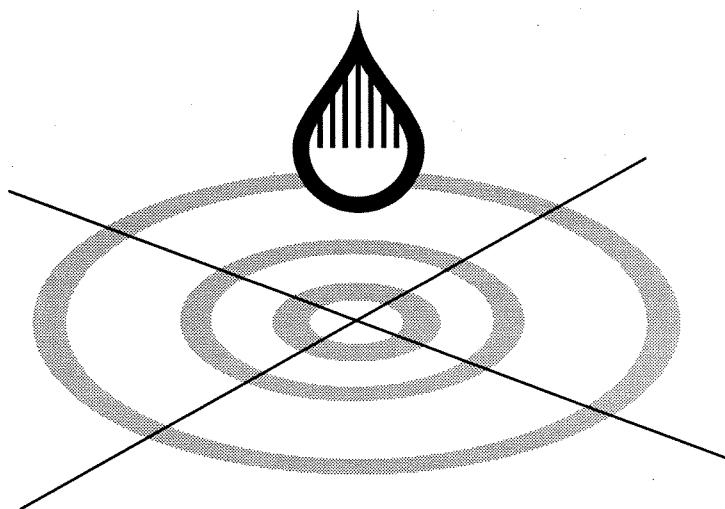


RAPPORT LNR 3818-98

Prøvningsammenligning
(ringtest) for kommunalt
avløpsslam 1997



RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Prøvningsammenligning (ringtest) for kommunalt avløpsslam 1997	Løpenr. (for bestilling) 3818-98	Dato 1998-02-20
	Prosjektnr. Undernr. O-92017	Sider Pris 35
Forfatter(e) Håvard Hovind	Fagområde Kjemisk analyse	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vannringen	Oppdragsreferanse
---------------------------------------	-------------------

Sammendrag Høsten 1997 ble det gjennomført en prøvningsammenligning for Vannringens laboratorier. Tungmetaller ble bestemt i slam som var framstilt ved sammenblandig av slam fra ulike renseanlegg. Prøvene ble sendt ut av Landbrukets Analysesenter, og resultatene bearbeidet og rapportert av NIVA. Resultatene for kopper og sink, samt totalfosfor, var meget tilfredsstillende. Ialt 12 av de 27 resultatsettene hadde mer enn 80 % akseptable resultater, dvs resultater innenfor medianverdien av laboratorienes resultater $\pm 20\%$, og 11 laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. 4 laboratorier hadde 50 - 60 % eller færre akseptable resultater. Ulike oppslutningsmetoder ga forholdsvis ubetydelige forskjeller i resultatene, forskjellen mellom metodene var jevnt over mindre enn mellom laboratoriene. For metaller der laboratoriene har avvikende resultater, må de snarest mulig igangsette tiltak for å forbedre kvaliteten på bestemmelsene, før de kan utføre rutinemessige kontrollanalyser av slam. Analysekvaliteten bør kontrolleres jevnlig gjennom prøvningsammenligninger for slam.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kommunalt slam	1. Municipal sludge
2. Tungmetaller	2. Heavy metals
3. Ringtest	3. Intercalibration
4. Kvalitetssikring	4. Quality assurance


Håvard Hovind
Prosjektleder

ISBN 82-577-3396-2


Torsten Kallqvist
Forskningsjef

O - 92017

Prøvingssammenligning (ringtest)

for kommunalt avløpsslam

1997

Forord

En nasjonal akkrediteringsordning for laboratorier ble opprettet i 1991. Ansvar for gjennomføring av ordningen er tillagt Norsk Akkreditering (NA) som er en avdeling i Justervesenet. Ved akkreditering etter NS-EN 45001 står kravet til sporbarhet av målingene sentralt. For analyselaboratorier innebærer dette at nøyaktigheten av resultatene må dokumenteres gjennom deltakelse i sammenlignende laboratorieprøvninger, i det etterfølgende kalt ringtester.

I 1997 tok Vannringen initiativet til gjennomføring av en ringtest knyttet til kontroll av kommunalt avløpslam som er tenkt brukt som jordforbedringsmiddel, med utgangspunkt i den ringtesten som skulle gjennomføres i sammenheng med standardisering i CEN/TC380. NIVA påtok seg å rapportere ringtesten.

Oslo, 20 februar 1998.

Håvard Hovind

1. Innhold

1. Innhold	4
Sammendrag	5
2. Bakgrunn	6
3. Gjennomføring	6
3.1 Deltakere	6
3.2 Slamprøver	6
3.3 Analysevariable og metoder	6
3.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering	7
3.5 Behandling av analysedata	7
4. Resultater	7
4.1 Kvikksølv	8
4.2 Kadmium	9
4.3 Bly	9
4.4 Krom	9
4.5 Kopper	10
4.6 Nikkel	10
4.7 Sink	10
4.8 Totalfosfor	10
4.9 Totalt tørrstoffinnhold	21
5. Vurdering av resultatene	21
6. Henvisninger	24

Sammendrag

En følge av at slam fra kommunale renseanlegg brukes som jordforbedringsmiddel er at det jevnlig må kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller i slammet er lavere enn de angitte grenser.

Vannringen tok i 1997 initiativet til at det ble gjennomført en sammenlignende laboratorieprøving (ringtest) for bestemmelse av tungmetaller i kommunalt slam, og denne ble gjennomført i løpet av november - desember 1997. Det ble benyttet to tørkede og homogeniserte slamprøver fra norske renseanlegg. Disse besto av blandinger av slam fra flere renseanlegg. Følgende analysevariable ble bestemt i begge prøver: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kopper, nikkel, sink, totalfosfor og totalt tørrstoffinnhold. Resultatene ble sendt til NIVA som sammenstilte resultatene i denne rapporten.

De enkelte laboratorienes middelerverdi for hver enkelt analysevariabel og prøve ble benyttet ved vurderingene, og de som lå innenfor medianverdien $\pm 20\%$, ble karakterisert som akseptable. Ved vurderingen av analyseresultatene ble medianverdien av de ovennevnte beregnede middelerverdier for hvert enkelt laboratorium brukt som "sann verdi". Andelen av akseptable resultater varierte svært mye både mellom analysevariable og prøver. Det var gjennomgående best resultater for kopper og sink (med 96 og 100 % akseptable resultater i de to prøvene). For totalfosfor ble alle resultatene bedømt som akseptable, grensene var for denne variabelen i videste laget. Dårligst resultater ble oppnådd for kadmium der henholdsvis 52 % og 37 % av laboratorienes middelerverdier var akseptable i prøvene A og B.

12 av 27 laboratorier hadde mer enn 80 % akseptable resultater, og 11 laboratorier hadde 60 - 80 % akseptable resultater. 4 laboratorier hadde 50 - 60 % akseptable resultater, disse prestasjonene må de enkelte laboratorier betrakte som lite tilfredsstillende. Systematisk arbeid med metodene må til for å forbedre kvaliteten ved analysene, som kan dokumenteres ved bruk av referansematerialer. Som et ledd i dokumentasjon av analysekvalitet ved slamanalyser i forbindelse med akkreditering, er det aktuelt å gjennomføre nye prøvningssammenligninger med jevne mellomrom.

Det var relativt liten forskjell mellom oppslutningsmetodene for slamprøver, selv om kongevann i mikrobølgeovn ser ut til å ligge litt høyere enn salpetersyre i autoklav for enkelte metaller. Forskjellen er stort sett ikke signifikant. Åpen oppslutning i mikrobølgeovn ga lavere resultater enn lukket oppslutning. Totaloppslutning med flussyre gir noe høyere resultater for krom og nikkel, men ellers er forskjellene små. Forskjellen mellom laboratoriene var gjennomgående større enn mellom oppslutningsmetodene.

2. Bakgrunn

Arbeidet med å regulere bruken av slam fra kommunale renseanlegg har pågått i lang tid, og det er utarbeidet nye forskrifter for bruken av kommunalt avløpsslam som jordforbedringsmiddel. Dette medfører at det skal utføres jevnlig kontrollanalyser av slikt slam, og dette skal gjennomføres før slammet kjøres ut til brukeren. Det er derfor utarbeidet en veileder for prøvetaking av kommunalt slam (1). Det skal først og fremst kontrolleres at konsentrasjonen av tungmetaller ligger under de angitte grenseverdier, se Tillegg 1.

Etter initiativ fra Vannringen ble det organisert en sammenlignende laboratorieprøving for alle medlemmene. Prøvingssammenligningen ble gjennomført november - desember 1997.

3. Gjennomføring

3.1 Deltakere

Vannringen sendte ut en invitasjon til alle medlemmene om å delta i prøvingssammenligningen. 20 av disse sendte senere inn resultater for alle, eller noen av de aktuelle analysevariable. En alfabetisk oversikt over hvilke laboratorier som deltok i ringtesten er gjengitt i Tillegg 2.

3.2 Slamprøver

Det ble sendt ut to tørkede og homogeniserte slamprøver, som begge var framstilt ved å blande sammen slam fra flere kommunale renseanlegg. Prøve A besto således av både kalket slam og aluminiumfelt, avvannet slam fra Sentralrenseanlegg II, Strømmen, og aluminiumfelt slam fra renseanlegget i Frogn. Prøve B var en blanding av jernfelt slam fra Bekkelaget og aluminiumfelt slam fra Nordre Follo. Disse to prøvene var tørket ved 105 °C og homogenisert før de ble fordelt på prøveglass og sendt til deltakerne. Disse prøvene var tidligere blitt brukt ved en europeisk ringtest knyttet til standardisering av slamanalyser. Landbrukets Analysecenter sto for utsendelsen av prøvene, mens NIVA påtok seg å bearbeide resultatene og rapportere dem.

3.3 Analysevariable og metoder

Deltakerne ble bedt om å utføre inntil 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.

Deltakerne ble bedt om å bestemme følgende analysevariable i begge prøvene: kvikksølv, kadmium, bly, krom, kobber, nikkel og sink, i tillegg til totalfosfor og totalt tørrstoffinnhold. Alle resultater for tungmetaller skulle angis i mikrogram pr. gram tørrstoff, og i milligram pr. gram tørrstoff for totalfosfor. Selve tørrstoffinnholdet ble angitt i prosent av innveid prøve.

Laboratoriene ble stilt fritt til å kunne benytte den analysemetoden som laboratoriet anvender rutinemessig, men de ble oppfordret til å benytte en av konge vannmetodene fra CEN/TC380 (3) i tillegg til rutinemetoden.

Fire laboratorier har rapportert analyseresultater som er framkommet ved bestemmelse etter henholdsvis to (nr 4 og 9), tre (nr. 15) eller fire (nr. 16) forskjellige oppslutningsmetoder. Disse resultatsettene er merket med laboratorienummer og henholdsvis A, B, C og D. De fleste av laboratoriene oppsluttet prøvene med 7 mol/l salpetersyre i autoklav i henhold til Norsk Standard, NS 4770. Som alternativ benyttet noen laboratorier konsentrert salpetersyre tilsatt hydrogenperoksid, eller konge vann. Mikrobølgeovn ble benyttet i disse tilfellene.

3.4 Prøveutsendelse og resultatrapportering

Små prøvebeholdere med ca. 15 g prøvemateriale ble sendt ut til alle deltakerne i november 1997. Deltakerne ble bedt om å analysere prøvene så raskt som mulig, og sende inn resultatene ikke senere enn 31. desember. Med ulike begrunnelser ba flere laboratorier om forskyvning av rapporteringsfristen, noe som ble innvilget.

3.5 Behandling av analysedata

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

For hver enkelt analysevariabel og prøve er medianverdien av alle laboratorienes middelveidier bestemt, dessuten ble også middelveidien og standardavviket beregnet. Laboratorier med middelveidier som avviker for mye fra medianverdien ble forkastet, og utelatt ved de statistiske beregningene. Til vurdering av om middelveidien skulle forkastes eller ikke, ble Dixons test (2) benyttet. Forkastede resultater er gjengitt i parentes i tabellene i Tillegg 3.

Medianverdien av deltakernes middelveidier for de respektive analysevariable, bestemt etterat avvikende middelveidier var forkastet, ble brukt som "sann verdi" ved vurdering av de enkelte deltakernes resultater.

4. Resultater

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i tabellene 6 - 14 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 - 14. Tabell 1 gir et sammendrag av resultatene ved denne ringtesten.

Resultater som ligger innenfor den beregnede medianverdi $\pm 20\%$, er karakterisert som akseptable i denne rapporten, og laboratorienes middelerverdier for hver analysevariabel og prøve er benyttet ved bedømmelsen. I tabellene 2 og 3 er gjengitt en vurdering av middelerverdien fra de enkelte laboratorier, og her man foretatt sammenligningene ved at medianverdien 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 ringtesten er X %, og at tallverdien til Z skal være ≤ 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 hvis Z er større enn 3 bedømmes resultatet som fullstendig uakseptabelt.

Tabell 1. Oversikt over medianverdier (m) og middelerverdier (x) for slamprøvene, samt standard avviket (s), antall resultater benyttet ved de statistiske beregninger (n), og antall resultater utelatt ved de statistiske beregninger (u).

Analysevariabel enhet	Prøve A					Prøve B				
	m	x	s	n	u	m	x	s	n	u
Hg, µg/g	0.45	0.45	0.13	20	0	0.96	0.95	0.13	20	0
Cd, µg/g	0.86	0.90	0.33	27	0	0.99	0.97	0.35	26	0
Pb, µg/g	13.9	14.3	3.5	26	1	31.6	32.1	4.8	25	2
Cr, µg/g	19.9	19.8	4.0	27	0	39.8	40.0	7.2	27	0
Cu, µg/g	94.3	95.5	7.8	27	0	236.0	235.8	18.2	27	0
Ni, µg/g	11.9	12.1	1.5	24	3	21.1	21.8	4.5	25	2
Zn, µg/g	614.0	612.8	42.3	27	0	340.8	339.4	26.2	26	1
TOT-P, mg/g	10.23	10.24	0.65	17	0	17.24	17.25	1.30	17	0
TTS, %	96.02	95.91	1.05	17	0	95.19	95.41	1.05	17	0

4.1 Kvikksølv

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 6, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 1. 20 resultatpar er mottatt for kvikksølv i prøvene A og B. Nesten ingen av laboratoriene har angitt hvilken teknikk de benyttet ved bestemmelsen,

men det antas at de aller fleste benyttet kalddamp atomabsorpsjon. Det fremgår heller ikke av de rapporterte resultater om det er foretatt reduksjon med tinnklorid eller med natriumborhydrid. Bare to av laboratoriene spesifiserte at de benyttet gullfelleknikk til oppkonsentrering av kvikksølv før selve sluttbestemmelsen, og ett laboratorium har angitt at de benyttet hydridknikk ved bestemmelsen.

For prøvene A og B var henholdsvis 65 og 90 % av resultatene akseptable, dvs den andelen av laboratorienes middelerverdier som ligger innenfor medianverdien ± 20 %. Den noe lavere konsentrasjonen av kvikksølv i prøve A er nok årsaken til at færre oppnådde akseptable resultater i denne prøven.

Spredningen mellom laboratorienes resultatene for prøve B var langt mindre enn for prøve A, men så er da konsentrasjonen i prøve B omtrent dobbelt så høy som i A. Presisjonen innen de enkelte laboratorier er jevnt over bra, mens de systematiske avvik er dominerende mellom laboratoriene. Det ser ikke ut til å være noen klar sammenheng mellom oppnådde resultater og den oppslutningsmetode som er benyttet.

4.2 Kadmium

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 7, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 2. 20 laboratorier sendte inn 27 resultatsett for kadmium. Som det fremgår av Tabell 2 er henholdsvis 52 % og 37 % av middelerverdiene definert som akseptable for prøvene A og B. Presisjonen innen laboratoriene varierer ganske mye fra ett laboratorium til et annet (Tabell 7), men er i alle tilfeller vesentlig mindre enn mellom laboratoriene. Dette skyldes at systematiske avvik dominerer og dermed fører til at presisjonen mellom laboratoriene blir mindre bra.

I de fleste tilfeller har de enkelte laboratorier fått samme type avvik for begge prøvene, men enkelte laboratorier har forskjellige avvik for prøve A og B. Dette kan ha sammenheng med at de to prøvene har ganske ulik matrise.

4.3 Bly

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 8, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 3.

74 % av laboratoriene rapporterte verdier innenfor sann verdi ± 20 % både for prøve A og B. Presisjonen ved de enkelte laboratorier var svært variabel ved bestemmelse av bly, med et relativt standard avvik som varierte fra < 1 % til noe mer enn 10 %. Bildet domineres av de systematiske forskjellene mellom laboratoriene

4.4 Krom

Laboratorienes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 9, mens de enkelte laboratoriers middelerverdier er framstilt grafisk i figur 4. For prøve A og B ble henholdsvis 67 % og 74 %

av middelverdiene bedømt som akseptable. Den gjennomsnittlige kromkonsentrasjonen rapportert for prøve B var omtrent dobbelt så høy som i prøve A.

Presisjonen innen det enkelte laboratorium var noe varierende, men var gjennomgående langt bedre enn mellom laboratoriene. Det var både systematisk for høye og for lave verdier blant de avvikende resultatene. Oppslutningstrinnet kan være en årsak til spredning mellom resultatene for dette metallet, men resultatene fra laboratorium nr. 16 som benyttet fire forskjellige oppslutningsmetoder, tyder på at effekten ikke alltid er så stor. Således viser resultatene fra dette laboratoriet at bruken av kongevann i mikrobølgeovn var mest effektiv av disse metodene. Ett laboratorium som benyttet flussyre og kongevann i autoklav fikk resultater som var blant de høyeste for dette metallet (15 C).

4.5 Kopper

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 10, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 5. Det var meget bra resultater for begge prøvene, bare ett resultat i prøve A ble bedømt som ikke akseptabelt. Resultatene for kopper kan derfor anses for å være meget tilfredsstillende.

4.6 Nikkel

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 11, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 6. Henholdsvis 78 % og 67 % av de rapporterte middelverdier var akseptable for prøve A og B. Det er både systematisk for høye og for lave resultater blant de avvikende middelverdier, spesielt for prøve B, noe som kan ha sammenheng med at denne prøven inneholder høye konsentrasjoner av jern som kan interferere ved bestemmelsen. Totaloppslutning med flussyre og kongevann gir høyere resultater. Likeledes ser det ut til at kongevann fører til noe høyere resultater enn salpetersyre hos de laboratorier som har benyttet begge metoder (4, 9, 16).

4.7 Sink

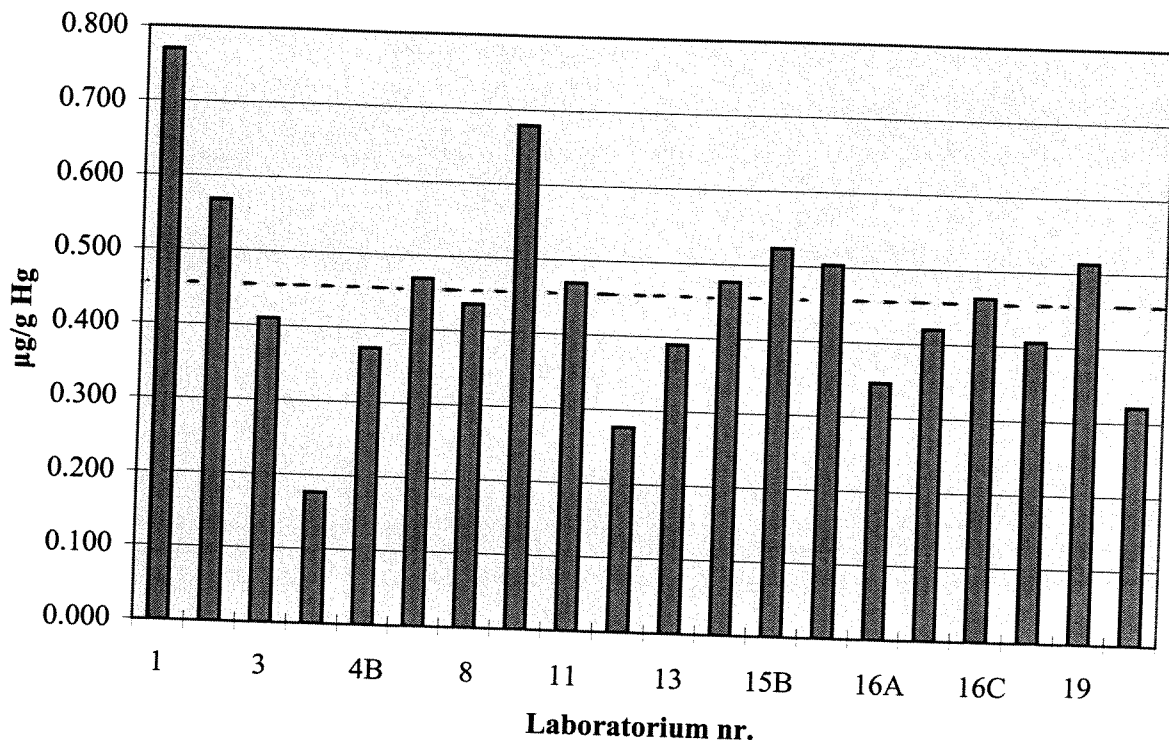
Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 12, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 7. Alle deltakende laboratorier sendte inn resultater for sink, og det var meget høy andel akseptable resultater for alle prøvene, henholdsvis 100 % og 96 % i prøvene A og B, slik at resultatene for dette metallet kan anses for å være meget tilfredsstillende.

4.8 Totalfosfor

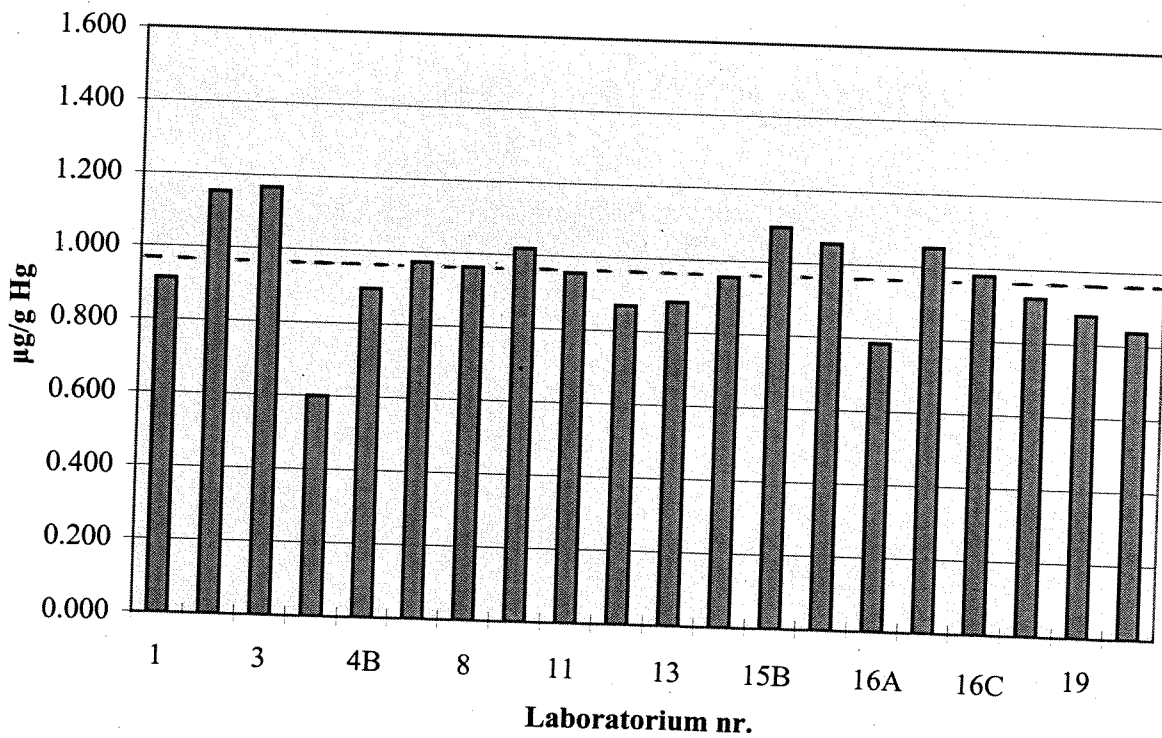
Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 13, mens de enkelte laboratoriers middelverdier er framstilt grafisk i figur 8. 18 laboratorier rapporterte resultater for totalfosfor, og alle middelverdiene ble bedømt som akseptable i forhold til en grense på $\pm 20\%$ i forhold til medianverdien. Nesten alle ligger også innenfor en grense på $\pm 10\%$.

Forts. side 20

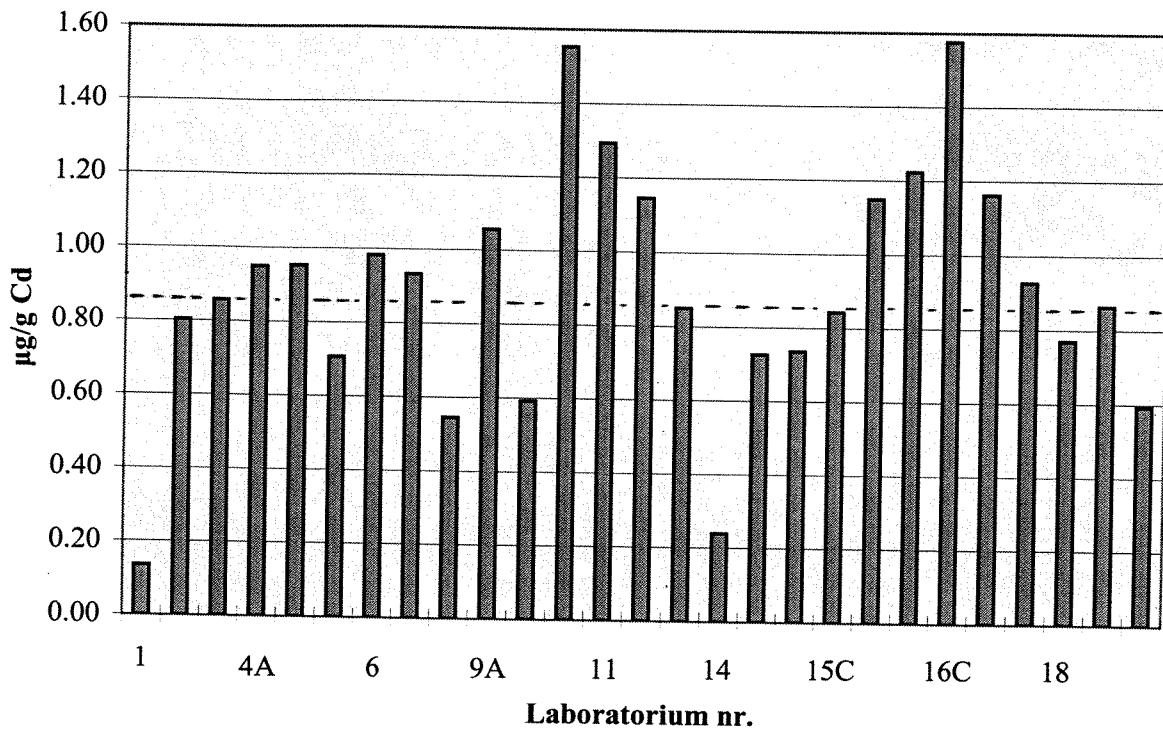
Figur 1 A. Kvikksølv i prøve A



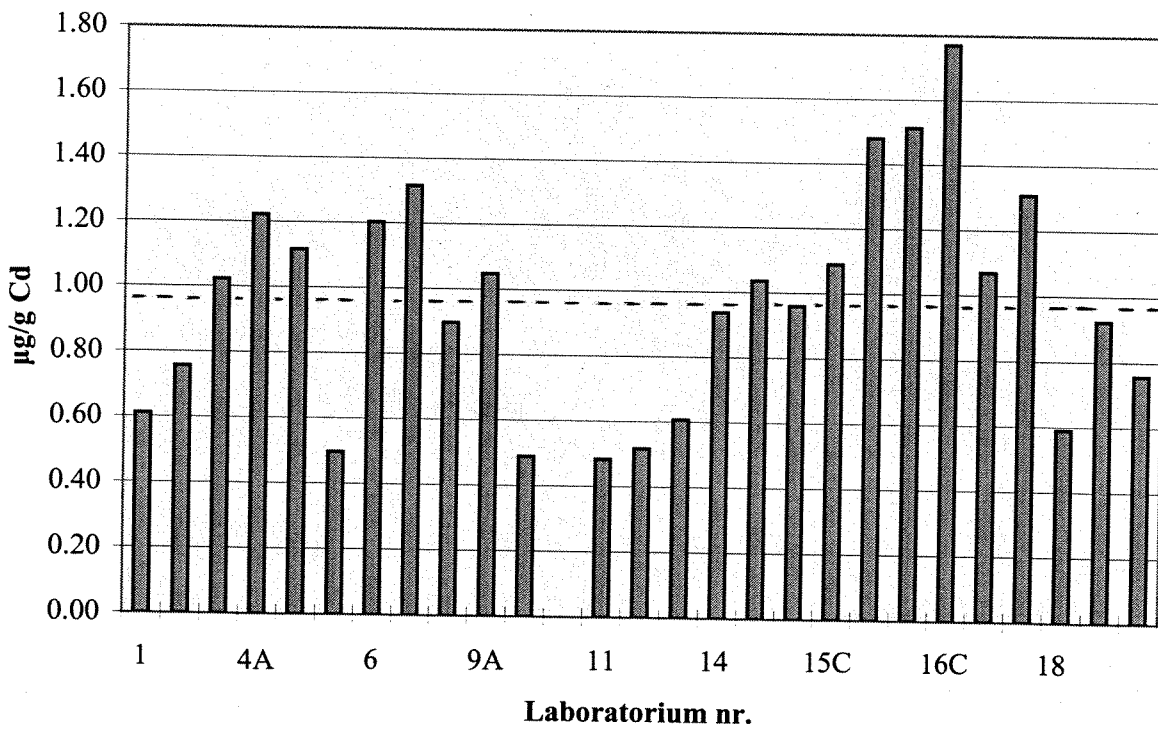
Figur 1 B. Kvikksølv i prøve B



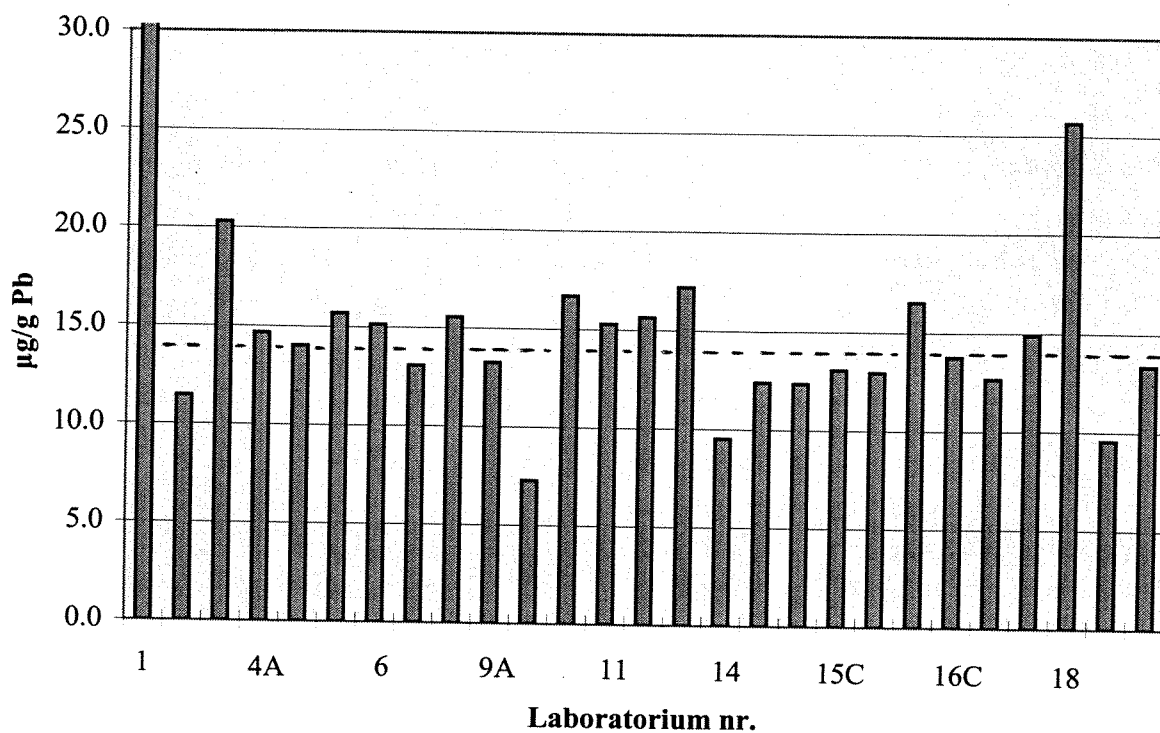
Figur 2 A. Kadmium i prøve A



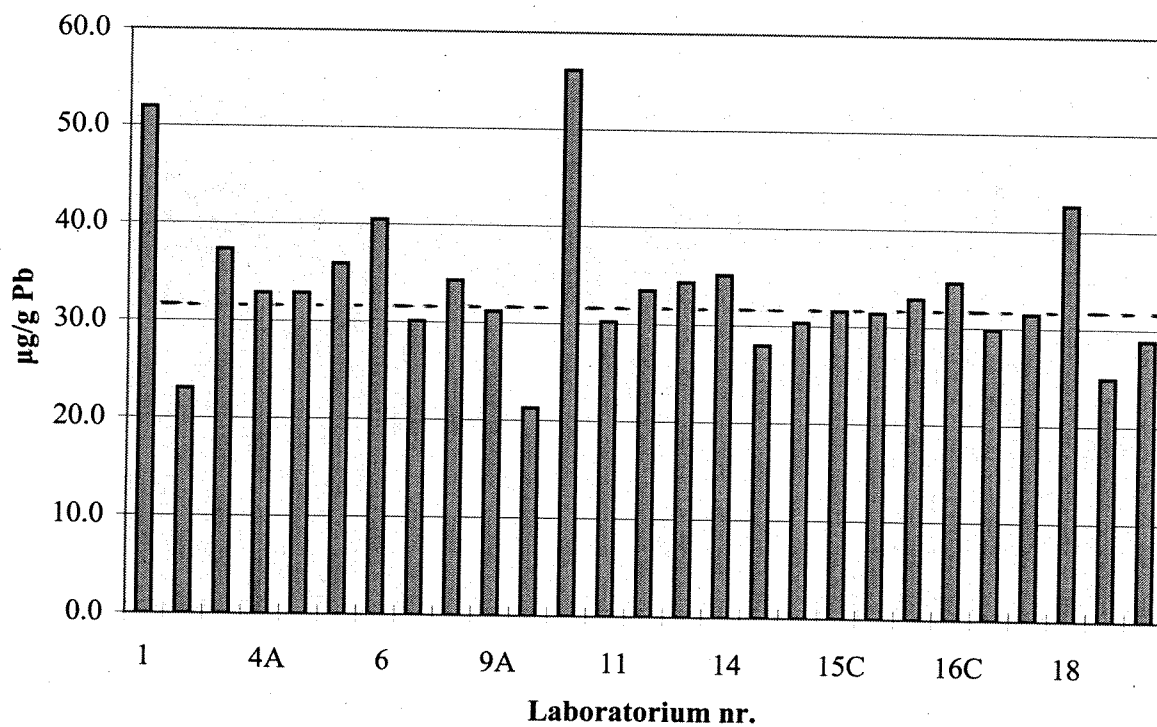
Figur 2 B. Kadmium i prøve B



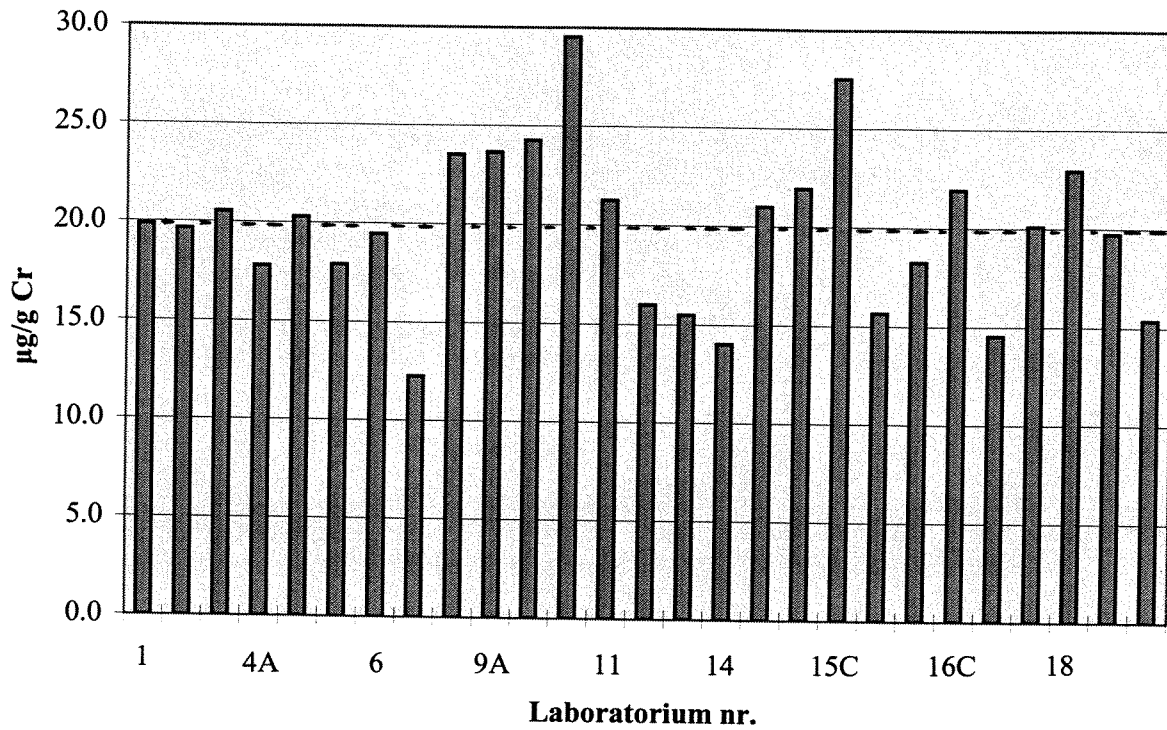
Figur 3 A. Bly i prøve A



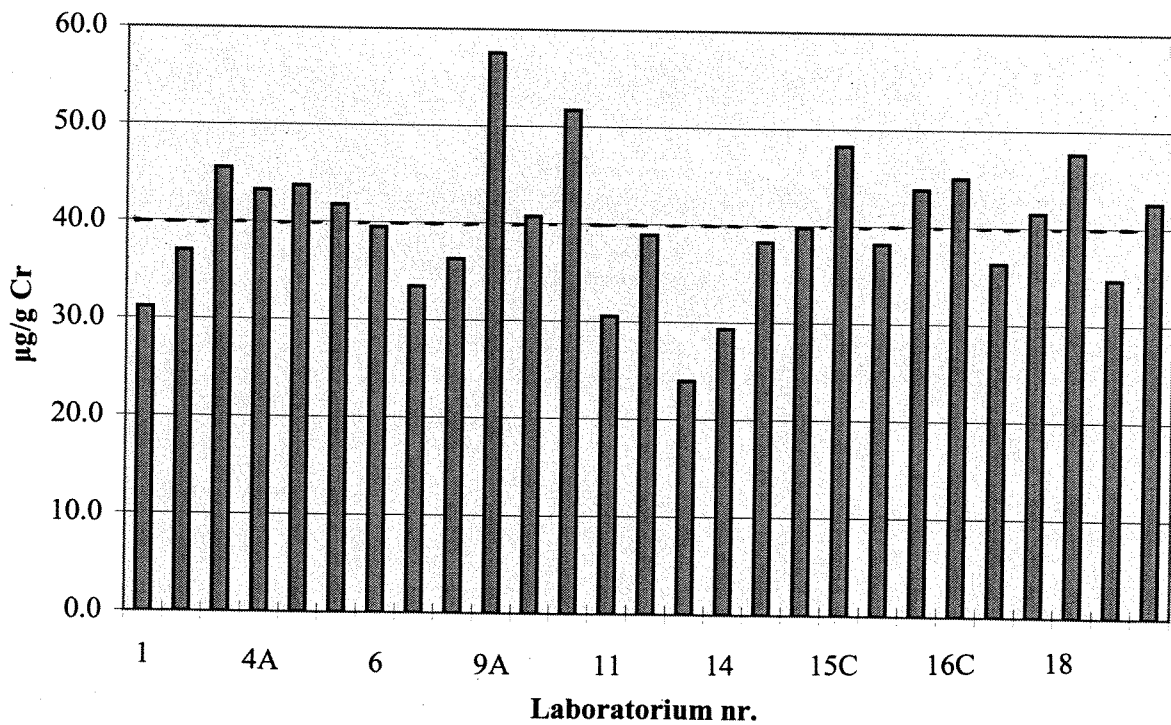
Figur 3 B. Bly i prøve B



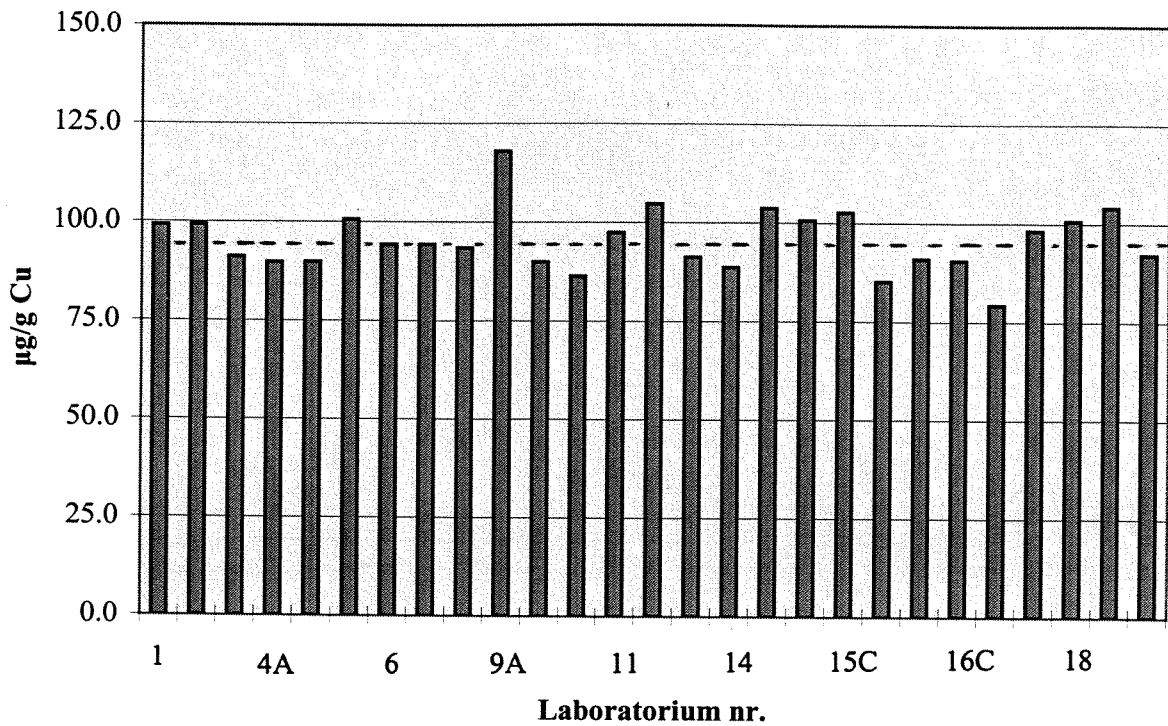
Figur 4 A. Krom i prøve A



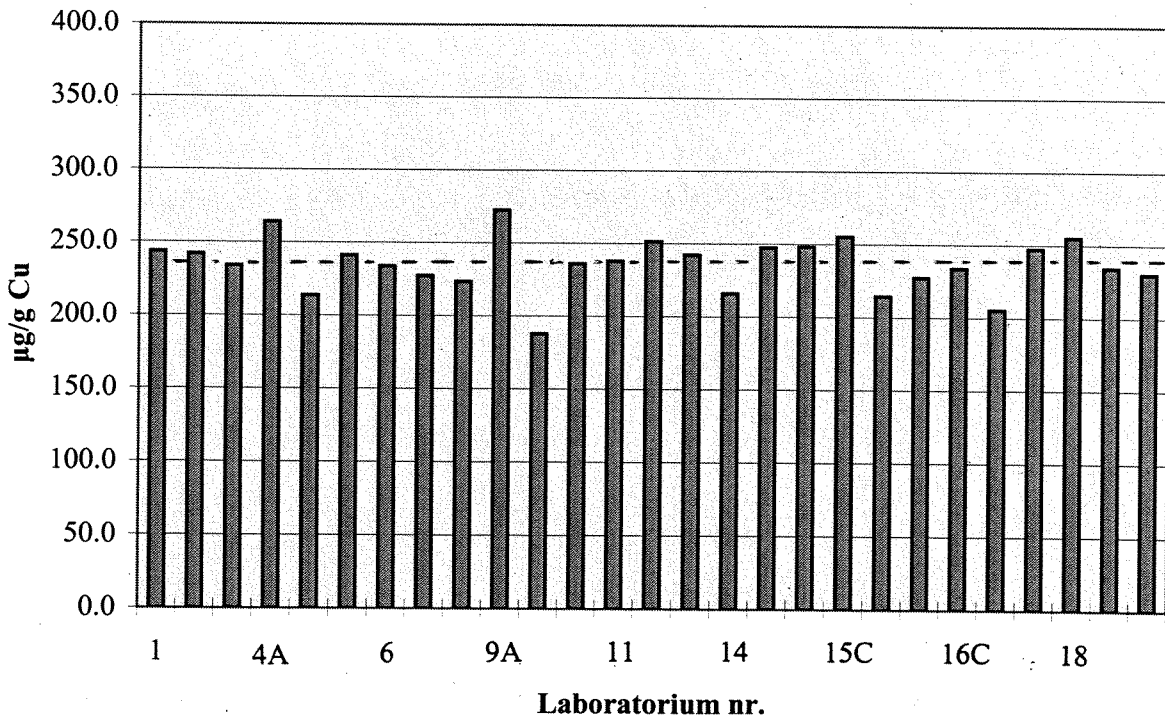
Figur 4 B. Krom i prøve B



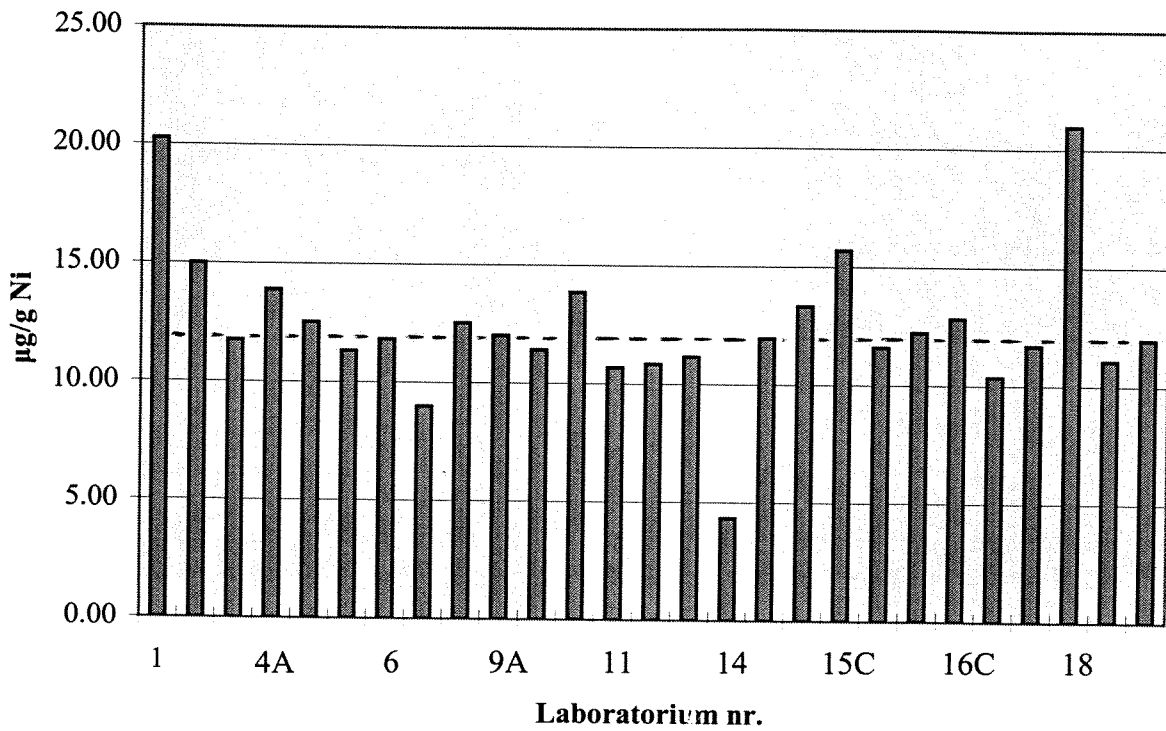
Figur 5 A. Kopper i prøve A



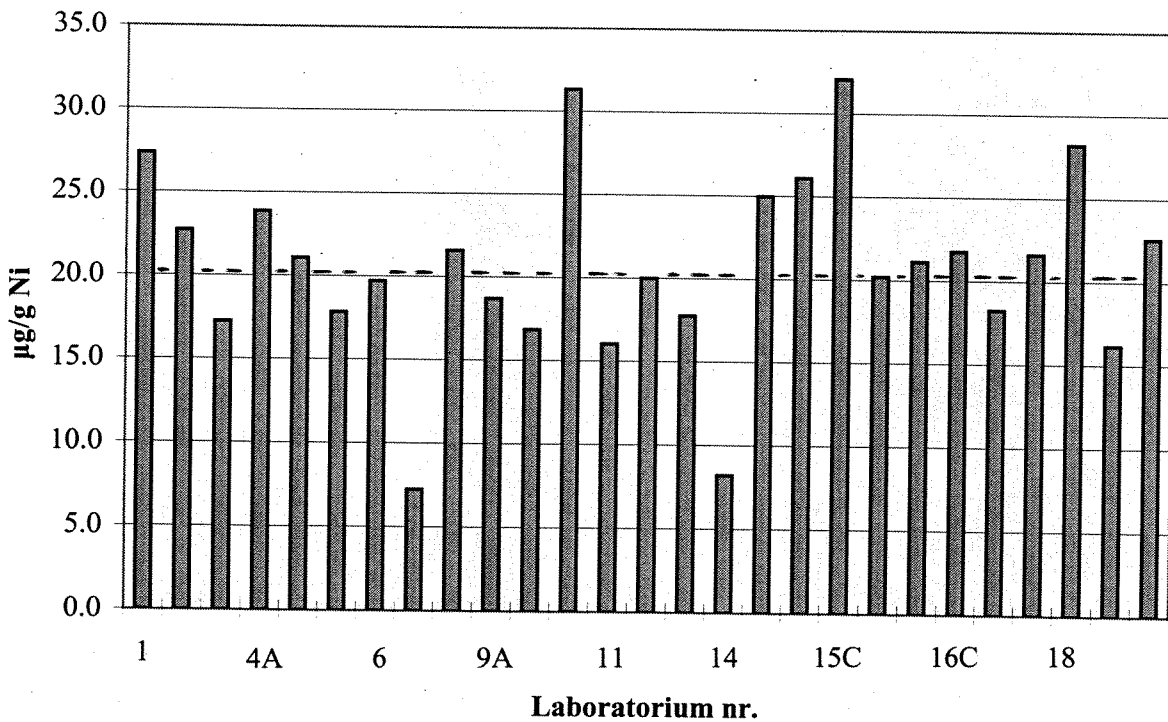
Figur 5 B. Kopper i prøve B



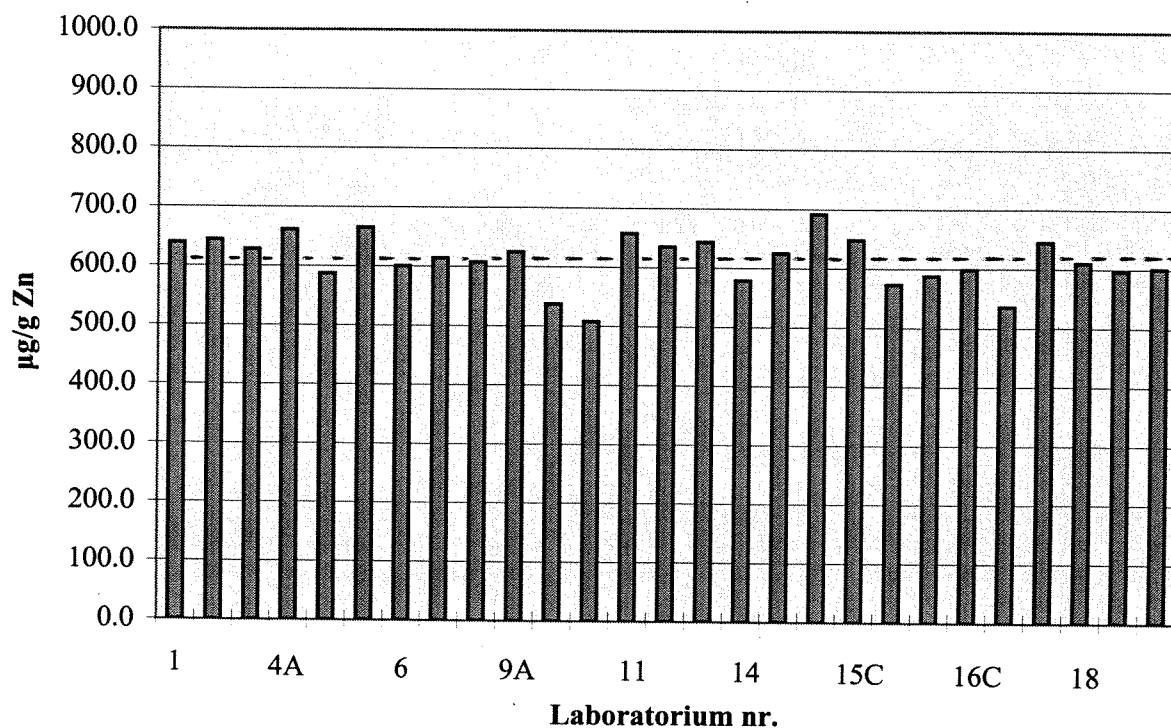
Figur 6 A. Nikkel i prøve A



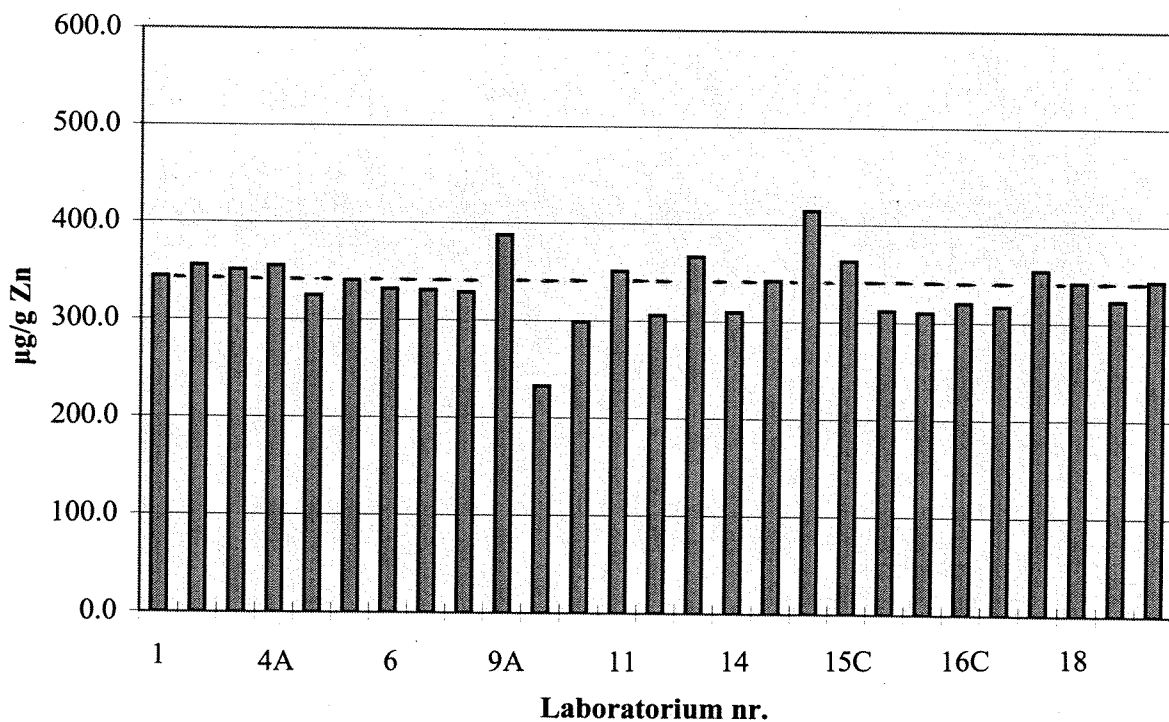
Figur 6 B. Nikkel i prøve B



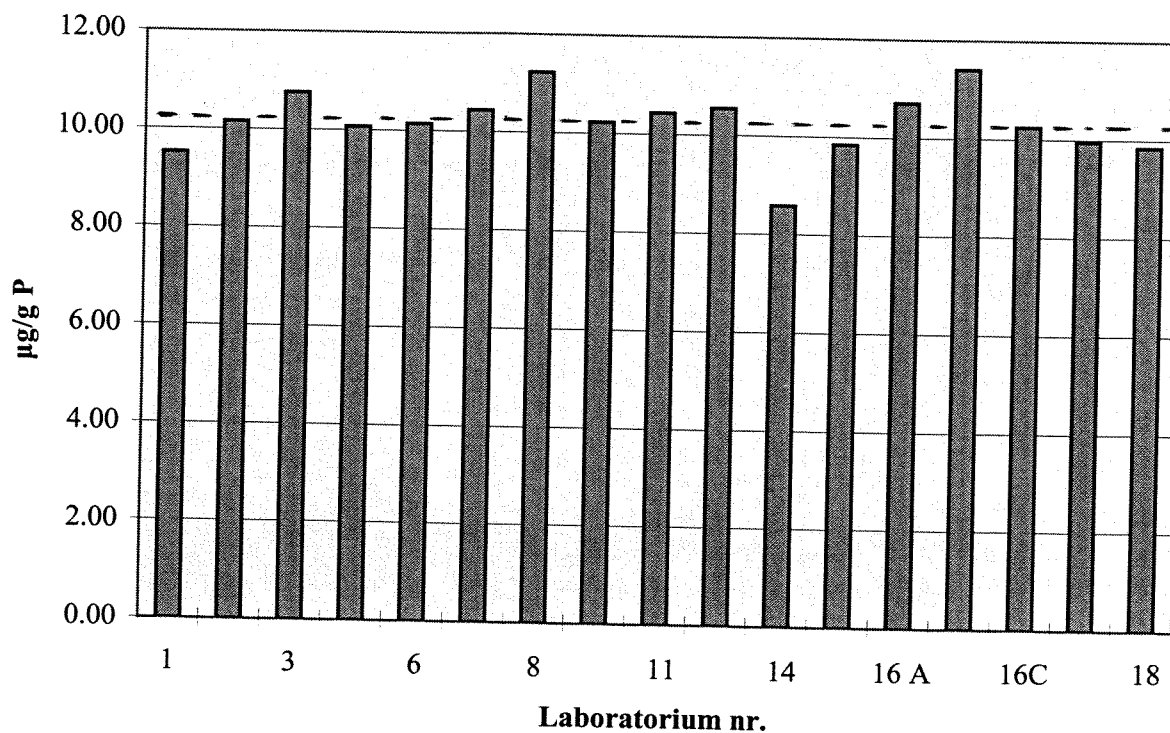
Figur 7 A. Sink i prøve A



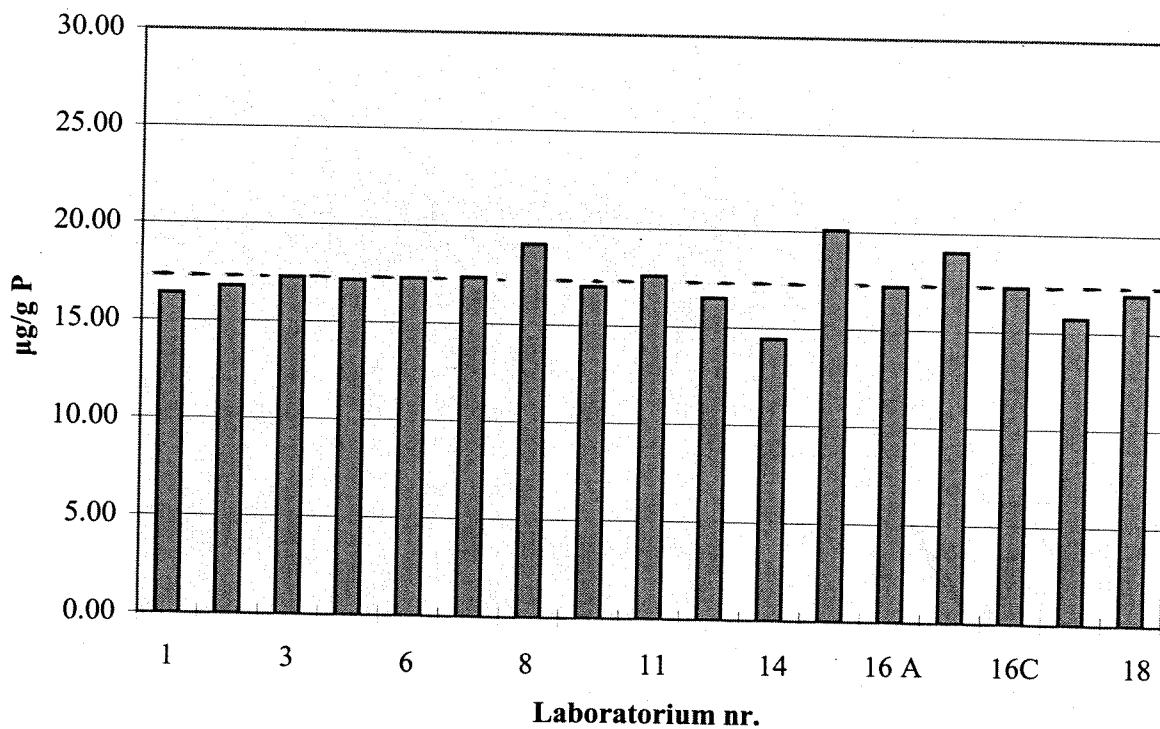
Figur 7 B. Sink i prøve B



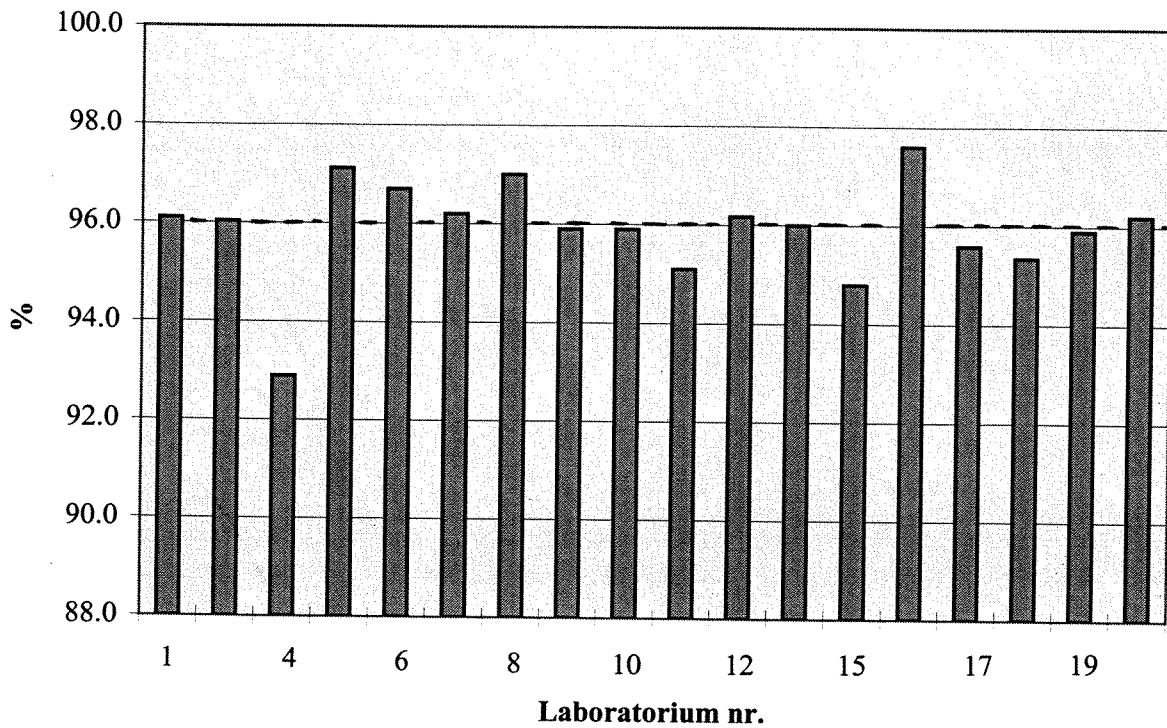
Figur 8 A. Fosfor i prøve A



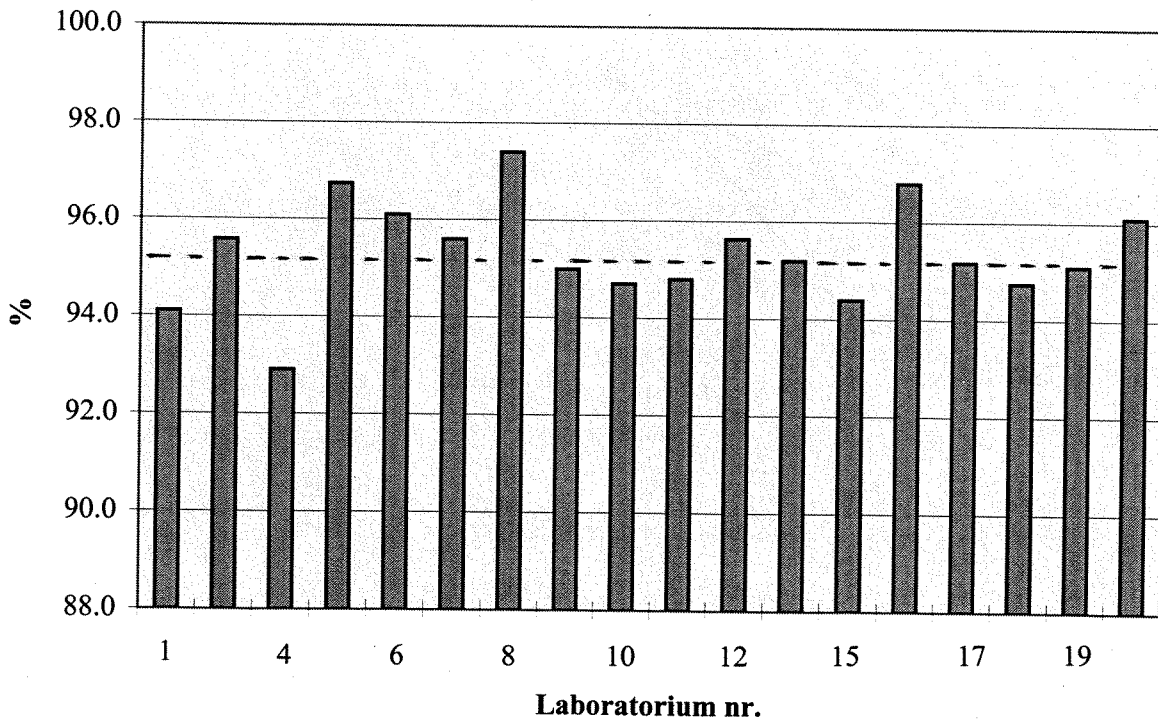
Figur 8 B. Fosfor i prøve B



Figur 9 A. Tørrstoffinnholdet i prøve A



Figur 9 B. Tørrstoffinnholdet i prøve B



Tabell 2. Evaluering av laboratorienes resultater ved bestemmelse av metaller. Oversikt over laboratorienes Z-faktor ved sammenligning med medianverdien.

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	TOT-P	TOT-P
1	7.1	0.5	8.4	3.8	18.8	6.5	0.0	2.2	0.5	0.3	7.0	3.0	0.4	0.1	0.7	0.5
2	2.6	2.0	0.7	2.4	1.8	2.7	0.1	0.7	0.5	0.3	2.6	0.8	0.5	0.4	0.1	0.3
3	0.9	2.2	0.0	0.3	4.6	1.8	0.3	1.4	0.3	0.1	0.1	1.8	0.2	0.3	0.5	0.0
4A	6.1	3.8	1.0	2.4	0.6	0.4	1.1	0.9	0.5	1.2	1.7	1.3	0.8	0.4		
4B	1.7	0.7	1.1	1.3	0.1	0.4	0.2	1.0	0.5	0.9	0.5	0.0	0.4	0.5		
5	0.4	0.1	1.8	5.0	1.3	1.4	1.0	0.5	0.7	0.2	0.5	1.5	0.8	0.0	0.2	0.0
6			1.4	2.2	0.9	2.8	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.7	0.2	0.3	0.1	0.0
7			0.9	3.3	0.6	0.5	3.8	1.6	0.0	0.4	2.4	6.6	0.0	0.3	0.2	0.1
8	0.3	0.0	3.6	0.9	1.2	0.9	1.8	0.9	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	0.3	1.0	1.1
9A			2.3	0.6	0.5	0.1	1.9	4.5	2.5	1.5	0.1	1.1	0.2	1.4		
9B			3.1	5.1	4.8	3.3	2.2	0.2	0.5	2.0	0.4	2.0	1.3	3.2	0.0	0.1
10	5.1	0.6	8.1	10.0	2.0	7.8	4.8	3.0	0.8	0.0	1.7	4.8	1.7	1.2		
11	0.4	0.0	5.0	5.1	1.0	0.4	0.7	2.3	0.3	0.1	1.0	2.4	0.7	0.3	0.2	0.2
12	3.9	0.9	3.3	4.8	1.3	0.6	2.0	0.2	1.1	0.7	0.9	0.5	0.3	1.0	0.3	0.4
13	1.3	0.8	0.1	3.9	2.4	0.9	2.2	4.0	0.3	0.3	0.6	1.6	0.5	0.8		
14			7.2	0.5	3.1	1.1	2.9	2.6	0.6	0.8	6.4	6.1	0.6	0.9	1.6	1.6
15A	0.6	0.0	1.6	0.5	1.1	1.1	0.6	0.4	1.0	0.5	0.1	1.8	0.2	0.0	0.4	1.7
15B	1.6	1.4	1.4	0.3	1.1	0.4	1.0	0.0	0.7	0.5	1.2	2.4	1.3	2.2		
15C	1.2	1.0	0.2	1.0	0.6	0.0	3.8	2.1	0.9	0.8	3.2	5.2	0.6	0.7		
16A	2.3	1.8	3.4	4.9	0.7	0.1	2.1	0.4	1.0	0.9	0.3	0.4	0.7	0.8	0.5	0.0
16B	0.7	1.0	4.2	5.3	1.9	0.4	0.8	1.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.4	0.9	1.2	1.0
16C	0.3	0.2	8.3	7.9	0.1	1.0	1.0	1.3	0.4	0.1	0.8	0.3	0.2	0.6	0.0	0.0
16D	1.0	0.4	3.5	0.8	0.9	0.5	2.7	0.9	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	0.7	0.3	0.9
17			0.8	3.2	0.7	0.0	0.1	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2	0.5	0.4		
18			1.0	4.0	8.5	3.5	1.5	2.0	0.7	0.8	7.6	3.4	0.1	0.0	0.4	0.2
19	1.4	0.8	0.0	0.7	3.1	2.1	0.1	1.3	1.0	0.1	0.7	2.3	0.3	0.5		
20	2.9	1.3	3.1	2.4	0.4	0.9	2.3	0.7	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1		
% aksept.	65	90	52	37	74	74	67	74	96	100	78	67	100	96	100.0	100.0

4.9 Totalt tørrstoffinnhold

Laboratoriernes enkeltresultater er gjengitt i Tabell 14, mens de enkelte laboratoriers middelveier er framstilt grafisk i figur 12. Med unntak av ett resultat for prøve A som er markert lavere enn de andre laboratoriernes resultater, er de øvrige resultatene akseptable.

5. 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 de generelle krav til den totale feil som anvendes internasjonalt: $\pm 20\%$ av medianverdien av de innsendte resultater. Til denne vurderingen har vi brukt medianverdien av de innsendte resultater som et uttrykk for den "sanne" verdi. Men siden vi strengt tatt ikke kjenner den sanne verdi, vet vi ikke i hvor "riktige" resultatene er. Det vi finner et uttrykk for ved denne vurderingen er hvor sammenlignbare deltakernes resultater er. 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 (f.eks. totalopplutning i forhold til opplutning med 7 mol/l salpetersyre).

Til denne vurderingen er det beregnet en Z-faktor (se side 6), og Z-verdier mindre eller lik 2 bedømmes som akseptable. 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 fremgår hvilke laboratoriers resultater som er akseptable i henhold til dette kriteriet.

Manglende informasjon fra de deltakende laboratorier om hvilke analysemetoder som er brukt gjør det umulig å vurdere hvordan de ulike metodene fungerer i forhold til hverandre. Det er åpenbart ingen analysemetode som skiller seg spesielt ut fra de andre når det gjelder andelen akseptable resultater blant de deltakende laboratorier, forutsatt at konsentrasjonen er høy nok til at metoden kan anvendes direkte.

Interessant i denne sammenheng er resultatene fra de laboratorier som har foretatt opplutning etter ulike metoder. Laboratorium nr. 4 som benyttet henholdsvis en blanding av salpetersyre og hydrogenperoksid, og kongevann, begge i mikrobølgeovn, fikk vesentlig høyere resultater for kvikksølv med kongevann, selv om resultatene fortsatt lå lavt i forhold til de andre laboratoriene. For nikkell og sink var forholdet omvendt, mens det for de øvrige metaller var bare mindre forskjeller.

Hos laboratorium nr. 9 ga Norsk Standard med bruk av salpetersyre i autoklav de høyeste resultatene for alle metallene, selv om forskjellen i mange tilfeller var relativt liten. Det ble benyttet flussyre og kongevann til totalopplutning ved ett laboratorium (15C), og disse resultatene ble høyere enn med salpetersyre i autoklav, spesielt for krom og nikkell, men svært liten forskjell for de øvrige metallene.

Laboratorium nr. 16 benyttet Norsk Standard og tre av metodene angitt av CEN/TC380 (3). Her var det en tydelig tendens til at oppslutning med salpetersyre med autoklav ga gjennomgående litt lavere resultater enn med konge vann i autoklav, mens bruk av konge vann i mikrobølgeovn ga enda litt høyere resultater. Mikrobølgeoppslutning i åpent system ga de laveste resultatene. Resultatene for bruken av konge vann er i overensstemmelse med det som ble oppnådd ved ringtesten CEN/TC380 organiserte i 1997.

TABELL 3. VURDERING AV DE ENKELTE LABORATORIERS RESULTATER FOR METALLENE VED PRØVNINGSSAMMENLIGNING 9604 I SLAM. Ved beregning av prosent akseptable resultater for hvert enkelt laboratorium, er det foretatt beregning både i forhold til antall resultater det enkelte laboratorium har sendt inn, og i forhold til totalt antall mulige resultater.

Lab.nr.	Antall akseptable	Antall innsendte resultater	% akseptable av innsendte resultater	% akseptable av antall mulige
1	8	16	50	50
2	12	16	75	75
3	14	16	88	88
4A	11	14	79	69
4B	14	14	100	88
5	15	16	94	94
6	12	14	86	75
7	10	14	71	63
8	15	16	94	94
9A	9	12	75	56
9B	8	14	57	50
10	7	12	58	44
11	12	16	75	75
12	13	16	81	81
13	10	14	71	63
14	8	14	57	50
15A	16	16	100	100
15B	12	14	86	75
15C	10	14	71	63
16A	12	16	75	75
16B	14	16	88	88
16C	14	16	88	88
16D	14	16	88	88
17	11	12	92	69
18	9	14	64	56
19	11	14	79	69
20	10	14	71	63
Middel	11	13	78	72

Av Tabell 2 fremgår også at det er en viss forskjell i andel akseptable resultater mellom de enkelte analysevariable. Dette kan skyldes at enkelte elementer 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 elementene er meget bra ved denne prøvningssammenligningen. Disse to metallene er dessuten tilstede i høye konsentrasjoner sett i forhold til de anvendte metodenes deteksjonsgrenser.

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 har bare deltatt med noen få analysevariable, og således oppnår en høy andel akseptable resultater selv om mange viktige analysevariable ikke er tatt med.

En oversikt over antall akseptable resultater og antall innsendte resultater for tungmetallene, samt 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 27 laboratorier har mer enn 80 % akseptable middelverdier blant sine innsendte analyseresultater for tungmetallene. 11 laboratorier har mellom 60 og 80 % akseptable resultater, mens 4 laboratorier har mellom 50 og 60 % akseptable resultater.

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 så lave konsentrasjoner som det ofte er av disse metallene i norsk kommunalt avløpsslam, med høy grad av nøyaktighet. Dette kommer spesielt godt til syne for kadmium, hvor henholdsvis 52 % og 37 % av resultatene ble bedømt som akseptable i prøvene A og B.

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

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 prøvningssammenligning 9604 er også gjengitt.

Metall	Tillatt maksimalinnhold		Medianverdier	
	Jordbruks-areal	Grøntareal	Prøve A	Prøve B
Hg	5	7	0.45	0.96
Cd	4	10	0.86	0.99
Pb	100	300	13.9	31.6
Cr	125	200	19.9	39.8
Cu	1000	1500	94.3	236.0
Ni	80	100	11.9	21.1
Zn	1500	3000	614.0	340.8

lave, kan en akseptansegrense på $\pm 20\%$ bli altfor streng, da dette i mange tilfeller ville kreve at man benytter 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 årsaken til de tilfeldige variasjonene kan være. Her må det vurderes om prøvenes ulike matrise kan være delvis årsak til interferenseffekter.

Nok en gang må det understrekes at de laboratorier som har oppnådd resultater bedømt som ikke akseptable, må gjennomgå metodene grundig - også forbehandlingsprosedyrene - for å finne årsaken til avvikene. Fremgangsmåten 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.

6. Henvisninger

1. Miljøverndepartementet: Forskrift om avløpsslam. Fastsett av Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet 2. januar 1995. T - 1075. ISBN 82-457-0035-5.
2. W.J. Dixon: Biometrics 1953, **9**, 74.
3. CEN/TC380/WG1/TG1: Extraction method of trace elements soluble in aqua regia. Document no. N57, march 1997.

TILLEGG 1

INNHOLDSDEKLARASJON AV SLAM

Renseanlegg

Slambehandlingsmetode

Prøvetakingsperiode

.....

PRODUKTFAKTA

pH	
Tørrstoff (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 PRØVNINGSSAMMENLIGNING FOR ANALYSE AV SLAM**

Avløpssambandet Nordre Øyern, 2007 Kjeller
Buskerud vann- og avløpsseier, 3023 Drammen
Østfoldlaboratoriet, 1500 Moss
HIAS - Vannlaboratoriet, 2312 Ottestad
KM-Lab AS, 4890 Grimstad
Miljølaboratoriet i Telemark, 3701 Skien
Norsk Avfallshåndtering AS, 3081 Holmestrand
Norsk institutt for vannforskning, 0808 Oslo
Næringsmiddelkontrollen i Trondheim, 7047 Trondheim
Næringsmiddeltilsynet for Sør-Gudbrandsdal, 2601 Lillehammer
Næringsmiddeltilsynet i Asker og Bærum, 1345 Østerås
Næringsmiddeltilsynet i Tønsberg, 3103 Tønsberg
Næringsmiddeltilsynet og Miljørettet helsevern i Salten, 8017 Bodø
Oslo kommune, Vann- og avløpsverket, 0506 Oslo
Planteforsk, Kjemisk Analyzelaboratorium, 9005 Tromsø
Rogalandsforskning, 4004 Stavanger
Romsdal Næringsmiddeltilsyn, 6400 Molde
Sentralrenseanlegget RA-2, 2011 Strømmen
Vannlaboratoriet HiA, 4604 Kristiansand
Vestfjorden Avløpsseier, 3470 Slemmestad

TILLEGG 3. Analyseresultatene fra de enkelte deltakere

Resultater i parentes er utelatt ved de endelige statistiske beregninger.

Tabell 6. Kvikksølv, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	0.585	0.922	0.802	0.770	0.171	0.881	0.868	0.991	0.913	0.068
2	0.52	0.65	0.54	0.568	0.071	1.08	1.15	1.23	1.153	0.075
3	0.39	0.38	0.46	0.410	0.044	1.18	1.18	1.14	1.167	0.023
4A	0.23	0.01	0.29	0.177	0.147	0.64	0.76	0.40	0.600	0.183
4B	0.41	0.37	0.34	0.373	0.035	0.90	0.93	0.86	0.897	0.035
5	0.48	0.47	0.46	0.469	0.010	0.98	0.97	0.97	0.973	0.008
8	0.44	0.47	0.40	0.437	0.035	1.04	0.96	0.89	0.963	0.075
10	0.75	0.60	0.69	0.679	0.074	1.13	0.91	1.02	1.019	0.111
11	0.37	0.64	0.40	0.469	0.147	0.82	1.16	0.89	0.955	0.180
12	0.28	0.24	0.31	0.277	0.035	0.82	0.89	0.90	0.870	0.044
13	0.38	0.45	0.34	0.390	0.056	0.89	0.93	0.83	0.883	0.050
15A	0.40	0.61	0.42	0.477	0.116	0.93	1.02	0.92	0.957	0.055
15B	0.46	0.54	0.57	0.523	0.057	1.04	1.04	1.21	1.097	0.098
15C	0.50	0.52	0.49	0.503	0.015	1.10	1.02	1.05	1.057	0.040
16A	0.33	0.35	0.36	0.347	0.015	0.76	0.74	0.86	0.787	0.064
16B	0.38	0.46	0.42	0.420	0.040	0.93	1.13	1.10	1.053	0.108
16C	0.45	0.47	0.47	0.463	0.012	1.03	0.96	0.95	0.980	0.044
16D	0.39	0.41	0.42	0.407	0.015	0.92	0.93	0.92	0.923	0.006
19	0.46	0.51	0.57	0.513	0.055	0.88	0.83	0.93	0.880	0.050
20	0.318	0.293	0.352	0.321	0.030	0.794	0.863	0.857	0.838	0.038
Medianverdi				0.45	0.04				0.96	0.05
Middelverdi				0.45	0.06				0.95	0.07
Standardavvik				0.13					0.13	
Antall				20					20	

Tabell 7. Kadmium, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	0.15	0.11	0.15	0.14	0.02	0.53	0.64	0.66	0.61	0.07
2	0.81	0.83	0.77	0.80	0.03	0.79	0.75	0.73	0.76	0.03
3	0.92	0.81	0.84	0.86	0.06	0.97	1.03	1.07	1.02	0.05
4A	0.94	0.94	0.97	0.95	0.02	1.28	1.16	1.23	1.22	0.06
4B	0.99	1.02	0.85	0.95	0.09	1.07	1.15	1.13	1.12	0.04
5	0.69	0.74	0.69	0.71	0.03	0.50	0.52	0.47	0.50	0.03
6	0.97	1.00	0.98	0.98	0.02	1.22	1.20	1.19	1.20	0.02
7	0.96	0.92	0.92	0.93	0.02	1.30	1.35	1.30	1.32	0.03
8	0.53	0.54	0.57	0.55	0.02	0.89	0.92	0.88	0.90	0.02
9A	0.98	0.85	1.34	1.06	0.25	0.86	1.28	1.01	1.05	0.21
9B	0.70	0.44	0.64	0.59	0.13	0.52	0.50	0.45	0.49	0.03
10	1.55	1.60	1.51	1.55	0.05					
11	1.30	1.21	1.37	1.29	0.08	0.49	0.46	0.51	0.48	0.03
12	1.08	1.18	1.18	1.15	0.06	0.43	0.52	0.60	0.52	0.09
13	0.90	0.81	0.84	0.85	0.05	0.53	0.59	0.70	0.61	0.09
14	0.24	0.25	0.23	0.24	0.01	1.03	0.88	0.91	0.94	0.08
15A	0.59	0.80	0.79	0.73	0.12	1.05	1.03	1.03	1.04	0.01
15B	0.73	0.78	0.70	0.74	0.04	0.96	0.96	0.96	0.96	0.00
15C	0.87	0.84	0.82	0.84	0.03	0.99	1.25	1.03	1.09	0.14
16A	1.12	1.21	1.12	1.15	0.05	1.33	1.43	1.68	1.48	0.18
16B	1.22	1.22	1.23	1.22	0.01	1.50	1.48	1.56	1.51	0.04
16C	1.52	1.69	1.52	1.58	0.10	1.96	1.70	1.65	1.77	0.17
16D	1.17	1.12	1.20	1.16	0.04	1.07	1.08	1.06	1.07	0.01
17	0.95	0.92	0.91	0.927	0.021	1.16	1.35	1.42	1.310	0.135
18	0.69	0.715	0.85	0.771	0.110	0.53	0.60	0.64	0.590	0.053
19	0.94	0.96	0.69	0.863	0.150	1.01	0.93	0.83	0.923	0.090
20	0.58	0.60	0.60	0.593	0.012	0.76	0.77	0.74	0.757	0.015
Medianverdi				0.86	0.04				0.99	0.05
Middelverdi				0.90	0.06				0.97	0.07
Standardavvik				0.33					0.35	
Antall				27					26	

Tabell 8. Bly, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	40.2	38.1	42.2	(40.1)	2.1	55.4	49.0	51.4	(52.0)	3.2
2	11.9	12.0	10.6	11.5	0.8	23.9	22.6	22.6	23.0	0.7
3	18.5	21.8	20.6	20.3	1.7	36.5	38.9	36.6	37.3	1.4
4A	13.5	12.8	17.7	14.7	2.7	33.9	33.1	31.7	32.9	1.1
4B	15.1	14.1	12.9	14.0	1.1	31.8	31.7	35.2	32.9	2.0
5	16.2	15.8	15.1	15.7	0.6	36.1	36.1	35.7	36.0	0.2
6	15.3	15.2	14.9	15.1	0.2	39.7	41.0	40.8	40.5	0.7
7	13.2	13.0	13.0	13.1	0.1	30.3	30.5	29.5	30.1	0.5
8	16.1	15.1	15.5	15.6	0.5	34.8	35.4	32.8	34.3	1.4
9A	13.1	13.3	13.5	13.3	0.2	30.9	31.3	31.4	31.2	0.3
9B	8.0	6.2	7.7	7.3	1.0	21.2	21.2	21.5	21.3	0.2
10	17.8	16.4	15.9	16.7	1.0	55.6	56.9	-56.1	(56.1)	64.9
11	13.0	16.8	16.1	15.3	2.0	31.4	28.7	30.7	30.3	1.4
12	15.3	16.0	15.7	15.6	0.4	33.8	33.2	33.5	33.5	0.3
13	17.6	16.8	17.2	17.2	0.4	35.1	33.6	34.4	34.4	0.8
14	10.6	9.1	8.9	9.5	0.9	33.6	36.3	35.6	35.2	1.4
15A	12.6	11.9	12.7	12.4	0.4	26.6	28.4	28.9	28.0	1.2
15B	12.7	12.3	12.1	12.4	0.3	30.1	29.5	31.5	30.4	1.0
15C	13.2	12.8	13.2	13.1	0.2	30.5	32.9	31.4	31.6	1.2
16A	10.3	17.6	11.0	13.0	4.0	31.0	31.8	31.4	31.4	0.4
16B	17.1	16.1	16.4	16.5	0.5	32.6	33.1	33.1	32.9	0.3
16C	13.2	14.1	14.0	13.8	0.5	34.7	33.5	35.7	34.6	1.1
16D	12.8	13.0	12.2	12.7	0.4	30.0	30.5	29.1	29.9	0.7
17	14.4	13.8	16.5	14.9	1.4	31.7	32.3	30.4	31.5	1.0
18	25.4	26.0	25.6	25.7	0.3	43.3	43.0	41.6	42.6	0.9
19	10.5	9.57	8.61	9.6	0.9	26.3	21.3	27.1	24.9	3.1
20	13.4	13.8	12.9	13.4	0.5	30.1	28.7	27.7	28.8	1.2
Medianverdi				13.9	0.5				31.6	1.0
Middelverdi				14.3	0.9				32.1	3.5
Standardavvik				3.5					4.8	
Antall				26					25	

Tabell 9. Krom, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	21.0	19.9	18.7	19.9	1.1	31.1	32.2	30.2	31.2	1.0
2	19.0	20.0	20.0	19.7	0.6	38.0	37.0	36.0	37.0	1.0
3	18.9	20.6	22.1	20.5	1.6	45.6	46.1	44.9	45.5	0.6
4A	19.1	15.6	18.7	17.8	1.9	43.5	44.5	41.7	43.2	1.4
4B	20.5	20.7	19.7	20.3	0.5	45.1	44.2	41.9	43.7	1.7
5	18.4	17.9	17.4	17.9	0.5	41.5	42.2	41.7	41.8	0.4
6	18.2	20.4	19.8	19.5	1.1	39.0	38.9	40.6	39.5	1.0
7	12.7	11.9	12.2	12.3	0.4	33.7	33.3	33.3	33.4	0.2
8	22.5	23.5	24.6	23.5	1.1	34.6	38.3	36.0	36.3	1.9
9A	23.5	23.8	23.7	23.7	0.1	62.9	64.2	45.6	57.6	10.4
9B	24.1	24.2	24.5	24.3	0.2	40.0	42.5	39.6	40.7	1.6
10	29.1	29.3	30.2	29.5	0.6	51.4	50.9	52.9	51.7	1.0
11	19.4	22.0	22.4	21.3	1.6	30.9	29.8	30.9	30.5	0.7
12	16.8	15.6	15.6	16.0	0.7	38.7	38.6	39.6	39.0	0.6
13	15.0	15.4	16.1	15.5	0.6	25.3	23.5	23.0	23.9	1.2
14	13.8	14.4	13.9	14.0	0.3	29.3	29.9	28.8	29.3	0.6
15A	19.8	20.2	23.0	21.0	1.7	37.6	37.5	39.8	38.3	1.3
15B	22.4	22.6	20.8	21.9	1.0	39.2	40.8	39.4	39.8	0.9
15C	27.8	28.6	26.2	27.5	1.2	47.8	47.7	49.3	48.3	0.9
16A	14.9	15.8	16.3	15.7	0.7	38.0	38.6	38.0	38.2	0.3
16B	18.7	17.5	18.6	18.3	0.7	44.4	44.3	42.9	43.9	0.8
16C	21.9	22.1	21.8	21.9	0.2	43.6	45.6	46.0	45.1	1.3
16D	14.1	15.4	14.1	14.5	0.8	36.4	37.7	34.8	36.3	1.5
17	20.2	20.0		20.1	0.1	41.3	42.4	40.8	41.5	0.8
18	22.2	24.2	22.4	22.9	1.1	46.4	49.7	46.9	47.7	1.8
19	19.7	20.2	19.3	19.7	0.5	34.4	35.1	34.5	34.7	0.4
20	15.0	15.5	15.6	15.4	0.3	43.0	42.1	42.7	42.6	0.5
Medianverdi				19.9	0.7				39.8	1.0
Middelverdi				19.8	0.8				40.0	1.3
Standardavvik				4.0					7.2	
Antall				27					27	

Tabell 10. Kopper, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	99.29	99.33	98.85	99.2	0.3	243.3	244.9	242.3	243.5	1.3
2	99	100	99	99.3	0.6	247	244	235	242.0	6.2
3	91.0	88.8	93.8	91.2	2.5	233	232	237	234.0	2.6
4A	91.6	87.2	90.8	89.9	2.3	273	267	252	264.0	10.8
4B	87.6	87.6	94.6	89.9	4.0	227.0	196.0	218.0	213.7	15.9
5	100.8	100.4	100.8	100.7	0.2	240.7	241.8	241.1	241.2	0.6
6	93	97	93	94.3	2.3	239	229	233	233.7	5.0
7	96	93	94	94.3	1.5	229	227	226	227.3	1.5
8	96.6	91.9	92.0	93.5	2.7	222.0	227.0	221.0	223.3	3.2
9A	107.9	138.6	107.5	118.0	17.8	274.4	272.2	270.9	272.5	1.8
9B	89.78	88.50	91.64	90.0	1.6	188.5	194.0	181.2	187.9	6.4
10	87.4	86.2	85.6	86.4	0.9	239.0	234.0	235.0	236.0	2.6
11	100.3	96.2	96.1	97.5	2.4	232.4	240.4	241.2	238.0	4.9
12	107	104	103	104.8	2.3	254.5	250.9	248.8	251.4	2.9
13	90.7	92.5	90.7	91.3	1.0	232.4	227.9	266.9	242.4	21.3
14	89.0	90.0	87.2	88.7	1.4	214.0	223.0	211.0	216.0	6.2
15A	105	103	103	103.7	1.2	249.0	246.0	248.0	247.7	1.5
15B	101	101	100	100.7	0.6	248.0	252.0	245.0	248.3	3.5
15C	101	104	103	102.7	1.5	257.0	257.0	252.0	255.3	2.9
16A	82.4	84.6	88.7	85.2	3.2	212.3	216.1	215.0	214.5	2.0
16B	89.6	91.6	91.7	91.0	1.2	230.8	221.9	229.3	227.3	4.8
16C	90.6	91.0	90.2	90.6	0.4	229.4	244.1	227.7	233.7	9.0
16D	78.7	80.9	78.3	79.3	1.4	206.7	203.9	205.3	205.3	1.4
17	98	99	98	98.2	0.6	244.7	252.6	244.7	247.3	4.6
18	99	101	103	100.7	1.9	256.0	260.0	249.0	255.0	5.6
19	104	113	95.2	104.1	8.9	237.0	229.0	237.0	234.3	4.6
20	92	92	92.1	92.2	0.1	231.0	230.0	230.0	230.3	0.6
Medianverdi				94.3	1.5				236.0	3.5
Middelverdi				95.5	2.4				235.8	5.0
Standardavvik				7.8					18.2	
Antall				27					27	

Tabell 11. Nikkel, µg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	21.07	20.13	19.58	(20.26)	0.75	27.56	27.31	27.18	27.4	0.19
2	14.8	15.2	15.0	15.00	0.20	22.5	22.8	22.8	22.7	0.17
3	11.3	12.7	11.3	11.77	0.81	16.2	17.0	18.5	17.2	1.17
4A	14.5	14.3	12.9	13.90	0.87	25.6	23.8	22.2	23.9	1.70
4B	12.2	13.1	12.3	12.53	0.49	20.7	21.0	21.5	21.1	0.40
5	10.8	11.6	11.6	11.33	0.46	18.1	17.8	17.6	17.8	0.25
6	11.1	12.0	12.4	11.83	0.67	19.3	19.6	20.2	19.7	0.46
7	9.2	9.2	8.6	9.00	0.35	7.2	7.5	7.0	(7.2)	0.25
8	12.96	12.23	12.40	12.53	0.38	21.49	21.86	21.37	21.6	0.26
9A	13.07	13.86	9.14	12.02	2.53	21.44	17.46	17.22	18.7	2.37
9B	11.52	11.88	10.87	11.42	0.51	17.31	17.16	16.07	16.8	0.68
10	14.0	14.1	13.5	13.87	0.32	32.1	30.0	31.9	31.3	1.16
11	9.24	10.79	12.05	10.69	1.41	14.96	16.82	16.39	16.1	0.97
12	10.87	10.81	10.88	10.85	0.04	19.95	20.09	19.93	20.0	0.09
13	10.5	11.7	11.3	11.17	0.61	17.4	17.2	18.7	17.8	0.81
14	4.65	4.05	4.30	(4.33)	0.30	8.64	8.18	7.84	(8.2)	0.40
15A	11.4	12.5	12.0	11.97	0.55	22.7	25.8	26.4	25.0	1.99
15B	14.0	12.9	13.1	13.33	0.59	26.4	25.6	26.3	26.1	0.44
15C	15.7	16.1	15.3	15.70	0.40	32.4	32.1	31.7	32.1	0.35
16A	10.6	11.8	12.4	11.60	0.92	19.9	20.9	19.8	20.2	0.61
16B	11.6	13.0	12.1	12.23	0.71	21.3	21.0	21.1	21.1	0.15
16C	12.5	13.1	12.9	12.83	0.31	21.3	21.6	22.4	21.8	0.57
16D	10.5	10.3	10.3	10.37	0.12	18.5	18.7	17.6	18.3	0.59
17	11.7	11.5	11.9	11.70	0.20	21.5	21.8	21.5	21.6	0.17
18	20.5	21.3	21.1	(20.97)	0.42	27.1	29.0	28.5	28.2	0.98
19	10.5	12.5	10.2	11.07	1.25	17.2	15.0	16.3	16.2	1.11
20	12.0	11.7	12.2	11.97	0.25	22.3	22.5	22.9	22.6	0.31
Medianverdi				11.9	0.5				21.1	0.5
Middelverdi				12.1	0.6				21.8	0.7
Standardavvik				1.5					4.5	
Antall				24					25	

Tabell 12. Sink, µg/l

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	653.0	629.8	634.0	638.9	12.4	345.0	343.0	344.0	344.0	1.0
2	636	649	647	644.0	7.0	366	353	348	355.7	9.3
3	626	629	629	628.0	1.7	342	346	365	351.0	12.3
4A	683	662	638	661.0	22.5	369	353	344	355.3	12.7
4B	576	615	572	587.7	23.8	318	323	334	325.0	8.2
5	659	670	666	665.0	5.6	339	343	339	340.3	2.3
6	600	598	604	600.7	3.1	336	325	334	331.7	5.9
7	618	605	619	614.0	7.8	332	329	332	331.0	1.7
8	617	600	606	607.7	8.6	326	333	328	329.0	3.6
9A	523.0	693.6	658.9	625.2	90.2	385.9	385.3	392.4	387.9	3.9
9B	572.3	576.9	462.5	537.2	64.8	240.2	248.7	208.3	(232.4)	21.3
10	507	506	510	507.7	2.1	302	295	300	299.0	3.6
11	636.9	670.2	666.0	657.7	18.1	346.5	353.5	354.2	351.4	4.3
12	632.3	638.6	634.7	635.2	3.2	307.4	304.2	306.7	306.1	1.7
13	638.0	649.8	641.7	643.2	6.0	368.5	365.7	365.2	366.5	1.8
14	575	590	571	578.7	10.0	309	317	303	309.7	7.0
15A	633	623	621	625.7	6.4	340	347	340	342.3	4.0
15B	698	684	692	691.3	7.0	431	402	411	414.7	14.8
15C	643	651	651	648.3	4.6	375	359	355	363.0	10.6
16A	559.0	565.7	596.4	573.7	19.9	311.3	315.6	309.6	312.2	3.1
16B	566.0	590.9	606.9	587.9	20.6	314.8	306.7	309.4	310.3	4.1
16C	587.2	608.0	601.3	598.8	10.6	307.9	336.6	316.2	320.2	14.8
16D	541.5	531.0	534.3	535.6	5.4	320.9	316.0	313.6	316.8	3.7
17	645.2	648.7	641.6	645.2	3.6	353.0	354.2	354.1	353.8	0.7
18	609	609	613	610.3	2.3	342	345	337	341.3	4.0
19	594	608	587	596.3	10.7	329	319	321	323.0	5.3
20	597	599	607	601.0	5.3	346	343	340	343.0	3.0
Medianverdi				614.0	7.0				340.8	4.0
Middelverdi				612.8	14.2				339.4	6.2
Standardavvik				42.3					26.2	
Antall				27					26	

Tabell 13. Fosfor, mg/g

Lab. nr.	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std.avvik	Res. 1	Res. 2	Res. 3	Middel	Std. avvik
1	9.68	9.21	9.66	9.52	0.27	16.40			16.40	
2	9.94	10.41	10.12	10.16	0.24	16.64	16.49	17.21	16.78	0.38
3	10.99	10.90	10.38	10.76	0.33	17.31	17.12	17.35	17.26	0.12
5	10.09	9.97	10.14	10.07	0.09	17.05	17.25	17.17	17.16	0.10
6	10.13	10.69	9.60	10.14	0.55	17.25	17.06	17.54	17.29	0.24
7	10.10	10.50	10.70	10.43	0.31	17.20	17.40	17.50	17.37	0.15
8	11.53	11.54	10.63	11.23	0.52	19.32	19.08	19.00	19.13	0.17
9	10.50	10.20	9.98	10.23	0.26	17.10	17.30	16.60	17.00	0.36
11	10.13	10.46	10.73	10.44	0.30	17.20	17.50	18.12	17.61	0.47
12	10.54	10.60	10.49	10.54	0.06	16.53	16.47	16.53	16.51	0.03
14	8.63	8.62	8.50	8.58	0.07	14.20	14.85	14.30	14.45	0.35
15	11.10	8.91	9.54	9.85	1.13	17.90	22.30	20.10	20.10	2.20
16A	10.90	10.78	10.47	10.72	0.22	17.17	17.66	16.90	17.24	0.39
16B	11.26	11.93	11.03	11.41	0.47	19.57	18.92	18.66	19.05	0.47
16C	10.37	10.23	10.14	10.25	0.11	17.40	17.24	17.22	17.29	0.10
16D	9.98	9.87	10.03	9.96	0.08	16.02	15.55	15.63	15.73	0.25
18	9.91	10.21	9.42	9.85	0.40	17.02	16.97	16.85	16.95	0.09
Medianverdi				10.23	0.27				17.24	0.25
Middelverdi				10.24	0.32				17.25	0.37
Standardavvik				0.65					1.30	
Antall				17					17	

Tabell 14. Totalt tørrstoff, %

Lab. nr.	Res. I	Res. II
1	96.1	94.1
2	96.0	95.6
4	92.9	92.9
5	97.1	96.7
6	96.7	96.1
7	96.2	95.6
8	97.0	97.4
9	95.9	95.0
10	95.9	94.7
11	95.1	94.8
12	96.2	95.6
13	96.0	95.2
15	94.8	94.4
16	97.6	96.8
17	95.59	95.18
18	95.35	94.75
19	95.9	95.1
20	96.2	96.1
Medianverdi	96.02	95.19
Middelverdi	95.91	95.41
Standardavvik	1.05	1.05
Antall	17	17

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3818-98

ISBN 82-577-3396-2