# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



# NGU RAPPORT 2023.020

Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra områdene SK04, SK05, SK06, SK07, SK08, SK09, Kvitøyrenna, Rijpfjorden midtre, Rijpfjorden ytre, Utsira nord og NS04 (Skagerrak) - Mareano



# NGU RAPPORT

Geologi for samfunnet – kunnskap for framtida

Norges geologiske undersøkelse Postboks 6315 Torgarden 7491 Trondheim Tlf. 73 90 40 00

Rapport nr: 2023.020 ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online) Gradering: Åpen

Tittel: Miljøgeokjemiske data og dateringsresultater fra områdene SK04, SK05, SK06, SK07, SK08, SK09, Kvitøyrenna, Rijpfjorden midtre, Rijpfjorden ytre, Utsira nord og NS04 (Skagerrak) -Mareano Forfatter: Henning K.B. Jensen, Ana Banica og Valérie K. Bellec Oppdragsgiver: Mareano Fylke: Kommune:

Kartblad: (M=1:250.000): Kartbladnr. og -navn: (M=1:50.000): Forekomstens navn og koordinater: Sidetall: 129 Pris: 425

Feltarbeid utført: 2022 Rapportdato: 12.02.2024 Prosjektnr: 311730 Ansvarlig: Reidulv Bøe Emneord: Maringeologi, Mareano, geokjemi, prøvetaking, datering, sediment, forurensing, tungmetall, mikroplast

**Sammendrag:** På Mareano-toktene 2022708 (FF Kronprins Håkon), 2022846 (FF Celtic Explorer) og 2022118 (FF G.O. Sars) i 2022 ble det tatt sedimentkjerner og prøver av øverste lag av havbunnen (0-1 cm eller 0-2 cm fra grabb og boxcorer) fra totalt 19 stasjoner i Mareano-områdene SK04, SK05, SK06, SK07, SK08, SK09, Rijpfjorden midtre, Rijpfjorden ytre og Kvitøyrenna, Utsira nord og NS04 (Skagerrak).

Resultatene av de geokjemiske analysene av overflatesedimenter viser at As er høyest i prøvene nord for Svalbard, med nivåer i tilstandsklasse III. For de øvrige metallene er nivåene lave, tilsvarende tilstandsklasse I eller II. Mikroplast (MP) varierer fra 4537 til 14779 partikler/kg sediment tørrvekt i overflatesedimentene (0-2 cm) på 17 stasjoner prøvetatt med stålrør. De høyeste verdiene kan sannsynligvis knyttes til prøver der det har vært mulig å analysere MP partikler ned til 15 µm, som er betydelig lavere enn de 45 µm som tidligere analyser har klart. Pyrolyse gasskromatografi/ massespektrometri (Pyr-GC/MS) av prøvene viser forekomst av kunstig gummi (SBR) fra bildekk. SBR finnes i samtlige prøver i overflaten, med verdier fra 2,64 – 44,85 µg/kg sediment tørrvekt. Det er ikke noen korrelasjon mellom antall MP/kg sediment og mg MP/kg sediment.

Analysene av sedimentkjerner viser at Hg og Pb er høyest i toppen av kjernene i områdene nord for Svalbard og Utsira, selv om økningen er moderat. De analyserte sedimentkjernene fra NS04 i Skagerrak har mer like konsentrasjoner gjennom kjernene. Dette kan tyde på at sedimentene er homogenisert, muligens av tråling og bioturbasjon. I tillegg viser dateringen av den ene sedimentkjernen, R3183, at det ikke er normal avtakende 210Pb ned gjennom sedimentkjernen, noe som kan skyldes homogenisering. På samme måte viser dateringsanalysene at sedimentene sannsynligvis er påvirket av tråling i SK05 nord for Svalbard.

Barium har noe forhøyde verdier i de øverste centimeterne i sedimentkjerner fra Utsira nord og området nord for Utsira nord NRN1. Dette tyder på tilførsel i nyere tid, med en anrikning i størrelsesorden 80 -100% i forhold til bakgrunnsnivå. Økningen i Ba-konsentrasjoner skyldes mest sannsynlig tilførsel av barytt tilsatt boreslam, og ført med havstrømmer fra Nordsjøen, hvor boring etter gass og olje begynte tidlig på 1970-tallet.

1	INNL	EDNING	9
2	TOK	T OG PRØVETAKING	10
3	MET	DDER FOR TESTING OG ANALYSE	18
3	3.1	Uttak av prøver til analyser	20
3	3.2	Analyser ved NGUs laboratorium	21
	3.2.1	Kjemiske analyser	21
	3.2.2	Kornfordelingsanalyser	21
	3.2.3	XRI røntgeninspeksjon	21
3	3.3	Analyser ved eksterne laboratorier	21
	3.3.1	Analyse av radioaktive isotoper <sup>210</sup> Pb og <sup>137</sup> Cs	21
	3.3.2	Bestemmelse av mikroplast (MP)	21
3	3.4	Rutiner for kvalitetskontroll	25
3	3.5	Kvantifiseringsgrenser	26
4	RESI	JLTATER	27
2	4.1	Bakgrunnsinformasjon	27
	4.1.1	Sedimentklassifikasjon etter kornstørrelse	27
	4.1.2	Beregning av vektprosent karbonat	27
2	1.2	Overflateprøver	28
	4.2.1	Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, karbonat og svovel	28
	4.2.2	Tungmetaller, barium og cesium-137 ( <sup>137</sup> Cs)	35
4	4.3	Sedimentkjerner	50
	4.3.1	Visuell bedømmelse og XRI-analyser	50
	4.3.2	Kornstørrelsesfordeling	67
	4.3.3	Total organisk karbon, karbonat og svovel	70
	4.3.4	Blyisotop 210 ( <sup>210</sup> Pb), cesium-137 ( <sup>137</sup> Cs) og akkumulasjonsrater	72
	4.3.5	Tungmetaller, arsen og barium i sedimentkjerner	85
	4.3.6	Bariumanrikning i toppsedimenter	115
2	1.4	Mikroplast (MP)	115
	4.4.1	Mikroplasttyper og egenskaper	115
	4.4.2	Datapresentasjon	115
	4.4.3	Prøver til analyse av mikroplast	115
	4.4.4	Mikroplast i overflatesedimenter	116
	4.4.5	Mikroplast i sedimentkjerner	121
5	OPPS	SUMMERING	127
6	REFE	ERANSER	128

#### VEDLEGG (Vedlegg 1-4 tilgjengelig digitalt ved nedlasting fra

https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2023/2023\_020\_vedlegg.pdf

Vedlegg 1. Prøveliste og analyseresultater fra NGU Lab: kornstørrelsesfordeling (Coulter), Leco (total S, total C og organisk C), HNO<sub>3</sub>-ekstrahert og analysert med AAS (Hg) og ICP-OES (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb og Zn) (analyseoppdrag 2023.0031 og 2023.0120). Data for naturlige standarder følger med i analyserapportene.

Vedlegg 2. Cd, Cr, Cu og Zn kart i prøvene 0-1 cm dyp

Vedlegg 3. <sup>210</sup>Pb- og <sup>137</sup>Cs-analyserapporter fra åtte sedimentkjerner. Leverandør av rapporter: Gamma Dating Center, Københavns Universitet, Danmark.

Vedlegg 4. Rapport fra analyse av mikroplast nr. X123-2023 ved NORCE AS: Mapping of microplastics in sediments of the Norwegian Continental Shelf-Mareano project 2022 sediment samples, 38 sider inkl. vedlegg.

#### Tabell med forkortelser benyttet i rapporten.

Forkortelse (i alfabetisk rekkefølge)	Forklaring
ATR-FTIR	Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy
CV-AAS	Atomabsorbsjonsanalyse av kvikksølv (Hg) med kalddampteknikk (CV-AAS) (EN: Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry)
DM%	Prosent tørrvekt i NORCE-rapporten (Vedlegg 4) (EN: Percent dry matter)
DW	Mengde tørt materiale i NORCE-rapporten (Vedlegg 4) (EN: dry matter)
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
Gns	Gjennomsnittverdi av et datasett
ICP-OES	Induktivt koblet plasma optisk emisjonspektrometri (EN: Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)
i.k.	Ikke kvantifiserbar
LLQ	Nedre kvantifiseringsgrense (EN: Lower Limit of Quantification)
LPS	Laser partikkelteller (EN: Laser Particle Size analysis)
LSR	Lineær sedimentasjonsrate
LT63	Andel finstoff (<63 µm)
Max	Maksimum verdi i et datasett
Med	Medianverdi for et datasett
Min	Minimum verdi i et datasett
MP	mikroplast
N/A	ikke tilgjengelig (EN: Not Available)
Pyr-GC/MS	pyrolyse gas kromatografi/masse spektrometri
RF	Rijpfjorden
SBR	Styren-butadien gummi (EN: Styrene-Butadiene Rubber)
TC	totalt karbon
TOC	totalt organisk karbon
TS	total svovel
vekt%	vektprosent
XRI	Røntgen inspeksjon (EN: X-Ray Imaging)

#### Liste over tabeller Tabell 2. Beskrivelse av prøvetakingsutstyr, kjernelengde for den dypeste prøve tatt til analyse og antall prøver til de ulike Tabell 4. Beskrivelse av analysemetoder, utstyr og instrumenter. LLQ: nedre kvantifiseringsgrense. Med mindre annet er presisert ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. <sup>1)</sup>Akkreditert ved Norsk Tabell 5. Beskrivelse av metoder for kornfordelingsanalyse i 2022. Med mindre annet presisert ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. <sup>1)</sup>Akkreditert ved Norsk akkreditering TEST020. Tabell 6. Sedimentklassifikasjon etter kornstørrelser. Klassifikasjonen er i henhold til NGUs sedimentklassifikasjon......27 Tabell 7. Kornstørrelsesfordeling og sediment klassifikasjon for overflateprøvene (0-1 cm dybde) basert på Coulter data. .....31 Tabell 8. Vurdering av overflateprøver fra 2022-toktene (19 stasjoner) i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for marine Tabell 10. Daterte sedimentkjerner fra MAREANO-tokt i 2022. LSR: Lineær sedimentasjonsrate for intervaller karakterisert som pålitelige basert på <sup>210</sup>Pb-aktivitetskurver. Dateringskvalitet karakteriseres av aldersmodeller som viser en betydelig eksponentiell nedgang av <sup>210</sup>Pb-aktivitet og langsom utflating av <sup>137</sup>Cs-konsentrasjon......82 Tabell 11. Sedimentkjerne R2897MC01 (0-41 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 12. Sedimentkjerne R2924MC02 (0-35 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 13. Sedimentkjerne R2940MC03 (0-15 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 14. Sedimentkjerne R2963MC04 (0-35 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 15. Sedimentkjerne R2969MC05 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 16. Sedimentkjerne R2987MC06 (0-41 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 17. Sedimentkjerne R3032BC02 (0-21 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 18. Sedimentkjerne R2596MC012 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 19. Sedimentkjerne R3120MC10 (0-31cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 20. Sedimentkjerne R3136MC12 (0-39 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 21. Sedimentkjerne R3149MC13 (0-49 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 22. Sedimentkjerne R3165MC14 (0-39 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 23. Sedimentkjerne R3175MC15 (0-47 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 24. Sedimentkjerne R3183MC18 (0-45 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 25. Sedimentkjerne R3184MC19 (0-45 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for Tabell 28, Mikroplastpartikler i overflateprøver. Data fra uFTIR er menade MP uten gummi, mens data fra Pvr-GC/MS Tabell 29. Mikroplastpartikler i sedimentkjerner. Data fra µFTIR er mengde MP uten gummi, mens data fra Pyr-GC/MS representerer mengde gummi som µg SBR. Data er pr. kg sediment tørrvekt......122

#### Liste over figurer

Figur 1. k	Kart over alle Mareanos prøvetakingsstasjoner i perioden 2006–2022, inkludert stasjoner fra 2003 og 2004 (HI-tokt). Områdene hvor de 19 stasjonene er tatt i 2022 på toktene 2022708, 2022846 og 2022118 vises med navn innenfor de 2 røde firkantene. Stasjonsnumrene er markert i Figur 2. Det er brukt ulike symboler for å skille mellom stasjoner fra 2022 og tidligere stasjoner
Figur 2. k	Kartutsnittene i Figur 1 med stasjonsnumrene fra toktene i 2022 nord for Svalbard og i Kvitøyrenna og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak)
Figur 3. N	Multicorer med seks rør. To sedimentkjerner i gjennomsiktige PVC-rør går til kjemiske analyser. To sedimentkjerner i stålrør i midten er til mikroplastprøvetaking. Prøvetakingen på bildet er fra stasjon R2897, Kvitøyrenna
Figur 4. S	Sedimentkjerne «A» stående i MC-prøvetakeren tatt på stasjon R2897 (Kvitøyrenna). Røret er 60 cm langt og sedimentkjernen med uforstyrret overflate har en klar vannsøyle over sedimentene, dermed er kjernen godkjent for bruk til uorganiske kjemiske analyser. For bilde av multicorer se Figur 3
Figur 5. E	Bokscorer fra stasjon R3004 i SK05 nord for Svalbard. Det er satt ned 4 rør i boksen. Gul-lappen er 7,5x12,5 cm 17
Figur 6. T	Foppen av sedimentkjerne «A» med vannmettet overflate fra stasjon R2897 fra Kvitøyrenna, før sedimentkjernen deles opp i 1 cm skiver til uorganisk kjemisk analyse. De øverste centimeterne i sedimentkjernen har høyt vanninnhold. Derfor flyter noe av prøven utover kanten på røret
Figur 7. L	Jtstyr til ekstraksjon av mikroplastpartikler, Micro-Plastic Sediment Separator fra Hydrobios, Tyskland (til venstre) og detaljert bilde av ekstraksjonskammer (til høyre) (bilde: NORCE). Bildet er fra NORCE sin mikroplastrapport (Vedlegg 4)
Figur 8. F	Påføring av den spesialtilpassede glassadapteren til glassmikroanalyse-vakuumfiltreringsenheten for å redusere overflaten på avsetningsområdet til glassfiberfilteret som brukes til pyrolyseprosessen. A = glassmikroanalyse- vakuumfiltreringsenhet, glassfiberstøtte; B = Adapterfiltreringsflate-reduksjonsmiddel; C = Glasstrakt; D = glassmikroanalyse-vakuumfiltreringsenhet, støpt system (kilde Norce sin mikroplast rapport, ref. Gomiero, 2019)24
Figur 9. F	Prosess for MP-analyse ved NORCE. For begrepsforklaring se Tabell med forkortelser benyttet i rapporten
Figur 10.	Andel finstoff (< 63 µm) i overflateprøvene fra 2022-toktene. Prøvene fra 2022-stasjonene er markert med rød ring innenfor de 2 røde firkantene nord for Svalbard og i Nordsjøen. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 11
Figur 11.	Andel finstoff (< 63 µm) i overflateprøver i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 10
Figur 12.	TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2022-toktene, nord for Svalbard og i Nordsjøen, er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 13
Figur 13.	TOC i overflateprøver (vektprosent) i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 12. Prøvene fra 2022-toktene fra havområdene nord for Svalbard og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak) er markert med rød ring
Figur 14.	Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2022-toktene, nord for Svalbard og i Nordsjøen, er vist med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 15
Figur 15.	Karbonat i overflateprøver (vektprosent) i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 14. Prøvene fra 2022- toktene fra havområdene nord for Svalbard og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak) er markert med rød ring
Figur 16.	As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), Grønne punkt angir tilstandsklasse II (15-18 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse III (18-71 mg/kg). Oransje punkt angir tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 17.
Figur 17.	As-konsentrasjon i overflateprøver i kartutsnittene i Figur 16. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (I (<15 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (15-18 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse III (18-71 mg/kg). Oransje punkt angir tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring
Figur 18.	Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 19
Figur 19.	Pb-konsentrasjon i overflateprøver i kartutsnittene i Figur 18. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (I (<25 mg/kg), tilstandsklasse II er markert med grønne sirkler (25-150 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring
Figur 20.	Hg i overflateprøvene. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 21
Figur 21.	Hg i overflatesedimenter i kartutsnittene i Figur 20. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring
Figur 22.	Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter. Grønne punkter angir tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 23
Figur 23.	Nikkel i overflatesedimenter i kartutsnittene i Figur 22. Prøvene fra 2022-toktene er vist med rød ring. Blå punkt angir tilstandsklasse I for fjord- og kystsedimenter (<30 mg/kg). Grønne punkter angir tilstandsklasse II (30-42 mg/kg), og gule punkt angir tilstandsklasse III (42-271 mg/kg)

Figur 24. I	Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 25	47
Figur 25. I	Barium i overflatesedimenter fra kartutsnittene i Figur 24. Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring	48
Figur 26. I	Radioaktivt <sup>137</sup> Cs i overflatesedimenter. Prøver fra 2022-toktene er markert med rød ring.	49
Figur 27. 2	XRI-bilde av sedimentkjerne R2897MC01, Kvitøyrenna. Målestokk i cm-skala til venstre.	52
Figur 28.	XRI-bilde av sedimentkjerne R2924MC02, SK08. Målestokk i cm-skala til venstre	53
Figur 29. 2	XRI-bilde av sedimentkjerne R2940MC03, RF Midtre. Målestokk i cm-skala til venstre	54
Figur 30. 2	XRI-bilde av sedimentkjerne R2963MC04 (SK07). Målestokk i cm-skala til venstre.	55
Figur 31.	XRI-bilde av sedimentkierne R2969MC05. RF Ytre. Målestokk i cm-skala til venstre.	56
Figur 32. 2	XRI-bilde av sedimentkierne R2987MC06. SK06. Målestokk i cm-skala til venstre	57
Figur 33. 2	XRI-bilde av sedimentkierne R3032BC02. SK04. Målestokk i cm-skala til venstre.	58
Figur 34	XRI-bilde av sedimentkierne R3004BC03. SK05. Målestokk i cm-skala til venstre.	59
Figur 35.	XRI-bilde av sedimentkierne R3120MC010, område nord for Utsira nord NRN1. Målestokk i cm skala til venstre	60
Figur 36.	XRI-bilde av sedimentkierne R3136MC12. Utsira nord. Målestokk i cm-skala til venstre.	61
Figur 37	XRI-bilde av sedimentkjerne R3149MC013_NS04_Målestokk i cm-skala til venstre	62
Figur 38.	XRI-bilde av sedimentkjerne R3165MC014, NS04, Målestokk i cm-skala til venstre	63
Figur 39	XRI-bilde av sedimentkjerne R3175MC015, NS04, Målestokk i cm-skala til venstre	64
Figur 40	XRI bilde av sedimentkjerne R3183MC018, NS04, Målestokk i cm-skala til venstre	65
Figur 41	XRI bilde av sedimentkjerne R3184MC19. Utsira Nord. Målestokk i cm-skala til venstre	66
Figur 42	Korpstørrelsesfordeling med leir ( $<2$ µm), silt ( $2$ -63 µm), sand (63-2000 µm) og grus (>2000 µm) i 8 sedimentkiern	٥u
Igui 42.1	nord for Svalbard.	68
Figur 43. I	Kornstørrelsesfordeling med leir (<2 μm), silt (2-63 μm), sand (63-2000 μm) og grus (>2000 μm) i 8 sedimentkjern fra 3 stasjoner fra område nord for Utsira nord NRN1 og Utsira nord, samt 4 stasjoner fra NS04, i indre Skagerrak.	ər 69
Figur 44. I	Leco-data, bestående av total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent i 8 sedimentkjer nord for Svalbard. X-skala (vektprosent) er logaritmisk.	ner 70
Figur 45. I	Leco-data, bestående av total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent i 8 sedimentkjeri fra 3 stasjoner fra område nord for Utsira nord NRN1 og Utsira nord, samt 4 stasjoner fra NS04, i indre Skagerrak. X-skala (vektprosent) er logaritmisk.	ner 71
Figur 46.	Tetthet, unsupported <sup>210</sup> Pb- og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R2897MC01, Kvitøyrenna	73
Figur 47.	Alder versus dyp i sedimentene i R2897MC01, Kvitøyrenna	74
Figur 48.	<sup>137</sup> Cs versus <sup>210</sup> Pb alder i R2897MC01 (Kvitøyrenna).	74
Figur 49.	Tetthet, unsupported <sup>210</sup> Pb- og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R2924MC02, SK08.	75
Figur 50.	Alder versus dvp i sedimentene i R2924MC02, SK08.	75
Figur 51.	Tetthet, unsupported <sup>210</sup> Pb- og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R2963MC04, SK07,	76
Figur 52.	Alder versus dvp i sedimentene i R2963MC04 (SK07).	76
Figur 53.	Tetthet, <sup>210</sup> Pb-unsupported og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R2969MC05. Rijpfjorden vtre	77
Figur 54.	Alder versus dvp i sedimentene i R2969MC05. Rijpfjorden vtre.	77
Figur 55	Tetthet <sup>210</sup> Ph-unsupported og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R2987MC06 (SK06)	78
Figur 56	Alder versus dvp i sedimentene i R2987MC06 (SK06)	78
Figur 57	<sup>137</sup> Cs versus <sup>210</sup> Ph alder i sedimentene i R2987MC06 (SK06)	79
Figur 58	Tetthet <sup>210</sup> Ph-unsupported og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R3004BC03 (SK05)	80
Figur 59	Tetthet <sup>210</sup> Ph-unsupported og <sup>137</sup> Cs-aktivitetsmålinger i R3136MC12 (Utsira nord)	81
Figur 60	Alder versus dvn i P3136MC12 (Liteira nord)	01 91
Figur 61	$137$ Cs versus $2^{10}$ Dh alder i P3136MC12 (Utsira hord).	82
Figur 62 S	Co versus - 1 blader 113 130 vici 12 (Utsila 1010)	02
rigui oz.c	sedimentasjonsrater basen på unsupponed i PB-data mele det kantagte Mareano-området. Datene sedimentkjerner fra 2022 toktene er markert med rød ring i områdene med røde rammer. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 63	83
Figur 63.	Sedimentasjonsrater i kartutsnittene vist i Figur 62. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med rød ring	84
Figur 64.	Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2897MC01 (0-41 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsnalvsene presentert i kap. 4.3.4.	86
Figur 65.	Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2924MC02 (0-35cm) fra SK08 nord for Svalbard. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsnalysene	-
I	presentert i kap. 4.3.4.	88
Figur 66.	Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen fra stasjon R2940MC03 (0-15 cm). X- skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	90
Figur 67.	Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2963MC004 (0-35 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4	92

Figur 68. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den <sup>210</sup> Pb-daterte sedimentkjernen R2969MC05 (0-33 cm). X skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.49	(- )4
Figur 69. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2987MC008 (0-41cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.9	6
Figur 70. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff R3032C02 (0-21 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk9	8
Figur 71. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3004BC03 (0 - 41 cm) fra SK05 nord for Svalbard. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	0
Figur 72. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff er logaritmisk i sedimentkjernen R3120MC10 (0-31 cm) fra området nord for Utsira nord – NRN 1. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	12
Figur 73. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den <sup>210</sup> Pb daterte sedimentkjernen R3136MC12 (0-39 cm), Utsira nord. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup> Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4	)4
Figur 74. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R3149MC13 (0-49 cm) fra NS04 i indre Skagerrak. X-skalaer (konsentrasjoner) er logaritmisk	n 16
Figur 75. Tungmetall, arsen, barium, TOC og karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3165MC14 (0-39 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	18
Figur 76. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3175MC15 (0-47 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	0
Figur 77. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3183MC18 (0-45 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	2
Figur 78. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3184MC19 (0-45 cm), Utsira nord. X- skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk	4
Figur 79. Antall MP-partikler (antall per kg sediment tørrvekt) og vekt MP (mg per kg sediment tørrvekt) i overflateprøvene fra 2022-toktene. Datakilde: Tabell 28	ו 7
Figur 80. Antall MP-partikler/kg sediment i overflatesedimentene (0-2 cm). Gummi (SBR) er ikke tatt med her. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med gull ring. Data fra tidligere tokt følger med; disse var analysert ved andre laboratorier oppgitt i signaturforklaringen	8
Figur 81. Antall MP-partikler/kg sediment i overflatesedimentene (0-2 cm). Kartutsnittene er vist i Figur 80. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med gull ring	9
Figur 82. Total mengde mikroplast uten gummi pr. kg sediment tørrvekt i overflateprøvene fra 2022-toktene	0
Figur 83. Mengde mikroplast u/gummi i overflatesedimenter fra 2022-toktene. Kartutsnittene er vist i Figur 82	1
Figur 84. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R2897MC01, Kvitøyrenna, Svalbard per kg sediment tørrvekt	3
Figur 85. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R2969MC05, Rijpfjorden ytre, Svalbard per kg sediment tørrvekt	3
Figur 86. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R3149MC13, NS04, Skagerak per kg sediment tørrvekt	4
Figur 87. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R3184MC19, Utsira nord per kg sediment tørrvekt	4

#### 1 INNLEDNING

MAREANO er et nasjonalt program for kartlegging av havbunnen. De første sedimentprøvene ble samlet inn i 2006. Resultater av målinger av uorganiske miljøgifter fra prøver samlet inn i 2006 – 2021 er rapportert tidligere (rapporter, kart og data er tilgjengelige på <u>www.mareano.no</u>). På Mareano-toktene i 2022 ble det tatt prøver fra 19 stasjoner, både sedimentkjerner og overflateprøver (kap. 2 og Figur 1). I denne rapporten presenteres resultatene fra analyser av uorganiske miljøgifter (tungmetaller), arsen (som er et halvmetall men regnes som et tungmetall), barium, kornstørrelse, total organisk karbon, totalkarbon og total svovel. Åtte valgte sedimentkjerner er i tillegg datert (<sup>210</sup>Pb og <sup>137</sup>Cs). Sedimentkjerner fra 14 multicorer-stasjoner (MC) og 3 boxcorer-stasjoner (BC) er undersøkt med røntgen (XRI) for å studere strukturer i sedimentene, skjell og større partikler. Prøver fra de samme 17 stasjonene som er analysert med XRI ble analysert for innhold av mikroplast.

# 2 TOKT OG PRØVETAKING

På toktene 2022708 og 2022846 ble det tatt prøver på 11 stasjoner i havområdene nordvest, nord og nordøst for Svalbard. Tokt 2022118 i Nordsjøen ga prøver fra 4 stasjoner i Utsira og 4 stasjoner i NS04. Tabell 1 gir en oversikt over prøvetakingsstasjoner med angivelse av havdyp og geografiske posisjoner. Kart i Figur 1 gir en oversikt over samtlige prøvetakingsstasjoner i perioden 2006-2022, mens kartutsnittene i Figur 2 viser stasjonsnumrene fra toktene i 2022.

Stagion	Områda	Geografiske k	oordinater	Havdyn m	Drawestalsin mantatur	
Stasjon	Omrade	Nord	Øst	пачаур, п	Prøvetakingsutstyr	
Tokt 2022708 (F	FF Kronprins Håkon)					
R2890GR26	Kvitøyrenna	80.56948	30.55796	÷163.6	Van Veen grabb	
R2897MC01	Kvitøyrenna	80.52704	29.85104	÷499.8	Multicorer	
R2904GR43	SK09	81.54900	34.03815	÷244.1	Van Veen grabb	
R2924MC02	SK08	81.40848	26.95459	÷873.8	Multicorer	
R2940MC03	Rijpfjorden midtre	81.09266	22.46233	÷221.78	Multicorer	
R2963MC04	SK07	81.34747	21.99156	÷458.16	Multicorer	
R2969MC05	Rijpfjorden ytre	81.49566	22.19698	÷848.91	Multicorer	
R2987MC06 SK06		81.20783	18.29841	÷447.87	Multicorer	
Tokt 2022846 (F	FF Celtic Explorer)					
R3032BC02	SK04	79.66141	8.96190	÷419.5	Bokscorer	
R3004BC03	SK05	80.39789	16.11238	÷420.6	Bokscorer	
R3105BC05	Kvitøyrenna	80.49652	28.95114	÷370.5	Bokscorer	
Tokt 2022118 (F	FF G.O. Sars)					
R3120MC10	Områder nord for Utsira nord - NRN1	59.55172	4.27562	÷262.7	Multicorer	
R3131MC11	Utsira nord	59.28361	4.52327	÷265.7	Multicorer	
R3136MC12	Utsira nord	59.21451	4.20447	÷274.8	Multicorer	
R3149MC13	NS04	58.88252	9.87927	÷278.7	Multicorer	
R3165MC14	NS04	58.81288	10.24706	÷166.4	Multicorer	
R3175MC15	NS04	58.94611	10.48580	÷159.5	Multicorer	
R3183MC18	NS04	58.74006	9.84670	÷409.4	Multicorer	
R3184MC19	Utsira nord	59.03161	4.69878	÷277.1	Multicorer	

#### Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner.

Informasjon om prøvetakingsutstyr per stasjon samt antall prøver tatt ut til analyse fra hver stasjon er sammenstilt i Tabell 2. For detaljert beskrivelse av utførte analyser henvises det til kap. 3.

Prøvetakingsutstyret består av en multicorer med 4 PVC rør og 2 stålrør med 110 millimeter indre diameter og 60 cm lengde (Figur 3 og Figur 4). Der multicorer ikke har kunnet brukes er boxcorer brukt i stedet (Figur 5). 14 stasjoner ble tatt med multicorer (Figur 3), 3 stasjoner ble tatt med bokscorer og to stasjoner med van Veen grabb. For detaljert beskrivelse av prosedyre for prøvetaking samt metoder for testing og analyser av havbunnssedimenter henvises det til <u>https://mareano.no/kart-og-data/kjemidata</u>. Oversikt over utførte analyser og målinger med angivelse av antall prøver per målte parametere vises i Tabell 3.

Stasjon	Prøvetakings- utstyr Kjernelengde for den dypeste prøve fra kjernen, cm		Antall prøver til kjemiske- og kornfordelings- analyser	Kjerne til XRI	Daterte sediment- kjerner	Antall mikroplast- prøver
		Tokt 2022807 (FF	Kronprins Håkon	)		
R2890GR26	grabb	1	1	N/A	N/A	N/A
R2897MC01	multicorer	41	7	ја	28	11
R2904GR43	grabb	1	7	N/A	N/A	N/A
R2924MC02	multicorer	35	7	ja	14	1
R2940MC03	multicorer	15	7	ја	N/A	1
R2963MC04 multicorer		35	7	ja	13	1
R2969MC05 multicorer		33	33 7		14	6
R2987MC06	multcorer	41	7	ја	20	1
		Tokt 2022846 (F	F Celtic Explorer)			
R3032BC	bokscorer	21	7	ja	N/A	1
R3004BC	bokscorer	41	7	ja	12	1
R3105BC	bokscorer	1	1	ja	N/A	1
		Tokt 2022118	(FF G.O. Sars)			
R3120MC10	multicorer	31	7	ja	N/A	1
R3131MC11	multicorer	1	1	ja	N/A	1
R3136MC12	multicorer	39	7	ја	15	1
R3149MC13	multicorer	49	7	ja	N/A	6
R3165MC14	multicorer	39	7	ја	N/A	1
R3175MC15	multicorer	47	7	ја	N/A	1
R3183MC18	multicorer	45	7	ја	21	1
R3184MC19	multicorer	45	7	ја	N/A	6

Tabell 2. Beskrivelse av prøvetakingsutstyr, kjernelengde for den dypeste prøve tatt til analyse og antall prøver til de ulike analysene. N/A: ikke tilgjengelig.

Tabell 3.	Oversikt	over	utførte	analyser	og	målinger.
-----------	----------	------	---------	----------	----	-----------

Analyserte/målte	Overflateprøver		Sedimentkjerner			Analyselaboratoriet		
parametre	Кар.	Antall	Кар.	Antall kjerner	Antall uttak	Institutt	Referanse rapport lab	
XRI	N/A	N/A	4.3.1	17	17	NGU	2023.0185	
Vekttap v/frysetørking	N/A	19	N/A	19	677	NGU	2023.0114 2023.0146 2023.0184	
Kornstørrelses- fordeling	4.2.1	19	4.3.2	12	115			
TC, TS, TOC	4.2.1	19	4.3.3	12	115	NGU	2023.0031	
Tungmetaller og As	4.2.2	19	4.3.5	12	115	NOU	2023.0120	
Ва	4.2.2	19	4.3.5	12	115			
Radioaktiv <sup>137</sup> Cs	4.2.2	9	4.3.4	5	8	Gamma Dating	report core R2897MC01A report core R2924MC02A report core R2963MC04A	
Blyisotop <sup>210</sup> Pb	N/A	N/A	4.3.4	5	137	Københavns Universitet, Danmark	report core R2969MC05A report core R2987MC06A report core R3004BC03A report core R3136MC12A report core R3183MC18A	
Mikroplast	4.4.4	17	4.4.5	4	41	NORCE	X123-2023	



Figur 1. Kart over alle Mareanos prøvetakingsstasjoner i perioden 2006–2022, inkludert stasjoner fra 2003 og 2004 (HI-tokt). Områdene hvor de 19 stasjonene er tatt i 2022 på toktene 2022708, 2022846 og 2022118 vises med navn innenfor de 2 røde firkantene. Stasjonsnumrene er markert i Figur 2. Det er brukt ulike symboler for å skille mellom stasjoner fra 2022 og tidligere stasjoner.



Figur 2. Kartutsnittene i Figur 1 med stasjonsnumrene fra toktene i 2022 nord for Svalbard og i Kvitøyrenna og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak).



Figur 3. Multicorer med seks rør. To sedimentkjerner i gjennomsiktige PVC-rør går til kjemiske analyser. To sedimentkjerner i stålrør i midten er til mikroplastprøvetaking. Prøvetakingen på bildet er fra stasjon R2897, Kvitøyrenna.



Figur 4. Sedimentkjerne «A» stående i MC-prøvetakeren tatt på stasjon R2897 (Kvitøyrenna). Røret er 60 cm langt og sedimentkjernen med uforstyrret overflate har en klar vannsøyle over sedimentene, dermed er kjernen godkjent for bruk til uorganiske kjemiske analyser. For bilde av multicorer se Figur 3.



Figur 5. Bokscorer fra stasjon R3004 i SK05 nord for Svalbard. Det er satt ned 4 rør i boksen. Gul-lappen er 7,5x12,5 cm.

# 3 METODER FOR TESTING OG ANALYSE

Med utgangspunkt i Tabell 2, som gir en oversikt over prøver til ulike undersøkelser, vises i Tabell 4 oversikt over analysemetoder, deres analytiske egenskaper samt type instrument.

I 2022 har det oppstått behov for å utføre en del av kornfordelingsanalysene med laser ved eksternt laboratoriet (Universitet i Tromsø, UiT). Beskrivelse av metodene for kornfordelingsanalyse tas derfor i separat tabell, se Tabell 5 og kap. 3.2.2 og 3.4.

# Tabell 4. Beskrivelse av analysemetoder, utstyr og instrumenter. LLQ: nedre kvantifiseringsgrense. Med mindre annet er presisert ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. <sup>1</sup>Akkreditert ved Norsk akkreditering TEST020. <sup>2</sup>Analyseusikkerhet spesifiseres etter måleområde hvis relevant.

Parameter	Forbehandling	Utstyr forbehandling	Ref. analyse- metode	Utstyr analyser	Analyse-usikkerhet <sup>2)</sup>	LLQ	
Bestemmelse av vekttap originalt materiale til analyser	Frysetørking	Frysetørker Labconco FreeZone 6L med FreeZone Bulk Tray Dryer (-55°C)	Gravimetrisk (Vedlegg 1)	Akkreditert vekt	15 % rel. (0,01 – 100 vekt%)	+/-0.01 g	
Totalt karbon			LABdok_G031)	LECO SC-	0,06 vekt% (0,06-0,4 vekt%)	0,06 vekt%	
(10)			(Vedlegg 1)	632	±15% rel. (0,4-60 vekt%)		
Totalt organisk karbon (TOC)	Syrebehandling	Varmeplate og varmeovn kontrollert etter akkreditert metode	LABdok_G04 <sup>1)</sup> (Vedlegg 1)	LECO SC- 632	±25% rel. (0,1-3 vekt%) ±20% rel. (3-60 vekt%)	0,1 vekt%	
Total svovel			LABdok_G051)	LECO SC-	±30% rel. (0,02-2 vekt%)	0,02 vekt%	
(TS)			(Vedlegg 1)	632	±20% rel. (2-52 vekt%)		
Kornstørrelses- analyse	Se Tabell 5		I	I		I	
Δs					50% rel. (2-10 mg/kg)	2 ma/ka	
713	-				20% rel. (10-1000 mg/kg)	2 mg/kg	
Bo					25% rel. (1-5 mg/kg)	1 ma/ka	
Da					10% rel. (5-2000 mg/kg)	т шулку	
Cd					25% rel. (0,1-1 mg/kg)	0.1 mg/kg	
Cu					10% rel. (1-200 mg/kg)	0,1 mg/kg	
Cr					25% rel. (1-5 mg/kg)	1 ma/ka	
CI					10% rel. (5-1000 mg/kg)	т тід/кд	
<b>C</b> 11	M HNO₃ i		LABdok_G091)	Agilent 5110	25% rel. (1-5 mg/kg)	1	
Cu	autoklav iht. NS-	Certoclave	(Vedlegg 1)	VDV	10% rel. (5-1000 mg/kg)	T mg/kg	
1.	4770 (ref. intern				25% rel. (0,5-2,5 mg/kg)	0.5 mg/kg	
	LABdok_P03)				10% rel. (2,5-1000 mg/kg)	0,5 mg/kg	
Ni					25% rel. (1-5 mg/kg)	1 ma/ka	
					10% rel. (5-1000 mg/kg)	T HIG/KG	
Ph					25% rel. (2-10 mg/kg)	2 ma/ka	
10					10% rel. (10-1000 mg/kg)	2 mg/kg	
Zn	1				37.5% rel. (4-20 mg/kg)	4 ma/ka	
					15% rel. (20-2000 mg/kg)	- mg/kg	
Hg			LABdok_G10	Teledyne Leeman Labs	40% rel. (0,005-0,025 mg/kg) 20% rel. (0,025-2,00)	0,005 mg/kg	

Parameter	Forbehandling	Utstyr forbehandling	Ref. analyse- metode	Utstyr analyser	Analyse-usikkerhet <sup>2)</sup>	LLQ
			(Vedlegg 1)	QuickTrace® M-7600		
<sup>210</sup> Pb			Vedlegg 3	Canberra ultralow-	Ikke relevant	lkke relevant
<sup>137</sup> Cs			Vedlegg 3	Ge-detector	Ikke relevant	lkke relevant
Mikroplast	Separasjon og filtrering	Micro-Plastic Sediment Separator, HYDROBIOS	Vedlegg 4		Ikke angitt	15 µm
	μFTIR	Kap. 3.3.2	Vedlegg 4	Nicolet iN 10 MX, Thermo Fischer	Ikke angitt	Ikke angitt
	Pyr-GC/MS	Кар. 3.3.2	Vedlegg 4	Shimadzu QP2020 NX koplet Frontiers lab's Multi-Shot Pyrolizer EGA/PY- 3030D	Ikke angitt	Ikke angitt
XRI	Ikke relevant		Metoden kan benyttes for helkjerner (0°- 45°-90°) og halvkjerner (0°).	Geotek X-ray core imaging system (MSCL-XCT, SN 165) med tilhørende programvare	Ikke relevant	Ikke relevant

# Tabell 5. Beskrivelse av metoder for kornfordelingsanalyse i 2022. Med mindre annet presisert ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. <sup>1</sup>)Akkreditert ved Norsk akkreditering TEST020. <sup>2</sup>)Analyseusikkerheten spesifiseres etter måleområde hvis relevant.

Parameter	Forbehandling	Utstyr	Ref. analyse-metode	Utstyr	Analyse- usikkerhet <sup>2)</sup>	LLQ
		Soniprep 150 Plus	LABdok_K01 <sup>1)</sup>	Beckman Coulter	±10 %	0,4 µm
Kornfordelings-		Digital Disintegrator	(Vedlegg 1)	LS 13320 v/NGU		
analyse basert på LPS	Desintegrering	Ultralydbad VWR USCt-300	Tilpasset LABdok_K01 (vedlegg 1) iht. intern rapport fra verifiserings- arbeid, avvik 1198	Beckman Coulter LS 13320 v/UiT	±10 %	0,4 µm

Metoden basert på Pyr-GC/MS benyttes for å kvantifisere gummimaterialene (Tabell 4) ettersom dette ikke kan detekteres med µFTIR metoden. Prøveforbehandling (kap. 3.3.2) er for å fjerne mest mulig biologisk materiale, slik at resultatene gjenspeiler mengde gummi.

# 3.1 Uttak av prøver til analyser

For prøvene til kjemiske analyser og kornfordelingsanalyse gjennomføres «skiving» (skjæring) av sedimentkjerner om bord for hver centimeter. Prøvetakingsrørene har en indre diameter på 106 mm. Sedimentkjernen presses ut av røret v.h.a. et stempel. Figur 6 viser toppen av en sedimentkjerne som blir presset ut, klar for å skjæres ved 0-1 cm. Prøvene pakkes i lynlås polyetylenposer før innfrysing til ÷18 °C ombord. Prøvematerialet leveres NGUs laboratorium for frysetørking og gravimetrisk bestemmelse av vekttap.

Prøver for <sup>210</sup>Pb-dateringsanalyse tas ut fra samme sedimentkjerne som prøvene til uorganisk kjemisk analyse nevnt ovenfor. Her ble samtlige 1 cm prøver fra sedimentkjernene sendt for <sup>210</sup>Pb og <sup>137</sup>Cs analyse for å få best mulig informasjon om aldersdateringen.

Prøver for mikroplastanalyse ble tatt fra egne sedimentkjerner i stålrør (Figur 3). Stålrørene forsegles om bord for å unngå eksponering og er åpnet utendørs ved NGU sine lokaler primært for å unngå kontaminering fra inneluft, som kan bidra med partikler fra inneklimaet. Prøvene ble tatt ut av stålrørene i mars og april 2023. Prøvene består av 2 cm tykke sedimentskiver som overføres i glass med lokk og aluminiumfolie. Blank under prøvetaking tas ut på stikkbasis. Blank fra prøvetaking består av et tomt glass som følger med som ukjent prøve under prøvetaking. Glasset eksponeres for omgivelsene, oppbevares og behandles på samme måte som de andre prøvene under uttaket.



Figur 6. Toppen av sedimentkjerne «A» med vannmettet overflate fra stasjon R2897 fra Kvitøyrenna, før sedimentkjernen deles opp i 1 cm skiver til uorganisk kjemisk analyse. De øverste centimeterne i sedimentkjernen har høyt vanninnhold. Derfor flyter noe av prøven utover kanten på røret.

# 3.2 Analyser ved NGUs laboratorium

# 3.2.1 Kjemiske analyser

- Totalt organisk karbon (inkl. grafitt), total svovel, og totalt karbon (TOC, TS og TC) bestemmes ved hjelp av Leco-analyser. Resultatene rapporteres som vekt% tørrvekt sediment. For detaljert rapport henvises til Vedlegg 3.
- Innhold kationer, inkl. Hg i analyseløsninger etter oppslutning i 7 M HNO3 iht. NS-4770 bestemmes vha. ICP-OES (AI, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, Zn og Zr) og CV-AAS (Hg). Analysedata for elementer som følger med i denne rapporten er uthevet. Resultatene rapporteres som mg/kg tørrvekt sediment. De samme parameterne, i tillegg til flere elementer fra ICP-OES analysen som ikke presenteres, finnes i Vedlegg 1.

# 3.2.2 Kornfordelingsanalyser

Avhengig av antatt kornstørrelsesfordeling kan det benyttes en kombinert metode basert på våtsikting og laserpartikkelteller (Coulter laserdiffraksjon, LPS) eller kun metode basert på LPS. For prøvene fra 2022toktene ble det kun benyttet LPS. Data fremskaffet ved eksternt laboratorium (UiT) rapporteres adskilt. For detaljert rapport henvises til Vedlegg 1.

# 3.2.3 XRI røntgeninspeksjon

Dette er en ikke-destruktiv røntgenmetode som benyttes på helkjerner for å studere og analysere strukturer og partikler i centimeter-størrelse i sedimentene, typisk sedimentær lagdeling, skjell og gruspartikler. Metoden er testet for bruk med både plast- og stålrør. Her er det sedimentkjerner i plastrør som undersøkt med XRI.

# 3.3 Analyser ved eksterne laboratorier

# 3.3.1 Analyse av radioaktive isotoper <sup>210</sup>Pb og <sup>137</sup>Cs

Analysene er utført ved <u>Gamma Dating Centre</u> (GDC), København Universitet, Danmark. Metoden er basert på γ-Ray Spectrometry og det benyttes 3 Canberra Ge-detektorer. For detaljert rapport henvises til Vedlegg 3.

#### 3.3.2 Bestemmelse av mikroplast (MP)

Analysene er utført ved NORCE (Norwegian Research Centre) Plast Laboratory i Mekjarvik. Metoden ved NORCE består av stegene nedenfor og er kort oppsummert i Figur 9. For detaljert beskrivelse henvises til Vedlegg 4.

#### Prøveopparbeiding

 Bestemmelse av vanninnhold på en del av homogenisert prøvemateriale på ca. 20 g som tørkes ved 80 °C i en uke. Prøvene veies før og etter tørking for å bestemme innhold tørt materiale (DM% i NORCE-rapporten).

- Tetthetsseparasjon for å separere MP-partiklene fra sediment: ca. 50 g tørt materiale behandles med zinkkloridsløsning, tetthet 1,70 g/cm<sup>3</sup>, i en Micro-Plastic Sediment Separator (MPSS, HYDROBIOS, Germany; Figur 7).
- Partiklene med tetthet under 1.7 g/cm<sup>3</sup> filtreres i separasjonskammeret i Figur 7 gjennom en kaskade med filtre i ståltråd på hhv. 300 og 10 µm.

### Nærmere undersøkelse av filtratene

- Filtratene undersøkes med binokulært mikroskop Leika WILD MZ8 med et MC190 HD kamera fra Leika, Germany.
- Partiklene i fraksjonen 300 µm 5 mm fjernes manuelt og karakteriseres ved ATR-FTIR.
- Mikroplastpartiklene i fraksjonen 10-300 µm forbehandles til µFTIR og Pyr-GC/MS analysene se nedenfor.

# Forbehandling til ATR-FTIR

• Partiklene plukkes ut med pinsett under stereomikroskop, måles, og veies.

# Forbehandling til µFTIR og Pyr-GCMS

- Prøvene renses med overflateaktivt stoff (natrium dodecyl sulfat, SDS).
- Organisk materiale fjernes vha. (i) enzymbehandling med protease eller cellulase og (ii) kjemisk oksidasjon med Fentons reagens. For detaljert beskrivelse av prosedyren for enzymatisk og kjemisk forbehandling henvises til rapporten i Vedlegg 4.
- Mikroplastpartiklene separeres etter tetthet.

#### FTIR-analyser

Partikler større enn 300 µm måles ved ATR-FTIR (kvalitativ vurdering), mens mikroplastpartiklene i størrelsesområdet 15-300 µm analyseres ved µFTIR. Mikroplastpartikler som inneholder store mengder karbon, for eksempel fra gummi i bildekk, kan ikke undersøkes vha. FTIR-analyse. Det gjøres i tillegg Pyr-GC/MS-analysene for å analysere for innhold av syntetisk gummi (SBR: styrene butadiene rubber) som supplerende analyser for MP.

#### ATR-FTIR

- I den graden det er mulig skaffes tre spektra per partikkel.
- Til identifisering benyttes biblioteket med spektra i https://simpleplastics.eu/download.html.
- Akseptkriteriet: 70% samsvar mellom spektra for ukjent materiale og spektra i databasen. Ved samsvar mellom 60 og 70% ble det foretatt en manuell vurdering, mens resultatene med samsvar dårligere enn 60% ble avvist.

#### µFTIR analysene

- Benyttes spektrometer Nicolet iN 10 MX fra Thermo Fischer.
- MP partikler i 15 300 µm størrelsesspannet analyseres.
- Metoden er ikke-destruktiv, dermed kan prøvematerialet benyttes videre til Pyr-GC/MSanalysene.

- Det benyttes bibliotek med spektra for sammenlikning av spektre og bestemmelse av MP type (<u>https://simpleplastics.eu/download.html</u>).
- Prøvematerialet benyttes videre til Pyr-GC/MS-analysene.





Figur 7. Utstyr til ekstraksjon av mikroplastpartikler, Micro-Plastic Sediment Separator fra Hydrobios, Tyskland (til venstre) og detaljert bilde av ekstraksjonskammer (til høyre) (bilde: NORCE). Bildet er fra NORCE sin mikroplastrapport (Vedlegg 4).

#### Pyr-GC/MS analysene

- Utføres med Shimadzu QP2020 NX koplet Frontiers lab's Multi-Shot Pyrolizer EGA/PY-3030D og prøveveksler fra BioNordika (Norge).
- Pyrolysen utføres ved en temperatur på 590°C. For andre parametre, se Gomiero m. fl. (2019).
- Resultatene rapporteres som SBR-mengde spesifikt for gummi (engelsk forkortelse for styrenebutadiene-rubber). Enhet: µg SBR/kg sediment tørrvekt.
- Til kvantifisering benyttes programmet F-Search 2.0 (Lab Frontiers).

System for prøveoverføring med beskyttelse mot kontaminering vises i Figur 8.



Figur 8. Påføring av den spesialtilpassede glassadapteren til glassmikroanalyse-vakuumfiltreringsenheten for å redusere overflaten på avsetningsområdet til glassfiberfilteret som brukes til pyrolyseprosessen. A = glassmikroanalyse-vakuumfiltreringsenhet, glassfiberstøtte; B = Adapterfiltreringsflate-reduksjonsmiddel; C = Glasstrakt; D = glassmikroanalyse-vakuumfiltreringsenhet, støpt system (kilde Norce sin mikroplast rapport, ref. Gomiero, 2019).



#### Figur 9. Prosess for MP-analyse ved NORCE. For begrepsforklaring se Tabell med forkortelser benyttet i rapporten.

# 3.4 Rutiner for kvalitetskontroll

NGUs laboratorier følger kvalitetskravene i ISO/IEC 17025:2017 og flere av metodene benyttet i denne rapporten er akkreditert (akkrediteringsnummer TEST020, se også Tabell 3 og Tabell 5). For kvalitetskontroll av de uorganiske kjemiske analysene er det satt inn sedimentprøver fra Trondheimsfjorden (Hynne) og en standardprøve fra Nordkynn i Finnmark i prøvesettet (MINN) samt en tredje standard (Tana). I denne rapporteringen er det i alt 4 parallelle analyser av hver av de tre innsatte sedimentkontrollprøvene. Analyseresultatene er presentert sammen med de øvrige resultatene i Vedlegg 1.

Kornfordelingsanalyse ble utført delvis ved NGUs laboratorier og delvis ved UiT. Analysekvalitet ved ekstern lab (UiT) er dokumentert i avvik 1198 ved NGU. Kvalitetskravene ved NGUs metode i LABdok\_K01 benyttes også ved validering der ekstern lab benyttes.

Dateringsanalysene (<sup>210</sup>Pb og <sup>137</sup>Cs) er ikke akkrediterte. Metodene etablert ved Gamma Dating Center er presentert i vitenskapelige artikler (Andersen, 2017).

Mikroplastanalysene ved NORCE er ikke akkrediterte. Metodene er presentert i vitenskapelige artikler (Gomiero, 2019).

# 3.5 Kvantifiseringsgrenser

Geokjemiske data fra samtlige analyser finnes i Vedlegg 1 og 2. I de fleste sammenhenger benyttes konsentrasjonsenheten mg/kg bortsett fra TOC, TC og TS, der vektprosent benyttes. For å kunne operere med statistikk og kart for alle observasjoner er alle analyseresultater rapportert «nedre kvantifiseringsgrense (LLQ)» satt til verdien 0,5 × «nedre kvantifiseringsgrense» for det gjeldende stoff. For eksempel nedre kvantifiseringsgrense for kadmium er 0,1 mg/kg sediment tørrvekt, og den halve kvantifiseringsgrensen er 0,05 mg/kg sediment, som da vil være den verdien en prøve under LLQ vil bli presentert med i et kart.

# 4 **RESULTATER**

# 4.1 Bakgrunnsinformasjon

#### 4.1.1 Sedimentklassifikasjon etter kornstørrelse

NGU har etablert en sedimentklassifikasjon (Bøe m. fl., 2010), som revideres ved behov (<u>https://www.ngu.no/Mareano/kornstorrelse.html</u>). Deler av sedimentklassifikasjonen relevant for denne rapporten er presentert i Tabell 6.

Tabell 6. Sedimentklassifikasion etter k	ornstørrelser. Klassifikasionen	er i henhold til NGUs	sedimentklassifikasion.
			oounnonnnaogon

Kornstørrelse	Definisjon/beskrivelse
Leir	Leir:silt > 2:1 og leir+silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Organisk slam	Leir:silt fra 1:2 til 2:1 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %. Høyt innhold av organisk material.
Slam	Leir:silt fra 1:2 til 2:1 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Sandholdig leir	Leir+silt > 2:1 og leir+silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Sandholdig slam	Leir:silt = fra 1:2 til 2:1 og leir+silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Silt	Leir:silt < 1:2 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Sandholdig silt	Silt:leir > 2:1 og leir + silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Leirholdig sand	Sand > 50 %, leir:silt > 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Slamholdig sand	Sand > 50 %, leir:silt = fra 1:2 til 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Siltholdig sand	Sand > 50 %, silt:leir > 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Fin sand	Sand > 90 %, inkluderer fin og veldig fin sand (Wentworth, 1922)
Sand	Sand > 90 %, leir+silt < 10 %, grus < 2 %
Grov sand	Sand > 90 %, inkluderer medium, grov og veldig grov sand (Wentworth, 1922).
Grusholdig slam	Sand:silt+leir < 9:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig sandholdig slam	Sand:silt+leir fra 1:9 til 1:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig slamholdig sand	Sand:silt+leir fra 1:1 til 9:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig sand	Sand:silt+leir > 9:1, grus 2 – 30 %.
Slamholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir < 1:1.
Slamholdig, sandholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir fra 1:1 til 9:1.
Sandholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir > 9:1.
Grus	Grus > 80 %.
Grus, stein og blokk	Dominans av grus, stein og blokk.
Stein og blokk	Dominans av stein og blokk.
Sand og blokk	Dominans av sand og blokk
Diamikton	Sediment med blandede kornstørrelser og dårlig sortering.

#### 4.1.2 Beregning av vektprosent karbonat

Innholdet av karbonat i sedimentene beregnes fra analyser med Leco, og gjøres ut fra antakelsen om at karbon (C) som ikke er av organisk opprinnelse er bundet i kalsiumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>). Karbonat-bundet

karbon fjernes ved å syrebehandleprøven på varmebad. Karbonatverdiene i vektprosent beregnes fra følgende formel:

 $(TC - TOC) \times (CaCO_3/C) = (TC - TOC) \times 8,33$ 

TC er innholdet av totalt karbon, mens TOC er innhold av total organisk karbon.

Karbonat i sedimentene antas å ha opprinnelse i biologisk materiale – i hovedsak skjell fra mikroorganismer og større bunnlevende dyr, for eksempel foraminiferer, kråkeboller, brakiopoder og koraller. Alternativt kan karbonat ha opprinnelse i eroderte bergarter/mineraler med innhold av karbonat.

# 4.2 Overflateprøver

De geokjemiske resultatene for overflateprøvene rapporteres for å gi oversikt over dagens miljøtilstand. Parameterne som presenteres her er sedimentenes finstoffandel, innhold av TOC, innhold av karbonat 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). Kart for de nevnte parameterne finnes dels presentert i rapporten og dels i Vedlegg 2 for de kjemiske elementene som ikke blir presentert her. Videre rapporteres radioaktiv <sup>137</sup>Cs, som blir analysert i forbindelse med dateringsanalysene utført på sedimentkjerner fra 8 utvalgte stasjoner.

Det er til sammen analysert 19 overflateprøver tatt ut med enten multicorer (14 prøver), boxcorer (3 prøver) og grabb (2 prøver) (Tabell 2).

#### 4.2.1 Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, karbonat og svovel

I utgangspunktet er prøvetakingen for miljøanalyser gjennomført i områder med finkornete sedimenter. De fleste prøvetakingsstasjoner er valgt ut før tokt på bakgrunn av blant annet multistråledata (dybde og bunnreflektivitet). Metodikken for geologisk havbunnskartlegging er gitt i Bøe m. fl. (2010) og Bellec m. fl. (2017). Prøvetaking planlegges der en forventer at det avsettes slamholdige sedimenter, typisk i dype områder eller områder med svake havstrømmer. Andel finstoff (< 63 μm) i overflateprøvene er vist i Figur 10 og Figur 11 (kartutsnitt med 2022 stasjonene).

Tabell 7 viser kornstørrelsesfordelingen i leir-, silt-, finstoff-, sand- og grusfraksjoner for overflateprøvene fra de 19 stasjonene. TOC i overflateprøvene er presentert i Figur 12 og Figur 13, den sistnevnte figuren for mer detaljerte kart av de kartlagte områdene i 2022. Prøvene nord for Svalbard (SK04 i vest til SK09 og Kvitøyrenna i øst) viser at TOC varierer fra 0,45 til 2,07 vektprosent, med høyest konsentrasjon i R3032 (SK05), og lavest konsentrasjon i R3032 (SK04), som også har de groveste sedimentene. De tre stasjonene fra Utsira Nord har TOC varierende fra 1.25 til 1.57 vektprosent, med høyest TOC i R3184. De 4 stasjonene fra NS04 har TOC varierende fra 1.90 til 2.29 vektprosent, med høyest TOC i R3183.

Karbonat i overflatesedimentene er vist i Figur 14 og Figur 15. Prøvene fra de 9 stasjonene nord for Svalbard, fra SK04 i nordvest til SK09 i nordøst og Kvitøyrenna viser at andelen karbonat er lav, varierende fra 1.89 vektprosent i R3032 (SK04) til 8.58 vektprosent i R3002 (SK05). Variasjon i andel karbonat kan muligvis knyttes til påvirkning fra varmere atlantiske vannmasser som strømmer nord om Svalbard (Huserbråten m. fl., 2023).



Figur 10. Andel finstoff (< 63 µm) i overflateprøvene fra 2022-toktene. Prøvene fra 2022-stasjonene er markert med rød ring innenfor de 2 røde firkantene nord for Svalbard og i Nordsjøen. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 11.



Figur 11. Andel finstoff (< 63 µm) i overflateprøver i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 10.

Stasjon	Område	Leir < 2 µm [%]	Silt 2 – 63 µm [%]	Finstoff < 63 µm [%]	Sand 63 – 2000 µm [%]	Grus >2000 µm [%]	NGU sediment klassifikasjon
R2890GR26	Kvitøyrenna	5,7	32,8	38,5	61,5	0,0	Siltholdig sand
R2897MC01	Kvitøyrenna	16.2	82.4	98.6	1.4	0,0	Silt
R2904GR43	SK09	5.8	68.8	74,6	25.4	0,0	Sandholdig silt
R2924MC02	SK08	13,7	82,6	96,3	3,7	0,0	Silt
R2940MC03	Rijpfjorden midtre	14.6	83.6	98,2	1.8	0,0	Silt
R2963MC04	SK07	13.1	80.7	93,8	6.2	0,0	Silt
R2969MC05	Rijpfjorden ytre	10.6	73.0	83,6	16.4	0,0	Sandholdig silt
R2987MC06	SK06	11.7	80.5	92,2	7.8	0,0	Silt
R3032BC02	SK04	2.7	17.7	20,4	79.6	0,0	Silthold sand
R3004BC03	SK05	11.7	84.9	96,6	3.4	0,0	Silt
R3105BC05	Kvitøyrenna	15.3	82.3	97,6	2.4	0,0	Silt
R3120MC10	Områder nord for Utsira nord - NRN-1	12.9	62.2	75,1	24.9	0,0	Sandholdig silt
R3131MC11	Utsira nordøst	14.0	81.1	95.1	4.9	0.0	Silt
R3136MC12	Utsira nord	10.9	74.6	85.5	14.5	0.0	Sandholdig silt
R3149MC13	NS04	9.9	89.1	99.0	1.0	0.0	Silt
R3165MC14	NS04	9.6	87.8	97.4	2.6	0.0	Silt
R3175MC15	NS04	14.0	84.9	98.9	1.1	0.0	Silt
R3183MC18	NS04	11.9	86.0	97.6	2.4	0.0	Silt
R3184MC19	Utsira nord	14.6	81.9	96.5	3.5	0.0	Silt

Tabell 7. Kornstørrelsesfordeling og sediment klassifikasjon for overflateprøvene (0-1 cm dybde) basert på Coulter data.



Figur 12. TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2022-toktene, nord for Svalbard og i Nordsjøen, er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 13.



Figur 13. TOC i overflateprøver (vektprosent) i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 12. Prøvene fra 2022-toktene fra havområdene nord for Svalbard og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak) er markert med rød ring.



Figur 14. Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2022-toktene, nord for Svalbard og i Nordsjøen, er vist med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 15.



Figur 15. Karbonat i overflateprøver (vektprosent) i havområdene vist som kartutsnitt i Figur 14. Prøvene fra 2022toktene fra havområdene nord for Svalbard og i Nordsjøen (Utsira, Skagerrak) er markert med rød ring.

# 4.2.2 Tungmetaller, barium og cesium-137 (<sup>137</sup>Cs)

Det er analysert for tugmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn) samt arsen (As) i overflateprøvene fra de 19 prøvetakingsstasjonene. Disse elementene er valgt fordi de er forurensende og kan utgjøre en risiko for menneskers helse (Braastad, 2000). Konsentrasjonene er sammenliknet med Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for forurensingsnivåer i sedimenter i kyst- og fjordområder (Molvær m. fl., 1997; SFT, 2007) sist revidert 30.10.2020 (<u>Miljødirektoratet Veileder M-608</u>). Det er skjedd noen justeringer for inndeling i tilstandsklasser i sediment for en rekke metaller og arsen.
Justeringene i grenseverdiene medfører også at metallkonsentrasjonskartene blir justert i forhold til endrede grenseverdier:

- tilstandsklasse I: bakgrunn
- tilstandsklasse II: god
- tilstandsklasse III: moderat
- tilstandsklasse IV: dårlig
- tilstandsklasse V: svært dårlig

Klassifiseringssystemet for sedimenter er ment til bruk for finkornet sediment, bestående av leire og/eller silt og anvendes ikke for sedimenter med innslag av grus eller grov sand.

Resultatene fra analysene av overflatesedimentene er oppsummert i Tabell 8, hvor tilstandsklassene for tungmetallene og arsen er vist, samt antall prøver innenfor hver av tilstandsklassene i henhold til Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for sedimenter (<u>Miljødirektoratet Veileder M-608</u>).

# Tabell 8. Vurdering av overflateprøver fra 2022-toktene (19 stasjoner) i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for marine sedimenter. Uthevet skrift viser antall overflateprøver i hver av klassene I-V.

Parametere		Forurensningsnivåer							
		I			IV	V			
		Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig			
Arsen	mg/kg	0-15	15-18	18-71	71 – 580	>580			
	antall	1	3	14	1	0			
Bly	mg/kg	0-25	25 -150	150-1480	1480-2000	>2000			
	antall	3	16	0	0	0			
Kadmium	mg/kg	0-0,20	0,20 – 2,5	2,5 –16 16 – 15		>157			
	antall	19	0	0	0	0			
Kobber	mg/kg	0-20	20 - 84		84-114	>114			
	antall	15	4		0	0			
Krom	mg/kg	0-60	<b>60 – 620</b> 620 – 6000		6000 – 15500	>15500			
	antall	19	0	0	0	0			
Kvikksølv	mg/kg	0-0,050	0,05 – 0,52	0,52 – 0,75	0,75 – 1,45	>1,45			
	antall	15	4	0	0	0			
Nikkel	mg/kg	0-30	30 – 42	42 – 271	271 – 533	>533			
	antall	5	13	1	0	0			
Sink	mg/kg	0-90	90 – 139	139 – 750	750 – 6690	>6690			
	antall	15	4	0	0	0			

De laveste verdiene er målt for overflateprøvene på stasjon R3032BC02 i SK04 og R2890GR26 i Kvitøyrenna. Lav akkumulasjon av uorganiske miljøgifter ved disse stasjonene kan forklares ved at sedimentene er grovkornet. Kornfordelingsanalyse (Tabell 6) viser at innholdet av finstoff (< 63 µm) er 20,4% ved R3032BC02 i SK04 og 38,5% ved R2890GR26 i Kvitøyrenna, og begge prøver klassifiseres som silthold sand.

En nærmere vurdering av data presenteres nedenfor. Kart for en rekke av de analyserte kjemiske elementene blir presentert i teksten. Kart for de øvrige elementene finnes i Vedlegg 2. Radioaktivt <sup>137</sup>Cs blir

rapportert for overflatesedimentene. <sup>137</sup>Cs er analysert sammen med den radioaktive <sup>210</sup>Pb-isotopen, som brukes for datering av sedimentkjerner (kap. 4.3.4).

Barium (Ba) er også inkludert i vurderingen selv om Ba ikke er et toksisk element. Olsgård og Gray (1995) og Rye (1996) har rapportert om utslipp av barytt fra norsk offshorevirksomhet i Nordsjøen. Haanes m. fl. (2023) bruker Mareanos kjemidata til og med 2019 (<u>https://mareano.no/kart-og-data/kjemidata</u>) for å gi en statistisk basert oversikt over hvor det finnes anrikning av Ba i de øverste lagene i sedimentkjerner.

#### Arsen (As)

As-konsentrasjon i overflateprøvene er vist i Figur 16 og Figur 17. De 11 prøvene nord for Svalbard og Kvitøyrenna varierer fra 7.1 til 86.7 mg/kg sediment, med høyest konsentrasjon i R2940 (SK07), som svarer til tilstandsklasse IV. Prøvene fra de 4 Utsira nord-stasjonene varierer fra 17.8 til 19.1 mg/kg sediment tørrvekt (tilstandsklasser II – III). Prøvene fra de 4 NS04 stasjonene innerst i Skagerrak varierer fra 18.7 til 20.5 mg/kg sediment tørrvekt, hvilket svarer til tilstandsklasse III for samtlige 4 overflateprøver.

### Bly (Pb)

De høyeste Pb-konsentrasjon måles ved stasjonene i områdene Utsira og NS04 – se Figur 18 og Figur 19. Alle prøvene, med unntak av 3 prøver i Svalbard-området, tilhører tilstandsklasse II (<150 mg/kg Pb), med Pb-innhold i det laveste området for denne tilstandsklasse, 26,2 – 44,0 mg/kg. Laveste konsentrasjoner måles for prøvene fra stasjon R2890 (Kvitøyrenna) og R3032 (SK04), begge prøver med høyere andel sand enn på de andre stasjonene.

### Kadmium (Cd)

Samtlige prøver fra Svalbard og Norskehavet med unntak av prøven fra stasjon R3131 i Utsira-området er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment tørrvekt. Cd-innhold i prøven fra stasjon R3131 i Utsiraområdet R3131 er 0,20 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasse I (0-0,20 mg/kg). Kartene for Cd i overflateprøvene er i Vedlegg 2.

#### Kobber (Cu)

Flere prøver fra nord for Svalbard (SK05, SK06, SK07, SK08, Rijpfjorden midtre) og Kvitøyrenna (R2897) inneholder kopper over 20 mg/kg sediment og klassifiseres i tilstandsklassen II (20-84 mg/kg sediment). Samtlige prøver fra stasjonene i Nordsjøen (Utsira nord og NS04) og de øvrige prøvene fra Svalbard og Kvitøyrenna tilhører tilstandsklasse I (bakgrunn, <20 mg/kg sediment). Cu-kartene finnes i Vedlegg 2.

# Krom (Cr)

Krom-innhold i prøvene fra 2022 er i området 11,1 – 54 mg/kg sediment, og tilhører tilstandsklasse I (bakgrunn). Prøvene fra NS04 og Kvitøyrenna, med unntak av stasjon R2890, inneholder over 45 mg/kg sediment. Lavest Cr-verdi måles for SK04 stasjonen, 11,1 mg/kg, mens høyest verdi måles ved stasjon R3183 i området SN04. Cr-kartene finnes i Vedlegg 2.

#### Kvikksølv (Hg)

Figur 20 og Figur 21 viser Hg i overflatesedimentene. Hg-konsentrasjon i prøvene fra Utsira-området og Svalbard er 0,015 – 0,05 mg/kg, som tilsvarer tilstandsklassen I (bakgrunn). Prøvene fra de 4 NS04stasjonene innerst i Skagerrak varierer fra 0,086 til 0,098 mg/kg sediment tørrvekt, som tilsvarer tilstandsklasse II. Blant prøvene fra Svalbard måles høyere verdier i områdene Kvitøyrenna, SK08 og SK09 (mellom 0,04 – 0,05 mg/kg Hg), mens de laveste verdier måles i områdene SK04 og SK05 (mellom 0,015 og 0,027 mg/kg Hg).

#### Nikkel (Ni)

Stasjon R2963 i området SK07 har høyest Ni-konsentrasjon med 44,1 mg/kg sediment av samtlige 19 prøver. Det tilsvarer tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg sediment, moderat forurenset) (Figur 22 og Figur 23). Prøvene fra SK04 og Kvitøyrenna, R2890 er i tilstandsklassen I (<30 mg/kg sediment), mens øvrige prøver fra Svalbard er i tilstandsklassen II, med konsentrasjoner på 32,7 – 41,8 mg/kg sediment. Prøvene fra Utsira har Ni-konsentrasjon fra 26,4 mg/kg (R3120) til 34,6 mg/kg (R3184). De 4 prøvene fra NS04 varierer fra 29,3 til 33,6 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasser I og II.

### Sink (Zn)

R3175 fra NS04 har høyest Zn-konsentrasjon av samtlige 19 prøver med 102 mg/kg sediment, i tilstandsklasse II for kyst- og fjordsedimenter (90 - 139 mg/kg sediment). Zn-innhold målt ved stasjon R2897 Kvitøyrenna er på 95,7 mg/kg sediment, som er i tilstandsklassen II, mens alle andre prøver er i tilstandsklassen I, med laveste Zn-konsentrasjon på 20,0 mg/kg sediment ved stasjon SK04, som har et høyere sandinnhold enn prøvene nord for Svalbard. De 4 NS04 overflateprøvene varierer fra 87,8 til 102,0 mg/kg sediment. Zn-kartene finnes i Vedlegg 2.

### Barium (Ba)

Barium analyseres for å vurdere om utslipp fra petroleumsindustrien kan spores i sedimentene, men det er viktig å være klar over at også naturlige kilder kan gi forhøyde verdier. Ba-konsentrasjon i overflatesedimentene er presentert i Figur 24 og Figur 25. Ba-konsentrasjonen varierer fra 49,3 mg/kg (SK04 vest for Svalbard) til 215 mg/kg (SK08 nord for Svalbard). Anrikning av Ba i sedimentene beskrives i kap. 4.3.6.

# Cesium-137 (137Cs)

<sup>137</sup>Cs er et menneskeskapt radioaktivt element. De viktigste kildene er utslippet fra Tsjernobyl i 1986 og de atmosfæriske atomprøvesprengningene på Novaja Semlja på 1950- og 1960-tallet. Det siste større utslippet av <sup>137</sup>Cs skjedde fra Fukushima atomanlegget i Japan i 2011. Resultatene av <sup>137</sup>Cs er presentert i Figur 26. Det er analysert for <sup>137</sup>Cs på i alt 8 stasjoner, med 6 stasjoner nord for Svalbard, 1 stasjon fra Utsira nord og 1 stasjon fra NS04. De 6 stasjonene nord for Svalbard har <sup>137</sup>Cs fra 0 til 13 becquerel (Bq) pr. kg sediment tørrvekt, med det høyeste nivået i R2963, som ligger i Rijpfjorden ytre. De to overflateprøvene fra Utsira nord og NS04 har henholdsvis 0 Bq/kg og 8 Bq/kg i overflateprøvene. Dateringsanalysene gås gjennom i kap. 4.3.4.



Figur 16. As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), Grønne punkt angir tilstandsklasse II (15-18 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse III (18-71 mg/kg). Oransje punkt angir tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 17.



Figur 17. As-konsentrasjon i overflateprøver i kartutsnittene i Figur 16. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (I (<15 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (15-18 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse II (15-71 mg/kg). Oransje punkt angir tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring.



Figur 18. Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 19.



Figur 19. Pb-konsentrasjon i overflateprøver i kartutsnittene i Figur 18. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (I (<25 mg/kg), tilstandsklasse II er markert med grønne sirkler (25-150 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring.



Figur 20. Hg i overflateprøvene. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 21.



Figur 21. Hg i overflatesedimenter i kartutsnittene i Figur 20. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg). Grønne punkt angir tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring.



Figur 22. Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter. Grønne punkter angir tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg). Gule punkt angir tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 23.



Figur 23. Nikkel i overflatesedimenter i kartutsnittene i Figur 22. Prøvene fra 2022-toktene er vist med rød ring. Blå punkt angir tilstandsklasse I for fjord- og kystsedimenter (<30 mg/kg). Grønne punkter angir tilstandsklasse II (30-42 mg/kg), og gule punkt angir tilstandsklasse III (42-271 mg/kg).



Figur 24. Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 25.



Figur 25. Barium i overflatesedimenter fra kartutsnittene i Figur 24. Prøvene fra 2022-toktene er markert med rød ring.



Figur 26. Radioaktivt <sup>137</sup>Cs i overflatesedimenter. Prøver fra 2022-toktene er markert med rød ring.

# 4.3 Sedimentkjerner

#### 4.3.1 Visuell bedømmelse og XRI-analyser

Sedimentkjernene blir beskrevet ombord samtidig med at de blir delt opp i 1 cm tykke skiver. Det er tatt hele sedimentkjerner som tas med til laboratoriet, hvor de blir analysert med røntgen (XRI). Dette gjøres for å få en kvalitativ vurdering for valg av stasjoner for dateringsanalyse, geokjemisk analyse av hele sedimentkjerner og valg av sedimentkjerner for mikroplast-analyser. XRI-bildene gir informasjon om blant annet lagdeling, om sedimentene er homogene, bioturbasjon og om det finnes større partikler som f.eks. gruspartikler eller skjell. Denne typen registreringer er viktige for vurdering av sedimentasjonsmiljøet. Eksempler for de forskjellige kjernene er presentert i denne delen av rapporten, med vekt på sedimentkjerner fra stasjonene der det er gjennomført dateringsanalyser og kjemiske analyser i hele sedimentkjerner. Oversikten i Tabell 2 viser for hvilke sedimentkjerner det er tatt XRI-bilder, som gjengis i tabellen nedenfor (Tabell 9).

Område	Stasjon	XRI	Ref. til XRI- bilde i rapporten	Kjemiske- og kornfordelings- analyse av kjerne	Daterte sediment- kjerner	MP- analyser kjerne
Kvitøyrenna	R2897MC01	ja	Figur 27	Х	х	х
SK08	R2924MC02	ja	Figur 28	х	х	
Rijpfjorden midtre	R2940MC03	ja	Figur 29	х		
SK07	R2963MC04	ja	Figur 30	Х	х	
Rijpfjorden ytre	R2969MC05	ja	Figur 31	х	х	х
SK06	R2987MC06	ja	Figur 32	Х	х	
SK04	R3032BC	ja	Figur 33	Х		
SK05	R3004BC	ja	Figur 34	Х	х	
Kvitøyrenna	R3105BC	ja				
Områder nord for Utsira nord - NRN1	R3120MC10	ја	Figur 35	х		
Utsira nordøst	R3131MC11	ja				
Utsira nord	R3136MC12	ja	Figur 36	х	х	
NS04	R3149MC13	ja	Figur 37	Х		х
NS04	R3165MC14	ja	Figur 38	х		
NS04	R3175MC15	ja	Figur 39	х		
NS04	R3183MC18	ја	Figur 40	Х	х	
Utsira nord	R3184MC19	ja	Figur 41	Х		х

#### Tabell 9: Kjerner med XRI-bilder, med henvisning til figur i teksten.

Ni sedimentkjerner fra stasjoner nord for Svalbard er analysert med XRI. R2897 (Kvitøyrenna) er en ca. 40 cm lang kjerne, som har tydelige spor av bioturbasjon i de øverste 10 cm, med vannrette ganger med lysere sedimenter (Figur 27). Sedimentkjernen blir gradvis mørkere lengre ned pga. økt kompaktering. R2924 (SK08) er en ca. 35 cm lang sedimentkjerne med noe som kan være en gravegang 6-8 cm under overflaten, bestående av lysere sedimenter (Figur 28). Utover det er det homogene sedimenter preget av gradvis mørkere lag mot dypet, forårsaket av økt kompaktering, for i de nederste ca. 10 cm å bli lysere. R2940, fra Rijpfjorden midtre, er ca. 17 cm i lengde (Figur 29). Kjernen ser homogen ut med små forskjeller i kontrast i hele kjernen. R2963, SK07 nord for Svalbard, er ca. 35 cm lang og er preget av en del graveganger i de

øverste 15 cm (Figur 30), med vannrette og skrå graveganger. Deretter blir sedimentene mørkere, sannsynligvis pga. økt kompaktering og mindre innfyll av lysere sedimenter i gravegangene. R2969 fra Rijpfjorden ytre er ca. 33 cm lang (Figur ) med tydelig bioturbasjon i de øverste 10 cm. Det er primært graveganger med vannrett orientering og litt skråstilte gravegange. Deretter blir sedimentene mørkere, trolig forårsaket av økt kompaktering av sedimentene, og fremstår som mer homogene i denne delen av sedimentkjernen. R2987 (SK06) er en ca. 39 cm lang sedimentkjerne med tydelige graveganger i de øverste 9 cm (Figur 32). Gravegangene er noen millimeter i diameter og ses pga. kontrasten mellom lysere sedimenter (mindre kompaktert) i gravegangene og mørkere sedimenter rundt gravegangene. R3032 fra SK04, tatt med PVC-rør presset ned i en boxcorer, består av en 20 cm lang sedimentkjerne med gradvis mørkere sedimenter dypere i kjernen (Figur 33). R3004 fra SK05 er en ca. 43 cm lang sedimentkjerne med lyse sedimenter i de øverste 9 cm av kjernen, hvor det ses tydelige graveganger (Figur 34). Deretter blir sedimentene mørkere pga. kompaktering. Sedimentene under de øverste 9 cm virker homogene.

Fire sedimentkjerner fra Utsira nord og områder nord for Utsira nord, NRN1 er analysert med XRI. Den ca. 32 cm lange sedimentkjernen fra R3120, område nord for Utsira nord, NRN1, har lyse sedimenter i hele kjernen, og med cm-store skjell i flere nivåer (Figur 35). Der er graveganger i de øverste 9 cm av kjernen. Sedimentkjernen fra R3136, Utsira nord, er ca. 42 cm lang (Figur 36). Det er lyse sedimenter i de øverste 11 cm, med tydelige, overveiende vannrette graveganger. Utover det virker sedimentkjernen homogen med varierende mørkere og lysere partier i sedimentene, som sannsynligvis skyldes forskjeller i kompaktering av sedimentene. Dette ses i kontrastene i sedimentene fra ca. 20 cm under overflaten, med de lysere sedimentene i graveganger sammenliknet med sedimentene rundt.

Sedimentkjerner fra 4 NS04 stasjoner, R3149, R3165, R3175 og R3183 er undersøkt med XRI. Dette er alle lange sedimentkjerner. R3149 (Figur 37) er ca. 45 cm lang, med en skrå overflate, som er dannet pga. forstyrring av sedimentene i kjernen. En åpning i overflaten, som går ca. 10 cm ned i kjernen, kan være en gravegang. Alternativt kan det være knyttet til forstyrring av sedimentene, som har ført til en sprekk. R3165, som er ca. 45 cm lang (Figur 38), har lyse sedimenter i de øverste 10 – 18 cm, med en skrå flate mot sedimentene under, som er mørkere. Forskjellen i kontrast kan være knyttet til at tråling har virvlet opp de øverste lagene og ført til løse, resuspenderte sedimenter øverst. R3175 er en ca. 45 cm lang sedimentkjerne, med tydelige graveganger i de øverste 22 cm (Figur 39). Dette er et uvanlig tykt intervall hvor det er mulig å se mange graveganger i lyse (ukompakterte) sedimenter, med en gradvis overgang til sedimenter uten synlige graveganger, omtrent i midten av sedimentkjernen. R3183 er ca. 44 cm lang (Figur 40) med graveganger i et ca. 20 cm intervall i den øvre delen av sedimentkjernen.

R3184 fra Utsira nord er ca. 44 cm lang, med graveganger synlige i de øverste 25 cm (Figur 41). Forskjellen mellom lysere og mørkere deler i sedimentkjernen skyldes sannsynligvis bioturbasjon. R3184 fremstår som en sedimentkjerne med omfattende bioturbasjon i hele kjernens lengde med tildels tydelige graveganger og tildels mindre tydelige strukturer som sannsynligvis er graveganger.

51



Figur 27. XRI-bilde av sedimentkjerne R2897MC01, Kvitøyrenna. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 28. XRI-bilde av sedimentkjerne R2924MC02, SK08. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 29. XRI-bilde av sedimentkjerne R2940MC03, RF Midtre. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 30. XRI-bilde av sedimentkjerne R2963MC04 (SK07). Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 31. XRI-bilde av sedimentkjerne R2969MC05, RF Ytre. Målestokk i cm-skala til venstre.







Figur 33. XRI-bilde av sedimentkjerne R3032BC02, SK04. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 34. XRI-bilde av sedimentkjerne R3004BC03, SK05. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 35. XRI-bilde av sedimentkjerne R3120MC010, område nord for Utsira nord NRN1. Målestokk i cm skala til venstre.



Figur 36. XRI-bilde av sedimentkjerne R3136MC12, Utsira nord. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 37. XRI-bilde av sedimentkjerne R3149MC13, NS04. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 38. XRI-bilde av sedimentkjerne R3165MC14, NS04. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 39. XRI-bilde av sedimentkjerne R3175MC15, NS04. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 40. XRI-bilde av sedimentkjerne R3183MC18, NS04. Målestokk i cm-skala til venstre.



Figur 41. XRI-bilde av sedimentkjerne R3184MC19, Utsira Nord. Målestokk i cm-skala til venstre.

#### 4.3.2 Kornstørrelsesfordeling

I alt 15 sedimentkjerner; R2897 (Kvitøyrenna), R2924 (SK08), R2940, R2963 (SK07), R2969 (Rijpfjorden ytre), R2987 (SK06), R3004 (SK05), R3032 (SK04), R3120 (område nord for Utsira nord NRN1), R3136 (Utsira nord), R3149, R3165, R3175 og R3183 (NS04) og R3184 (Utsira nord) er analysert for kornstørrelsesfordeling. Metode for kornstørrelsesanalyse er beskrevet i kap. 3.2.2. Kornstørrelsesfordelingen er delt inn i leire (<2 μm), silt (2-63 μm), sand (63-2000 μm) og grus (>2000 μm). Sistnevnte fraksjon er ikke registrert og ses derfor ikke i figurene i de analyserte sedimentkjerner. Kornstørrelsesfordelingen er en viktig faktor for vurdering av avsetningsmiljøet med tanke på strømforhold og avsetningsforhold. Høy andel finstoff (slam = leir pluss silt) er uttrykk for rolige avsetningsforhold for sedimenter. Mer sandholdige sedimenter er uttrykk for et høyere energinivå (sterkere strømmer). Kornstørrelsesfordelingene i Figur 42 viser samtlige 8 sedimentkjerner nord for Svalbard. R2897 fra Kvitøyrenna har høy andel finstoff i hele sedimentkjernen, med mer enn 90 % finstoff gjennom hele sedimentkjernen. R2924 fra SK08 har omtrent sammen fordeling av leir, silt og sand som R2924. R2940, Rijpfjorden midtre, er en kort sedimentkjerne, som også har en høy andel finstoff. R2963 fra SK07 har en svakt økende andel leir og spesielt silt mot toppen av sedimentkjernen, mens andel sand går ned, hvilket tyder på endringer i strømregimet over tid til svakere strøm. R2969, Rijpfjorden ytre, har i motsetning til R2963, en økende andel sand mot toppen av sedimentkjernen, som tyder på økt strøm mot toppen av sedimentkjernen. R2987, SK06, har relativt stabil andel finstoff på ca. 90 %, og med silt som klart dominerende fraksjon. R3004 fra SK05 har en stabil høy andel finstoff på 90 % eller mer, og med silt som dominerende fraksjon. R3032 fra SK04 har i motsetning til alle de andre stasjonene nord for Svalbard mest sand og mindre silt og leir, som gjør denne stasjonen noe mer grovkornet. Det tyder på sterkere havstrømmer på denne stasjonen enn for stasjonene fra de andre områdene nord for Svalbard. Figur 43 viser 3 stasjoner fra område nord for Utsira nord NRN1og Utsira nord, samt 4 stasjoner fra NS04, i indre Skagerrak. R3120, området nord for Utsira nord NRN1, består av sandholdig silt, og med økende andel sand mot toppen av sedimentkjernen, noe som tyder på sterkere havstrøm over tid. R3136 består av finstoff med silt som den viktigste kornstørrelsesfraksjon. Sand øker markant i de øverste 11 cm av prøven og utgjør mer enn 15 % øverst (0-1 cm). R3184, Utsira nord, er sedimentkjernen med mest stabil høy andel finstoff (>90 %), hvilket tyder på at i denne delen av Utsira nord er det roligere sedimentasjonsforhold enn for R3120 og R3136. Sedimentkjernene fra NS04 har generelt høye andeler finstoff (Figur 43). Fordeling av kornstørrelsesfraksjonene i sedimentkjernene fra NS04 blir ikke vurdert på samme måte som for de andre områdene pga. mye tråling i dette området. Tråling og mulig påvirkning av sedimentene blir vurdert i kap. 4.3.4 og 4.3.5.



Figur 42. Kornstørrelsesfordeling med leir (<2  $\mu$ m), silt (2-63  $\mu$ m), sand (63-2000  $\mu$ m) og grus (>2000  $\mu$ m) i 8 sedimentkjerner nord for Svalbard.



Figur 43. Kornstørrelsesfordeling med leir (<2 µm), silt (2-63 µm), sand (63-2000 µm) og grus (>2000 µm) i 8 sedimentkjerner fra 3 stasjoner fra område nord for Utsira nord NRN1 og Utsira nord, samt 4 stasjoner fra NS04, i indre Skagerrak.

# 4.3.3 Total organisk karbon, karbonat og svovel

Innholdet av total organisk karbon (TOC), total svovel (TS) og karbonat for de i alt 15 sedimentkjernene er presentert i Figur 44 og Figur 45.



Figur 44. Leco-data, bestående av total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent i 8 sedimentkjerner nord for Svalbard. X-skala (vektprosent) er logaritmisk.



Figur 45. Leco-data, bestående av total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent i 8 sedimentkjerner fra 3 stasjoner fra område nord for Utsira nord NRN1 og Utsira nord, samt 4 stasjoner fra NS04, i indre Skagerrak. X-skala (vektprosent) er logaritmisk.
Syv av de åtte stasjonene nord for Svalbard (Figur 44) har generelt stabile TOC konsentrasjoner på ca. 2 vektprosent, og relativt stabile andeler karbonat varierende mellom 4 og 10 vektprosent med høyest andel karbonat i R3004 (SK05). Unntak mht. TOC og andel karbonat er R3032 (SK04), hvor andel TOC er på ca. 0,5 vektprosent, og andel karbonat er 1 – 2 vektprosent, hvilket er vesentlig lavere enn for de 7 andre analyserte sedimentkjernene. R3032 består av mer grovkornete sedimenter med sand som den dominerende kornstørrelsesfraksjonen (kap. 4.3.2). Trolig blir det avsatt mindre organisk materiale, og lavere karbonat kan skylde færre mikrofossiler, som foraminiferer. Høyere andel karbonat i R3004 (ca. 10 vektprosent) sammenlignet med de øvrige sedimentkjernene nord for Svalbard kan muligvis knyttes til at mer atlantisk sjøvann strømmer på denne stasjonen sammenlignet med de øvrige stasjonene. Atlantisk vann, varmere enn arktiske havstrømmer, favoriserer organismer med kalkskall.

Havstrømmer, spesielt atlantisk vann som strømmer vest og nord for Svalbard, blir vurdert i forbindelse med mikroplast (Vedlegg 4 - Rapport fra analyse av mikroplast nr. X123-2023 ved NORCE AS), men kan også påvirke kjemien i sedimentene inkl. andel karbonat i sedimentene.

Total organisk karbon (TOC), total svovel (TS) og karbonat for Utsira nord, område nord for Utsira nord NRN1 og de 4 NS04 stasjonene er vist i Figur 45. TOC er litt over 1 vektprosent i sedimentkjernene fra Utsira nord og området nord for Utsira Nord NRN1, og andel karbonat er over 10 vektprosent. De 4 NS04 sedimentkjernene har ca. 2 vektprosent TOC og mellom 10 og 20 vektprosent karbonat (Figur 45). TOC- og karbonatkonsentrasjonene er stabile ned gjennom sedimentkjernene (kap. 4.3.2). De stabile konsentrasjonene kan muligvis knyttes til "homogenisering" av sedimentene gjennom trålingsaktivitet i området. Mulig påvirkning fra trålvirksomhet blir vurdert i kap. 4.3.5.

Total svovel (TS) følger i høy grad TOC (Figur 44 og Figur 45), og er mest sannsynlig et uttrykk for binding av svovel i sedimentene som følge av sulfatreduserende bakteriell nedbryting av organisk materiale øverst i sedimentene. TS utgjør fra ca. 0,04 vektprosent i R3032 (SK04) til mer enn 0,2 vektprosent i R2897 (Kvitøyrenna) i sedimentene nord for Svalbard. TS varierer fra ca. 0,15 til mer enn 0,3 vektprosent i Utsira nord, spesielt dypere i R3136. NS04 har TS-verdier som varierer fra ca. 0,25 vektprosent til mer enn 0,4 vektprosent. De tilsvarende TOC-verdiene er ca. 2 vektprosent eller høyere, hvilket sannsynligvis forklarer de høyere TS verdiene sammenlignet med prøvene nord for Svalbard og Utsira nord.

# 4.3.4 Blyisotop 210 (<sup>210</sup>Pb), cesium-137 (<sup>137</sup>Cs) og akkumulasjonsrater

Bestemmelse av sedimentakkumulasjonsrater i utvalgte sedimentkjerner er viktig for å vurdere om det skjer tilførsel av sedimenter, og hvorvidt denne tilførselen er stabil eller preget av perioder med manglende avsetning. Daterte sedimentkjerner gir også informasjon om tilførsel av forurensende stoffer i moderne tid. Alderen på de øverste sedimentlagene og akkumulasjonsrater kan bestemmes ved måling av <sup>210</sup>Pb-aktiviteten i sedimentene. Isotopen <sup>210</sup>Pb har en halveringstid på 22,3 år. Bakgrunnsverdien for <sup>210</sup>Pb bestemmes ut fra mengden av bakgrunnsstråling <sup>210</sup>Pb («supported» <sup>210</sup>Pb), som er uavhengig av sedimentasjon. Bestemmelsen av <sup>210</sup>Pb-bakgrunnsstråling skjer fra de dypere sjiktene i sedimentene, hvor konsentrasjonen er konstant fordi all <sup>210</sup>Pb («unsupported» <sup>210</sup>Pb) fra atmosfærisk nedfall er nedbrutt. I tillegg til <sup>210</sup>Pb-datering, ble cesiumisotoper (<sup>137</sup>Cs) målt i alle kjernene for å identifisere begynnelsen av atomprøvesprengninger i 1950- og 1960-årene. I moderne tid er disse sprengningene den største kilden til

radioaktiv forurensing av miljøet og det største utslaget er i 1963. Økte konsentrasjoner av <sup>137</sup>Cs i marine sedimenter kan ikke bare indikere begynnelsen av atomprøvesprengninger, men også radioaktive ulykker i Tsjernobyl (Ukraina) i 1986, og Fukushima (Japan) i 2011.

Datering og bestemmelse av akkumulasjonsrater ble gjennomført på 8 sedimentkjerner R2897 (Kvitøyrenna), R2924 (Rijpfjorden midtre), R2963 (SK07), R2969 (RF Ytre), R2987 (SK06), R3004 (SK05), R3136 (Utsira nord), og R3183 (NS04) (ref. Tabell 2).

### Kjerne R2897MC01, Kvitøyrenna

R2897, Kvitøyrenna, har middels høy <sup>210</sup>Pb-aktivitet (Figur 46) med bakgrunnsnivå under 27 cm. Alder versus dyp er mulig å dra ned til 27 cm, som vist i Figur 47. Alderen for dette dypet er beregnet til 1897, slik at den beregnede sedimentasjonsraten for R2897 blir 2,2 mm/år i perioden 1900 – 2022. <sup>137</sup>Cs er ikke registrert i de øverste 3 cm og har en konsentrasjon på 7 Bq/kg sediment i 3 – 4 cm (Figur 48). <sup>137</sup>Cs øker til 10 Bq/kg sediment i 15 – 16 cm. Aldersdateringen indikerer at det svarer til 1980 i R2897MC01. 3-4 cm intervallet svarer til ca. 2010. De to <sup>137</sup>Cs toppene kan muligvis knyttes til Fukushima (2011) og Tsjernobyl (1986). I det siste tilfellet kan bioturbasjon ha forårsaket at maksimale <sup>137</sup>Cs er skjøvet nedover i sedimentene.



Figur 46. Tetthet, unsupported <sup>210</sup>Pb- og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R2897MC01, Kvitøyrenna.



Figur 47. Alder versus dyp i sedimentene i R2897MC01, Kvitøyrenna.



Figur 48. <sup>137</sup>Cs versus <sup>210</sup>Pb alder i R2897MC01 (Kvitøyrenna).

#### R2924MC02 - SK08

Denne sedimentkjernen har høyere unsupported <sup>210</sup>Pb-aktivitet sammenlignet med R2897MC01 fra Kvitøyrenna. <sup>210</sup>Pb avtar eksponentielt fra toppen av sedimentkjernen til 10 cm under overflaten (Figur 49). Omregnet alder versus dyp er vist i Figur 50. Her gir de målbare unsupported <sup>210</sup>Pb-data ned til 9-10 cm tilsvarende 1905 og en sedimentasjonsrate på 0,85 mm/år for denne tidsperioden. <sup>137</sup>Cs profilen i Figur 49 viser et maksimum på 15 Bq/kg sediment i prøven ved 3-4 cm, sannsynligvis tilsvarende 1986 og Tsjernobylutslippet.



Figur 49. Tetthet, unsupported <sup>210</sup>Pb- og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R2924MC02, SK08.



Figur 50. Alder versus dyp i sedimentene i R2924MC02, SK08.

### R2963MC04 - SK07

Denne stasjonen på skråningen (458 m havdyp) har høy unsupported <sup>210</sup>Pb-aktivitet (Figur 51), sannsynligvis knyttet til finkornete sedimenter (kap. 4.3.2). <sup>210</sup>Pb-målingene viser en eksponentiell nedgang fra toppen av sedimentkjernen til 10-11 cm under overflaten og noe mer variabelt lave <sup>210</sup>Pb-verdier dypere. Her gir de målbare unsupported <sup>210</sup>Pb data (tilsvarende 1904) en sedimentasjonsrate på 0,93 mm for denne perioden (Figur 52). <sup>137</sup>Cs maksimal verdi på 11 Bq/kg sediment finnes ved 5-6 cm. Denne maksimale <sup>137</sup>Cs-verdien kan være utslippet fra Tsjernobyl (1986), alternativt 1950-1960 tallet.



Figur 51. Tetthet, unsupported <sup>210</sup>Pb- og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R2963MC04, SK07.



Figur 52. Alder versus dyp i sedimentene i R2963MC04 (SK07).

## R2969MC05 – Rijpfjorden Ytre

Denne stasjonen nord for Svalbard i Rijpfjorden ytre (Figur 1) har middels høye unsupported <sup>210</sup>Pbunsupported verdier og med eksponentiell avtakende verdier fra toppen av sedimentkjernen til 9-10 cm (Figur 53), hvor <sup>210</sup>Pb-verdien faller til ca. 10 – 24 Bq/kg i prøvene fra 9 -10 cm og dypere. <sup>137</sup>Cs har maksimal konsentrasjon på 8 Bq/kg sediment ved 0-1 cm. Alder versus dyp i Figur 54 viser at det er mulig å trekke aldersmodellen til 1903 i 9-10 cm-intervallet.



Figur 53. Tetthet, <sup>210</sup>Pb-unsupported og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R2969MC05, Rijpfjorden ytre.



Figur 54. Alder versus dyp i sedimentene i R2969MC05, Rijpfjorden ytre.

#### R2987MC06 - SK06

Det er høye unsupported <sup>210</sup>Pb-verdier i prøvene fra denne sedimentkjernen fra SK06, nord for Svalbard. Det er målbare unsupported <sup>210</sup>Pb-verdier ned til 14-15 cm, og med en klar eksponentiell reduksjon nedover i sedimentene (Figur 55). Aldersmodellen basert på «Constant Rate of Supply» (CRS) i Figur 56 gir aldersbestemmelse t.o.m. 16-17 cm, som tilsvarer ca. 1885. <sup>137</sup>Cs spredd i store deler av sedimentkjernen kan skyldes bioturbasjon. Maksimal <sup>137</sup>Cs-konsentrasjon på 20 Bq/kg sediment tørrvekt er ved 4-5 cm, som ifølge aldersmodellen tilsvarer ca. år 2000 i Figur 57.



Figur 55. Tetthet, <sup>210</sup>Pb-unsupported og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R2987MC06 (SK06).



Figur 56. Alder versus dyp i sedimentene i R2987MC06 (SK06).



Figur 57. <sup>137</sup>Cs versus <sup>210</sup>Pb alder i sedimentene i R2987MC06 (SK06).

### R3004BC03 - SK05

Denne sedimentkjernen har moderat unsupported <sup>210</sup>Pb-nivå og relativ konstante verdier i de øverste 7 prøvene fra 0 til 7 cm, og minker heretter markant ved 7-8 cm og er helt borte fra 8 cm og dypere (Figur 58). <sup>137</sup>Cs er til stede ved 0-1 cm, 4-5 cm, 6-7 cm og i 12-13 cm (Figur 58), med høyest konsentrasjon på 7 Bq/kg sediment ved 4-5 cm. Denne sedimentkjernen har en unormal <sup>210</sup>Pb-konsentrasjon versus dyp, hvilket gjør at det ikke er forsøkt å lage en aldersmodell på basis av <sup>210</sup>Pb-dataene. Årsak til denne uvanlige <sup>210</sup>Pb-fordelingen kan være at sedimentene er blitt «homogenisert», for eks. av tråling. Registrering av trålspor, hvorav noen var dype på denne stasjonen gjør det sannsynlig at sedimentene kan ha blitt forstyrt og dermed påvirket fordelingen av <sup>210</sup>Pb-unsupported ned gjennom sedimentene.



Figur 58. Tetthet, <sup>210</sup>Pb-unsupported og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R3004BC03 (SK05).

# R3136MC12 – Utsira nord, Nordsjøen

Det er lave unsupported <sup>210</sup>Pb-verdier i denne sedimentkjernen fra Utsira nord sammenlignet med sedimentkjernene fra nord for Svalbard (Figur 59). <sup>210</sup>Pb-verdiene avtar fra overflaten ned til 10-11 cm (Figur 59). Pålitelige data for alder versus dyp vist i Figur 60 er til 9-10. Det er generelt lave <sup>137</sup>Cs-verdier i sedimentkjernen med høyeste verdi på 4 Bq/kg sediment ved 1-2 cm. <sup>210</sup>Pb-datert alder versus dyp er vist i Figur 61, og den viser at aldersdateringen rekker tilbake til 1903. <sup>137</sup>Cs versus <sup>210</sup>Pb-beregnet alder presentert i Figur 60 viser lave konsentrasjoner og et maksimum på 4 Bq/kg sediment ved 1-2 cm, tilsvarende 2014, muligvis fra Fukushima utslippet i Japan i 2011.



Figur 59. Tetthet, <sup>210</sup>Pb-unsupported og <sup>137</sup>Cs-aktivitetsmålinger i R3136MC12 (Utsira nord).



Figur 60. Alder versus dyp i R3136MC12 (Utsira nord).



Figur 61. <sup>137</sup>Cs versus <sup>210</sup>Pb alder i R3136MC12 (Utsira nord)

Oppsummeringen av dateringsanalysene fra de 8 daterte sedimentkjernene i Tabell 10, viser at det er middels til gode dateringsresultater. Resultatene påvirkes av bioturbasjon og i noen tilfeller av lave sedimentasjonsrater, som fører til mindre tydelige trender for unsupported <sup>210</sup>Pb og <sup>137</sup>Cs. Spesielt sistnevnte, som er til stede i lave konsentrasjoner, er følsom for vertikal blanding av sedimentene. Allikevel er <sup>137</sup>Cs-dataene verdifulle i kombinasjon med unsupported <sup>210</sup>Pb. I tillegg viser resultatene at det er høyere sedimentasjonsrater på stasjoner med mer finkornete sedimenter, som f.eks. R2438 og R2869, sammenliknet med R2486 og R2669. De beregnede sedimentasjonsratene er vist i Tabell 10 og Figur 62, sammen med sedimentasjonsrater fra tidligere <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkjerner.

Tabell 10. Daterte sedimentkjerner fra MAREANO-tokt i 2022. LSR: Lineær sedimentasjonsrate for intervaller
karakterisert som pålitelige basert på <sup>210</sup> Pb-aktivitetskurver. Dateringskvalitet karakteriseres av aldersmodeller som
viser en betydelig eksponentiell nedgang av <sup>210</sup> Pb-aktivitet og langsom utflating av <sup>137</sup> Cs-konsentrasjon.

Stasjon	Område	LSR (mm/år)	Dateringens kvalitet
R2897MC01	Kvitøyrenna	2,2	God
R2924MC02	SK08	0,85	Middels
R2963MC04	SK07	0,93	Middels
R2969MC05	Rijpfjorden ytre	0,84	Middels
R2987MC06	SK06	1,29	Middels/god
R3004BC03	SK05	Ikke beregnet	Dårlig - tråling?
R3136MC11	Utsira nord	0,84	Middels
R3183MC18	NS04	Ikke beregnet	Dårlig - tråling



Figur 62.Sedimentasjonsrater basert på unsupported <sup>210</sup>Pb-data i hele det kartlagte Mareano-området. Daterte sedimentkjerner fra 2022 toktene er markert med rød ring i områdene med røde rammer. Detaljert kart av de markerte kartutsnittene er vist i Figur 63.



Figur 63. Sedimentasjonsrater i kartutsnittene vist i Figur 62. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med rød ring.

# 4.3.5 Tungmetaller, arsen og barium i sedimentkjerner

For å vurdere dagens forurensingstilstand sammenlignet med tidligere tider er de åtte <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkjernene R2897 (Kvitøyrenna), R2924 (SK08), R2963 (SK07), R2969 (Rijpfjorden ytre), R2987 (SK06), R3004 (SK05), R3183 (NS04) og R3136 (Utsira nord) samt de seks udaterte sedimentkjernene R2940 (Rijpfjorden midtre), R3120 (Utsira nord NRN), R3184 (Utsira nord), R3149, R3165 og R3175 (NS04) analysert for innhold av tungmetaller, arsen og barium. Analyseresultatene finnes i Vedlegg 1.

# R2897MC01, Kvitøyrenna (datert sedimentkjerne)

R2897 er lokalisert i den nordlige delen av Kvitøyrenna (Figur 1). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for en rekke tungmetaller, arsen og barium er vist i Tabell 11. Dybdeprofilene for tungmetaller, arsen og barium er presentert sammen med andel finstoff, total organisk karbon (TOC) og karbonat. De tre sedimentparametrene er tatt med for evt. å kunne forklare endringene i de analyserte metallene. Ba-, Cr-, Cu-, Ni- og Zn-konsentrasjonene er erfaringsmessig sterkt assosiert med andel finstoff. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn, samt elementet Ba er relativt stabile gjennom hele sedimentkjernen med svakt økende konsentrasjoner mot toppen (Figur 64). Hg og Pb øker noe fra den nederste prøven (32-33 cm) til prøven ved 24-25 cm dyp. Hg har maksimal konsentrasjon øverst med 0,078 mg/kg sediment tørrvekt, tilsvarende tilstandsklasse II (god). Pb har maksimal konsentrasjon ved 4-5 cm med 69,2 mg/kg sediment tørrvekt og avtar litt øverst til 67,3 mg/kg sediment tørrvekt. De økte Hg- og Pb- konsentrasjonene følger et vanlig mønster i de marine sedimentkjernene i Mareano (eksempelvis Jensen og Bellec, 2021). As øker markant fra ca. 7 mg/kg sediment tørrvekt nederst i sedimentkjernen til ca. 17 mg/kg sediment tørrvekt øverst (Figur 64). Sannsynligvis er denne økningen knyttet til redoksprosesser i sedimentene og ikke økt tilførsel. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment tørrvekt i 5 av de 7 analyserte prøvene. I den dypeste prøven i sedimentkjernen, 40-41 cm, er det 0,20 mg/kg sediment tørrvekt, og i prøven over (24-25 cm) er det 0,16 mg/kg sediment.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	14,2	156,0	<0,1	51,0	22,7	0.0295	40,4	23,3	95,5
	Gns.	53,0	161,1	i. k.¹	52,1	23,4	0,0412	42,8	36,7	97,9
	Med.	44,7	161,0	i. k.	52,0	23,5	0.0424	42,8	36,7	96,7
	Max	89,4	167,0	0,20	54,0	23,8	0,0472	46,1	45,1	102,0

Tabell 11. Sedimentkjerne R2897MC01 (0-41 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

ikke kvantifiserbar



Figur 64. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2897MC01 (0-41 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4.

## R2924MC02, SK08 (datert sedimentkjerne)

R2924 ligger i SK08. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 12. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn har konstante konsentrasjoner, som vist i Tabell 12 og Figur 65. Hg øker fra et bakgrunnsnivå på litt mer enn 0,03 mg/kg sediment i de nederste 4 prøvene (10-11 cm til 34-35 cm) til maksimalt 0,0465 mg/kg sediment øverst. Denne økningen skjer mellom 4-5 cm og 10-11 cm. Hg-økningen tillegges menneskelig aktivitet, primært forårsaket av bruk av kull og andre fossile energikilder. Pb har omtrent samme utvikling som Hg, med en økning fra 17,1 mg/kg sediment nederst til maksimalt 38,8 mg/kg sediment ved 2-3 cm og 36,2 mg/kg sediment øverst, og dermed en svak nedgang i Pb-konsentrasjon (Figur 65). Dette er observert i mange sedimentkjerner, og kan sannsynligvis tilskrives forbud mot bruk av blyholdig bensin fra 1970-tallet i store deler av den industrialiserte verden og dermed en reduksjon i spredning av bly til miljøet. Basert på <sup>210</sup>Pb dateringen viser årstallene i Figur 65 at økningen av Hg og Pb skjer tidlig på 1900-tallet. As varierer fra 11,6 til 147 mg/kg sediment (24-25 cm). Det er uvanlig at den høyeste konsentrasjonen finnes dypere i sedimentkjernen og ikke øverst (Figur 65). Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment for 6 av 7 prøver i den 35 cm lange sedimentkjernen og med en enkel målbar konsentrasjon på 0,14 mg/kg sediment tørrvekt i den nederste prøven.

Tabell 12. Sedimentkjerne R2924MC02 (0-35 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	11,6	215,0	i. d.	42,1	22,7	0,0301	41,8	17,1	78,4
	Gns.	54,2	253,0	l. d.	46,0	25,0	0,0368	44,8	26,9	82,4
	Med.	28,2	251,0	i. d.	46,2	25,2	0,0350	42,6	22,5	83,5
	Max	147,0	315,0	0,14	47,8	27,0	0,0465	55,4	38,8	84,5

<sup>1</sup> ikke kvantifiserbar. i.d.: ikke data



Figur 65. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2924MC02 (0-35cm) fra SK08 nord for Svalbard. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4.

## R2940MC03, Rijpfjorden midtre

Plassering av sedimentkjernen fra stasjon R2940 er vist i Figur 2. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 13. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn har relativt konstante konsentrasjoner gjennom sedimentkjernen (Figur 66, Tabell 13). Hg øker fra 0,0227 mg/kg sediment nederst (14-15 cm) til 0,0366 mg/kg sediment øverst. De øverste 4 prøvene har markant høyere Hg-konsentrasjoner. Pb øker fra 23,2 mg/kg sediment til maksimalt 38,7 mg/kg sediment ved 6-7 cm, for deretter å avta til 34,3 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Dette er et vanlig forløp for Pb-konsentrasjonen, med høyeste konsentrasjon noen cm under overflaten som tilskrives forbud mot bruk av blyholdig bensin fra 1970-tallet i store deler av den industrialiserte verden. Økning i både Hg- og Pb-konsentrasjoner i den øvre delen av sedimentkjernen tilskrives tilførsel fra fossil energibruk (kullforbrenning for Hg sin del og blyholdig bensin for Pb sin del). As øker fra minste konsentrasjon på 10,4 mg/kg sediment ved 12-13 cm til 103 mg/kg sediment ved 2-3 cm, og 86,7 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Denne økningen ses ofte for As i sedimentkjerner i Barentshavet. Cd er til stede i målbar konsentrasjon i 4 av 7 prøver (Figur 66) med manglende data i de øverste 3 prøvene (<0,1 mg/kg sediment).

Tabell 13. Sedimentkjerne R2940MC03 (0-15 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ва	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	10,4	128,0	0,10	43,5	17,1	0,0227	27,5	11,2	58,9
	Gns.	47,4	130,1	i. d.	46,1	20,6	0,0312	35,6	21,3	72,0
	Med.	28,5	130,0	i. d.	46,5	21,3	0,0326	36,4	18,9	75,1
	Max	103,0	134,0	0,17	47,9	23,2	0,0367	44,1	30,5	78,1

<sup>1</sup> ikke kvantifiserbar. i. d.: ikke data



Figur 66. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen fra stasjon R2940MC03 (0-15 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

# R2963MC04 (datert sedimentkjerne)

Stasjon R2963 ligger i SK07 (Figur 2). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 14. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn har stabile konsentrasjoner i hele sedimentkjernen (Figur 67, Tabell 14) med unntak av den dypeste prøven (34-35 cm). Dette har sammenheng med en markant lavere andel finstoff i denne prøven (79,4 %) sammenlignet med prøvene over (89,3 – 95,3 volumprosent). Hg øker fra 0,0214 mg/kg sediment nederst (34-35 cm) til maksimalt 0,0358 mg/kg sediment øverst. Pb har en tilsvarende økning fra 11,2 mg/kg sediment nederst til maksimalt 30,5 mg/kg sediment ved 4-5 cm og deretter en liten reduksjon i konsentrasjon i de to øverste prøvene (Figur 67). Dette er som forventet med tilførsel fra fossile energikilder som kull for Hg sitt vedkommende og blyholdig bensin for Pb sitt vedkommende. <sup>210</sup>Pb datering (kap. 4.3.4) indikerer at Hg og Pb øker rundt år 1900 (Figur 67). As er til stede i lave konsentrasjoner nederst med 3,2 mg/kg sediment (34-35 cm) og øker meget markant til høyest konsentrasjon på 80,1 mg/kg sediment (2-3 cm) og 36,8 mg/kg sediment (0-1 cm) (Figur 67). Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i 3 av de 7 prøvene. Høyest konsentrasjon på 0,28 mg/kg sediment er i prøven dypest (34-35 cm) i sedimentkjernen. Analyseresultater er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment er i de 4 øverste prøvene.

Tabell 14. Sedimentkjerne R2963MC04 (0-35 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/k	mg/kg	mg/kg
								g		
N = 7	Min.	3,2	79,4	0,11	37,3	17,1	0,0214	27,5	11,2	58,9
	Gns.	28,9	153,8	i. d.	41,5	20,6	0,0290	35,6	21,3	72,0
	Med.	9,4	166,0	i. d.	42,7	21,3	0,0281	36,4	18,9	75,1
	Max	80,1	175,0	0,28	44,5	23,2	0,0358	44,1	30,5	78,1



Figur 67. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2963MC004 (0-35 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4.

# R2969MC05 (datert sedimentkjerne)

Den <sup>210</sup>Pb daterte kjernen R2969MC05 ligger i Rijpfjorden ytre. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 15. Det er generelt lave metall- og arsenkonsentrasjoner i R2486 (Figur 68). Cr, Cu, Ni, Zn og Ba har ganske stabile konsentrasjoner, som i høy grad følger andel finstoff: høy andel finstoff gir økt andel av Cr, Cu, Ni, Zn og Ba (Figur 68). Alle 4 metaller og Ba har svakt reduserte konsentrasjoner i øverste prøve (0-1 cm) sammenlignet med nivåene under. Dette kan sannsynligvis knyttes til litt mindre andel finstoff. Hg øker fra 0,0254 mg/kg sediment til maksimale 0,0373 mg/kg sediment øverst. Økningen ser ut til å skje rundt år 1900 eller litt tidligere basert på <sup>210</sup>Pb-dateringen. Årstall basert på dateringen er vist i Figur 68. Pb følger en tilsvarende trend som Hg, med et bakgrunnsnivå på ca. 13 mg/kg sediment og økning til maksimalt 28,2 mg/kg sediment ved 2-3 cm. Som for Hg så skjer økningen trolig rundt år 1900. Økningen skyldes sannsynligvis antropogent tilførsel av Hg og Pb til sedimentene. As øker fra 6,4 mg/kg sediment nederst ved 32-33 cm til maksimalt 48,2 mg/kg sediment ved 4-5 cm og 30 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Cd er til stede i lav konsentrasjon, med maksimal konsentrasjon på 0,24 mg/kg sediment ved 10-11 cm. Det er ikke målt Cd i de 3 øverste prøvene da de er under nedre kvantifiseringsgrense på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 15. Sedimentkjerne R2969MC05 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ва	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	6,4	174,0	0,10	33,9	17,8	0,0254	32,3	13,4	60,9
	Gns.	14,9	201,3	i.k.1	38,8	20,7	0,0303	33,3	20,2	68,9
	Med.	7,9	205,0	i.k.	38,9	20,9	0,0278	33,6	17,7	69,8
	Max	48,2	217,0	0,24	42,6	22,4	0,0373	34,6	28,2	74,4



Figur 68. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkjernen R2969MC05 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4.

# R2987MC06 - SK06 (datert sedimentkjerne)

Den <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkiernen R2987MC06 ligger i SK06 (Figur 1). Minimum, giennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 16. Metallene, As, Ba, TOC, karbonat og finstoff er vist i Figur 69. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn er alle til stede i stabile konsentrasjoner (Figur 69) med unntak av den øverste prøven hvor konsentrasjonene reduseres noe. Hg øker fra 0,0245 mg/kg sediment til maksimale 0,041 mg/kg sediment (4-5 cm) og med en mindre reduksjon øverst til 0,0385 mg/kg sediment (0-1 cm). Pb følger en tilsvarende trend som Hg, med et bakgrunnsnivå på 16,1 mg/kg sediment nederst og økning til 38,5 mg/kg sediment som den høyeste konsentrasjon ved 4-5 cm, for deretter å reduseres til 26,2 mg/kg sediment øverst ved 0-1 cm. Økningen skyldes sannsynligvis antropogent tilførsel av Hg og Pb til sedimentene. Reduksjon av Hg øverst observeres sjeldent, når både TOC og <63 µm er stabile. Pb reduseres vanligvis øverst i sedimentene, sannsynligvis som resultat av forbud mot bruk av blyholdig bensin fra 1970-tallet. As-konsentrasjonen er 8,1 mg/kg sediment nederst og øker oppover til høyeste konsentrasjon 105 mg/kg sediment ved 2-3 cm, for deretter å reduseres til 24,3 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Cd er bare til stede med målbar maksimal konsentrasjon i de tre nederste prøvene i sedimentkjernen. I de øvrige prøvene er det ikke målt Cd da de er under nedre kvantifiseringsgrense på 0,1 mg/kg sediment. Utover Hg og Pb, som har antropogene bidrag, så er de andre metallene til stede med naturlige bidrag.

Tabell 16. Sedimentkjerne R2987MC06 (0-41 cm): minimums-,	gjennomsnitts-,	median- og maksimumsverdier for
tungmetaller, arsen og barium.		

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	8,4	162,0	<0,1	38,6	20,6	0,0245	34,0	16,1	71,8
	Gns.	33,1	174,3	i. k.¹	41,8	21,7	0,0322	13,4	27,6	74,9
	Med.	15,9	177,0	i. k.	42,0	21,5	0,0327	12,7	29,6	74,4
	Max	105,0	182,0	0,17	45,0	23,3	0,0410	18,3	38,5	80,4



Figur 69. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2987MC008 (0-41cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

## R3032BC02 - SK04

R3002 ligger i SK04, vest for Svalbard (Figur 2). Denne relativt korte sedimentkjernen (21 cm lengde) har lave TOC-verdier og består av siltholdig sand, dvs. relativt grove sedimenter. De relativt grove sedimentene er årsaken til at kjernen er kort. Det er lave konsentrasjoner av samtlige metaller, As og Ba (Figur 70, Tabell 17). Dette skyldes trolig den lave andelen finstoff (<63 µm) og lave andelen TOC sammenlignet med de andre sedimentkjernene fra områdene nord for Svalbard. Andel finstoff, TOC, samtlige metaller, As og Ba øker mot toppen av sedimentkjernen. At andel finstoff og TOC øker indikerer en endring i sedimentasjonsmiljø i de øverste 5 cm til mer rolige sedimentasjonsforhold enn dypere i sedimentkjernen (5 – 21 cm). Økningen i Hg- og Pb-konsentrasjoner mot toppen av sedimentkjernen tilskrives vanligvis antropogen tilførsel. I R3032BC02 er dette ikke sikkert pga. økning i både TOC og andel finstoff mot toppen. Cd er ikke registrert i noen av de 7 prøvene og er dermed under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 17. Sedimentkjerne R3032BC02 (0-21 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	2,2	26,6	<0,1	9,0	3,0	0,0084	6,5	3,7	13,3
	Gns.	6,0	38,0	i. k.¹	10,1	3,7	0,0124	7,5	7,3	17,0
	Med.	3,7	34,2	i. k.	9,2	3,3	0,0122	6,7	8,2	15,7
	Max	17,0	62,6	i. k.	12,8	5,2	0,0170	10,5	10,5	23,3



Figur 70. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff R3032C02 (0-21 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

## R3004BC03 – SK05 (datert sedimentkjerne)

Denne <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkjernen ligger i SK05 (Figur 1 og Figur 2). <sup>210</sup>Pb-datering kunne ikke utføres (kap. 4.3.4), sannsynligvis fordi det har vært tråling på stasjonen. Ifølge registreringer fra video så var det dype trålspor av eldre dato, altså ikke ferske trålspor. Dataene er presentert i Figur 71 og Tabell 18. Tråling kan ha ført til omrøring av sedimenter. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn har relativt konstante konsentrasjoner gjennom hele sedimentkjernen, hvilket er i godt samsvar med den konstante andelen finstoff på mer enn 95 % i sedimentkjernen. Hg øker fra 0,0224 mg/kg sediment i nederste prøve (40-41 cm) til maksimalt 0,0298 mg ved 10-11 cm, for deretter å ha tilnærmet samme konsentrasjon til toppen av sedimentkjernen. Dette er en litt uvanlig endring i Hg-konsentrasjon, som vanligvis øker helt til toppen. Det er sannsynlig at den nedre delen av sedimentkjernen har en konsentrasjon tilsvarende naturlig bakgrunnsnivå. Det er derfor mulig at bare den øverste delen av sedimentene er påvirket av tråling, noe også <sup>210</sup>Pb-dataene antyder (kap. 4.3.4). Pb øker fra 14,6 mg/kg sediment nederst til maksimalt 23,3 mg ved 4-5 cm, for heretter å avta til 20,6 mg/kg sediment øverst. As har en konsentrasjon på 9,9 mg/kg sediment nederst og har stabile konsentrasjoner opp til 4-5 cm, for så øke til maksimalt 27,7 mg/kg sediment. Det er uvanlig at den høyeste Askonsentrasjon er øverst i sedimentene og ikke noen få cm under overflaten. Muligvis har forstyrring av sedimentene fra tråling ført til den endret fordeling av As i sedimentene. Andel karbonat varierer fra 4,6 nederst til 8,6 vektprosent øverst (Figur 71). Andel karbonat er høyere enn i de andre analyserte sedimentkjernene nord for Svalbard. Dette kan tyde på enten en tilførsel fra kilder i nærheten eller en høyere andel biogen karbonat. Dersom det siste er tilfellet så kan R3004 være mer påvirket av atlantisk vann enn sedimentkjernene på de andre stasjonene nord for Svalbard.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	9,9	140,0	<0,1	40,5	19,4	0,0200	32,9	14,6	73,4
	Gns.	16,2	142,1	i. k.¹	42,4	20,6	0,0255	33,6	19,6	75,5
	Med.	11,9	141,0	i. k.	42,7	20,4	0,0262	33,8	20,6	74,3
	Max	27,7	146,0	0,19	43,0	22,3	0,0296	34,0	23,3	79,0

Tabell 18. Sedimentkjerne R2596MC012 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.



Figur 71. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3004BC03 (0 - 41 cm) fra SK05 nord for Svalbard. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

## R3120MC10 – områder nord for Utsira nord – NRN 1

R3120 ligger i Norskerenna nord for området Utsira nord (Figur 2). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum verdier er presentert i Tabell 19 - for metaller, arsen og barium. Figur 72 viser nivåene gjennom den 31 cm lange sedimentkjernen. Cr, Cu, Ni og Zn har relativt konstante konsentrasjoner med en mindre reduksjon i overflateprøven (0-1 cm). Dette kan sannsynligvis knyttes til den litt mindre andelen finstoff (<63 µm) øverst. Ba øker markant fra ca. 60 mg/kg sediment tilsvarende naturlig bakgrunnsnivå i de 4 nederste prøvene til ca. dobbelt så høy Ba konsentrasjon (115 – 130 mg/kg sediment) i de tre øverste prøvene (Figur 72). Det tyder på en anrikning av Ba i sedimentene, sannsynligvis fra barytt tilsatt boremudder. Haanes m. fl (2023) og Jensen og Bellec (2022) viser at en slik anrikning av Ba i Norskehavet lengre mot nord kan knyttes til utslipp fra kilder der. Det er tidligere vist at forhøyde Ba-konsentrasjoner i Skagerrak kan knyttes til barytt transportert med havstrømmer fra borevirksomhet i Nordsjøen (Lepland m. fl., 2000). Hg, til stede i lave konsentrasjoner i den nederste delen av sedimentkjernen (0,016 – 0,020 mg/kg sediment), øker markant i de øverste 3 prøvene (0-1 cm, 2-3 cm, 4-5 cm) til mer enn 0,030 mg/kg sediment. Denne anrikningen skyldes sannsynligvis antropogen tilførsel knyttet til bruk av fossile energikilder som kull. Pb viser omtrent samme trend som Hg, med lave konsentrasjoner i de 4 nederste prøvene (30-31 cm til 10-11 cm) med konsentrasjoner fra 15,6 til 21,8 mg/kg sediment økende til 35,7 til 43,2 mg/kg sediment i de tre øverste prøvene. Økning i Pb-konsentrasjon skyldes trolig antropogent tilført Pb primært knyttet til blyholdig bensin. As er til stede i lave konsentrasjoner, og i to av prøvene, 9-10 cm og 14-15 cm, er As under deteksjonsgrensen på 2 mg/kg sediment. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment for samtlige 7 prøver (Tabell 19).

Antall		As	Ва	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	5,4	52,9	<0,1	34,5	11,7	0,0160	26,4	15,6	58,2
	Gns.	12,5	86,7	i. k.¹	39,8	14,5	0,0248	29,3	28,0	68,5
	Med.	11,1	62,3	i. k.	40,5	14,7	0,0205	29,2	21,8	67,8
	Max	29,2	130,0	0,11	42,9	17,2	0,0388	32,0	43,2	79,5

Tabell 19. Sedimentkjerne R3120MC10 (0-31cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.



Figur 72. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff er logaritmisk i sedimentkjernen R3120MC10 (0-31 cm) fra området nord for Utsira nord – NRN 1. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

# R3136MC12 – Utsira nord (datert sedimentkjerne)

Plasseringen av den 39 cm lange <sup>210</sup>Pb-daterte sedimentkjernen fra stasjon R3136. Utsira nord er vist i Figur 1 og Figur 2. Dataene er presentert i Tabell 20 med minimum, gjennomsnitt, medianverdi og maksverdi for samtlige metaller, arsen og barium og i Figur 73 som dybdeplott av metaller, As, Ba, TOC, <63 µm og karbonat. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn har relativt stabile konsentrasjoner, som følger <63 µm fraksjonen. Ba øker fra et bakgrunnsnivå på 60 – 70 mg/kg sediment i de nederste 4 prøvene (38-39 cm til 10-11 cm) til mer enn 110 mg/kg sediment og maksimalt 122 mg/kg sediment (2-3 cm). Økningen i Ba-konsentrasjon skjer i fra ca. 1960 ifølge <sup>210</sup>Pb-dateringen vist i Figur 73. Hvis man setter naturlig bakgrunnsnivå til 65 mg/kg sediment og bruker den høyeste konsentrasjon på 122 mg/kg sediment, så er det tale om en økning på 87 % tilsvarende en tilnærmet dobling av Ba i sedimentene. Den markante økningen i Ba-konsentrasjon kan skyldes tilførsel av barytt fra boreslam. Økt Ba-konsentrasjon fra 1960-tallet kan muligvis knyttes til oppstart av boreaktivitet i Nordsjøen i norske og andre nasjoner med aktiviteter i Nordsjøen (Storbritannia, Nederland, Danmark). Bioturbasjon kan ha dratt ned Ba dypere i sedimentene og på den måten være forklaringen på Baøkningen fra 1960 i R3136. Hgøker tilsynelatende litt ved 10-11 cm og markant i de 3 øverste prøvene. Pb har en tilsvarende økning som Hg fra et bakgrunnsnivå på omtrent 20 mg/kg sediment i de tre nederste prøvene (38-39 cm til 14-15 cm) for så å øke litt ved 10-11 cm og doble seg i de øverste 3 prøvene (4-5 cm til 0-1 cm), med konsentrasjoner på mer enn 40 mg/kg sediment og høyeste konsentrasjon på 43,0 mg/kg sediment ved 2-3 cm. <sup>210</sup>Pb-aldersdateringen (Figur 73) viser at Hg og Pb øker fra ca. år 1900, hvilket kan stemme med økte antropogene bidrag knyttet til økt bruk av fossile energikilder under industrialiseringen. As har et bakgrunnsnivå på 10 – 15 mg/kg sediment i de nederste 5 prøvene (38-39 cm til 4-5 cm), og øker til 22,3 mg/kg sediment og 17,9 mg/kg sediment i de to øverste prøvene. Denne økningen skyldes mest sannsynlig redoksprosesser øverst i sedimentene. Cd er ikke til stede i målbare konsentrasjoner i R3136 (<0,1 mg/kg sediment).

Tabell 20. Sedimentkjerne R3136MC12 (0-39 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	7,5	67,1	<0,1	42,5	13,5	0,0142	30,7	17,4	69,6
	Gns.	13,6	87,8	i. k.¹	46,8	15,2	0,0233	33,6	30,6	76,2
	Med.	11,2	68,5	i. k.	47,0	15,0	0,0203	33,4	27,9	75,5
	Max	22,3	122,0	i. k.	49,8	17,7	0,0347	36,8	43,0	81,2



Figur 73. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den <sup>210</sup>Pb daterte sedimentkjernen R3136MC12 (0-39 cm), Utsira nord. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på <sup>210</sup>Pb-dateringsnalysene presentert i kap. 4.3.4.

# R3149MC13 - NS04, indre Skagerrak

R3149 er lokalisert i NS04, og med sine 49 cm er det en lang sedimentkjerne med høy andel finstoff og høye TOC-konsentrasjoner på ca. 2 vektprosent for samtlige 7 prøver. Samtlige metaller, As og Ba har stabile konsentrasjoner gjennom hele sedimentkjernen (Figur 74, Tabell 21). Det samme gjelder for TOC og andel finstoff (<63 µm). Hg og Pb, som vanligvis har en økning i de øverste cm pga. antropogen tilførsel viser ikke noen økning. Tvert imot er de høyeste Hg- og Pb-konsentrasjonene i den dypeste prøven (48-49 cm). Denne uvanlige fordelingen kan forklares med høy trålingsaktivitet over en rekke år, som kan ha forårsaket en forstyrrelse av sedimente. As har litt høyere konsentrasjon i den øverste prøven sammenliknet med dypere i sedimentkjernen. Dette er uvanlig, da As konsentrasjonene vanligvis er betydelig høyere pga. redoksprosessene som øker andelen As mot toppen. Tråling kan ha forstyrret denne prosessen mht. økning av As-konsentrasjonen øverst. Cd er ikke registrert i målbare konsentrasjoner i de 7 prøvene, da analyseresultatene er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 21. Sedimentkjerne R3149MC13 (0-49 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ва	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	10,0	105,0	<0,1	48,8	17,3	0,0872	30,7	36,7	94,2
	Gns.	14,3	107,9	i. k.¹	51,9	18,5	0,1011	32,4	40,2	103,0
	Med.	12,2	106,0	i. k.	52,4	18,4	0,1020	32,6	39,6	104,0
	Max	20,5	114,0	i. k.	54,1	19,5	0,1330	33,9	48,1	113,0



Figur 74. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R3149MC13 (0-49 cm) fra NS04 i indre Skagerrak. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

## R3165MC14 - NS04, indre Skagerrak

Denne 47 cm lange sedimentkjernen er lokalisert i NS04, indre Skagerrak, og har relativt stabile konsentrasjoner av alle metallene Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn, samt As og Ba (Tabell 22, Figur 75). Det er høyest konsentrasjoner av Hg og Pb dypest i sedimentene med henholdsvis 0,12 mg/kg sediment og 42,3 mg/kg sediment (Tabell 22, Figur 75). Dette er uvanlig, da det vanligvis er en økt andel Hg og Pb øverst i kjernene som resultat av antropogen tilførsel i forbindelse med økt bruk av fossile energikilder over mer enn 100 år. As har en svak økning øverst i sedimentkjernen, hvilket tilskrives samme sannsynlige årsak som i R3149MC13, med forstyrring av sedimentene pga. tråling. Cd er ikke til stede i målbare konsentrasjoner (deteksjonsgrense 0,1 mg/kg sediment, Tabell 22). De konstante konsentrasjonene, spesielt av Hg og Pb, indikerer at det har skjedd prosesser i sedimentene som har "visket ut" vanlige kjemiske signaturer. Trolig har tråling ført til forstyrrelse av sedimentene.

Tabell 22. Sedimentkjerne R3165MC14 (0-39 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	10,2	99,2	<0,1	47,7	16,4	0,0740	29,3	32,0	87,8
	Gns.	14,0	107,5	i. k.¹	49,3	17,8	0,0993	30,5	37,7	96,4
	Med.	12,2	107,0	i. k.	49,8	17,8	0,1010	30,8	38,0	96,8
	Max	20,5	112,0	i. k.	50,9	18,6	0,1200	31,3	42,3	104,0


Figur 75. Tungmetall, arsen, barium, TOC og karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3165MC14 (0-39 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

#### R3175MC15 - NS04, indre Skagerrak

Statistiske data (minimum, gjennomsnitt, medianverdi og maks. konsentrasjon) er presentert i Tabell 23 for metallene Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn, samt As og Ba. Dybdeplot i Figur 76 er vist for de samme elementene samt TOC (vektprosent), finstoff (<63 µm) og andel karbonat (vektprosent). Sedimentkjernen ligger i NS04 i indre Skagerrak (Figur 1 og Figur 2). Hg minker svakt fra konsentrasjon på 0,11 – 0,13 mg/kg sediment til 0,09 mg/kg sediment i den øverste prøven. Tilsvarende minker Pb fra i snitt 44 mg/kg sediment til 38 mg/kg sediment øverst. Dette er samme trender som de andre sedimentkjernene i NS04. Som for de to tidligere presenterte sedimentkjernene fra NS04, R3149 og R3165, har metallene, As og Ba omtrent samme fordeling ned gjennom sedimentkjernen i R3175. Cd er ikke registrert i prøvene - analyseresultatene er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i samtlige 7 prøver.

Tabell 23. Sedimentkjerne R3175MC15 (0-47 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøve		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	8,8	66,8	<0,01	50,3	17,7	0,0944	31,0	38,2	102,0
	Gns.	11,7	90,5	i. k.¹	53,6	19,0	0,1122	32,8	44,0	113,0
	Med.	10,0	92,5	i. k.	53,6	19,0	0,1130	32,8	43,5	111,0
	Max	18,7	98,7	i. k.	55,8	20,2	0,1320	34,0	49,5	121,0

<sup>1</sup> ikke kvantifiserbar



Figur 76. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3175MC15 (0-47 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

### R3183MC18 – NS04, indre Skagerrak (datert sedimentkjerne)

Statistiske data (minimum, gjennomsnitt, medianverdi og maks. konsentrasjon) for den 45 cm lange kjernen er presentert i Tabell 24 for metallene Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn, samt As og Ba. Dybdeplot er vist i Figur 77 for de samme elementene samt TOC (vektprosent), finstoff (<63 µm) og andel karbonat (vektprosent). Sedimentkjernen ligger i NS04 i indre Skagerrak (Figur 1 og Figur 2). Som for de tre tidligere presenterte sedimentkjernene fra NS04, R3149, R3165 og R3175, har metallene, As og Ba omtrent konstant fordeling ned gjennom sedimentkjernen i R3183. Det er høyeste Hg- og Pb-konsentrasjoner dypest i sedimentkjernen. Konsentrasjonene av Ba, Cr, Cu, Ni og Zn er relativt stabile gjennom sedimentkjernen. As øker litt i de to øverste prøvene, slik det også er registrert i de 3 øvrige sedimentkjernene i NS04. Cd er ikke registrert i prøvene - analyseresultatene er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i samtlige 7 prøver. <sup>210</sup>Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4 viser at det ikke er normal sedimentasjon i R3183, trolig forårsaket av høy trålaktivitet over flere år.

Tabell 24. Sedimentkjerne R3183MC18 (0-45 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall		As	Ва	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	12,4	170,0	<0,1	54,0	17,8	0,0862	33,6	44,0	96,7
	Gns.	16,3	183,7	i. k.¹	57,4	19,2	0,1049	35,4	49,3	107,5
	Med.	15,3	179,0	i. k.	57,4	19,2	0,1070	35,4	49,9	109,0
	Max	22,1	195,0	i. k.	59,8	20,2	0,1330	36,5	56,5	118,0

<sup>1</sup> ikke kvantifiserbar



Figur 77. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3183MC18 (0-45 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

#### R3184MC19 – Utsira nord

Den 45 cm lange sedimentkjernen fra stasjon R3184 er lokalisert i Utsira nord (Figur 1 og Figur 2). Dataene er presentert i Tabell 25 med minimum, gjennomsnitt, medianverdi og maks-verdi for samtlige metaller, arsen og barium og i Figur 78 som dybdeplott av metaller, As, Ba, TOC, <63 µm og karbonat. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn har relativt stabile konsentrasjoner, som følger fraksjonen <63 µm (Figur 78). Ba øker fra et bakgrunnsnivå på 75 - 90 mg/kg sediment i de nederste 4 prøvene (44-45 cm til 10-11 cm) til 109 mg/kg sediment ved 2-3 cm. Økningen i Ba-konsentrasjon er ikke så markant som for R3136 i Utsira nord eller R3120 nord for Utsira nord NRN1, men tyder allikevel på en anrikning i nyere tid. Økningen i Bakonsentrasjon kan skyldes tilførsel av barytt fra boreslam. Hg øker tilsynelatende litt ved 10-11 cm sammenholdt med de tre prøvene under, og markant i de 3 øverste prøvene. Pb har en tilsvarende økning som Hg fra et bakgrunnsnivå på omtrent 20 mg/kg sediment i de tre nederste prøvene (38-39 cm til 14-15 cm) for så å øke litt i 10-11 cm og en doble seg i de øverste 3 prøvene (4-5 cm til 0-1 cm), med konsentrasjoner på mer enn 40 mg/kg sediment og høveste konsentrasjon på 43,0 mg/kg sediment ved 2-3 cm. As har et bakgrunnsnivå på 10 – 15 mg/kg sediment i de nederste 5 prøvene (38-39 cm til 4-5 cm), og øker til 22,3 mg/kg sediment og 17,9 mg/kg sediment i de to øverste prøvene. Denne økningen skyldes mest sannsynlig redoksprosesser øverst i sedimentene. Cd er ikke til stede i målbare konsentrasjoner i R3184 (<0,1 mg/kg sediment).

Tabell 25. Sedimentkjerne R3184MC19 (0-45 cm): minimums-	gjennomsnitts-,	median- og maksimumsverdier for
tungmetaller, arsen og barium.		

Antall		As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
prøver		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
N = 7	Min.	9,0	74,6	<0,1	48,5	15,7	0,0204	34,6	24,1	80,7
	Gns.	14,3	91,0	i. k.¹	51,5	16,4	0,0352	36,9	35,8	85,3
	Med.	14,4	89,6	i. k.	51,7	16,5	0.0344	36,6	35,1	84,6
	Max	17,8	109,0	i. k.	53,1	17,2	0,0344	39,8	47,4	92,2
							0,0404			

<sup>1</sup> ikke kvantifiserbar



Figur 78. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R3184MC19 (0-45 cm), Utsira nord. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

## 4.3.6 Bariumanrikning i toppsedimenter

De noe høyere Ba-verdiene øverst i flere sedimentkjerner i Norskerenna nord for Utsira nord og Utsira nord tyder på en anrikning i nyere tid. Thorsnes og Klungsøyr (1997), Haaness m. fl. (2022) og Jensen og Bellec (2022) viser at økningen av Ba i toppsjiktene med stor sannsynlighet kan knyttes til utslipp av barytt fra oljeog gass felter, hvor det har vært omfattende borevirksomhet over lengre tid.

# 4.4 Mikroplast (MP)

## 4.4.1 Mikroplasttyper og egenskaper

Det finnes en rekke plasttyper, som har forskjellige egenskaper og brukes i forskjellige sammenhenger. Tabell 26 viser plasttyper og andre mikropartikler. Bildekk utgjør den største kilden i Norge for mikropartikler ifølge informasjon fra Miljødirektoratet og ifølge Teknisk Ukeblad (2018), med 2250 tonn pr. år fra slitasje av bildekk.

Polymertype	Tetthet (g/cm <sup>3</sup> )	Bruksområder
Polykarbonat (PC)	1,20-1,22	Hard «glass» emballasje
Polyester (PES)	1,38	Syntetiske tekstiler
Polyetylen (PE)	0,86-1,00	Plastposer, plastfilm, leker, shampoflasker
Polypropylen (PP)	0,91	Leker, plastdeler
Polyvinylklorid (PVC)	1,38	Bygg og anleggsrelatert, rør, kabelisolasjon
Polystyren (PS)	0,96-1,05	Isopor
Viskose	Ingen informasjon	Fiber, brukes i klær og med samme egenskaper som bomull
Gummi (SBR)	0,90-0,91	Bildekk
Maling	Ingen informasjon	Overflater på fartøy, olje/gass installasjoner

Tabell 26. Plasttyper, forkortelser og typiske bruksområder (fra Haave m. fl., 2022).

# 4.4.2 Datapresentasjon

For både overflateprøver og sedimentkjerner rapporteres:

- Konsentrasjon MP u/gummi basert på µFTIR-metode rapportert som antall partikler MP
- Mengde MP i mg per kg sediment tørrvekt basert på µFTIR-metode
- Mengde gummi som µg<sub>SBR</sub> per kg sediment tørrvekt, basert på Pyr-GS/MS metoden

Det er viktig å understreke at for prøvene fra 2022-toktene rapporteres gjennomgående mange flere mikroplastpartikler enn for prøvene fra tidligere Mareano-tokt (Jensen og Bellec, 2021; Jensen og Bellec, 2022). Forskjellen skyldes at ved MP-analyse i prøvene fra 2022-tokten benyttes et filter med mindre porestørrelse for analyse av mikroplast ved bruk av µFTIR metoden (15 µm) enn ved toktene før 2022 (45 µm). Dette øker mengden av mikroplast betydelig, illustrert av fordelingen av mikroplast i forskjellige størrelsesfraksjoner (Primpke m. fl., 2020)

## 4.4.3 Prøver til analyse av mikroplast

Det er tatt 42 prøver (Tabell 27) for analyse av mikroplast på de samme stasjonene som ble valgt for kjemiske analyser (Tabell 2), til sammen 17 stasjoner. For å sikre nok prøvemateriale for MP-analysene er det tatt en skive på 2 cm tykkelse fra sedimentkjernene. Fra 4 sedimentkjerner ble det også tatt ut prøver i dypere lag for å undersøke om det finnes mikroplast dypere i sedimentene. For prøvene fra stasjonene R2897 – Kvitøyrenna og R2969 – Rijpfjorden ytre foreligger i tillegg data fra <sup>210</sup>Pb-daterting.

Stasjon	Område	Prøvei	Prøveintervaller i sedimentkjerner									
R2897MC01	Kvitøyrenna	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	28-30
R2924MC02	SK08	0-2										
R2940MC03	Rijpfjorden midtre	0-2										
R2963MC04	SK07	0-2										
R2969MC05	Rijpfjorden ytre	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					18-20	
R2987MC06	SK06	0-2										
R3032BC02	SK04	0-2										
R3004BC03	SK05	0-2										
R3105BC05	Kvitøyrenna	0-2										
R3120MC10	Utsira NRN-1	0-2										
R3131MC11	Utsira nordøst	0-2										
R3136MC12	Utsira nord	0-2										
R3149MC13	NS04	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					18-20	
R3165MC14	NS04	0-2										
R3175MC15	NS04	0-2										
R3183MC18	NS04	0-2										
R3184MC19	Utsira nord	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					18-20	

Tabell 27. Oversikt over stasjoner fra 2022 tokten hvor det er tatt ut prøver til mikroplastanalyser.

# 4.4.4 Mikroplast i overflatesedimenter

Resultatene av mikroplastanalysene av overflateprøvene (0-2 cm) (Tabell 28, Figur 79, Figur 80, Figur 81, Figur 82, Figur 83) viser at antall MP-partikler i størrelsesområdet 15 – 300 µm er lavest for prøvene fra områdene SK04 (R3032) og SK08 (R2924) ved Svalbard samt NS04 (R3149) i Skagerrak for 2022-prøvene. Størst antall partikler er registrert for prøvene fra områdene SK06 (R2987) og Kvitøyrenna (R2897) ved Svalbard, samt Utsira nord (R3136). Fordelingen av mikroplast for de tre områdene viser noe forskjell: den gjennomsnittlige andelen mikroplast er 8476 partikler/kg sediment for prøvene nord for Svalbard, Utsira nord og nord for Utsira nord er 9903 partikler og 7950 partikler for de 4 NS04 overflatesedimentene. Det er størst variasjon blant prøvene fra Svalbard. Mengde MP målt med µFTIR er derimot lavest i områdene SK04 (R3032) og SK06 (R2987), Svalbard (under 2 mg MP/kg sediment tørrvekt), samt NS04 (R3175 og R3183) i Skagerrak og Utsira nord (R3136) (under 3 mg MP/kg sediment tørrvekt). Det er derfor ikke noen sammenheng mellom antall mikroplastpartikler/kg sediment (µFTIR) og mengde MP i mg/kg sediment (µFTIR)). Mengde SBR varierer fra 2,64 (R3105) til 44,85 µg/kg sediment (R3004, SK05) i de 9 overflateprøvene fra SK04 i vest til Kvitøyrenna i øst for Svalbard. De 4 prøvene fra Utsira varierer fra 16,98 til 44,56 µg/kg sediment, mens de 4 prøvene fra NS04 i indre Skagerrak varierer fra 4,35 til 20,10 µg/kg sediment. Det er ikke noen direkte sammenheng mellom kvantifisert mengde MP i mg/kg sediment og mengde SBR (Tabell 28).

tokt	Geografisk område	Område	Stasjon	prøve	antall MP- partikler/kg	mg MP/kg sediment	µg SBR/kg sediment
					(µFTIR)	(µFTIR)	(Pyr-GC/MS)
2022708	Svalbard	Kvitøyrenna	R2897MC01	0-2 cm	12099	3,82	5,03
2022708	Svalbard	SK08	R2924MC02	0-2 cm	4887	1,89	22,74
2022708	Svalbard	Rijpfjorden midtre	R2940MC03	0-2 cm	7566	6,78	12,01
2022708	Svalbard	SK07	R2963MC04	0-2 cm	7872	3,80	10,62
2022708	Svalbard	Rijpfjorden ytre	R2969MC05	0-2 cm	7239	9,21	14,98
2022708	Svalbard	SK06	R2987MC06	0-2 cm	14779	1,38	8,12
2022846	Svalbard	SK04	R3032BC02	0-2 cm	5506	1,58	13,68
2022846	Svalbard	SK05	R3004BC03	0-2 cm	10973	2,35	44,85
2022846	Svalbard	Kvitøyrenna	R3105BC05	0-2 cm	8989	9,47	2,64
2022118	Utsira	Utsira NRN-1	R3120MC10	0-2 cm	9527	7,86	29,53
2022118	Utsira	Utsira nordøst	R3131MC11	0-2 cm	7997	9,30	44,56
2022118	Utsira	Utsira nord	R3136MC12	0-2 cm	12430	2,77	31,12
2022118	Skagerrak	NS04	R3149MC13	0-2 cm	9269	5,70	20,10
2022118	Skagerak	NS04	R3165MC14	0-2 cm	8092	7,29	11,78
2022118	Skagerak	NS04	R3175MC15	0-2 cm	4537	2,54	10,66
2022118	Skagerak	NS04	R3183MC18	0-2 cm	9902	2,82	4,35
2022118	Utsira	Utsira nord	R3184MC19	0-2 cm	9657	3,93	16,98

Tabell 28. Mikroplastpartikler i overflateprøver. Data fra µFTIR er mengde MP uten gummi, mens data fra Pyr-GC/MS representerer mengde gummi som µg SBR. Data er pr. kg sediment tørrvekt.



Figur 79. Antall MP-partikler (antall per kg sediment tørrvekt) og vekt MP (mg per kg sediment tørrvekt) i overflateprøvene fra 2022-toktene. Datakilde: Tabell 28.



Figur 80. Antall MP-partikler/kg sediment i overflatesedimentene (0-2 cm). Gummi (SBR) er ikke tatt med her. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med gull ring. Data fra tidligere tokt følger med; disse var analysert ved andre laboratorier oppgitt i signaturforklaringen.



Figur 81. Antall MP-partikler/kg sediment i overflatesedimentene (0-2 cm). Kartutsnittene er vist i Figur 80. Stasjonene fra 2022-toktene er markert med gull ring.



Figur 82. Total mengde mikroplast uten gummi pr. kg sediment tørrvekt i overflateprøvene fra 2022-toktene.



Figur 83. Mengde mikroplast u/gummi i overflatesedimenter fra 2022-toktene. Kartutsnittene er vist i Figur 82.

#### 4.4.5 Mikroplast i sedimentkjerner

Oversikten i Tabell 27 viser fra hvilke stasjoner det er tatt ut prøver for mikroplastanalyser. Alle prøver er 2 cm tykke. Formålet med å ta prøver ned gjennom sedimentkjernene er å undersøke når mikroplast først kom inn i det marine miljøet. Plast, et produkt fra olje, er produsert fra 1940-tallet, og øker meget markant fra da og frem til i dag. De 4 analyserte sedimentkjernene representerer forskjellige geografiske områder.

Data i Tabell 29 viser konsentrasjon av MP både som antall og mengde MP. For hver kjerne er det laget figurer som viser trendene (Figur 84, Figur 85, Figur 86 og Figur 87). Bildene har samme skala slik at det er

lett å sammenligne resultatene fra ulike kjerner. Resultatene presentert i Tabell 29 viser at det finnes MP i dypere lag i samtlige 4 sedimentkjerner. Funn av mikroplast i dypere nivåer er tidligere rapportert av Uddin m. fl. (2021).

Stasjon	Geografisk område	Område	prøve	antall MP- partikler/kg	mg MP/kg sediment	μg SBR/kg sediment
				(µFTIR)	(µFTIR)	(Pyr-GC/MS)
	Svalbard	Kvitøyrenna	0-2 cm	12099	3,82	5,03
R2897MC01	Svalbard	Kvitøyrenna	2-4 cm	12478	11,7	10,94
	Svalbard	Kvitøyrenna	4-6 cm	11036	2,14	13,44
	Svalbard	Kvitøyrenna	6-8 cm	10001	2,94	54,65
	Svalbard	Kvitøyrenna	8-10 cm	9503	2,77	15,15
112007111001	Svalbard	Kvitøyrenna	10-12 cm	8856	7,84	8,92
	Svalbard	Kvitøyrenna	12-14 cm	9696	3,63	5,94
	Svalbard	Kvitøyrenna	14-16 cm	8844	3,25	24,43
	Svalbard	Kvitøyrenna	16-18 cm	6206	3,46	5,38
	Svalbard	Kvitøyrenna	18-20 cm	4213	1,9	16,05
	Svalbard	Kvitøyrenna	28-30 cm	5225	1,5	9,52
	Svalbard	Rijpfjorden ytre	0-2 cm	7239	9,21	22,74
	Svalbard	Rijpfjorden ytre	2-4 cm	9385	7,07	12,01
500001005	Svalbard	Rijpfjorden ytre	4-6 cm	6828	3,45	10,62
RZ969IVIC05	Svalbard	Rijpfjorden ytre	6-8 cm	7954	3,37	14,98
	Svalbard	Rijpfjorden ytre	8-10 cm	6705	1,66	3,81
	Svalbard	Rijpfjorden ytre	18-20 cm	8253	1,73	13,34
	Skagerak	NS04	0-2 cm	9269	5,7	20,10
	Skagerak	NS04	2-4 cm	8206	1,68	14,79
R3149MC13	Skagerak	NS04	4-6 cm	6293	1,33	16,40
	Skagerak	NS04	6-8 cm	7933	2,67	45,20
	Skagerak	NS04	8-10 cm	8056	2,58	66,11
	Skagerak	NS04	18-20 cm	4718	0,15	16,79
	Utsira	Utsira nord	0-2 cm	9657	3,93	16,98
	Utsira	Utsira nord	2-4 cm	6398	1,13	3,40
D2104MC10	Utsira	Utsira nord	4-6 cm	8868	5,79	19,11
	Utsira	Utsira nord	6-8 cm	7971	9,64	8,37
	Utsira	Utsira nord	8-10 cm	7246	2,66	44,93
	Utsira	Utsira nord	18-20 cm	8219	3,25	6,81

Tabell 29. Mikroplastpartikler i sedimentkjerner. Data fra µFTIR er mengde MP uten gummi, mens data fra Pyr-GC/MS representerer mengde gummi som µg SBR. Data er pr. kg sediment tørrvekt.



Figur 84. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R2897MC01, Kvitøyrenna, Svalbard per kg sediment tørrvekt.



Figur 85. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R2969MC05, Rijpfjorden ytre, Svalbard per kg sediment tørrvekt.



Figur 86. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R3149MC13, NS04, Skagerak per kg sediment tørrvekt.



Figur 87. MP-konsentrasjon i sedimentkjerne R3184MC19, Utsira nord per kg sediment tørrvekt.

For stasjonene R2897MC01 (Kvitøyrenna, Svalbard) og R2969MC05 (Rijpfjorden ytre, Svalbard) foreligger også dateringsdata (se kap. 4.3.4). Kvaliteten på resultatene fra dateringene vurderes tilfredsstillende (se oppsummering i Tabell 10) slik at de kan brukes for å vurdere når mikroplast kom inn i sedimentene i det marine miljøet. Kjernene R3149MC13 (NS04, Skagerrak) og R3184MC19 (Utsira nord) er ikke datert. I området for stasjonen R3149MC13 er det mye tråling (kap. 4.3.4 og 4.3.5). Fordeling av MP i R3149 viser lite variasjon fra topp (0 – 2 cm) til den dypeste prøven (18-20 cm), når det gjelder antall MP/kg sediment. Det største antall MP er i den øverste prøven (0-2 cm) og største konsentrasjon i vekt er ved 6-8 cm.

### R2897MC01 (Kvitøyrenna, Svalbard)

Antall partikler per kg sediment tørrvekt reduseres med dybde, mens mengde MP som mg per kg sediment tørrvekt har generelt lave verdier (under 3 mg/kg) med unntak av prøvene 2-4 cm og 10-12 cm (Figur 84). Basert på dateringsdata i kap. 4.3.4, tilsvarer fraksjonen 10-12 cm 1980-tallet, mens den dypeste (28-30 cm) tilsvarer ca. 1900-tallet.

### R2969MC05 (Rijpfjorden ytre, Svalbard)

Mengde mikroplast pr. kg sediment minker med dyp i kjernen (Figur 85).

#### R3149MC13 (NS04, Skagerakk)

Mengde mikroplast pr. kg sediment minker med dyp i kjernen (Figur 86).

### R3184MC19 (Utsira nord)

Mengde mikroplast pr. kg sediment minker med dyp i kjernen (Figur 87).

Sammenlikning med tidligere studier på sedimentprøver fra norske havområder.

- Største antall mikroplastpartikler (14 779 MPS/kg tørrsediment) ble funnet i overflateprøven (0-2 cm) fra stasjon R2987 ved Svalbard.
- Gjennomsnittlige data viser at forekomst at mikroplast er noe høyere i Utsiraområdet (8871 ± 1331 MPS/kg TS) enn nord for Svalbard (8545 ± 2000 MPS/kg TS) og i Skagerrak (8545 ± 2000 MPS/kg TS).
- De fleste mikroplastpartiklene var i størrelsesområdet 15–300 µm.
- Resultatene av denne studien har avdekket høyere konsentrasjoner av mikroplast i de undersøkte områdene enn tidligere studier. Dette forklares delvis ved at den nedre partikkelstørrelsesgrensen som ble brukt i dette prosjektet (15 µm) er mindre enn i tidligere analyser utført av Mareano, hvor minstestørrelsen har vært 45 µm.
- Det er ikke funnet trender i antall MPS/kg tørrsedimenter i forhold til prøvetakingssted, dybde, totalt organisk karboninnhold eller tørrvektprosent av sedimentprøvene. En markant forskjell i antall MP/kg sediment i overflatesedimenter er observert i de grovere sedimenter i SK04, nordvest for Svalbard. Her er antall MP lavere enn i mer finkornete prøver nord for Svalbard. Her kan sedimentasjonsmiljø med sterkere havstrøm i SK04 forklare det lavere antall MP.
- Det er ikke markante forskjeller i mengde mikroplast fra områder nært land som NS04 i Skagerrak til områder lenger unna, f.eks. områdene nord for Svalbard. Dette kan forklares ved at transportveien

for plast og mikroplast til havbunnen er kompleks. Havstrømmer må ha en viktig rolle i spredningen av MP til havområder nord for Svalbard fra mulige kilder i områder med høy befolkningstetthet (eksempelvis Europa og Nord-Amerika). De beskrevne havstrømmer nord om Svalbard må ha stor betydning for det høye innhold av MP i disse havområdene.

# **5 OPPSUMMERING**

Analyser av 19 stasjonene viser at det er lite metallforurensing i overflatesedimentene. Arsen finnes i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse III (moderat forurenset) i prøver nord for Svalbard og i Kvitøyrenna. Barium er til stede i noe høyere konsentrasjon i overflatesedimentene i Norskerenna nord for Utsira nord. Mikroplast analysert i overflateprøver viser forekomst på alle 19 stasjoner. Prøvene fra nord for Svalbard har generelt lave metallkonsentrasjoner i tilstandsklasse I og II. As finnes i konsentrasjoner i tilstandsklasse III nord for Svalbard.

Sedimentene i NS04 i indre Skagerrak er sannsynligvis sterkt påvirket av bunntråling. Analyseresultatene av 4 sedimentkjerner viser at tråling kan ha ført til en forstyrring av sedimentene slik at analysene metallkonsentrasjoner, TOC, og andel finstoff ikke viser noen trender. Det er derfor vanskelig å etablere naturlige bakgrunnsnivåer for metallene i NS04.

De 3 stasjonene fra Utsira nord og den ene stasjonen nord for Utsira nord har en anrikning av Ba til omtrent dobbelt så høy konsentrasjon som i dypere nivåer. Det kan tyde på en tilførsel av Ba, muligvis som barytt fra boreslam.

Mikroplast er til stede i samtlige analyserte prøver. µFTIR-analyser viser at antall MP-partikler i størrelsesintervall 15 µm til 300 µm varierer fra 4537 til 14779 partikler/kg sediment i overflatesedimentene. Antallet partikler er høyere enn registrert i tidligere studier. Dette skyldes trolig at nedre grense for deteksjon i dette studiet var 15 µm, som er betydelig mindre enn 45 µm i tidligere studier. MP finnes i alle prøver i dypere lag i 4 sedimentkjerner. Forekomst av MP i nivåer fra før 1940-tallet kan muligvis tilskrives bioturbasjon, som har dratt MP ned i dypere og eldre lag.

# 6 REFERANSER

Andersen T. J., 2017: Some Practical Considerations Regarding the Application of <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs Dating to Estuarine Sediments. Applications of Paleoenvironmental Techniques in Estuarine Studies. Developments in Paleoenvironmental Research (DPER), Vol. 20, p 121-140.

Bellec V., Bøe R., Rise L., Lepland A., Thorsnes T. and Bjarnadottír L. R., 2017. Seabed sediments (grain size) of Nordland VI, offshore north Norway. Journal of maps, vol. 13, No. 2, p. 608-620. www.blueoceansociety.org (2018)

Braastad, G. 2000: Kort innføring i toksikologi – økotoksikologisk risikovurdering – veiledning – Del IIA. SFT-rapport TA 1756, 46 s.

Bøe R., Dolan M., Thorsnes T., Lepland A., Olsen H., Totland O. & Elvenes S. 2010: Standard for geological seabed mapping offshore. NGU-rapport 2010.033, 15 s.

Dehairs, F., Chesselet, R., and Jedwab, J., 1980. Discrete suspended particles of barite and the barium cycle in the ocean. Earth Planetary Science Letters, vol. 49, s. 528 – 550.

Geonorge.no, 2021. Produktspesifikasjon\_Bunnsedimenter\_kornstørrelse. 53 sider

Gomiero, A., Øysæd, K. B., Agustsson, T., van Hoytema, N., van Thiel, T., & Grati, F. (2019). First record of characterization, concentration and distribution of microplastics in coastal sediments of an urban fjord in southwest Norway using a thermal degradation method. Chemosphere, 227, 705-714.

Huserbråten M., Hjelset A. M., Danielsen H.E.H., Hvingel C. and Agnalt A.L., 2023. Modelled dispersal of snow crab (Chionoecetes opilio) larvae and potential settlement areas in the western Barents Sea. ICES Journal of Marine Science, fsad062.

Haanes, H., Jensen, H. K. B., Lepland A. and Heldal, H. E., 2023. Increased barium levels in recent marine sediments from the Norwegian and Barents Seas suggest impact of hydrocarbon drilling and production. Marine Pollution Bulletin, Vol. 186, 114478. <u>https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114478</u>

Haave M., Henriksen T., Gomiero A. og Bye-Ingebrigtsen E., 2022. Kartlegging av mikroplastpartikler i urbant miljø fra land til sjø – kilder, mengder og spredning. Urban mikroplast. NORCE rapport 8-2022, NORCE Klima og miljø, 90 sider.

Jensen H. K. B., Seither A. og Knies J., 2016. Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra Barentshavet Øst og Norskehavet. NGU-rapport 2016.025, 66 sider.

Jensen H. K. B. og Cramer J., 2017. MAREANOs pilotprosjekt på mikroplast – resultater for forslag til oppfølgning. NGU-rapport 2017.043, 51 sider.

Jensen H. K. B. og Bellec V., 2021. Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra Norskehavet -

MAREANO. NGU-rapport 2021.028, 70 sider.

Jensen H. K. B. og Bellec V., 2022. Miljøgeokjemiske data og dateringsresultater fra bunnsedimenter i områdene Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01-BO1, KB Folla, KB Sklinna – Vestfjorden, Vestfjorden Ytre, Spitsbergenbanken, Kirkegården og Kratere N – Mareano. NGU-rapport 2022.023, 119 sider.

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, s. 1-35.

Lepland, A., Sæther O. M. & Thorsnes T. 2000: Accumulation of barium in recent Skagerrak sediments: sources and distribution control. Marine Geology, vol. 163, s. 13 – 26.

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.

Norsk oljehistorie i korte trekk, 2002. <u>http://www.ptil.no/ord-og-uttrykk/norsk-oljehistorie-i-korte-trekk-article882-38.html</u>.

Nuernberg C. C., Bohrmann G., Schlueter M. og Frank M., 1997. Barium accumulation in the Atlantic sector of the Southern Ocean. Results from 190,000-year records. Paleoceanography. Vol. 12 (4), s. 594 – 603.

Olsgård F. and Gray J., 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. Marine Ecology Progress Series, vol. 122, s. 277 – 306.

Primpke S., Fischer M., Lorenz C., Gerdts G. and Scholz-Böttcher B. M., 2020. Comparison of pyrolysisgas chromatography/mass spectrometry and hyperspectral FTIR imaging spectroscopy for the analysis of microplastics. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 412:8283-8298. <u>https://doi.org//10.1007/s00216-020-</u> 02979-w.

Rise, L. og Brendryen, J. 2013. Leirinnhold i jordarter – en sammenlignende studie med vekt på Coulter Laser 200 og Sedigraph, og forslag til beregning av ekvivalent leirinnhold i prosent. NGU Rapport 2013.012, 35 sider.

Rye H., 1996. Miljøeffekter av utslipp fra borekjemikalier. Rapport fra OLF. IKU Petroleumsforskning. Rapport nr. 42.4053.00/01/96. 98 sider.

Sæther O. M., Faye G., Thorsnes T., Rise L., Longva O. and 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., no. 430, p. 103-112.

Teknisk Ukeblad, 2018. Bildekk er den største kilden til mikroplast i Norge <u>https://www.tu.no/artikler/bildekk-er-den-storste-kilden-til-mikroplast-i-norge-det-beste-tiltaket-er-a-ikke-kjore-bil/431427</u>

Thorsnes T. and Klungsøyr J., 1997. Contamination of Skagerrak sediments due to man-made inputs during the last 200 years. In: O. Longva and 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, vol. 8, p. 52-79.

Tjønneland M. V., 2021. Microplastics in marine sediment from the Norwegian Sea. NGI rapport (på engelsk). 135 sider.

Uddin S., Fowler S. W., Uddin M. F., Behbehani M. and Naji A., 2021. A review of microplastic in sediment profiles. Mar. Poll. Bull., vol. 163.

Veileder Miljødirektoratet M-608, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revisert 30.10.2020. 13 sider. https://www.miljodirektoratet.no/globalassests/publikasjoner/m608/m608.pdf.



. NGU .

Norges geologiske undersøkelse Postboks 6315, Slüppen 7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse Leiv Eirikssons vei 39 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00 E-post ngu@ngu.no Nettside www.ngu.no