

NGU rapport nr. 88.001

Målenøyaktighet og reproduserbarhet  
ved måling av petrofysiske  
egenskaper i laboratorium og i felt;  
med forslag til endringer og ut-  
skifting av instrumenter

Rapport nr. 88.001		ISSN 0800-3416		Åpen/Forfattet	
<p>Tittel: Målenøyaktighet og reproduserbarhet ved måling av petrofysiske egenskaper i laboratorium og i felt; med forslag til endringer og utskifting av instrumenter</p>					
Forfatter: Jan Reidar Skilbrei			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:			Kommune:		
Kartbladnavn (M. 1:250 000)			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 25		Pris: kr. 45,-
Feltarbeid utført:			Rapportdato: 18.05.1988		Prosjektnr.:
					Seksjonssjef:
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er gjort en undersøkelse av reproduserbarhet og målenøyaktighet til instrumentene på petrofysisk laboratorium, og feltinstrumentene. Egenfrekvensmåleren (måler magnetisk susceptibilitet) gir resultat med en relativ feil (presisjon) som er &lt;1% ved gjentatte målinger på 71 prøver. Langtidsdrift er ikke målbar. Korttidsdrift (p.g.a. variasjoner i temp.) er hovedkilde til instrumentvariasjon. Denne kan reduseres ved å bygge spolen inn i en boks. Tilsvarende forsøk med Oerstedmeteret (remanent og induert magnetisering) viser at dette må skiftes ut. Instrumentfølsomheten er for dårlig. Det er påvist systematiske forskjeller mellom resultat av prøver målt med både egenfrekvensinstrumentet og Oerstedmeteret. Alle data for retningsorienterte prøver som ligger i databasen må prosesseres om igjen. Vekten måler nøyaktig nok til alle våre formål. Instrumentvariasjon er neglisjerbar i høve til naturlig variasjon i spes. vekt innenfor samme bergart, samme blotning og mellom blotninger. Imidlertid gjøres det mange skrivefeil på lab. Dette skyldes arbeidets art, og kan ikke uten videre elimineres. Derfor må det innføres automatisk datainnsamling på alle instrumenter. I rapporten er det gitt forslag til endringer samt innkjøp av nye instrumenter.</p>					
Emneord					
Geofysikk					
Petrofysikk					

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	5
2. UNDERSØKELSESMETODE	5
3. RESULTATER, LABORATORIEMÅLINGER	6
3.1. Presisjon av magnetiske susceptibilitetsmålinger	6
3.1.a Egenfrekvensmåler	6
3.1.b Geoinstruments	7
3.1.c Oerstedmeter	7
3.2. Nøyaktighet på magnetiske susceptibilitetsmålinger	8
3.3. Presisjon og nøyaktighet av Q-verdier (Oerstedmeter)	8
3.4. Presisjon og nøyaktighet av tetthetsverdier	10
4. RESULTATER, "IN-SITU" MÅLINGER	12
4.1. "In-situ" målinger korrelert med laboratoriemålinger	12
4.2. Presisjon til feltinstrumentene, forskjeller i nøyaktighet, instrumentdrift	13
5. KONKLUSJON OG DISKUSJON	16
6. LITTERATUR	20

BILAG

Feilvariansdiagram for susceptibilitet; egenfrekvensmåler			
		(spole), fig. a	s. 1
"	"	" ; "Geoinstrument",	s. 1
		fig. b	
"	"	" ; Oerstedmeter,	
		fig. a og b	s. 2
Korrelasjonsdiagram - Oerstedmeter mot egenfrekvensmåler,			
		fig. a og b	s. 3
Feilvariansdiagram for Oerstedmeter; Q-verdier, fig. a			s. 4
"	"	tetthetsverdier, fig. b	s. 4
"	"	"in-situ" målinger, fig. a og b	s. 5

## 1. INNLEDNING

Geofysisk avdeling ved NGU måler spesifikk vekt, magnetisk susceptibilitet og Q-verdi (forholdet mellom remanent og induisert magnetisering) på innsamlede bergartsprøver på petrofysisk laboratorium. I tillegg blir det gjort målinger av magnetisk susceptibilitet på blotninger under feltarbeid. Til nå (pr. desember -87) ligger data for ca. 7000 bergartsprøver lagret i databaser. Langt flere data vil innlegges når vi endelig får etablert en rutine med at alle prøver som geologene samler inn ved NGU skal gjennom målinger på petrofysisk lab.

Når en tolker magnetiske og gravimetrisk kart er en helt avhengig av å ha kunnskaper om petrofysiske egenskaper til bergartene i området. Dette gjelder i særlig grad ved kvantitative tolkninger. Ved kvantitative tolkninger langs profil av magnetiske og gravimetrisk data, er magnetisk susceptibilitet og spesifikk vekt blant de variable som ofte er mest usikre og som har størst innflytelse på beregningene.

På denne bakgrunn er det selvsagt at nøyaktigheten på målingene er viktig. Denne rapporten omhandler presisjon og nøyaktighet av målinger gjort på instrumentene i laboratoriet. Instrumentene er beskrevet i NGU rapport 85.271 av Olesen (1986). Det er også gjort en kort undersøkelse av presisjon for feltinstrumentene ("in-situ" måling av susceptibilitet), og avvik instrumentene i mellom (forskjell i nøyaktighet). Dette siste er viktig nå når vi bruker flere ulike målebokser, og når det skal etableres en database for in-situ målinger.

## 2. UNDERSØKELSESMETODE

Nøyaktighet beskriver hvor nær den målte verdi til en prøve er den sanne (korrekte) verdi. Presisjon er et estimat av repro-

duserbarheten, uten å ta hensyn til hvor nær middelveidene av målingene er den sanne verdi. Det vil si at presisjon og nøyaktighet er uavhengig av hverandre (Skilbrei 1985).

I denne rapporten er presisjon undersøkt ved å måle prøveserier flere ganger. Nøyaktighet kan ikke uten videre fastslås. Jeg har sett på nøyaktighet av spoleinstrumentet i forhold til Oerstedmeteret (magnetisk susceptibilitet), spesifikk vekt og Q-verdi. Retningsbestemmelsene av remanent magnetisering er undersøkt ved å sammenligne noen få prøver som er målt både ved NGU-lab. og i et laboratorium ved SGAB i Sverige.

Resultatene er i det vesentlige presentert i korrelasjonsdiagrammer (også kalt "to-kant" eller "scatter" diagrammer). Bortsett fra noen få tabeller med sammendragsstatistikk (gjennomsnittsverdier, standardavvik, relativ presisjon etc.), er det ikke gjort noe forsøk på å kvantifisere presisjon og unøyaktighet. De konklusjoner som er mulige ut fra datagrunnlaget kan likevel hentes fra diagrammene. En del av dataene er heller ikke gode nok til å estimere de relative størrelsene på de typer av feil som bidrar til totalvariasjonen i dataene.

### 3. RESULTATER, LABORATORIEMÅLINGER

#### 3.1. Presisjon av magnetiske susceptibilitetsmålinger

##### 3.1.a Egenfrekvensmåleren

Fig. a på side 1 i bilag viser reproduserbarheten for egenfrekvensmålinger gjort med spoleinstrumentet (Olesen 1986). 63 prøver er målt i 2 serier. Måleresultatene fra 1. serie er plottet langs abscisse (her kalt spole A) mot måleverdiene fra 2. serie plottet langs ordinat (spole B). Aksene har logaritmisk

inndeling. Når verdiene er 100% reproduserbare skal punktene som fremkommer plotte langs diagonalen i diagrammet.

Presisjonen på spoleinstrumentet er meget tilfredsstillende for våre formål over hele det målte intervallet. Bare 3 prøver avviker mye fra diagonalen. Dette skyldes trolig skrivefeil under målingene.

### 3.1.b Geoinstruments ("in-situ" måleboks)

Måleboksen, nr. 121, som nå er byttet mot et nytt forbedret instrument fra Geoinstruments OY, ble satt opp på petrofysisk lab. koblet til en spole med diameter på 15 cm. Resultatet er vist i fig. b på side 1 i bilag. Reproduserbarheten er noe dårligere enn for egenfrekvensmåleren, særlig for de lavere verdier. Dette skyldes at spolen har en mye større diameter enn diameteren på prøvene.

### 3.1.c Oerstedmeter

Fire serier á 57 prøver er målt. Ved de to første seriene er det kompensert mellom hver prøve (se NGU rapport 85.271 for prosedyre ved kompensering). Ved de 2 neste måleseriene er det brukt en annen prosedyre. Her er det kompensert mellom hver av de 6 ulike retningene som er målt, i tillegg til at det er kompensert mellom hver prøve. Fig. a og fig. b på s. 2 i bilaget visualiserer reproduserbarheten for hver av de to prosedyrene, henholdsvis.

En ser at presisjonen for Oerstedmeteret er mye dårligere enn for egenfrekvensmåleren og Geoinstrument-måleboksen. Dette gjelder over hele måleområdet, og spesielt for målte verdier under ca.

$600 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter. Oerstedmeteret gir langt bedre reproduserbarhet når en kompenserer mellom hver prøve (pros. 1, fig. a) enn når det i tillegg kompenseres mellom hver retning (pros. 2, fig. b).

### 3.2. Nøyaktighet av magnetiske susceptibilitetsmålinger

For å se på nivåforskjeller i målte verdier mellom egenfrekvensmåleren og Oerstedmeteret, er resultat fra prøver som er målt med begge instrumentene framstilt i korrelasjonsdiagram. Diagrammene er hentet fra diplomarbeidene til Midtun (1985) og Kjølseth (1985). Se fig. a og b i bilag, s. 3. Egenfrekvensmålingene er plottet langs X-akse (spole) og oerstedmetermålingene langs Y-akse (sure). Det er god korrelasjon mellom de to instrumentene i måleområdet over ca.  $700 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter. Verdiene under dette nivå viser et jevnt økende avvik mot lavere målte verdier. Dette skyldes trolig:

- 1) Dårlig presisjon til Oerstedmeteret ved lavere verdier, jevnfør kap. 3.1.c og 3.3.
- 2) Systematiske forskjeller (forskjell i nøyaktighet) mellom instrumentene.

### 3.3. Presisjon og nøyaktighet av Q-verdier (måles på Oerstedmeteret)

Q-verdiene (forholdet remanent til induisert magnetisering) kalkulert fra de 4 måleseriene omtalt lengre framme, er framstilt i korrelasjonsdiagram på s. 4 i bilag, fig. a.



Tabell 1

10 bergartsprøver målt på lab. ved SGAB og NGU: sammenlikning av målte verdier.

Prøvenr.	Spesifikk vekt		Q-verdi		Susseptibilitet		Remanens			
	NGU	SGAB	NGU	SGAB	NGU	SGAB	Deklinasjon		Inklinasjon	
							NGU	SGAB		NGU
87060A	2.811	2.816	30.4	0.09	0.00058	0.00577	19	339.3	-15	-41.8
87060B	2.874	2.879	4.4	0.06	0.00056	0.00540	197	315	-16	-56.3
87060C	2.794	2.813	0.5	0.1	0.00053	0.00553	6	326.4	-60	9.7
87061A	3.079	3.106	7.3	7.7	0.01676	0.01972	313	323.7	-68	-68.1
87061B	2.951	2.961	3.5	3.6	0.02128	0.01984	317	320.1	-68	-65.6
87061C	2.847	2.861	3.3	4.2	0.01146	0.00992	302	324.1	-70	-68.1
67025A	3.185	3.191	1.9	1.8	0.08757	0.09156	325	319.8	-68	-65.2
67048D	3.056	3.073	1.2	1.3	0.05259	0.05501	326	319.2	-63	-61.6
67048E	3.044	3.070	103.6	73.7	0.04598	0.05451	235	217.1	-9	-11.4
67061D	2.986	3.001	1.9	1.9	0.03843	0.04132	342	313.2	-51	-55.6

Q-verdiene reproduseres meget dårlig.

De ekstremt dårlige "plottene" skyldes selvsagt Q-verdiene kalkulert ved svært lave susceptibilitetsverdier (lavt magnetisk moment medfører usikre målinger). Dermed må en forvente at remanensens deklinasjon og inklinasjon har dårlig presisjon.

Ti retningsorienterte prøver er målt både ved SGAB og NGU. Resultatene er vist i tabell 1. For de 3 første prøvene (87060 A,B,C), som har lav magnetisk susceptibilitet er verdiene forskjellige. Som en ser er både Q-verdier, og remanensens deklinasjon og inklinasjon forskjellige. Resultatene NGU og SGAB er relativt like når prøvene har en målt magnetisk susceptibilitet over en viss verdi (ca.  $700 \cdot 10^{-5}$  SI). For å utelukke programvarefeil har jeg tastet inn parameterverdier målt ved SGAB for en prøve og prosessert disse ved NGU (kjører programmene OAPET1 og OAPET2, se Olesen 1986). Resultatene ble ikke like med resultatene fra SGAB m.h.p. deklinasjon og inklinasjon. Dette skyldes en retningsfeil i målesystemet på lab. Dette er nå i orden.

#### 3.4. Presisjon og nøyaktighet av tetthetsverdier

Tettheten er målt to ganger på 60 prøver i to serier. Resultat fra serie 1 er plottet langs X-akse, og verdiene fra serie 2 er plottet langs Y-akse i fig. b på s. 4 i bilag. Hovedmengden av plottene ligger tett opptil diagonalen. Dette tolker jeg til å være selve instrumentfeilen/variasjonen. De ekstreme avvikene skyldes "personellfeil"; dvs. feil oppskrivning/avlesing av våtvekter og tørrvekter, feil prosedyre etc., eller ombytting av prøvenr. ved notering på skjema. "Punche-feil" finnes ikke i dataene. Dette tyder på at "personellfeil" er en stor feilkilde, og denne vil variere fra person til person. Dette viser at vi må få automatisk lagring av data (på PC) også fra vekt og egenfrekvensmåler.

Fra tabell ses at tetthetsverdier målt ved NGU og SGAB er meget like. Prøvene ble saget ved SGAB før veining og måling. Dermed er en viss variasjon introdusert.

Når dette tas i betraktning er det trolig at verdiene er nøyaktige inntil det 3. siffer regnet fra venstre (4-tallet i verdien  $2745 \text{ kg/m}^3$ ). (Utvalget er selvsagt for lite til at dette er statistisk holdbart.) Dette er undersøkt videre. Fire prøver fra en granittisk øyegneis (samme lokalitet) er målt to ganger og disse duplikatverdiene er gitt i tabell 2 under.

Tabell 2

Prøvenr.	1. måling	2. måling
72055A	2634	2635
72055B	2645	2645
72055C	2722	2723
72055D	2682	2682

Tebellen viser at presisjonen er 100 signifikant til 3. siffer. Dette betyr ikke nødvendigvis at det er målt "sann" verdi. Faktorer kan gi systematiske og reproducerbare feil. Effekt av åpne prøver og vann på overflaten gir en feil opptil  $20 \text{ kg/m}^3$  (Henkel og Mannby 1976). Imidlertid er unøyaktighet ved instrumentet fullstendig neglisjerbar i forhold til naturlige tetthetsvariasjoner innen lokalitet (se tabell) og ikke minst mellom lokaliteter. Dette gjelder trolig de aller fleste bergartstyper. Ved prøvetaking innenfor Nord-Trøndelagsprogrammet har vi dessuten gjort noen forsøk med målinger på forvitrede prøver. Det viser seg at selv på prøver tatt i veiskjæring kan en tilsynelatende svak overflateforvitring gi opptil 5-10% lavere egenvekter enn tilsvarende uforvittra bergartstype fra samme blotning. Dette viser at leiromvandlingen kan være mer dyptgripende i prøven enn hva forvittringshuden antyder.

#### 4. RESULTATER, "IN-SITU" MÅLINGER

Seksjonen disponerer nå tre nye feltinstrumenter til å måle indukert magnetisering direkte på blotninger. De tre er merket med nr. 1, 2 og 3. De tre tilhørende spolene er også merket. Endel svakheter ved instrumentene/spolene kom fram under utprøvingen i feltsesongen -87. Særlig instrumentene 1 og 2 tålte kulde dårlig. Dette skyldes trolig spolene. De er nå gjort heilt tette for vind og regn.

Det skal opprettes en database for in situ susceptibilitetsmålinger. Der må det opprettes et system for å justere for systematiske nivåforskjeller instrumentene i mellom, og mellom feltinstrumentene og en "korrekt" verdi, f.eks. egenfrekvensmåleren. I forbindelse med dette er det gjort noen få enkle forsøk. Reidar Midtun og Trond Skyseth har utført endel av disse.

##### 4.1. "In-situ" målinger korrelert med laboratoriemålinger

10 in situ målinger fra hver av 69 blotninger ble "punchet" inn på NGUs dataanlegg. Det ble benyttet feltinstrument nr. 1 og spole nr. 1. Aritmetisk gjennomsnitt av måleverdiene fra hver blotning er beregnet (dette er gjort med dataprogrammet TSLMISTD.PETFYS.GEOF som også beregner annen sammendragsstatistikk). (R. Midtun og T. Torsvik er nå i ferd med å lage et system for in-situ målingene.) Disse gjennomsnittsverdiene er plottet mot verdiene fra de tilhørende bergartsprøvene målt på egenfrekvensmåleren (spole-instr.). Plottet er vist på s. 5 i bilag 2 (fig. a).

En ser:

- Det er ofte stor forskjell mellom laboratorieverdiene og in situ verdiene. Dette viser at en bergartsprøve sjelden er representativ m.h.p. magnetisk susceptibilitet for en bergart. Denne konklusjonen er tatt under forutsetning av god presisjon på in-situ målingene.

- Hoveddelen av plottene ligger langs diagonalen i diagrammet. Dermed kan en si at in-situ instrumentet måler "korrekte" verdier over det intervallet som framkommer i diagrammet.
- Det blir svært vanskelig å bruke en naturlig bergart til å "kartlegge" nivåforskjeller mellom feltinstrumentene og laboratorieinstrumentene.

#### 4.2. Presisjon til feltinstrumentene, forskjeller i nøyaktighet, instrumentdrift

De første forsøkene her er gjort med "de gamle" feltinstrumentene. Disse var populært kalt "gula burken" og hadde nr. 124 og nr. 121. De fleste in-situ målingene til nå ved NGU er gjort med instrument nr. 121.

For hvert av de to instrumentene er det gjort 15 påfølgende målinger på samme dag. Dette ble gjort på to steder: På rom 311 i 3. etg. Geofysisk avd. (Olesens kontor, bak døra) og på oversiden av skulpturen (laget av bergarten Larvikitt) utenfor Geokjemisk avdeling. Resultat er gitt i tabell 4 under i form av spennvidde (X min. - X max.), aritmetisk (x) middelvei, standardavvik (STD) og relativ feil (STD/X) av målingene.

Tabell 3: Susceptibilitetsverdier, alle verdier  $\times 10^{-5}$  (SI)

<u>Apparat og spolenr.</u>	<u>Xmin-Xmax</u>	<u>x</u>	<u>STD.</u>	<u>Relativ presisjon</u> <u>STD/x*100</u>
Sted: rom 311, Geof.avd.				
Apparat 124, spole 82	129-150	142	5.7	4%
Apparat 121, spole 83	69- 82	76	4.2	5%
Sted: Skulptur utenfor Geokj.avd.				
Nr. 124, nr. 82	3214-3324	3278	31.9	1%
Nr. 121, nr. 83	3135-3197	3171	15.2	0.3%

Tabellen viser at:

- begge instrumentene har meget god presisjon, og den relative feilen blir neglisjerbar ved høyere susceptibilitetsverdier
- det er store systematiske forskjeller mellom de to instrumentene ved lave verdier. Denne forskjellen blir relativt mindre ved høyere målte verdier.

Det er gjort liknende forsøk med de tre nye feltinstrumentene. På 5 blotninger er det målt 10 ganger med hvert av de tre instrumentene. Hver spole er merket med nr. 1, 2 og 3. Merking på målestedene med vannfast tusj ble gjort for å sikre at målingene ble gjort nøyaktig på samme sted med hvert instrument. Tabell 4 under viser aritmetisk gjennomsnitt (x) av de 10 målingene for hvert instrument på de 5 lokalitetene, og relativt standardavvik (rel.std.). Fig. b på s. 5 i bilag viser verdiene fra tabell 4 plottet i korrelasjonsdiagram, der resultatene fra boks 2 og 3 er plottet langs y-akse, mot verdier fra boks 1 langs x-akse.

Tabell 4: Magnetisk susceptibilitet målt med tre ulike feltinstrumenter. Alle verdier er gjennomsnittet av 10 målinger (x). Relativt standardavvik=STD/x. Verdier gitt i SI-enheter  $\times 10^5$ .

Lok. nr.	Måleboks nr. 1	Spole nr. 1	Måleboks nr. 2	Spole nr. 2	Måleboks nr. 3	Spole nr. 3
	x	Rel.std.	x	Rel.std.	x	Rel.std.
1	2,4	3.8%	5.2	8.4%	242	0.008%
2	48	0.0004%	52	1%	272	0.008%
3	563	0.0007%	572	0.02%	535	0.0006%
4	1208	0.0005%	883	0.002%	1391	0.0005%
5	3302	0.0003%	3697	$6 \cdot 10^{-4}\%$	3476	0.0005%

Tabell 5 og fig. b og c viser:

- Måleboks 1 og 2 har brukbart samsvar i målte verdier, spesielt i lavområdet.
- Boks 3 gir ubrukbart resultat når verdiene er under ca.  $300 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Det er rimelig å anta at boks 1 gir riktige verdier fordi denne er sammenlignet med målinger på egenfrekvensinstrumentet.
- Reproduserbarheten (se på relativt standardavvik) er tilfredsstillende for hvert instrument.
- Måleboks 3 måler systematisk for høye verdier når disse er mindre enn ca.  $300 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Instrumentdrift vil føre til endringer i nøyaktighet for instrumentene. Det ble målt på to referansepunkter (de før nevnte: rom 311 og skulpturen) før og etter feltsesong 1986. Instrument nr. 121 og spole nr. 94 ble brukt. Tabellen under viser middelverdi (x), standardavvik (STD), relativ presisjon (STD/x) og drift i % av x (Drift).

Tabell 5

Sted: Skulptur				
Dato:	20.06.86	09.09.86	20.06.86	09.09.86
Xmin-Xmax	2761-2923	2786-2874	88-97	84-92
x	2811	2822	92.6	87.9
STD	38	31	2.87	2.64
STD/x	1.35%	1.07%	3.10%	3.01%
Drift (% av x)	+ 0.4%		- 5.1%	

Tabellen viser:

- driften over feltsesongen er neglisjerbar. Den øker mot minkende verdier. Daglige variasjoner p.g.a. temperatur og vind har trolig større innflytelse enn langtidsdrift.
- instrumentpresisjon ( $STD \leq 3.1\%$ ) endrer seg trolig ikke med tid

## 5. KONKLUSJON OG DISKUSJON

- Egenfrekvensmåleren gir en relativ feil (presisjon) ved repetiv måling på prøver som er mindre enn 1%. Langtidsdrift kan ikke observeres. Korttidsdrift p.g.a. variasjon i temperatur er hovedkilde til instrumentvariasjon (den delen av totalvariasjonen i et datasett som kan tilordnes instrumentfeil). Denne effekten kan hindres ved å bygge målespolen og instrument inn i en boks, og sette den langt fra vindu/dør etc. Ved måling av To (se brukerveiledning til petrofysisk lab., NGU rapport nr. 85.271) bør prøven holdes unna målespolen med en avstand på minimum 5 spolediametre. Dette holder også for prøver med 50% magnetitt.
- Oerstedmeteret må skiftes ut. Det gir ubrukbare susceptibilitetsverdier, og dermed Q-verdier, og remanensverdier for retnings-



orienterte prøver, når verdiene ligger under ca.  $700 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Det er også dårlig presisjon for prøver med høyere susceptibilitetsverdier.

- En feil i systemet gjorde at remanensens deklinasjon og inklina- sjon til retningsorienterte prøver ble feil. Dette er nå imidlertid ordnet. Alle tidligere retningsorienterte prøver som ligger i databasen må prosesseres om igjen.
- Måling av spesifikk vekt gjøres med en presisjon som gir 100% signifikante tall til og med 3 siffer (teller fra venstre i f.eks. tallet  $2671 \text{ kg/m}^3$ ). Andre faktorer gjør imidlertid at verdiene kan være unøyaktige selv om reproduserbarheten er til- fredsstillende (f.eks. porøsitet, små prøver og ikke minst skrivefeil under utførelsen av målingene). Målefeilen er neglisjerbar i forhold til variasjon i spesifikk tetthet for samme bergart både innen en lokalitet og mellom lokaliteter.
- In situ instrumentene har meget god presisjon over hele måle- intervallet. Relativ presisjon, beregnet av en serie målinger på samme materiale, er bedre enn 8% uansett målenivå og gene- relt mindre enn 1%. Det er store systematiske forskjeller i målte verdier (ulik nøyaktighet) mellom instrumentene. Instru- ment nr. 3 er ubrukbart for måleverdier under ca.  $300 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter. Langtidsdrift er generelt  $< 5$  rel. % for de gamle feltinstrumentene. Dette er neglisjerbart og kan skyldes til- feldige variasjoner. Et system for å nivåjustere og kalibrere de nye feltinstrumentene må lages. Dette må gjøres før og etter hver feltsesong. Det bør lages/kjøpes inn materialer med kjent magnetisk susceptibilitet. Dermed kan feltinstrumentene korreleres med laboratorieinstrumenter. I første omgang må alle spolene gjøres 100% vind- og vanntette. Det samme gjelder måleboksene. Så må instrumentene testes etter et planlagt for- søk. Instrument nr. 3 må muligens skiftes ut.
- Forfatteren vil råde hver feltarbeider til å kalkulere aritme- tisk middelvei (av 10-15 målinger på hver blotning) for hver

blotning. Dette gjøres av instrumentet. Det vil være nok å skrive denne middelvei inn i databasen for in-situ målinger (dette avhenger selvsagt av tallet på blotninger), fordi verdiene lokalt er normal for dette (regionalt er de lognormale).

- Det gjøres en del skrivefeil o.l. under laboratoriemålingene. Alle større avvik mellom måleserier på egenfrekvensmåleren og vekta ble sporet tilbake til enten ombytting av prøvenr. eller feil avlesing/notering. En del feil må en regne med uansett hvem som utfører arbeidet, p.g.a. arbeidets art. Ved normalt arbeid måles hver prøve bare en gang. Dermed vil mange feil aldri oppdages. Erfaring fra gjennomgang av petrofysiske data fra Nord-Trøndelag viser at 3-4% av prøvene har en feil som må rettes opp (utenom koordinatfeil, "punch-feil" etc.).
- All datainnsamling må automatiseres (vekt og frekvensteller). Mye feil som gjøres nå vil da unngås. Effektiviteten vil øke. Det gjelder egenfrekvensmålinger, og i enda større grad veiing. PC-er bør brukes.

For å modernisere lab. må endel nye instrumenter kjøpes:

Oerstedmeteret må erstattes. Målingene bør gjøres i et skjermfelt ( -metall skjerm). Da vil en unngå problemer med variabelt jordfelt p.g.a. installasjoner i nærheten av målestedet. Et "nullfelt" fås med en -metall skjerm. Dette må avmagnetiseres. Digitale laboratoriemagnetometer må innkjøpes.

Det må gjøres endel programmeringsarbeid for å lagre data fra vekt og laboratoriemagnetometer på PC.

T. Torsvik arbeider nå med å modernisere petrofysisk lab.

Dersom det skal kjøpes flere feltinstrumenter må en nøye vurdere et annet fabrikk enn Geoinstruments OY. Dette p.g.a. tildels slurvbeid under produksjonen, og kanskje i enda større grad p.g.a. dårlig "service" og garanti på instrumentene. Det må også

kunne være et stort nok minne på instrumentet til å lagre minst en hel dags målinger (maks. 800). Målingene bør kunne tappes mot en PC hver dag.

Trondheim, 18. mai 1988

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling

*Jan Reidar Skilbrei*

Jan Reidar Skilbrei

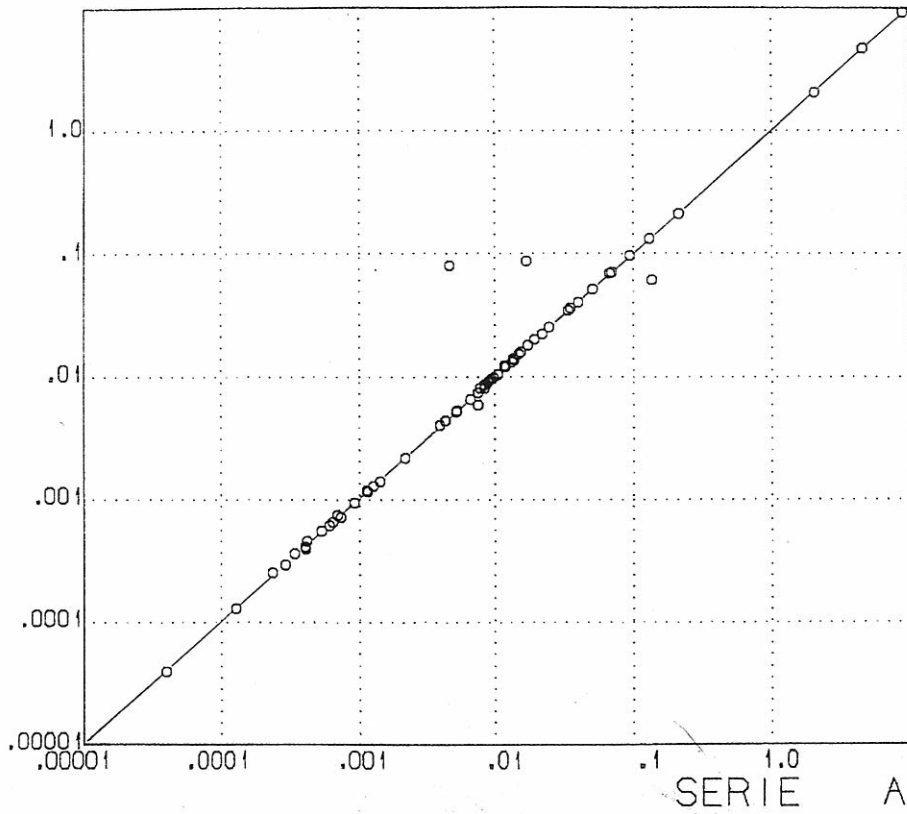
forsker

## 6. LITTERATUR

- Henkel, H. & Mannby, B. 1976: Parametermätning, instruksjon og dokumentasjon, del II. Rutinsmässig parametermätning i laboratoriet SGU. Upubl. rapport.
- Olesen, O. 1986: Petrofysisk lab. Brukerbeskrivelse. Upubl. NGU rapport 85.271.
- Skilbrei, J.R. 1985: "Typer av feil i datasett". Bilag 1 i: Beregning og vurdering av prøvetakningsfeilens betydning for data innsamlet etter Nordkalottmetodikk. Norges Tekniske Høyskole. Upubl. Diplomoppgave.

# PRESISJON SPOLE

SERIE B

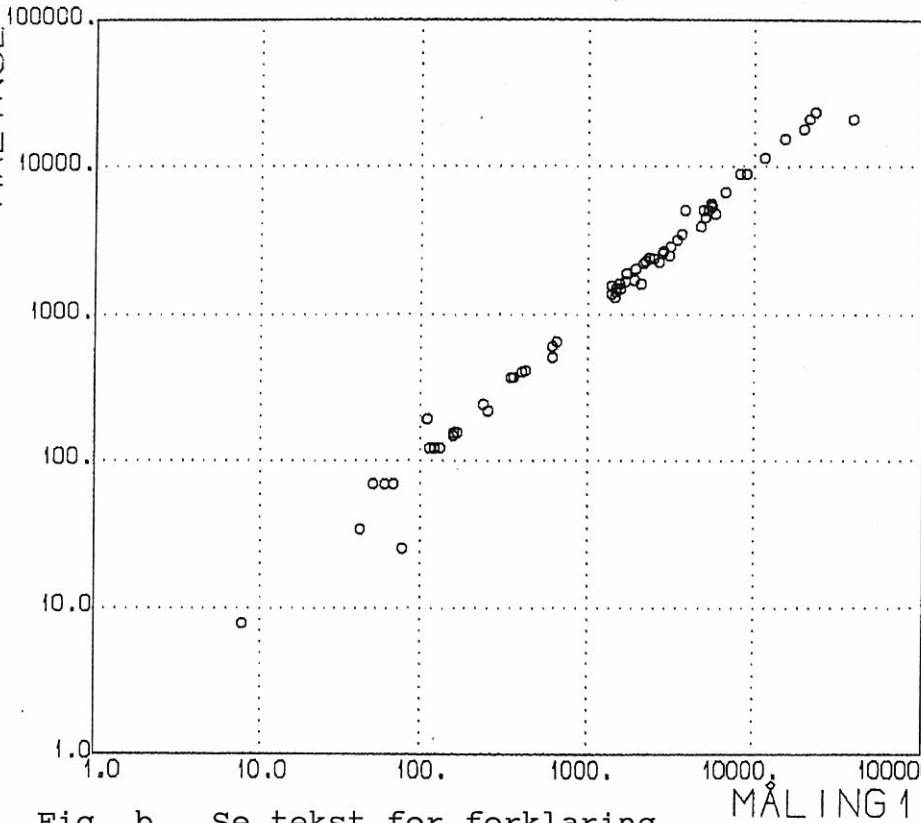


N = 63  
R = 1.00

Fig. a. Se tekst for forklaring

# REPRODUSERBARHET, GEO INSTR.

MÅLING2



N = 64  
R = .70

Fig. b. Se tekst for forklaring

MÅLING 1

$\times 10^{-5}$  SI

### PRESISJON, ØERSTEDMETER, PROS. 1

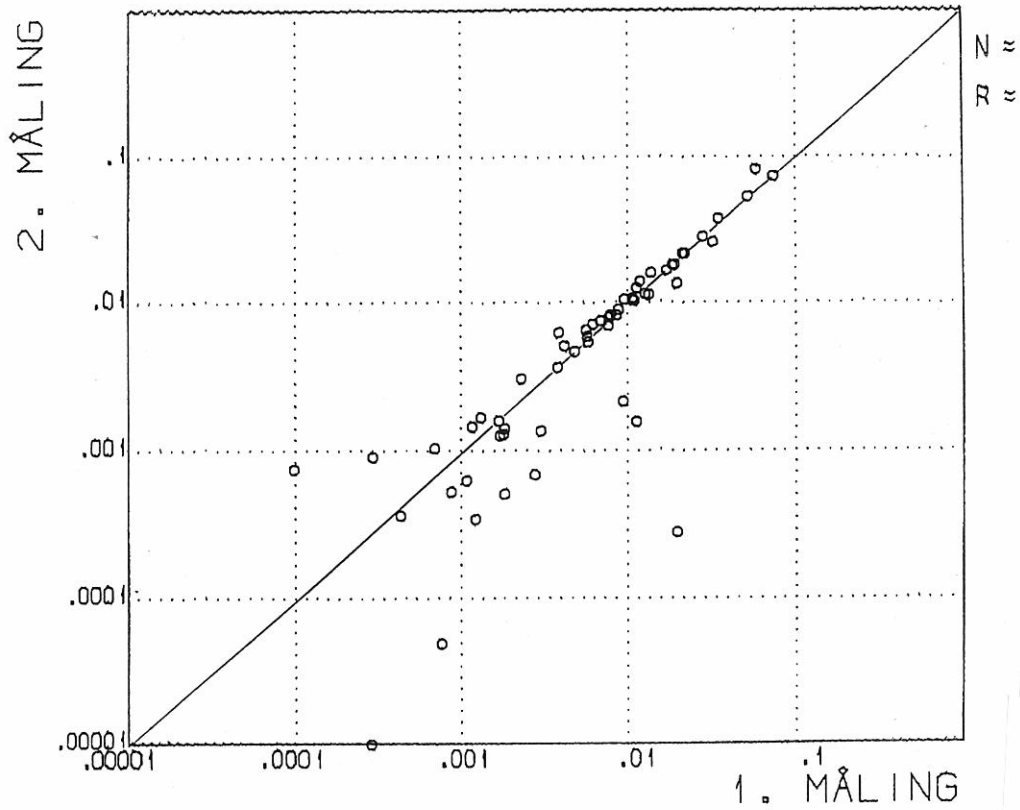


Fig. a. Se tekst for forklaring

### PRESISJON, ØERSTEDMETER, PROS. 2

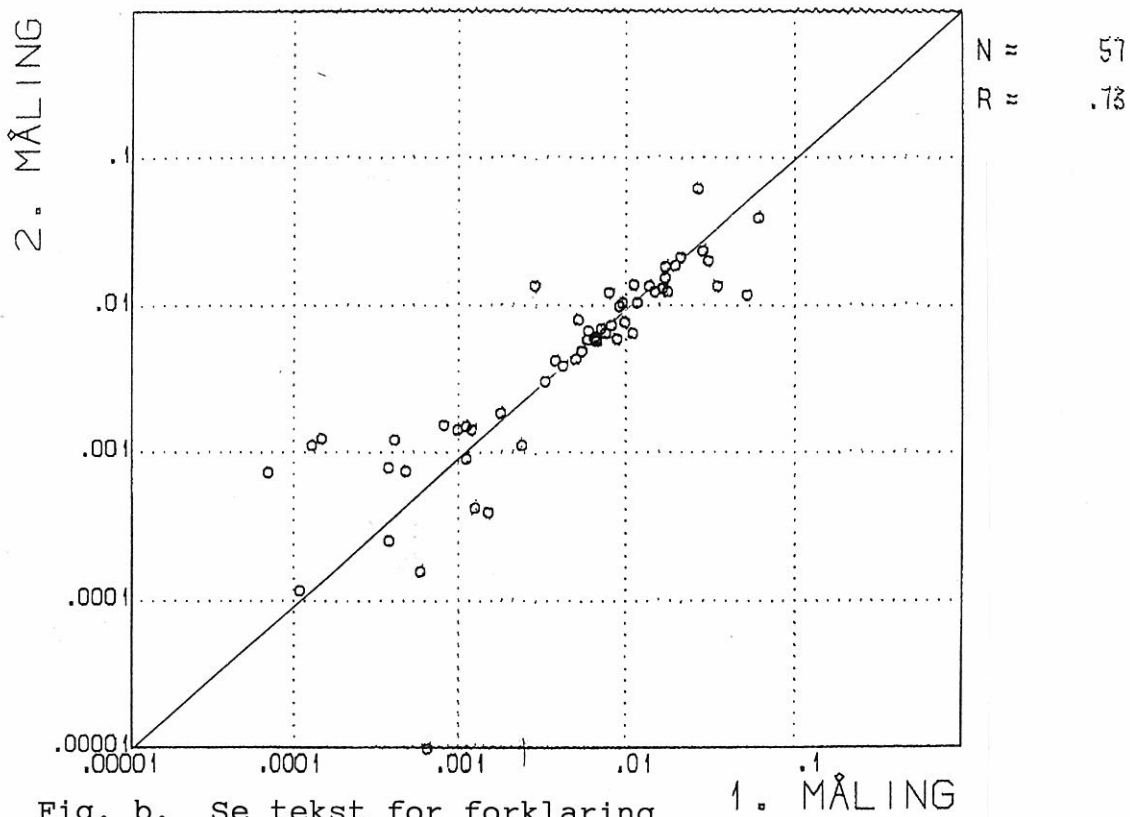


Fig. b. Se tekst for forklaring

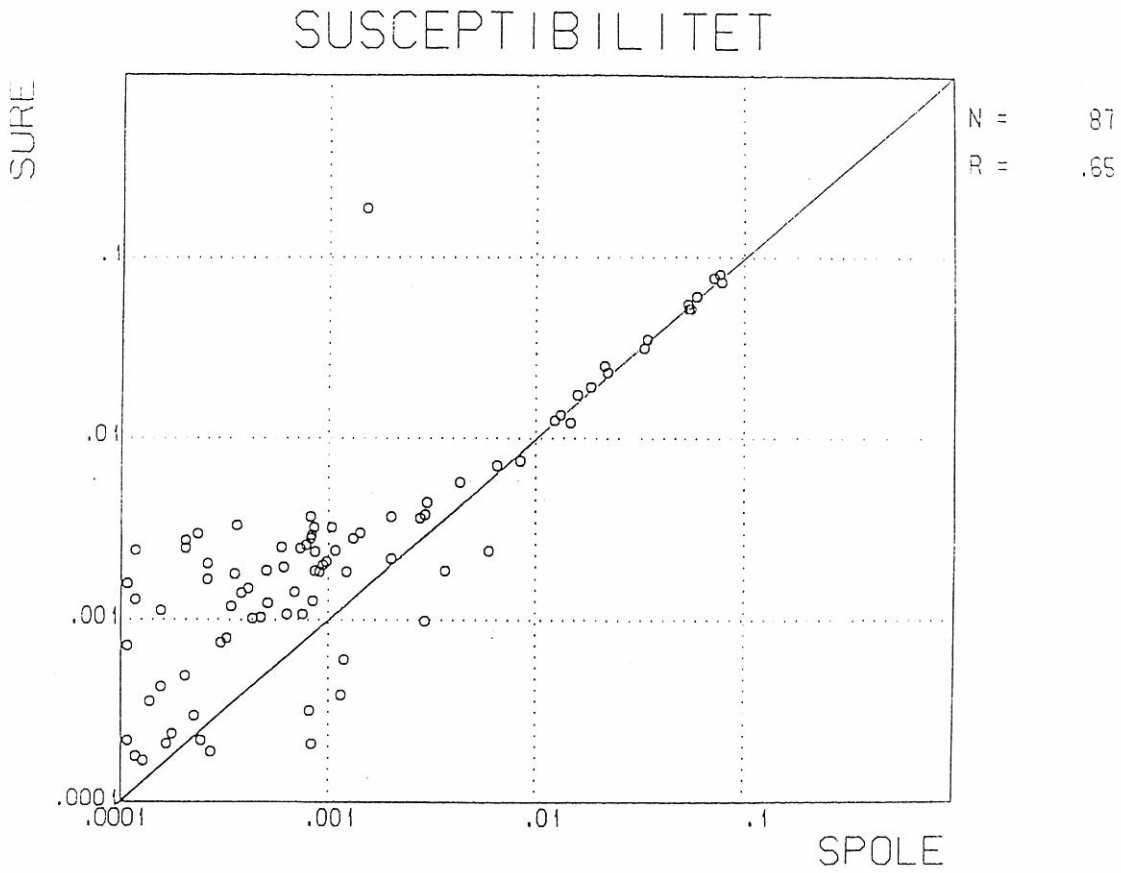


Fig. a. Se tekst for forklaring

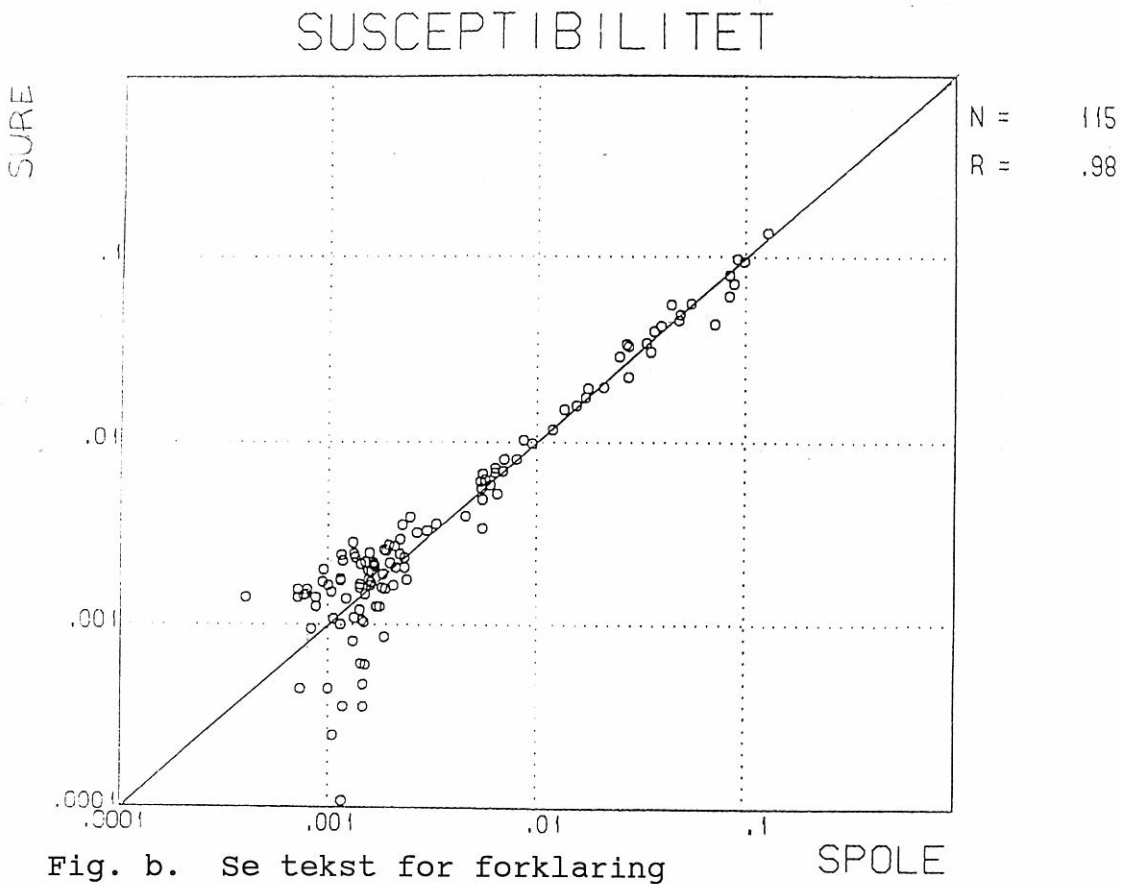


Fig. b. Se tekst for forklaring

PRESISJON, ØERSTM, Q<sub>2</sub>-VERDI, PROS 2

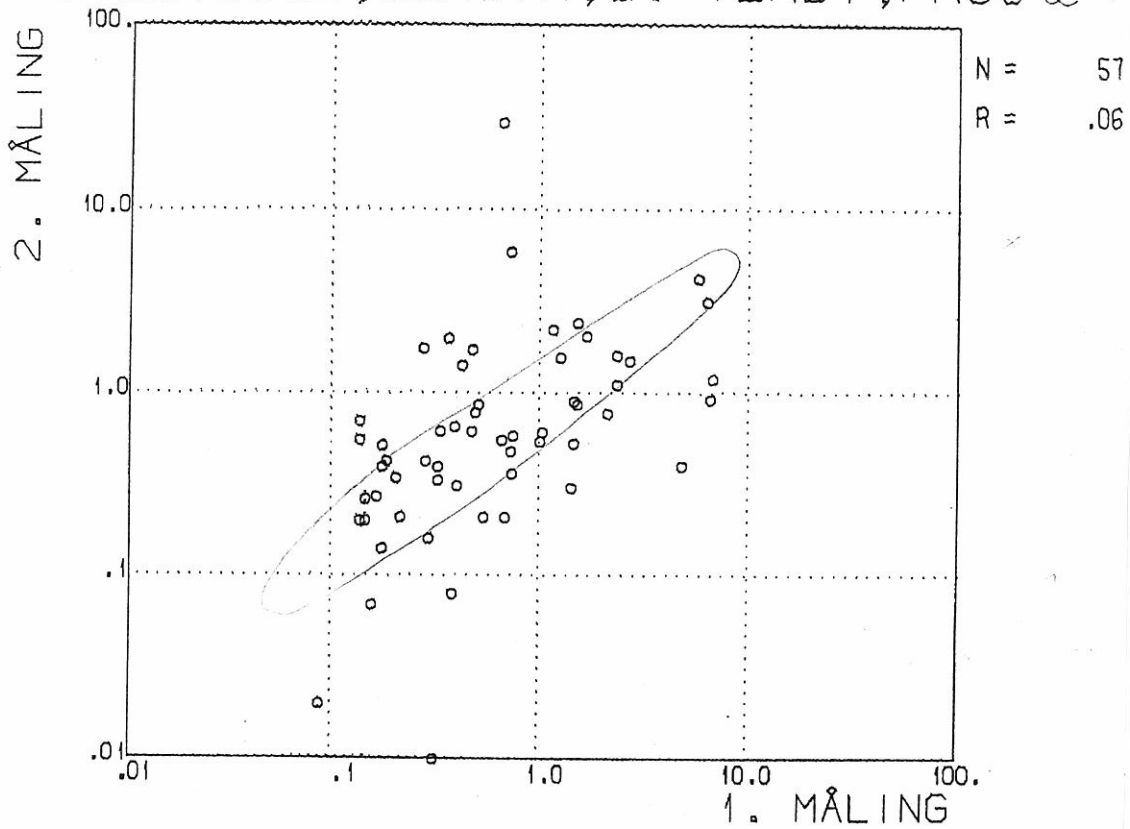


Fig. a. Se tekst for forklaring

PRESISJON TETTHET

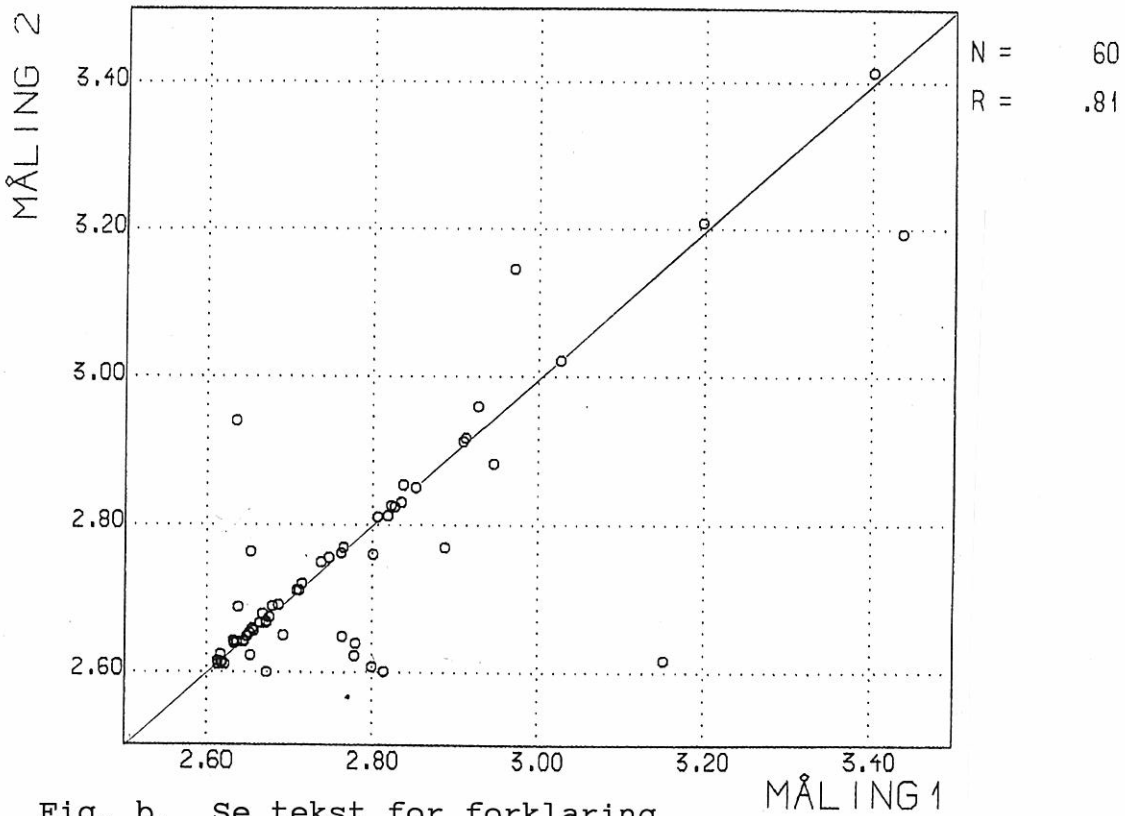


Fig. b. Se tekst for forklaring



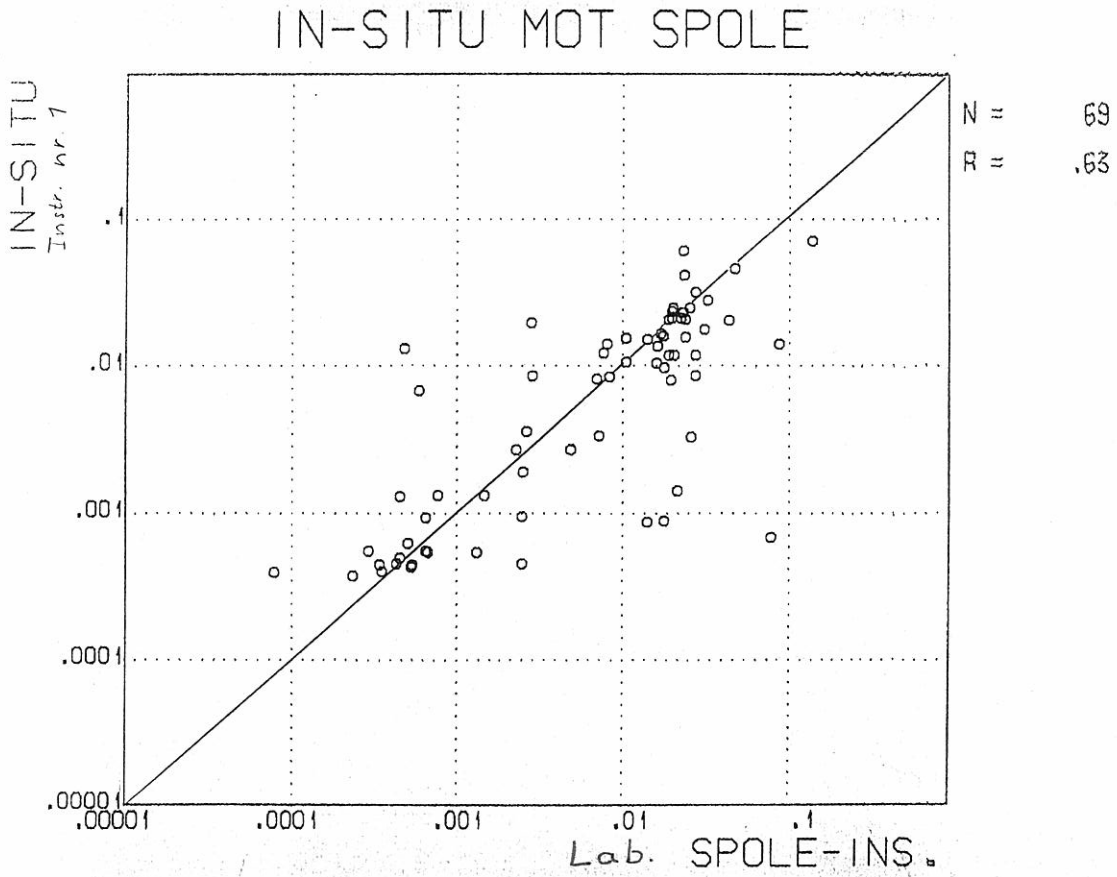


Fig. a. Se tekst for forklaring

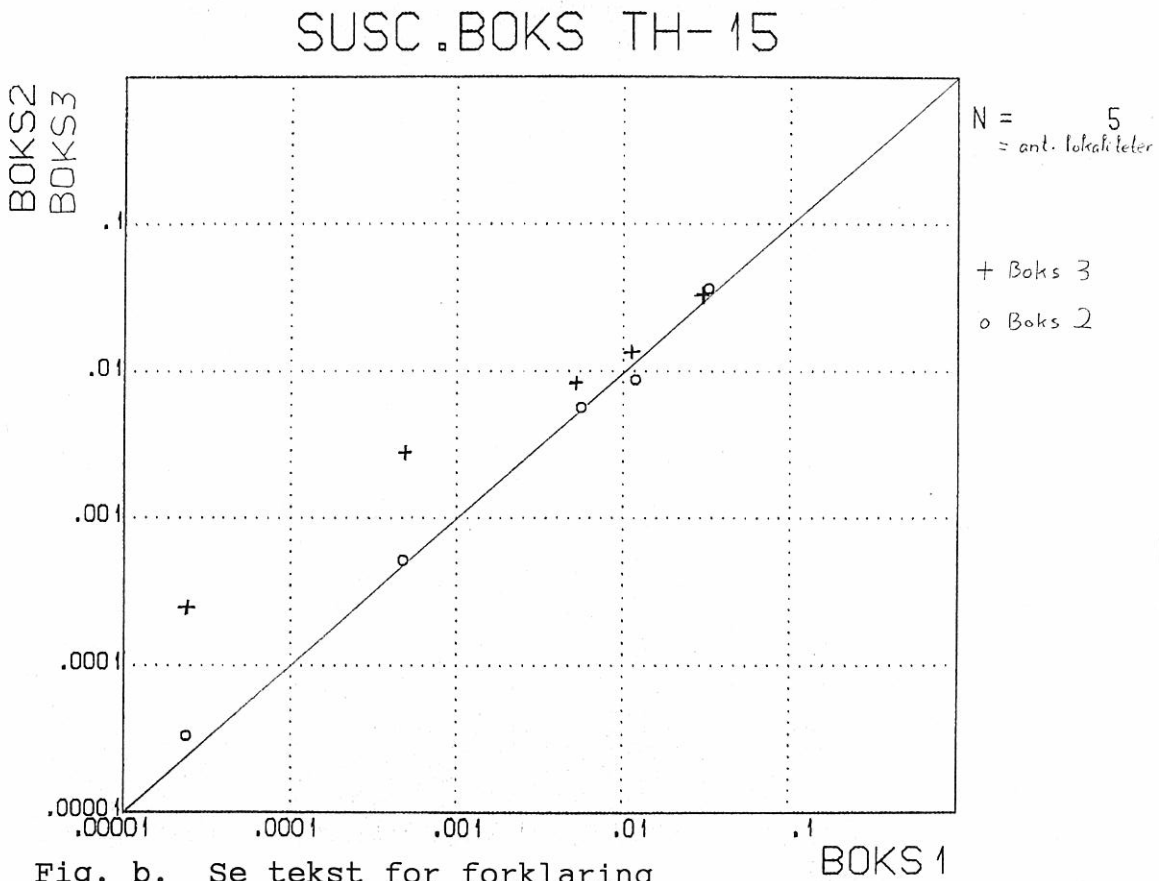


Fig. b. Se tekst for forklaring