

Overvåkingsundersøkelse på Ormen Lange i Region V, 2021.



This page is intentionally left blank

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Overvåkingsundersøkelse på Ormen Lange i Region V, 2021.

Forfatter(e) / Author(s)Hans-Petter Mannvik
Ingar H. Wasbotten
Magnus Aune**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

63535.04

Dato / Date

23.11.2022

Antall sider / No. of pages

32 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Equinor, Norske Shell

Oppdragsg. referanse / Client's reference

PO 4503969273

Sammendrag / Summary

Det er utført miljøundersøkelser på Ormen Lange i Region V i 2021. Denne rapporten presenterer resultatene fra analysene av sediment- og faunaprøver som er utført fra totalt fem stasjoner på feltet og en regional stasjon.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Hans-Petter Mannvik in blue ink.

Hans-Petter Mannvik

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Roger Velvin in blue ink.

Roger Velvin


© 2022 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra miljøundersøkelsene på Ormen Lange i Region V, april - mai 2021. Etter innledningen og kapitlene som beskriver feltarbeidet og metodene som er brukt, er resultatene for feltet presentert og diskutert.

Alle rådata fra undersøkelsen vil bli lagt inn i MOD.

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med ALS Laboratory Group Norway som underleverandør. Laboratoriene er akkreditert.

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST-079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking av marine sedimenter, analyser av THC, NPD, 16EPA-PAH, TOC, kornstørrelse og makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST-079.</p> <p>Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025 (www.akkreditering.no).</p>
	<p>ALS Laboratory Group Norway / ALS Scandinavia AB er akkreditert av Swedac for analyser av tungmetaller, akkrediteringsnr. 2030. Akkrediteringen er i hht. EN ISO/IEC 17025 (www.alsglobal.no).</p>

Arbeidet ble tildelt av Equinor og Norske Shell som en del av overvåkings- og grunnlagsundersøkelser i 2021 (Equinor PO 4503969273).

Tromsø 23.11. 2022
Akvaplan-niva AS



Hans-Petter Mannvik
Prosjektleder

Prosjektmedarbeidere

Følgende personer deltok i feltarbeid, laboratorieanalyser og rapportering:

Feltarbeid

H. Andrade, G. Bahr, R. Fredriksen, R. Palerud, Y. Svensby (til 26.04.21), O.S. Bye
Wilhelmsen, Akvaplan-niva.

V. Dahle, S. Sætran (fra 26.04.21), AQS (ROV-pilot/tekniker, feltarbeid).

Sortering biologisk materiale

M.V. Alonso, A. Arriola, I. Bottolfsen, O. Christensen, K.E. Evenset, J. Fieler, J. Fredriksen,
D. Hammenstig, I. D. Hansen, J. H-Palerud, L. Laporte-Devylde, K. H. Sperre, K. Sztybor,
C.P. Ugelstad, T. Vollstad-Giæver, Akvaplan-niva.

Identifikasjon biologisk materiale

J. Hansen, T. Hansen, H-P. Mannvik, R. Palerud, A. Sikorski, R. Velvin, Akvaplan-niva.

Organiske analyser

O.S.B Wilhelmsen, K. Bluhm, L. Torske, I. H. Wasbotten, Akvaplan-niva.

Metallanalyser

Torgeir Rødsand, ALS Laboratory Group Norway AS.

Fysiske analyser

E. Lorentzen, O.S.B Wilhelmsen, K. Bluhm, L. Torske, I. H. Wasbotten, Akvaplan-niva.

Statistiske analyser (biologi)

M. Aune, R. Palerud, Akvaplan-niva

Statistiske analyser (kjemi)

Ingar H. Wasbotten, Akvaplan-niva.

Rapportering sediment og biologi

M. Aune, H.-P. Mannvik, Akvaplan-niva AS.

Rapportering kjemi

I. H. Wasbotten, Akvaplan-niva.

MOD

R. Palerud, I. H. Wasbotten, Akvaplan-niva AS.

Vi vil også takke skipper og mannskap på “Olympic Taurus”.

INNHOLDSFORTEGNELSE

OPPSUMMERING.....	7
SUMMARY.....	8
1 INNLEDNING.....	9
2 METODER.....	12
2.1 Feltarbeid.....	12
2.2 Innsamling og prøvebehandling.....	12
2.3 Analyser.....	13
2.3.1 Fysiske analyser.....	13
2.3.2 Kjemiske analyser.....	14
2.3.3 Biologiske analyser.....	14
2.3.4 Beregning av påvirket areal.....	16
2.3.5 Kvalitetskontroll.....	16
2.3.6 Lagring av prøvemateriale.....	17
2.3.7 Registrerte avvik.....	18
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	19
3.1 Fysisk karakteristikk.....	19
3.2 Kjemisk karakteristikk.....	20
3.2.1 Sammenligning med tidligere undersøkelser.....	22
3.3 Biologi karakteristikk.....	25
3.4 Sammendrag og konklusjon.....	29
4 ANBEFALINGER.....	31
5 REFERANSER.....	32
FORKORTELSER.....	33
VEDLEGG - KVALITETSSIKRING SEDIMENTANALYSER.....	34

Oppsummering

Norske Shell ga Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre overvåkningsundersøkelse på Ormen Lange i Region V (Equinor PO 4503969273).

Feltarbeidet ble utført ombord på “Olympic Taurus” i tidsrommet 06.04. – 04.05. 2021 i forbindelse med grunnlag- og overvåkningsundersøkelser i Region V, VI, VII, IX og X. Det ble samlet inn prøver fra totalt fem feltstasjoner på Ormen Lange ved bruk av 0,25 m² bokscorer og VAMS med fire 0,15 m² kombigrabber og en 0,1 m² grabb på den regionale stasjonen.

Stasjonsdybden på feltstasjonene varierte fra ca. 815 til 909 m og på den regionale stasjonen var dybden 789 m. Sedimentet i området ble karakterisert som pelitt (mengde fin sand var 1,9 til 5,9 %) med lite variasjon i innholdet av pelitt (87,2 – 93,9 %) og TOC (15,0 – 18,6 mg/g).

Årets innhold av THC i sedimentene på Ormen Lange varierte fra 12,0 mg/kg (OL-16) til 19,9 mg/kg (OL-25). Konsentrasjonen av THC i sedimentene på to av fem stasjoner i årets undersøkelse hadde et innhold av THC like over LSC-verdien (18,7 mg/kg), mens i den foregående undersøkelsen var dette tilfelle kun på en stasjon, OL-16. Maksimumsarealet av sedimenter kontaminert med THC utgjorde i 2021 ~11,2 km², mens i den foregående undersøkelsen ble dette beregnet til å være ~6,7 km².

Årets innhold av barium i sedimentene varierte fra 226 mg/kg (OL-19) til 352 mg/kg (OL-25). Både i 2018 og 2021 var det kun i sedimentet på OL-25 at innholdet var over 1xLSC-verdien.

Generelt var nivået av barium og de øvrige utvalgte metallene helt på nivå med tidligere års undersøkelser.

Bløtdyrene dominerte faunaen med hhv. 59 og 17 % av det totale antall individ og taxa på stasjonene (eksklusiv juvenile registreringer). Børstemarkene var representert med flest taxa (53 %). Muslingene *Parathyasira dunbari* og *Mendicula* sp. var de mest dominante artene på de fleste stasjonene. Det var forholdsvis lite variasjon i antall individ (1765 - 2010) og antall taxa (67 - 73) mellom stasjonene og diversiteten var litt lav (H' 3,3 – 3,7). Dette var forholdsvis likt det som ble registrert på den regionale stasjonen.

De multivariate analysene viste stor likhet i faunasammensetning mellom feltstasjonene og også med den regionale stasjonen. I korrespondanseanalysen ble stasjonene fordelt langs en dybde- og THC-gradient der den regionale stasjonen hadde høyest THC-nivå og minst dybde. Disse miljøparameterne var ikke signifikant korrelert med faunafordelingen.

På bakgrunn av resultatene fra de statistiske analysene som ble utført på data fra Ormen Lange, ble faunaen på alle stasjonene vurdert til å være uforstyrret.

Summary

An environmental monitoring survey was carried out at Ormen Lange in Region V on behalf of Norske Shell (Equinor PO 4503969273).

Fieldwork was carried out on board "Olympic Taurus" from April 06th to May 04th 2021 in connection with baseline and monitoring surveys in Region V, VI, VII, IX and X. Samples were collected from a total of five stations at Ormen Lange using a 0.25 m² box core and VAMS, equipped with four 0.15 m² combi grabs and one 0.1 m² grab, at the regional station.

Station depths at the field stations varied between 815 and 909 m and the depth at the regional station was 789 m. The sediment in the area was characterized as pelite (amount of fine sand from 1.9 to 5.9 %) with low variations in the amount of pelite (87.2 – 93.9 %) and TOC (15.0 – 18.6 mg/g).

In the present survey the content of THC in the sediments ranged from 12.0 mg/kg (OL-19) to 19.9 mg/kg (OL-25). The level of THC in the sediments at two out of five stations in 2021 had a content of THC just above the LSC-value (18.7 mg/kg), while in the last survey that was the case for only one station, OL-16. The maximum area of sediments contaminated with THC in 2021 was ~11.2 km², while in the previous survey this area was calculated to be ~6.7 km².

The content of barium, in the present survey, ranged from 226 mg/kg (OL-19) to 352 mg/kg (OL-25). Both in 2018 and 2021 only the sediment at OL-25 had a content of barium above 1xLSC value.

In general, the level of barium and the other selected metals were at the same level as in previous surveys.

Molluscs dominated the fauna at the stations, with 59 and 17 % of the total number of individuals and taxa, respectively. Polychaetes were present with most taxa (53 %). The mussels *Parathyasira dunbari* and *Mendicula* sp. were the most dominant species at most of the stations. There was relatively low variation in the number of individuals (1765 - 2010) and number of taxa (67 - 73) between the stations and the diversity was somewhat low (H' 3.3 – 3.7). This is relatively similar to that registered at the regional station.

The multivariate analyses showed high similarity in the faunal composition between the field stations and also to the regional station. The correspondence analysis separated the stations along a station depth- and THC-gradient where the regional station had highest level of THC in the sediment and shallowest depth. These environmental parameters were not significantly correlated to the faunal distribution.

Based on the statistical analyses carried out on data from Ormen Lange, the fauna at the stations was considered as undisturbed.

1 Innledning

En overvåkingsundersøkelse ble utført på Ormen Lange i Region V for Norske Shell i august 2018 (Equinor PO 4503969273). Undersøkelsen ble utført av Akvaplan-niva i samarbeid med ALS Laboratory Group/ALS Scandinavia AB, som underleverandør. Personell fra HI (VAMS) og AQS (ROV) var også med på feltarbeidet.

Et kart som viser lokaliseringen Ormen Lange er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1: Lokalisering av Ormen Lange i Region V.

Feltarbeidet ble utført ombord på “Olympic Taurus” i tidsrommet 06.04. – 04.05. 2021 i forbindelse med grunnlag- og overvåkingsundersøkelser i Region V, VI, VII, IX og X. Det ble samlet inn prøver fra totalt fem stasjoner på Ormen Lange ved bruk av 0,15 m² kombigrabb eller VAMS med fire 0,15 m² kombigrabber og en 0,1 m² grabb på den tilhørende regionale stasjonen.

Innsamlingen ble hovedsakelig utført i hht. programmet. Det lyktes ikke å samle inn prøver på OL-17 pga. vanskelige bunnforhold. Stasjon OL-15 måtte flyttes pga. konflikt med infrastruktur på havbunnen. Denne ble flyttet mer enn 50 m fra opprinnelig posisjon og er gitt stasjonsnummer OL-30.

Prosedyrer i forbindelse med feltarbeidet, laboratorieanalyser og rapporteringen er utført i hht. gjeldende standarder og retningslinjer (Miljødirektoratet, 2015).

Ormen Lange ligger i Norskehavet i Region V omtrent 100 km NV av Kristiansund. Dypet på stasjonene varierer fra 815 til 909 meter. Vanntemperaturen ved bunnen er mellom -1 og -2 °C og hovedstrømsretningen i området er mot nord, av og til mot nordøst.

Feltet er bygd ut med fire brønnrammer (A, B, C og D) og 24 brønner. Ramme A og B ble installert først, mens ramme D ble installert på bunnen i første uke av juni i 2009. I løpet av våren og sommeren 2009 ble også rørledninger lagt til ramme D. Rørledning til ramme C ble lagt ned vår og sommer 2012 og selve ramme C tidlig vår 2012. Rørledningene er i perioden 2009 - 2012 dekket til med steinmasser.

Dette ble gjort ved bruk av "bøtter" lenket sammen på en rekke og ført ned til bunnen der de ble tømt ut over rørledningen.

Boring på feltet startet i 2005 og gassproduksjonen i 2007. Boring på ramme D startet i slutten av 2009. Gassen fra feltet føres i rørledninger til landanlegget på Nyhamna.

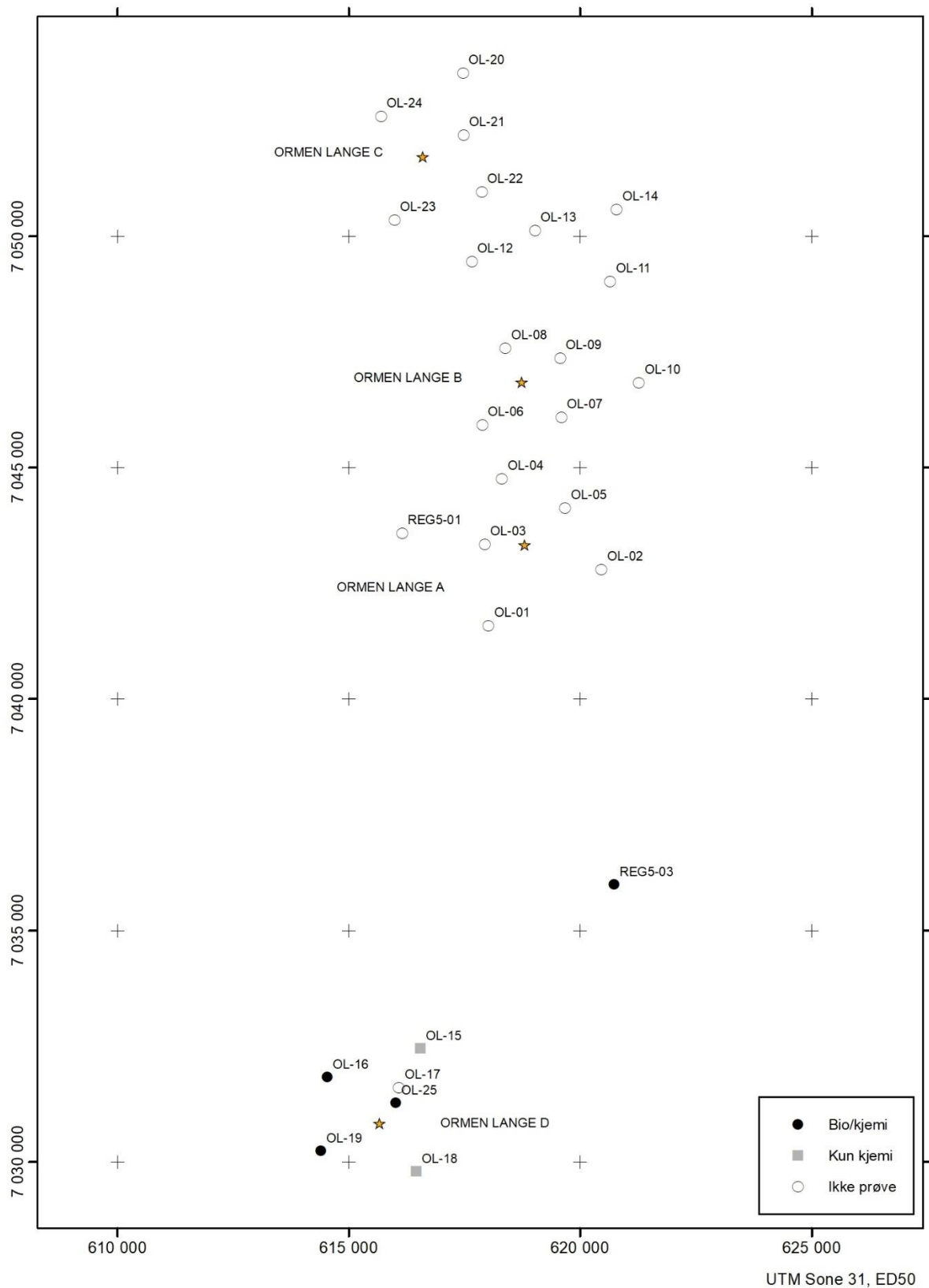
Det ble utført en grunnlagsundersøkelse på Ormen Lange i 2004 (Nøland *et al.*, 2005) og overvåkningsundersøkelser i 2009 (Mannvik *et al.*, 2010), 2012 (Mannvik *et al.*, 2013), 2015 (Nøland *et al.*, 2016) og 2018 (Mannvik *et al.*, 2019). I undersøkelsene i 2009 og 2012 ble det også utført grunnlagsundersøkelse rundt hhv bunnramme D (stasjon OL-15 til OL-19) og bunnramme C (OL-20 til OL-24).

Det har ikke vært boring eller utslipp på feltet siden foregående undersøkelse. Ut fra resultatene fra 2018 og aktiviteten på feltet, er prøver samlet inn fra fem stasjoner ved D-rammen. Stasjon OL-25 ble etablert i 2015 pga et utslipp av OBM og denne inngår også i 2021. Det ble samlet inn prøver fra en regional stasjon. Pga. vanskelige bunnforhold, lyktes det ikke å samle inn prøver på OL-17.

Stasjonsopplysninger er vist i Tabell 1-1 og stasjonskart i Figur 1-2. Stasjonsdybden varierte fra 815 til 909 m og på den regionale stasjonen var dybden 789 m.

Tabell 1-1: Stasjonsopplysninger for Ormen Lange, 2021 (ED50, UTM sone 31).

St. nr.	Dyp	UTM Øst	UTM Nord	Merknad
OL-30	852	616579	7032445	Kjemi
OL-16	909	614544	7031837	Bio/kjemi
OL-17		616089	7031609	Utgår
OL-18	815	616467	7029806	Kjemi
OL-19	884	614402	7030246	Bio/kjemi
OL-25	841	616021	7031286	Bio/kjemi
REG5-03	787	620740	7035991	Bio/kjemi



Figur 1-2: Stasjonskart for Ormen Lange og den regionale stasjonen, 2021. Her er stasjoner som har vært med i tidligere undersøkelser også vist.

2 Metoder

Innsamlingen ble, med unntak av stasjon OL-17, utført i hht. Innsamlingsprogrammet (Mannvik, 2021). Prosedyrer i forbindelse med feltarbeidet, laboratorieanalyser og rapporteringen er utført i hht. gjeldende standarder og retningslinjer (Miljødirektoratet, 2015; rev 2021).

2.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført ombord på “Olympic Taurus” i tidsrommet 06.04. – 04.05. 2021 i forbindelse med grunnlag- og overvåkingsundersøkelser i Region V, VI, VII, IX og X.

Posisjoneringen av båten ble utført av posisjoneringspersonell og offiserer ombord på fartøyet ut fra de gitte stasjonsplasseringene. Stasjonenes posisjoner ble lokalisert ved hjelp av GPS (Global Positioning System) og båten ble holdt i denne posisjonen ved hjelp av DP (dynamisk posisjonering). VAMS/bokscorer ble satt ned når båten lå i oppgitt posisjon.

2.2 Innsamling og prøvebehandling

Innsamlingen ble gjort med hjelp av 0,25 m² bokscorer og VAMS (Video Assisted Multi Sampler, se Figur 2-1) påmontert fem 0,15 m² kombigrabber (se DNV, 2016 for nærmere beskrivelse av VAMS). Fire biologiske og to kjemiske prøver ble samlet inn med bokscorer på hver feltstasjon. Fem biologiske og tre kjemiske prøver ble samlet inn med VAMS på den regionale stasjonen.



Figur 2-1: VAMS (Video Assisted Multi Sampler) og bokscorer (foto: Akvaplan-niva).

Grabbene på VAMS har hengslete inspeksjonsluker med silplater med 1,0 mm runde hull. Oversiden av lukene er dekket med gummilapper som lar vannet passere gjennom grabben under nedsenkning og som tetter lukene under oppheisingen slik at sedimentet ikke forstyrres av vannstrømmer.

To prøver med bokscorer ble samlet inn på hver feltstasjon og hver prøve ble delt i 2 x 0,1 m² prøver for biologi og 1 x 0,05 m² for kjemiprøver (se Figur 2-2).



Figur 2-2: Oppdeling av biologi- ($2 \times 0,1 \text{ m}^2$) og kjemiprøver ($1 \times 0,05 \text{ m}^2$) fra bokscorer.

Hver prøve ble kontrollert for å se etter forstyrrelse av sedimentet. Prøver for analyser av hydrokarboner, metaller, kornstørrelse og TOC ble tatt fra de kjemiske grabbprøvene. Hydrokarbon- og metallprøvene ble tatt fra det øverste laget av sedimentet (0 - 1 cm), mens kornstørrelse- og TOC-prøvene ble tatt ned til 5 cm dyp i sedimentet ved hjelp av en plastsylinder (blandprøve fra tre separate grabbprøver). Prøvene ble umiddelbart frosset ned til -20 C .

Faunaprøvene ble konserverert i en 4 % formalinløsning tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks.

Det vises også til tokrapporten (Palerud, 2021).

2.3 Analyser

Akvaplan-niva er akkreditert av Norsk Akkreditering med TEST 079. ALS Laboratory Group Norway AS/ALS Scandinavia AB, med registreringsnummer 2030, er et prøvingslaboratorium akkreditert av Swedac.

2.3.1 Fysiske analyser

Sedimentkarakter

Hver prøve ble beskrevet med hensyn til sedimenttype, farge, lukt, forekomst av store dyr og andre karakterer (f.eks. forekomst av olje, borekaks osv.).

Totalt organisk karbon (TOC)

På hver stasjon ble sediment fra tre forskjellige grabbprøver samlet inn, blandet og homogenisert. En delprøve av denne blandprøven ble analysert pr. stasjon.

Etter tørking ved 40 °C ble innhold av totalt organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (Elementar Analysensysteme GmbH, SoliTOC Cube), ved en metode basert på DIN 19539:2016/ Anneks B.

Kornstørrelsesfordeling

Analysene av kornstørrelsesfordelingen ble utført i hht. metoden beskrevet av (Bale & Kenny, 2005). På hver stasjon ble sediment fra tre forskjellige grabbprøver samlet inn, blandet og homogenisert. En delprøve av denne blandprøven ble analysert pr. stasjon.

En tørket prøve ble tilsatt dispergeringsmiddel og våtsiktet slik at silt og leire (partikler $< 0,063 \text{ mm}$) ble vasket ut. Den gjenværende prøven (partikler $> 0,063 \text{ mm}$) ble tørket, og kornstørrelsesfordelingen bestemt ved sikting gjennom en oppsatt av seks sikter med maskevidde $0,063 - 2,0 \text{ mm}$. Statistiske parametere ble beregnet ved hjelp av programmet Gradistat ©Simon Blott, basert på vekten av de ulike siktefraksjonene. Nøyaktigheten på analysen er bestemt ved analyse av husstandarder med ulike nivåer

av kornstørrelsesfordeling, samt deltakelse i SLP (Sammenlignende Laboratorieprøving) og kontroll mot Sertifisert referansemateriale (levert av BCR - Community Bureau of Reference).

2.3.2 Kjemiske analyser

En kort beskrivelse av analysemetodene er presentert nedenfor.

Hydrokarboner (THC, NPD og 16 EPA-PAH)

Hydrokarbonene ble ekstrahert fra sedimentet ved ekstrahering med heksan (1100 psi, 150 °C) i en Dionex ASE-350 (Accelerated Solvent Extractor) fra Thermo Fischer, med aktivert silika for opprensing av ekstraktet inkludert i ekstraksjonscellen. Hydrokarbonfraksjonen ble så oppkonsentrert i en Rocket™ Synergy Evaporator (SP Scientific) og overført til GC vial.

Kvantifisering THC

Totalt hydrokarbon innhold (THC) ble analysert ved gasskromatografi, GC/FID, og kvantifisert mot en ekstern standard. Baseoljen EDC 95 ble brukt som referanseolje. THC ble bestemt i sedimentprøver fra alle stasjonene.

Kvantifisering NPD og 16 EPA-PAH

Innholdet av NPD og 16 EPA-PAH ble bestemt ved GC/MSD (gasskromatografi/ massespektrometri), og kvantifisert ved hjelp av deutererte interne standarder.

Metaller

Sedimentet ble tørket ved 50 °C, homogenisert og grovkornede sedimenter siktet på 2 mm før opplutning med salpetersyre. Følgende metaller ble analysert ved hjelp av ICP-SFMS (i henhold til metodene ISO 17294-1,2 og EPA 200.8: Arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg).

Beregning av grense for signifikant kontaminering (LSC)

Bakgrunnsverdiene basert på de ulike beregningsmetodene sammenlignes, og ut ifra et skjønnsmessig valg velges den verdien som skal legges til grunn for beregning av statistisk grenseverdi for signifikant kontaminering (LSC = Limit of Significant Contamination).

Det endelige valg av bakgrunnsverdier for beregning av LSC er beskrevet i kapittel 3.2. LSC verdiene er beregnet ut fra de valgte bakgrunnsverdiene ved å benytte en én-sidet student t-test med 95 % signifikansnivå etter formelen gitt i NIVA-notat O-99218. Bakgrunnsverdiene for beregning av LSC er hentet fra MOD.

2.3.3 Biologiske analyser

I laboratoriet ble hver prøve vasket på sikter i ferskvannbad. Etter vaskingen ble alle dyr sortert ut og lagt på glass med 80 % etanol for hver taksonomiske hovedgruppe. Identifikasjonen av faunaen ble utført i hht. gjeldende retningslinjer.

De statistiske analysene ble utført på hele settet med faunadata. Det ble utført analyser med og uten registreringer av juvenile grupper. Med unntak av topp-10 listene, er resultater uten juvenile registreringer brukt i rapporten.

Basert på de statistiske analysene ble følgende informasjon gitt:

- Antall taxa og antall individ/taxa for hver replikat og stasjon
- Diversitetsindeks H' på \log_2 basis (McArthur & McArthur, 1961)
- Forventet antall arter/100 individ (ES_{100}) basert på Hurlbert's diversitetskurve
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- Sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), uegnet ved lavt individantall

- De ti mest dominante taxa på hver stasjon
- Clusteranalyser basert på Bray-Curtis ulikhetsindeks (Bray & Curtis, 1957)
- Ordinasjon av stasjoner ved bruk av MDS (Multidimensional scaling)
- Kanonisk korrespondanseanalyse (CCA)

Formlene som ble brukt for indeksene er i hht. Veileder 02:2018 (Direktoratgruppen, 2018).

De multivariate analysene (Cluster og MDS) ble utført både på replikat- og stasjonsnivå.

Artssammensetningen i et bunndyrsmiljø er avhengig av en lang rekke faktorer, deriblant sedimentets beskaffenhet og eventuell påvirkning av kontaminering. Ved upåvirkede forhold er artsmangfoldet (diversiteten) ofte forholdsvis høy med mange arter og forholdsvis jevn fordeling av antall individer mellom artene. Organisk belastning eller andre fysiske/kjemiske stressfaktorer fører over tid til redusert artsmangfold ved at noen arter minker i individantall, mens andre arter øker i individantall. Alle dyr sorteres ut av hver prøve og identifiseres og individantallet for hver art registreres.

Resultatene fra de statistiske analysene skal kunne gi svar på om miljøet rundt installasjonene er påvirket av petroleumsaktivitetene. Dette gjøres ved å sammenligne resultatene på de enkelte feltstasjonene mot hverandre og mot de regionale stasjonene. Ved overvåkningsundersøkelser sammenlignes resultatene mot tidligere undersøkelser. Eventuelle sammenhenger mellom de målte miljøvariablene og faunasammensetningen blir analysert ved hjelp av kanonisk korrespondanseanalyser (CCA).

I hht. kravene i retningslinjene (Miljødirektoratet, 2015) er det gjort en vurdering av faunatilstanden på de enkelte stasjonene. Kriterier for vurdering av faunatilstanden er basert på en kombinasjon av univariate analyser (antall taxa og individ, faunaindeks, dominante arter osv. på hver stasjon), multivariate analyser (cluster og MDS) og korrespondanseanalyser (kanonisk korrespondanseanalyse (CCA)).

En generell beskrivelse av utvikling av faunatilstand ved økende forurensning/organisk anrikning av sedimentene kan være:

Uforstyrret fauna, faunasamfunn vanligvis med lav dominans og en bred sammensetning av taxa fra forskjellige taksonomiske grupper, inklusiv børstemark, bløtdyr, pigghuder og krepsdyr. Taxa som erfaringsmessig opptrer i forstyrret sediment er fraværende eller forekommer i lavt individantall.

Lett forstyrret fauna (overgangsfase/stimuleringsfase), faunasamfunn vanligvis med noe høyere arts- og/eller individantall og bred sammensetning av taxa fra forskjellige grupper. Dette kan resultere i økt diversitet. Faunasammensetningen er svakt, men påvisbart, endret i forhold til nærliggende og/eller sammenlignbare stasjoner med tilsvarende naturforhold. Taxa som erfaringsmessig opptrer i forstyrret sediment, inklusiv børstemark og bløtdyr, øker i individantall, men er vanligvis ikke dominerende.

Tydelig forstyrret fauna, faunasamfunn generelt med høyere dominans og lavere antall taxa. Faunasammensetningen er tydelig endret. Taxa som indikerer forstyrret sediment, inklusiv børstemark og bløtdyr, er vanligvis blant de dominerende, pigghuder sjeldne.

Sterkt forstyrret fauna, faunasamfunn totalt dominert av små detritusspisende børstemark og spesielt tolerante muslinger med symbiotiske bakterier. Pigghuder og krepsdyr er fåtallig eller mangler helt. Lavt antall taxa.

Ved en ytterligere forverring av forholdene kan makrofaunaen forsvinne helt.

Naturlig variasjon kan forekomme for flere faunaparametere innen hver tilstand. Evalueringen bygger derfor på en totalvurdering av faunaen. Som eksempel kan enkelte arter på stasjoner med uforstyrret fauna opptre i høye individtall og dermed resultere i nedsatt diversitet. Dette gjelder bl.a. børstemarkene *Euchone* sp., *Galathowenia oculata* og *Owenia fusiformis*. Disse har vist seg å variere mye både i tid og rom uavhengig av nivåer av organisk anrikning/forurensning i sedimentet eller nærhet til petroleumsaktivitet i det aktuelle området.

De mest vanlige taxa som opptrer i økt individantall i forurenset/organisk anriket sediment, er børstemarkene *Capitella capitata*, *Chaetozone* sp., *Cirratulus* sp. og *Ophryotrocha* sp. og muslingene

Thyasira sarsii, *T. flexuosa*, *T. equalis* og *Lucinoma borealis*. Pigghuder, som f.eks. slangestjernen *Amphiura filiformis*, reduseres i individantall eller blir borte under slike forhold.

CCA kombinerer miljøparameterne med biologidataene og søker spesielt etter mønstre i faunasammensetningen som kan relateres til gradienter i de målte miljøvariabler. Analysen beregner også hvor mye av variansen i biologidataene som kan beskrives ved parameterne enkeltvis eller samlet. Dette vil være mål på i hvilken grad miljøparameterne representerer faktorer som har betydning for faunaen.

2.3.4 Beregning av påvirket areal

Beregnet areal for kontaminert sediment og forstyrret fauna er basert på areal av en asymmetrisk elipse. Radius varierer fra felt til felt og mellom transektene innen hvert felt. Ved beregningene er avstand til innerste stasjon med ikke-kontaminert sediment og/eller uforstyrret fauna brukt. Der det ble påvist stasjoner med kontaminert sediment og/eller forstyrret fauna på ett til tre transekt, ble avstand til innerste stasjon på transekt med ikke-kontaminert sediment og/eller uforstyrret fauna brukt som radius. På denne måten vil maksimumsareal for kontaminering og forstyrret fauna bli beregnet. For THC beregnes arealet både av sedimenter med et innhold over beregnet LSC og innhold over 50 mg/kg tørt sediment.

2.3.5 Kvalitetskontroll

Innsamlingen og analysene av prøvene er utført av personell og laboratorier som er akkreditert for disse aktivitetene i hht. NS-EN ISO/IEC 17025. Under feltarbeidet og prøveopparbeidingen i laboratoriet ble detaljerte sjekklister og loggbøker ført for å se at alle prosedyrene ble fulgt og for å spore og dokumentere prøvenes nøyaktighet.

Under feltarbeidet ble alle forstyrrede prøver forkastet. Prøvene ble også forkastet dersom hastigheten på grabben var mer enn 0,2 m/sekund når den traff bunnen.

Deteksjonsgrense (LOD) og kvantifiseringsgrense (LOQ) for PAH-NPD er bestemt ved måling av støy/signal-nivå i GCMS-kromatogrammet, relatert til konsentrasjon i mg/kg, der LOD er beregnet som 3 ganger støyverdi og LOQ er beregnet som 10 ganger støyverdi. For THC ble LOD og LOQ fastsatt på bakgrunn av analyse av en serie ikke-kontaminert sediment tilsatt kjent mengde THC.

Beregnet LOD/LOQ for THC, NPD og 3-6 rings PAH, samt LOD for metaller er vist i Tabell 2-1.

Gjenvinningen på ekstraksjon av hydrokarboner fra sediment ble undersøkt ved å tilsette en kjent mengde THC fra en sertifisert standardløsning til et ikke-kontaminert Nordsjøsediment. Gjenvinningen av THC var 109 % ved en konsentrasjon på rundt 1 mg/kg TS. Reproduerbarheten på hydrokarbonanalysene er sjekket jevnlig under hele opparbeidingsperioden ved å ekstrahere og analysere hydrokarboner i en uniform sedimentprøve (husstandard) med regulære intervaller. Reproduerbarheten på THC analysene over det siste året er 70 ± 8 mg/kg (22 % RSD). Nøyaktigheten på analysene av polisykliske aromatiske forbindelser er bestemt ved å analysere en sertifisert standard referanse sediment Setoc 766 og en husstandard.

Mer informasjon er gitt i Vedlegg.

For å kontrollere nøyaktigheten i sorteringen ble minst 10 % av prøvene kontrollsortert. Dersom det ble funnet mer enn 15 dyr i prøvene ble alle prøvene sortert av samme person sortert på nytt. Fire av de 12 prøvene ble kontrollsortert og ingen av disse ble underkjent.

Også overføringen av data fra artslistene til databasen ble kontrollert. 10 % av artene ble kontrollert og dersom feilen var over 1 % for en eller flere identifiserere, ble alle listene for disse kontrollert og korrigeret. Det ble registrert null feil (0,0 %).

Tabell 2-1: Deteksjonsgrensen (LOD) og kvantifiseringsgrensen (LOQ) er beregnet fra støy/signal-nivå for NPD og PAH, for THC ved analyse av en serie ikke-kontaminert sediment tilsatt kjent mengde THC.

	LOD	LOQ
THC (mg/kg TS)	1	3
NPD (mg/kg TS)		
Naphthalene	0.00023	0.00076
C1-Napthalene ¹	0.00094	0.00315
C2- Napthalene ¹	0.00313	0.01044
C3- Napthalene ¹	0.00377	0.01258
Phenantrene	0.00026	0.00088
Anthracene	0.00006	0.00021
C1-Phenantrene/Anthracene ¹	0.00052	0.00172
C2- Phenantrene/Anthracene ¹	0.00075	0.00249
C3- Phenantrene/Anthracene ¹	0.00074	0.00245
Dibenzothiophene	0.00004	0.00014
C1- Dibenzothiophene ¹	0.00021	0.00068
C2- Dibenzothiophene ¹	0.00041	0.00136
C3- Dibenzothiophene ¹	0.00056	0.00188
PAH 3-6 ring (mg/kg TS)		
Acenaphthylene	0.00023	0.00076
Acenaphthene	0.00119	0.00397
Fluorene	0.00063	0.00210
FLuoranthene	0.00013	0.00044
Pyrene	0.00009	0.00031
Benzo(a)anthracene	0.00005	0.00015
Chrysene	0.00005	0.00018
Benzo(b)fluoranthene	0.00006	0.00021
Benzo(k)fluoranthene	0.00003	0.00009
Benzo(a)pyrene	0.00005	0.00016
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.00002	0.00007
Benzo(ghi)perylene	0.00003	0.00011
Dibenzo(a,h)anthracene	0.00005	0.00016
Metaller (mg/kg TS)		
As	0,5	
Ba	1,0	
Cd	0,03	
Cr	0,5	
Cu	0,6	
Hg	0,01	
Pb	0,5	
Zn	2,0	

¹⁾ For metylerte NPD er LOD/LOQ beregnet for en gruppe av flere forbindelser som rapporteres som en sum

LOD = 3 x støynivå

LOQ = 10 x støynivå

2.3.6 Lagring av prøvemateriale

Analyserte prøver og referansemateriale lagres hos de utførende laboratoriene i minst seks måneder etter at rapportene er godtatt av oppdragsgiver. En referansesamling bestående av arter identifisert av de enkelte spesialistene involvert i prosjektene oppbevares på laboratoriet. Analyseresultatene på replikatnivå oppbevares i minst ti år i en database hos Akvaplan-niva. I denne perioden kan material og resultater gjøres tilgjengelig for oppdragsgivere. Data blir også lagret i MOD database.

2.3.7 Registrerte avvik

I to av de fem replikatene på den regionale stasjonen (REG5-03), ble de minste muslingene (*Parathyasira dunbari* og *Mendicula* sp.) oversett under sorteringen av prøvene. Dermed ble det registrert færre individer for disse på denne stasjonen.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Fysisk karakteristikk

Median kornstørrelse (ϕ) og mengden av pelitt, fin, medium og grov sand, grus og TOC i sedimentet på hver stasjon er vist i Tabell 3-1, sedimentsammensetningen på stasjonene er vist i Figur 3-1 mens mengden av pelitt og TOC i sedimentet for de tre siste undersøkelsene er vist i Figur 3-2.

Sedimentet i området ble klassifisert som pelitt. Mengden av pelitt i sedimentet varierte fra 87,2 (OL-25) til 91,1 % (OL-19), fin sand fra 6,0 (OL-16) til 7,4 % (OL-25) og TOC fra 15,0 (OL-25) til 17,3 mg/g (OL-16).

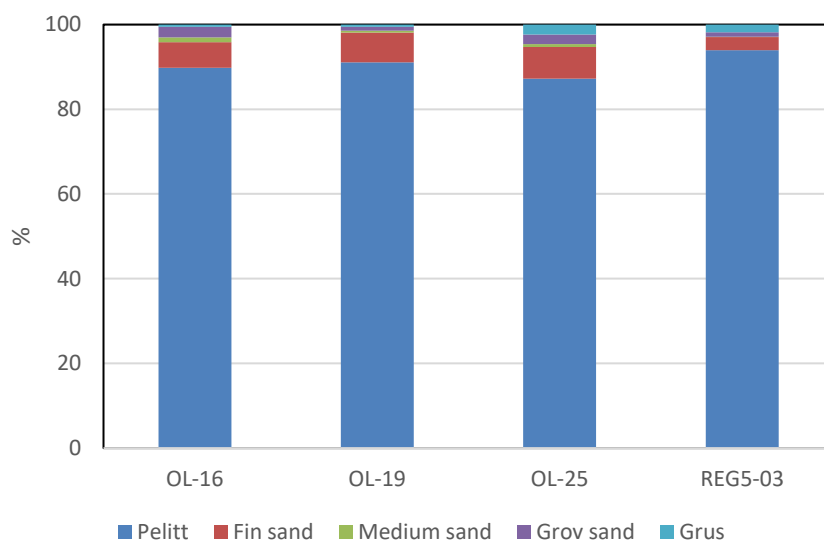
På den regionale stasjonen var mengden av pelitt 93,9 %, fin sand 3,1 % og TOC 18,6 mg/g.

Mengden av pelitt i sedimentene varierer lite mellom de siste undersøkelsene, mens det er forholdsvis stor variasjon i nivåene av TOC.

Tabell 3-1: Median kornstørrelse (ϕ) og mengde av pelitt, fin, medium og grov sand, grus (alle i %) og TOC (mg/g TS) i sedimentet på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

Stasjon	Median	Klassifisering	Pelitt	Fin sand	Medium sand	Grov sand	Grus	TOC
OL-16	5,751	Pelitt	89,8	6,0	1,2	2,4	0,6	17,3
OL-19	5,782	Pelitt	91,1	7,0	0,5	0,9	0,6	15,7
OL-25	5,686	Pelitt	87,2	7,4	0,7	2,3	2,4	15,0
REG5-03	5,848	Pelitt	93,9	3,1	0,1	1,1	1,8	18,6
Gj. snitt*	5,740		89,4	6,8	0,8	1,9	1,2	16,0
St. avvik*	0,049		1,9	0,7	0,4	0,8	1,0	1,2

*Eksklusiv regional stasjon.



Figur 3-1: Sedimentsammensetning på stasjonene på Ormen Lange, 2021.



Figur 3-2: Sedimentkarakteristikk (pelitt) i sedimentene ved Ormen Lange, 2021 og foregående undersøkelser.

3.2 Kjemisk karakteristikk

De kjemiske substansene som forekommer i marine sedimenter, er enten naturlig tilstede i sedimentene eller de er et resultat av antropogen/human tilførsel. Det er derfor viktig å skille mellom naturlige bakgrunnskonsentrasjoner og naturlige forandringer i disse, og i hvilken grad innholdet av kjemiske forbindelser øker som et resultat av menneskelig aktivitet.

Innholdet av kjemiske forbindelser i sediment fra hver feltstasjon skal vurderes mot en statistisk grenseverdi (LSC = Limit of Significant Contamination), som beregnes ut fra bakgrunnsverdiene. Hvis innholdet av en kjemisk forbindelse overskrider tilhørende LSC, kan en som regel si at sedimentene på feltstasjonen har et forhøyet nivå av denne forbindelsen.

Bakgrunnsnivået av utvalgte kjemiske komponenter er som tidligere basert på analyse av grunnlagsundersøkelser utført i 2004 (ramme A og B), 2009 (ramme D), samt den regionale stasjonen som ble undersøkt i årets og tidligere års undersøkelser.

Resultatene av analysene av totalt hydrokarboninnhold (THC) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (NPD og 16 EPA-PAH) er oppsummert i Tabell 3-2. Konsentrasjonene er gitt som gjennomsnittsverdier med tilhørende standard avvik basert på tre replikate målinger på hver stasjon. Årets THC verdier er sammenlignet med konsentrasjonene i tidligere års undersøkelser i Figur 3-3.

Tabell 3-2: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner i sedimenter fra Ormen Lange, 2021. Alle konsentrasjoner er gitt i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	THC		16 EPA-PAH		NPD	
	snitt	sd.	snitt	sd.	snitt	sd.
OL-16	12,0	0,2	0,217	0,008	0,180	0,003
OL-18	17,9	0,3	na	-	na	-
OL-19	12,6	3,7	na	-	na	-
OL-25	19,9	3,1	0,218	0,003	0,171	0,014
OL-30	19,5	0,0	na	-	na	-
REG5-03	26,0	7,7	0,290	0,016	0,423	0,199
LSC ₀₄₋₂₁	18,7		0,490		0,353	

na = ikke analysert

Innholdet av THC i sedimentene på Ormen Lange varierte fra 12,0 mg/kg (OL-12) til 19,9 mg/kg (OL-25). Konsentrasjonen av THC i sedimentene på to av fem stasjoner hadde et innhold av THC like

over LSC-verdien (18,7 mg/kg). De to stasjonene hvor THC-innholdet var høyere enn LSC-verdien er lokalisert nord/nordøst for sentrum av ramme D. Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra OL-25 viste likevel ikke tydelige spor av fersk input av hydrokarboner, og innholdet av THC i sedimentene på OL-25 var lavere enn i sedimentene på den nærmeste regionale stasjonen, REG5-03 (26,0 mg/kg).

I sedimentene på OL-16 og OL-25 ble innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner bestemt. Innholdet av 16 EPA-PAH varierte fra 0,217 mg/kg (OL-16) til 0,218 mg/kg (OL-16), mens innholdet av NPD varierte fra 0,171 mg/kg (OL-25) til 0,180 mg/kg (OL-16). Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner i sedimentene på Ormen Lange var lavere enn de respektive LSC-verdiene, og også lavere enn i sedimentene på REG5-03.

Resultatene fra analyse av utvalgte metaller i sedimenter fra Ormen Lange er oppsummert i Tabell 3-3. Metallkonsentrasjoner funnet i 2021 undersøkelsen er sammenlignet med konsentrasjonene funnet i tidligere års undersøkelser i Figur 3-4 og Figur 3-5.

Tabell 3-3: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av utvalgte metaller i sedimenter fra Ormen Lange, 2021. Alle konsentrasjoner er gitt i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	As		Ba		Cd		Cr	
	snitt	sd.	snitt	sd.	snitt	sd.	snitt	sd.
OL-16	14,6	3,1	232	12	0,164	0,016	32,7	3,6
OL-18	18,0	0,2	245	10	0,191	0,024	34,3	2,1
OL-19	11,5	0,2	226	4	0,138	0,023	31,7	1,1
OL-25	11,5	0,1	352	56	0,129	0,035	38,9	0,8
OL-30	12,5	0,3	247	2	0,189	0,021	32,5	1,7
REG5-03	12,4	1,4	227	18	0,160	0,019	29,6	3,1
LSC ₀₄₋₂₁	18,2		291		0,170		34,4	

Tabell 3-3 forts.

Stasjon	Cu		Hg		Pb		Zn	
	snitt	sd.	snitt	sd.	snitt	sd.	snitt	sd.
OL-16	24,2	2,7	0,0415	0,0075	27,8	2,9	70,0	11,1
OL-18	23,2	1,1	0,0486	0,0015	28,5	0,2	72,9	4,7
OL-19	21,3	1,3	0,0355	0,0028	25,5	1,7	61,8	1,8
OL-25	22,6	2,3	0,0381	0,0051	26,3	1,1	65,4	6,9
OL-30	19,7	2,3	0,0424	0,0064	24,9	1,1	70,2	3,4
REG5-03	20,9	1,6	0,036	0,027	29,4	3,3	64,8	4,7
LSC ₀₄₋₂₁	24,2		0,103		41,5		87,0	

I sedimentene på Ormen Lange varierte innholdet av arsen fra 11,5 mg/kg (OL-19 og OL-25) til 18,0 mg/kg (OL-18), kadmium fra 0,129 mg/kg (OL-25) til 0,191 mg/kg (OL-18), krom fra 31,7 mg/kg (OL-19) til 38,9 mg/kg (OL-25), kobber fra 19,7 mg/kg (OL-30) til 24,2 mg/kg (OL-16), bly fra 24,9 mg/kg (OL-30) til 28,5 mg/kg (OL-18) og sink fra 61,8 mg/kg (OL-19) til 72,9 mg/kg (OL-18).

Innholdet i barium i sedimentene på Ormen Lange varierte fra 226 mg/kg (OL-19) til 352 mg/kg (OL-25). Det var kun i sedimentene på OL-25 at innholdet var over LSC-verdien for barium (291), men konsentrasjonen av barium var under 2xLSC-verdien i sedimentene på OL-25.

For de øvrige metallene var konsentrasjonen generelt på nivå med REG5-03, og konsentrasjonene var i all hovedsak under de respektive LSC-verdiene. I sedimentene på OL-25 hvor innholdet av barium var over LSC-verdien ble det funnet forhøyet verdi av krom (38,9 mg/kg). Det ble funnet forhøyet verdier av kadmium i sedimentene på to stasjoner, OL-30 (0,189 mg/kg) og OL-18 (0,191 mg/kg).

Konsentrasjonen av kvikksølv i sedimentene varierte fra 0,036 mg/kg (OL-19) til 0,049 mg/kg (OL-18).

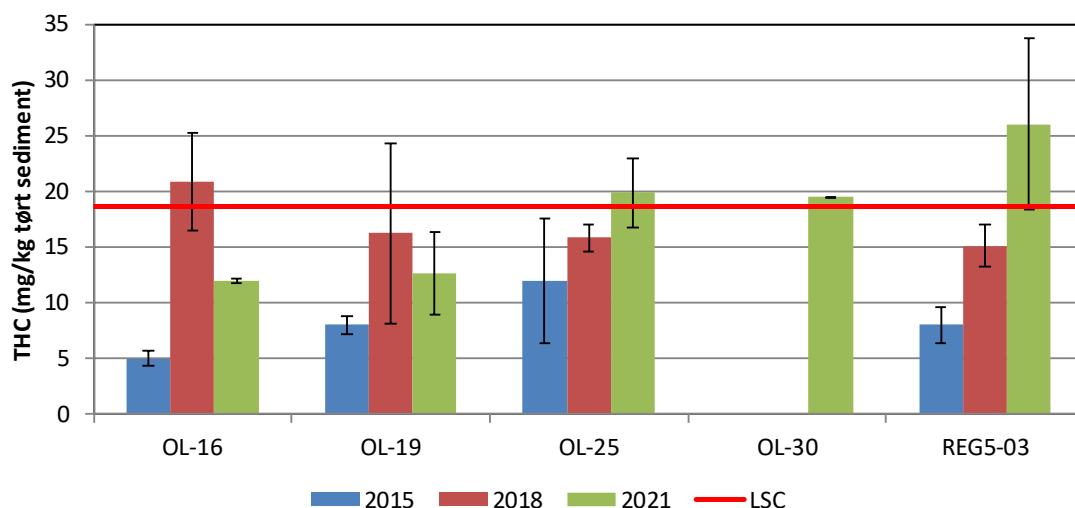
3.2.1 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Innholdet av THC i sedimentene i årets undersøkelse varierte fra 12,0 mg/kg til 19,9 mg/kg. I 2018 varierte innholdet av THC i sedimentene på de samme stasjonene som ble undersøkte i 2021 fra 15,1 mg/kg til 20,9 mg/kg. I sedimentene på OL-16 har det vært en reduksjon fra 20,9 mg/kg i 2018 til 12,0 mg/kg i årets undersøkelse. I sedimentene på OL-25 har det vært en økning fra 2018 i innhold av THC fra 15,8 mg/kg til 19,9 mg/kg i 2021. I løpet av de tre siste undersøkelsene har også konsentrasjonen av THC i sedimentene på REG5-03 økt fra 8 mg/kg i 2015 til 15 mg/kg i 2018 og til 26 mg/kg i årets undersøkelse.

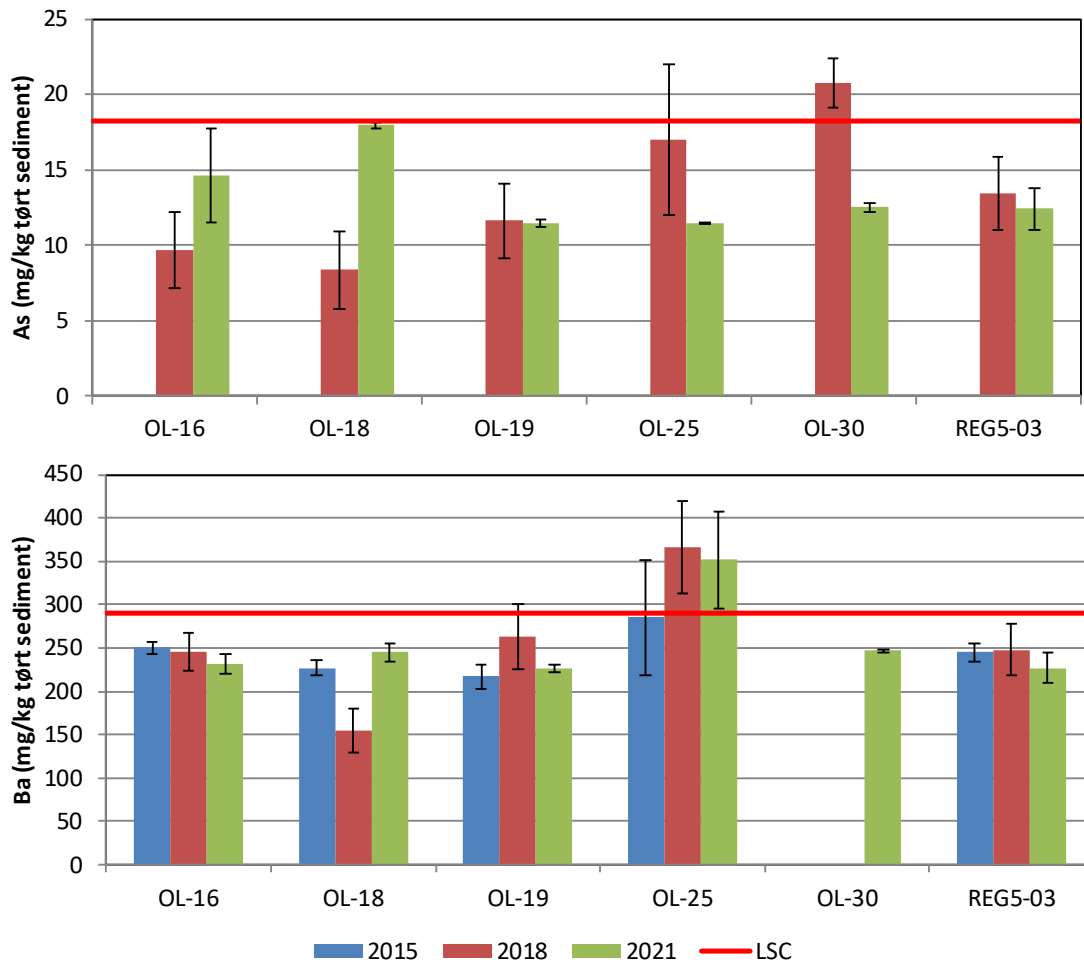
I 2015 var det ingen forhøyede verdier av THC i sedimentene, mens i 2018 var det forhøyede verdier i sedimentene på en stasjon (OL-16), og i årets undersøkelse var dette tilfelle på to stasjoner (OL-25 og OL-30). Det har i løpet av de siste tre årene ikke vært utslipp av kjemikalier på feltet. Årets maksimumsareal kontaminert med THC i sedimentene utgjør ~11,2 km², mens i den foregående undersøkelsen utgjorde dette arealet på ramme D ~6,7 km².

Årets innhold av barium i sedimentene var generelt på nivå med tidligere undersøkelser. Både i den foregående undersøkelsen og i året undersøkelse var innholdet av barium over LSC-verdien i sedimentene på OL-25, men innholdet var klart under 2xLSC-verdien i begge undersøkelsene.

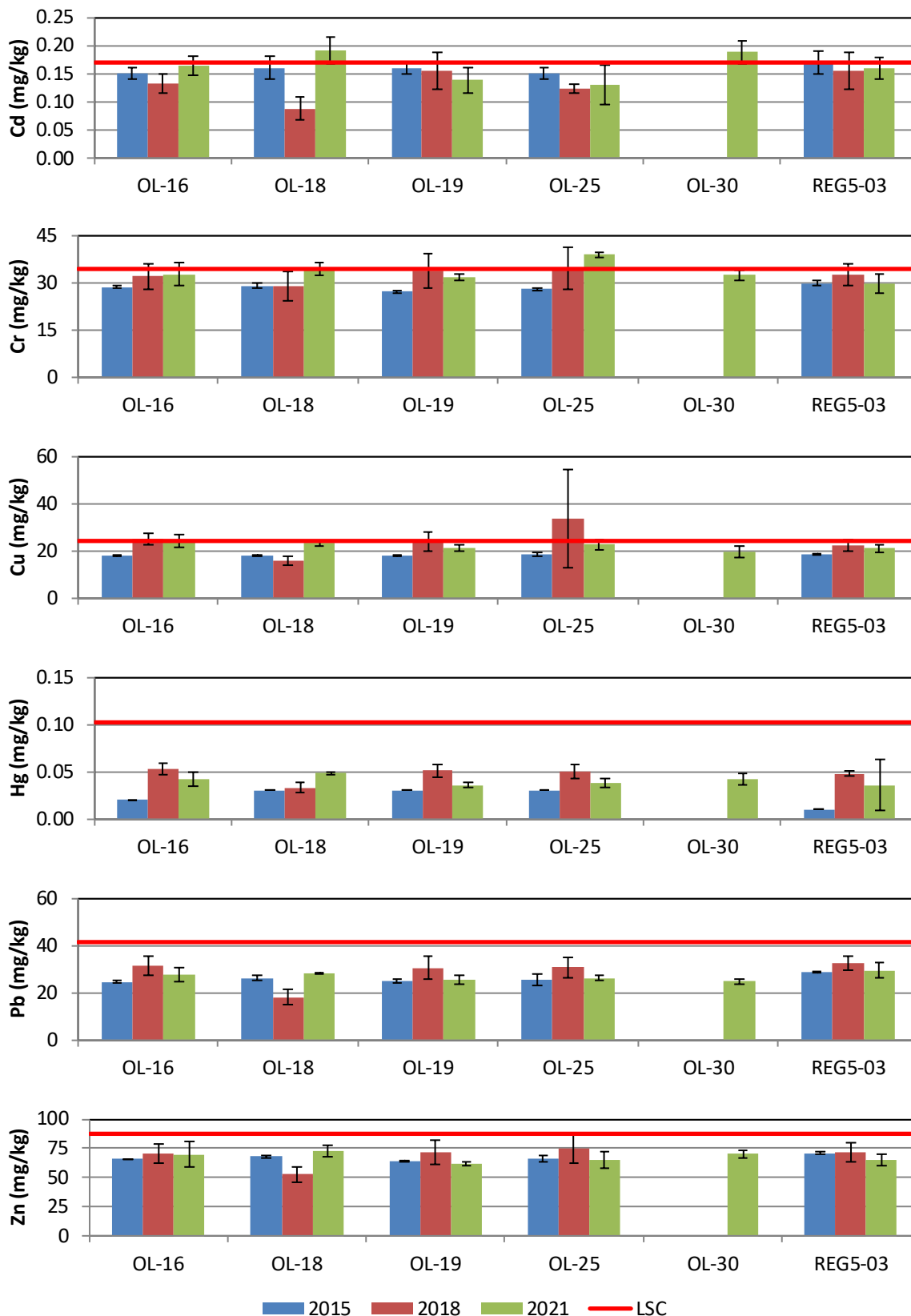
Det er generelt små konsentrasjonsforskjeller av de øvrige metallene i årets sedimenter sammenlignet med tidligere. I den foregående undersøkelsen var sedimentene kontaminert med både kobber og krom, mens i årets undersøkelse er sedimentene kun kontaminert med krom.



Figur 3-3: Gjennomsnittlig innhold av THC i sedimenter fra Ormen Lange, 2021 og tidligere års undersøkelser.



Figur 3-4: Gjennomsnittlig innhold av arsen (øverst) og barium (nederst) i sedimenter fra Ormen Lange, 2021 og tidligere års undersøkelser for barium.



Figur 3-5: Gjennomsnittlig innhold av utvalgte metaller i sedimenter fra Ormen Lange, 2021 og tidligere års undersøkelser.

3.3 Biologi karakteristikk

Fordelingen av antall individ og antall taxa innen de taksonomiske hovedgruppene for Ormen Lange og den regionale stasjonen er vist i Tabell 3-4.

I årets undersøkelse ble det registrert totalt 7306 individ fordelt på 127 taxa på de fire stasjonene som er med i undersøkelsen (eksklusiv juvenile taxa). Molluskene dominerte faunaen med 59 % av antall individ og bare 17 % av antall taxa som ble registrert på feltet. Børstemarkene utgjorde 33 % av individmengden og 53 % av antall taxa.

Tabell 3-4: Fordelingen av antall individ og antall taxa innen hovedgruppene av fauna på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

Hovedgrupper av fauna	Individ		Taxa	
	Antall	%	Antall	%
Polychaeta	2434	33,3	67	52,8
Mollusca	4318	59,1	21	16,5
Crustacea	284	3,9	24	18,9
Echinodermata	19	0,3	3	2,4
Varia	251	3,4	12	9,5
Totalt	7306	100	127	100,

Antall individ og taxa sammen med utvalgte faunaindeksler på Ormen Lange og den regionale stasjonen er vist i Tabell 3-5, mens en sammenligning med foregående undersøkelser er vist i Figur 3-6.

Antall individ pr. stasjon varierte fra 1765 (OL-25) til 2010 (OL-19), antall taxa fra 67 (OL-16 og -25) til 73 (OL-19), diversitetsindeksen H' fra 3,3 til 3,7, mens ES_{100} varierte fra 19 til 23.

På den regionale stasjonen var antall individ 1698, antall taxa 75 og diversiteten H' 3,9.

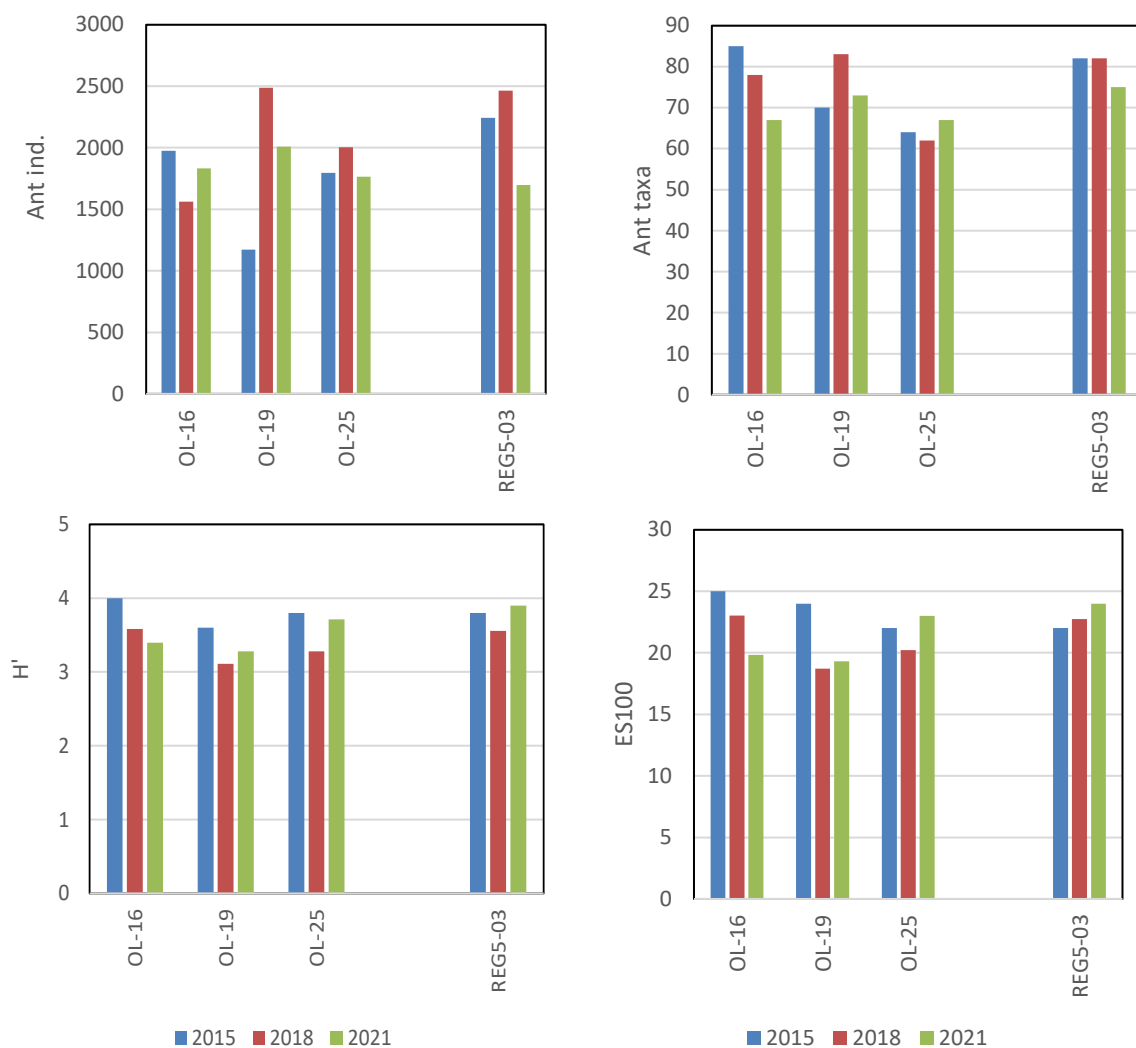
Antall individ og arter og diversiteten på feltstasjonene var forholdsvis likt det som ble registrert på den regionale stasjonen.

Det er en del variasjon i antall individ og taxa mellom de tre undersøkelsene. For den regionale stasjonen er det brukt VAMS i de tre undersøkelsene (0,5 m² innsamlet), mens det for feltstasjonene ble brukt VAMS i 2016 og 2018 og bokscorer i 2021 (0,4 m²).

Tabell 3-5: Antall individ og taxa og utvalgte faunaindeksler for stasjonene på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

Stasjon	Ant. individ	Ant. taxa	H'	ES_{100}	NSI	ISI_{2012}	NQ11
OL-16	1833	67	3,4	20	10,5	0,70	22,5
OL-19	2010	73	3,3	19	10,4	0,74	22,9
OL-25	1765	67	3,7	23	10,3	0,73	22,8
REG5-03	1698	75	3,9	24	10,1	0,72	22,7
Sum*	5608	-	-	-	-	-	-
Gj. snitt*	1869	71	3,6	21,4	10,3	0,72	22,7
St. avvik*	126	4	0,3	2,2	0,2	0,02	0,2

*Eksklusiv regional stasjon.



Figur 3-6: Biologisk karakteristikk for stasjonene på Ormen Lange og den regionale stasjonen, 2021 og foregående undersøkelser.

De ti mest dominante taxa på hver stasjon er vist i Tabell 3-6.

Totalt 17 taxa, hvorav ingen juvenile grupper, var blant de mest dominerende taxa på en eller flere stasjoner. Disse 17 taxa utgjorde 88 % av det totale antall individ og bare 13 % av det totale antall taxa som ble registrert på Ormen Lange i denne undersøkelsen.

De mest dominerende taxa, eksklusiv juvenile grupper, var muslingene *Parathyasira dunbari*, *Mendicula* sp. og *Yoldiella solidula* og børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Tharyx* sp. Disse fem artene var blant topp-10 på alle stasjonene og den førstnevnte muslingen var den mest dominante.

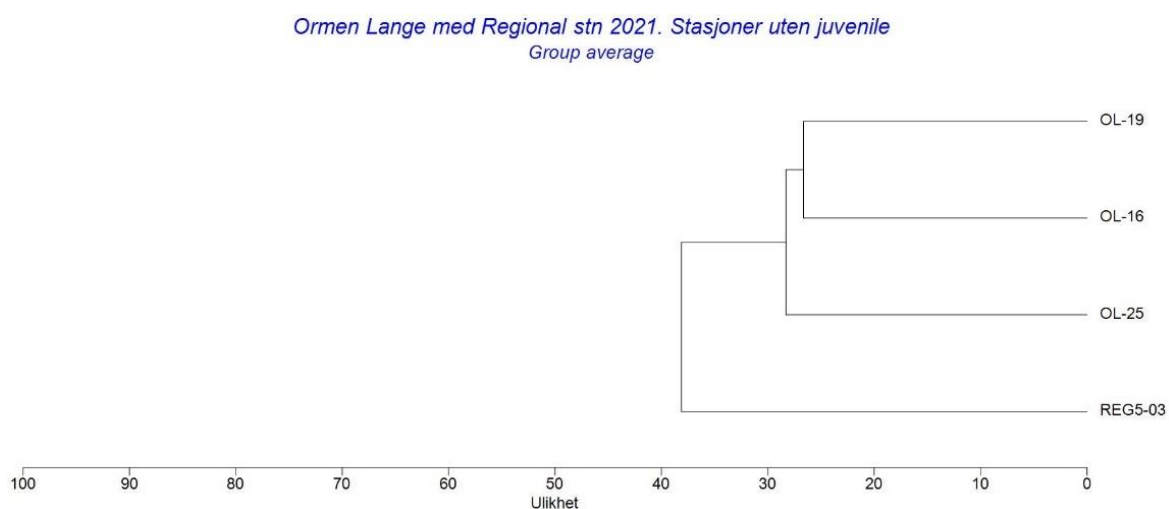
De ti mest dominerende taxa på hver stasjon utgjorde mellom 83 % (stasjon OL-25) og 87 % (stasjon OL-19) av det totale antall individ registrert på de respektive stasjonene. På den regionale stasjonen var den tilsvarende andelen 82 %.

Tabell 3-6: De ti mest dominerende taxa på hver stasjon på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

OL-16 Antall arter på stasjon: 68	Ant. ind.	Kum.	OL-19 Antall arter på stasjon: 73	Ant. ind.	Kum.	OL-25 Antall arter på stasjon: 67	Ant. ind.	Kum.
Parathyasira dunbari	581	32 %	Parathyasira dunbari	629	31 %	Parathyasira dunbari	487	28 %
Mendicula sp.	433	55 %	Mendicula sp.	578	60 %	Mendicula sp.	357	48 %
Tharyx sp.	183	65 %	Paramphinome jeffreysii	187	69 %	Paramphinome jeffreysii	267	63 %
Paramphinome jeffreysii	178	75 %	Yoldiella solidula	161	77 %	Yoldiella solidula	120	70 %
Yoldiella solidula	78	79 %	Tharyx sp.	94	82 %	Tharyx sp.	69	74 %
Levinsenia gracilis	47	82 %	Euclymeninae indet.	28	83 %	Harpinia plumosa	52	77 %
Maldane arctica	21	83 %	Harpinia plumosa	26	85 %	Prionospio cirrifer	26	78 %
Harpinia plumosa	20	84 %	Prionospio cirrifer	16	86 %	Euclymeninae indet.	25	79 %
Leitoscoloplos mammosus	20	85 %	Maldane arctica	15	86 %	Enteropneusta indet.	23	81 %
Enteropneusta indet.	19	86 %	Pseudoscalibregma parvum	15	87 %	Myriochele malmgreni/olgae	22	82 %
						Terebellides sp.	22	83 %
REG5-03 Antall arter på stasjon: 75	Ant. ind.	Kum.						
Parathyasira dunbari	398	23 %						
Paramphinome jeffreysii	331	43 %						
Mendicula sp.	286	60 %						
Tharyx sp.	102	66 %						
Yoldiella solidula	93	71 %						
Levinsenia gracilis	72	76 %						
Leitoscoloplos mammosus	47	78 %						
Ascidiacea indet. (solit)	22	80 %						
Terebellides sp.	22	81 %						
Ophelina abranchiata	21	82 %						

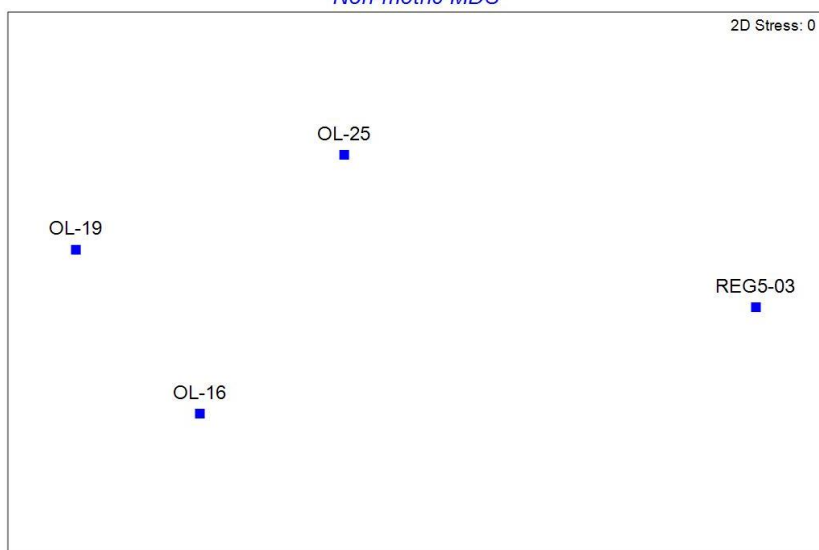
Figur 3-7 viser dendrogrammet fra clusteranalysen som ble utført på stasjonsdata fra Ormen Lange og de regionale stasjonene i Region V, mens Figur 3-8 viser 2-D plottet fra MDS-analysen med de samme stasjonene.

I clusteranalysen ble stasjon REG5-03 skilt fra feltstasjonene på i underkant av 40 % ulikhetsnivå. Feltstasjonene ble skilt fra hverandre lavere enn 30 % ulikhet (mer enn 70 % likhet mellom stasjonene). MDS-analysen viser de samme tendensene.



Figur 3-7: Dendrogram (% ulikhet) fra Clusteranalysen basert på stasjonsdata fra Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

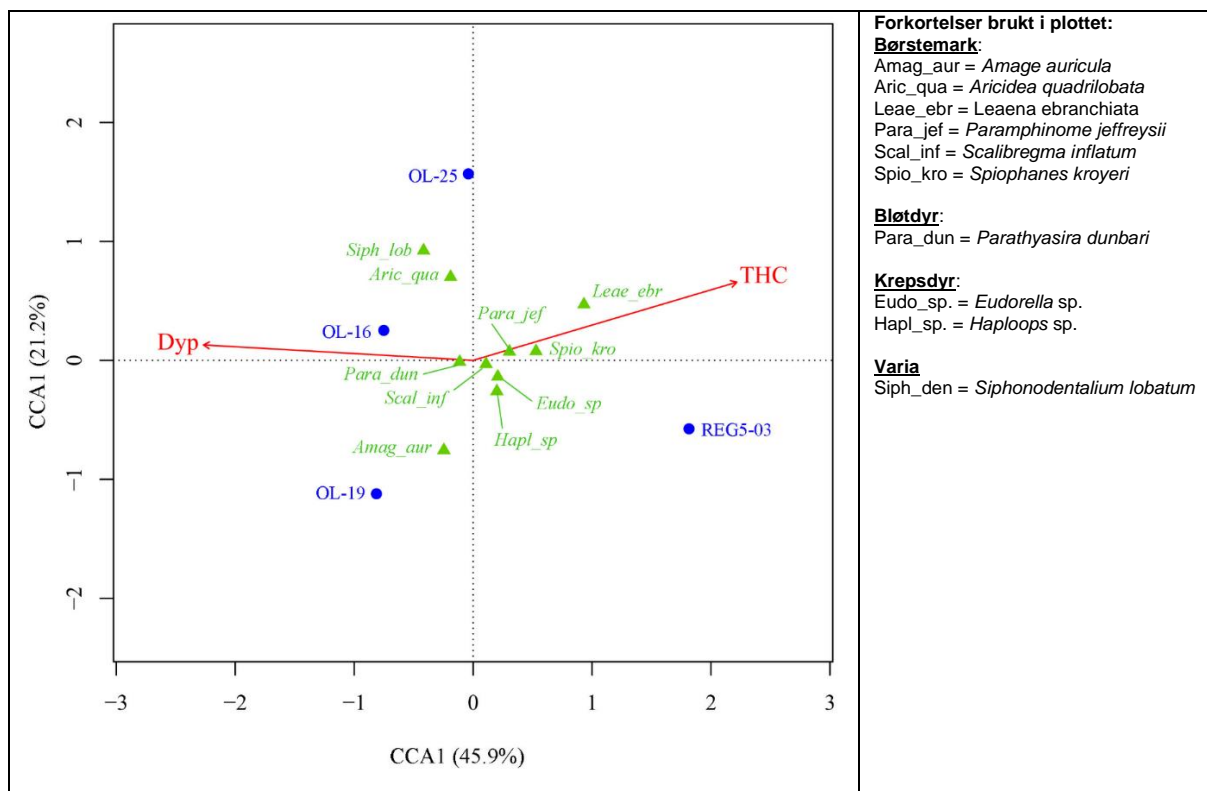
Ormen Lange med Regional stn 2021. Stasjoner uten juvenile
Non-metric MDS



Figur 3-8: 2-D plott fra MDS analysen for stasjonene på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

En kanonisk korrespondanseanalyse (CCA) ble utført med data fra Ormen Lange og den regionale stasjonen for å se på sammenhengen mellom de biologiske data og de målte miljøparameterne. Parameterne inkluderte bare stasjonsdyp og mengden av THC i sedimentet pga det lave antall stasjoner. Analysen ble gjennomført med log-transformerte miljødata. Figur 3-9 viser plott for stasjoner, miljøvariabler og arter fra analysen.

Undersøkelsen i 2018, der 15 stasjoner ble undersøkt, viste at stasjonsdyp var den eneste signifikante miljøvariabelen for feltet. Videre var stasjonene i stor grad spredd langs en gradient fra stor dybde og lave verdier av THC til liten dybde og høye verdier av THC. Ingen av miljøvariablene var signifikante.



Figur 3-9: Kanonisk korrespondanseanalyse (CCA) av faunafordelingen på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021, basert på en redusert modell der kun stasjonsdyp og THC ble inkludert som miljøvariabler. Denne 2D-ordinasjonen viser de 10 artene som har variasjonen best forklart av modellen (grønne trekanteder). Røde piler viser miljøparameterne. 67.1% av variasjonen i dataene ble forklart av akse 1 og 2.

3.4 Sammendrag og konklusjon

Stasjonsdybden på stasjonene på Ormen Lange varierte fra ca. 815 til 909 m og på den regionale stasjonen var dybden 789 m. Sedimentet i området ble karakterisert som pelitt (mengde fin sand var 1,9 til 5,9 %) med lite variasjon i innholdet av pelitt (87,2 – 93,9 %) og TOC (15,0 – 18,6 mg/g).

Årets innhold av THC i sedimentene på Ormen Lange varierte fra 12,0 mg/kg (OL-12) til 19,9 mg/kg (OL-25). Konsentrasjonen av THC i sedimentene på to av fem stasjoner i årets undersøkelse hadde et innhold av THC like over LSC-verdien (18,7 mg/kg), mens i den foregående undersøkelsen var dette tilfelle kun på en stasjon, OL-16.

Maksimumsarealet av sedimenter kontaminert med THC utgjorde i 2021 ~11,2 km², mens i den foregående undersøkelsen ble dette beregnet til å være ~6,7 km².

Årets innhold av barium i sedimentene varierte fra 226 mg/kg (OL-19) til 352 mg/kg (OL-25). Både i 2018 og 2021 var det kun i sedimentet på OL-25 at innholdet var over 1xLSC-verdien.

Generelt var nivået av barium og de øvrige utvalgte metallene helt på nivå med tidligere års undersøkelser.

Bløtdyrene dominerte faunaen med 59 % av det totale antall individ, men bare 17 % av totalt antall taxa som ble registrert på feltet. Børstemarkene var representert med flest arter (53 %). Muslingene *Parathyasira dunbari* og *Mendicula* sp. var de mest dominante artene de fleste stasjonene. Det var forholdsvis lite variasjon i antall individ (1765 - 2010), antall taxa (67 - 73) og diversiteten (H' 3,3 – 3,7). Den litt lave diversiteten skyldes dominansen av de to nevnte muslingene.

Antall individ og taxa og diversiteten på feltstasjonene var forholdsvis likt det som ble registrert på den regionale stasjonen.

De multivariate analysene viste stor likhet i faunasammensetning mellom feltstasjonene og også med den regionale stasjonen. I CCA ble stasjonene fordelt langs en dybde- og THC-gradient der den regionale stasjonen hadde høyest THC-nivå og minst dybde. Disse miljøparameterne var ikke signifikant korrelert med faunafordelingen.

På bakgrunn av resultatene fra de statistiske analysene som ble utført på data fra Ormen Lange, ble faunaen på alle stasjonene vurdert til å være uforstyrret. Faunadata er vist i Tabell 3-7. Som det fremgår av tabellen, er det forholdsvis liten variasjon i individantall mellom stasjonene for de enkelte taxa.

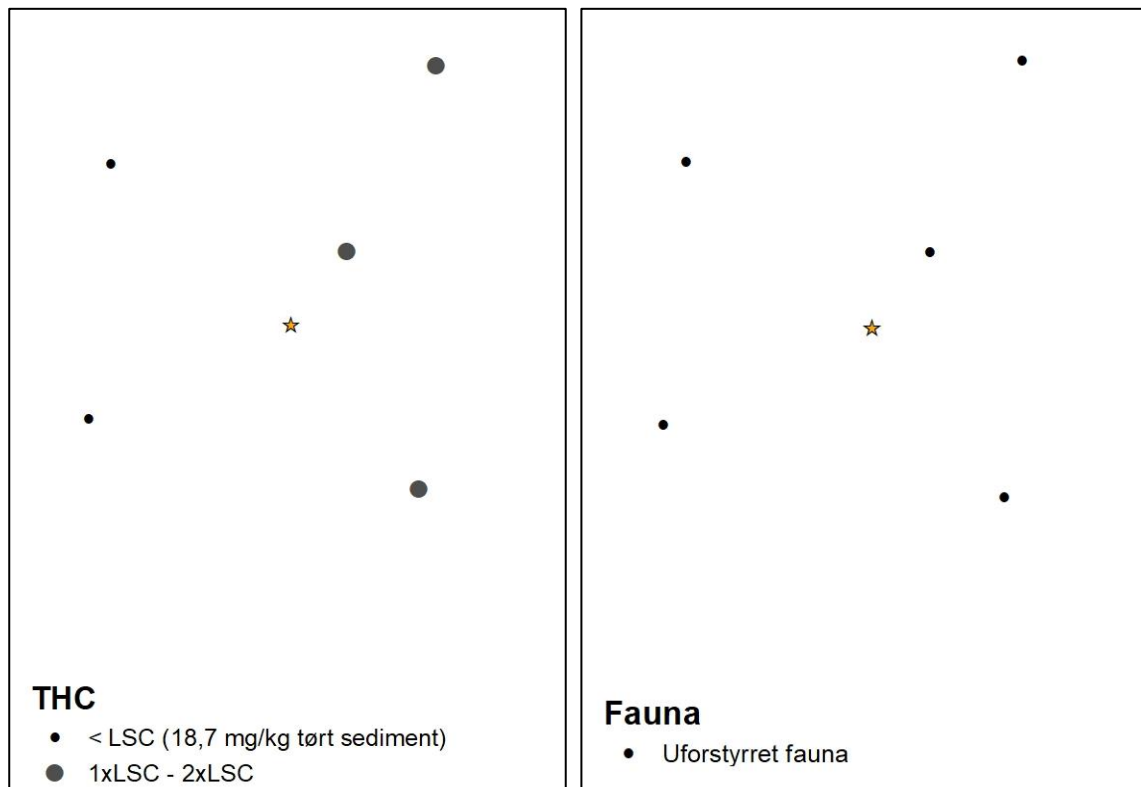
Individantallet for de små muslingene *Parathyasira dunbari* og *Mendicula* sp. var noe lavere på den regionale stasjonen (fem replikater) enn det som ble registrert på feltstasjonene (fire replikater pr stasjon). Dette anses å være et resultat av at de, under sorteringen, ble oversett i to av de fem replikatene på den regionale stasjonen. Likevel er likheten i faunasammensetningen mellom de fire stasjonene forholdsvis stor.

Tabell 3-7: Faunadata for de undersøkte stasjonene på Ormen Lange og den regionale stasjonen i Region V, 2021.

St. nr	Statistikk			Ant. individ									
	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	Pdu	Msp	Pje	Yso	Tsp	Lgr	Hpl	Lma	Ein	Pci
OL-16	1833	67	3,4	581	433	178	78	183	47	20	20	16	18
OL-19	2010	73	3,3	629	578	187	161	94	5	26	10	28	16
OL-25	1765	67	3,7	487	357	267	120	69	19	52	13	25	26
REG5-03	1698	75	3,9	398	286	331	93	102	72	11	47	0	7

Pdu = *Parathyasira dunbari*, Msp = *Mendicula* sp., Pje = *Paramphinome jeffreysii*, Yso = *Yoldiella solidula*, Tsp = *Tharyx* sp., Lgr = *Levinsenia gracilis*, Hpl = *Harpinia plumosa*, Lma = *Leitoscoloplos mammosus*, Ein = *Euclymeninae* indet., Pci = *Prionospio cirrifera*.

Utbredelse av stasjoner med THC over LSC er vist i Figur 3-10.



Figur 3-10: Utbredelse av kontaminert sediment på Ormen Lange, 2021.

4 anbefalinger

Det er ingen specifikke anbefalinger i forbindelse med miljøundersøkelsen på Ormen Lange.

5 Referanser

- BALE, A.J. & A.J. KENNY**, 2005. Sediment analysis and seabed characterisation. In: Eleftheriou, A.; McIntyre, A.D. *“Methods for the study of marine benthos”*. 3rd edition. Blackwell Science. Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3. pp. 43-86.
- BRAY, J.R. & J.T. CURTIS**, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- DIN 19539:2016**: Investigation of solids – Temperature-dependent differentiation of total carbon (TOC₄₀₀, ROC, TIC₉₀₀).
- DIREKTORATGRUPPEN**, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 – rev 2020.
- EPA Method 200.8**: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by ICP-MS.
- ISO 17294-1**: Water quality – Application of inductively coupled mass spectrometry (ICP-MS). Part 1: General guidelines.
- ISO 17294-1**: Water quality – Application of inductively coupled mass spectrometry (ICP-MS). Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes.
- Setoc 766**: Wepal Reference Materials SETOC 766, Wageningen Evaluation Programs for Analytical Laboratories, Wepal-Quasimeme, Wageningen, Nederland.
- MANNVIK, H.-P.**, 2021. Overvåknings- og grunnlagsundersøkelser Dypt vann, 2021. Sediment- og visuelle undersøkelser. Innsamlingsprogram. APn-rapport 62535.01. 37 s.
- MANNVIK, H.-P., I. H. WASBOTTEN & S. COCHRANE**, 2010. Environmental Survey at Ormen Lange, 2009. *Akvaplan-niva AS* rapport nr. 4664.02. 49 pp + Appendiks (CD-ROM).
- MANNVIK, H.-P., I. H. WASBOTTEN & S. COCHRANE**, 2013. Miljøundersøkelse på Ormen Lange i Region V, 2012. *Akvaplan-niva AS* rapport nr. 5785.02. 46 pp + Appendiks.
- MANNVIK, H.-P., I. H. WASBOTTEN & H. ANDRADE**, 2019. Miljøundersøkelse på Ormen Lange i Region V, 2018. *Akvaplan-niva AS* rapport nr. 9282.03. 42 pp + Appendiks.
- MCARTHUR, R.H. & J.W. MCARTHUR**, 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42:594-598.
- MILJØDIREKTORATET**, 2015. Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs. M-300.
- NØLAND, S.A., S.M. BAKKE, T. JENSEN, I. RUSTAD & F. ORELD**, 2005. Environmental Baseline Survey Ormen Lange 2004. DNV report no. 2205-0104, 55 pp + Appendix.
- NØLAND, S.A., L. BROOKS F. MELSOM, H. TVETE & H. KARLSEN**, 2016. Ormen Lange 2015; Sedimentovervåking. DNV report no. 2015-0136, 38 pp + Appendix.
- PALERUD, R.**, 2021. Grunnlagsundersøkelser, sedimentovervåking dypt vann og visuell undersøkelser i Region V, VI, VII, IX og X, 2021. 06 april – 04. mai 2021. *Akvaplan-niva-rapport* 62535.02. 42 s.

Forkortelser

As	Arsen
Ba	Barium
CCA	Kanonisk korrespondanse analyser
Cd	Kadmium
Cr	Krom
Cu	Kopper
EPA	(United States) Environmental Protection Agency
16 EPA	Sum av utvalgte polysykliske aromatiske hydrokarboner som spesifisert av EPA SW-86 Metode 8310 (1986)
ES ₁₀₀	Forventet antall taxa pr. 100 individ
GC/FID	Gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor
GC/MSD	Gasskromatografi med masseselektiv detektor
H'	Shannon-Wiener diversitet
Hg	Kvikksølv
ICP-SFMS	Induktiv koplet plasma sektorfelt massespektrometri
ISI ₂₀₁₂	ømfintlighetsindeks
LOD	Deteksjonsgrense
LOQ	Kvantifiseringsgrense
LSC	Grense for signifikant kontaminering (Limit of Significant Contamination)
MDS	Multidimensjonal skalering
MOD	Miljøovervåkingdatabase
NPD	Nafthalen, Fenathren/Antracen, Dibenzotiofen and deres C ₁ -C ₃ alkylhomologer
NQI1	sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet
NSI	sensitivitetsindeks
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner, inkluderer NPD'er og 16 EPA-PAH
Pb	Bly
sd.	Standardavvik
THC	Total hydrokarboninnhold
TOC	Total organisk karbon
Zn	Sink

Vedlegg - Kvalitetssikring sedimentanalyser

Kvalitetssikring

Generelt

Akvaplan-niva er akkreditert av Norsk Akkreditering med TEST 079 i hht. NS-EN ISO/IEC 17025 (2017). ALS Laboratory Group Norway AS/ALS Scandinavia AB, med registreringsnummer 2030, er et prøvingslaboratorium akkreditert av Swedac.

Akvaplan-niva AS, med TEST 079, er et prøvingslaboratorium akkreditert av Norsk Akkreditering. ALS Laboratory Group Norway, med TEST 125, er et prøvingslaboratorium akkreditert av Norsk, mens ALS Scandinavia AB er et prøvingslaboratorium akkreditert av Swedac med akkrediteringsnummer 2030.

Prosedyrene for feltarbeid, analyser av alle prøver, statistiske analyser og vurdering og fortolkning av resultatene er akkreditert.

Akvaplan-niva utførte de biologiske analysene, hydrokarbonanalysene og analysene av totalt organisk karbon (TOC) og kornstørrelse. ALS Scandinavia utførte metallanalysene.

Under utførelsen av prosjektet hadde Akvaplan-niva fullt ansvar for:

- koordinering og gjennomføring av feltarbeidet
- behandling og analyser av alle biologiske og kjemiske prøver
- databearbeiding og analyser
- rapportering

Kvalitetssikringsprosedyrer og kontroller

Kornfordeling

Vaskeprosedyrer

Alt glassutstyr benyttet til kornfordelingsanalyser var rengjort i henhold til laboratoriets rutiner før bruk. Sikter benyttet til våtsikting (maskevidde 0.063 mm) ble grundig rengjort i ultralydbad mellom hver prøve. Sikter benyttet til tørrsikting ble blåst rene mellom hver prøve. Alle sikter med maskevidde finere enn 0.5 mm ble daglig rengjort i ultralydbad.

Kvalitetssikringsprøver

En støpesand med kornstørrelse 0-4 mm ble splittet ned til enheter på 90 gram, som benyttes som kontrollprøve ("Husstandard") ved kornfordelingsanalyser. Kontrollprøven ble analysert med jevne intervaller i analyseprogrammet.

Sporbarheten for sikter som benyttes ved kornfordelingsanalyse av reelle prøver – arbeidssikter – verifiseres ved å utføre analyser av kontrollprøver samtidig både med arbeidssiktene og et sett av sertifiserte kontrollsikter. Kontrollsiktene er på forhånd kontrollert ved analyse av fire ulike sertifiserte referansmaterialer, levert av Community Bureau of Reference (BCR):

- BCR 132 (1,4 mm – 5,3 mm)
- BCR 131 (500 µm – 2000 µm)
- BCR 68 (160 µm – 650 µm)
- BCR 130 (40 µm – 250 µm)

Nøyaktighet og reproduserbarhet

Nøyaktigheten av kornfordelingsanalysen er bestemt ved å sammenligne egne resultater med resultater fra fire eksterne laboratorier. Resultatene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Resultater fra kornfordelingsanalyse av kontrollsand

Partikkelstørrelse, mm	Akvaplan-niva-resultat		Eksterne laboratorier (gjennomsnitt fra fem laboratorier)
	Fraksjoner vekt%	Usikkerhet $\pm 2 \times stdev$ (vekt%)	Fraksjoner vekt%
< 0,063	4,9	1,1	4,6 \pm 0,6
0,063 – 0,125	4,8	0,42	4,8 \pm 0,27
0,125 – 0,25	11,1	0,68	10,9 \pm 0,84
0,25 – 0,5	20,9	0,88	20,6 \pm 0,67
0,5 – 1	23,7	0,68	24,6 \pm 1,1
1 – 2	20,6	1,1	21,4 \pm 1,8
>2	14,1	1,7	13,0 \pm 2,2

Laboratoriet deltar jevnlig i internasjonale sammenlignende laboratorieprøvinger (SLP) for våtsikting av sedimenter (fraksjon vekt% større enn 0,063 mm og mindre enn 0,063 mm). Kommersielt tilgjengelige SLP har for full kornfordelingsanalyse er ikke funnet.

TOC-analyse

Kvalitetssikringsprøver

Kvalitetssikringsprøver er innarbeidet med jevne intervaller i analyseprogrammet. Flere standard referansesedimenter med referanseinnhold av organisk karbon, er opparbeidet og analysert ved samme prosedyre som sedimentene i det undersøkte området.

Nøyaktighet og reproduserbarhet

Nøyaktigheten for analyse av TOC i sediment er funnet ved måling av en serie prøver av referanse-sedimenter og kontrollsedimenter fra SLP-arrangører, med ulike nivå av TOC-innhold. Nøyaktigheten er gitt ved grad av overensstemmelse mellom analyseresultat og sann verdi. Referanseverdien for TOC i SL-prøven ISE 860 er innenfor laboratoriets egen måleusikkerhet, vist i Tabell 2.

Tabell 2: Bestemmelse av TOC i ISE 860 og analyseresultat fra andre Wepal ISE og Quasimeme ringtester.

Referanse-/kontroll-sediment	Referanse-verdi	Måle-usikkerhet	Snitt TOC, egne analyser	St.dev egne analyser	Antall målinger utført	Relativ måle-usikkerhet*
Enhet	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	n	%
ISE 860	31,3	4,5	31	2,5	25	10
2021-3 ISE 849	18	2,8	18	1,8		
2021-3 ISE 854	53	6,6	49	4,9		
2021-2 Quasimeme - 111MS	19	0,26	18	0,4		
2021-2 Quasimeme - 112MS	38	0,5	38	0,8		

* Relativ måleusikkerhet for TOC; 10 %RSD for måleområdet 0,32 – 100 g/kg TS

Laboratoriet deltar jevnlig i internasjonale sammenlignende laboratorieprøvinger med hensyn på analyse av TOC i sedimenter.

Hydrokarbonanalyser

Kjemikalier

Følgende kjemikalier fra Merck ble rutinemessig benyttet i opparbeidingsprosedyren: *n*-Pentan Uvasol, Isooktan Uvasol, Aceton Emsure og Diklormetan Emsure. Til ekstraksjon på ASE350 ble Heksan Supratrace og Diklormetan fra VWR benyttet.

Ved ekstrahering i ASE-350 ble Nitrogen 5.0 benyttet som trykkmedium. For analyser i GC-FID ble gasser fra PEAK gassdetektorer benyttet (Hydrogen og Nitrogen), mens GCMS-analysen ble utført med Helium 5.0 som bæregass.

Deutererte polyaromatiske hydrokarboner er en ferdig blanding i løsning (200 µg/ml i sykloheksan), fra Chiron, Trondheim: Naftalen-d8, Acenaftylen-d8, Fenantren-d10, Pyren-d10, Krysen-d12, Benzo(a)pyren-d12, Dibenz(a,h)antracen-d14.

I tillegg til at det kun ble benyttet høyrensede kjemikalier, ble blindprøver opparbeidet med regelmessige intervaller som en kontroll av at det ikke er interferenser i den totale analytiske prosedyren.

Vaskeprosedyrer

Stålsylindere til ekstraksjonsceller ble vasket med såpe og vann, deretter skylt i Diklormetan Emsure og lufttørket. Lokk til topp og bunn ble først børstet rene for partikler, og deretter lagt i Aceton p.a. før lufttørking.

Prøveglass for ekstrakter ble maskinvasket med såpe og vann, deretter skylt og brent ved 450 °C i minimum 4 timer.

Kvalitetssikringsprøver

Kvalitetssikringsprøver er innarbeidet med jevne intervaller i analyseprogrammet. Dette inkluderer blindprøver og egne standardsediment for både 16 EPA-PAH og for NPD, som er opparbeidet og analysert ved samme prosedyre som sedimentene i det undersøkte området.

Nøyaktighet og reproduserbarhet

Gjenvinningen på ekstraksjon av hydrokarboner fra sediment ble undersøkt ved å tilsette en sertifisert THC-løsning til et ikke-kontaminert sandholdig Nordsjøsediment, til en konsentrasjon på 1 mg THC per kg tørt sediment. Gjenvinningen av THC var 109 %.

Reproduserbarheten på THC analysene er sjekket jevnlig under hele opparbeidingsperioden ved å ekstrahere og analysere THC i en uniform sedimentprøve (kontrollprøve) med regulære intervaller. Reproduserbarheten på THC analysene over det siste året er $70 \pm 7,8$ mg/kg (22,3 % RSD). Detektorresponsen på GC/FID ble sjekket jevnlig ved hjelp av løsninger med kjente konsentrasjoner av den eksterne standardoljen.

Nøyaktigheten på analysene av polisykliske aromatiske forbindelser (PAH) er bestemt ved å analysere et kontrollsediment (fra SLP-leverandør Wepal/Quasimeme) med referansmengder av de fleste 2-6-ringforbindelsene som inngår i analysene. Nøyaktigheten er gitt i Tabell 3. Reproduserbarheten på PAH analysene er sjekket jevnlig under hele opparbeidingsperioden ved å ekstrahere og analysere PAH i et referansesediment fra Wepal/Setoc med regulære intervaller. For alkylerte PAH-forbindelser ble reproduserbarheten bestemt ved analyse av et eget referansesediment fra SLP.

Laboratoriet deltar jevnlig i internasjonale sammenlignende laboratorieprøvinger med hensyn på analyse av THC og PAH i marine sedimenter.

Tabell 3: Resultater fra GC/MSD analyse av SLP-sediment

PAH- forbindelse	Referanseverdi Quasimeme QPH111MS		Akvaplan-niva-resultat QPH111MS	
	µg/kg	± st.dev (µg/kg)	µg/kg	Måleusikkerhet ±2 x st.dev**(µg/kg)
Acenaphthene	1,80	0,32	1,68	1,0
Acenaphthylene	1,69	0,42	1,64	0,9
Anthracene	3,89	0,69	3,87	2,2
Benzo(a)anthracene	19,3	2,80	20,3	5,6
Benzo(a)pyrene	24,7	3,60	21,5	4,6
Benzo(b)fluoranthene	84,6	14,0	46,1	25,4
Benzo(ghi)perylene	85,3	12,5	69,3	27,5
Benzo(k)fluoranthene	34,1	5,10	18,2	9,8
Chrysene	21,8	3,00	24,6	11,3
Dibenzo(a,h)anthracene	17,1	2,50	14,5	2,1
FLuoranthene	39	5,30	36,8	17,4
Dibenzothiphene	3,75	0,71	3,52	1,1
Fluorene	5,44	0,90	3,85	1,8
Indeno(1,2,3-cd) pyrene	107	15,0	80,9	10,7
Naphthalene	18,6	3,50	18,3	8,2
Phenanthrene	34,9	5,40	31,7	8,6
Pyrene	29,5	4,00	27,7	10,3

** Usikkerhet tilknyttet konsentrasjonene er uttrykt som 95 % konfidensintervall (2 standard avvik).

Måleusikkerhet

Analysekvaliteten ble ytterligere undersøkt ved bestemmelse av deteksjonsgrensen (LOD) og kvantifiseringsgrensen (LOQ). LOD og LOQ for THC, PAH-NPD og metaller er gitt i hovedrapport. Ved statistikk blir verdier under LOQ satt til halvparten av LOQ.

Måleusikkerhet, beregnet som 2 standardavvik for en serie av kontrollanalyser, for THC, PAH-NPD og metaller er gitt i Tabell 4. Måleusikkerhet for THC er basert på analyse av kontrollsediment 766 fra SLP-leverandøren Wepal/Setoc i Nederland. I sammenlignende laboratorie-prøvinger (SLP) fra denne leverandøren har resultater for THC-analyse (Mineral Oil, GC) oftest et standardavvik på 15 – 40 % av måleresultatet. Dette vil tilsvare en måleusikkerhet på 30 -80 % RSD.

Tabell 4: Måleusikkerhet bestemt ved analyse av referanse- eller kontrollsediment K766 (Wepal/Setoc). Måleusikkerheten er gitt som %RSD, uttrykt som ± 2 x standardavviket.

	Måleusikkerhet
	%RSD
THC	22
PAH-NPD	
Naphtalene	45
C1-Naphtalene	21
C2- Naphtalene	32
C3- Naphtalene	10
Phenantrene	10
Anthracene	20
C1-Phenantrene/Anthracene	44
C2- Phenantrene/Anthracene	14
C3- Phenantrene/Anthracene	28
Dibenzothiophene	47
C1- Dibenzothiophene	88
C2- Dibenzothiophene	37
C3- Dibenzothiophene	20
Acenaphthylene	56
Acenaphthene	57
Fluorene	48
Fluoranthene	27
Pyrene	57
Benzo(a)anthracene	32
Chrysene	37
Benzo(b)fluoranthene	28
Benzo(k)fluoranthene	46
Benzo(a)pyrene	55
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	54
Benzo(ghi)perylene	22
Dibenzo(a,h)anthracene	13
Metaller	
As	10
Ba	10
Cd	10
Cr	10
Cu	10
Hg	ca 26
Pb	10
Zn	10

Analysér av utvalgte metaller

Alle reagenser var av p.a. kvalitet. Ultra Scientific/Spectrascan standardløsninger (1000 eller 10 000 mg/l) ble brukt som stamløsninger for framstilling av standardløsninger for de individuelle metallene (kalibrering).

Nøyaktigheten av analysene ble undersøkt ved analysér av to referanseprøver (NCSDC 73308 og BCR146R) med bruk av samme metode som for prøvene (salpetersyreopplsning). Resultatene er presentert i Tabell 5.

Tabell 5: Analysér av utvalgte metaller i referansesediment NCS DC73308 og i slam BCR146R

Slam/sed		(7M HNO3)	Cert.halt
ELEMENT	Enhet	ICP-SFMS	NCS DC73308
As	mg/kg	20.3	25 ± 3
Ba	mg/kg	24.2	42 ± 7
Cd		1.07	1.12 ± 0.08
Cr	mg/kg	113	136 ± 10
Cu	mg/kg	19.1	22.6 ± 1.3
Hg	mg/kg	0.175	0.28 ± 0.03
Pb	mg/kg	23.5	27 ± 2
Zn	mg/kg	37.7	46 ± 4

Slam		(7M HNO3)	Cert.halt
ELEMENT	Enhet	ICP-SFMS	BCR146R
Cd	mg/kg	15.6	18.8 ± 0.5
Co	mg/kg	5.2	7.39 ± 0.27
Cr	mg/kg	144.0	196 ± 7
Cu	mg/kg	694.5	838 ± 16
Hg	mg/kg	6.5	8.6 ± 0.4
Mn	mg/kg	263.0	323 ± 7
Ni	mg/kg	53.5	70 ± 5
Pb	mg/kg	497.0	609 ± 14
Zn	mg/kg	2475.0	3060 ± 60

Datalagring

Kromatogrammene og integrasjonsrapportene arkiveres elektronisk i henhold til krav for akkreditering. Alle prøver er registrert i et Laboratory Information Management System (LIMS), og alle registreringer er gjort i dette systemet, med unntak av analysedata og resultater fra PAH-NPD-bestemmelsene. Registreringer verifiseres og låses av operatøren umiddelbart. Sluttresultater verifiseres før rapport blir generert. Laboratoriets operatører har skrivetilgang til begrensete områder i LIMS. Godkjenning og utskriving av sluttrapporter utføres av bare av autorisert personell, og bare "superbrukere" har adgang til å gjøre endringer i systemets beregningsformler etc.