

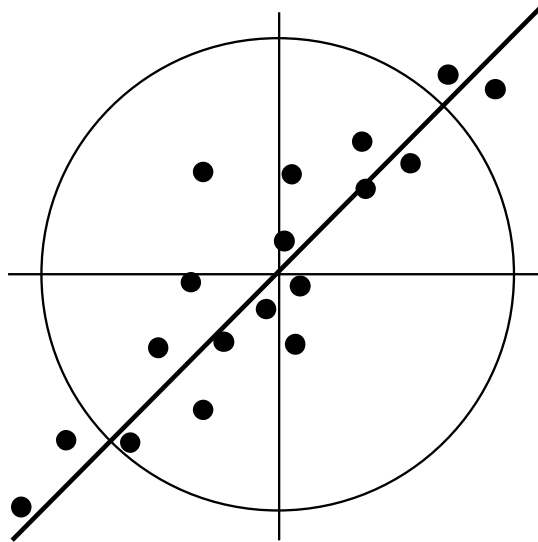


RAPPORT LNR 5350-2007

# Sammenlignende laboratorieprøving (SLP)

Kommunalt avløpsslam

## SLAM 0610



**Hovedkontor**

Gaustadalleen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

Postboks 1264 Pirsenteret  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44  
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Prøvningsammenligning nr. 10 for kommunalt avløpsslam, 2006	Løpenr. (for bestilling) 5350-2007	Dato 2007-03-16
	Prosjektnr. Undernr. O-27003	Sider Pris 67
Forfatter(e) Håvard Hovind	Fagområde Kjemisk analyse	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse
--------------------------	-------------------

Sammendrag: I november 2006 - januar 2007 ble det gjennomført en prøvningsammenligning for laboratorier som ønsker å utføre kontrollanalyser av slam fra kommunale avløpsanlegg. Både tungmetaller og nyttestoffer ble bestemt i en tørket og knust slamprøve fra RA 2 renseanlegg og en prøve av avvannet slam fra VEAS renseanlegg. Resultatene var jevnt over meget bra, spesielt for kobber og sink hvor 95 % av resultatene var akseptable i de to prøvene. Totalt sett var kvaliteten i resultatene noe bedre denne gangen i forhold til tidligere prøvningsammenligninger. Fire av laboratoriene oppnådde at alle deres rapporterte resultater var akseptable. I alt tolv av laboratoriene hadde mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, dvs. resultater innenfor medianverdien av laboratorienes resultater  $\pm 20\%$ , og tre laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. Tre laboratorier hadde bare 36 - 57 % akseptable resultater. Laboratorier som har avvikende resultater må snarest igangsette tiltak for å forbedre kvaliteten på bestemmelsene, før de kan utføre rutinemessige kontrollanalyser av slam.

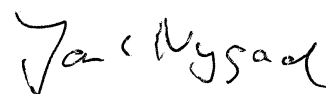
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kommunalt slam</li> <li>2. Tungmetaller</li> <li>3. Slp</li> <li>4. Kvalitetssikring</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Municipal sludge</li> <li>2. Heavy metals</li> <li>3. Intercomparison</li> <li>4. Quality assurance</li> </ol>
--	---



Håvard Hovind  
Prosjektleder



Torgunn Sætre  
Seksjonsleder



Jarle Nygard  
Ansvarlig



O - 27003

**Prøvingssammenligning nr. 10**

**for kommunalt avløpsslam,**

**2006**



## Forord

En nasjonal akkrediteringsordning for laboratorier ble opprettet i 1991. Ansvar for gjennomføring av ordningen er tillagt Norsk Akkreditering (NA) som er en egen etat under Nærings- og handelsdepartementet. Ved akkreditering etter NS-EN ISO/IEC 17025 står kravet til sporbarhet av målingene sentralt. For analyselaboratorier innebærer dette at nøyaktigheten av resultatene må dokumenteres gjennom deltakelse i sammenlignende laboratorieprøvninger (slp), ofte omtalt som ringtester.

Fra 1992 har NIVA arrangert sammenlignende laboratorieprøvninger knyttet til løpende kontroll av kommunalt avløps slam som er tenkt brukt som jordforbedringsmiddel. Statens forurensningstilsyn (SFT) har gjort kjent at man ønsker å kvalitetssikre de analyser som utføres for etaten, og vil derfor benytte akkrediterte laboratorier.

De sammenlignende laboratorieprøvningene er åpne for alle interesserte og finansieres i sin helhet av de deltakende laboratorier. Deltakeravgiften er for tiden kr 4 500.- pluss moms pr. slp, uavhengig av hvilke eller hvor mange analyser laboratoriene velger å utføre.

Oslo, 16. mars 2007

*Håvard Hovind*

---



# Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Gjennomføring	6
2.1 Deltakere	6
2.2 Slamprøver	6
2.3 Analysevariable og metoder	6
2.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering	7
2.5 Behandling av analysedata	7
3. Resultater	7
3.1 Kvikksølv	9
3.2 Kadmium	9
3.3 Bly	10
3.4 Krom	10
3.5 Kopper	11
3.6 Nikkel	11
3.7 Sink	11
3.8 Kalsium	12
3.9 Kalium	12
3.10 Totalfosfor	12
3.11 Nitrogen	12
3.12 Totalt organisk karbon	13
3.13 Totalt tørrstoffinnhold	13
3.14 Glødetap	13
3.15 pH i vannuttrekk	13
3.16 Ammonium i vannuttrekk	42
4. Vurdering av resultatene	42
5. Henvisninger	47
<b>Tillegg</b>	49
<b>Tillegg 1</b> Innholdsdeklarasjon av slam	50
<b>Tillegg 2</b> Alfabetisk oversikt over deltakerne	51
<b>Tillegg 3</b> Analyseresultatene fra de enkelte deltakerne	52

---



## Sammendrag

Arbeidet med å regulere bruken av slam fra kommunale renseanlegg har ført til forskrifter for bruken av slikt slam som jordforbedringsmiddel. En følge av dette er at det jevnlig må kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller i slammene er lavere enn de angitte grenser. Samtidig ønsker man en analysedeklarasjon som gir informasjon om nyttestoffene i slammene.

Fra 1992 har NIVA arrangert sammenlignende laboratorieprøvinger (slp, eller også omtalt som ringtester) knyttet til løpende kontroll av kommunalt avløpslam som er tenkt brukt som jordforbedringsmiddel. Statens forurensningstilsyn (SFT) har gjort kjent at man ønsker å kvalitetssikre de analyser som utføres for etaten, og vil derfor benytte akkrediterte laboratorier. Nøyaktigheten til resultatene fra slike laboratorier kan dokumenteres gjennom deltakelse i slik prøvningssammenligning.

Årets prøvningssammenligning ble gjennomført i løpet av november 2006 - januar 2007, og det ble benyttet en tørket og homogenisert slamprøve fra RA 2 (prøve A), og en avvannet slamprøve fra VEAS renseanlegg (prøve B). Følgende analysevariable ble bestemt i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kobber, nikkel, sink, kalsium, kalium, totalfosfor, totalt organisk karbon Kjeldahlnitrogen, totalt tørrstoffinnhold og glødetap av dette, samt pH og ammonium i et vannuttrekk av det avvannede slammene (prøve B).

De enkelte laboratorienes middelveier for hver enkelt analysevariabel og prøve ble lagt til grunn for vurderingen av laboratorienes prestasjoner. Ved vurderingen av analyseresultatene ble medianverdien av de beregnede middelveier for hvert enkelt laboratorium brukt som "sann verdi". De laboratorier som rapporterte resultater der middelveien lå innenfor medianverdien  $\pm 20\%$ , ble karakterisert som akseptable, og har derfor en beregnet Z-faktor som er mindre eller lik  $\pm 2$ . For pH ble 0,2 pH-enheter benyttet som akseptansegrense. Andelen av akseptable resultater varierte mye mellom de ulike analysevariable, men også mellom prøvene. Det var gjennomgående best resultater for kobber og sink med 100 % akseptable resultater.

Fire av laboratoriene oppnådde 100 % akseptable middelveier for sine innsendte metallresultater, og disse hadde rapportert resultater for alle de etterspurte analysevariable. Tolv laboratorier hadde mer enn 80 % akseptable resultater for tungmetallene, og tre laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. Tre laboratorier hadde bare 36 - 57 % akseptable resultater og disse prestasjonene er ikke tilfredsstillende. Systematisk arbeid med metodene må til for å forbedre kvaliteten ved analysene, som kan dokumenteres ved bruk av referansematerialer. Dette må også omfatte oppslutningstrinnet i analyseprosessen. Det ble ikke observert noen signifikant forskjell i resultatene etter oppslutning med mikrobølgeovn eller autoklav.

Tre laboratorier har utelatt bestemmelse av tungmetallene ved prøvningssammenligningen. Disse anbefales å utvide analyseprogrammet til å omfatte alle variable som er aktuelle ved kontroll av kommunalt avløpslam.

## 1. Bakgrunn

Arbeidet med å regulere bruken av slam fra kommunale renseanlegg har pågått i lang tid, og det er utarbeidet forskrifter for bruken av kommunalt avløpsslam som jordforbedringsmiddel (1). Dette medfører at det skal utføres jevnlig kontrollanalyser av slikt slam, noe som skal gjennomføres før slammet kjøres ut til brukeren. Det skal først og fremst kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller ligger under de angitte grenseverdier, men samtidig ønsker man en "vare-deklarasjon" som gir informasjon om nyttestoffene i slammet, se Tillegg 1.

Etter ønske fra Statens Forurensningstilsyn organiseres det sammenlignende laboratorieprøvinger for alle laboratorier som kunne tenke seg å utføre kontrollanalyser av kommunalt slam. Prøvingssammenligningen ble gjennomført november 2006 - januar 2007.

## 2. Gjennomføring

### 2.1 Deltakere

Det ble sendt ut en invitasjon til å delta i prøvingssammenligningen til alle offentlige og private laboratorier som kunne tenkes å være interesserte i å utføre slike analyser. Omtrent 50 laboratorier ble invitert til å delta. 21 svarte positivt til dette, og alle disse laboratoriene sendte inn resultater for enkelte eller alle analysevariable. En alfabetisk oversikt over hvilke laboratorier som deltok i denne slp'en er gjengitt i Tillegg 2. Ett av laboratoriene sendte inn resultater for to ulike opplutningsmetoder.

### 2.2 Slamprøver

Det ble sendt ut to prøver til deltakerne. Prøve A var en tørket og homogenisert slamprøve fra RA 2, mens prøve B var avvannet slam fra VEAS renseanlegg. Prøve A ble tørket ved 105 °C og homogenisert ved knusing i mølle før den ble fordelt på prøveglass. Den fuktige prøven B ble blandet godt mekanisk før passende porsjoner ble overført til glassbeholdere og tett lukket. Prøvene ble sendt til deltakerne i midten av november 2006.

### 2.3 Analysevariable og metoder

Deltakerne ble bedt om å utføre tre parallelle bestemmelser for hver enkelt analysevariabel, slik at det var mulig å beregne et standard avvik for bestemmelsene internt på hvert laboratorium, i tillegg til standardavviket som beregnes mellom laboratoriene. Begge prøvene skulle analyseres med hensyn på både tungmetaller og nyttestoffer.

Deltakerne ble bedt om å bestemme følgende metaller i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kobber, nikkel og sink. I tillegg skulle følgende analysevariable bestemmes ("nyttestoffer"): kalsium, kalium, totalfosfor, Kjeldahl nitrogen, totalt organisk karbon, totalt tørrstoffinnhold og glødetap av dette, samt pH og ammonium i et vannuttrekk av den våte

prøven. Alle resultater for tungmetaller skulle angis i mikrogram pr. gram tørrstoff, og i prosent av tørrstoffet for de øvrige analysevariable. Tørrstoffinnholdet ble angitt i prosent av innveid prøve. Generelt ble laboratoriene anbefalt å anvende Norsk Standard ved bestemmelsene, men de ble allikevel stilt fritt til å kunne benytte den analysemetoden som de anvender rutinemessig.

## **2.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering**

Det tørkede slammet ble delt opp i delprøver og overført til små prøvebeholdere. Det ble sendt ut ca. 25 g av det tørkede slammet (A), og ca. 100 g av den våte prøven (B). Prøvene ble sendt til deltakerne 13. november 2006, og ankom til laboratoriene i løpet av den påfølgende uken. Deltakerne ble bedt om å analysere prøvene så raskt som mulig, og sende inn resultatene ikke senere enn 22. desember 2006. Med ulike begrunnelser ba noen få laboratorier om en mindre forskyvning av rapporteringsfristen, noe som også ble innvilget. Etter at resultatene var mottatt fra nesten alle laboratoriene, ble det sendt ut en oversikt over laboratorienes resultater, samt foreløpige sanne verdier.

## **2.5 Behandling av analysedata**

For hvert enkelt laboratorium ble det for hver analysevariabel og prøve beregnet middelveidi og standardavvik av de innsendte resultatene. For laboratorier som bare hadde sendt inn resultater for en eller to parallelle bestemmelser, er kun middelveidien beregnet.

For hver enkelt analysevariabel og prøve er medianverdien av alle laboratorienes middelveidier bestemt, dessuten ble også middelveidien og standardavviket av disse beregnet. Laboratorier med middelveidier som avviker mer enn  $\pm 50\%$  fra medianverdien ble utelatt ved beregning av nye middelveidier og standardavvik. Deretter ble laboratorier med middelveidier som avviker mer enn  $\pm 3$  standardavvik (medmindre  $3s < 20\%$ ) utelatt fra de endelige statistiske beregninger. Forkastede resultater er gjengitt i parentes i tabellene i Tillegg 3.

Medianverdien av deltakernes middelveidier for de respektive analysevariable, bestemt etter at avvikende middelveidier var forkastet, ble brukt som "sann" verdi ved vurdering av de enkelte deltakernes resultater. Medianverdien benyttes fordi den påvirkes i mindre grad av sterkt avvikende resultater enn middelveidien.

# **3. Resultater**

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i tabellene 6 - 21 i Tillegg 3, hvor også den beregnede middelveidien og standardavviket for hver analysevariabel og prøve ved de enkelte laboratorier er gjengitt. Medianverdien for laboratorienes middelveidier er også gitt i disse tabellene, i tillegg til middelveidien og standardavviket mellom laboratorienes middelveidier. Resultater som avviker for mye fra medianverdien, er utelatt ved beregningene og er derfor satt i parentes i tabellene 6 - 21. Tabell 1 gir et sammendrag av resultatene ved denne sammenlignende laboratorieprøvingen.

Resultatene fra deltakerne er framstilt grafisk i figurene 1 - 28. Middelverdien av det enkelte laboratoriums resultater er plottet som funksjon av laboratoriets nummer. Middelverdien er markert med en kort strek, og vertikalt på denne er plassert en strek som angir standardavviket for de tre resultatene laboratoriet har rapportert. Den vannrette heltrukne streken i figuren representerer den "sanne" verdi (medianverdien til alle laboratoriens middelverdier). Beliggenheten til laboratoriets middelverdi i forhold til denne linjen viser i hvilken grad laboratoriets resultater er påvirket av systematiske feil, og lengden på den vertikale streken gir et bilde av de tilfeldige feil innen laboratoriet for denne analysen.

**Tabell 1. Oversikt over medianverdier (m) og middelverdier for de to slamprøvene A og B, samt standardavviket (s), antall resultater benyttet ved de statistiske beregningene (n), og antall resultater som ble utelatt ved de statistiske beregningene (u).**

Parameter, enhet	Prøve A					Prøve B				
	m	x	s	n	u	m	x	s	n	u
Hg, µg/g	0,908	0,913	0,157	14	1	0,947	0,920	0,155	14	1
Cd, µg/g	0,700	0,673	0,143	15	2	1,003	0,993	0,212	15	2
Pb, µg/g	19,37	19,76	3,40	18	0	29,53	29,51	5,36	18	0
Cr, µg/g	31,26	30,62	5,61	17	1	21,97	22,44	8,31	17	1
Cu, µg/g	96,3	95,8	5,4	18	1	521,5	522,9	33,5	18	1
Ni, µg/g	21,47	21,45	2,73	17	2	14,77	15,16	3,64	17	2
Zn, µg/g	284,7	282,1	17,9	17	1	359,7	361,6	29,3	17	1
Ca, %	1,507	1,510	0,238	17	1	15,60	15,72	0,99	17	1
K, %	0,385	0,418	0,105	16	1	0,287	0,299	0,080	17	0
TOT-P, %	1,000	1,002	0,061	16	1	1,508	1,545	0,102	16	1
TOT-N, %	1,95	1,96	0,14	15	0	1,81	1,81	0,07	16	0
TOC, %	26,6	26,6	1,0	2	0	18,3	18,3	2,3	2	0
TTS, %	96,01	96,28	1,16	20	0	55,93	55,28	4,09	21	0
TGT, %	53,00	52,94	1,76	17	0	33,85	34,48	3,50	17	1
pH						10,35	10,27	0,30	16	0
NH4-N, %						0,033	0,033	0,011	11	1

Resultater som ligger innenfor den beregnede medianverdi  $\pm 20\%$ , er karakterisert som akseptable i denne rapporten, og laboratoriens middelverdier for hver analysevariabel og prøve er benyttet ved bedømmelsen. I tabell 2 er gjengitt en evaluering av middelverdien fra de enkelte laboratorier, og her har man gjennomført sammenligningen ved at medianverdien fra alle ikke forkastede laboratorier benyttes som "sann" verdi. Som et mål for graden av overensstemmelse med medianverdiene er det benyttet en Z-faktor. Denne er beregnet på følgende måte:

$$A = (\text{Laboratoriets resultat} - \text{"sann" verdi}) \times 100 / \text{"sann" verdi},$$

hvor A er laboratoriets avvik fra den "sanne" verdi i prosent. Hvis vi sier at akseptansegrensen ved slp'en er X %, og at tallverdien til Z skal være  $\leq 2$  for at resultatet skal bedømmes som akseptabelt, da blir

$$Z = A / (X/2)$$

Når Z-verdien er mindre eller lik 1, anses resultatet som meget bra. Hvis Z-verdien ligger mellom 2 og 3 anses resultatet som uakseptabelt og tvilsomt, og hvis Z er større enn 3 bedømmes resultatet som fullstendig uakseptabelt. Ved denne slp'en ble avvik opp til  $\pm 20$  % vurdert som akseptable. For pH i vannuttrekket av prøve B er  $\pm 0,2$  pH-enheter benyttet som akseptansegrense.

### 3.1 Kvikksølv

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 6, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 1 og 2. 15 av 21 laboratorier sendte inn resultater for kvikksølv i disse prøvene. Nesten alle laboratoriene har angitt at de benyttet ulike teknikker for kalddamp atomabsorpsjon ved bestemmelse av kvikksølv, mens to laboratorier benyttet atomfluorescens og ett laboratorium ED-XRF. Sistnevnte laboratorium rapporterte alle resultater for prøve A som "mindre enn", noe som viser at denne metoden ikke er tilstrekkelig følsom for bestemmelse av kvikksølv i disse prøvene. Alle laboratoriene unntatt to foretok reduksjon med tinnklorid. Det ser ikke ut til at det er noen markert forskjell mellom de ulike metodene som er benyttet.

For begge prøvene var 79 % av resultatene akseptable, dvs den andelen av resultatene som ligger innenfor medianverdien  $\pm 20$  %. Blant mulige årsaker til systematiske avvik kan være feilaktig blindprøvekorreksjon, som kan føre til at resultatene blir gjennomgående systematisk for høye eller for lave. Ufullstendig tørking av prøvene vil føre til for lave resultater, spesielt for prøve B. Ett laboratorium (nr. 12) rapporterte resultater mindre enn deteksjonsgrensen for prøve A og altfor høye resultater for prøve B, og ble derfor utelatt ved de statistiske beregningene.

Det er gjennomgående god overensstemmelse mellom resultatene for begge prøvene, men presisjonen ved noen av laboratoriene er svært varierende. Det er de systematiske avvik som er dominerende mellom laboratoriene, selv om spredningen mellom enkeltresultatene er spesielt stor ved enkelte laboratorier. Når standardavviket innen laboratoriet er vesentlig større enn mellom laboratoriene, bør laboratoriet undersøke årsaken til dette.

### 3.2 Kadmium

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 7, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 3 og 4. Alle deltakerne unntatt fem sendte inn resultater for kadmium, og de aller fleste av disse benyttet ICP-AES til selve bestemmelsen. Fem laboratorier benyttet atomabsorpsjon med grafittovn under bestemmelsen, og av disse benyttet nesten alle Zeeman bakgrunnskorreksjon. Ett laboratorium (nr. 7) benyttet ICP-MS

til bestemmelsen, og har oppnådd noe for høye resultater i prøve B. Ett laboratorium (nr. 1) som benyttet flamme atomabsorpsjon har oppnådd akseptable resultater.

Som det fremgår av Tabell 2 er 65 % av middelverdiene definert som akseptable for prøvene A og B. Laboratorium nr. 12 og 19 rapporterte så høye resultater for kadmium i begge prøver, og er derfor ikke kommet med i figur 3 og 4. Presisjonen innen laboratoriet varierer noe fra ett laboratorium til et annet, selv om få laboratorier har spesielt stor spredning i sine resultater. De systematiske avvik dominerer, og fører til at presisjonen mellom laboratoriene blir mindre bra.

Både de laboratorier som benytter ICP-AES og de som anvender grafittovn ved selve bestemmelsen må vurdere om mulige interferenser ved bestemmelsen kan være årsak til avvikene, og om bakgrunnskorreksjonen er riktig utført. Ved såvidt lave konsentrasjoner som det er i disse prøvene, er det meget viktig at man benytter en metode som er tilstrekkelig følsom.

### **3.3 Bly**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 8, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 5 og 6. 17 av deltakerne sendte inn resultater for bly. Fem av laboratoriene bestemte bly med grafittovn, og ett laboratorium benyttet flamme atomabsorpsjon. De øvrige laboratorier benyttet ICP-AES unntatt ett laboratorium som bestemte bly med ICP-MS. Ett laboratorium som benyttet ED-XRF fikk systematisk høye resultater spesielt i prøve A. De av deltakerne som har rapportert altfor avvikende resultater må vurdere om interferenser ved bestemmelsen er under kontroll, og om blindprøvekorreksjonen fungerer riktig.

Andel akseptable resultater for denne bestemmelsen er henholdsvis 84 og 79 % for prøve A og B. Spredningen i resultater mellom laboratoriene er sammenlignbare for begge prøvene. Presisjonen ved de enkelte laboratorier er gjennomgående sammenlignbar ved bestemmelse av dette metallet, med et relativt standard avvik som varierer omkring 1 %. Det ser ikke ut til å være store systematiske forskjeller mellom de ulike bestemmelsesmetodene.

### **3.4 Krom**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 9, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 7 og 8. 16 laboratorier sendte inn resultater for krom i begge slamprøvene. Nesten alle laboratoriene bestemte krom med ICP-AES, mens ett laboratorium (nr. 7) benyttet ICP-MS. Grafittovn ble benyttet av to laboratorier, og begge fikk systematisk lave resultater. Ett laboratorium (nr. 12) bestemte krom med ED-XRF, og fikk systematisk litt høye resultater.

For prøvene A og B ble henholdsvis 72 og 67 % av middelverdiene bedømt som akseptable, og dette er et noe bedre resultat enn ved siste slam-slp. Kromkonsentrasjonen var sammenlignbar i begge prøvene. Interferenser under bestemmelsen kan være en sannsynlig

årsak til avvikende resultater, selv om de fleste har angitt at de benyttet bakgrunnskorreksjon eller interferenskorreksjon.

Presisjonen innen hvert enkelt laboratorium var noe varierende, men mange laboratorier har allikevel relativt liten spredning i sine resultater. Oppslutningstrinnet kan være en av årsakene til spredningen mellom resultatene for dette metallet, men resultatene fra et laboratorium som benyttet to metoder ved oppslutningen fikk noe høyere resultater med mikrobølgeovn enn med autoklav.

### **3.5 Kopper**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 10, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 9 og 10. Alle unntatt tre laboratorier sendte inn resultater for kopper i slamprøvene, med jevnt over meget gode resultater for begge prøvene, der 95 % av middelveierne ble bedømt som akseptable.

Nesten alle laboratoriene bestemte kopper med ICP-AES denne gangen, selv om ett laboratorium benyttet ICP-MS og to laboratorier benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet ED-XRF med meget bra resultater og høy presisjon.

### **3.6 Nikkel**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 11, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 11 og 12. 17 av de deltagende laboratorier sendte inn resultater for nikkell. De fleste laboratoriene benyttet ICP-AES til bestemmelsen, mens ett laboratorium benyttet ICP-MS, grafittovn ble benyttet av ett laboratorium og det samme gjaldt flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet ED-XRF og fikk systematisk altfor lave resultater for prøve B.

Henholdsvis 83 og 61 % av de rapporterte middelveier var akseptable for de to prøvene, og det er omtrent det samme som tidligere. Hos de laboratorier som har rapportert avvikende resultater er det ingen klar sammenheng med hvilken metode som er benyttet. Interferenser kan være sannsynlig årsak til de systematisk avvikende resultater.

### **3.7 Sink**

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 12, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 13 og 14. 17 laboratorier sendte inn resultater for sink, og andel akseptable resultater var 95 % i begge prøvene, slik at resultatene for dette metallet kan anses for å være meget tilfredsstillende. Nesten alle laboratorier anvendte ICP-AES ved bestemmelsen, ett laboratorium benyttet ICP-MS og to benyttet flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium som benyttet ED-XRF og fikk gode resultater for begge prøver. Det er de systematisk feil som dominerer mellom laboratorienes resultater.

### 3.8 Kalsium

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 13, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 15 og 16. For kalsium ble det mottatt resultater fra 17 av deltakerne. For dette metallet var andelen akseptable resultater henholdsvis 83 og 94 % i prøvene A og B, og dette er meget bra.

Nesten alle laboratoriene benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens ett laboratorium benyttet ICP-MS og to flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet ED-XRF med bra resultat. Det er ingen påvisbar forskjell mellom resultatene for de ulike metodene. Ett laboratorium (nr. 9) har rapportert spesielt lave resultater, og kommer derfor ikke med i figur 16. Laboratorier med spesielt stor spredning mellom de parallelle bestemmelsene må undersøke hva årsaken til dette kan være, dette gjelder spesielt prøve B.

### 3.9 Kalium

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 14, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 17 og 18. Det ble mottatt resultater for kalium fra 17 av laboratoriene. Resultatene for kalium er noe bedre enn ved siste slp, med henholdsvis 83 og 82 % akseptable middelveier for prøvene A og B. Blant de avvikende verdier var det både systematisk for høye og for lave resultater.

Nesten alle laboratoriene benyttet ICP-AES ved bestemmelsen, mens ett laboratorium benyttet ICP-MS og to flamme atomabsorpsjon. Ett laboratorium benyttet ED-XRF med altfor høye resultater for begge prøvene, og kommer derfor ikke med i figur 17. Det er ingen påvisbar forskjell mellom resultatene for de ulike metodene.

### 3.10 Totalfosfor

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 15, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 19 og 20. 16 laboratorier rapporterte resultater for totalfosfor, og andel akseptable resultater i begge prøvene var 94 %, som er et meget bra resultat. Åtte laboratorier rapporterte at de bestemte totalfosfor med ICP-AES, mens syv laboratorier benyttet en automatisert spektrofotometrisk metode. Begge metoder er representert ved de største avvikene. Ett laboratorium benyttet ED-XRF med akseptable resultater, selv om resultatet for prøve A lå systematisk noe høyt.

### 3.11 Nitrogen

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 16, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 21 og 22. For bestemmelsen av nitrogen ble det mottatt 16 resultatsett for begge prøvene. De fleste laboratoriene benyttet Kjeldahlmetoden til denne bestemmelsen. To laboratorier har benyttet en automatisert fotometrisk metode til sluttbestemmelsen. Henholdsvis 93 og 100 % av middelveiene lå innenfor den generelle akseptansegrensen på  $\pm 20$  %, noe som er meget bra resultat.



### 3.12 Totalt organisk karbon

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 17. Det er kun rapportert resultater fra to laboratorier for hver av de to prøvene. Med så få resultater har det ingen hensikt å framstille dette grafisk, og ettersom det ikke er mulig å evaluere disse resultatene er denne parameteren heller ikke tatt med i tabell 2. Laboratoriene bestemte karboninnholdet ved høytemperatur forbrenning med relativt like resultater.

### 3.13 Totalt tørrstoffinnhold

Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 18, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 25 og 26. Det ble mottatt resultater for totalt tørrstoffinnhold fra alle unntatt ett laboratorium. Det er noe varierende resultater hos noen av laboratoriene, og dette vil være med å påvirke resultatet fra de andre bestemmelsene som er gjennomført for prøvene, fordi resultatet beregnes i forhold til innholdet av tørrstoff. Det er gjennomgående liten spredning i resultatene, og alle resultatene er akseptable i forhold til en akseptansegrense på  $\pm 20\%$ , med unntak av et spesielt lavt resultat for prøve B (nr. 6) som heller ikke kommer med i figur 24. Forskjellen mellom laboratoriene er gjennomgående innenfor  $\pm 2\%$  for begge prøvene.

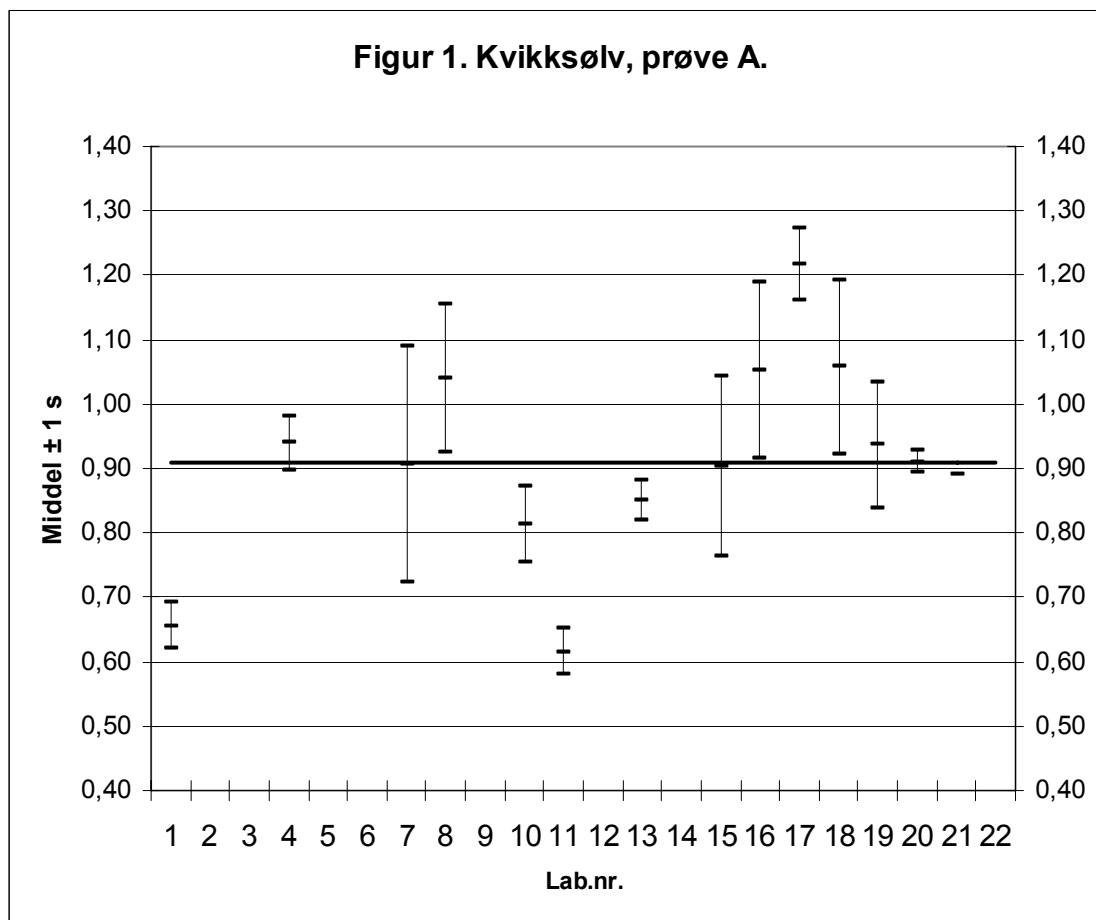
### 3.14 Glødetap

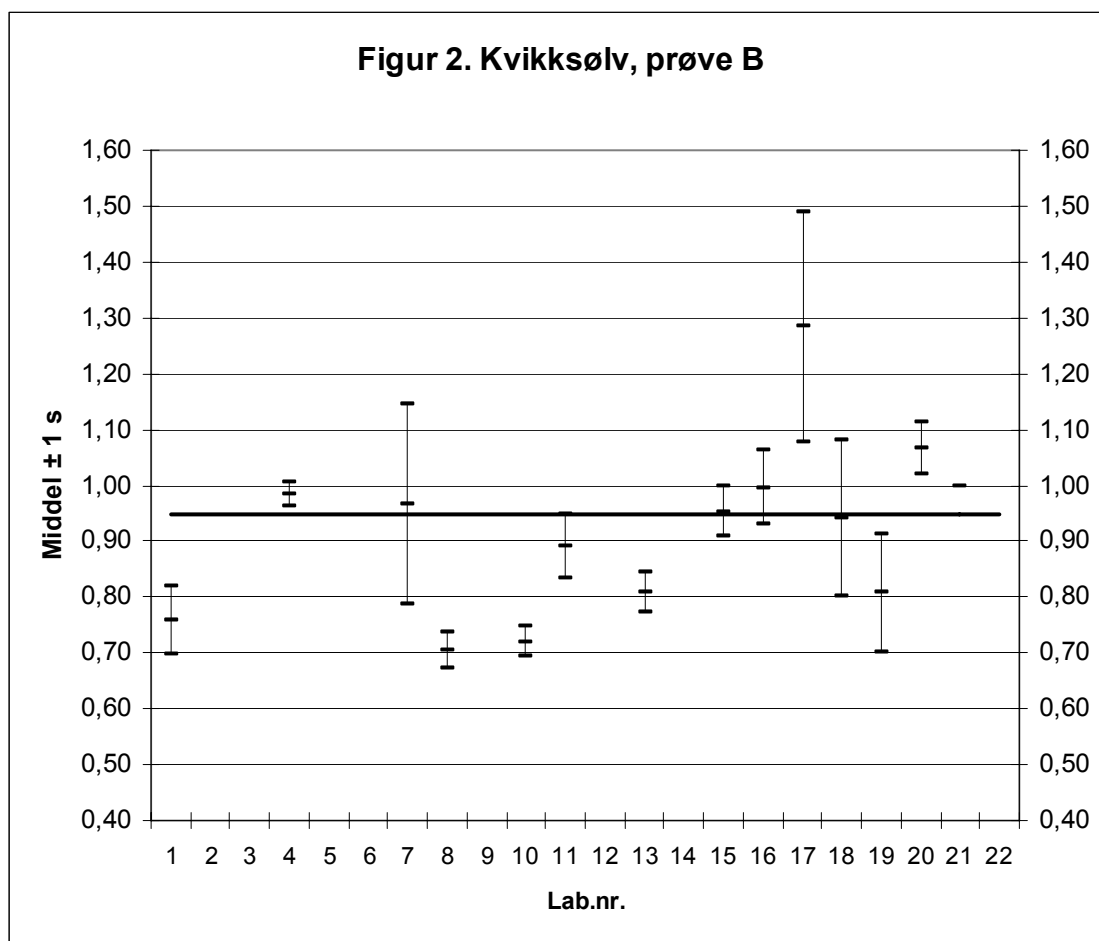
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 19, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 27 og 28. Henholdsvis 17 og 18 laboratorier bestemte glødetapet i prøvene A og B. Alle resultatene unntatt ett er akseptable for begge prøver når man benytter en akseptansegrense på  $\pm 20\%$  av medianverdien. Laboratorium nr. 12 har systematisk altfor lavt resultat i prøve B, og må finne årsaken til dette. Laboratorium nr. 9 ser ut til å ha rapportert gløderesten istedenfor glødetapet.

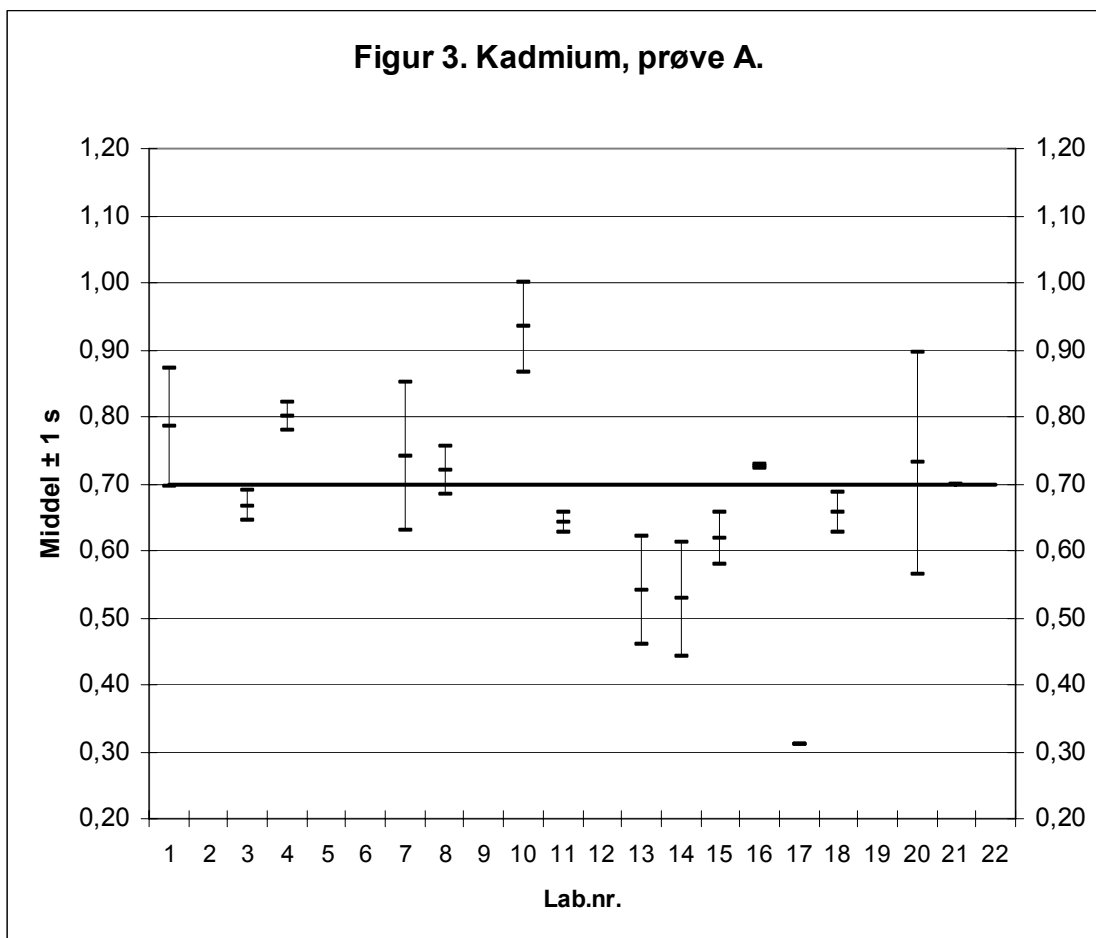
### 3.15 pH i vannuttrekk

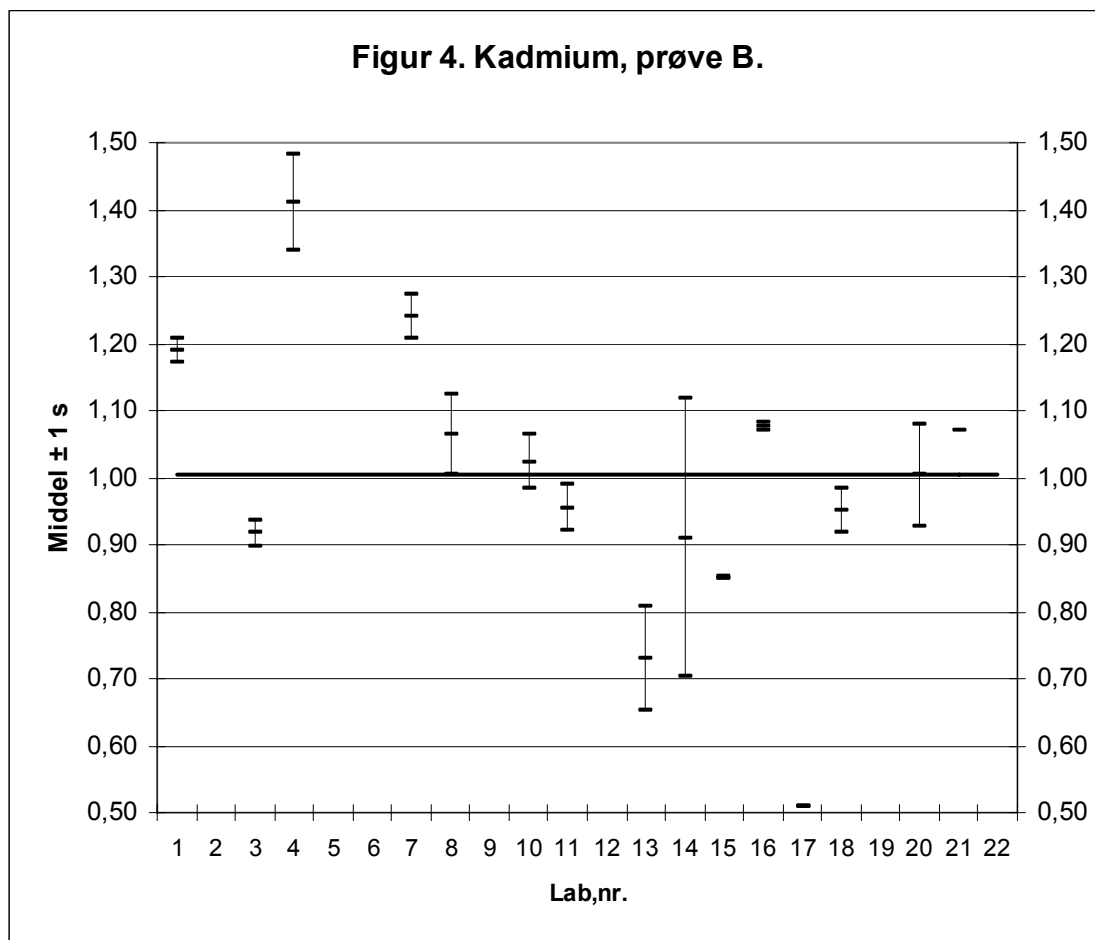
Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 20, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 29. 15 laboratorier rapporterte pH for et vannuttrekk av slamprøve B. De fleste har angitt at de rystet ut 5 gram slam i vann til 50 ml, eller tilsvarende mengdeforhold, mens noen få har fulgt standarden NS-EN 12176, hvor 5 g slam rystes ut til 100 g suspensjon. Ulikheter i forbehandlingen kan være årsaken til enkelte avvikende resultater. Av de rapporterte resultater lå fem middelerverdier utenfor sann verdi  $\pm 0,2$  pH-enheter, som tilsvarer 63 % akseptable resultater. Ved beregning av Z-score for pH er det benyttet en akseptansegrense på 0,2 enheter, som tilsvarer  $Z = 2$ .

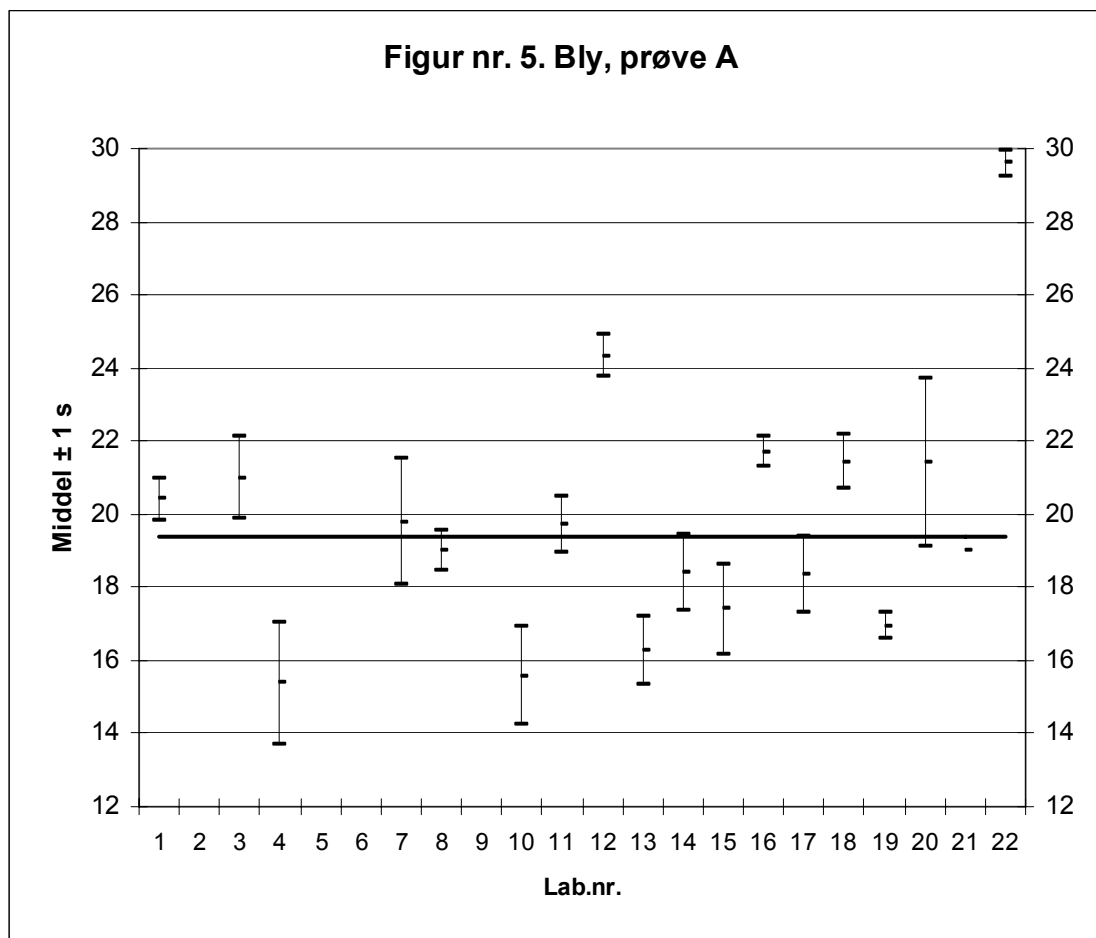
Forts. side 42

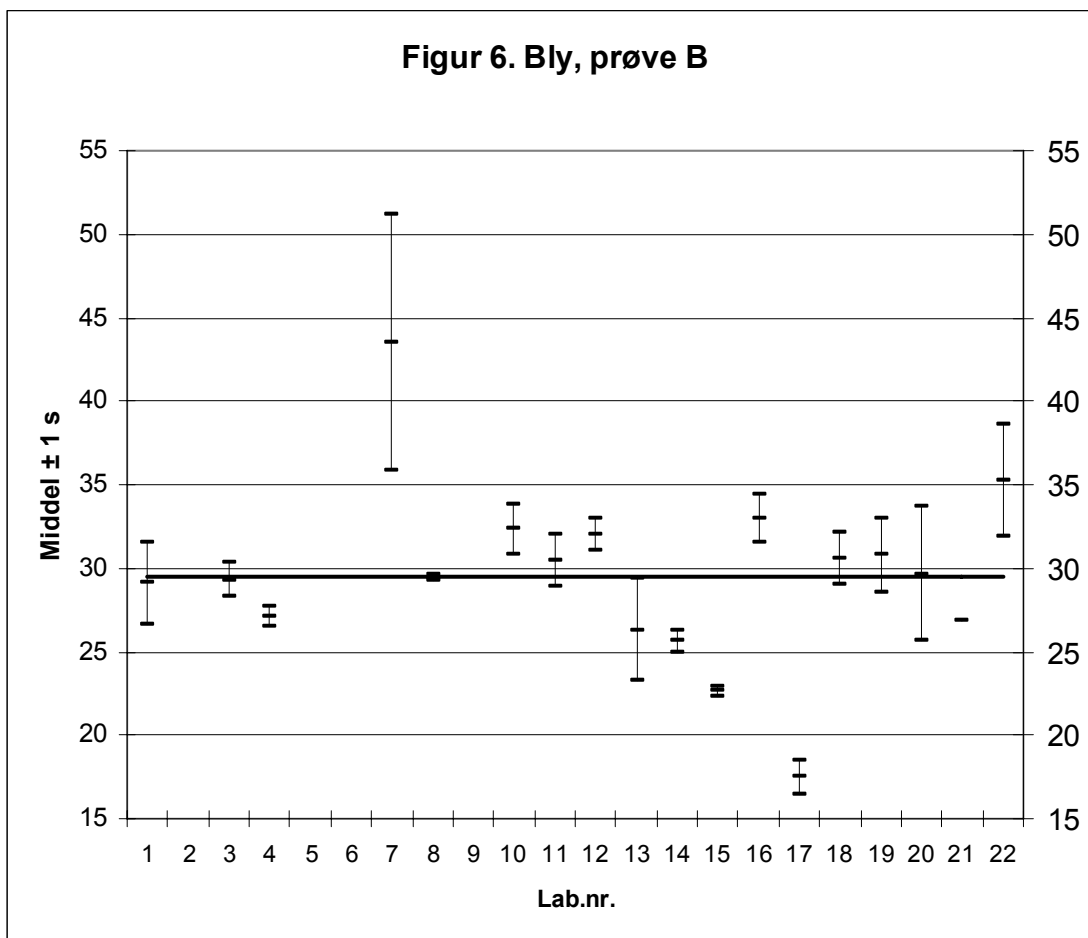


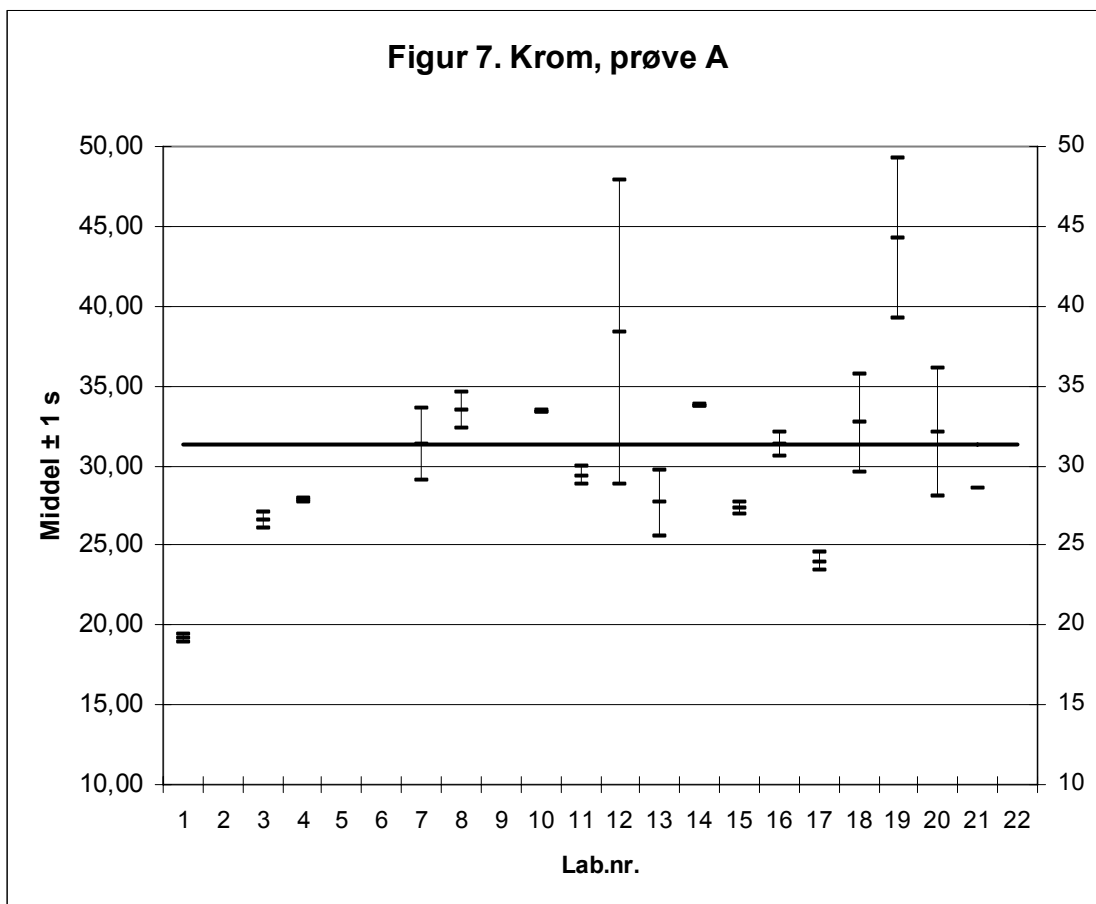




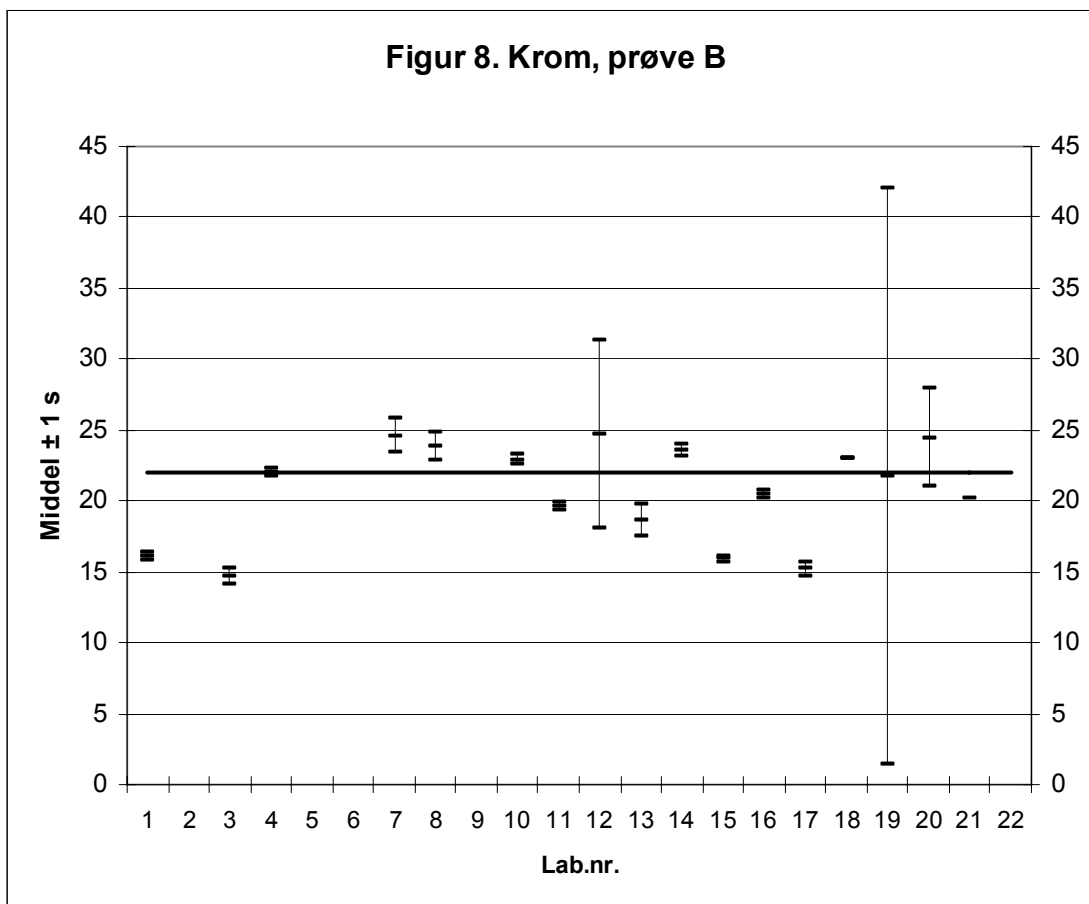


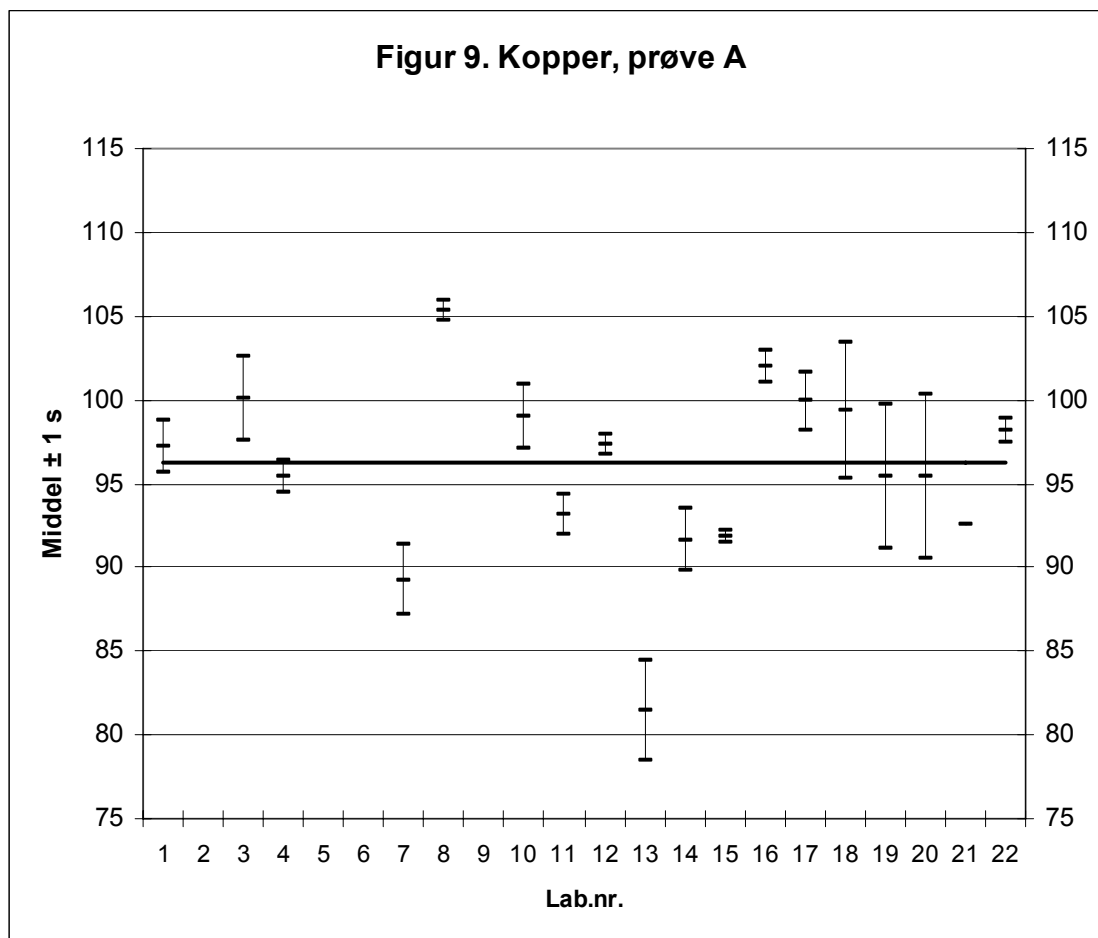


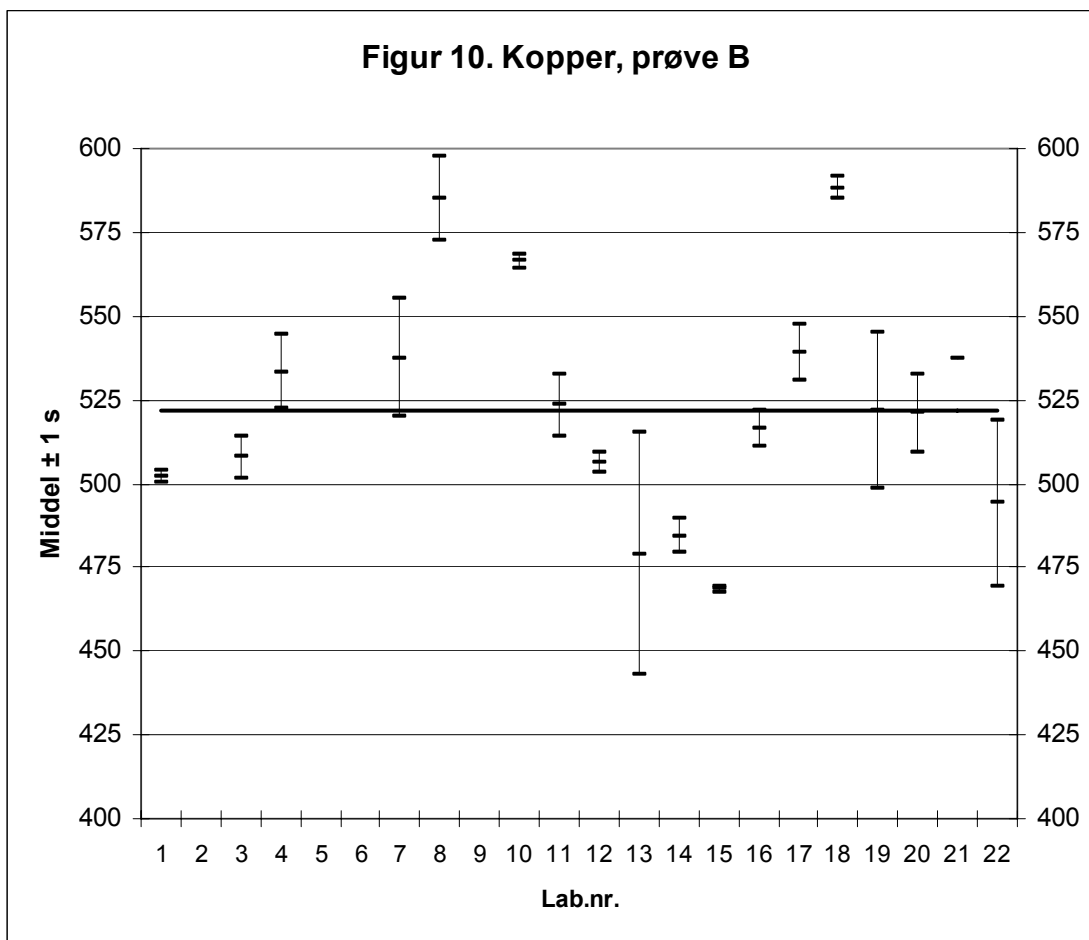


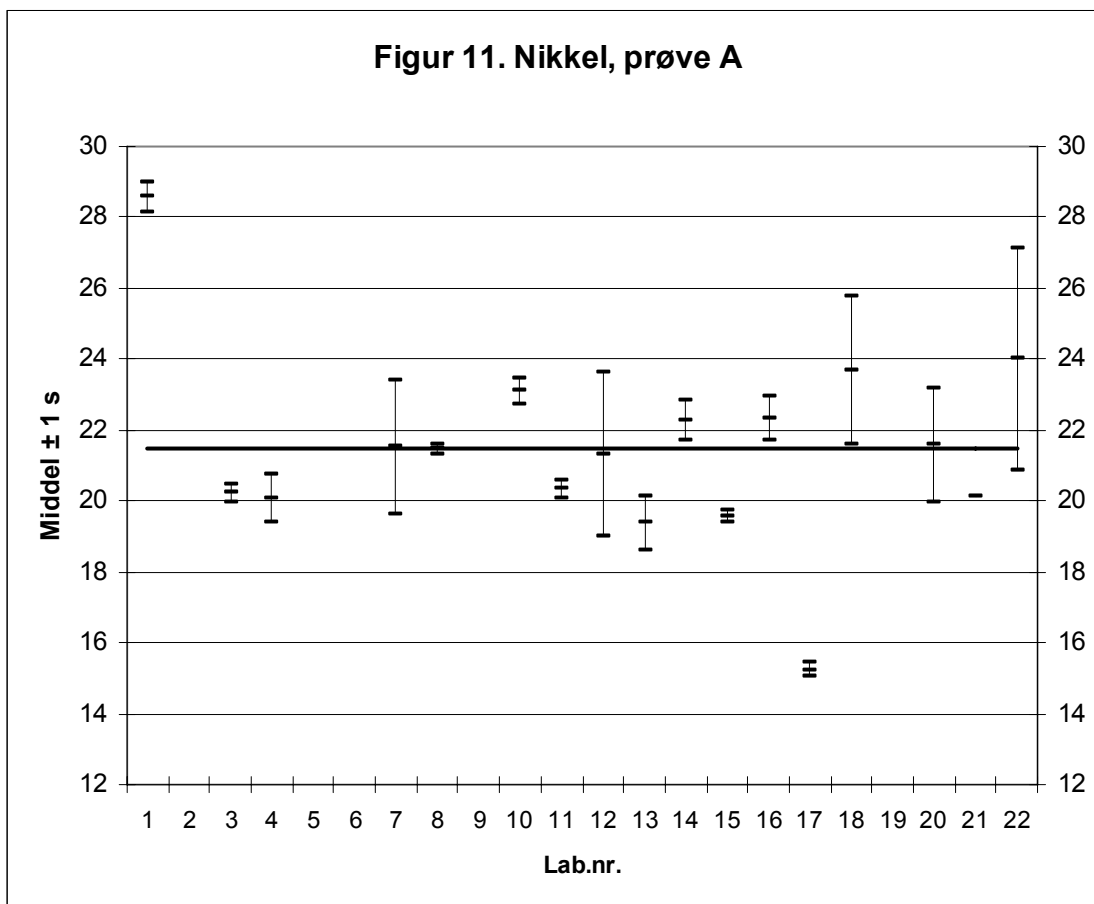


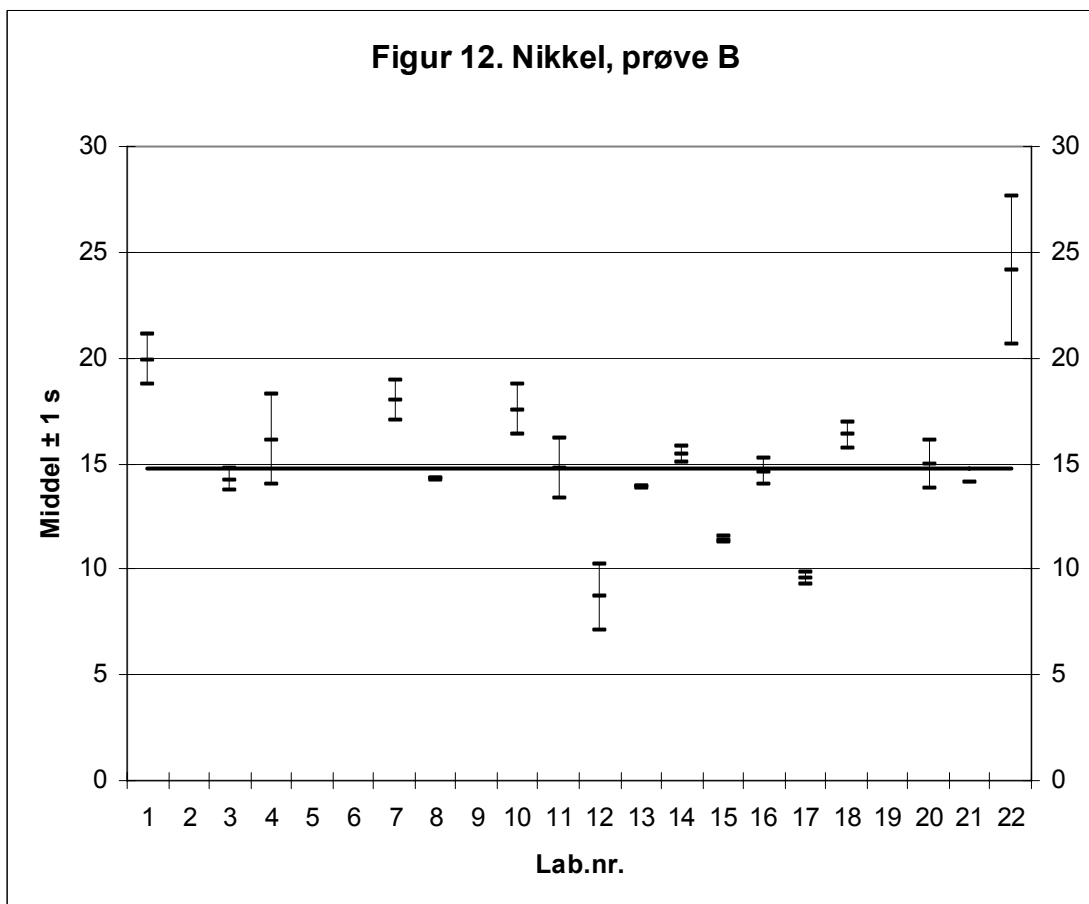


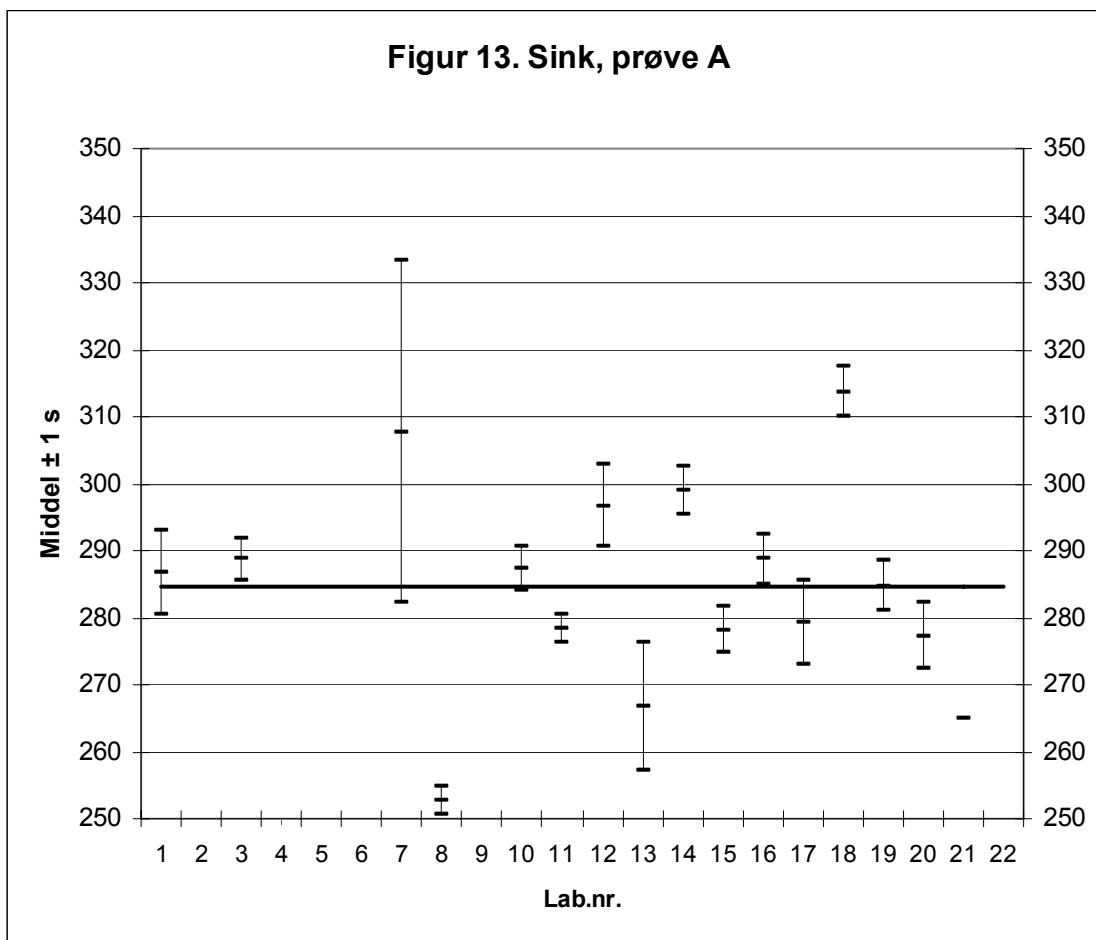


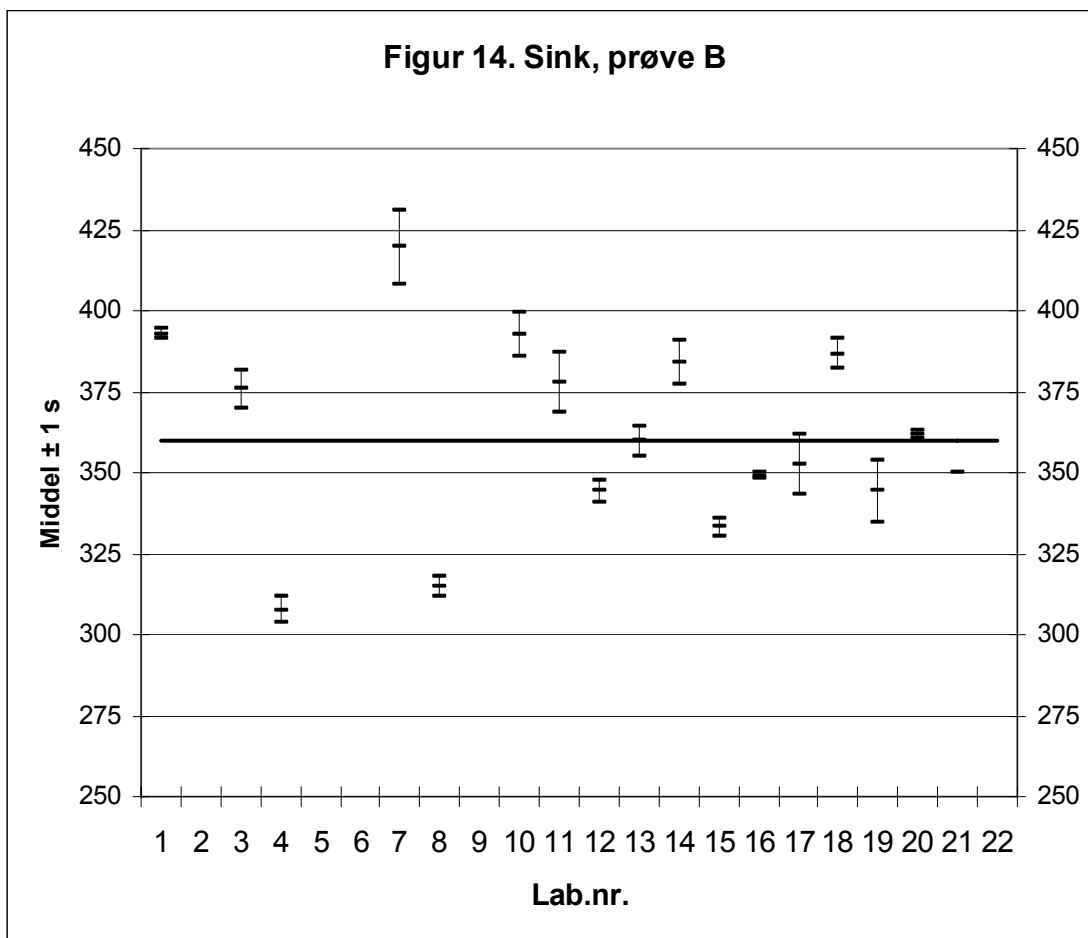


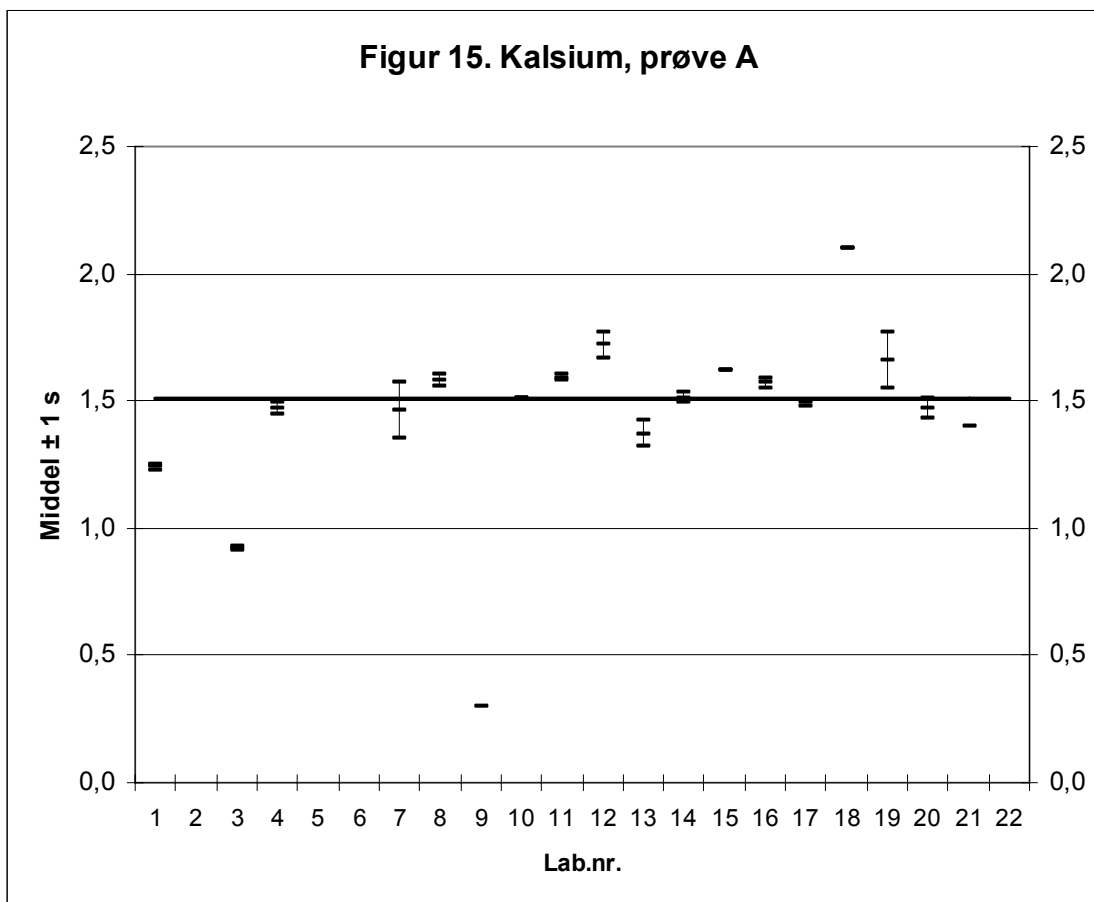




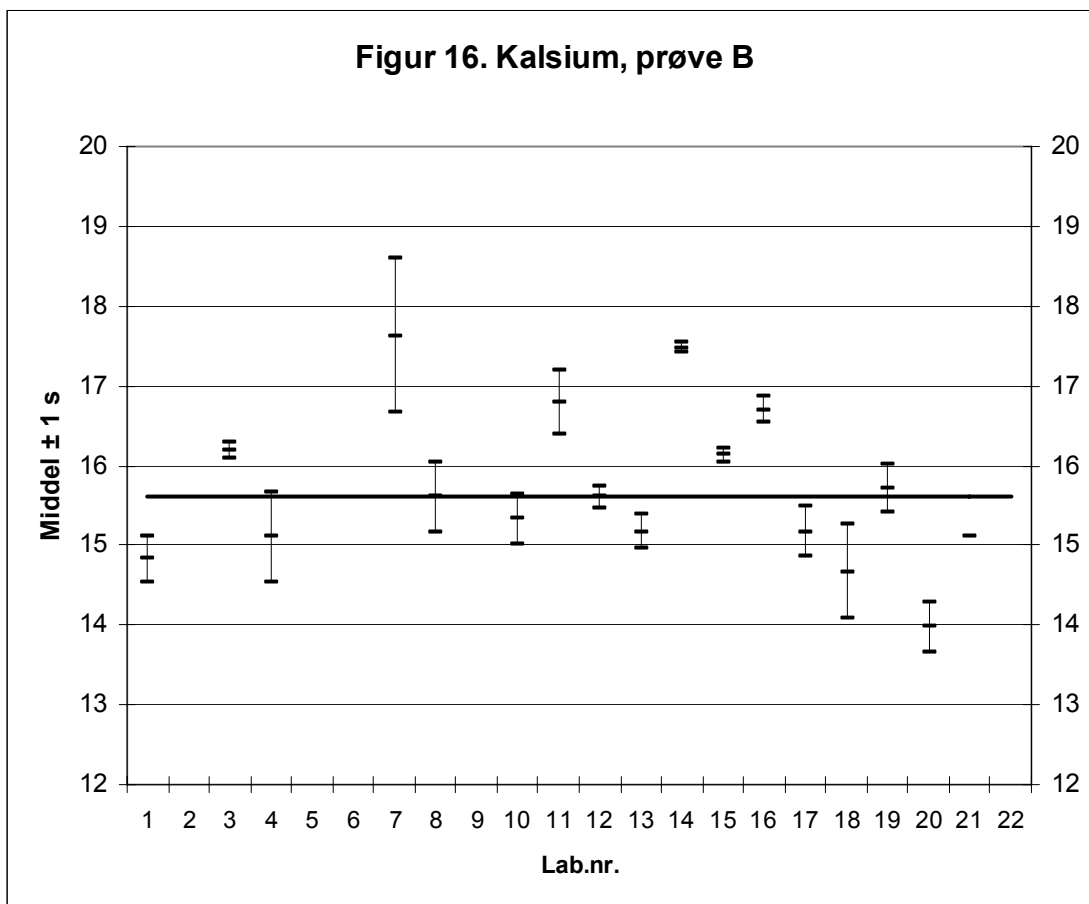


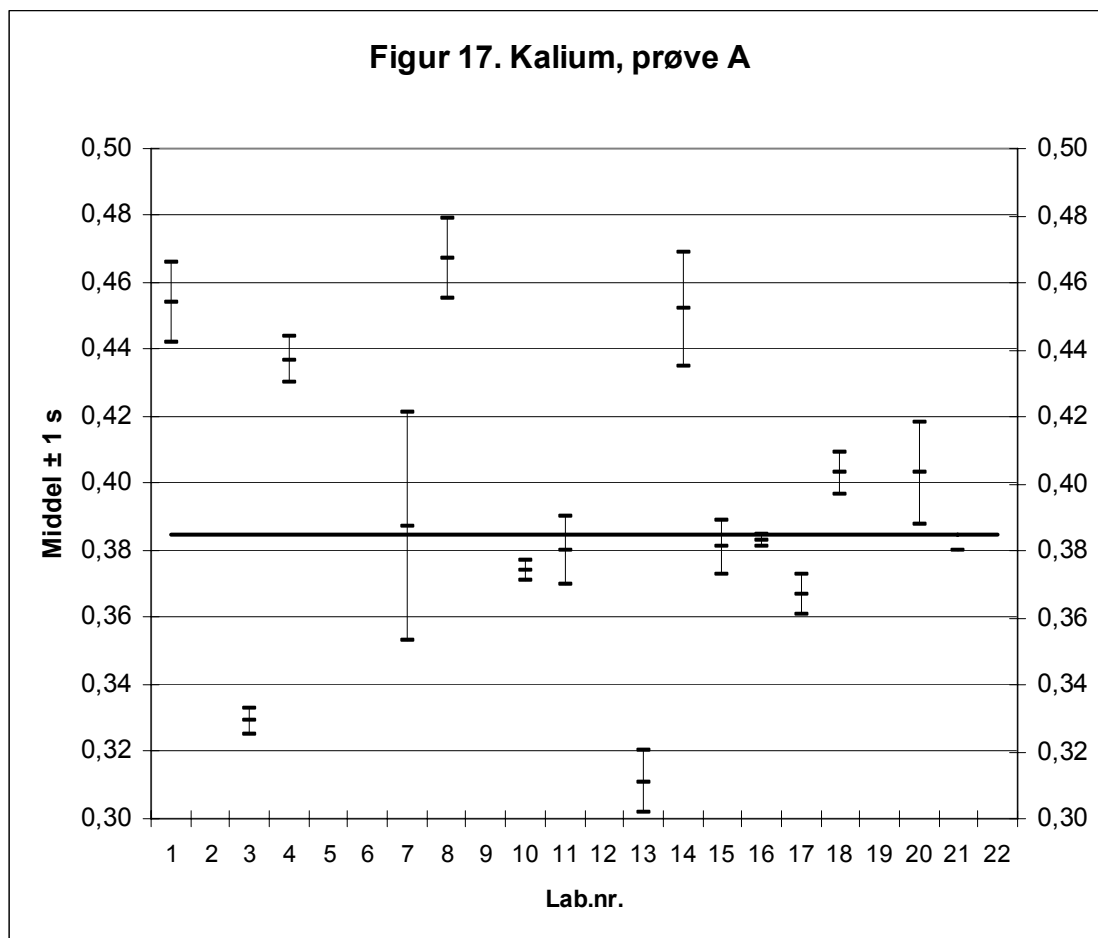


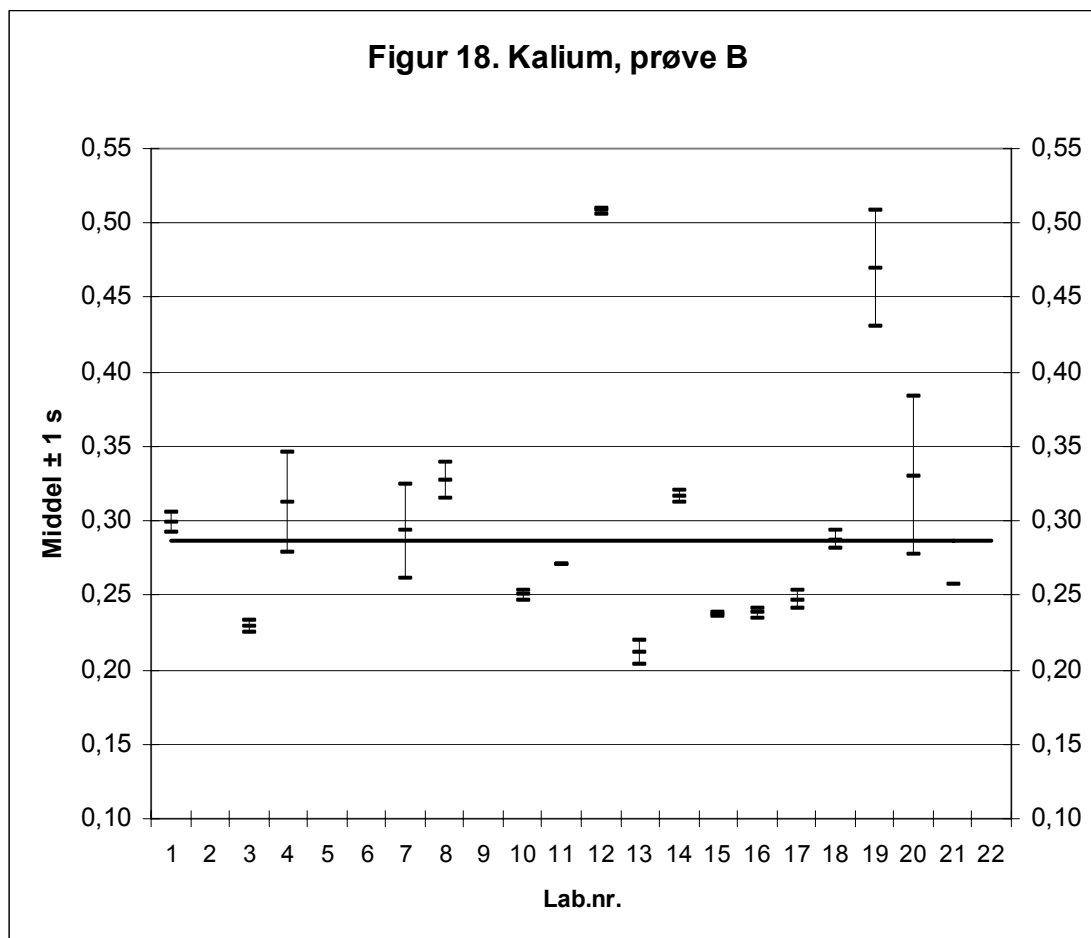


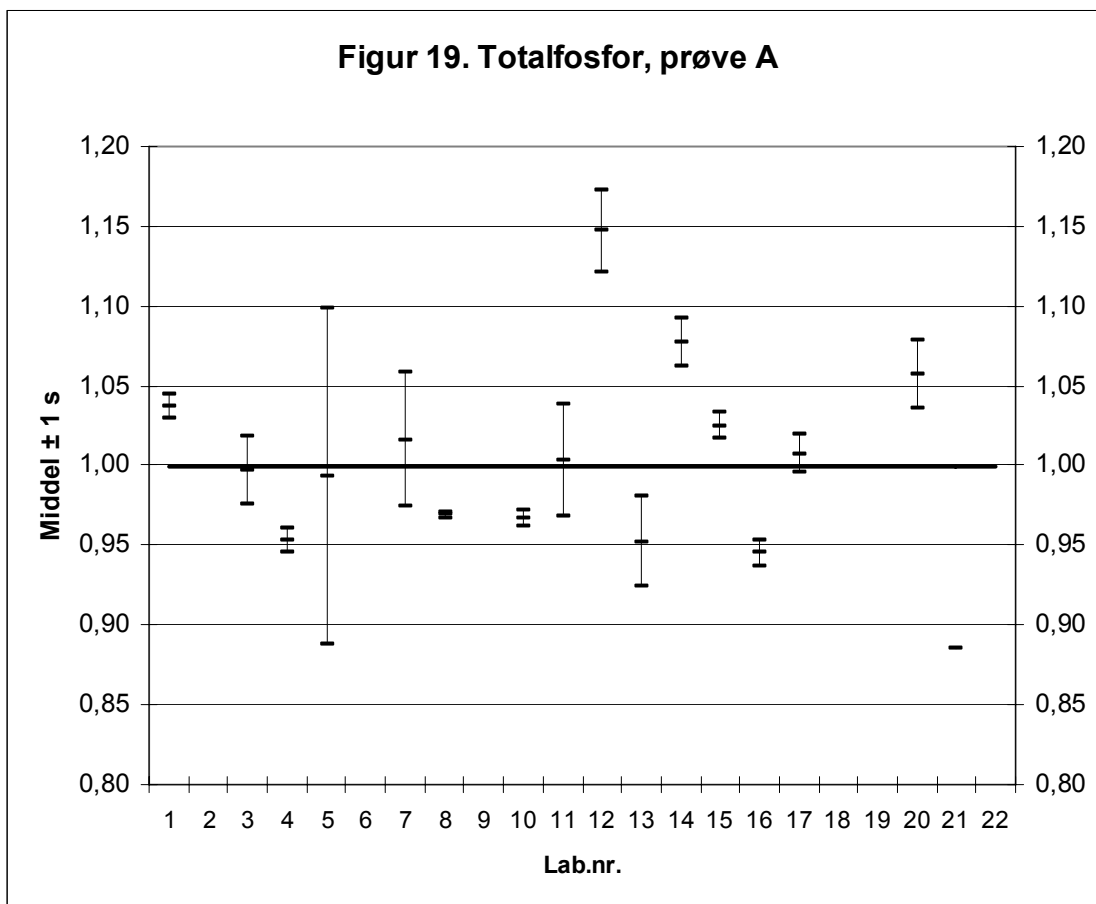


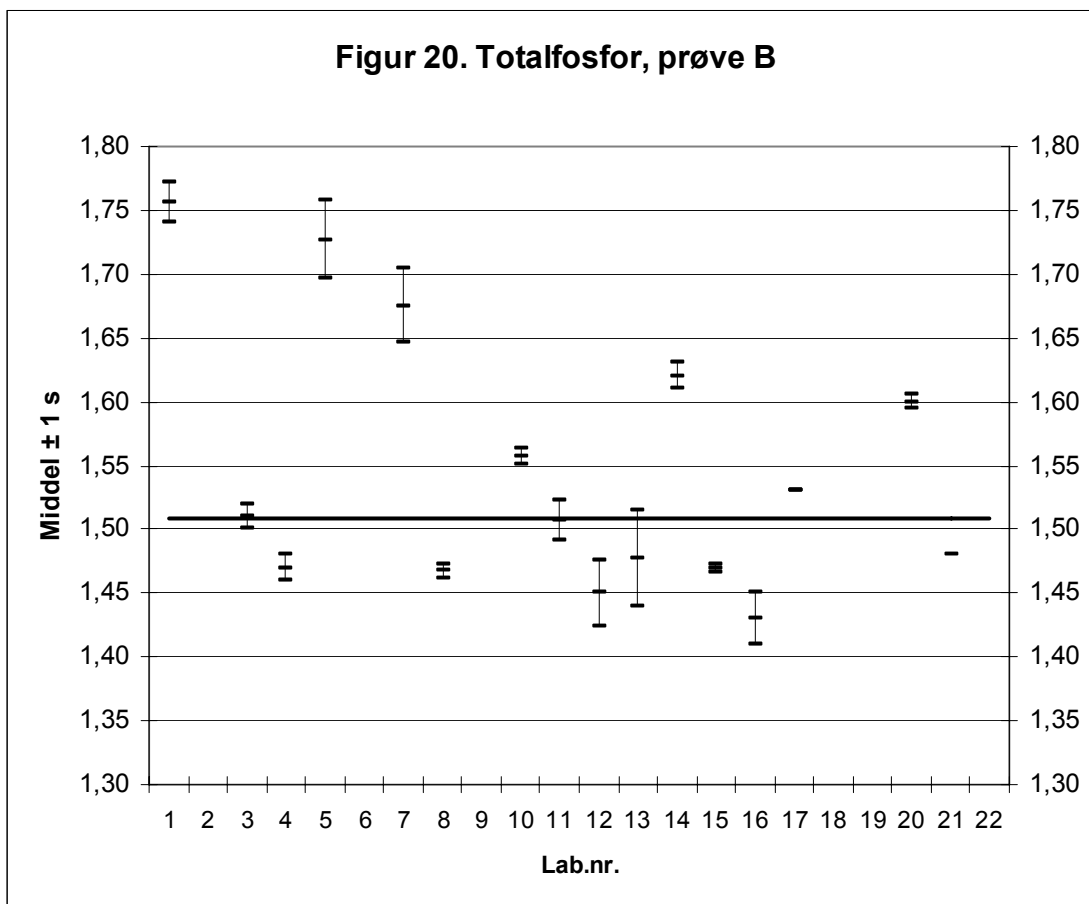


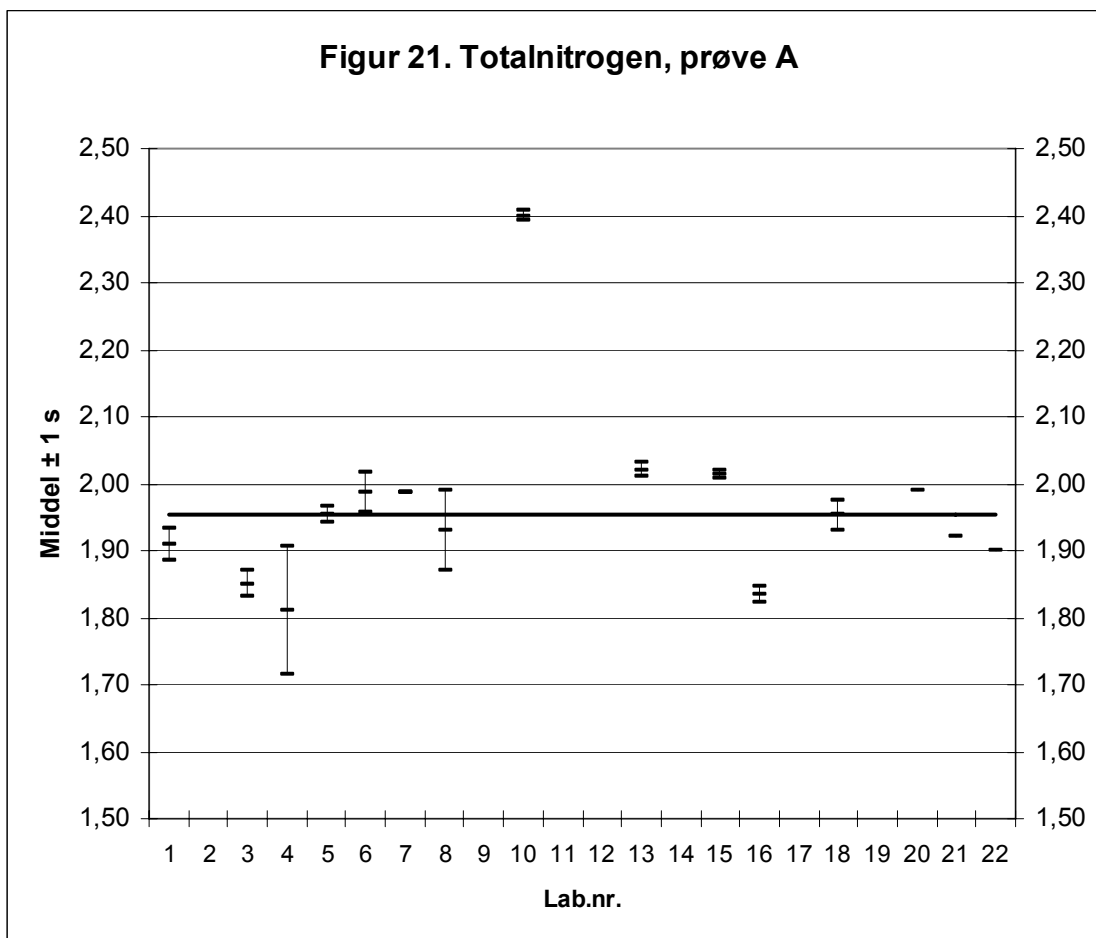


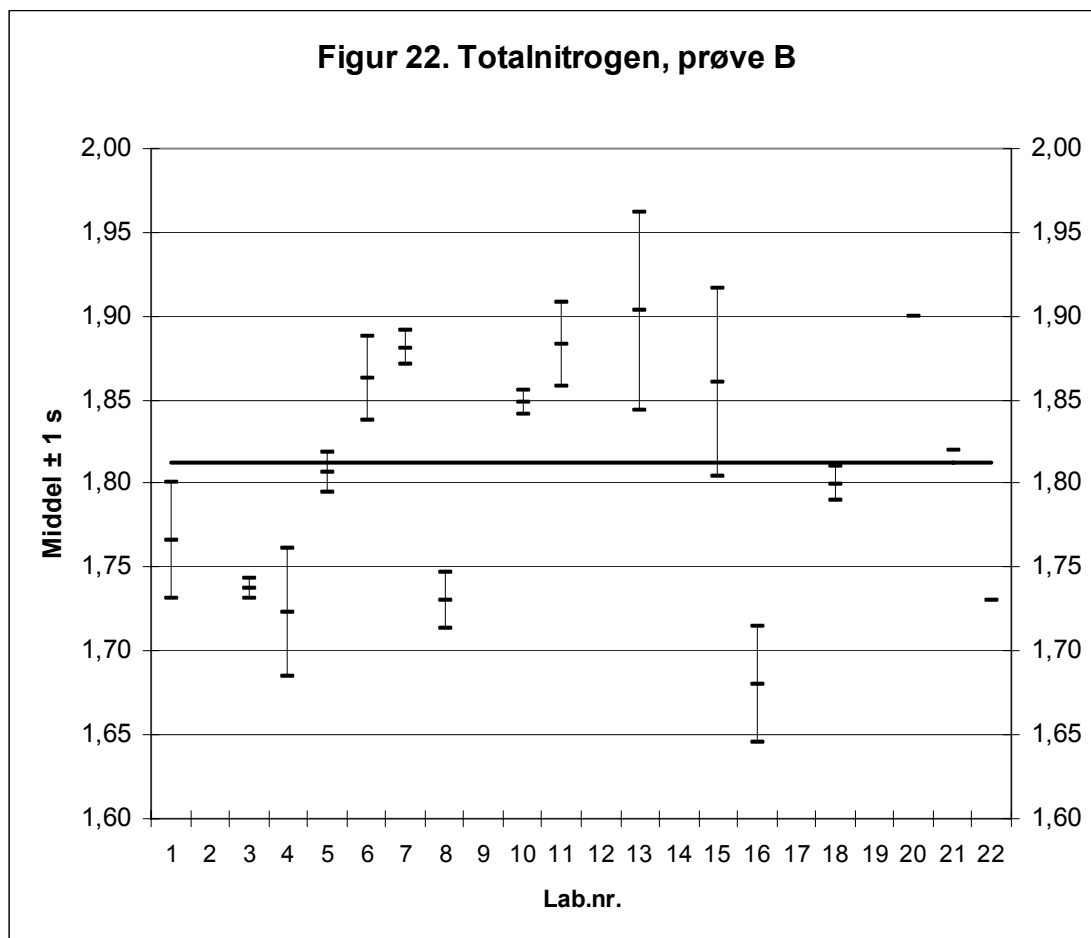


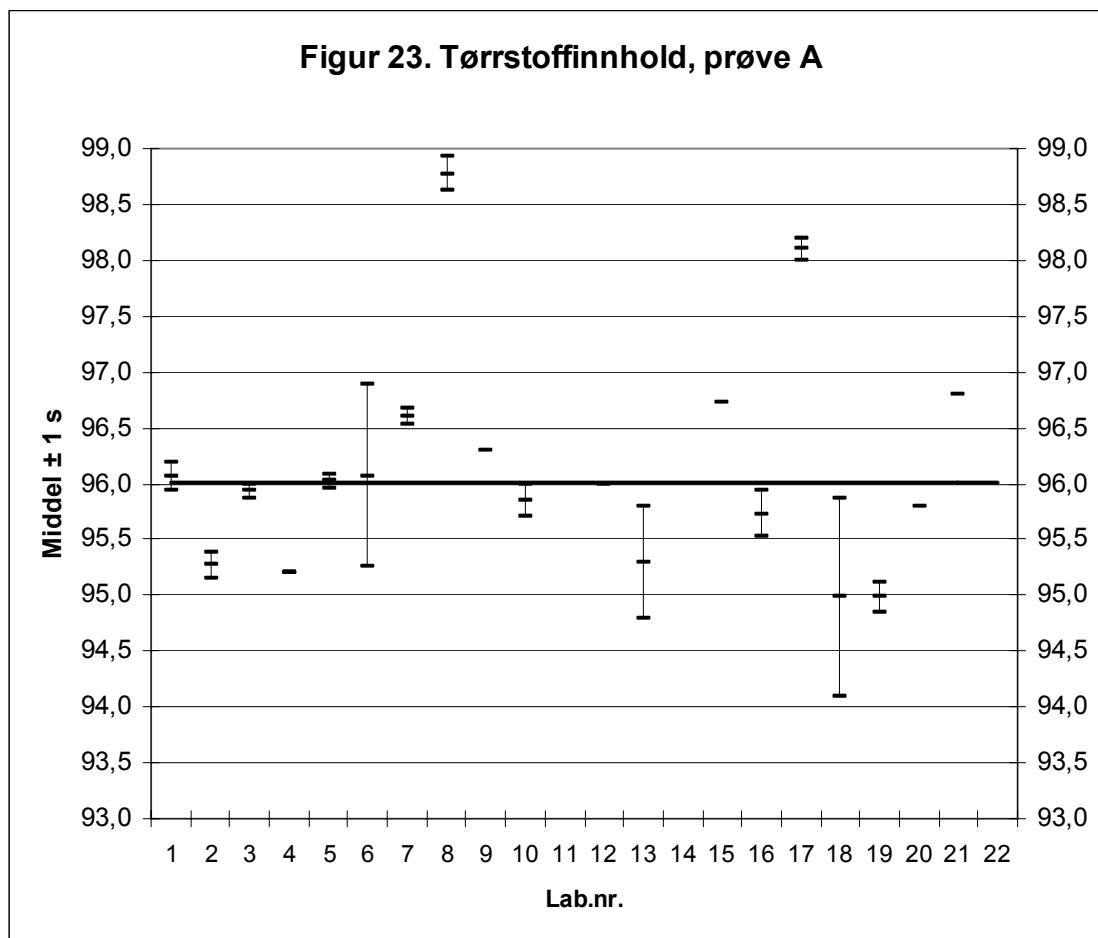




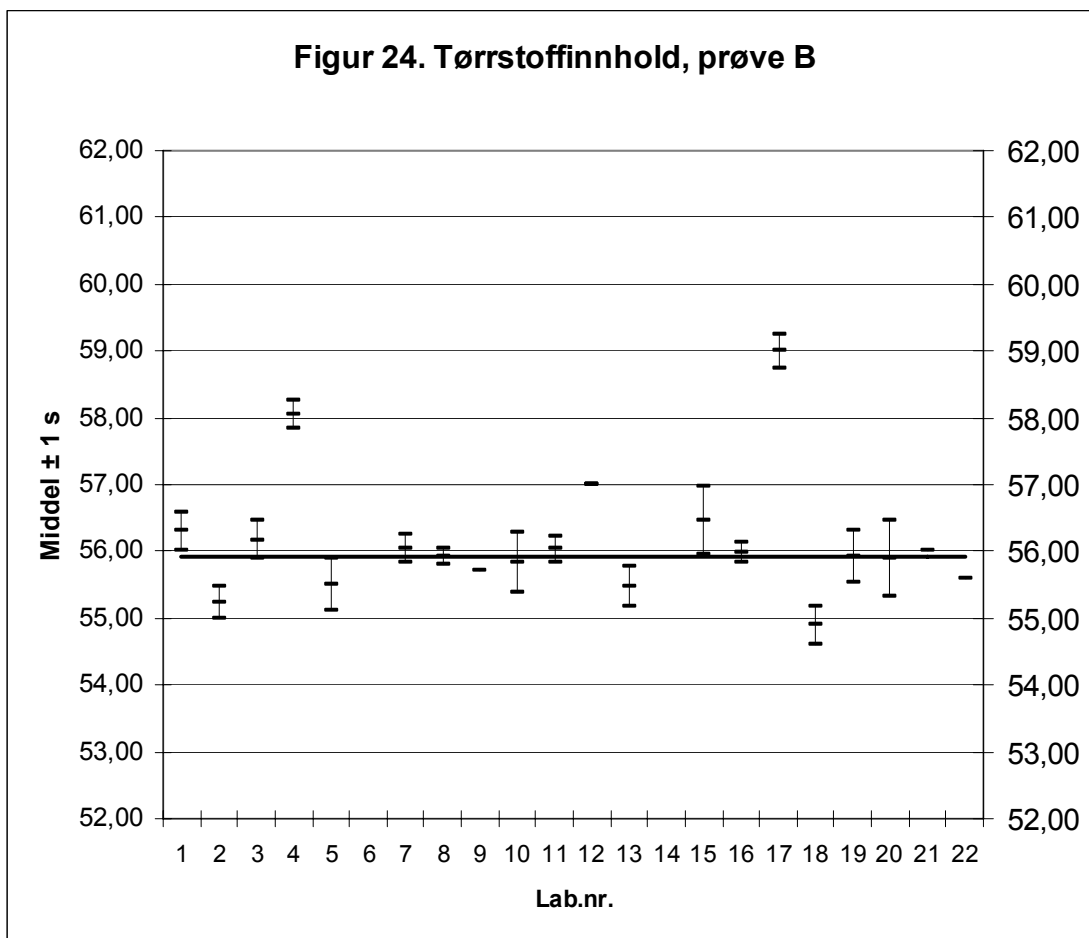


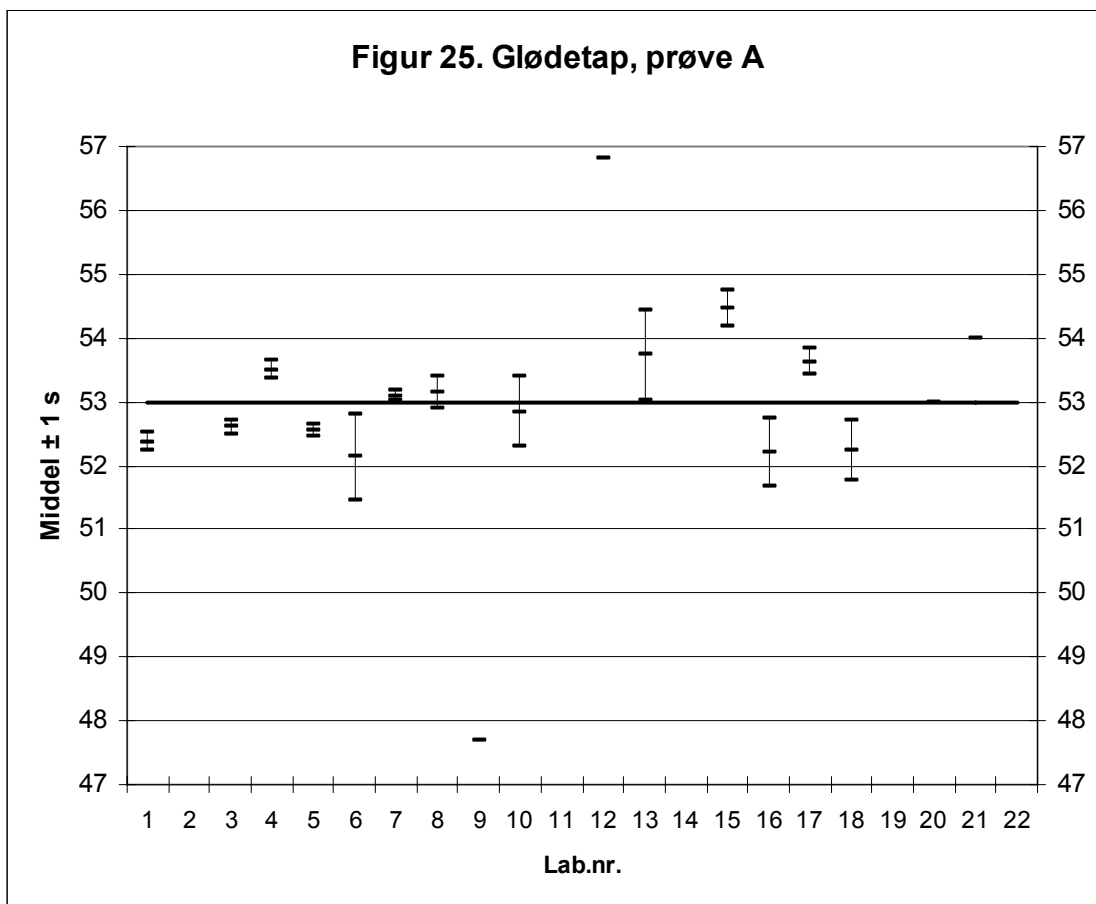


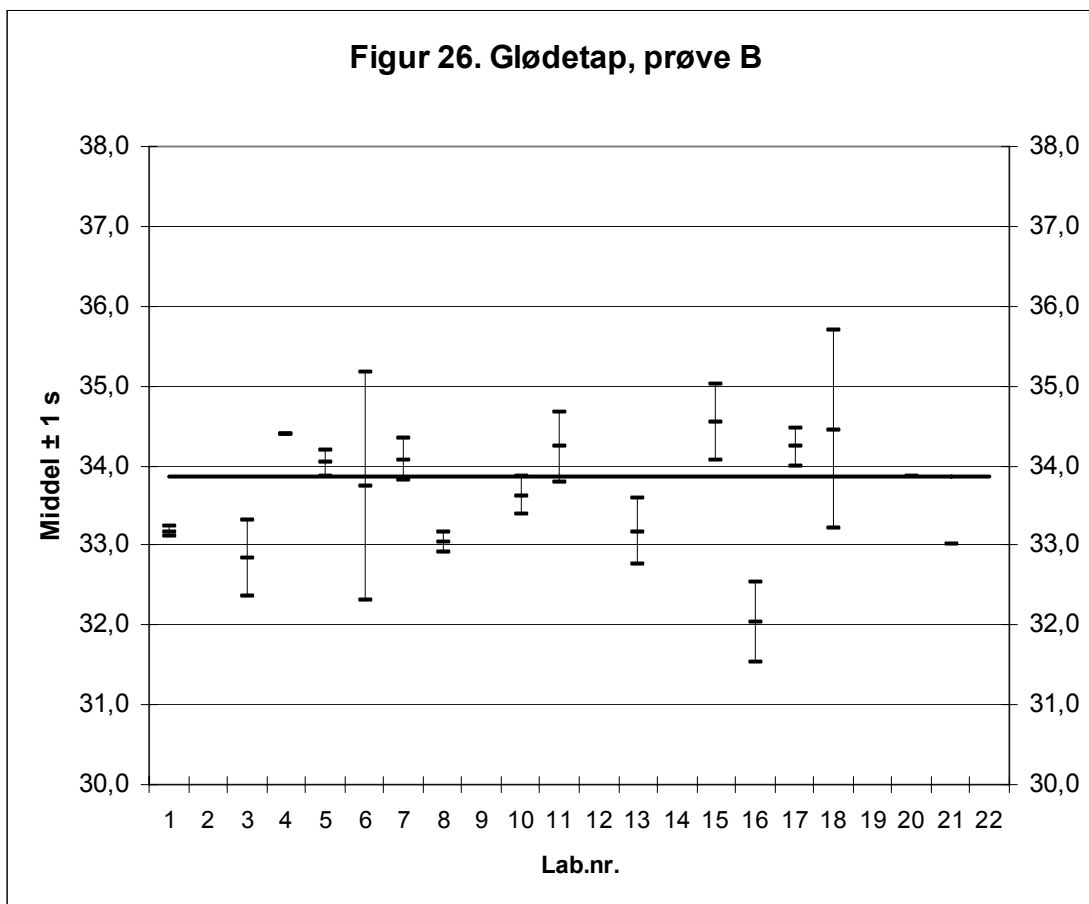


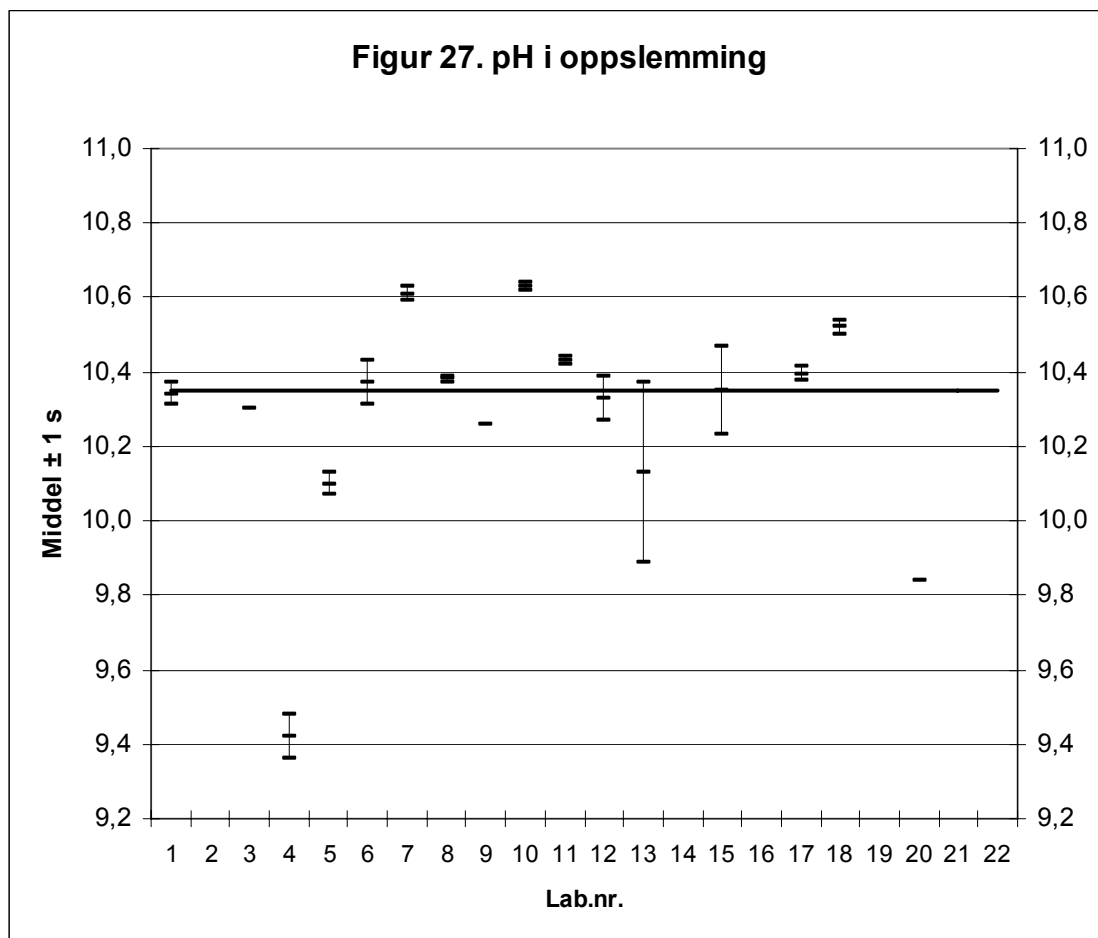


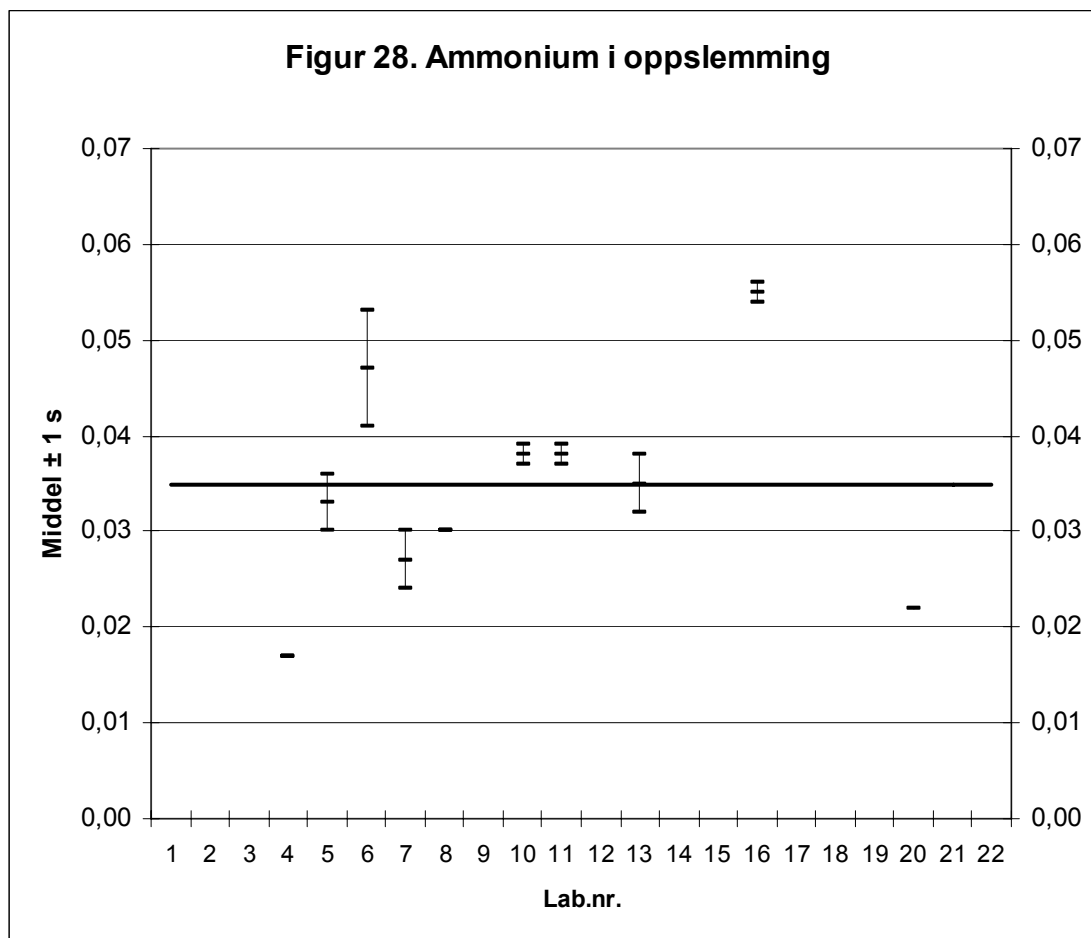












### 3.16 Ammonium i vannuttrekk

Det har kommet som et ønske fra flere av deltakerne at ammonium i et vannuttrekk burde være med i denne slp'en. Derfor er denne analysevariabelen tatt med denne gangen. Laboratoriens enkeltresultater er gjengitt i Tabell 21, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 30. I alt elleve laboratorier har sendt inn resultater for denne variabelen, og 50 % av middelverdiene er vurdert som akseptable i forhold til en akseptansegrense på  $\pm 20$  %. Laboratorium nr. 15 har rapportert svært høye resultater for ammonium. Laboratorier med systematisk avvikende resultater må undersøke hva som kan være årsaken til dette.

## 4. Vurdering av resultatene

En vurdering av om et analyseresultat er akseptabelt eller ikke, er avhengig av hva det skal brukes til. Ved fastsettelse av akseptansegrensene ved denne prøvningssammenligningen har vi valgt å bruke generelle krav til den totale feil som ofte anvendes internasjonalt:  $\pm 20$  % av medianverdien av de innsendte resultater. For pH ble det valgt å benytte en absoluttverdi på  $\pm 0,2$  pH-enheter som akseptansegrense. Til denne vurderingen har vi brukt medianverdien av de innsendte resultater som et uttrykk for den "sanne" verdi. Vi kjenner strengt tatt ikke den sanne verdi, og vet derfor ikke hvor "riktige" resultatene er. Det vi finner et uttrykk for ved denne vurderingen er hvor god sammenlignbarhet det er mellom deltakernes resultater. Benyttes en metode som avviker fra de andre laboratoriene, kan man risikere at resultatet blir bedømt som ikke akseptabelt fordi denne metoden gir resultater som er systematisk forskjellig fra en annen metode. Et eksempel på dette er bestemmelse av metaller etter totaloppløsning med flussyre, eller oppløsning med kongevann som også gir noe høyere resultater for enkelte metaller sett i forhold til oppløsning med 7 mol/l salpetersyre. Det er ingen signifikant forskjell mellom resultatene der oppløsningen er foretatt med mikrobølgeovn i forhold til oppløsning i autoklav.

Til vurdering av resultatene ved denne slp'en er det beregnet en Z-faktor (se Tabell 2, side 44-45), og Z-verdier mindre eller lik 2 bedømmes som akseptable. En Z-verdi lik 2 tilsvarer en feil på  $\pm 20$  % (eller  $\pm 0,2$  enheter for pH). Når Z-verdien er mindre eller lik 1, anses resultatet som meget bra. Hvis Z-verdien er større enn 2, bedømmes resultatet som uakseptabelt. Av Tabell 2 og 3 fremgår hvilke laboratoriers resultater som er akseptable i henhold til dette kriteriet.

Ett laboratorium (nr. 12) hadde denne gangen benyttet ED-XRF ved bestemmelse av metallene og det ser ut til at denne metoden ikke er følsom nok for enkelte av metallene som er tilstede i lave konsentrasjoner. For noen metaller blir resultatene systematisk for høye, uten at dette nødvendigvis betyr at man får medbestemt alt av de enkelte metallene. Forøvrig er det ingen analysemetode som skiller seg spesielt ut fra de andre når det gjelder andelen akseptable resultater, forutsatt at konsentrasjonen er høy nok til at metoden kan anvendes direkte. Ved lave konsentrasjoner må man som en generell regel ha muligheten for å velge en tilstrekkelig følsom metode til selve sluttbestemmelsen. Ved kontrollanalyse av kommunalt avløps slam burde ikke dette representere noe stort problem. For de fleste laboratorier vil

kontroll av kontaminering og korleksjon for mulige interferenser være det vesentligste for kvaliteten av analyseresultatene.

For bestemmelse av kvikksølv var kalddamp atomabsorpsjon nesten enerådende teknikk, men to laboratorier har angitt at de benyttet atomfluorescens ved bestemmelsen. For de øvrige metallene benyttet opp til 13 laboratorier ICP-AES til selve sluttbestemmelsen, og det er en klar tendens til at dette er en teknikk som tas i bruk av et økende antall laboratorier. Tre av laboratoriene brukte atomabsorpsjon i flamme, selv om grafittovn ble brukt ved noen laboratorier til bestemmelse av kadmiium og bly, og i et par tilfeller ved bestemmelse av nikkel og krom.

Av Tabell 2 fremgår det at det er en viss forskjell i andel akseptable resultater mellom de enkelte analysevariable. I tillegg til at enkelte metaller er tilstede i lave konsentrasjoner, kan dette også skyldes at enkelte metaller er mer utsatt for interferenseffekter under bestemmelsen enn andre. Således er resultatene for kopper og sink generelt lite påvirket av interferenser, og resultatene for disse metallene er meget bra ved denne slp'en. Disse metallene er dessuten tilstede i høye konsentrasjoner sett i forhold til de anvendte metodenes deteksjonsgrenser. Andel akseptable resultater for nikkel og krom i prøve B ligger noe lavt, og den større spredningen i resultatene her kan indikere at det avvannede slammet kan være inhomogent. I så fall kan metallene være bundet til visse fraksjoner av materialet, ettersom det er en generell tendens til at det er større andel akseptable resultater i prøve A enn i prøve B.

Ved vurdering av de enkelte laboratoriers resultater for tungmetallene er andelen akseptable resultater beregnet både i prosent av det totale antall metallresultater laboratoriet har sendt inn, og i prosent av det mulige antall resultater som kunne sendes inn. Dette er gjort fordi noen laboratorier kan delta med noen få analysevariable, og således oppnå en høy andel akseptable resultater selv om mange viktige analysevariable ikke er bestemt. Dette representerer ikke noe stort problem ved denne slp'en. Det ideelle er et høyt prosenttall i begge tilfeller.

En oversikt over antall akseptable resultater og antall innsendte resultater for tungmetallene, og prosentvis andel akseptable resultater beregnet i forhold til det maksimale antall resultater som kunne sendes inn, samt i forhold til antall rapporterte resultater, er gjengitt i Tabell 3. Av denne fremgår det at 12 av laboratoriene har mer enn 80 % akseptable middelveidier blant sine innsendte analyseresultater for tungmetallene, og fire av disse hadde akseptable resultater for alle sine innsendte verdier, noe som er meget bra! 3 laboratorier har mellom 60 og 80 % akseptable resultater, mens 3 laboratorier har bare 36 til 57 % akseptable resultater. Ett laboratorium rapporterte bare resultater som ”< deteksjonsgrensen” for alle metallene og tre laboratorier rapporterte ikke resultater for metallene i det hele tatt.

**Tabell 2. Evaluering av laboratorienes resultater ved analyse av slamprøvene. Oversikt over laboratorienes Z-faktor, beregnet i forhold til med medianverdien. % akseptable er beregnet i forhold til antall resultater for hver variabel. > benyttes når resultatet er rapportert som "< enn deteksjonsgrensen", eller pH avviker mer enn  $\pm 0,2$  enheter.**

Lab.nr.	Hg A	Hg B	Cd A	Cd B	Pb A	Pb B	Cr A	Cr B	Cu A	Cu B	Ni A	Ni B	Zn A	Zn B
1	-2,8	-2,0	1,2	1,9	0,7	-0,1	-3,9	-2,7	0,2	-0,4	3,4	3,6	0,1	0,9
2														
3			-0,5	-0,9	1,1	0,0	-1,5	-3,3	0,5	-0,3	-0,5	-0,3	0,1	0,4
4	0,4	0,4	1,4	4,1	-1,9	-0,8	-1,1	0,0	0,0	0,2	-0,6	1,0	-1,4	-1,4
5														
6														
7	0,0	0,2	0,6	2,4	0,4	4,8	0,0	1,2	-0,6	0,3	0,1	2,2	0,8	1,7
8	1,5	-2,6	0,3	0,6	0,0	0,0	0,7	0,9	1,0	1,2	0,0	-0,3	-1,1	-1,2
9														
10	-1,0	-2,4	3,3	0,2	-1,8	1,0	0,7	0,4	0,4	0,6	0,8	1,9	0,1	0,9
11	-3,2	-0,6	-0,8	-0,5	0,4	0,4	-0,6	-1,1	-0,2	0,0	-0,5	0,1	-0,2	0,5
12	>	>	>	>	2,8	0,9	2,3	1,2	0,2	-0,3	0,0	-4,1	0,4	-0,4
13	-0,6	-1,5	-2,3	-2,7	-1,4	-1,1	-1,1	-1,5	-1,5	-0,8	-1,0	-0,6	-0,6	0,0
14														
15	-0,1	0,1	-1,2	-0,9	-0,3	-1,3	0,8	0,7	-0,4	-0,7	0,4	0,5	0,5	0,7
16	1,6	0,5	0,4	0,7	1,4	1,2	0,0	-2,8	-0,4	-1,0	-0,9	-2,2	-0,2	-0,7
17	3,4	3,6	-5,6	-4,9	-0,4	-4,1	-2,3	-0,7	0,7	-0,1	0,4	-0,1	0,1	-0,3
18	1,6	-0,1	-0,6	-0,5	1,3	0,4	0,4	-3,1	0,5	0,3	-2,9	-3,5	-0,2	-0,2
19	0,3	-1,5	>	>	-1,1	0,5	4,2	13,6	0,0	0,0	<	<	0,0	-0,4
20	0,0	1,3	0,4	0,0	1,3	0,1	0,2	1,1	0,0	0,0	0,1	0,2	-0,3	0,1
21	-0,2	0,6	0,0	0,7	0,0	-0,9	-0,9	-0,8	-0,3	0,3	-0,6	-0,4	-0,7	-0,3
22					5,6	2,0			0,3	-0,5	1,2	6,4		
% aksept.	73	73	65	65	84	79	72	67	95	95	83	61	95	95



Tabell 2 forts.

Lab.nr.	Ca A	Ca B	KA	KB	TOT-P A	TOT-P B	TOT-N A	TOT-N B	TTS A	TTS B	TGT A	TGT B	pHB	NH4N
1	-1,7	-0,5	1,8	0,4	0,4	1,6	-0,2	-0,2	0,0	0,1	-0,1	-0,3	0,1	-3,1
2									-0,1	-0,1				
3	-3,9	0,4	-1,4	-2,0	0,0	0,0	-0,5	-0,5	0,0	0,0	-0,1	-0,4	0,5	
4	-0,2	-0,3	1,3	0,9	-0,5	-0,3	-0,7	-0,5	-0,1	0,4	0,1	0,1	>	-5,1
5					-0,1	1,5	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0	2,5	-0,2
6							0,2	0,2	0,0	-3,2	-0,2	-0,1	-0,2	3,7
7	-0,2	1,3	0,1	0,2	0,2	1,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	-2,6	-2,0
8	0,6	0,0	2,1	1,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,5	0,3	0,0	0,0	-0,3	-0,3	-1,2
9	>	>	>	>	>	>	2,3	0,2	0,0	0,0	-1,0	>	0,9	
10	0,1	-0,2	-0,3	-1,3	-0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-2,8	1,1
11	0,6	0,8	-1,0	-0,6	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	1,1
12	1,5	0,0	>	7,7	1,5	-0,4	0,3	0,5	0,0	0,2	0,7	4,0	0,2	
13	-0,9	-0,3	-1,9	-2,6	-0,5	-0,2	0,3	0,5	-0,1	-0,1	0,1	-0,3	2,2	0,2
14	0,1	1,2	1,7	1,0	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	>
15	0,8	0,3	-0,1	-1,8	0,3	-0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,6		6,2
16	0,5	0,7	-0,1	-1,7	-0,6	-0,5	-0,6	-0,8	0,2	0,5	0,1	0,0	-0,4	
17	-0,1	-0,3	-0,5	-1,4	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,2	-0,2	-0,1	0,1	-1,7	
18	4,0	-0,6	0,5	0,0					-0,1	0,0				
19	1,1	0,1	10,2	6,4					-0,1	0,0				
20	-0,2	-1,0	0,5	1,5	0,6	0,6	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	5,1	-3,5
21	-0,6	-0,3	-0,1	-1,0	-1,2	-0,2	-0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	-0,3		
22					-0,3	-0,5	-0,3	-0,5	0,3	-0,1				
% aksept.	83	94	83	82	94	94	93	100	100	95	100	89	63	50

**Tabell 3. Vurdering av de enkelte laboratoriers resultater for tungmetallene ved slamringtest nr. 10, 2006. Ved beregning av antall prosent akseptable resultater for hvert enkelt laboratorium er det foretatt en beregning både i forhold til antall resultater det enkelte laboratorium har sendt inn, og i forhold til totalt antall mulige resultater (14).**

Lab.nr.	Antall innsendte resultater	Antall akseptable resultater	% akseptable av innsendte resultater	% akseptable av antall mulige
1	14	9	64	64
2				
3	12	11	92	79
4	14	13	93	93
5				
6				
7	14	11	79	79
8	14	13	93	93
9	10	0	0	0
10	14	12	86	86
11	14	13	93	93
12	14	7	50	50
13	14	12	86	86
14	12	11	92	79
15	14	12	86	86
16	14	14	100	100
17	14	5	36	36
18	14	14	100	100
19	14	8	57	57
20	14	14	100	100
21	14	14	100	100
22	6	4	67	29
<b>Middel</b>	250 (266)	197	79	74

Miljøgiftene kadmium og kvikksølv er de analysevariable som det legges mest vekt på ved kontroll av kommunalt avløpsslam. Derfor er også de strengeste kontrollkravene knyttet til disse metallene. Det er åpenbart en vanskelig oppgave å bestemme med høy grad av nøyaktighet så lave konsentrasjoner som det ofte er av disse metallene i norsk kommunalt avløpsslam.

I Tabell 4 er gitt en oversikt over myndighetenes krav til tillatte maksimalkonsentrasjoner av de enkelte tungmetaller. Til sammenligning er de konsentrasjoner som ble bestemt i de to slamprøvene (medianverdien av laboratorienes resultater) også gjengitt. Alle resultatene ligger under myndighetenes maksimumsverdier. For slamtyper der metallkonsentrasjonene er meget lave, kan en akseptansegrense på  $\pm 20\%$  bli altfor streng, da dette i mange tilfeller ville

kreve at man benyttet en mer følsom analysemetode enn det strengt tatt er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig kontroll av slammet. Dette må ses i forhold til hensikten med slamanalysene som er å kontrollere om konsentrasjonen av de aktuelle tungmetaller ligger lavere enn de grenseverdier myndighetene har satt som kvalitetskrav til slam som skal brukes som jordforbedringsmiddel.

De laboratorier som har ulike typer avvik for en gitt analysevariabel i de to prøvene, må undersøke hva som kan være årsaken til de tilfeldige variasjonene. Her må det vurderes om ulik matrise kan være delvis årsak til dette fenomenet. Det er fortsatt et behov for å avklare hvordan man best kan redusere interferenseffekter for flere metaller i ulike slamtyper.

Nok en gang må det understrekes at de laboratorier som har oppnådd resultater bedømt som ikke akseptable, må gjennomgå metodene grundig - også forbehandlingsmetodene - for å finne årsaken til avvikene. Framgangsmåten ved rutineanalysene må forbedres til analysekvaliteten blir tilfredsstillende. Til kontroll av dette arbeidet kan benyttes referansematerialer med sertifiserte verdier. Det anbefales at man benytter en type referansemateriale som er mest mulig sammenlignbar med de prøvene som skal analyseres, både med hensyn til konsentrasjonsnivået av de aktuelle elementene og matrisen i prøven. Dermed kan man til enhver tid kontrollere om bestemmelsen fungerer tilfredsstillende, og disse kontrollresultatene kan brukes som dokumentasjon av kvaliteten til resultatene ved rutinemessig analyse av slam.

**Tabell 4. Oversikt over tillatte maksimalkonsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$ ) for tungmetaller i kommunalt slam som skal brukes som jordforbedringsmiddel (1). Medianverdiene for prøvene A og B ved denne prøvingsammenligningen er også gjengitt.**

Metall	Tillatt maksimalinnhold		Medianverdier	
	Jordbruks-areal	Grøntareal	Prøve A	Prøve B
Hg	5	7	0,91	0,95
Cd	4	10	0,70	1,00
Pb	100	300	19,4	29,5
Cr	125	200	31,3	22,0
Cu	1000	1500	96,3	522
Ni	80	100	21,5	14,8
Zn	1500	3000	285	360

## 5. Henvisninger

1. Miljøverndepartementet: Forskrift om avløpsslam. Fastsett av Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet 2. januar 1995. T - 1075. ISBN 82-457-0035-5.



## **TILLEGG**

- Tillegg 1      Innholdsdeklarasjon av slam
- Tillegg 2      Alfabetisk oversikt over deltakerne
- Tillegg 3      Analyseresultatene fra de enkelte deltakerne

**TILLEGG 1.****INNHALDSDEKLARASJON AV SLAM**

Renseanlegg .....

Slambehandlingsmetode .....

Prøvetakingsperiode .....

.....

**PRODUKTFAKTA**

pH	
Tørrestoff (TS), %	
Organisk stoff, % av TS	
Kjeldahl-Nitrogen, % av TS	
Totalfosfor, % av TS	
Kalsium, % av TS	
Kalium, % av TS	

Tungmetaller	Analyseverdier	Tillatt maksimalinnhold	
		Jordbruksareal private hager og parker	Grøntareal
Kadmium, mg/kg TS		4	10
Bly, mg/kg TS		100	300
Kvikksølv, mg/kg TS		5	7
Nikkel, mg/kg TS		80	100
Sink, mg/kg TS		1500	3000
Kobber, mg/kg TS		1000	1500
Krom, mg/kg TS		125	200

**TILLEGG 2****Tabell 5. Alfabetisk oversikt over deltakerne ved prøvningsammenligning for analyse av slam 2006.**

<b>Navn</b>	<b>Poststed</b>
AnalyCen A/S	1506 MOSS
Bioforsk Lab.	1432 ÅS
Chemlab Services A/S	5812 BERGEN
Eurofins BUVA AS	3023 DRAMMEN
Hardanger Miljøsenster	5750 ODDA
Intertek West-Lab AS	4098 TANANGER
Kystlab AS, Avd. Molde	6422 MOLDE
LabNett Skien	3702 SKIEN
NIVA	0349 OSLO
NOAH Holding	3081 HOLMESTRAND
NorAnalyse AS	2011 STRØMMEN
Nordnorsk Kompetansesenter, Holt	9292 TROMSØ
Oslo kommune	0506 OSLO
PFI AS	7491 TRONDHEIM
PreBio AS, Avd. Namdal	7809 NAMSOS
Renor AS	3991 BREVIK
Teknologisk Institutt, Miljølaboratoriet	3601 KONGSBERG
Toslab AS	9266 TROMSØ
Trondheim kommune, Analysesenteret	7047 TRONDHEIM
VEAS	3470 SLEMMESTAD
Vestfoldlab AS	3170 TØNSBERG
Østfold Mat- og Miljølab	1715 YVEN

**TILLEGG 3. Analyseresultatene fra de enkelte deltakere.**

Resultater i parentes er utelatt ved de endelige statistiske beregninger.

**Tabell 6. Kvikksølv, µg/g**

Lab. nr.				Std.avvi					Std.	
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	avvik
1	0,636	0,699	0,634	0,656	0,037	0,828	0,729	0,720	0,759	0,060
2										
3										
4	0,91	0,97		0,940	0,042	0,97	1,00		0,985	0,021
5										
6										
7	0,727	0,898	1,092	0,906	0,183	1,015	1,117	0,769	0,967	0,179
8	1,17	0,99	0,96	1,040	0,114	0,68	0,69	0,74	0,703	0,032
9										
10	0,780	0,780	0,880	0,813	0,058	0,740	0,690	0,730	0,720	0,026
11	0,59	0,64		0,615	0,035	0,85	0,93		0,890	0,057
12	<1	<2	<2			3	3	3	(3)	(0,0)
13	0,822	0,881	0,848	0,850	0,030	0,782	0,791	0,850	0,808	0,037
14										
15	1,022	0,749	0,939	0,903	0,140	0,978	0,902	0,980	0,953	0,044
16	0,914	1,058	1,185	1,052	0,136	1,050	1,012	0,922	0,995	0,066
17	1,17	1,28	1,20	1,217	0,057	1,11	1,51	1,23	1,283	0,205
18	1,01	0,95	1,21	1,057	0,136	0,84	0,88	1,10	0,940	0,140
19	0,943	1,032	0,836	0,937	0,098	0,719	0,778	0,925	0,807	0,106
20	0,90	0,90	0,93	0,910	0,017	1,12	1,03	1,05	1,067	0,047
21	0,890			0,890		1,000			1,000	
22										
Medianverdi				0,908	0,058				0,947	0,057
Middelverdi				0,913	0,083				0,920	0,079
Standardavvik				0,157					0,155	
Antall				14	13				14	13



Tabell 7. Kadmium, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi					Std.
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	avvik
1	0,886	0,742	0,724	0,784	0,089	1,21	1,18	1,18	1,190	0,017
2										
3	0,677	0,683	0,64	0,667	0,023	0,939	0,909	0,903	0,917	0,019
4	0,82	0,78	0,80	0,800	0,020	1,35	1,39	1,49	1,410	0,072
5										
6										
7	0,619	0,834	0,766	0,740	0,110	1,279	1,218	1,223	1,240	0,034
8	0,69	0,71	0,76	0,720	0,036	1,07	1,00	1,12	1,063	0,060
9										
10	1,01	0,90	0,89	0,933	0,067	1,06	0,98	1,03	1,023	0,040
11	0,66	0,64	0,63	0,643	0,015	0,93	0,98		0,955	0,035
12	2	2	2	(2)	(0,0)	3	3	3	(3)	(0,0)
13	0,455	0,616	0,552	0,541	0,081	0,785	0,764	0,641	0,730	0,078
14	0,474	0,625	0,481	0,527	0,085	0,949	1,096	0,686	0,910	0,208
15	0,598	0,594	0,662	0,618	0,038	0,852	0,849	0,848	0,850	0,002
16	0,727	0,726	0,721	0,725	0,003	1,080	1,070	1,080	1,077	0,006
17	0,31	0,31	0,31	0,310	0,000	0,51	0,51	0,51	0,510	0,000
18	0,641	0,638	0,692	0,657	0,030	0,952	0,984	0,917	0,951	0,034
19	2,444	1,662	1,616	(1,907)	(0,465)	2,298	2,423	2,359	(2,36)	(0,063)
20	0,659	0,92	0,61	0,730	0,167	1,09	0,95	0,97	1,003	0,076
21	0,700			0,700		1,070			1,070	
22										
Medianverdi				0,700	0,037				1,003	0,035
Middelverdi				0,673	0,055				0,993	0,049
Standardavvik				0,143					0,212	
Antall				15	14				15	14

Tabell 8. Bly, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	19,81	20,41	20,98	20,40	0,59	26,49	29,48	31,30	29,09	2,43	
2											
3	20,8	22,2	20,0	21,00	1,11	29,8	30,0	28,1	29,30	1,04	
4	14,9	14,0	17,2	15,37	1,65	27,0	26,6	27,8	27,13	0,61	
5											
6											
7	17,81	20,92	20,65	19,79	1,72	35,6	43,9	50,9	43,47	7,66	
8	18,60	18,80	19,60	19,00	0,53	29,4	29,2	29,6	29,40	0,20	
9	<20					<20					
10	17,1	14,9	14,7	15,57	1,33	31,0	32,0	34,0	32,33	1,53	
11	19,9	20,4	18,9	19,73	0,76	32,0	28,9	30,6	30,50	1,55	
12	24	25	24	24,33	0,58	31	33	32	32,00	1,00	
13	17,1	15,3	16,4	16,27	0,91	26,7	23,1	29,1	26,30	3,02	
14	17,9	17,7	19,6	18,40	1,04	25,8	24,9	26,2	25,63	0,67	
15	18,37	17,80	16,02	17,40	1,23	22,85	22,72	22,28	22,62	0,30	
16	21,7	21,3	22,1	21,70	0,40	32,6	31,8	34,5	32,97	1,39	
17	18,3	17,3	19,4	18,33	1,05	16,9	18,6	16,9	17,47	0,98	
18	22,0	21,7	20,6	21,43	0,74	32,2	30,3	29,2	30,57	1,52	
19	16,60	16,87	17,31	16,93	0,36	31,17	28,38	32,73	30,76	2,20	
20	19,2	23,8	21,2	21,40	2,31	33,2	25,3	30,5	29,67	4,02	
21	19,00			19,00		26,80			26,80		
22	29,40	30,00	29,40	29,60	0,35	37,90	31,50	36,30	35,23	3,33	
Medianverdi				19,37	0,91				29,53	1,52	
Middelverdi				19,76	0,98				29,51	1,97	
Standardavvik				3,40					5,36		
Antall				18	17				18	17	

Tabell 9. Krom, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	19,05	18,99	19,47	19,17	0,26	16,09	16,42	15,82	16,11	0,30	
2											
3	27,1	26,2	26,3	26,53	0,49	15,3	14,3	14,3	14,63	0,58	
4	27,7	27,9	27,7	27,77	0,12	21,7	22,0	22,2	21,97	0,25	
5											
6											
7	29,39	30,63	33,77	31,26	2,26	25,89	24,44	23,43	24,59	1,24	
8	32,9	34,7	32,7	33,43	1,10	23,7	24,9	23,0	23,87	0,96	
9	<20					<20					
10	33,3	33,3	33,4	33,33	0,06	23,3	22,7	22,7	22,90	0,35	
11	29,1	30,0	29,0	29,37	0,55	19,9	19,4	19,5	19,60	0,26	
12	38	29	48	38,33	9,50	29	17	28	24,67	6,66	
13	28,7	29,0	25,3	27,67	2,06	19,9	17,8	18,2	18,63	1,12	
14	33,7	33,7	33,8	33,73	0,06	24,1	23,4	23,2	23,57	0,47	
15	27,61	27,33	26,98	27,31	0,32	16,14	15,74	15,82	15,90	0,21	
16	31,0	30,7	32,1	31,27	0,74	20,6	20,1	20,6	20,43	0,29	
17	24,3	23,3	24,3	23,97	0,58	15,3	14,7	15,6	15,20	0,46	
18	36	32	30	32,67	3,06	23	23	23	23,00	0,00	
19	49,76	40,12	42,82	44,23	4,97	29,01	58,28	68,03	51,77	20,31	
20	27,4	34,1	34,6	32,03	4,02	21,7	23,4	28,3	24,47	3,43	
21	28,50			28,50		20,20			20,20		
22											
Medianverdi				31,26	0,66				21,97	0,47	
Middelverdi				30,62	1,88				22,44	2,30	
Standardavvik				5,61					8,31		
Antall				17	16				17	16	

Tabell 10. Kopper, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	95,65	97,35	98,72	97,24	1,54	501,3	503,9	500,4	501,9	1,8	
2											
3	99,2	102,9	98,2	100,10	2,48	501,6	507,8	514,4	507,9	6,4	
4	94,3	95,8	96,1	95,40	0,96	525	529	546	533,3	11,2	
5											
6											
7	87,86	91,66	88,27	89,26	2,09	557,5	524,8	530,1	537,5	17,6	
8	106	105	105	105,33	0,58	598	573	585	585,3	12,5	
9	25,9			(25,9)		57,8			(57,8)		
10	101	98,8	97,2	99,00	1,91	568	567	564	566,3	2,1	
11	91,8	93,8	93,9	93,17	1,18	513	530	527	523,3	9,1	
12	97	97	98	97,33	0,58	506	503	509	506,0	3,0	
13	83,1	78,0	83,2	81,43	2,97	479	443	515	479,0	36,0	
14	93,3	89,6	92,0	91,63	1,88	483	480	490	484,3	5,1	
15	91,86	91,42	92,22	91,83	0,40	468,6	469,2	467,6	468,5	0,8	
16	103	101	102	102,00	1,00	519	510	520	516,3	5,5	
17	101,9	98,9	98,9	99,90	1,73	530,5	547,5	539,0	539,0	8,5	
18	103	100	95	99,33	4,04	591	585	589	588,3	3,1	
19	100,2	91,83	94,22	95,41	4,31	502,7	547,7	515,4	521,9	23,2	
20	91,7	93,5	101	95,40	4,93	524	508	531	521,0	11,8	
21	92,5			92,50		537,5			537,5		
22	98,9	97,4	98,2	98,17	0,75	505	466	512	494,3	24,8	
Medianverdi				96,33	1,73				521,5	8,5	
Middelverdi				95,80	1,96				522,9	10,7	
Standardavvik				5,4					33,5		
Antall				18	17				18	17	

Tabell 11. Nikkel, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	28,07	28,86	28,78	28,57	0,43	21,05	19,94	18,71	19,90	1,17	
2											
3	20,0	20,5	20,2	20,23	0,25	13,7	14,3	14,7	14,23	0,50	
4	19,9	19,5	20,8	20,07	0,67	13,9	18,1	16,4	16,13	2,11	
5											
6											
7	20,05	20,83	23,65	21,51	1,89	17,59	19,02	17,29	17,97	0,92	
8	21,3	21,6	21,5	21,47	0,15	14,2	14,3	14,3	14,27	0,06	
9	<20					<20					
10	23,5	23,0	22,8	23,10	0,36	18,9	16,9	16,8	17,53	1,18	
11	20,1	20,6	20,3	20,33	0,25	13,5	14,5	16,3	14,77	1,42	
12	20	20	24	21,33	2,31	7	9	10	8,67	1,53	
13	20,0	18,5	19,6	19,37	0,78	13,9	13,9	13,8	13,87	0,06	
14	22,9	22,1	21,8	22,27	0,57	15,7	15,5	15,0	15,40	0,36	
15	19,71	19,60	19,39	19,57	0,16	11,39	11,27	11,52	11,39	0,13	
16	22,2	21,8	23,0	22,33	0,61	15,3	14,2	14,3	14,60	0,61	
17	15,3	15,0	15,4	15,23	0,21	9,2	9,7	9,7	9,53	0,29	
18	26	23	22	23,67	2,08	16	16	17	16,33	0,58	
19	<1	<1	<1			<1	<1	<1			
20	19,9	23,1	21,7	21,57	1,60	14,9	13,8	16,1	14,93	1,15	
21	20,10			20,10		14,10			14,10		
22	25,00	20,50	26,50	24,00	3,12	24,70	20,40	27,30	24,13	3,48	
Medianverdi				21,47	0,59				14,77	0,77	
Middelverdi				21,45	0,97				15,16	0,97	
Standardavvik				2,73					3,64		
Antall				17	16				17	16	

Tabell 12. Sink, µg/g

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	283,3	293,9	282,9	286,7	6,2	394,0	391,2	393,2	392,8	1,4	
2											
3	286	292	288	288,7	3,1	371	382	374	375,7	5,7	
4	249	240	246	245,0	4,6	309	303	311	307,7	4,2	
5											
6											
7	278,6	318,3	326,3	307,7	25,5	423,6	428,4	406,4	419,5	11,6	
8	251	252	255	252,7	2,1	315	312	318	315,0	3,0	
9	49,9			(49,9)		49,8			(49,8)		
10	291	286	285	287,3	3,2	400	391	387	392,7	6,7	
11	276	280	279	278,3	2,1	368	380	386	378,0	9,2	
12	302	290	298	296,7	6,1	348	341	344	344,3	3,5	
13	270	256	274	266,7	9,5	364	355	360	359,7	4,5	
14	303	296	298	299,0	3,6	391	378	383	384,0	6,6	
15	277,4	281,9	275,2	278,2	3,4	335,6	330,3	333,4	333,1	2,7	
16	287	286	293	288,7	3,8	349	350	348	349,0	1,0	
17	276,2	275,2	286,4	279,3	6,2	361,0	354,2	342,4	352,5	9,4	
18	312	318	311	313,7	3,8	391	382	387	386,7	4,5	
19	288,7	281,5	283,8	284,7	3,7	347,6	333,3	351,9	344,3	9,7	
20	283	274	275	277,3	4,9	360	363	362	361,7	1,5	
21	265			265,0		350,0			350,0		
22											
Medianverdi				284,7	3,8				359,7	4,5	
Middelverdi				282,1	5,7				361,6	5,3	
Standardavvik				17,9					29,3		
Antall				17	16				17	16	

Tabell 13. Kalsium, %

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	1,227	1,248	1,245	1,24	0,01	14,88	15,10	14,52	14,83	0,29	
2											
3	0,910	0,920	0,916	0,92	0,01	16,2	16,3	16,1	16,20	0,10	
4	1,45	1,49	1,46	1,47	0,02	15,6	14,5	15,2	15,10	0,56	
5											
6											
7	1,332	1,523	1,524	1,46	0,11	18,74	16,98	17,17	17,63	0,97	
8	1,58	1,60	1,57	1,58	0,02	15,8	15,9	15,1	15,60	0,44	
9	0,300			(0,3)		1,460			(1,46)		
10	1,510	1,510	1,510	1,51	0,00	15,4	15,0	15,6	15,33	0,31	
11	1,58	1,60	1,59	1,59	0,01	16,4	16,8	17,2	16,80	0,40	
12	1,768	1,678	1,713	1,72	0,05	15,75	15,55	15,49	15,60	0,14	
13	1,42	1,33	1,35	1,37	0,05	15,0	15,4	15,1	15,17	0,21	
14	1,52	1,49	1,51	1,51	0,02	17,4	17,5	17,5	17,47	0,06	
15	1,620	1,620	1,621	1,62	0,00	16,20	16,04	16,15	16,13	0,08	
16	1,56	1,57	1,59	1,57	0,02	16,9	16,6	16,6	16,70	0,17	
17	1,48	1,50	1,48	1,49	0,01	15,4	15,3	14,8	15,17	0,32	
18	2,1	2,1	2,1	2,10	0,00	15	15	14	14,67	0,58	
19	1,791	1,617	1,585	1,66	0,11	15,71	15,43	16,03	15,72	0,30	
20	1,46	1,44	1,52	1,47	0,04	13,6	14,2	14,1	13,97	0,32	
21	1,400			1,40		15,1			15,10		
22											
Medianverdi				1,507	0,015				15,597	0,303	
Middelverdi				1,510	0,029				15,717	0,327	
Standardavvik				0,238					0,992		
Antall				17	16				17	16	

Tabell 14. Kalium, %

Lab. nr.					Std.avvi					Std.
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	avvik
1	0,441	0,464	0,457	0,454	0,012	0,298	0,306	0,293	0,299	0,007
2										
3	0,333	0,330	0,325	0,329	0,004	0,230	0,225	0,233	0,229	0,004
4	0,435	0,431	0,444	0,437	0,007	0,273	0,330	0,332	0,312	0,034
5										
6										
7	0,361	0,374	0,426	0,387	0,034	0,330	0,275	0,273	0,293	0,032
8	0,46	0,48	0,46	0,467	0,012	0,32	0,34	0,32	0,327	0,012
9										
10	0,371	0,377	0,374	0,374	0,003	0,253	0,249	0,248	0,250	0,003
11	0,37	0,39	0,38	0,380	0,010	0,27	0,27	0,27	0,270	0,000
12	0,9523	0,9108	0,9354	(0,93)	(0,02)	0,5073	0,5100	0,5070	0,508	0,002
13	0,301	0,316	0,317	0,311	0,009	0,220	0,204	0,209	0,211	0,008
14	0,433	0,467	0,455	0,452	0,017	0,311	0,318	0,319	0,316	0,004
15	0,372	0,386	0,385	0,381	0,008	0,237	0,237	0,236	0,237	0,001
16	0,382	0,381	0,385	0,383	0,002	0,241	0,238	0,236	0,238	0,003
17	0,37	0,36	0,37	0,367	0,006	0,25	0,25	0,24	0,247	0,006
18	0,41	0,40	0,40	0,403	0,006	0,29	0,28	0,29	0,287	0,006
19	0,794	0,765	0,778	0,779	0,015	0,444	0,450	0,514	0,469	0,039
20	0,42	0,39	0,40	0,403	0,015	0,29	0,31	0,39	0,330	0,053
21	0,380			0,380		0,257			0,257	
22										
Medianverdi				0,385	0,009				0,287	0,006
Middelverdi				0,418	0,011				0,299	0,013
Standardavvik				0,105					0,080	
Antall				16	15				17	16



Tabell 15. Totalfosfor, %

Lab. nr.					Std.avvi					Std.
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	avvik
1	1,046	1,032	1,034	1,037	0,008	1,756	1,740	1,771	1,756	0,016
2										
3	1,02	0,99	0,98	0,997	0,021	1,50	1,51	1,52	1,510	0,010
4	0,945	0,960	0,954	0,953	0,008	1,46	1,47	1,48	1,470	0,010
5	0,882	1,006	1,090	0,993	0,105	1,738	1,693	1,750	1,727	0,030
6										
7	0,968	1,047	1,033	1,016	0,042	1,693	1,642	1,691	1,675	0,029
8	0,971	0,968	0,967	0,969	0,002	1,47	1,46	1,47	1,467	0,006
9	80,000			(80)		85,400			(85,4)	
10	0,973	0,963	0,965	0,967	0,005	1,550	1,560	1,560	1,557	0,006
11	0,97	1,04	1,00	1,003	0,035	1,51	1,52	1,49	1,507	0,015
12	1,169	1,119	1,154	1,147	0,026	1,478	1,444	1,427	1,450	0,026
13	0,957	0,922	0,977	0,952	0,028	1,52	1,46	1,45	1,477	0,038
14	1,06	1,08	1,09	1,077	0,015	1,63	1,62	1,61	1,620	0,010
15	1,021	1,034	1,021	1,025	0,008	1,471	1,466	1,471	1,469	0,003
16	0,944	0,953	0,937	0,945	0,008	1,43	1,41	1,45	1,430	0,020
17	1,00	1,00	1,02	1,007	0,012	1,53	1,53	1,53	1,530	0,000
18										
19										
20	1,08	1,04	1,05	1,057	0,021	1,60	1,60	1,61	1,60	0,006
21	0,885			0,885		1,475			1,48	
22										
Medianverdi				1,000	0,015				1,508	0,010
Middelverdi				1,002	0,023				1,545	0,015
Standardavvik				0,061					0,102	
Antall				16	15				16	15

Tabell 16. Nitrogen, %

Lab. nr.					Std.avvi					Std.
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	avvik
1	1,887	1,932	1,907	1,909	0,023	1,757	1,754	1,816	1,776	0,035
2										
3	1,85	1,83	1,87	1,850	0,020	1,74	1,74	1,73	1,737	0,006
4	1,92	1,75	1,76	1,810	0,095	1,68	1,75	1,74	1,723	0,038
5	1,96	1,94	1,96	1,953	0,012	1,82	1,80	1,80	1,807	0,012
6	2,02	1,97	1,97	1,987	0,029	1,89	1,86	1,84	1,863	0,025
7	1,988	1,988	1,988	1,988	0,000	1,875	1,893	1,875	1,881	0,010
8	1,99	1,93	1,87	1,930	0,060	1,72	1,75	1,72	1,730	0,017
9										
10	2,403	2,406	2,392	2,400	0,007	1,842	1,855	1,847	1,848	0,007
11						1,88	1,91	1,86	1,883	0,025
12										
13	2,02	2,01	2,03	2,020	0,010	1,86	1,97	1,88	1,903	0,059
14										
15	2,01	2,02	2,01	2,013	0,006	1,91	1,87	1,80	1,860	0,056
16	1,82	1,84	1,84	1,833	0,012	1,66	1,66	1,72	1,680	0,035
17										
18	1,94	1,94	1,98	1,953	0,023	1,80	1,79	1,81	1,800	0,010
19										
20	1,99			1,990		1,90			1,900	
21	1,92			1,920		1,82			1,820	
22	1,90			1,900		1,73			1,730	
Medianverdi				1,953	0,016				1,813	0,025
Middelverdi				1,964	0,025				1,809	0,026
Standardavvik				0,137					0,072	
Antall				15	12				16	13

**Tabell 17. Totalt organisk karbon, %**

Lab. nr.	Res.			Middel	Std.avvi k	Res.			Middel	Std. avvik
	1	2	3			1	2	3		
4	25,4	26,4		25,90	0,71	16,6	16,6		16,60	0,00
21	27,3			27,30		19,9			19,90	
Medianverdi				26,60	0,7				18,25	0,0
Middelverdi				26,6	0,7				18,3	0,0
Standardavvik				1,0					2,3	
Antall				2	1				2	1

Tabell 18. Totalt tørrstoff, %

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	96,14	95,92	96,11	96,06	0,12	56,57	56,34	56,00	56,30	0,29	
2	95,2	95,2	95,4	95,27	0,12	55,1	55,1	55,5	55,23	0,23	
3	96,0	95,9	95,9	95,93	0,06	56,0	56,0	56,5	56,17	0,29	
4	95,2	95,2		95,20	0,00	57,9	58,2		58,05	0,21	
5	96,06	96,05	95,95	96,02	0,06	55,94	55,35	55,21	55,50	0,39	
6	97,0	95,6	95,6	96,07	0,81	38,1	37,0	38,6	37,90	0,82	
7	96,50	96,64	96,65	96,60	0,08	55,80	56,10	56,22	56,04	0,22	
8	98,8	98,9	98,6	98,77	0,15	55,8	56,0	56,0	55,93	0,12	
9	96,3			96,30		55,7			55,70		
10	96,00	95,71	95,83	95,85	0,15	56,22	55,91	55,35	55,83	0,44	
11						55,92	55,91	56,25	56,03	0,19	
12	96,0			96,00		57,0			57,00		
13	95,8	94,8	95,3	95,30	0,50	55,3	55,3	55,8	55,47	0,29	
14											
15	96,67	96,63	96,88	96,73		55,96	57,00	56,42	56,46	0,52	
16	95,8	95,9	95,5	95,73	0,21	56,1	56,0	55,8	55,97	0,15	
17	98,2	98,1	98,0	98,10	0,10	59,3	58,9	58,8	59,00	0,26	
18	95,12	94,03	95,79	94,98	0,89	54,93	55,15	54,60	54,89	0,28	
19	94,82	95,05	95,07	94,98	0,14	56,35	55,76	55,65	55,92	0,38	
20	95,8			95,80		56,3	55,5		55,90	0,57	
21	96,8			96,80		56,0			56,00		
22	99,1			99,07		55,6			55,60		
Medianverdi				96,01	0,13				55,93	0,29	
Middelverdi				96,28	0,24				55,28	0,33	
Standardavvik				1,16					4,09		
Antall				20	14				21	17	

Tabell 19. Glødetap, %

Lab. nr.					Std.avvi						Std. avvik
	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	k	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel		
1	52,5	52,4	52,2	52,37	0,15	33,2	33,1	33,2	33,17	0,06	
2											
3	52,5	52,6	52,7	52,60	0,10	33,0	32,3	33,2	32,83	0,47	
4	53,4	53,6		53,50	0,14	34,4	34,4		34,40	0,00	
5	52,61	52,59	52,43	52,54	0,10	34,15	33,84	34,09	34,03	0,16	
6	51,7	52,9	51,8	52,13	0,67	33,4	35,3	32,5	33,73	1,43	
7	53,03	53,17	53,07	53,09	0,07	33,98	34,37	33,86	34,07	0,27	
8	52,9	53,4	53,1	53,13	0,25	33,1	33,1	32,9	33,03	0,12	
9	47,7			47,70		66,5			(66,5)		
10	52,82	53,39	52,30	52,84	0,55	33,72	33,36	33,78	33,62	0,23	
11						34,19	33,81	34,68	34,23	0,44	
12	56,8			56,80		47,8			47,80		
13	54,5	53,1	53,6	53,73	0,71	32,7	33,5	33,3	33,17	0,42	
14											
15	54,19	54,43	54,76	54,46	0,29	34,13	34,43	35,06	34,54	0,48	
16	52,0	52,8	51,8	52,20	0,53	32,6	31,9	31,6	32,03	0,51	
17	53,7	53,4	53,8	53,63	0,21	34,5	34,1	34,1	34,23	0,23	
18	52,75	52,07	51,86	52,23	0,47	33,02	35,15	35,18	34,45	1,24	
19											
20	53,00			53,00		33,90	33,80		33,85		
21	54,00			54,00		33,00			33,00		
22											
Medianverdi				53,00	0,25				33,85	0,34	
Middelverdi				52,94	0,33				34,48	0,43	
Standardavvik				1,76					3,50		
Antall				17	13				17	14	

**Tabell 20. pH**  
**Prøve B**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1	10,32	10,32	10,38	10,34	0,03
2					
3	10,30			10,30	
4	9,46	9,37		(9,42)	0,06
5	10,08	10,09	10,13	10,10	0,03
6	10,4	10,4	10,3	10,37	0,06
7	10,61	10,59	10,62	10,61	0,02
8	10,39	10,37	10,38	10,38	0,01
9	10,26			10,26	
10	10,64	10,62	10,62	10,63	0,01
11	10,42	10,44	10,44	10,43	0,01
12	10,3	10,4	10,3	10,33	0,06
13	10,40	9,95	10,04	10,13	0,24
14					
15	10,42	10,22	10,42	10,35	0,12
16					
17	10,385	10,418	10,381	10,395	0,020
18	10,50	10,54	10,51	10,52	0,02
19					
20	9,84			9,84	
21					
22					
Medianverdi				10,35	0,03
Middelverdi				10,33	0,05
Standardavvik				0,20	
Antall				15	13

**Tabell 21. Ammonium, %**  
**Prøve B**

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik
1	0,245	0,235	0,235	0,238	0,006
2					
3					
4	0,017	0,017		0,017	0,000
5	0,036	0,033	0,031	0,033	0,003
6	0,050	0,050	0,040	0,047	0,006
7	0,027	0,025	0,030	0,027	0,003
8	0,030	0,030		0,030	0,000
9					
10	0,038	0,038	0,037	0,038	0,001
11	0,038	0,038	0,037	0,038	0,001
12					
13	0,038	0,032	0,035	0,035	0,003
14					
15	0,363	0,470	0,363	(0,399)	0,062
16	0,056	0,054	0,056	0,055	0,001
17					
18					
19					
20	0,022			0,022	
21					
22					
Medianverdi				0,035	0,003
Middelverdi				0,053	0,008
Standardavvik				0,062	
Antall				11	11