

NGU Rapport 2006.055

Sand-, grus- og grunnvannsundersøkelser på
Eggemoen, Ringerike kommune.

Rapport nr.: 2006.055		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Sand-, grus- og grunnvannsundersøkelser på Eggemoen, Ringerike kommune			
Forfatter: Knut Wolden, Atle Dagestad og Einar Dalsegg.		Oppdragsgiver: Ringerike kommune, BTV-regionen, NGU	
Fylke: Buskerud		Kommune: Ringerike	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1815 III Hønefoss	
Forekomstens navn og koordinater: Eggemoen		Sidetall: 22 Kartbilag: 3	Pris: 130,-
Feltarbeid utført: Mai-juni 2006	Rapportdato: 01.08.2006	Prosjektnr.: 268007	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>I Forbindelse med revidering av kommuneplanens arealdel i Ringerike kommune er det innledet et samarbeidprosjekt mellom kommunen, BTV-regionen og Norges geologiske undersøkelse. Hensikten med prosjektet er å få en bedre oversikt over hvor store mengder sand og grus til byggetekniske formål det er mulig å ta ut på Eggemoen, og om forekomsten har et grunnvannspotensial som framtidig reservevannkilde for Hønefossområdet.</p> <p>NGU har undersøkt de geologiske forholdene på Eggemoen ved hjelp av georadar- og resistivitetmålinger og sonderboringer. Undersøkelsene viser at det over store deler av forekomsten er mer enn 40 meter hovedsakelig sand over marine sedimenter. I dypere lag av forekomsten er imidlertid massene for finkornige til å være godt egnet for byggetekniske formål. Ut fra de undersøkelser som er utført synes en uttaksdybde på ca. 15 meter i de nordlige områdene og 5-6 meter i sør å være realistisk. Dette vil gi 72 millioner m³ utnyttbare mengder sand og grus på Eggemoen. Innenfor en så stor forekomst vil imidlertid små endringer i uttaksdybde utgjøre flere millioner m³. Massene er best egnet til betongrelaterte formål som ferdigbetong, betongelementer og lignende.</p> <p>Eggemoen står ikke i hydraulisk kontakt med noen overflatevannkilde og grunnvannskapasiteten er derfor avhengig av nedbør på selve forekomsten og tilstøtende nedslagsfelt i nord. Beregninger viser at årlig nydanning av grunnvann er ca 2,8 millioner m³ eller rundt 90 l/sek. Dette er i størrelsesordenen det samme som middeldøgnforbruket på dagens hovedvannforsyning. Det er av flere årsaker ikke mulig å nytte seg seg alt nydannet grunnvann så Eggemoen synes ikke egnet som fullverdig reservevannforsyning til hovedvannforsyningen i Hønefossområdet.</p>			
Emneord: Sand og grus	Grunnvann	Kornstørrelse	
Kvalitet	Mengde	Betongformål	
Grunnvannsforsyning	Arealplan	Fagrapport	

INNHOOLD

1.	FORORD.....	4
2.	KONKLUSJON	5
3.	GEOLOGI	6
3.1	Tidligere undersøkelser	6
3.2	Eggemoen.....	6
3.3	Berggrunnsgeologi	6
4.	GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSENE	7
4.1	Georadarmålinger.....	7
4.1.1	Resultater.....	7
4.2	Sonderboringer	8
4.2.1	Resultater.....	9
4.3	2D resistivitetsmålinger.....	11
4.3.1	Resultater.....	11
4.4	Stedfestingsdata.....	12
5.	DISKUSJON	13
5.1	Sand og grus	13
5.2	Grunnvann	14
5.2.1	Nydanning av grunnvann	14
5.2.2	Eksisterende grunnvannsanlegg	15
5.2.3	Sonderboringer og geofysikk	16
6.	VIDERE ARBEID	16
6.1	Sand og grus	16
6.2	Grunnvann.....	16
7.	REFERANSER	18

Figurer.

- Figur 1. Georadarmålinger
- Figur 2. Sonderboringer
- Figur 3. Stor vannføring som infiltreres i grunnen

Tabeller.

- Tabell 1. Forekomstens areal og volum
- Tabell 2. Stedfestingsdata for boringer og profiler

Bilag.

- 1. Georadarmålinger
- 2. Resistivitetsmålinger

Vedlegg.

- Tegning 1. Georadar,- resistivitetsmålinger og borehullsplassering.
- Tegning 2. Utsnitt fra georadarmålinger.
- Tegning 3. Tolkede borehullsp profiler.
- Tegning 4. Resistivitetsmålinger.

1. FORORD

I et samarbeidsprosjekt mellom Ringerike kommune, BTV-regionen og Norges geologiske undersøkelse har NGU foretatt undersøkelser på Eggemoen for å få en oversikt over utnyttbare mengder sand og grus, og om mulighetene for å utnytte grunnvannsressursene som reservevannkilde til eksisterende hovedvannforsyning. Undersøkelsene ble gjennomført i to perioder i mai/juni 2006.

Resultatene fra undersøkelsen blir presentert i denne rapporten.

Trondheim 01.08.2006

Peer-Richard Neeb
lagleder grus og pukk

Knut Wolden
senioringeniør

2. KONKLUSJON

Eggemoen er et stort breranddelta bygd opp foran isfronten i en periode da havnivået var ca. 200 meter høyere enn i dag. De ytterste delene av deltaet mot sør og vest ligger ca. 185 moh., mens de høyeste områdene i nord når opp i 207 moh. En markert breelvnedskjæring i høyde ca. 200 moh. deler avsetningen i et høyere og et lavere nivå. Det groveste materialet og de største mektighetene finnes i det høyeste nivået. Over hele forekomsten preges overflaten av en rekke større og mindre smeltevannsløp. Sentralt i området som forsvart tidligere disponerte, er det ei stor, over 20 meter dyp dødisgrop hvor det er etablert grunnvannsbrønner for lokal vannforsyning.

Over det meste av forekomsten er det over 40 meter hovedsakelig sand over finkornige marine sedimenter. I de nordvestlige områdene er det i borehull 1, 5, 6,7 og 10 påtruffet fjell. Dette indikerer at en fjellrygg stikker opp i avsetningen i denne delen av forekomsten. Et tolket fjelldyp på 29 meter i borehull 8 er mer usikkert. Det er ikke registrert fjell på georadarmålingene som passerer disse borehullene, noe som kan skyldes georadarens dybderekkevidde. Resistivitetsmålingene indikerer fjell

Kornstørrelsen varierer mye over hele forekomsten, både vertikalt og horisontalt. Det er derfor ikke mulig å gi eksakte tall for utnyttbare mengder sand og grus som har en kornstørrelse som etter dagens krav kan benyttes til byggetekniske formål. For å få en best mulig oversikt over utnyttbare mengder er forekomsten delt inn i 4 delområder som hver for seg er volumberegnet, tegning 1. De utnyttbare delene av Eggemoavsetningen har et areal på 7950 dekar og inneholder minimum 72 millioner m³ sand og grus egnet for byggetekniske formål, tabell 1.

TABELL 1. Forekomstens areal og volum fordelt på kornstørrelse og delareal.

Delområde	Areal i dekar	Sand, grus og stein i mill. m ³			Totalt volum i mill. m ³
		Grus og stein	Sand og grus	Sand	
Høyeste nivå (1)	1310	7	9	5	21
Laveste nivå vest (2A)	4010		20	16	36
Laveste nivå øst (2 B)	1470		6	3	9
Tidligere undersøkt (3)	1160		4	2	6
Til sammen	7950	7	39	26	72

Ut fra resultatene fra de utførte hydrogeologiske undersøkelsene vil ikke grunnvannsmagasinet på Eggemoen kunne utgjøre en reservevannskilde til dagens hovedvannforsyning i Ringerike kommune. Begrenset nydanning av grunnvann, som hovedsakelig er gitt av nedbørsinfiltrasjon, sammen med ugunstig løsmasseoppbygging og dreneringsforhold, gir ikke grunnvannspotensial for mer enn lokal vannforsyning. Nydanningen av grunnvann kan imidlertid økes betydelig ved kunstig infiltrasjon av råvann fra Randselva, og de geologiske forholdene som er funnet på Eggemoen kan være gunstig for kunstig infiltrasjon.

3. GEOLOGI

3.1 Tidligere undersøkelser

NGU har tidligere utført en rekke undersøkelser av de store sand- og grusforekomstene nord for Hønefoss, både i form av feltkartlegging, seismiske målinger og konkrete undersøkelser av materialkvaliteten (Kjærnes 1975, Sindre 1976, Reite og Kjærnes 1978, Reite 1980). Sand- og grusforekomstene i Ringerike kommune er vurdert og informasjonen samlet i NGUs Grus- og Pukkdatabase (Nålsund 1985 og Wolden 1992). Deler av Eggemoen er tidligere undersøkt av Wolden og Bargel i 2002.

I tillegg til kartlegging av sand- og grusforekomstene har det vært utført flere undersøkelser av grunnvannsforekomster i dette området (Klemetsrud T. 1979, Huseby og Klemetsrud 1980, Kirkhusmo 1991). Tidligere aktiviteter har hovedsakelig vært rettet mot kartlegging av grunnvannsressursene på Kilemoen, hvor kommunen har sin hovedvannforsyning, mens lite har vært gjort for å kartlegge grunnvannsforekomstene på Eggemoen.

3.2 Eggemoen

Under den siste istiden, som sluttet for ca. 10.000 år siden, var deler av sokkelen og hele fastlands-Norge dekket av en stor innlandsis. Et varmere klima førte til nedsmelting av isen og tilbaketrekking av isfronten. For ca. 9500 år siden trakk isfronten seg tilbake fra Svelvikryggen i Drammensfjorden til Hønefossområdet. På grunn av den enorme tyngden på innlandsisen var landoverflaten presset ned ca. 200 meter i forhold til i dag slik at havet sto inn i Tyrifjordbassenget. Eggemoen ble da bygd opp foran en istunge som lå i Randsfjorden og dannet med tiden et isranddelta ut i Tyrifjordbassenget. Før dannelsen av moen hadde isranden trukket seg et stykke mot nord, og leire ble avsatt på havbunnen foran iskanten. Etter en tid rykket breen fram igjen, og finsand ble først avsatt oppå leirene. Etter hvert som isen rykket nærmere ble materialet grovere og det ble avsatt sand og grus. I siste fase av oppbyggingen av Eggemoen lå isen ved det kuperte terrenget nær dagens fylkesgrense. Store smeltevannsstrømmer førte med seg grovt materiale som grus og stein som ble avsatt som horisontale lag på toppen av moen. Det groveste materialet ble avsatt nærmest isfronten mens mer finkornig materiale ble ført lenger ut på deltaet. På grunn av varierende smeltevannsmengder og stadig skiftende elveløp varierer tykkelsen på lagene sterkt fra sted til sted på deltaflaten. Tykkelsen på topplagene er 6-7 meter i nord og under 1 meter mot terrassekanten i sør. Det er det grove topplaget som representerer de beste sand- og grusressursene. Fin sand med 30-40 m mektighet ligger under det grove topplaget. Under dette igjen ligger finkornige marine avsetninger som silt og leire.

3.3 Berggrunnsgeologi

Berggrunnen i dette området består i nord og vest av forskjellige gneiser og granitter, kvartsitter og amfibolitter. Dette er generelt sterke bergarter med gode mekaniske egenskaper for veg- og betongformål. På østsiden av Randsfjorden, sør for Brandbu, består berggrunnen av Oslofeltets kalksteinsbergarter og skifre. Spesielt skifrene er svake og egner seg dårlig til tekniske formål. Berggrunnen gjenspeiler seg også i løsmassene. På Eggemoen er det derfor et høyere innhold av skifer og kalk i løsmassene enn det en finner på Hensmoen og Kilemoen som har fått tilført løsmasser hovedsakelig fra nord og vest.

4. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSENE

4.1 Georadarmålinger

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som brukes i undersøkelser av sand- og grusforekomster for blant annet å kartlegge strukturer, lagdeling, grunnvannsnivå og fjelldyp.



Figur 1. Georadarmålinger

Foto: K.Wolden

Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målemetoden er vist i bilag 1. Georadarmålinger ble utført i perioden 2-5 mai av Jan Fredrik Tønnesen og Knut Wolden NGU, med hjelp av Stefan Bakken Ringerike kommune i to dager.

4.1.1 Resultater

Det ble til sammen målt 9 profiler med en samlet lengde på 13105 meter. Lokalisering av profilene er vist i tegning 1 og utsnitt av enkelte profiler i tegning 2. Forholdene i undersøkelsesområdet gir gode resultater ned til 20-30 meters dyp. Under dette dypet er det ikke mulig å "se" strukturer i løsmassene blant annet på grunn av signaldemping.

Profil 1 er målt på nordvestsiden av rullebanen i retning sørvest- nordøst. Profilet er 2360 meter og målingene viser i hele profilets lengde et horisontalt liggende topplag som variere fra 2-3 til 6-7 meter. Under dette er det markerte skrålag ned til 20-25 meter som er dybderekkevidden for metoden i dette området.

Profil 2 og 6 går langs vegen fra sørøstenden av rullebanen til terrasseskråningen i vest og viser et horisontalt topplag som variere fra 2-3 til maksimalt 5 meter. Under dette ses skrålag med helning mot sør i den østlige delen. Penetrasjonsdybden er 20-25 meter i sør og stedvis bare ca.15 meter i nordvest. Utsnitt av profil 2 i området ved borehull 13 er vist i tegning 2.

Profil 3 starter i fjell i nord langs vegen til skytebanen og følger denne i 2000 meter. I de første 150 meterne kan fjelloverflaten følges på 3-4 meters dyp, for så å synke til under penetreringsdypet for georadarsignalene. Mellom 165 og 335 meter langs profilet kommer en refleksor inn på 8 meters dyp, synkende til 11 meter. Dette kan være et hengende grunnvannspeil. Fra 400 til 635 meter er det en markert refleksor på 18 meters dyp som kan representere grunnvannsnivået i området. Fram til terrassekanten, 1050 meter langs profilet, er det et horisontalt topplag på opp til 7-8 meters mektighet. Utsnitt av profilet mellom 525

og 625 meter er vist i tegning 2. Videre utover den lavere terrasseflata er topplaget 2 meter. Under topplaget er det i begge nivåene markerte skrålag som kan ses ned til 20-25 meters dyp.

Profil 4 er målt langs ringbanen og viser et topplag som varierer fra 2-3 til 4-5 meters mektighet. Stedvis er det tydelige skrålag ned til 20 meter hvor disse begynner å flate ut. Penetrasjonen på georadarsignalene når ned til ca 20 meter i profilet. Utsnitt fra område ved borehull 14 er vist i tegning 2.

Profil 5 går fra sør til nord i lavere nivå nordøst på forekomsten. Målingene viser et tynt horisontalt topplag over skrålag som kan ses ned til 15-20 meter.

Profil 7 er målt langs en skogsbilveg nord for jernbanelinja. Profilet viser et horisontalt topplag som varierer fra 5-6 meter i øst til 2-3 meters mektighet ved terrassekanten i vest. Under topplaget ses det skrålag til en dybde på 20-25 meter. Sentralt i profilet, mellom borehull 7 og 8, ses markerte horisontale reflektorer i dybder mellom 15 og 20 meter som kan indikere grunnvannsnivået i området. Det er ikke registrert fjell i georadarmålingene da fjelldypet som er påvist i borehull 7 og 8 ligger under dybderekkevidden for målingene. Utsnitt fra området rundt borehull 9 er vist på tegning 2.

Profil 8 går langs en hogstgate i skogen i retning sørvest-nordøst. Profilet viser et horisontalt topplag på 2 meter i sør og stigende til 5-6 meter i nord. Under dette er det markerte skrålag i hele penetrasjonsdypet. Ved 685 meter kommer en markert refleksor inn på 15 meters dyp, stigende til 10 meter i slutten av profilet ved 910 meter. Denne reflektoren tolkes som grunnvannsnivå. Utsnitt av profilet ved borehull 3 er vist i tegning 2.

Profil 9 går i den nordligste delen av området. Her tolkes fjelloverflaten å ligge høyt i hele profilet, varierende mellom 10-15 meter fra starten til fjell i dagen i siste del av profilet. av profilet.

4.2 Sonderboringer

Fra 29 mai til 2. juni ble det foretatt sonderboringer for vurdering av massenes kornstørrelse og sammensetning mot dypet. Lydbildet under neddrivningen, hastighet, spyletrykk og slag er viktige momenter for slik geologisk tolkning. Det ble boret 17 hull med en samlet lengde på 458 meter. Boringen ble utført av Magnar Skogheim fra Brødrene Myhre AS med HAFO 2000T, selvgående borerigg. Arbeidet ble ledet av Knut Wolden NGU.



Figur 2. Sonderboringer.

Foto: K. Wolden

4.2.1 Resultater

Det er boret 17 borehull med lengder fra 9-41 meter. Borehullene er fortrinnsvis plassert langs georadarprofilene for å kunne sammenholde de to undersøkelsesmetodene. Plassering av borehullene er vist på tegning 1 og tolkning av løsmassesammensetningen er vist på tegning 3.

Hull 1.

Sonderboringen er gjort langs georadarprofil 9. Massene består av grovt materiale med en god del grus og stein i hele hullets lengde. Boringene ble avsluttet ved ca. 9 meter i antatt fjell, noe som er i overensstemmelse med georadarmålingene.

Hull 2.

Hullet er boret oppe på terrassen vest for georadarprofil 5. Sonderingene viser grove masser med grus og stein ned til ca. 5 meter. Deretter sand og grus med noe stein til 11 meters dybde. Under dette består massene i det vesentligste av sand ned til 19 meter hvor boringen ble avsluttet.

Hull 3.

Hullet er boret 100 meter fra enden av georadarprofil 8. Øverst er det 5-6 meter med grove masser, deretter sand men med noe grus til 9 meter og vesentlig sand videre ned til 19 meter.

Hull 4.

Hullet er boret der skogsbilvegen krysser profil 8. De øverste 3-4 meterne inneholder sand og grus med en god del stein. Videre sand med noe grus til vel 10 meter og sand til dels finsand til hullets slutt på 18 meter.

Hull 5.

Hullet er boret utenfor georadarprofilene. Boringene viser grove grus og steinrike masser med 4 meters mektighet. Under dette er det sand med en del gruslag ned til 11-12 meter og sand videre ned til 20 meter hvor fjell ble påtruffet. Det ble boret 1,3 meter i fjell.

Hull 6.

Hullet er boret ved vegen nord i undersøkelsesområdet og viser grove grus- og steinrike masser ned til 4 meter. Videre ned til ca. 9 meter er det sand og grus, mens sand dominerer ned til 17,7 meter hvor fjell ble påtruffet.

Hull 7.

Hullet er boret langs profil 7. Massene består av sand og grus med en del stein ned til 3-4 meters dyp. Deretter sand og grus til 8-9 meter og i det vesentligste sand til 32 meter hvor fjell ble påtruffet. Dette er under penetrasjonsgrensen for georadarmålingene og kan derfor ikke bekreftes gjennom disse målingene.

Hull 8.

Hullet er boret ved vegdelet i den østlige delen av profil 7. Massene består av sand og grus med en god del stein ned til 5-6 meter. Under dette er det sand og grus til 11-12 meter og deretter sand ned til 28 meter hvor man mener å treffe fjell. Heller ikke her kan dette bekreftes gjennom georadarundersøkelsene på grunn av begrenset signalpenetrasjon.

Hull 9.

Hullet er boret mellom hull 7 og 8 langs profil 7. Boringene viser grus og stein til 4 meters dyp. Deretter sand og grus til 10-11 meter avbrutt av et grovere steinlag ved 9 meter.

Videre ned til 39 meter er det sand, tildels finsand i dypere lag. Boringen ble avsluttet på 39 meter uten å påtreffe fjell.

Hull 10.

Hullet er boret i vegdelet i den vestlige delen av profil 7. Massene består øverst av 2 meter sand, grus og stein. Under dette er det sand ned til 23 meter hvor boringene indikerer fjell, uten at georadarmålingene registreerte fjell på dette dyp.

Hull 11.

Hullet er boret på terrassekanten langs profil 3. Massene består av sand, grus og stein i de øverste 4 meterne. Deretter sand, til dels finkorning og siltholdig i dypere lag. Hullet er boret til 41 meter uten å påtreffe fjell.

Borehull 12.

Hullet er boret i vestre delen av profil 6. Massene inneholder noe grus mellom 1 og 2 meter, og består videre av sand ned til 20 meter hvor boringen ble avsluttet.

Borehull 13.

Hullet er boret langs profil 2 til 22 meter. Massene inneholder noe grus mellom 1,5 og 3 meter, men domineres forøvrig av sand i hele hullets dybde.

Borehull 14.

Hullet er boret i den vestlige delen av profil 4. Massene består av sand i overflaten og sand, grus og noe stein til ca. 4 meter. Under dette er det i hovedsak sand, med enkelte tynne gruslag ned til 9 meter. Under dette hovedsakelig sand til 24 meter hvor boringen ble avsluttet.

Borehull 15.

Hullet er boret i den østlige delen av profil 4. I de øverste 3 meterne er det grove masser med grus og stein. Deretter er det sand med en del gruslag ned til 8-9 meter. Under dette er det hovedsakelig sand, men med tynne gruslag ned til 19 meters dyp. Herfra og til hullets slutt på 36 meter er det sand.

Borehull 16.

Hullet er boret sentralt i profil 5. Ned til 5-6 meter består massene av sand og grus med en del stein. Videre ned til 10 meters dyp er det sand og noe grus, og under dette består løsmassene hovedsakelig av sand. Boringen ble avsluttet på 38 meter.

Borehull 17.

Hullet er boret i den vestligste delen av profil 1, i enden av den gamle flystripa. Hullet er boret til 40 meters dyp og består av sand og grus i de 4 øverste meterne. Under dette er det sand.

4.3 2D resistivitetsmålinger

Ved 2D resistivitetsmålinger måles den tilsynelatende elektriske motstanden i bakken. Ved å invertere data, kan den spesifikke motstand beregnes. Dette gjør at metoden kan brukes til kartlegging av motstandsforskjeller både i fjell og løsmasser. Ved denne undersøkelsen var det primært sammensetningen av løsmassene som var av interesse, men også dyp til fjell.

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem fra ABEM. Det ble benyttet 4 kabler med 10 m elektrodeavstand som gir en dybderekkevidde på ca. 120 m. Det ble valgt å benytte Wenner elektrodekonfigurasjon, da denne har vist seg å være godt egnet til kartlegging av horisontale strukturer. Profilene er innmålt med håndholdt GPS. For nærmere beskrivelse av målemetoden se bilag 2.

Målingene ble utført i perioden 30/5 – 1/6 av Einar Dalsegg og Atle Dagestad fra NGU. Det ble målt tre profiler med en total lengde på 3200 meter. Profil 1 og 2 er 800 m langt, mens profil 3 er 1400 m. Lokalisering av profilene er vist i tegning 1.

4.3.1 Resultater

Profil 1 og 2 ble plassert tilnærmet diagonalt på hverandre ved eksisterende grunnvannsanlegg i dødisgropa i Melgårds høyde. Profilene ble lagt i dette området fordi det her fantes informasjon om løsmassefordelingen mot dypet fra brønnetableringene. Profil 3 går fra jernbanelinjen i sør og opp mot fjellskråningen i nordøst og overlapper georadarprofil 8. Langs profilet er det boret 2 sonderborehull og derfor mulighet for å samtolke de forskjellige undersøkelsesmetodene. Den modellerte resistiviteten i de tre målte profiler er vist i tegning 4.

Profil 1

Måledata indikerer her et topplag fra 25 til 30 meter med meget høy motstand. Tykkelsen ser ut til å øke noe mot øst, og laget består trolig av drenert sand og grus. Under dette synker motstanden gradvis og ender i området 50 til 300 Ωm . Den gradvise reduseringen av motstanden kan skyldes at sammensetningen av løsmassene blir gradvis finere mot dypet, og at massene trolig representerer vannmettet finsand og silt.

Ved dødisgropa viser måledata et noe uryddig mønster. Noe av dette skyldes trolig støy fra gjerdet, og gjør tolkningen i dette området noe mer usikker. Med disse forbehold indikeres en mer blandet løsmassefordeling gitt av innsynking og nedrasing av grovere masser under nedsmelting av den opprinnelige begravde isen. Inne i denne nedsynkingen er det et område med meget lav motstand, noe som tilsier at det kan være innslag med finere masser. Det er ikke påvist fjell langs profilet, selv om det på dypet indikeres to områder med noe økt motstand.

Profil 2.

Profilet viser tilnærmet samme motstandsbilde som profil 1. Dette indikerer at løsmassene også her består av et topplag på 30 – 40 meter bestående av drenert sand og grus, over ett lag med vannmettet sand som trolig gradvis blir mer finkornet mot dypet. Også på dette profilet indikeres en markert nedsynking ved dødisgropa. I likhet med profil 1 er det også her ett område med lav motstand like under det øvre topplaget, noe som kan indikere innslag av finere masser. Det er heller ikke her indikasjoner på fjell.

Profil 3.

Målingene indikerer også her et drenert topplag med meget høy motstand. Tykkelsen ser ut til å være fra 10 til 20 meter med økende dyp mot sør. Dette samsvarer også med georadarmålingene og sonderboringene. I de underliggende vannmettede massene synker motstanden og ender opp på 1000 til 3000 Ωm . Dette er vesentlig høyere enn ved dødisgropa, noe som indikerer at massene langs dette profilet kan være noe grovere. Den gradvise minkingen av motstanden mot dypet antyder at løsmassene også her trolig gradvis blir finere mot dypet. Fra 1200 og ut profilet er det fjell i dagen (meget høy motstand). Fra 1200 og sørover langs profilet indikerer målingene at fjellet stuper forholdsvis bratt ned, og ved koordinat 300 er dypet trolig nede i 100 til 120 meter.

4.4 Stedfestingsdata

Koordinater for borehullsplassering, georadar- og resistivitetmålinger er sammenstilt i tabell 2. Koordinatene er målt inn med håndholdt GPS.

Georadarprofiler	WGS84-UTM (Sone 32)			
	Start		Slutt	
	Øst	Nord	Øst	Nord
Profil 1	572200	6675064	6676908	573708
Profil 2	572490	6675067	571736	6676316
Profil 3	572195	6677748	571622	6675888
Profil 4	571735	6676288	573189	6676818
Profil 5	573058	6676944	573556	6677952
Profil 6	571736	6676316	571021	6677072
Profil 7	571206	6677524	573094	6676918
Profil 8	572548	6677138	573039	6677890
Profil 9	573213	6678098	573711	6678328

Resistivetsprofiler				
Profil 1	572355	6676042	572918	6676228
Profil 2	572412	6676232	572435	6676988
Profil 3	572534	6677163	573080	6678180

Sonderboringer		
Hull 1	573308	6672008
Hull 2	573380	6677948
Hull 3	572912	6677747
Hull 4	572708	6677232
Hull 5	572577	6677456
Hull 6	572681	6677752
Hull 7	572027	6677317
Hull 8	572754	6677049
Hull 9	572443	6677129
Hull 10	571640	6677447
Hull 11	571346	6676822
Hull 12	571121	6676947
Hull 13	571894	6675735
Hull 14	571906	6676648
Hull 15	572642	6676655
Hull 16	573378	6677323
Hull 17	572353	6675268

5. DISKUSJON

5.1 Sand og grus

Eggemoen er en brerandavsetning bygd opp til 185 moh. i ytterkant av deltaet. Terrenget stiger jevnt til 200 moh. ved jernbanesporet i den nordre delen av deltaet. Her er det en markert terrasse med en høyde på 207 moh. lengst i nord, tegning 1. Over hele avsetningen er det en rekke smeltevannsløp med retning mot sør-sørvest

De undersøkelsene som er utført viser at løsmasseavsetningen består av et grovt, horisontalt topplag med sand, grus og stein. Dette varierer fra 5-6 meter i det høyeste terrassenivået i nord til under 1 meter i de laveste nivåene i sør. Under dette er det skrålag med sand og grus til 8-10 meters dybde. Videre nedover i avsetningen er det sand som blir mer ensgradert og finkornig mot dypet. Det kan forekomme tynne gruslag i den øverste delen av sandpakken.

I følge Grus- og Pukkdatabasen har hele avsetningen et areal på 9958 dekar. Med mektigheter på 30-40 meter blir dette totalt 350 millioner m³. På grunn av finkornige sedimenter i dypere lag av forekomsten er de utnyttbare mengdene til tekniske formål betydelig mindre. I databasen er det anslått en gjennomsnittelig uttaksdybde på 10 meter som gir ca. 100 millioner m³ sand og grus.

Denne undersøkelsen viser at massenes kornstørrelsen varierer betydelig i de forskjellige delene av forekomsten og mot dypet i avsetningen. De best egnede løsmassene for tekniske formål finnes i de nordlige delene av forekomsten der mektigheten på sand- og grusavsetningene er størst. I de ytterste deler av terrasseflata mot sør og sørvest består massene av sand som ofte er ensgradert og finkornig, og som derfor har begrensede anvendelsesmuligheter. For å vurdere mengde utnyttbare masser er forekomsten delt opp i delarealer, tegning 1. Justering av avgrensingene gir et totalt areal på 7950 dekar og et beregnet utnyttbart volum på minimum 72 millioner m³ på Eggemoen, tabell 1.

Den nordre delen av forekomsten, delareal 1, er beregnet å være på 1310 dekar. Boringene viser en gjennomsnittelig mektighet på 5 meter med grove, grus- og steinrike masser som gir ca. 7 millioner m³ egnert for knusing. Det kan videre tas ut sand med en del grus til 12 meters dybde. Dette gir 9 millioner m³ egnert til betongformål. Under dette nivået er det sand som gradvis blir finere mot dypet. Hvor mye av dette som kan utnyttes er usikkert, men med 4 meters mektighet blir det ca. 5 mill. m³ sand. Til sammen gir dette 21 millioner m³ utnyttbare løsmasser i delareal 1.

Delareal 2A, vest for flystripa, har et areal på 4010 dekar som med en gjennomsnittelig uttaksdybde på 5 meter er beregnet å inneholde ca. 20 millioner m³ sand og grus med noe stein til betongformål. Ved å utnytte 4 meter av den underliggende sanden gir dette 16 millioner m³ og til sammen 36 millioner m³ i delarealet.

Delareal 2B, øst for industriområdet, har et areal på 1470 dekar. Det er ikke utført oppfølgende undersøkelser i dette området, men basert på undersøkelsene innenfor industriområdet og generelle vurderinger kan en gjennomsnittelig uttaksdybde på 5-6 meter være realistisk. Dette gir et utnyttbart volum på ca. 9 millioner m³, fordelt med 6 millioner m³ sand og grus og 3 millioner m³ hovedsakelig sand.

Delareal 3, flystripa og industriområdet, inneholder i følge undersøkelsene i 2002 ca. 6 millioner m³ fordelt med 4 millioner m³ sand og grus og 2 millioner m³ vesentlig sand innenfor et areal på 1160 dekar.

5.2 Grunnvann

Tidligere seismiske undersøkelser viser at grunnvannsnivået ligger ca. 40 meter under overflaten i de sentrale deler av forekomsten. Ved så store dyp til grunnvannet er det teknisk utfordrende og kostbart og kartlegge de hydrogeologiske forholdene. I denne undersøkelsen har det derfor ikke vært mulig å bekrefte grunnvannsnivåets beliggenhet eller foreta målinger av vanngiverevnen i løsmassene med de undersøkelsesmetoder som er benyttet. For å kunne gjøre dette måtte det etableres flere undersøkelsesbrønner i utvalgte områder. Det ble imidlertid i samråd med kommunen valgt å utelate slike undersøkelser i dette arbeidet. Vurderinger av grunnvannspotensialet på Eggemoen er derfor basert på tidligere brønnetableringer, sonderboringer, geofysiske undersøkelser samt nedbørs- og dreneringsforholdene i området.

5.2.1 Nydanning av grunnvann

På grunn av at Randselva har skåret seg dypt ned i avsetningen ved Eggemoen står ikke de grovkornete sedimentene i avsetningen i hydraulisk kontakt med en stor overflatevannkilde. I motsetning til Kilemoen, hvor nydanning av grunnvann hovedsakelig skjer gjennom infiltrasjon fra Begna, er derfor nydanning av grunnvann og grunnvannspotensialet på Eggemoen bestemt av nedbørsmengdene som faller på selve avsetningen. I store nedbørsperioder og under snøsmeltingen om våren fører også noen mindre bekker nord for Eggemoen vann inn i avsetningen, figur 3. Størrelsen på tilstøtende nedslagsfelt i nord er derfor også av betydning for tilstrømning og nydanning av grunnvann.

Som et overslag over årlig nydanning av grunnvann på Eggemoen kan årlig nedbørsdata fra NMI over området og samlet areal på nedslagsfelt benyttes. Nedbørsdata må imidlertid korrigeres for hvor mye som renner av som overflateavrenning og hvor mye som fordampes bla. gjennom opptak i vegetasjonen. Beregninger utført på Gardermoavsetningen har vist at ca. 50 % av nedbøren bidrar til nydanning av grunnvann, og det vil være nærliggende å benytte samme infiltrasjonsfaktor (0,5) også på Eggemoen. Benyttes den samme infiltrasjonsfaktoren også for nedslagsfeltet mot nord blir årlig nydanning av grunnvann:

$$\text{Nydannelse}_{(\text{årlig})} = \text{Nedbør}_{(\text{årlig})} * \text{Infiltrasjonsfaktor} * \text{Nedslagsfelt}$$

Med en årlig gjennomsnittlig nedbørsmengde på 800 mm (NMT nedbørsdatabase), og et beregnet nedslagsfelt på ca. 7 km², gir dette en årlig nydanning av grunnvann på 2,8 millioner m³ eller rundt 90 l/sek. Den samlede nydanningen av grunnvann på Eggemoen er dermed i størrelsesorden den samme som middeldøgnforbruket på dagens hovedvannforsyning. Det må her understrekes at beregningene av nydanning av grunnvann er et middel fordelt over hele året, og det er ikke korrigert for at mesteparten av infiltrasjonen skjer i snøsmeltingen om våren, og at nydanningen om sommeren og vinteren er minimal. Det vil heller ikke være praktisk mulig å nyttgjøre seg alt nydannet grunnvann da dette er fordelt over et stort område. Ut fra disse beregningene vil ikke grunnvannsmagasinet på Eggemoen kunne utgjøre en fullverdig reservevannforsyning til dagens hovedvannforsyning hvis nydanning av grunnvann skal baseres på infiltrasjon av nedbør alene.



Figur 3. Stor vannføring i øvre deler av bekken under snøsmeltingen infiltreres i grunne slik at bekken etter hvert forsvinner. Foto: K. Wolden

5.2.2 Eksisterende grunnvannsanlegg

Grunnvann fra avsetningen blir i dag benyttet lokalt fra produksjonsbrønner plassert i ei dødisgrop på kote ca. 175 moh, tegning 1. Det finnes lite geologiske informasjon fra grunnvannsanlegget, men opplysninger i en borelogg i brønndatabasen ved NGU viser at grunnvannsnivået ligger ca 17 meter under overflaten. Under boringen ble det registrert sand og grus ned til grunnvannsnivået og mer finkornig løsmasser under dette nivået. Det er antatt en kapasitet på ca. 5000 l/time. Det er ikke gitt informasjon om filterplassering. Kontakt med Forsvarsbygg, og med Brødrene Myhre AS som har etablert brønnene i området, har gitt mer informasjon som indikerer at grunnvannsnivået kan fluktuere med flere meter, og at kapasiteten per brønn kan være opp mot 15-20 000 liter/time. Dette er imidlertid svært usikre tall da det ikke har blitt gjennomført langtidsprøvepumping av brønnene.

Selv om det er forbundet usikkerheter rundt kapasiteten på dette grunnvannsanlegget, viser imidlertid brønnetableringene i dødisgropa godt utfordringene med å ta ut større grunnvannsmengder under de gitte hydrogeologiske forhold. Boringene viste at det var liten mektighet på sonen med vannmettet sand og grus med god vanngiversevne og betydelig større mektighet på underliggende sand/finsand med lav vanngiversevne. Ved brønnetablering vil det derfor være begrensede muligheter for avsenkningen av grunnvannsnivået i de høypermeable sand og grusmassene, noe som gir lite tilstrømningsområde/influensområde rundt brønnen og gjennomgående lav brønncapasitet.

Et forhold som er med på å redusere den vannmettede sonen med sand og grus, spesielt i ytterkanten av avsetningen, er de dype elvedeskjæringene rundt Eggemoen. Dette fører til at grunnvann i den grove sand og grusen raskt dreneres ut mot disse skråningene og bidrar til å tappe grunnvannsmagasinet og holde grunnvannsnivået lavt i de høypermeable løsmassene. Denne betydelige grunnvannsdreneringen gir opphav til de mange kildeframsprøngene som kan sees i skråningene langs elvedeskjæringene. Høyden på kildeframsprøngene er gitt av nivået på overgangen mellom høypermeabel sand og grus og underliggende lavpermeabel sand/finsand.

5.2.3 Sonderboringer og geofysikk

Resultatene fra de utførte sonderboringerne og de geofysiske undersøkelsene samsvarer med den løsmasseoppbygningen som ble funnet i boringene ved eksisterende grunnvannsanlegg, med en øvre sone med sand og grus over mer finkornig sand/finsand. Dette indikerer at grunnvannet som dannes på avsetningen hovedsakelig strømmer i en øvre sone med sand og grus med høy vannføringsevne, mens en mindre del strømmer i de underliggende lavpermeable massene av sand/finsand. Det har imidlertid ikke vært mulig å bestemme grunnvannsnivå og mektighet på den vannmettede sonen med sand og grus med de utførte sonderboringer. For å kunne gjøre dette må det benyttes større og tyngre boreutstyr for å etablere undersøkelsesbrønner. De geofysiske undersøkelsene som har vært utført indikerer imidlertid gjennomgående betydelig dyp til grunnvannsnivået og følgelig liten mektighet på vannmettet sand og grus.

Basert på tolkningene av de hydrogeologiske forholdene vil kapasiteten til enkeltbrønner etablert på Eggemoen være gjennomgående liten. Da det ikke forligger brønnetableringer ut over de i dødisgropa, er det vanskelig å estimere langtidskapasitet på enkeltbrønner. Estimert kapasitet på brønnene i dødisgropa er trolig ikke retningsgivende for brønner etablert andre steder på Eggemoen, da dannelsen av dødisgropa trolig har gitt gunstigere hydrogeologiske forhold for uttak av grunnvann her sammenliknet med andre områder på moen (ref. beskrivelse resistivitetsprofil 1, tegning 4)

6. VIDERE ARBEID

6.1 Sand og grus

Undersøkelsene har gitt en oversikt over forekomstens oppbygging og struktur, og en grov fordeling mellom grove, grus- og steinrike masser og mer finkornig, sandig materiale. Eventuelle videre undersøkelser vil være graving med gravemaskin i forskjellige deler av forekomsten for en visuell vurdering av massene, og muligheter for prøvetaking for å få nøyaktige kornfordelingsanalyser. På den måten får man et bedre grunnlag for å vurdere massenes anvedelsesmuligheter og dermed et mer eksakt tall for hvor mye som kan utnyttes.

6.2 Grunnvann

De hydrogeologiske vurderingene som er gjort er hovedsakelig basert på tolkning av geofysiske undersøkelser samt grunne sonderboringer. Dette er undersøkelser som gir en oversikt over de hydrogeologiske forholdene men gir lite eksakt hydrogeologisk informasjon. Det hadde derfor vært fordelaktig om det ble etablert 1-2 undersøkelsesbrønner, både for å verifisere de geofysiske tolkningene og observasjonene gjort under sonderboringerne, samt å gi mer eksakte hydrogeologiske tolkninger. Aktuelle lokaliteter for etableringer av brønner ville hovedsakelig være innen delareal 1 som ligger i et område med sand og grus mot dypet og betydelig nydannelse av grunnvann.

Et annet forhold som kan undersøkes på Eggemoen er mulighetene for økt lokal grunnvannsdannelse og brønnkapasitet gjennom kunstig infiltrasjon av overflatevann. Dette innebærer at råvann fra Randselva pumpes opp på deltaflaten og infiltreres gjennom filterbassenger oppe på deltaflaten på Eggemoen. Den betydelig mektigheten på den drenerte sand og grusen gir meget gunstige forhold for infiltrasjon og rensing av overflatevann. Utfordringen med en slik rensemetode er å fange inn mesteparten av infiltrert råvann. Da de geofysiske undersøkelsene ved grunnvannsanlegget i dødisgropa indikerte en skålformet forsinking i de underliggende lavpermeable finkornige sedimenter er dette området aktuelt

sted å utprøve kunstig infiltrasjon på Eggemoen. I forbindelse med et slikt infiltrasjonsforsøk må det gjennomføres ytterligere geofysiske undersøkelser og utføres grunnboringer med nedsetting av observasjonsbrønner.

7. REFERANSER

- Huseby, Sigurd; Klemetsrud, Tidemann 1980: Hønefoss. Vannressurskart "Grunnvann i løsavsetninger"; Hønefoss; 18153; 1:50 000; Trykt i sort/hvitt; Kart og beskrivelse i egen perm. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Kirkhusmo, Lars A. 1991: Grunnvann i Ringerike kommune. NGU-rapport 91.018. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Kjærnes, P.A. 1975: Kvartærgeologisk kartlegging med spesiell vekt på sand- og grusforekomster. Ringerike kommune, Buskerud. *NGU Rapport nr. 1402*.
- Klemetsrud T. 1979: Grunnvannsanlegg Kilemoen. NGU-rapport HY-00439. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Nålsund, R. 1985: Grusregisteret i Ringerike kommune. *NGU Rapport nr. 85.038*.
- Reite, A.J. 1980: Sand- og grusressurser i deler av Ringerike kommune, Buskerud. *NGU, Rapport nr. 1633/1*.
- Reite, A.J. og Kjærnes, P.A. 1978: Seismiske målinger på Kilemoen, Hensmoen, Vallerstømoen og Eggemoen. *NGU Rapport nr. 1677*.
- Sindre, A. 1976: Seismiske grunnundersøkelser, Hensmoen og Eggemoen, Ringerike, Buskerud og Jevnaker, Oppland. *NGU Rapport nr. 1512*.
- Wolden, K. 1994: Forvaltningsplan for åtte kommuner i Buskerud fylke. *NGU Rapport 94.036*.
- Wolden, K., Bargel, T. 2002: Sand- og grusundersøkelser innenfor reguleringsområdet for Eggemoen industriområde og flyplass. *NGU Rapport 2002.080*.

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

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

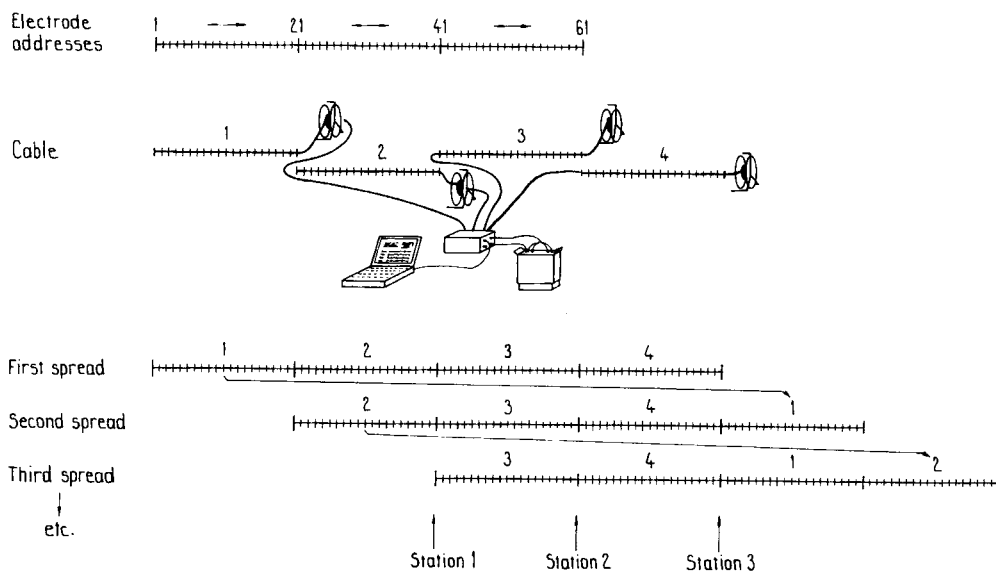
METODEBESKRIVELSE 2D RESISTIVITET

2D resistivitetsmålinger utføres med ett kabelsystem tilkoblet en sender og mottakerenhet, og måler tilsynelatende resistivitet (elektrisk motstand) i bakken.

Datainnsamling

Kabelsystemet er utviklet ved den tekniske høgskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av en releboks (Electrode Selector ES 10-64C) og to eller fire multi-elektrode kabler og et måleinstrument ABEM Terrameter SAS 4000, (ABEM 1999). NGU har kabler med elektrodeavstander på 2, 5 og 10 meter, noe som gir en dybderekkevidde på henholdsvis ca. 25, 60 og 120 meter. Oppløsning, og dermed nøyaktigheten, er størst i den øvre halvdel av pseudoseksjonen, noe en må ta hensyn til ved valg av elektrodeavstand.

Elektrodekonfigurasjon velges ut fra den oppgave en skal løse. Wenner har gitt gode resultater ved kartlegging av horisontale strukturer, mens dipol/dipol synes best egnet for kartlegging av vertikale strukturer.



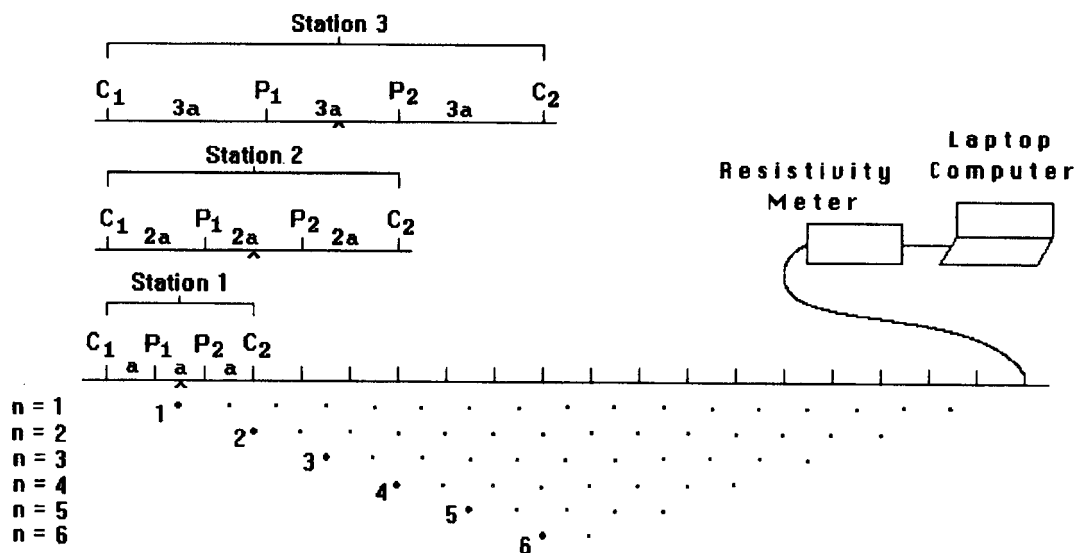
Figur 1: Prinsippskisse av kabelsystem bestående av kabler med elektroder, bryterboks, måleutstyr og PC (fra Dahlin 1993).

Inversjon

Ved alle resistivitet-målinger måles tilsynelatende verdier. Disse representerer et veid middel av alle resistiviteter som er innenfor målingens influensområde. For å finne den spesifikke resistivitet i ulike deler av undergrunnen må data inverteres. Dette utføres ved at profilet deles opp i blokker som tilordnes en bestemt resistivitetsverdi.

Denne blir så justert i flere trinn (iterasjoner) inntil responsen fra den teoretiske modellen blir mest mulig lik de målte data.

Resistivitet- data inverteres ved bruk av dataprogrammet RES2DINV (Loke 2001). "Least Square" ble benyttet som inversjonsmetode. Vertikal/horisontalfilter er ved inversjonen satt til 0,5, noe som til en viss grad favoriserer horisontal lagdeling.



Figur 2: Konstruksjon av pseudoseksjon. C1 og C2 angir strømelektroder, P1 og P2 potensialelektroder. N angir multipler av minste elektrodeavstand.

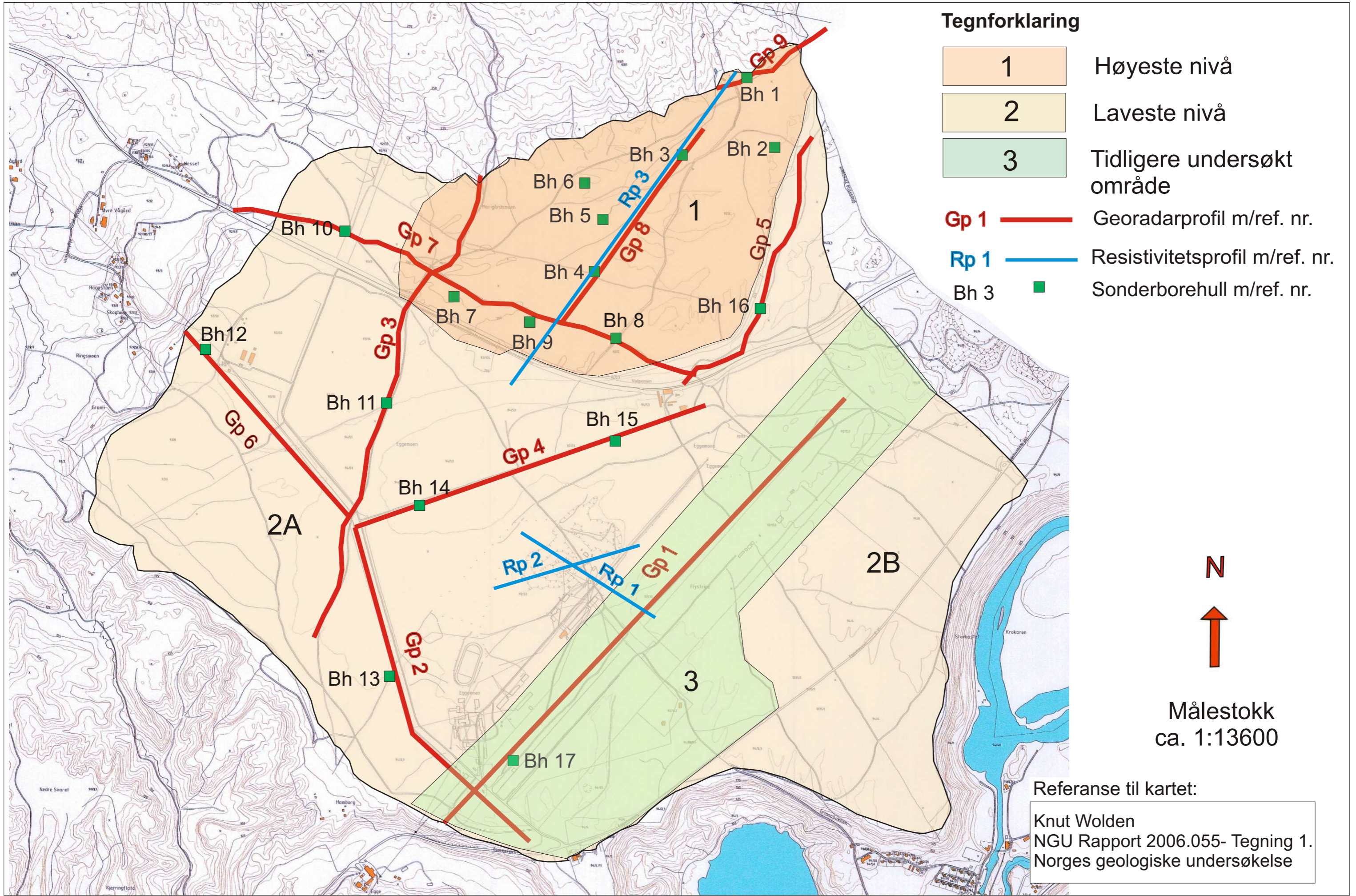
Referanser:

ABEM 1999. ABEM Terrameter SAS 4000/SAS 1000. Instruction Manual. ABEM Printed Matter 93101. ABEM, Sverige.

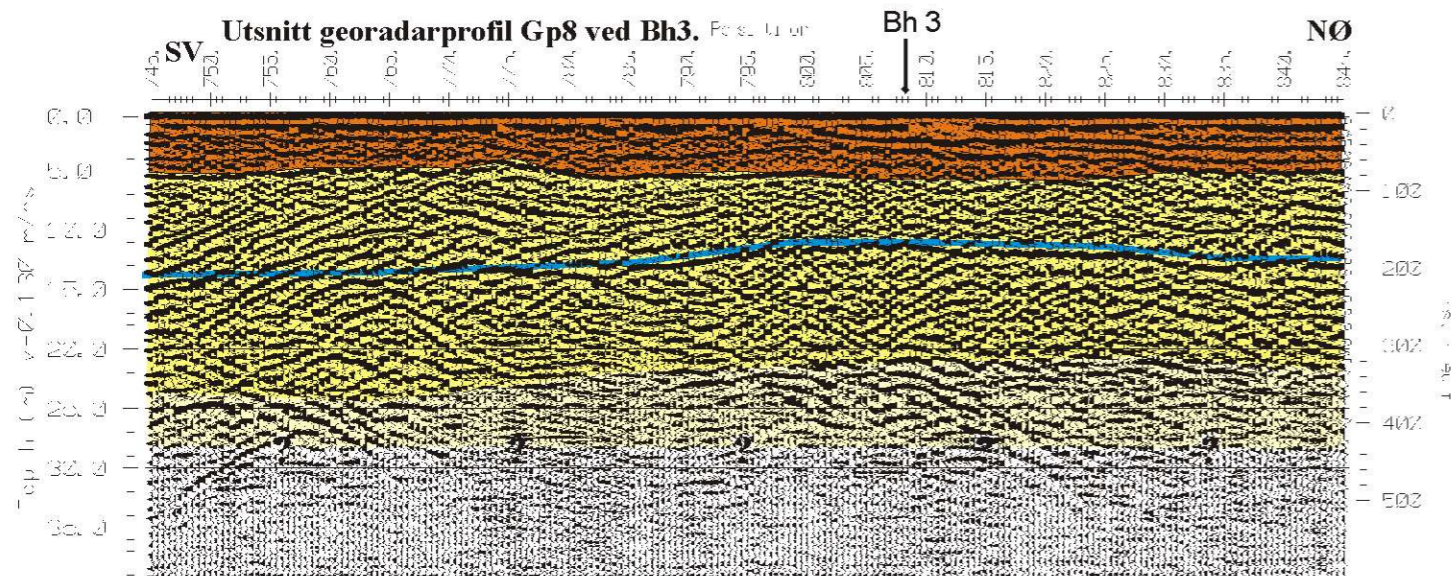
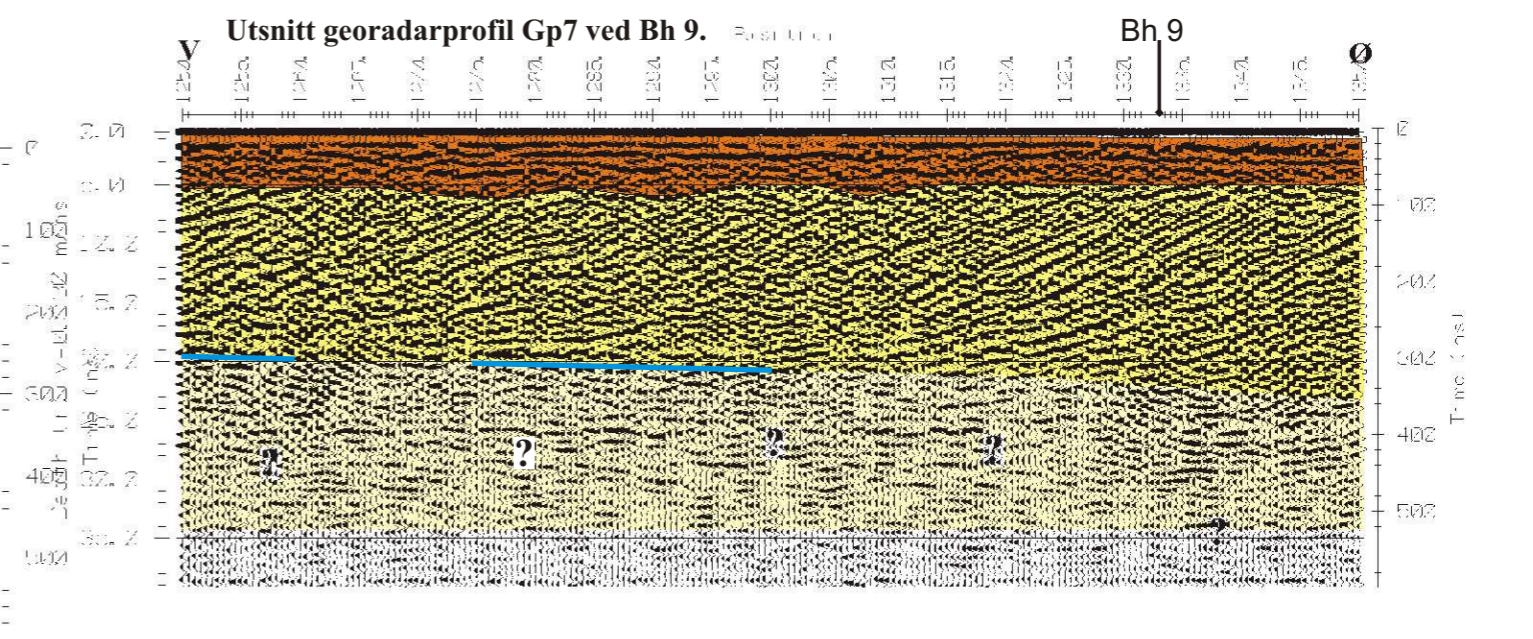
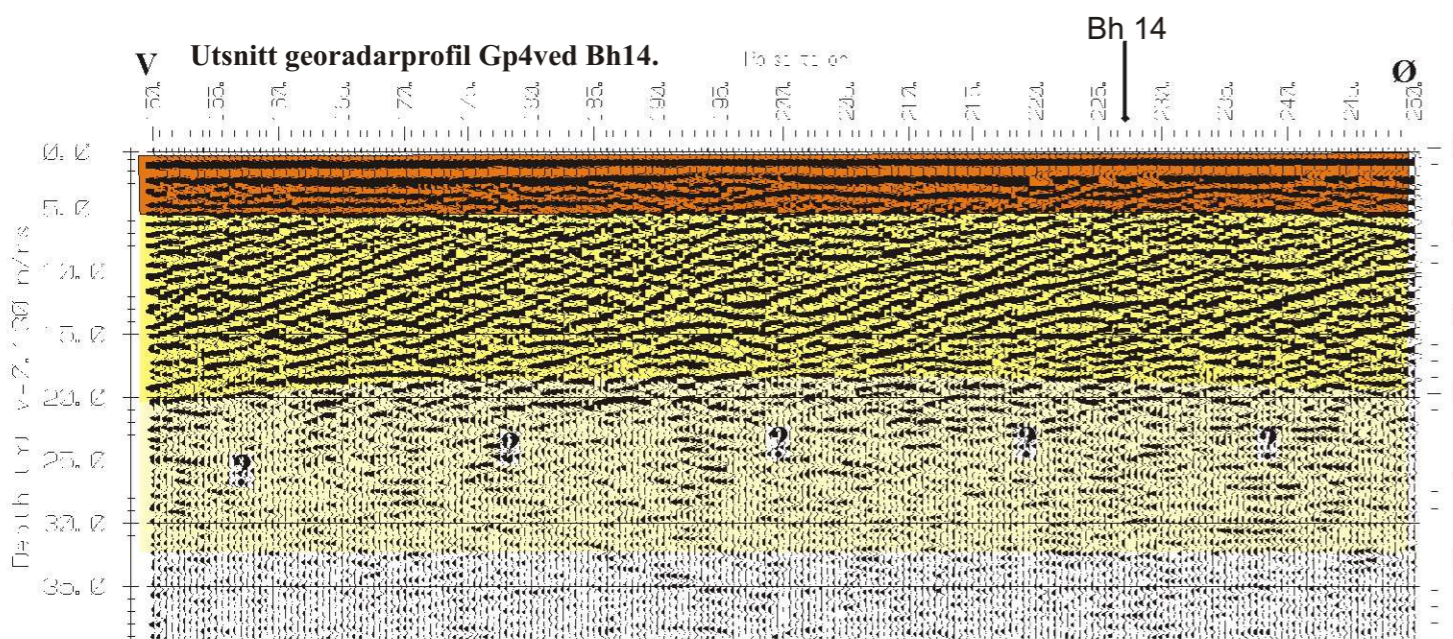
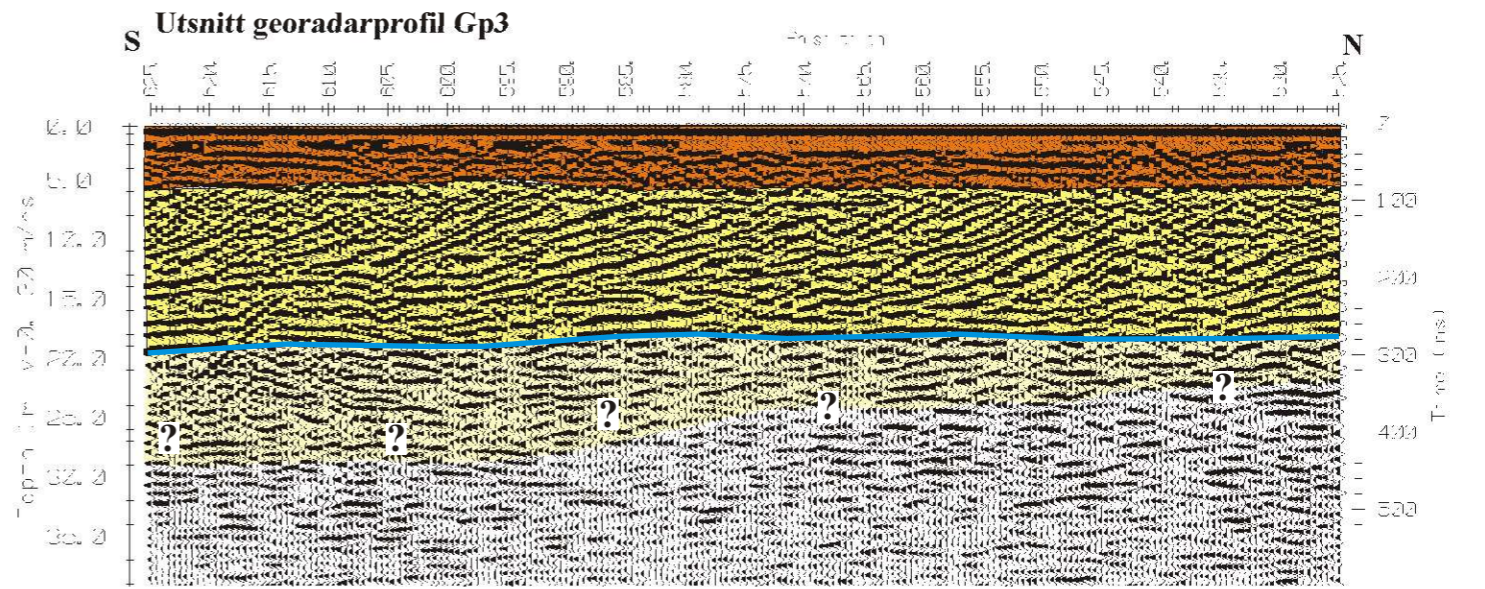
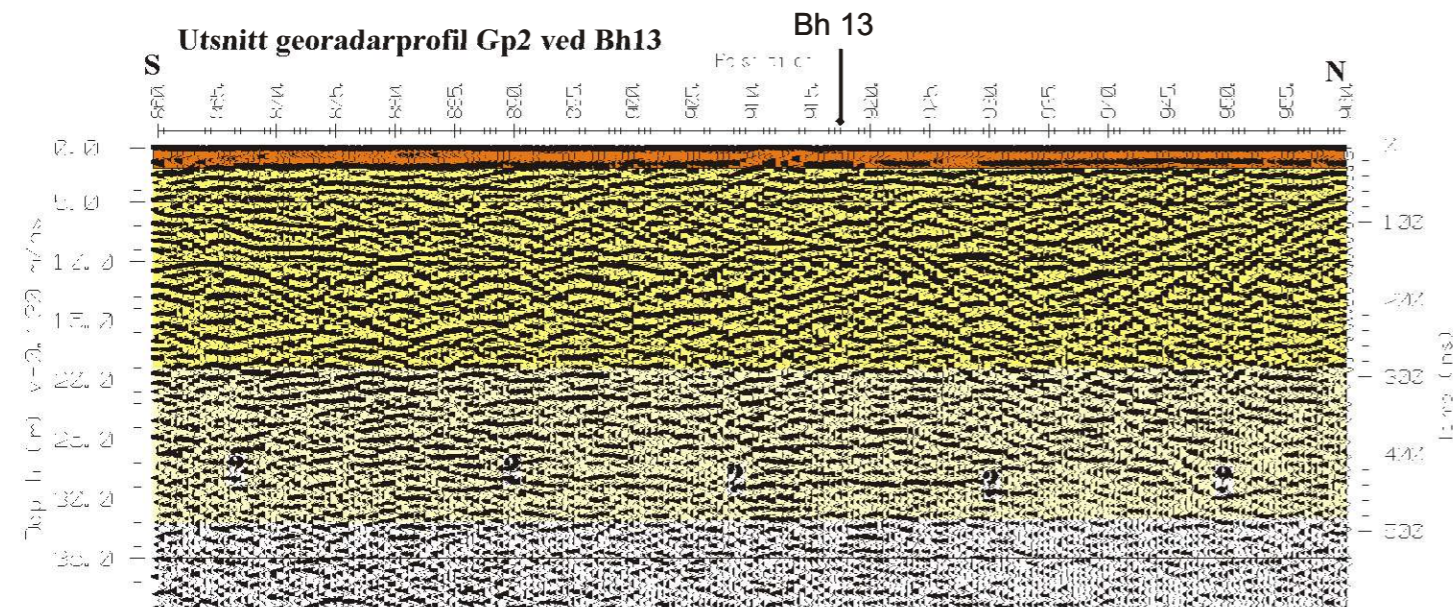
Dahlin, T. 1993. On the Automation of 2D Resistivity Surveying for Engineering and Environmental Applications. Dr. Thesis, Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. ISBN 91-628-1032-4.

Loke, M.H. 2001: RES2INV ver. 3.4. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.



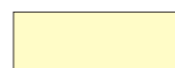
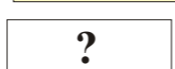
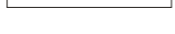
Eggemoen. Undersøkt område med plassering av georadarprofiler og borehull



Eggemoen. Eksempler på georadarmålinger



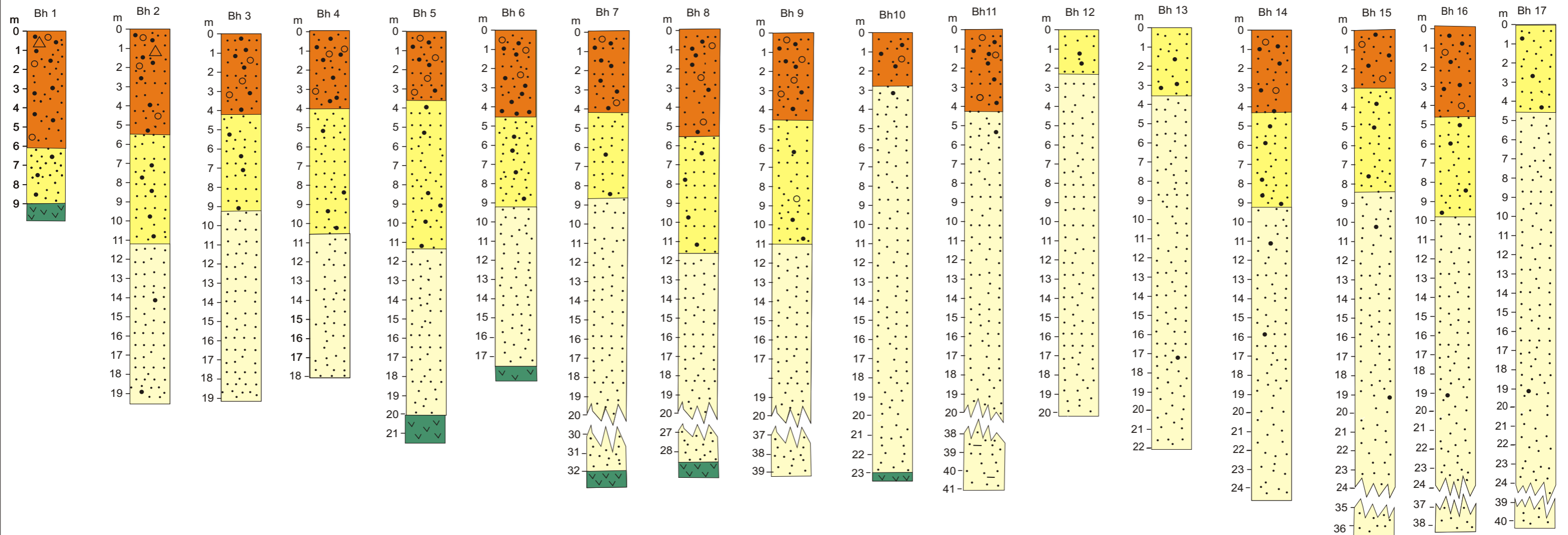
Tegnforklaring

-  Topplag
-  Skrålag
-  Bunnlag
-  Penetrasjonsdybde
-  Antatt grunnvannsnivå

Referanse til kartet:

Knut Wolden
 NGU Rapport 2006.055- Tegning 2.
 Målt: J.F.Tønnesen. Juni 2006
 Norges geologiske undersøkelse

Eggemoen. Borehullsprofiler



Tegnforklaring

- Sand, grus og stein
- Sand og grus
- Vesentlig sand
- ▽▽▽ Antatt fjell

Kornstørrelse

- | | |
|---------|-----------------------|
| △ △ | Blokk >256 mm |
| ○ ○ | Stein 64 - 256 mm |
| ● ● ● | Grus 2 - 64 mm |
| | Sand 0,06 - 2 mm |
| - - - | Silt 0,063 - 0,002 mm |
| ~ ~ ~ | Leir <0,002 mm |

Referanse til kartet:

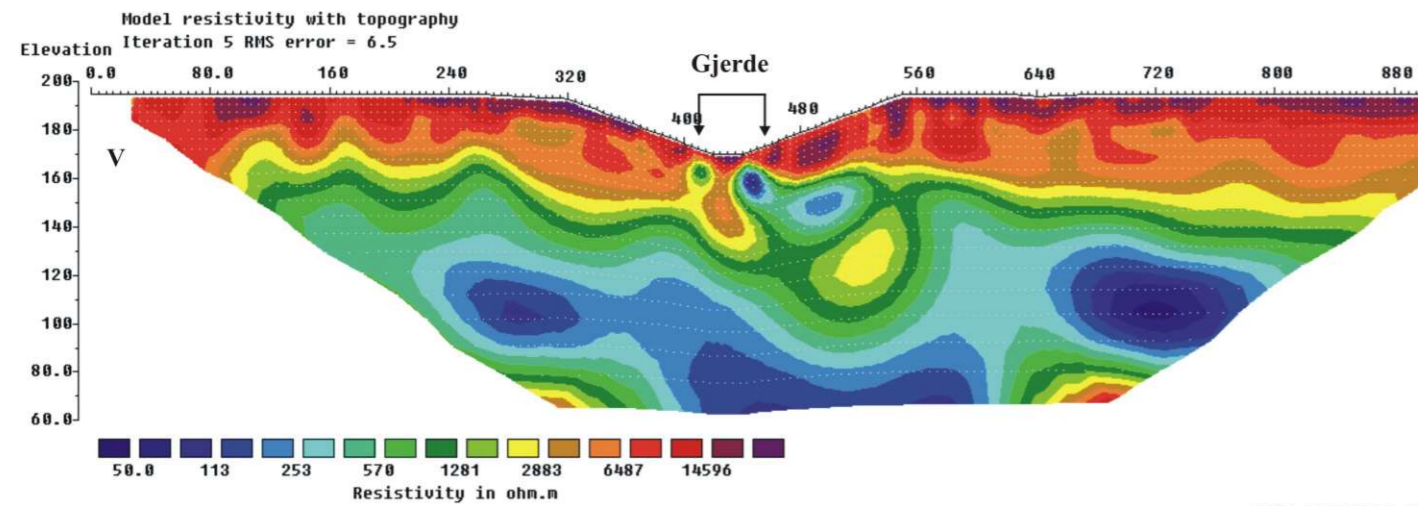
Knut Wolden
 NGU Rapport 2006.055- Tegning 3.
 Norges geologiske undersøkelse

Eggemoen. Resistivitesmålinger.

Profil 1

Resistivitet

Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

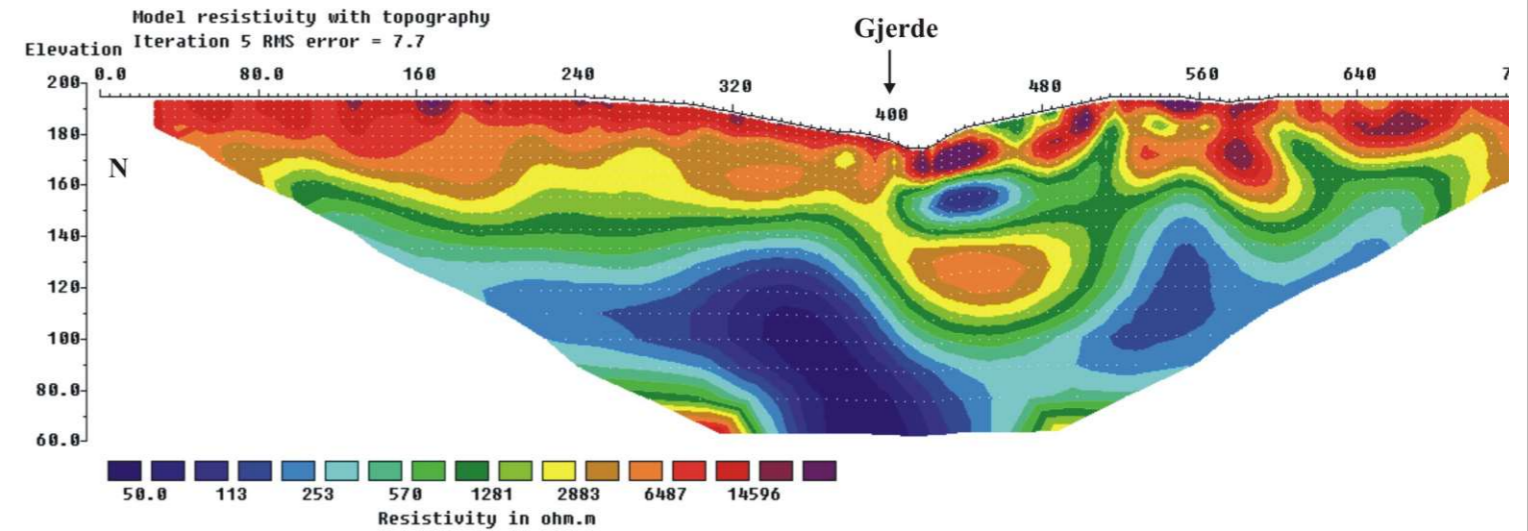


Unit Electrode S_i

Profil 2

Resistivitet

Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

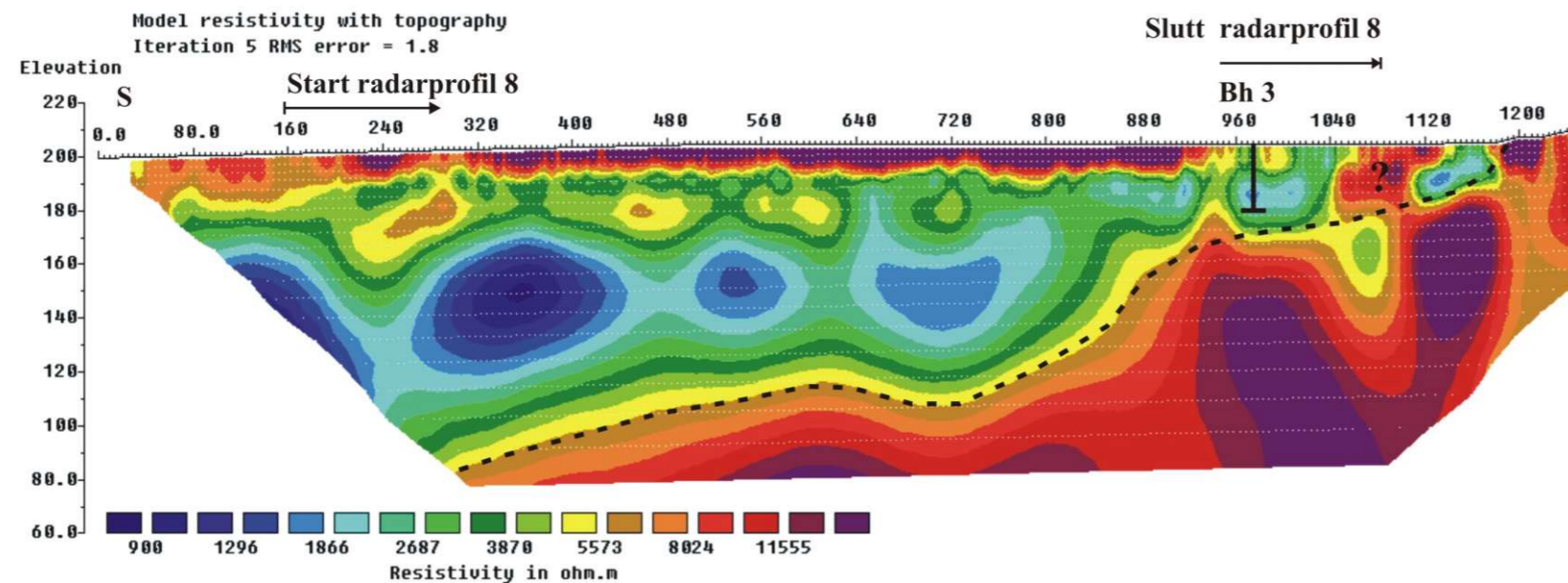


Unit Electrode S

Profil 3

Resistivitet

Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



Horizontal scale is 4.16 pixels per unit spacing

Unit Electrode S

Referanse til kartet:

Knut Wolden
NGU Rapport 2006.055- Tegning 4.
Målt: E. Dalsegg. Juni 2006
Norges geologiske undersøkelse