

NGU Rapport 2006.044

Hydrogeologiske undersøkelser ved Urnes
stavkirke, Luster kommune. Sluttrapport.

Rapport nr.: 2006.044		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Hydrogeologiske undersøkelser ved Urnes stavkirke, Luster i Sogn. Sluttrapport.				
Forfatter: Hans de Beer, Øystein Jæger		Oppdragsgiver: Riksantikvaren		
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Luster		
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Solvorn, 1714 IV		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 37	Pris: 85 kr	
Feltarbeid utført: 05-06.04.2006		Rapportdato: 15.10.2006	Prosjektnr.: 2712.00	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>Hydrogeologiske undersøkelser ved Urnes stavkirke viser at kirken er fundamentert på relativ finkornig morenemateriale med en generelt lav hydraulisk ledningsevne. Sonderboringer har påvist at mektigheten til morenedekket varierer fra cirka 2,0 m ved den nordlige grensen av kirkegården til mer en 11,0 m direkte sør for kirkegården. Under kirken er løsmassetykkelsen cirka 6,0 til 8,0 m over fast fjell. Kornfordelingsanalyser tyder på relativ lav hydrauliske ledningsevne på løsmassene i det undersøkte området. Generelt sett har den øverste meter av massene en høyere ledningsevne enn massene som ligger under. Dette tyder på at størstedelen av grunnvannstrømmen foregår i den øverste meteren av løsmassene. På grunn av den relativt lave hydrauliske ledningsevnen i løsmassene infiltrerer trolig kun en liten del av nedbørsmengden i grunnen, noe som gir liten grunnvannstrømningen og små variasjoner i grunnvannstanden over tid. Målingene av grunnvannstanden som pågår nå, kan gi et bedre forståelse av denne prosessen og dermed betydningen for massenes stabilitet.</p> <p>Bevegelsen i grunnen ved Urnes stavkirke skyldes trolig en kombinasjon av jordsig og uvasking / erodering av løsmassene ved overflateavrenning .</p> <p>For å redusere overflateavrenningen langs og under kirken anbefales det å etablere et system av grunne grøfter for å lede vannet bort fra kirken. Det anbefales å plassere grøftene i øst-vest retning, nord og nordøst for kirka.</p> <p>Ut fra resultatene av grunnvannstandsmålinger som blir utført vinteren 2006/2007, kan det blir aktuelt å forbedre dreneringssystemet langs nordsiden av kirka. På det nåværende tidspunkt er det likevel uklart om dette vil være et effektiv tiltak for å redusere bevegelser i grunnen. Det anbefales å fortsette grunnvannstandsmålinger gjennom høst og vintersesongen og utføre en tolkning av resultatene våren 2007.</p> <p>For å kvantifisere og vurdere omfanget av jordsig på stedet anbefales det å etablere et kontrollopplegg for å måle grunnbevegelser. Det anbefales å trekke inn geoteknisk kompetanse ved etablering av et slikt kontrollsystem, samt for vurdering av stabiliteten i grunnen og for utforming av eventuelle tiltak for å forbedre situasjonen.</p>				
Emneord:	Grunnvann		Hydrogeologi	
Stabilitet	Løsmasse		Kornfordeling	
			Fagrapport	

INNHOLD

1. INNLEDNING	4
2. BAKGRUNNSINFORMASJON OG HISTORIKK.....	4
3. FELTUNDERSØKELSER	7
4. KONKLUSJONER	8
5. ANBEFALINGER	10

FIGURER

Figur 1: Illustrasjon av jordsig som følge av frost og gelifluksjon (fra Washburn, 1979).

TABELLER

Tabell 1: Innmålinger boringer og peilerør

VEDLEGG

Vedlegg 1: Oversiktskart sonderboringer/peilerør.

Vedlegg 2: Borelogger sonderboring 1 til 5.

Vedlegg 3: Analyserapport 2006.0159.

Vedlegg 4: Overslag hydraulisk kapasitet fra sikteanalyser.

Vedlegg 5: Måleresultater grunnvann.

1. INNLEDNING

På bakgrunn av forespørsel fra Riksantikvaren utførte NGU i mai 2006 hydrogeologiske undersøkelser ved Urnes stavkirke i Luster kommune i Sogn.

NGU ved Hans de Beer ble gjennom en samtale med Ellen M. Devold hos Riksantikvaren og ved brevet av 6. februar innført i problemstillingene rundt setningsproblematikken ved stavkirkene i Norge og de trusler de utgjør for disse kulturminnene. Riksantikvaren har behov for å øke kunnskapen om de hydrogeologiske forholdene rundt og under stavkirkene, samt sammensetningen av undergrunnen. Det finnes skriftlige kilder som tyder på at tidligere setninger under enkelte av stavkirkene kan ha oppstått ved endringer i hydrogeologiske forholdene etter arkeologisk utgravning, utførte byggingsarbeider eller drenering i områdene rundt kirkene.

Riksantikvaren ønsker i første omgang NGUs kompetanse i forbindelse med en utredning av de geologiske forholdene ved Urnes stavkirke i Luster i Sogn. Her er det observert bevegelse i murene under nordre og østre del av kirka, og det antas av overflatevann som renner inn under kirken vasker ut løsmasser under kirka. Utgravning i 1957 har ført til at graver og stolpehull under kirka er fylt med andre masser (stein) enn omgivelsene og det er rapportert at understøttelse under grunnstokkene ikke er tilfredstillende for stabiliteten av kirka.

I henhold til det som er beskrevet i vårt tilbud av 14. februar 2006 har vi utført følgende aktiviteter:

- Innsamling av bakgrunnsinformasjon og historikk.
- Feltundersøkelser, som inneholder:
 - utføring av sonderboringer for vurdering av grunnforhold
 - etablering av peilerør for vurdering av grunnvannsstanden
 - prøvetaking av løsmasser til korngraderingsanalyse
- Foreløpig tolkning og rapportering.

2. BAKGRUNNSINFORMASJON OG HISTORIKK

For å få en best mulig oversikt over problemstillingen og som forberedelse til feltarbeidet, ble det gjennom Riksantikvaren samlet inn opplysninger om aktuelle og historiske forhold ved stavkirken og i nærområdet. Dette gjelder blant annet:

- beskrivelse av tegn på setningsproblemer, eventuelle skader og utførte tiltak, historiske kilder.
- beskrivelse av eventuelle problemer når det gjelder avløp eller drenering.
- oversikt og detaljer over (arkeologiske) utgravninger og resultater.
- endringer i terreng: terrengheving og planering.
- historisk oversikt over vedlikeholdsarbeid rundt stavkirken, spesielt med hensyn til stabilitet og eventuelle råteskader ved kirken.

I tillegg ble det samlet inn relevante litteraturhenvisninger og tegninger av kirkebygget og fundamentering. NGU har mottatt et digitalt kartgrunnlag fra Luster kommune, samt muntlige opplysninger angående utførte gravearbeider i forbindelse med etablering av brannsikringsanlegget. En oversikt over innsamlet bakgrunnsinformasjon og referanser er vist etter kapittel 5.

Ut fra de mottatte opplysninger er følgende aktiviteter relevant for hydrogeologiske forholdene, og som kan påvirke stabiliteten av kirken.

Fundamentering og byggekonstruksjon

Det foregikk arbeider med stavkirke i 1902-1907. Det ble blant annet foretatt grunnarbeider i koret. Det ble påvist store steiner i blåleiren innenfor de indre stavnene i koret.

Sommeren 1956 ble det foretatt reparasjon av fundamentene og svillene under sørveggen. Grunnmur under sørvegg i skip, kor og kortilbygg ble revet ned og bygget opp igjen. Muren lå tidligere oppå bakken, men "ble nå fundamentert i forsvarlig dybde". Noen store dype hull gravd ned i bakken ble også påvist og ble tolket som stolpehull for et tidligere byggverk. I Fortidsminnets arkiv opplyses det om nye murer under syllstokkene i 1957, provisorisk oppretting av bjelkelaget i 1970, refundamentering og innlegging av nytt bjelkelag under skipet i 1971 og nytt trykkimpregnert bjelkelag under korgulvet i 1982.

Grunnstokkene med hele bygget er lagt på tverrgående bjelker etter utgravingene i 1957. Tilfeldig og dårlig understøttelse under disse bjelkene, og under andre deler av bygget, gir en usikker situasjon i forhold til stabiliteten. Understøttelsen er mange steder tørrmurte piler med én stein i høyden mens det andre steder er benyttet treboks satt opp på høykant. Midlertidig utbedring ble utført 1. desember 2005.

Undersøkelser 1. desember 2005 viste at det ligger en røys av stein nord for nordre grunnstokk. Det er mye dårlig mur under veggene i skipet, særlig mot sør og vest men mest i sørøstre hjørne. I det nordvestre hjørne ser det ut at støttemuren er på vei inn under kirken. Muren er presset inn og ned. Bjelken som går gjennom fundamentet på alteret i koret har lagt seg over mot vest.

I 1974 ble det foretatt en befaring av Granum, Gjone, Lundby, Selberg og Aune til å vurdere stabiliteten ved Urnes stavkirke. Hovedkonklusjon fra denne befaringsrapporten er at den skjevhet som ble konstatert i 1974 etter all sannsynlighet har tiltatt på grunn av vindpåkjenninger (storm fra syd). Vind fra nord synes ikke å ha samme ugunstige effekt på grunn av terrengformasjonene. Det ble anbefalt umiddelbare utbedrings- eller forsterkningsarbeider og at det skulle etableres en kontroll av bevegelser, f. eks. lodding fra fikserte punkter i toppen og mot faste punkter i grunnen (grunnstokken).

En summarisk befaringsrapport fra 1986 nevner behov for oppsetting av fastpunkter for kontroll av setninger. Det ble ikke funnet senere referanser til dette i arkivet til Fortidsminneforeningen.

Grunnforholdene

Ut fra den kvartærgeologiske kart (NGU, kartblad 1417 IV, M: 1:50.000, 1982) er Urnes stavkirke bygd på sammenhengende dekke av morenemateriale, stedvis med stor mektighet.

Det ble foretatt arkeologisk utgraving under hele kirka i 1957. De stedegne løsmassene ble beskrevet som blågrønn og meget fast sand med fall mot sørvest. En steinpakning inn til sidene i det eldre bygget ble beskrevet. Det ble påvist graver fra tida før den første bygningen på stedet, og fra senere perioder. Gravene ligger under og rett nord for skip og kor. Nyere graver funnet under gulvene ble i 1906 flyttet inn under midtgangen. Etter utgraving i 1957 ble gravene og hullene etter stolper og fundamenter fylt med stein. Ifølge opplysningene fra A. Christensson ved Riksantikvaren kan dette ha ført til bedre dreneringsforhold og dermed

mulig til ustabile masser på grunn av økte gjennomstrømningshastigheter. Under utgravningene ble fundamentstein for svalgangen registrert cirka 1 meter nord for skipets vegg.

Grunnforholdene på kirkegården er for en stor del ukjent.

Det er gravd ned en bunkers for teknisk rom for brannsikringsanlegget øst for kirkegårdsmuren, omtalt i 1979, men sannsynligvis bygd i 1960-tallet. Gravearbeidene ble utført av kommunen, som ved Bjørnholt opplyser at det skal være drenerende masser i området og ikke leire. I 1993 ble det gravd sjakt for installering av brannslange og skap øst for koret.

Terreng

I 1973 ble terrenget rett nord for kirken planert noe ut. Senking av terrenget på nord og østsiden av bygningen er referert mange ganger opp gjennom 1900-tallet. I 1956 ble terrenget på nordsiden av kirka senket. I 1971 ble det utført senkning av terreng langs nord- og østvegg. I 1983 og 1986 ble det oppfordret at terrenget øst for kortilbygg bør senkes.

Dagens terreng skråner ned mot kirka og forsetter nedover på sørsiden. Kirkegårdsmuren er flyttet nordover etter 1954. Gravlunden er fortsatt i bruk.

Opplysningene tyder på synlige bevegelse i terrenget. Ved tining og smelting om våren skal det være verst. Det ser ut at de øvre jordmasser beveger seg nedover og sørover, også under bygningen.

Overflatevann og grunnvann

I 1975 ble drenerør lagt ned i grøft nord for skipet. I 2003-2004 var røret tett og ble det staket opp slik at det igjen rant vann ut mot vest. Røret fortsatte vestover og ut under kirkegårdsmuren i vest. Røret tok i mot vann både fra taknedløp i hjørnet mot koret og fra sivevann gjennom hull på oversiden av røret. Dreneringen ble i 2005 undersøkt og forsøkt forbedret ved å rette ut lavpunkter rettene uten hump opp som forhindret vannets vei mot vest. Nytt rør uten hull tilknyttet nedløp ble lagt ned, men ble ikke gravd dypere ned på grunn av graver og fundamenter.

Vann renner inn både fra nord og øst, og særlig fra øst mot sørsiden av alteret har det rent mye vann ifølge Riksantikvarens opplysninger. Vannet blir ikke liggende under koret, men drar med seg noe løsmasser.

Stein under svilla på vestfasaden nord for trappa heller innover og samler opp vann (notat E.M. Devold, Riksantikvaren 29.03.06).

Ifølge personlig meddelelse den 6. april 2006 fra Jørgen Bøen, graver og tidligere tilsynshaver, er det vann fra cirka 1,5 m under terreng, særlig i perioder med mye nedbør.

Ifølge Riksantikvarens opplysningene renner nedbørsvannet delvis som overflatevann ned mot nordsida av kirka. Riksantikvaren opplyser at det ser ut til at vannet beveger seg under kirka og videre sørover. Det er ikke avklart hvor mye vann som dreneres bort på overflaten, og hvor mye vann som beveger seg i de øverste løsmassene under kirken. Det er flere forsøkninger på kirkegården som overflatevannet følger. Riksantikvaren har anbefalt at en forsøknings i terrenget på nordsiden av kirka forlenges slik at overflatevann kan avskjæres før den når bygningen og heller ledes vestover. Tiltaket er foreløpig ikke gjennomført.

3. FELTUNDERSØKELSER

Metodebeskrivelse

Sonderboringer ble utført med håndholdt borutstyr (Pionjär slagbormaskin). Det ble benyttet 40 mm firkantet sonderpiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Boresynk og friksjonslyden registreres ved dreining av sonderpiss. Løsmassetypen vurderes ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderpiss.

Sedimentprøvetaking ble utført med håndholdt gjennomstrømningsprøvetaker, som festes til sonderstenger. Gjennomstrømningsprøvetakeren tas opp Ø15 mm tilnærmet urørte sedimentprøver.

Ved løstlagrede sedimenter brukes Ø70 mm skovlbor for boring og prøvetaking.

Det ble utført kornfordelingsanalyse på sedimentprøvene med Coulter LS 200. Kornfordelingsbestemmelse med denne metoden er basert på laserdiffraksjon. Måleområdet går til 0,4 µm og det settes som nullpunkt med hensyn på kumulativ %. Således kan prøvene inneholde materiale finere en 0,4 µm. Data for fraksjoner > 2.000 µm er fremkommet fra gravimetrisk bestemmelse. Kornfordelingsanalyser er brukt for å få overslag over løsmassenes hydrauliske ledningsevne.

Et oversiktskart som viser de utførte boringer og sonderinger er vist i vedlegg 1. Boreloggen er fremstilt i vedlegg 2. Prøvetakingsskjema og analyserapporten er vist i vedlegg 3. Et overslag over massenes hydrauliske ledningsevne er fremstilt i vedlegg 4. Grunnvannstands-målingene er utført av Marit Bøen i Fortidsminneforeningen. Måleresultater for perioden fra 2. mai til og med 29. september 2006 er fremstilt i vedlegg 5.

Resultater

Sonderboring 1 (Peilerør 3): Boringen er plassert ved nordøsthjørne av kirka. Boringen viser et steinblandet topplag i det første halvmeter. Skovlboring viser steinblandet sandig/siltig kulturjord fra 0-0,85 m. Fra 0,85 meter nedover tolkes massene som silt og leire med noe vekslende fasthet og steinblanding på 4,5 m. Sonderboringen ble avsluttet mot antatt fjell på 6,3 m. Boringen er noe skrå (cirka 5 grader). Ved opptrekk var det leire og vann på stengene. Det ble etablert et peilerør (PR3) med 2,91 m lengde hvorav 8 cm er over bakkenivå.

Sonderboring 2: Boringen viser løst lagret silt fra 0 til 1,4 m. Avsluttet mot stein på 1,4 m.

Sonderboring 3 (Peilerør 2): Boringen viser forholdsvis løst lagret stein- og grusblandet silt ned mot 4 meter. Fra 4 meter er massene mer fastlagret og tolkes som siltig leire. Sonderboring ble avsluttet mot antatt fjell på 4,8 m. Det ble tatt 4 sedimentprøvene til kornfordelingsanalyse (prøvene 1, 2, 3 og 4). Kornfordelingsanalyser viser finkornig morenematerial med en lav hydraulisk ledningsevne i størrelsesorden $2 \cdot 10^{-7}$ m/sek. Prøven fra 50-70 cm under bakken viser en cirka 3 ganger høyere ledningsevne. Det ble etablert et peilerør (PR2) med 1,43 m lengde hvorav 12 cm er over bakkenivå.

Sonderboring 4 (Peilerør 4): Boringen er plassert sør fra kirkegården utenfor kirkegårdsmuren og viste materiale med et meget sterk motstand mot dreining ned mot 6,5 m. Det tolkes som siltig leire med lite sandinnhold. Fra 6,5-9,0 m er sedimentene litt mindre fast og har et høyere siltinnhold. Fra 9 m og nedover er materialet meget fast lagret og boringen ble avsluttet mot antatt fjell på 11,2 m. Det ble tatt 3 sedimentprøver for kornfordelingsanalyse (prøvene 5, 6 og 7). Kornfordelingen viser siltig leire med en lav hydraulisk ledningsevne i størrelsesorden

3.10⁻⁷ m/sek men med et betydelig mer permeabel topplag fra 0-70 cm. Det ble etablert et peilerør (PR4) med 2,91 m lengde hvorav cirka 70 cm stikker over bakkenivå. Den lengde over bakken er utført i dialog med grunneieren.

Sonderboring 5 (Peilerør 1): Boringen viste silt med sand ned mot antatt fjell på 2,05 m. Det ble tatt 3 sedimentprøver for kornfordelingsanalyse (prøvene 8, 9 og 10). Kornfordelingen viser silt. Et overslag over hydraulisk ledningsevne tyder på en relativ lav ledningsevne i størrelsesorden 2.10⁻⁷ m/sek med høyeste permeabilitet i de øverste 90 cm. Det ble etablert et peilerør (PR1) med 1,40 m lengde hvorav 8 cm stikker over bakkenivå.

Alle boringer ble innmålt med hjelp av GPS og målebånd. Høyden til peilerørene ble innmålt i forhold til et fast punkt med nivellerkikkert. Fundamentsteinen på NØ-hjørnet av kirken ble tatt som referanse. Resultatene er framstilt i tabell 1. Usikkerheten i stedfestelse med GPS er cirka 5 m.

Tabell 1 Innmålinger boringer og peilerør i forhold til referanse

X *	Y	Boring	Peilerør	Høyde	Dyp til fjell	Fjelldybde
410144	6797149	NØ hjørnet kirken (referanse)		0,00 m	-	-
410147	6797153	1	3	0,56 m	6,30 m	-5,68 m
410151	6797161	2		1,05 m	-	-
410153	6797163	3	2	1,10 m	4,80 m	-3,70 m
410130	6797136	4	4	-3,20 m	11,20 m	-14,40 m
410141	6797172	5	1	0,92 m	2,05 m	-1,13 m

* Koordinater registrert for kartdatum WGS84 innen UTM-sone 32

Vedlegg 5 viser målte grunnvannstander, utført av Marit Bøen i Fortidsminneforeningen. Målingene viser at peilerørene har gått tørre noen uker etter oppstart av målingene. Vedlegget omfatter en grafisk presentasjon av vannstandsmålingene i forhold til både terreng og et referansenivå, som er terrengnivået ved NØ hjørnet av stavkirken. I forhold til det faste referansenivået vises det et relativt stort fall i grunnvannets nivå mellom peilerør 2 og peilerør 3, og videre mot peilerør 4. Dette viser at grunnvannet har en sørlig strømningsretning med høy strømningsmotstand i undergrunnen. På grunn av den korte måleserien kan det ennå ikke sies noe om dynamikken og effekten på stabiliteten i grunnen. Det anbefales derfor å videreføre målingene over vintersesongen 2006/2007 frem til april 2007.

Historiske værdedata fra Meteorologisk Institutt (stasjon Lærdal - Moldo) viser at juni og juli 2006 har vært ekstremt tørre med henholdsvis bare 55% og 44% av nedbørsnormalen. August var litt våtere enn vanlig, mens september fikk normalnedbør. Gjennomsnittstemperaturen i juli, august og september har vært nesten 3 °C varmere enn temperaturnormalen. Dette har ført til en betydelig høyere fordampning og derfor mindre nydanning av grunnvann enn normalt.

4. KONKLUSJONER

Hydrogeologiske undersøkelser ved Urnes stavkirke viser at kirken er fundamentert på relativ finkornig morenemateriale med en generelt lav hydraulisk ledningsevne. Sonderboringer har påvist at mektigheten til morenedekket varierer fra cirka 2,0 m ved nordlige grensen av

kirkegården til mer en 11,0 m rett sør for kirkegården. Under kirken er løsmassetykkelsen cirka 6,0 til 8,0 m over fast fjell.

Kornfordelingsanalyser tyder på relativ lav hydrauliske ledningsevne i de stedegne løsmassene. Generelt sett har den øverste meter av massene en høyere ledningsevne enn det som ligger under. Dette tyder på at det muligens oppstår en "hengende" grunnvannsstand i perioder med mye nedbør. Størstedelen av grunnvannstrømmen foregår trolig i den øverste meteren av løsmassene. På grunn av den relativ lave hydrauliske ledningsevnen er grunnvannstrømmen gjennom massene begrenset og trolig infiltrerer bare en liten del av nedbøren i grunnen. Disse fysiske forholdene vil gi en dempet og sen respons i grunnvannsnivået som følge av variasjoner i nedbørsforhold. Målingene av grunnvannstanden som pågår nå kan imidlertid gi en bedre forståelse av disse prosessene og dermed for vurderingene av massenes stabilitet. På grunn av at det i juni og juli 2006 var betydelig mindre nedbør enn vanlig, og fordi temperaturene har vært forholdsvis høye gjennom hele sommeren, gikk peilerørerne tørre noen uker etter montering. Det kan derfor ennå ikke sies noe om dynamikken og effekten på stabiliteten i grunnen. Det anbefales derfor å videreføre målingene over vintersesongen 2006/2007 frem til april 2007.

Ut fra den kunnskapen som nå foreligger skyldes bevegelsene i grunnen ved Urnes stavkirke trolig en kombinasjon av to prosesser:

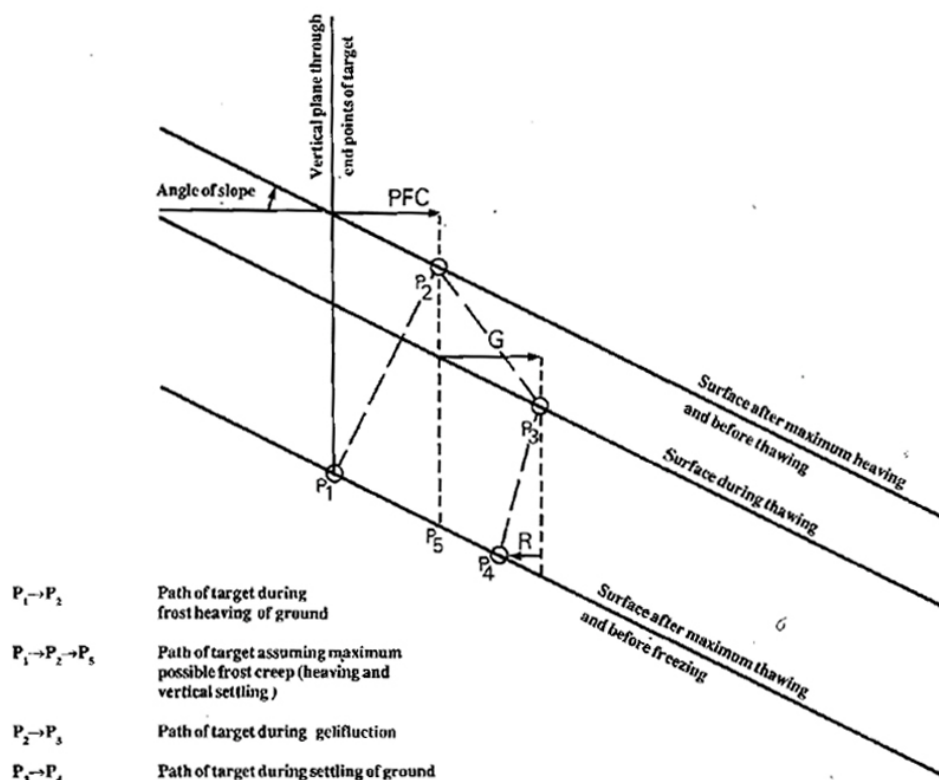
1. Utspyling/erosjon av massene på grunn overflateavrenning.
2. Jordsig og gelifluksjon.

Arkivopplysningene og feltbefaringen tyder på at overflateavrenning og vannstrømning gjennom løsmassene under kirka kan ta med seg løsmasser og dermed destabilisere fundamenteringen av kirkebygget.

En annen prosess som kan være viktig er jordsig som følge av gjentatt ekspansjon og komprimering av grunnen. Bevegelsen skjer fordi ekspansjon skjer loddrett på helningen, mens komprimering under gravitasjon skjer nesten vertikalt. Ekspansjon og komprimering kan bli forårsaket av infiltrasjon av vann og uttørking, frysing og tining (teleløsning), temperaturforandringer og graveaktiviteter av makk og andre organismer.

Ved teleløsning oppstår gelifluksjon mens tining pågår og bare den øverste delen av grunnen er tint. Hastigheten av jordsig er sterkt avhengig av fuktighet i grunnen, noe som igjen er avhengig av eventuelt et frossent hengende grunnvannspeil og tilførsel av fukt ved tining av overliggende snø og is. På grunn av den lave permeabiliteten og trolig trege variasjoner i grunnvannstanden, er det antatt at aktivitetsnivået av denne prosessen blir påvirket av nedbørmengden om høsten, før tele blir formet. I tillegg er silt klassifisert som meget telefarlig da kapillære effekter kan gi grunnvannstilførsel til islinser i grunnen over grunnvannsspeilet.

Figur 1 viser jordsigs- og gelifluktjonsprosessen på et skjematisk måte.



Figur 1. Illustrasjon av jordsig som følge av frost og gelifluktjon. PFC indikerer den horisontale komponenten av maksimalt jordsig, G er den horisontale komponenten av bevegelse nedover bakken som følge av gelifluktjon. R indikerer den tilsynelatende tilbakegående bevegelsen som følge av tendensen masser påvirket av teleløsning har til å sette seg litt tilbake på helningen isteden for å bevege seg rent vertikal nedover (fra "Global Geomorphology", Univ. of Edinburgh 1993, etter A.L. Washburn (1979) Geocryology).

5. ANBEFALINGER

For å redusere overflateavrenningen langs og under kirken anbefaler vi å etablere et system av grunne (åpne) grøfter til å lede overvannet bort fra kirken. Vi anbefaler å plassere grøftene i øst-vest retning, nord og nordøst fra kirka. Utforming og kapasitet av grøfter/avløpsrenner er avhengig av blant annet terrengflate og nedbørmengde, og det anbefales at dette blir vurdert av en teknisk konsulent.

Ut fra resultatene av grunnvannstandsmålingene kan det bli aktuelt å forbedre drenerings-systemet langs nordsiden av kirka. På dette tidspunkt er det likevel uklart om dette vil være et effektivt tiltak for å redusere bevegelser i grunnen. Det anbefales å fortsette målinger av grunnvannstanden gjennom høst og vintersesongen 2006/2007 og utføre en tolkning av resultatene våren 2007.

For å kvantifisere og vurdere størrelsen av jordsig på stedet anbefales det å etablere et kontrollsystem for å måle grunnbevegelser ved å installere fastpunkter som blir målet regelmessig. Det anbefales å trekke inn geoteknisk kompetanse for utforming og etablering av et slik kontrollsystem, samt til vurdering av stabiliteten i grunnen og utforming av eventuelle tiltak til å forbedre situasjonen.

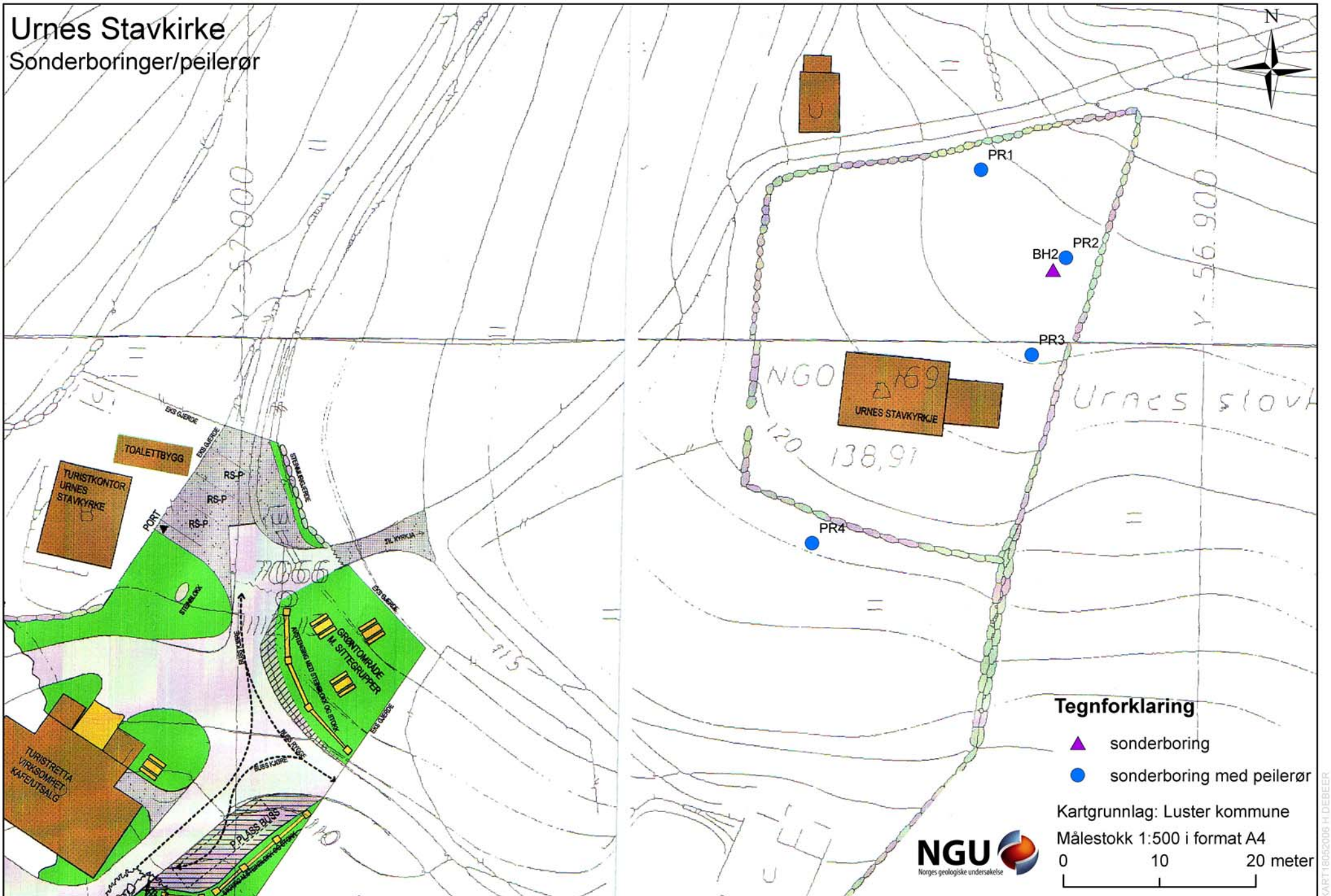
REFERANSER

- Aa, A.R., et.al., 1982, SOLVORN, kvartærgeologiske kart 1417 IV, M 1:50.000. *Norges Geologiske Undersøkelse*.
- Anker, P. 1969: De Norske Stavkirker. *Oversettelse fra "L'art scandinave" ved Institutt for kunsthistorie og klassisk arkeologi, Universitet i Oslo og Kunsthistorisk Institutt, Universitet i Bergen*.
- Devold, E.M., 2006: Status Urnes Stavkirke - Foreløpig gjennomgang av tidligere arbeider i grunnen, på kirkegården og avstivning i kirka. *Riksantikvaren, notat 29 mars 2006*.
- Devold, E.M., 2005: Referat fra møte 29.11.05 hos Riksantikvaren om fundamentering stavkirkeprogrammet. *Riksantikvaren*.
- Granum, H., Gjone, E., Lundby, S.E., Selberg, A. og Aune, P. 1974: Rapport fra befarings ved Urnes stavkirke 10. og 11. juni 1974. *Fortidsminneforeningen, Bergensavdelingen*.
- Jensenius, J., 1988: Avdekning av stenfylling øst for koret. *Riksantikvaren*.
- Reistad, K., 1954: Urnes stavkirke i Sogn, skisse av kirkegården, M ca. 1:200. *Riksantikvaren, 24 sept. 1975*.
- Sunde, B., 2005: Rapport synfaring ved Urnes Stavkirke. *Nedre Jølster Bilelag*.
- Sunde, B. og Nordrumshaugen, S., 2005: Restaurering av mur, nordre vegg, Urnes stavkirke sept 05. *Nedre Jølster Bilelag*.
- Selberg, A., 1974: Brev til Foreningen til norske fortidsminnesmerkers bevaring v/ Lasse Bjørkhaug, angående Riksantikvarens brev av 12. juli 1974 som handler om Urnes stavkirkes stabilitet. *Fortidsminneforeningen, Bergensavdelingen*.

Riksantikvaren ved Ellen M. Devold har i tillegg levert kopier av historiske fotografier og av foreslått utvidelse av gravlunden fra 1956. Fortidsminneforeningen ved Eli Sofie Thorne har gitt tilleggsopplysninger pr. e-post angående stabiliteten og utførte virksomheter ved Urnes stavkirke.

Vedlegg 1

Oversiktskart sonderinger/peilerør



Vedlegg 2

Borelogger sonderboring 1 til 5

Vedlegg 2. Borelogger sonderboring 1 til 5.

Sonderboring 1 (peilerør 3)

Dyp	Boresynk/dreiemotstand	Tolkning
0,0-0,5 m	steinblandet	
0,5-1,0 m	lett driv	finkornig
1,0-1,5 m	jevn synk	silt (?)
1,5-2,0 m	jevn synk, fastere	siltig
2,0-2,7 m	jevn synk	siltig
2,7-3,0 m	jevn synk, lettere	siltig (noe sand)
3,0-3,5 m	jevn synk	leire/silt
3,5-4,0 m	jevn synk	
4,0-5,0 m	tungt fra 4,5 m	leire/silt ^m /stein (morene?)
5,0-6,3 m	lett, jevn driv	silt/leire
6,3 m	stopp mot fjell	

Merknader

Leire på stengene ^v/opptrekk.

Vann på stengene.

Noe skråboret.

Skovlbor 0-0,85 m: sandig/siltig kulturjord.

Sonderboring 2

Dyp	Boresynk/dreiemotstand	Tolkning
0,0-1,0 m	lett	silt (gammel grav?)
1,0-1,4 m	lett	
1,4 m	stopp mot stein	

Sonderboring 3 (peilerør 2)

Dyp	Boresynk/dreiemotstand	Tolkning
0,0-1,0 m	lett	silt ^m /stein
1,0-2,0 m	tyngre	silt ^m /grus
2,0-2,8 m	jevnt	
2,8-3,0 m	tyngre	silt ^m /stein
3,0-4,0 m	lett/jevnt	silt
4,0-4,8 m	tungt, jevnt	silt/leire
4,8 m	stopp mot fjell	

Merknader

Prøve 1: 0-50 cm (skovlbor).

Prøve 2: 50-70 cm (skovlbor).

Prøve 3: 95-130 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Prøve 4: 180-225 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Sonderboring 4 (peilerør 4)

Dyp	Boresynk/dreiemotstand	Tolkning
0,0-1,0 m	skovlbor	siltig sand
1,0-2,0 m	ujevn, fast for dreieing	?
2,0-3,0 m	jevn, fast for dreieing	?
3,0-3,5 m	tungt, fast lagret	?
3,5-4,0 m	lettere, fast for dreieing	?
4,0-5,0 m	tungt/jevnt, fast for dreieing	?
5,0-6,0 m	tungt/jevnt	silt ^m /noe grus
6,0-7,0 m	lettere fra 6,5 m, lett for dreieing	silt/leire
7,0-8,0 m	jevnt, lett for dreieing	silt
8,0-9,0 m	jevnt/lett, fast for dreieing	?
9,0-10,0	tungt, fast for dreieing	stein 9,8-10,0 m
10,0-11,2 m	tungt	?
11,2 m	stopp mot fjell	

Merknader

Prøve 5: 0-70 cm (skovlbor).

Prøve 6: 70-100 cm (skovlbor).

Prøve 7: 140-180 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Sonderboring 5 (peilerør 1)

Dyp	Borsynk/dreiemotstand	Tolkning
0,0-1,5 m	skovlbor	silt ^m /sand
1,5-2,0 m	lett driv	silt ^m /sand
2,0-2,05 m	lett driv	silt ^m /sand
2,05 m	stopp mot fjell	

Merknader

Fukt i massene fra 90 cm.

Prøve 8: 0-90 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Prøve 9: 70-100 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Prøve 10: 140-180 cm (gjennomstrømningsprøvetaker).

Vedlegg 3

Analyserapport 2006.0159

METODE (Fullstendig beskrivelse gitt i NGU-SD 5.11)

Kornfordelingsbestemmelse basert på laserdiffraksjon. Laserlys brytes i bestemte vinkler avhengig av størrelsen på partiklene, som igjen registreres av en rekke detektorer. De registrerte vinklene korresponderer med gitte partikkelstørrelser, antall partikler med en gitt størrelse er igjen relatert til intensitet for korresponderende detektorer. Kornfordelingen bestemmes således på volum-basis, med antagelse om samme tetthet på materialet vil kumulativ volum% være identisk med kumulativ masse%. Beregning på volum/masse-basis er basert på antagelse om sfæriske partikler.

INSTRUMENT TYPE : Coulter LS 200

MÅLEOMRÅDE: 0.4µm-2000µm

NB! Metoden normaliserer alle data i måleområdet til 100 % (kumulativ%). Måleområdet går kun til 0.4 µm og dette settes som nullpunkt mhp.kumulativ %. Således kan prøvene inneholde materiale finere enn 0.4µm.

ANALYSEUSIKKERHET: ± 3% [kumulativ masse(volum) %]

Bestemmelse av usikkerhet er basert på sammenligning av oppnådde resultater og sertifikatverdier for kvarts standard BCR 131, samt presisjonsdata.

MERK! Metoden tar utgangspunkt i antagelse om sfæriske partikler. For prøver som avviker fra dette kan usikkerheten være større.

PRESISJON : Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig..

ANTALL PRØVER: 10

FORBEHANDLING : Se Tabell 2

ANTALL SIDER (denne delrapport): 5 + 10 vedlegg (Plott av kumulativ kornfordeling med div. statistiske parametre)

ANMERKNINGER: Data for fraksjoner >2000 µm er fremkommet fra gravimetrisk bestemmelse.

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	27.04.2006	Wieslawa Koziel
	Dato	OPERATØR

Tabell 1 Kumulativ (<) kornfordeling [(volum%(masse%)]

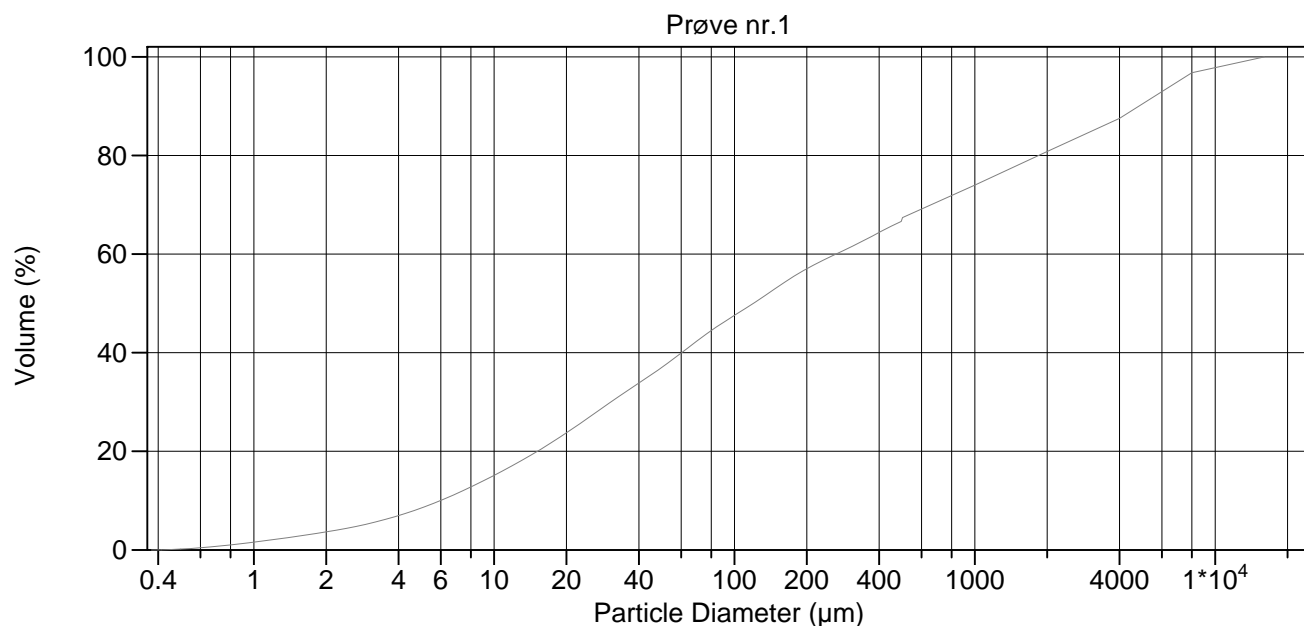
Prøve nr.→ Diameter(μm) ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.412	0.031	0.023	0.035	0.03	0.0074	0.025	0.032	0.032	0.04	0.038
0.452	0.087	0.063	0.097	0.084	0.021	0.07	0.088	0.088	0.11	0.1
0.496	0.17	0.12	0.19	0.16	0.04	0.14	0.17	0.17	0.22	0.2
0.545	0.28	0.21	0.32	0.28	0.069	0.23	0.29	0.29	0.36	0.34
0.598	0.43	0.31	0.48	0.41	0.1	0.35	0.44	0.43	0.55	0.51
0.657	0.6	0.43	0.66	0.58	0.15	0.48	0.61	0.6	0.76	0.71
0.721	0.78	0.57	0.87	0.76	0.19	0.63	0.8	0.79	1	0.94
0.791	0.99	0.72	1.1	0.96	0.25	0.8	1.01	1	1.26	1.18
0.869	1.22	0.89	1.35	1.18	0.31	0.99	1.24	1.22	1.54	1.45
0.953	1.46	1.06	1.61	1.41	0.37	1.18	1.48	1.45	1.84	1.72
1.047	1.71	1.24	1.87	1.65	0.44	1.38	1.73	1.7	2.14	2.01
1.149	1.96	1.42	2.14	1.89	0.51	1.58	1.99	1.95	2.45	2.3
1.261	2.23	1.61	2.41	2.14	0.59	1.79	2.25	2.2	2.76	2.59
1.385	2.5	1.8	2.69	2.4	0.66	2	2.52	2.46	3.08	2.89
1.52	2.77	1.99	2.97	2.66	0.74	2.21	2.8	2.74	3.41	3.19
1.669	3.06	2.19	3.25	2.92	0.83	2.43	3.08	3.02	3.74	3.5
1.832	3.36	2.39	3.55	3.19	0.91	2.65	3.37	3.31	4.09	3.82
2.01	3.67	2.6	3.85	3.48	1	2.88	3.68	3.62	4.45	4.16
2.207	4.01	2.82	4.18	3.78	1.09	3.12	4	3.96	4.84	4.52
2.423	4.37	3.06	4.52	4.09	1.19	3.37	4.35	4.32	5.25	4.9
2.66	4.76	3.31	4.89	4.44	1.29	3.64	4.72	4.72	5.71	5.32
2.92	5.19	3.59	5.3	4.82	1.4	3.93	5.13	5.16	6.2	5.77
3.206	5.66	3.89	5.74	5.23	1.52	4.25	5.58	5.64	6.75	6.28
3.519	6.17	4.21	6.23	5.68	1.64	4.6	6.07	6.18	7.35	6.84
3.862	6.73	4.57	6.77	6.19	1.78	4.98	6.61	6.77	8.02	7.45
4.241	7.34	4.95	7.35	6.74	1.92	5.4	7.2	7.41	8.75	8.13
4.656	8	5.37	7.99	7.34	2.08	5.85	7.85	8.12	9.54	8.87
5.111	8.71	5.83	8.69	8.01	2.25	6.34	8.55	8.88	10.4	9.68
5.611	9.47	6.31	9.43	8.73	2.44	6.87	9.31	9.7	11.3	10.6

6.158	10.3	6.83	10.2	9.5	2.64	7.45	10.1	10.6	12.3	11.5
6.761	11.1	7.37	11.1	10.3	2.85	8.06	11	11.5	13.4	12.5
7.421	12	7.94	12	11.2	3.08	8.7	11.9	12.5	14.5	13.6
8.147	13	8.54	13	12.2	3.32	9.39	12.9	13.5	15.6	14.7
8.944	13.9	9.17	14	13.2	3.58	10.1	13.9	14.5	16.9	15.9
9.819	14.9	9.81	15	14.2	3.85	10.9	14.9	15.6	18.1	17.1
10.78	16	10.5	16.1	15.4	4.14	11.6	16	16.8	19.4	18.3
11.83	17	11.2	17.3	16.5	4.45	12.5	17.1	17.9	20.7	19.7
12.99	18.1	11.9	18.4	17.7	4.78	13.3	18.2	19.1	22.1	21
14.26	19.3	12.6	19.7	19	5.12	14.2	19.4	20.3	23.5	22.4
15.65	20.4	13.4	21	20.4	5.49	15.2	20.6	21.6	25	23.8
17.18	21.7	14.2	22.3	21.8	5.89	16.1	21.8	22.8	26.5	25.3
18.86	22.9	15.1	23.8	23.3	6.31	17.2	23.1	24.2	28	26.9
20.7	24.3	15.9	25.2	24.8	6.77	18.3	24.4	25.5	29.5	28.4
22.73	25.6	16.8	26.7	26.4	7.25	19.4	25.6	26.9	31.1	30
24.95	27	17.7	28.2	28	7.75	20.5	26.9	28.2	32.6	31.5
27.38	28.4	18.6	29.7	29.7	8.28	21.7	28.2	29.6	34.1	33.1
30.07	29.7	19.5	31.2	31.4	8.83	22.8	29.4	30.9	35.6	34.6
33	31.1	20.4	32.7	33.1	9.4	24	30.6	32.2	36.9	36
36.24	32.5	21.3	34.1	34.7	9.98	25.1	31.8	33.5	38.3	37.4
39.77	33.8	22.1	35.5	36.3	10.6	26.2	32.9	34.7	39.5	38.7
43.66	35.1	22.9	36.8	37.9	11.2	27.4	34	35.9	40.7	39.9
47.93	36.5	23.8	38.1	39.6	11.9	28.5	35.1	37	41.9	41.2
52.63	37.9	24.7	39.4	41.2	12.5	29.6	36.2	38.2	43.1	42.5
57.77	39.3	25.6	40.7	42.9	13.3	30.8	37.4	39.5	44.4	43.8
63.41	40.8	26.6	42.1	44.6	14.1	32	38.6	40.8	45.7	45.1
69.62	42.4	27.5	43.4	46.3	14.9	33.2	39.8	42	46.9	46.5
76.43	43.8	28.5	44.6	47.8	15.7	34.4	40.9	43.2	48.1	47.7
83.9	45.2	29.4	45.7	49.2	16.5	35.4	41.9	44.2	49.1	48.8
92.09	46.5	30.3	46.7	50.5	17.3	36.4	42.9	45.2	50.1	49.9
101.1	47.7	31.1	47.6	51.6	18.1	37.4	43.9	46.1	50.9	50.8
111	49	32	48.4	52.7	18.9	38.4	44.8	47	51.8	51.7
121.8	50.2	32.9	49.3	53.8	19.7	39.4	45.8	47.9	52.7	52.7
133.7	51.6	33.8	50.3	54.9	20.6	40.4	46.8	48.9	53.7	53.7

146.8	52.9	34.8	51.3	56	21.5	41.5	47.9	49.9	54.7	54.8
161.2	54.3	35.7	52.3	57.1	22.5	42.5	48.9	50.9	55.7	55.9
176.8	55.5	36.7	53.2	58.1	23.4	43.5	50	51.8	56.7	57
194.2	56.7	37.5	54	59	24.3	44.5	50.9	52.6	57.6	57.9
213.2	57.8	38.4	54.8	59.8	25.2	45.4	51.8	53.4	58.4	58.8
234.1	58.8	39.1	55.4	60.5	26.1	46.3	52.6	54.1	59.1	59.6
256.8	59.7	39.8	56.1	61.2	27	47.2	53.4	54.8	59.9	60.4
282.1	60.7	40.5	56.7	61.8	28	48	54.3	55.4	60.6	61.1
309.6	61.6	41.2	57.3	62.6	29	48.9	55.2	56.1	61.4	61.9
339.8	62.6	42	58	63.4	30	49.8	56.2	56.7	62.2	62.8
373.1	63.6	42.8	58.6	64.3	31.2	50.7	57.3	57.4	63.1	63.7
409.6	64.7	43.6	59.4	65.3	32.3	51.8	58.5	58.1	64.1	64.8
449.7	65.7	44.4	60.2	66.5	33.5	52.8	59.7	58.8	65.1	65.9
493.6	66.6	45.3	61	67.6	34.6	53.8	61	59.5	66	67
500	67.4	46	61.7	68.6	35.6	54.6	62.1	60.2	66.9	68
1000	74	51.6	67.6	76.7	45.7	61	70	65.5	73.9	75.1
2000	80.8	60.5	74.7	84.3	58.9	69.9	79	73.4	82.1	83.4
4000	87.6	72.2	82.7	91.7	73.4	82.5	88.1	82.3	90.3	91.8
8000	96.8	84.8	91.4	97.1	88.6	92.3	94.3	91.2	96.1	96.8
16000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabell 2 Forbehandling, kommentarer, resultatfil m.m

Sample ID:	File name:	Comments:	Group ID:	Operator:
Prøve nr.1	1#a.\$02	Innvekt 0.40g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.2	2a.\$02	Innvekt 0.46g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.3	3#a.\$02	Innvekt 0.36g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.4	4a.\$02	Innvekt 0.41g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.5	5a.\$02	Innvekt 0.85g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.6	6#a.\$02	Innvekt 0.54g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.7	7a.\$02	Innvekt 0.40g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.8	8a.\$02	Innvekt 0.39g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.9	9a.\$02	Innvekt 0.37g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel
Prøve nr.10	10a.\$02	Innvekt 0.37g, ultralyd.	2006.0159	Wieslawa Koziel



Volume Statistics (Arithmetic)

1#a.\$02

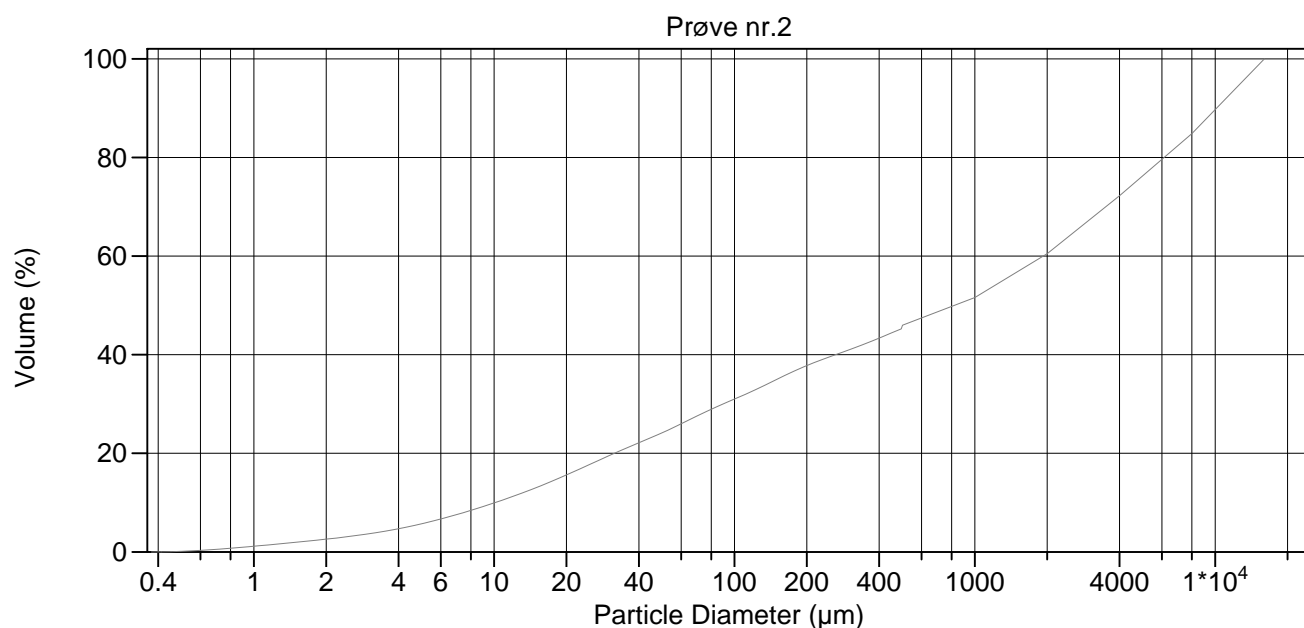
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1280 µm	95% Conf. Limits:	0-6133 µm	
Median:	119.7 µm	S.D.:	2476 µm	
D(3,2):	13.22 µm	Variance:	6129505 µm ²	
Mean/Median Ratio:	10.69	C.V.:	193%	
Mode:	5657 µm	Skewness:	2.574 Right skewed	
d ₁₀ :	5.968 µm	Kurtosis:	6.558 Leptokurtic	
d ₅₀ :	119.7 µm			
d ₉₀ :	5058 µm			
Specific Surf. Area	4540 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	5.968	15.14	119.7	1144	5058

1#a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	3.66
5.000	8.54
10.00	15.1
15.00	19.9
20.00	23.8
50.00	37.1
60.00	39.9
63.00	40.7
70.00	42.4
75.00	43.5
90.00	46.2
125.0	50.6
200.0	57.0
250.0	59.4
400.0	64.4
500.0	67.4
1000	74.0



Volume Statistics (Arithmetic)

2a.\$02

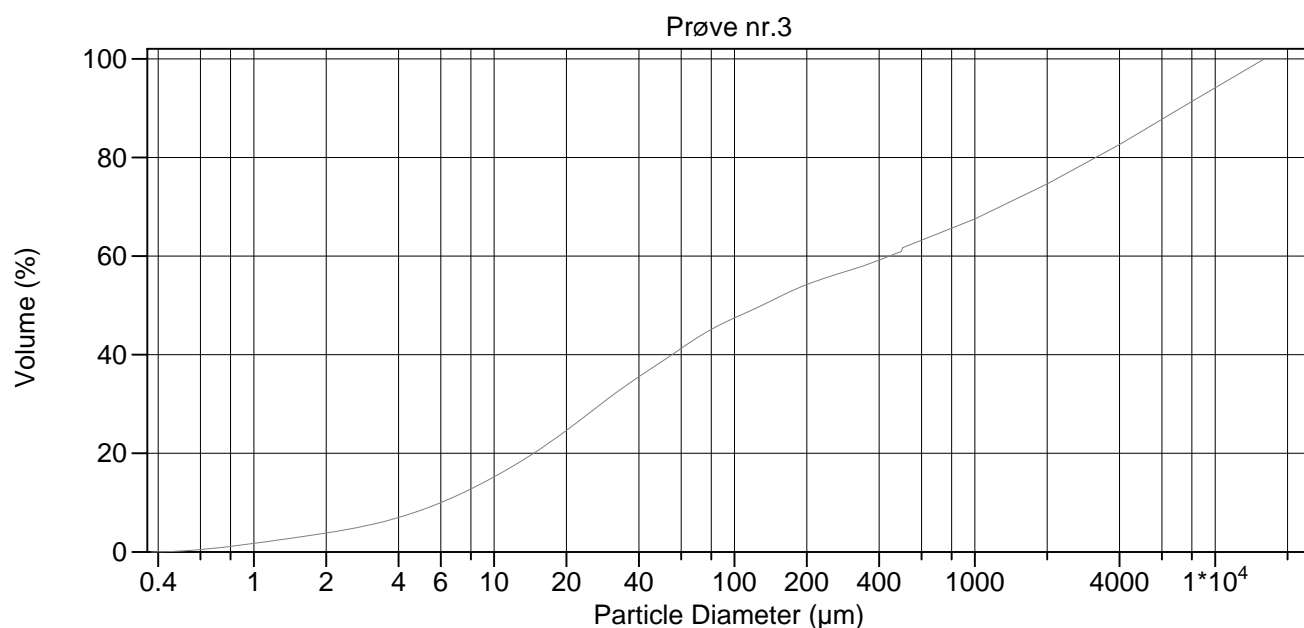
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	2972 µm	95% Conf. Limits:	0-10753 µm	
Median:	857.0 µm	S.D.:	3970 µm	
D(3,2):	19.35 µm	Variance:	15759674 µm ²	
Mean/Median Ratio:	3.468	C.V.:	134%	
Mode:	11314 µm	Skewness:	1.255 Right skewed	
d ₁₀ :	10.09 µm	Kurtosis:	0.117 Leptokurtic	
d ₅₀ :	857.0 µm			
d ₉₀ :	10723 µm			
Specific Surf. Area	3101 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	10.09	31.66	857.0	4876	10723

2a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	2.59
5.000	5.72
10.00	9.94
15.00	13.1
20.00	15.6
50.00	24.2
60.00	26.0
63.00	26.5
70.00	27.6
75.00	28.3
90.00	30.0
125.0	33.1
200.0	37.8
250.0	39.6
400.0	43.4
500.0	46.0
1000	51.6



Volume Statistics (Arithmetic)

3#a.\$02

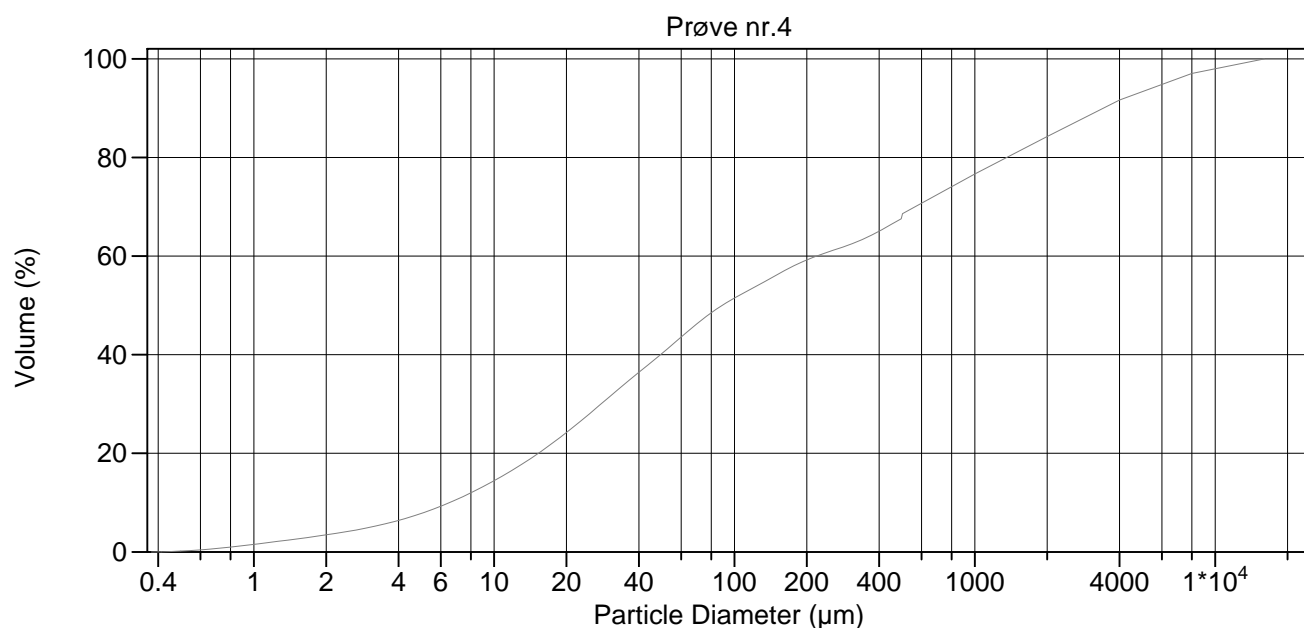
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1885 µm	95% Conf. Limits:	0-8411 µm	
Median:	130.0 µm	S.D.:	3330 µm	
D(3,2):	12.80 µm	Variance:	11087485 µm ²	
Mean/Median Ratio:	14.50	C.V.:	177%	
Mode:	5657 µm	Skewness:	1.982 Right skewed	
d ₁₀ :	5.996 µm	Kurtosis:	2.736 Leptokurtic	
d ₅₀ :	130.0 µm			
d ₉₀ :	7364 µm			
Specific Surf. Area	4687 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	5.996	14.59	130.0	2083	7364

3#a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	3.84
5.000	8.52
10.00	15.2
15.00	20.4
20.00	24.7
50.00	38.7
60.00	41.3
63.00	42.0
70.00	43.5
75.00	44.3
90.00	46.4
125.0	49.6
200.0	54.2
250.0	55.9
400.0	59.2
500.0	61.7
1000	67.6



Volume Statistics (Arithmetic)

4a.\$02

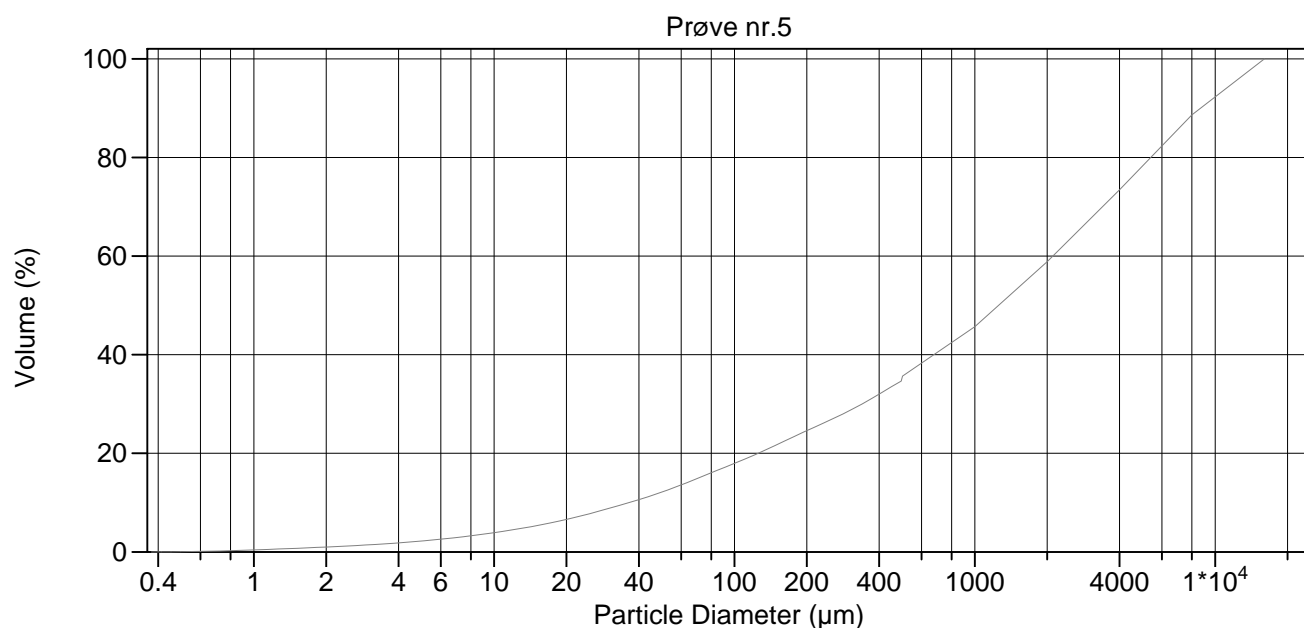
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1071 µm	95% Conf. Limits:	0-5514 µm	
Median:	88.87 µm	S.D.:	2267 µm	
D(3,2):	13.52 µm	Variance:	5138831 µm ²	
Mean/Median Ratio:	12.05	C.V.:	212%	
Mode:	707.1 µm	Skewness:	3.134 Right skewed	
d ₁₀ :	6.516 µm	Kurtosis:	10.21 Leptokurtic	
d ₅₀ :	88.87 µm			
d ₉₀ :	3547 µm			
Specific Surf. Area	4438 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	6.516	15.27	88.87	895.9	3547

4a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	3.46
5.000	7.84
10.00	14.5
15.00	19.7
20.00	24.2
50.00	40.3
60.00	43.6
63.00	44.5
70.00	46.3
75.00	47.5
90.00	50.2
125.0	54.1
200.0	59.2
250.0	61.0
400.0	65.1
500.0	68.6
1000	76.7



Volume Statistics (Arithmetic)

5a.\$02

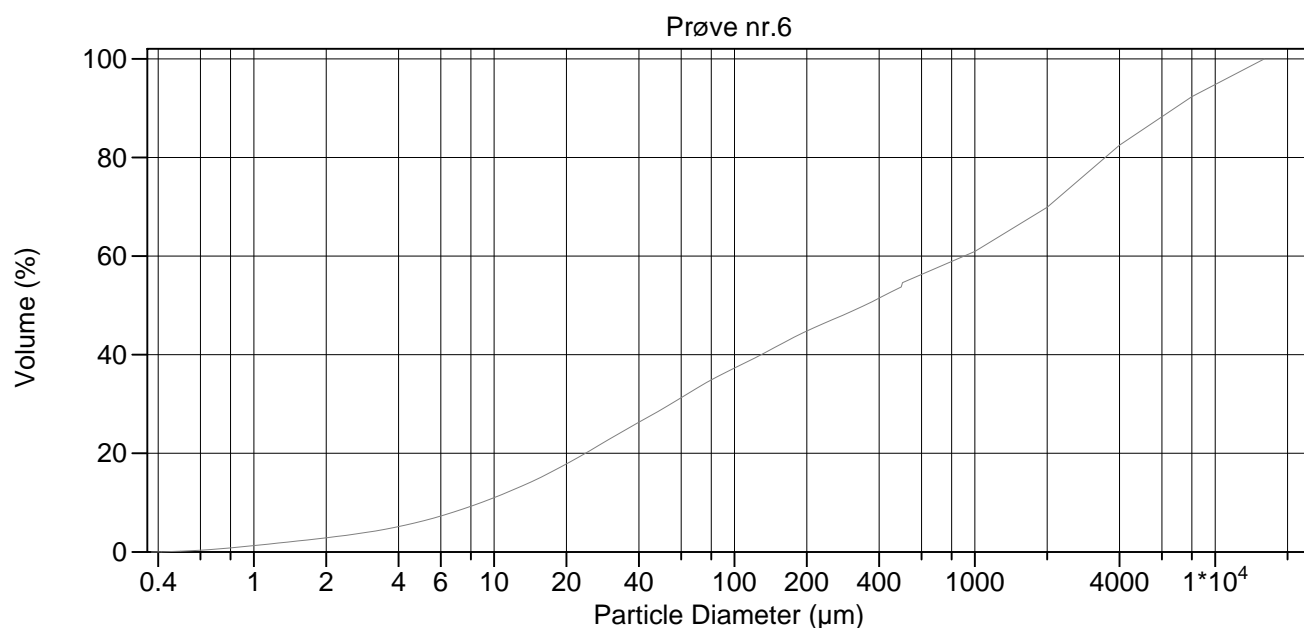
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	2869 µm	95% Conf. Limits:	0-9843 µm	
Median:	1327 µm	S.D.:	3558 µm	
D(3,2):	45.63 µm	Variance:	12661361 µm ²	
Mean/Median Ratio:	2.162	C.V.:	124%	
Mode:	5657 µm	Skewness:	1.399 Right skewed	
d ₁₀ :	36.35 µm	Kurtosis:	0.799 Leptokurtic	
d ₅₀ :	1327 µm			
d ₉₀ :	8952 µm			
Specific Surf. Area	1315 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	36.35	125.3	1327	4410	8952

5a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	1.00
5.000	2.21
10.00	3.91
15.00	5.32
20.00	6.60
50.00	12.2
60.00	13.6
63.00	14.0
70.00	14.9
75.00	15.5
90.00	17.1
125.0	20.0
200.0	24.6
250.0	26.8
400.0	32.0
500.0	35.6
1000	45.7



Volume Statistics (Arithmetic)

6#a.\$02

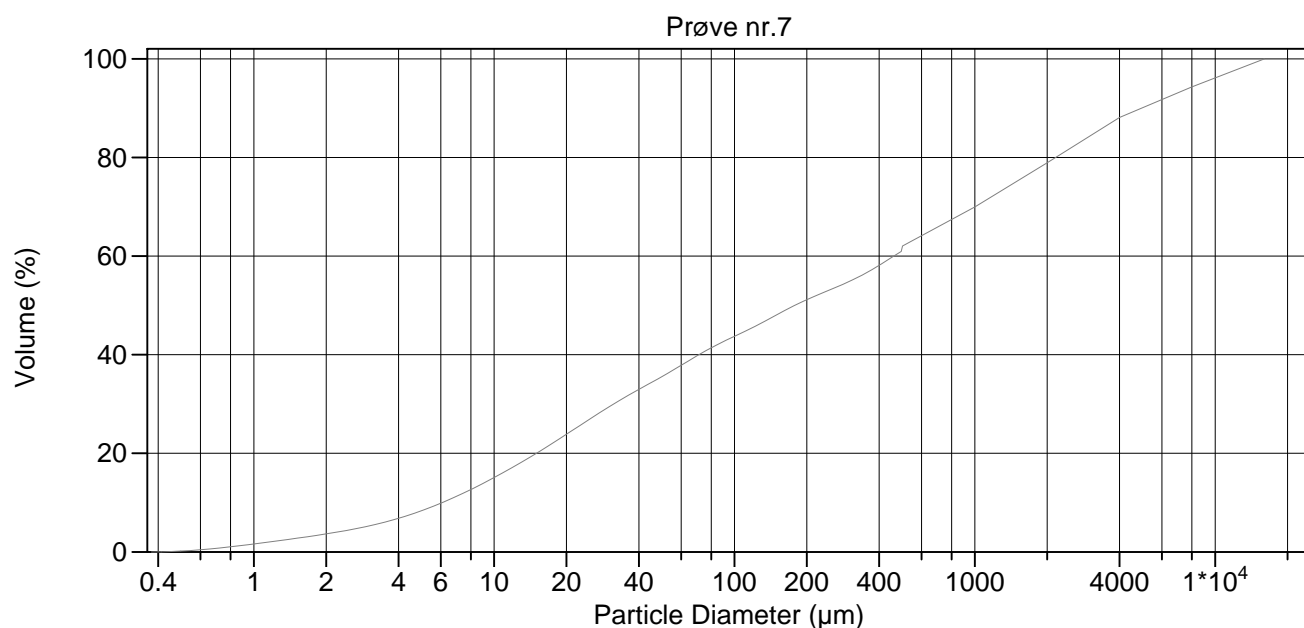
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	2006 µm	95% Conf. Limits:	0-8251 µm	
Median:	347.4 µm	S.D.:	3186 µm	
D(3,2):	17.22 µm	Variance:	10153113 µm ²	
Mean/Median Ratio:	5.772	C.V.:	159%	
Mode:	2828 µm	Skewness:	1.935 Right skewed	
d ₁₀ :	8.825 µm	Kurtosis:	2.814 Leptokurtic	
d ₅₀ :	347.4 µm			
d ₉₀ :	7046 µm			
Specific Surf. Area	3485 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	8.825	23.95	347.4	2807	7046

6#a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	2.87
5.000	6.22
10.00	11.0
15.00	14.7
20.00	17.9
50.00	29.0
60.00	31.3
63.00	31.9
70.00	33.3
75.00	34.1
90.00	36.2
125.0	39.6
200.0	44.8
250.0	46.9
400.0	51.5
500.0	54.6
1000	61.0



Volume Statistics (Arithmetic)

7a.\$02

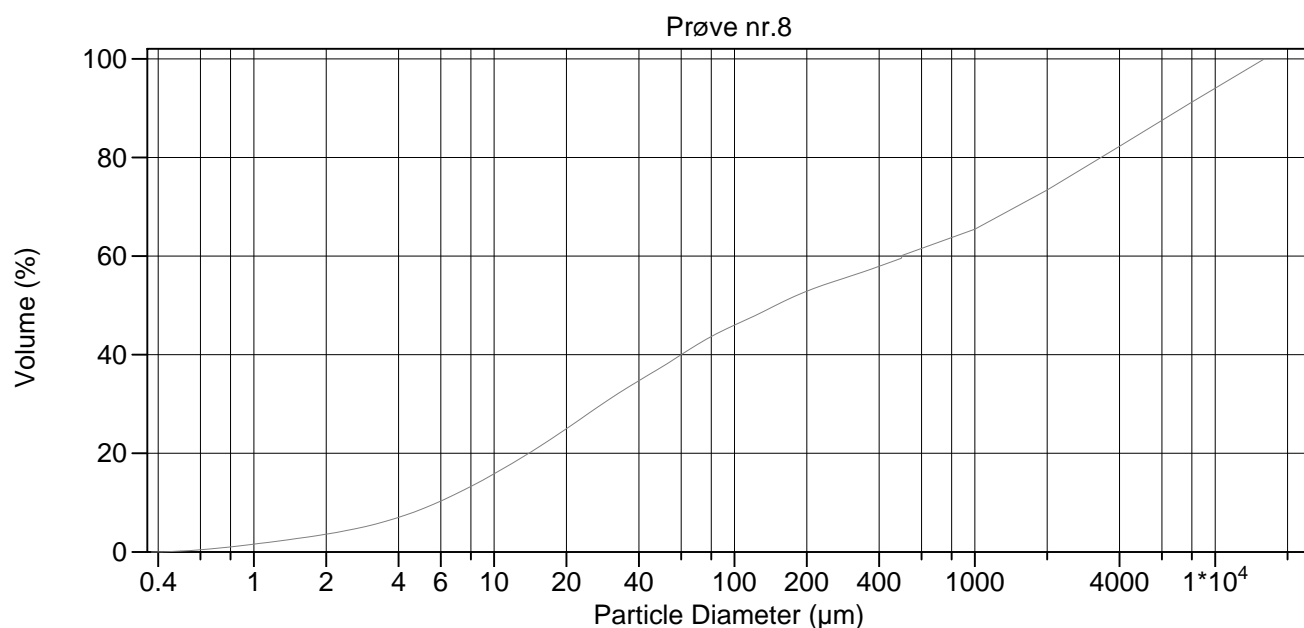
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1495 µm	95% Conf. Limits:	0-7026 µm	
Median:	177.5 µm	S.D.:	2822 µm	
D(3,2):	13.37 µm	Variance:	7965821 µm ²	
Mean/Median Ratio:	8.419	C.V.:	189%	
Mode:	2828 µm	Skewness:	2.513 Right skewed	
d ₁₀ :	6.075 µm	Kurtosis:	5.629 Leptokurtic	
d ₅₀ :	177.5 µm			
d ₉₀ :	5200 µm			
Specific Surf. Area	4486 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	6.075	14.98	177.5	1559	5200

7a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	3.66
5.000	8.38
10.00	15.1
15.00	20.0
20.00	23.9
50.00	35.6
60.00	37.8
63.00	38.5
70.00	39.8
75.00	40.6
90.00	42.7
125.0	46.1
200.0	51.2
250.0	53.2
400.0	58.2
500.0	62.1
1000	70.0



Volume Statistics (Arithmetic)

8a.\$02

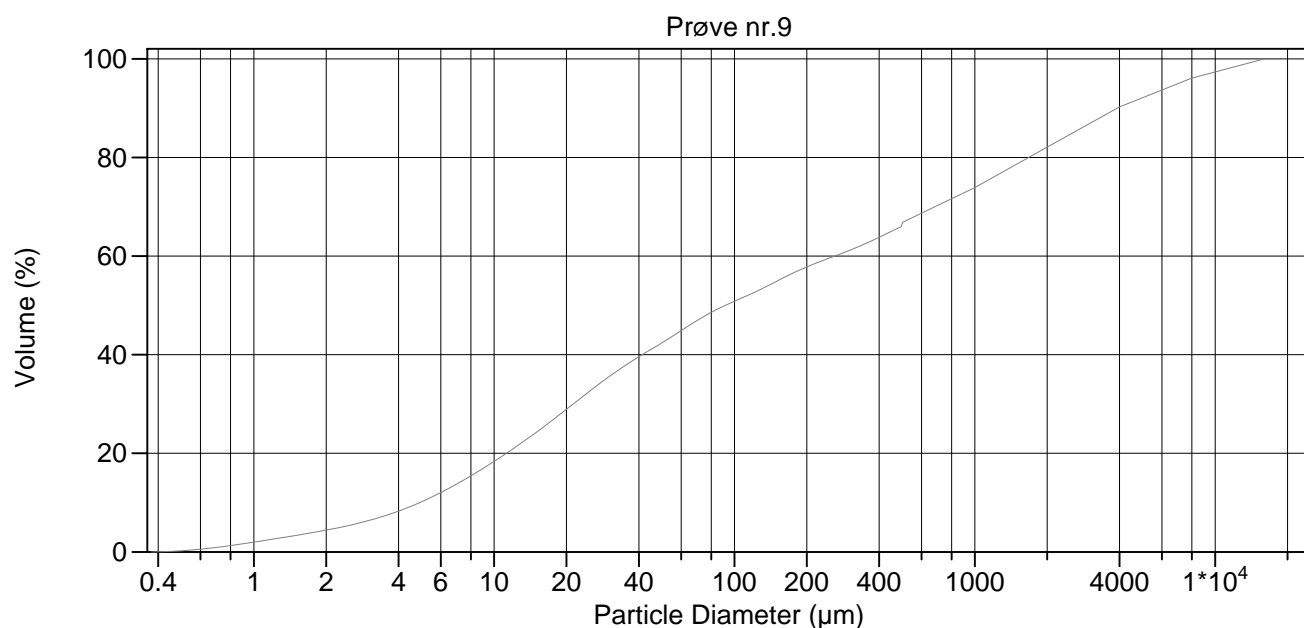
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1945 µm	95% Conf. Limits:	0-8504 µm	
Median:	148.1 µm	S.D.:	3347 µm	
D(3,2):	13.12 µm	Variance:	11199368 µm ²	
Mean/Median Ratio:	13.13	C.V.:	172%	
Mode:	5657 µm	Skewness:	1.937 Right skewed	
d ₁₀ :	5.801 µm	Kurtosis:	2.578 Leptokurtic	
d ₅₀ :	148.1 µm			
d ₉₀ :	7445 µm			
Specific Surf. Area	4575 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	5.801	13.94	148.1	2358	7445

8a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	3.60
5.000	8.69
10.00	15.8
15.00	21.0
20.00	25.0
50.00	37.6
60.00	40.0
63.00	40.7
70.00	42.1
75.00	42.9
90.00	45.0
125.0	48.2
200.0	52.9
250.0	54.6
400.0	57.9
500.0	60.2
1000	65.5



Volume Statistics (Arithmetic)

9a.\$02

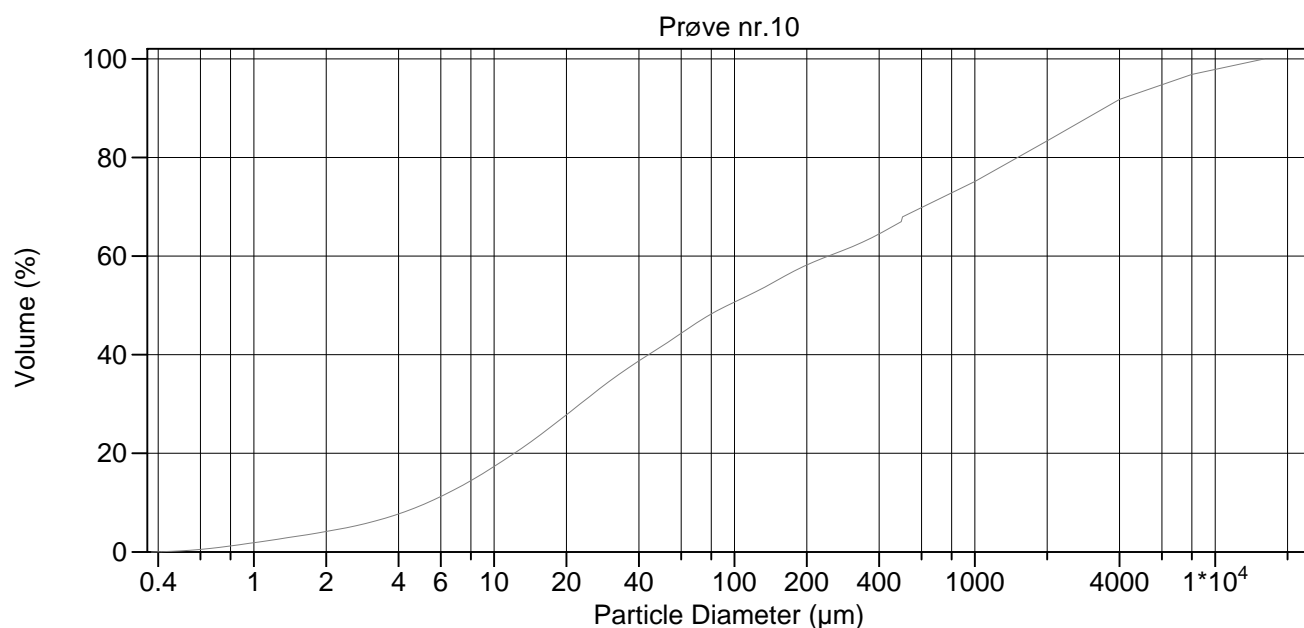
Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%			
Mean:	1220 µm	95% Conf. Limits:	0-6105 µm	
Median:	91.47 µm	S.D.:	2492 µm	
D(3,2):	11.07 µm	Variance:	6212344 µm ²	
Mean/Median Ratio:	13.34	C.V.:	204%	
Mode:	1414 µm	Skewness:	2.862 Right skewed	
d ₁₀ :	4.898 µm	Kurtosis:	8.066 Leptokurtic	
d ₅₀ :	91.47 µm			
d ₉₀ :	3931 µm			
Specific Surf. Area	5422 cm ² /ml			

% <	10	20	50	75	90
Size µm	4.898	11.24	91.47	1133	3931

9a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	4.43
5.000	10.2
10.00	18.4
15.00	24.3
20.00	28.9
50.00	42.4
60.00	44.9
63.00	45.6
70.00	47.0
75.00	47.8
90.00	49.8
125.0	53.0
200.0	57.8
250.0	59.7
400.0	63.8
500.0	66.9
1000	73.9



Volume Statistics (Arithmetic)

10a.\$02

Calculations from 0.375 µm to 16000 µm

Volume	100.0%		
Mean:	1106 µm	95% Conf. Limits:	0-5625 µm
Median:	93.46 µm	S.D.:	2306 µm
D(3,2):	11.66 µm	Variance:	5316314 µm ²
Mean/Median Ratio:	11.83	C.V.:	208%
Mode:	2828 µm	Skewness:	3.096 Right skewed
d ₁₀ :	5.292 µm	Kurtosis:	9.923 Leptokurtic
d ₅₀ :	93.46 µm		
d ₉₀ :	3574 µm		
Specific Surf. Area	5146 cm ² /ml		

% <	10	20	50	75	90
Size µm	5.292	12.13	93.46	990.2	3574

10a.\$02

Particle Diameter µm	Volume % <
2.000	4.14
5.000	9.49
10.00	17.3
15.00	23.2
20.00	27.8
50.00	41.8
60.00	44.3
63.00	45.0
70.00	46.5
75.00	47.4
90.00	49.6
125.0	53.0
200.0	58.2
250.0	60.1
400.0	64.5
500.0	68.0
1000	75.1

Vedlegg 4

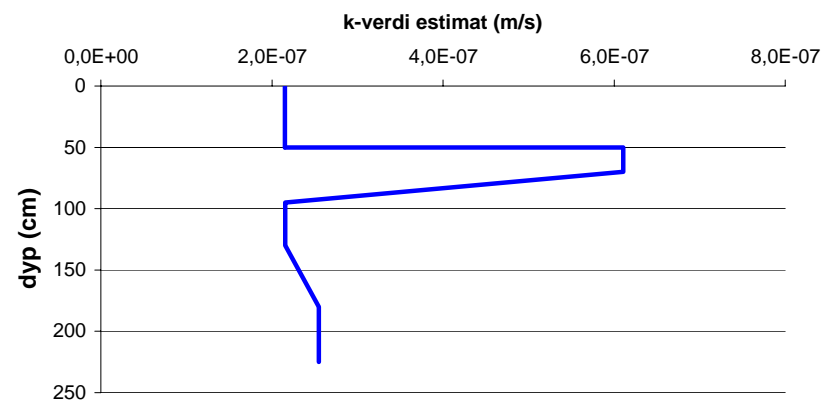
Overslag hydraulisk kapasitet fra sikteanalyser

Vedlegg 4 Overslag hydraulisk ledningsevne fra sikteanalyser

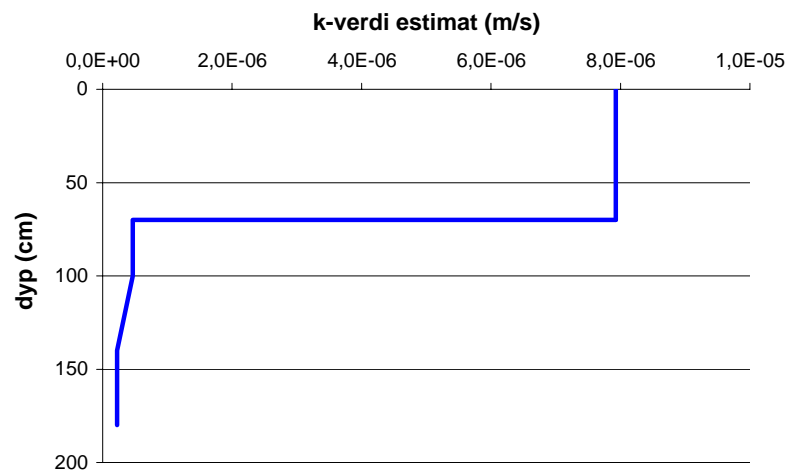
Urnes Stavkirke, prosjekt 271200

Prøvenr	Borehullnr	Dyp	Peilerørnr
1	3	0-50	2
2	3	50-70	2
3	3	95-130	2
4	3	180-225	2
5	4	0-70	4
6	4	70-100	4
7	4	140-180	4
8	5	0-90	1
9	5	90-130	1
10	5	130-150	1

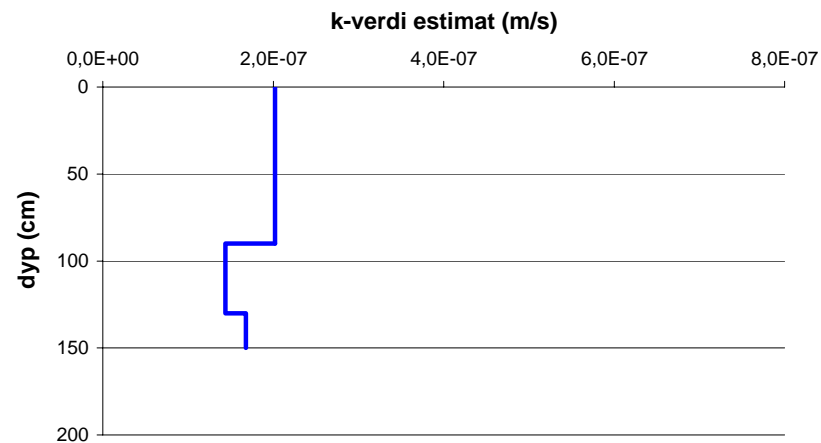
Permeabilitet fra sikteanalyser borehull 3, peilerør 2



Permeabilitet fra sikteanalyser borehull 4, peilerør 4



Permeabilitet fra sikteanalyser borehull 5, peilerør 1



Vedlegg 5

Måleresultater grunnvann

dato	peilerør 1	peilerør 2	peilerør 3	peilerør 4	merknader	utført av
2-mai-06	1,23	1,31	2,53	2,74		MB
9-mai-06	1,38	1,42	2,62	2,81	Røyr 1 og 2 er tørre	MB
18-mai-06	1,38	1,42	2,71	2,85	"	MB
22-mai-06	1,38	1,42	2,75	2,87	"	MB
30-mai-06	1,38	1,42	2,82	2,9	Røyr 1 og 2 og 4 er tørre	MB
6-jun-06	1,38	1,42	2,86	2,9	"	MB
12-jun-06	1,38	1,42	2,89	2,9	"	MB
19-jun-06	1,38	1,42	2,9	2,9	Alle røyr tørre	MB
22-jun-06	1,38	1,42	2,9	2,9	Har regna litt,men alle røyr tørre	MB
26-jun-06	1,38	1,42	2,9	2,9	Alle røyr tørre, svært tørt	MB
9-sep-06	1,38	1,42	2,9	2,9	1)	MB
26.09.2006	1,38	1,42	2,9	2,9	2)	MB

1) Det har vore svært tørt i heile sommar så eg har ikkje målt.

Men når dei no sa det var fuktig under kyrkja, tok eg ei måling, men alle røyr var tørre

2) Det har regna litt,men det er svært tørt

