

NGU Rapport 2009.057

Mareano 2008 - miljøgeokjemiske resultater fra
havområdene utenfor Lofoten – Troms

Rapport nr.: 2009.057		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Mareano 2008 - miljøgeokjemiske resultater fra havområdene utenfor Lofoten - Troms			
Forfatter: H. K. B. Jensen, J. Knies, T. E. Finne og T. Thorsnes		Oppdragsgiver: MAREANO	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 31	Pris: 210,00
		Kartbilag: -	
Feltarbeid utført: 2008	Rapportdato: 15.12.2009	Prosjektnr.: 311703	Ansvarlig: <i>Reidulv Bø</i> Reidulv Bø
<p>Sammendrag:</p> <p>I 2008 ble det tatt sedimentprøver for miljøundersøkelser på 18 prøvetakingsstasjoner på to Mareano-tokt med F/F G.O. Sars; 11 prøvetakingsstasjoner på skråningen på havdyp fra 853 m til 1936 m, 3 prøvetakingsstasjoner på sokkelen på havdyp fra 181 m til 240 m og 4 stasjoner i Andfjorden og Hadsselfjorden når det var for mye vind og bølger for prøvetaking i åpen sjø. Sedimentene ble analysert for innhold av følgende tungmetaller: bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn) og elementene arsen (As) og barium (Ba). Tributyltinn (TBT) i overflatesedimenter ble analysert på 5 utvalgte prøvetakingsstasjoner.</p> <p>Tungmetallnivåene i overflatesedimentene er generelt lave, og havner i Klima- og forurensningsdirektoratets (Klifs) klasse I for fjord- og kystsedimenter med enkelte unntak når det gjelder Pb og Ni. Pb og Ni har på enkelte stasjoner nivåer i Klasse II (moderat forurenset). Tributyltinn (TBT) er registrert på to prøvetakingsstasjoner. Stasjon R301 på skråningen (1936 m) har 16 µg TBT/kg sediment, svarende Klifs klasse 3 (betydelig forurensing), mens stasjon R291 fra Hadsselfjorden hadde 2 µg TBT/kg sediment. En ekstra prøve på stasjon R301 er analysert for å sjekke om det høye TBT-nivået stemmer. Denne nye prøven og de tre øvrige prøvetakingsstasjoner hadde ikke målbar TBT (altså <1 µg/kg sediment). Vår foreløpige konklusjon når det gjelder stasjon R301 er at den høye konsentrasjonen kan skyldes partikler med TBT i en enkelt prøve på stasjon R301.</p> <p>Analyse av sedimentkjerner viser økte konsentrasjoner av Hg og Pb i den øverste delen av kjernene. Økte konsentrasjoner mot toppen av kjernene skyldes trolig langtransport forurensning fra antropogene kilder. Til tross for økte konsentrasjoner av Hg og Pb mot overflaten i disse kjernene, er nivåene likevel innenfor Klifs klasse I forurensningsnivå for Hg og klasse I til II for Pb. Hg øker fra et bakgrunnsnivå på 0,030 til 0,050 mg/kg sediment på stasjon R248 på skråningen og for Pb fra et bakgrunnsnivå på 13 mg/kg sediment til maksimalt 39 mg/kg sediment litt under toppen av kjernen. I mer grove sedimenter på sokkelen øker Hg fra et bakgrunnsnivå på ca. 0,015 mg/kg sediment til 0,030 mg/kg sediment litt under toppen av kjernen, mens Pb øker fra 5 mg/kg sediment til maksimalt 11 mg/kg sediment litt under toppen av kjernen. As øker mot toppen i noen sedimentkjerner. As-nivåene er imidlertid innenfor Klifs klasse I i alle sedimentkjerner, og økningen i toppen kan muligvis tilskrives kjemiske prosesser i sedimentene som fører til økning i de øverste cm.</p> <p>²¹⁰Pb dateringsanalysene fra 5 prøvetakingsstasjoner viser at sedimentasjonsratene varierer fra mindre enn 1,1 millimeter/år til 3,6 millimeter/år. Dateringen av utvalgte kjerner indikerer at økningen i Hg og Pb begynte rundt år 1930.</p>			
Emneord: Maringeologi	Sediment	Forurensning	
Tungmetaller	Arsen	Tributyltinn	
Barium	Miljø	Geokjemi	

INNHold

1.	INNLEDNING	6
2.	TOKT OG PRØVETAKING	7
3.	DATA OG METODIKK	9
4.	KVALITETSKONTROLL	10
5.	RESULTATER	10
5.1	Overflateprøver (0-1 cm).....	10
5.1.1	Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon og karbonat	10
5.1.2	Innhold av tungmetaller, arsen, barium og tributyltinn (TBT)	14
5.2	Analyser av kjerner.....	20
5.2.1	Bly-isotop 210 (²¹⁰ Pb) -datering og sedimentakkumulasjonsrater	20
5.2.2	Organisk karbon, karbonat og svovel innhold	22
5.2.3	Kornstørrelsesfordeling	23
5.2.4	Diskusjon.....	24
5.2.5	Oppsummering	25
5.3	Tungmetaller, barium og arsen i 5 ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjerner.....	26
5.3.1	R209MC003 – Skråningen (1592 m dyp)	26
5.3.2	R248MC010 - skråningen utfor Vesterålen (1254 m havdyp).....	27
5.3.3	Kjerne R276BX049 – skråningen utfor Lofoten (1314 m havdyp)	28
5.3.4	Kjerne R280BMC018 – sokkelen utfor Lofoten (229 m havdyp)	29
5.3.5	R301MC023 – skråningen utfor Lofoten/Vesterålen (1936 m havdyp)	31
6.	OPPSUMMERING	32
7.	REFERANSER	34

FIGURER

- Figur 1. Oversiktskart for Mareano-området m. prøvetakingsstasjoner fra toktene 2003 & 2004, 2006, 2007 og 2008.
- Figur 2. Sediment prøvetakingsstasjonene fra 2008-toktene
- Figur 3. Multicorer utstyr klar for prøvetaking.
- Figur 4. Multicorer sedimentkjerner.
- Figur 5. Kart m. kornstørrelsesfordeling i 0 – 1 cm prøvene fra 18 stasjoner.
- Figur 6. Kart m. total organisk karbon (TOC) i 0 – 1 cm prøvene fra 18 stasjoner.
- Figur 7. Kart m. Pb-konsentrasjonene i 0 – 1 cm prøvene fra 18 stasjoner.
- Figur 8. Kart m. Hg-konsentrasjoner i 0 – 1 cm prøver fra 18 stasjoner
- Figur 9. Kart m. Ni – konsentrasjoner i 0 – 1 cm prøvene fra 18 stasjoner.
- Figur 10. Total ^{210}Pb aktivitet i 5 daterte sedimentkjerner.
- Figur 11. ^{210}Pb alder – dybde kryssplott for 5 daterte sedimentkjerner.
- Figur 12. TOC, karbonat og total svovel dybde plott for 5 kjerner.
- Figur 13. Kornstørrelsesfordeling for 5 ^{210}Pb daterte kjerner.
- Figur 14. Tungmetall, arsen, TOC, karbonat og finstoff i kjerne R209MC003.
- Figur 15. Tungmetall, arsen, TOC, karbonat og finstoff i kjerne R248MC010.
- Figur 16. Tungmetall, arsen, TOC, karbonat og finstoff i kjerne R276BX049.
- Figur 17. Tungmetall, arsen, TOC, karbonat og finstoff i kjerne R280MC018.
- Figur 18. Tungmetall, arsen, TOC, karbonat og finstoff i kjerne R301MC023.

TABELLER

- Tabell 1 Prøvetakingsstasjonene
- Tabell 2 Kornstørrelsesklassifisering
- Tabell 3 Kornstørrelsesfordelinger for overflateprøvene (0 – 1 cm)
- Tabell 4 TOC, karbonat, metaller, arsen og barium minimum, median og maksimumverdier.
- Tabell 5 Metaller, arsen og TBT i Klif tilstandsklasser for forurensede marine sedimenter og overflateprøver fra havområdene utenfor Lofoten og Troms innenfor hver klasse
- Tabell 6 ^{210}Pb dateringsresultater
- Tabell 7 Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium i kjerne R209MC003.
- Tabell 8 Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium i kjerne R248MC010.
- Tabell 9 Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium i kjerne R276BX049.
- Tabell 10 Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium i kjerne R280MC018.
- Tabell 11 Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium i kjerne R301MC023.

VEDLEGG (CD eller tilgjengelig digitalt ved nedlasting fra www.mareano.no)

Vedlegg 1.

Prøveliste og analyseresultater for prøver fra 18 prøvetakingsstasjoner, NGU Lab analyserapport nr.2009.0054. Kornstørrelse, Leco (total S, total C og organisk C), HNO₃-ekstrahert og analysert med AAS (Hg, As, Cd, Pb, Se, Sn) og ICP-AES (31 elementer). Naturlige standarder er inkludert i prøvelisten.

Vedlegg 2

Tributyltinn (TBT). AnalyCen AS analyserapport. 6 analyserte 0 – 2 cm prøver fra 5 prøvetakingsstasjoner.

Vedlegg 3

²¹⁰Pb datering av kjerner fra 5 prøvetakingsstasjoner. DHI Analyserapport nr. 11091401.

Vedlegg 4

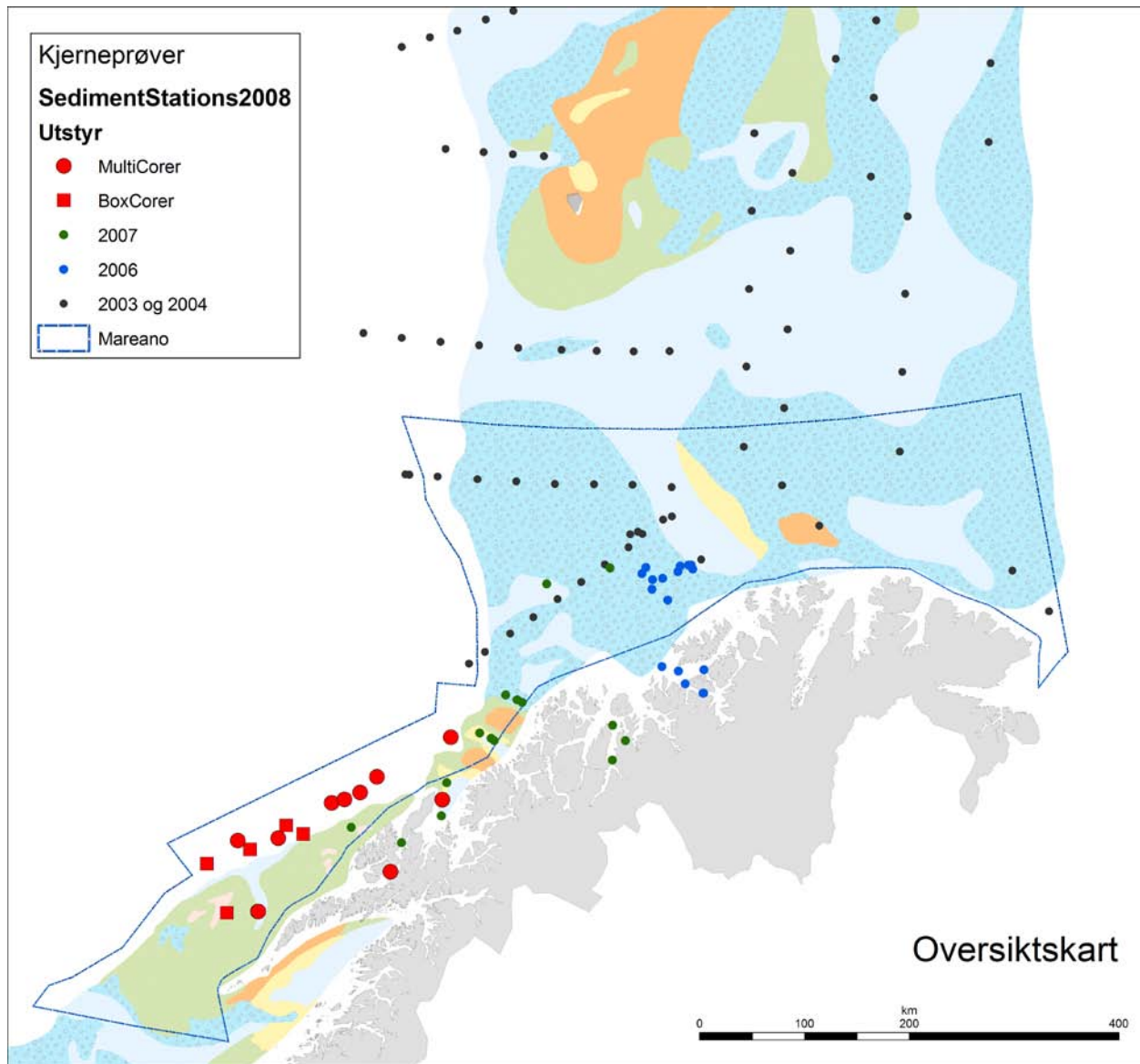
Kart over stasjonsoversikt og analysedata for kornstørrelsesfordeling, andel finstoff (< 63 µm), TOC, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (0 – 1 cm) og TBT (0 – 2 cm). 14 kart.

Vedlegg 5

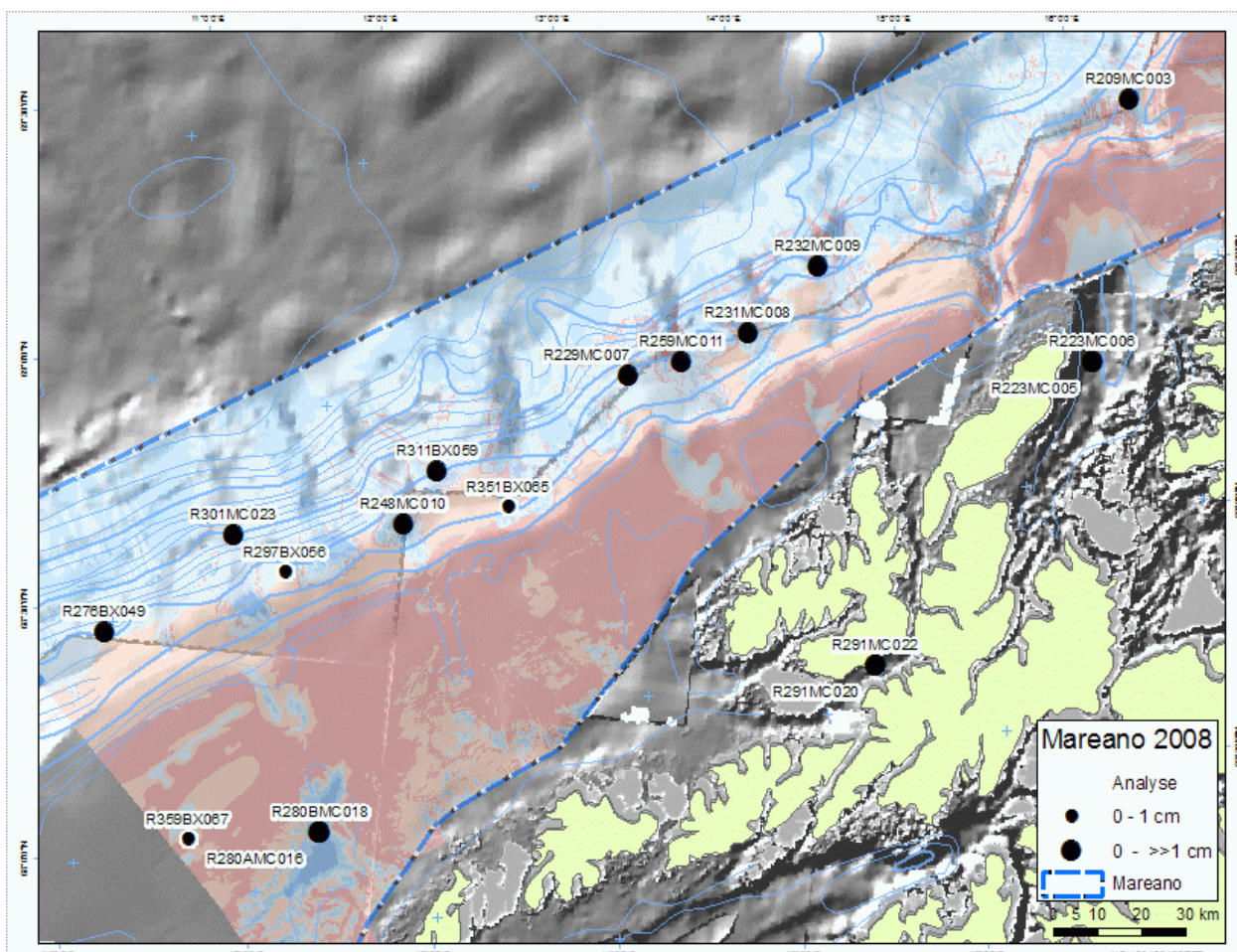
Geokjemiske profiler for samtlige 13 analyserte sedimentkjerner. Parametrene omfatter: TOC (%), <63µm fraksjon (%), karbonatandel (%), As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (alle ppm).

1. INNLEDNING

MAREANO-programmet for 2005-2010 har hatt som mål å kartlegge området vist i Figur 1, som dekker et areal på mer enn 142 000 km². Sedimentprøvetaking fra tidligere MAREANO-tokt og 2 tokter i regi av Havforskningsinstituttet i 2003 og 2004 er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversikt over MAREANO-området og prøvetakingsstasjoner. Prøver tatt i 2008 er vist med røde punkter. Prøvepunktene fra HI-toktene i 2003 og 2004 er vist som svarte punkter (Knies m. fl., 2006). Prøvetaking av sedimenter fra toktet i 2006 er vist som blå punkter (Jensen m. fl., 2007). Prøvetaking av sedimenter fra toktene 2007 er vist som grønne punkter (Jensen m. fl., 2008).



Figur 2. 18 Prøvetakingsstasjoner fra toktene i 2008. Avgrensning av MAREANO-området er vist med blå linje. Små sirkler angir prøvetakingsstasjoner hvor bare overflateprøve (0-1 cm) er analysert. Store sirkler angir prøvetakingsstasjoner hvor hele kjerner er analysert. Brune og rosa farger angir grovkornete sedimenter (grus og sand). Blå farger angir slamholdige (<63µm) sedimenter med varierende innhold av sand og grus. Mer detaljert informasjon om sedimenttyper ses på www.mareano.no/kart/ hvor kategorien bunnsedimenter (kornstørrelse) velges.

2. TOKT OG PRØVETAKING

Toktene i 2008 ble gjennomført i Nordland VII fra nord for Vesterålen i nord til vest for Lofoten i sør. Det ble tatt kjerner på 18 stasjoner (Fig. 2), hvorav 13 med multicorer og 5 med boxcorer. Tabell 1 gir en oversikt over prøvetakingsstasjonene, havdyp og geografiske posisjoner. Det ble tatt sedimentkjerner i Andfjorden (stasjon R223) og Hadsselfjorden (stasjon R291) i perioder med for dårlig vær for operasjoner ute på åpent hav.

Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner

HI Tokt nr.	Stasjon	Område	Geografiske koordinater		Havdyp [m]	Prøvetaker	Kjernelengde [cm]
			Nord	Øst			
2008104	R209MC003	Skråning	69,80000	16,41967	1592	Multicorer	40 cm
	R223MC005	Andfjorden	69,26233	16,32867	483	Multicorer	20 cm
	R223MC006	Andfjorden	69,26233	16,26233	482	Multicorer	20 cm
	R229MC007	Skråning u.	69,14133	13,68317	1108	Multicorer	37 cm
	R231MC008	Skråning	69,25700	14,33350	1238	Multicorer	50 cm
	R232MC009	Skråning	69,40700	14,69600	1408	Multicorer	39 cm
	R248MC010	Skråning	69,78300	12,52983	1254	Multicorer	50 cm
2008114	R259MC011	Skråning	69,18383	13,97633	1877	Multicorer	53 cm
	R276BX049	Skråning,	68,47583	10,96600	1314	Boxcorer	16 cm
	R280AMC016	Sokkel	68,13683	12,30033	230	Multicorer	25 cm
	R280BMC018	Sokkel	68,13700	12,30517	229	Multicorer	25 cm
	R291MC020	Hadsselfjorden	68,60817	15,24250	140	Multicorer	39 cm
	R291MC022	Hadsselfjorden	68,60817	15,24250	140	Multicorer	35 cm
	R297BX056	Skråning	68,65283	11,90783	807	Boxcorer	1 cm
	R301MC023	Skråning	68,71100	11,59183	1936	Multicorer	36 cm
	R311BX059	Skråning	68,89967	12,67417	1336	Boxcorer	33 cm
	R351BX065	Skråning	68,84683	13,10033	853	Boxcorer	1 cm
	R359BX067	Sokkel	68,08633	11,59983	181	Boxcorer	1 cm

Prøvetakingsutstyret består av en multicorer som har 6 rør med 106 millimeter indre diameter (Fig. 3 og Fig. 4). Rørenes lengde er 60 cm.



Figur 3. Multicoreren på vei ut fra skipssiden på F/F G.O. Sars, klar for prøvetaking. Bildet er fra toktet i juni 2008.



Figur 4. Multicorer prøverør med sedimentkjerne på dekket av F/F G.O. Sars. Seks gjennomsiktige pleksiglassrør med indre diameter 106 millimeter benyttes. Bildet viser tre sedimentkjerne fra stasjon R209 (skråningen). Lengden på rørene er 60 cm. Lengdene av sedimentkjernene er 37- 40 cm.

3. DATA OG METODIKK

Ombord ble det gjennomført skiving av hver cm fra Ø106 mm prøvetakingsrør. Prøvene ble pakket i polyetylenposer med lynlås før innfrysing til -18°C . Ved NGU Lab ble frysetørking og uttak til følgende analyser gjennomført:

- Innvekt 0,38 g for bestemmelse av totalinnhold av svovel og karbon og 0,50 g for bestemmelse av organisk karbon (TS, TC og TOC) ved hjelp av Leco.
- Innvekt 1,0 g til HNO_3 -ekstraksjon etter NS 4770 for påfølgende analyse med ICP-AES og AAS.

Det er brukt varierende prøvemengde for våtsikting med sikteåpning 16, 8, 4, 2 og 1 mm, samt 500, 250, 125 og 63 μm (avhengig av antatt kornstørrelsesfordeling). Fraksjonen mindre enn 2 mm er så analysert for kornstørrelse med Coulter laserdiffraksjon, slik at kornfordelingskurve kan beregnes for kornstørrelse ned til 0,4 μm . Siktefraksjonene er bevart.

Vedlegg 1 gjengir analyserapporten fra NGU Lab i sin helhet. Analyserapporten inneholder ytterligere opplysninger om analysemetoder og -kvalitet. Eksterne analyser er gjennomført for tributyltinn (TBT) og ^{210}Pb -datering. De eksterne analyserapportene er presentert i Vedlegg 2 og Vedlegg 3.

4. KVALITETSKONTROLL

For kvalitetskontroll er det satt inn to forskjellige sedimentprøver fra Trondheimsfjorden i prøvesettet. Prøvene heter standard Hynne fra indre Trondheimsfjord og standard KDF tatt utenfor Killingdal flotasjonsanlegg i Trondheim havn. Det er gjennomført 10 parallelle analyser av hver av de to innsatte sedimentprøvene. Analyseresultatene er presentert sammen med de øvrige resultatene i Vedlegg 1.

5. RESULTATER

Geokjemiske data fra samtlige analyser finnes i Vedleggene 1-3. I de fleste sammenhenger benyttes konsentrasjonseenheten mg/kg sediment. Denne er ekvivalent med ppm (parts per million), som er benyttet der plasshensyn krever det. For å kunne operere med datasett for alle observasjoner er alle analyseresultater rapportert < deteksjonsgrense satt til verdien $0,5 \times$ deteksjonsgrense for det gjeldende stoff.

5.1 Overflateprøver (0-1 cm)

De geokjemiske resultatene for overflateprøvene (0-1 cm) presenteres for å få oversikt over dagens miljøtilstand. Parametrene som presenteres her er sedimentenes sammensetning (kornstørrelsesfordeling), innhold av organisk karbon (TOC), innhold av karbonater og innholdet av tungmetallene kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn), samt elementene arsen (As) og barium (Ba). I tillegg er utvalgte prøver analysert for innhold av tributyltinn (TBT) ved et eksternt analyselaboratorium, Eurofins Norge AS ().

5.1.1 Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon og karbonat

I utgangspunktet er prøvetaking for miljøanalyser gjennomført i områder med finkornige sedimenter. Disse sammenfaller oftest med dype områder. Her kan det forventes mer stabile avsetningsforhold enn på grunnere områder. De fleste prøvetakingsstasjoner er valgt ut før tokt på bakgrunn av multistråledata (dybde og backscatter). Prøvetaking planlegges der en forventer at det avsettes finkornige sedimenter, typisk i dypere havområder. Kornstørrelser og sedimenttyper er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Kornstørrelser og type sediment (DNV, 2001; Buchanan, 1984)

sikte diameter (μm)	Beskrivelse
4.000	Grus
2.000	
1.000	Grov sand
500	
355	Medium sand
250	
180	Fin sand
125	
90	Veldig fin sand
63	
< 63	Silt
< 2	Leir

Finkornige sedimenter og organisk materiale, som oftest finnes sammen, binder forurensende stoffer til seg i høyere grad enn mer grovkornige sedimenter, som i mindre grad er i stand til å binde de forurensende stoffer til seg.

Tabell 3 viser kornstørrelsesfordelingen i leire, silt, sand og grusfraksjonene i overflateprøvene. Kornstørrelsesdataene for overflateprøvene (0-1 cm) finnes i Vedlegg 1.

Kornstørrelsesfordelingen i overflatesedimentene er vist i Figur 5. Overflatesedimentene karakteriseres som sandig silt (6) med litt leir, siltig sand (5), silt med litt sand og leir (3), grus- og siltig sand (3) og grusholdig sandig silt (1) etter en modifisert versjon av Folk (1954). Siltig sand på sokkelen tyder på at det er såpass høy energi at sand utgjør mesteparten på disse stasjonene. Det er overveiende siltige sedimenter på skråningen med varierende innhold av sand og leir. Det er lavere energinivå her enn på sokkelen, grunnet de større havdyp. Det er imidlertid 3 stasjoner i den sørlige delen av skråningen, R276, R297 og R351 med siltig og grusholdig sand. De mer grovkornede sedimentene på disse 3 stasjonene tyder på at det forekommer sterkere havstrømmer her enn de andre stasjonene på skråningen (Fig. 5). Antall prøver i er vist i parentes. Finstoff omfatter silt og leir (<63 μm diameter). Silt (2-63 μm) er sammen med sand (63-2000 μm) de dominerende fraksjoner i de fleste overflateprøvene. Leir (<2 μm) utgjør en mindre del av prøvene, med en maksimal andel på 13,4 %. Sediment i grusfraksjonen finnes i 4 av de 18 overflateprøvene, og utgjør maksimalt 10,9 %. Tre av disse 4 stasjonene er på skråningen på store havdyp. Forekomst av grus på slike havdyp kan tyde på relativ sterke havstrømmer ved disse prøvetakingsstasjoner.

Tabell 3. Kornstørrelsesfordeling, TOC, CaCO_3 og total svovel for overflateprøvene (0-1 cm kjernedyp) fra de 18 prøvetakingsstasjonene.

Sedimentfraksjon	Min.	Gjennomsnitt	Max.
Leire [%]	2,3	5,6	13,4
Silt [%]	14,4	48,6	80,7
Sand [%]	7,7	44,9	78,6
Grus [%]	0,0	1,1	10,9
TOC [vekt %]	0,39	1,32	4,66
Karbonat [vekt %]	3,6	25,0	56,9
Svovel [vekt %]	<0,01	0,13	0,40

Innhold av organisk karbon (TOC) er vist i Figur 6. TOC-verdiene varierer fra 0,39 vekt % fra prøvetakingsstasjon på sokkelen utfor Lofoten (R280) til 4,66 vekt % for en prøve fra Hadsselfjorden (R291). Den andre overflateprøven fra stasjon R291 i Hadsselfjorden har også en høy TOC verdi på 4.13 %. Sammenligning av TOC-verdiene fra stasjonene på skråningen med sokkelen viser at TOC-verdiene fra skråningen er signifikant høyere enn TOC-verdiene fra prøvene på sokkelen, som har verdier rundt 0,5 %.

Andelen av karbonat i sedimentene beregnes fra LECO-dataene, og gjøres ut fra antakelsen om at det karbon (C) som ikke er av organisk opprinnelse, er bundet til karbonat (CaCO_3).

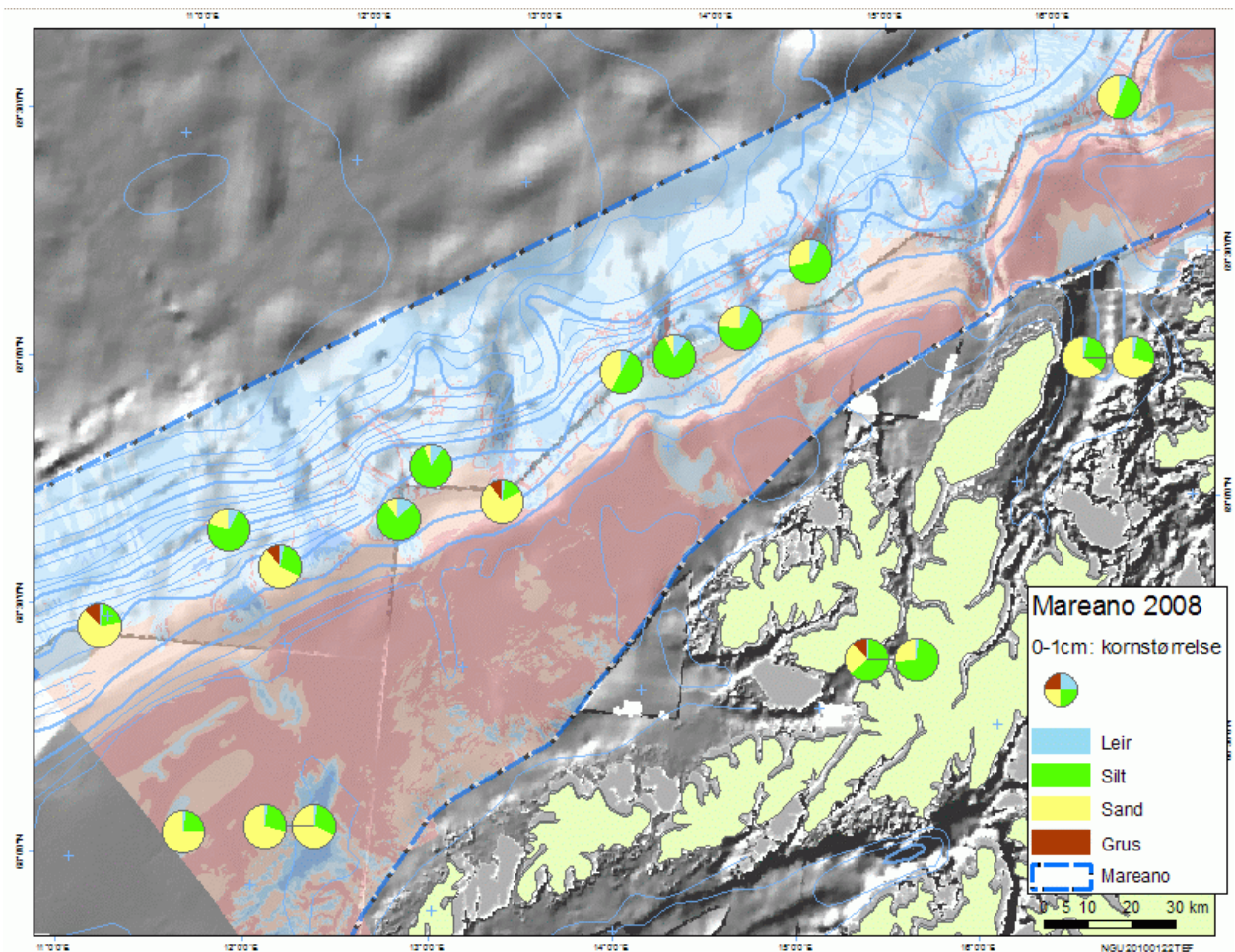
Karbonatverdiene i vektprosent beregnes fra følgende formel:

$$(\text{TC}^1 - \text{TOC}) \times (\text{CaCO}_3/\text{C}) = (\text{TC} - \text{TOC}) \times 8,33$$

¹ TC er innholdet av total karbon, målt med LECO.

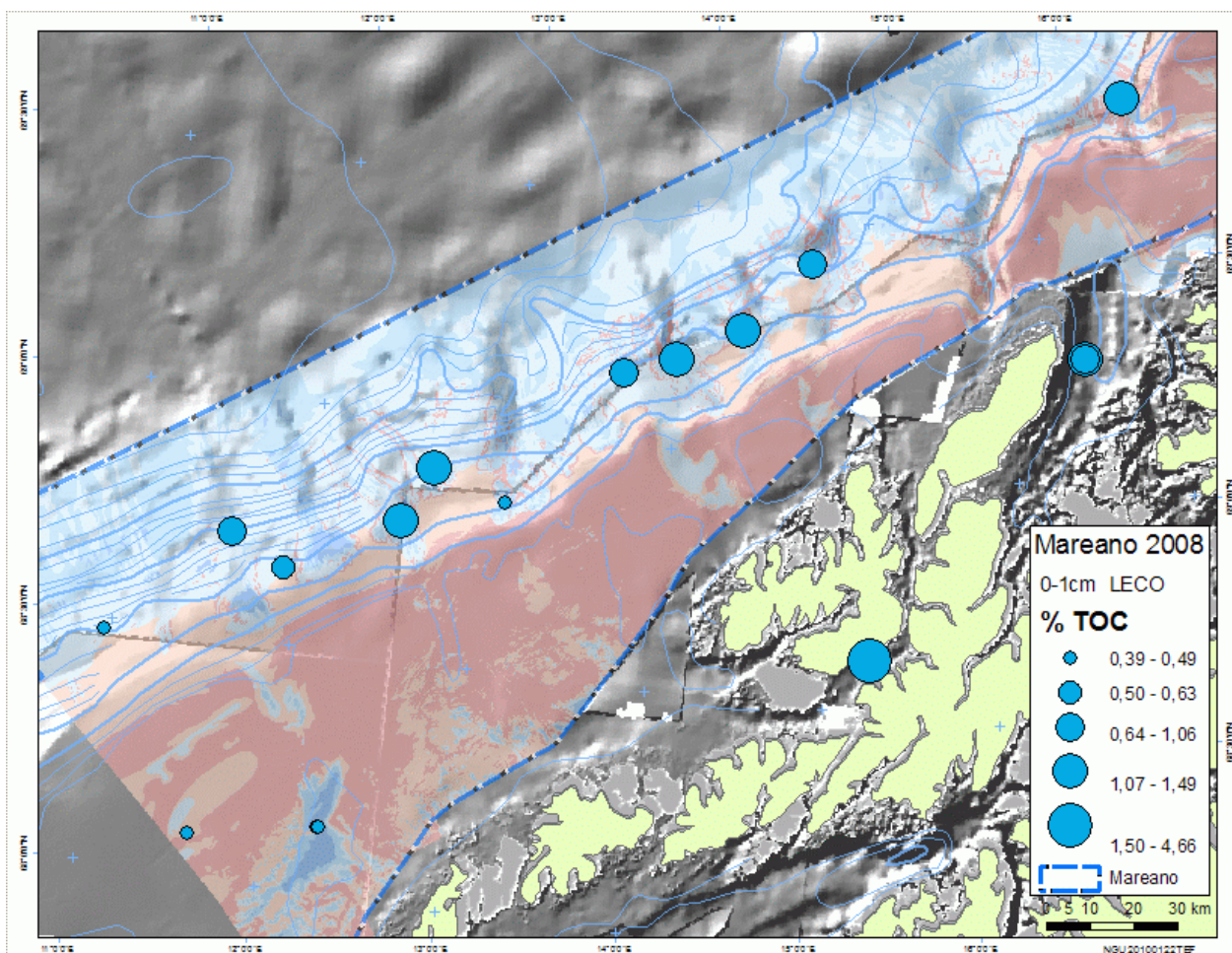
Andelen av karbonat varierer fra 3,6 til 57 vekt %, med et gjennomsnitt på 25,1 vekt %. Det antas at karbonat i sedimentene har en biologisk opprinnelse hovedsaklig fra bentiske og planktoniske organismer med kalkskjell. Også andre organismer med kalkskjell kan bidra til karbonatinnholdet i sedimentene, eksempelvis brachiopoder.

De tre prøvene fra sokkelen har alle lave karbonatandeler (4-7 %), mens fjordprøvene har de høyeste karbonatnivåene på ca. 40 % i Hadsselfjorden og 52-57 % i de to prøvene fra Andfjorden. De 11 prøvene fra skråningen har karbonat varierende fra 13 % til 35 %. Det er generelt lave svovelverdier (S) i prøvene hvilket tyder på at overflatesedimentene ikke har vært utsatt for reduserende forhold. De høyeste S-verdiene har de 2 overflateprøvene fra Hadsselfjorden, med henholdsvis 0,40 % og 0,33 %, hvor også de høyeste TOC-verdiene er målt. Høy andel av svovel kan skyldes etablering av reduserende forhold i sedimentene, noe som vil omdanne svovel fra sulfat i sjøvann til sulfidmineraler i sedimentene gjennom sulfatreduksjon.



Figur 5. Kornstørrelsesfordeling med prosentandel leir, silt, sand og grus. Leir og silt utgjør til sammen finstoffet ($< 63\mu\text{m}$) (slam(mudder) i sedimentene.

TOC-verdiene er vist i Figur 6. Finstoff og organisk materiale avsettes primært i områder med lavt energinivå i vannmassene, typisk på dypt vann med svake havstrømmer. Avsetning av finstoff og organisk materiale gir bedre grunnlag for binding av blant annet tungmetaller og andre forurensende stoffer.



Figur 6. TOC-konsentrasjoner i overflatesedimentene (0-1 cm) fra 18 prøvetakingsstasjoner. Bemerk at de lave TOC-verdiene er sammenfallende med mer grove sedimenter vist i Figur 5.

5.1.2 Innhold av tungmetaller, arsen, barium og tributyltinn (TBT)

Det er analysert for tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), tinn (Sn) samt arsen (As) i overflateprøvene fra samtlige 18 prøvetakingsstasjoner, og tributyltinn (TBT) på 5 utvalgte prøvetakingsstasjoner. Tungmetall- og arsen-konsentrasjonene i sedimentprøvene sammenlignes med Klif sitt klassifiseringssystem for forurensingsnivåer i sedimenter i kyst- og fjordområder (Molvær m. fl., 1997; SFT, 2007). Dette har følgende klasser:

Klasse I: ubetydelig – mindre forurensing; klasse II: moderat forurensing; klasse III: betydelig forurenset; klasse IV: sterkt forurenset; klasse V: meget sterkt forurenset

I tillegg er resultatene for barium (Ba) inkludert. Erfaringene med barium i sedimentene i Skagerrak gjør dette relevant, fordi det ble påvist tilførsel av barium fra boreslam brukt i Nordsjøen og avsatt med havstrømmer i Skagerrak (Sæther m. fl., 1996; Thorsnes og Klungsøyr, 1997). Kartlegging av Ba kan dels bidra til vurdering av hvorvidt det er skjedd utslipp i forbindelse med boreaktiviteter i områder med olje-/gassleting og produksjon, og dels etablere basisnivåene i Nordland VII, hvor det i fremtiden kan bli tale om olje-/gassaktiviteter. Det ble

eksempelvis påvist svakt forhøyede konsentrasjoner av Ba i en sedimentprøve tatt i 2004 av HI i nærheten av Snøhvit (Knies m. fl., 2006). Tabell 4 gir minimum, median og maksimumverdier for de anførte stoffene for 2008-tokt prøvene. Kart for tungmetallene, arsen, barium og TBT konsentrasjonene i overflatesedimentene finnes i Vedlegg 4.

Arsen (As)

As-konsentrasjonene varierer fra 2,9 til 12,9 mg/kg tørrvekt sediment med en medianverdi på 8,9 mg/kg sediment. De største konsentrasjonene er i sedimentprøvene fra skråningen. Alle prøver er i tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<20 mg/kg sediment), ifølge SFT-veilederen 2229.

Bly (Pb)

Pb-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 6,8 til 35,1 mg/kg sediment tørrvekt, vist i Figur 7. Prøver fra 13 stasjoner er i tilstandsklasse I (<30 mg/kg sediment) og prøver fra 5 prøvetakingsstasjoner er i tilstandsklasse II (30-120 mg/kg sediment) angitt med grønn farge i Figur 7. De høyeste Pb-konsentrasjonene er målt i prøver fra skråningen. De økte konsentrasjonene øverst i sedimentkjernene tyder på en økt tilførsel, sannsynligvis forårsaket av langtransportert bly, og dermed en svak forurensing av sedimentene. Pb blir presentert i utvalgte sedimentkjerner i avsnitt 5.3.

Kadmium (Cd)

Cd-konsentrasjonene varierer fra <0,02-0,23 mg/kg sediment. Alle prøver har Cd-konsentrasjoner svarende til Klif klasse I (<0,25 mg/kg). De høyeste Cd-konsentrasjonene er i de 4 prøvene fra stasjoner i Andfjorden og Hadsselfjorden, mens prøvene fra skråningen generelt har lavere Cd-konsentrasjoner. De laveste konsentrasjonene er i prøvene fra shelfen.

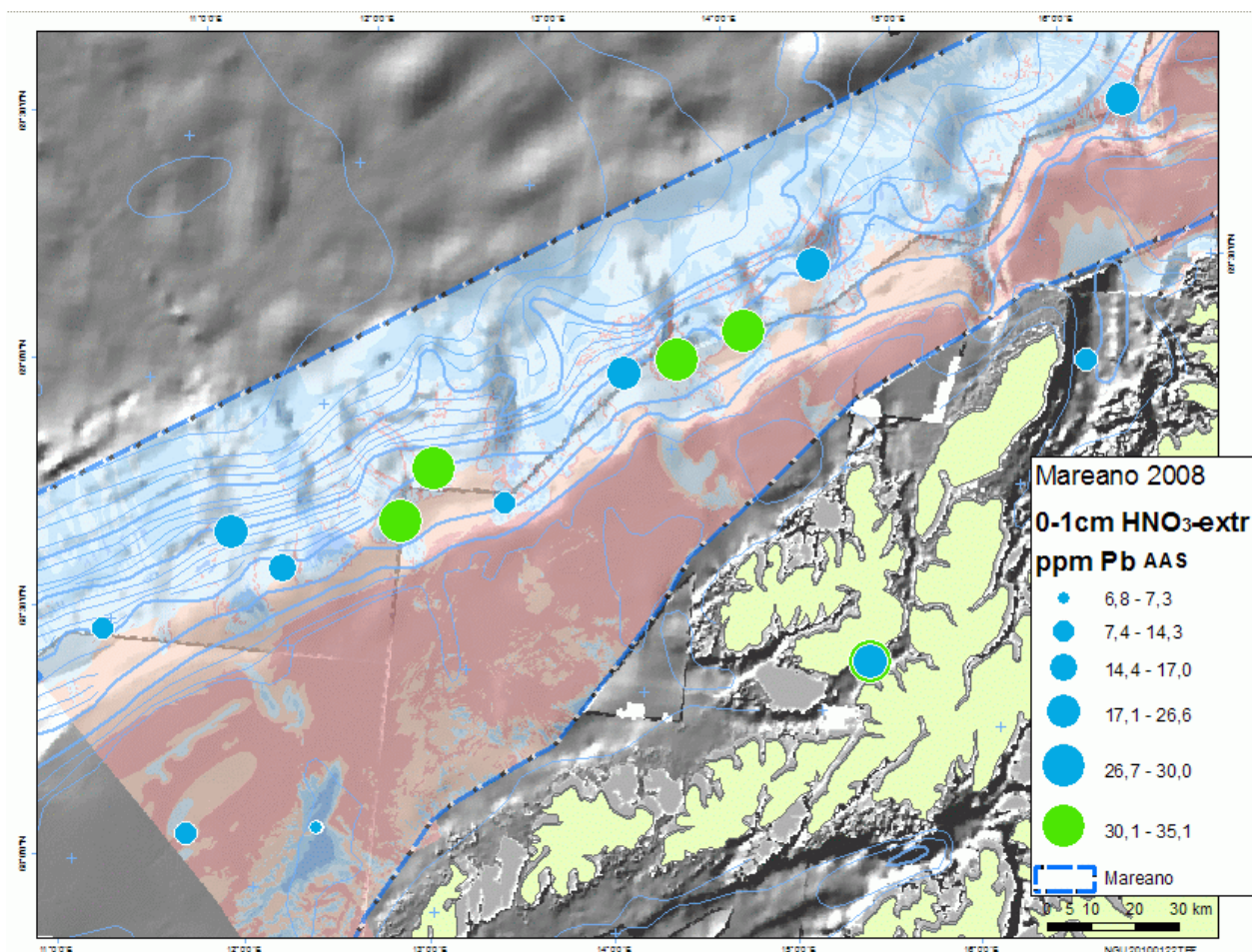
Tabell 4. Minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen, barium og sølv fra 0-1 cm prøvene på 18 prøvetakingsstasjoner. Tributyltinn er analysert i 6 prøver, herav 2 prøver fra stasjon R301 (0-2 cm).

Kjemisk stoff	Minimum	Medianverdi	Maksimum
Arsen (As) [mg/kg]	2,9	8,7	12,9
Bly (Pb) [mg/kg]	6,8	22,2	35,1
Kadmium (Cd) [mg/kg]	0,03	0,13	0,22
Kobber (Cu) [mg/kg]	3,1	14,8	22,4
Krom (Cr) [mg/kg]	10,4	21,1	30,3
Kvikksølv (Hg) [mg/kg]	0,012	0,031	0,050
Nikkel (Ni) [mg/kg]	9,7	20,7	37,4
Sink (Zn) [mg/kg]	27,1	51,7	77,8
Barium ³ (Ba) [mg/kg]	49,6	135,0	270,0
Sølv ¹ (Ag) [mg/kg]	< 2	-	-
Tributyltinn ² (TBT) [µg/kg]	< 1,0	-	16

¹ Sølv, som er på SFTs liste, er analysert men ikke påvist i sedimentene.

² TBT, analysert ved eksternt laboratorium (Vedlegg 2).

³ Ba er ikke på SFTs liste, men er av interesse i forhold til utslipp av barytt i forbindelse med boreoperasjoner.



Figur 7. Pb i overflateprøvene (0-1 cm) fra MAREANO 2008-toktene.

Kobber (Cu)

Cu er registrert i samtlige prøver, med konsentrasjoner fra 3,1 til 22,4 mg/kg sediment. Samtlige 18 overflateprøver er i klasse I for Klif fjord- og kystsedimenter (<35 mg/kg sediment).

Krom (Cr)

Krom varierer fra 10,4 til 30,3 mg/kg sediment, og samtlige 18 prøver er i Klifs tilstandsklasse I for kyst og fjordsedimenter (<70 mg/kg sediment).

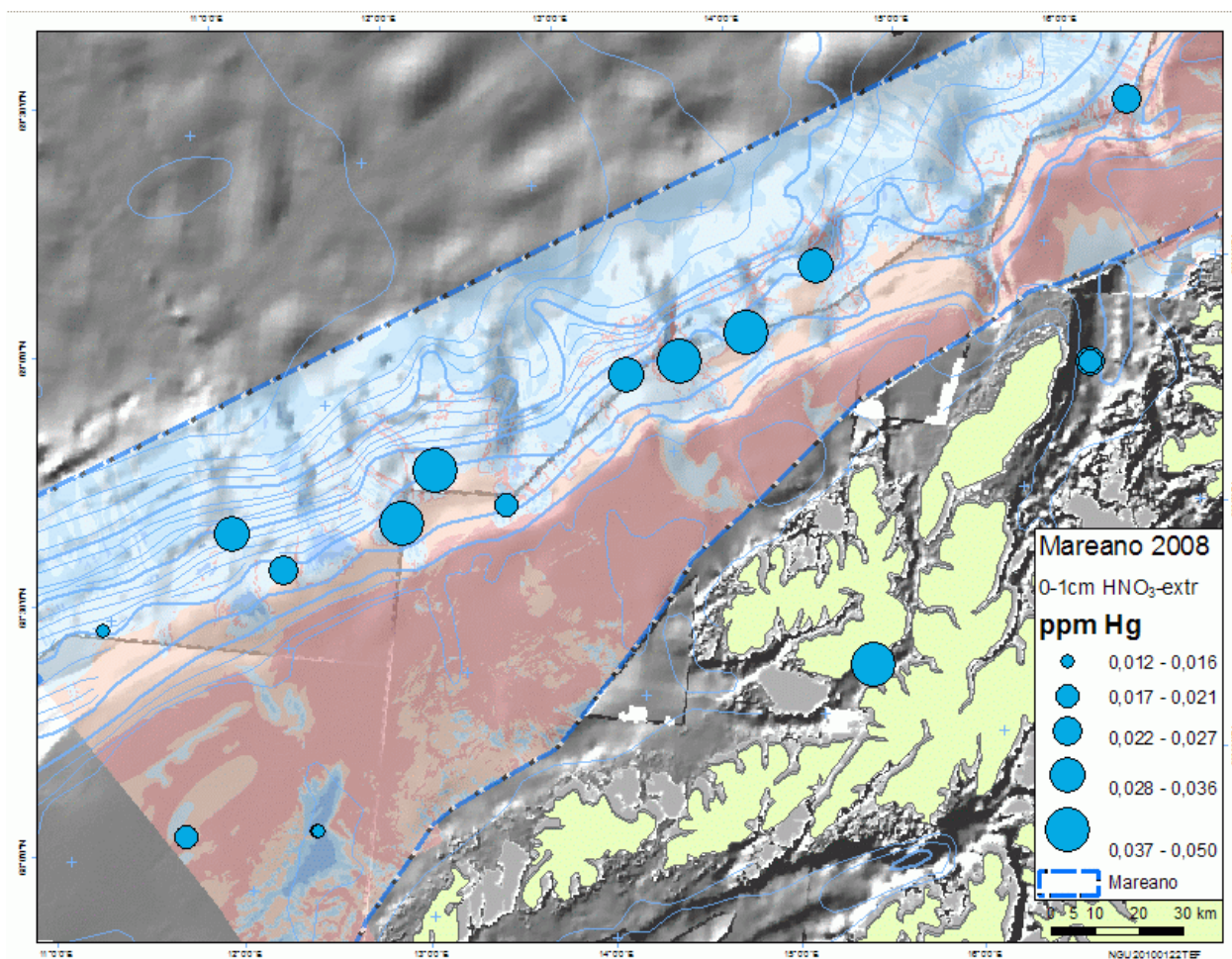
Kvikksølv (Hg)

Hg er registrert i overflateprøvene på samtlige prøvetakingsstasjoner. Laveste verdi er 0,012 mg/kg sediment og høyeste verdi er 0,050 mg/kg sediment på stasjon R259 på 1877 m havdyp på skråningen (Fig. 8). Alle Hg-verdiene er i tilstandsklasse I (<0,15 mg/kg sediment) i Klifs klasser for fjord- og kystsedimenter.

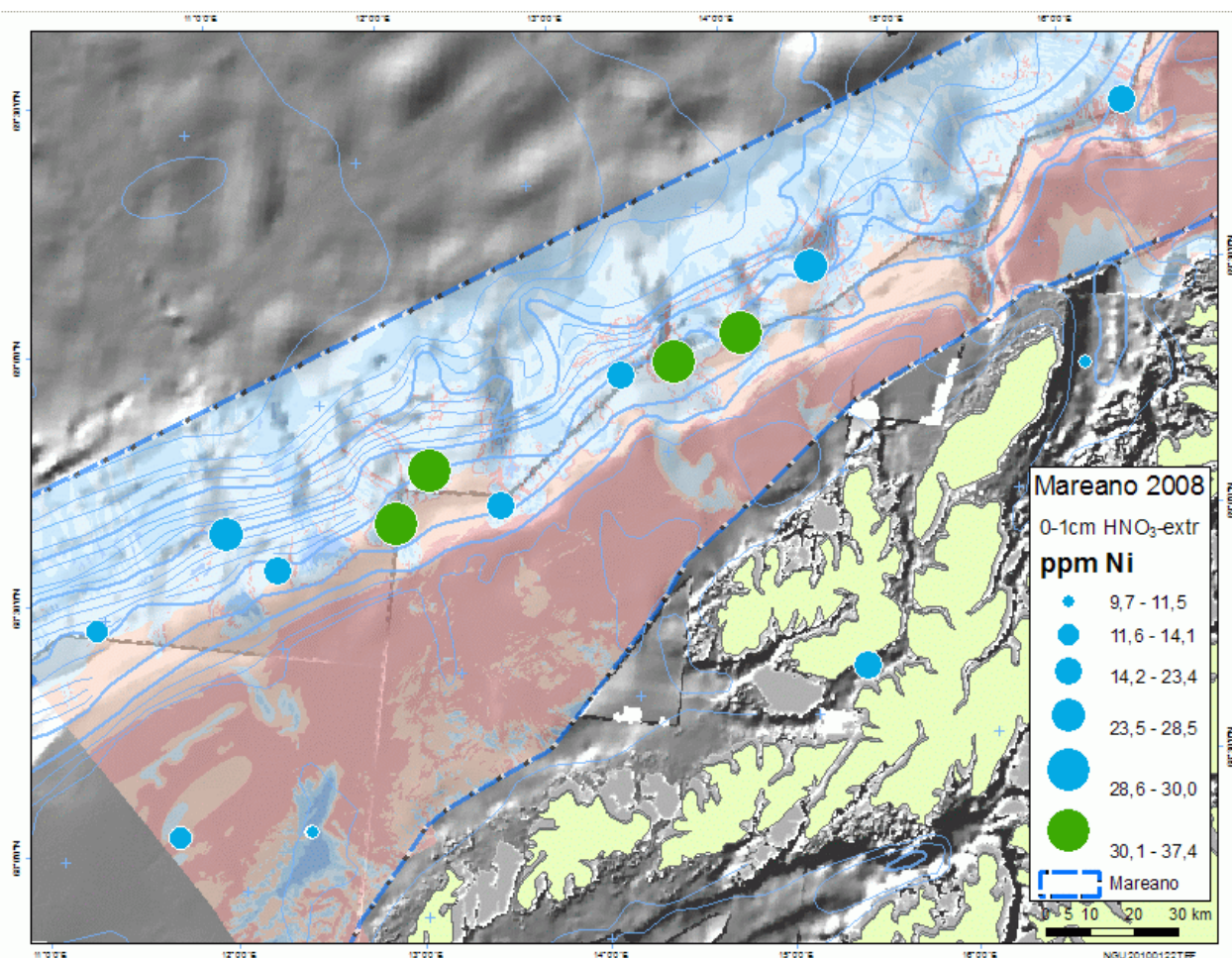
Nikkel (Ni)

Nikkel varierer fra 9,7 til 37,4 mg/kg sediment. Fire av de i alt 18 prøvene tilhører tilstandsklasse II (30-130 mg/kg sediment ~ moderat forurenset). De 4 stasjonene i tilstandsklasse II er vist med grønn farge. De høyeste konsentrasjonene er alle fra stasjoner på skråningen (Fig. 9).

Lokalitetene på skråningen i tilstandsklasse II skyldes neppe forurensning, da Ni-konsentrasjonene stort sett er uendrede fra dypere i disse kjernene. Det naturlige bakgrunnsnivå på disse stasjonene er derfor relativt høyt (se avsnitt 5.3).



Figur 8. Hg-konsentrasjon i overflateprøver (0-1 cm) fra MAREANO-toktene i 2008.



Figur 9. Ni-konsentrasjoner i overflateprøvene (0-1 cm) fra MAREANO-toktene i 2008.

Sink (Zn)

Zn-konsentrasjonen varierer fra 27,1 til 77,8 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasse I (<150 mg/kg sediment). Høyeste konsentrasjoner er i prøvene fra skråningen og i Hadsselfjorden.

Barium (Ba)

Ba-konsentrasjonen varierer fra 50 til 270 mg/kg sediment med de høyeste konsentrasjonene i sedimentene på skråningen.

Tributyltinn (TBT)

TBT er et stoff som brukes for å hindre algevekst på skipsskrog, og er en meget toksisk, organisk tinnforbindelse (Braastad, 2000). TBT er registrert over deteksjonsgrensen (1 µg/kg sediment) på 2 av 5 utvalgte prøvetakingsstasjoner. Stasjon R301 fra skråningen har en TBT-konsentrasjon på 16 µg/kg sediment tørrvekt, svarende til Klif klasse 3 forurensingsnivå (betydelig forurenset). Den høye TBT-konsentrasjonen på en prøvetakingsstasjon på skråningen hvor det i utgangspunktet ikke forventes forurensing gjør at mulige kilder for kontaminering er blitt vurdert. Det ble derfor analysert en ny prøve fra den samme stasjonen for å bekrefte eller avkrefte det første resultatet. Den nye prøven hadde ikke TBT (<1 µg/kg sediment). Den

foreløpige vurdering er at det har vært partikler med TBT i den ene prøven og ikke i den andre prøven fra stasjon R301. Hvor partiklene eventuelt stammer fra er ukjent.

Prøven fra stasjon R291 fra Hadsselfjorden har TBT-konsentrasjon på 2 µg/kg sediment tørrvekt, svarende til moderat forurensede sedimenter. Det er mulig at forurensing enten fra de nærmeste tettstedene eller skipstrafikk bidrar til TBT på denne stasjonen. TBT er under deteksjonsgrensen (1µg/kg sediment tørrvekt) på de 3 øvrige stasjonene fra skråningen. Tabell 5 oppsummerer antall prøver for tungmetallene, arsen og TBT i forhold til Klif tilstandsklassene I-V for marine sedimenter i kystnære områder.

Tabell 5. Klima og forurensingsdirektoratets (Klifs) marine forurensingsklassifisering for metaller og uorganiske elementer i fjorder og kystsedimenter (Molvær m. fl., 1997; SFT-veileder 2229, 2007). Uthevet skrift viser antall 0-1 cm prøver i hver klasse.

Parametere	Forurensingsnivåer				
	I Ubetydelig – mindre forurensing	II Moderat forurenset	III Betydelig forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Arsen (mg/kg)	<20	20 – 52	52 – 76	76 – 580	>580
As	18	0			0
Bly (mg/kg)	<30	30 – 83	83 – 100	100 – 720	>720
Pb	13	5	0	0	0
Kadmium (mg/kg)	<0,25	0,25 – 2,6	2,6 – 15	15 – 140	>140
Cd	18	0	0	0	0
Kobber (mg/kg)	<35	35 – 51	51 – 55	55 – 220	>220
Cu	18	0	0	0	0
Krom (mg/kg)	<70	70 – 560	560 – 5900	5900 – 59000	>59000
Cr	18	0	0	0	0
Kvikksølv (mg/kg)	<0,15	0,15 – 0,63	0,63 – 0,86	0,86 – 1,6	>1,6
Hg	18	0	0	0	0
Nikkel (mg/kg)	<30	30 – 46	46 – 120	120 – 840	>840
Ni	14	4	0	0	0
Sink (mg/kg)	<150	150 – 360	360 – 590	590 – 4500	>4500
Zn	18	0	0	0	0
Sølv (mg/kg)	<0,3	0,3 – 1,3	1,3 – 5	5 – 10	>10
Ag	18	0	0	0	0
TBT (µg/kg)	<1	1 – 5	5 – 20	20 – 100	>100
	4	1	1	0	0

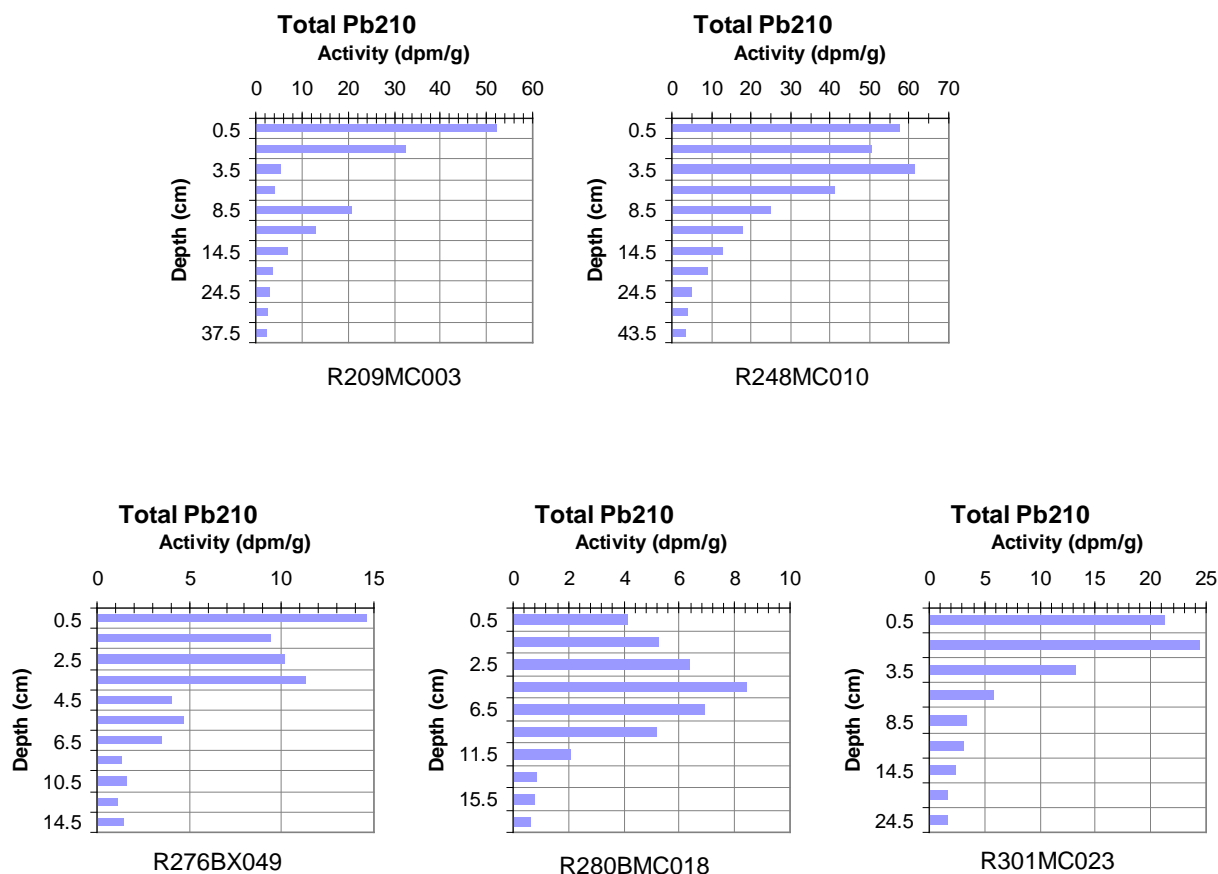
5.2 Analyser av kjerner

5.2.1 Bly-isotop ^{210}Pb -datering og sedimentakkumulasjonsrater

Bestemmelse av akkumulasjonsrater er viktig for å vurdere om det skjer en tilførsel av sedimenter og hvorvidt denne tilførsel er stabil eller preget av perioder med manglende avsetning, og hvorvidt det er erosjon eller manglende sedimentasjon. Alderen på de øverste sedimentlagene og dermed beregningen av sedimentakkumulasjonsrater kan bestemmes ved måling av ^{210}Pb -aktiviteten i sedimentene. Isotopen ^{210}Pb har en halveringstid på 22.3 år. Bakgrunnsverdien for ^{210}Pb bestemmes ut fra mengden av bakgrunnsstråling ^{210}Pb (= "supported" ^{210}Pb), som er uavhengig av sedimentasjon. Bestemmelsen av ^{210}Pb bakgrunnsstråling skjer fra de dypere sjiktene i sedimentet, hvor konsentrasjonen er konstant, idet all atmosfærisk nedfall av ^{210}Pb (= "unsupported" ^{210}Pb) er nedbrutt. Datering og bestemmelse av sedimentakkumulasjonsrater ble gjennomført på fem sedimentkjerner i studieområdet (Tabell 6). ^{210}Pb målinger ble foretatt av DHI i Danmark (www.dhi.dk) og resultatene er presentert i Figur 10 og 11. Dateringsrapporten i sin helhet finnes i Vedlegg 3. Basisalderen av alle kjerner varierer betydelig og indikerer store variasjoner i sedimentasjonshastigheter for de 5 valgte prøvetakingsstasjonene.

Tabell. 6: Daterte sedimentkjerner fra MAREANO-toktene i 2008. MAR = masse akkumulasjonsrate; LSR = lineær sedimentasjons rate

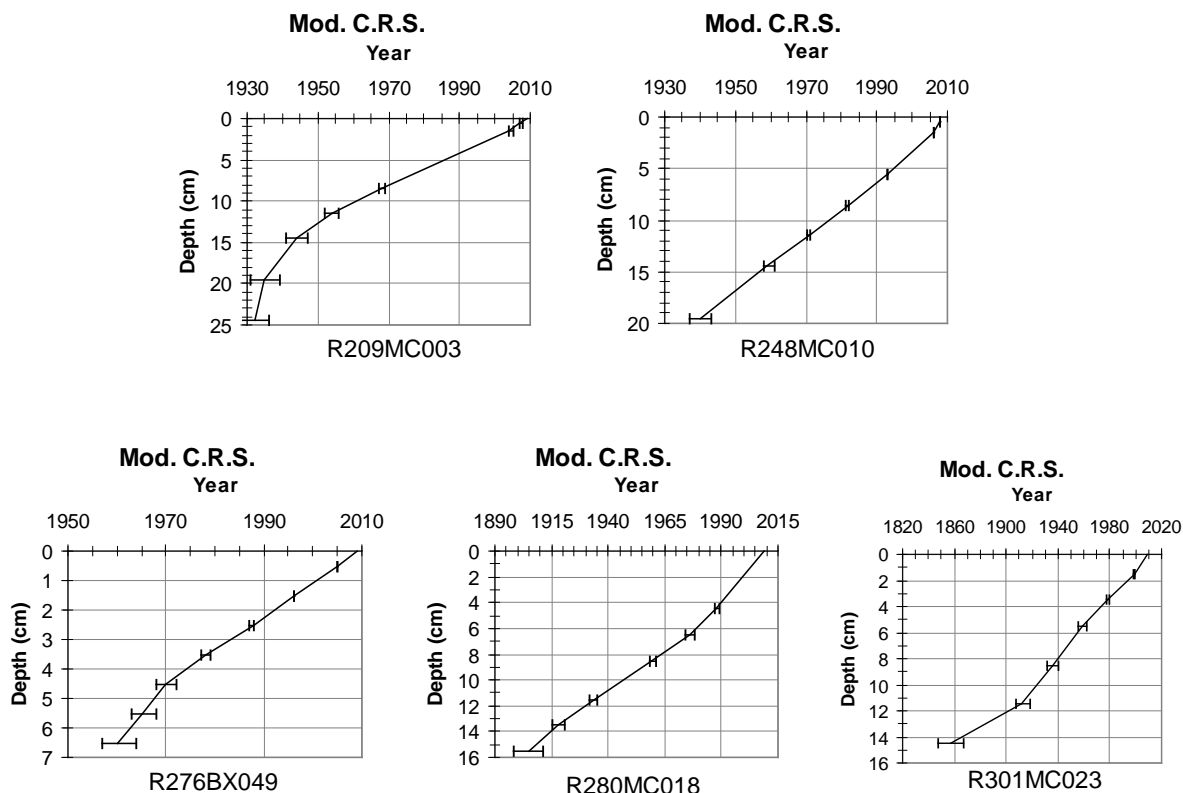
Stasjon	Lokalitet	MAR g*m2*år	LSR mm/år	Alder/Dyp år A.D./cm	Kvalitet på datering
R209MC003	Skråning nord for Vesterålen/Andfjorden	904 ±120	1.8		Meget usikker
R248MC010	Skråning vest for Vesterålen/Lofoten	1.015 ±46	3.6	1940/19.5	God
R276BX049	Skråning vest for Lofoten	861 ±210	1.1		Meget Usikker
R280MC018	Sokkelen vest for Lofoten	1.197±135	1.2	1900/15	Usikker
R301MC023	Skråningen vest for Vesterålen/Lofoten	590 ±81	1.5	1860/14.5	God



Figur 10: Total ^{210}Pb aktivitet (dpm/g) i daterte sedimentkjerner fra 2008 Mareano-toktene.

Resultatene fra skråningen viser et ujevnt mønster av ^{210}Pb -konsentrasjon med fallende innhold i alle kjerner (Fig. 10). Lineær sedimentasjonsrate i overflatesedimenter (0-2 cm) i R301MC023 er på 1,5 mm/år med en basisalder på $\sim 1860 \pm 5$ år i de øverste 14 cm dyp (Tab. 6, Fig. 11). Betydelig større avsetning av overflatesedimenter (0-2 cm) er påvist i kjernen fra R248MC010 (3.6 mm/år). Dateringer av sedimentene viser en konstant reduksjon i ^{210}Pb innhold ned til ~ 20 cm, tilsvarende 1940 ± 5 år (Fig. 10). Forstyrrelser av sedimentasjonsprosessen i forbindelse med strømerosjon ("winnowing") og avsetning av de sedimentene som er blitt mobilisert gjennom turbulens ("focussing") er påvist i kjernene R209MC003, R280MC018, og R276BX049 (se diskusjon nedenfor). Dateringen tyder på at det har skjedd en betydelig endring i sedimentasjonsmønster omkring 5 cm kjernedyp, tilsvarende \sim år 1996 i R209MC003. Dette baseres på en markant endring i ^{210}Pb -innhold (Fig. 10). Basisalderen ble derfor ikke beregnet. I kerne R280BMC018 øker ^{210}Pb innholdet fra 0,5 cm ned til 4,5 cm for deretter å falle markant i dypere prøver (Fig. 10). Ekskluderer man de øverste 3 prøvene, så ser man en fin lineær sammenheng mellom dybden og alder (Fig. 11) slik at alderen kan beregnes nedover i kjernen (\sim år 1900 ved 15 cm dyp). Likevel er dateringen usikker fordi sedimentologiske og geokjemiske data viser at sedimentene sannsynligvis representerer rasmasser. En slik dynamisk prosess vil ha

forstyrret avsetningsmønsteret og påvirket dateringsresultatene. Alternativt er finkornet materialet blitt vasket bort av strøm (se nedenfor). I kjerne R276BX049 er ^{210}Pb -innholdet nokså varierende i de øverste 7 cm. Deretter er innholdet av ^{210}Pb nær konstant og tilsvarer "supported" ^{210}Pb . Siden variasjonen i de øverste lag er veldig høy, betraktes dateringene (Fig. 10) som meget usikker.

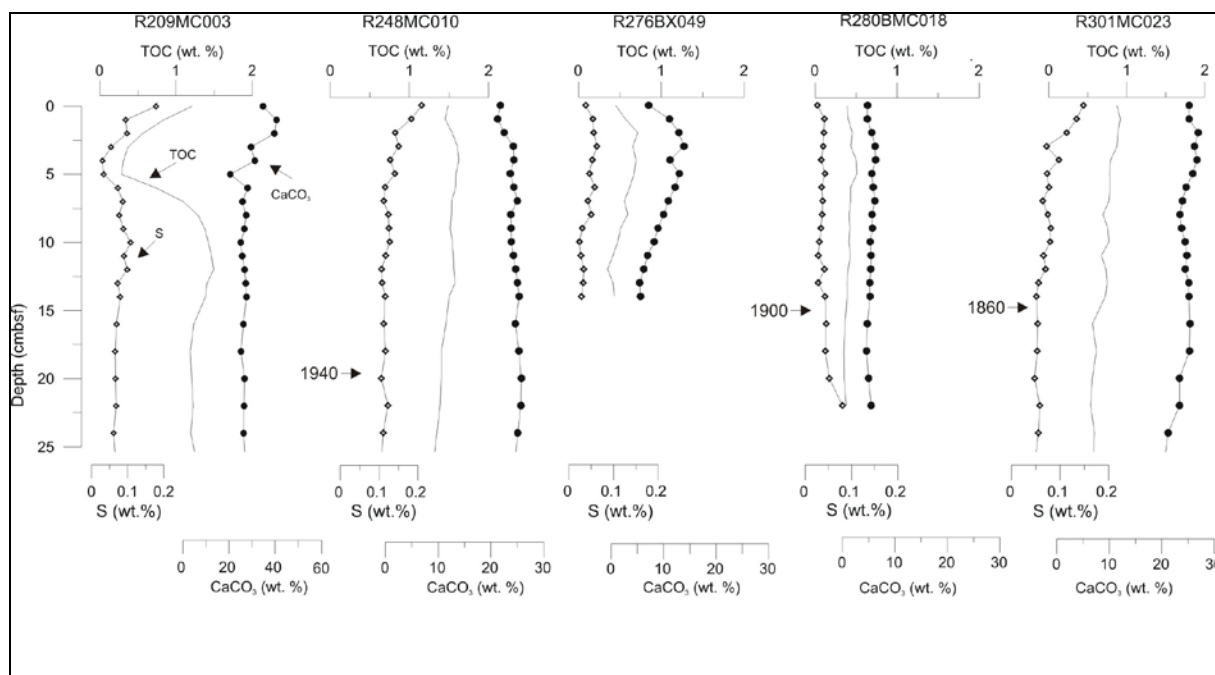


Figur 11. Alder - dybdekryssplot for fem ^{210}Pb -daterte kjernene.

5.2.2 Organisk karbon, karbonat og svovel innhold

Det er observert lite variasjon i TOC og CaCO_3 i R301MC023 og R248MC010 (Fig. 12). Verdiene ligger på rundt 1,0 til 1,5 vekt % for TOC og rundt 20 til 25 vekt % for CaCO_3 . Innholdet av svovel (S) overstiger ikke 0,2 vekt %. R209MC003 viser et markant fall i TOC mellom 2 og 5 cm dyp fra 1,5 vekt % til mindre enn 0,5 vekt % (Fig. 12). Deretter stiger konsentrasjonen av TOC til 1,5 vekt % og holder seg konstant til bunnen av kjernen. CaCO_3 innholdet holder seg konstant mellom 25 og 40 vekt %. Kjernen fra shelfen (R280BMC018) viser betydelig lavere TOC og CaCO_3 verdier (henholdsvis 0,5 og 5 vekt %) enn kjernene fra skråningen (Fig. 12). Variasjonen i innholdet av TOC og CaCO_3 er veldig liten. I kjerne

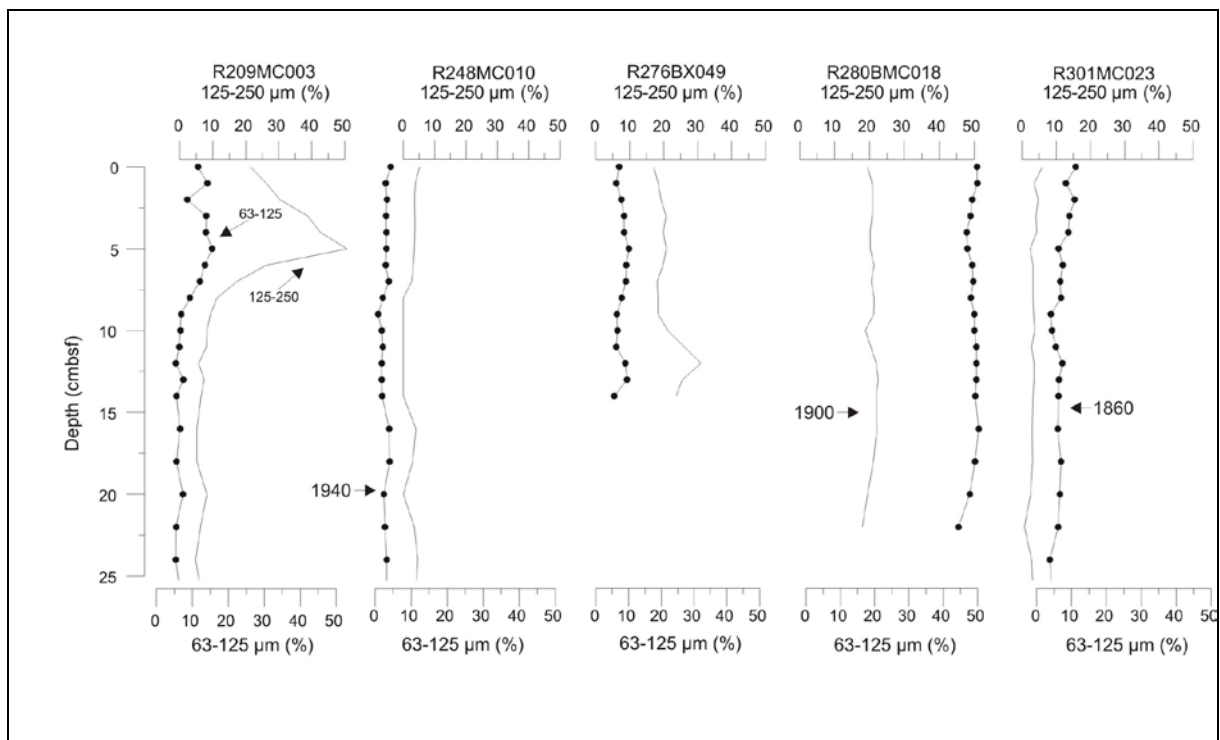
R276BX049 faller derimot TOC og CaCO₃ verdiene fra toppen (0,5-1,0 og 5,0-10,0 vekt %) mot bunnen (<0,5 og 5 vekt %). Ingen store endringer er påvist i S-innholdet (<0,2 %).



Figur 12. Variasjoner i organisk karbon, karbonat og svovel i sedimenter fra 5 ²¹⁰Pb-daterte kjerner. Dybdeskala til venstre er i cm.

5.2.3 Kornstørrelsesfordeling

Tre forskjellige avsetningsmiljøer kan skilles ut basert på kornfordelingskurver i studieområdet (Fig. 13). Kjernene R248MC010 og R301MC023 viser at finstoff (<63 μm) er hovedkomponenten (~70 %) i sedimentene fra skråningen. Sammen med de høye TOC og CaCO₃ verdiene indikerer det et rolig, hemipelagisk avsetningsmiljø med lite eller ingen erosjon. I to kjerner fra marginen (R209MC003 og R276BX049) øker den grovere fraksjonen (125-250 μm) betydelig (Fig. 13). Andelen av 125-250 μm-fraksjon er betydelig høyere og ligger på 10-50 % i forhold til <10 % i de to andre kjernene fra skråningen, R248MC010 og R301MC023 (Fig. 12). Hovedgrunnen er antakeligvis et dynamisk sedimentasjonsmiljø preget av sterke bunnstrømmer, med erosjon og sedimenttransport langs skråningen. Denne konklusjonen støttes gjennom meget usikre dateringer basert på varierende ²¹⁰Pb-innhold i de to kjernene. Også store TOC variasjoner med lavere verdier i de grovere sedimentlagene tyder på mer ustabile avsetningsforhold. Derimot er den grovere fraksjonen dominerende på shelfen (R280BMC018). Andelen av 63-250 μm-fraksjonen ligger på ~70 % av det totale. Finkornet materiale er stort sett vasket bort på grunnen av erosjon og sedimenttransport på sokkelen. Lave TOC verdier (<0,5 vekt %) støtter argumentet.



Figur 13. Variasjoner i kornfordelingen (fraksjoner 63-125µm; 125-250 µm) fra Lofoten-marginen. Dybdeskalaen til venstre viser cm under havbunnen.

5.2.4 Diskusjon

På grunnlag av detaljerte studier av overflatesedimenter konkluderte Hebbeln et al. (1998) at CaCO_3 -konsentrasjoner reflekterer fluksen av Atlantisk vann i Norskehavet. Langs skråningen er karbonatsignalet vanligvis fortynnet gjennom en relativt høy andel av terrigent materiale. CaCO_3 innholdet varierer vanligvis mellom 20 og 40 vekt %, og består hovedsakelig av mikrofossiler av karbonat. I de fleste av våre kjerner med en høy andel av finkornet materiale (>70 %) varierer CaCO_3 -innholdet mellom 20 og 30 vekt % (Fig. 12). Øker andelen av det terrigene materialet (hovedsakelig sand), slik det er påvist i R276BX049 og R209MC003 (Fig. 13), så synker CaCO_3 innholdet (delvis under 10 vekt %) (Fig. 12). Likevel er sedimentasjonshastigheten større i det rolige, hemipelagiske avsetningsmiljøet (R248MC010) enn i områder med høy tilførsel av grove sedimenter (for eksempel R280BMC018) (Tab.6). Vi konkluderer derfor at endringer i sedimentasjonshastighet har liten betydning for trenden i CaCO_3 kurvene.

Lateral sedimenttransport enten i vannsøylen eller på havbunnen er sannsynligvis den viktigste prosessen for å forklare ulike konsentrasjoner av CaCO_3 og TOC i sedimentene. Det er åpenbart når man sammenlikner kjerne R280BMC018 fra sokkelen og R248MC010 fra skråningen (Figur 12 og 13). Det dynamiske avsetningsmiljøet på sokkelen preget av sterke havstrømmer

forårsaker lateral transport av mikrofossiler av karbonat og utvasking av det finkornige materialet i R280BMC018. Grove, sandige sedimenter er generelt ikke TOC-rike siden organisk karbon er hovedsakelig knyttet til finstoff (Hedges og Keil, 1995). Mens lett transporterbare sedimenter vaskes bort, er grove sedimenter oppkonsentrert. Langs skråningen er det noen steder observert et stabilt hemipelagisk avsetningsmiljø (R248MC010) som fører til en høy andel av både finstoff, TOC og CaCO_3 (Figurer 12 og 13). Laterale transport eller erosjonsprosesser på havbunnen forklarer også de ustabile sedimentasjonsforhold i R209MC003. Fjerning av finkornede sedimenter betyr også mindre TOC i sedimentene og fører til høyere andel av grovkornede sedimenter. Nøyaktige dateringer basert på ^{210}Pb blir dermed vanskelige på slike prøvetakingsstasjoner.

5.2.5 Oppsummering

Sedimentasjonshastigheter på sokkelen og skråningen varierer mellom 1 og $\sim 3,6$ mm/år. Endringer i sedimentasjonshastigheter har lite betydning for TOC og CaCO_3 innholdet. Dynamiske avsetningsforhold markert gjennom varierende kornfordelingsmønstre på sokkelen og skråningen kontrollerer den geokjemiske sammensetningen av sedimentene. Bunnstrømmer på sokkelen og skråningen forårsaker trolig erosjon av finkornige sedimenter og sedimenttransport langs bunnen. Et stabilt avsetningsmiljø med en sedimentasjonsrate på opptil 3,6 millimeter/år, og høyere verdier av organisk karbon og karbonat enn på sokkelen, er observert på noen stasjoner langs skråningen. Datering basert på ^{210}Pb -metodikk er mest troverdig i det rolige, hemipelagiske avsetningsmiljøet langs skråningen.

5.3 Tungmetaller, barium og arsen i 5 ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjerner

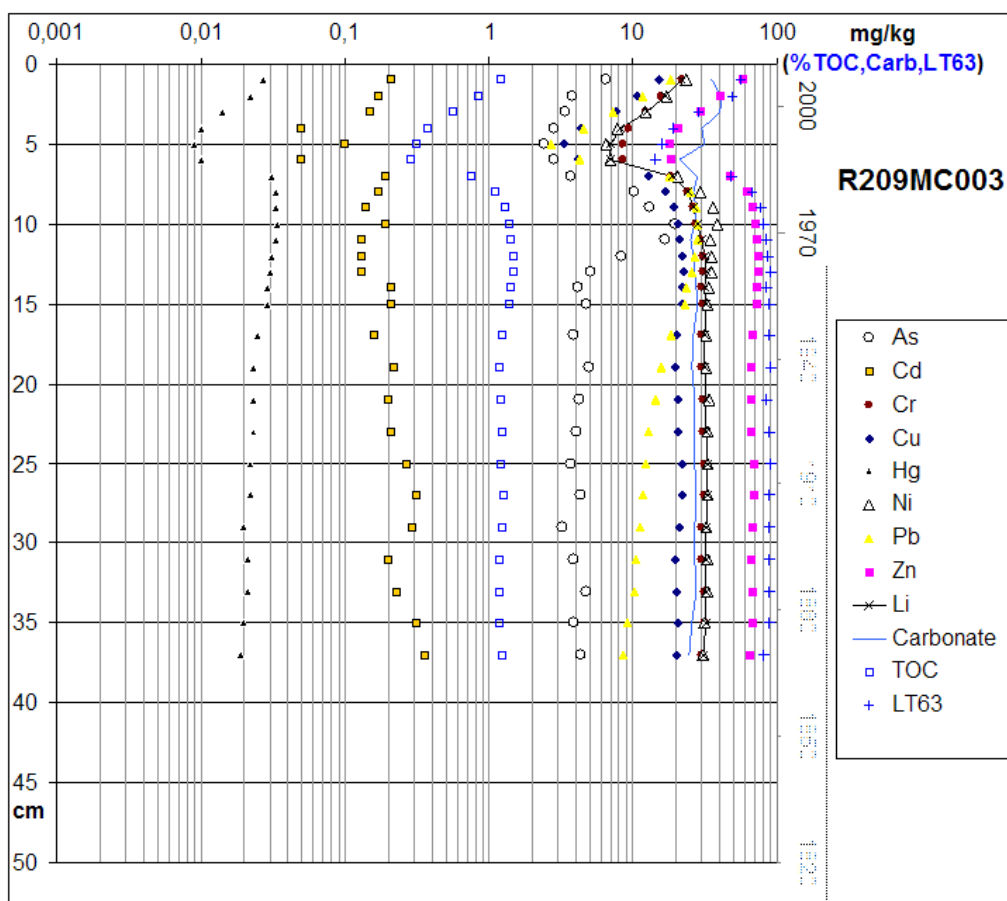
Variasjoner i tungmetall-, barium- og arsenkonsentrasjoner i 5 ²¹⁰Pb-daterte kjerner gjør det mulig å vurdere hvorvidt det skjer en endring i tilførsel og binding av disse stoffene i de øverste sedimentene, svarende til nyere tid. Endringer i tungmetallkonsentrasjoner kan skyldes naturlige forhold eller komme som resultat av menneskelig påvirkning. Alle analyserte sedimentkjerner er presentert i Vedlegg 5.

5.3.1 R209MC003 – Skråningen (1592 m dyp)

Det er generelt lave nivåer av samtlige tungmetaller og arsen i denne kjernen fra marginen/skråningen nord for Andøya (Fig. 14, Tab. 7). Det er en markant reduksjon ved 6 cm dyp i innhold av arsen og tungmetaller, sammenfallende med en endring i kornstørrelse fra finstoff til siltholdig sand, og en reduksjon i TOC fra ca. 1,3 % TOC ved 8 cm dyp til 0,3 % TOC ved 6 cm. Over 6 cm endres kornstørrelsen igjen gradvis til finstoff, og økte konsentrasjoner av arsen og tungmetaller mot toppen av sedimentkjernen opptrer. Vedrørende det markante skifte i kornstørrelse, TOC, tungmetallkonsentrasjoner og arsen vises det til diskusjonen i avsnitt 5.2.3. Tungmetallene og arsen er i høy grad knyttet til finkornede sedimenter og organisk karbon i sedimentene. Det markante skiftet i kjernen gjør det vanskelig å vurdere hvorvidt det er økt antropogen tilførsel av tungmetaller mellom 8 cm dyp og sedimentoverflaten. Det ses en svak økning i Hg og Pb fra bunnen av kjernen opp til 7 cm under overflaten. ²¹⁰Pb-dateringen (avsnitt 5.2.1) antyder at det markante skifte i sedimentene ved 7 cm dyp (Fig. 14) skjedde rundt 1980, selv om dateringen for denne kjernen vurderes å være meget usikker.

Tabell 7. Kjerne R209MC003 (0-37 cm) minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium

No. samples		As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu ppm	Hg ppm	Ni Ppm	Pb Ppm	Zn Ppm
<i>N</i> = 26	Min.	2,1	44	0,07	8,4	3,3	0,010	6,4	5,6	17,6
	Med.	6,7	264	0,18	29,7	19,8	0,023	32,3	19,6	66,1
	Max.	21,6	287	0,34	31,1	22,1	0,034	37,7	39,1	73,6



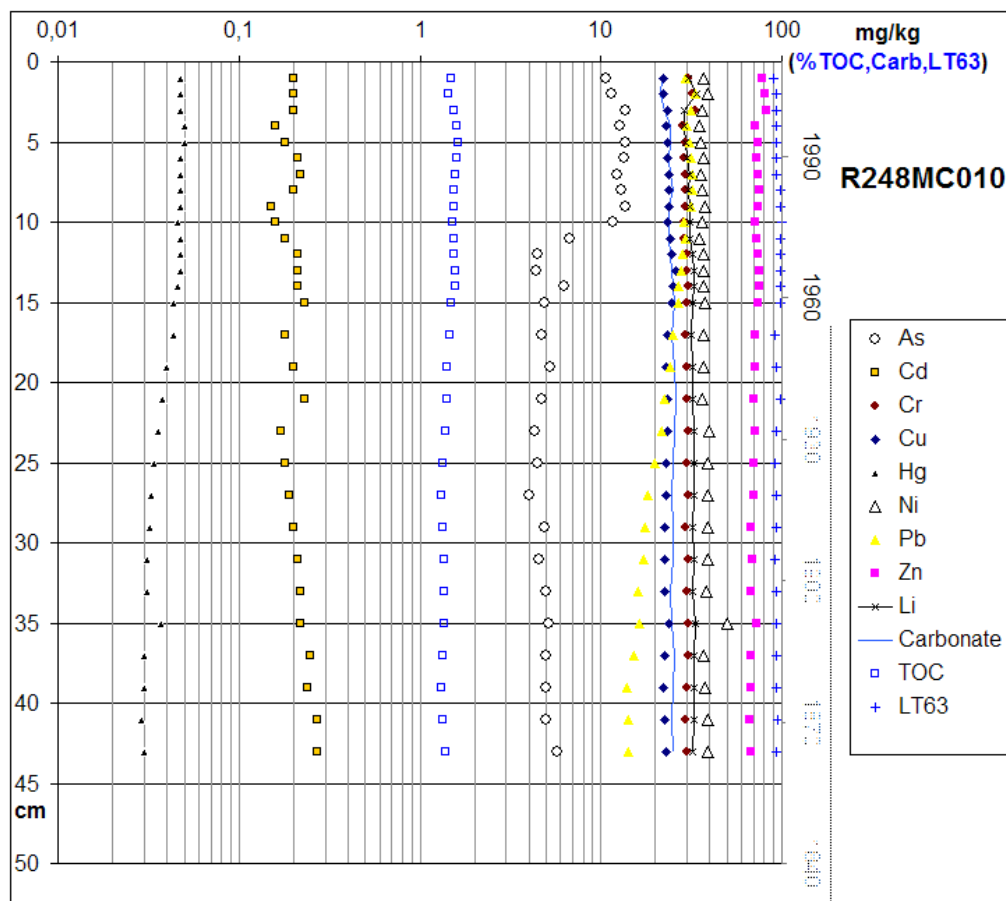
Figur 14. Variasjon i innhold av ulike tungmetaller i sedimentene fra prøvetaksstasjon R209MC003 (0-37 cm). Årstallene til høyre i diagrammet er basert på ^{210}Pb -datering. Denne datering er klassifisert som meget usikker (Vedlegg 3, ^{210}Pb -dateringsrapporten).

5.3.2 R248MC010 - skråningen utfor Vesterålen (1254 m havdyp)

Stasjon R248 er i et gjel på skråningen. Andel finstoff (<63 μm) utgjør 90 % eller mer i hele sedimentkjernen, og det er en svak økning i TOC fra bunn til topp av kjernen fra 1,4 % til 1,6 % (Fig. 15). Tungmetall, Ba og As minimum, median og maksimum verdier er vist i Tabell 8. Pb-konsentrasjonen øker markant fra 18,3 mg/kg sediment nederst i kjernen til 42,1 mg/kg sediment 7-8 cm under overflaten, og 34,6 mg/kg sediment øverst i kjernen. As øker markant fra 11 cm fra 4-5 mg/kg sediment til 12-13 mg/kg sediment i de øverste 10 cm av kjernen. Arsen konsentrasjonen er lav i hele kjernen. Nikkel er 35-40 mg/kg sediment gjennom hele kjernen. Hg øker fra ca. 0,030 mg/kg sediment i den nedre del av kjernen (25 – 43 cm) til konstante 0,048-0,050 mg/kg sediment i de øverste 14 cm av kjernen etter en gradvis økning i intervallet 25 cm – 15 cm. ^{210}Pb -dateringen antyder at økningen i Hg ved 25 cm dyp svarer til ca. år 1930, og et stabilt høyere nivå etableres ca. 15 cm under toppen, svarende til ca. år 1960. For Pb er det en markant økning mellom prøvene 24-25 cm (26,3 mg/kg sediment) og 26-27 cm (21,1 mg/kg sediment), hvilket antyder en økning i Pb-konsentrasjon i sedimentene før 1930.

Tabell 8. Kjerne R248MC010 (0-43 cm) minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller, arsen og barium

Antall prøver		As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu ppm	Hg ppm	Ni Ppm	Pb ppm	Zn ppm
N = 29	Min.	5,6	254	0,11	28,6	22,1	0,029	35,0	18,3	67,0
	Med.	8,9	277	0,19	29,8	23,3	0,044	37,2	33,4	71,8
	Max.	19,1	305	0,26	33,0	26,0	0,050	49,9	42,1	82,3



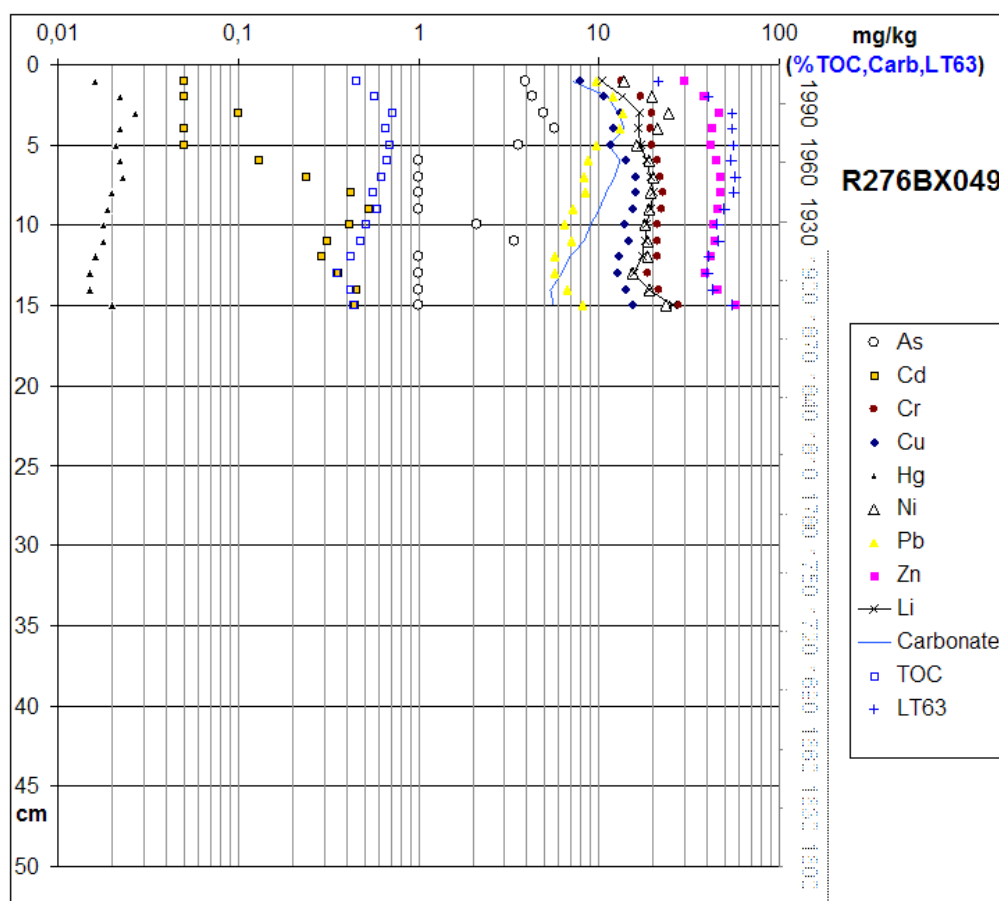
Figur 15. Variasjon i innhold av ulike tungmetaller i sedimentene fra prøvetakingsstasjon R248MC010 (0-43 cm). Årstallene til høyre i diagrammet er basert på ^{210}Pb -datering. Denne datering er klassifisert som god (Vedlegg 3, ^{210}Pb -dateringsrapporten).

5.3.3 Kjerne R276BX049 – skråningen utfor Lofoten (1314 m havdyp)

Denne kjernen, med minkende andel finstoff (<63 μm) og TOC mot toppen, har generelt også minkende tungmetall- og arsenkonsentrasjoner mot toppen (Fig. 16). Generelt er tungmetall- og arsenkonsentrasjonene lave sammenlignet med de øvrige kjernene. Reduserte nikkel-, kobber-, sink-, krom- og i mindre grad kvikksølvkonsentrasjoner mot toppen av kjernen har sannsynligvis sammenheng med redusert finstoff- og TOC-innhold mot toppen av kjernen. Tungmetall, Ba og As minimum, median og maksimum verdier er vist i Tabell 9.

Tabell 9. Kjerne R276BX049 (0-15 cm) minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller og arsen.

Antall prøver		As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu Ppm	Hg ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn Ppm
N = 15	Min.	3,2	116	0,04	13,2	7,8	0,015	13,8	6,2	29,4
	Med.	3,6	202	0,24	20,9	13,8	0,020	18,8	10,3	43,6
	Max.	8,7	252	0,48	27,5	15,9	0,027	23,6	16,4	56,9



Figur 16. Variasjon i innhold av ulike tungmetaller i sedimentene fra prøvetakingsstasjon R276BX049 (0 – 15 cm) fra skråningen utenfor Lofoten. Årstallene til høyre i diagrammet er basert på ²¹⁰Pb datering. Denne datering er klassifisert som meget usikker (Vedlegg 3, ²¹⁰Pb dateringsrapporten).

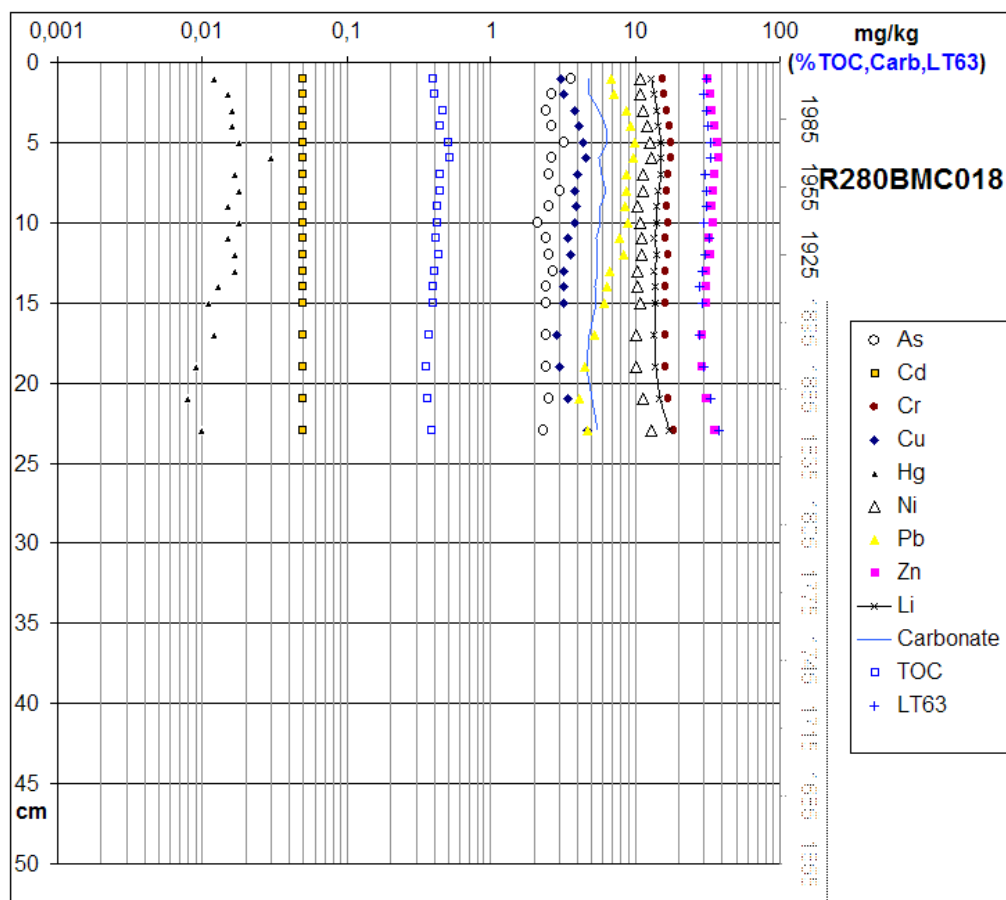
5.3.4 Kjerne R280BMC018 – sokkelen utfor Lofoten (229 m havdyp)

Kvikksølv (Hg) øker fra dypest i kjernen fra 0,015 ppm til gjennomsnittlige 0,027 ppm i de øverste 7 cm og reduseres svakt i de øverste 2 cm, og bly (Pb) øker fra ca. 5 ppm nederst i kjernen til ca. 10-11 ppm i de øverste 5 cm. Samtidig er både TOC og andelen slam relativt konstant (Fig. 17). Økningen i Hg og Pb oppover i kjernen er trolig forbundet med langtransportert forurensning. Slik økning er også registrert i kjerner fra andre deler av MAREANO-området inkludert Tromsøflaket, Ingøydjupet og Loppa (Jensen m. fl., 2007),

Malangsdjupet og Andfjorden (Jensen m. fl., 2008). Tungmetall, Ba og As minimum, median og maksimum verdier er vist i Tabell 10.

Tabell 10. Kjerne R280BMC018 (0-23 cm) minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller og arsen.

No. samples		As ppm	Ba Ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu ppm	Hg ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn Ppm
N = 19	Min.	2,7	109	0,02	15,4	2,9	0,009	10,0	5,1	28,6
	Med.	3,1	117	0,04	16,5	3,6	0,015	10,9	8,9	32,7
	Max.	4,1	133	0,06	18,3	4,7	0,030	13,0	11,6	36,9



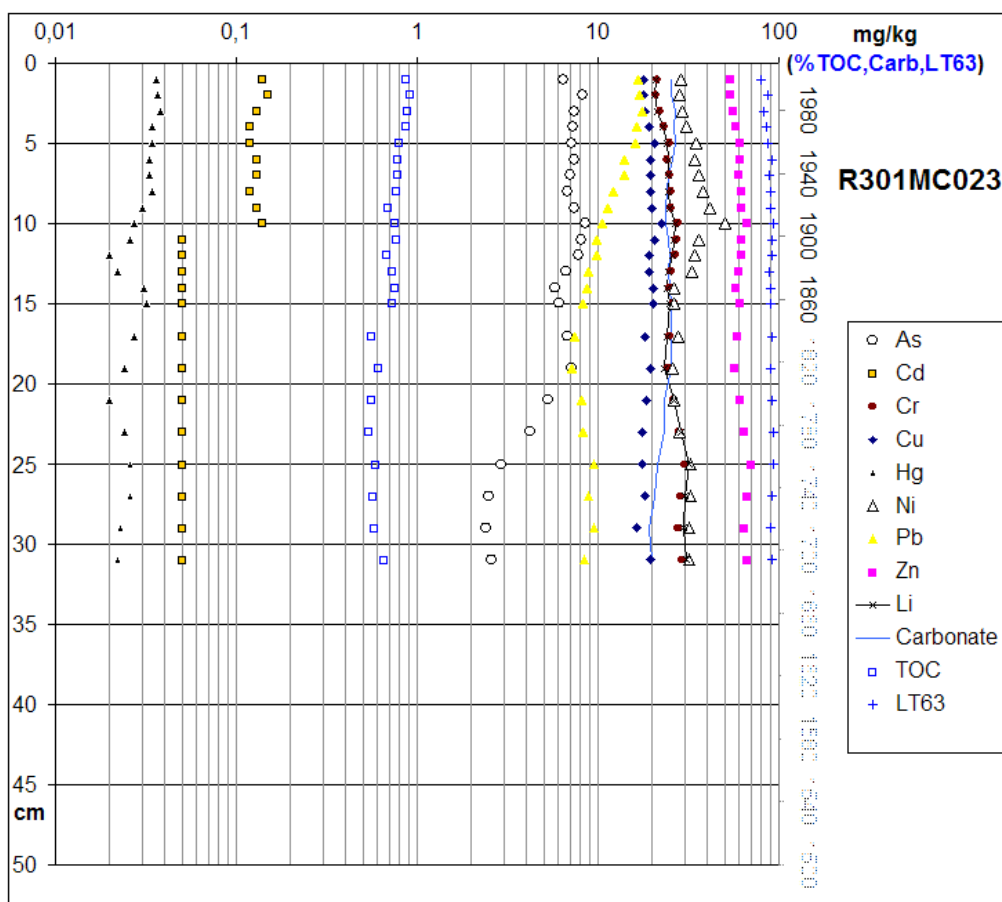
Figur 17. Variasjon i innhold av ulike tungmetaller i sedimentene fra prøvetakingsstasjon R280BMC018 (0- 23 cm) fra sokkelen utenfor Lofoten. Årstallene til høyre i diagrammet er basert på ²¹⁰Pb-datering. Denne datering er klassifisert som usikker (Vedlegg 3, ²¹⁰Pb-dateringsrapporten).

5.3.5 R301MC023 – skråningen utfor Lofoten/Vesterålen (1936 m havdyp)

TOC øker gradvis mot toppen fra ca. 0,6 % nederst til 0,9 % øverst, mens andelen finstoff (<63 µm) er noenlunde konstant (ca. 90 %) i hele kjernen (Fig. 18). Pb øker markant fra ca. 11 mg/kg sediment til ca. 21 mg/kg sediment, mens Hg øker fra ca. 0,023 mg/kg sediment til 0,038 mg/kg sediment, og arsen øker markant fra mindre enn 3 mg/kg sediment til 8-9 mg/kg sediment. Hg øker og reduseres i 3 intervaller i kjernen i tilsynelatende sykliske variasjoner. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i nivået under 10 cm, og har generelt lave konsentrasjoner i de øverste 10 cm. Tungmetall, Ba og As minimum, median og maksimum verdier er vist i Tabell 11.

Tabell 11. Kjerne R301MC023 (0-31 cm) minimum, median og maksimumverdier for tungmetaller og arsen.

No. samples		As ppm	Ba Ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu Ppm	Hg ppm	Ni Ppm	Pb ppm	Zn Ppm
N = 23	Min.	4,2	75,2	0,02	21,0	16,4	0,020	23,5	10,4	53,7
	Med.	9,1	276	0,08	25,4	19,3	0,027	32,0	11,9	61,4
	Max.	10,7	309	0,11	30,3	22,3	0,038	50,1	21,9	70,8



Figur 18. Variasjon i innhold av ulike tungmetaller i sedimentene fra prøvetaksstasjon R301MC023 (- 31 cm) fra den dypere del av skråningen (1936 m). Årstallene til høyre i diagrammet er basert på ^{210}Pb -datering. Denne datering er klassifisert som god (Vedlegg 3, ^{210}Pb -dateringsrapporten).

6. OPPSUMMERING

Sju av de i alt 11 sedimentkjernene fra skråningen består primært av finkornige sedimenter, med unntak av 4 kjerner som har betydelige andeler sand og grus. De 3 sedimentkjerner fra sokkelen består av siltholdig sand med lite organisk karbon og karbonat. Det er generelt mer grovkornete sedimenter på de 4 prøvetaksstasjonene i Andfjorden og Hadsselfjorden.

Analyserte overflatesedimenter og sedimentkjerner viser gjennomgående lave konsentrasjoner av tungmetaller og arsen. Innholdet av disse elementene tilsvarer Klifs klasse I for kyst- og fjordsedimenter for 13 av de 18 prøvetaksstasjonene. I alt 5 prøvetaksstasjoner har tungmetallnivåer svarende til Klifs klasse II for fjord- og kystsedimenter: 4 stasjoner på skråningen med Pb og Ni, og en stasjon i Hadsselfjorden med Pb og TBT. Ni anses imidlertid for å være av naturlig opprinnelse, mens det trolig er en kombinasjon av naturlige og antropogene bidrag når det gjelder Pb. En enkel stasjon på skråningen, R301 har TBT-konsentrasjon på 16

$\mu\text{g/kg}$ sediment tørrvekt, svarende til Klifs klasse III forurensing. Dette høye TBT-nivået er sjekket med en ny analyse av en ekstra overflateprøve fra denne stasjonen. Resultatet fra denne nye analysen ga ikke TBT ($<1 \mu\text{g/kg}$ sediment tørrvekt). Vår foreløpige konklusjon er at den høye TBT-konsentrasjon i R301 kan skyldes partikler med TBT i den aktuelle prøven. Slike partikler kan ha kommet fra avskallet bunnsmurning fra skip. De øvrige tungmetallene (Cd, Cr, Cu, Hg, Zn), As og Ag i er Klifs tilstandsklasse I for fjord- og kystsedimenter.

Analyser av de 5 ^{210}Pb -daterte kjernene fra fjordene, sokkelen og skråningen viser økning av Hg og Pb mot overflaten. Dette tyder på antropogen tilførsel av Hg og Pb i tillegg til bidrag fra naturlig mineralbundet Hg og Pb. Antropogene bidrag er sannsynligvis transportert med havstrømmer og/eller luftbårne aerosoler, og det er sannsynligvis ikke lokale forurensingskilder på land som har bidratt til de økte Hg- og Pb-konsentrasjonene. Dette begrunnes med tidligere tilsvarende observasjoner for økning av Hg og Pb i sedimentkjerner i hele MAREANO-området. ^{210}Pb -datering av kjernene antyder at økt avsetning av Hg og Pb kan ha begynt på 1920-1930-tallet i sedimentkjerner fra skråningen og sokkelen. Den økte avsetningen av Hg kan stamme fra forbrenning av kull og metallindustri, mens Pb kan stamme fra utslipp fra metallindustri og forbrenning av blyholdig bensin, som var i bruk frem til 1970-tallet i vesten og fremdeles brukes i noen land.

7. REFERANSER

- Braastad, G. 2000: Kort innføring i toksikologi – økotoksikologisk risikovurdering – veiledning – Del IIA. SFT-rapport TA 1756, 46 sider.
- Buchanan, J.B. 1984: Sediment analysis. In: Holme, N.A. & McIntyre A. D. (Editors), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 41-65.
- Det Norske Veritas (DNV) 2001: Miljøundersøkelse – Region IX – Finnmark 2000. Rapport nr. 2001 – 0373, 51 sider.
- Folk, R.L. 1954: The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature: *Journal of Geology* 62, 344-359.
- Hedges, J.I. & Keil R.G. 1995: Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry* 49, 81-115.
- Hebbeln, D., Henrich, R. & Baumann, K.-H. 1998: Paleoceanography of the last interglacial/glacial cycle in the Polar North Atlantic. *Quaternary Science Reviews* 17, 125-153.
- Jensen, H.K.B., Knies, J., Finne, T.E. & Thorsnes, T. 2007: Mareano 2006 - miljøgeokjemiske resultater fra Tromsøflaket, Ingøydjupet og Sørøysundet, NGU-rapport 2007.059, 249 sider inkl. vedlegg.
- Jensen, H.K.B., Knies, J., Finne, T.E. & Thorsnes, T. 2008: Mareano 2007 - miljøgeokjemiske resultater fra Troms II og Troms III, NGU-rapport 2008.077, 253 sider inkl. vedlegg.
- Knies, J., Jensen, H.K.B., Finne, T.E., Lepland, A. & Sæther, O.M., 2006. Sediment composition and heavy metal distribution in Barents Sea surface samples: Results from Institute of Marine Research 2003 and 2004 cruises. NGU-report 2006.067, 1-35.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning. SFT-rapport 97:03, TA-1467, 36 sider.
- SFT 2007: Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-veileder 2229, 11 sider.
- Sæther, O. M., Faye, G., Thorsnes, T., Rise, L., Longva, O. & Bøe, R., 1996: Regional distribution of manganese, phosphorus, heavy metals, barium, and carbon in sea-bed sediments (0-2 cm) from the northern part of the Norwegian Skagerrak. *Geological Survey of Norway Bull.* 430, 103-112.
- Thorsnes, T. & Klungøy, J. 1997: Contamination of Skagerrak sediments due to man-made inputs during the last 200 years. In: O. Longva & T. Thorsnes (Editors), *Skagerrak in the past and at the present - an integrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology*. Geological Survey of Norway Special Publication 8, 52-79.