



OLJEFORURENSNING I MOSSESUNDET ETTER OLJELEKKASJEN FRA VRAKET AV MS NORDVARD 2022-2023

Stepan Boitsov, Tore Strohmeier (HI) og Ingrid Johanne Lauvrak
(Kystverket)



Tittel (norsk og engelsk):

Oljeforurensning i Mossesundet etter oljelekkasjen fra vraket av MS Nordvard 2022-2023
Oil contamination in Moss Strait after oil release from the wreck of MS Nordvard

Rapportserie: Rapport fra havforskningen
År - Nr.: 2023-44
Dato: 09.10.2023
ISSN:1893-4536

Forfatter(e):
Stepan Boitsov, Tore Strohmeier (HI) og Ingrid Johanne Lauvrak
(Kystverket)

Forskningsgruppeleder(e): Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff
(FRES))
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Henning Wehde

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15926

Oppdragsgiver(e):

Kystverket

Program:

Nordsjøen

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)
Bentiske ressurser og prosesser

Antall sider:

26

Sammendrag (norsk):

Det ble i mars 2023 samlet inn prøver av overflatesediment (0-2 cm) fra ti lokaliteter, og av blåskjell (*Mytilus edulis*) fra under vannoverflaten fra 11 lokaliteter i Mossesundet i forbindelse med gjentakende oljeutslipp fra vraket av MS Nordvard. Det ble funnet lite eller ingen oljeforurensning i blåskjellene. I sedimentene er det funnet betydelig hydrokarbonforurensning i indre del av Mossesundet, opptil Miljødirektoratets tilstandsklasse V (svært dårlig tilstand) for PAH16. Forurensningen er høyest nærmest byen, og har i hovedsak andre kilder enn olje, knyttet til forbrenning. Det vurderes derfor at påvirkning av det nylige oljeutslippet i 2022-2023 på det marine miljøet i området har vært ubetydelig.

Sammendrag (engelsk):

Samples of surface (0-2 cm) sediments from ten locations, and blue mussels (*Mytilus edulis*) from below the water surface from eleven locations, were collected in March 2023 in Moss Strait after renewed oil spill from the wreck of MS Nordvard. Little or no oil contamination was found in the blue mussels. In sediments, a significant hydrocarbon contamination was found in the inner part of Moss Strait, corresponding to the Norwegian Environmental Agency's condition class V (very poor condition) for PAH16 at its highest. The contamination was highest close to the city and had primarily other sources than oil, due to combustion. The recent oil releases in 2022-2023 are therefore considered to have had an insignificant effect upon the marine environment in the area.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunnen for undersøkelsen	5
1.2	Hydrokarboner i sedimenter og marin biota	6
1.3	Tidligere miljøstudier i Mossesundet	6
2	Metodebeskrivelse	8
2.1	Prøvetaking	8
2.2	Analyser	10
3	Resultater	12
3.1	Blåskjell	12
3.2	Sedimenter	14
4	Konklusjoner	19
5	Referanser	20
6	Vedlegg I. Veiledning til prøvetaking av overflatesediment for analyser av PAH og THC ved Havforskningsinstituttet	21
7	Vedlegg II. Veiledning til prøvetaking av blåskjell for analyser av PAH ved Havforskningsinstituttet	22
8	Vedlegg III. Konsentrasjoner av PAH i blåskjell fra Mossesundet, µg/kg våtvekt	23
9	Vedlegg IV. Konsentrasjoner av PAH i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet, µg/kg tørrvekt	24
10	Vedlegg V. Konsentrasjoner av THC i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet, mg/kg tørrvekt	25

1 - Innledning

1.1 - Bakgrunnen for undersøkelsen

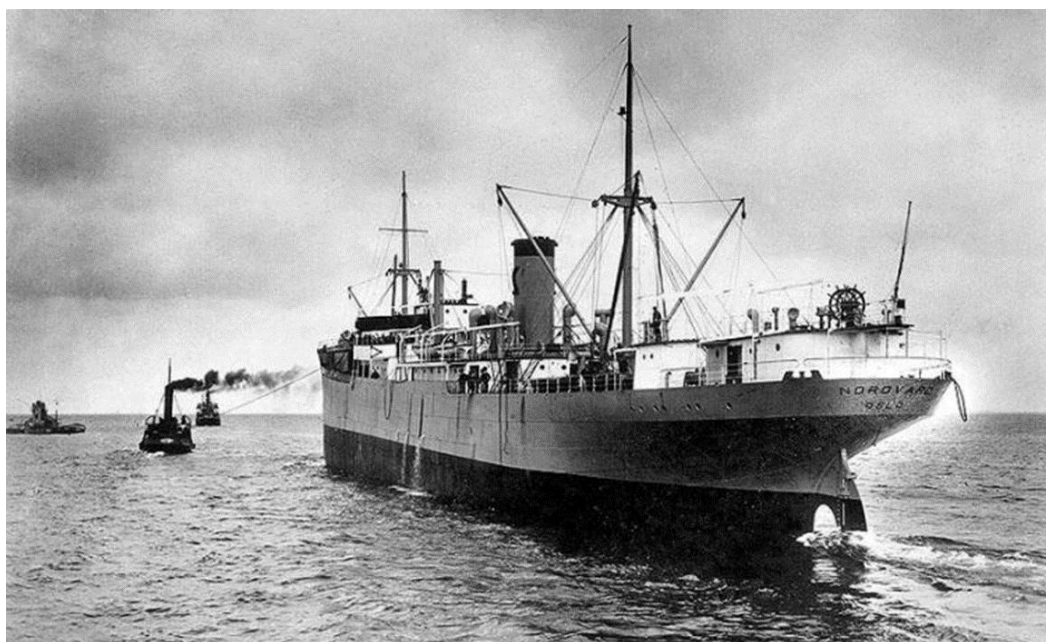
Forsyningsskipet MS Nordvard forliste etter bombing i Moss havn i desember 1944. Det var flere hundre tonn med olje av forskjellige typer om bord (eget drivstoff og drivstoff til ubåter som skipet forsynte), men nøyaktige mengder er ikke kjent. Nordvard har siden det gikk ned hatt lekkasjer av olje av varierende hyppighet og i varierende mengder. I 2007 og 2008 ble det fjernet ca. 485 tonn fra vraket (Kystverkets egne målinger). Lekkasjer har også forekommet etter denne tømmeoperasjonen, men i svært begrenset omfang.

I august 2022 tiltok imidlertid utslippene, noe som medførte ulemper for lokalbefolkningen i Moss. Oljefilmen på sjøoverflaten gjorde at kommunen så seg nødt til å stenge en badeplass som ligger nær vraket. Oljen hadde i tillegg sjenerende lukt. Våren 2023 ble det derfor fjernet ytterligere omkring 34 tonn olje fra vraket.

Både mengden olje på sjøen og ROV-undersøkelser indikerte at lekkasjene i perioden fra august 2022 til april 2023 var små. Oljedråpene hadde stor oppdrift og nådde raskt sjøoverflaten der oljen dannet en tynn film. Mesteparten av denne løste seg opp og fordampet relativt fort.

Vurderinger basert på ROV-undersøkelsene utført etter august 2022 konkluderte med at lekkasjeraten kunne anslås til ca. 0,12 ml olje per minutt. Fra ett lekkasjepunkt tilsvarer dette noen titalls liter i perioden fra august 2022 til april 2023. Det ble påvist flere lekkasjepunkter med ROV og visuelt av brannvesenets innsatsmannskaper og Skjærgårdstjenesten. I tillegg har det trolig forekommet noen enkeltutslipp av litt større omfang. Ut fra foreliggende informasjon synes det rimelig å anta at samlet mengde oljeutslipp i den aktuelle perioden maksimalt har vært i størrelsesorden noen hundre liter.

For å vurdere hvorvidt disse oljelekkasjene har påvirket det marine miljøet i oljeforurensningens influensområde, ble det bestemt å utføre en miljøundersøkelse i Mossesundet. Havforskningsinstituttet ble den 23.01.2023 kontaktet av Kystverket for å sette opp miljøundersøkelsen.



Figur 1. MS Nordvard ble bygd i Malmö i 1925.

1.2 - Hydrokarboner i sedimenter og marin biota

Hydrokarboner finnes naturlig i havmiljø og kan i tillegg tilføres miljøet fra menneskelige aktiviteter. Marine sedimenter kan utgjøre et betydelig lager av organiske forbindelser inkludert hydrokarboner, som kan bli tatt opp i næringskjeden. Sedimentasjonsratene varierer fra sted til sted, og ligger i åpne deler av Norskehavet og Barentshavet på rundt 1 mm/år (for eksempel Jensen & Bellec 2023). I enkelte fjord- og kystnære områder kan det være høyere sedimentasjonshastigheter. Blåskjell (*Mytilus edulis*) kan brukes for å vurdere vanntilstand og påvirkning på biota, siden dette er en sensitiv, stedbundet filtrerende organisme som er godt egnet for å studere kroniske / langvarige utslipp av selv moderate mengder olje i vannmiljø og er mye brukt i miljøstudier.

Hydrokarbon-forurensning i havmiljø kan studeres med hjelp av en rekke parametere etablert for dette formål. Totalt hydrokarboninnhold (THC) er en parameter som tillater totalvurdering av hydrokarbonnivået i miljøprøver, og fungerer som en grov indikator for oljeforurensning. Forhøyete THC-nivåer kan indikere oljeutslipp i området. Det er ikke etablert terskelverdier for THC i sediment, men en grense på 50 mg/kg tørrvekt var foreslått som terskelnivå for mulige effekter på bunnlevende marine organismer (OSPAR 2009). THC måles i sedimenter, men ikke i biologisk materiale.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) kan gi en mer spesifikk forståelse av kilder for hydrokarbonforurensning. En internasjonalt anerkjent indikator for PAH-forurensning som benyttes hyppig, PAH16, er en sum av 16 PAH-enkeltforbindelser. Miljødirektoratet har utarbeidet et eget klassifiseringssystem for nivåene av PAH16 i marine sedimenter, basert på internasjonalt etablerte miljøkvalitetsstandarder (*Environmental Quality Standards*, EQS) og risikovurdering av kjemikalier i EU (Miljødirektoratet 2016). Denne klassifiseringen er spesielt tilpasset for fjord- og havneområder. Miljødirektoratets tilstandsklasser for PAH16 i sedimenter er vist i tabell 1.

Tabell 1. Miljødirektoratets tilstandsklasser med tilhørende klassegrenser på forurensning med PAH16 i marine sedimenter (Miljødirektoratet 2016). Egen farge er tildelt hver tilstandsklasse.

Tilstandsklasse	Klasse I Bakgrunn	Klasse II God	Klasse III Moderat	Klasse IV Dårlig	Klasse V Svært dårlig
PAH16, µg/kg tørrvekt (tv.)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000

Miljødirektoratet har også etablert grenseverdier for vurdering av PAH-forurensning i marin biota. Disse grenseverdiene tilsvarer EQS for enkelte PAH-forbindelser i marine krepsdyr og bløtdyr, men ingen tilstandsklasser er etablert.

Tabell 2. EQS for PAH i blåskjell (Miljødirektoratet 2016).

Forbindelse	EQS, µg/kg våtvekt (vv.)
Naftalen	2400
Antracen	2400
Fluoranten	30
Benz[a]antracen	304
Benzo[a]pyren	5,0

De fleste forbindelser på PAH16-listen har forbrenningsrelaterte kilder. En annen PAH-indikator, NPD (naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer), passer bedre til vurdering av oljeforurensning, siden NPD dominerer PAH-sammensetningen i olje. Det er ikke etablert tilstandsklasser eller EQS-verdier for NPD. Man må derfor vurdere nivåene mot det man finner i et referanseområde og det man kjenner til fra tidligere studier av området. Ved oljeforurensning vil NPD sterkt dominere PAH-sammensetning av miljøprøver, mens PAH16 vil kun utgjøre en liten del av den totale PAH-sammensetningen i prøven.

1.3 - Tidligere miljøstudier i Mossesundet

Det er tidligere utført en rekke miljøstudier i Mossesundet i forskjellige sammenhenger, hvor både sedimenter og blåskjell er studert. Undersøkelsene utført i senere år og som har relevans for denne studien omtales kort her.

Rambøll har utført to undersøkelser av sedimenter i området, den ene i 2009 på oppdrag av Moss kommune ifm. utarbeidelse av kommunal tiltaksplan for oppnåelse av god miljøtilstand i Mossesundet, og den andre i 2017 ifm. bygging av nytt jernbanespor over Moss (Rambøll 2010; Rambøll 2018). I 2009 ble det målt kun på PAH16, men ikke på NPD eller THC. Nivåer i overflatesedimenter var høyest ved kysten nærmest byen i den sørlige delen av sundet, opptil tilstandsklassene III-V (Rambøll 2010). I 2017 ble det tatt både overflateprøver og kjerneprøver i sentrale deler av søndre Mossesundet og i Verlebukta sør for Mossekanalen. Det ble ikke målt på NPD, men det ble funnet forhøyet nivå THC og PAH16 i Mossesundet nærmest vraket og byen, PAH16 i klasse III og THC-nivå på opptil 410 mg/kg tørrvekt (Rambøll 2018). Nivåene var lavere i kjerneprøver (0-10 cm). Det ble samtidig funnet enda høyere nivåer av PAH16 (klasse V) og noe lavere, men fortsatt høyt, nivå THC (opptil 190 mg/kg tørrvekt) enkelte steder i Verlebukta. Det ble konkludert med at «oljen i sedimentet i Mossesundet antas å delvis skyldes lekkasje fra vraket av Nordvard som ligger sør i Mossesundet» (Rambøll 2018).

NIVA har utført tre relevante undersøkelser i området. I 1999 ble havneområdet i Moss studert som en del av en større undersøkelse av flere havneområder langs norskekysten (Næs mfl. 2002). THC ble ikke målt, men en del av NPD ble målt i sedimenter ved 2 stasjoner, 1 i indre Mossesundet og 1 lenger nord. Det var tydelig forhøyete PAH-nivåer i området. Blåskjell ble også analysert, men stammer fra den nordlige delen av sundet. I 2008 utførte NIVA en undersøkelse av forskjellige miljøgifter i sedimenter fra Mossesundet (Berge mfl. 2009). NPD ble ikke målt, men det ble funnet PAH16 i klasse V nærmest byen, og klasse IV ved vraket. THC var høyest like nordøst for vraket (7820 mg/kg tørrvekt), og litt lavere rett øst for vraket. Det ble konkludert med at utlekkingen av olje fra Nordvard trolig hadde en del av skylden for såpass høye konsentrasjoner av THC, men også annen aktivitet som industri, småbåthavner, skipsfart, skipsverft, nærhet til byområde hadde potensiale for utslipp av olje og andre forurensninger (Berge mfl. 2009). Den tredje undersøkelsen ble utført i 2015 på blåskjell i den nordlige delen av Mossesundet i forbindelse med overvåking for Norsk Spesialolje Kambo (Øxnevad mfl. 2016). Lave nivåer PAH16 (opptil 31 µg/kg våtvekt) ble funnet i blåskjell fra dette området. Samme rapport gir en beskrivelse av strømforholdene i Mossesundet. Hovedstrømretningen er nordover, men overflatevannet blir utskiftet gjennom Mossekanalen i begge retninger med tidevannet. Det er i tillegg en betydelig tilstrømming av ferskvann fra Mosseelva i den sørøstlige delen av sundet, som dreier nordover med hovedstrømretningen i Mossesundet (Øxnevad mfl. 2016).

NIFES har hatt et eget prosjekt på fisk og skalldyr i Mossesundet som utgangspunkt for kostholdsråd (Valdersnes & Julshamn 2010a, b). Blåskjell fra 10 steder i Mossesundet hadde lave nivåer av PAH16, høyest i den sørvestlige delen av sundet, opptil 57 µg/kg våtvekt (Valdersnes & Julshamn 2010a). Det ble også utført analyser av PAH16 i fiskefilet av torsk, sei, flyndre og øret, uten at noe forurensning ble funnet (Valdersnes & Julshamn 2010b).

2 - Metodebeskrivelse

2.1 - Prøvetaking

Prøvetakingslokalitetene i Mossesundet er vist på kart i figur 2.



Figur 2. Kart over stasjoner med prøvetaking av sediment (røde sirkler) og blåskjell (blå sirkler) etter utslippet fra MS Nordvard (Kart: her og videre, Kjell Bakkeplass, HI). Vraket av Nordvard er vist med blå oval.

Sedimentprøvetaking ble utført med hjelp av Van Veen grabb. Statens naturoppsyn Østfold (SNO) utførte prøvetakingen 16.03.2023 etter instruks fra HI, utformet med utgangspunkt i NS-EN ISO 5667-19B (se Vedlegg I). Overflatesediment (0-2 cm) ble samlet inn ved 9 posisjoner angitt i figur 2 og tabell 3, i en gradient fra sør for vraket nordover langs den dominerende hovedstrømmen i Mossesundet, samt fra en referansestasjon vest for Jeløya (stasjon S10 i Rambergbukta). Prøvene ble fryst ned direkte etter prøvetaking og sendt til Havforskningsinstituttets laboratorium i Bergen i frossen tilstand.

Tabell 3. Prøvetakingslokaliteter for sedimentprøvetaking i Mossesundet.

Stasjon	Posisjon	Dyp, m	Område
S1	N59° 26.289' E10° 39.235'	34	Mossesundet indre / ved vraket
S2	N59° 26.404' E10° 39.479'	37	Mossesundet indre / ved vraket
S3	N59° 26.348' E10° 38.914'	16	Mossesundet indre
S4	N59° 26.536' E10° 39.846'	33	Mossesundet indre
S5	N59° 26.898' E10° 39.876'	53	Mossesundet midtre
S6	N59° 27.493' E10° 40.083'	58	Mossesundet midtre
S7	N59° 27.663' E10° 39.589'	7,5	Mossesundet midtre
S8	N59° 28.935' E10° 40.641'	94	Mossesundet nord
S9	N59° 29.732' E10° 40.634'	99	Mossesundet nord
S10	N59° 28.005' E10° 37.246'	9,6	Referanse

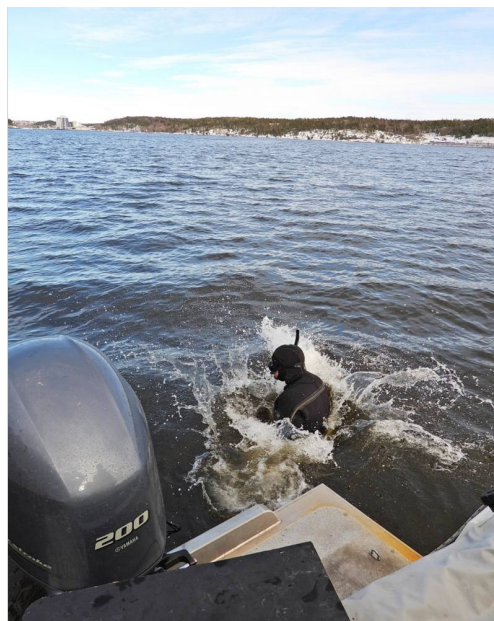


Figur 3. Eksempler på sedimentprøver fra Mossesundet. Bilde: Haakon Braatu Haaverstad, SNO

Blåskjellprøvetaking ble utført ved manuell innsamling av Havforskningsinstituttet i samarbeid med SNO 14.03.2023. Prøvene ble samlet i tråd med Norsk standard NS 9434:2017. Prosedyren er nærmere beskrevet i Vedlegg II. Så vidt det lot seg gjøre, ble det samlet inn mellom 25 og 50 blåskjell av minst 4 cm skallelengde fra 10 posisjoner i Mossesundet samt fra en referansestasjon nord for Jeløya, se figur 2 og tabell 4. Alle skjellene ble samlet inn fra grunnere enn én meters dyp for å kunne vurdere tilstanden i vannoverflaten, som var antatt til å være mest påvirket av de nylige oljeutslippene. Prøvene ble fryst ned etter prøvetaking og levert til Havforskningsinstituttets laboratorium i Bergen i frossen tilstand.

Tabell 4. Prøvetakingslokaliteter for blåskjellprøvetaking i Mossesundet.

Stasjon	Posisjon	Område
B1	N59° 26.734' E10° 39.481'	Mossesundet indre
B2	N59° 26.579' E10° 38.980'	Mossesundet indre
B3	N59° 26.219' E10° 38.952'	Mossesundet indre
B4	N59° 26.018' E10° 39.169'	Mossesundet indre
B5	N59° 26.164' E10° 39.338'	Mossesundet indre
B6	N59° 26.490' E10° 39.951'	Mossesundet indre
B7	N59° 29.059' E10° 40.343'	Mossesundet nord
B8	N59° 29.899' E10° 40.017'	Mossesundet nord
B9	N59° 27.809' E10° 40.002'	Mossesundet midtre
B10	N59° 27.203' E10° 39.365'	Mossesundet midtre
Ref	N59° 30.609' E 10° 38.555'	Referanse



Figur 4. Prøvetaking av blåskjell i Mossesundet. Bilde: Haakon Braatu Haaverstad, SNO

2.2 - Analyser

Havforskningsinstituttet har akkrediterte metoder for analyser av PAH i biota, PAH i sedimenter, og THC i sedimenter, kort beskrevet nedenfor. PAH-metodene gjelder 49 PAH-forbindelser (inkludert NPD og PAH16). Hele listen over de analyserte forbindelsene er gitt i Vedlegg III-IV. Analysene ble utført i mai-juni 2023.

Blåskjellprøvene ble tint, innmaten tatt ut og homogenisert før opparbeiding. Opparbeiding av blåskjellprøver (ca. 15 g våtvekt) for PAH analyse består av ekstraksjon ved forsåpning, væske-væske ekstraksjon med heksan og rensing av prøven på silika-kolonne. Prøvene analyseres med gasskromatografi koblet til massespektrometer med elektron-ionisering (GC-MS EI) i SIM (*selected-ion monitoring*) modus. Kvantifiseringsgrensen er 0,2 µg/kg våtvekt for enkeltforbindelser PAH.

Sedimentprøver ble tint og lufttørket på laboratoriet før opparbeiding. Opparbeiding av tørkede sedimentprøver (ca. 10 g tørrvekt) for PAH- og THC-analyse består av automatisert ekstraksjon ved ASE (*Accelerated Solvent Extraction*), fjerning av svovel ved kobberbehandling og rensing av prøven på silika-kolonne. Prøvene analyseres først for THC med gasskromatografi koblet til flammeioniseringsdetektor (GC-FID). Kvantifiseringsgrensen er 2,0 mg/kg tørrvekt. Prøven analyseres videre for PAH med gasskromatografi koblet til massespektrometer med elektron-ionisering (GC-MS EI) i SIM-modus. Kvantifiseringsgrensen er 0,5 µg/kg tørrvekt for enkeltforbindelser PAH.

3 - Resultater

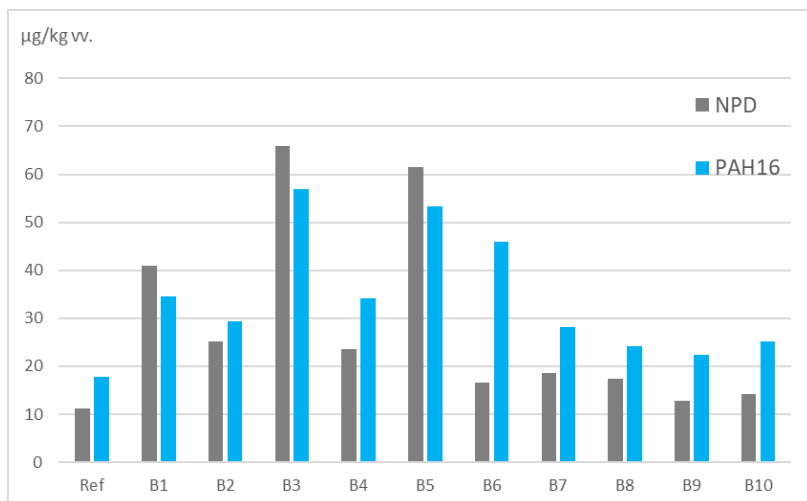
3.1 - Blåskjell

Resultater for NPD, PAH16 og de PAH-forbindelsene som det finnes EQS for i blåskjell fra Mossesundet er vist i tabell 5, mens alle resultater er vist i Vedlegg III. Geografisk plassering av stasjonene er vist på kart i figur 2.

Tabell 5. Nivåer av PAH i blåskjell fra Mossesundet, µg/kg våtvekt.

Stasjon	Konsentrasjoner, µg/kg våtvekt						
	NPD	PAH16	Naftalen	Antracen	Fluoranten	Benz[a]antracen	Benzo[a]pyren
EQS	-	-	2400	2400	30	304	5,0
B1	41	35	0,61	6,8	7,5	1,3	0,44
B2	25	29	0,61	5,1	6,1	1,2	0,36
B3	66	57	0,82	8,8	11	3,0	0,78
B4	24	34	0,52	6,8	6,3	1,8	0,66
B5	61	53	0,80	12	11	1,8	0,52
B6	17	46	0,35	20	7,2	1,7	0,49
B7	19	28	0,73	1,9	6,6	1,3	0,35
B8	17	24	1,3	3,0	5,5	1,1	0,27
B9	13	22	0,35	3,3	6,0	0,78	0,21
B10	14	25	0,31	4,5	6,6	1,3	0,24
Ref	11	18	0,52	1,1	4,6	0,86	0,23

Det ble kun funnet lave nivåer av PAH i blåskjell fra Mossesundet. Nivåene av de fem PAH-enkeltforbindelsene som det finnes EQS for ligger mellom ca. tre og 5000 ganger lavere enn tilsvarende EQS verdi, se tabell 5. Nivåene av NPD og PAH16 ligger også lavt, og NPD-nivået er enten omtrent likt eller betydelig lavere enn PAH16-nivået, som vist i plottet i figur 5. Dette antyder at oljeforurensningen ikke er en dominerende faktor for hydrokarbon-nivåene i blåskjell i dette området. NPD-nivået er ved de fleste stasjonene ikke betydelig høyere enn ved referansestasjon. De to stasjonene hvor NPD ligger noe høyere enn ellers i området, stasjonene B3 og B5, ligger nærmest byen sør (oppstrøms) for vraket (se kart i figur 6).



Figur 5. Konsentrasjoner av NPD og PAH16 i blåskjell fra Mossesundet, µg/kg våtvekt.

Havforskningsinstituttet har i 2009-2010 utført fire miljøundersøkelser rundt det havarerte lasteskipet MS Full City, som grunnstøtte ved Langesund i juli 2009. Ca. 200 tonn olje ble sluppet ut i miljøet og en stor del av dette traff kysten. Det ble samlet inn prøver av bl.a. blåskjell, hvor det ble målt betydelig oljeforurensning rett etter utslippet, med opptil 12334 µg/kg våtvekt NPD målt i august 2009 (Boitsov mfl. 2010). Ved siste undersøkelse i desember 2010 hadde nivåene gått ned til 73 µg/kg våtvekt NPD. De høyeste nivåene NPD funnet i blåskjell i Mossesundet ligger ved stasjon B3 på 66 µg/kg våtvekt.

Resultatene viser at i vannoverflaten, som var antatt å være mest påvirket av de siste utslippene fra MS Nordvard i 2022-2023, ble det ikke påvist noen effekter av oljeforurensning på blåskjell i det undersøkte området.



Figur 6. NPD ($\mu\text{g/kg}$ våtvekt) i blåskjell ved forskjellige stasjoner i Mossesundet.

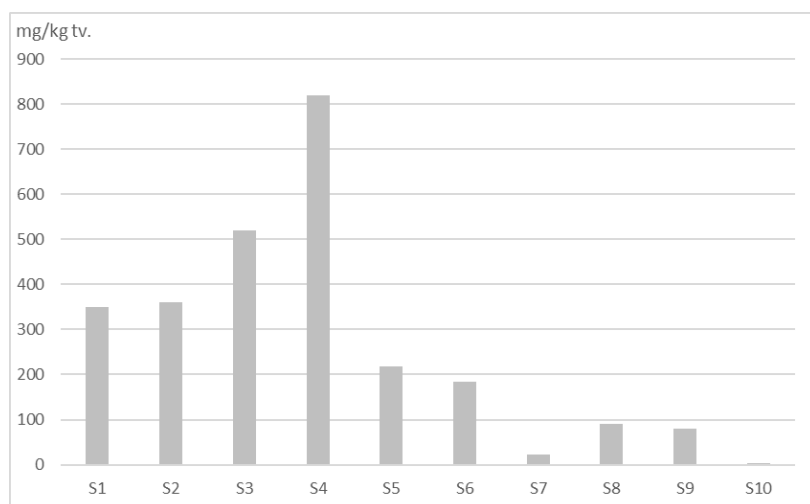
3.2 - Sedimenter

Resultater for THC, NPD og PAH16 i overflatesedimenter fra Mossesundet er vist i tabell 6, mens alle resultater er vist i Vedlegg IV og V. Geografisk plassering av stasjonene er vist på kart i figur 2.

Tabell 6. Nivåer av THC og PAH i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge tilsvarende tabell 1.

Stasjon	Konsentrasjoner		
	THC, mg/kg tørrvekt	NPD, µg/kg tørrvekt	PAH16, µg/kg tørrvekt
S1	350	743	3787
S2	361	3274	9546
S3	519	9261	35246
S4	820	1971	7233
S5	218	419	1983
S6	185	384	1803
S7	22	66	290
S8	91	359	1344
S9	81	218	1117
S10	3,1	20	53

De totale hydrokarbonnivåene (THC) varierer kraftig i prøvene og ligger over 50 mg/kg tørrvekt i de fleste prøvene, med unntaket av stasjonene S7 og S10. Nivåene ligger høyest ved stasjonene S1-S4 i indre delen av Mossesundet, med de aller høyeste nivåene funnet ved stasjon S4 nordøst for vraket (820 mg/kg tørrvekt) og stasjon S3 vest for vraket (519 mg/kg tørrvekt, se plottet i figur 7). Sedimenter tatt rett ved siden av vraket (stasjon S2) har noe lavere THC-nivå. Nivåene ligner på det som ble funnet i indre delen av Mossesundet i 2017 (Rambøll 2018) og er lavere enn det som ble funnet i 2008 (Berge mfl. 2009). Dette kan være en antydning på avtakende THC-forurensning i sedimenter i området i løpet av de siste ca. 15 årene.

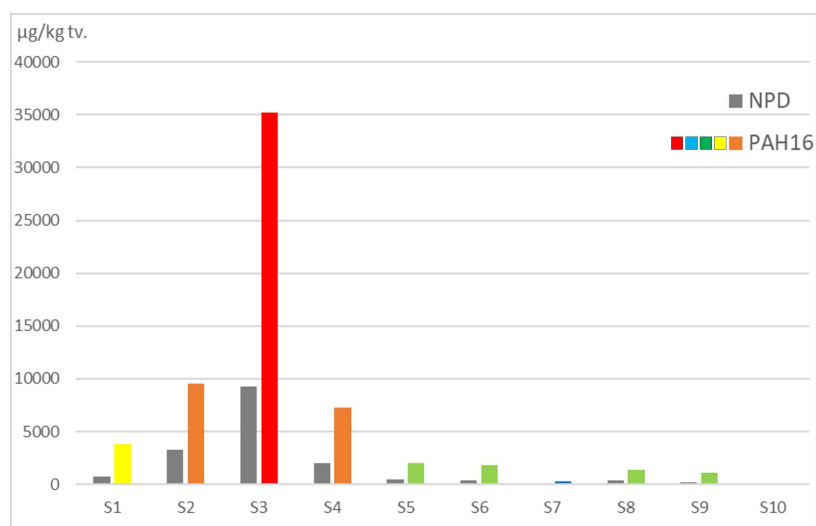


Figur 7. Nivåer av THC i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet.

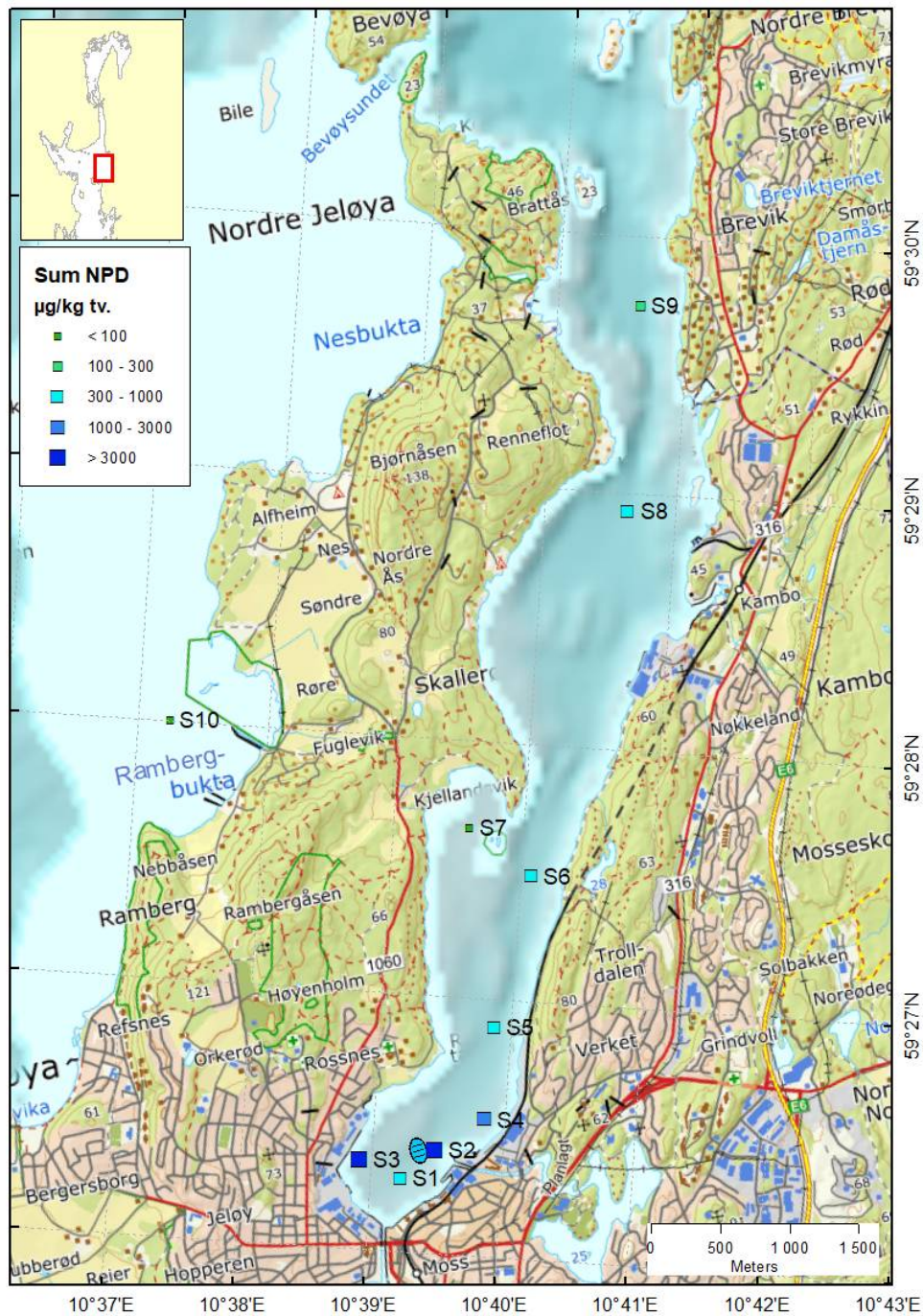
Det er også funnet en stor variasjon i PAH-nivåene i sedimenter fra Mossesundet. NPD-nivåene ligger på sitt høyeste ved stasjon S3 vest for vraket (9261 µg/kg tørrvekt), ca. tre ganger høyere enn ved stasjon S2 like ved siden av vraket (se tabell 6 og plottet i figur 8). NPD-nivåene minker i en gradient med havstrømmen nordover, se kart i figur 9. Stasjon S7 ved Kjellandsvik er sannsynligvis mindre utsatt for havstrømmen og har derfor betydelig lavere NPD-nivå, kun litt høyere enn ved referansestasjon S10, i likhet med det som ble funnet for THC.

NPD-nivåene funnet i overflatesedimenter ligger ved alle stasjoner betydelig lavere enn PAH16, se plottet i figur 8. Det er funnet betydelig forurensning med PAH16 i indre del av Mossesundet, opptil 35246 µg/kg tørrvekt ved stasjon S3. Dette tilsvarer tilstandsklasse V, «svært dårlig tilstand», etter Miljødirektoratets tilstandsklasseskala for marine sedimenter, se tabell 1. PAH16-nivåene funnet ved stasjonene S2 og S4 tilsvarer tilstandsklasse IV, «dårlig tilstand», mens sedimentet fra stasjon S1 hører til tilstandsklasse III, «moderat forurenset», se plottet i figur 8 og kartet i figur 10. Dette er i samsvar med tidligere studier av sedimenter fra Mossesundet (Berge mfl. 2009; Rambøll 2010), men er høyere enn det som ble funnet ved to lokaliteter i sentrale deler av indre Mossesundet i 2017 (Rambøll 2018). Alle stasjonene videre nordover i Mossesundet tilsvarer tilstandsklasse II, «god tilstand», med unntaket av stasjon S7 ved Kjellandsvik, som i likhet med referansestasjon S10 tilsvarer tilstandsklasse I, «bakgrunnsnivå».

Resultater av PAH-målingene tyder på at PAH-sammensetningen i overflatesedimenter fra Mossesundet domineres av forbrenningsrelaterte PAH, med variert menneskelig aktivitet som hovedkilde (som også påpekt i tidligere studier, bl.a. Berge mfl. 2009). Oljeforurensningen uttrykt som NPD utgjør en mindre del av den totale forurensningen i sundet. Både NPD- og PAH16-nivåene funnet i prøvene gjenspeiler forurensning for flere år med sedimentavsetning, muligvis fra ca. siste 10-20 år.



Figur 8. Nivåer av NPD og PAH16 i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet.



Figur 9. NPd (µg/kg tørrvekt) i overflatesedimenter (0-2 cm) ved forskjellige stasjoner i Mossesundet.



4 - Konklusjoner

Det er påvist hydrokarbonforurensning i overflatesedimenter fra Mossesundet. Nivåene er høyest nærmere byen vest for vraket (Miljødirektoratets tilstandsklasse V), er lavere ved vraket og minker videre nord i sundet. Forurensningen domineres av forbrenningsrelaterte hydrokarboner som har andre kilder enn olje. Blåskjell tatt ved vannoverflaten viser lite eller ingen påvirkning av olje.

Det er derfor sannsynlig at nylige oljeutslipp fra vraket har hatt ubetydelig effekt på vannmiljøet i overflatelaget. Sedimenter og bunnmiljø kan ha vært mer påvirket gjennom tiden av olje fra MS Nordvard, men annen forurensning har vesentlig mer betydning enn oljeutslippet fra MS Nordvard.

5 - Referanser

- Berge, J.A., Schøyen, M., Øxnevad, S. 2009. Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Mossesundet i 2008. NIVA rapport L.NR. 5805-2009. Oppdrag fra Moss kommune.
- Boitsov, S., Steen, H., Klungsøyr, J. 2010. Oppfølgingsundersøkelse av forurensning i blåskjell ved lasteskipet "Full City" – Rapport 3. Havforskningsinstituttet. Prosjektrapport. Ss. 15.
- Jensen, H.K.B., Bellec, V. 2023. 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. Ss. 119. Tilgjengelig på https://www.mareano.no/resources/Rapport_2022_023.pdf
- Miljødirektoratet. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. Miljødirektoratets rapport M-608, 2016. 13 s. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M608/M608.pdf>
- Næs, K., Knutzen, J., Håvardstun, J., Oug, E., Moy, F., Lie, M.C., Knutsen, J.A., Wiborg, M.L. 2002. Miljøundersøkelse i havner i Telemark, Vestfold, Akershus og Østfold 1999. NIVA rapport L.NR. 4568-2002. Oppdrag fra SFT mfl.
- OSPAR. 2009. Assessment of impacts of offshore oil and gas activities in the North-East Atlantic. OSPAR Commission 453/2009. 39 s.
- Rambøll. 2010. Mossesundet – Miljøgifter i sedimenter. Rapport M-rap-001. Miljøteknisk undersøkelse og risikovurdering på oppdrag fra Moss kommune.
- Rambøll. 2018. Kartlegging av forurensede sedimenter i Mossesundet og Verlebukta. Temanotat Forurensset grunn 004-2018. Oppdrag fra Bane NOR.
- Valdersnes, S., Julshamn, K. 2010a. Undersøkelser av fisk og skalldyr i Mossesundet som utgangspunkt for kostholdsrad - del 2: Skjell. NIFES rapport på oppdrag fra Moss kommune.
- Valdersnes, S., Julshamn, K. 2010b. Undersøkelser av fisk og skalldyr i Mossesundet som utgangspunkt for kostholdsrad - del 1: Fisk. NIFES rapport på oppdrag fra Moss kommune.
- Øxnevad, S., Stenrud Brkljacic, M., Borgersen, G. 2016. Tiltaksrettet overvåking av Mossesundet i henhold til vannforskriften. Overvåking for Norsk Spesialolje Kambo. NIVA rapport L.NR. 6981-2016. Oppdrag fra Norsk Spesialolje Kambo.

6 - Vedlegg I. Veiledning til prøvetaking av overflatesediment for analyser av PAH og THC ved Havforskningsinstituttet

Det samles inn prøver av fortrinnsvis finkornete sedimenter (slam) med Van Veen grabb fra 10 stasjoner. Det tas 1 grabbprøve ved hver stasjon. Man skal passe på at prøvetakingsutstyret ikke kontamineres med noen form for olje. Etter prøvetakingen sjekker man at grabben har lukket seg skikkelig, ellers må man ta en ny prøve. Når grabben åpnes, fjernes det overflatevann og man sjekker at man har tilsynelatende uforstyrret sedimentoverflate. Dette skal dokumenteres med bilder. Overflaten (ca. 2 cm tykk) tas ut fra grabben på følgende måte:

1. Øverste sedimentlag, ca. 2 cm tykk (avhengig av hvor solid/vannholdig det er) samles opp (ca. 50-200 g våtvekt). Metallbrett/spade av rustfritt stål brukes til uttak av prøven. Ikke bruk noe laget av plast!
2. Prøven pakkes i aluminiumsfolie. Det anbefales å pakke prøvene så tett og små som mulig, men samtidig ikke gjøre det for flatt, siden prøven lett kan flyte ut pga. mye væske i overflateprøvene. Man bør passe på å ikke miste noe av prøven.
3. En merkelapp settes på aluminiumsfolien som prøven er pakket i, med følgende opplysninger skrevet med blyant (ikke tusj!) på lappen: Nordvard, grabb-stasjonsnummer, dato.
4. Samme opplysninger føres i journal i tillegg til nøyaktig posisjon for prøvetaking, ca. havdyp, og navn/kodenavn til prøvetakeren.
5. Den merkede prøven legges i en plastpose som lukkes.
6. Plastposen fryses ned og leveres Havforskningsinstituttet i frossen tilstand. Varsle oss gjerne på forhånd om når prøvene leveres til oss!

7 - Vedlegg II. Veiledning til prøvetaking av blåskjell for analyser av PAH ved Havforskningsinstituttet

1. Det tas minst 25 og helst 50 blåskjell av medium størrelse (helst over 40 mm skallelengde) til kjemianalyser ved hver posisjon. Hvis skjellene er vesentlig mindre i størrelsen, trenger man flere skjell (opptil dobbelt så mange). Blåskjellene samles helst fra ca. 0,5 – 1 m dyp, dvs. under vannoverflaten ved lav vannstand.
2. Hele blåskjellene legges i en plastpose.
3. Merk posene med følgende opplysninger: Nordvard, stasjonsnummer, dato. Skriv med blyant (eller vannfast penn) for å unngå at teksten blir uleselig om lappen skulle bli våt!
4. Samme opplysninger føres i journal i tillegg til nøyaktig posisjon for prøvetaking, ca. dyp, og navn/kodenavn til prøvetakeren.
5. Merkede poser med prøvene fryses ned så snart som mulig og oppbevares i kjølebaggene.
6. Prøvene må sendes i frossen tilstand helt frem til Kjemi- og Fremmedstofflaboratoriet i Bergen snarest mulig etter prøveuttak. Varsle oss gjerne på forhånd om når prøvene leveres til oss!

8 - Vedlegg III. Konsentrasjoner av PAH i blåskjell fra Mossesundet, µg/kg våtvekt

Stasjon	Ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Naftalen	0,52	0,61	0,61	0,82	0,52	0,80	0,35	0,73	1,3	0,35	0,31
Benzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2-Metylnaftalen	<0,2	0,40	0,38	0,50	<0,2	0,42	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1-metylnaftalen	<0,2	0,38	0,33	0,51	<0,2	0,44	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bifenyl	<0,2	0,27	<0,2	0,39	0,21	0,36	<0,2	0,22	<0,2	<0,2	<0,2
2,6 - Dimetylnaftalen	3,4	5,0	4,1	4,2	1,9	6,1	1,7	4,3	5,5	1,2	1,6
1,3-Dimetylnaftalen	0,34	1,3	0,66	1,7	0,61	2,0	0,45	0,41	0,44	0,33	0,31
2,3-Dimetylnaftalen	<0,2	0,20	<0,2	0,31	<0,2	0,32	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,4 Dimetylnaftalen	<0,2	0,26	<0,2	0,35	<0,2	0,36	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acenaflyten	<0,2	0,26	<0,2	0,30	0,42	0,32	0,38	0,22	0,21	<0,2	<0,2
Acenafthen	<0,2	0,32	0,29	0,63	0,24	0,47	0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dibenzofuran	0,39	0,70	0,51	0,95	0,45	0,79	0,41	0,48	0,51	0,37	0,41
1,3,7-Trimetylnaftalen	<0,2	1,0	0,43	1,3	0,56	1,5	0,28	0,22	<0,2	<0,2	<0,2
2,3,5-Trimetylnaftalen	0,24	2,6	1,2	3,8	1,5	4,7	0,67	0,49	0,23	0,43	0,44
1,2,3-Trimetylnaftalen	<0,2	0,25	<0,2	0,41	<0,2	0,32	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	<0,2	0,43	0,24	0,64	0,25	0,71	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	0,50	5,2	1,5	7,4	3,5	9,4	1,1	1,2	0,73	1,0	0,67
Fluoren	0,32	0,77	0,96	1,3	0,59	1,1	0,45	0,53	0,42	0,46	0,49
1-Metylfluoren	0,22	1,2	0,64	1,58	0,60	1,9	0,29	0,39	0,36	0,42	0,30
Dibenzotiofen	<0,2	0,43	0,28	0,74	0,27	0,70	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fenantren	2,5	5,5	3,8	7,8	4,0	7,5	3,2	3,6	2,8	3,0	3,0
Antracen	1,1	6,8	5,1	8,8	6,8	12,1	19,7	1,9	3,0	3,3	4,5
4-metyldibenzotiofen	<0,2	0,62	0,43	1,1	0,39	0,99	0,32	0,28	0,21	0,26	0,22
3-Metylphenantren	0,64	2,9	1,8	5,2	1,7	4,4	1,5	1,4	0,83	1,0	1,4
2-Metylphenantren	0,95	3,2	2,1	5,2	2,2	5,0	1,8	1,8	1,1	1,3	1,2
9-Metylphenantren	0,43	1,9	1,1	2,9	1,0	2,6	1,1	0,84	0,54	0,68	0,67
1-Metylphenantren	0,59	2,1	1,3	3,3	1,3	3,2	1,1	0,72	0,72	0,84	0,87
4-etyldibenzotiofen	<0,2	0,26	0,20	0,54	<0,2	0,41	0,31	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
3,6-Dimetylphenantren	0,26	1,0	0,89	2,9	0,59	1,6	0,37	0,41	0,52	0,46	0,76
4-propyldibenzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	0,58	<0,2	0,30	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,7-Dimetylphenantren	0,59	2,9	1,9	5,5	1,7	4,0	1,1	1,2	1,3	1,1	1,5
1,2-Dimetylphenantren	<0,2	0,52	0,36	1,1	0,27	0,64	0,23	0,22	0,22	0,24	0,42
2,6,9-Trimetylphenantren	0,25	1,4	1,0	4,8	0,83	2,0	0,59	0,64	0,61	0,51	0,46
1,2,6-Trimetylphenantren	<0,2	0,55	0,44	1,8	0,37	0,89	0,31	0,27	0,30	<0,2	0,23
1,2,7-Trimetylphenantren	<0,2	<0,2	<0,2	0,31	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,6,9-Tetrametylphenantren	<0,2	<0,2	<0,2	0,26	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fluoranten	4,6	7,5	6,1	11	6,3	11	7,2	6,6	5,5	6,0	6,6
Pyren	2,9	6,4	5,5	11	6,1	10	5,9	5,0	3,7	4,4	4,0
Benz[a]antracen	0,86	1,3	1,2	3,0	1,8	1,8	1,7	1,3	1,1	0,78	1,3
Krysen	2,8	1,8	2,6	5,4	2,9	3,9	3,3	4,2	3,5	2,2	2,7
Benzo[b]fluoranten	1,2	1,5	1,6	3,0	2,0	2,4	1,9	2,3	1,6	1,1	1,1
Benzo[k]fluoranten	0,34	0,48	0,48	0,93	0,64	0,63	0,57	0,62	0,44	0,30	0,36
Benzo[j]fluoranten	0,53	0,59	0,61	1,1	0,78	0,82	0,69	0,83	0,60	0,43	0,51
Benzo[e]pyren	1,9	2,4	2,9	6,3	2,9	4,7	3,5	3,1	2,5	2,4	2,0
Benzo[a]pyren	0,23	0,44	0,36	0,78	0,66	0,52	0,49	0,35	0,27	0,21	0,24
Perylen	0,37	1,2	1,3	2,1	0,86	1,8	0,82	1,1	0,59	0,69	0,89
Indeno[1,2,3-cd]pyren	<0,2	0,33	0,28	0,43	0,40	0,36	0,20	0,27	<0,2	<0,2	0,22
Dibenz[a,h]antracen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[ghi]perylen	0,37	0,49	0,53	0,94	0,72	0,77	0,46	0,48	0,34	0,33	0,45

9 - Vedlegg IV. Konsentrasjoner av PAH i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet, µg/kg tørrvekt

Stasjon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Naftalen	64	397	642	104	45	42	8,8	32	28	3,6
Benzotiofen	4,7	14	39	7,4	3,0	2,8	0,63	2,2	2,0	≤0,5
2-Metylnaftalen	26	210	371	75	19	18	3,0	15	13	1,5
1-metylnaftalen	17	174	262	52	13	12	2,0	11	9,1	1,0
Bifenyl	15	86	79	36	12	12	2,4	9,7	8,8	1,6
2,6 - Dimetylnaftalen	67	102	117	125	39	35	7	15	14	1,1
1,3-Dimetylnaftalen	24	163	151	99	18	17	2,9	13	11	1,5
2,3-Dimetylnaftalen	8,0	63	54	25	5,5	5,5	0,99	4,3	3,9	≤0,5
1,4 Dimetylnaftalen	3	21	18	9,6	1,9	1,8	≤0,5	1,4	1,2	≤0,5
Acenaftalen	57	73	84	212	18	16	1,6	6,8	4,4	≤0,5
Acenaften	17	178	564	40	8,8	7,6	1,5	6,1	3,8	0,61
Dibenzofuran	42	230	545	76	30	30	6,0	26	22	2,4
1,3,7-Trimetylnaftalen	7,5	47	45	21	4,6	4,5	0,69	1,7	2,4	≤0,5
2,3,5-Trimetylnaftalen	9,3	56	54	31	6,2	5,8	1,1	2,5	3,5	≤0,5
1,2,3-Trimetylnaftalen	3,3	12	11	8,7	1,8	1,8	≤0,5	0,58	0,86	≤0,5
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	1,6	8,4	9,6	3,6	1,0	1,2	≤0,5	0,65	0,59	≤0,5
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	8,2	23	36	22	6,0	5,4	1,3	2,2	3,3	0,75
Fluoren	68	369	612	134	20	18	3,2	13	10	1,2
1-Metylfluoren	20	46	71	44	6,9	6,2	1,7	4,9	4,0	0,83
Dibenzotiofen	20	69	325	60	11	9,9	1,6	7,9	5,8	0,74
Fenantren	226	1047	4922	517	109	99	14	80	55	5,8
Antracen	576	1331	1363	3056	214	160	18	61	39	0,71
4-metyldibenzotiofen	12	33	90	71	7,2	6,5	1,1	4,5	3,3	≤0,5
3-Metylphenantren	46	168	486	103	20	19	3,2	21	11	0,94
2-Metylphenantren	45	165	497	100	26	23	4,2	32	13	1,3
9-Metylphenantren	28	99	265	57	15	14	2,6	21	7,6	0,72
1-Metylphenantren	31	129	287	84	15	14	2,7	22	7,7	0,71
4-etyldibenzotiofen	3,4	6,8	8,1	19	2,0	1,7	≤0,5	1,7	0,69	≤0,5
3,6-Dimetylphenantren	5,5	17	31	13	2,9	1,6	0,62	4,1	1,5	≤0,5
4-propyldibenzotiofen	1,7	3,3	2,5	8,4	1,4	1,2	≤0,5	1,0	≤0,5	≤0,5
1,7-Dimetylphenantren	38	131	322	121	22	20	4,3	35	11	0,88
1,2-Dimetylphenantren	8,5	27	54	54	5,2	5,2	1,4	6,2	3,2	≤0,5
2,6,9-Trimetylphenantren	21	50	103	134	12	11	2,0	11	5,1	≤0,5
1,2,6-Trimetylphenantren	11	32	62	24	6,5	5,7	1,0	7,7	1,7	≤0,5
1,2,7-Trimetylphenantren	4,8	15	32	8,8	3,0	2,9	≤0,5	3,7	0,88	≤0,5
1,2,6,9-Tetrametylphenantren	1,9	5,0	5,4	19	0,98	0,84	≤0,5	1,2	≤0,5	≤0,5
Fluoranten	509	1376	3443	698	229	207	28	150	178	8,2
Pyren	502	1204	3945	554	253	220	42	146	114	6,7
Benz[a]antracen	323	718	6264	246	144	134	17	102	76	2,8
Krysen	158	472	4438	277	103	95	11	78	58	3,1
Benzo[b]fluoranten	333	579	1492	531	224	212	39	185	153	7,9
Benzo[k]fluoranten	120	212	374	98	72	69	13	60	49	2,6
Benzo[j]fluoranten	112	204	431	161	72	67	12	59	49	2,6
Benzo[e]pyren	219	375	818	223	158	151	31	126	105	5,4
Benzo[a]pyren	295	527	1285	236	161	148	25	112	84	3,2
Perylen	198	259	516	174	182	186	72	170	156	6,8
Indeno[1,2,3-cd]pyren	244	493	2718	227	166	160	25	134	113	2,4
Dibenz[a,h]antracen	61	131	696	55	35	34	4,1	24	19	≤0,5
Benzo[ghi]perylene	236	439	2403	245	182	182	40	153	132	3,8

10 - Vedlegg V. Konsentrasjoner av THC i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Mossesundet, mg/kg tørrvekt

Stasjon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
THC	350	361	519	820	218	185	22	91	81	3,1



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no