

Rapport nr.: 2003.017		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvanns- og grunnvarmeundersøkelser ved Luster ungdomsskole i Gaupne, Luster kommune.			
Forfatter: Ø.Jæger, T.Lauritsen & G.Storrø		Oppdragsgiver: Thunes Partners AS	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Luster	
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1417 IV, Solvorn	
Forekomstens navn og koordinater: Luster ungdomsskule, WGS 84, Sone 32, 408800 6809000		Sidetall: 23 Kartbilag: 4	Pris: kr. 110,-
Feltarbeid utført: september 2002	Rapportdato: 15.02.2003	Prosjektnr.: 2961.01	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>Etter oppdrag fra Thunes Partners AS har NGU undersøkt muligheten for å utnytte grunnvann i løsmasser som varmekilde for varmepumpe ved Luster ungdomsskole. Skolen ligger på Jostedølas delta i Lustrafjorden.</p> <p>Undersøkelsene har omfattet georadarmålinger, undersøkelsesboringer, kapasitetstester, korngraderingsanalyser av masseprøver, fysikalsk/kjemiske analyser av grunnvannsprøver og temperaturmålinger.</p> <p>Luster ungdomsskole ligger på elvedeltaet der Jostedøla munner ut i Gaupnefjorden og massene i deltaet består av skrålag av sand og grusig sand med god vanngjennomgang til mer enn 30 meter dyp. Grunnvannet inneholder mye jern, betinget av anaerobt miljø etter nedbryting av planterester. Det er økende jerninnhold i grunnvannet mot dypet. Temperaturen i vannet er stabil i området rundt 7°C (målt i september - 2002) fra ca 15 m dyp.</p> <p>På grunnlag av de utførte undersøkelsene anbefaler NGU etablering av fullskala brønn for langtids prøvepumping. Dette er nødvendig for å klarlegge kapasitet, kvalitet og temperatur av grunnvannet over tid. Data fra prøvepumpingen vil gi grunnlag for endelig utforming og driftsinstruks for grunnvarmeanlegget.</p> <p>I arbeidet med utformingen av grunnvarmeanlegget må det tas spesielt hensyn til grunnvannets jerninnhold som kan forårsake tetting av brønnfilter og varmeveksler dersom jernet feller ut.</p>			
Emneord: Grunnvann	Kvartærgeologi	Grunnvarme	
Geofysikk	Sonderboring	Temperaturmåling	
Grunnvannskvalitet	Georadar	Fagrapport	

## **INNHold**

1.	INNLEDNING .....	4
2.	METODER OG UTFØRELSE .....	4
3.	RESULTATER .....	5
3.1	Georadarmålinger .....	5
3.2	Boringer .....	5
3.3	Vannkvalitet .....	6
3.4	Temperatur .....	6
3.5	Grunnvannets retning og gradient .....	6
4.	ANBEFALING .....	6
5.	REFERANSER .....	7

## **DATABILAG**

1	Borelogger, boring 1 – 4
2	Kornfordeling, masseprøver
3	Fysikalsk/kjemiske analyser, grunnvann
4	Forslag til dimensjonering av fullskala rørbrønn
5	Stedfestingsdata for georadarprofiler og boringer

## **TEKSTBILAG**

1	Georadar – metodebeskrivelse
---	------------------------------

## **KARTBILAG**

-01	Oversiktskart, M 1:50 000
-02	Oversiktskart, M 1:5000
-03	Grunnvannets strømningsmønster, M 1:2000
-04	Georadaropptak og detaljkart, M 1:2000

## **1. INNLEDNING**

Etter oppdrag fra Thunes Partners AS har NGU undersøkt muligheten for å utnytte grunnvann i løsmasser som varmekilde for varmepumpe ved Luster ungdomsskole. Dimensjonerende vannmengde er av kommunen angitt til ca. 5 – 10 l/sek.

Ungdomsskolen ligger på elvedeltaet der Jostedøla munner ut i Gaupnefjorden. Løsmassene der skolen ligger er kartlagt som elveavsetning (Aa – 1985) og NGU har tidligere målt seismiske profiler som viser at løsmassetykkelsen er inntil 120 m i området (Hillestad – 1991). Plasseringen av det undersøkte området er vist i kartbilag –01.

Undersøkelsene har omfattet georadarmålinger, undersøkelsesboringer, kapasitetstester, korngraderingsanalyser av masseprøver, fysikalsk/kjemiske analyser av grunnvannsprøver og temperaturmålinger.

Plasseringen av georadarprofilene og boringene er vist i kartbilagene -02 og –04.

Feltarbeidet ble utført i september 2002.

## **2. METODER OG UTFØRELSE**

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsspeilets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En generell beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 1.

Georadarmålingene ble utført av NGU med digital georadar av typen "pulseEKKO 100" fra Sensors & Software Inc., Canada. Det ble benyttet 100 MHz-antenner. Merknader nederst i opptakene angir kryssing av profiler og terrengpunkter. Posisjonene som er angitt øverst i opptakene, forteller hvilken vei profilene er målt. Avstandsmålingene er utført med odometer (målehjul) slik at posisjonsangivelsene angir virkelig meteravstand i terrenget.

Radarbølgenes gjennomsnittlige vertikale hastighet ble satt til 0.10 m/ns. Denne hastigheten er benyttet ved beregning av dyp til reflektorer under terrengoverflata (dybdekonvertering) og representerer et erfaringstall for gjennomsnittet av hastigheten i mettet og umettet sone. Hastigheten i tørre masser kan noen steder ligge høyere enn 0.10 m/ns. Dyp til grunnvannsspeil kan i slike tilfeller antas å være større enn angitt i opptakene. For materiale under grunnvannsspeil vil en hastighet på 0.10 m/ns være for høy. Dyp til reflektorer i mettet sone kan derfor være noe mindre enn det dybdeskalaen viser.

På grunn av det relativt flate terrenget i måleområdet, er det ikke utført terrengkorleksjon av profilene, og opptakene er forsynt med dybdeakser som refererer til terrengoverflata.

Til sammen ble seks georadarprofiler målt. Opptakene ga grunnlagsinformasjon for plassering av sonderboringer. Boringenes plassering er inntegnet på kartutsnitt i kartbilagene –02 (M 1:5000) og –04 (M 1:2000), og sonderboringerne er i tillegg avmerket på georadaropptakene.

Borefirmaet Brødrene Myhre AS utførte boringene med sin HAFO borerigg. Det ble sonderboret og montert 32 mm undersøkelsesbrønner påmontert 2 m filter i fire punkter. I hver av undersøkelsesbrønnene ble det prøvepumpet med sugepumpe med filteret plassert i ulike dyp. Samtidig ble utpumpet vannmengde målt, det ble tatt ut masseprøver og grunnvannsprøver for laboratorieanalyse og temperaturen i vannet ble målt. Totalt ble det foretatt 26 prøvepumpinger.

Fysisk/kjemiske analyser av 15 vannprøver og korngraderingsanalyser av 15 masseprøver er utført ved NGUs laboratorium.

### **3. RESULTATER**

#### **3.1 Georadarmålinger**

Georadaropptakene og detaljert kart med profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag -04 (M 1:2000).

Resultatene viser at løsmassene består av en klassisk deltaavsetning som vanligvis gir muligheter for uttak av store mengder grunnvann. I detalj sees et øvre topplag med tilnærmet horisontal lagdeling som trolig veksler mellom sand, grus og stein. Topplagets tykkelse varierer fra 3 til 5 meter. Under topplaget sees tydelige skrålag (deltaavsetning) som trolig består av sortert sand og grus. Innenfor skrålagene sees stedvis områder med få interne reflektorer og en markert svekkelse av reflektorene mot dypet. Dette kan skyldes finstoffdominerte masser (siltig materiale) som demper energien i georadarbølgene på grunn av god elektrisk ledningsevne. En vil derfor kun få avtegnet svake eller ingen reflektorer i disse massene. I henhold til pumperesultatene ser det imidlertid ikke ut til at finstoffet er til vesentlig hinder for uttak av grunnvann (se databilag 1). En annen årsak til manglende reflektorer kan være at massene er ensgraderte dvs. ingen lagdeling (trolig massiv sand).

Lokaliteter for boring ble, i samarbeid med kommunen, bestemt dels ut fra georadaropptakene og dels ut fra nærhet til bygningsmassen.

#### **3.2 Boringer**

Plasseringen av boringene er vist i kartbilag -02 og -04. I hvert av de fire punktene ble det først sonderboret og deretter montert en 32 mm undersøkelsesbrønn påmontert 2 m filter. Registreringene under boringene er vist i databilag 1.

Boringene viser at massene i området består av sand/grusig sand med god vanngjennomgang. Testpumpinger av brønnene, med filterplassering i ulike dyp, ga vannmengdene 50 – 150 l/min (0,8 – 2,5 l/s). Det ble til sammen utført 26 testpumpinger og ved 15 av pumpingene ble det tatt ut vannprøver for fysikalsk/kjemiske analyser og masseprøver for kornfordelingsanalyser. Resultatet av kornfordelingsanalysene er vist i databilag 2 og bekrefter at massene består av sand/grusig sand. Kornfordelingen gir grunnlag for anbefaling av brønnfilterets filteråpning i produksjonsbrønnen.

### **3.3 Vannkvalitet**

Resultatene av vannanalysene er vist i databilagene 3.1 – 3.3 hvor vannkvaliteten er sammenlignet med grenseverdiene i Drikkevannsforskriften (Helsedepartementet 2002) og med anbefalte verdier for grunnvarmeanlegg (Lindblad-Påsse, 1986).

Det er høye verdier for jern i de fleste vannprøvene (inntil 13 mg Fe/l) og en klar tendens til økende jerninnholdet mot dypet. Dette skyldes anaerobt miljø, betinget av nedbryting av planterester, der jernoksyder på overflaten av sand- og gruskornene har gått i løsning.

Manganverdiene er også høye i flere av prøvene (inntil 0,297 mg Mn/l), men ingen av manganverdiene overskrider den anbefalte verdien for grunnvarmeanlegg.

### **3.4 Temperatur**

Temperaturmålingene av grunnvannet er gjengitt i databilag 1.

De målte grunnvannstemperaturene er høyest nærmest overflaten og synker mot dypet. I området 13 – 15 m og dypere er temperaturene stabile rundt 7°C. Gjennom vinteren forventes temperaturene å bli lavest nærmest overflaten og stabiliseres i området rundt 5°C mot dypet.

I borehullene 2 og 4 er det montert temperaturloggere i nivåene 8 og 23 m under bakken. Disse bør få stå i borehullene gjennom hele den anbefalte prøvepumpingsperioden for å få sikre registreringer av temperaturvariasjonene vinteren gjennom.

### **3.5 Grunnvannets retning og gradient**

På grunnlag av nivellement og målte grunnvannsnivåer (22. september 2002) er det konstruert et grunnvannskart over området ved skolen, kartbilag –03, som viser at grunnvannets gradient er 0,8 ‰ med retning vest/sørvest, mot Jostedalselfva. Grunnvannsnivået i området ved skolen er 0,68 – 0,76 m over havnivå. Målt fra markoverflaten er grunnvannstanden 2 – 2,5 m.

## **4. ANBEFALING**

På grunnlag av de utførte undersøkelsen anbefaler NGU etablering av fullskala brønn for langtids prøvepumping. Dette er nødvendig for å klarlegge kapasitet, kvalitet og temperatur av grunnvannet over tid. Data fra prøvepumpingen vil gi grunnlag for endelig utforming og driftsinstruks for grunnvarmeanlegget.

Prøvepumpingen bør strekke seg over en periode på minst 3 mnd. og det bør pumpes med en kapasitet tilsvarende forventet vannforbruk i det ferdige anlegget (5 – 10 l/s).

Det bør tas prøver av grunnvannet for analyse minst annenhver uke. I tillegg må kapasitet og temperatur måles gjennom hele perioden. Samtidig må grunnvannstanden måles i de fire prøvebrønnene for å klarlegge brønnens influensområde, grunnvannssenking og grunnvannets strømningsretning under pumping.

Brønnen anbefales etablert ved borehull 2 og forslag til dimensjonering er gitt i databilag 4. Oppdragsgiver må forsikre seg om at brønndiameter er stor nok for pumpen som velges.

Vannet som pumpes opp må ledes bort fra området ved skolen.

Jerninnholdet i vannet kan bli et problem dersom jernet felles og dermed tetter brønnfilter og varmeveksler. For å minske faren for problemer, og for å høste erfaringer, anbefaler NGU følgende tiltak under prøvepumpingsperioden:

- Prøvepumpingen bør foregå med varmeveksler montert. Trykkfall, med fare for avgassing og jernutfelling, gjennom varmeveksleren bør unngås. Varmeveksleren bør være av en type som kan demonteres og det bør også legges til rette for kjemisk rensing for å fjerne eventuelle utfellinger i veksleren. Oppdragsgiver bør søke leverandørhjelp for å velge varmeveksler best mulig tilpasset kjøring med jernholdig vann.
- Hele anlegget fra pumpe, via varmeveksler, til enden av utløpet trykkes for å unngå tilførsel av oksygen og avgassing av CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S. Tilførsel av oksygen vil føre til at jernet felles. Trykk i hele systemet kan oppnås ved montering av strupeventil på utløpet. Det er samtidig viktig å ta hensyn til økt motstand ved trykksettingen når størrelsen på brønnpumpe skal velges. Trykket i systemet måles ved at det monteres manometer på begge sider av varmeveksleren. Dette gir samtidig muligheter for overvåking av eventuell gjentetting.
- Pumpingen bør styres slik at det blir minst mulig fluktuasjoner i grunnvannstanden (færrest mulig av/på). Det vil derfor være en fordel å la brønnpumpen gå kontinuerlig når varmpumpen bare benyttes noen timer av gangen. Dette vil redusere faren for jernutfellinger på brønnfilteret. Det bør av denne grunn også vurderes å turtallsregulere brønnpumpen når varmpumpen går på dellast.

## 5. REFERANSER

Helsedepartementet 2002: Forskrift om vannforsyning og drikkevann  
(Drikkevannsforskriften)

Hillestad, G. 1991: Seismisk grunnundersøkelse Solvorn, Hafslø og Gaupne. *NGU Rapport 1862*.

Linblad-Påsse, A. 1986: Järnutfällningsproblem i grundvattenvärmsystem, rapport nr.109:1986. *Statens råd för Byggnadsforskning (Sverige)*.

Aa, A.R. 1985: GAUPNE, kvartærgeologisk kart BDE 079080 – M 1: 20 000. *Norges geologiske undersøkelse*

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Luster ungdomsskule, Gaupne i Luster kommune

**UTFØRT DATO:** 19.09.2002

**BORPUNKT NR:** 1

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg (borefirma: Brødrene Myhre AS)

**SONDERBORING:**                      **UNDERSØKELSEBRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1417 IV    **SONE:** 32                      **Ø-V:** 408820    **N-S:** 6809013

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 3,26 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** 32 mm rør med 2 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 2,57 m

**MERKNAD:** 30 m rør står igjen som peilerør. Filterplassering 27,5 – 29,5 m under bakken

Dyp [m]	Materialtype (tolking)	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Grus og stein Grus og stein								
3,5	Grus og stein Grus og stein								
5,5	Grusig sand Grusig sand				borte borte	9,4		1,7	Jernsmak.                      L=162,6
7,5	Grusig sand Grusig sand				borte borte	8,6		1,0	Jernsmak.                      L=162,0
9,5	Grusig sand Grusig sand				borte borte	8,3		1,0	Organiske partikler i vannet, Jernsmak,                      L=141,0
11,5	Sand/ grovsand Sand/ grovsand								
13,5	Sand/ grovsand Sand/ grovsand					8,1		1,4	Jernsmak                      L=101,0
15,5	Grusig sand Grusig sand					7,9		1,7	Jernsmak                      L=136,0
17,5	Grusig sand Grusig sand								
19,5	Grusig sand Grusig sand					7,4	15	2,0	VP+MP, litt jernsmak, L=123,0
21,5	Grusig sand Grusig sand					7,4		2,0	L=132,0
23,5	Grusig sand Grusig sand								
25,5	Grusig sand Grusig sand					7,2	15	2,0	VP + MP, jernsmak,                      L=245,0
27,5	Grusig sand Grusig sand								God vanngjennomgang ved spyling.
29,5	Grusig sand Grusig sand					7,1		1,8	Litt jernsmak                      L=235,0

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Luster ungdomsskule, Gaupne i Luster kommune

**UTFØRT DATO:** 19 - 20.09.2002

**BORPUNKT NR:** 2

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg (borefirma: Brødrene Myhre AS)

**SONDERBORING:**                      **UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1417 IV    **SONE:** 32                      **Ø-V:** 408756    **N-S:** 6809037

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 3,07 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** 32 mm rør med 2 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 2,38 m

**MERKNAD:** 30 m rør står igjen som peilerør. Filterplassering 28 – 30 m under bakken

Dyp [m]	Materialtype (tolking)	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Sand / grov sand Sand / grov sand								
3,5	Sand / grov sand Sand / grov sand								
5,5	Sand / grov sand Sand / grov sand					10,5		2,5	VP + MP              L=138
7,5	Sand / grov sand Sand / grov sand					8,2		2,7	VP + MP              L=167
9,5	Sand / grov sand Sand / grov sand								
11,5	Grusig sand Grusig sand					7,8		0,8	VP + MP              L=183
13,5	Grusig sand Grusig sand								
15,5	Grusig sand Grusig sand					7,1		2,5	VP +MP, litt jernsmak, L=188
17,5	Grusig sand Grusig sand								
19,5	Grusig sand Grusig sand					7,0		2,0	VP + MP, litt jernsmak, L=188
21,5	Sand Sand								
23,5	Sand Sand					6,9		1,7	VP + MP, jernsmak,    L=205
25,5	Sand Sand								
27,5	Sand Sand					6,9		1,25	VP + MP, jernsmak,    L=216
29,5	Sand Sand								

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]



## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Luster ungdomsskule, Gaupne i Luster kommune

**UTFØRT DATO:** 20.09.2002

**BORPUNKT NR:** 3

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg (borefirma: Brødrene Myhre AS)

**SONDERBORING:**                    **UNDERSØKELSESBRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1417 IV    **SONE:** 32                    **Ø-V:** 408821    **N-S:** 6809118

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 2,73 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** 32 mm rør med 2 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 1,97 m

**MERKNAD:** 32 m rør står igjen som peilerør. Filterplassering 29,5 – 31,5 m under bakken

Dyp [m]	Materialtype (tolking)	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Fyllmasse Fyllmasse								
3,5	Finsand Finsand								
5,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
7,5	Sand/grovsand Sand/grovsand					8,4		1,25	Litt jernsmak    L=121
9,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
11,5	Grusig sand Grusig sand					6,9	15	2,0	VP + MP, litt jernsmak, L=143
13,5	Grusig sand Grusig sand								
15,5	Grusig sand Grusig sand					7,0		2,0	Jernsmak    L=194
17,5	Grusig sand Sand/grovsand								
19,5	Sand/grovsand Sand/grovsand					6,8	15	2,5	VP + MP, jernsmak, L=226
21,5	Grusig sand Grusig sand								
23,5	Grusig sand Grusig sand					6,7		2,0	Jernsmak    L=213
25,5	Grusig sand Grusig sand								
27,5	Grusig sand Grusig sand								
29,5	Grusig sand Grusig sand								
31,5	Sand Sand					6,8		1,7	Jernsmak, litt blakket, L=254
33,5	Sand Sand								
	Sand								Boringen avsluttet på 34 m dyp

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Luster ungdomsskule, Gaupne i Luster kommune

**UTFØRT DATO:** 21.09.2002

**BORPUNKT NR:** 4

**BORUTSTYR:** Hafo borerigg (borefirma: Brødrene Myhre AS)

**SONDERBORING:**                      **UNDERSØKELSEBRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1417 IV    **SONE:** 32                      **Ø-V:** 408799    **N-S:** 6809022

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 3,27 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:** 32 mm rør med 2 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 2,55 m

**MERKNAD:** 26 m rør står igjen som peilerør. Filterplassering 23,5 – 25,5 m under bakken

Dyp [m]	Materialtype (tolking)	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Grusig sand Grusig sand								
3,5	Grusig sand Grusig sand								
5,5	Sand/grovsand Sand/grovsand					11,5	15	1,7	VP+MP      L=115
7,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
9,5	Sand/grovsand Grusig sand					8,4	15	2,8	VP+MP      L=101
11,5	Grusig sand Sand/grovsand								
13,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
15,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
17,5	Sand/grovsand Sand/grovsand					7,7	15	2,5	VP+MP      L=193
19,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
21,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
23,5	Sand/grovsand Sand/grovsand								
25,5	Sand/grovsand Grusig sand					7,2	15	1,3	Organiske partikler i vannet, VP+MP, jernsmak, L=231
27,5	Grusig sand Grusig sand								
29,5	Sand Sand								

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

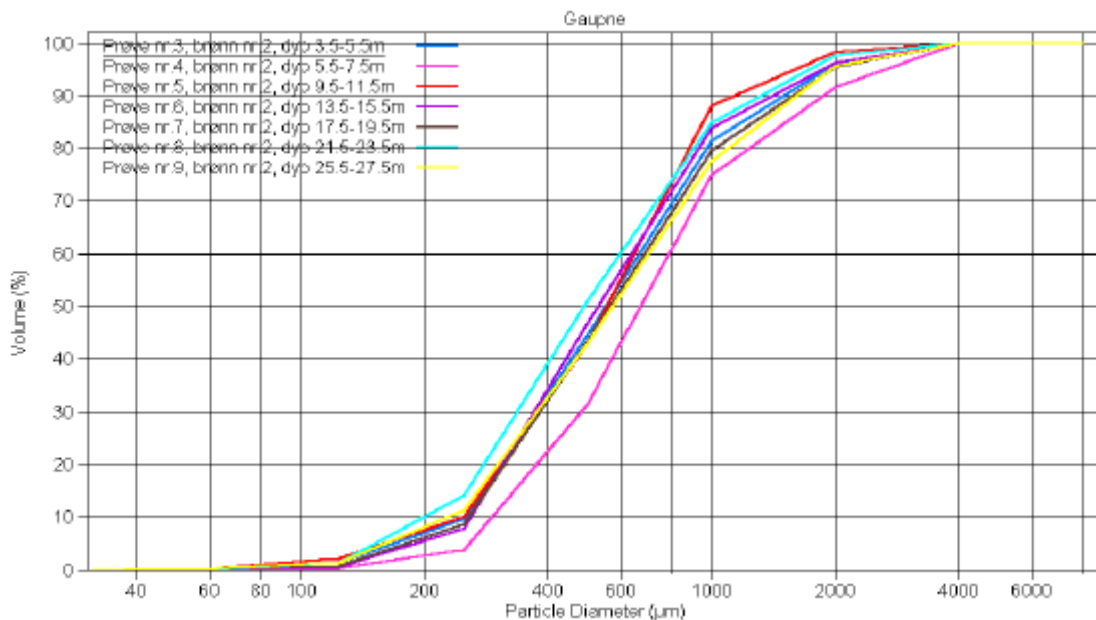
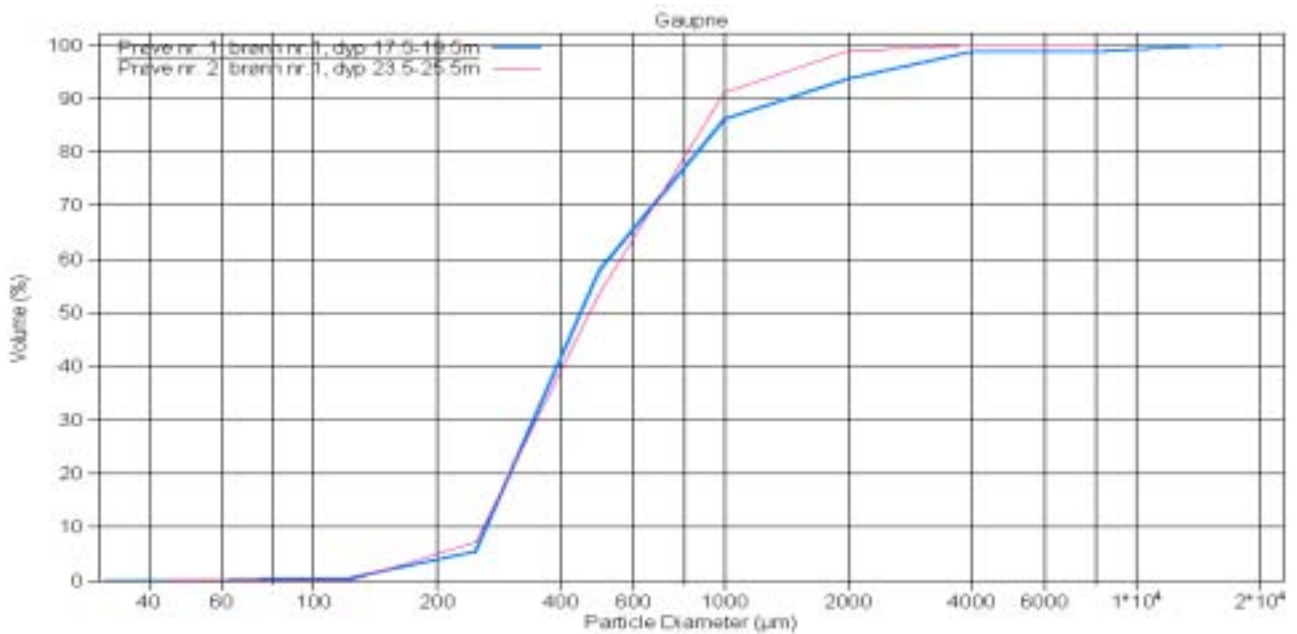
R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

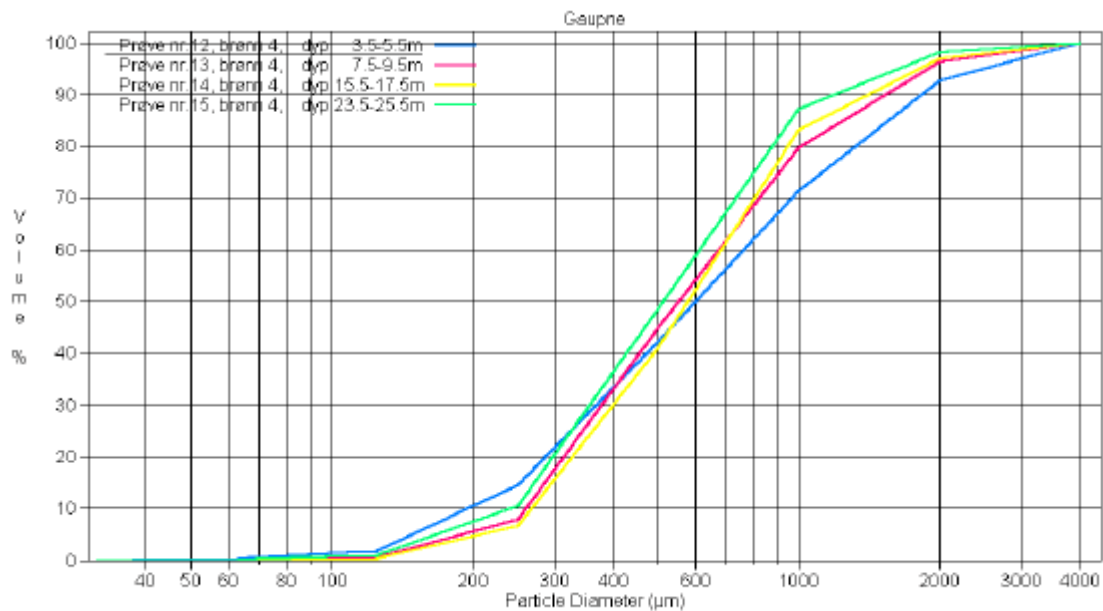
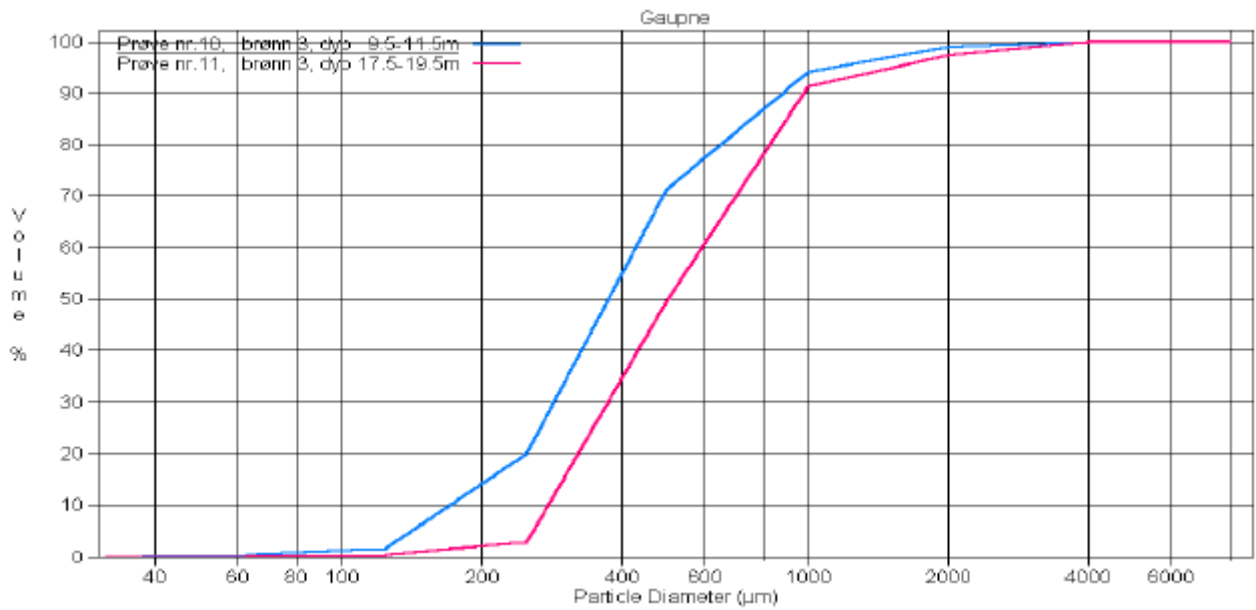
L: Ledningsevne [µS/cm]

**KORNFØRDELING, TØRRSIKTING**  
 Analysekontrakt nr. 2002.0355



*Kornfordelingskurver av oppsugde masseprøver fra undersøkelsesbrønnene 1 (øverst) og 2 ved Luster ungdomsskole.*

**KORNFØRDELING, TØRRSIKTING**  
 Analysekontrakt nr. 2002.0355



*Kornfordelingskurver av oppsugde masseprøver fra undersøkelsesbrønnene 3 (øverst) og 4 ved Luster ungdomsskole.*

**VANNANALYSER**
**FYLKE:** Sogn og Fjordane

**KART (M711):** 1417 IV Solvorn

**KOMMUNE:** Luster

**PRØVESTED:** Luster ungdomsskule, Gaupne

**OPPDRAKSNUMMER:** 2002.0354

**ANALYSERT VED:** Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1	1	3	3								Anbefaling <sup>4</sup> grunnvarme	Grenseverdi <sup>1</sup> vannforsyning
Dato	19.09.02	19.09.02		20.09.02	20.09.02								
Brønntype	U	U		U	U								
Prøvedyp m	17,5-19,5	23,5-25,5		9,5-11,5	17,5-19,5								
Brønndimensjon mm	32	32		32	32								
X-koordinat Sone: 32	408820	408820		408821	408821								
Y-koordinat Sone: 32	6809013	6809013		6809118	6809118								
<b>Fysisk/kjemisk</b>													
Surhetsrad. felt/lab pH		6,45	6,62		6,83	6,90							6,5-9,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	123	119	245	203	143	129	226	208				1500	250 <sup>2</sup>
Temperatur °C	7,4	7,2			6,9	6,8							
Alkalitet mmol/l	0,86	1,51			0,90	1,55							
Fargetall mg Pt/l	7,3	10,1			4,8	48,6							20
Turbiditet F.T.U	3,9	62			28	41							4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l												2,0	
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l												50	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV													
<b>Anioner</b>													
Fluorid mg F/l	0,07	0,09			0,20	0,20							1,5
Klorid mg Cl/l	2,73	9,26			3,48	7,33						300	200 <sup>2</sup>
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /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 <sub>3</sub> /l	<0,05	1,39			0,48	0,24							44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2							
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	9,77	9,25			10,6	11,4							100 <sup>2</sup>
Sum anioner+alkalitet meq/l													
<b>Kationer</b>													
Silisium mg Si/l	4,01	4,66			3,84	4,27							
Aluminium mg Al/l	0,102	0,110			0,133	0,230							0,2
Jern mg Fe/l	1,26	13,3			3,63	4,85						1,0	0,2
Magnesium mg Mg/l	1,45	3,97			2,41	4,31							
Kalsium mg Ca/l	12,7	16,8			13,0	18,4							
Natrium mg Na/l	3,26	7,10			2,94	6,08							200
Kalium mg K/l	6,03	15,9			6,55	15,7							
Mangan mg Mn/l	0,297	0,0857			0,125	0,0324						0,5	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005			<0,005	<0,005							0,1
Sink mg Zn/l	0,0925	0,0806			0,0865	0,0854							
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05							0,01
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02			<0,02	<0,02							0,02
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							
Sum kationer meq/l													
Ionebalanseavvik <sup>3</sup> %													

<sup>1</sup> Helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (2002).

<sup>2</sup> Vannet skal ikke være korrosivt.

<sup>3</sup> Ionebalanseavvik = (Σkationer-Σanioner)/(Σkationer+Σanioner)·100%

 Sum kationer = Na + Ca + Mg + K. Sum anioner = F + Cl + NO<sub>3</sub> + PO<sub>4</sub> + SO<sub>4</sub> + CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>
<sup>4</sup> Lindblad – Pässe, 1986

## VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1417 IV Solvorn

KOMMUNE: Luster

PRØVESTED: Luster ungdomsskule, Gaupne

OPPDRAKSNUMMER: 2002.0354

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	2	2	2	2	2	2		
Dato	20.09.02	20.09.02	20.09.02	20.09.02	20.09.02	20.09.02		
Brønntype	U	U	U	U	U	U		
Prøvedyp m	3,5-5,5	5,5-7,5	9,5-11,5	13,5-15,5	17,5-19,5	21,5-23,5		
Brønndimensjon mm	32	32	32	32	32	32		
X-koordinat Sone: 32	408756	408756	408756	408756	408756	408756		
Y-koordinat Sone: 32	6809037	6809037	6809037	6809037	6809037	6809037		
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Anbefaling<sup>4</sup> grunnvarme</b>	<b>Grenseverdi<sup>1</sup> vannforsyning</b>
Surhetsrad, felt/lab pH	6,42	6,60	6,70	6,69	6,76	6,74		6,5-9,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S}/\text{cm}$	138 133	167 161	183 177	188 182	188 177	205 192	1500	250 <sup>2</sup>
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	10,4	8,2	7,8	7,1	7,0	6,9		
Alkalitet mmol/l	0,63	1,06	1,21	1,17	1,07	1,11		
Fargetall mg Pt/l	5,6	7,6	9,6	14,5	6,4	5,6		20
Turbiditet F.T.U	1,1	0,92	2,0	3,8	18	24		4
Oppløst oksygen mg $\text{O}_2/\text{l}$							2	
Fritt karbondioksid mg $\text{CO}_2/\text{l}$							50	
Redoks.potensial, $E_h$ mV								
<b>Anioner</b>								
Fluorid mg F/l	0,06	0,10	0,13	0,15	0,13	0,15		1,5
Klorid mg Cl/l	2,08	4,53	5,76	5,97	5,83	8,13	300	200 <sup>2</sup>
Nitritt mg $\text{NO}_2/\text{l}$	0,21	0,20	0,20	<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 $\text{NO}_3/\text{l}$	21,4	7,78	6,57	1,05	<0,05	<0,05		44
Fosfat mg $\text{PO}_4/\text{l}$	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		
Sulfat mg $\text{SO}_4/\text{l}$	7,74	10,2	9,95	18,3	20,3	21,7		100 <sup>2</sup>
Sum anioner+alkalitet meq/l								
<b>Kationer</b>								
Silisium mg Si/l	3,95	3,66	3,96	4,01	4,30	4,71		
Aluminium mg Al/l	0,251	0,0935	0,136	0,108	0,102	0,173		0,2
Jern mg Fe/l	0,358	0,0886	0,379	0,488	2,31	3,14	1,0	0,2
Magnesium mg Mg/l	1,46	2,91	3,66	3,79	3,15	3,70		
Kalsium mg Ca/l	15,9	15,3	16,9	17,4	16,3	16,9		
Natrium mg Na/l	3,02	4,04	4,32	4,41	4,02	4,01		200
Kalium mg K/l	5,61	9,17	10,6	10,4	11,9	14,0		
Mangan mg Mn/l	0,120	0,0904	0,0978	0,103	0,0716	0,0279	0,5	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,1
Sink mg Zn/l	0,0871	0,0123	0,0110	0,00821	0,00876	0,00892		
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,01
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		0,02
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		
Sum kationer meq/l								
Ionebalanseavvik <sup>3</sup> %								

<sup>1</sup> Helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (2002).

<sup>2</sup> Vannet skal ikke være korrosivt.

<sup>3</sup> Ionebalanseavvik =  $(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \cdot 100\%$

Sum kationer = Na + Ca + Mg + K. Sum anioner = F + Cl +  $\text{NO}_3$  +  $\text{PO}_4$  +  $\text{SO}_4$  +  $\text{CO}_3$  +  $\text{HCO}_3$

<sup>4</sup> Lindblad - Pässe, 1986.

## VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1417 IV Solvorn

KOMMUNE: Luster

PRØVESTED: Luster ungdomsskule, Gaupne

OPPDRAKSNUMMER: 2002.0354

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	2	4	4	4	4									Anbefaling <sup>4</sup> grunnvarme	Grenseverdi <sup>1</sup> vannforsyning
Dato	20.09.02		21.09.02	21.09.02	21.09.02	21.09.02									
Brønntype	U		U	U	U	U									
Prøvedyp m	25,5-27,5		3,5-5,5	7,5-9,5	15,5-17,5	23,5-25,5									
Brønndimensjon mm	32		32	32	32	32									
X-koordinat Sone: 32	408756		408799	408799	408799	408799									
Y-koordinat Sone: 32	6809037		6809022	6809022	6809022	6809022									
<b>Fysisk/kjemisk</b>															
Surhetsrad. felt/lab pH		6,85			6,62		6,60		6,78		6,72				6,5-9,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S}/\text{cm}$	216	200			115	111	101	97	193	186	231	208	1500	250 <sup>2</sup>	
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	6,9			11,5		8,4		7,7		7,2					
Alkalitet mmol/l	1,09			0,68		0,50		1,31		1,52					
Fargetall mg Pt/l	3,2			10,4		4,0		10,7		9,6				20	
Turbiditet F.T.U	24			1,8		2,6		6,0		43				4	
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l													2		
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l													50		
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV															
<b>Anioner</b>															
Fluorid mg F/l	0,15			0,15		0,15		0,08		0,11					1,5
Klorid mg Cl/l	8,05			1,66		2,46		7,39		7,69		300		200 <sup>2</sup>	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05			0,15		0,20		<0,05		<0,05				0,16	
Brom mg Br/l	<0,1			<0,1		<0,1		<0,1		<0,1					
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	<0,05			7,93		8,42		0,27		<0,05				44	
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2			<0,2		<0,2		<0,2		<0,2					
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	27,0			8,63		8,20		11,9		11,4				100 <sup>2</sup>	
Sum anioner+alkalitet meq/l															
<b>Kationer</b>															
Silisium mg Si/l	4,46			4,63		4,06		3,87		4,21					
Aluminium mg Al/l	0,0843			0,165		0,225		0,213		0,0886				0,2	
Jern mg Fe/l	3,02			0,195		0,241		0,199		6,09		1,0		0,2	
Magnesium mg Mg/l	3,81			1,05		1,28		3,11		3,68					
Kalsium mg Ca/l	18,3			12,6		9,99		16,0		17,8					
Natrium mg Na/l	5,51			2,92		2,44		4,42		4,73				200	
Kalium mg K/l	12,1			5,67		5,09		16,9		18,2					
Mangan mg Mn/l	0,0275			0,0913		0,126		0,0368		0,0322		0,5		0,05	
Kobber mg Cu/l	<0,005			<0,005		<0,005		<0,005		<0,005				0,1	
Sink mg Zn/l	0,0846			0,0823		0,0848		0,0806		0,0827					
Bly mg Pb/l	<0,05			<0,05		<0,05		<0,05		<0,05				0,01	
Nikkel mg Ni/l	<0,02			<0,02		<0,02		<0,02		<0,02				0,02	
Kadmium mg Cd/l	<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				0,05	
Sølv mg Ag/l	<0,01			<0,01		<0,01		<0,01		<0,01					
Sum kationer meq/l															
Ionebalanseavvik <sup>3</sup> %															

<sup>1</sup> Helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (2002).

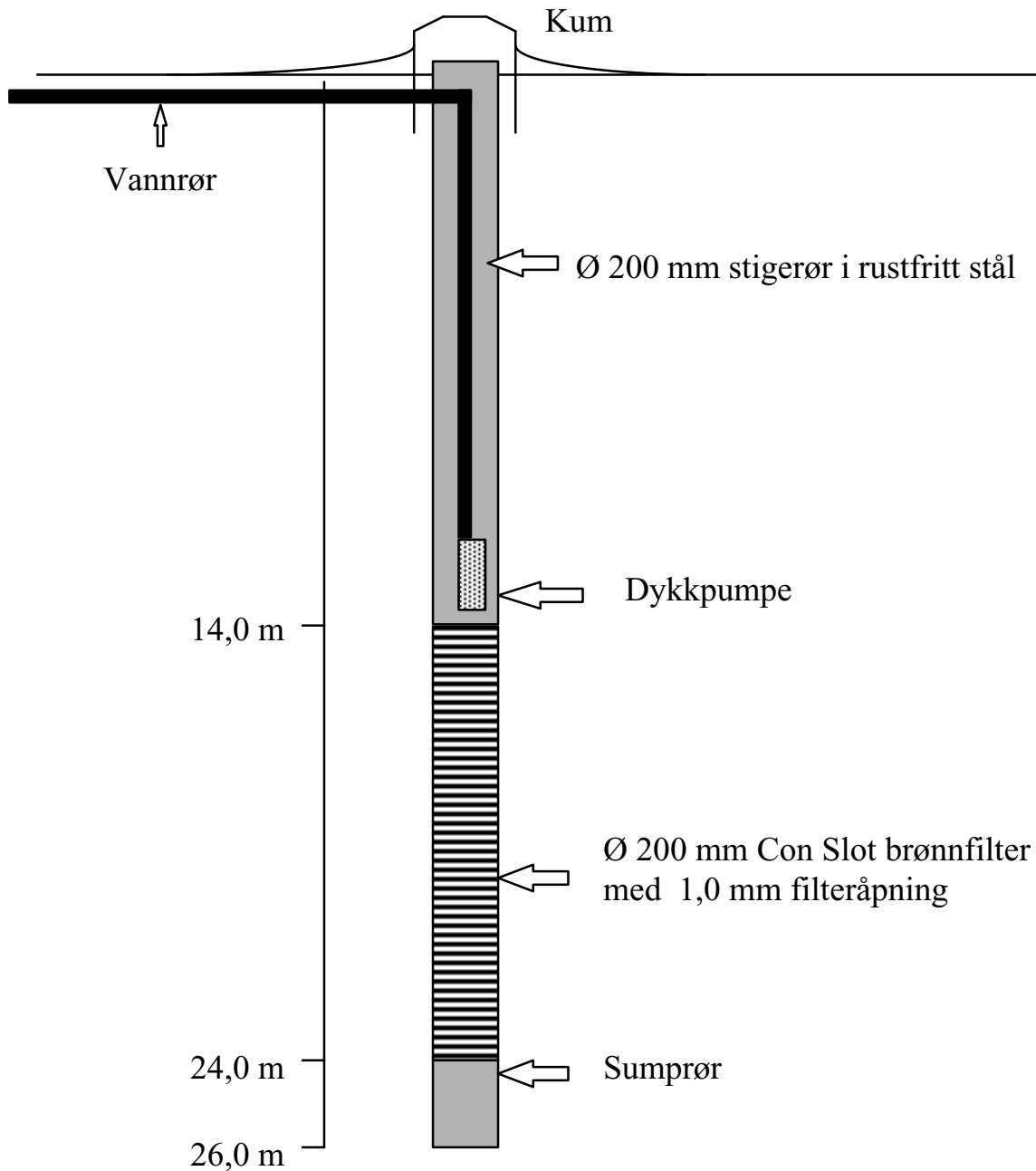
<sup>2</sup> Vannet skal ikke være korrosivt.

<sup>3</sup> Ionebalanseavvik =  $(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \cdot 100\%$

Sum kationer = Na + Ca + Mg + K. Sum anioner = F + Cl + NO<sub>3</sub> + PO<sub>4</sub> + SO<sub>4</sub> + CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>

<sup>4</sup> Lindblad - Pässe, 1986.

# Dimensjonering av rørbrønn





### Stedfestingsdata for georadarprofil

Profil		NGO1948 (Akse 2)		UTM (Sone 32, WGS84)		Målemetode
		Ø	N	Ø	N	
P1	Start	-58350	379780	408827	6809142	Fra øk. kart 1:5000
P1	Slutt	-58550	379450	408624	6808814	Fra øk. kart 1:5000
P2	Start	-58525	379440	408649	6808803	Fra øk. kart 1:5000
P2	Slutt	-58255	379760	408922	6809121	Fra øk. kart 1:5000
P3	Start	-58220	379680	408956	6809041	Fra øk. kart 1:5000
P3	Slutt	-58350	379780	408827	6809142	Fra øk. kart 1:5000
P4	Start	-58245	379640	408931	6809001	Fra øk. kart 1:5000
P4	Slutt	-58385	379735	408792	6809097	Fra øk. kart 1:5000
P5	Start	-58565	379705	408612	6809069	Fra øk. kart 1:5000
P5	Slutt	-58340	379530	408835	6808892	Fra øk. kart 1:5000
P6	Start	-58405	379465	408770	6808827	Fra øk. kart 1:5000
P6	Slutt	-58240	379705	408937	6809066	Fra øk. kart 1:5000

### Stedfestingsdata for boringer/undersøkellesbrønner

Boring	NGO1948 (Akse 2)		UTM (Sone 32, WGS84)		Målemetode
	Ø	N	Ø	N	
1	-58356.3	379651.0	408820	6809013	Innmålt av kommunen
2	-58420.5	379674.7	408756	6809037	Innmålt av kommunen
3	-58356.1	379756.4	408821	6809118	Innmålt av kommunen
4	-58377.0	379659.9	408799	6809022	Innmålt av kommunen

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

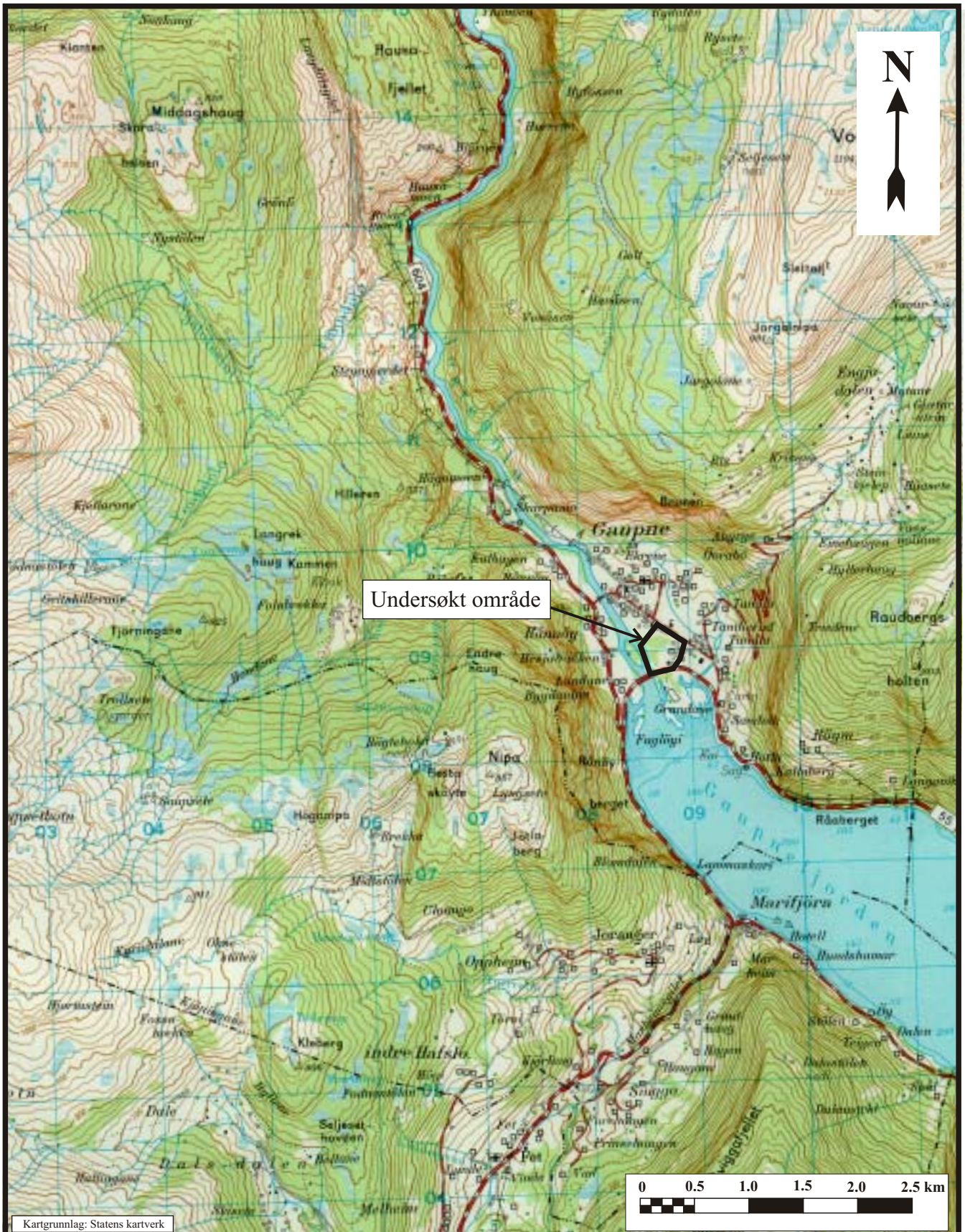
hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulser og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde

på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	1	0.3	0
<i>Ferskvann</i>	81	0.033	0.1
<i>Sjøvann</i>	81	0.033	1000
<i>Leire</i>	5-40	0.05-0.13	1-300
<i>Tørr sand</i>	5-10	0.09-0.14	0.01
<i>Vannmettet sand</i>	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
<i>Silt</i>	5-30	0.05-0.13	1-100
<i>Fjell</i>	5-8	0.10-0.13	0.01-1

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



Kartgrunnlag: Statens kartverk

LUSTER KOMMUNE/THUNES PARTNERS AS

Oversiktskart med undersøkt område.

## GAUPNE

LUSTER KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L. Sept. 2002

TEGN T.L. Sept. 2002

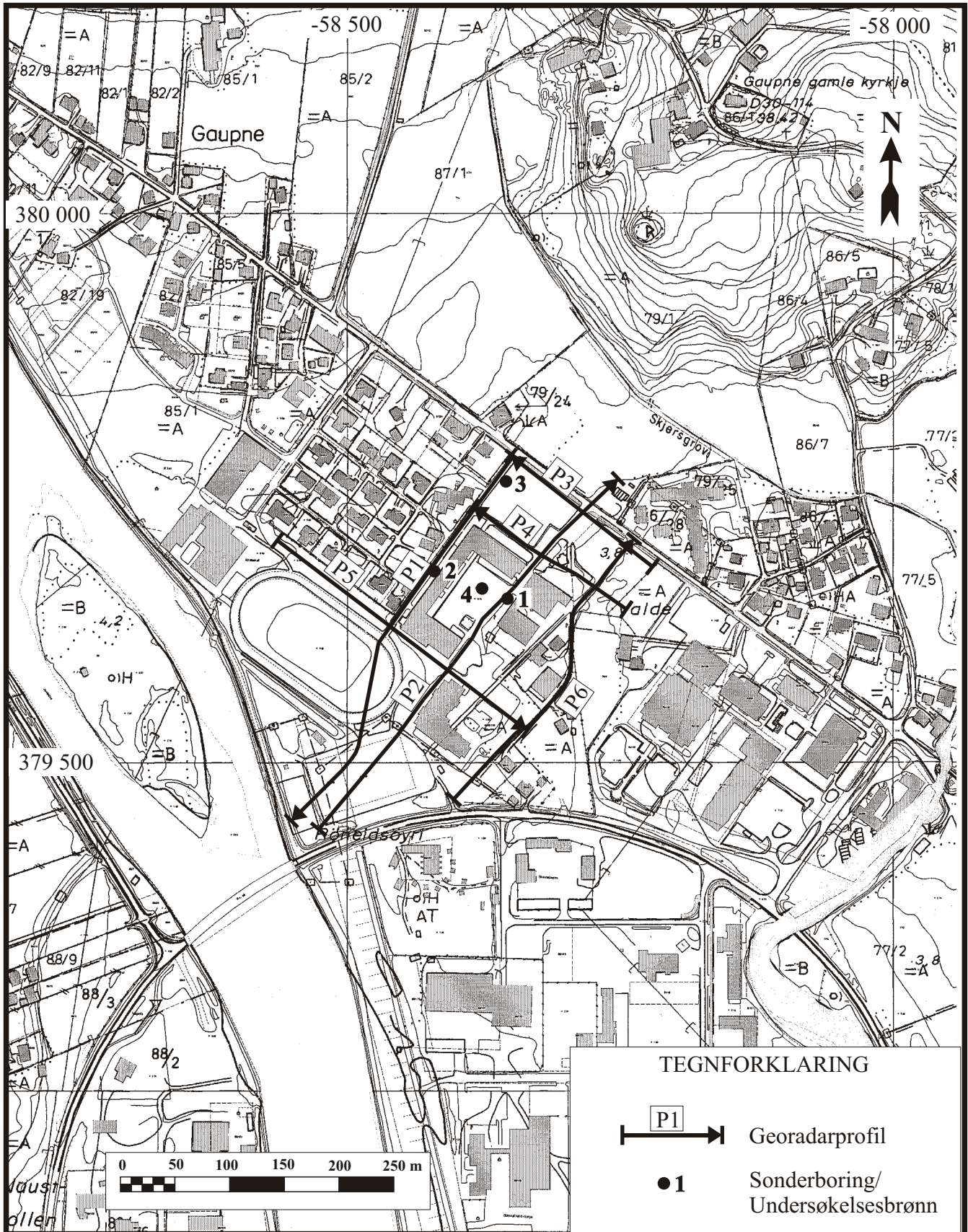
TRAC

KFR



KARTBILAG NR  
2003.017-01

KARTBLAD NR  
1417 IV





TEGNFORKLARING

-  Georadarprofil
-  Sonderboring/  
Undersøksbrønn

LUSTER KOMMUNE/THUNES PARTNERS AS

Oversiktskart over georadarmålinger og boringer

**GAUPNE**

LUSTER KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 5000

MÅLT T.L. Sept. 2002

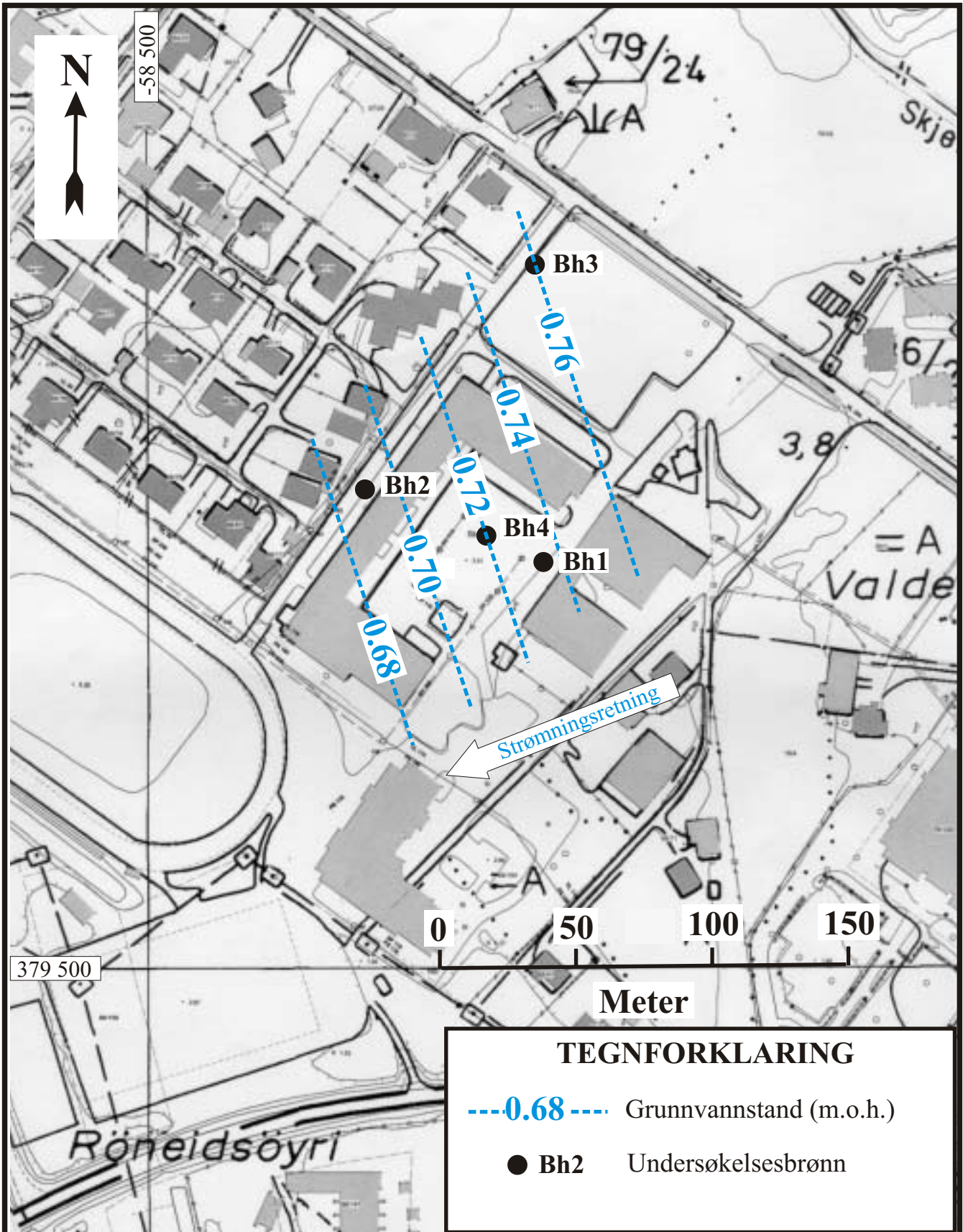
TEGN T.L. Sept. 2002

TRAC

KFR

KARTBILAG NR  
2003.017-02

KARTBLAD NR  
1417 IV



### TEGNFORKLARING

- 0.68--- Grunnvannstand (m.o.h.)
- Bh2 Undersøkellesbrønn

LUSTER KOMMUNE/THUNES PARTNERS AS

Grunnvannstand basert på vannstandsmålinger 22.09.2002

## GAUPNE

LUSTER KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

MÅLESTOKK

1 : 2000

MÅLT G.S.

TEGN G.S.

TRAC

KFR

Sept. 2002

Jan. 2003

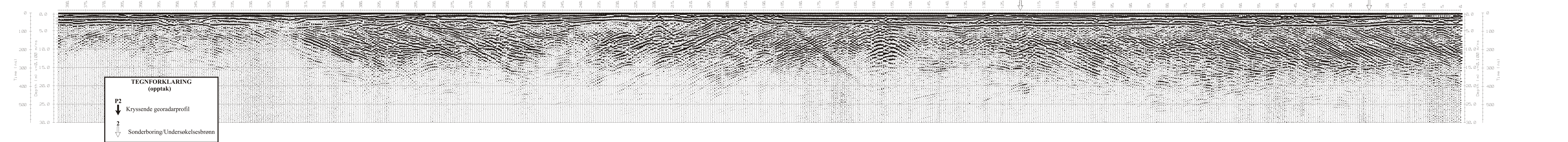
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

KARTBILAG NR  
2003.017-03

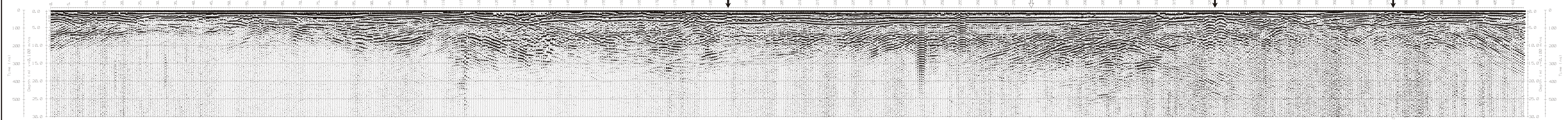
KARTBLAD NR  
1417 IV



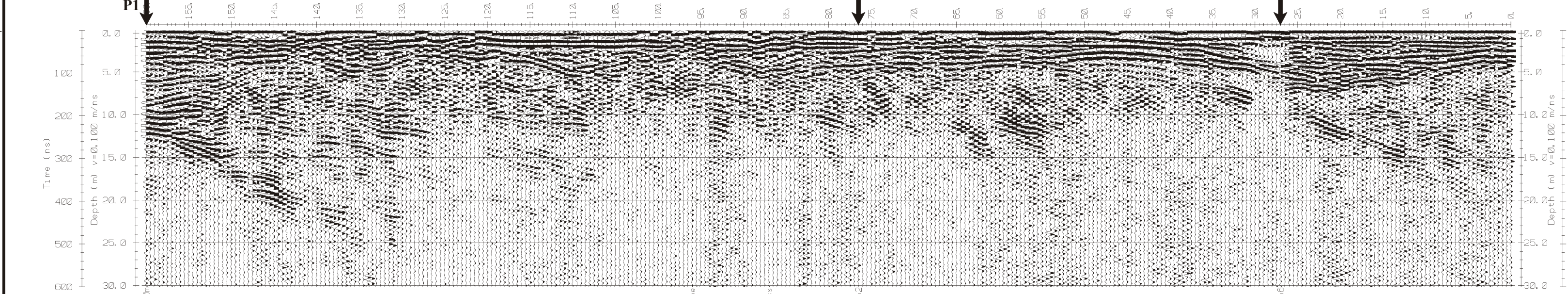
PROFIL 1



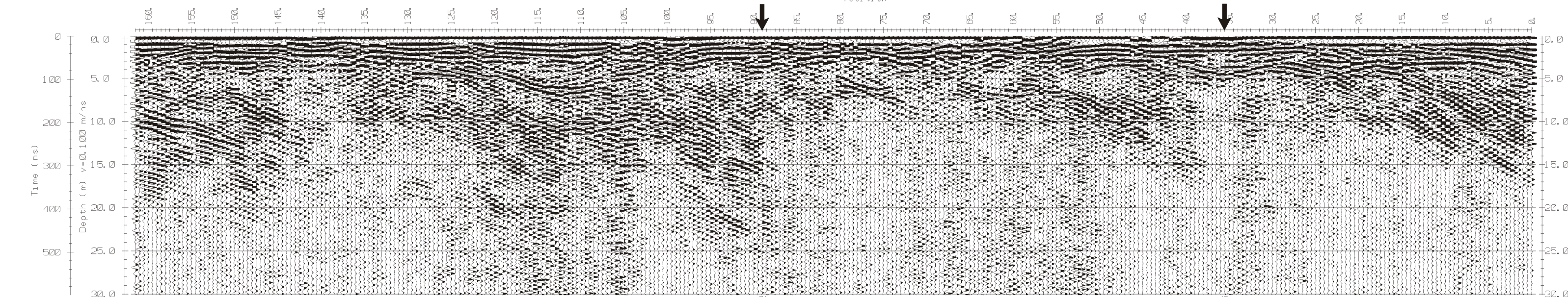
PROFIL 2



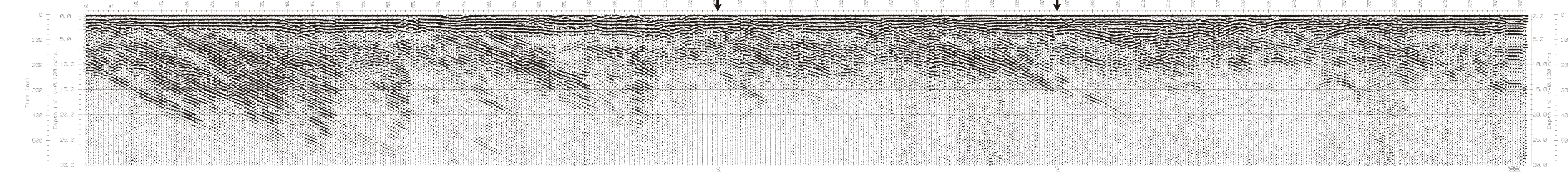
PROFIL 3



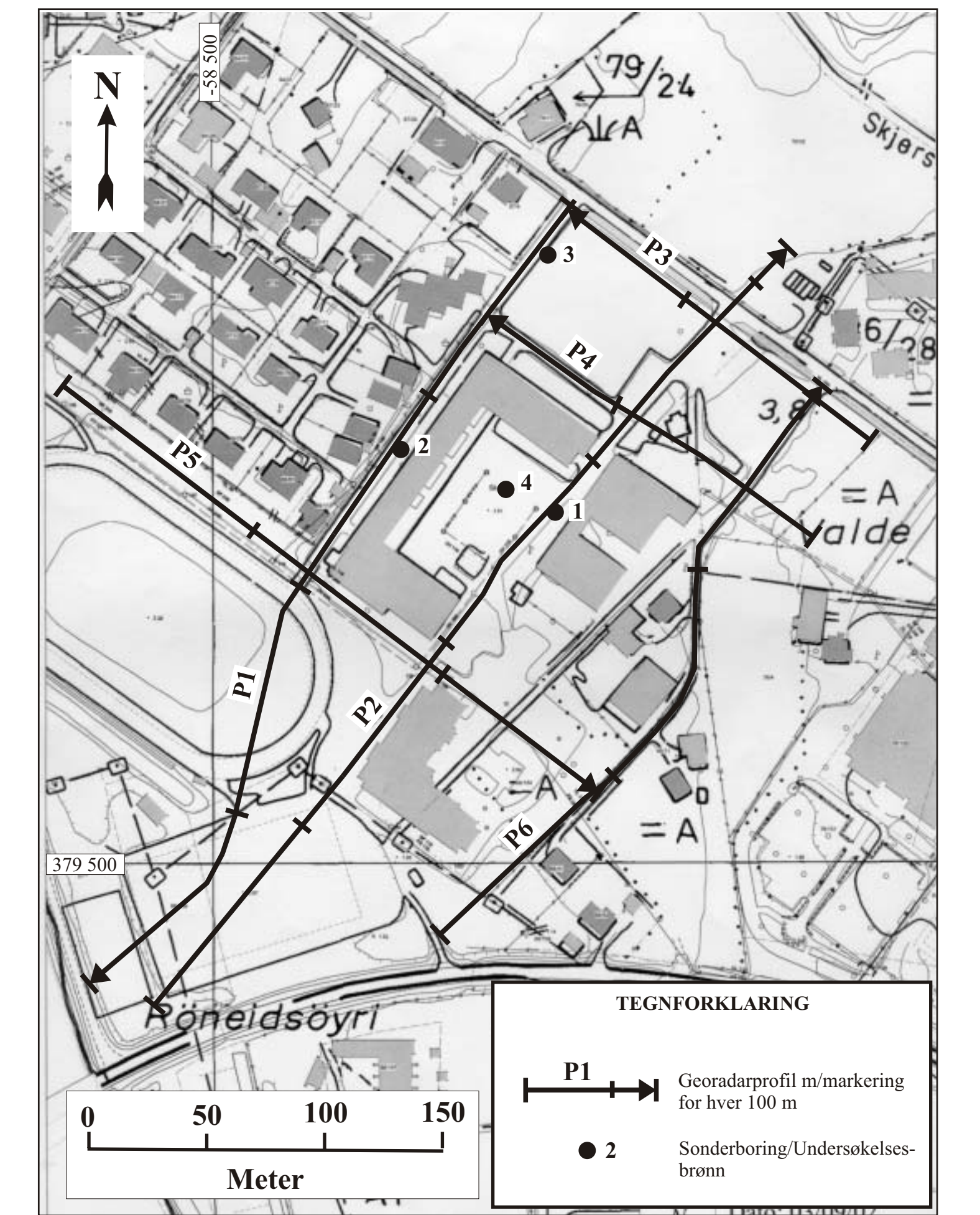
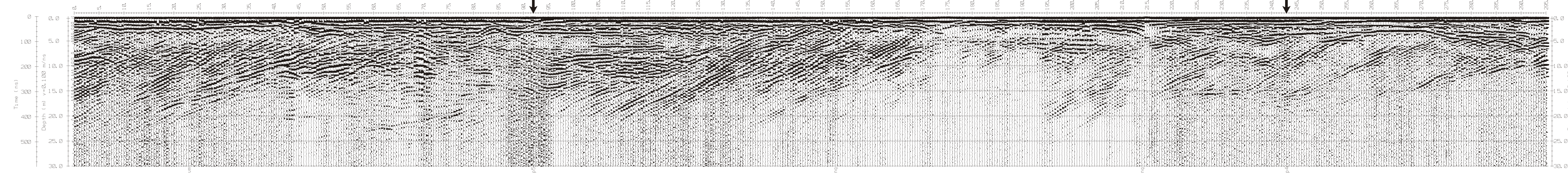
PROFIL 4



PROFIL 5



PROFIL 6



LUSTER KOMMUNE/THUNES PARTNERS AS GEORADARMÅLINGER GAUPNE LUSTER KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MALESTOKK (Kart)	MÅLT T.L. TEGN T.L.	Sept. 2002 Sept. 2002
	1:2000		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2003.017-04	KARTBLAD NR 1417 IV	