



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 707/97

Oppdragsgivere

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning

Miljøgifter i sedimenter i
Glommaestuariet
etter storflommen i 1995



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
5005 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 Miljøgifter i sedimenter i Glommaestuariet etter storflommen i 1995. Overvåkingsrapport nr. 707/97. TA 1465/1997	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	3706-97	4.6.97
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-95271	52
Forfatter(e) Aud Helland	Fagområde	Distribusjon
	Marine miljøgifter	
	Geografisk område	Trykket
	Østfold	NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsreferanse TA 1465/97
--	--

Sammendrag

Undersøkelse av sedimentene i Glommaestuariet etter storflommen i 1995 viste ingen signifikant økning i konsentrasjonen av kobber, bly og titan. De relativt høye kobber og blyverdiene som ble registrert i sedimenterende materiale ved Torbjørnskjær under flommen, påvirket ikke sedimentkvaliteten i dette området. Flommen førte imidlertid til høyere konsentrasjon av polyklorerte bifenyler (PCB) på en stasjon i Glommas munningsområde. Konsentrasjonen var over det dobbelte av målingen i 1994. I følge SFTs reviderte miljøklassifisering (av 1997) lå PCB-verdiene innenfor moderat forurensning. På de øvrige stasjonene var det små eller ingen forskjell i PCB-konsentrasjonen i sedimentene de to årene. Tilsvarende som for metaller ble det registrert høye PCB-verdier i fellematerialene fra Torbjørnskjær under flommen. Dette kunne ikke spores i bunnsedimentene etter flommen.

Fire norske emneord 1. Glommaestuariet 2. Flom 3. Bunnsedimenter 4. Miljøgifter	Fire engelske emneord 1. Glomma estuary 2. Flood 3. Sediments 4. Micro pollutants
---	---



Aud Helland

Prosjektleder

ISBN 82-577-3272-9



Bjørn Braaten

Forskningssjef

**Miljøgifter i sedimenter i Glommaestuariet etter
storflommen i 1995**

Forord

I forbindelse med storflommen i Glomma i 1995 utarbeidet Norsk institutt for vannforskning (NIVA) den 30.8.95 forslag til undersøkelser i Hvalerområdet for Statens forurensningstilsyn (SFT). Programmet ble godkjent i brev fra SFT den 2.9.97.

Programmet har omfattet følgende delprosjekter:

- * sedimentfelleundersøkelser
- * grunnvannsamfunn
- * bløtbunnsfauna
- * miljøgifter i organismer
- * miljøgifter i sedimenter

Foreliggende rapport omfatter siste delprosjekt, miljøgifter i sedimenter.

Feltarbeidet ble utført av Rita Amundsen, Frank Kjellberg og Aud Helland (alle NIVA) i samarbeid med skipperne J.W. Wærvågen og S. Holm ombord på F/F Trygve Braarud (Universitetet i Oslo).

Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium under ledelse av E.M. Brevik (PCB-analyser), A. Godal (metallanalyser) og R. Beba (organisk stoff, nitrogen). Kornfordelingsanalyser er utført av Geogruppen A.S. ved K.R. Fredriksen.

Oslo, 3 juli 1997

Aud Helland

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning og målsetting	7
2. Materiale og metode	8
2.1 Feltarbeid og prøvetaking	8
2.2 Analysemetoder	8
2.3 Statistiske metoder	8
3. Resultater og diskusjon	10
3.1 Karakterisering	10
3.1.1 Visuelt	10
3.1.2 TOC / TN	10
3.1.3 Kornfordeling og sedimentasjon	12
3.2 Metaller	13
3.2.1 Miljøkvalitet	13
3.2.2 Spredning av metaller i estuariet	15
3.2.3 Sammenligninger med data fra 1994	18
3.3 Organiske miljøgifter	20
3.3.1 Miljøkvalitet	20
3.3.2 Spredning av PCB i estuariet	20
3.3.3 Sammenligninger med data fra 1994 og sedimenterende materiale fra flommen	24
4. Referanser	26
5. Vedlegg	29
5.1 Metode for metallanalyser	29
5.2 Metode for analyse av totalorganisk karbon og total nitrogen	29
5.3 Metode for analyser av polyklorerte bifenyler (PCB)	30
5.4 Kornfordelingsanalyser, metode og resultater	31
5.5 Analyseresultater PCB	50

Sammendrag

Storflommen i 1995 førte ikke til endringer i miljøkvaliteten av sedimenter med hensyn på innhold av metaller. De relativt høye konsentrasjonene av kobber og bly i sedimenterende materiale som ble observert utenfor Torbjørnskjær under flommen, har ikke latt seg spore i sedimentet og har ikke hatt betydning for sedimentkvaliteten i dette område. På en stasjon i Glommas munningsområde førte flommen til mer enn dobbelt så høy konsentrasjon av PCB ($\Sigma 7$ -dutch) i sedimentet sammenlignet med denne stasjonen enn i 1994. Verdiene lå innenfor moderat forurensning (klasse 2, etter SFTs reviderte miljøklassifiseringssystem). De høye konsentrasjonene av PCB i sedimenterende materiale fra Torbjørnskjær under flommen har ikke hatt sporbar betydning for sedimentkvaliteten i dette området.

1. Det ble observert et skarpt skille mellom underliggende svarte sedimenter og et øvre homogent grått topplag, noe som sannsynligvis var flomavsetninger. Disse observasjonene indikerer at sedimentasjonen i Belgenområdet under flommen var like stor som to vanlige år. Dette var i overenstemmelse med beregninger utført på basis av sedimenterende materiale fra sedimentfellemålinger.
2. Analyser av totalorganisk karbon og nitrogen viste at det sedimenterte en vesentlig større andel terrestrisk organisk karbon innenfor øyene under flommen enn normalt. Konsentrasjonen av organisk karbon i sedimentene var imidlertid den samme som tidligere år.
3. Kornfordelingsanalysene indikerer at estuaret har to hovedsedimentasjonsregimer. Et indre område fram til Belgen med bunntransport av grovt materiale som sand og grus, og et ytre område mer preget av suspensjonstransport av finpartikulært materiale som silt og leire. Andelen leire i sedimentene økte fra 25 til 75 % fra innerst til ytterst i estuaret.
4. Det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom konsentrasjonen av kobber, bly og titan i bunnsedimentene etter flommen sammenlignet med nivåene før flommen (data fra 1994).
5. Alle stasjoner var moderat forurenset av kobber, mens forurensningen av bly varierte mellom liten til moderat. Moderat forurensning av titan ble observert på stasjonen utenfor Kronos Titan A.S. Øvrige stasjoner hadde liten titanforurensning.

6. Det ble målt lave konsentrasjoner av kobber og bly i sedimentene fra Torbjørnskjær. Dette var i motsetning til de høye konsentrasjonene målt i sedimenterende materiale under flommen.
7. Bly befinner seg normalt i leirfraksjonen i sedimentene. Flomavsetningene viste imidlertid ingen korrelasjon mellom leirfraksjonen eller organisk innhold og bly og kobber. Det er fortsatt noe uklart hva som er styrende for sedimentasjonen av kobber i estuariet. Titan er knyttet til grovkornede sedimenter som forblir i nærheten av kilden.
8. Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler (PCB) var høyest nær Glommas munning. Tilsvarende ble observert ved undersøkelsene i 1980 og 1994. Konsentrasjonene av PCB var de samme etter flommen som i 1994, med unntak av en stasjon hvor det ble registrert dobbelt så høy konsentrasjon som i 1994. PCB-konsentrasjonen i flomavsetningen tilsvarte klasse 3, markert forurenset.
9. Komponent sammensetningen av PCB i sedimentene viste typisk høye konsentrasjoner av lavklorerte forbindelser. I andre undersøkelser har dette vist seg å være typisk for sedimenter som ligger nær forurensningskilden.

1. Innledning og målsetting

Overvåking av miljøtilstanden i Glommaestuariet i perioden 1990 - 1994 har vist en tydelig bedring i fra 1980-tallet, som følge av gjennomførte rensertiltak og reduksjoner av tilførselene (Berge et al. 1996b).

I forbindelse med storflommen i Glomma i 1995 var man bekymret for at den bedrede miljøtilstanden igjen skulle bli forringet som følge av store oversvømmelser av områder langs Glommas løp. Oversvømmelsene ga risiko for transport og spredning av miljøgifter pga. inntrengning av flomvann i forurenset grunn og deponier. Driftstans på renseanlegg og pumpestasjoner kunne også medføre en økt forurensningsbelastning.

Intensive målinger langs Glommas løp og i estuariet under flommen viste betydelig høyere transport av partikler, næringsstoffer og enkelte miljøgifter enn normalt. Effekten på vannkvaliteten var imidlertid kortvarig (Faafeng et al, 1996).

Undersøkelser av suspendert partikulært materiale (SPM) i estuariet under flommen viste at sedimentasjonen var 3 til 5 ganger høyere i utplasserte sedimentfeller sammenlignet med flomperioder tidligere år (Helland, 1996a). Av de undersøkte metallene ble det registrert en overkonsentrasjon av bly og kobber ved Torbjørnskjær, mens konsentrasjonen av titan var høyest i Glommas munningsområde. Undersøkelsene av SPM viste også overkonsentrasjoner av polyklorerte bifenyl (PCB). Dette støtter opp under tidligere antagelser om at det finnes en kilde til PCB-forurensning i området ved Glommas munning. Antagelsene er bl.a. gjort på grunnlag av undersøkelser av biologisk materiale i 1989/90 som viste høye konsentrasjoner av PCB nær Glommas utløp (Berge, 1991), i 1994 var imidlertid situasjonen betydelig forbedret (Berge et al. 1996a). Bunnsedimentene i området har også tidligere vist høyest konsentrasjoner av PCB i Glommas munningsområde (Helland, 1996b).

For å undersøke om de økte tilførselene til estuariet hadde hatt negativ effekt på bunnsedimentene, ble prøver samlet inn høsten 1995.

Målet med undersøkelsene var å klarlegge om flomtilførselene hadde ført til økte konsentrasjoner av bly, kobber, titan og PCB i bunnsedimentene. Det ble også utført kornfordelingsanalyser av bunnsedimentene for å få belyst sedimentasjonsprosessen i estuariet og, for å få en bedre forståelse av spredningen av miljøgifter.

2. Materiale og metode

2.1 Feltarbeid og prøvetaking

Feltarbeidet ble utført 16- og 17.9.95. Stasjonsposisjonene (Figur 1) var de samme som ved undersøkelsene i 1994 (jfr. Helland 1996b). For prøvetaking ble det benyttet 0.1 m² Day-grabb og Niemistö-kjerneprøvetaker. Grabb ble benyttet kun på stasjon 1 og 3 i elva hvor sterk strøm vanskeliggjorde bruk av kjerneprøvetaker. Prøvematerialet ble gitt en visuell beskrivelse før det ble overført til plastkåler (metallanalyser) og preparerte glass (organiske analyser). Kun den øvre 1 cm av grabb og kjernematerialet ble tatt av til analyser. Prøvene ble umiddelbart frosset ned og fraktet til NIVAs laboratorium.

2.2 Analysemetoder

Alt prøvemateriale ble frysetørret før videre analyser. Alle analyseverdier er oppgitt på tørrvektbasis.

Bly, kobber, titan og litium ble analysert på alle stasjoner. Metallanalysene ble utført etter totaloppslutning med fluss-syre. Spesifisering av analysemetoder er gitt i vedlegg 5.1.

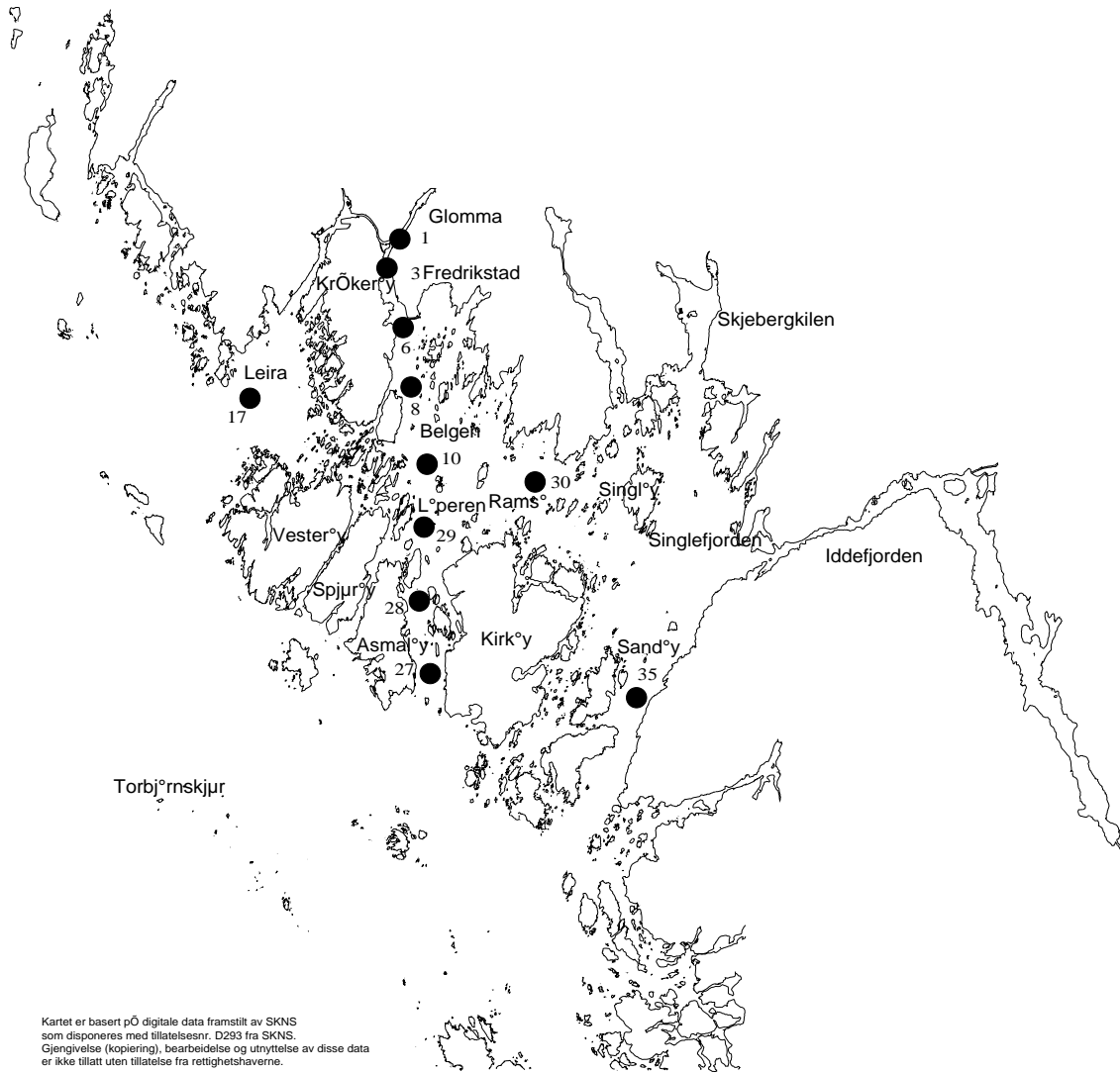
Innholdet av polyklorerte bifenyler (PCB) ble bestemt på alle stasjoner. Spesifisering av analysemetoder er gitt i vedlegg 5.3.

Prøvene ble også analysert for total organisk karbon og nitrogen, jfr. vedlegg 5.2.

Kornfordelingsanalysene ble utført ved våtsikting for å skille grus og sand (>63µm) fra silt- og leirfraksjonen. Fraksjon > 63 µm ble deretter tørrsiktet mens fraksjonen < 63 µm ble analysert ved bruk av Sedigraf (vedlegg 5.4).

2.3 Statistiske metoder

Programpakken Statgraphics 2.0. for Windows ble benyttet for varians-, regressjons- og multivariateanalyser (principal component analyse, PCA)



Figur 1. Kart over sedimentstasjoner i Glommaestuariet etter storflommen i 1995

3. Resultater og diskusjon

3.1 Karakterisering

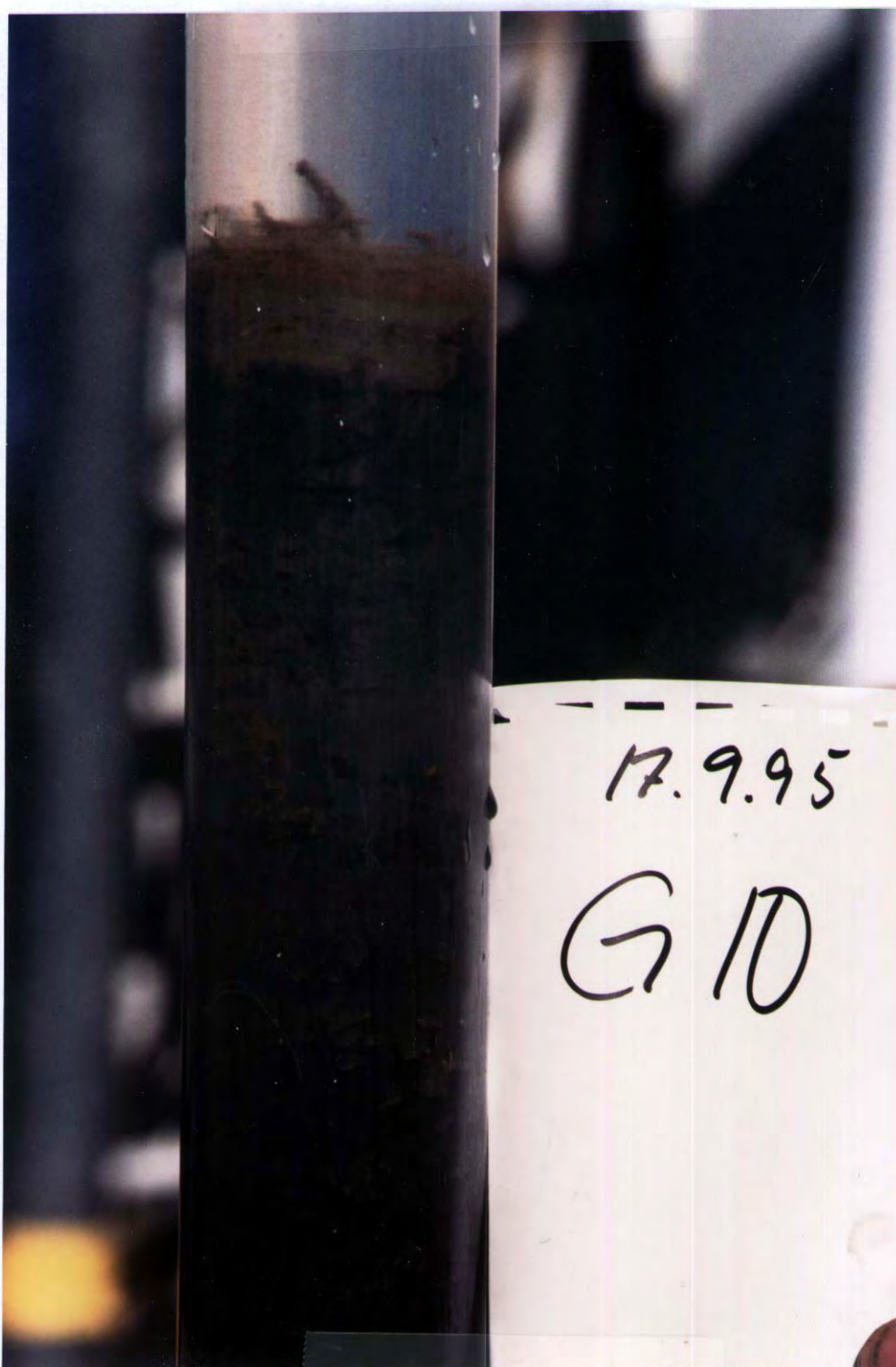
3.1.1 Visuelt

Generelt var overflatesedimentene fra de ulike stasjonene oksiske med en brun til oliven farge. Prøvene var ikke vesentlig forskjellige fra prøvene samlet i 1990 og 1994 (jfr. Hektoen et al. 1992, Helland, 1996b). Sedimentene bestod av sandig, siltig leire, med økende sandinnhold mot Glommas munning. Dette ble bekreftet av kornfordelingsanalysene (kap. 3.1.3). Sedimentene var gjennomgående bioturbert, dvs. ganger etter gravende organismer var godt synlig. Under prøveinnsamlingen ble det gjort forsøkt på å registrere flomavsetningen i sedimentene rent visuelt. I sedimentkjernene fra stasjonene 8 og 10 i sedimentasjonsbassengene nærest Glommas munning, var det mulig å registrere et markert grått øvre lag på ca. 2 cm (Figur 2). Overflaten var oksisk brun til oker, med rør av børstemark. Den skarpe overgangen til det underliggende svarte sedimentet kunne tyde på en episodisk hendelse, en rask avsetning, som en flomavsetning. Ved tidligere prøvetakinger i estuariet har det vært observert gradvise fargeoverganger i sedimentene (Hektoen et al. 1992). Dette ble også observert denne gangen i områder med mindre sedimentasjon. Datering av sedimentkjerner fra estuariet har vist at stasjon 10 ved Belgen hadde høyeste sedimentasjon, ca. 12 mm/år (Hektoen et al. 1992). Med basis i sedimentasjonshastigheter fra blydateringer og sedimentfellemålinger ble det anslått at sedimentasjonen under flommen tilsvarte to vanlige år (Helland 1996a). De visuelle observasjonene stemmer derfor godt med beregningene.

3.1.2 TOC / TN

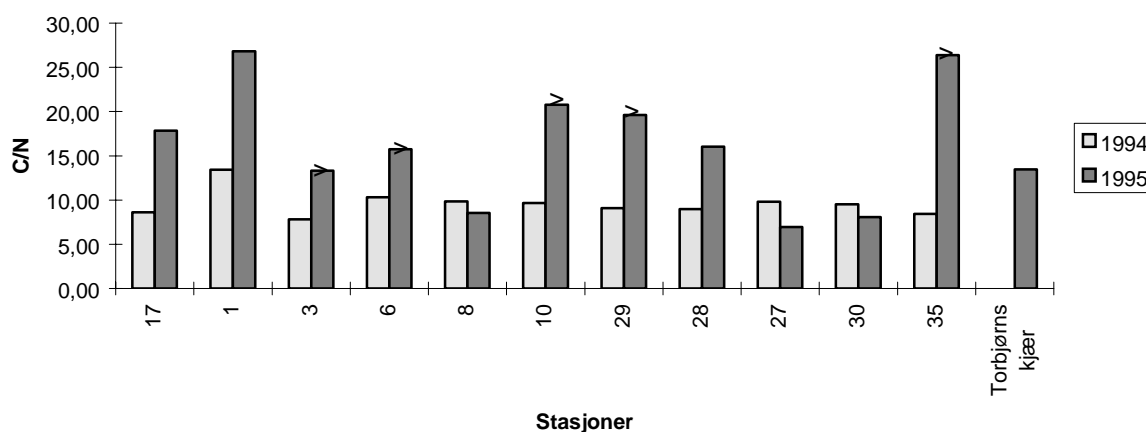
Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentene varierte mellom 1 og 3 %, tilsvarende ble registrert i 1994 (Helland, 1996b). Verdiene regnes som normale for marine kystnære sedimenter (Rygg og Thèlin, 1993).

Tatt i betraktning de store mengdene organisk materiale Glomma transporterer har bunnsedimentene relativt lave konsentrasjoner av TOC. Dette skyldes stor fortykning med leire og silt og at mesteparten av de organiske tilførselene foreligger som løste organiske forbindelser. Målinger i 1991 og 1992 viste at fra 80 til 100 % av TOC i Glommavannet forekom som løst organisk karbon (DOC) (Holtan et al. 1991 og 1992).



Figur 2. Foto av sedimentkjerne fra stasjon 10 i Glommas munningsområde (Belgen) etter flommen i 1995. Diameter på røret er 7 cm

Tidligere år har forholdstallet mellom mengden organisk karbon og nitrogen for det meste ligget under 10 (atomvektbasis), eksempelvis var det bare stasjonen i elva som hadde et forholdstall >10 i 1994. Dette er et normalt forholdstall for kystnære sedimenter. Generelt viser høyere forholdstall større innslag av terrestrisk organisk karbon. I marint plankton er forholdet ca. 6 (Redfield et al. 1963). Etter flommen var forholdet mellom karbon og nitrogen i bunnsedimentene mellom 7 og 27 (Figur 3). Dette viser at det sedimenterte en vesentlig større andel terrestrisk organisk karbon innenfor øyene i løpet av flommen enn normalt. Det gjøres oppmerksom på at på stasjon 3, 6, 10, 29 og 35 var innholdet av nitrogen under deteksjonsnivå (<1,0 µg/mg). I den grafiske framstillingen i Figur 3 ble nitrogeninnholdet satt lik 1 µg/mg, slik at forholdstallet (C:N) på disse stasjonene kan betraktes som et minimum. Prøvene er merket med > i figuren.



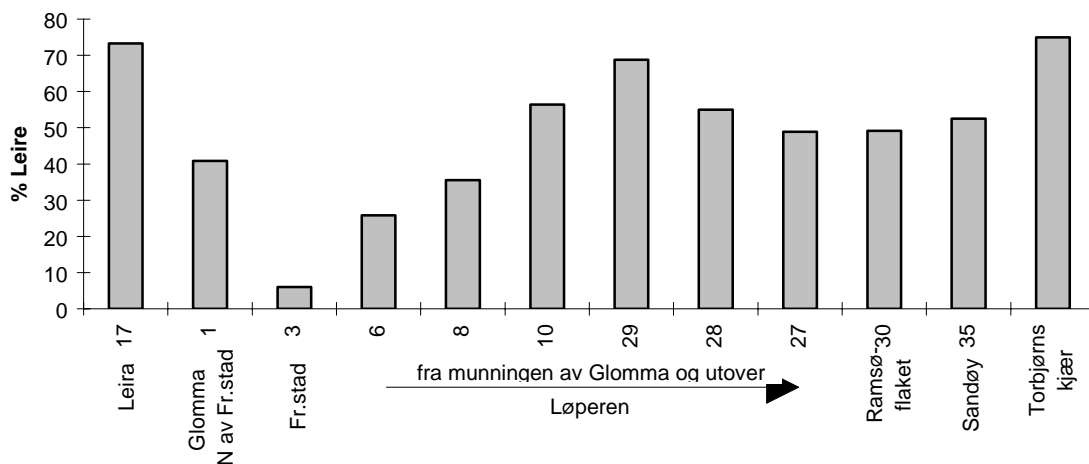
Figur 3. Forholdet mellom total organisk karbon og nitrogen (atomvektbasis) i sedimenter innefor Hvalerøyene etter storflommen i 1995. > indikerer stasjoner hvor N innholdet lå under deteksjonsnivå (<1µg N/ mg). I slike tilfeller har en i beregningen satt N = 1µg N/ mg sediment.

3.1.3 Kornfordeling og sedimentasjon

Kornfordelingsanalyser kan gi indikasjoner på hvilke sedimentasjonsforhold som er rådene i et område. Generelt vil store tunge partikler som sand og grus falle ut og sedimentere, før små lette partikler som silt og leire. Sistnevnte holdes i suspensjon og sedimenterer lenger vekk fra kilden. Glomma som andre elver, transporterer partikler av ulik størrelse og karakter som i blandsonen mellom ferskvann og sjøvann flokkulere. Dette endrer partikkelkarakteristikken ytterligere. Samlet fører dette til sedimentering av partikler med ulik karakter i ulik avstand til elvemunningen. Foruten partikkelstørrelse og tyngde er sedimentasjonen avhengig av turbulens og strømhastighet i vannmassene.

Plottes kornfordelingsresultatene mot logaritmen av partikkeldiameteren vil man få en tilnærmet normalfordeling, Gaussisk fordeling (Dyer, 1990). Som oftest vil sedimentære avsetninger ha en hale av grove eller fine partikler. I en partikkelfordeling med positiv skjevhet ligger medianen på den grove siden av gjennomsnittet og man har da en hale av finkornede partikler. Spredningen av dataene kan beskrives av standardavviket, også kalt sortering.

Kornfordelingsanalysene (jfr. 5.4) viste at sedimentene nær Glommas munning, fra stasjon 1 til og med stasjon 8 i Løperen, bestod av dårlig sortert silt og sand med positiv skjevhet, dvs. med en hale av fine partikler. Dette viser at ved utløpet av elva transporteres finfraksjonen i suspensjon, mens grovfraksjonen transporteres på eller nær bunnen. Lenger fra elvemunningen, fra og med stasjon 10 og utover, var sedimentene bedre sortert og med negativ skjevhet, dvs. en hale av grove partikler. Dette viser at mye av den grove fraksjonen har falt ut og sedimentert. Man kan derved karakterisere området ut til Belgen som et turbulent område hvor grove partikler (som sand og grovere) transporteres langs bunn og hvor finpartiklene transporteres i suspensjon. Hvor aktiv bunntransporten er vil variere i perioder. Området utenfor Belgen utgjør et annet sedimentasjonsregime og karakteriseres av finpartikulært materiale (silt og leire) som transporteres i suspensjon. Andelen leire i sedimentene økte fra 26 til 75 % fra innerst til ytterst i estuariet (jfr. Figur 4 og vedlegg 5.4).



Figur 4. Innholdet av leire (<4µm) i overflatesedimenter fra Glommaestuariet etter storflommen i 1995.

3.2 Metaller

3.2.1 Miljøkvalitet

Innholdet av metallene kobber (Cu), litium (Li), bly (Pb) og titan (Ti) i sedimenter fra de ulike stasjonene er gitt i Tabell 1.

Generelt forekom de analyserte metallene med konsentrasjoner tilsvarende SFTs miljøkvalitetskriterier klasse 1 eller 2, fra lite til moderat forurenset (Tabell 1). Dette tilsvarer en overkonsentrasjon fra 1 til 4 ganger i forhold til diffust belastede områder (områder uten punktkilder).

Sedimentene innenfor øyene var moderat forurenset av kobber (klasse 2). Nivåene varierte fra 54 mg Cu / kg på stasjon 1 til 97 mg Cu /kg sediment på stasjon 17 i Leira. Stasjonen utenfor øyene, ved Torbjørnskjær, var lite forurenset av kobber (klasse 1) (22 mg Cu / kg sediment). Ved sedimentfelleundersøkelsene under flommen ble de høyeste konsentrasjonene av kobber og bly registrert ved Torbjørnskjær (Helland 1996a). Normalt vil sedimenterende materiale ha et høyere metallinnhold enn bunnsedimentene fordi det er mer finpartikulært med mindre innblanding av mineralpartikler og med et høyere organisk innhold.

Stasjon 17 (Leira), 3, 8 og 10 nær Glommas utløp hadde de laveste konsentrasjonene av bly, < 30 mg Pb/kg sediment tilsvarende klasse 1 (lite forurenset). Øvrige stasjoner var moderat forurenset av bly (klasse 2). Den høyeste konsentrasjonen av bly ble registrert ytterst i Løperen, stasjon 27, hvor det ble målt 63 mg Pb / kg sediment.

Som ved tidligere undersøkelser var innholdet av titan høyest på stasjonene nær Glommas utløp, nær Kronos Titan A.S. (Hektoen et al. 1992, Helland, 1996b). Titankonsentrasjonene på stasjon 3, 8 og 10 var over 4 ganger høyere enn et antatt bakgrunnsnivå på 5 mg Ti / g sediment (Knutzen og Skei, 1990), dvs. moderat forurenset (klasse 2) i følge SFTs miljøkvalitetskriterier (Rygg og Thèlin, 1993). De øvrige stasjonene var lite forurenset av titan.

Tabell 1. Innhold av metaller i sedimenter fra Glommaestuariet etter storflommen i 1995. (Total nitrogen (TN) og totalorganisk karbon (TOC) og titan (Ti) er oppgitt i mg/g, øvrige parametere oppgitt i mg/kg. Alle verdier er oppgitt på tørrvektbasis).

Stasjoner	TN	TOC	Cu	Li	Pb	Ti
17	1,4	21,4	97	32	29,9	4,85
1	1,4	32,2	54	20	34,5	3,2
3	<1	11,4	68	25,5	26,6	14,75
6	<1	13,5	72	40	35,9	2,35
8	2,6	19	61	31,5	25,3	7,1
10	<1	17,8	75	40,5	29,5	5,6
29	<1	16,8	77,5	43	31,6	4,8
28	1,6	22	81,5	48,5	40,2	4
27	4,1	24,4	92,5	53	63	3,75
30	3,7	25,6	44,5	56,5	60,5	2,55
35	<1	22,6	75	52	52,9	3,5
Torbjørnskjær	2	23,1	21,5	64	50,4	1,9

	SFTs miljøvalitetskriterier, Klasse 1
	SFTs miljøvalitetskriterier, Klasse 2

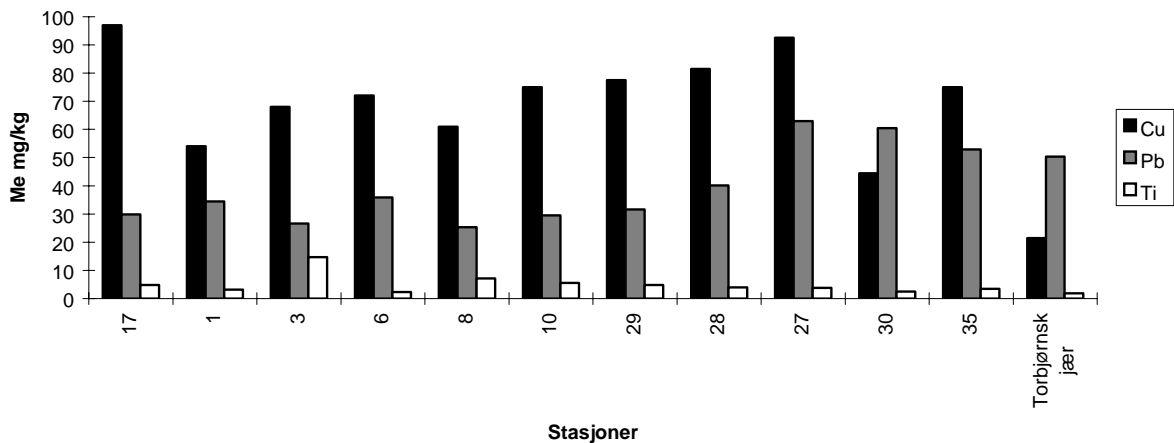
3.2.2 Spredning av metaller i estuariet

Foreliggende data viste at konsentrasjonen av kobber og bly i sedimentene var høyere i ytre del av estuariet enn ved Glommas munning (figur 5). På bakgrunn av at metaller gjerne adsorberes til partikulært materiale kunne man forvente en korrelasjon mellom henholdsvis bly og kobber og leirfraksjonen i sedimentet. Davis (1984) og Shine & Wallace (1995) har rapportert at kobber foretrekker adsorpsjon til organisk materiale. Til forskjell fra bly forblir imidlertid kobber gjerne i løsning eller kompleksere med kolloidalt organisk materiale (Shine & Wallace 1995, Muller 1996). Man kunne derfor forvente en bedre korrelasjon mellom totalorganisk karbon og kobber enn en korrelasjon mellom leire og kobber. Regresjonsanalyser viste imidlertid ingen statistisk signifikant korrelasjon hverken mellom bly og leire eller kobber og leire, og heller ikke mellom kobber og totalorganisk karbon.

Ved tidligere undersøkelser er det også registrert en økning av bly utover i estuariet, og det ble antatt at bly var knyttet til leirfraksjonen uten at det forelå mål for denne (Hektoen et al. 1992). På bakgrunn av at pelitfraksjonen (silt og leire, <63µm) var den samme på de ulike stasjonene både i 1990, 1994 og 1995 kan det antas at også leirfraksjonen var den samme disse årene. En regresjonsanalyse av leireverdier fra 1995 mot blyverdiene fra 1990 og 1994 (salpetersyreoppløst) ga en statistisk signifikant korrelasjon innenfor et konfidensintervall på 99% ($R^2=46\%$). Det var imidlertid ingen signifikant korrelasjon mellom kobber og leire i de samme dataene og det var heller ingen korrelasjon mellom kobber og total organisk karbon (Helland in prep.).

Konklusjonen på spredning av metaller er at sedimentasjonen av bly under flommen var noe atypisk i forhold til tidligere undersøkelser, ved at det tidligere er observert en klarere økende konsentrasjonsgradient fra Glommas munning samt at sedimentasjonen kan forklares med adsorpsjon til finpartikulært materiale som leire. Kobber viste en klarere økende konsentrasjonsgradienten fra Glommas munning i flommaterialet enn ved tidligere undersøkelser. Det er fortsatt et åpent spørsmål hva som kontrollerer sedimentasjonen av kobber i estuariet. Kobbers affinitet til kolloidalt organisk materiale kan tale for at det meste av kobberet blir transportert ut av estuariet. Overkonsentrasjonene av kobber i sedimentene tilsier imidlertid at mye av kobberet sedimenterer innenfor øyene. Det er flere faktorer som har betydning for sedimentasjon av kobber. En hovedfaktor kan være at kobberet kommer fra ulike kilder. Foruten Glomma som forsyner estuariet med store mengder kobber, utgjør kobberholdig bunnstoff fra båttrafikken i området også en kilde. Båttrafikken er spredt ut over hele området og utgjør ingen punktkilde. En annen faktor som kan ha betydning for Cu-nivåene, men som ikke er studert i Glommaestuaret, er at kobber er et essensielt metall for organismer. Kobber vil derfor kunne opptre i ulike konsentrasjoner i vannmassene avhengig av algeoppblomstringer (Martin et al 1994). De ovenfor nevnte faktorene kan være med på å forklare det sprikende sedimentasjonsmønster man observerer for kobber i estuariet, både i sedimenterende materiale og bunnsedimenter (Hektoen et al. 1992, Helland 1996b).

Titan viste ikke samme sedimentasjonsmønsteret som kobber og bly. De høyeste konsentrasjonene var begrenset til kildeområdet. En regresjonsanalyse viste statistisk signifikant positiv korrelasjon mellom sand og titan ($p=0,0004$, $R^2= 73\%$). Dette viser at titan er assosiert med grove sedimenter, muligens slagg /avfall fra industrien som er lite mobilt og forblir i området.



Figur 5. Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb) og titan (Ti) i sedimenter fra Glommasetuariet etter flommen i 1995.

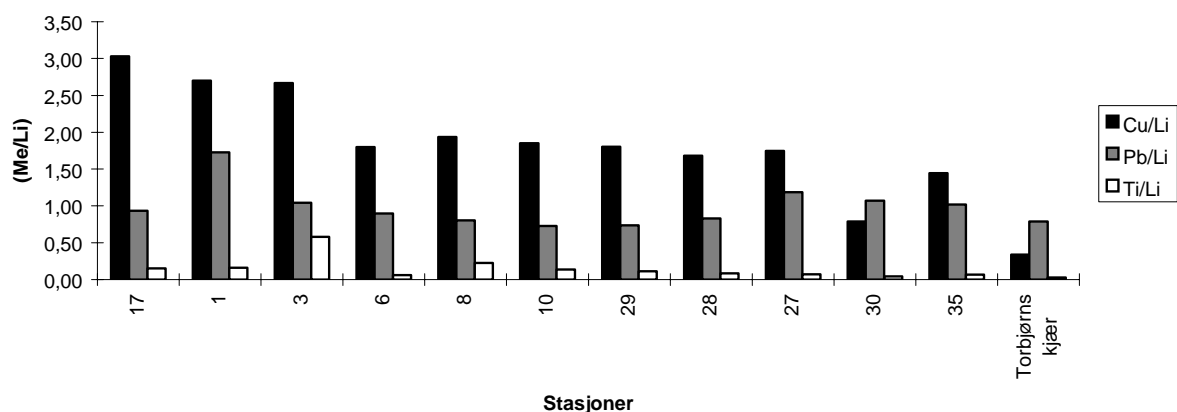
En annen metode for å klarlegge eventuelle overkonsentrasjoner av metaller er normalisering mot litium (Loring 1991). Litium er et naturlig forekommende element som ikke tilføres vesentlig gjennom forurensning. Fordelen med litium framfor aluminium er bl.a. at konsentrasjonsnivået ligger nærmere metallene man ønsker å studere. En normalisering fjerner de forskjeller som eventuelt er tilstede som følge av forskjeller i mineralogi og kornstørrelse.

Normalisering av kobber mot litium antyder at området ved Glommas munning samt Leira har en større sedimentasjon av kobber tilført via forurensning enn områdene lenger ut. Forholdstallet avtar utover i Løperen (figur 6), dvs. forurensningsnivået avtar. Dette er i overensstemmelse med observasjoner av blæretang i området, hvor de høyeste konsentrasjonene ble registrert i Glommas munningsområde både i 1994 og 1995 (Berge 1997).

Normalisering av bly mot litium viste noe av samme tendens som for kobber med høyest forholdstall innerst ved Glommas munning og noe avtagende verdier utover. Forskjellene mellom stasjonene var imidlertid ikke så store for bly som for kobber.

Normalisering av metaller i bunnsedimentene mot litium etter flommen ga motsatt resultat av hva sedimentfelleundersøkelsene viste under flommen. Høyest forholdstall i sedimenterende materiale for kobber og bly, ble registrert ved Torbjørnskjær (Helland, 1996a).

Normalisering av titan mot litium viste noe høyere verdier innerst ved Glommas munning og da særlig på stasjon 3. Normaliseringen viser således samme tendens som konsentrasjonsverdiene, med størst sedimentasjon av tilført titan fra forurensning ved Glommas munningsområde.

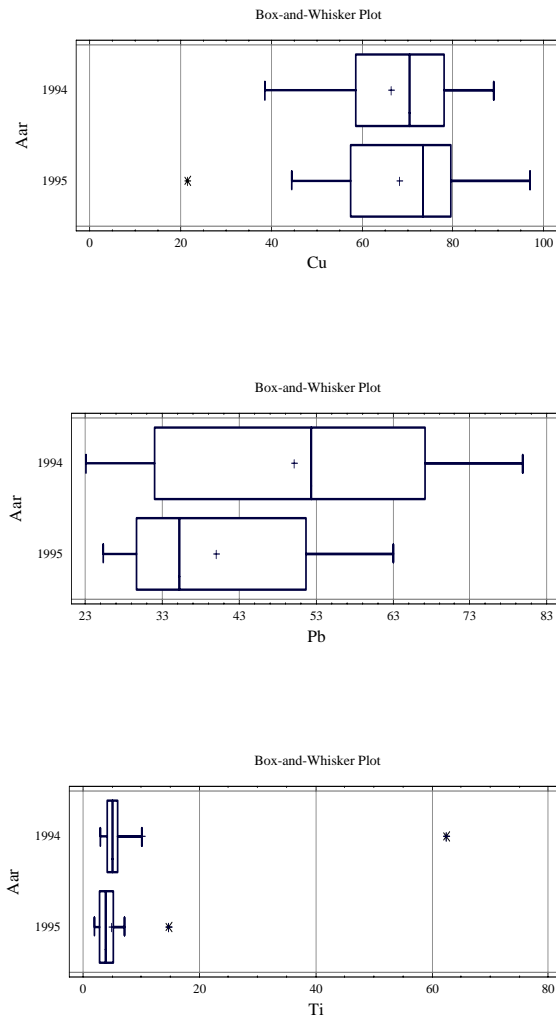


Figur 6. Normalisering av kobber (Cu), bly (Pb) og titan (Ti) mot lithium i sedimenter fra Gommaestuariet etter flommen i 1995.

3.2.3 Sammenligninger med data fra 1994

Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom kobber, bly og titan i sedimentene etter flommen i 1995 og undersøkelsene i 1994 (Figur 7). Halvparten av observasjonene av kobber lå både i 1994 og 1995 mellom 60 og 80 mg Cu / kg sediment. Det ble registrert noe høyere maksimumverdier av kobber i 1995 enn i 1994. Konsentrasjonene av bly lå ved 50 % av målingene mellom 30 og 65 mg Pb/kg sediment i 1994 mens de i 1995 lå mellom 25 og 50 mg Pb /kg sediment. Det ble registrert høyere maksimumsverdier av titan i 1994 enn i 1995 og generelt lå verdiene lavere i 1995 enn i 1994.

Flommen i 1995 førte således ikke til signifikante konsentrasjonsøkninger av metaller i estuariet. Den positive bedringen som var observert fra 1980 til 1994 (Hektoen et al. 1992 & Helland 1996b) ble derfor ikke forringet som følge av flommen.



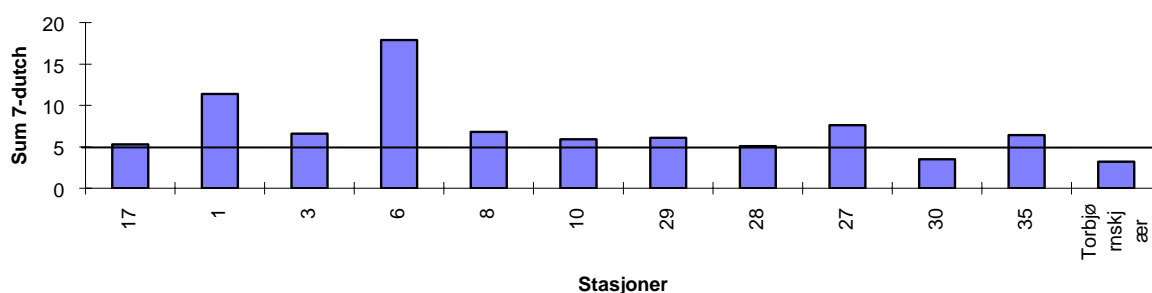
Figur 7. Sammenligning av metalldata (mg/kg t.v. = x-aksen) i sedimenter fra Glommaestuariet i 1994 og 1995. Dataene innenfor boksen representerer 25-75% kvartiler. Loddrett strek i boks representerer medianverdien og krysset middelverdien, loddrette ytrer streker er 10 og 90 persentil.

3.3 Organiske miljøgifter

3.3.1 Miljøkvalitet

Analyser av sedimenterende materiale fra selve flommen viste høye verdier av polyklorete bifenyler (PCB) fra Glommas munningsområde og ved Torbjørnskjær (Helland 1996a). Dette reiste igjen spørsmålet om det eksisterer en PCB kilde i Glommas munningsområde. Man har også tidligere hatt mistanke om en mulig kilde til PCB i dette området (Næs 1983).

Foreliggende analyseresultater (Figur 8, se rådata kap. 5.5) var i overenstemmelse med de tidligere målte overkonsentrasjoner av PCB, særlig i Glommas munningsområde. Stasjon 6 hadde den høyeste konsentrasjonen med 18 μg PCB ($\Sigma 7$ -dutch) / kg sediment. Forekomsten av $\Sigma 7$ -dutch i sedimenter antas å utgjøre ca. 50% av total PCB (De Voogt & Brinkman 1989). Ved å multiplisere $\Sigma 7$ -dutch med to har man antatt at man får en verdi tilsvarende total PCB, som har vært sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier (Rygg og Thèlin, 1993). SFTs miljøkvalitetskriterier er i år revidert (Molvær et al. 1997). Klassifiseringen av PCB i sedimenter er nå basert på $\Sigma 7$ -dutch, og grenseverdiene er ikke endret. Dette betyr at alle stasjonene innenfor Hvalerøyene nå kan klassifiseres som moderat forurenset av PCB (klasse 2). Etter gammelt system (Rygg og Thèlin, 1993) ville stasjon 6 blitt klassifisert som markert forurenset (klasse 3). Sedimentene ved Torbjørnskjær hadde det laveste innholdet, 3 μg PCB ($\Sigma 7$ -dutch) / kg sediment, som nå faller inn under SFTs klasse 1, ubetydelig / lite forurenset.



Figur 8. Innhold av polyklorete bifenyler ($\Sigma 7$ -dutch $\mu\text{g}/\text{kg}$) i sedimenter fra Glommaestuariet i 1995. Horisontal strek markerer skille mellom SFTs miljøkvalitetskriterier klasse 1 og 2, hhv. ubetydelig/lite og moderat forurenset.

3.3.2 Spredning av PCB i estuariet

Det er sannsynligvis flere kilder til den PCB som observeres i Glommaestuariet. Glomma har et stort nedslagsfelt med mange potensielle kilder. Samlet utgjør disse en diffus kilde til PCB som

transporteres med Glomma. I tillegg utgjør tidligere tiders industrivirksomhet langs Glommas nedre løp en potensiell kilde for PCB.

Den høye konsentrasjonen av PCB i sedimentene etter flommen, på stasjon 1 og 6, kan skyldes en sedimentasjon av PCBrike partikler i dette området. PCB er som andre miljøgifter, ofte knyttet til finkornede partikler. Det kunne derfor forventes at stasjoner med stor andel av finpartikulært materiale hadde de høyeste konsentrasjonene av PCB. Stasjon 6 som hadde den høyeste PCB-verdien hadde imidlertid en relativt liten andel av finpartikulært materiale i forhold til de øvrige stasjonene. Dette kan tyde på at diffus forurensning transportert med Glomma ikke er eneste kilde, men at det også finnes en PCB-kilde i Glommas munningsområde. Øraområdet har vært lansert som mulig kilde tidligere (Næs, 1983).

PCBer utgjør en rekke av 209 individuelle kongener, som varierer både i antall og posisjon av klorsubstitusjon. Ved å studere sammensetningen av PCB kan det være mulig å skille mellom PCB fra ulike kilder. En tilnærming er å studere den prosentvise fordelingen av de ulike PCB-kongener. Karakteristisk for sedimentene samlet inn etter flommen var et relativt høyt innhold av den lavklorerte PCB28 (Figur 9). Dette var også typisk for PCB i sedimenterende materiale samlet inn under selve flommen (Helland, 1996a) og også i tidligere undersøkelser av dypere sedimentlag fra Glommas munningsområde, hvor PCB28 utgjorde over 40% av de åtte kongenerer (Berge et al. 1996a). De lavklorerte forbindelsene er vannløslige, derfor gjenfinnes de i mindre grad i sedimenter, med unntak av nær opp mot en kilde. I den foreliggende undersøkelsen utgjorde PCB28 en relativ andel på over 20 % på de innerste stasjonene (stasjon 3, 6 og 8). Lenger ut i estuariet utgjorde denne kongeneren en mindre andel mens PCB 138 ble mer framtrødende (figur 9).

En annen tilnærming er å utføre en prinsippal komponentanalyse (PCA) på materialet. En slik metode gjør det mulig å sammenligne alle variabler samtidig. Analysen arrangerer variablene (PCBene) og stasjonene langs akser på en måte som illustrerer hovedmønstre og trender i datasettet. Den underliggende antagelsen er at fordelingen av PCBene er bestemt av noen få hovedfaktorer eller forhold. Den første aksene (prinsippal komponent 1) forklarer mer av variansen i materialet enn akse 2 og 3 og viser derfor de viktigste trendene i materialet

Analysen av det foreliggende materialet ble utført på den relative fordelingen for å unngå effekter av forskjeller i konsentrasjonene. De tre første prinsippal komponentene forklarte henholdsvis 70, 16 og 8%, tilsammen 94% av variansen i materialet. Figur 10 viser de ulike stasjonenes plassering i forhold til ulike kongenerer forklart ved prinsippal komponent 1 og 2. Analysen skilte stasjonene i to hovedgrupper. Den ene gruppen skilt ut på grunnlag av de innerste stasjonene 3, 6, 8 og 10,

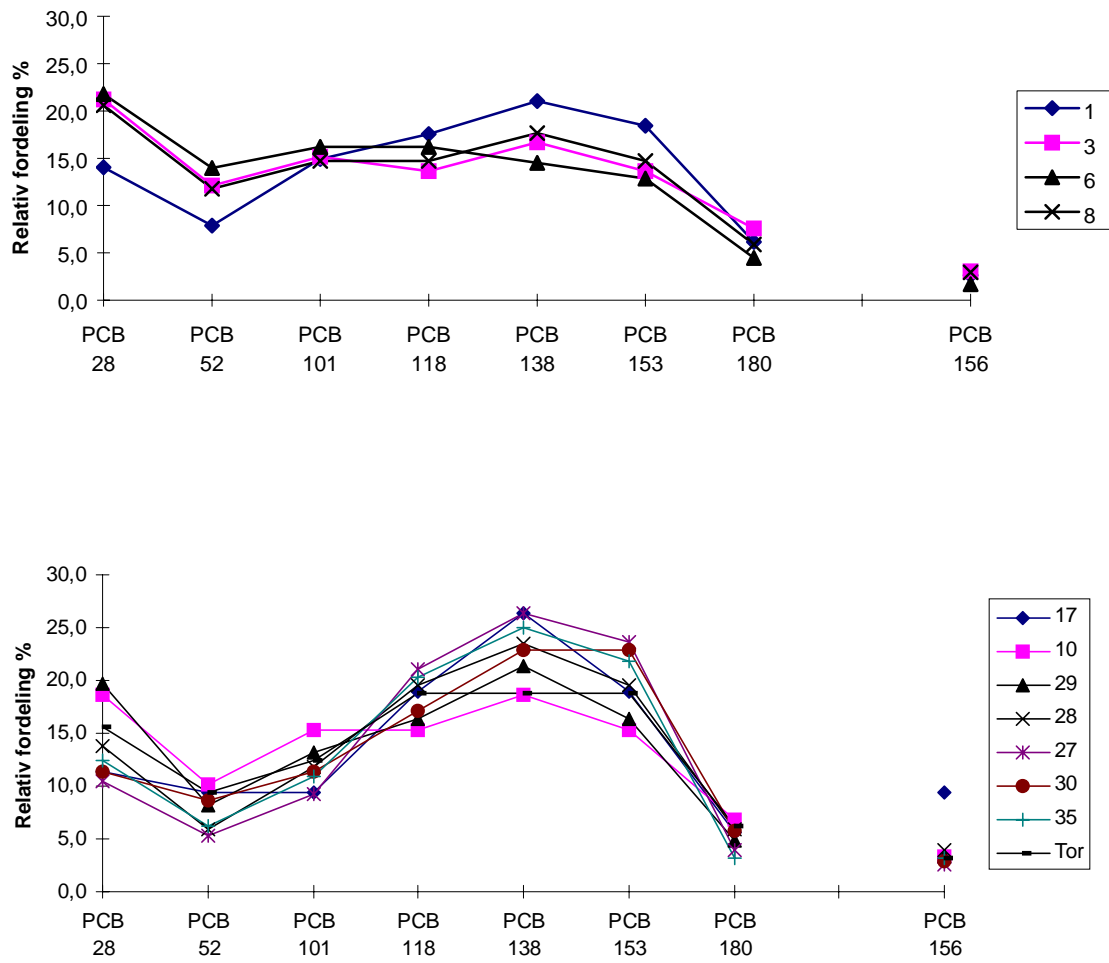
dominert av PCB 28, 52 og 101. Den andre gruppen bestod av de ytterste stasjonene 27, 28, 30 og 35, skilt ut på grunnlag av PCB 118, 153 og 138. Stasjon 1, 29 og Torbjørnskjær falt i en mellomstilling. Stasjon 17 i Leira skilte seg fra de øvrige stasjonene på grunnlag av PCB156.

Som vist i Figur 8 hadde stasjon 1 og 6 de høyeste konsentrasjonene av PCB. Konsentrasjonen var høyere på stasjon 6 enn stasjon 1 selv om sedimentene hadde et høyere sandinnhold (jfr. diskusjonen over om sedimentasjon av PCB). Hvis Glomma var den eneste kilden til PCB i estuariet burde stasjon 1 falle i samme gruppe som de øvrige indre stasjonene. I tillegg burde den hatt tilsvarende høy eller høyere konsentrasjon av PCB enn stasjon 6, pga. den store andelen av finkornet materiale og et høyere organisk innhold. Dette kan bety at det finnes en PCB kilde mellom stasjon 1 og stasjon 6. Det er ikke utenkelig at bunnsedimentene i dette området representerer en kilde til dagens PCB forekomster ved at sedimentene resuspenderes under flomperioder.

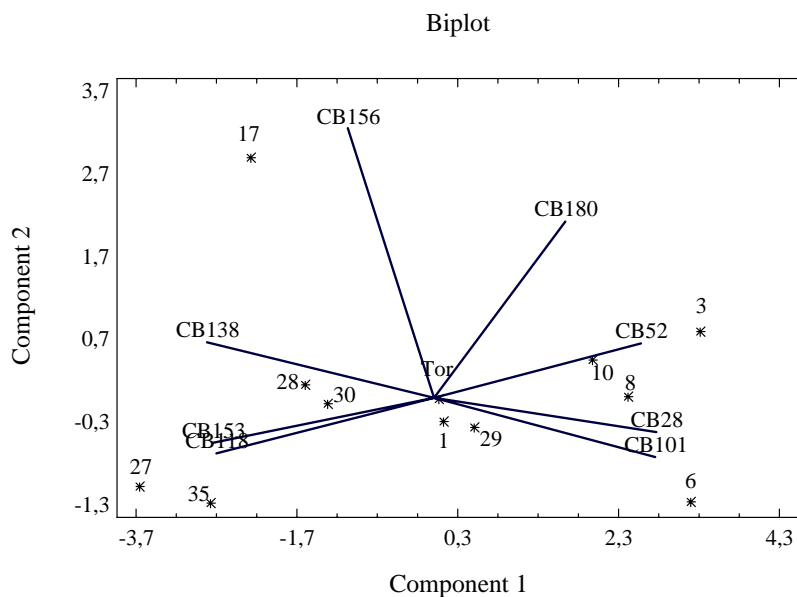
I og med at de lavklorete PCB kongenerene er mer vannløslige enn de høyklorete vil en stadig oppvirvling føre til at konsentrasjonene av de lavklorete forbindelsene avtar. Forskjellen mellom de to hovedgruppene av stasjoner kan også forklares ut fra samme forhold, av ulik partikkelaffinitet og sedimentasjon. De ytterste stasjonene var dominert av høyklorete forbindelser som generelt har større partikkelaffinitet enn de lavklorete.

Den spesielle sammensetningen på stasjon 17 kan indikere at sedimentene i Leira er påvirket av en annen PCB-kilde enn de øvrige stasjonene. Dette kan imidlertid være noe mer tilfeldig siden det bare er PCB 156 som skiller denne stasjonen fra de øvrige.

At stasjon 29 faller mellom de to hovedgruppene kan forklares ved geografisk beliggenhet, ved at den ligger mellom to sedimentasjonsmessig forskjellige områder jfr. 3.1.3.



Figur 9. Relativ fordeling av PCB kongenerer i sedimenter fra Glommaestuariet 1995. Øvre figur viser fordelingen på stasjon 1, 3, 6 og 8 mens nedre figur viser fordelingen på de øvrige stasjonene.



Figur 10. Prinsippal komponent analyse av ulike PCB kongenerer i sedimenter fra Glommaestuariet etter storflommen i 1995. Component 1 og 2 forklarer 86 % av variansen av materialet og viser hovedtrendene i materialet. CB står for PCB kongener med det aktuelle nummer angitt. * angir stasjonsnummer (se kap.3.3.2 for tolkning av plottet)

3.3.3 Sammenligninger med data fra 1994 og sedimenterende materiale fra flommen

Konsentrasjonen av PCB i sedimentene i Glommas munningsområde (stasjon 6) var høyere enn i sedimenterende materiale fra flommen. Det ble da registrert $11 \mu\text{g PCB } (\Sigma 7\text{-dutch}) / \text{kg}$ sedimenterende materiale.

Ved Torbjørnskjær var forholdet det motsatte. Det ble registrert høyere PCB-konsentrasjoner i det sedimenterende materiale under selve flommen ($22,5 \mu\text{g PCB } (\Sigma 7\text{-dutch}) / \text{kg}$ sedimenterende materiale) enn i bunnsedimentene på stasjonen etter flommen.

Det var ikke tidligere analysert for PCB i sedimenterende materiale i estuariet, man vet derfor ikke hvordan nivåene vanligvis ligger i forhold til i sedimenter. Det er imidlertid rimelig å anta at sedimenterende materiale har noe høyere verdier av PCB enn sedimenter fra samme område pga. et høyere organisk innhold og mer finkornet materiale. De store forskjellene mellom verdiene i sedimenterende materiale og sedimenter ved Torbjørnskjær tyder det på at Glomma under normale forhold ikke transporterer materiale med så høye PCB-konsentrasjoner til dette område.

Den høyeste konsentrasjonen av PCB i sedimenter ble også registrert på stasjon 6 i 1994. Verdien var da på $8 \mu\text{g PCB } (\Sigma 7\text{-dutch}) / \text{kg}$ sediment mot $19 \mu\text{g/kg}$ etter flommen. På de øvrige stasjonene

var det små eller ingen forskjeller i målingene fra 1994 og 1995. Det ser derfor ut til at frigjøring av PCB fra deponier eller forurenset grunn i området under flommen kun førte til økte konsentrasjoner i sedimentene lokalt, i liten avstand fra kilden.

4. Referanser

Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler-/Kosterområdet. NIVA-rap. 2560-91, 192s.

Berge, J.A. 1997. Undersøkelse av miljøgifter i blæretang, blåskjell og torsk fra Hvalerområdet i forbindelse med storflommen i Glomma i 1995. NIVA-rap. 3659-97. 44s.

Berge, J.A, Brevik, E.M., Godal, A. & Berglind, L., 1996a. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Miljøgifter i organismer. NIVA-rap. 3443-96, 146 s.

Berge, J.A., Helland. A., Holtan H., Magnusson J., Moy F., Sørensen K., Rygg B., Walday M. 1996b. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Sammendragsrapport. NIVA-rap. 3445-97, 74 s.

Davis, J.A. 1984. Complexation of trace metals by adsorbed natural organic matter. *Geochim Cosmochim Acta* Vol. 48, 679-691.

De Voogt, P. & Brinkman, U.A.Th., 1989. Production, properties and usage of polychlorinated biphenyls. In: Kumbrough and S. Jensen (eds.) *Halogenated biphenyls, terphenyls, naphthalenes, debenzodioxines and related products*. Elsevier Science Publishers B:V. 1989 (Biomed.Div.)

Dyer, K.R., 1990. *Coastal and estuarine sediment dynamics*. John Wiley & Sons, 342 s.

Faafeng, B., Berge, J.A., Bjerkeng, B., Helland, A., Holtan, G., Holtan, H., Kjellberg, G. Källqvist, T.S., Moy, F., Skulberg, O.M., Sørensen, K., Walday, M., 1996. Flommen på Østlandet våren 1995. Sammenstilling av NIVAs undersøkelser med spesiell vekt på intensivundersøkelser i Glomma og Vorma. NIVA-rap. O-95265, 95458. L.nr. 3480. 80s.

Helland, A. 1996 a. Tilførsel av partikulært materiale til Glommaestuariet og områdene utenfor i forbindelse med flommen i Glomma 1995. NIVA-rap. O-900342, L.nr. 3503-96. SFT-rap. TA 1350/1996, 50s.

Helland, A. 1996 b. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Sedimenterende materiale og bunnsedimenter 1994. NIVA-rap. O-900349 SFT-rap. TA-1327/1996, 83 s.

Helland, A. in prep. Distribution of metals in sediments from the Glomma estuary, changes due to reduction in industrial discharge.

Hektoen, H., Helland, A., Næs, K. og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. NIVA-rap. O-90034-2,3,9,7, L.nr. 2791, 95 s.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T. 1991. Paris Convention. Annual report on direct riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990. NIVA-rap. O-90001. 103 s.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T. 1992. Paris Convention. Annual report on direct riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1991. NIVA-rap. O-90001.

Knutzen, J. og Skei, J., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rap. O- 862602 L.nr. 2540, 139 s.

Loring, D.H., 1991. Normalization of heavy metal data from estuarine and coastal sediments. ICES J.mar. Sci. 48: 101-115.

Martin, J-M., Huang, W.W. og Yoon, Y.Y., 1994. Level and fate of trace metals in the lagoon of Venice (Italy). Mar. Chem., 46, 371 - 386.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B. & Skei, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning 97:03, 36s.

Muller, F.L., 1996. Interaction of copper, lead and cadmium with dissolved, colloidal and particulate components of estuarine and coastal waters. Mar Chem. 52, 245-268.

Næs, K., 1983. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller og suspendert partikulært materiale i overflatevann og kjemisk sammensetning av bunnsedimentene. NIVA-rap. O-8000303. L.nr. 1553. 100 s.

Redfield, A., Ketchum, B., og Richards, F., 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In: *The Sea Vol. 2*, M.N. Hill, Ed., Wiley-Interscience, New York, 27-77.

Rygg, B. og Thèlin I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02, 20 s.

Shine, J.P. og Wallace, G.T., 1995. The formation of surface-active organic complexes of copper in coastal marine waters. *Mar. Chem.* 51, 149-157.

5. Vedlegg

5.1 Metode for metallanalyser

E 10-2. METALLER, FLUSSYREOPPSLUTNING

Denne metoden skal anvendes ved totaloppslutning av slam og sedimenter som skal analyseres med hensyn på metaller. Metoden brukes for følgende metaller (ikke kvikksølv): Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, V og Zn.

Prinsipp: Maksimum 200 mg frysetørket, homogenisert prøve veies inn i en teflonbombe og tilsettes konge vann og flussyre. Beholderen lukkes og prøven oppsluttes i mikrobølgeovn, lukket system. Etter avkjøling overføres innholdet til en 100 ml målekolbe som på forhånd er tilsatt et overskudd av borsyre. Prøven fortynnes med avionisert vann og rystes på rystemaskin til borsyren er løst. Bestemmelsen av metaller foretas på den klare væskefasen ved atom-absorpsjon i flamme eller med grafittovn.

5.2 Metode for analyse av totalorganisk karbon og total nitrogen

G 6. TOTALKARBON, FORBRENNINGSMETODE

Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0.1 % - 100 %. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0.5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser

0.1% nitrogen	-	1.0 µg/mg N
0.1% karbon	-	1.0 µg/mg C

For filtre er deteksjonsgrensen avhengig av blindfilterverdiene og mengde filtrert prøve.

Prinsipp: Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800 °C. Ved hjelp av katalysatorer vil forbrenningen bli fullstendig. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650 °C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N₂-gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene

detekteres i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-programm. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.

5.3 Metode for analyser av polyklorerte bifenyler (PCB)


H 3. PCB

Metodene benyttes for bestemmelse av klororganiske komponenter i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske komponenter menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).

Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.

5.4 Kornfordelingsanalyser, metode og resultater

Rapport fra Geo Gruppen as.

 <p>GeoGruppen as Strandtorget 2B N-9008 Tromsø Telefon/Phone: (+47) 77 61 26 80 Telefax/Fax: (+47) 77 68 05 09</p>	Prosjekt nr./Project no.: <p style="text-align: center;">96114</p>	Rapport nr./Report no.: <p style="text-align: center;">9635.01.01</p>
	Referanse nr./Referenc no.: <p style="text-align: center;">J:\GG\Prosjekt\analyser\korn\kyst\96114*.*</p>	
Rapporttittel/Report title: <p style="text-align: center;">KORNFORDELINGSANALYSER Hvaler</p>		
Forfatter(e)/Author(s): Kurt-Roger Fredriksen, GeoGruppen as Ilka Bottolfsen	Dato/Date: <p style="text-align: center;">25. oktober, 1996</p>	
Medforfatter(e)/Co author(s):	Antall sider/No. of pages: <p style="text-align: center;">-- 17 --</p>	
Prosjektleder/Project manager: Kurt-Roger Fredriksen, GeoGruppen as	Distribusjon/Distribution:	
Oppdragsgiver/Client: <p style="text-align: center;">NIVA</p>	Oppdragsgivers ref./ Client ref.: <p style="text-align: center;">v/ Forsker Aud Helland</p>	
Sammendrag/Abstract: <p>Prøvene inneholder fra 98.63 % til 13.82 % pelitt, fra 77.6 % til 11.57 % sand, fra 8.58 % til 0.76 % grus. 5 prøver er klassifisert som siltig, 6 prøver er leirig og 1 prøve er klassifisert som sandig (fin sand). Klassifiseres som et "dårlig sortert siltdominert" sediment.</p>		
Nøkkelord: <p style="text-align: center;">Kornfordelingsanalyser</p>	Key words: <p style="text-align: center;">Grain size distribution</p>	
Prosjekt leder/ Project manager: <p style="text-align: center;">Kurt-Roger Fredriksen</p>	Kontrollert av/ Control manager: <p style="text-align: center;">Torgeir Bjelvin</p>	

INNHOOLD

1. METODER	2
1.1 KORNFORDELING	2
2. ANALYSE RESULTAT	3
2.1 KORNFORDELING	3

1. METODER

1.1 KORNFORDELING

VÅTSIKTING

Prøvene ble våtsiktet gjennom 1 mm og 0.063 mm sikt for å splitte grus og sand fraksjonene (større enn 0.063 mm) fra silt og leir fraksjonene (mindre enn 0.063 mm). Sedimentene ble deretter plassert i tørkeskap med temperatur på 40 °C inntil de var tørre.

TØRR SIKTING

De tørkede prøvene større enn 0.063 mm ble veiet og ristet i 15 minutter på ristemaskin gjennom sikter følgende intervaller:32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.250 mm, 0.125 mm, 0.063 mm. Materialet på hver sikt ble veiet med 0.01g nøyaktighet og registrert på data-ark (4-4 skjema).

SEDIGRAF ANALYSER

2.2 g tørrvekt av materialet mindre enn 0.063 mm ble tilsatt 50 ml destilert vann og 0.06 g dispergeringsmiddel (Calgon tilsvarende 1-3 % prøvens tørrvekt). Prøvens tetthet er 2.7 g/cm³, væskens tetthet er 0.99 g/cm³ og viskositeten er 0.75 cp. Blandingen behandles i ultralydbad i 15 minutter.

Løsningen analyseres deretter i sedigraf 5100. Analysetemperaturen er 33.3 °C, partikkeltelletiden i analysekammeret er 4 minutter ved målinger ned til 0.0005 mm. % volum fra hver fraksjon konverteres til % tørrvekt av den totale sedimentmengden mindre enn 0.063 mm.

RAPPORTERING

Vekten av alle fraksjoner overføres fra dataarkene til et databehandlingsprogram som beregner prosentvis fordeling av sedimentfraksjonene, statistiske parametre, sediment karakteristikk, samt grafisk fremstilling av kummulativ kurve og histogram. Hver analyse presenteres med alle data på et A4 side. Ved analyseserier (mer enn 1 analyse) presenteres analysene i tillegg i oppsummeringstabeller med gjennomsnittsverdier, største og minste verdi samt standard avvik.

Prosjekt nr.: 96114
Rapport nr.: 9635.01.01

2. ANALYSE RESULTAT

2.1 KORNFORDELING

Project: HVALER



SAMPLE	Grain size composition (% dry weight)												
	clay	silt	pelite	very fine sand	fine sand	medium sand	coarse sand	very coa. sand	total sand	pebbles	cobbles	gravel	
ST01	40.86%	52.22%	93.08%	4.33%	1.04%	1.21%	0.17%	0.17%	6.92%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST03	5.97%	7.85%	13.82%	3.97%	18.11%	25.23%	16.38%	13.91%	77.60%	8.58%	0.00%	8.58%	
SR06	25.81%	50.11%	75.93%	15.40%	7.02%	0.97%	0.58%	0.10%	24.07%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST08	35.53%	53.97%	89.50%	9.09%	0.63%	0.63%	0.16%	0.00%	10.50%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST10	56.43%	40.53%	96.95%	1.08%	0.90%	0.54%	0.36%	0.18%	3.05%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST17	73.28%	22.76%	96.05%	1.23%	1.03%	0.92%	0.67%	0.05%	3.90%	0.00%	0.00%	0.05%	
ST27	48.92%	47.95%	96.88%	1.17%	0.78%	0.78%	0.39%	0.00%	3.13%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST28	54.96%	43.18%	98.15%	0.53%	0.46%	0.46%	0.33%	0.07%	1.85%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST29	68.76%	29.19%	97.95%	0.57%	0.46%	0.23%	0.11%	0.23%	1.59%	0.00%	0.00%	0.46%	
ST30	49.11%	48.52%	97.64%	1.01%	0.68%	0.34%	0.34%	0.00%	2.36%	0.00%	0.00%	0.00%	
ST35	52.49%	45.07%	97.56%	0.89%	0.44%	0.44%	0.22%	0.44%	2.44%	0.00%	0.00%	0.00%	
TORBJØRNSKJÆR	74.96%	23.67%	98.63%	0.51%	0.34%	0.34%	0.17%	0.00%	1.37%	0.00%	0.00%	0.00%	
average value	48.92%	38.75%	87.68%	3.31%	2.66%	2.67%	1.66%	1.26%	11.57%	0.76%	0.00%	0.76%	
minimum value	5.97%	7.85%	13.82%	0.51%	0.34%	0.23%	0.11%	0.00%	1.37%	0.00%	0.00%	0.00%	
maximum value	74.96%	53.97%	98.63%	15.40%	18.11%	25.23%	16.38%	13.91%	77.60%	8.58%	0.00%	8.58%	
st. dev	19.99%	14.50%	24.12%	4.56%	5.20%	7.11%	4.64%	3.99%	21.76%	2.47%	0.00%	2.47%	

Project: HVALER



Grain size distribution parameters and characteristics						
SAMPLE	size (phi values)			skewness	kurtosis	
	mean	median	classification			
ST01	8.59	8.35	Silt	0.05	0.79	Nearly symmetrical Platykurtic
ST03	2.48	2.44	Fine sand	0.23	1.69	Positively skewed Very leptokurtic
SR06	7.30	6.95	Silt	0.16	0.83	Positively skewed Platykurtic
ST08	8.17	7.97	Silt	0.06	0.80	Nearly symmetrical Platykurtic
ST10	9.36	9.40	Clay	-0.11	0.76	Negatively skewed Platykurtic
ST17	10.11	10.64	Clay	-0.52	0.99	Very negatively skewed Mesokurtic
ST27	9.17	8.96	Silt	0.08	1.03	Nearly symmetrical Mesokurtic
ST28	9.34	9.32	Clay	-0.04	0.73	Nearly symmetrical Platykurtic
ST29	9.89	10.34	Clay	-0.41	0.83	Very negatively skewed Platykurtic
ST30	9.24	8.97	Silt	0.20	1.10	Positively skewed Mesokurtic
ST35	9.14	9.14	Clay	-0.08	0.85	Nearly symmetrical Platykurtic
TORBjørnSKJÆR	10.19	10.65	Clay	-0.46	0.85	Very negatively skewed Platykurtic
average value	8.58	8.59		-0.07	0.94	
minimum value	2.48	2.44		-0.52	0.73	
maximum value	10.19	10.65		0.23	1.69	
st. dev	2.09	2.22		0.26	0.26	

HVALER 96, sample no ST29

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.04 g	0.46%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.02 g	0.23%	99.54%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.11%	99.32%
Medium sand	250 µm	2	0.02 g	0.23%	99.20%
Fine sand	125 µm	3	0.04 g	0.46%	98.98%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.05 g	0.57%	98.52%
Silt	31.3 µm	5	2.60 %	2.55%	97.95%
	15.6 µm	6	5.20 %	5.09%	95.41%
	7.8 µm	7	8.70 %	8.52%	90.31%
	3.9 µm	8	13.30 %	13.03%	81.79%
Clay	2.0 µm	9	14.00 %	13.71%	68.76%
	1.0 µm	10	15.20 %	14.89%	55.05%
	0.5 µm	11	41.00 %	40.16%	40.16%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			8.61 g		

Values from cumulative curve

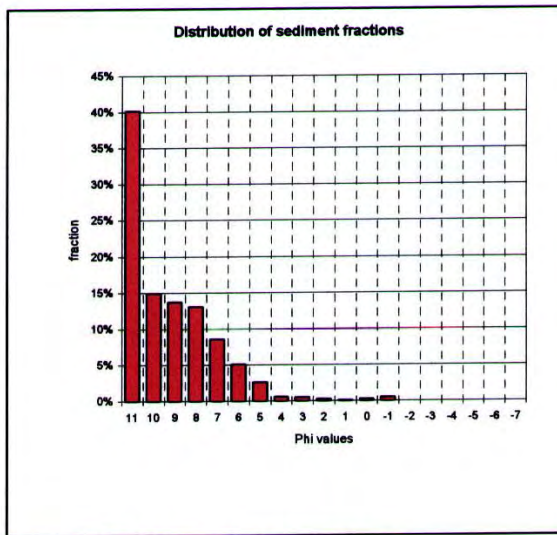
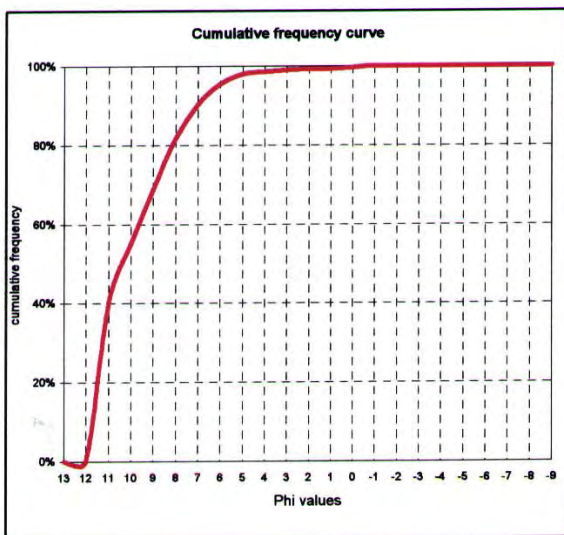
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.01	6.08
90	0.01	7.04
84	0.00	7.74
75	0.00	8.52
50 (MD)	0.00	10.34
25	0.00	11.38
16	0.00	11.60
10	0.00	11.75
5	0.00	11.88

Sediment grain size composition (% Dry weight)

	Clay	Silt	
	68.76%	29.19%	
Pelite			97.95%
Very fine sand	0.57%		
Fine sand	0.46%		
Medium sand	0.23%		
Coarse sand	0.11%		
Very coarse sand	0.23%		
Total sand			1.59%
Pebbles			0.46%
Cobbles			0.00%
Gravel			0.46%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M2)	9.89	
Median size (MdØ)	10.34	Clay
Sorting (StØ)	1.84	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	-0.41	Very negatively skewed
Kurtosis (KØ)	0.83	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST01

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.01 g	0.17%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.17%	99.83%
Medium sand	250 µm	2	0.07 g	1.21%	99.65%
Fine sand	125 µm	3	0.06 g	1.04%	98.44%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.25 g	4.33%	97.40%
Silt	31.3 µm	5	6.60 %	6.14%	93.08%
	15.6 µm	6	16.20 %	15.08%	86.94%
	7.8 µm	7	18.30 %	17.03%	71.86%
	3.9 µm	8	15.00 %	13.96%	54.82%
Clay	2.0 µm	9	12.10 %	11.26%	40.86%
	1.0 µm	10	9.50 %	8.84%	29.60%
	0.5 µm	11	22.30 %	20.76%	20.76%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			5.38 g		

Values from cumulative curve

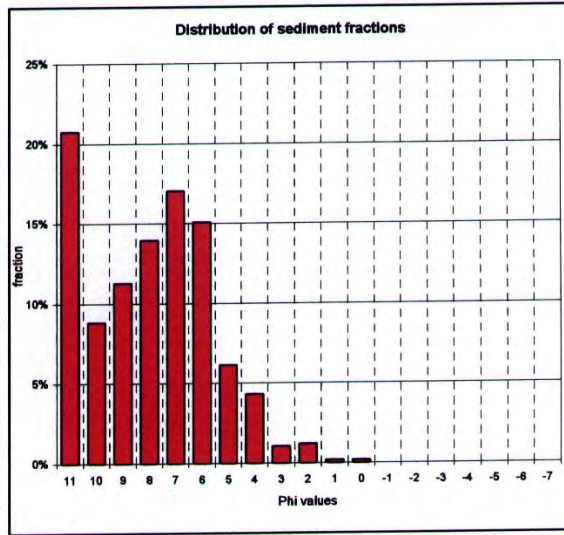
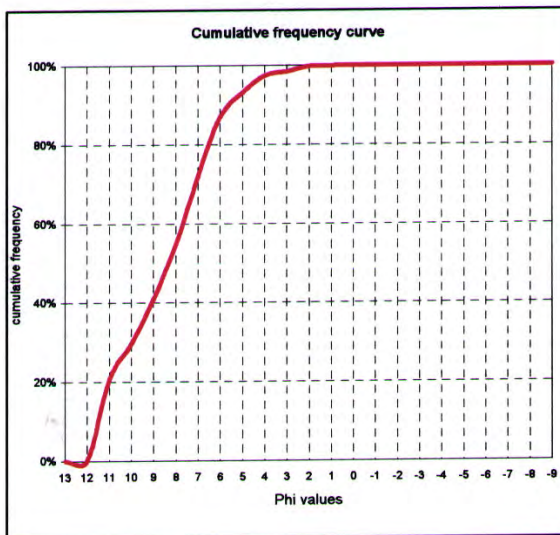
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.04	4.56
90	0.02	5.50
84	0.01	6.19
75	0.01	6.79
50 (MD)	0.00	8.35
25	0.00	10.52
16	0.00	11.23
10	0.00	11.52
5	0.00	11.76

**Sediment grain size composition
(% Dry weight)**

	Clay	Silt	Pelite
	40.86%	52.22%	93.08%
Very fine sand	4.33%		
Fine sand	1.04%		
Medium sand	1.21%		
Coarse sand	0.17%		
Very coarse sand	0.17%		
Total sand		6.92%	
Pebbles		0.00%	
Cobbles		0.00%	
Gravel		0.00%	

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M2)	8.59	
Median size (MdØ)	8.35	Silt
Sorting (StØ)	2.35	Poorly sorted
Skewness (SkØ)	0.05	Nearly symmetrical
Kurtosis (KØ)	0.79	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST03

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	1.88 g	8.58%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	3.05 g	13.91%	91.42%
Coarse sand	500 µm	1	3.59 g	16.38%	77.51%
Medium sand	250 µm	2	5.53 g	25.23%	61.13%
Fine sand	125 µm	3	3.97 g	18.11%	35.90%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.87 g	3.97%	17.79%
Silt	31.3 µm	5	13.00 %	1.80%	13.82%
	15.6 µm	6	16.10 %	2.23%	12.03%
	7.8 µm	7	13.90 %	1.92%	9.80%
	3.9 µm	8	13.80 %	1.91%	7.88%
Clay	2.0 µm	9	10.50 %	1.45%	5.97%
	1.0 µm	10	8.90 %	1.23%	4.52%
	0.5 µm	11	23.80 %	3.29%	3.29%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			3.03 g		

Values from cumulative curve

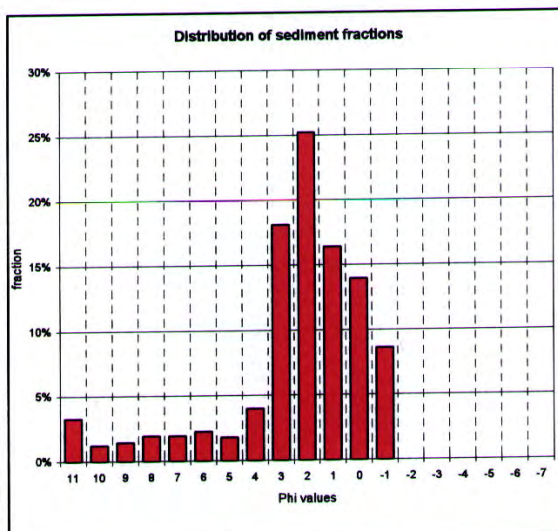
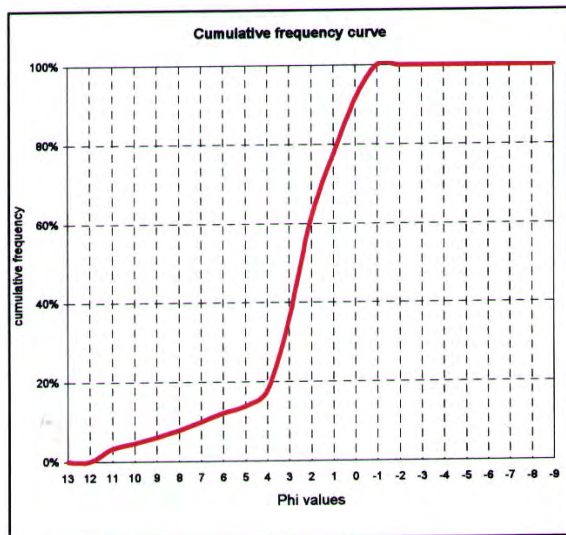
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	1.34	-0.42
90	0.93	0.10
84	0.69	0.53
75	0.45	1.15
50 (MD)	0.18	2.44
25	0.08	3.60
16	0.05	4.45
10	0.01	6.91
5	0.00	9.67

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	5.97%
Silt	7.85%
Pelite	13.82%
Very fine sand	3.97%
Fine sand	18.11%
Medium sand	25.23%
Coarse sand	16.38%
Very coarse sand	13.91%
Total sand	77.60%
Pebbles	8.58%
Cobbles	0.00%
Gravel	8.58%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	2.48	
Median size (Md _Ø)	2.44	Fine sand
Sorting (St _Ø)	2.51	Very poorly sorted
Skewness (Sk _Ø)	0.23	Positively skewed
Kurtosis (K _Ø)	1.69	Very leptokurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no SR06

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.01 g	0.10%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.06 g	0.58%	99.90%
Medium sand	250 µm	2	0.10 g	0.97%	99.32%
Fine sand	125 µm	3	0.72 g	7.02%	98.34%
Very fine sand	62.5 µm	4	1.58 g	15.40%	91.33%
Silt	31.3 µm	5	15.10 %	11.46%	75.93%
	15.6 µm	6	20.00 %	15.19%	64.46%
	7.8 µm	7	16.80 %	12.76%	49.28%
	3.9 µm	8	14.10 %	10.71%	36.52%
Clay	2.0 µm	9	9.90 %	7.52%	25.81%
	1.0 µm	10	6.60 %	5.01%	18.30%
	0.5 µm	11	17.50 %	13.29%	13.29%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			7.79 g		

Values from cumulative curve

Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.09	3.48
90	0.06	4.09
84	0.04	4.48
75	0.03	5.08
50 (MD)	0.01	6.95
25	0.00	9.11
16	0.00	10.46
10	0.00	11.25
5	0.00	11.62

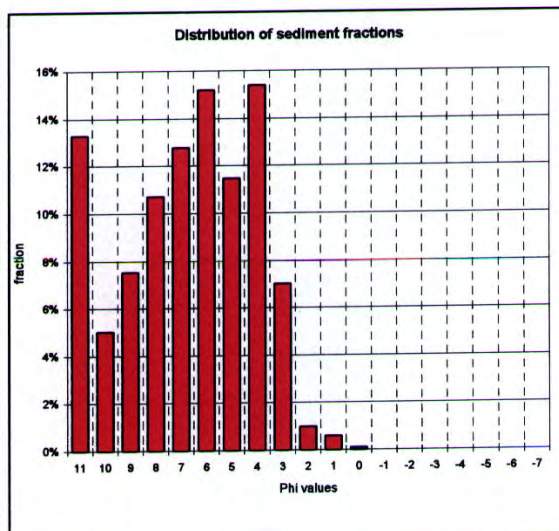
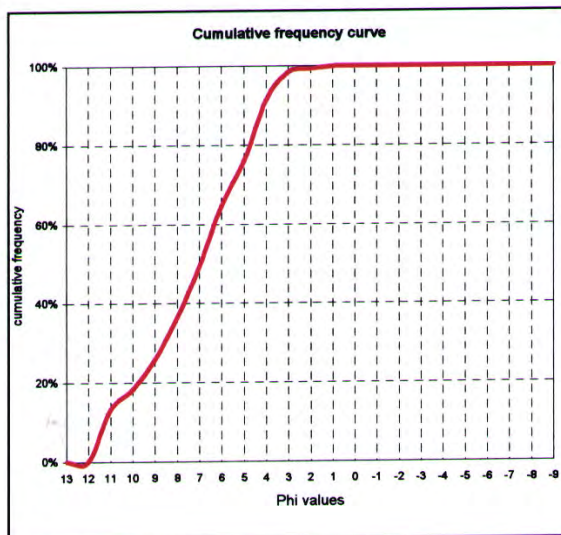
Sediment grain size composition

(% Dry weight)

	Clay	Silt	
	25.81%	50.11%	
Pelite			75.93%
Very fine sand	15.40%		
Fine sand	7.02%		
Medium sand	0.97%		
Coarse sand	0.58%		
Very coarse sand	0.10%		
Total sand			24.07%
Pebbles			0.00%
Cobbles			0.00%
Gravel			0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M2)	7.30	
Median size (MdØ)	6.95	Silt
Sorting (StØ)	2.73	Very poorly sorted
Skewness (SkØ)	0.16	Positively skewed
Kurtosis (KØ)	0.83	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST08

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.00 g	0.00%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.16%	100.00%
Medium sand	250 µm	2	0.04 g	0.63%	99.84%
Fine sand	125 µm	3	0.04 g	0.63%	99.22%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.58 g	9.09%	98.59%
Silt	31.3 µm	5	12.30 %	11.01%	89.50%
	15.6 µm	6	17.00 %	15.21%	78.49%
	7.8 µm	7	15.30 %	13.69%	63.28%
	3.9 µm	8	15.70 %	14.05%	49.58%
Clay	2.0 µm	9	12.10 %	10.83%	35.53%
	1.0 µm	10	9.20 %	8.23%	24.70%
	0.5 µm	11	18.40 %	16.47%	16.47%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			5.71 g		

Values from cumulative curve

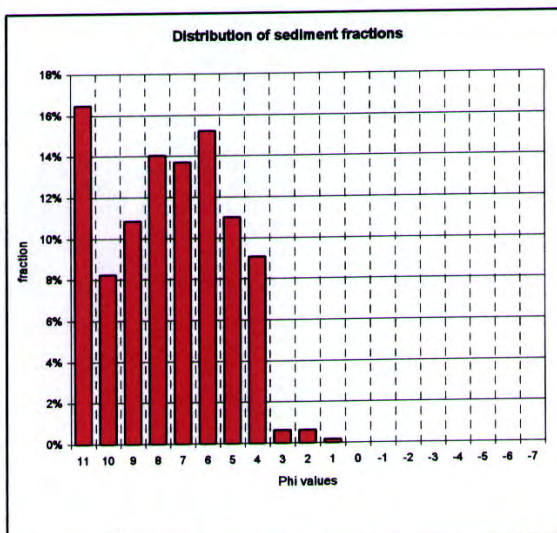
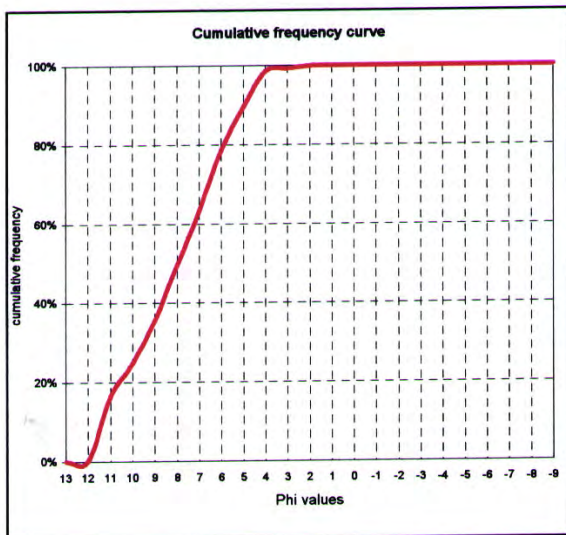
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.05	4.39
90	0.03	4.94
84	0.02	5.50
75	0.01	6.23
50 (MD)	0.00	7.97
25	0.00	9.97
16	0.00	11.03
10	0.00	11.39
5	0.00	11.70

Sediment grain size composition (% Dry weight)

	Clay	Silt	
	35.53%		
		53.97%	
Pelite			89.50%
Very fine sand	9.09%		
Fine sand	0.63%		
Medium sand	0.63%		
Coarse sand	0.16%		
Very coarse sand	0.00%		
Total sand			10.50%
Pebbles			0.00%
Cobbles			0.00%
Gravel			0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	8.17	
Median size (MdØ)	7.97	Silt
Sorting (StØ)	2.49	Poorly sorted
Skewness (SkØ)	0.06	Nearly symmetrical
Kurtosis (KØ)	0.80	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST10

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (ϕ)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.01 g	0.18%	100.00%
Coarse sand	500 μ m	1	0.02 g	0.36%	99.82%
Medium sand	250 μ m	2	0.03 g	0.54%	99.46%
Fine sand	125 μ m	3	0.05 g	0.90%	98.92%
Very fine sand	62.5 μ m	4	0.06 g	1.08%	98.03%
	31.3 μ m	5	2.20 %	2.13%	96.95%
	15.6 μ m	6	8.10 %	7.85%	94.82%
	7.8 μ m	7	13.10 %	12.70%	86.97%
Silt	3.9 μ m	8	18.40 %	17.84%	74.27%
	2.0 μ m	9	16.50 %	16.00%	56.43%
	1.0 μ m	10	12.70 %	12.31%	40.43%
	0.5 μ m	11	29.00 %	28.12%	28.12%
Clay	0.2 μ m	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 μ m	13	N/A	0.00%	0.00%
	Total weight of fraction <63 μ m:			5.41 g	

Values from cumulative curve

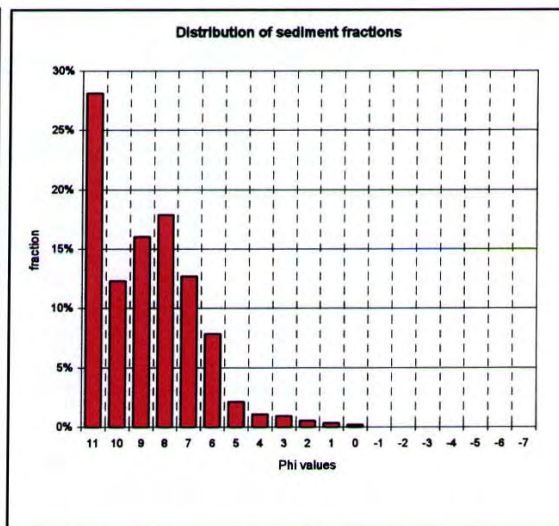
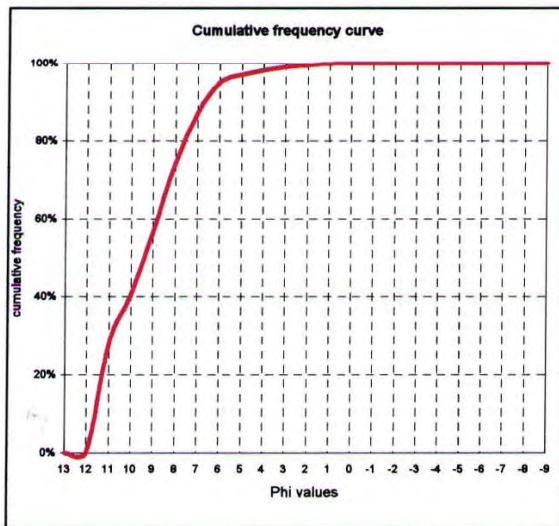
Percentiles	Size (mm)	Phi (ϕ)
95	0.02	5.92
90	0.01	6.61
84	0.01	7.23
75	0.00	7.94
50 (MD)	0.00	9.40
25	0.00	11.11
16	0.00	11.43
10	0.00	11.64
5	0.00	11.82

Sediment grain size composition (% Dry weight)

	Clay	Silt	Pe/ite
	56.43%	40.53%	96.95%
Very fine sand		1.08%	
Fine sand		0.90%	
Medium sand		0.54%	
Coarse sand		0.36%	
Very coarse sand		0.18%	
Total sand			3.05%
Pebbles			0.00%
Cobbles			0.00%
Gravel			0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (ϕ)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	9.36	
Median size (Md ϕ)	9.40	Clay
Sorting (St ϕ)	1.94	Moderately sorted
Skewness (Sk ϕ)	-0.11	Negatively skewed
Kurtosis (K ϕ)	0.76	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST17

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.01 g	0.05%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.01 g	0.05%	99.95%
Coarse sand	500 µm	1	0.13 g	0.67%	99.90%
Medium sand	250 µm	2	0.18 g	0.92%	99.23%
Fine sand	125 µm	3	0.20 g	1.03%	98.31%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.24 g	1.23%	97.28%
Silt	31.3 µm	5	1.70 %	1.63%	96.05%
	15.6 µm	6	3.50 %	3.36%	94.41%
	7.8 µm	7	6.90 %	6.63%	91.05%
	3.9 µm	8	11.60 %	11.14%	84.43%
Clay	2.0 µm	9	15.10 %	14.50%	73.28%
	1.0 µm	10	14.30 %	13.73%	58.78%
	0.5 µm	11	46.90 %	45.05%	45.05%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			18.71 g		

Values from cumulative curve

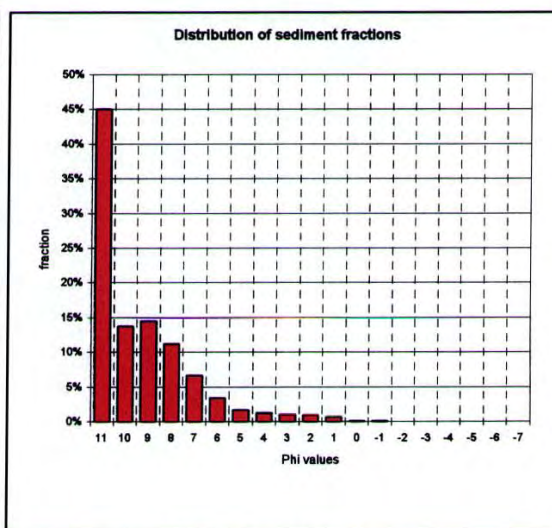
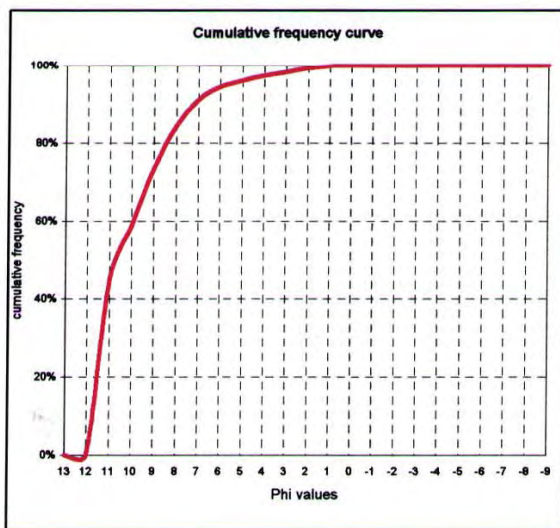
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.02	5.64
90	0.01	7.16
84	0.00	8.04
75	0.00	8.85
50 (MD)	0.00	10.64
25	0.00	11.45
16	0.00	11.64
10	0.00	11.78
5	0.00	11.89

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	73.28%
Silt	22.76%
Peilte	
Very fine sand	1.23%
Fine sand	1.03%
Medium sand	0.92%
Coarse sand	0.67%
Very coarse sand	0.05%
Total sand	3.90%
Pebbles	0.05%
Cobbles	0.00%
Gravel	0.05%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M2)	10.11	
Median size (MdØ)	10.64	Clay
Sorting (StØ)	1.85	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	-0.52	Very negatively skewed
Kurtosis (KØ)	0.99	Mesokurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST27

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (ϕ)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.00 g	0.00%	100.00%
Coarse sand	500 μ m	1	0.01 g	0.39%	100.00%
Medium sand	250 μ m	2	0.02 g	0.78%	99.61%
Fine sand	125 μ m	3	0.02 g	0.78%	98.83%
Very fine sand	62.5 μ m	4	0.03 g	1.17%	98.05%
Silt	31.3 μ m	5	1.50 %	1.45%	96.88%
	15.6 μ m	6	4.80 %	4.65%	95.42%
	7.8 μ m	7	16.80 %	16.28%	90.77%
	3.9 μ m	8	26.40 %	25.58%	74.50%
Clay	2.0 μ m	9	22.90 %	22.18%	48.92%
	1.0 μ m	10	8.60 %	8.33%	26.74%
	0.5 μ m	11	19.00 %	18.41%	18.41%
	0.2 μ m	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 μ m	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 μ m:			2.48 g		

Values from cumulative curve

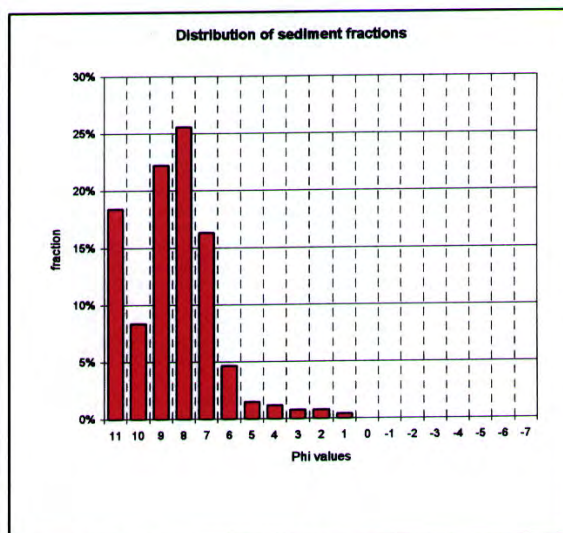
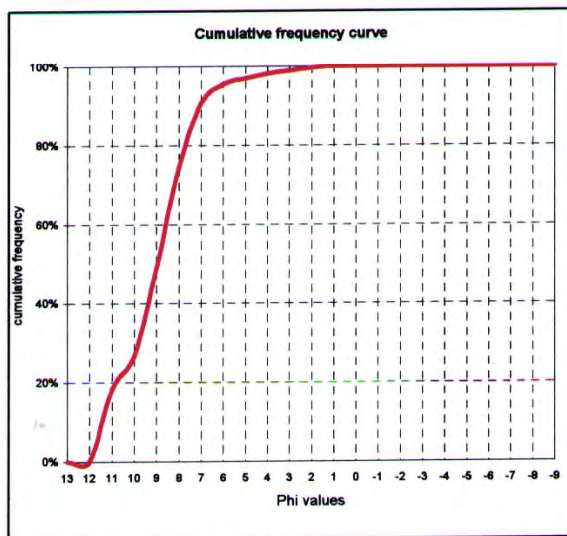
Percentiles	Size (mm)	Phi (ϕ)
95	0.01	6.09
90	0.01	7.05
84	0.01	7.42
75	0.00	7.97
50 (MD)	0.00	8.96
25	0.00	10.21
16	0.00	11.13
10	0.00	11.46
5	0.00	11.73

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	48.92%
Silt	47.95%
Pelite	96.88%
Very fine sand	1.17%
Fine sand	0.78%
Medium sand	0.78%
Coarse sand	0.39%
Very coarse sand	0.00%
Total sand	3.13%
Pebbles	0.00%
Cobbles	0.00%
Gravel	0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (ϕ)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	9.17	
Median size (Md ϕ)	8.96	Silt
Sorting (St ϕ)	1.78	Moderately sorted
Skewness (Sk ϕ)	0.08	Nearly symmetrical
Kurtosis (K ϕ)	1.03	Mesokurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST28

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.01 g	0.07%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.05 g	0.33%	99.93%
Medium sand	250 µm	2	0.07 g	0.46%	99.60%
Fine sand	125 µm	3	0.07 g	0.46%	99.14%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.08 g	0.53%	98.68%
	31.3 µm	5	1.40 %	1.37%	98.15%
	15.6 µm	6	7.30 %	7.16%	96.77%
	7.8 µm	7	16.70 %	16.39%	89.61%
Silt	3.9 µm	8	18.60 %	18.26%	73.22%
	2.0 µm	9	15.90 %	15.61%	54.96%
	1.0 µm	10	14.10 %	13.84%	39.36%
Clay	0.5 µm	11	26.00 %	25.52%	25.52%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
	Total weight of fraction <63 µm:			14.82 g	

Values from cumulative curve

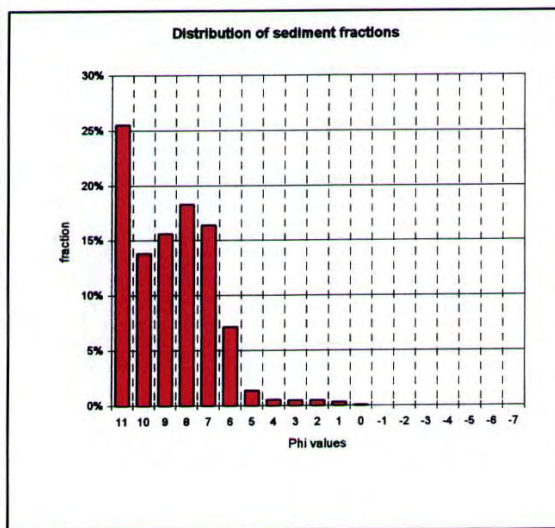
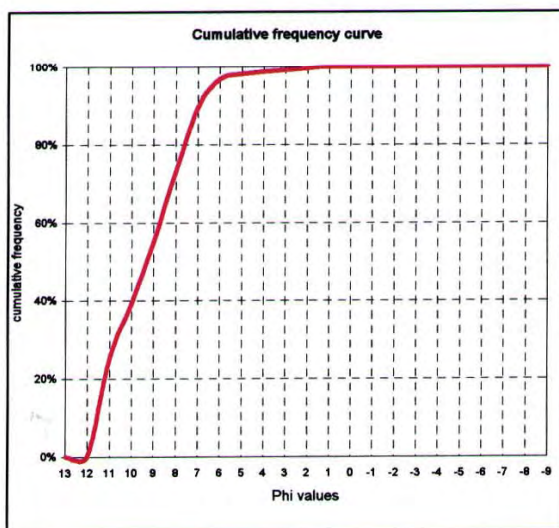
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.01	6.25
90	0.01	6.95
84	0.01	7.34
75	0.00	7.89
50 (Md)	0.00	9.32
25	0.00	11.02
16	0.00	11.37
10	0.00	11.61
5	0.00	11.80

Sediment grain size composition (% Dry weight)

	Clay	Silt	
	54.96%	43.18%	
Pelite			98.15%
Very fine sand	0.53%		
Fine sand	0.46%		
Medium sand	0.46%		
Coarse sand	0.33%		
Very coarse sand	0.07%		
Total sand			1.85%
Pebbles			0.00%
Cobbles			0.00%
Gravel			0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (Mz)	9.34	
Median size (MdØ)	9.32	Clay
Sorting (StØ)	1.85	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	-0.04	Nearly symmetrical
Kurtosis (KØ)	0.73	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST30

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.00 g	0.00%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.34%	100.00%
Medium sand	250 µm	2	0.01 g	0.34%	99.66%
Fine sand	125 µm	3	0.02 g	0.68%	99.32%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.03 g	1.01%	98.65%
Silt	31.3 µm	5	0.60 %	0.59%	97.64%
	15.6 µm	6	2.20 %	2.15%	97.05%
	7.8 µm	7	15.20 %	14.84%	94.90%
	3.9 µm	8	31.70 %	30.95%	80.06%
Clay	2.0 µm	9	26.70 %	26.07%	49.11%
	1.0 µm	10	7.20 %	7.03%	23.04%
	0.5 µm	11	16.40 %	16.01%	16.01%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			2.89 g		

Values from cumulative curve

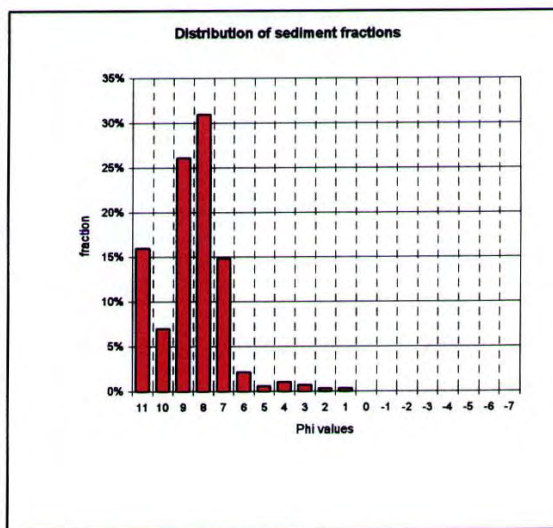
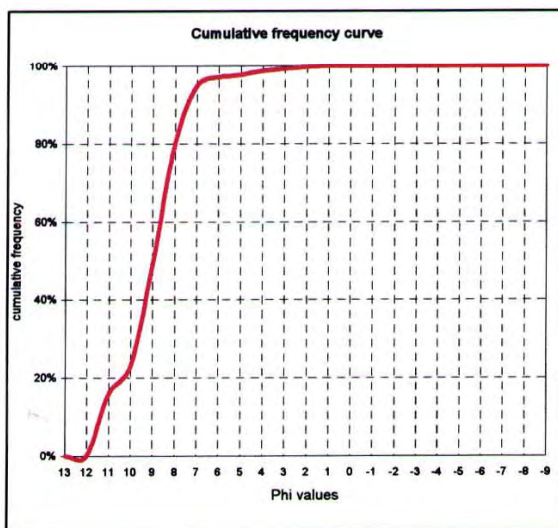
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.01	6.95
90	0.01	7.33
84	0.00	7.73
75	0.00	8.16
50 (MD)	0.00	8.97
25	0.00	9.92
16	0.00	11.00
10	0.00	11.38
5	0.00	11.69

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	49.11%
Silt	48.52%
Pelite 97.64%	
Very fine sand	1.01%
Fine sand	0.68%
Medium sand	0.34%
Coarse sand	0.34%
Very coarse sand	0.00%
Total sand	2.36%
Pebbles	0.00%
Cobbles	0.00%
Gravel	0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	9.24	
Median size (MdØ)	8.97	Silt
Sorting (StØ)	1.53	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	0.20	Positively skewed
Kurtosis (KØ)	1.10	Mesokurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no ST35

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.02 g	0.44%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.22%	99.56%
Medium sand	250 µm	2	0.02 g	0.44%	99.33%
Fine sand	125 µm	3	0.02 g	0.44%	98.89%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.04 g	0.89%	98.45%
Silt	31.3 µm	5	4.80 %	4.68%	97.56%
	15.6 µm	6	8.00 %	7.80%	92.88%
	7.8 µm	7	15.30 %	14.93%	85.07%
	3.9 µm	8	18.10 %	17.66%	70.15%
Clay	2.0 µm	9	18.00 %	17.56%	52.49%
	1.0 µm	10	15.50 %	15.12%	34.93%
	0.5 µm	11	20.30 %	19.80%	19.80%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
Total weight of fraction <63 µm:			4.40 g		

Values from cumulative curve

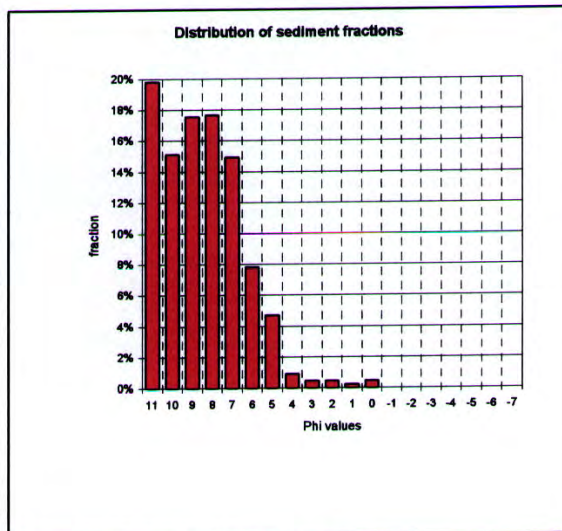
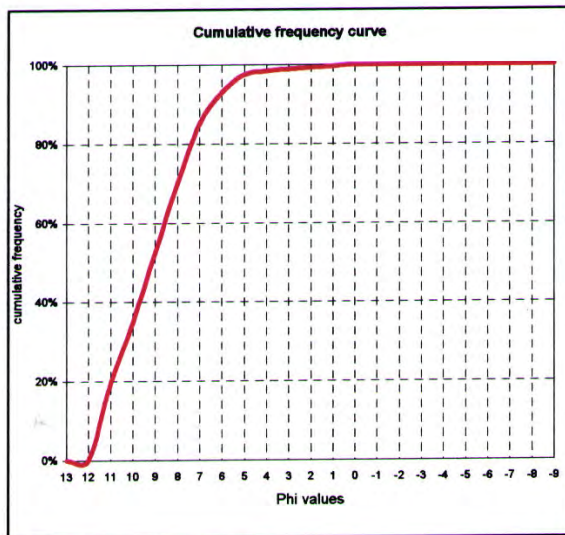
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.02	5.55
90	0.01	6.37
84	0.01	7.07
75	0.00	7.67
50 (MD)	0.00	9.14
25	0.00	10.66
16	0.00	11.19
10	0.00	11.50
5	0.00	11.75

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	52.49%	
Silt	45.07%	
Pelite		97.56%
Very fine sand	0.89%	
Fine sand	0.44%	
Medium sand	0.44%	
Coarse sand	0.22%	
Very coarse sand	0.44%	
Total sand		2.44%
Pebbles		0.00%
Cobbles		0.00%
Gravel		0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M2)	9.14	
Median size (MdØ)	9.14	Clay
Sorting (StØ)	1.97	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	-0.08	Nearly symmetrical
Kurtosis (KØ)	0.85	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

HVALER 96, sample no TORBJØRNSKJÆR

Grain size distribution

(End point data are cumulative weights/fractions, N/A: Not analyzed)

Size grade	Particle size	Phi (Ø)	Data	Freq.	Cum. freq.
Cobbles	512 mm	-9	0.00 g	0.00%	100.00%
	256 mm	-8	0.00 g	0.00%	100.00%
	128 mm	-7	0.00 g	0.00%	100.00%
	64 mm	-6	0.00 g	0.00%	100.00%
Pebbles	32 mm	-5	0.00 g	0.00%	100.00%
	16 mm	-4	0.00 g	0.00%	100.00%
	8 mm	-3	0.00 g	0.00%	100.00%
	4 mm	-2	0.00 g	0.00%	100.00%
	2 mm	-1	0.00 g	0.00%	100.00%
Very coarse sand	1 mm	0	0.00 g	0.00%	100.00%
Coarse sand	500 µm	1	0.01 g	0.17%	100.00%
Medium sand	250 µm	2	0.02 g	0.34%	99.83%
Fine sand	125 µm	3	0.02 g	0.34%	99.49%
Very fine sand	62.5 µm	4	0.03 g	0.51%	99.14%
	31.3 µm	5	1.20 %	1.18%	98.63%
	15.6 µm	6	3.10 %	3.06%	97.44%
	7.8 µm	7	6.90 %	6.81%	94.39%
Silt	3.9 µm	8	12.80	12.62%	87.58%
	2.0 µm	9	15.60	15.39%	74.96%
	1.0 µm	10	14.90	14.70%	59.57%
Clay	0.5 µm	11	45.50 %	44.88%	44.88%
	0.2 µm	12	N/A	0.00%	0.00%
	0.1 µm	13	N/A	0.00%	0.00%
	Total weight of fraction <63 µm:			5.75 g	

Values from cumulative curve

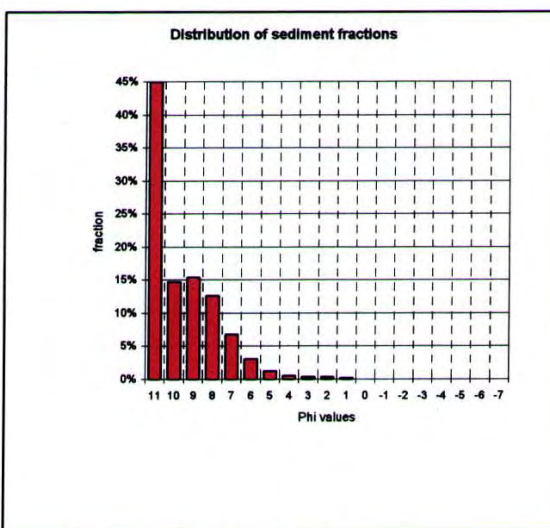
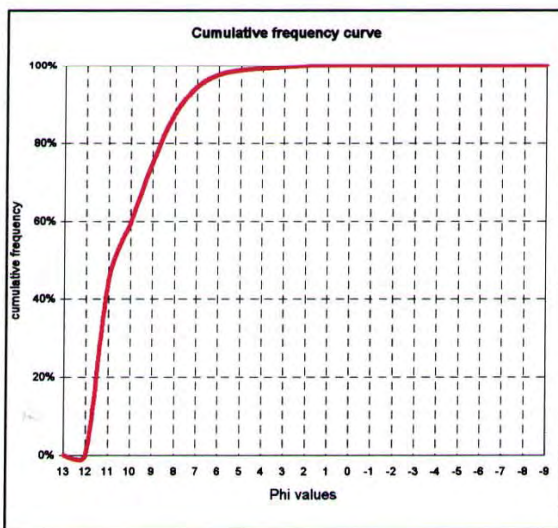
Percentiles	Size (mm)	Phi (Ø)
95	0.01	6.80
90	0.00	7.64
84	0.00	8.28
75	0.00	9.00
50 (MD)	0.00	10.65
25	0.00	11.44
16	0.00	11.64
10	0.00	11.78
5	0.00	11.89

Sediment grain size composition (% Dry weight)

Clay	74.96%
Silt	23.67%
Peilte	98.63%
Very fine sand	0.51%
Fine sand	0.34%
Medium sand	0.34%
Coarse sand	0.17%
Very coarse sand	0.00%
Total sand	1.37%
Pebbles	0.00%
Cobbles	0.00%
Gravel	0.00%

Classification (Udden & Wentworth, modified)

Statistical parameter	phi (Ø)	Sediment characteristics
Mean size (M ₂)	10.19	
Median size (MdØ)	10.65	Clay
Sorting (StØ)	1.61	Moderately sorted
Skewness (SkØ)	-0.46	Very negatively skewed
Kurtosis (KØ)	0.85	Platykurtic



End point data are cumulative fractions.

5.5 Analyseresultater PCB



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : SEDFLOM
 Oppdragsnr. : 95271
 Prøver mottatt : 04.10.96
 Lab.kode : 2048 1-6
 Jobb.nr. : 96/204
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : ug/kg t.v.
 Dato : 12.12.96
 Analytiker : SIG Godkjent: EMB

1: G17 0-1 cm 4: G6 0-1 cm
 2: G1 0-1 cm 5: G8 0-1 cm
 3: G3 0-1 cm 6: G10 0-1 cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	0.3	<0.2	<0.2	0.5	<0.2	0.3
a-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HCB	0.5	1.0	0.3	1.0	3.3	0.5
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 28	0.6	1.6	1.4	3.9	1.4	1.1
PCB 52	0.5	0.9	0.8	2.5	0.8	0.6
OCS	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 101	0.5	1.7	1.0	2.9	1.0	0.9
p,p-DDE	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	0.2	0.2
PCB 118	1.0	2.0	0.9	2.9	1.0	0.9
p,p-DDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 153	1.0	2.1	0.9	2.3	1.0	0.9
PCB 105	mask.	mask.	mask.	0.9	0.4	0.4
PCB 138	1.4	2.4	1.1	2.6	1.2	1.1
PCB 156	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
PCB 180	0.3	0.7	0.5	0.8	0.4	0.4
PCB 209	s. 0.6	s. 0.3	s. 0.6	s. 0.4	<0.2	s. 0.2
SUM PCB	5.8	11.7	6.8	19.1	7.4	6.5
SUM SEVEN DUTCH PCB	5.3	11.4	6.6	17.9	6.8	5.9
%Fett						
%Tørrstoff						

mask. = maskert topp
 s. = suspekt verdi



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : SEDFLOM
 Oppdragsnr. : 95271
 Prøver mottatt : 04.10.96
 Lab.kode : 2048 7-12
 Jobb.nr. : 96/204
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : ug/kg t.v.
 Dato : 12.12.96
 Analytiker : SIG Godkjent: EMB

1: G29 0-1 cm
 2: G28 0-1 cm
 3: G27 0-1 cm
 4: G30 0-1 cm
 5: G35 0-1 cm
 6: Torbjørnskjær 16.9.96 0-2 cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	0.3	0.5	0.6	0.3	0.6	0.4
a-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HCB	0.7	0.9	1.2	0.3	1.1	0.4
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 28	1.2	0.7	0.8	0.4	0.8	0.5
PCB 52	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
OCS	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 101	0.8	0.6	0.7	0.4	0.7	0.4
p,p-DDE	<0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
PCB 118	1.0	1.0	1.6	0.6	1.3	0.6
p,p-DDD	<0.2	<0.2	0.1	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 153	1.0	1.0	1.8	0.8	1.4	0.6
PCB 105	0.4	0.4	0.6	0.3	0.5	0.2
PCB 138	1.3	1.2	2.0	0.8	1.6	0.6
PCB 156	0.2	0.2	0.2	<0.2	0.2	<0.2
PCB 180	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
PCB 209	<0.2	s. 0.2	s. 0.4	s. 0.7	s. 0.3	s. 0.8
SUM PCB	6.7	5.7	8.4	3.8	7.1	3.4
SUM SEVEN DUTCH PCB	6.1	5.1	7.6	3.5	6.4	3.2
%Fett						
%Tørrstoff						

mask. = maskert topp
 s. = suspekt verdi