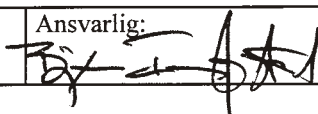


NGU Rapport 2008.007

Grunnvannsundersøkelser på Gulløymoen for  
etablering av ny produksjonsbrønn ved Alvdal  
kommunale hovedvannverk.

Rapport nr.: 2008.007		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser på Gulløymoen for etablering av ny produksjonsbrønn ved Alvdal kommunale hovedvannverk.			
Forfatter: Gaute Storrø, Jan Steinar Rønning.		Oppdragsgiver: Alvdal kommune	
Fylke: Hedmark		Kommune: Alvdal	
Kartblad (M=1:250.000) Røros		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1619-3, Alvdal	
Forekomstens navn og koordinater: Gulløymoen , EU89-32V 583915 6888255		Sidetall: 14 Kartbilag: 1	Pris: 90,-
Feltarbeid utført: aug.-sep. 2007	Rapportdato: 01.03.2008	Prosjektnr.: 271200	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Etter forespørsel fra Alvdal kommune gjennomførte NGU i uke 33/07 og 37/07 georadarmålinger og grunnboringer ved hovedvannkilden for Alvdal kommune på Gulløymoen. Målet for undersøkelsene var å klarlegge mulighetene for å utvide produksjonskapasiteten ved vannverket, ved etablering av en tredje skråbrønn.</p> <p>Data fra testpumpingen dokumenterer at vanngjennomgangen i sand/grusmassene i området som strekker seg fra de eksisterende brønnene ved Gulløymoen vannverk og ca 100 m mot sør- og sørøst, er så vidt stor at vi vil anbefale etablering av en ny brønn i dette området. De forhøyede konsentrasjonene av mangan, og stedvis av jern, i grunnvannet sørover fra de eksisterende brønnene gjør at vi vil anbefale at en ny brønn etableres rett sør for de eksisterende brønnene. <u>Den nye brønnen bør anbores midtveis på søndre langsiden av det inngjerdede området i en avstand på ca 10 m utenfor gjerdet, og bores som en skråbrønn parallelt med de eksisterende brønnene.</u> Vi anbefaler at den nye brønnen konstrueres med samme brønntutforming som de eksisterende brønnene. Utfra resultatene fra testpumpingen av den første produksjonsbrønnen antar vi at samlet uttakskapasitet for brønnene ved vannverket vil kunne økes med ca 30%, d.v.s. til anslagsvis 45-50 l/s, ved etablering av en 3. brønn.</p> <p>Georadarundersøkelsene på elveterrassen rett vest for Gulløymoen indikerer at området kan være godt egnet for lokal infiltrasjon av avløpsvann fra et eventuelt boligfelt. Et sikkert svar på massenes egnethet for infiltrasjon kan kun fremskaffes gjennom sjaktgraving med uttak av masseprøver, samt infiltrasjonstester. Dersom prosjektet videreføres bør det også bores en observasjonsbrønn for å klarlegge i hvilket nivå grunnvannsspeilet ligger i dette området.</p> <p>Ut fra en generell vurdering av avstand og beliggenhet i forhold til vannverket på Gulløymoen er det ikke sannsynlig at eventuell etablering av infiltrasjonsanlegg for avløpsvann i dette området, vil representere en forurensningsfare i forhold til vannverket. Tykkelsen av umettet sone og løsmassenes infiltrasjonskapasitet vil være av avgjørende betydning for å vurdere renseseffekten for infiltrasjonsanlegget, og dermed foreta en endelig vurdering av hvorvidt lokal infiltrasjon er forenelig med grunnvannsuttaget på Gulløymoen.</p> <p>Infiltrasjonsanlegg bør ikke etableres helt ut mot terrasseskråningen mot nordøst. En sikringsone på anslagsvis 30 m anbefales.</p>			
Emneord: Grunnvann	Sonderboringer	Geofysikk	
Georadar	Grunnvannskvalitet	Fagrapport	

## INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING .....	4
2.	RESULTATER .....	4
2.1	Georadarprofiler .....	4
2.1.1	Elvesletta ved Gulløymoen .....	4
2.1.2	Elveterassen vest for Gulløymoen.....	4
2.2	Boringer og testpumping.....	5
2.3	Vannkvalitet .....	5
2.4	Kapasitetsvurdering.....	5
3.	KONKLUSJON/ANBEFALING.....	6
3.1	Etablering av ny grunnvannsbrønn .....	6
3.2	Anlegg for avløpsinfiltrasjon .....	6

## VEDLEGG

1. Oversiktskart for Alvdalsområdet
2. Detaljkart for Gulløymoen med beliggenhet av georadarprofiler og borlokaliteter
3. Vannanalyser
4. Vannanalyser
5. Georadar - metodebeskrivelse
6. Detaljdata for georadar- og borprofiler

## 1. INNLEDNING

Etter forespørsel fra Alvdal kommune gjennomførte NGU i uke 33/07 georadarmålinger og i uke 37/07 grunnboringer ved hovedvannkilden for Alvdal kommune på Gulløymoen. Målet for undersøkelsene var å klarlegge mulighetene for å utvide produksjonskapasiteten ved vannverket, ved etablering av en 3. skråbrønn. Vannverket leverer bl.a. vann til Synnøve Finden's meieridrift, og planlagte utvidelser i denne aktiviteten krever økt vanntilgang.

## 2. RESULTATER

### 2.1 Georadarprofiler

Det ble utført georadarmålinger i profiler som dekker det meste av elvesletta på Gulløymoen (vedlegg 2). I tillegg ble det målt 2 profiler (P10 og P11) på en høyere liggende elveterrasse rett vest for Gulløymoen, med tanke på å klarlegge mulighetene for infiltrasjon av avløpsvann fra et eventuelt nytt boligfelt.

#### 2.1.1 Elvesletta ved Gulløymoen

Detaljdata for georadar- og borprofiler er vist i vedlegg 6. I alle de 8 profilene på Gulløymoen observeres reflektorer i dyp 3-8 m under bakkenivå, som gjenspeiler lagstrukturer i sand/grus-masser. Reflektorene er markert med rød farge i georadarprofilene. Målingene gir klare indikasjoner på at de største mektighetene av potensielt vanngivende sand/grus-masser finnes i områdene rett sør og sørøst for de eksisterende grunnvannsbrønnene.

Ved samtolkning av georadar- og sonderboringsdata observeres reflektorer i P1, P6, P3 og P7 som trolig gjenspeiler fjelloverflaten. Disse er markert med grønn farge i georadarprofilene. I området ved dagens vannverk er dypet til fjell ca 14 m (P1, P6 og P3). For elvesletta sett under ett øker dypet til fjell fra ca 10 m i nordvest til ca 18 m i sørøst. Boringene viser at fjelloverflaten består av sterkt forvitret skifer, hvilket antas å være årsaken til at fjellet ikke kommer frem som veldig klare reflektorer i georadarprofilene.

#### 2.1.2 Elveterrassen vest for Gulløymoen

De 2 profilene (P10 og P11) på den høyere liggende elveterrassen rett vest for Gulløymoen, viser løsmasser med lagstrukturer som er klart forskjellig fra det en finner på elvesletta på Gulløymoen. Området på vestsiden av kryssningspunktet mellom de 2 profilene preges av svært markerte, planparallele reflektorer. Dette er et typisk georadarbilde for ensgraderte sandmasser med horisontal lagdeling. En analyse av variasjonen i radarsignalenes hastighet vertikalt i profilet indikerer relativt tørre masser i toppen og gradvis større vanninnhold mot dypet. Dette er forenlig med finkornige sandmasser med gradvis økende vanninnhold, trolig med noe grovere sand øverst. Dypet til grunnvannsspeilet antas å være mer enn 20 m i hele dette vestlige området.

I områdene øst for kryssningspunktet mellom P10 og P11 observeres de samme horisontale lag av ensgradert sand som på vestsiden, ned til 5-10 m's dyp. Under dette topplaget er georadarbildet mer kaotisk med mindre tydelige reflektorer. Løsmassene antas også her i hovedsak å bestå av sand, men med en mer uregelmessig lagstruktur.

## 2.2 Boringer og testpumping

Det ble utført sonderboringer og testpumper i 6 lokaliteter. Borpunktene beliggenhet er vist i vedlegg 2 og detaljer for de enkelte borprofiler er vist i georadarprofiler i vedlegg 6. Det sammenfattede bildet fra boringene er at løsmassene består av 6-11 m lagdelt sand/grus over 2-10 m ensgradert sand. De nederste 2-5 m av sandlaget er hardere pakket og inneholder noe mer finstoff (finsand/silt/"kvabb"). Dypet til fjell varierer i de 6 boringene mellom 11 og 17 m. I alle lokaliteter ble det boret til 2-4 m's dyp i fjellet, som en ekstra kontroll av fjellpåvisningen. Som omtalt foran består fjelloverflaten av sterkt forvitret skifer. Når det under sonderboringerne som ble utført i 1976 og 1991 ble konkludert med at morenemasser ble påtruffet på 11-17 m's dyp, var dette trolig en feiltolkning av forvitret fjell.

Det ble utført testpumper for å måle vanngjennomgangen i massene i flere nivåer ned til 12 m's dyp i borpunktene 2-6. Det ble registrert god vanngjennomgang i sand/grusmassene i alle de testede nivåene (1,5-2,5 l/s/m filter).

## 2.3 Vannkvalitet

Under testpumpingen ble det tatt prøver av grunnvannet for analyse av vannkvalitet. Analyseresultatene er vist i vedlegg 3 og 4. Det ble observert en markert økning i grunnvannets ioneinnhold i borpunktene sørover fra de eksisterende brønnene, trolig som følge av at påtrykket av ionefattig elvevann fra Folla avtar innover på elvesletta. Samtidig ble det registrert en økning i grunnvannets innhold av mangan, samt stedvis også av jern. Enkelte vannprøver har konsentrasjoner av mangan og jern som overskrider grenseverdiene angitt i Drikkevannsforskriften. Høyt innhold av mangan og/eller jern i råvannet gir ofte driftsmessige problemer i form av utfellinger i distribusjonsnett og hos forbruker. Alle de innsamlede grunnvannprøvene tilfredsstiller ellers kravene i Drikkevannsforskriften når det gjelder fysisk-kjemisk kvalitet og innhold av mineraler og metaller.

De vannkvalitetsdata som foreligger (mineralinnhold og temperatur) viser at grunnvannet som tas ut på Gulløymoen i stor grad har sitt opphav i vann som infiltreres forholdsvis raskt fra Folla. Ved en økning i grunnvannsuttaget vil vannverket trolig trekke noe mer på grunnvann fra områdene sør for brønnene, hvor det er registrert et noe høyere innhold av mangan og jern. Ut fra våre vurderinger vil økningen i tilførsel av grunnvann fra sør ikke få et omfang som medfører en forringelse av grunnvannsvannkvaliteten ved vannverket. Etter igangsetting av brønn nr. 3 bør det likevel gjennom det første driftsåret, i perioder med høy belastning av brønnene (>2000 l/døgn), utføres ekstra analyser med tanke på innhold av jern og mangan i produksjonsvannet.

## 2.4 Kapasitetsvurdering

Maksimal døgnproduksjon registrert i løpet av de ca 15 årene dagens vannverk har vært i drift er ifølge opplysninger fra kommunen 2000 m<sup>3</sup>/døgn (23 l/s). Under testpumpingen av den første produksjonsbrønnen, som ble etablert i 1993, ble kapasiteten for brønnen beregnet til 25 l/s. Det er i dag etablert 2 skråbrønner ved vannverket og samlet kapasitet for disse anslås til 35-40 l/s. Det understrekes at dette anslaget gjelder for brønnenes kapasitet alene. Ved vurdering av den reelle kapasiteten for vannverket som helhet vil dimensjonering av pumper og ledningsnett også måtte tas i betraktning.

Ut fra resultatene fra testpumpingen av den første produksjonsbrønnen antar vi at samlet uttakskapasitet for brønnene ved vannverket vil kunne økes med ca 30%, d.v.s. til anslagsvis 45-50 l/s, ved etablering av en 3. brønn.

### **3. KONKLUSJON/ANBEFALING**

#### **3.1 Etablering av ny grunnvannsbrønn**

Data fra testpumpingen dokumenterer at vanngjennomgangen i sand/grusmassene i området som strekker seg fra de eksisterende brønnene ved Gulløymoen vannverk og ca 100 m mot sør- og sørøst, er så vidt stor at vi vil anbefale etablering av en ny brønn i dette området. De forhøyede konsentrasjonene av mangan, og stedvis av jern, i grunnvannet sørover fra de eksisterende brønnene gjør at vi vil anbefale at en ny brønn etableres rett sør for de eksisterende brønnene. Den nye brønnen bør anbores midtveis på søndre langsida av det inngjerdede området i en avstand på ca 10 m utenfor gjerdet, og bores som en skråbrønn parallelt med de eksisterende brønnene. Vi anbefaler at den nye brønnen konstrueres med samme brønnutforming som de eksisterende brønnene.

#### **3.2 Anlegg for avløpsinfiltrasjon**

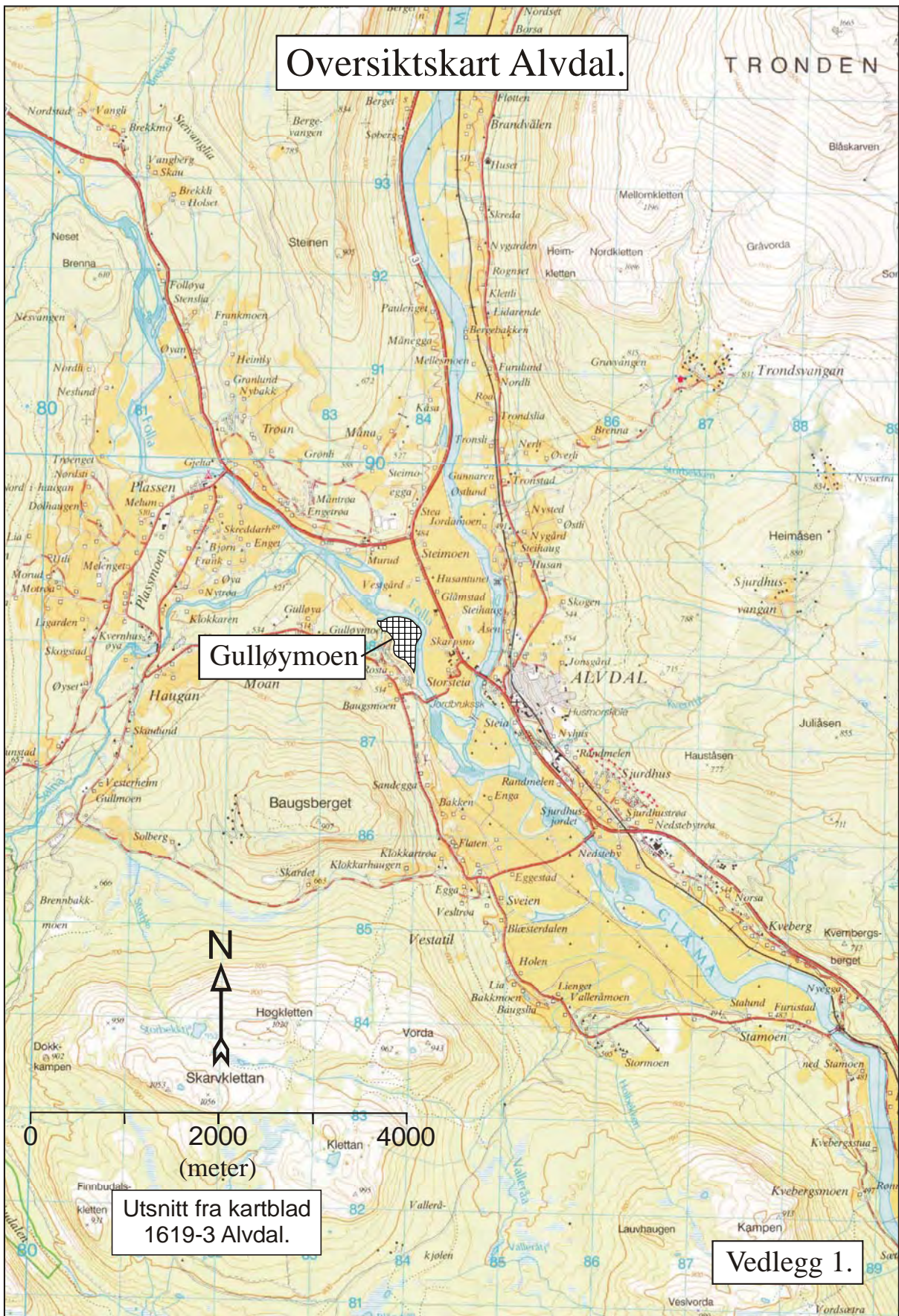
Georadarundersøkelsene på elveterrassen rett vest for Gulløymoen indikerer at området kan være godt egnet for lokal infiltrasjon av avløpsvann fra et eventuelt boligfelt. Et sikkert svar på massenes egnethet for infiltrasjon kan kun fremskaffes gjennom sjaktgraving med uttak av masseprøver, samt infiltrasjonstester. Dersom prosjektet videreføres bør det også bores en observasjonsbrønn for å klarlegge i hvilket nivå grunnvannsspeilet ligger i dette området.

Ut fra en generell vurdering av avstand og beliggenhet i forhold til vannverket på Gulløymoen er det ikke sannsynlig at eventuell etablering av infiltrasjonsanlegg for avløpsvann i dette området, vil representere en forurensningsfare i forhold til vannverket. Tykkelsen av umettet sone og løsmassenes infiltrasjonskapasitet vil være av avgjørende betydning for å vurdere renseseffekten for infiltrasjonsanlegget, og dermed foreta en endelig vurdering av hvorvidt anlegget er forenelig med grunnvannsuttaget på Gulløymoen.

Finkornige, tette lagstrukturer i løsmassene kan forhindre den vertikale dreneringen av infiltrasjonsvann slik at vann med forholdsvis kort oppholdstid ledes ut til overflateavrenning i terrasseskråningen mot nordøst. Infiltrasjonsanlegg bør derfor ikke etableres helt ut mot terrasseskråningen. En sikringssone på anslagsvis 30 m anbefales.

# Oversiktskart Alvdal.

TRONDEN

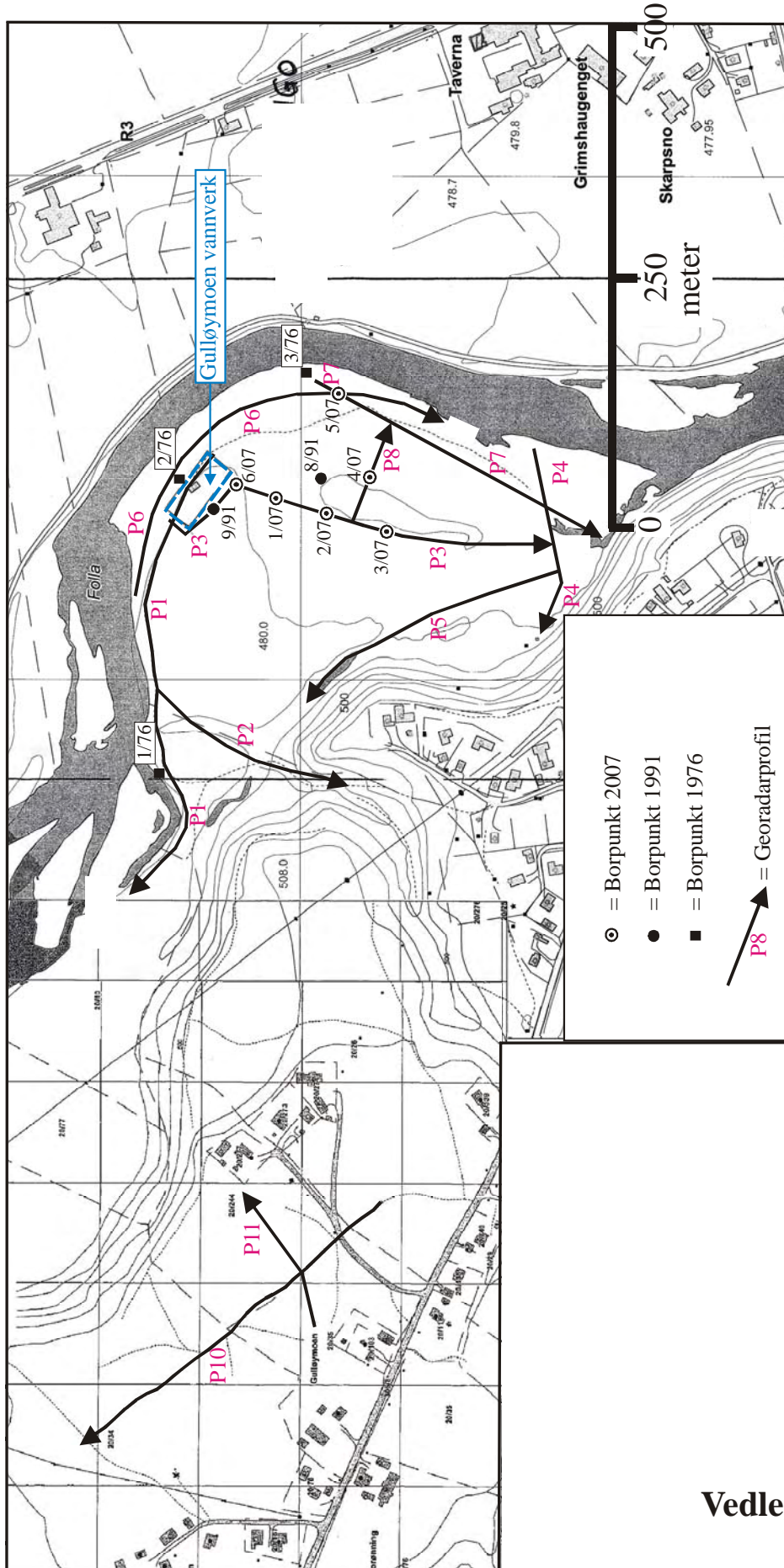


Gulløymoen

Utsnitt fra kartblad  
1619-3 Alvdal.

Vedlegg 1.

**Beliggenhet av borpunkter og georadarprofiler - Gulløymoen.**



**Vedlegg 2.**



## VANNANALYSER

FYLKE: Hedmark

KART (M711): 1619 III

KOMMUNE: Alvdal

PRØVESTED: Gulløymoen vannverk

OPPDRAGSNUMMER: 20070340

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	B2		B3		B3		B4		B4		B5		Grense- verdi <sup>1)</sup>	Tiltaks- type <sup>4)</sup>		
Dato	140907		140907		140907		150907		150907		150907					
Brønntype	5/4"		5/4"		5/4"		5/4"		5/4"		5/4"					
Prøvedyp	m		4 - 5.5		4 - 5.5		6 - 7.5		4 - 5.5		6 - 7.5		4 - 5.5			
Brønnndimensjon	mm		30		30		30		30		30					
ØV-koordinat	Sone: 32V		583899		583891		583891		583953		583953		584009			
NS-koordinat	Sone: 32V		6888134		6888086		6888086		6888102		6888102		6888100			
<b>Fysisk/kjemisk</b>																
Surhetsgrad, felt/lab	pH		-	6.9	-	7	-	7.1	-	7	-	7.2	6.5-9.5	C		
Ledningsevne, felt/lab	µS/cm		138	134	180	170	175	173	133	128	138	134	59	58	2500	C
Temperatur felt	°C		5.4		5.8		4.7		6.1		5.6		9.8		-	-
Alkalitet	mmol/l		1.1		1.3		1.4		1		1		0.4		-	-
Fargetall	mg Pt/l		4.6		2.5		6.5		6.7		8.5		12		20	B
Turbiditet	F.N.U		19.2		11.2		89.4		7.1		143		27.7		1	B
<b>Anioner</b>																
Fluorid	mg F/l		0.09		0.08		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		1.5	B
Klorid	mg Cl/l		2.3		3.5		1.4		1.3		1.2		0.9		200	C
Nitritt	mg NO <sub>2</sub> /l		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05		0.16	B
Brom	mg Br/l		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		<0.1		0.005	B
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l		1.4		5.8		1.3		0.8		0.6		0.4		44	B
Fosfat	mg PO <sub>4</sub> /l		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		<0.2		-	-
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l		8.4		10.5		4		4.2		4.1		6.1		100	C
Sum anioner+alkalitet	meq/l		1.27		1.60		1.50		1.09		1.09		0.50		-	-
<b>Kationer</b>																
Silisium	mg Si/l		3.3		4.2		3.8		3.4		3.4		2.2		-	-
Aluminium	mg Al/l		0.04		<0.02		0.13		<0.02		0.26		0.11		0,2	C
Jern	mg Fe/l		0.05		0.05		<b>0.24</b>		0.05		<b>0.49</b>		<b>0.21</b>		0,2	C
Magnesium	mg Mg/l		2.2		2.6		2.6		2.1		2.3		1		-	-
Kalsium	mg Ca/l		19.3		25.8		25.3		18.2		18.7		7.6		-	-
Natrium	mg Na/l		1.9		2.4		2.3		1.9		1.9		1.1		200	C
Kalium	mg K/l		2.6		2.6		2.6		2.3		2.4		0.9		-	-
Barium	mg Ba/l		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.05		-	-
Strontium	mg Sr/l		0.1		0.14		0.14		0.07		0.08		0.02		-	-
Mangan	mg Mn/l		0.027		0.005		<b>0.899</b>		0.007		<b>0.045</b>		0.023		0,05	C
Kobber	mg Cu/l		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		0.1	B
Sink	mg Zn/l		0.007		0.010		0.008		0.006		0.006		0.027		-	-
Bly	mg Pb/l		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		0.01	B
Nikkel	mg Ni/l		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		0.02	B
Kadmium	mg Cd/l		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		0,005	B
Krom	mg Cr/l		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		<0.002		0,05	B
Sølv	mg Ag/l		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		-	-
Sum kationer <sup>2</sup>	meq/l		1.30		1.68		1.65		1.23		1.27		0.53		-	-
Ionebalanseavvik <sup>3</sup>	%		0.9		2.3		4.6		5.7		7.8		3.8		-	-

**VANNANALYSER**

**FYLKE:** Hedmark

**KART (M711):** 1619 III

**KOMMUNE:** Alvdal

**PRØVESTED:** Gulløymoen vannverk

**OPPDRAGSNUMMER:** 20070340

**ANALYSERT VED:** Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	B6		B6		B6									
Dato	160907		160907		160907									
Brønntype	5/4"		5/4"		5/4"									
Prøvedyp m	4 – 5.5		6 – 7.5		8 – 9.5									
Brønndimensjon mm	30		30		30									
ØV-koord. (EU89) Sone: 32V	583915		583915		583915									
NS-koord. (EU89) Sone: 32V	6888255		6888255		6888255									
<b>Fysisk/kjemisk</b>												<b>Grense-</b>	<b>Tiltaks-</b>	
													verdi <sup>1)</sup>	type <sup>4)</sup>
Surhetsgrad, felt/lab pH	-	7.1	-	7.0	-	7.2							6.5-9.5	C
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	87.5	84.1	91	88.6	93	89.1							2500	C
Temperatur felt °C	5.1		4.2		3.3								-	-
Alkalitet mmol/l	0.6		0.6		0.6								-	-
Fargetall mg Pt/l	13.3		2.3		2.1								20	B
Turbiditet F.N.U	18.5		22.5		29.4								1	B
<b>Anioner</b>														
Fluorid mg F/l	<0.05		<0.05		<0.05								1.5	B
Klorid mg Cl/l	0.5		0.6		0.6								200	C
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0.05		<0.05		<0.05								0.16	B
Brom mg Br/l	<0.1		<0.1		0.09								0.005	B
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	0.7		0.8		0.5								44	B
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0.2		<0.2		<0.2								-	-
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	2.8		3.4		3.6								100	C
Sum anioner+alkalitet meq/l	0.65		0.67		0.66								-	-
<b>Kationer</b>														
Silisium mg Si/l	2.7		2.7		2.4								-	-
Aluminium mg Al/l	0.03		0.03		0.04								0,2	C
Jern mg Fe/l	0.06		0.08		0.06								0,2	C
Magnesium mg Mg/l	1.4		1.5		1.4								-	-
Kalsium mg Ca/l	11.5		12.1		10.8								-	-
Natrium mg Na/l	1.4		1.4		1.3								200	C
Kalium mg K/l	1.3		1.3		1.0								-	-
Barium mg Ba/l	0.05		0.05		0.04								-	-
Strontium mg Sr/l	0.04		0.04		0.03								-	-
Mangan mg Mn/l	0.007		0.002		0.002								0,05	C
Kobber mg Cu/l	<0.005		<0.005		<0.005								0.1	B
Sink mg Zn/l	0.005		0.005		0.003								-	-
Bly mg Pb/l	<0.005		<0.005		<0.005								0.01	B
Nikkel mg Ni/l	<0.005		<0.005		<0.005								0.02	B
Kadmium mg Cd/l	<0.005		<0.005		<0.005								0,005	B
Krom mg Cr/l	<0.002		<0.002		<0.002								0,05	B
Sølv mg Ag/l	<0.005		<0.005		<0.005								-	-
Sum kationer <sup>2)</sup> meq/l	0.79		0.82		0.74								-	-
Ionebalanseavik <sup>3)</sup> %	9.1		10.7		5.4								-	-

## **Vedlegg 5.**

### **Georadar – metodebeskrivelse.**

## 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. Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en refleksor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.



Figur 1: Georadar under måling. Bakerst et odometerhjul som trigger målingene ved forhåndsinnstilte intervall. På sleden sender og mottaker med tilhørende antenner, her med senterfrekvens 100 MHz. Bak på ryggen et konsoll som administrerer måleprosessen, og foran en PC som styrer målingene, viser måledata og lagrer måledata på fil.

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 refleksor 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 geologiske media gjelder følgende relasjon;

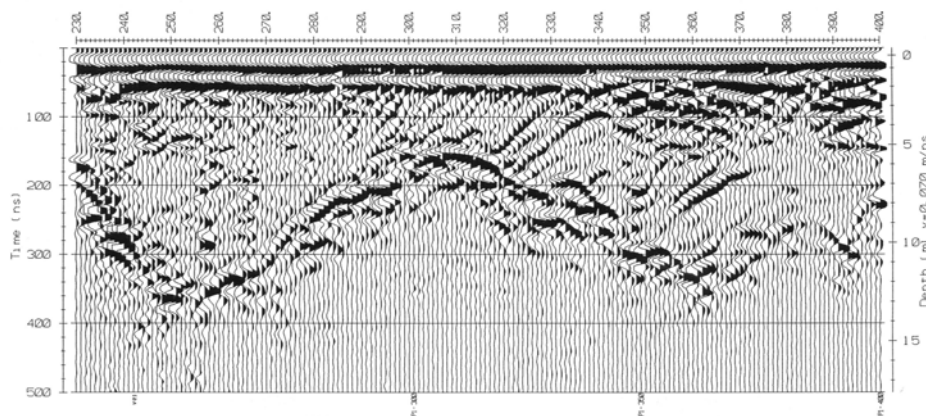
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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 nedenfor 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 bølgepulsene 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>v (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

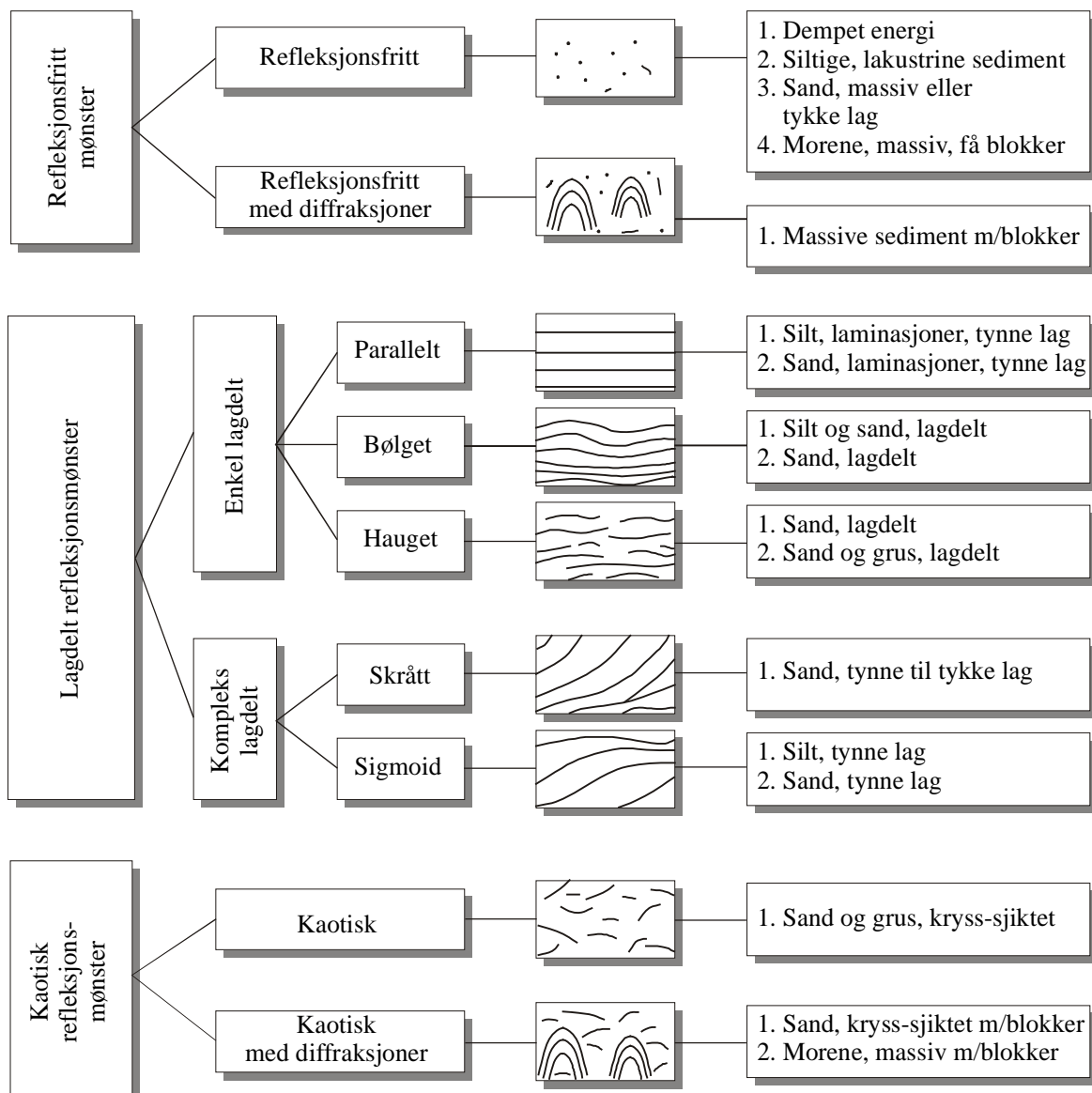
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



Eksempel på georadaropptak, grunnvannsundersøkelse ved Bjørkmo, Røyrvik kommune.

## Refleksjonsmønster

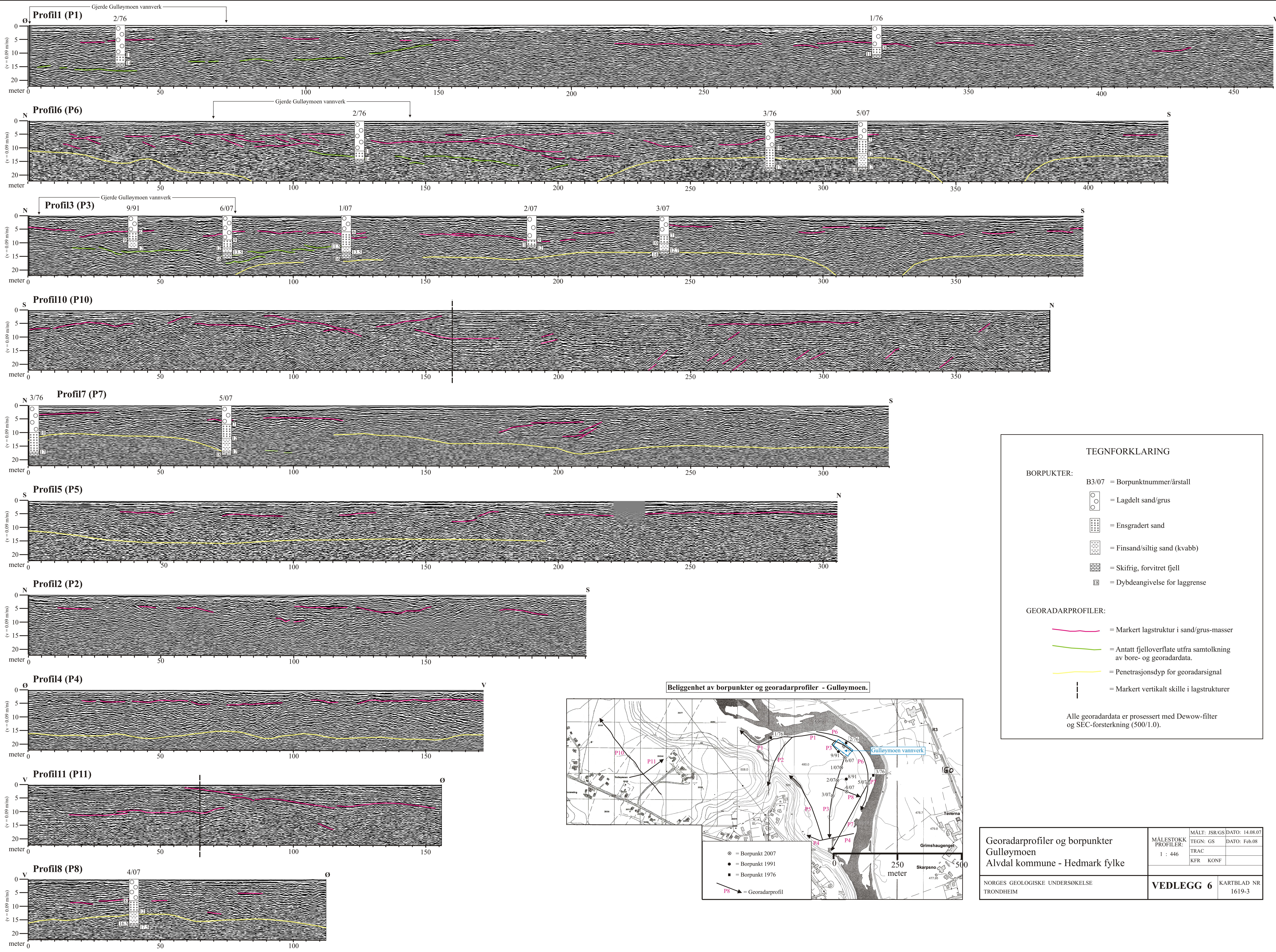
## Tolkning



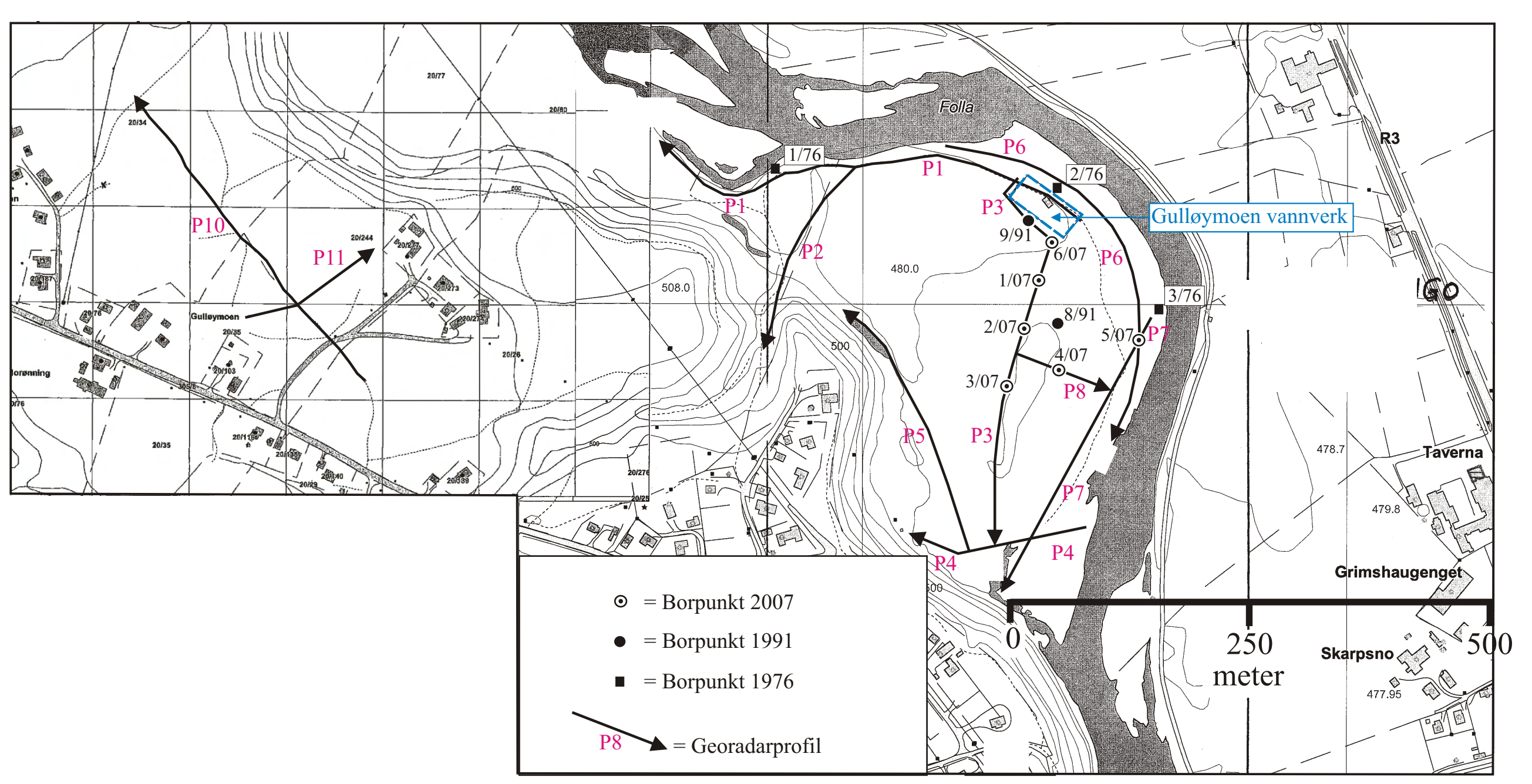
Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

### Referanse:

Beres, M. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeological studies. Groundwater 29, No. 3, 375-386.



Beliggenhet av borpunkter og georadarprofiler - Gulløymoen.



<b>Georadarprofiler og borpunkter</b> <b>Gulløymoen</b> <b>Alvdal kommune - Hedmark fylke</b>	MÅLSTOKK 1 : 446	MALT: JSR/GS DATO: 14.08.07 TEGN: GS DATO: Feb.08 TRAC KFR KONF
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	
<b>VEDLEGG 6</b>		KARTBLAD NR 1619-3