

**Kartlegging av tilstand og
årsak til organisk forurensning
i Karmsundet**

Rapport RF-97/199

Vår referanse: 613/654445	Forfatter(e): Arne Myhrvold, Åge Molvermyr, Asbjørn Bergheim, Veslemøy Eriksen	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 14.sept. 97
Ant. sider: 34 ekskl. vedl.	Faglig kvalitetssikrer: Odd Ketil Andersen	Gradering: Åpen
ISBN: 82-7220-846-6	Oppdragsgiver(e): Karmøy Kommune	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: Kartlegging av årsak til organisk forurensning i Karmsundet	

Emne:

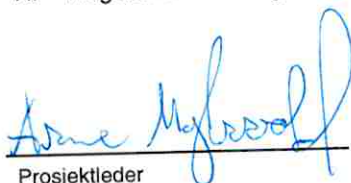
I Karmsundet er det tidligere påvist flere områder med høyt innhold av organisk materiale. Karmøy kommune har derfor fått pålegg fra Fylkesmannen om høygradig rensing av Kopervik-kloakken og overføring av kloakk nord for Kopervik til Haugesund kommune. Denne omleggingen av kloakknett er svært kostnadskrevenende for kommunen.

RF-Rogalandsforskning har på forespørsel fra kommunen undersøkt tilstanden i resipienten, laget et regnskap for tilførte mengder organisk materiale og næringsalter til Karmsundet, samt vurdert ulike tiltak for å bedre situasjonen.

Emne-ord:

kloakksanering, organisk belastning, fjordresipient, avrenning, sediment, Bunndyr,

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


Prosjektleder
Arne Myhrvold


for RF - Miljø og næringsutvikling
Kåre Netland

Forord

Denne undersøkelsen er utført på oppdrag fra Karmøy kommune. Undersøkelsen er utført i forbindelse med kommunens sanering av kloakksystemet, og har pågått i perioden mai til august 1997.

Åge Molvermyr og Asbjørn Bergheim har laget avrenningsregnskap, og har skrevet om tilførsel av næringssalter og organisk materiale. Arne Myhrvold og Veslemøy Eriksen har skrevet om bunndyr. Anbefalinger om tiltak til reduksjon av tilførsel av organisk materiale er utarbeidet samlet av gruppen.

Takk til alle deltagere og diskusjonspartnere i forbindelse med gjennomføringen av prosjektet. En spesiell takk til Johannes Thaule som har vært vår kontaktperson i Karmøy kommune.

Stavanger 29. august 1997

Arne Myhrvold

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
1 INNLEDNING	1
1.1 Mål for undersøkelsen	1
2 MATERIALE OG METODE - SEDIMENTUNDERSØKELSER	3
2.1 Innsamlingsprogram	3
2.2 Organisk innhold og partikkelfordeling i sedimentet.....	5
2.3 Analyser av Bunnfauna.....	5
2.3.1 Mål på diversitet	6
3 RESULTATER OG DISKUSJON	7
3.1 Organisk innhold og partikkelfordeling i sedimentet.....	7
3.2 Bunndyr på bløtbunn	10
3.2.1 Diversitet.....	10
3.2.2 Dominerende arter	11
3.3 Stofftilførsler til Karmsundet	13
3.3.1 Nedbørfelt	13
3.3.1.1 Nedbør og avrenning	14
3.3.1.2 Arealfordeling.....	15
3.3.2 Stofftilførsler fra ulike kilder	16
3.3.2.1 Spesifikke tilførselsbidrag	16
3.3.2.2 Kommunale utslipp.....	16
3.3.2.3 Utslipp fra industri.....	18
3.3.2.4 Utslipp med overvann	18
3.3.2.5 Jordbrukstilførsler.....	18
3.3.2.6 Bakgrunnstilførsler	19
3.3.3 Tilførselsregnskap: Organisk stoff.....	19
3.3.4 Tilførselsregnskap: Fosfor.....	23
3.3.5 Tilførselsregnskap: Nitrogen	25
3.3.6 N:P-forholdet	27
3.3.7 Fremtidige endringer i utslipp fra kommunal kloakk og industri	27
3.3.7.1 Kommunal kloakk	27
3.3.7.2 Industri.....	28
3.3.8 Vurdering av saneringstiltakene	29
4 KONKLUSJON	31
5 REFERANSER	32
VEDLEGG.....	34
Vedlegg 1- Partikkelsammensetning i sedimentet.....	35
Vedlegg 2- Organisk innhold i sedimentet	40
Vedlegg 3- Bunndyrsdata.....	42

Sammendrag

I Karmsundet er det tidligere påvist flere områder med høyt innhold av organisk materiale. Karmøy kommune har derfor fått pålegg fra Fylkesmannen om høygradig rensing av Kopervik-kloakken og overføring av kloakk nord for Kopervik til Haugesund kommune. Denne omleggingen av kloakknettet er svært kostnadskrevende for kommunen.

RF-Rogalandforskning har på forespørsel fra kommunen undersøkt tilstanden i resipienten, laget et regnskap for tilførte mengder organisk materiale og næringssalter til Karmsundet, samt vurdert ulike tiltak for å bedre situasjonen.

Mengden organisk materiale, målt som TOC, i sedimentet var til dels høyt og tilstanden klassifiseres som *meget dårlig* i deler av Karmsundet. Dette gjelder særlig i sedimentasjonsområder, som indre deler av Bøvågen, Husøyområdet og enkelte av de dype stasjonene. På KB2 ved Kopervik ble det også målt høye TOC verdier, men det ble ikke målt noen negativ effekt av dette på bunndyrssamfunnet. Heller ikke på de andre bunndyrsstasjonene ved Kopervik ble det funnet at dagens utslipp av organisk materiale har noen vesentlig effekt på bunndyrssamfunnet, og artsrikheten ble klassifisert som *god* til *meget god*.

I den nåværende situasjon representerer kloakk 5 - 7 % av den totale tilførselen av organisk stoff (som KOF og TOC) til Karmsundet. Tilsvarende utgjør kloakktilførslene i overkant av 25 % av den totale tilførselen av fosfor.

Med de foreslåtte utslippsreducerende tiltakene for kloakk (sanering av ledningsnett og mekanisk rensing i Karmøy, samt eliminering av utslippene fra Haugesund) vil kloakkbelastningen til Karmsundet bli redusert med ca. 40 % for organisk stoff og ca. 35 % for fosfor. I forhold til den totale årlige tilførselen om 7 - 10 år vil tilførselen av kloakk utgjøre omlag 6 % for organisk stoff, mens andelen for fosfor er svært usikker siden det ikke eksisterer oppgaver over forventet renseeffekt ved Pronova Biopolymer (trolig 15 - 25 %). Med andre ord vil de forventede kloakkutslippene til Karmsundet, basert på de foreslåtte saneringstiltakene, bidra relativt like mye i år 2005 som de gjør i dag. Saneringstiltakene i industri (Pronova Biopolymer) og kommunal kloakk vil i løpet av denne perioden (7 - 10 år) redusere den totale belastningen til Karmsundet fra ca. 13600 tonn KOF til 9500 tonn KOF pr. år.

Det reduserte utslippet av organisk stoff til Karmsundet på ca. 30 % blir hovedsakelig oppnådd ved partikkelfjerning. Rensetiltakene bidrar dermed trolig til at den resterende organiske belastning i år 2005 raskere enn nå blir ført ut av sundet og dermed i mindre grad vil påvirke resipientforholdene lokalt.

Næringssaltbidraget fra kommunale utslipp er meget små i forhold til vannutskiftningen, og vil ikke være målbart lokalt verken som næringssalter eller biologisk produksjon.

Sammendrag

Ytterligere rensetiltak for kommunal kloakk (kjemiske rensing) eller overføring fra Karmøy til Haugesund - Årabrot vil maksimalt kunne redusere den totale organiske stoffbelastning til Karmsundet med 6 %. De foreslåtte tiltakene med siling av utslippene vil fjerne partikler større enn 0,5 - 1 mm slik at tendensen til partikkelavsetning på bunnen ved utslippsstedene vil bli eliminert.

Vurdert utfra den gjennomførte sediment- og bunndyrundersøkelsen og de ovenfor viste stoffregnskapene, vil en ytterligere sanering av kloakkutslippene utover de foreslåtte tiltakene etter all sannsynlighet få liten innvirkning på den totale resipienttilstanden i Karmsundet.

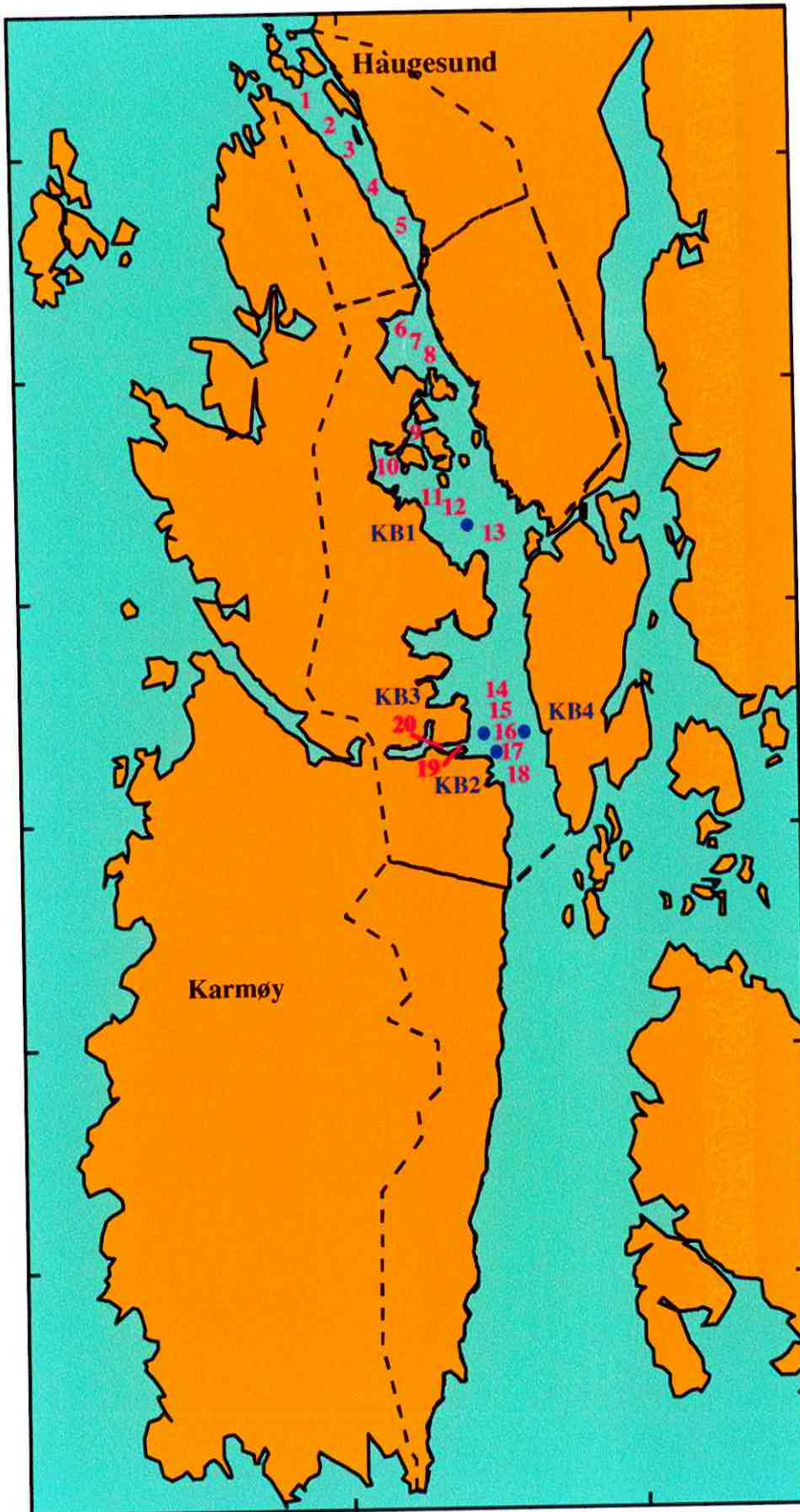
1 Innledning

Undersøkellesstasjonene er markert på kart (Figur 1).

1.1 Mål for undersøkelsen

I Karmsundet er det påvist flere områder med høyt innhold av organisk materiale og lav diversitet. Det er også funnet store variasjoner i forurensingsgrad innen samme basseng. Generelt vil organisk forurensing oppstå når tilførsel av organisk partikulært materiale til en lokalitet er større enn den aerobe omsetningskapasiteten (bærekapasiteten) på lokaliteten. Opphopning av organisk materiale vil da redusere oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet og endre sammensetningen av dyrelivet på lokaliteten. Det er derfor av interesse å studere den relative betydningen av Karmøy kommunes kloakkutslipp i Karmsundet før konkrete tiltak settes i verk.

Prosjektet vil kartlegge og kvantifisere tilførselsmengder av organisk materiale i Karmsundet, og måle den organiske forurensingen i de deler av Karmsundet hvor data ikke finnes. Denne undersøkelsen vil danne grunnlaget for forslag til ulike tiltaksløsninger for å redusere dette utslippet.



Figur 1. Kart over Karmsundet med inntegnede stasjoner. De røde stasjonene, nummerert 1-20, er stasjoner hvor det er tatt prøver for analyse av TOC og TN. De blå stasjonene er, KB1-4, er stasjoner hvor det i tillegg er tatt prøver for analyse av bunndyrssamfunn. Se Tab. 1 og 2 for posisjonsangivelse.

2 Materiale og metode - Sedimentundersøkelser

2.1 Innsamlingsprogram

Bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Prøvene ble siktet gjennom sifter med hull diameter 5 og 1 mm, slik at prøvene er kvantitative for bentisk infauna >1,0 mm. Prøvene ble fiksert med 4 % formalin og nøytralisert med boraks. Prøvene ble samlet inn 23. mai 1997. Posisjon til stasjonene er oppgitt basert på GPS. Tabell 1 viser posisjon, dyp og kommentarer til sedimentet på de fire stasjonene.

Tabell 1. Stasjonsplassering og sedimentbeskrivelse på de fire stasjonene som ble prøvetatt for analyse av bunndyrssamfunn.

Stasjon	Posisjon	Dyp	Kommentarer
KB1	59°19'62" N 5°18'83" Ø	16,5 m	Brunlig til grått sediment. Skjellsand iblandet steiner og mudder. Ingen lukt av H ₂ S fra sedimentet. Det var litt vanskelig å få gode prøver på stasjonen, pga steiner i sedim. Det var også noe sukker-tare på stasjonen. Fant en pyntekrabbe, sjøpunger og kalk-rørsormer på steiner og døde kuskjell.
KB2	59°17'10" N 5°19'54" Ø	27 m	Brunlig skjellsand. Prøvene ble tatt i en "grop" rett utenfor rød stake.
KB3	59°17'26" N 5°19'48" Ø	65 m	Bunnen skråner ned fra lykten, og prøvene ble tatt i det relativt flate området. Mudderbunn med noe småstein liggende igjen på sikten. Fant en pølseorm og mange mudderlignende børstemarker ble plukket fra 5mm sikt med pinsett.
KB4	59°17'38" N 5°19'85" Ø	83 m	Grå og myk leire.

Sedimentprøvene for analyse av organisk innhold ble samlet inn fra 20 stasjoner. Prøvene ble samlet inn 23. mai 1997. Posisjon til stasjonene er oppgitt basert på GPS. Tabell 2 viser posisjon, dyp og kommentarer til sedimentet på de 20 stasjonene.

Tabell 2. Stasjonsplassering og sedimentbeskrivelse på de 20 stasjonene som ble prøvetatt for analyse av organisk innhold i sedimentet.

Stasjon	Posisjon	Dyp	Kommentarer
K1	59°24'69" N 5°14'80" Ø	55 m	Steiner med et yrende liv av slangestjerner, krabber og trollkreps. Frisk lukt.
K2	59°24'59" N 5°15'26" Ø	34 m	Som St. 1, mange små trollkreps, én sjøpølse.
K3	59°24'08" N 5°16'60" Ø	54 m	Leire med noe skjellsand. Fikk også med litt tjærepapp og plast.
K4	59°23'67" N 5°16'71" Ø	54 m	Leire med skjellsand, men mer steiner enn på St. 3. Fikk opp en gammel rusten rørbit og noe ledninger.
K5	59°23'30" N 5°17'65" Ø	50 m	Småstein med mudder og skjellsand. Noen små trollkreps. St. plassert rett ut for Marine Aluminiums nordre side, midt i bukta.
K6	59°21'99" N 5°17'24" Ø	20 m	Bløt mudder med brunt organisk lag på toppen. Luktet H ₂ S. Fant to "knelere" (stomatopda).
K7	59°21'86" N 5°17'60" Ø	32 m	Som stasjon 6 - så ingen dyr. Liten terskel mellom St. 7 og 8.
K8	59°21'80" N 5°18'00" Ø	36 m	Skjellsand, med mye steiner. Mye kalkrørsormer på steinene, døde tror jeg. Mye liv, med store hoppekreps og 1 stor sjømus
K9	59°20'77" N 5°17'81" Ø	13 m	Mykt svart mudder. Luktet H ₂ S. Så ingen større dyr, med unntak av én mudderrørbyggende børstemark. Terskel på ca. 3m. Organisk materiale ble liggende på 1mm sikten.
K10	59°20'48" N 5°17'09" Ø	18 m	Svart illeluktende mudder.
K11	59°20'14" N 5°17'80" Ø	38 m	Mudder, som på St. 10, men ikke så mye lukt, og noe gråere i fargen.
K12	59°19'87" N 5°18'42" Ø	28 m	Mudder, men enda bedre forhold enn på St. 11.
K13	59°19'61" N 5°19'64" Ø	91 m	Grått mudder. Stasjonen ligger midt i leia omtrent. Så ut til å være noen lange børstemark i sedimentet. Ingen lukt.
K14	59°17'85" N 5°19'71" Ø	79 m	Grått mudder, ingen lukt.
K15	59°17'55" N 5°19'68" Ø	68 m	Skjellsand, ingen lukt.
K16	59°17'30" N 5°19'78" Ø	84 m	Grått mudder, ingen lukt.
K17	59°17'10" N 5°19'99" Ø	106 m	Grått mudder, ingen lukt.
K18	59°16'79" N 5°20'06" Ø	115 m	Grått mudder, ingen lukt.
K19	59°17'16" N 5°18'94" Ø	22 m	Skjellsand med steiner. Det så ut til å være mye liv.
K20	59°17'12" N 5°18'41" Ø	12,6 m	Mudder, teppe av trådformede brunalger over brunt mudder, svart dypere enn ca. 3cm. Ingen terskel på vei inn.

2.2 Organisk innhold og partikkelfordeling i sedimentet

Partikkelsammensetningen i sedimentet ble analysert ved våtsikting etter standard metode beskrevet av Buchanan (1984).

Innhold av organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) er analysert på elementanalysator, etter at uorganiske karbonater som kalkskall o.l var fjernet med saltsyre.

2.3 Analyser av Bunnfauna

Bunndyrsfaunaen er i hovedsak immobil. Faunaen kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for, og ikke bare representere et øyeblikksbilde, slik tilfellet er om det blir målt ulike parametre i vannsøylen. Derfor er bunndyrsundersøkelser ofte benyttet for å vurdere effekten av ulik forurensning.

Antallet av arter og individer er primære resultater i bunndyrsundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver art representere en variabel) til enklere tall eller informative figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

På laboratoriet ble alle dyr plukket ut under lupe, og overført til egnet konserveringsmiddel. Dyrene ble identifisert til art så langt dette har vært mulig. Muslinger og snegler ble artsbestemt av P. B. Wikander, krepsdyrene av K. M. Nodland, mens J. P. Aabel har stått for identifiseringen av de resterende gruppene.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarkene (Oligochaetae), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som nemertiner, rundmakk samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er med i analysene. Krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser.

2.3.1 Mål på diversitet

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon and Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Rygg and Thélin 1993). Se imidlertid kommentarer om revidert utgave av disse verdier i resultat delen.

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{\max}$. Forholdet mellom observert- (H') og maksimal diversitet (H_{\max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Forventet antall arter er beregnet etter Hurlberts formel fra 1971 (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

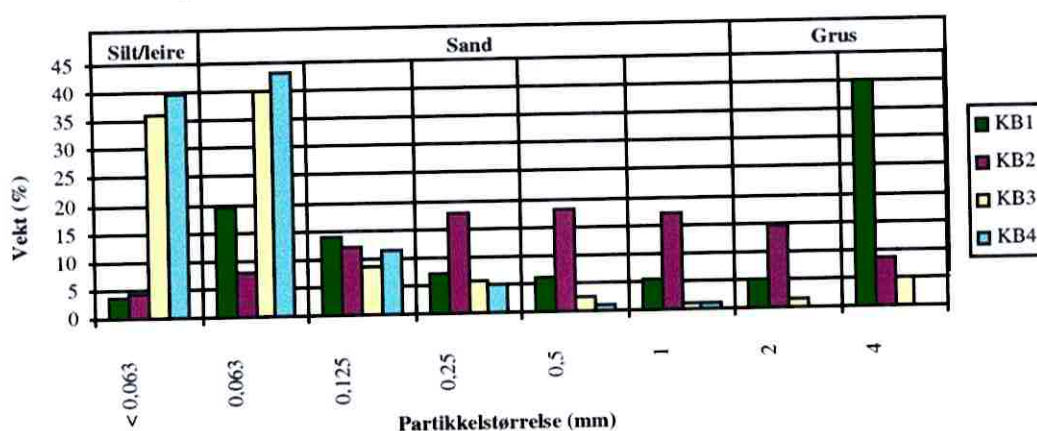
hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Det regnes ut forventet antall arter ved 100 individer ($ES_{n=100}$), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Rygg & Thélin 1993).

3 Resultater og diskusjon

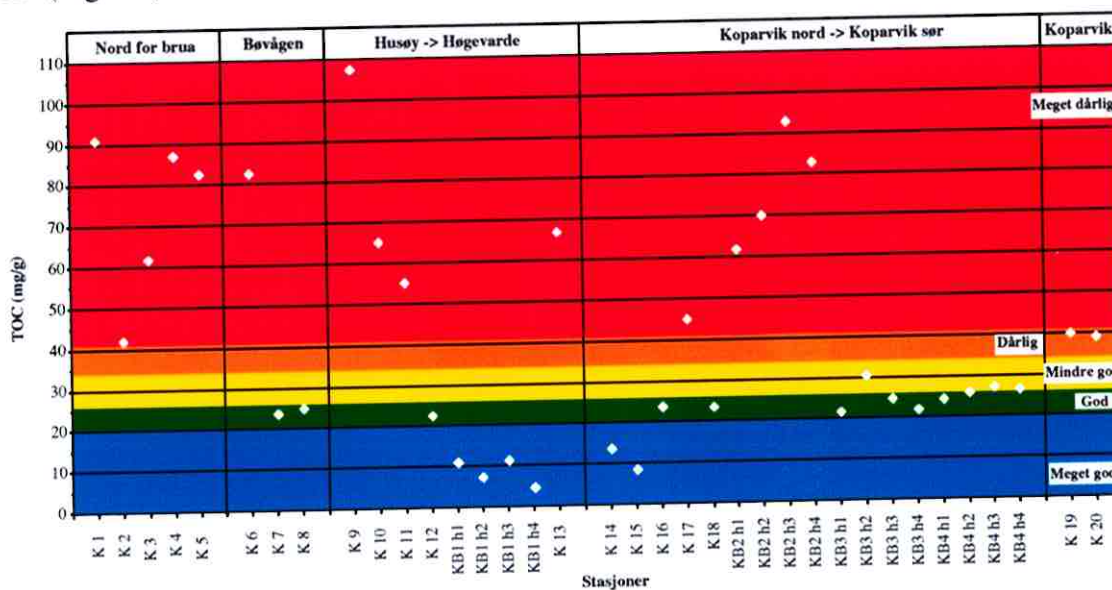
3.1 Organisk innhold og partikkelfordeling i sedimentet

Sedimentet på KB1 og KB2 er vesentlig grovere enn på de andre stasjonene (Figur 2). Andelen finpartikulært materiale på de to dypeste stasjonene KB3 og KB4 var på ca. 40 %, og hele 80% var *fin sand* eller mindre, noe som er vanlig for dypere fjordstasjoner. Den høye andelen finpartikulært materiale tyder på at det er lite strøm ved bunn. På KB1 var det en blandingsbunn med både finpartikulært materiale og sand, men også 40 % grus. Sedimentet på KB2 var i hovedsak sand.



Figur 2. Partikkelstørrelses fordeling i sedimentet på de fire stasjonene KB1 - KB4.

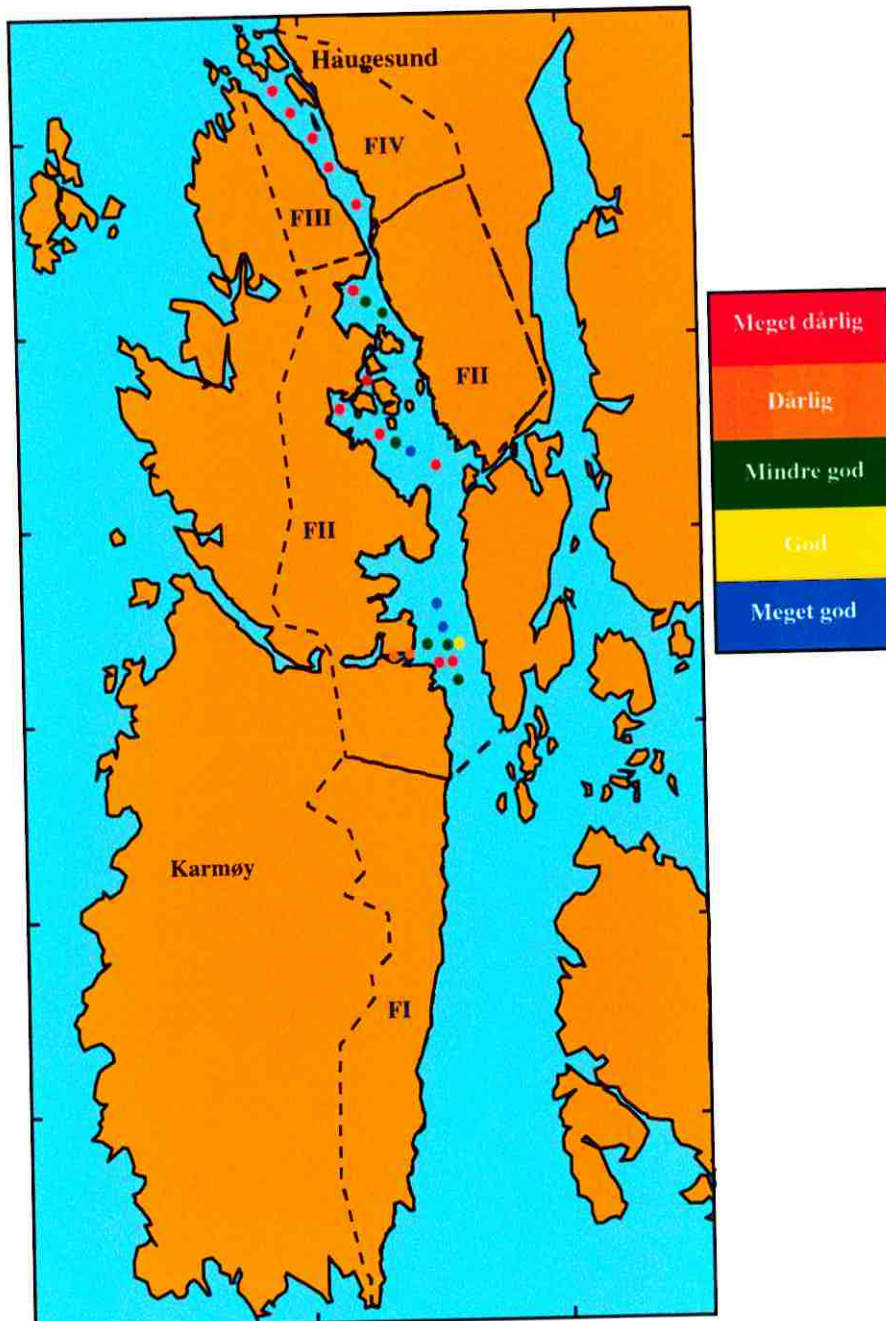
Sedimentets innhold av organisk materiale ble målt både som TOC (Figur 3 og 4) og som TN (Figur 5).



Figur 3. Organisk innhold i sedimentet fra nord til sør i Karmsundet, målt som TOC (mg/g). Tilstands-klassen er gitt i henhold til SFT (rev. utgave av; Rygg og Thelin 1993, pers medd. Anette Juliussen SFT).

Stasjonene nord for brua ble målt til verdier mellom 40 og 90 mg C/g, noe som klassifiserer tilstanden som *meget dårlig*. På alle disse stasjonene var det en blandingsbunn, med både leire og steiner i sedimentet.

I Bøvågen skilte K6 seg klart fra de to andre, dette var som forventet, da K6 var plassert lengst inn og sannsynligvis med de svakeste strømmene. Sedimentet bestod av bløttmudder, mens det på K8 var skjellsand. Stasjonene K7 og K8 lenger ut klassifiseres som *Gode*.



Figur 4. Organisk innhold i sedimentet fra nord til sør i Karmsundet, målt som TOC (mg/g). Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFT (rev. utgave av; Rygg og Thélín 1993, pers medd. Anette Juliussen SFT).

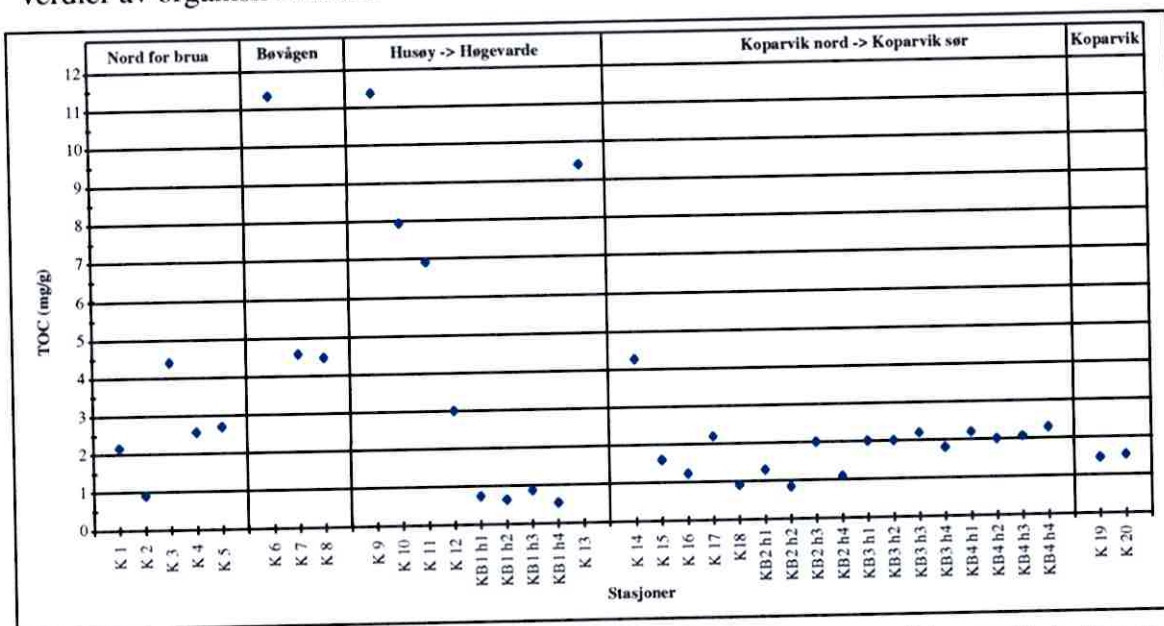
I Husøy området var resultatene som forventet, i de innelukkede områdene, K9, K10 og delvis K11, var det organiske innholdet høyt og klassifiseres som *meget dårlig*. Sedimentet på disse stasjonene var bløttmudder og luktet til dels sterkt H_2S . Lenger ut på K12 og

KB1 var det organiske innholdet lavere og klassifiseres som henholdsvis *godt* og *meget godt*. Stasjon K13, midt i leia på 91m dyp, ligger sannsynligvis i et sedimentasjonsområde, og TOC innholdet er høyt.

På de dype stasjonene K14-18, med dyp fra 80 til 115m, varierer TOC innholdet noe og klassifiseres som *meget godt* på K14 og K15, som *godt* på K16 og K18, og som *meget dårlig* på K17. K17 ligger rett øst for KB2 som også har et høyt TOC innhold. De to andre bunndyrs-stasjonene KB3 og 4, så klassifiseres TOC verdiene som *god* til *mindre god*.

De to stasjonene i Kopervik vågen, K19 og K20, klassifiseres som *dårlige* med hensyn på organisk innhold.

Det er i de områdene av Karmsundet med begrenset vannutskiftning at det måles høye verdier av organisk innhold.



Figur 5. Organisk innhold i sedimentet målt som TN (mg/g). Tilstandsklasse er ikke oppgitt da disse er tatt ut av revidert utgave av; Rygg og Thélin 1993, pers medd. Anette Juliussen SFT.

På bakgrunn av det målte innholdet av nitrogen (TN) i sedimentet kan stasjonene i hovedsak deles inn i to klasser, hvor de som er lokalisert til området med lite strøm og begrenset vannutskiftning har relativt høye verdier for TN, slik som for stasjonene innerst i Bøvågen og i Husøy området. Stasjonene nord for brua, som hadde høye verdier for TOC har relativt lave verdier for TN. Det samme gjelder for KB2 som hadde vesentlig høyere TOC verdier enn KB3 og 4, mens TN verdiene er relativt like.

3.2 Bunndyr på bløtbunn

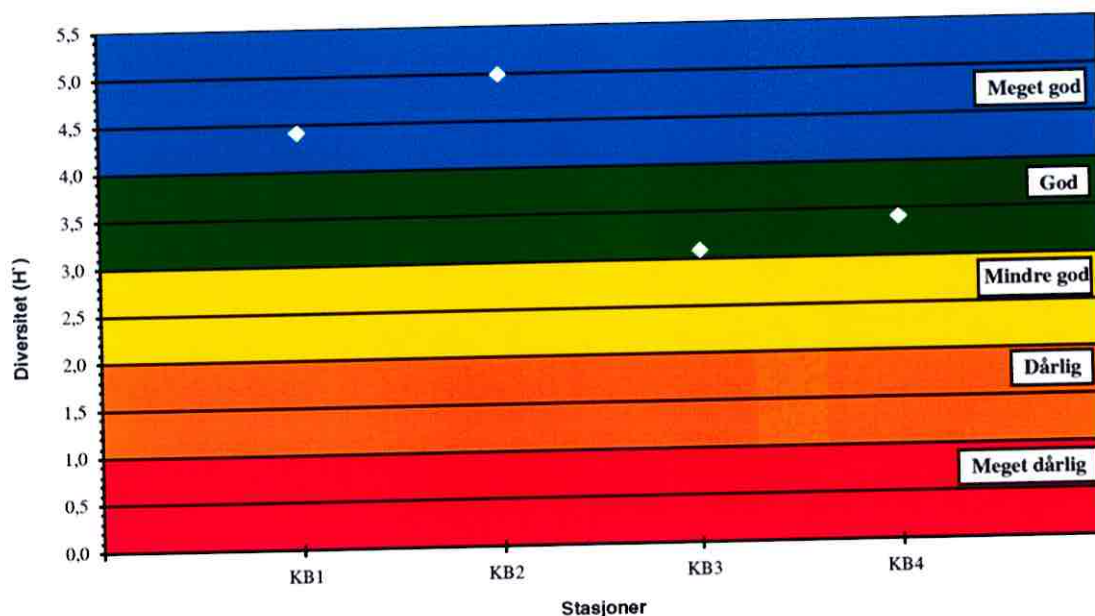
3.2.1 Diversitet

Antall individer, arter og mål på diversitet på de fire stasjonene i Karmsundet er gitt i tabell 3.

Tabell 3. Antall arter, og individer samt indekser for artsrikhet; jevnhetsindeks, Shannon-Wieners indeks og Hurlberts indeks for forventet artsantall. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFT (revidert utgave av; Rygg og Thélín 1993, pers medd. Anette Juliussen SFT).

Stasjon	Individ- antall (N)	Artsantall (S)	Jevnhets indeks (J)	Shannon- Wiener indeks (H')	SFT klasse	Hurlbert indeks (ESn=100)	SFT klasse
KB1	806	89	0,69	4,4	Meget god	33,4	Meget god
KB2	658	72	0,81	5,0	Meget god	35,1	Meget god
KB3	1863	66	0,52	3,1	God	21,8	God
KB4	1965	56	0,59	3,4	God	19,2	God

Artsrikheten på de fire stasjonene klassifiseres som *meget god* og *god*. Diversiteten målt som Shannon-Wieners diversitetsindeks, er også vist i figur 6.



Figur 6. Diversitet på stasjonene i Karmsundet. Klassifisering av tilstand er gitt i henhold til SFT (revidert utgave av; Rygg og Thélín 1993, pers medd. Anette Juliussen SFT).

Diversitets indekser forenkler imidlertid et komplekst sett av data vedrørende arter og individer til et enkelt tall. Indeksene tar ikke hensyn til de ulike artene, og det undersøkte

området kan derfor ha en total utskiftning av arter uten at dette kommer til uttrykk i endrede verdier på diversitets indeksen.

Den videre gjennomgang av de endringer som har funnet sted baserer seg derfor på både kunnskap om enkelt arters levesett og evne til å tåle organisk anrikede sedimenter.

3.2.2 Dominerende arter

Antall individer av de dominerende artene er vist i tabell 4.

Tabell 4. De mest dominerende arter er vist som antall individer pr. 0,4 m².

Stasjon og arter	Ant. ind. (pr. 0,4 m ²)	% av N	Stasjon og arter	Ant. ind. (pr. 0,4 m ²)	% av N
KB1			KB3		
<i>Scoloplos armiger</i>	280	34,7%	<i>Myriochele oculata</i>	1015	54,5%
<i>Chaetozone setosa</i>	60	7,4%	<i>Chaetozone setosa</i>	121	6,5%
<i>Oligochaeta indet</i>	36	4,5%	<i>Diplocirrus glaucus</i>	70	3,8%
<i>Galathea intermedia</i>	33	4,1%	<i>Thyasira sarsii</i>	68	3,7%
<i>Heteromastus filiformis</i>	29	3,6%	<i>Abra nitida</i>	67	3,6%
<i>Polydora ciliata</i>	27	3,3%	<i>Pectinaria auricoma</i>	65	3,5%
<i>Cheirocratus cf. sundvalli</i>	20	2,5%	<i>Thyasira flexuosa</i>	57	3,1%
KB2			KB4		
<i>Sabellidae indet</i>	99	15,0%	<i>Chaetozone setosa</i>	689	35,1%
<i>Leptochiton asellus</i>	58	8,8%	<i>Myriochele oculata</i>	388	19,7%
<i>Scoloplos armiger</i>	40	6,1%	<i>Diplocirrus glaucus</i>	171	8,7%
<i>Astarte montagui</i>	35	5,3%	<i>Heteromastus filiformis</i>	115	5,9%
<i>Owenia fusiformis</i>	34	5,2%	<i>Abra nitida</i>	95	4,8%
<i>Myriochele oculata</i>	29	4,4%	<i>Spiophanes cf. krøyeri</i>	85	4,3%
<i>Pholoe inornata</i>	26	4,0%	<i>Thyasira sarsii</i>	63	3,2%

Stasjon KB1. Stasjonen ble lokalisert i området nord for Høge Varde. Sedimentet var blandingsbunn, med både skjellsand, mudder og steiner. Dypet var 16,5m. På denne stasjonen ble det funnet 806 arter fordelt på 89 individer, diversiteten på stasjonen var 4,44 og klassifiseres som *meget god*. Den dominerende arten på denne stasjonen var børstemarken *Scoloplos armiger* med 280 individer. Dette er en art som er meget vanlig på sand- og mudderbunn hvor den lever nedgravd i sedimentet og lever av detritus. Arten kan overleve ved lave saltholdighets og oksygen konsentrasjoner (Kirkegaard 1996). En annen tallrik art (60 individer) var børstemarken *Chaetozone setosa* som også graver i sedimentet og lever av detritus. Denne arten er meget tolerant for forurensing og kan ofte dominere i

antall på steder utsatt for organisk belastning, men da med langt høyere antall individer enn det som ble funnet her.

Den høye diversitets verdien tatt i betraktning er det ikke noe som tyder på at stasjonen er sterk belastet med organisk materiale. Derimot er det tegn som tyder på en viss stimulering av området som har ført til et høyt antall individer av arter tolerante for forurensing.

Stasjon KB2. Stasjonen ligger rett utenfor, og noe på sørsiden av Kopervik vågen. Dypet var 27m og sedimentet var skjellsand. Diversiteten på denne stasjonen var 4.99 som klassifiseres som *meget god*. Totalt ble det funnet 658 individer fordelt på 72 arter. Faunaen domineres av arter fra familien Sabellidae som er filtrerende dyr. Filtrerende dyr trives normalt ikke på forurensede steder noe som indikerer bra forhold på denne stasjonen. Andre tallrike arter er skallusen *Leptochiton asellus* og muslingen *Astarte montagui*. Sammenlignet med de andre stasjonene ble det høyeste antall pigghuder funnet på denne stasjonen. Pigghuder har en tendens til å minke i antall eller forsvinne helt ved organisk belastede områder (Gray m. fl. 1988). Børstemarkene *Scoloplos amiger* og *Myriochele oculata* som begge er tolerante for forurensing utgjør i underkant av 10 % av antall individ på stasjonen.

Dominans av filtrerende dyr og det høye antall pigghuder kan tyde på at stasjon KB2 ikke belastes av organisk materiale. Til tross for at det organiske innholdet i sedimentet var høyt, og klassifisert som *meget dårlig*, så sees dette ikke igjen i bunndyrssamfunnet. Det skyldes sannsynligvis at det er god vannutskifting og strømforhold helt ned til bunn.

Stasjon KB3. Stasjonen ligger tilsvarende som KB2, men på nordsiden av vågen. Dypet var 65m og sedimentet var dominert av mudder. Diversiteten på stasjonen ble beregnet til 3,1 og karakteriseres som *god*. Børstemarken *Myriochele oculata* utgjør over 50 % av antall dyr på denne stasjonen. Denne arten er en av de mest vanlige børstemarkene i våre farvann og på enkelte steder kan den forekomme med høy tetthet. Arten er tolerant for forurensing (Rygg 1986). Den nest mest tallrike art på denne stasjonen er børstemarken *Chaetozone cetosa* som nevnt tidligere også er tolerant for forurensing. Børstemarken *Diplocirrus glaucus* er en forurensnings ømfintlig art og utgjorde ca 3.8 % av det totale antall individ på stasjonen, og tilstedeværelse av denne arten indikerer at graden av forurensing ikke er betydelig (Rygg 1984). Muslingen *Thyasira equalis*, det gravende krepsdyret *Calocaris macandrea* og hoppekrepsen *Erioosia elongata* som ble funnet på stasjonen er også ømfintlige for organisk forurensning (Rygg 1995).

Denne stasjonen kan sammenlignes med stasjon K1 fra en resipientundersøkelse i Karmsundet fra 1986 (Aabel 1987). Sammenligner en diversitets verdiene er det en nedgang fra 4,8 i 1986 til 3,1 i 1997. Artsantallet har ikke endret seg betydelig, men antall individ har steget fra 666 i 1986 til 1015 i 1997. De to dominerende artene i 1987 var børstemarkene *Heteromastus filiformis* og *Tharyx marioni* som utgjorde 22 % av det totale antall individ.

Sammenligner man stasjonen over tid kan det tyde på at tilførsel av organisk materiale har økt, men tilstedeværelse av flere forurensnings ømfintlige arter indikerer at området ikke i stor grad er utsatt for organisk belastning.

Stasjon KB4. Stasjonen ble plassert i det dypeste området rett utenfor Kopervik. Dypet var 83m og med mudderbunn. På denne stasjonen dominerer børstemarken *Chaetozone setosa*. Denne arten er som nevnt tidligere meget tolerant for forurensing. En annen tallrik art på stasjonen er børstemarken *Myriochele oculata* som også er tolerant for forurensing. Disse to artene utgjør til sammen over 50 % av antall dyr på stasjonen. På denne stasjonen ble det funnet få pigghuder, noe som er typisk for forurensede steder. Det ble på denne stasjonen også funnet flere forurensnings ømfintlige arter, av disse er det børstemarken *Diplocirrus glaucus* som dominerer. Denne arten er den tredje mest dominerende i hele fauna materiale. Andre forurensnings ømfintlige arter var som på stasjon KB3 muslingen *Thyasira equalis* og det gravende krepsdyret *Calocaris macandrea* og hoppekrepsen *Eriopisa elongata*.

En diversitets verdi på 3,4, hvilket klassifiseres som *god*, og forekomst av flere forurensnings ømfintlige arter skulle indikere at området i liten grad påvirkes av forurensing. Derimot kan dominans av to arter som er tolerante for forurensing og et lavt antall pigghuder tyde på at stasjonen i perioder er utsatt for utslipp av organisk materiale.

3.3 Stofftilførsler til Karmsundet

En viktig del av dette prosjektet har vært å kvantifisere stofftilførslene til Karmsundet. Med dette menes tilførsler fra land og nedfall på vannflate, av organisk stoff samt næringsstoffene nitrogen og fosfor. Tilførsler som transporteres med vannstrømmen i Karmsundet er ikke tatt med i disse beregningene.

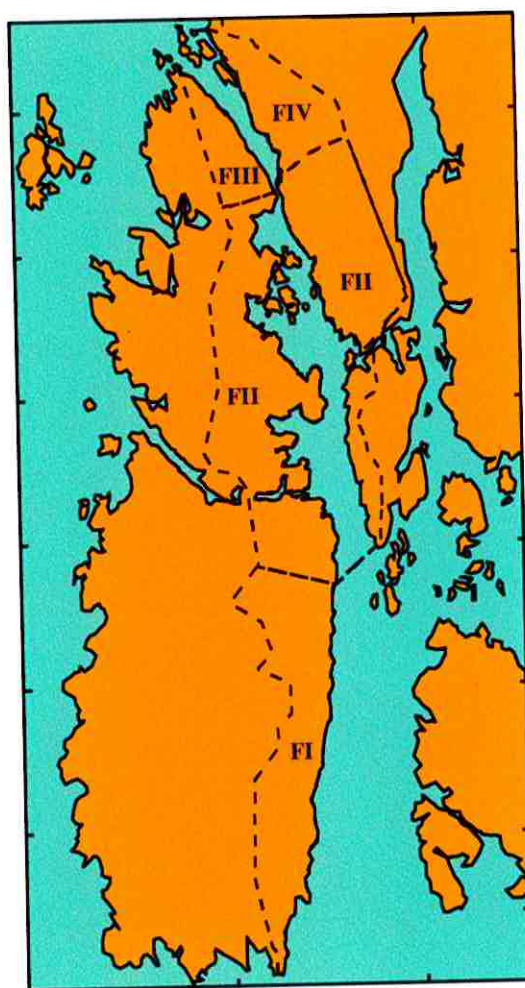
Det ligger utenfor prosjektets rammer å måle forurensningsbidragene fra de ulike kildene, og tilførselsberegningene bygger derfor på opplysninger innhentet fra kommunene, industribedrifter og forurensningsmyndigheter om kilder, utslippsmengder og aktiviteter i nedbørfeltet. Beregningene bygger dessuten på erfaringstall for avrenning fra jordbruk og landarealer, og for bakgrunnstilførsler. Dette introduserer åpenbart en rekke usikkerheter, men vil være akseptabelt når hensikten er å kunne vurdere hvilke kilder som er mest vesentlige og hvilke kilder som er av mindre betydning . I det følgende presenteres grunnlaget for beregningene, samt et tilførselsregnskap for organisk stoff, nitrogen og fosfor.

3.3.1 Nedbørfelt

Grensene for nedbørfeltet med avrenning til Karmsundet er skissert i figur 7. Yttergrensene for feltet er gitt i henhold til vassdragsregisterets inndeling (NVE), mens grenser for delfelter er bestemt fra topografiske kart (M711, Blad 1113 I & II, 1:50.000). Nedbørfeltet er delt i tre delfelter (FI - FIII) i Karmøy kommune og ett delfelt som omfatter Haugesund by (F IV):

Delfelt F I	Karmøy, Skudenes - Melstokke
Delfelt F II	Karmøy, Melstokke - Salhusstraumen
Delfelt F III	Karmøy, Salhusstraumen - Osnes
Delfelt F IV	Haugesund by

Diskusjonen i denne rapporten, både med hensyn til tilførsler og effekter, vil i hovedsak dreie seg om området nord for Melstokka - Krokanes (delfeltene F II - F IV). Området sørøst på Karmøy (delfelt F I) er tatt med for å kunne beregne kommunes totaltilførsler, og fordi dette området bidrar med omlag 10% av kommunens kloakkutslipp til Karmsundet (se nedenfor). For dette området er det bare bidrag fra landareal som er beregnet.



Figur 7. Nedbørfeltet til Karmsundet, med delfelter.

3.3.1.1 *Nedbør og avrenning*

Det norske meteorologiske institutt (DMNI) har flere værstasjoner i det aktuelle området. Vi har innhentet nedbørdata fra stasjon 4720 Skudenes II (2 moh.), stasjon 4724 Karmøy-Brekkevann (19 moh.), stasjon 4727 Karmøy-Hydro (8 moh.), og stasjon 4739 Haugesund-Rossabø (25 moh.). Årsnormal nedbør for disse stasjonene for perioden 1961-1990 er henholdsvis 1295 mm, 1325 mm, 1430 mm, og 1520 mm.

Det aktuelle nedbørfeltet til Karmsundet strekker seg opp mot 150 moh. i området sør for Haugesund, mens det på Karmøy når opp mot 120 moh. sør for Kopervik. Nedbørmengden vil generelt øke med høyden over havet, som en effekt av luftmassenes avkjøling. Ulike deler av et nedbørfelt vil derfor motta ulik nedbørmengde, men i de videre beregningene er det for enkelhets skyld antatt at hele nedbørfeltet mottar den samme nedbørmengden. Med bakgrunn i nedbørdata fra DNMI anslås at årlig normal nedbør for Karmsundets nedbørfelt er omlag 1400 mm.

Vannavrenningen i området kan fra NVEs isohydratkart anslås til omlag 32 l/sek-km². I forhold til antatt årlig nedbør på 1400 mm, betyr dette at omlag 400 mm fordamper årlig fra nedbørfeltet (evapotranspirasjon). Dette er en rimelig verdi sammenholdt med målinger som er gjort av fordamping fra fri vannflate (Hetager & Lystad 1974), og med hva som er beregnet for nedbørfelter i Ims-Lutsi vassdraget (Molversmyr & Sanni 1990).

De angitte verdiene for nedbør og vannavrenning for nedbørfeltet til Karmsundet antas å være et rimelig anslag for et normalår, og inngår i beregningene av bakgrunnstilførsler til Karmsundet.

3.3.1.2 Arealfordeling

Totalarealene for de ulike delnedbørfeltene er planimetretrert (Uchida Planimeter) fra topografiske kart (M711, 1:50.000). Fra disse kartene ble også arealet på vannflater estimert. Opplysninger om arealbruk er innhentet fra teknisk etat i Karmøy kommune (J. Thaule, pers. medd.).

For tilførselsregnskapene er det brukt en inndeling mellom arealtypene "totalt jordbruksareal", "Tettsteder", "Skog, myr, fjell" og Vannflate ("Innsjøer" og "Sjøareal"; tabell 5). Av nedbørfeltets totale landareal hører omlag 20 % inn under kategorien jordbruksareal, mens 60 % betegnes som skog, myr, fjell. Såkalt tettstedsareal utgjør omlag 17 %, og her er det selvsagt Haugesund (delfelt F IV) som bidrar mest (90 % av dette delfeltet tilhører kategorien tettstedsareal). Kategorien vannflate utgjør 3 % av landarealet (innsjøer), mens sjøarealet utgjør 21% av nedbørfeltets totalareal. Det minnes om at det ikke er medregnet sjøareal for delfeltet sør for Melstokka - Krokanes (delfelt F I).

Tabell 5. Arealfordeling i nedbørfeltet til Karmsundet (km²).

Nedbørfelt	Jordbruks- areal (tot.)	Tett- steder	Skog,myr, fjell, oa.	Innsjøer	Totalt landareal	Sjø- areal	Totalt areal
Delfelt F I	2,8	0	19,3	0,6	22,6	-	22,6
Delfelt F II	12,6	4,9	29,8	2,2	49,4	19,0	68,4
Delfelt F III	1,5	0,7	2,5	0,1	4,7	1,8	6,5
Totalt Karmøy	16,3	5,6	51,6	2,9	76,7	20,8	97,5
Delfelt F IV (Haugesund)	0,5	8,9	0,5	0	9,9	2,4	12,3
Totalt Karmsundet	17,2	14,5	52,1	2,9	86,6	23,2	109,8

3.3.2 Stofftilførsler fra ulike kilder

I det følgende gis en oversikt over kildene som er tatt med i tilførselsregnskapet for Karmsundet, og en beskrivelse av grunnlagsdataene en har benyttet for beregningene.

3.3.2.1 Spesifikke tilførselsbidrag

Arealtypene i tabell 5 er gitt spesifikke arealavrenningskoeffisienter, som er brukt til å beregne tilførsler av nitrogen, fosfor og organisk stoff. Tilførsler med kloakk er beregnet med bakgrunn i tall for spesifikke tilførselsbidrag fra personer (personequivallenter) bosatt i området. Tilførsler fra industribedrifter er basert på opplysninger om konkrete utslippsmengder.

Spesifikke tilførselsbidrag av fosfor, nitrogen og organisk stoff for de ovenfor nevnte arealtypene, samt for kloakktilførsler er gjengitt i tabell 6. I avsnittene nedenfor gis kildehenvisninger og kommentarer til disse verdiene.

Tabell 6. Spesifikke tilførselsbidrag av fosfor, nitrogen og organisk stoff.

Element	Kloakk g/pe·d	Avrenning jordbruk kg/km ² ·år	Avrenning tettsted kg/km ² ·år	Avrenning skog,myr,fjell kg/km ² ·år	Nedbør på vannflate kg/km ² ·år
Fosfor (P)	1,7	90	100	6	20
Nitrogen (N)	12	5000	850	400	1200
Total organisk karbon - TOC (C)	26	7500	2500	1000	1100
Kjemisk oksygenforbruk - KOF (O)	94	20000	6500	1000	1100

3.3.2.2 Kommunale utslipp

I Karmøy kommunes hovedplan for avløp (Karmøy kommune 1996) er det utarbeidet detaljerte oversikter over eksisterende utslipp pr. 1995. Kommunen er delt inn i såkalte delplaner som representerer atskilte områder. De fremkomne tallverdiene i tabell 7 er summen av kommunale og private utslipp, der private utslipp utgjør ca. 25 % av den totale belastningen. I samtlige delplaner bidrar private og kommunale slamavskillere og/eller mekaniske siler til en viss reduksjon i utslippet av blant annet organisk stoff (KOF),

partikler (SS) og fosfor (TP). For beregning av reduserte utslipp som følge av rensetiltak er det benyttet samme renseeffekter for slamavskillere og mekaniske siler (20 % for KOF, 40 % for SS og 12 % for TP; Karmøy kommune 1996).

For delplan Torvastad er det oppgitt at 50 % av det totale utslippet belaster Karmsundet, mens utslippene innen delplan Røyksund/Fosen ikke belaster Karmsundet men ledes i sin helhet til Førdesfjorden (J. Thaule, pers. medd.).

En oversikt over kommunale utslipp i Haugesund pr. 1995 er presentert i Utslippsøknad for Haugesund kommune (Haugesund kommune 1995). I tabell 7 er summert alle kommunale utslipp til Karmsundet fra Karmøy grense (Sakkestadviken) til Vibrandsøy, med og uten mekanisk rensing. Et utslipp i Gardsvika tilsvarende ca. 20000 pe blir sommeren 1997 overført til Klubben/Årabrot (S. Langaker, pers. medd.), og er ikke tatt med i tabellen. To av utslippene, Sakkestadhaugen (1890 pe) og Rossebøbekken (1451 pe) har mekanisk rensing (silanlegg). Forventet renseeffekt ved anleggene er satt lik effekten til mekaniske rensesystemer i Karmøy.

Tallene i tabell 7 er benyttet som basis for å beregne tilførselsbidraget fra kloakk til Karmsundet. Her har en benyttet spesifikke forurensningsmengder pr. personekvivalent hentet fra Holtan & Åstebøl (1991), slik disse er fremstilt i tabell 6 ovenfor. For organisk stoff (KOF) og fosfor (TP) har en benyttet belastningsreduksjoner som angitt i tabell 7. For nitrogen (TN) har en antatt tilsvarende belastningsreduksjon som for fosfor, i henhold til påregnet renseeffekt for mekanisk rensing angitt av Holtan & Åstebøl (1991). Data om suspendert stoff (SS) (partikler) er tatt med for helhetens skyld, siden dette er en hovedparameter for vurdering av renseeffekt for mekaniske renseløsninger.

Tabell 7. Kommunale og private utslipp fra personer som belaster Karmsundet, med angivelse av dagens reduksjon i belastning som følge av ulike rensetiltak. Data er fra Karmøy kommune (1996) og Haugesund kommune (1995).

Nedbørfelt	Delplan	Belastning pe	Belastningsreduksjon (%)		
			KOF	SS	TP
Delfelt F I	Blikshavn	415	17,6	35,2	10,6
	Stokkastrand	763	19,9	39,8	12,0
	Total F I	1178	19,1	38,2	11,5
Delfelt F II	Kopervik	6941	4,2	8,4	2,5
	Husøy	2635	16,3	32,6	9,8
	Karmsundet Nord	8591	12,8	25,6	7,7
	Total F II	18167	10,0	20,0	6,0
Delfelt F III	Torvastad	663	14,6	29,3	8,8
Total Karmøy		20008	10,7	21,4	6,4
Delfelt F IV (Haugesund)	Uten mekanisk rensing	6583	(0)	(0)	(0)
	Med mekanisk rensing*	3341	20	40	12
	Totalt F IV (Haugesund)	9924	6,7	13,5	4,0
Totalt til Karmsundet		29932	9,4	18,8	5,6

*: Benyttet samme renseeffekter som i Karmøy kommune (1996).

3.3.2.3 Utslipp fra industri

Data om utslipp fra industribedrifter til Karmsundet er innhentet fra SFT (1997), og disse er fremstilt i tabell 8. Tabellen viser årlige utslipp av organisk stoff (KOF), fosfor (TP) og nitrogen (TN). Suspendert stoff (SS) (partikler) er tatt med for helhetens skyld, og fordi utslippstillatelser ofte er gitt for denne parameteren.

De framgår at utslippet fra Pronova Biopolymer fullstendig dominerer industribedriftenes utslipp av organisk stoff og partikler (SS). Det har ikke lyktes å fremskaffe data om utslipp av næringssalter fra andre enn Pronova Biopolymer. En har heller ikke data om utslipp av organisk stoff fra bedriftene Silfas Karmøy, Biomar og Primex. En må anta at det er noe utslipp av organisk stoff og næringssalter også for bedriftene hvor dette ikke er kvantifisert i tabell 8. Fra bedriftenes side opplyses imidlertid at disse utslippene er små og relativt ubetydelige.

Tabell 8. Utslippsmengder fra industribedrifter med utslippstillatelse til Karmsundet i 1996 (SFT 1997).

Nedbørfelt	Bedrift	Belastning (tonn/år)			
		KOF	SS	TP	TN
Delfelt F II	Hydro Aluminium, Karmøy	6*	130	?	?
	Pronova Biopolymer	12190	8040	45	350
	Silfas, Karmøy	?	17,7	?	?
	Biomar	?	?	?	?
	Primex	?	?	?	?

*: Som total organisk karbon (TOC).

3.3.2.4 Utslipp med overvann

Beregninger av utslipp med overvann til Karmsundet er basert på størrelsen av arealet definert som tettsteder (tabell 5) og tilhørende flatespesifikke avrenningskoeffisienter som angitt i tabell 6 ovenfor. Koeffisienten for fosfor er hentet fra Holtan & Åstebøl (1991) for tettstedstypen "city". For nitrogen og organisk stoff (TOC) er koeffisientene basert på målinger foretatt i Sør-Rogaland (Molversmyr 1996). Disse målingene antyder noe høyere avrenning av nitrogen enn hva som er angitt av Holtan & Åstebøl (1991), noe som er satt i sammenheng med høyt atmosfærisk nedfall i Rogaland. Koeffisienten for kjemisk oksygenforbruk (KOF) er beregnet fra tilsvarende tall for total organisk karbon (TOC), ved å anta 100% oksidering av karbonet.

3.3.2.5 Jordbrukstilførsler

Tilførsler fra jordbruket er beregnet ut fra størrelsen av jordbruksarealet i nedbørfeltet til Karmsundet (tabell 5), og tilhørende flatespesifikke avrenningskoeffisienter som angitt i tabell 6 ovenfor. Disse koeffisientene er basert på erfaringstall og konkrete målinger fra en rekke jordbruksområder på Jæren (Molversmyr 1995; Molversmyr & Bergheim 1995). Koeffisienten for kjemisk oksygenforbruk (KOF) er beregnet fra tilsvarende tall for total

organisk karbon (TOC), ved å anta 100% oksidering av karbonet. Det bemerkes at disse koeffisientene angir totaltilførslene fra jordbruket, og inkluderer normale tilførsler fra melkerom, silo, gjødsellagre, osv.

Siden disse koeffisientene er basert på målinger i Rogaland og gjelder for totaltilførsler fra jordbruket, er de mer realistiske og anvendbare for denne undersøkelsen enn verdiene gitt av Holtan & Åstebøl (1991).

3.3.2.6 Bakgrunntilførsler

Såkalte bakgrunntilførsler er beregnet ut fra størrelsen på arealtypen "Skog, myr, fjell", og på størrelsen av åpne vannflater (tabell 5). Spesifikke avrenningskoeffisienter for disse arealtypene er delvis hentet fra Holtan & Åstebøl (1991). Koeffisienter for organisk stoff fra "Skog, myr, fjell" er anslått ut fra antatt årlig vannavrenning (32 l/sek.km^2) og antatt stoffkonsentrasjon (ca. 1 mg/l TOC og KOF_{Mn} er normalt i vassdrag i upåvirkede områder på Vestlandet (Tørseth et al. 1995)).

Tilsvarende er koeffisient for organisk stoff med nedbør på vannflate anslått ut fra antatt årlig normalnedbør (1400 mm) og antatt konsentrasjon i nedbøren. Denne er forventet i underkant av 1 mg/l TOC (Kjetil Tørseth, NILU; pers. medd.), og i beregningene er benyttet $0,8 \text{ mg/l TOC}$ (og samme verdi for KOF_{Mn}).

3.3.3 Tilførselsregnskap: Organisk stoff

Et regnskap over tilførsler av organisk stoff til Karmsundet er i første rekke relevant for vurdering av eventuelle problemer som følge av oksygenforbrukende nedbrytning av det organiske stoffet. Bunndyrundersøkelsen i rapportens første del omtaler blant annet effekter knyttet til dette.

Organisk karbon brukes oftest som et mål på organisk stoff, men det er viktig å være oppmerksom på at nedbrytbarheten for ulike former av organiske karbonforbindelser vil være svært forskjellig. For eksempel vil organisk karbon i tilførsler fra områder med lite menneskelig aktivitet (skog, myr, fjell) være tungt biologisk nedbrytbare, mens organiske karbonforbindelser fra menneskepåvirkede kilder, særlig kloakk, vil være lett biologisk nedbrytbare. Parameteren biokjemisk oksygenforbruk (BOF) ville i større grad ha gitt uttrykk for hvor lett nedbrytbart det aktuelle organisk stoff er, men det foreligger ikke tilstrekkelig data for å utarbeide et fullstendig regnskap for dette. Dette betyr at en ved vurderingen av de ulike kildene må ta hensyn til ulik nedbrytbarhet av det organiske stoffet.

Utslippene av organisk stoff fra Pronova Biopolymer er oppgitt som kjemisk oksygenforbruk (KOF), og siden disse utslippene totalt dominerer stoffregnskapet (se nedenfor) er det valgt å legge hovedvekten på denne parameteren for organisk stoff. For enkelte andre kilder (jordbruk, overvann; se ovenfor) har en da anslått en KOF-verdi fra eksisterende tall for total organisk karbon (TOC). Et stoffregnskap for organisk stoff angitt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) er vist i tabell 9, og grafisk fremstilt i figur 8.

Alternativt kan en gjøre en teoretisk omregning av det oppgitte KOF-tallet for utslippene fra Pronova Biopolymer, ved å anta at 100 % av det organiske karbonet i utslippet er

oksidert til KOF. På den måten fås et tall for total organisk karbon (TOC) som vil være et minimumsanslag for utslippene fra Pronova Biopolymer. Et forsøksvis stoffregnskap for organisk stoff angitt som total organisk karbon (TOC) er vist i tabell 10, og grafisk fremstilt i figur 9.

Stoffregnskapet (tabell 9) viser at Karmsundet totalt tilføres omlag 13650 tonn KOF pr. år, og at utslippet fra Pronova Biopolymer alene står for omlag 90 % av disse tilførslene. Til sammenlikning gir kloakktilførsler et bidrag på omlag 7 %, mens jordbruket bidrar med mindre enn 3 %. Bakgrunntilførsler og tilførsler med overvann bidrar begge med mindre enn 1 %.

Ser en på tilførslene av organisk stoff til Karmsundet utenom utslippet fra Pronova Biopolymer, vil tilførsler fra jordbruket bidra med omlag 24 % mens kloakk vil utgjøre omlag 64 % av en samlet utslippsmengde på omlag 1465 tonn KOF. Av kloakktilførslene vil Karmøy kommune bidra med omlag 2/3.

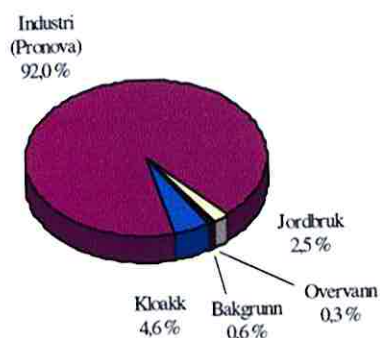
Resultater og Diskusjon

Tabell 9. Totale årlige tilførsler av organisk stoff til Karmsundet. Kjemisk oksygenforbruk, KOF (tonn/år).

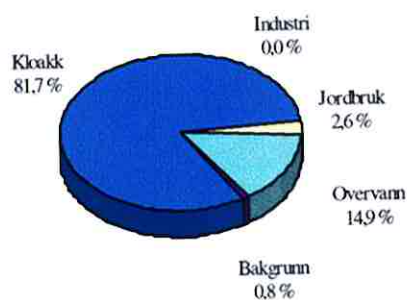
Nedbørfelt / Kilde		Kloakk	Industri	Jordbruk	Overvann	Bakgrunn	Sum
Delfelt F I	Blikshavn	11,7					
	Stokkastrand	21,0					
Total F I		32,7		5304	0,0	20,0	106
Delfelt F II	Kopervik	228					
	Husøy	75,7					
	Karmsundet Nord	257					
	Hydro Aluminium		16*				
	Pronova Biopolymer		12190				
	Silfas, Karmøy		?				
	Biomar		?				
Primex		?					
Total F II		561	12206	251	31,5	53,1	13103
Delfelt F III	Torvastad	19,4		29,9	4,6	4,5	58,4
Total Karmøy		613	12206	335	36,1	77,6	13267
Delfelt F IV (Haugesund)	Uten mekanisk rensing	226					
	Med mekanisk rensing	91,7					
Totalt F IV (Haugesund)		318		10,0	57,9	3,1	389
Totalt til Karmsundet		931	12206	345	93,9	80,8	13656

*: KOF - Hydro Aluminium er beregnet fra TOC, ved å anta 100 % oksiderbarhet av karbonet.

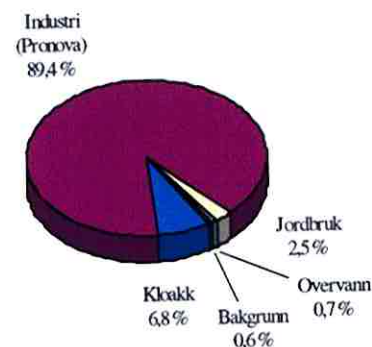
Karmøy (13270 tonn KOF)



Haugesund (390 tonn KOF)



Tot. Karmsund (13660 tonn KOF)



Figur 8. Relative tilførsler av organisk stoff (kjemisk oksygenforbruk, KOF) fra ulike kilder i nedbørfeltet til Karmsundet.

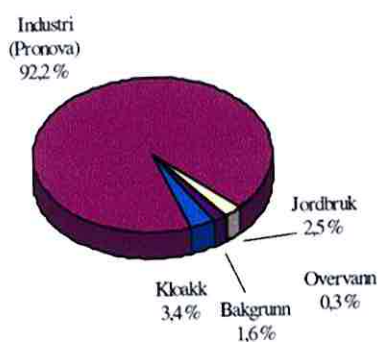
Resultater og Diskusjon

Tabell 10. Totale årlige tilførsler av organisk stoff til Karmsundet. Total organisk karbon, TOC (tonn/år).

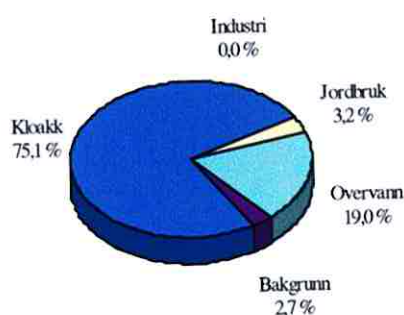
Nedbørfelt / Kilde		Kloakk	Industri	Jordbruk	Overvann	Bakgrunn	Sum
Delfelt F I	Blikshavn	3,2					
	Stokkastrand	5,8					
Total F I		9,0		20,0	0,0	20,0	49,0
Delfelt F II	Kopervik	63,1					
	Husøy	20,9					
	Karmsundet Nord	71,1					
	Hydro Aluminium		6,0				
	Pronova Biopolymer		4570*				
	Silfas, Karmøy		?				
	Biomar		?				
Primex		?					
Total F II		155	4576	94,3	12,1	53,1	4891
Delfelt F III	Torvastad	5,4		11,2	1,8	4,5	22,9
Total Karmøy		170	4576	126	13,9	77,6	4963
Delfelt F IV (Haugesund)	Uten mekanisk rensing	62,5					
	Med mekanisk rensing	25,4					
Totalt F IV (Haugesund)		87,8		3,8	22,3	3,1	117
Totalt til Karmsundet		257	4576	129	36,1	80,8	5080

*: TOC - Pronova er beregnet fra KOF, ved å anta 100 % oksiderbarhet av karbonet. TOC-tallet er derfor et minimumsanslag.

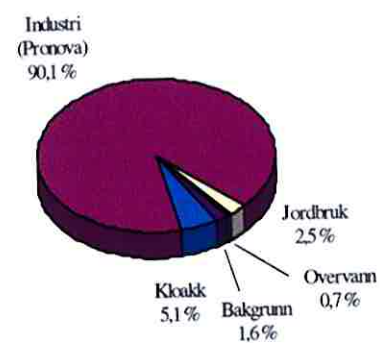
Karmøy (4960 tonn TOC)



Haugesund (117 tonn TOC)



Totalt Karmsund (5080 tonn TOC)



Figur 9. Relative tilførsler av organisk stoff (total organisk karbon, TOC) fra ulike kilder i nedbørfeltet til Karmsundet.

Utslipet av organisk materiale til Karmsundet fører så langt vi kjenner til (Berg 1981; Aabel 1987; Knutzen, m. fl. 1989; Myhrvold 1993; Myhrvold 1996) primært til en anrikning i de områder av Karmsundet med dårligere vannutskiftning, slik som for eksempel Bøvågen og Husøyområdet (se kap. 3.1 og 3.2). Det dominerende utslippet fra Pronova slippes ut som et punktutslipp midt i Karmsundet, og det er sannsynligvis den store mengden sedimenterbare og tung nedbrytbare av tarerester som er den dominerende påvirkning på sedimentforholdene.

Karmsundet har meget god vannutskiftning i hovedløpet. Det er så langt vi kjenner til ikke problemer med stagnerende bunnvann med påfølgende kritisk lave oksygenverdier i noen del av Karmsundet. Det er heller ikke særlig grad av uønsket algevekst.

En fjerning av sedimenterbare partikler vil medføre lavere tilførsel av organisk stoff til sedimentet, og dermed mulighet for at det reetableres mer artsrike bunndyrssamfunn.

3.3.4 Tilførselsregnskap: Fosfor

Fosforregnskapet (tabell 11) viser at Karmsundet årlig tilføres omlag 66 tonn P. Også her utgjør utslippet fra Pronova Biopolymer hoveddelen (omlag 68 %), mens kloakktilførsler utgjør mesteparten av de resterende tilførslene (omlag 26 % av totalen). Jordbrukstilførsler bidrar til sammenlikning med i overkant av 2 %, omlag det samme som tilførsler med overvann. Bakgrunntilførsler utgjør bare omlag 1 % av totaltilførslene (figur 10).

Ser en på fosfortilførslene til Karmsundet utenom utslippet fra Pronova Biopolymer, vil kloakktilførsler utgjøre hele 82 % av en total utslippsmengde på omlag 21 tonn P (hvor Karmøy kommune bidrar med omlag 2/3). Jordbrukstilførsler vil bidra med bare omlag 7 %. For sammenlikningens skyld kan det antydes at utslippene fra Pronova Biopolymer representerer et utslipp av urensset kloakk fra nærmere 75000 personer med hensyn til fosfor.

De totale fosfortilførslene til Karmsundet nord for Melstokka - Krokanes (delfeltene F II - F IV) tilsvarer en arealmessig belastning på 2,82 g P/km²·år dersom den ble fordelt jevnt på sjøarealet. Den arealmessige belastningen er høy i forhold til sjøområder innenfor i Ryfylke (Hjelmeland-, Fister- og Årdalsfjord; 0,32 - 0,57 g P/km²·år avhengig av hvilket estimat som benyttes for bidrag fra oppdrettsanleggene (Wakili et al. 1992)). Til sammenlikning ville den arealmessige belastningen uten utslippene fra Pronova Biopolymer være 0,88 g P/km²·år.

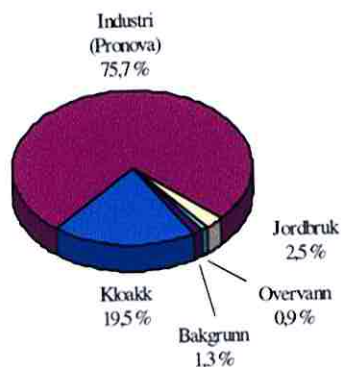
Fosfor bidraget fra kommunale utslipp er meget små i forhold til vannutskiftningen, og vil ikke være målbart lokalt verken som næringssalter eller biologisk produksjon.

Resultater og Diskusjon

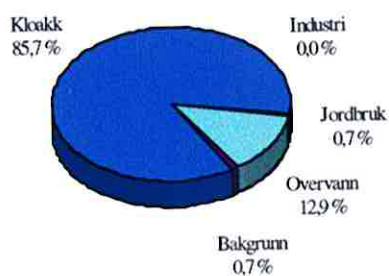
Tabell 11. Totale årlige tilførsler av fosfor til Karmsundet (tonn/år).

Nedbørfelt / Kilde		Kloakk	Industri	Jordbruk	Overvann	Bakgrunn	Sum
Delfelt F I	Blikshavn	0,23					
	Stokkastrand	0,42					
Total F I		0,65		0,24	0,00	0,13	1,02
Delfelt F II	Kopervik	4,20					
	Husøy	1,47					
	Karmsundet Nord	4,92					
	Hydro Aluminium		?				
	Pronova Biopolymer		45,0				
	Silfas, Karmøy		?				
	Biomar		?				
Primex		?					
Total F II		10,6	45,0	1,13	0,49	0,60	57,8
Delfelt F III	Torvastad	0,38		0,13	0,07	0,05	0,63
Total Karmøy		11,6	45,0	1,51	0,56	0,78	59,5
Delfelt F IV (Haugesund)	Uten mekanisk rensing	4,08					
	Med mekanisk rensing	1,82					
Totalt F IV (Haugesund)		5,91		0,05	0,89	0,05	6,90
Totalt til Karmsundet		17,5	45,0	1,55	1,45	0,83	66,4

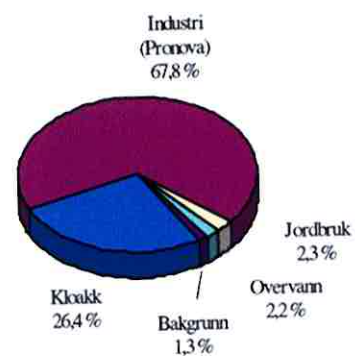
Karmøy (59,5 tonn P)



Haugesund (6,9 tonn P)



Totalt Karmsundet (66,4 tonn P)



Figur 10. Relative tilførsler av fosfor fra ulike kilder i nedbørfeltet til Karmsundet.

3.3.5 Tilførselsregnskap: Nitrogen

Nitrogenregnskapet (tabell 12) viser at Karmsundet årlig tilføres omlag 624 tonn N. Nitrogen er i større grad enn fosfor generelt egnet å påvirke algeveksten i sjø. I kystnære områder vil dette ofte være i et komplekst samspill med fosfor, hvor rollene i sommerhalvåret fort kan veksle.

Karakteristisk for nitrogentilførslene er at jordbruksavrenning, avrenning fra skog, myr og fjell, samt langtransportert forurensning (via nedbør) vanligvis bidrar mer. Dette fremgår også av figur 11, der jordbrukstilførsler og bakgrunnsavrenning er vist å bidra med henholdsvis 14 % og 8 % av de totale nitrogentilførslene (for fosfor bidro disse med henholdsvis 2 % og 1 %). Utslippet fra Pronova Biopolymer utgjør likevel mer enn halvparten (omlag 56 %) av nitrogentilførslene, mens kloakktilførsler utgjør omlag 20 % av totalen (figur 11).

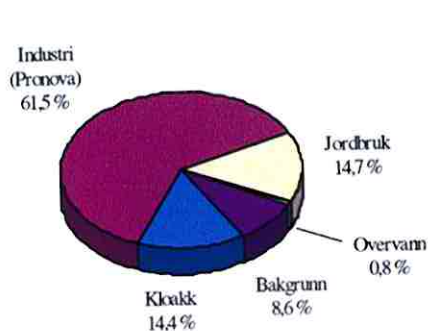
Ser en på nitrogentilførslene til Karmsundet utenom utslippet fra Pronova Biopolymer, vil kloakktilførsler utgjøre 45 % av en total utslippsmengde på omlag 274 tonn N (hvor Karmøy kommune bidrar med omlag 2/3). Jordbrukstilførsler vil bidra med hele 31 %, mens bakgrunnsstilførsler vil bidra med 19 %.

Nitrogen bidraget fra kommunale utslipp er meget små i forhold til vannutskiftningen, og vil ikke være målbart lokalt verken som næringsalter eller biologisk produksjon.

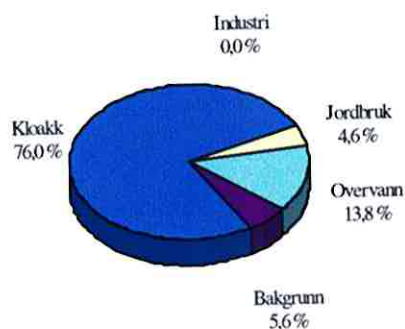
Tabell 12. Totale årlige tilførsler av nitrogen til Karmsundet (tonn/år).

Nedbørfelt / Kilde		Kloakk	Industri	Jordbruk	Overvann	Bakgrunn	Sum
Delfelt F I	Blikshavn	1,6					
	Stokkastrand	2,9					
Total F I		4,6		13,4	0,0	8,4	26,4
Delfelt F II	Kopervik	29,6					
	Husøy	10,4					
	Karmsundet Nord	34,7					
	Hydro Aluminium		?				
	Pronova Biopolymer		350				
	Silfas, Karmøy		?				
	Biomar		?				
	Primex		?				
Total F II		74,8	350	62,8	4,1	37,4	529
Delfelt F III	Torvastad	2,6		7,5	0,6	3,2	13,9
Total Karmøy		82,0	350	83,7	4,7	49,0	569
Delfelt F IV	Uten mekanisk rensing	28,8					
	(Haugesund) Med mekanisk rensing	12,9					
Totalt F IV (Haugesund)		41,7		2,5	7,6	3,1	54,9
Totalt til Karmsundet		124	350	86,2	12,3	52,1	624

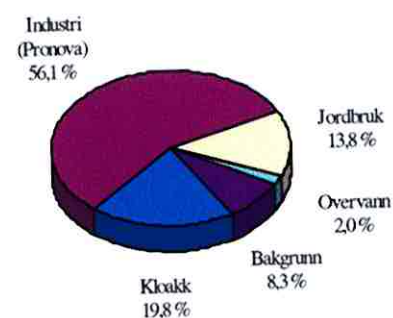
Karmøy (569 tonn N)



Haugesund (55 tonn N)



Totalt Karmsundet (624 tonn N)



Figur 11. Relative tilførsler av nitrogen fra ulike kilder i nedbørfeltet til Karmsundet.

3.3.6 N:P-forholdet

N:P-forholdet i sjøvann er ganske konstant lik 16 (basert på atomvekt), bortsett fra i kystfarvann hvor dette forholdet kan variere en del. Alger tar opp og inneholder normalt sett N og P i samme forhold.

Det fremgår av tabell 13 at N:P-forholdet i tilførslene av kloakk og overvann, og i utslippet fra Pronova Biopolymer er tilnærmet lik det naturlige for sjøvann. I tilførsler fra jordbruket og i bakgrunnstilførsler er det derimot en betydelig overvekt av nitrogen. Samlet for tilførslene til Karmsundet er N:P-forholdet 21, som er noe i overkant av det normale (dvs. at nitrogen er i svak overvekt i forhold til algenes behov).

Nitrogen blir i større grad enn fosfor regnet som begrensende faktor for algevekst i havet. En eventuell fosforbegrensning av algeveksten i Karmsundet vil være avhengig av at avrenningen fra land har større betydning enn innblanding av vann fra kyststrømmen, eller at det er overvekt av nitrogen også i denne.

Tabell 13. Totale årlige tilførsler av nitrogen og fosfor til Karmsundet (tonn/år), samt det relative forholdet mellom N og P i de ulike tilførselskildene.

Innhold i tilførsler	Kloakk	Industri (Pronova)	Jord- bruk	Over- vann	Bak- grunn	Sum
Nitrogen (N)	124	350	86,2	12,3	52,1	624
Fosfor (P)	17,5	45,0	1,55	1,45	0,83	66,4
N:P-forhold (mol:mol)	16	17	123	19	138	21

3.3.7 Fremtidige endringer i utslipp fra kommunal kloakk og industri

3.3.7.1 Kommunal kloakk

Karmøy kommune (1996) har foreslått følgende sanering av utslippene fra og med Stokkastrand til Haugesund grense:

- Sanering av ledningsnett og mekanisk rensing (silanlegg) av kommunale utslipp til Karmsundet.
- For delplan Blikshavn foreslås ingen nye saneringstiltak.
- Tempoplan for gjennomføring er satt til 10 - 12 år.

De foreslåtte tiltakene basert på mekanisk rensing bygger på resultat fra resipientundersøkelser, som viser at Karmsundet generelt sett er en god resipient for organisk materiale i de områder hvor vannutskiftningen er god (Berg 1981; Aabel 1987; Knutzen, m. fl. 1989; Myhrvold 1993; Myhrvold 1996). I følge kommunens beregninger vil de foreslåtte tiltakene redusere de nåværende utslipp med 8 % for organisk stoff (KOF), 19 % for partikler (SS) og 4 % for total fosfor (TP). I en test av silanlegg i Haugesund (Sakkestadhaugen) og i Karmøy (Mykje) ble 28 - 44 % av partikler (SS) og 10 - 30 % av total fosfor fjernet (Bergheim, 1997). Denne typen siler med lysåpning på 0,8 -

I mm reduserer avløpets innhold av sedimenterbare partikler effektivt slik at organisk stoff og næringssalter i rensed avløp i liten grad vil avsettes på sjøbunnen ved utslippet.

For Haugesund krever Fylkesmannen i Rogaland (S. Langaker, pers. medd.) at samtlige utslipp til Karmsundet skal være tilknyttet sentrumstunnellen med overføring til renseanlegget på Årabrot ved år 2000.

I tabell 14 er de forventede belastningsreduksjonene ved disse tiltakene oppsummert.

Tabell 14. Kommunale og private utslipp til Karmsundet. Data fra Karmøy kommune (1996), Haugesund kommune (1995) og S. Langaker (pers. medd.).

Kommune / område	År	Belastning (tonn/år)		
		KOF	SS	TP
Karmøy	1997	613	241	11,6
	2007	564	195	11,1
Haugesund	1997	318	132	5,9
	2000	0	0	0
Totalt til Karmsundet	1997	931	373	17,5
	2000 - 2007	564	195	11,1

3.3.7.2 Industri

Omfanget av utslippet fra Pronova Biopolymer har medført at SFT har stilt krav til omfattende rensetiltak. Over en 6-års periode vil utslippet bli gradvis redusert med 80 % (ca. 13 % pr. år) med hensyn til partikler (SS) og med 30 % (ca. 5 % pr. år) med hensyn til organisk stoff (KOF). Forholdet mellom SS og KOF viser forøvrig at minst halvparten av det organiske stoffet i utslippet er på oppløst form. Begrenset kunnskap om nedbrytningshastigheten til det organiske stoffet vanskeliggjør imidlertid en direkte sammenligning mellom bedriftens utslipp og de kommunale utslipp med hensyn til effekter i resipienten. Det suspenderte organiske materialet i utslippet fra Pronova Biopolymer inneholder en stor andel uløselig cellulose-lignende fiber som er biologisk nedbrytbare, men med vesentlig lavere nedbrytningshastighet enn f.eks. kloakkslam (J.T. Staveland, pers. medd.). I hvilken grad rensetiltakene reduserer utslippet av næringssalter (N og P) er ikke opplyst.

Tabell 15 viser forventet belastningsreduksjon for utslippet fra Pronova Biopolymer de kommende årene.

Tabell 15. Anslåtte utslippsmengder fra Pronova Biopolymer, forutsatt en jevnt opptrappet renseinnsats i perioden 1998 - 2003 (J.T. Staveland, pers. medd.).

År	Suspenderte partikler (SS)		Organisk stoff (KOF)	
	Renseeffekt (%)	tonn/år	Renseeffekt (%)	tonn/år
1997	0	8000	0	12000
1998	13	6960	5	11400
1999	27	5840	10	10800
2000	40	4800	15	10200
2001	53	3760	20	9600
2002	67	2640	25	9000
2003 -	80	1600	30	8400

3.3.8 Vurdering av saneringstiltakene

I den nåværende situasjon representerer kloakk 5 - 7 % av den totale tilførselen av organisk stoff (som KOF og TOC) til Karmsundet. Tilsvarende utgjør kloakktilførslene i overkant av 25 % av den totale tilførselen av fosfor.

Med de foreslåtte utslippsreducerende tiltakene for kloakk (sanering av ledningsnett og mekanisk rensing i Karmøy, samt eliminering av utslippene fra Haugesund) vil kloakkbelastningen til Karmsundet bli redusert med ca. 40 % for organisk stoff og ca. 35 % for fosfor. I forhold til den totale årlige tilførselen om 7 - 10 år vil tilførselen av kloakk utgjøre omlag 6 % for organisk stoff, mens andelen for fosfor er svært usikker siden det ikke eksisterer oppgaver over forventet renseseffekt ved Pronova Biopolymer (trolig 15 - 25 %). Med andre ord vil de forventede kloakkutslippene til Karmsundet, basert på de foreslåtte saneringstiltakene, bidra relativt like mye i år 2005 som de gjør i dag. Saneringstiltakene i industri (Pronova Biopolymer) og kommunal kloakk vil i løpet av denne perioden (7 - 10 år) redusere den totale belastningen til Karmsundet fra ca. 13600 tonn KOF til 9500 tonn KOF pr. år.

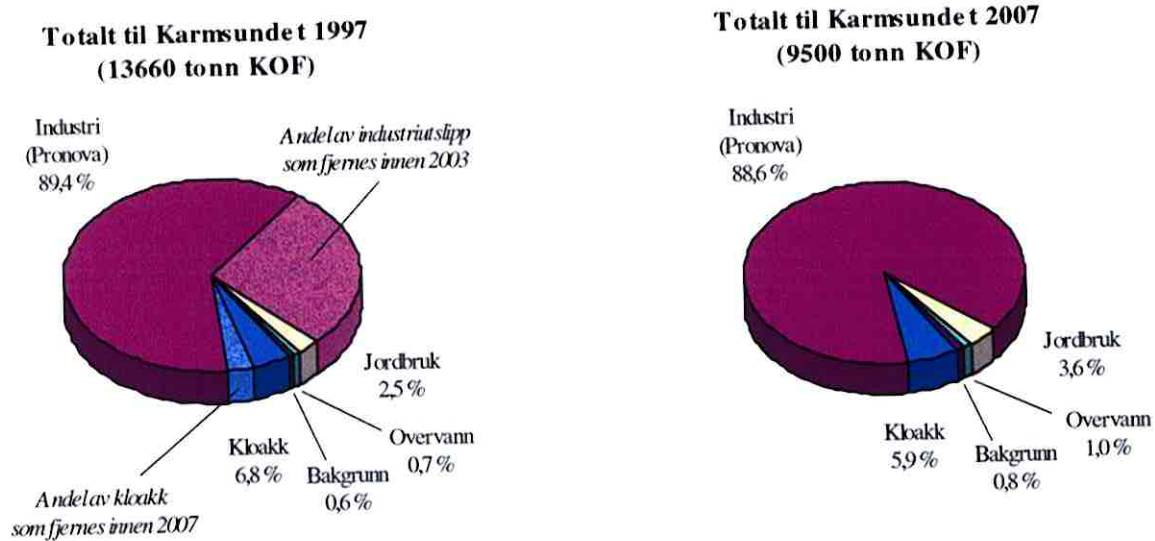
De antatte reduksjonene i utslippet av organisk stoff (KOF) til Karmsundet er vist skjematisk i figur 12. For enkelhets skyld har en ikke regnet med endringer i tilførsler fra jordbruket, med overvann, eller fra bakgrunnstilførsler.

Ytterligere rensingstiltak for kommunal kloakk (kjemiske rensing) eller overføring fra Karmøy til Haugesund - Årabrot vil maksimalt kunne redusere den totale organiske stoffbelastning til Karmsundet med 6 %. De foreslåtte tiltakene med siling av utslippene vil fjerne partikler større enn 0,5-1 mm slik at tendensen til partikkelavsetning på bunnen ved utslippsstedene vil bli eliminert.

Den påpekte reduksjonen av utslipp av organisk stoff til Karmsundet på ca. 30 % (som KOF) blir hovedsakelig oppnådd ved partikkelfjerning. Rensingstiltakene bidrar dermed trolig til at den resterende organiske belastning i år 2005 raskere enn nå blir ført ut av sundet og dermed i mindre grad vil påvirke resipientforholdene lokalt.

Vurdert utfra den gjennomførte sediment- og bunndyrundersøkelsen og de ovenfor viste stoffregnskapene, vil en ytterligere sanering av kloakkutslippene utover de foreslåtte

tiltakene etter all sannsynlighet få liten innvirkning på den totale resipienttilstanden i Karmsundet.



Figur 12. Relative tilførsler av organisk stoff (kjemisk oksygenforbruk, KOF) fra ulike kilder i nedbørfeltet til Karmsundet i 1997, og som antatt i 2007.

4 Konklusjon

Mengden organisk materiale, målt som TOC, i sedimentet var til dels høyt og tilstanden klassifiseres som *meget dårlig* i deler av Karmsundet. Dette gjelder særlig i sedimentasjonsområder, som indre deler av Bøvågen, Husøyområdet og enkelte av de dype stasjonene. På KB2 ved Kopervik ble det også målt høye TOC verdier, men det ble ikke målt noen negativ effekt av dette på bunndyrssamfunnet. Heller ikke på de andre bunndyrsstasjonene ved Kopervik ble det funnet at dagens utslipp av organisk materiale har noen vesentlig effekt på bunndyrssamfunnet, og artsrikheten ble klassifisert som *god* til *meget god*.

I den nåværende situasjon representerer kloakk 5 - 7 % av den totale tilførselen av organisk stoff (som KOF og TOC) til Karmsundet. Tilsvarende utgjør kloakktilførslene i overkant av 25 % av den totale tilførselen av fosfor.

Med de foreslåtte utslippsreducerende tiltakene for kloakk (sanering av ledningsnett og mekanisk rensing i Karmøy, samt eliminering av utslippene fra Haugesund) vil kloakkbelastningen til Karmsundet bli redusert med ca. 40 % for organisk stoff og ca. 35 % for fosfor. I forhold til den totale årlige tilførselen om 7 - 10 år vil tilførselen av kloakk utgjøre omlag 6 % for organisk stoff, mens andelen for fosfor er svært usikker siden det ikke eksisterer oppgaver over forventet renseseffekt ved Pronova Biopolymer (trolig 15 - 25 %). Med andre ord vil de forventede kloakkutslippene til Karmsundet, basert på de foreslåtte saneringstiltakene, bidra relativt like mye i år 2005 som de gjør i dag. Saneringstiltakene i industri (Pronova Biopolymer) og kommunal kloakk vil i løpet av denne perioden (7 - 10 år) redusere den totale belastningen til Karmsundet fra ca. 13600 tonn KOF til 9500 tonn KOF pr. år.

Det reduserte utslippet av organisk stoff til Karmsundet på ca. 30 % blir hovedsakelig oppnådd ved partikkelfjerning. Rensetiltakene bidrar dermed trolig til at den resterende organiske belastning i år 2005 raskere enn nå blir ført ut av sundet og dermed i mindre grad vil påvirke resipientforholdene lokalt.

Næringssaltbidraget fra kommunale utslipp er meget små i forhold til vannutskiftningen, og vil ikke være målbart lokalt verken som næringssalter eller biologisk produksjon.

Ytterligere rensingstiltak for kommunal kloakk (kjemiske rensing) eller overføring fra Karmøy til Haugesund - Årabrot vil maksimalt kunne redusere den totale organiske stoffbelastning til Karmsundet med 6 %. De foreslåtte tiltakene med siling av utslippene vil fjerne partikler større enn 0,5 - 1 mm slik at tendensen til partikkelavsetning på bunnen ved utslippsstedene vil bli eliminert.

Vurdert utfra den gjennomførte sediment- og bunndyrundersøkelsen og de ovenfor viste stoffregnskapene, vil en ytterligere sanering av kloakkutslippene utover de foreslåtte tiltakene etter all sannsynlighet få liten innvirkning på den totale resipienttilstanden i Karmsundet.

5 Referanser

- Berg, S. K. 1981. Resipientundersøkelse i Karmsundet. *Rogalandsforskning, rapport RF-T 9/81*.
- Bergheim, A. 1997. Dokumentasjon av renseeffekt til Masko-Zoll Silanlegg for kommunalt avløpsvann. *Rogalandsforskning, rapport RF-018/97*.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. - Pp. 41-65 In: N. A. Holme and A. D. Mc Intyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Gray, J. S., M. Aschan, M. R. Carr, K. R. Clarke, R. H. Green, T. H. Pearson, R. Rosenberg and R. M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46:151-165.
- Haugesund kommune. 1995. Utslippssøknad for Haugesund Kommune. *Rapport Teknisk etat, oktober 1995*. 22 s
- Hetager, S.E. & S.L. Lystad. 1974. Fordampning fra fri vannflate. Verdier basert på målinger i perioden 1967-1972. *Den norske komite for Den Internasjonale Hydrologiske Dekade, Rapport nr. 5*.
- Holtan, H. & S.O. Åstebøl, 1991. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til fjorder og vassdrag. Revidert utgave - november 1991. *Statens forurensningstilsyn, rapport nr. 91:10, TA-774/1991*.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Karmøy kommune. 1996. Hovedplan for avløp. Hovedrapport. Teknisk etat, januar 1996. (Prosjektleder J. Thaulé). 40 s. + Kart/vedlegg.
- Kirkegaard, J. B. 1996. *Havbørsteorme. II. Sedentaria* - Dansk Naturhistorisk Forening,
- Knutzen, J., K. Næs og B. Rygg 1989. *Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelse av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer*. NIVA. (Statlig program for forurensningsovervåkning, 371 l89). 75 pp.
- S. G. Langaker. Personlige meddelelser. Teknisk etat, Haugesund kommune.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London.
- Molversmyr, Å. & S. Sanni. 1990. Tiltaksrettede undersøkelser i Ims-Lutsi vassdraget. *Rogalandsforskning, rapport RF-171/90*.
- Molversmyr, Å., 1996. Miljøgifter og næringsstoffer i overvann fra urbane områder. *Rogalandsforskning, rapport RF-96/302*.
- Molversmyr, Å. & A. Bergheim, 1995. Undersøkelser av stofftransport i Skas-Heigre kanalen i perioden 1989 - 1994. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/220*.
- Molversmyr, Å., 1995. Næringsstoffbelastning og tålegrenser for utvalgte Jærvassdrag. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/219*.
- Myhrvold, A. 1996. Resipientundersøkelse i Karmsundet 1995. *Rogalandsforskning, rapport RF 96/043*. Konfidensiell rapport. 44 s.
- Myhrvold, A. U. 1993. Resipientundersøkelse i Karmsundet, Rogaland. Oppfølgende undersøkelse. *Rogalandsforskning, rapport RF-183/93*. Konfidensiell rapport. 52 s.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10:370-383.

Referanser

- Rygg, B. 1984. Bløtbunnfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. Bruk av diversitetskurver til å beskrive faunasamfunn og anslå forurensningspåvirkning. *NIVA rapport OF-80612 (I)*. 39 s.
- Rygg, B. 1986. Bløtbunnfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. En ny forurensningsindeks basert på artssammensetning. *NIVA rapport OF-80612 (V)*. 20 pp.
- Rygg, B. 1995. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. *NIVA rapport nr. 3347*.
- Rygg, B. og I. Thélin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Generell del. *SFT. 93:01. ISBN 82-7655-101-7*.
- SFT. 1997. Informasjon om årlig utslipp til vann i Karmsundet. *Brev av 27. mai 1997*.
- Shannon, C. E. og W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press, Urbana*.
- Tørseth, K., B.L. Skjelkvåle, A. Henriksen, A. Stuanes, T. Hesthagen, A. Fjellheim & G. Raddum, 1995. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. *Statlig program for forurensningsovervåking, SFT rapport 628/95*.
- Wakili, S.M., O.K. Andersen, S. Sanni & A. Bergheim, 1992. Undersøkelse i Hjelmeland-, Fister-, og Årdalsfjord. Tilstand i dype deler av resipienten og sammenligning av forskjellige utslippskilder. *Rogalandsforskning, rapport RF-87/92*.
- Aabel, J. P. 1987. Resipientundersøkelse Karmøy 1986. *Rogalandsforskning, rapport RF (SAV)-8/87*. Åpen rapport.

J.T. Staveland. Personlige meddelelser. Pronova Biopolymer a.s.

J. Thaulé. Personlige meddelelser. Teknisk etat, Karmøy kommune.

Vedlegg

Vedlegg 1 - Partikkelsammensetning i sedimentet

Vedlegg 2 - Organisk innhold i sedimentet

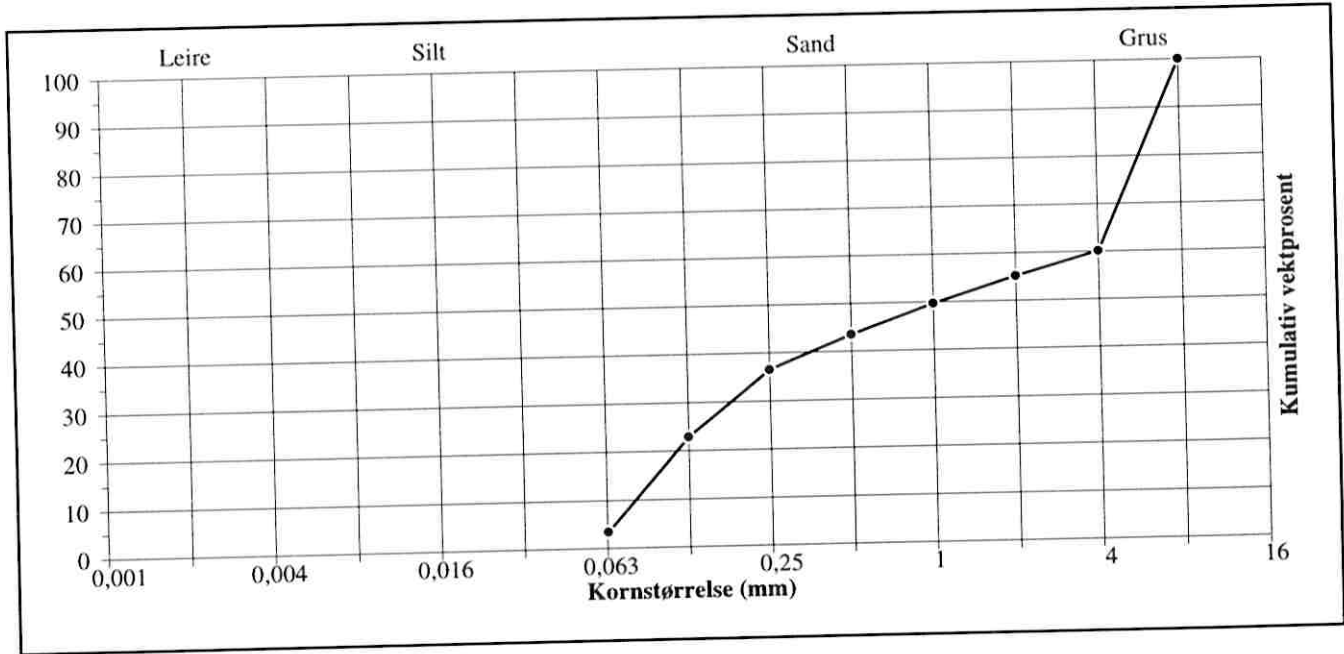
Vedlegg 3 - Bunndyrsdata

Vedlegg 1 - Partikkelsammensetning i sedimentet

Kornfordeling i sediment

Sikteanalyse

Prøvens identitet: KB1-H1
Ref. nr.: 97144
Analysedato: 16.06.-03.07.97
Analytiker: Mari Sunde / RF-Miljølab
Rapportert dato, sign: 18.08.97



Kornstørrelse > 0,063mm: 97 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Kornstørrelse < 0,063mm: 3 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Glødetap: 2,0 % av tørrvekt

Primærdata:

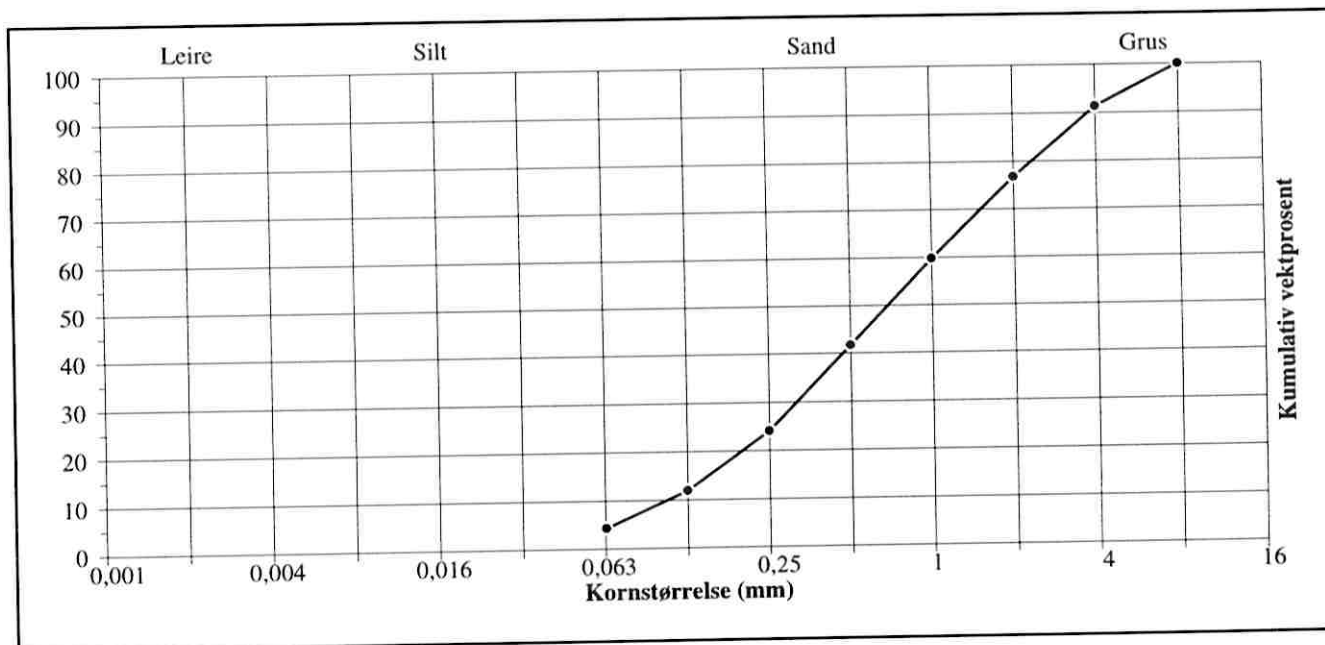
Utg.vekt I (g)	39,03 (inkl. org. stoff)
Utg.vekt II (g)	38,25 (ekskl. org. stoff)
Kornstørrelse (mm)	
4	15,29
2	1,88
1	2,08
0,5	2,36
0,25	2,68
0,125	5,24
0,063	7,41
< 0,0625	1,31 (diff. utg.vekt II og vekt 4mm til 0,063 mm)
< 0,0312	
< 0,0156	
< 0,0078	
< 0,0039	
< 0,0020	
< 0,0014	
Vekt 4 mm til 0,063 mm	36,94
Vekt < 0,0625 mm	1,31
=Utg.vekt II	38,25

Kornstørrelse (mm)	vekt (g)	kumulativ %	-Log2(phi)
16			-4,000
8	15,29	100	-3,000
4	1,88	60	-2,000
2	2,08	55	-1,000
1	2,36	50	0,000
0,5	2,68	44	1,000
0,25	5,24	36	2,000
0,125	7,41	23	3,000
0,063	1,31	3	3,989
0,0312			5,002
0,0156			6,002
0,0078			7,002
0,0039			8,002
0,002			8,966
0,0014			9,480
tot. vekt	38,25		

Kornfordeling i sediment

Sikteanalyse

Prøvens identitet: KB2-H1
Ref. nr.: 97144
Analyседato: 16.06.-03.07.97
Analytiker: Mari Sunde / RF-Miljølab
Rapportert dato, sign: 18.08.97



Kornstørrelse > 0,063mm: 96 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Kornstørrelse < 0,063mm: 4 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Glødetap: 5,8 % av tørrvekt

Primærdata:

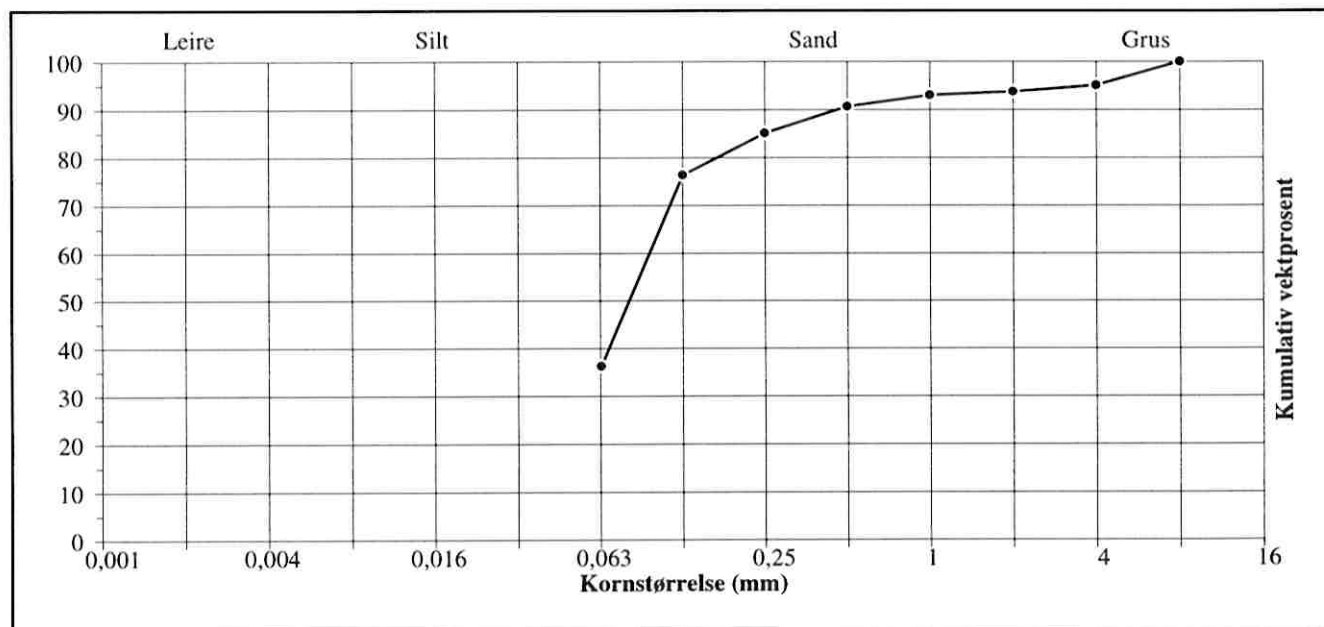
Utg.vekt I (g)	29,44	(inkl. org. stoff)
Utg.vekt II (g)	27,73	(ekskl. org. stoff)
Kornstørrelse (mm)		
4	2,40	
2	4,03	
1	4,72	
0,5	5,02	
0,25	4,89	
0,125	3,37	
0,063	2,12	
< 0,0625	1,18	(diff. utg.vekt II og vekt 4mm til 0,063 mm)
< 0,0312		
< 0,0156		
< 0,0078		
< 0,0039		
< 0,0020		
< 0,0014		
Vekt 4 mm til 0,063 mm	26,55	
Vekt < 0,0625 mm	1,18	
=Utg.vekt II	27,73	

Kornstørrelse (mm)	vekt (g)	kumulativ %	-Log2(phi)
16			-4,000
8	2,40	100	-3,000
4	4,03	91	-2,000
2	4,72	77	-1,000
1	5,02	60	0,000
0,5	4,89	42	1,000
0,25	3,37	24	2,000
0,125	2,12	12	3,000
0,063	1,18	4	3,989
0,0312			5,002
0,0156			6,002
0,0078			7,002
0,0039			8,002
0,002			8,966
0,0014			9,480
tot. vekt	27,73		

Kornfordeling i sediment

Sikteanalyse

Prøvens identitet: KB3-H1
Ref. nr.: 97144
Analysedato: 16.06.-03.07.97
Analytiker: Mari Sunde / RF-Miljølab
Rapportert dato, sign: 18.08.97



Kornstørrelse > 0,063mm: 64 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Kornstørrelse < 0,063mm: 36 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Glødetap: 8,2 % av tørrvekt

Primærdata:

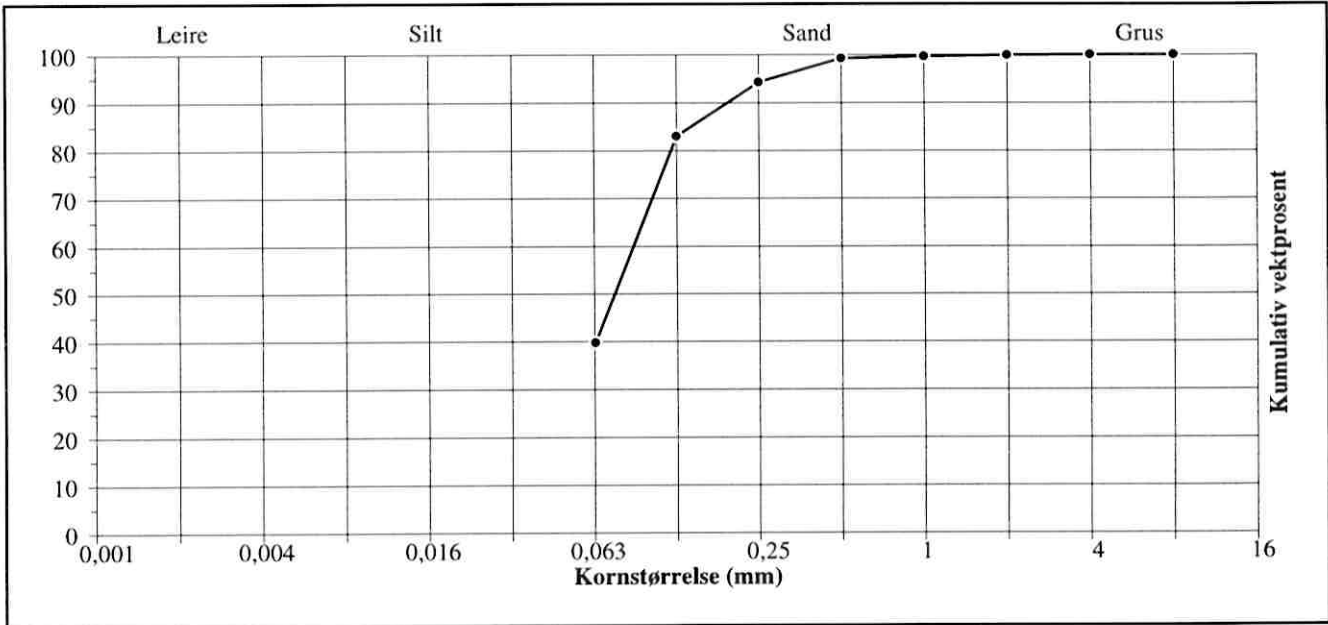
Utg.vekt I (g)	30,63 (inkl. org. stoff)
Utg.vekt II (g)	28,12 (ekskl. org. stoff)
Kornstørrelse (mm)	
4	1,39
2	0,38
1	0,20
0,5	0,65
0,25	1,59
0,125	2,44
0,063	11,27
< 0,0625	10,20 (diff. utg.vekt II og vekt 4mm til 0,063 mm)
< 0,0312	
< 0,0156	
< 0,0078	
< 0,0039	
< 0,0020	
< 0,0014	
Vekt 4 mm til 0,063 mm	17,92
Vekt < 0,0625 mm	10,20
=Utg.vekt II	28,12

Kornstørrelse (mm)	vekt (g)	kumulativ %	-Log2(phi)
16			-4,000
8	1,39	100	-3,000
4	0,38	95	-2,000
2	0,20	94	-1,000
1	0,65	93	0,000
0,5	1,59	91	1,000
0,25	2,44	85	2,000
0,125	11,27	76	3,000
0,063	10,20	36	3,989
0,0312			5,002
0,0156			6,002
0,0078			7,002
0,0039			8,002
0,002			8,966
0,0014			9,480
tot. vekt	28,12		

Kornfordeling i sediment

Sikteanalyse

Prøvens identitet: KB4-H1
Ref. nr.: 97144
Analysedato: 16.06.-03.07.97
Analytiker: Mari Sunde / RF-Miljølab
Rapportert dato, sign: 18.08.97



Kornstørrelse > 0,063mm: 60 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Kornstørrelse < 0,063mm: 40 vektprosent av totalprøve uten org. stoff
Glødetap: 7,4 % av tørrvekt

Primærdata:

Utg.vekt I (g)	33,66 (inkl. org. stoff)
Utg.vekt II (g)	31,17 (ekskl. org. stoff)
Kornstørrelse (mm)	
4	0,00
2	0,05
1	0,07
0,5	0,13
0,25	1,53
0,125	3,52
0,063	13,48
< 0,0625	12,39 (diff. utg.vekt II og vekt 4mm til 0,063 mm)
< 0,0312	
< 0,0156	
< 0,0078	
< 0,0039	
< 0,0020	
< 0,0014	
Vekt 4 mm til 0,063 mm	18,78
Vekt < 0,0625 mm	12,39
=Utg.vekt II	31,17

Kornstørrelse (mm)	vekt (g)	kumulativ %	-Log2(phi)
16			-4,000
8	0,00	100	-3,000
4	0,05	100	-2,000
2	0,07	100	-1,000
1	0,13	100	0,000
0,5	1,53	99	1,000
0,25	3,52	94	2,000
0,125	13,48	83	3,000
0,063	12,39	40	3,989
0,0312			5,002
0,0156			6,002
0,0078			7,002
0,0039			8,002
0,002			8,966
0,0014			9,480
tot. vekt	31,17		

Vedlegg 2 - Organisk innhold i sedimentet

Prosjekt:	Karmsundet/pr.nr. 654445
Lab.ref.nr.:	97144
Analyseperiode:	jul.97
Analytiker:	RF-Miljølab./ I-LA

Prøve meket	TOC % av tørvekt	TN % av tørvekt	Analyse lab.
KB 1 hugg 1	1,10	0,074	RF - Miljølab
KB 1 hugg 2	0,74	0,063	RF - Miljølab
KB 1 hugg 3	1,14	0,087	MikroKjemi
KB 1 hugg 4	0,46	0,055	MikroKjemi
KB 2 hugg 1	6,20	0,130	MikroKjemi
KB 2 hugg 2	7,00	0,083	MikroKjemi
KB 2 hugg 3	9,30	0,200	MikroKjemi
KB 2 hugg 4	8,30	0,110	MikroKjemi
KB 3 hugg 1	2,15	0,200	MikroKjemi
KB 3 hugg 2	3,05	0,200	MikroKjemi
KB 3 hugg 3	2,47	0,220	MikroKjemi
KB 3 hugg 4	2,20	0,180	MikroKjemi
KB 4 hugg 1	2,45	0,220	MikroKjemi
KB 4 hugg 2	2,60	0,200	MikroKjemi
KB 4 hugg 3	2,70	0,205	MikroKjemi
KB 4 hugg 4	2,66	0,230	MikroKjemi
K 1	9,10	0,215	MikroKjemi
K 2	4,20	0,090	MikroKjemi
K 3	6,20	0,440	MikroKjemi
K 4	8,70	0,255	MikroKjemi
K 5	8,25	0,270	MikroKjemi
K 6	8,25	1,135	MikroKjemi
K 7	2,37	0,455	RF - Miljølab
K 8	2,50	0,445	RF - Miljølab
K 9	10,76	1,136	RF - Miljølab
K 10	6,51	0,794	RF - Miljølab
K 11	5,53	0,690	RF - Miljølab
K 12	2,25	0,300	RF - Miljølab
K 13	6,69	0,942	RF - Miljølab
K 14	1,36	0,424	RF - Miljølab
K 15	0,87	0,161	RF - Miljølab
K 16	2,37	0,122	RF - Miljølab
K 17	4,51	0,221	RF - Miljølab
K 18	2,36	0,090	RF - Miljølab
K 19	3,98	0,145	RF - Miljølab
K 20	3,91	0,154	RF - Miljølab

Vedlegg 3 - Bunndyrsdata

Vedlegg. Artsliste fra fire stasjoner i Karmsundet juni 1997. Prøvene er tatt med en 0.1 m² grabb.

	KB1				KB1	KB2				KB2	KB3				KB3	KB4				KB4
	H 1.1	H 1.2	H 1.3	H 1.4		H 2.1	H 2.2	H 2.3	H 2.4		H 3.1	H 3.2	H 3.3	H 3.4		H 4.1	H 4.2	H 4.3	H 4.4	
Anthozoa indet						3		1		1										
Nemertini		2			2	2						3	3	1	2	7	7	17		
Sipunculida																				
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>								1	1											
Polychaeta																				
<i>Aphrodita aculeata</i>												2	2							
<i>Paramphinome jeffreysii</i>										1	1		2							
<i>Pholoe inornata</i>	8	3	2	4	17	3	7	11	5	26	23	7	12	10	52	16	13	15	12	56
<i>Harmothos</i> spp	2	7	8	1	18		1	3	1	5						2	2			4
<i>Ophiudromus flexuosus</i>								4	3	7		1			1	1			2	3
<i>Nerimyrta punctata</i>	2		6	4	12			4	3	7		1			1					
<i>Kefersteinia cirrata</i>	1	5			6				1	1										
<i>Typosyllis</i> cf. <i>cornuta</i>	2	1	1	2	6	2	4	2	3	11	2	5			7					
<i>Exogone</i> sp		1			1					1					1					
<i>Eteone longa</i>	1				1	1	1		1	3	1	1	1	1	4	2	2	2		6
<i>Eteone lactea</i>				3	3															
<i>Eumida bahusensis</i>	1		1		2			6	1	7		2	1		3	1				1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>				1	1					1										
<i>Eulalia viridis</i>				1	1		1			1										
<i>Nephtys hombergi</i>											1	1		2	4					
<i>Nephtys ciliata</i>	4	4	4		12	1	1	4	2	8						1				1
<i>Glycera alba</i>				1	1	5	4	1		10		3	1	1	5		1	1	1	3
<i>Goniada maculata</i>						4	3	4	6	17	3	3	2	1	9	9	2	2	5	18
<i>Glycinde nordmani</i>									1	1										
<i>Lumbrineris</i> sp							3	8	3	14	6	4	6	1	17	3	6	9	2	20
<i>Sphaerosorum flavum</i>				1	1		1	2		3										
<i>Phylo norvegica</i>																2	1	1		4
<i>Scoloplos armiger</i>	79	52	65	84	280	27	6	3	4	40										
<i>Polydora ciliata</i>	9	1	10	7	27	2				2						1	2	4		7
<i>Polydora</i> sp												3			3					
<i>Prionospio cirrifera</i>	2	1	2	8	13	7	4	1	10	22	4	6	6	6	22	12	17	9	5	43
<i>Prionospio malmgreni</i>				1	1															
<i>Scolelepis</i> cf. <i>squamata</i>																4	6	6		16
<i>Spio filicornis</i>	4	2	2	1	9						13	9	7	3	32	19	23	20	23	85
<i>Spiophanes</i> cf. <i>krøyeri</i>											1	2	1		4					
<i>Spionidae</i> indet	2			2	4							1	1	1	3					
<i>Paronis</i> sp							2			2										
<i>Cirrophorus lyra</i>							1			1										
<i>Levinsenia gracilis</i>																6	3		3	12
<i>Chaetozone setosa</i>	15	15	10	20	60	7	7	4		18	30	32	39	20	121	111	204	209	165	689
<i>Tharyx multibranchis</i>				1				2		2										
<i>Tharyx marioni</i>				5							7	2	6	1	16	2	3	3		8
<i>Cirratulus cirratus</i>				16	16							1			1					
<i>Scalibragma inflatum</i>	1		1	1	3		1			1										
<i>Diplocirrus glaucus</i>						1			1	2	45	3	8	14	70	79	59	17	16	171
<i>Pherusa plumosa</i>				2	2							1			1					
<i>Ophelina acuminata</i>			1		1	2	2		5	9		1		3	4					
<i>Ophelia limacina</i>				1	1															
<i>Heteromastus filiformis</i>	7	1	7	14	29						7		6	4	17	10	24	36	45	115
<i>Notomastus latericeus</i>				2	2						2	2	1	1	6					
<i>Capitella capitata</i>		2		1	3															
<i>Praxillella praetermissa</i>											1				1	1				1
<i>Rhodine</i> sp												1			1			1		1
<i>Maldanidae</i> indet											4	3	2		9					1
<i>Owenia fusiformis</i>	1				1	14	5	3	12	34							6			6
<i>Myriochele oculata</i>						10	2	5	12	29	245	225	255	290	1015	11	117	215	45	388
<i>Pectinaria auricoma</i>	3				3						23	11	14	17	65					
<i>Amphichteis gunneri</i>											8	8	7		23	4	4	2	1	11
<i>Anobothrus gracilis</i>												4			4					
<i>Melinna cristata</i>							1	4		5	1	4	2	6	13				1	1
<i>Sabellides octocirrata</i>						1				1										
<i>Eclysippe vanelli</i>													1		1					
<i>Ampharete</i> spp		1	1		2	3	1	3	1	8										
<i>Ampharetidae</i> indet				1	1						4		2		6		2		2	4
<i>Trichobranthus roseus</i>								2		2	5	5	5	2	17	1		1	1	3
<i>Terebellides stroemi</i>							1	2		3							1	3		4
<i>Pista cristata</i>						3	3	2	2	10	3	4	3	3			1		1	2
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	3		2		5		1	5	1	7				4						
<i>Streblosoma baiardi</i>												1	1		2	2	1	1	2	6
? <i>Laphania boeckii</i>																		1	1	2
<i>Polycirrus medusa</i>	2			4	6	3	3			6	1	3	1	2	7					
<i>Amphitrite</i> sp													1		1					
<i>Terebellidae</i> indet			1	1	2	2	1			3	3	1			4	2	1			3
<i>Euchone papillosa</i>						4				4										

Vedlegg. Artsliste fra fire stasjoner i Karmsundet juni 1997. Prøvene er tatt med en 0.1 m2 grabb.

	KB1				KB1	KB2				KB2	KB3				KB3	KB4				KB4
	H 1.1	H 1.2	H 1.3	H 1.4		H 2.1	H 2.2	H 2.3	H 2.4		H 3.1	H 3.2	H 3.3	H 3.4		H 4.1	H 4.2	H 4.3	H 4.4	
Sabellidae indet	3	2	1	2	8	32	35	19	13	99	1			1	2					
Pomatoceros triquetus			1		1															
Hydroides norvegica				1	1			2		2										
Oligochaeta indet		36			36											1				1
Crustacea																				
Amphipoda indet							1			1										
Acidostoma nodiferum								1		1										
Ampelisca brevicornis		2			2															
Ampelisca cf. tenuicornis	7	1	1	9	18															
Ampelisca cf. tenuimanus											1	1	1		3	2				2
Ampelisca cf. typica	2				2															
Ampeliscidae indet	2				2		1			1	1	1			2					
Amphilochus manudens				2	2															
Apherusa bispinosa			1		1															
Atylus swammerdami	1		1	1	3												1	1		2
Atylus vedlomensis						1				1										
Cheirocratus cf. sundvalli	1	1	18		20															
Cheirocratus sp			2		2															
Corophium cf. bonelli												1			1					
Eriopisa elongata													1		1	4	2	8		14
Harpinia cf. pectinata																1	3	1		5
Iphimedia minuta		1	2		3	1				1						1				1
Leucothoe cf. liljeborgi																				
Melita dentata														1	1					
Metopa sp	1				1															
Oedicerotidae indet						1				1										
Periculodes longimanus		1			1															
Phoxocephalidae indet																				
Tryphosites longipes						1				1										
Westwoodilla caecula						1	2			3		1			1					
Diastylis sp.											1			3	4	1	1			2
Calanoida indet						2				2			4		4		2			2
Nebalia bipes							1			1										
Anapagurus chiroacanthus	11		3		14															
Anapagurus sp								1		1										
Calocaris macandreae												1			1	2	3			5
Caridea indet			1		1															
cf. Thoralus cranchia		3			3															
Eurynome cf. aspera			2		2															
Galathea intermedia	4	7	18	4	33			5		5										
Hyas coarctatus		2			2			1		1										
Inachus sp.								1		1										
Majidae indet			1		1															
Paguridae indet	1	1			2															
Pandatidae indet			1		1															
Priapulida																				
Priapulus caudatus											1				1	1				1
Mollusca																				
Aplacophora indet	1				1						3		1	2	6	2	2	2	1	7
Leptochiton asellus							3	43	12	58										
Hanleya hanleyi								1		1										
Margarites groenlandicus			1	1	2															
Margarites helicinus			2		2															
Alvania punctura			1		1															
Onoba semicostata		3			3															
Pusilina inconspicua			1		1															
Velutina velutina			1	1	2															
Lunatia alderi				1	1		1		1	2										
Lunatia montagui									1	1										
Hinia incrassata			1		1															
Philbertia linearis				1	1															
Vitreolina philippi							1			1										
Diaphana cf. minuta								1		1										
Odostomia sp			1		1															
Retusa umbilicata																		1	1	2
Philine scabra											1				1					
Philine sp						3				3										
Nucula sp																1				1
Nuculoma tenuis											3	2	1	4	10		3	7		10
Modiolula phaseolina							1	2		3										

Vedlegg. Artsliste fra fire stasjoner i Karmsundet juni 1997. Prøvene er tatt med en 0,1 m2 grabb.

	KB1				KB1	KB2				KB2	KB3				KB3	KB4				KB4
	H 1.1	H 1.2	H 1.3	H 1.4		H 2.1	H 2.2	H 2.3	H 2.4		H 3.1	H 3.2	H 3.3	H 3.4		H 4.1	H 4.2	H 4.3	H 4.4	
Musculus tumida				1	1															
Lucinoma borealis								1		1										
Myrtea spinifera											7	2	10	2	21	1	2			3
Thyasira flexuosa			2		2	14	5	2	5	26	14	25	8	10	57	14	5	4	5	28
Thyasira sarsii						3	1	1		5	29	13	13	13	68	10	16	17	20	63
Thyasira equalis											5	2			7	4	3	5	1	13
Thyasira sp																4			3	7
Mysella bidentata	2	1	1	2	6															
Astarte montagui						5	5	14	11	35										
Cerastoderma ovale			5	1	6	5	5	7	1	18										
Cerastoderma sp			1		1															
Macoma calcarea juv	3	9	5	2	19															
Abra nitida											36	6	14	11	67	34	26	21	14	95
Abra sp																3				3
Chamelea striatula		1	1		2															
Timoclea ovata						2	2	4		8										
Corbula gibba	1	1		1	3						1				1					
Aretica islandica juv	2	1			3							1			1					
Mya cf. truncata juv			2		2															
Thracia cf. villosiuscula juv			1		1															
Thracia convexa juv													2		2					
Echinoderma																				
Synaptidae indet	4				4		1	4	3	8	2		2	3	7					
Amphiura chiajei											1				1					
Amphiura filiformis							1			1									1	1
Ophiura cf. texturata				1	1															
Ophiura affinis	2				2	4	1	3	3	11										
Ophiura albida	5	1	3		9				1	1										
Ophiuroidea juv. indet			7		7		1			1	1		1	1	3	7		1	1	9
Amphipholis squamata	8		1	1	10															
Amphilepis norvegica											1	1		2	4	1	1	1		3
Asterias rubens			1		1															
Asteroida juv. indet		1		1	2		1			1										
Echinocyamus pusillus						3	2	11	8	24										
Psamechinus miliaris			1		1															
Chordata																				
Asciacea indet			1		1		1	1		2										