

**Miljøundersøkelse ved utfylling
i Lundevågen, Farsund**
Rapport RF-97/225

Vår referanse: 613/654423	Forfatter(e): S.J. Cripps, R.K. Bechmann og A. Myhrvold	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 22.09.97
Ant. sider: 47	Faglig kvalitetssikrer: Odd-Ketil Andersen	Gradering: åpen
ISBN: 82-7220-854-7	Oppdragsgiver(e): Farsund Kommune	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: Miljøundersøkelse ved utfylling i Lundevågen, Farsund.	

Emne:

Målet med undersøkelsen var å studere sedimentasjon i ulik avstand fra utfyllingsarbeider i forbindelse med bygging av bro over Lundevågen vinteren 1997. Spesiell vekt ble lagt på å undersøke om sediment kontaminert med organiske miljøgifter ble resuspendert og transportert rundt i bukta.

Emne-ord:

resuspensjon, sedimentasjonsrate, organiske miljøgifter (PAH, PCB), utfyllingsarbeider, sediment-feller

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001



Prosjektleder
Arne Myhrvold



for RF - Miljø og næringsutvikling
Kåre Netland

Innhold

Sammendrag	iii
Forord	iii
1 INNLEDNING	4
2 METODIKK.....	4
2.1 Utstyr	4
2.2 Feltarbeid.....	5
2.3 Analyser.....	7
3 RESULTATER.....	9
3.1 Sedimenterbare partikler	9
3.2 PAH	13
3.3 PCB.....	16
4 DISKUSJON.....	18
4.1 Sedimentasjon.....	18
4.1.1 Bakgrunns sedimentasjon.....	18
4.1.2 Endringer i sedimentasjon med tid.....	18
4.1.3 Endringer i sedimentasjon med avstand til utfyllingen.....	19
4.1.4 Partikkelmengde.....	19
4.2 PAH	20
4.3 PCB.....	21
5 KONKLUSJONER.....	22
6 REFERANSER.....	23
VEDLEGG.....	23-47

Sammendrag

Betydelige mengder partikler, hovedsakelig fra steinmasser brukt til utfyllingen, ble suspendert i vannet og transportert rundt i Lundevågen. Sedimentasjonsraten sank imidlertid hurtig med økt distanse fra utfyllingsområdet, og var redusert til bakgrunnsnivå (21 g/m²/dag) 45 dager etter at fyllingsfoten var etablert. Resultatene indikerer at isens ødeleggelse av beskyttelsesnettet bidro til å øke sedimentasjonen. Det var ikke mulig å reparere nettet i frostperioden.

Konsentrasjonene av sum PAH¹ i sedimentet i Lundevågen økte ikke som følge av økt sedimentasjon under arbeidet med utfyllingen. Mengden PAH var omtrent lik i ulik avstand fra utfyllingen, og i prøver tatt under og etter at arbeidet ble utført. Dette tyder på at det fremdeles pågår utslipp av PAH til Lundevågen. Konsentrasjonen av sum PAH derimot, økte med økende avstand til utfyllingen sannsynligvis som en følge av høyere sedimentasjon av "ren" fyllmasse nærmere utfyllingen.

Det vil være nyttig med oppfølgingsarbeider en tid etter utbyggingen for å følge konsentrasjonen av PAH i sedimentet og sedimentasjonsraten. Videre arbeid anbefales også for å identifisere kildene til PAH-forbindelser i Lundevågen.

¹ PAH - Polyaromatiske hydrokarboner

Forord

Undersøkelsen i forbindelse med utfylling i Lundevågen er utført på oppdrag fra Farsund kommune. Program for undersøkelsen er utarbeidet av RF i samarbeid med kommunen og godkjent av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder.

Feltarbeid og innsamling av materiale foregikk i perioden januar, februar og mars 1997, parallelt med utfyllingsarbeidene i Lundevågen.

Takk til alle som har deltatt i prosjektet, både i forbindelse med feltarbeid, analyser og rapportering.

Stavanger sept. 97

Arne Myhrvold

1 Innledning

Farsund kommune fikk tillatelse til å fylle ut inntil 220 000 m³ sprengsteinmasser i sjøen i Lundevågen i forbindelse med etablering av fyllingen. Det er tidligere påvist høye konsentrasjoner av miljøgiftene PAH og PCB i sedimentet i Lundevågen. Utfyllingen ville således kunne medføre spredning av resuspendert kontaminert sediment, samt en generell økt partikkelkonsentrasjon i vannmassen som følge av fylling med sprengstein.

Farsund kommune ble i den forbindelse pålagt av Fylkesmannens miljøvernavdeling å utarbeide forslag til;

- tiltak for i størst mulig grad hindre spredning av miljøgifter som følge av resuspensjon i forbindelse med utfylling, og
- overvåke og kvantifisere eventuell spredning av miljøgifter.

Det ble etablert et siltskjørt rundt utfyllingsområdet for å hindre spredning av partikler, og det ble satt ut sedimentfeller i ulik avstand fra utfyllingen for å kvantifisere mengden av sedimentert materiale.

Denne rapporten omhandler resultatene fra analysene av det innsamlede materialet i sedimentfellene, og estimerer den totale mengden sedimentert materiale i forbindelse med utfyllingen i Lundevågen.

2 Metodikk

2.1 Utstyr

To typer sedimentasjonsfeller ble brukt i undersøkelsen. På de dype stasjonene (F1-F4) ble det brukt flytende feller (fra Limnos, Finland). Disse består av to perspex rør (D: 60 mm, H: 40 cm) plassert vertikalt i vannsøylen. Rørene ble holdt i den samme stilling i strømmen ved hjelp av et vertikalt balanseblad, og de ble fortøyd 1 - 2 m fra bunnen. Den samme høyden over bunnen ble opprettholdt når fellene ble plassert tilbake etter tømning. Toppen av fellene var festet til (submerged) bøyer for å holde dem i vertikal stilling. Som hjelp til flytting av fellene og for å unngå at de ble ødelagt av utenforstående, ble en line festet fra ankervekten til nærmeste punkt på land.

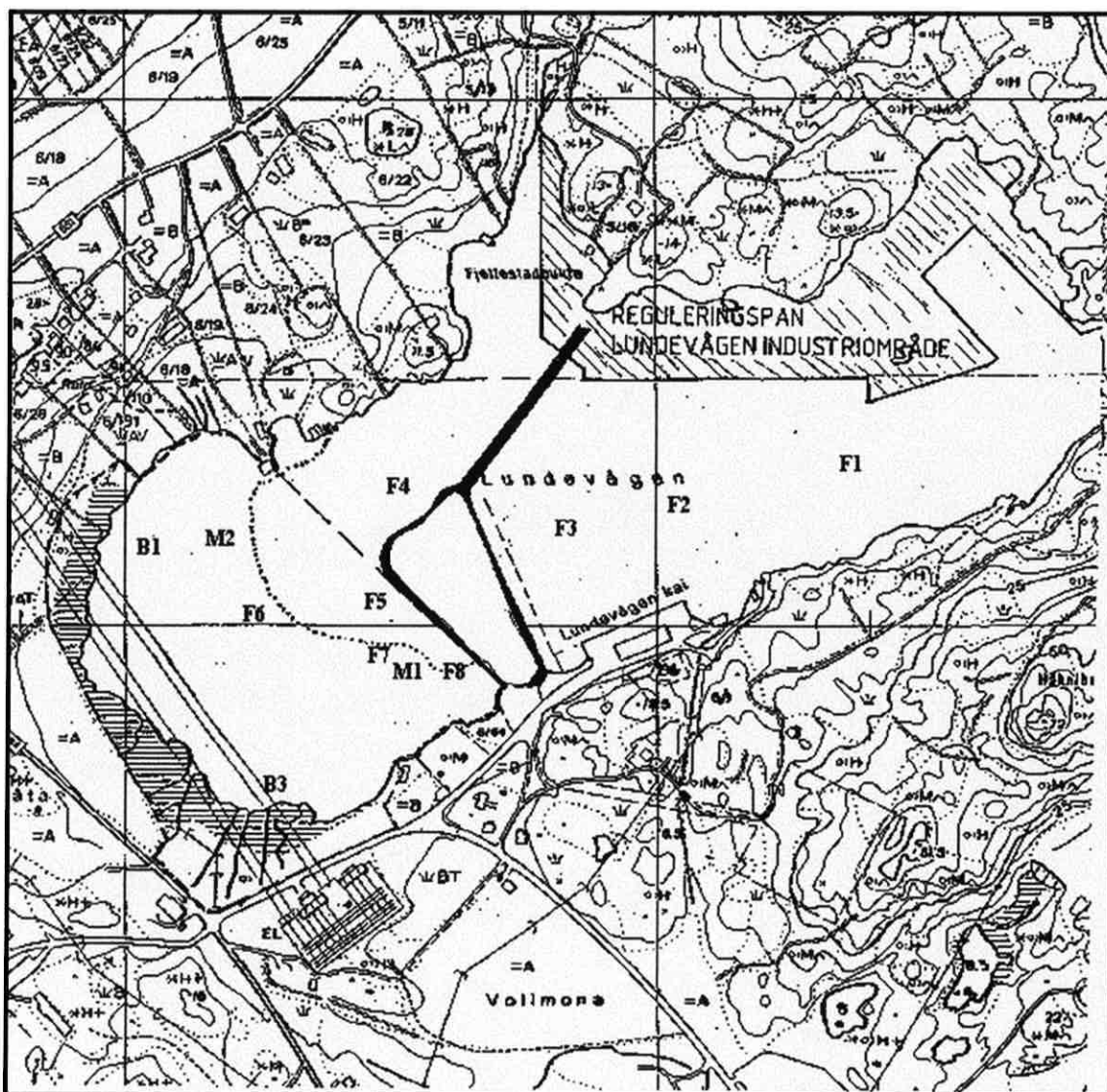
På de grunne stasjonene der det ikke var mulig å bruke flytende feller (F5-F8), ble det isteden brukt stående feller. Disse bestod opprinnelig av to 70 mm x 50 cm perspex rør festet til en jernstang. Etter at de opprinnelige stående fellene gikk tapt grunnet isforholdene, ble de erstattet av tilsvarende feller. Det er tatt rom for dette i utregningene og en kunne ikke finne at det hadde hatt innflytelse på resultatene. Jernstengene ble banket vertikalt ned i sjøbunnen slik at fellene sto plassert omtrent 10-20 cm over bunnen. Fellene ble markert med bøye for å lette tømning og gjenfinning.

2.2 Feltarbeid

For å kunne dekke perioden fra begynnelsen på kaiutvidelsen til fundamentene var ferdige, ble det laget en plan for feltarbeidet som beskrevet i prosjektkontrakten mellom RF og Farsund kommune (1.4 Overvåking av spredning av miljøgifter).

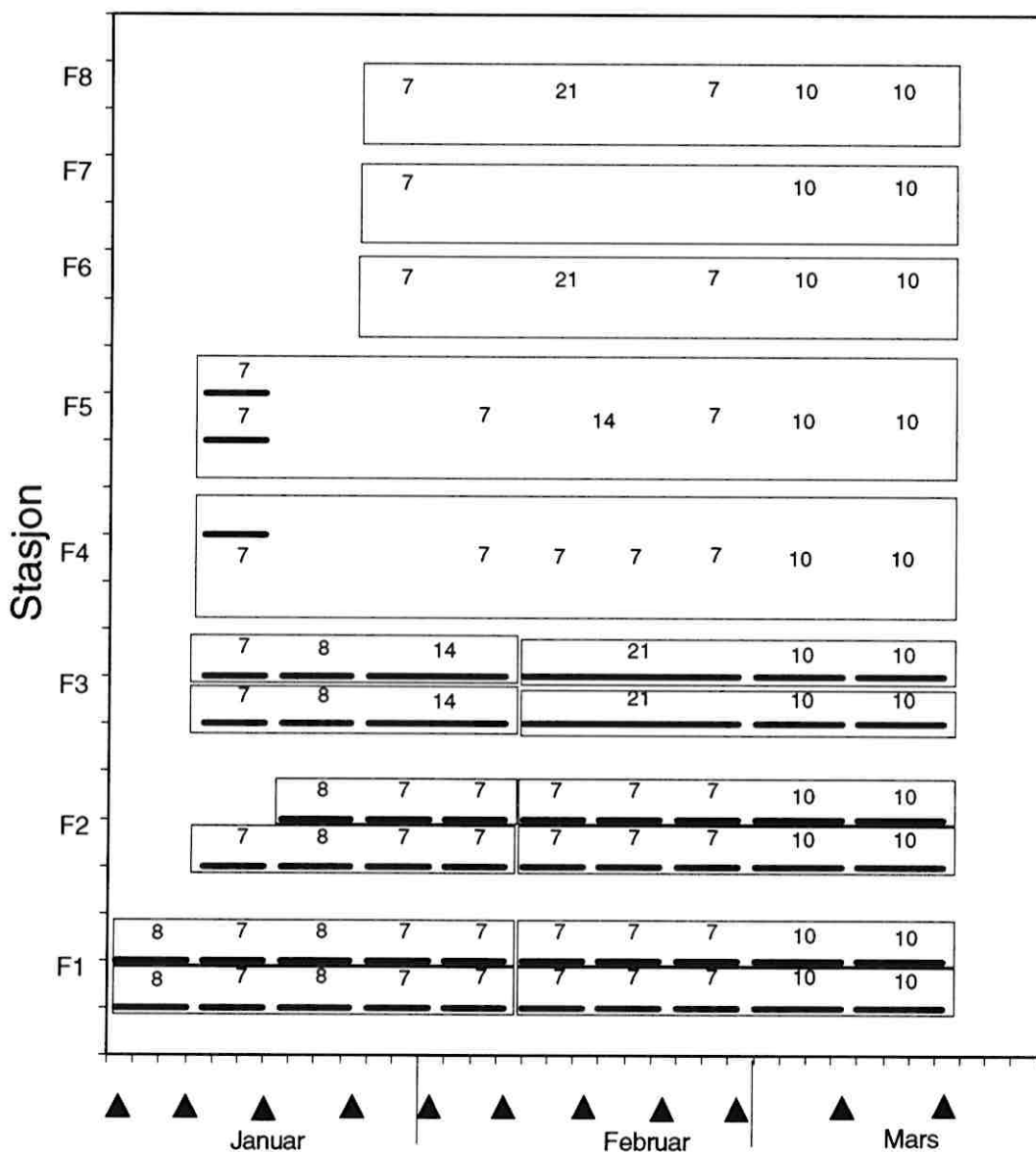
Åtte sedimentasjonsfeller ble plassert rundt utfyllingsområdet som vist i Figur 1. Fem av fellene (F4 - F8) ble plassert i området ved fuglereservatet ved de nordlige og vestlige grensene til utfyllingsområdet. Videre ble et transekt på 3 feller (F1 - F3) plassert på en linje som strakte seg fra utfyllingsområdet og østover, mot åpningen inn til bukta.

Fellene F1 - F4 ble satt på relativt dypt vann (> 3 m), så tilsvarende flytefeller ble brukt (se neste kapittel). Fellene på stasjon F5 - F8 måtte plasseres på relativt grunt vann (mindre enn 2 m dyp). Alle ble plassert utenfor beskyttelsesnettene rundt utfyllingsområdet.



Figur 1. Lundevågen. Utfyllingsområdet er inntegnet på kartet (tykke streker). Sedimentfellene ble plassert ut på stasjon F1-F8, og det ble tatt prøver av sedimentet på stasjon B1, B3, M1, M2).

Det var planlagt å hente opp og tømme hver felle en gang i uken. Men på grunn av de ekstreme isforholdene som gjorde at store deler av bukta var islagt i en lengere periode enn forventet, drev noen av fellene bort med isen og noen feller var det umulig å komme til. Figur 2 gir en oversikt over hvilke feller som inngår i undersøkelsen, dato for innsamlinger (totalt 11) og antall dager sedimentpartikler fikk bygge seg opp i hver felle. Hver felle ble tømt ukentlig dersom ikke isen eller store båter begrenset tilgjengeligheten. Fellene F6 - F8 forsvant helt i starten av undersøkelsen, og måtte erstattes på neste prøvetakingsdag. Felle F5 og også felle F4 som var plassert på dypere vann (ca. 8 m), var borte i en periode, men ble så funnet igjen. Det var relativt få problemer med fellene F1 - F3 da disse var plassert i noenlunde isfritt område på dypere vann.



Figur 2. Oversikt over oversikt sedimentfellene. På hver stasjon (F1-F8) var det 2 replikate feller. Prøvetagingsdatoer er vist med piler på x-aksen. Provetakerperioden er angitt med en horisontal strek. Tallet over streken angir antall dager fellen sto ute. Rektangelene viser hvilke prøver som ble slått sammen for analyse av organiske miljøgifter. Fyllingsfoten var etablert 8. februar 1997.

2.3 Analyser

Sedimenterte partikler ble lagret i forseglede, rene 500 ml glassflasker. Prøvene ble lagret frosset inntil analysene ble foretatt av Miljø-kjemi, Norsk Miljø Senter i Oslo. Analyser og omfang er beskrevet i vedlegg 16.

For å gi et best mulig bilde av spredningen av kontaminert sediment som følge av utfyllingsarbeidet ble alle prøvene analysert for TS (totalt tørrstoff). På et utvalg av prøvene ble det gjort analyser av et utvalg organiske miljøgifter (PAH og PCB). Figur 2 viser hvilke prøver som ble slått sammen for analyser av PAH og PCB. Hvert rektangel i figuren representerer en blandprøve. Det ble totalt gjort 17 analyser av PAH og PCB, fordelt på tre hovedgrupper;

- Prøver tatt mens arbeidet med kaifundamentet pågikk, dvs fra 2. januar til 8. februar 1996. Disse prøvene er fra stasjon F1 - F3, 2 replikater på hver stasjon.
- Prøver fra perioden etter kaifundamentet var på plass, dvs fra 8. februar til 21. mars 1996. Disse prøvene er også fra stasjon F1 - F3, 2 replikater på hver stasjon.
- 5 blandprøver fra hele prøvetakingsperioden ble analysert for stasjon F4-F8. På grunn av at enkelte prøver manglet fra disse stasjonene i den første delen av perioden, ble det laget blandprøver tatt både under og etter arbeidet med kaifundamentet.

Data fra analysene av organiske miljøgifter i sedimentet i fellene ga informasjon om endringer i konsentrasjonen av miljøgifter over tid på stasjoner i ulik avstand fra der arbeidet med kaien pågikk, og basert på disse analysene ble spredningen av det kontaminerte sedimentet beregnet.

Det ble i tillegg gjort PAH og PCB analyser på sedimentprøver (tatt 11/3-97) fra de samme stasjonene som ble brukt i den tidligere undersøkelsen (M1, M2, B1, B3).

Beregning av mengden partikler som sedimenterte per kvadratmeter per dag ($\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$)

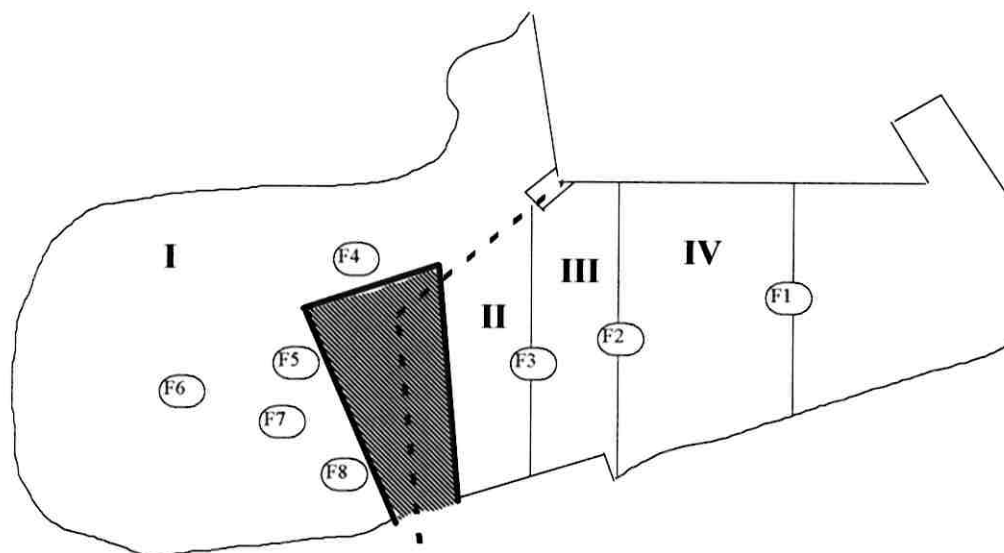
Vekten av sedimentet som ble samlet inn i hver felle ble dividert på antall dager fellen hadde stått ute. Hver periode fellene sto ute varierte fra 7 til 21 dager, som vist i figur 2.

- sediment vekt = $sv = 0.73$ g tørr vekt
- innsamlingsperiode = $t = 8$ dager
- mengde sedimentert materiale per dag = $sv/t = 0.73 / 8 = 0.091$ g/dag
- Disse daglige mengdene sediment ble så multiplisert med en faktor som tilsvarte det inverse av arealet av sedimentfellen for å få mengde sediment per kvadratmeter.
- diameter av sedimentfellen $d_i = 6$ cm (eller 7 cm)
- arealet av fellen = $a_i = \pi r^2 = 3.14 \times 3^2 = 28.27$ cm^2
- mengde sedimentert materiale per dag og enhet areal
$$\begin{aligned} &= sv_i \times (1/a_i) \\ &= 0.091 \text{ g/dag} \times (1/0.0028 \text{ m}^2) \\ &= 32.5 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{dag} \end{aligned}$$

Total mengde sedimentert materiale i Lundevågen under og etter arbeidet med utfyllingen.

Mengden sedimentert materiale (g tørrvekt) per kvadratmeter i hele perioden ble summert og ganget med antall kvadratmeter. Dette ble gjort for de 4 områdene inntegnet på kartskissen i figur 3. For område I ble snitt-verdier for stasjon F4-F8 brukt der det var mulig. I de periodene det ikke var data fra noen av disse stasjonene ble de samme verdiene som i område III brukt. For å beregne mengden sedimentert materiale i område II ble verdiene for stasjon F3 brukt, for område III snitt av data fra stasjon F3 og F2 og for område IV snitt av data fra stasjon F2 og F1. Så ble mengden sedimentert materiale i de 4 områdene summert for å få en totalverdi for hele bukten. Bakgrunns-sedimentasjonen ble trukket fra denne verdien.

Et planimeter ble brukt til å beregne areal av de fire områdene som bukta ble delt inn i (se figur 3).



Figur 3. Kartskisse av Lundevågen som viser de 4 områdene (I-IV) brukt i beregning av total mengde sedimentert materiale. Område I er hele området innenfor fyllingen. Område II er begrenset av fyllingen og broen og en vertikal linje gjennom stasjon F3. Område III er begrenset av vertikale linjer gjennom stasjon F3 og F2. Område IV er begrenset av vertikale linjer gjennom stasjon F2 og F1.

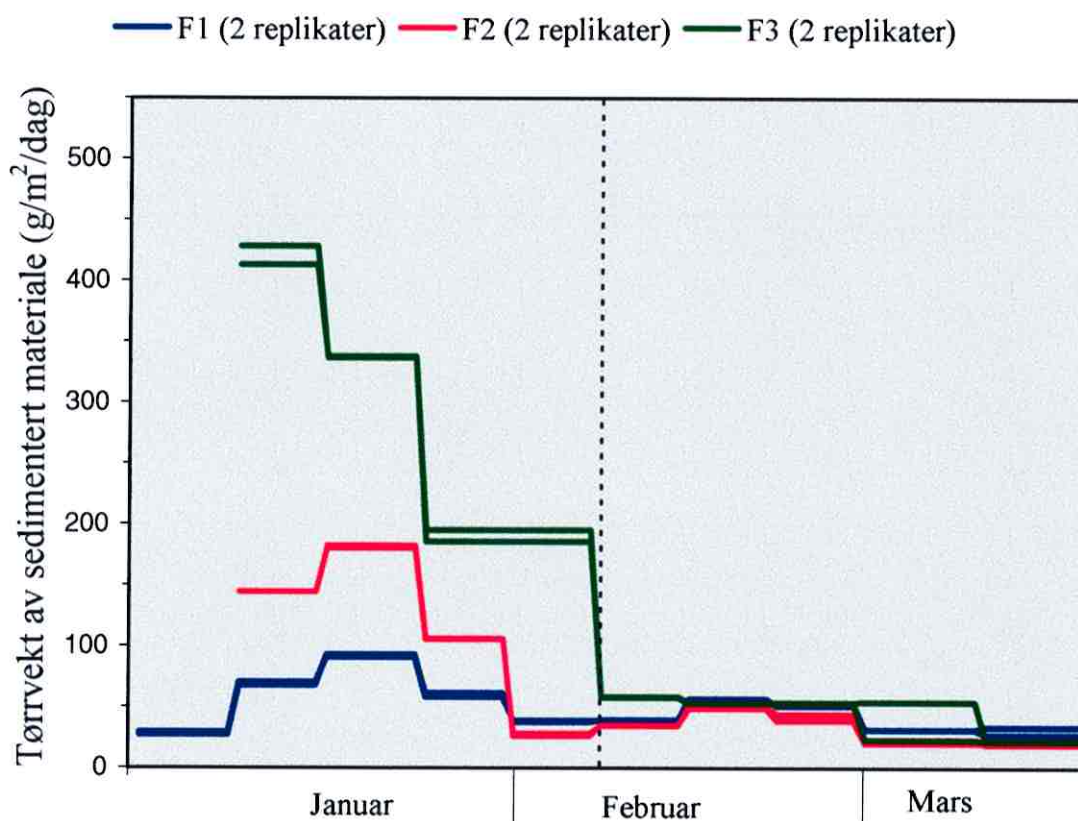
Tykkelsen på det sedimenterte materialet

Det ble regnet om til vått sediment ved å bruke snitt for tørrvekten i prøvene (63% tørrvekt), og antatt at vått sediment har en tetthet på $1,5 \text{ kg/dm}^3$. Ved å bruke disse omtrentlige verdiene kan man få en indikasjon på hvor tykt lag sediment den totale mengden sedimentert materiale representerer. Det er imidlertid betydelig usikkerhet i disse anslagene siden og tettheten av sediment varierer mye avhengig av kornstørrelse, organisk innhold etc.

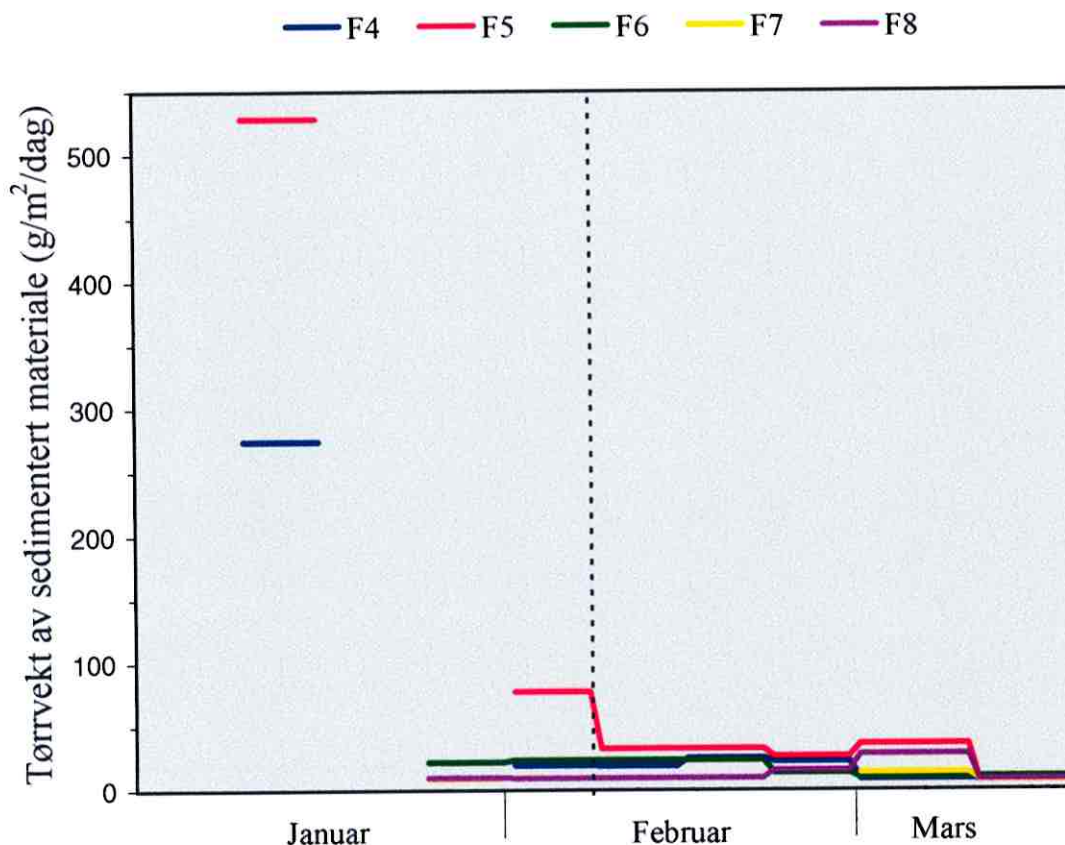
3 Resultater

3.1 Sedimenterbare partikler

Mengden av sediment-partikler i fellene representerte en sedimentasjonsrate som varierte fra 8 til 530 g/m²/dag (figur 4 og 5, vedlegg 2). "Bakgrunnsverdien" for sedimentasjon i området lå på omtrent 21 g/m²/dag. Dette er en meget høy verdi, og vil bli nærmere diskutert i kap. 4 - Diskusjon. Sedimentasjonsraten lå nær bakgrunnsverdien fra 1. til 10. januar og fra omkring 11. mars, i perioder da arbeidene med utfylling enten ikke hadde startet eller var ferdige.



Figur 4. Tørrvekt av sedimentert materiale på stasjon F1-F3 fra 2. januar til 21. mars 1997. Den vertikale stiplede linjen viser når arbeidet med fyllingsfoten ble avsluttet.



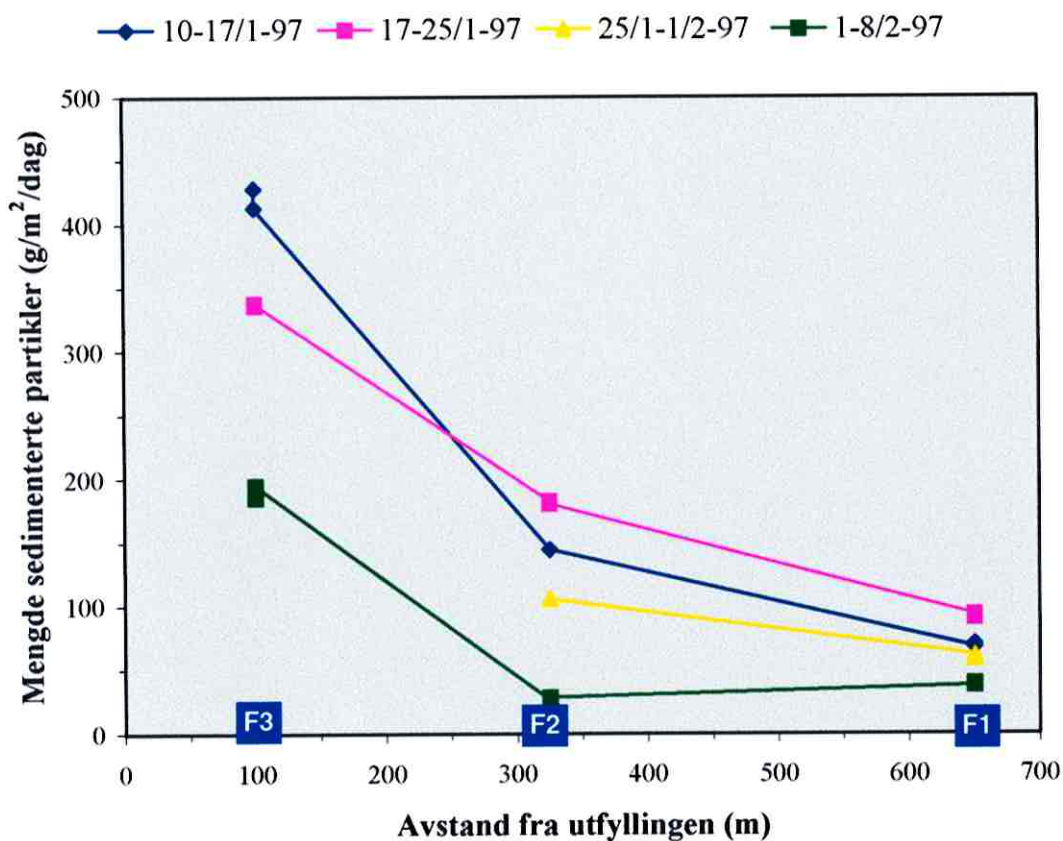
Figur 5. Torrvekt av sedimentert materiale på stasjon F4 - F8 fra 2. januar til 21. mars 1997. Den vertikale stiplede linjen viser når arbeidet med utfyllingen ble avsluttet.

Det var to replikater for hver prøvetaking på stasjon F1-F3. Det var liten variasjon mellom de to replikatene på hver stasjon (tabell 1) (gjennomsnittlig 8,1 % variasjon, eller 4,2 % hvis man ser bort fra stasjon F3 1-11/3, se vedlegg 1). Den lave variasjonen mellom replikatene på stasjon F1-F3 viser at også resultatene fra de andre stasjonene kan betraktes som pålitelige til tross for at det kun var en replikat der.

Stasjon F1 - F3 var plassert i et transekt fra utfyllingsområdet ut mot munningen av Lundevågen. Figur 6 viser klart at mengde innsamlet sediment hadde sammenheng med avstanden fra utfyllingsområdet. Mengden innsamlet sediment avtok med økende avstand fra utfyllingsområdet.

Stasjon F5 var plassert nærmest utfyllingsområdet og hadde den høyeste sedimentasjonsraten av alle stasjonene i uken etter arbeidet startet.

Figur 6 viser endring i sedimentasjonen med avstand fra utfyllingsområdet. Merk at det var størst forskjell mellom stasjonene tidlig i perioden arbeidene pågikk. Dette er perioden hvor fyllingsfoten ble etablert, og hvor en kan forvente størst grad av resuspensjon av sedimentet.



Figur 6. Endring i mengde sedimentert materiale med avstand fra utfyllingen. De 4 grafene viser sedimentasjonsraten i de 4 ukene arbeidet etablering av fyllingsfoten pågikk.

Resultatet fra beregning av sedimentert materiale i undersøkelsesområdet ut til 650 m fra utfyllingsområdet viste at det i løpet av undersøkelsesperioden sedimenterte minst 528 tonn tørrvekt sediment mer enn bakgrunnsnivået (Tabell 1 og 2). Mengden sedimentert materiale i perioden mellom 10. januar til 8. februar 1997 (mens arbeidet pågikk) utgjorde 90 % av totalmengden vist i tabell 2 (se vedlegg 13-15 der utregningene vises). Bakgrunnsnivåene (basert på 21 g/m²/dag) er trukket fra i denne beregningen. Denne mengden med tørt sediment tilsvarte anslagsvis et lag på 7 mm vått sediment nærmest utfyllingen og ca 2 mm lengst vekk (opptil 650 m) fra utfyllingen (tabell 2).

Tabell 1. Mengde sedimentert materiale i perioden under og etter utfyllingsarbeidet (2/1-20/3-97). Områdene er skissert i figur 3. Område I er innenfor fyllingen. Område II er mellom fyllingen og en vertikal linje gjennom stasjon F3. Område III er begrenset av vertikale linjer gjennom stasjon F3 og F2. Område IV er begrenset av vertikale linjer gjennom stasjon F2 og F1.

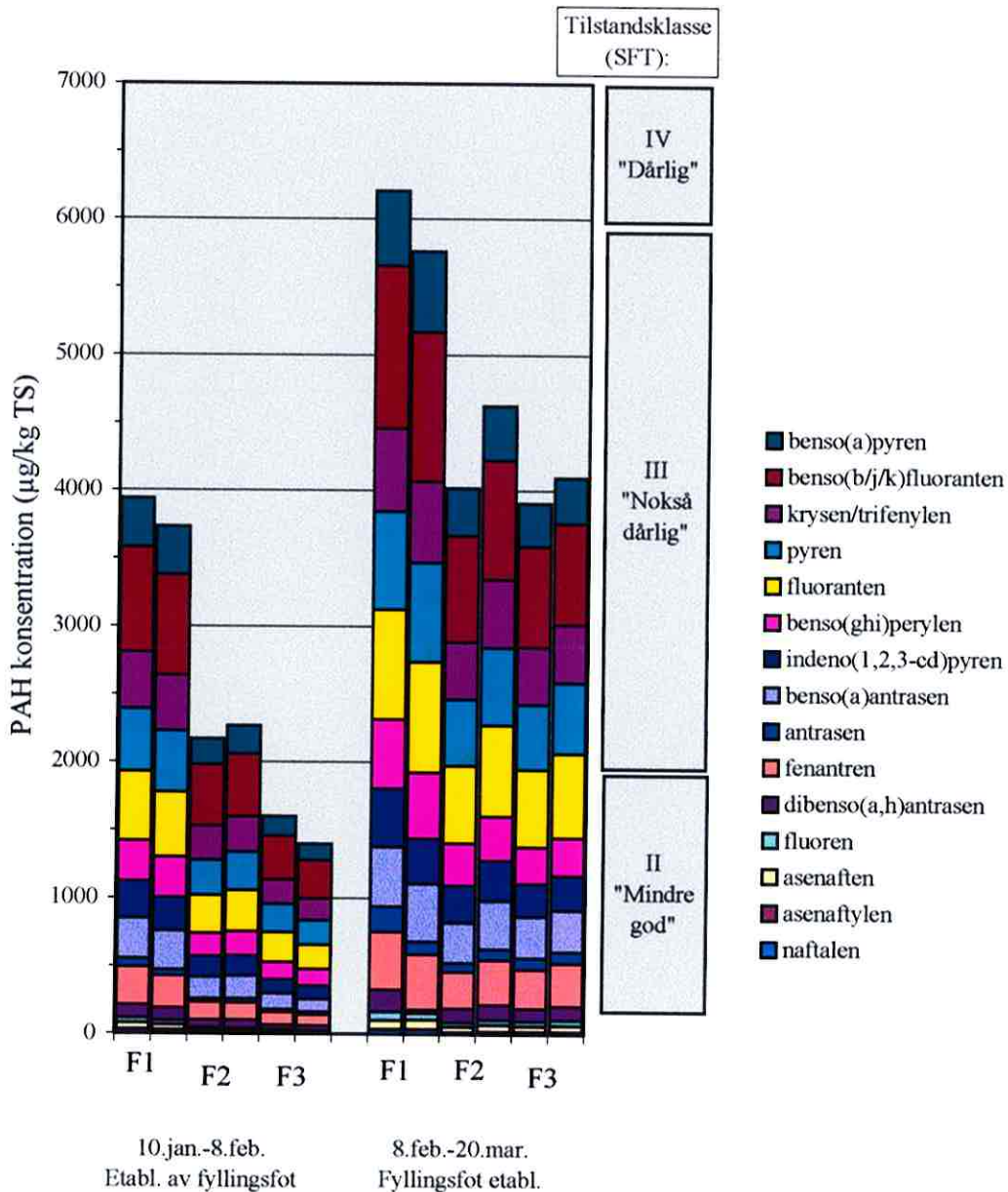
Område	Areal (m ²)	Sedimentert materiale (kg tørrvekt/m ²) (2/1-20/3-97)	Total mengde sedimentert materiale (tonn tørrvekt) (2/1-20/3-97)	Mengde sedimentert materiale i mm vått sediment (2/1-20/3-97)
I	134 000	6	236	6
II	12 000	10	114	9
III	26 000	8	197	7
IV	40 000	4	170	4
I-IV	212 000	-	717	-

Tabell 2. Mengde sedimentert materiale som følge av utfyllingsarbeidet.

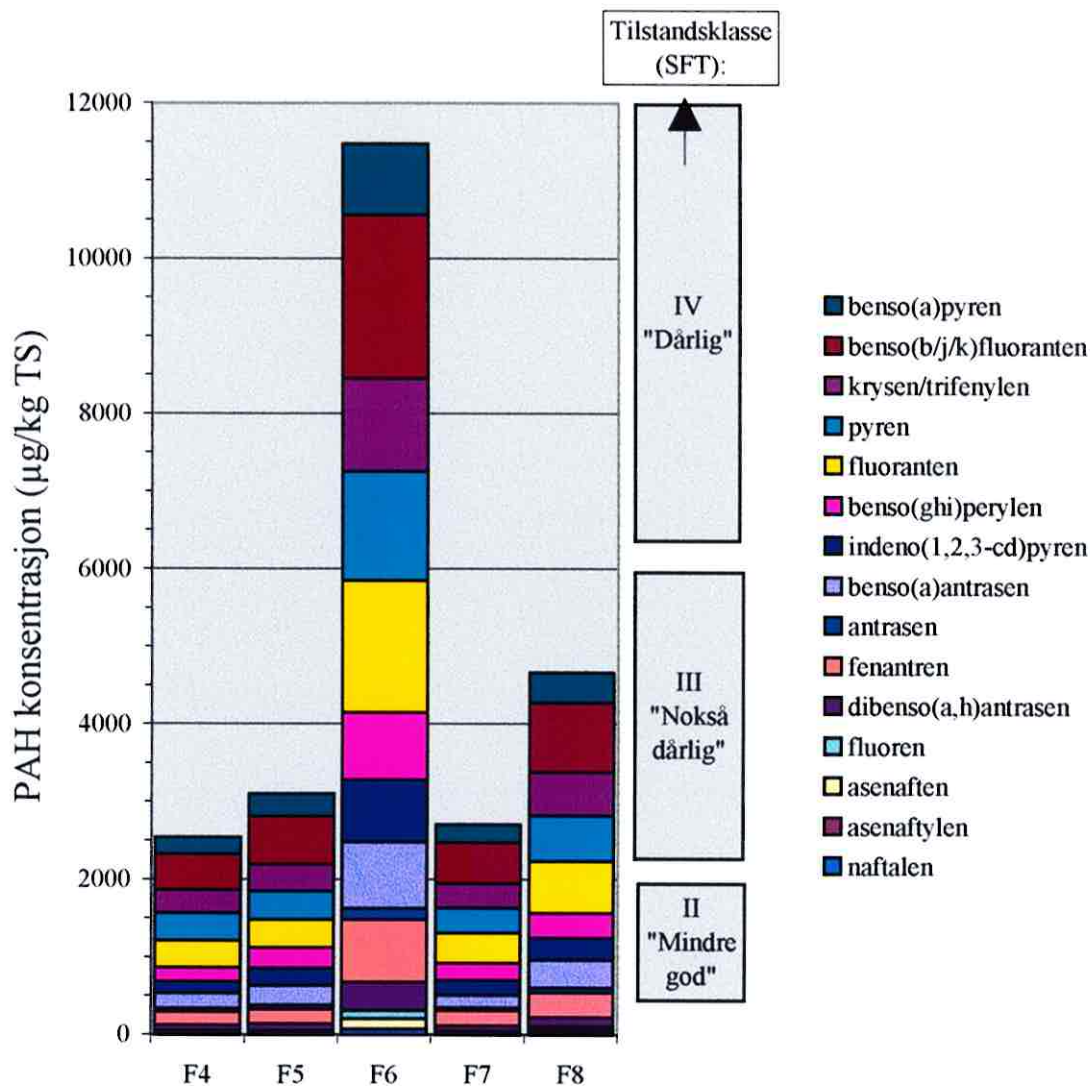
Sedimentasjon i område I-IV i perioden 2/1-20/3-97	tonn (tørrvekt)	mm vått sediment
Totalt	717	4 - 9
Høy bakgrunns sedimentasjon	189	2
Lav bakgrunns sedimentasjon	2	0,02
Netto sedimentasjon i område I-IV	528 - 715	Minst 2 - 7

3.2 PAH

Figur 7 og 8 (og vedlegg 3, 4 og 7) viser at konsentrasjonen av PAH i sedimentet i fellene var svært høy. Tilstanden på alle stasjoner (bortsett fra stasjon F3 under arbeidet) kan klassifiseres som "nokså dårlig" eller "dårlig" når det gjelder sum PAH i sedimentet i fellene (SFTs tilstandsklasse III og IV).



Figur 7. PAH-konsentrasjon på stasjon F1-F3 i samleprøver fra under og etter utfyllingsarbeidet. Soylen viser summen av 15 PAH-forbindelser i to replikate prøver fra hver stasjon. SFTs tilstandsklasser for sum PAH i sediment er indikert til høyre i figuren.

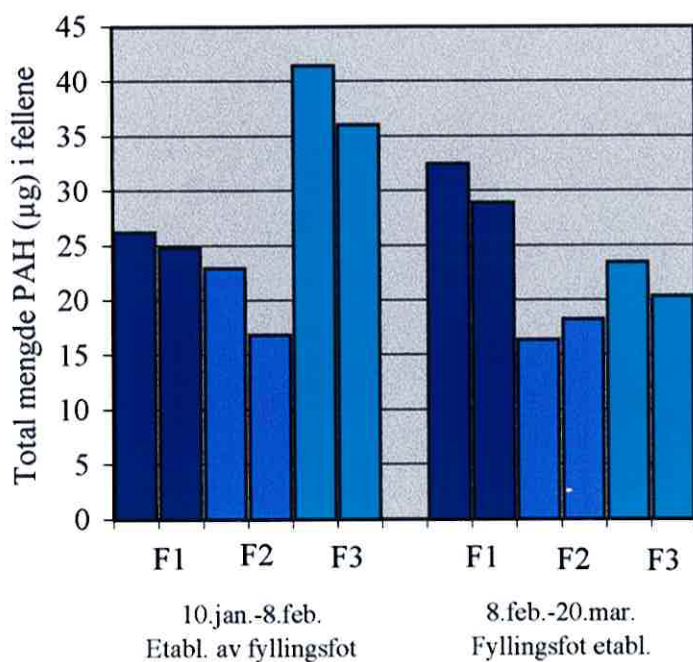


Figur 8. PAH-konsentrasjon på stasjon F4-F8 i samleprover fra hele perioden (under og etter at fyllingsfoten er etablert). Søylene viser summen av 15 PAH-forbindelser. SFTs tilstandsklasser for sum PAH i sediment er indikert til høyre i figuren.

Konsentrasjonen av nesten alle PAH-forbindelsene var lavere på stasjon F1-F3 under arbeidet med utfyllingen enn etter at fyllingsfoten var etablert (Figur 7, vedlegg 3 og 4). I gjennomsnitt var konsentrasjonene av hver PAH-forbindelse på stasjon F1-F3 45% lavere under utfyllingen enn etter (forskjellen er statistisk signifikant; t-test, $p < 0,05$). Forskjellen skyldes sannsynligvis at steinstøvet i forbindelse med utfyllingen har "tynnet" ut PAH konsentrasjonen, og at denne "fortynningseffekten" har blitt redusert etter som fyllingen foregikk høyere i vannsøylen og etterhvert over vann.

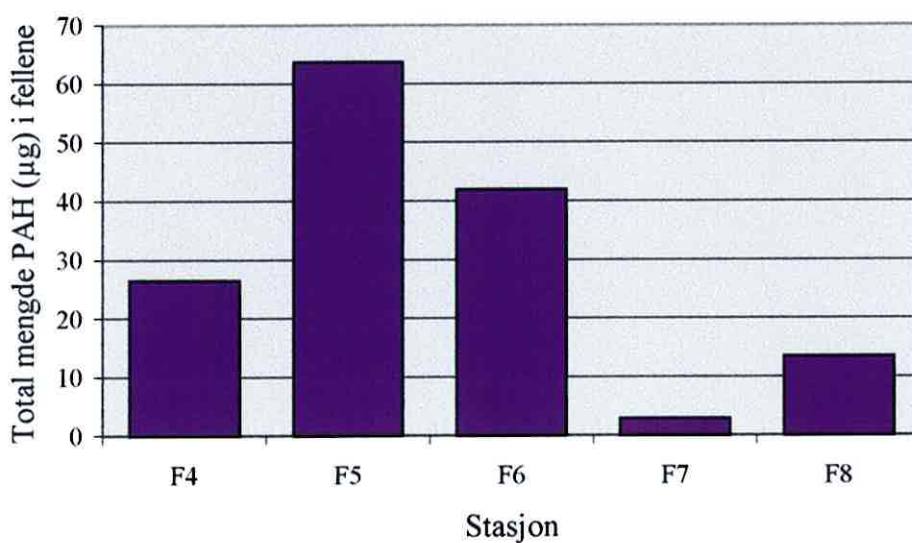
Figur 7 viser også at under arbeidet med fyllingen økte konsentrasjonen av PAH (µg/kg tørrvekt) med økende avstand til fyllingen ($F1 > F2 > F3$). Det var mindre forskjell i mengde PAH i det sedimenterte materialet etter at fyllingsfoten var etablert i starten av februar.

Figur 9 (og vedlegg 5 og 6) viser samlet mengde PAH i sedimentet i fellene F1 - F3 under og etter utfyllingsarbeidet. Mengden sediment i fellene på stasjon F1-F3 var ikke signifikant forskjellig under og etter arbeidet med utfyllingen (t-test, $p = 0,3$).



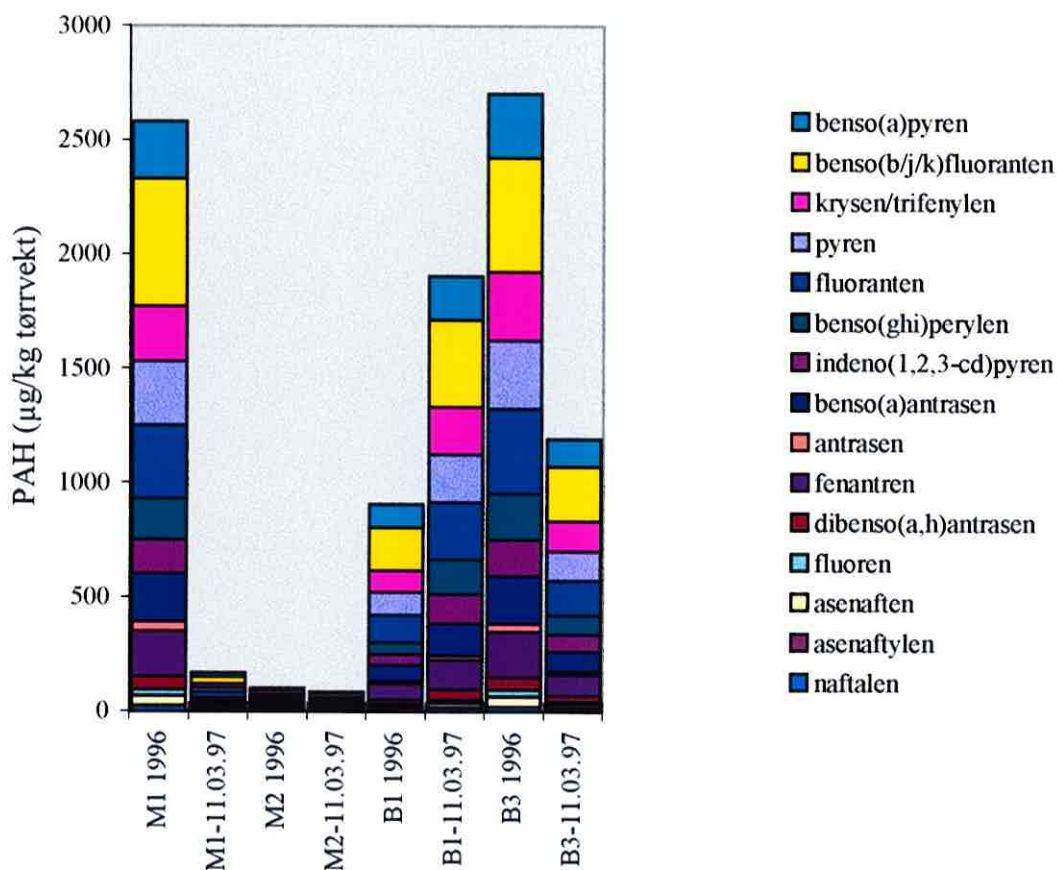
Figur 9. Total mengde PAH i fellene på stasjon F1-F3 (2 replikater per stasjon). Prøvene er analysert som samleprøver for perioden frem til fyllingsfoten var etablert, og perioden etter frem til arbeidet ble avsluttet i mars (se figur 2).

Total mengde PAH i fellene på stasjon F4-F8 er vist i figur 10. Verdiene representerer en samleprøve for hele perioden.



Figur 10. Total mengde PAH i fellene på stasjon F4-F8. Det er en samleprøve for hele perioden (under og etter at fyllingsfoten var etablert) (se figur 2).

PAH-konsentrasjonen i sedimentprøvene fra stasjonene M1, M2, B1 og B3 for 1996 og 11. mars 1997 er vist i figur 11. På stasjon M1 og B3 var konsentrasjonen lavere i 1997 enn i 1996, på stasjon M2 omtrent uforandret, og på stasjon B1 var konsentrasjonen av sum PAH høyere i 1997 enn i 1996.



Figur 11. Konsentrasjonen (µg/kg tørrvekt) av de ulike PAH-forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997. Søylene viser summen av 15 PAH-forbindelser.

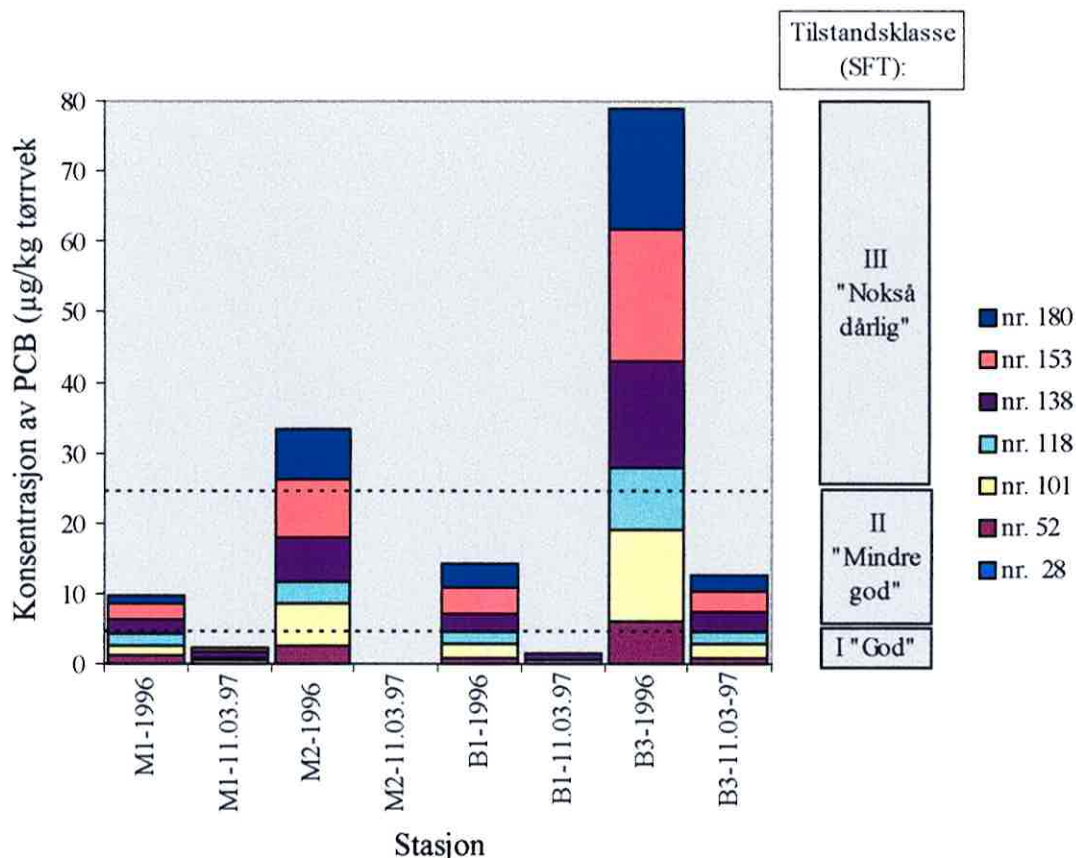
Sammensetningen av PAH-forbindelsene var tilnærmet lik i prøver av overflatesedimentet (M1, M2, B1, B3) tatt i 1996 og 11/3-1997 og i sedimentet i fellene på samtlige stasjoner (F1-F8) under og etter arbeidet med utfyllingen (vedlegg 9 - 11).

3.3 PCB

Konsentrasjonen av PCB var ikke over deteksjonsgrensen i 16 av de 17 samleprøvene fra sedimentfellene på stasjon F1-F8. Det var imidlertid svært høye konsentrasjoner av PCB-forbindelser i sedimentet i fellen fra stasjon F7. Hvis konsentrasjonen av sum PCB er over 300 µg/kg tørrvekt karakteriserer SFT tilstanden som "meget dårlig", på stasjon F7 var konsentrasjonen av sum PCB 684 µg/kg tørrvekt. Tilstanden i de øverste 2 cm av

sedimentet på stasjon M1, M2, og B1 var "god" i prøven tatt 11. mars 1997 (etter arbeidet med utfyllingen var ferdig).

PCB-konsentrasjonen i sedimentprøvene (0 - 2 cm) fra stasjonene M1, M2, B1 og B3 for 1996 og 11. mars 1997 var betydelig lavere på alle de fire stasjonene i 1997 enn i 1996. Snitt-konsentrasjonen (sum PCB) var 34 µg/kg tørrvekt i 1996 og 4 µg/kg tørrvekt etter arbeidet med utfyllingen i 1997.



Figur 12. Konsentrasjonene (µg/kg tørrvekt) av de ulike PCB-forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997. Søylen viser summen av 7 PCB-forbindelser. SFTs tilstandsklasser for sum PCB i sediment er indikert til høyre i figuren.

Forholdstallet mellom de ulike PCB forbindelsene var forholdsvis likt mellom de ulike stasjonene i prøvene fra 1996. Verdiene for sum PCB fra M1, M2 og B1 i 1997 er relativt lave, og en sammenligning av sammensetningen mellom de to prøvetidspunktene er ikke relevant. På B3 i 1997 var forholdstallet mellom de ulike PCB forbindelsene relativt likt det som ble målt i 1996.

4 Diskusjon

4.1 Sedimentasjon

4.1.1 Bakgrunnssedimentasjon

Bakgrunnssedimentasjon på omtrent $21 \text{ g/m}^2/\text{dag}$ kan betraktes som ekstremt høy for Farsund-området som en helhet, og spesielt tatt i betraktning at målingene er gjort om vinteren hvor det ikke er algeoppblomstring. Resultater presentert av Skei (1986) indikerer et årlig gjennomsnitt på $0,25 \text{ g/m}^2/\text{dag}$ i nabofjorden Framvaren som er dyp og innelukket. I en studie foretatt av RF med samme utstyr ved Gåsholmen i Farsund havn (Westerlund, muntlig kommunikasjon) var sedimentasjonsraten nær $2,5 \text{ g/m}^2/\text{dag}$. Dette var under vår oppblomstringen, slik at denne verdien antagelig er høyere enn snittverdien for hele året. Det er ofte en kraftig gjennomstrømning av vann i det området der denne sedimentasjonsraten ble målt, i motsetning til inne i Lundevågen der lav gjennomstrømning kan gi høyere sedimentasjonsrate.

I resultatdelen er det inkludert estimater av netto sedimentasjon både med høy og lav bakgrunnsverdi. Siden den lave bakgrunnsverdien fra Framvaren (Skei, 1986) er nesten 100 ganger lavere enn den som ble målt i Lundevågen har valg av bakgrunnsverdi betydning for konklusjonen man trekker når det gjelder økningen i sedimentasjonen i perioden arbeidet pågikk. Årsaken til den ekstremt høye bakgrunnssedimentasjonen i Lundevågen er ikke kjent, men er antagelig knyttet til den aktiviteten som utøves i området rundt vågen.

4.1.2 Endringer i sedimentasjon med tid

Fordi bukta frøs til i første del av undersøkelses-perioden mangler vi data fra noen feller (figur 2), men for stasjonene F1-F3 er det gode data fra hele perioden.

Som ventet var det høyest sedimentasjon omtrent da fundamentet til kaiutvidelsen på sydsiden av bukta ble laget. Da fyllingsfoten var etablert, slik at videre utfylling skjedde på stein, og etterhvert over vannlinjen, sank mengden sedimentert materiale.

For å unngå spredning av materialet ble et flytende beskyttelsesnett plassert rundt utfyllingsområdet. Isen forårsaket imidlertid flerrer i stoffet, spesielt på syd-vest siden av utfyllingen. Dette kan delvis være grunnen til at det tok lenger tid enn ventet før sedimentasjonen var redusert til bakgrunns-nivå (ca. 45 dager). Selv om hovedfundamentene var delvis beskyttet av nettet og den nedsenkede del av utfyllingen var ferdig tidlig i kartleggingsperioden, pågikk det også andre arbeider i området, for eksempel nedsetting av fundamenter for brokar på nordsiden av bukta.

Siltskjørtet ser ut til å ha fungert etter hensikten i de områder hvor det var intakt,

En konklusjon en kan trekke fra dette er at, skal videre utfyllingsarbeider foretas i dette eller et lignende område, bør beskyttelsesanordninger, som f. eks. et flytenett brukes. Og at det er i perioden frem til fyllingsfot, er etablert at hoveddelen av resuspensjonen vil finne sted.

Den høyeste sedimentasjonen på stasjon F1 inntraff ca. 1 uke etter maksimums-sedimentasjonen på stasjonene nærmest utfyllingsområdet (F3 - F5). Dette indikerer at det tok flere dager før sedimentet ble transportert de 650 meterne vekk fra utfyllingsområdet. Reduksjon i sedimentasjonen til bakgrunnsnivå ble tilsvarende forsinket på stasjon F1.

4.1.3 Endringer i sedimentasjon med avstand til utfyllingen

På grunn av isproblemene, var det for lite data til å studere endringer i sedimentasjonen under og etter arbeidet med utfyllingen på stasjon F4 - F8. Stasjon F5 hadde den høyeste sedimentasjonen (i uken etter arbeidet ble påbegynt) av alle stasjonene, og lå nærmest de ødelagte delene av beskyttelsesnettet. Dette indikerer at det ødelagte nettet delvis forklarer den høye sedimentasjonen inne i bukta. Videre vil den fysiske plasseringen av kaien ha redusert strømhastigheten i det indre område av bukta og således bidratt til å øke sedimentasjonsraten. Det var ikke mulig å fornye nettet i frostperioden, både fordi det var umulig å komme til på grunn av isen, og fordi det var fare for å ødelegge nettet ytterligere.

Det går klart frem av data fra stasjon F1-F3 at sedimentasjonen avtok betydelig med økende avstand til utfyllingen. Sedimentasjonsraten på stasjoner nær utfyllingen (F3, F4 og F5) var fra 13 til 25 ganger høyere enn bakgrunnsverdien (21 g/m²/dag) den første uken arbeidet pågikk. På stasjon F2 og F1 som lå 325 m og 650 m vekk fra utfyllingen hadde henholdsvis 4 ganger og 9 ganger høyere maksimum sedimentasjonsrate enn bakgrunnsverdien i perioden arbeidet pågikk.

4.1.4 Partikkelmengde

Det ble anslått at ca. 528 tonn partikler (tørrvekt) sedimenterte i Lundevågen (ut til 650 m fra utfyllingsområdet; stasjon F1) under og etter arbeidet med utfyllingen (2/1 til 20/3-1997). Den sedimenterte mengden tilsvarer ca. 0,1 % av totalt utfylt masse (av totalen på 220 000 m³). I perioden mellom 10. januar til 8. februar 1997 (mens arbeidet med fyllingsfoten pågikk) sedimenterte det omtrent 476 tonn (tørrvekt), dvs 90 % av totalmengden. Bakgrunnsnivåene (basert på 21 g/m²/dag) er trukket fra i denne beregningen.

Hvis en sammenligner med sedimentasjonsraten i nabofjorden Framvaren (0,25 g/m²/dag; Skei, 1986), er den estimerte mengden sedimentert materiale i Lundevågen 360 ganger høyere. Sammenligner en med en bakgrunns-sedimentasjon på 21 g/m²/dag (som er ekstremt høy) ligger den estimerte verdien for Lundevågen 4 ganger høyere i undersøkelsesperioden. Denne mengden tilsvarer et sedimentlag på anslagsvis 2-7 mm vått sediment.

Uansett kan en konkludere at flere hundre tonn (minst 528 tonn) tørrvekt sediment ble sedimentert i denne perioden i tillegg til det som er naturlig. Mengden avtok raskt både

med avstand fra utfyllingen og med tid, og anslagsvise beregninger viser at den maksimale tykkelsen på av det sedimenterte materialet på bunnen var under 1 cm.

4.2 PAH

Det er tidligere målt høye konsentrasjoner av PAH i sedimentet i Lundevågen (Konieczny & Juliussen 1995 og Myhrvold *et al.*, 1996). Overflatesediment fra stasjoner innenfor der utfyllingen ligger nå, hadde sommeren 1996 en konsentrasjon av sum PAH på 0,1-21,3 mg/kg tørrvekt. Konsentrasjonen av sum PAH på stasjoner der fyllingen ligger nå, var 0,15 - 17,7 mg/kg tørrvekt. På stasjoner utenfor utfyllingsområdet var konsentrasjonen 1,1- 24,1 mg/kg tørrvekt sum PAH. Disse verdiene viser at konsentrasjonen av PAH i overflatesedimentet varierte mye mellom stasjonene i Lundevågen. Gjennomsnittet for alle prøver tatt i 1996 var 8,9 mg/kg tørrvekt sum PAH, snittet for de 17 prøvene fra sedimentfellene i 1997 var 4,0 mg/kg tørrstoff. Konsentrasjonen av sum PAH i sedimentet fra fellene på stasjon F1-F8 varierte fra 2,5 til 11,5 mg/kg tørrvekt. Konsentrasjonen av sum PAH (0,08 - 1,9 mg/kg tørrvekt) i prøvene av overflatesediment fra 4 stasjoner innenfor fyllingen var lavere enn i 1996, og lavere enn konsentrasjonen i sedimentet i fellene innenfor utfyllingen (F4-F8). En mulig forklaring er at den rene fyllmassen som sedimenterte under arbeidet med utfyllingen har fortynnet konsentrasjonene av PAH i sedimentprøvene tatt 11/3-97 i forhold til i prøver tatt i 1996.

Nitti prosent av mengden partikler som ble fanget opp i sedimentfellene kom i perioden mens arbeidet med etablering av fyllingsfoten pågikk. Likevel var det ikke signifikant forskjell på *mengden* PAH i fellene i samleprøver fra før og etter at fyllingsfoten var etablert (stasjon F1-F3). Det er derfor sannsynlig at PAH forbindelsene i sedimentet i fellene stammer fra et utslipp som fremdeles pågår. Den tilnærmet like sammensetningen av PAH-forbindelser i prøver av overflatesediment og sediment i fellene på alle stasjoner under og etter arbeidet med utfyllingen tyder på at forurensning I hovedsak stammer fra én kilde (se punkt 3.2 og vedlegg 9 - 11).

Hvis PAH-kontaminert sediment hadde blitt resuspendert og transportert rundt i bukta som følge av utfyllingsarbeidet hadde man forventet redusert mengde PAH med økende avstand til utfyllingen. Den mest sannsynlige forklaringen på at mengden sedimentert materiale og konsentrasjon av sum PAH avtok med økende avstand til utfyllingen (data fra stasjon F1-F3), er at ren fyllmasse fortynnet konsentrasjonen av PAH nær utfyllingen. Resultatene tyder altså ikke på at utbyggingsarbeidene forårsaket betydelig resuspensjon og transport av PAH-kontaminert sediment. Fyllmassen som ble brukt til fundamentet for kaien kan ha dekket til og lukket inne det PAH-kontaminerte sedimentet. Materiale på utkanten av utfyllingssonen kan imidlertid ha blitt resuspendert. Siden det ikke er mulig å sammenligne konsentrasjon eller mengde av PAH under og etter arbeidene på stasjon F4-F8, kan man ikke si noe om endringer i mengden PAH i det sedimenterte materialet mindre enn 100 meter fra utfyllingen.

4.3 PCB

Det ble i 1996 målt høye konsentrasjoner av PCB i overflatesedimentet i Lundevågen bl.a. på stasjon M7-M9 som lå under der fyllingen ligger nå (Myhrvold *et al.*, 1996). Hvis dette sedimentet hadde blitt resuspendert og transportert rundt i bukta ville konsentrasjonen av PCB i fellene vært målbar. Siden det ikke var detekterbare konsentrasjoner av PCB i 16 av 17 prøver fra sedimentfellene tyder det på at det ikke var betydelig resuspensjon av det kontaminerte sedimentet under arbeidet med fyllingen. De lave (ikke detekterbare) PCB-konsentrasjonene i de fleste prøvene fra sedimentfellene gjør det lite sannsynlig at de høye konsentrasjonene av målt i 1996 stammer fra et pågående utslipp.

Konsentrasjonen av PCB i overflatesediment på stasjon M1, M2, B1 og B3 var også lavere etter utfyllingsarbeidet enn i 1996. Det samme gjaldt for PAH på 3 av de 4 stasjonene. Fortynning av det kontaminerte overflatesedimentet med ren fyllmasse som følge av utfyllingen er en forklaring. Siden konsentrasjonen av PAH var høyere på en stasjon i 1997 enn i 1996 kan stor lokal variasjon i konsentrasjonen av PAH og PCB i sedimentet (jfr. Myhrvold *et al.*, 1996) også være med på å forklare disse resultatene.

5 Konklusjoner

Sedimentasjon

- Betydelige mengder partikler, hovedsakelig fra steinmasse brukt til utfyllingen, ble suspendert i vannet og transportert rundt i Lundevågen.
- Nivåene sank hurtig med økt distanse fra utfyllingsområdet.
- Sedimentasjonsraten var redusert til bakgrunnsnivå (21 g/m²/dag) 45 dager etter at fyllingsfoten var etablert.
- Det var høyest sedimentasjon (530 g/m²/dag) i sedimentfellen (F5) som var plassert nærmest den ødelagte delen av beskyttelsesnettet.
- Resultatene indikerer at isens ødeleggelse av beskyttelsesnettet bidro til å øke sedimentasjonen. Det var imidlertid ikke mulig å reparere nettet i frostperioden.

PAH

- Konsentrasjonen av sum PAH var høyere etter at arbeidet fyllingsfoten var etablert. Dette skyldes sannsynligvis at de "rene" partiklene fra fyllmassen fortynnet det PAH-kontaminerte sedimentet.
- Total mengde PAH i sedimentfellene under og etter utfylling var ikke signifikant forskjellig. Dette tyder på at det fremdeles pågår utslipp av PAH til Lundevågen.
- Utbyggingen synets ikke å forårsake noen målbar resuspensjon og transport av PAH i Lundevågen. Konsentrasjonen av PAH i sedimentet i fellene var i snitt 55 % lavere enn konsentrasjonen i overflatesediment (0-2 cm) målt i 1996.

PCB

- Det at det ikke var detekterbare konsentrasjoner av PCB i 16 av 17 prøver fra sedimentfellene indikerer at resuspensjon av det kontaminerte sedimentet ikke var betydelig. Dette gjør det også lite sannsynlig at de høye konsentrasjonene av PCB målt i 1996 stammer fra et pågående utslipp.

Anbefalinger

- Oppfølgingsarbeider en tid etter utbyggingen vil være nyttig for å følge konsentrasjonen av PAH i sedimentet og sedimentasjonsraten.
- Videre arbeid anbefales også for å identifisere kildene til PAH-forbindelser i Lundevågen.

6 Referanser

- Konieczny, R. M. og A. Juliussen 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Fase I. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. NIVA. løpenr. 3275. ISBN 82-577-2780-6.
- Myhrvold, A., Cripps, S.J. og Hjøhlman, S. (1996). Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund. Rogaland Research Report RF-96/253. Rogaland Research: Stavanger.
- Myhrvold, A. 1996. *Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund. Tilleggsrapport*. RF-Rogalandsforskning. 15 s. RF-96/287.
- Skei, J. (1986). The biogeochemistry of Framvaren. NIVA Report F-80400. NIVA: Oslo. p165.
- Westerlund, S. (pers. comm., 1997). Rogaland Research, Stavanger.

Vedlegg

Vedlegg 1. Total tørrvekt av partikler innsamlet i sedimentfellene for hver prøveperiode.

Vedlegg 2. Total tørrvekt av partikler innsamlet i sedimentfellene per m² per dag per periode.

Vedlegg 3. PAH- konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 under arbeidet med fyllingsfoten. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Vedlegg 4. PAH- konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 etter at arbeidet med fyllingsfoten var avsluttet. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Vedlegg 5. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 under arbeidet med fyllingsfoten. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Vedlegg 6. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 etter at arbeidet med fyllingsfoten var avsluttet. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Vedlegg 7. PAH-konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F4 - F8 under hele undersøkelsesperioden.

Vedlegg 8. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F4 - F8 under hele undersøkelsesperioden

Vedlegg 9. Forholdstall mellom de ulike PAH-forbindelsene målt på stasjon F1-F3 i Lundevågen under og etter arbeidene med fyllingsfoten var avsluttet.

Vedlegg 10. Forholdstall mellom de ulike PAH-forbindelsene målt på stasjon F4-F8 i Lundevågen under hele undersøkelsesperioden.

Vedlegg 11. Forholdstall mellom de ulike PAH- forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997.

Vedlegg 12. Forholdstall mellom de ulike PCB-forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997.

Vedlegg 13. Utrekning av total mengde partikler som sedimenterte under og etter arbeidet med fyllingen.

Vedlegg 14. Data for perioden da arbeidet med fyllingsfoten pågikk (10. januar til 8. februar 1997).

Vedlegg 15. Tabellen viser hvilke data som er brukt til å regne ut en gjennomsnittsedimentasjon (se vedlegg 13 og tabell 1 og 2) i hver av de fire områdene vist i figur 3. Gjennomsnittet av verdiene for prøvene/replikatene ble brukt for hver periode/område.

Vedlegg 16. Analyserapport fra Miljø-kjemi.

Vedlegg 1. Total tørrvekt av partikler innsamlet i sedimentfellene for hver prøve-periode.

Stasjon	Periode										
	(g)	2-10/1	10-17/1	17-25/1	25/1-1/2	1-8/2	8-15/2	15-22/2	22/2-1/3	1-11/3	11-20/3
F1a		0,7	1,5	2,3	1,3	0,9	0,9	1,2	1,1	1,0	1,1
F1b		0,7	1,5	2,3	1,3	0,8	0,9	1,2	1,14	1,0	0,9
F2a			3,1	4,5	2,3	0,6	0,8	1,1	1,0	0,7	0,6
F2b				4,5	2,3	0,6	0,8	1,1	0,8	0,6	0,6
F3a			9,0	8,4		8,5	1,3		2,3	1,7	0,7
F3b			9,3	8,4		8,1	1,3		2,3	0,7	0,7
F4			7,4			0,5	0,5	0,7	0,6	0,3	0,3
F5			14,3			2,1		1,8	0,7	1,4	0,3
F6					0,6			1,9	0,4	0,4	0,4
F7					0,3					0,5	0,3
F8					0,3			0,8	0,4	1,1	0,3

Vedlegg 2. Total tørrvekt av partikler innsamlet i sedimentfellene per m² per dag per periode.

(g/m ² . dag)	Tid mellom innsamlingene (dager)									
	8	7	8	7	7	7	7	7	10	10
F1a	29	70	91	58	39	39	57	51	32	34
F1b	27	68	93	62	38	40	55	52	32	27
F2a		145	180	106	28	34	51	44	22	19
F2b			182	106	26	35	49	39	21	21
F3a		413	338		195	58		54	54	23
F3b		428	337		186	58		53	23	22
F4		275			20	19	25	23	9	8
F5		529			78		33	27	37	8
F6				22			24	14	10	10
F7				10					14	8
F8				10			10	16	28	8

Vedlegg 3. PAH- konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 under arbeidet med fyllingsfoten. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Innsamlingsperiode	2. jan - 8. feb						Gjennom- snitt
Stasjon	F1		F2		F3		
Prove Prove nr.	F1a 1	F1b 2	F2a 3	F2b 4	F3a 5	F3b 6	
PAH µg/kg TS							
naftalen	31	24	16	6.9	8.3	4.2	15
asenaftalen	2.9	2.9	1.8	2.1	2.7	1.3	2
asenaften	46	39	18	20	13	11	25
fluoren	35	30	13	13	9.6	8.1	18
fenantren	280	240	130	130	95	83	160
antrasen	60	43	26	27	18	17	32
fluoranten	510	480	280	300	220	180	328
pyren	460	450	260	280	210	180	307
benso(a)antrasen	300	290	160	170	120	100	190
krysen/trifenylen	420	410	250	260	180	160	280
benso(b/j/k)fluoranten	770	740	450	460	320	280	503
benso(a)pyren	360	350	190	210	140	120	228
indeno(1,2,3-cd)pyren	270	240	150	150	100	98	168
dibenso(a,h)antrasen	97	93	56	60	33	36	63
benso(ghi)perylene	300	300	170	180	130	120	200
Total PAH (µg/kg)	3941.9	3731.9	2170.8	2269	1599.6	1398.6	2518.6

Vedlegg 4. PAH- konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 etter at arbeidet med fyllingsfoten var avsluttet. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Innsamlingsperiode	8. feb - 21. mars						Gjennom- snitt
Stasjon	F1		F2		F3		
Prove Prove nr.	F1a 7	F1b 8	F2a 9	F2b 10	F3a 11	F3b 12	
PAH µg/kg TS							
naftalen	35	37	14	17	16	17	23
asenaftalen	4.2	4.2	3.2	3.7	3	3.4	4
asenaften	66	67	41	49	42	48	52
fluoren	63	50	32	38	37	39	43
fenantren	430	410	270	330	290	320	342
antrasen	180	90	67	80	80	82	97
fluoranten	810	810	570	670	570	620	675
pyren	720	730	490	570	480	520	585
benso(a)antrasen	440	430	300	360	310	310	358
krysen/trifenylen	610	600	420	500	420	430	497
benso(b/j/k)fluoranten	1200	1100	780	880	740	740	907
benso(a)pyren	550	590	350	400	320	340	425
indeno(1,2,3-cd)pyren	430	330	270	290	240	250	302
dibenso(a,h)antrasen	160	22	100	110	93	100	98
benso(ghi)perylene	510	490	310	330	270	280	365
Total PAH (µg/kg)	6208.2	5760.2	4017.2	4627.7	3911	4099.4	4770.6

Vedlegg 5. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 under arbeidet med fyllingsfoten. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

Innsamlingsperiode	2. jan - 8. feb						Gjennomsnitt
	F1		F2		F3		
	F1a	F1b	F2a	F2b	F3a	F3b	
Prove nr.	1	2	3	4	5	6	
Total PAH (µg)							
naftalen	0.21	0.16	0.17	0.05	0.21	0.11	0.15
asenaftylene	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.03	0.03
asenaften	0.31	0.26	0.19	0.15	0.34	0.28	0.25
fluoren	0.23	0.20	0.14	0.10	0.25	0.21	0.19
fenantren	1.86	1.59	1.37	0.96	2.46	2.14	1.73
antrasen	0.40	0.29	0.27	0.20	0.47	0.44	0.34
fluoranten	3.39	3.19	2.96	2.23	5.70	4.64	3.68
pyren	3.05	2.99	2.75	2.08	5.44	4.64	3.49
benso(a)antrasen	1.99	1.93	1.69	1.26	3.11	2.58	2.09
krysen/trifenylen	2.79	2.72	2.64	1.93	4.66	4.12	3.14
benso(b/j/k)fluoranten	5.11	4.91	4.75	3.41	8.28	7.22	5.62
benso(a)pyren	2.39	2.32	2.01	1.56	3.62	3.09	2.50
indeno(1,2,3-cd)pyren	1.79	1.59	1.58	1.11	2.59	2.53	1.87
dibenso(a,h)antrasen	0.64	0.62	0.59	0.45	0.85	0.93	0.68
benso(ghi)perylene	1.99	1.99	1.80	1.34	3.37	3.09	2.26
Total PAH mengde	26.17	24.78	22.92	16.84	41.41	36.06	28.03

Vedlegg 6. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F1 - F3 etter at arbeidet med fyllingsfoten var avsluttet. Det var to replikater (a og b) fra hver stasjon.

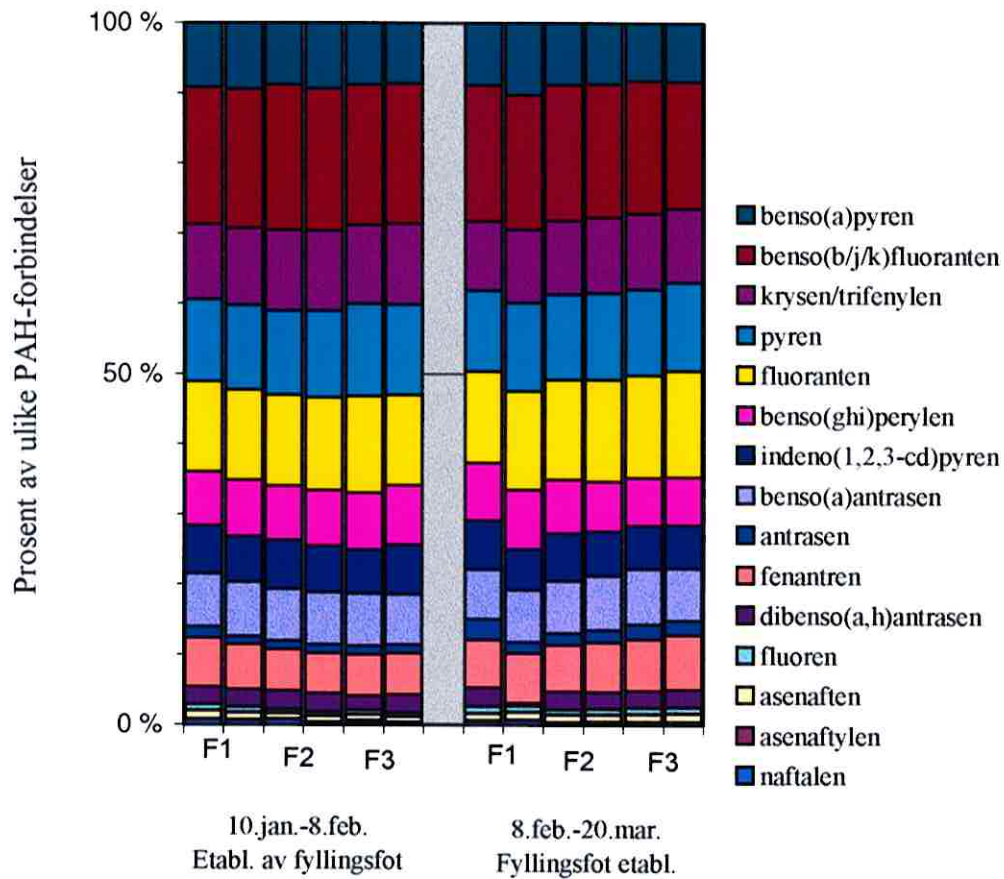
Innsamlingsperiode	8. feb - 21. mars						Gjennomsnitt
	F1		F2		F3		
	F1a	F1b	F2a	F2b	F3a	F3b	
Prove nr.	7	8	9	10	11	12	
Total PAH (µg)							
naftalen	0.18	0.19	0.06	0.07	0.10	0.08	0.11
asenaftylene	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
asenaften	0.35	0.34	0.17	0.19	0.25	0.24	0.26
fluoren	0.33	0.25	0.13	0.15	0.22	0.19	0.21
fenantren	2.25	2.06	1.10	1.30	1.74	1.59	1.67
antrasen	0.94	0.45	0.27	0.32	0.48	0.41	0.48
fluoranten	4.24	4.07	2.33	2.64	3.42	3.08	3.29
pyren	3.77	3.66	2.00	2.25	2.88	2.58	2.86
benso(a)antrasen	2.30	2.16	1.22	1.42	1.86	1.54	1.75
krysen/trifenylen	3.19	3.01	1.71	1.97	2.52	2.13	2.42
benso(b/j/k)fluoranten	6.28	5.52	3.18	3.47	4.44	3.67	4.43
benso(a)pyren	2.88	2.96	1.43	1.58	1.92	1.69	2.07
indeno(1,2,3-cd)pyren	2.25	1.66	1.10	1.14	1.44	1.24	1.47
dibenso(a,h)antrasen	0.84	0.11	0.41	0.43	0.56	0.50	0.47
benso(ghi)perylene	2.67	2.46	1.26	1.30	1.62	1.39	1.78
Total PAH mengde	32.47	28.92	16.39	18.23	23.47	20.33	23.30

Vedlegg 7. PAH-konsentrasjonen i sedimentet fra fellene på stasjon F4 - F8 under hele undersøkelsesperioden.

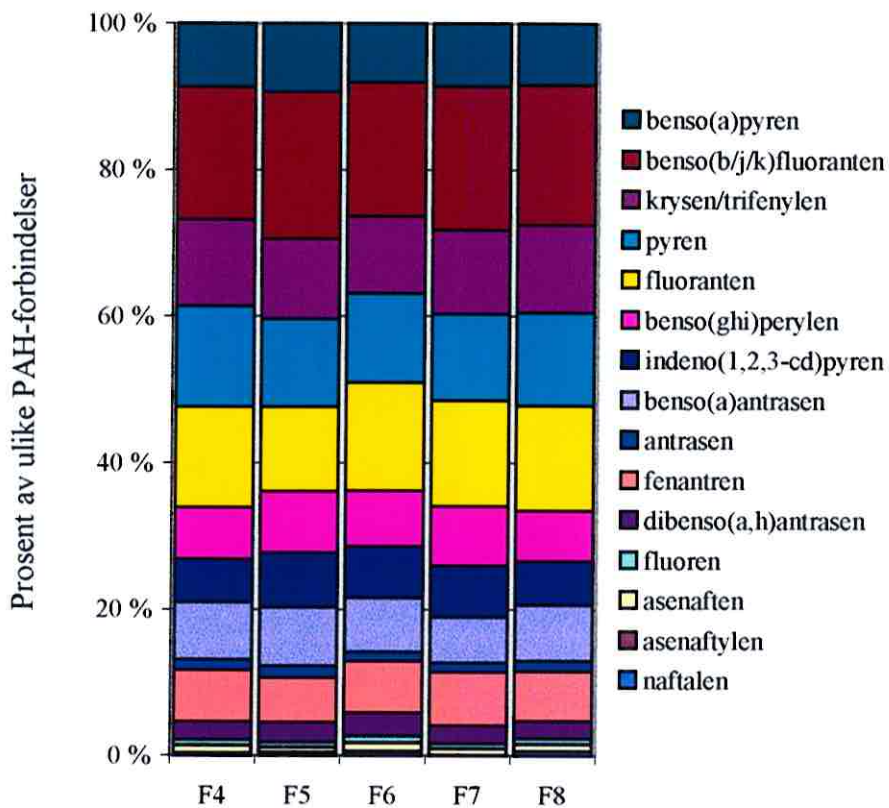
Innsamlingsperiode	2. jan - 21. mar				
	F4	F5	F6	F7	F8
Prove					
Prove nr.	1	2	3	4	5
PAH (µg/kg TS)					
naftalen	6.7	12	65		29
asenaftalen	2.5	2.3	8.8	2.7	2.3
asenaften	26	22	130	23	43
fluoren	21	20	110	19	35
fenantren	180	190	810	200	320
antrasen	35	48	140	32	64
fluoranten	350	360	1700	390	670
pyren	350	370	1400	320	590
benso(a)antrasen	200	250	860	170	360
krysen/trifenylen	300	340	1200	310	560
benso(b/j/k)fluoranten	460	620	2100	530	890
benso(a)pyren	220	290	920	230	390
indeno(1,2,3-cd)pyren	150	230	800	190	280
dibenso(a,h)antrasen	63	86	360	66	110
benso(ghi)perylene	180	260	870	220	320
Total PAH (µg/kg)	2544	3100	11474	2703	4663

Vedlegg 8. Total PAH-mengde i sedimentet fra fellene på stasjon F4 - F8 under hele undersøkelsesperioden

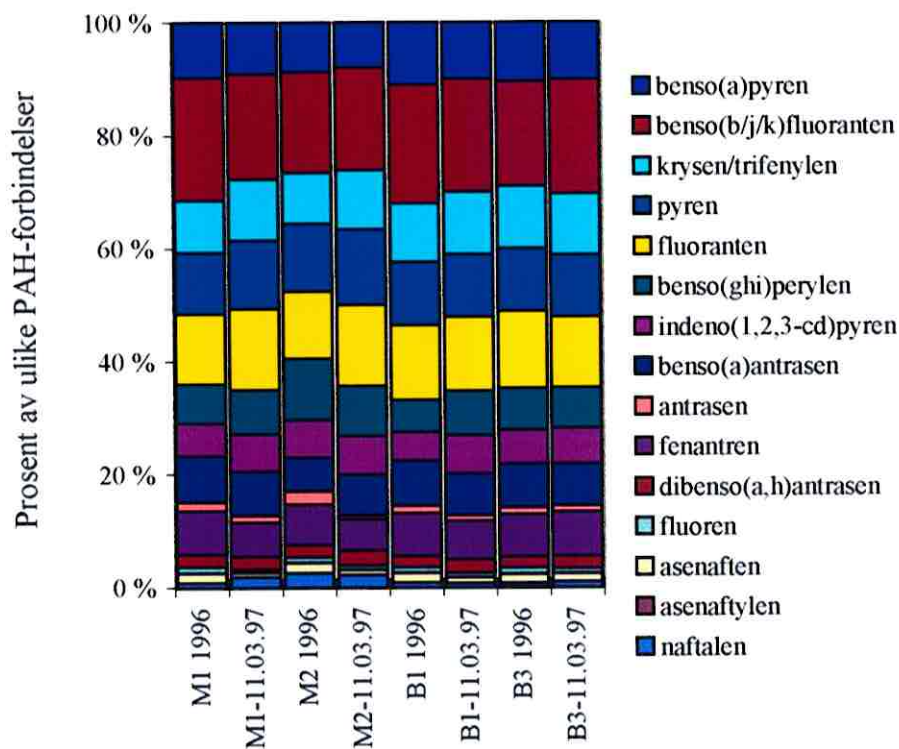
Innsamlingsperiode	2 jan - 21 mars				
	F4	F5	F6	F7	F8
Prove					
Prove nr.	1	2	3	4	5
PAH mengde (µg)					
naftalen	0.07	0.25	0.24		0.08
asenaftalen	0.03	0.05	0.03	0.00	0.01
asenaften	0.27	0.45	0.48	0.02	0.12
fluoren	0.22	0.41	0.40	0.02	0.10
fenantren	1.87	3.90	2.96	0.22	0.92
antrasen	0.36	0.99	0.51	0.03	0.18
fluoranten	3.64	7.39	6.22	0.42	1.93
pyren	3.64	7.60	5.12	0.35	1.70
benso(a)antrasen	2.08	5.13	3.15	0.18	1.04
krysen/trifenylen	3.12	6.98	4.39	0.33	1.61
benso(b/j/k)fluoranten	4.78	12.73	7.69	0.57	2.56
benso(a)pyren	2.29	5.95	3.37	0.25	1.12
indeno(1,2,3-cd)pyren	1.56	4.72	2.93	0.21	0.81
dibenso(a,h)antrasen	0.66	1.77	1.32	0.07	0.32
benso(ghi)perylene	1.87	5.34	3.18	0.24	0.92
Total PAH-mengde (µg)	26.46	63.65	41.99	2.92	13.43



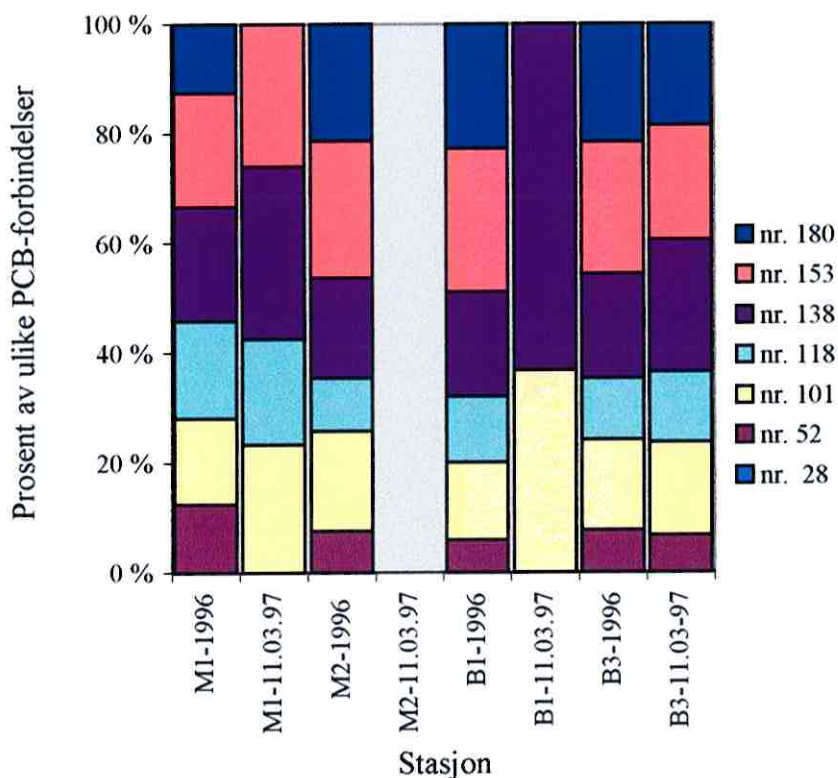
Vedlegg 9. Forholdstall mellom de ulike PAH-forbindelsene målt på stasjon F1-F3 i Lundevågen under og etter at arbeidene med fyllingsfoten var avsluttet.



Vedlegg 10. Forholdstall mellom de ulike PAH-forbindelsene målt på stasjon F4-F8 i Lundevågen under hele undersøkelsesperioden.



Vedlegg 11. Forholdstall mellom de ulike PAH- forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997.



Vedlegg 12. Forholdstall mellom de ulike PCB-forbindelsene målt på stasjon M1, M2, B1 og B3 i Lundevågen i 1996 og etter arbeidene med utfyllingen var avsluttet 11. mars 1997.

Vedlegg 13. Utrekning av total mengde partikler som sedimenterte i forbindelse med arbeidet med fyllingen.

Område	2-10/1	10-17/1	17-25/1	25/1-1/2	1-8/2	8-15/2	15-22/2	22/2-1/3	1-11/3	11-20/3	Sum (g/m2)	m2	x m2
I innenfor:	227	2814	2076	98	342	133	160	139	193	83	6265	37647	236 tonn
II F3-fyll:	227	2944	2699	742	1332	407	347	374	386	222	9679	11765	114 tonn
III F2-F3:	227	2300	2076	742	762	325	347	332	298	211	7619	25882	197 tonn
IV F1-F2:	227	660	1094	580	230	259	369	326	263	252	4260	40000	170 tonn
Totalt (I-IV)												115294	717 tonn
Bakgrunn (1) (0,25 g/m2/dag)	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	20	115294	2 tonn
Bakgrunn (2) (21 g/m2/dag)	168	147	168	147	147	147	147	147	210	210	1638	115294	189 tonn
Total mengde sedimentert materiale minus "Bakgrunn (1)"												715 tonn	
Total mengde sedimentert materiale minus "Bakgrunn (2)"												528 tonn	

Vedlegg 14. Data for perioden da arbeidet med etablering av fyllingsfoten pågikk (10. januar til 8. februar 1997).

Område	10-17/1	17-25/1	25/1-1/2	1-8/2	sum	m ²	x m ²
I innenfor:	2814	2076	98	342	5329	37647	201 tonn
II F3-fyll:	2944	2699	742	1332	7717	11765	91 tonn
III F2-F3:	2300	2076	742	762	5879	25882	152 tonn
IV F1-F2:	660	1094	580	230	2565	40000	103 tonn
Totalt (I-IV)							546 tonn
Bakgrunn (1) (0,25 g/m2/dag)	1,75	2	1,75	1,75	7,25	115294	1 tonn
Bakgrunn (2) (21 g/m2/dag)	147	168	147	147	609	115294	70 tonn
Total mengde sedimentert materiale minus "Bakgrunn (1)"							545 tonn
Total mengde sedimentert materiale minus "Bakgrunn (2)"							476 tonn

Vedlegg 15. Tabellen viser hvilke data som er brukt til å regne ut en gjennomsnittssedimentasjon (se vedlegg 13 og tabell 1 og 2) i hver av de fire områdene vist i figur 3. Gjennomsnittet av verdiene for prøvene/replikatene ble brukt for hver periode/område.

Område	2-10/1	10-17/1	17-25/1	25/1-1/2	1-8/2	8-15/2	15-22/2	22/2-1/3	1-11/3	11-20/3
I innenfor:	F1ab	F4,F5	F2ab,F3ab	F6,F7,F8	F4,F5	F4	F4-F6,F8	F4-F6,F8	F4-F8	F4-F8
II F3-fyll:	F1ab	F3ab	F3ab	F2ab	F3ab	F3ab	F2ab	F3ab	F3ab	F3ab
III F2-F3:	F1ab	F2a,F3ab	F2ab,F3ab	F2ab	F2ab,F3ab	F2ab,F3ab	F2ab	F2ab,F3ab	F2ab,F3ab	F2ab,F3ab
IV F1-F2:	F1ab	F1ab,F2a	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab	F1ab,F2ab

Vedlegg 16. Analyserapport fra Miljø-kjemi.

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Senter

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 1 av 16

RAPPORT

ANALYSE AV SEDIMENTPRØVER

- Lundevågen -

FRÅ SEDIMENTFELLEOR

VÅR 1997

Rekvirent: RF - Rogaland Research
Pb 2503 Ullandhaug
4004 Stavanger

Att.: Arne Myhrvold

Oslo, 30.04.1997/ eno

MILJØ-KJEMI, Norsk Miljø Senter



Eli N. Ruud Olsen
sivilingeniør



Inger Marie Fredriksen
kjemiingeniør



MILJØ-KJEMI, Norsk Miljø Senter har foretatt analyse av sedimentprøver samlet opp i sedimentfeller i Lundevågen.

Analysene rekvirert av RF - Rogaland Research ved Arne Myhrvold.

PRØVEMATERIALE OG ANALYSEOMFANG

Laboratoriet mottok den 29.01.97, 26.02.97, 25.03.97, 02.04.97 sedimentprøver til analyse av PAH og PCB ved GC/MS, samt tørrstoffinnhold.

Mottatte sedimentprøver er merket:

	Antall flasker
Mottatt 29.januar:	
* 17.-25.januar F1	2
* 17.-25.januar F2	2
* 17.-25.januar F3	2
Mottatt 26.februar:	
* 25.januar -1.februar St F1	2
* 25.januar -1.februar St F2	2
* 25.januar -1.februar St F6	1
* 25.januar -1.februar St F7	1
* 25.januar -1.februar St F8	1
* 1-8.februar St F1	2
* 1-8.februar St F2	2
* 1-8.februar St F4	1
* 1-8.februar St F5	1
* 8-15 februar F1	2
* 8-15 februar F2	2
* 8-15 februar F3	2
* 8-15 februar F4	1
* 15-22 februar F1	2
* 15-22 februar F2	2
* 15-22 februar F4 (70 mm)	1
* 1-22 februar F6 (70 mm)	1
* 1-22 februar F8 (70 mm)	1
* 8-22 februar F5 (70 mm)	1
* 8.februar St F8	2
* 25.januar - 8.februar St F3	2
Mottatt 25.mars:	
* F1 10.januar Hp1	2
* Lundevågen 17.januar F1	2
* Lundevågen 17.januar F2	1
* Lundevågen 17.januar F3	2
* Lundevågen 17.januar F4	1
* Lundevågen 17.januar F5	2



Antall flasker

Mottatt 2.april:

* Lundevågen Sediment	11.mars	M1	1 pose
* Lundevågen Sediment	11.mars	M2	1 pose
* Lundevågen Sediment	11.mars	B1	1 pose
* Lundevågen Sediment	11.mars	B3	1 pose
* F1	22.februar - 1.mars		2
	1-11.mars		2
	11-20.mars		2
* F2	22.februar - 1.mars		2
	1-11.mars		2
	11-20.mars		2
*F3	22.februar - 1.mars		2
	1-11.mars	70mm	2
	11-20.mars	70mm	2
*F4	22.februar - 1.mars		1
	1-11.mars	70mm	1
	11-20.mars	70mm	1
*F5	22.februar - 1.mars		1
	1-11.mars	70mm	1
	11-20.mars	70mm	1
*F6	22.februar - 1.mars		1
	1-11.mars	70mm	1
	11-20.mars	70mm	1
*F7	1-11.mars	70mm	1
	11-20.mars	70mm	1
	Gammel felle på F7		
	mulig 22.februar -11.mars		1
*F8	22.februar - 1.mars	70mm	1
	1-11.mars	70mm	1
	11-20.mars	70mm	1

De fire sedimentprøvene merket M1, M2, B1 og B3, mottatt 2.april, er mottatt i aluminiumsfolie og plastpose.

Prøver merket F1, F2, F3: 17.-25. januar, mottatt 29.01.1997, er mottatt i brune glassflasker.

Resterende prøver er mottatt i glødete 500 ml glassflasker.

Prøvene er oppbevart i fryser inntil analyse.



Følgende prøver er analysert for PAH og PCB:

Samleprøver med prøvene fra perioden 2.januar til 8.februar for hvert replikat fra F1-F3 = 6 prøver.

Samleprøver med prøvene fra perioden 8.februar til 21.mars for hvert replikat fra F1-F3 = 6 prøver.

Samleprøver med prøvene fra perioden 10.januar til 21.mars for F4-F8 = 5 prøver.

De fire sedimentprøvene fra 11.mars (M1, M2, B1, B3) lagret i aluminiumsfolie = 4 prøver.

Totalt tørrstoffinnhold er bestemt for hver enkelt prøve i henhold til metodebeskrivelse. Fem av enkeltprøvene inneholdt så lite sediment at det ikke var mulig å bestemme tørrstoff separat. For disse prøvene er tørrstoff estimert.

Tilsammen er det foretatt 21 PAH-analyser, 21 PCB-analyser og 76 tørrstoffbestemmelser.

Følgende samleprøver er analysert:

1: F1: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *25.januar - 1.februar
- *1.februar - 8.februar
- *10.januar HP1
- *Lundevågen 17.januar

2: F1: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *25.januar - 1.februar
- *1.februar - 8.februar
- *10.januar HP1
- *Lundevågen 17.januar

3: F2: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *25.januar - 1.februar
- *1.februar - 8.februar
- *Lundevågen 17.januar

4: F2: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *25.januar - 1.februar
- *1.februar - 8.februar

5: F3: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *Lundevågen 17.januar
- *25.januar - 8.februar

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Senter

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 5 av 16

6:F3: 2.januar til 8.februar

- *17-25.januar
- *Lundevågen 17.januar
- *25.januar - 8.februar

7:F1: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *15-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

8:F1: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *15-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

9:F2: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *15-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

10:F2: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *15-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

11:F3: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

12:F3: 8.februar til 21.mars

- *8-15.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

13:F4: 10.januar til 21.mars

- *1-8.februar
- *8-15.februar
- *15-22.februar
- *Lundevågen 17.januar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

14:F5: 10.januar til 21.mars

- *1-8.februar
- *8-22.februar
- *Lundevågen 17.januar
(Her finnes 2 prøveflasker,
kun den ene er benyttet)
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

15:F6: 10.januar til 21.mars

- *25.januar - 1.februar
- *1-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

16:F7: 10.januar til 21.mars

- *25.januar - 1.februar
- *1-11.mars
- *11-20.mars

17:F8: 10.januar til 21.mars

- *25.januar - 1.februar
- *1-22.februar
- *22.februar - 1.mars
- *1-11.mars
- *11-20.mars

Prøvene merket "Gammel felle på F7. Mulig 22.februar - 11.mars" og "F8, 8.februar" er ikke benyttet.

I tillegg er disse sedimentprøvene analysert hver for seg:

- * Lundevågen Sediment 11.mars M1
- * Lundevågen Sediment 11.mars M2
- * Lundevågen Sediment 11.mars B1
- * Lundevågen Sediment 11.mars B3



ANALYSEMETODE OG PRØVEFORBEREDELSE

Prøveforberedelse

Prøven er filtrert gjennom et GF/C filter, diameter 70 mm, porestørrelse 1,2 μm før analyse.

Filtreringsprosedyre:

Flaske med prøve veies. Tørt filter veies. Etter filtrering veies flasken uten prøve, og filter med prøve veies. For å korrigere for vått filter ved tilbakeveiling, ble det utført 5 veiinger av våte filter, og et gjennomsnittstall ble benyttet i beregningene (0,77 g).

Filter med prøve ble straks pakket inn i stanisol og prøvene ble oppbevart ved 4°C i lukkede plastposer (en blandingsserie i hver pose) inntil analyse.

Samme dag som prøvene ble filtrert ble det tatt ut til tørrstoffbestemmelse fra hvert enkelt filter.

Ved avveiling til analyse ble det utført kontroll av tørrstoffbestemmelsen, for å se om tørrstoffet hadde endret seg under oppbevaring. Tørrstoffet var uendret.

For hver blandingsprøve ble det tatt ut om mulig 2 gram prøve, eller resten av prøven. Blandingsprøven ble blandet godt ved tilsetning av metanol i forbindelse med analysens start.

Det er ikke utført tørrstoffbestemmelse på blandeprøvene pga den lille prøvemengden. Tørrstoffprosenten er utregnet ut fra mengde og tørrstoffprosent av hver delprøve i blandeprøven.

PAH og PCB i sedimenter ved GC/MS: MK-2020

Prøven homogeniseres og forsåpes i 2 timer med KOH + metanol. Etter avkjøling ekstraheres 3 ganger med diklormetan og den polare fraksjonen fjernes ved søjlekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med massespesifikk detektor (GC/MS-SIM).

Analyseusikkerhet: RSD 12%, men ved verdier mindre enn 10 ganger deteksjonsgrensen, dog opp til 50%.

Tørrvekt i sediment: MK-4031

Sedimentprøven tørkes ved 105 °C til konstant vekt. Vektdifferansen bestemmes.

Analyseusikkerhet: RSD 5%.



RESULTATER

Resultatene er oppført i tabellene på de neste sidene.

Enhet: µg/kg TS	Samleprøver			Det.gr.
	1:F1	2:F1	3:F2	
PCB:				
nr. 28	-	-	-	2
nr. 52	-	-	-	2
nr. 101	-	-	-	2
nr. 118	-	-	-	2
nr. 138	-	-	-	2
nr. 153	-	-	-	2
nr. 180	-	-	-	3
PAH:				
naftalen	31	24	16	5
asenaftylen	2,9	2,9	1,8	2
asenaften	46	39	18	2
fluoren	35	30	13	2
fenantren	280	240	130	2
antrasen	60	43	26	2
fluoranten	510	480	280	2
pyren	460	450	260	2
benso(a) antrasen	300	290	160	2
krysen/trifenylen	420	410	250	2
benso(b/j/k) fluoranten	770	740	450	2
benso(a) pyren	360	350	190	2
indeno(1,2,3-cd) pyren	270	240	150	2
dibenso(a,h) antrasen	97	93	56	2
benso(ghi) perylen	300	300	170	2
Tørrstoff, %	62,5	62,1	65,8	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentral

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 9 av 16

Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	Samleprøver			Det.gr.
	4:F2	5:F3	6:F3	
PCB:				
nr. 28	-	-	-	2
nr. 52	-	-	-	2
nr. 101	-	-	-	2
nr. 118	-	-	-	2
nr. 138	-	-	-	2
nr. 153	-	-	-	2
nr. 180	-	-	-	3
PAH:				
naftalen	6,9	8,3	4,2	5
asenaftalen	2,1	2,7	1,3	2
asenaften	20	13	11	2
fluoren	13	9,6	8,1	2
fenantren	130	95	83	2
antrasen	27	18	17	2
fluoranten	300	220	180	2
pyren	280	210	180	2
benso(a) antrasen	170	120	100	2
krysen/trifenylene	260	180	160	2
benso(b/j/k) fluoranten	460	320	280	2
benso(a) pyren	210	140	120	2
indeno(1,2,3-cd) pyren	150	100	98	2
dibenso(a,h) antrasen	60	33	36	2
benso(ghi) perylen	180	130	120	2
Tørrstoff, %	66,3	70,8	70,4	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Senter

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA

Saksnr. 12441-12-5

Side 10 av 16

Enhet: µg/kg TS	Samleprøver			Det.gr.
	7:F1	8:F1	9:F2	
PCB:				
nr. 28	-	-	-	2
nr. 52	-	-	-	2
nr. 101	-	-	-	2
nr. 118	-	-	-	2
nr. 138	-	-	-	2
nr. 153	-	-	-	2
nr. 180	-	-	-	3
PAH:				
naftalen	35	37	14	5
asenaftalen	4,2	4,2	3,2	2
asenaften	66	67	41	2
fluoren	63	50	32	2
fenantren	430	410	270	2
antrasen	180	90	67	2
fluoranten	810	810	570	2
pyren	720	730	490	2
benso(a) antrasen	440	430	300	2
krysen/trifenylene	610	600	420	2
benso(b/j/k) fluoranten	1200	1100	780	2
benso(a) pyren	550	590	350	2
indeno(1,2,3-cd) pyren	430	330	270	2
dibenso(a,h) antrasen	160	22	100	2
benso(ghi) perylen	510	490	310	2
Tørrstoff, %	57,4	55,4	60,8	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentre

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 11 av 16

Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	Samleprøver			Det.gr.
	10:F2	11:F3	12:F3	
PCB:				
nr. 28	-	-	-	2
nr. 52	-	-	-	2
nr. 101	-	-	-	2
nr. 118	-	-	-	2
nr. 138	-	-	-	2
nr. 153	-	-	-	2
nr. 180	-	-	-	3
PAH:				
naftalen	17	16	17	5
asenaftylene	3,7	3,0	3,4	2
asenaften	49	42	48	2
fluoren	38	37	39	2
fenantren	330	290	320	2
antrasen	80	80	82	2
fluoranten	670	570	620	2
pyren	570	480	520	2
benso(a) antrasen	360	310	310	2
krysen/trifenylene	500	420	430	2
benso(b/j/k) fluoranten	880	740	740	2
benso(a) pyren	400	320	340	2
indeno(1,2,3-cd) pyren	290	240	250	2
dibenso(a,h) antrasen	110	93	100	2
benso(ghi) perylen	330	270	280	2
Tørrstoff, %	59,5	68,0	62,5	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentral

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 12 av 16

Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	Samleprøver			Det.gr.
	13:F4	14:F5	15:F6	
PCB:				
nr. 28	-	-	-	2
nr. 52	-	-	-	2
nr. 101	-	-	-	2
nr. 118	-	-	-	2
nr. 138	-	-	-	2
nr. 153	-	-	-	2
nr. 180	-	-	-	3
PAH:				
naftalen	6,7	12	65	5
asenaftylene	2,5	2,3	8,8	2
asenaften	26	22	130	2
fluoren	21	20	110	2
fenantren	180	190	810	2
antrasen	35	48	140	2
fluoranten	350	360	1700	2
pyren	350	370	1400	2
benso(a)antrasen	200	250	860	2
krysen/trifenylen	300	340	1200	2
benso(b/j/k)fluoranten	460	620	2100	2
benso(a)pyren	220	290	920	2
indeno(1,2,3-cd)pyren	150	230	800	2
dibenso(a,h)antrasen	63	86	360	2
benso(ghi)perylene	180	260	870	2
Tørrstoff, %	67,5	65,8	54,1	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentral

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 13 av 16

Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	Samleprøver		Det.gr.
	16:F7	17:F8	
PCB:			
nr. 28	-	-	2
nr. 52	66	-	2
nr. 101	140	-	2
nr. 118	93	-	2
nr. 138	120	-	2
nr. 153	135	-	2
nr. 180	130	-	3
PAH:			
naftalen	-	29	5
asenaftylene	2,7	2,3	2
asenaften	23	43	2
fluoren	19	35	2
fenantren	200	320	2
antrasen	32	64	2
fluoranten	390	670	2
pyren	320	590	2
benso(a)antrasen	170	360	2
krysen/trifenylene	310	560	2
benso(b/j/k)fluoranten	530	890	2
benso(a)pyren	230	390	2
indeno(1,2,3-cd)pyren	190	280	2
dibenso(a,h)antrasen	66	110	2
benso(ghi)perylene	220	320	2
Tørrstoff, %	52,3	63,2	

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentral

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA

Saksnr. 12441-12-5

Side 14 av 16

Enhet: µg/kg TS	Sedimentprøver 11.mars				Det.gr.
	M1	M2	B1	B3	
PCB:					
nr. 28	-	-	-	-	0,4
nr. 52	-	-	-	0,84	0,4
nr. 101	0,52	-	0,55	2,1	0,4
nr. 118	0,43	-	-	1,6	0,4
nr. 138	0,70	-	0,94	3,0	0,5
nr. 153	0,58	-	< 1*	2,6	0,5
nr. 180	-	-	-	2,3	1
PAH:					
naftalen	3,2	1,9	15	12	1
asenaftylene	-	-	-	-	0,4
asenaften	1,2	0,72	20	17	0,4
fluoren	1,0	0,62	15	11	0,4
fenantren	10	4,6	130	93	0,4
antrasen	2,0	0,60	19	14	0,4
fluoranten	24	12	250	150	0,4
pyren	20	11	210	130	0,4
benso(a) antrasen	13	6,0	140	88	0,4
krysen/trifenylene	18	8,8	210	130	0,4
benso(b/j/k) fluoranten	31	15	380	240	0,4
benso(a) pyren	15	6,6	190	120	0,4
indeno(1,2,3-cd) pyren	11	5,7	130	75	0,4
dibenso(a,h) antrasen	3,8	2,2	44	26	0,4
benso(ghi) perylen	13	7,3	150	85	0,4
Tørrstoff, %	79,7	81,0	73,6	74,7	

* Forhøyet deteksjonsgrense pga interferens.

RAPPORT

MILJØ-KJEMI
 Norsk Miljø Sentral
 Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
 Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA

Saksnr. 12441-12-5

Side 15 av 16

Tørrstoffinnhold i hver enkelt delprøve og delprøvenes andel i blandeprøven er vist i de følgende tabeller.

Samleprøve	Delprøve	% TS filtrat	sedi, tørr total g	% TS i prøve	Avveiet mgd delprøve g	Samleprøve sum g	% TS samleprøve
F1: 2/1-8/2	17-25/1	65,2	2,26	0,66	2,0456	5,9005	62,5
	25/1-1/2	61,9	1,27	0,31	1,2087		
	1/2-8/2	57,6	0,85	0,21	0,6914		
	10/1 HP1	59,7	0,73	0,18	0,5118		
	lundevågen 17/1	62,4	1,53	0,28	1,4430		
F1: 2/1-8/2	17-25/1	64,4	2,32	0,52	2,0355	5,5927	62,1
	25/1-1/2	62,5	1,34	0,38	0,9333		
	1/2-8/2	56,2	0,82	0,31	0,7438		
	10/1 HP2	58,3	0,68	0,20	0,4068		
	lundevågen 17/1	62,6	1,48	0,24	1,4733		
F2: 2/1-8/2	17-25/1	67,4	4,49	1,14	2,0775	6,4465	65,8
	25/1-1/2	65,6	2,30	0,73	2,0245		
	1/2-8/2	59,3	0,62	0,16	0,3620		
	lundevågen 17/1	65,4	3,15	0,80	1,9825		
F2: 2/1-8/2	17-25/1	67,4	4,54	0,80	2,0379	4,3925	66,3
	25/1-1/2	66,8	2,31	0,56	2,0046		
	1/2-8/2	57,2	0,57	0,20	0,3500		
F3: 2/1-8/2	17-25/1	69,4	8,41	2,03	2,0448	6,1292	70,8
	lundevågen 17/1	68,5	8,99	2,59	2,0014		
	25/1-8/2	74,2	8,49	2,22	2,0830		
F3: 2/1-8/2	17-25/1	70,0	8,38	2,68	2,0812	6,1885	70,4
	lundevågen 17/1	69,9	9,32	1,16	2,0380		
	25/1-8/2	71,2	8,08	2,79	2,0693		
F1: 8/2-21/3	8-15/2	57,6	0,85	0,39	0,8330	5,5267	57,4
	15-22/2	58,6	1,24	0,44	1,3598		
	22/2-1/3	58,2	1,11	0,48	1,1477		
	1-11/3	56,7	0,96	0,63	1,0161		
	11-20/3	55,6	1,05	0,42	1,1701		
F1: 8/2-21/3	8-15/2	53,8	0,86	0,35	1,0122	5,7363	55,4
	15-22/2	57,0	1,19	0,48	1,3248		
	22/2-1/3	56,8	1,14	0,57	1,2923		
	1-11/3	53,8	0,98	0,43	1,1748		
	11-20/3	54,6	0,85	0,54	0,9322		
F2: 8/2-21/3	8-15/2	59,7	0,75	0,26	0,7034	3,832	60,8
	15-22/2	62,1	1,10	0,43	1,1036		
	22/2-1/3	65,2	0,96	0,42	0,8937		
	1-11/3	58,2	0,67	0,39	0,6647		
	11-20/3	54,7	0,60	0,39	0,4666		
F2: 8/2-21/3	8-15/2	59,4	0,76	0,28	0,5204	3,1857	59,4
	15-22/2	61,8	1,06	0,37	1,0043		
	22/2-1/3	59,4	0,84	0,29	0,7267		
	1-11/3	60,4	0,64	0,36	0,4122		
	11-20/3	54,2	0,64	0,28	0,5221		

%TS, filtrat:

Tørrstoff av filtrert sediment i delprøven.

Sedi, tørr, total g:

Total mengde tørt sediment i hver prøve.

%TS, i prøve:

Tørrstoff i total prøvemengde (i delprøven).

%TS samleprøve:

Beregnet tørrstoffinnhold i samleprøven.

RAPPORT

MILJØ-KJEMI

Norsk Miljø Sentral

Nils Hansens vei 13 N 0667 Oslo
Foretaksregisteret NO 967 996 955 MVA



Saksnr. 12441-12-5

Side 16 av 16

Samleprøve	Delprøve	% TS filtrat	sedi, tørr total g	% TS i prøve	Avveiet mgd delprøve g	Samleprøve sum g	% TS samleprøve
F3: 8/2-21/3	8-15/2	65,2	1,27	0,54	1,1480	5,0505	68,0
	15/2-1/3	64,2	2,34	1,12	2,0760		
	1-11/3	79,5	1,69	0,93	1,3195		
	11-20/3	60,7	0,70	0,38	0,5070		
F3: 8/2-21/3	8-15/2	65,5	1,26	0,39	1,2021	4,3567	62,5
	15/2-1/3	62,9	2,31	1,10	2,0030		
	1-11/3	56,2	0,71	0,28	0,6381		
	11-20/3	62,0	0,68	0,34	0,5135		
F4: 10/1-21/3	1-8/3	58,2	0,53	0,31	0,3217	3,7612	67,5
	8-15/2	60,0	0,52	0,21	0,2733		
	15-22/2	56,6	0,68	0,21	0,6088		
	lundevågen 17/1	76,5	7,41	1,86	1,9760		
	22/2-1/3	64,1	0,62	0,31	0,3465		
	1-11/3	46,9	0,33	0,21	0,1255		
	11-20/3	46,0	0,31	0,18	0,1094		
F5: 10/1-21/3	1-8/3	65,5	2,10	0,55	2,0024	8,2409	65,8
	8-22/2	63,4	1,76	0,52	1,8979		
	lundevågen 17/1	72,1	14,25	2,30	2,0615		
	22/2-1/3	55,5	0,72	0,28	0,6517		
	1-11/3	66,7	1,41	1,23	1,4942		
	11-20/3	48,9	0,29	0,16	0,1332		
F6: 10/1-21/3	25/1-1/2	58,2	0,60	0,17	0,4438	3,4649	54,1
	1-22/2	54,5	1,93	0,72	2,0354		
	22/2-1/3	* 53	* 0,37	* 0,12	0,3367		
	1-11/3	* 53	* 0,37	* 0,12	0,3600		
	11-20/3	48,1	0,39	0,14	0,2890		
F7: 10/1-21/3	25/1-1/2	50,9	0,26	0,07	0,1065	0,7605	52,3
	1-11/3	* 52	* 0,52	* 0,14	0,5069		
	11-20/3	54,3	0,30	0,11	0,1471		
F8: 10/1-21/3	25/1-1/2	* 60	* 0,27	* 0,07	0,2285	2,2540	63,2
	1-22/2	58,4	0,78	0,22	0,7880		
	22/2-1/3	* 60	* 0,43	* 0,20	0,4300		
	1-11/3	76,5	1,09	0,35	0,6399		
	11-20/3	47,7	0,31	0,09	0,1676		
lundevågen	11/3 M1			73,6			
lundevågen	11/3 M2			74,7			
lundevågen	11/3 B1			79,7			
lundevågen	11/3 B2			81,0			

* : beregnet TS-innhold; et gjennomsnitt av TS-innholdet for de andre delprøvene i blandeprøven.

%TS, filtrat: Tørrstoff av filtrert sediment i delprøven.

Sedi, tørr, total g: Total mengde tørt sediment i hver prøve.

%TS, i prøve: Tørrstoff i total prøvemengde (i delprøven).

%TS, samleprøve: Beregnet tørrstoffinnhold i samleprøven.