstrukturene med god vanngiverevne. Den sikreste og beste måten å kartlegge grunnvarmepotensialet på elveslettene er å foreta en systematisk boring av undersøkelsesbrønner, basert på georadaropptak, med en avstand mellom boringene på maksimalt 100 m. Dette ville imidlertid ha vært en meget omfattende jobb som ikke kunne vært gjennomført innenfor de økonomiske rammene til dette prosjektet.

NVE, som har laget en modell over mulig grunnvarmeuttak fra opp-pumpet grunnvann, kom inn i prosjektet etter at feltundersøkelsene var utført. I seinere kartleggingsprosjekter må samarbeidet mellom NGU og NVE koordineres slik at innsamling av data skjer i henhold til de som skal bruke dataene.

5.2 Berggrunnskartlegging

Varmeledningmålingene på bergartsprøvene fra Alvdal viser at berggrunnen i de områdene som er prøvetatt er svært godt egnet for uttak av grunnvarme. Det anbefales at dette studiet følges opp med en bedre kartlegging av grunnvarmepotensialet i berggrunnen i de sentrumsnære områdene av Alvdal.

Varmeledningsevnen til fylitt og glimmerskifer, bergarter som dekker store deler av det bebygde området av kommunen er ikke målt. I tillegg til flere varmeledningmålinger bør et slikt oppfølgingsstudie inneholde bedre basiskartlegging av berggrunnen i kommunen og testboringer for å få undersøkt berggrunnens mineralogiske, kjemiske og termiske egenskaper mot dypet.

6 REFERANSER

Boe, C.A. 1976: Østerdalsskjønnet. Isforholdene på strekningen fra Auma vannmerke i Glomma og Gjelten bru i Folla til Høyegga dam etter regulering av Fundin og Savalen og overføringen til Rendalen. Rapport. 17 s.

Dalsegg, E. 1988: Seismiske målinger Alvdal og Follidalen, Alvdal, Hedmark. *NGU-rapport 88.047* 10s.

Follestad, B.F. & Thoresen, M. 1999: Geologiske severdigheter langs bil- og sykkelveier og turstier i Alvdal. *Gråsteinen 4*, 40s.

Heidenstrøm, B., Dimakis, P. & Pedersen T.S. 2000: Grunnvarmepotensialet ved Alvdal sentrum. *Oppdragsrapport, NVE, 5/2000*, 15s.

Horai, K.I. 1971: Thermal conductivity of rock-forming minerals. *Journal of Geophysical Research*, 76, 1278-1308.

- Kalskin, R. & Hilmo, B.O. 1999: Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum. *NGU-rapport 99.008*. 63s
- Kirkhusmo, L.A. 1976: Grunnvannsforsyning Alvdal. *NGU-rapport O- 75035*
- Klemetsrud, T. 1992: Grunnvannsforsyning, Alvdal. *NGU-rapport 92.322*.
- Klemetsrud, T. & Rohr-Torp, E. 1991: Grunnvannsforsyning i Alvdal. *NGU-rapport 91.229*.
- Lauritsen, T & Iversen, B. 2000: Georadarmålinger og sonderboringer i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i Alvdal kommune. *NGU rapport 2000.005*.
- Lindblad-Posse, A. 1986: Järnutfällingsproblem i grundvattensystem, kursmatriell til EEU-kurs, CTH, Göteborg.
- Midttømme, K., Hilmo, B. O., Skarphagen, H. & Nissen, A.2000: Kartlegging av energi-potensialet i berggrunnen på kartblad Bekkestua, Bærum kommune: Varmeledningsevnen til bergarter. *NGU- Rapport 2000.036*, 105 s
- Nordell, B. 1994: Borehole heat store design optimization. Doctoral Thesis 1994: 137 D. Division of water resources engineering, Tekniska Högskolan i Luleå. 196s.
- NVE 1975: Foreløpig rapport om grunnvannsundersøkelsen i Alvdal 1971-1975. *Grunnvannskontoret, NVE*, 45s
- Robertsen K. 1995: Forundersøkelser ved Moan, Stormoen og Stamoen i Alvdal kommune. Vurdering av infiltrasjonsmulighetene *Rapport Geofuturum*.
- Rohr-Torp, E. 1991: Grunnvann i Alvdal kommune, *NGU-rapport 91.031* 9s.
- Rohr-Torp, E. 1995: Alvdal vannverk. Forslag til soneinndeling. *NGU-rapport 95.110*.
- Veslegard, M. 1987: Rapport etter grunnvatnundersøkingar langs Folla og Sølva i Alvdal kommune 8702 *Hallingdal Bergboring AS*.
- Veslegard, M. 1988: Rapport etter grunnvatnundersøkingar ved Sølvas delta i Alvdal kommune 8802 *Hallingdal Bergboring AS*.

Vedlegg 1

VANNPRØVER – METODEBESKRIVELSE.

Avsnittet er hovedsakelig basert på litteratur fra Hilmo og Elvebakk, 1997.

En vannprøve blir tatt etter ca 15 minutter med testpumping, og vannprøven blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGUs laboratorium. Hver vannprøve omfatter en 500ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0,45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml surgjort prøve (tilsatt 0,5 ml ultraren 65% saltpetersyre) til kationanalyser. Ved NGUs laboratorium blir bestemmelse av ledningsevne gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter. Konduktivitet eller spesifikk elektrolytisk ledningsevne gir et tilnærmet uttrykk for vannets innhold av uorganisk materiale. Høy ledningsevne indikerer et høyt innhold av løste ioner. PH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på +/- 0,05 pH. PH er et mål for surhetsgraden. Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4787. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter. Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer. Fargetallet er et mål for fargen i naturlig vann og skyldes hovedsakelig innhold av humus, jern eller mangan. Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter. Turbiditet er et mål for vannets uklarhet, eller mengde finpartikler i suspensjon. Partiklene kan være av uorganisk natur (f.eks finstoff) og av organisk natur (mikroorganismer). standardanalyser er 30 forskjellige elementer bestemmes ved hjelp av ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i

REFERANSE

Hilmo, B.O., Elvebakk, H. (1997): *Plassering og utforming av nye grunnvannsbrønner ved Elvemo og Melan, Åfjord kommune*. NGU Rapport 98.017

GiN-veileder nr 3. (1990): *Grunnvannsundersøkelser i løsmasser*. Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet.

VANNANALYSER

FYLKE: Hedmark

KART (M711): Alvdal 1619 - III

KOMMUNE: Alvdal

PRØVESTED: Alvdal

OPPDRAGSNUMMER: 277104

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Bh. 3 ved Tronåa	Bh. 3 ved Tronåa	Bh. 4 Smedheim	Bh. 4 Smedheim	Bh.8 v Kvernbnk	Tavernaen Brønn							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Dato	23.08.99	23.08.99	24.08.99	24.08.99	26.08.99	26.08.99								
Brønntype	Sondering	Sondering	Sondering	Sondering	Sondering									
Prøvedyp m	4,7-5,7	8,7-9,7	4,7-5,7	12,7-13,7	3,7-5,7	2,5								
Brønndimensjon mm	57	57	57	57	57									
X-koordinat Sone: 32	584400	584400	584400	584400	585120	584400								
Y-koordinat Sone: 32	6889600	6889600	6888800	6888800	6887040	6887990								
Fysisk/kjemisk														
Surhetsrad. felt/lab nH		7.13		7.38		7.26		7.71		6.70		7.58	7.5-8.5	6.5-8.5 ²
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	65	57,1	80	67,0	126	117	147	136	143	137		15,9	< 400	
Temperatur °C	9,0 / 22,7	7,9 / 22,3	5,9 / 22,4	5,2 / 22,4	5,8 / 22,5	- / 23,0							< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,53	0,61	0,69	1,0	1,03	0,65							0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	3,8	4,9	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4							< 1	20
Turbiditet F.T.U	4,1	49	5,1	5,6	5,2	1,0							< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O ₂ /l													> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO ₂ /l													< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h mV														
Anioner														
Fluorid mg F/l	0,05	0,06	0,06	0,06	<0,05	<0,05								1.5
Klorid mg Cl/l	0,74	0,87	3,49	2,33	3,86	5,77							< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05								0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1								
Nitrat mg NO ₃ /l	0,41	0,64	3,21	1,95	4,21	21,76								44
Fosfat mg PO ₄ /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2								
Sulfat mg SO ₄ /l	2,80	3,31	15,55	14,21	8,59	17,02							< 25	100
Kationer														
Silisium mg Si/l	2,90	2,85	2,57	3,13	3,91	2,56								
Aluminium mg Al/l	0,0494	0,0712	<0,02	0,0237	0,0339	<0,02							< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,0584	0,0784	0,0284	0,175	0,0551	<0,01							< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	1,64	1,81	2,20	2,56	3,11	2,70								20
Kalsium mg Ca/l	9,02	10,3	17,4	21,2	19,0	22,8							15-25 ²	
Natrium mg Na/l	1,00	1,11	1,67	1,58	2,71	2,17							< 20	150
Kalium mg K/l	0,591	1,01	2,05	2,57	1,94	1,62							< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,00281	0,0433	0,0303	0,00402	0,00362	<0,001							< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005							< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	0,00217	0,00290	0,00390	0,00479	<0,002	0,263							< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05								0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02								0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005								0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01								0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01								0,01

VANNANALYSER

FYLKE: Hedmark

KART (M711): Alvodal 1619-III

KOMMUNE: Alvodal

PRØVESTED: Alvodal

OPPDRAKSNUMMER: 277104

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Bh. 14 Aukrusts.t	Bh. 14 Aukrusts.t	Bh.17 v Enga	Bh.17 v Enga									Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon	
Dato	13.09.99	14.09.99	15.09.99	15.09.00											
Brønntype	Sondering	Sondering	Sondering	Sondering											
Prøvedyp m	6,7 – 7,7	14,7 – 15,7	4,7 – 5,7	6,7 – 7,7											
Brønndimensjon mm	57	57	57	57											
X-koordinat Sone: 32	584750	584750	585060	585060											
Y-koordinat Sone:	6887980	6887980	6886580	6886580											
Fysisk/kjemisk															
Surhetsgrad, felt/lab nH		6,74		7,59		6,71		6,93						7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	91	81,8	97	122	136	126	102	95,8						< 400	
Temperatur °C	5,2 / 21,5	4,5 / 21,4	4,4 / 21,6	4,0 / 21,6										< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,54	0,86	0,77	0,61										0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	1,6	<1,4	<1,4	1,5										< 1	20
Turbiditet F.T.U	1,3	2,1	4,3	0,76										< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O ₂ /l														> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO ₂ /l														< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h mV															
Anioner															
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05											1,5
Klorid mg Cl/l	2,47	1,39	4,66	2,10										< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05											0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1											
Nitrat mg NO ₃ /l	2,15	1,51	2,10	1,03											44
Fosfat mg PO ₄ /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2											
Sulfat mg SO ₄ /l	9,25	16,77	14,92	12,48										< 25	100
Kationer															
Silisium mg Si/l	2,22	3,01	3,09	2,42											
Aluminium mg Al/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02										< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,0261	<0,01	<0,01	<0,01										< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	1,47	2,39	2,63	1,83											20
Kalsium mg Ca/l	12,3	19,8	18,6	14,3										15-25 ²	
Natrium mg Na/l	1,43	1,53	1,96	1,39										< 20	150
Kalium mg K/l	1,88	1,85	1,62	1,48										< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,0106	0,00492	0,0124	0,00550										< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005										< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	0,00281	<0,002	0,00319	0,00225										< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05											0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02											0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005											0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01											0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01											0,01

Vedlegg 3. Kornfordelingsanalyser

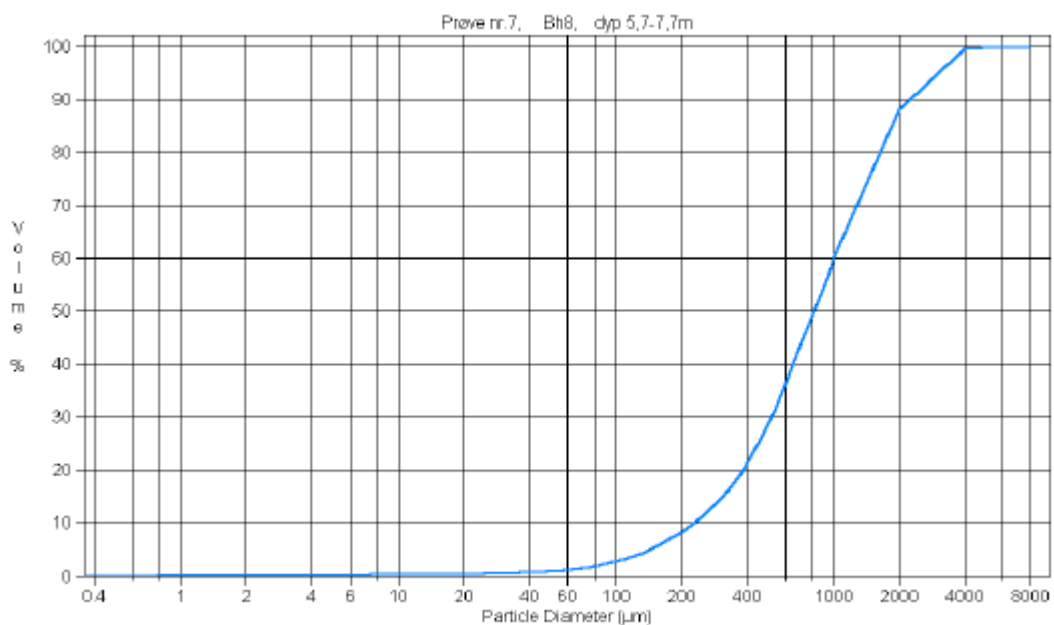
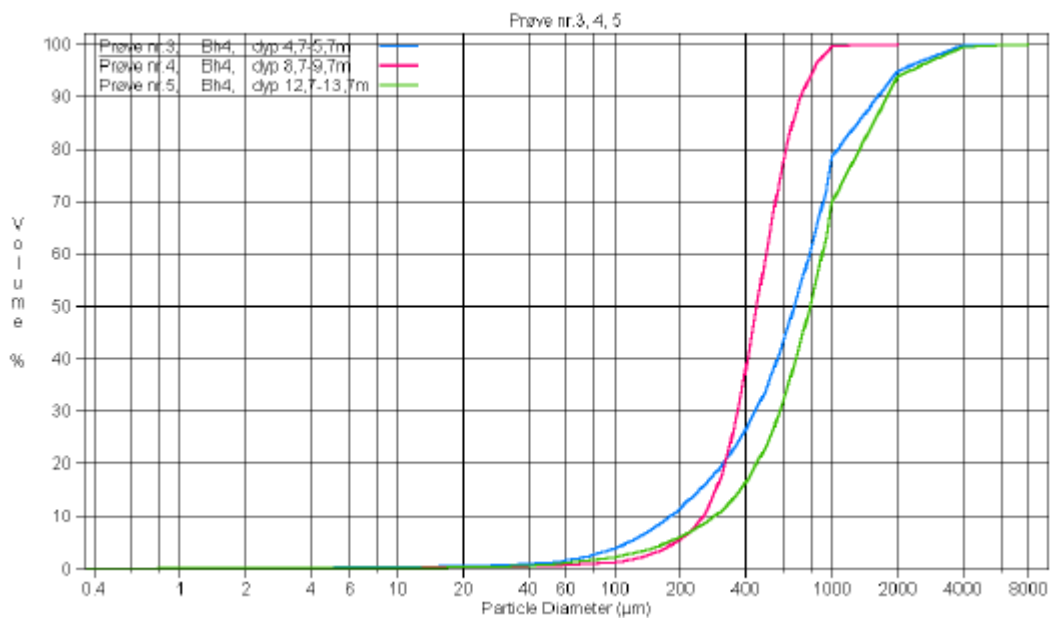
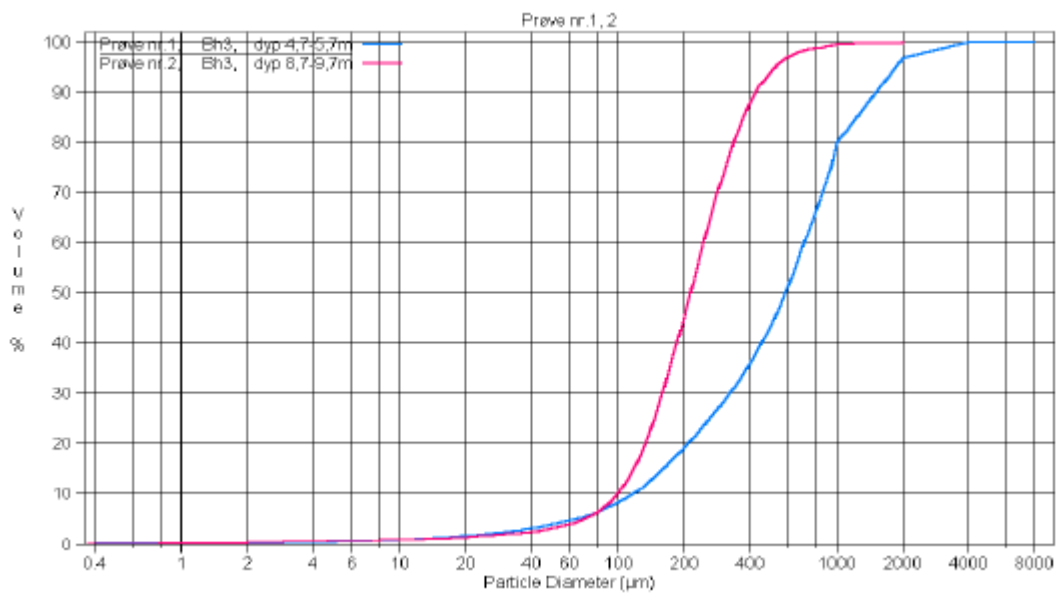
Sample ID:	File name:	Comments:	Comments:	Group ID:	Operat
Prøve nr. 1	1a.\$av	BH 3, dyp 4.7 - 5.7g.	Total vekt 209.7g, >4mm 0.2g, >2mm 6.5g, >1mm 35.4g, <1mm 167.6g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 2	2a.\$02	BH 3, dyp 8.7 - 9.7m	Total vekt 193.6g, >1mm 0.7g, <1mm 192.9g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 3	3a.\$02	BH 4, dyp 4.7 - 5.7m.	Total vekt 266.6g, >4mm 0.7g, >2mm 12.9g, >1mm 43.4g, <1mm 209.6g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 4	4a.\$av	BH 4, dyp 8.7 - 9.7m	Total vekt 180.7g, >1mm 0.8g, <1mm 179.9g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 5	5a.\$02	BH 4, dyp 12.7 - 13.7m	Total vekt 204.6g, >4mm 1.1g, >2mm 11.1g, >1mm 49.1g, <1mm 143.2g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 7	7a.\$av	BH 8, dyp 5.7 - 7.7gm	Total vekt 289.0g, >4mm 0.4g, >2mm 5.9g, >1mm 28.3g, <1mm 254.4g.	1999.0228	Wiesława Kozii
Prøve nr. 8	8a.\$02	Bh 14, dyp 6.7 - 7.7m.	Total vekt 313.8g, >4mm 1.1g, >2mm 33.1g, >1mm 79.5g, >0.5mm 100.4g, <0.5mm 99.7g	1999.0248	Wiesława Kozii
Prøve nr. 9	9a.\$02	Bh 14, dyp 14.7 - 15.7m.	Total vekt 379.5g, >4mm 1.4g, >2mm 65.4g, >1mm 121.2g, >0.5mm 122.4g, <0.5mm 69.1g	1999.0248	Wiesława Kozii
Prøve nr. 10	10a.\$02	Bh 17, dyp 4.7 - 5.7m.	Total vekt 282.4g, >4mm 0.1g, >2mm 10.5g, >1mm 38.1g, >0.5mm 75.6g, <0.5mm 158.1g	1999.0248	Wiesława Kozii
Prøve nr. 11	11a.\$02	Bh 17, dyp 6.7 - 7.7m.	Total vekt 306.3g, >4mm 0.1g, >2mm 13.3g, >1mm 49.8g, >0.5mm 107.5g, <0.5mm 135.6g	1999.0248	Wiesława Kozii

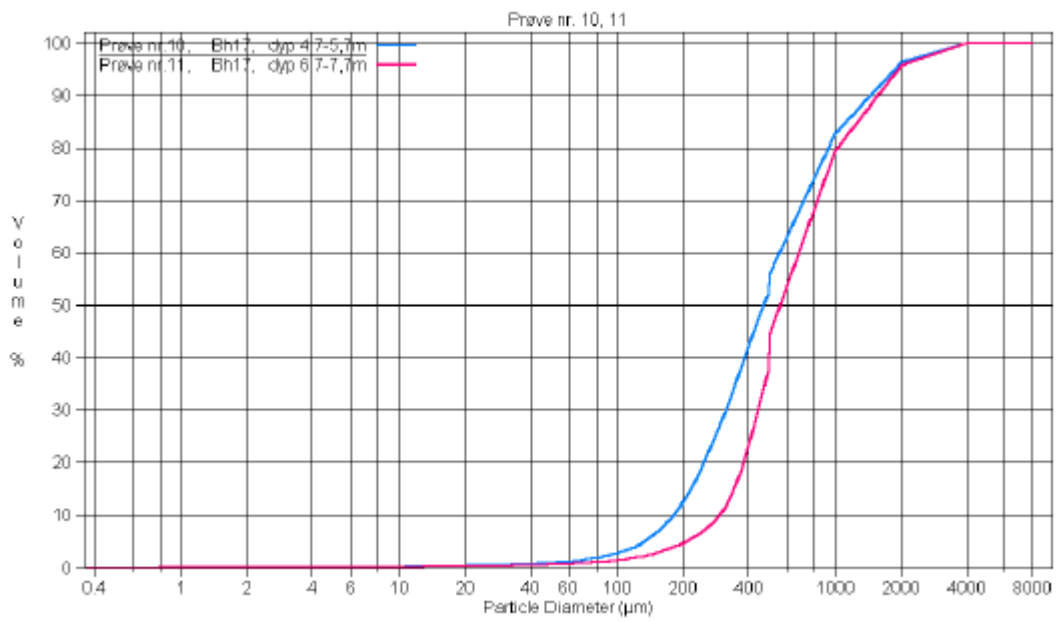
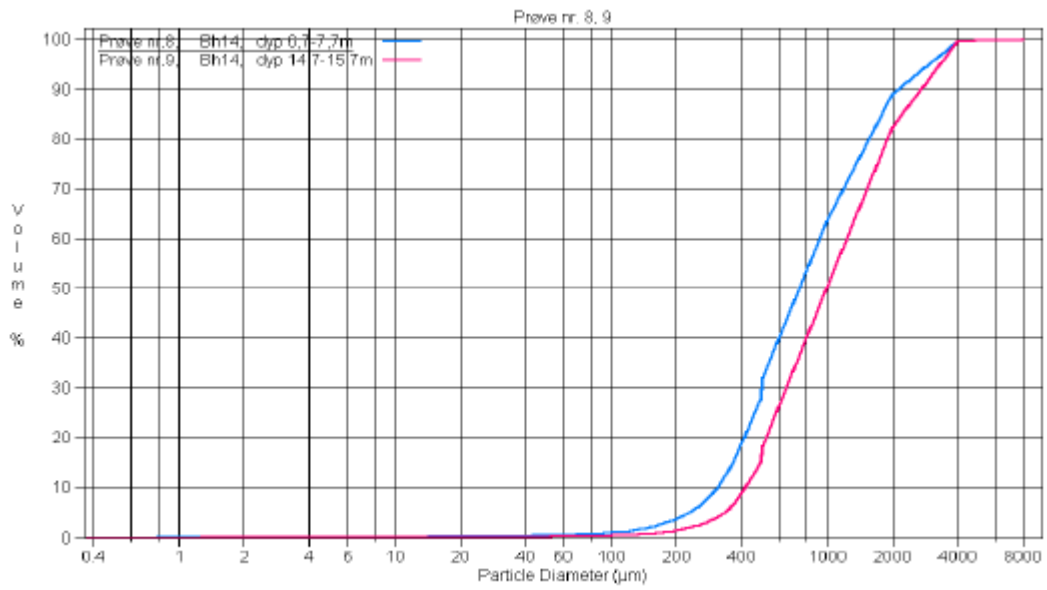
INTERPOLATION

	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
Particle Diameter µm	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %
1	0.091	0.21	0.057	0.0016	0.015	0.042	0.025	0.00026	0.0067	0.022
2	0.28	0.4	0.14	0.058	0.049	0.11	0.068	0.0088	0.059	0.066
5	0.43	0.25	0.12	0.095	0.064	0.093	0.069	0.027	0.12	0.076
10	0.42	0.24	0.073	0.07	0.052	0.058	0.045	0.029	0.11	0.058
15	0.42	0.3	0.071	0.051	0.05	0.054	0.038	0.028	0.094	0.054
20	0.41	0.29	0.087	0.038	0.054	0.062	0.036	0.023	0.082	0.054
25	1.85	1.46	0.69	0.21	0.5	0.44	0.17	0.077	0.49	0.28
50	0.77	0.8	0.42	0.13	0.3	0.27	0.079	0.039	0.27	0.14
60	0.24	0.27	0.14	0.042	0.092	0.094	0.026	0.013	0.089	0.047
63	0.57	0.74	0.36	0.1	0.22	0.24	0.066	0.029	0.23	0.12
70	1.76	2.97	1.15	0.31	0.61	0.8	0.21	0.086	0.78	0.36
90	3.61	9.23	2.4	0.84	1.1	1.72	0.56	0.2	2.01	0.78
125	13	43.8	9.55	7.54	5.04	7.19	4.58	1.76	15.5	4.97
250	19.6	33.2	19.4	50.9	15.5	17.3	25.8	15.9	36.2	37.2
500	36.4	5.39	44	39.1	46.4	31.6	32	32.3	26.8	35.1
1000	20.1	0.36	21.4	0.44	30	39.9	36.2	49.5	17.3	20.6

INTERPOLATION

	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
Volume	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter	Particle Diameter
%	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm
1	11.89	12.95	42.7	83.73	57.42	55.62	102.4	168	51.1	74.74
2	24	30.82	66.72	126.7	90.08	83.71	150.3	233.6	81.99	122.8
5	63.83	70.16	115.2	192	174.7	143.2	231.3	334.7	133.7	206.2
10	117	99.89	179.9	255.3	290.1	230.2	310.3	419.5	181.8	294.9
15	161.7	118.2	246.3	292.6	379.1	311.2	365	491.3	218.4	344.6
20	208.8	133.2	314.9	321.3	452.5	384.6	413.9	527.8	251.3	381.9
25	262.7	146.8	381.9	346.2	517.1	453.4	463.5	605.3	283.5	414.9
50	583.2	214.1	674.2	452.9	792.4	816.3	784.8	992.9	472.6	581.6
60	714.2	246.5	788.6	497.9	906	999	941.1	1299	575.1	724.1
63	756.3	256.9	824.8	513.2	942.2	1105	988	1393	631.1	766.8
70	860.8	285.7	913.6	550.5	1000	1355	1246	1612	761.9	866.5
90	1597	428	1699	722.1	1834	2332	2171	2882	1537	1654





Vedlegg 4. Målemetode for varmeledningmålinger.

Varmeledningsevnen til bergartene ble målt med et utstyr utviklet ved NGU sommeren 1998 (Figur 1). Utstyret er videreutviklet fra det Mike Middleton bygget opp ved Chalmers Universitet, Sverige og som er beskrevet i Middleton (1993).



Figur 1 NGUs utstyr for måling av varmeledningsevne.

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.

$$a = \frac{\alpha^2}{6t_0}$$

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.

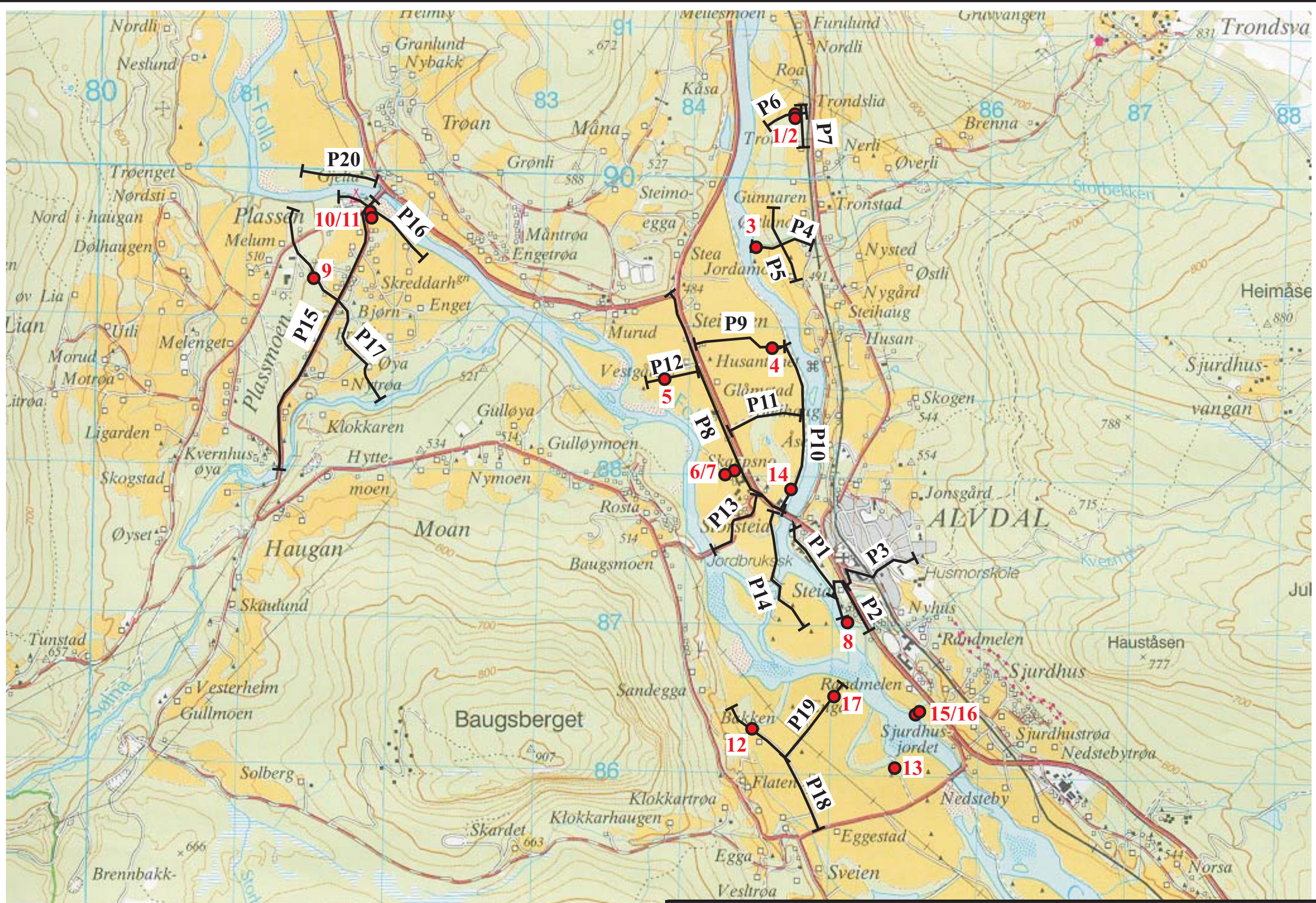
$$k = \rho c \alpha \quad \text{lign. 2}$$

k	-	varmeledningsevne (W/m·K)
ρ	-	tetthet (g/cm ³),
c	-	spesifikk varme (Ws/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 ($k = 4,0$ W/m·K).

Referanse

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



TEGNFORKLARING	
	Georadarprofil
	Sonderboring

NGU/NVE/ALVDAL KOMMUNE
 GEORADAROPPTAK OG BORHULLSPASSERING
ALVDAL
 ALVDAL KOMMUNE, HEDMARK
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:25000	MÅLT T.L./B.I.	Juli 1999
	TEGN T.L.	Juni 2000
	TRAC	
	KFR	
KARTBILAG NR 2000.063-01	KARTBLAD NR 1619 III	