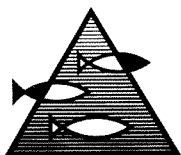




O-94186

Årsaker til
langtidsendringer
i mengden av yngel
av torskefisk på
Skagerrakkysten

Forprosjektrapport



HF Flødevigen



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-94186	Undernr.:
Løpenr.: 3223	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Årsaker til langtidsendringer i mengden av yngel av torskefisk på Skagerrakkysten. Forprosjektrapport.	Dato: 20/12-94	Trykket: NIVA 1995
Forfatter(e): Jarle Molvær Tore Johannessen, HFF Arendal Øyvind Kaste	Gjertrud Holtan Ketil Hylland	Geografisk område: Skagerrakkysten
	Antall sider: 27 + vedl.	Opplag: 60

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt:

Prosjektet har hatt som mål å vurdere hypoteser om årsaker til nedgang i forekomsten av yngel av torskefisk på Skagerrakkysten, samt avklare om det finnes metodikk og data for å kunne belyse sammenhenger med tilførsler av forurensende stoff. De foreliggende data synes å peke i retning av en eutrofieffekt, evt. med andre samvirkende mekanismer i markert forurensede fjordområder. For flere aktuelle fjordområder bør det være grunnlag for å beregne tidsutvikling for tilførsler av næringssalter og miljøgifter. En videreføring av forprosjektet foreslås.

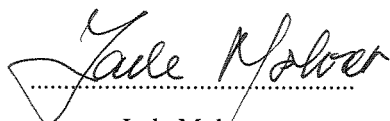
4 emneord, norske

1. Skagerrakkysten
2. 0-gruppe
3. Torskefisk
4. Forurensning

4 emneord, engelske

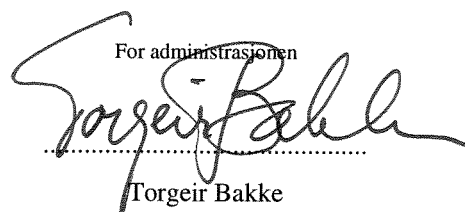
1. Skagerrak coast
2. 0-group
3. Cod
4. Pollution

Prosjektleder



Jarle Molvær

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2621-4

HFF, ARENDAL

NIVA, OSLO/GRIMSTAD

O-94186

ÅRSAKER TIL

LANGTIDSENDRINGER I MENGDEN AV YNGEL AV TORSKEFISK

PÅ SKAGERRAKKYSTEN

FORPROSJEKTRAPPORT

Arendal/Grimstad/Oslo, 20. desember 1994

**Gjertrud Holtan, NIVA Oslo
Ketil Hylland, NIVA Oslo
Tore Johannessen, HFF Arendal
Øyvind Kaste, NIVA Grimstad
Jarle Molvær, NIVA Oslo**

FORORD

Den foreliggende rapport er utarbeidet i fellesskap av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo, instituttets avdeling i Grimstad og Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF), Arendal. Arbeidet er utført på oppdrag for Statens forurensningstilsyn (SFT), Oslo.

Rapporten inngår i et forprosjekt som har tatt sikte på å klargjøre grunnlaget for en eventuell større satsing for å finne årsaker til nedgangen i mengden av yngel av torskefisk på Skagerrakkysten gjennom den siste 20-60 år.

Ved SFT har Ingvild Marthinsen vært kontaktperson. Arbeidet ved HFF har i alt vesentlig vært gjennomført av Tore Johannessen. Ved NIVA har Øyvind Kaste (Grimstad), Gjertrud Holtan, Ketil Hylland og Jarle Molvær deltatt. Sistnevnte har vært prosjektleder.

Oslo, 20. desember 1994

Jarle Molvær

INNHold

Side:

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Formål	5
2. VURDERING AV FISKERIBIOLOGISKE DATA	6
2.1 Grenlandsfjordene	7
2.2 Holmestrandsfjorden	8
2.3 Indre Oslofjord	9
2.4 Sørlandskysten	11
3. BEREGNING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL UTVALGTE KYSTOMRÅDER	16
3.1. Generelt om tilførselsberegninger	16
3.2. Verktøy	16
3.3. Datagrunnlag	18
4. HYPOTESER OM ÅRSAKSSAMMENHENGER	19
5. SAMMENFATTENDE VURDERING OG ANBEFALINGER	23
5.1 Vurdering	23
5.2 Anbefaling	24
6. LITTERATUR	26
VEDLEGG	28

SAMMENDRAG

Data innsamlet av Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF) viser at det har funnet sted omfattende endringer i artssammensetningen av gruntvannsfauna på Skagerrakkysten. Spesielt har endringene vært store i områder med markert miljøbelastning, hvor 0-gruppe torsk, lyr og hvitting blitt redusert med inntil 90%.

Dette forprosjektet har hatt som mål å

1. *Vurdere hypoteser om årsaker til nedgangen i forekomsten av yngel av torskefisk på Skagerrakkysten:*

De foreliggende data synes å peke i retning av en sammenheng mellom tilførsler av næringssalter (eutrofi) og effekter på rekrutteringen av torskeyngel. Men man kan ikke se bort fra andre samvirkende mekanismer - bl.a. miljøgifter, spesielt i Oslofjorden, Holmestrandsfjorden og i Grenlandsfjordene.

Svakere og mindre klare endringer i rekrutteringen for mange fjorder på Sørlandskysten, kan tenkes å ha sammenheng utviklingen for med lave eller moderate lokale tilførsler av næringssalter - kanskje kombinert med en regional effekt langs Skagerrakkysten.

2. *Vurdere om det finnes metodikk og datagrunnlag som ansees nødvendig for å utrede om det finnes sammenhenger mellom utviklingen for antropogene næringssalttilførsler og endringer i oppvekst av yngel for utvalgte fjorder og kyststrekninger:*

Gjennomgang av data og metodikk viser at grunnlaget for tilstrekkelig gode beregninger av tidsutviklingen mht. tilførsler av næringssalter bør være tilstede for flere fjordområder. Det anbefales at man ved en videreføring spesielt sikter mot Grenlandsfjordene (også miljøgifter) og Sandnesfjorden, samt en generell beregning for kyststrekningen Grenland - Torvefjorden. Hvis ressursene tillater, bør flere fjorder inkluderes.

Fra de valgte fjordområdene bør også sammenstilles andre tilgjengelige miljødata, bl.a. for tilførsler av miljøgifter og organisk stoff.

På dette grunnlag vil det bli fremmet forslag om videreføring av prosjektet.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF) finnes lange tidsserier med systematisk innsamlede data fra Skagerrakkysten på strekningen Svenskegrensa-Søgne i Vest-Agder. Resultatene av disse undersøkelsene er nylig publisert og viser at det har funnet sted omfattende endringer i artssammensetningen av gruntvannsfauna (Johannessen og Sollie, 1994). Spesielt har endringene vært store i områder med markert miljøbelastning, slik som Indre Oslofjord, Holmestrandsområdet og Grenlandsområdet. Der har fangstene av 0-gruppe torsk, lyr og hvitting blitt redusert med inntil 90%. Det har ikke vært tegn til økning i rekrutteringen igjen, til tross for at f.eks. sammenbruddet i Indre Oslofjord fant sted for mer enn 60 år siden. Videre vestover har reduksjonen inntruffet senere, i tidsrommet 1965-75.

Ingen andre fisk i strandsonen har overtatt plassen. Tvert imot er strandnotfangstene av andre arter generelt betydelig lavere i disse områdene enn i mer "upåvirkede" områder. Samtidig er det klart at tilførslene av bl.a. næringssalter, organisk stoff og miljøgifter langs den samme kyststrekningen har økt over det samme tidsrom. Likedan har det foregått betydelige vassdragsreguleringer som har endret mengde og årsfordeling i ferskvannstilrenningen. Både yrkesfiske og sportsfiske langs kysten har også økt i omfang.

Til dette bildet hører også med observasjoner av økt oksygenforbruk i terskelfjorder på Sørlandskysten (Aure og Danielsen, 1993), usikkerhet om at forekomsten av skadelige planktonalger er økende og om hardbunnsfaunaen i enkelte områder har gjennomgått en endring de siste 20-30 år. Samlet sett gir det inntrykk av et området der deler av det marine miljø er under forandring. I det etterfølgende har vi imidlertid bare fokusert på mulighetene til å klarlegge årsaker til endringene i bestanden av yngel av torskefisk.

Dette forprosjektet ble planlagt før HFFs datamateriale ble publisert, men resultatene fra det arbeidet er forsøkt innarbeidet.

1.2 Formål

I utgangspunktet kan det oppstilles flere arbeidshypoteser som forklaring på de endringer som er omtalt ovenfor. Vi nevner:

- a. *overfiske*
- b. *effekt av klimatiske endringer*
- c. *effekt av økt miljøbelastning*
- d. *ingen reell endring; bare naturlige svingninger i yngelbestandene.*

I møter mellom HFF og NIVA våren 1994 ble det klart HFF i utgangspunktet anså a) og d) for lite sannsynlig (jfr. Johannessen og Sollie, 1994). I tråd med den vurderingen ble dette prosjektet rettet inn mot punkt b-c), primært c). Med andre ord har forprosjektet som siktemål å:

1. *Vurdere hypoteser om årsaker til nedgangen i forekomsten av yngel av torskefisk på Skagerrakkysten.*
2. *Vurdere om det finnes metodikk og datagrunnlag som ansees nødvendig for å utrede om det finnes sammenhenger mellom utviklingen for antropogene næringsstoffsutslipp og endringer i oppvekst av yngel for utvalgte fjorder og kyststrekninger.*

Etter at dette forprosjektet ble planlagt, er pkt. 1 i behandlet av (Johannessen og Sollie, 1994), og kapittel 2 bygger i hovedsak på deres vurderinger. Finnes tilstrekkelig grunnlag for å gå videre med pkt. 2, vil en videreføring av prosjektet bli foreslått.

2. VURDERING AV FISKERIBIOLOGISKE DATA

Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF) har foretatt årlige prøvetakingen med strandnot på faste stasjoner langs Skagerrakkysten siden 1919, bortsett fra krigsåra 1940-1944. Det har ikke vært endringer i metodikken siden starten av undersøkelsene. Trekkene tas på nøyaktig samme posisjon, og på samme tid på året. Fram til i dag har kun to personer ledet den praktiske gjennomføringen av undersøkelsene, og ved skifte av leder var det en overlappingsperiode på ca. 10 år som ursoe\sikret god kontinuitet og systematikk i undersøkelsene. For tida tas det ca. 120 stasjoner i området mellom Torvefjorden vest for Kristiansand og Svenskegrensa (fig. 2.1).

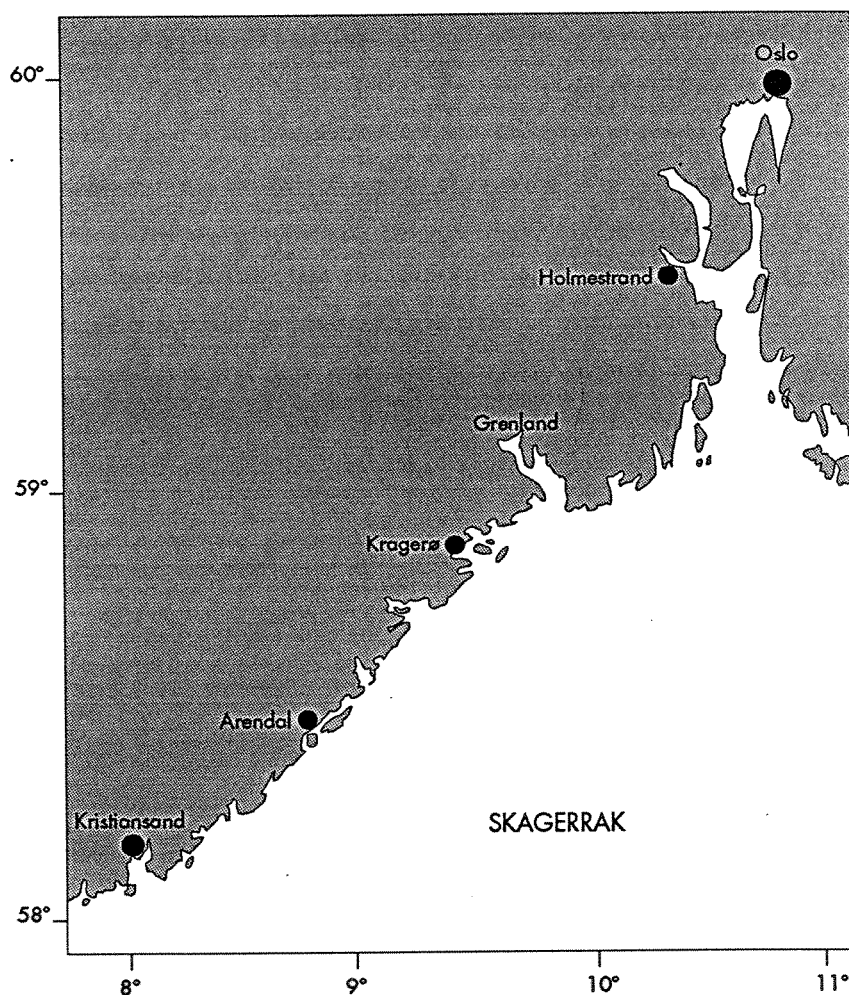


Fig. 2.1 Skagerrakkysten (fra Johannessen og Sollie, 1994)

I der følgende er det gitt en kort beskrivelse av utviklingen i en del utvalgte områder på Skagerrakkysten der det har vært betydelige nedganger i forekomsten av fisk. De aktuelle områdene er Grenlandsfjordene, Holmestrandsfjorden, indre Oslofjord og Sørlandskysten (strekningen mellom Torvefjorden vest for Kristiansand og Kragerø).

Mer detaljert beskrivelser av den praktiske gjennomføringen av strandnotundersøkelsene, posisjon av strandnotstasjoner og beskrivelse av generelle svingninger i fiskeforekomstene er gitt av Johannessen og Sollie (1994).

2.1 Grenlandsfjordene

I Grenlandsfjordene er 7 av strandnotstasjonene blitt tatt årlig siden undersøkelsene ble satt i gang i dette området i 1953 (se Vedlegg). På hele 50-tallet og første halvdel av 60-tallet var det store fangster av 0-gruppe torsk (Fig. 2.2). På midten av 60-tallet falt imidlertid fangstene av både torsk, lyr og hvitting nærmest dramatisk. Sammenlignet med perioden 1953-1965 ble fangstene av torsk, lyr og hvitting i perioden 1966-1993 redusert med henholdsvis 91, 96 og 95%. Et påfallende trekk er at reduksjonen ser ut til å ha skjedd i løpet av ett til to år, og det ser ut til å ha rammet alle tre arter samtidig. Det er ellers grunn til å merke seg at det etter reduksjonen ikke har vært noen tegn til økning i forekomstene av torsk, lyr og hvitting.

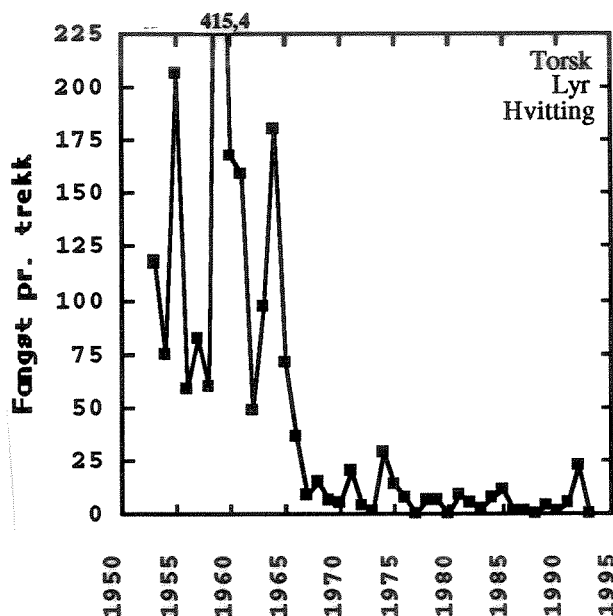


Fig. 2.2 Gjennomsnittsfangst av 0-gruppe torskfisk i Grenlandsfjordene (fra Johannessen og Sollie, 1994).

2.2 Holmestrandsfjorden

I Holmestrandsfjorden er 6 av strandnotstasjonene blitt tatt årlig siden 1936 (se Vedlegg). Også i denne fjorden var det klare tegn til sterkt redusert rekrutteringen av torskefisk fra midten av 60-tallet (Fig. 2.3). Et typisk trekk ved fangstene av både torsk, lyr og hvitting før midten av 60-tallet var en meget stor årlig variasjon. Det er grunn til å tro at dette er et resultat av store svingninger i forekomstene og at så få som 6 strandnottrekk gir et forholdsvis lite presist mål på forekomstene. I 1938 ble det i gjennomsnitt fanget 350 torsk pr. trekk, noe som neppe skyldtes tilfeldigheter siden alle trekkene ga meget store fangster. På grunn av de store årlige variasjonene er det vanskelig å fastslå nøyaktig når reduksjonen fant sted, men det siste året med god rekruttering av torsk var i 1966. Sammenlignet med perioden 1936-1966 var gjennomsnittsfangsten av torsk, lyr og hvitting henholdsvis 90, 92 og 78% lavere i perioden 1967-1993.

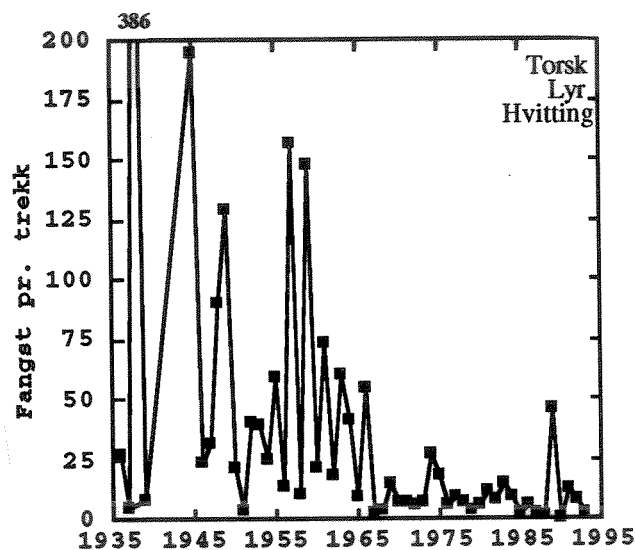


Fig. 2.3 Gjennomsnittsfangst av 0-gruppe torskefisk i Holmestrandsfjorden (fra Johannessen og Sollie, 1994).

2.3 Indre Oslofjord

Indre Oslofjord strekker seg fra Bunnefjorden til Drøbaksundet. Siden oppstart av undersøkelsene i dette området i 1936, er 9 stasjoner blitt tatt årlig i samme posisjon (se Vedlegg). Helt siden starten har det gjennomgående vært meget små fangster av torsk, lyr og hvitting, med gjennomsnittsfangster på henholdsvis 3,8 - 1,6 og 6,5 fisk pr. trekk (Fig. 2.4). Dette ligger nært opp til fangstene i Langesund og Holmestrand etter reduksjonen i rekrutteringen. Et karakteristisk trekk ved forholdene i Indre Oslofjord er at det ikke har vært noen systematiske svingninger eller trender slik som på Sørlandskysten (Fig. 2.6). År om annet er det imidlertid blitt tatt gode fangster av spesielt torsk, slik som i 1938 da det ble fanget ca 73 torsk pr. trekk. I 1945, 1961, 1990 og 1992 var det også forholdsvis gode torskefangster, noe som indikerer at fjorden har et høgt produksjonspotensiale. Når det gjelder hvitting er det grunn til å presisere at gjennomsnittsfangsten både i 1978 og 1992 gir et sterkt misvisende bilde av forekomstene siden nesten all hvittingen ble fanget i ett trekk.

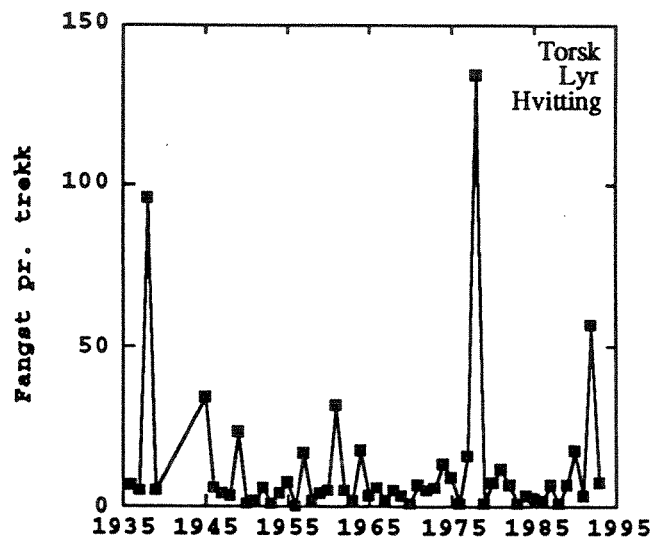


Fig. 2.4 Gjennomsnittsfangst av 0-gruppe torskefisk i Indre Oslofjord (fra Johannessen og Sollie, 1994)

Sett på bakgrunn av at gjennomsnittsfangstene av torskefisk i Indre Oslofjord har vært like lave som i Langesund og Holmestrand etter reduksjonen i rekrutteringen, er det naturlig å stille spørsmål ved om det kan ha funnet sted en tilsvarende reduksjon i rekrutteringen av torskefisk før strandnotundersøkelsene kom i gang. Ruud (1968) har publisert fangststatistikk for torsk i perioden 1872-1964 (Fig. 2.5). Som det framgår av figuren har det vært en del svingninger i leveransene. Dette har trolig sammenheng med at hovedtyngden av fangstene har bestått av småtorsk. Fangst basert på unge individer gjør fisket stekt avhengig av svingningene i årsklassestyrken. Det har imidlertid også vært en klar trend i leveransene, med en økning fra omkring 40-50 tonn torsk i åra før 1900 til omkring 100 tonn på slutten av 20-tallet. På begynnelsen av 30-tallet avtok leveransene drastisk til et gjennomsnitt på omkring 15 tonn etter 1933. Ruud presiserer at det er knyttet en god del usikkerhet til fangststatistikken siden hobbyfiske og leveranser utenfor fiskemarkedet kommer i tillegg, men konkluderer med at nedgangen mest sannsynlig har sammenheng med forurensning av fjorden.

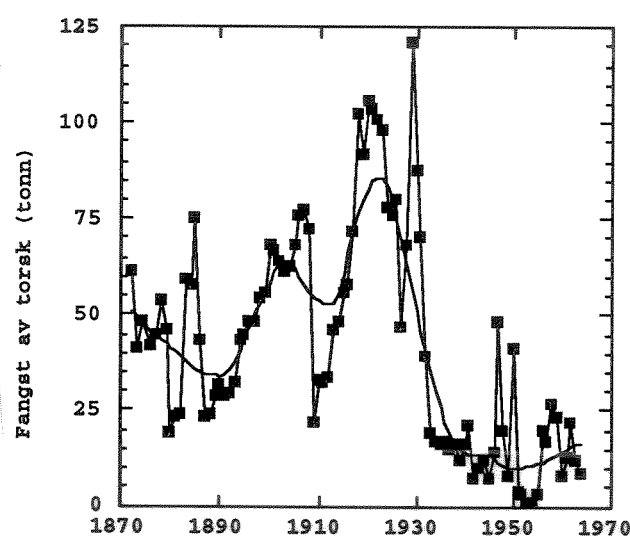


Fig. 2.5 Fangst av torsk i Indre Oslofjord levert ved fiskehallen i Oslo (fra Johannessen og Sollie, 1994).

Sett på bakgrunn av fangststatistikken for torsk og de meget lave forekomstene av torskeyngel i strandnota, er det overveiende sannsynlig at det har funnet sted en betydelig reduksjon i rekrutteringen av torskefisk også i Indre Oslofjord. Etter som torskeleveransene hovedsaklig har bestått av unge individer, er det grunn til å anta at reduksjonen fant sted i 1929/1930.

2.4 Sørlandskysten

På Sørlandskysten fant det sted en reduksjon i forekomstene av enkelte torskefisk på midten av 70-tallet. Mest markert var reduksjonen i fangstene av hvittingyngel som falt fra ca. 100 til 30 fisk pr. trekk fra 1975 til 1976 (Fig. 2.6c). Forut for dette fallet var det en betydelig økning i forekomstene. Etter 1976 har fangstene av hvitting svingt rundt et gjennomsnitt på ca. 30. 1976 var det siste året som ga brukbare fangster av 0-gruppe lyr (Fig. 2.6b), og glattekurva for torsk indikerer at også forekomstene av denne arten avtok på dette tidspunkt (Fig. 2.6a). Gjennomsnittsfangstene av torsk i 18-årsperioden før og etter 1976 var på henholdsvis 19,5 og 11,4 fisk pr. trekk. Samlet for torsk, lyr og hvitting falt fangstene til ca. en tredjepart på midten av 70-tallet (Fig. 2.6d, fallet skyldes først og fremst nedgangen i fangstene av hvitting og i noen grad lyr). Fallet ser ut til å ha skjedd i løpet av ett til to år, og det har ikke vært noen tegn til økning i forekomstene etter fallet. På 30- og 40-tallet var det også lave forekomster av 0-gruppe torskefisk, noe som skyldtes reduksjon i forekomstene av torsk og lyr. Denne reduksjonen kan ha sammenheng med at ålegraset ble rammet av en sykdom som gjorde bunnen nærmest vegetasjonsløs (Johannessen og Sollie 1994). På midten av 70-tallet var det imidlertid ingen markerte endringer i dekningsgraden av bunnvegetasjonen som kan forklare reduksjonen i forekomstene av 0-gruppe torskefisk.

0-gruppe torskefisk på Sørlandskysten i periodene 1958 -1975 og 1976 -1993

For å gi et bedre bilde av reduksjonen i rekrutteringen av torskefisk på midten av 70-tallet, er fangstene for torsk, lyr og hvitting på de enkelte stasjonene i 18-årsperioden før (1958-1975) og etter 1976 gjengitt (det ble valgt 18-årsperioder siden bunnvegetasjonens dekningsgrad i de to periodene var tilnærmet like, se Johannessen og Sollie 1994). Plassering av de enkelte stasjonene er vist i Vedlegg. Som det framgår av Fig. 2.7 har det vært store variasjoner i gjennomsnittsfangstene av torsk, lyr og hvitting på de ulike stasjonene i begge perioder (tilsvarende figurer for torsk, lyr og hvitting enkeltvis, er gjengitt av Johannessen og Sollie 1994). I perioden 58-75 varierte gjennomsnittsfangstene fra 10 fisk pr. trekk på stasjon 183 i Soppekilen ved Kragerø til 264 på stasjon 66 i Flødevigen ved Arendal.

Det har også vært markerte forskjeller mellom de ulike områdene, med gjennomgående beskjedne fangster i Steindalsfjorden ved Lillesand og i Soppekilen, mens f.eks. stasjonene i Torvefjorden ved Søgne og i Topdalsfjorden ved Kristiansand ga generelt gode fangster i første periode. De største reduksjonene i fangstene har funnet sted på stasjon 2 og 66, der gjennomsnittsfangsten falt med henholdsvis 212 og 203 fisk pr. trekk, tilsvarende 89 og 77% reduksjon.

Ser vi på områdene, har det vært størst nedgang i Torvefjorden, i Topdalsfjorden og i Flødevigen. Bildet er imidlertid forholdsvis sammensatt, med betydelige variasjoner i

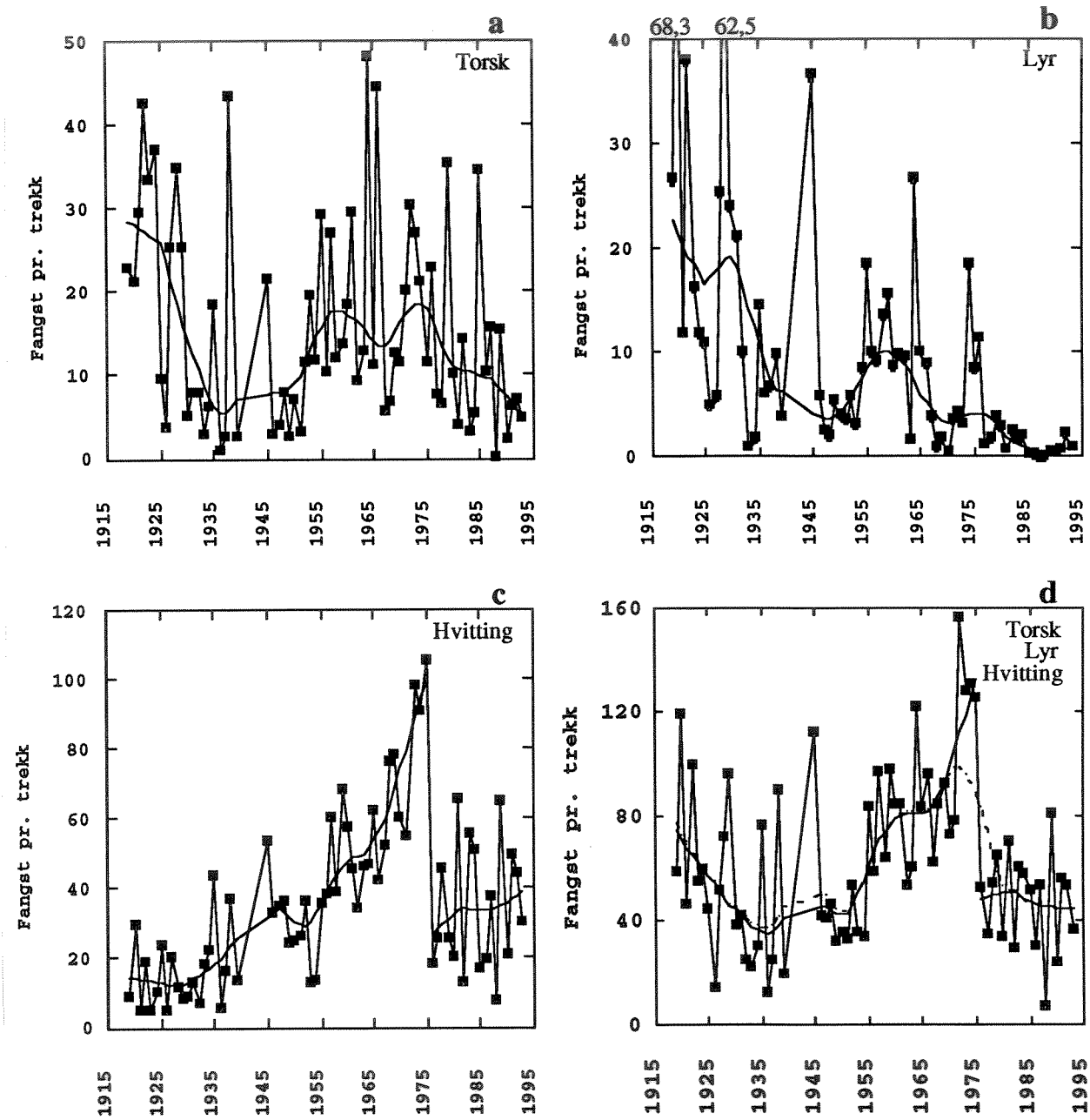


Fig. 2.6

Gjennomsnittsfangst av 0-gruppe torskfisk på Sørlandskysten i perioden 1915-93 (fra Johannessen og Sollie, 1994).

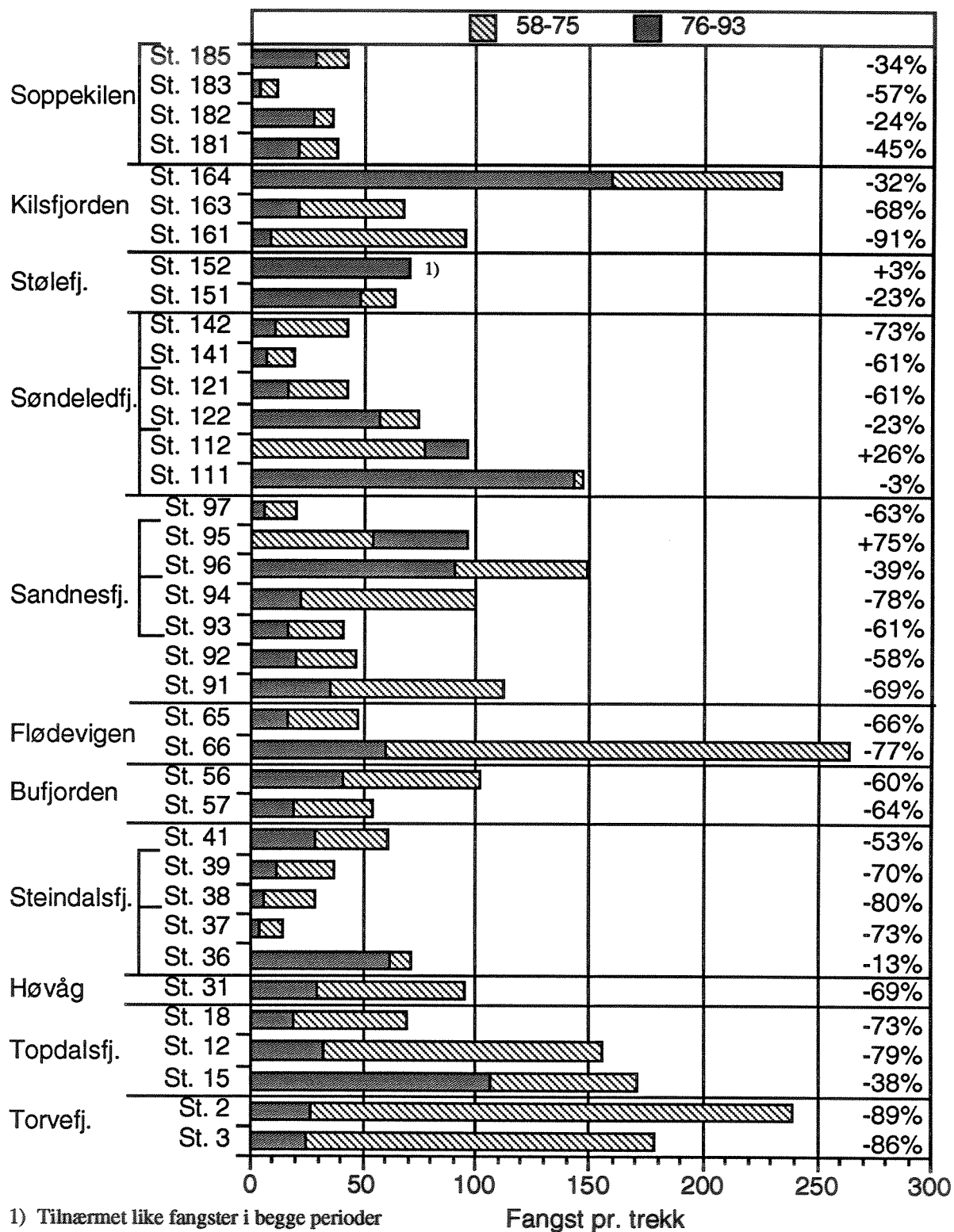


Fig. 2.7 Gjennomsnittsfangst av 0-gruppe torsk, lyr og hvitting på enkeltstasjoner på Sørlandskysten i 18-årsperiodene for og etter 1976. Prosenttallene angir endringen fra første til andre periode. Innenfor hvert område angir stasjonenes plassering rangert avstand til åpen kystlinje, med øverste stasjon lengst ute (se fig. i Vedlegg). Stasjoner som ligger like langt fra åpen kystlinje er markert med klammer (fra Johannessen og Sollie, 1994).

utviklingen på de ulike stasjonene. Mulige årsaker til dette kan illustreres med utviklingen i Sandnesfjorden ved Risør. I denne fjorden har det vært betydelige reduksjoner i fangstene av 0-gruppe torskefisk på alle lokaliteter, bortsett fra på stasjon 95 der det har vært en økning på 75%. Stasjon 95 og 96 ligger nær hverandre i ei lita bukt med forholdsvis trangt innløp. På stasjon 96 har det imidlertid vært en markert nedgang i fangstene, som i antall tilsvarer økningen på stasjon 95.

På begge disse stasjonene domineres bunnvegetasjonen av ålegras, men utviklingen i vegetasjonsforholdene på de to stasjonene har vært markert forskjellig (Johannessen og Sollie 1994). I perioden 1958-1975 var det tilnærmet lik dekningsgrad på de to stasjonene (gjennomsnittlig 39 og 37%). Etter 1976 har den dekningsgraden økt til 61% på stasjon 95, mens den har avtatt til ca. 23% på stasjon 96. Hva som er årsak til ulik utvikling i vegetasjonsforholdene på de to stasjonene er usikkert, men en mulig forklaring kan være at ålegraset har klart seg bedre på stasjon 95 siden denne er markert grunnere (maks. djup på 4 m, mot 8 m på stasjon 96) og derved bedre lysforhold. Endringene i ålegrasmengden er den mest sannsynlige årsaken til at det har vært en økning i fiskemengden på stasjon 95 og en nedgang på stasjon 96. Lignende forhold har en hatt på stasjon 36 og 37, som ligger like ved sida av hverandre. Derimot har det ikke vært markerte endringer i dekningsgrad på de to stasjonene i Flødevigen som kan forklare de markerte reduksjonene i forekomstene av 0-gruppe torskefisk, noe som er i tråd med at det ikke fant sted noen markert endring i vegetasjonsforholdene samtidig med reduksjonen i forekomstene av 0-gruppe torskefisk.

Eksemplene fra enkeltstasjonene ovenfor er kun ment som en illustrasjon på hvorfor ikke alle stasjoner viser lik utvikling mht. til fangster. Foruten vegetasjonsforholdene kan det tenkes at også andre lokale forhold kan ha innvirkning på fiskeforekomstene, slik som lokale forurensningskilder, endrede strømforhold som følge av byggeaktivitet mm. Som følge av at det trolig dreier seg om et komplekst problem, vil det ikke bli lagt vekt på enkeltstasjoner, men derimot på hovedtrekkene i utviklingen.

Som det framgår av Fig. 2.7 har det vært nedgang i forekomstene av 0-gruppe torskefisk langs hele Sørlandskysten fra første til siste periode. Nedgangen har vært spesielt stor i Torvefjorden og i Flødevigen, både prosentmessig og tallmessig, mens det har vært forholdsvis beskjeden nedgang i Sønedeledfjorden ved Risør og praktisk talt ingen nedgang i Stølefjorden ytterst i Kragerø-skjærgården. Et interessant trekk er at det har vært markerte nedganger i Sandnesfjorden som ligger like ved Sønedeledfjorden. Ingen av fjordene er omgitt av betydelig industri eller bebyggelse. I bunnen av Sandnesfjorden munner imidlertid Storelva ut, mens det er langt mindre tilførsel av ferskvann til Sønedeledfjorden. Et markert trekk ved de områdene som har hatt størst nedgang, er at de har hatt meget gode forekomster av yngel forut for nedgangen. I

Torvefjorden var nedgangen på de to stasjonene i samme størrelsesorden som i Langesundsfjordene og i Holmestrandsfjorden.

Johannessen og Sollie (1994) vurderte også om andre arter kan ha overtatt plassen til yngelen av torskefiskene når forekomstene av disse artene har gått tilbake. De fant at de stasjonene som hadde størst prosentvis nedgang av 0-gruppe også gav lavere fangster av typiske strandsonefisk.

Kort oppsummert viser resultatene at det har vært nedgang i forekomstene av 0-gruppe torskefisk på hele Sørlandskysten fra første til siste periode. Det har imidlertid også vært betydelige lokale variasjoner, med størst nedgang i Torvefjorden vest for Kristiansand og i Flødevigen ved Arendal. I Søndeledfjorden ved Risør og Stølefjorden ved Kragerø har det ikke vært nevneverdige forandringer i forekomstene av 0-gruppe torskefisk. Fangstene av lyr er imidlertid blitt markert redusert i alle områder.

Resultatene tyder på at det er flere likhetstrekk ved nedgangen i forekomstene av torskefisk i de ulike områdene på Skagerrakkysten, der de mest framtreddene er:

1. *Endringene ser ut til å ha funnet sted i løpet av kort tid: ett til to år.*
2. *Etter nedgangen har det ikke vært tegn til økning i forekomstene av yngel.*
3. *Torskefiskene er ikke blitt erstattet av andre strandsonefisk. Tvert imot er forekomsten av andre strandsonefisk generelt betydelig lavere i områder som har hatt stor nedgang i torskeforekomstene.*
4. *Forut for nedgangen har det vært gode forekomster av torskefisk. I flere områder har det vært tegn til en økning i forekomstene forut for nedgangen, slik som i Indre Oslofjord og på Sørlandskysten. På grunnlag av fiskeforekomstene har det derfor ikke vært tegn som kunne tyde på at nedgang i rekrutteringen har vært nært forestående.*
5. *Nivået på rekrutteringen av torskefisk har etter reduksjonen vært omtrent det samme i Grenlandsfjordene, i Holmestrandsfjorden og i Indre Oslofjord. På Sørlandskysten var den totale nedgangen betydelig mindre, noe som kan skyldes at en del områder har hatt liten eller ingen nedgang. Resultatene indikerer imidlertid at enkelte områder, deriblant Torvefjorden, har hatt nedgang i rekrutteringen av torskefisk i samme størrelsesorden som i de tre forannevnte områdene.*

3. BEREGNING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL UTVALGTE KYSTOMRÅDER.

3.1. Generelt om tilførselsberegninger

I figur 3.1 er vist en skisse over sentrale prosedyrer ved tilførselsberegninger. En enkel måte er å ta hyppige vannprøver i et vassdrag gjennom et år og multiplisere målte konsentrasjoner med vannføringen. Usikkerheten ved denne metoden er stor, spesielt i vassdrag som er påvirket av menneskelige kilder. Metoden skiller dessuten ikke mellom naturlige og antropogene kilder.

Teoretiske beregninger av stofftilførsel til vassdrag gir muligheter for å skille mellom naturlige og menneskeskapte kilder. Ved beregning av elvetransport må det tas hensyn til retensjon i vassdraget. En kombinasjon av teoretiske beregninger og målte konsentrasjoner vil være en fordel.

3.2. Verktøy

Regneark og modeller vil være nødvendig verktøy for å gjennomføre prosjektet på en rasjonell måte. NIVA har utviklet "Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge - TEOTIL" (Tjomsland og Ibrek 1992), der tilførslene beregnes teoretisk basert på opplysninger om befolkning, industri, renseanlegg, arealtype m.m. (Tabell 3.1) Tilførslene beregnes for utvalgte punkter innen et vassdrag, for vassdragsavsnitt eller for kyststrekninger i den grad dette passer med statistikkområdenes oppløselighet.

Tabell 3.1. Datafiler som finnes innebygd i TEOTIL-modellen.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Koeffisienter for tilførsler fra ulike punktkilder og arealer - Opplysninger om drenering, arealer og befolkning fordelt på statistikkområder - Data om renseanlegg - Data om innsjøer - Data om industri / punktkilder |
|---|

I tillegg kan det være nødvendig å ta i bruk andre beregningsmodeller. Program som er utviklet i forbindelse med "Overvåking av elvetilførsler til norske havområder" (Holtan et al. 1991) kan bli benyttet. Holtan (1989) har foretatt teoretiske beregninger av næringssalttilførsler til Ytre Oslofjord omkring 1910. Metodikk og litteratur som er

Åstebøl, 1990). Mht tilførsler av miljøgifter er det ved forskjellige anledninger utarbeidet koeffisienter for miljøgifter i kommunalt avløpsvann. Koeffisientene er usikre, og vil bli vurdert og benyttet i den grad det anses faglig forsvarlig. Ved tilbakeberegning av tilførsler vil basisår for forurensningsregnskapet vil variere fra område til område, spesielt avhengig av den fiskeribiologiske utviklingen som er registrert. Etter basisåret kan det f.eks. være aktuelt å oppdatere beregningene for hvert 10 år. Kvaliteten på tilbakeberegningene vil avhenge av grunnlagsdataene. Det foreligger lite vannkjemiske målinger før 1960, og mange av undersøkelsene omfatter ikke næringsalter. Statistikk over kommunale utslipp, industri- / punktutslipp og landbruksforurensninger vil bli innhentet, men det er foreløpig usikkert hvordan kvaliteten på disse dataene er.

Tilførslene vil bli oppgitt i antall tonn tilført de enkelte fjordområder pr. år. Siden det vesentlige av forurensningene kommer fra industri og befolkning, er tilførslene relativt jevnt fordelt året rundt. Viktige sesongvariasjoner vil bli angitt.

3.3. Datagrunnlag

Grunnlaget for teoretiske beregninger av forurensningstilførsler er informasjon om forskjellige typer arealbruk og menneskelige aktiviteter innenfor et område. Aktuelle kilder er: nedbør, arealavrenning, landbruksvirksomhet, befolkning, avfallsplasser, servicenæring, institusjoner og industribedrifter. Nevnte kilder medfører økt tilførsel av tarmbakterier, næringsalter, organisk stoff og partikulært materiale, men også av forskjellige typer miljøgifter.

Tabell 3.2 viser eksempler statistikker og publikasjoner som kan danne grunnlag for tilbakeberegning av forurensningstilførsler. Oppgaver om befolkningstall, kommunale utslipp og arealbruk foreligger og kan innhentes fra Statistisk Sentralbyrå (SSB). Utslippstall for industri og annen virksomhet kan innhentes hos SSB, SFT, fylkenes miljøvernmyndigheter, samt hos enkeltbedrifter.

Opplysninger om avrenning (partikkeltransport) og klima kan innhentes fra henholdsvis Norges vassdrags- og energiverk (NVE) og Meteorologisk institutt (DNMI).

Flere miljøvernmyndigheter i Fylkene har utarbeidet forurensningsoversikter for vassdrag og fjordområder. Kvaliteten på disse dataene vil bli vurdert. Videre er det gjennomført mange undersøkelser i de aktuelle tilførselsområdene (se neste avsnitt). Data fra disse vil bli brukt så langt som mulig

Tabell 3.2. *Eksempler på grunnlagsdata for tilbakeberegning av tilførsler. Kilder: Statistisk sentralbyrå (SSB), Fylkesmennenes miljøvern- og forurensningskontor (MVA), Statens forurensningstilsyn (SFT), Meteorologisk institutt (DNMI), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Norsk institutt for luftforskning (NILU).*

Sektor	Grunnlagsdata
Kommunal	<ul style="list-style-type: none"> - Folketellinger (SSB) - Arealbruksstatistikk (SSB) - Oppdaterte oversikter over kloakkrenseanlegg (SSB og MVA) - Rapporter fra driftsassistansen for avløpsanlegg - Eldre statistikk for kommunale renseanlegg (SSB) - Vann og avløpsstatistikk fra 1980-tallet (rapportserie, SSB) - Naturressurser og Miljø (årlig rapport, SSB) - Reiselivsstatistikk (SSB)
Landbruk	<ul style="list-style-type: none"> - Landbruksstatistikk, knyttet til Nordsjøavtalen (SSB) - Jordbruksstatistikken (SSB) - Resultatkontroll i landbruket (SSB, grunnlag for TEOTIL - arealtall, koeffisienter) - Eldre statistikk på jordbrukssektoren (SSB) - Salgsstatistikker og produktspesifikasjoner for kunstgjødsel (Norsk Hydro)
Industri	<ul style="list-style-type: none"> - Diverse utslippsoversikter (SFT / MVA) - Utslippsoversikter i den enkelte industribedrift
Langtransport	<ul style="list-style-type: none"> - Nitrogentilførsel fra forurenset luft og nedbør (NILU og NIVA)
Hydrologi	<ul style="list-style-type: none"> - Nedbør og temperatur (DNMI) - Middelvannføring (NVE) - Utbygd vannkraft (NVE) - Norske kraftverk (publikasjon)

Transport av nitrogen med forurenset luft og nedbør er behandlet av bl.a. Hindar et al. (1989), Gulbrandsen et al. (1990) og Bratli et al. (1992). SFTs overvåking av forurenset luft og nedbør gir grunnlag for å beregne andelen av bakgrunnsavrenningen som skyldes langtransporterte forurensninger. Sammenhenger mellom sur nedbør og mobilitet av tungmetaller er undersøkt i mange sammenhenger. Når det gjelder sur nedbørs innvirkning på transporten av organisk stoff (humus) er sammenhengene mer uklare.

4. HYPOTESER OM ÅRSAKSSAMMENHENGER

Hypoteser om årssakssammenhenger ved de plutselige nedgangen i forekomsten av yngel for enkelte torskefisk omfatter: 1) Naturlige variasjoner, 2) overfiske, 3) lave oksygenkonsentrasjoner, 4) forurensning, herunder miljøgifter og overgjødning. Dette er diskutert av Johannessen og Sollie (1994):

Naturlig variasjon

En kunne tenke seg at de hydrografiske og meteorologiske forholdene har blitt plutselig og varig forandret. Det er imidlertid flere forhold som taler mot at endringene skyldes naturlige variasjoner. Det foreligger ingen rapporter om slike forandringer, og en analyse av hydrografiske data fra Skagerrakkysten ga ingen holdepunkter for at det har funnet sted slike forandringer (Johannessen og Dahl, arbeid sendt for publisering). Videre taler det forhold at reduksjonene på den aktuelle kyststrekningen har funnet sted på ulike tidspunkt (i perioden 1930 til 1976) mot en slik forklaring. At det heller ikke har sammenheng med den naturlige år-til-år variasjonen i rekrutteringen er åpenbart ut fra bruddet i tidsseriene, og at det etter reduksjonene ikke har vært noen tegn til økning i rekrutteringen.

De foranstående resonnement viser at med de nåværende kunnskaper om naturlige variasjoner i hydrografiske forhold på Skagerrakkysten, sees ikke noen åpenbar forklaring på de endringer som er observert.

Overfiske

En mulig årsak kan være overfiske. Resultatene viser imidlertid at forekomstene av ikke-kommersielle fiskeslag gjennomgående er betydelig lavere der det har funnet sted svikt i rekrutteringen av torskefisk. Hvitting er for øvrig en fisk som i liten grad blir beskattet. Ved overbeskatning av kommersielle fiskeslag skulle man ha forventet en økning i de ikke-kommersielle fiskeslagene både som følge av økt mattilgang og ved nedsatt predasjon (beiting) fra store fiskeslag som torsk og lyr.

I forbindelse med nedgangen i Indre Oslofjord undersøkte Ruud (1968) mulighetene for at nedgangen i torskefisket kunne ha sammenheng med overfiske, endret beskatningsmønster eller innsats. Ut fra foreliggende fiskeristatistikk konkluderte han med at nedgangen i torskefangstene neppe kunne ha sammenheng med fiskeriene.

I likhet med "naturlige variasjoner" overfor, sees derfor ingen sannsynlige sammenhenger mellom overfiske og endringen i forekomst av yngel.

Oksygenforholdene

Samtidig med strandnotundersøkelsene er det blitt foretatt målinger av oksygen, temperatur og saltholdighet i ulike djup i de samme områdene som strandnottrekkene er blitt tatt. Disse målingene viser at det har vært en markert nedgang i oksygenmetningen langs hele Skagerrakkysten (Johannessen og Dahl op. cit.). Det er imidlertid ingen ting

som tyder på at det er en direkte sammenheng mellom oksygenmengde og reduksjonene i rekrutteringen. For eksempel har oksygenmengden i Grenlandsfjordene (utenfor Frierfjorden) hele tida vært tilfredsstillende i alle dyp, mens det i bunnvannet (ca. 30 m djup) i Sørfjorden i Risørområdet der stasjon 111 og 112 ligger (se Vedlegg), har vært nesten konstant råttent vann gjennom hele undersøkelsesperioden. Fangstene på stasjon 111 og 112 har holdt seg gode helt fram til i dag.

Det kan derfor konkluderes med at nedgangen i rekrutteringen neppe har sammenheng med at oksygenforholdene i fjordenes dypvann har blitt kritisk lave.

Forurensning

Det er flere forhold som peker på mot en sammenheng mellom vannforurensning og rekrutteringsnedgangen i de ulike områdene. For det første ble de områdene som har størst belastning på miljøet rammet først. Allerede på 30-tallet var man meget bekymret for forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord, og da spesielt av forurensning fra kloakken (Braarud 1945). De neste områdene som opplevde betydelig reduksjon i rekrutteringen av enkelte torskefisk var Grenlandsfjordene og Holmestrandsfjorden på midten av 60-tallet. Begge disse områdene har betydelig belastning på miljøet fra industri, jordbruk og befolkningen. Foruten lokale tilførsler til Holmestrandsfjorden (Bokn 1987; Anon. 1990), kan miljøet også tenkes å være påvirket av vann som strømmer ut fra Drammensfjorden der det er påvist både forhøyete næringssaltverdier og miljøgifter (Hvoslef et al. 1986). Fra industrien i Grenlandsområdet har det vært tilført store mengder næringssalter (Johannessen og Dahl op. cit.) og miljøgifter (Molvær et al. 1979).

I Grenlandsfjordene avtok gjennomsnittslengden av torsk fra 10,0 cm før rekrutteringsnedgangen til 9,3 cm etter nedgangen ($p < 0,001$, to-sidig t-test), og for hvitting fra 12,3 til 11,7 cm ($p < 0,001$). I Holmestrandfjorden endret størrelsene på torsken seg lite etter nedgangen (9,2 mot 9,1 cm), mens størrelsen på hvitting avtok fra 12,7 til 12,0 cm ($p < 0,001$, fangstene av lyr har i begge områder vært så beskjedne etter rekrutteringsnedgangen at det ikke gir grunnlag for en sammenligning av størrelse). Dersom mattilgangen hadde vært like god før og etter rekrutteringsnedgangen, skulle man heller ha forventet en økning i størrelsen på fisken pga. betydelig redusert næringskonkurranse. I laboratorium er det vist at ved næringsoverskudd kan torsk vokse inntil 5 ganger raskere enn i naturen (Braaten 1984). En mulig årsak til nedgangen i rekrutteringen kan derfor skyldes endret energiflytmønster som har ført til mindre mat til larver og yngel av torskefisk.

Siden nedgangen i rekrutteringen av torskefisk i de ulike områdene viser likhetstrekk,

kan det tenkes å være felles årsakssammenhenger. Hvis vannforurensning er en hovedårsak kan det tenkes kombinasjoner av sterke lokale effekter som i markert belastede områder opptrer forholdsvis tidlig - og deretter svakere og vanskelig tolkbare regionale effekter.

Hvilke stoffgrupper som i så fall kan ha forårsaket rekrutteringsnedgangen gir datamaterialet ikke grunnlag for å fastslå sikkert. For Oslofjorden, Holmestrandsfjorden og Grenlandsfjordene kan kombinasjoner av næringssalter, miljøgifter og organisk stoff være aktuelt.

For den øvrige delen av Skagerrakkysten derimot - som regional effekt, virker påvirkning fra miljøgifter mindre sannsynlig. Har endringen sammenheng med en eutrofi-effekt i fjordene og/eller i kystvannet, vil denne være betydelig svakere enn for de forannevnte fjordområdene. Det betyr videre at lokale forhold kan spille en forholdsvis stor rolle, noe som passer med strandnotregistreringene.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING OG ANBEFALINGER

5.1 Vurdering

Gjennom arbeidet ved HFF som i utdrag er referert i kapittel 2 er sannsynliggjort et det har foregått en reell nedgang i forekomsten av yngel av torskefisk på den norske Skagerrakkysten.

Årsakene til nedgangen kan være mange og sammensatte, og betydningen av den enkelte miljøfaktoren vil varierer fra område til område. Dette er enkelt sammenfattet i etterfølgende tabell.

Faktorer med naturlig bakgrunn	Abiotiske	Oksygenmetning Salinitet Temperatur Vannutskiftning Organisk materiale Partikler
	Biologiske	Primærproduksjon Sekundærproduksjon Predasjon Konkurrans Sykdom Gytebestand Vandring/adferdsendringer
Faktorer med hovedsaklig antropogen årsak	Abiotiske	Økte nivåer av: - næringssalter - miljøgifter Vassdragsreguleringer: - endret ferskvannstilførsel
	Biologiske	Fiske

HFFs vurderinger (jfr. kap. 5 og Johannessen og Sollie, 1994) går ut på at nedgangen mest sannsynlig skyldes at en abiotisk (antropogen) endring av næringssalttilførsel har medført endringer i primærproduksjon og sekundærproduksjon. For enkelte fjordområder (spesielt Grenlandsfjordene) kan effekter av miljøgifter også være aktuelt.

5.2 Anbefaling

Av det foranstående ser vi grunnlag for en videreføring av prosjektet. Det vil da bli del av et knippe av aktiviteter som delvis støtter opp om hverandre. Vi nevner de viktigste:

- * HFFs videreføring av undersøkelser av 0-gruppen av torskefisk på Skagerrakkysten
- * Kystovervåkingsprosjektet
- * PARCOM-prosjektet

Også nevnes at HFF tar sikte på å søke Norges Forskningsråd om støtte for å studere rekrutteringen av torskefisk på Skagerrakkysten.

Vi ser det som hensiktsmessig - på bakgrunn av ressurser og kunnskap - at man ved en videreføring har et forholdsvis snevert utgangspunkt. Det vil si at man for utvalgte fjord- og kystområder beregner tidsutviklingen mht. tilførsler av næringssalter og miljøgifter, og ser denne i sammenheng med tidspunktet for nedgang i 0-gruppen.

Valg av miljøparametre for antropogen påvirkning

For å beskrive den antropogene påvirkningen er følgende miljøparametre mest aktuelle:

- * Næringssalter (fosfor og nitrogen)
- * Miljøgifter
- * Organisk stoff
- * Ferskvannstilrenning

Den innbyrdes vektleggingen vil variere fra område til område. Ved en videreføring av prosjektet må man også vurdere betydningen av andre stoffgrupper enn næringssalter, f.eks. ved å se på fjordområder hvor effekt fra en eller flere stoffgrupper kan utelukkes.

Valg av fjorder og kyststrekninger for videre studier

Ut fra endringer i 0-gruppen er Indre Oslofjord, Holmestrandsfjorden, Grenlandsfjordene, Kilsfjorden, Sandnesfjorden, Flødevigen, Topdalsfjorden og Torvefjorden mest aktuelle valg for videre studier. I tillegg er det aktuelt med en samlet vurdering av hele kyststrekningen Grenland-Torvefjorden.

For å kunne utføre gode beregninger av forurensningstilførsler bakover i tid og av vannutskiftning/fortynning er det ønskelig å studere fjorder som er godt avgrensede ut fra topografiske og hydrofysiske forhold. Omfanget av denne delen må tilpasses ressursene som prosjektet kan få. Dette tilsier at man i utgangspunktet anbefaler videre

studier av Grenlandsfjordene og Sandnesfjorden for mer detaljerte studier. Dessuten gjøres tilførselsberegninger for hele strekningen Grenland-Torvefjorden. Hvis ressursene gjør det mulig, bør antallet fjorder økes.

For de valgte fjorder og for kyststrekningen Grenland-Torvefjorden bør det også gjøres en sammenstilling av miljødata som kan sammenholdes med utviklingen i tilførsler av forurensninger.

Det foranstående vil bli beskrevet i mer detalj i en evt. prosjektsøknad og må drøftes i forbindelse med en behandling av søknaden.

6. LITTERATUR

- Anon. 1990. Oppdrett av laksefisk i Vestfold. *Vestfold Fylkeskommune Næringsjefen*: 1-39 + kart.
- Aure, J. og Danielsen, D. 1993. Terskelbasseng på Sørlandskysten. Organisk belastning og vannutskifting. *Fisken og Havet* nr. 1 - 1993.
- Bokn, T. 1987. Biologiske undersøkelser omkring utslipp til Holmestrandsfjorden. Gruntvannssamfunn 1985 og 1986. *NIVA-rapport 0-85127*
- Bratli, J.L., Hauan, E., Ludvigsen, G.H., Pettersen, J.E., Rosland, D.S., Svelle, M. og Winther-Larsen, T. (1992). Nordsjø-deklarasjonen. Forslag til en tiltaksplan for å nå Nordsjø-deklarasjonens krav om næringssaltreduksjon, kombinert med best mulig forbedring av lokal vannkvalitet. SFT-rapport 92:14, TA-846/1992, 82 s.
- Braarud, T. 1945. Forurensning og selvrensning av sjøvann. Undersøkelser i Oslofjorden. *Naturen*, 69: 212-235.
- Braaten, B. 1984. Growth of cod in relation to fish size and ration level. S. 677-710 i Dahl, E., Danielsen, D.S., Moksness, E. og Solemdal, P. red. *The Propagation of Cod Gadus morhua L. Flødevigen rapportser. 1.*
- Gulbrandsen, R., Bakke, T., Grande, M., Hessen, D., Konieczny, R., Magnusson, J. og Wright, R.F. (1990). Klimaendringer - effekter på akvatisk miljø. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. NIVA-rapport, løpenr. 2383, 89 s.
- Hindar, A., Næs, K. og Molvær, J. (1989). Betydning av sur nedbør for økte nitrogentilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA-rapport, løpenr. 2257, 45 s.
- Holtan, G. (1989). Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 4.4a. Studier av eldre data. Teoretisk beregning av næringssalttilførsler til Ytre Oslofjord omkring 1910. SFT-overvåkningsrapport 398/90, NIVA-løpenr. 2381, 58 s.
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. and Hopen, T. (1991). Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990: A. Principles, results and discussions. SFT-report 452A/91. NIVA-report 2582. 43 pp.

- Holtan, H. og Åstebøl, S.O. (1990): Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Revidert utgave. NIVA-rapport, løpenr. 2510, 53 s.
- Hvoslef, S., Kirkerud, L., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J., Mjelde, M., Næs, K., Pedersen, A., Rygg, B. og Wiik, Ø. 1987. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-1984. Konklusjonsrapport. *NIVA-rapport 266/86*: 1-38.
- Johannessen, T. og Sollie, AA. 1994. Overvåking av gruntvannsfauna på Skagerrakkysten - historiske forandringer i fiskefauna 1919-1993, og ettervirkninger av den giftige algeoppblomstringen i mai 1988. *Fisken og Havet*, 10. 1-91.
- Molvær, J., Bokn, T., Kirkerud, L., Kvalvågnæs, K., Nilsen, G., Rygg, B. og Skei, J. 1979. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. *NIVA-rapport*, 8: 1-252.
- Ruud, J.T. 1968. Changes since the turn of the century in the fish fauna and the fisheries of the Oslofjord. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 17: 510-517.
- Tjomsland, T. og Ibrek, H.O. (1992) TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. NIVA-rapport, løpenr. 2786, 38 s.
- Vennerød, K. (1984) Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport, løpenr. 1668, 48 s.

VEDLEGG

STRANDNOTSTASJONER PÅ SKAGERRAKKYSTEN

(fra Johannessen og Sollie, 1994)

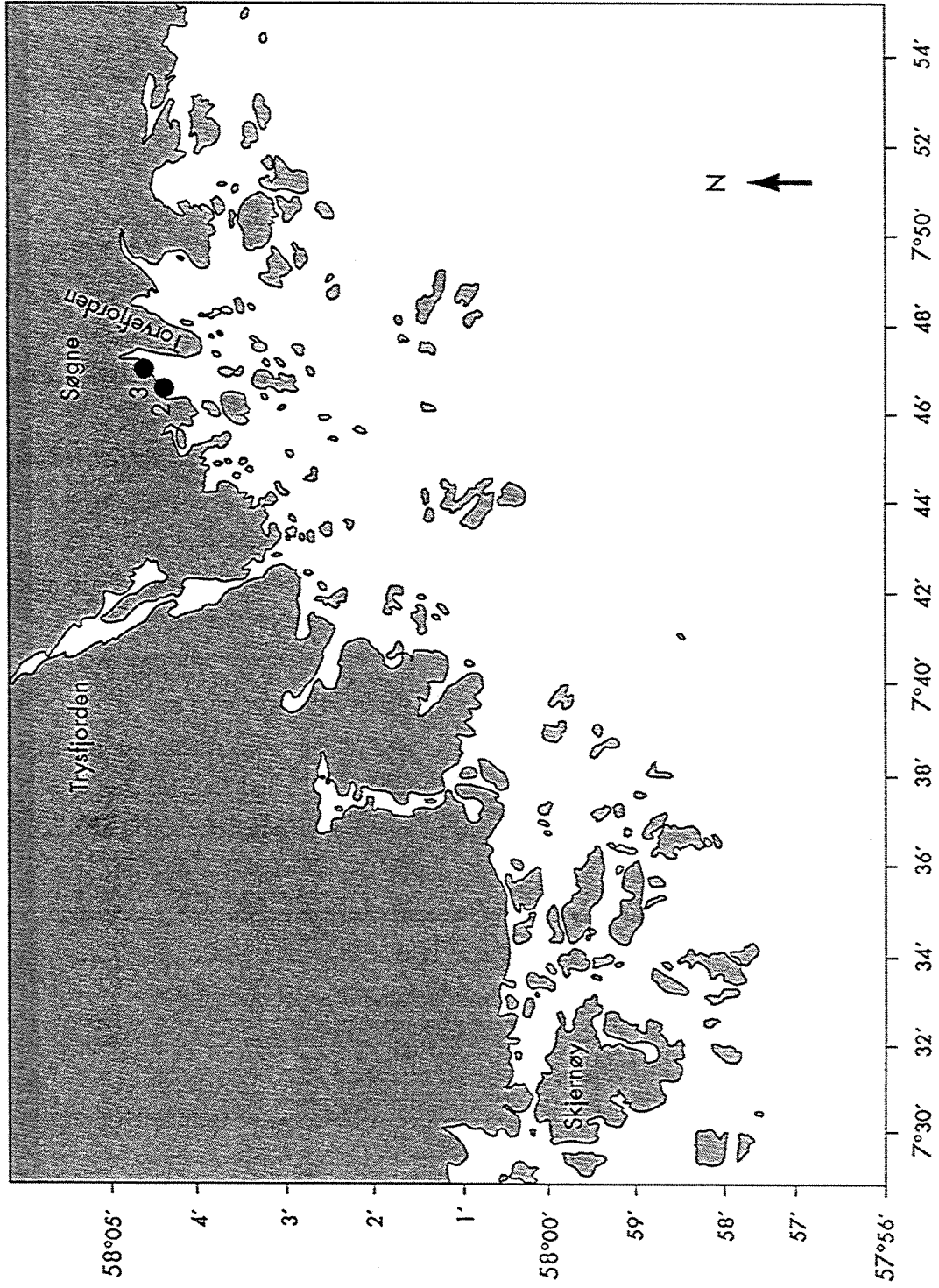


Fig. 45. Strandnotstasjoner i Torvefjorden vest for Kristiansand.
(Beach seine stations in the Torvefjord west of Kristiansand)

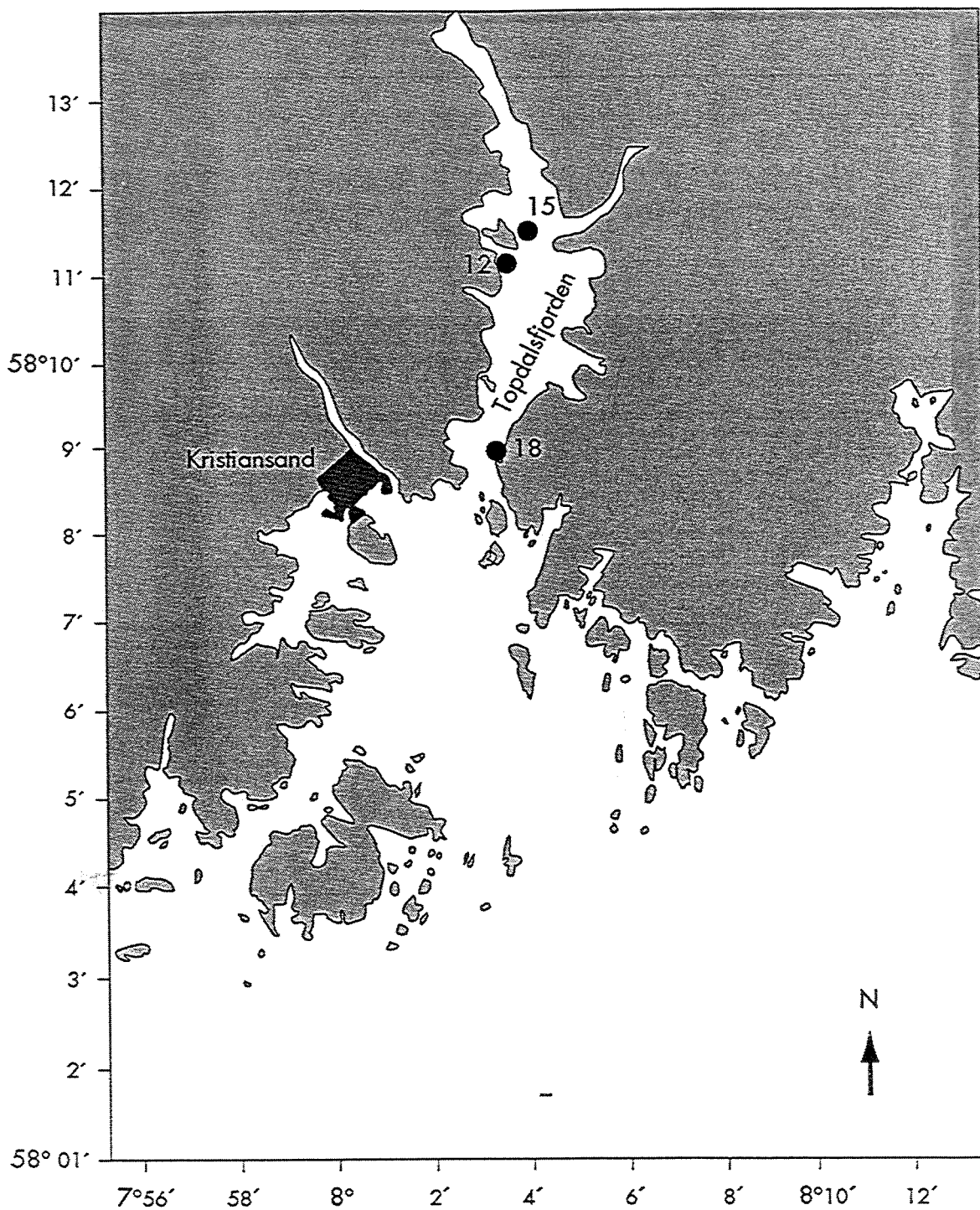


Fig. 46. Strandnotstasjoner i Topdalsfjorden ved Kristiansand.
(Beach seine stations in the Topdalsfjord near Kristiansand)

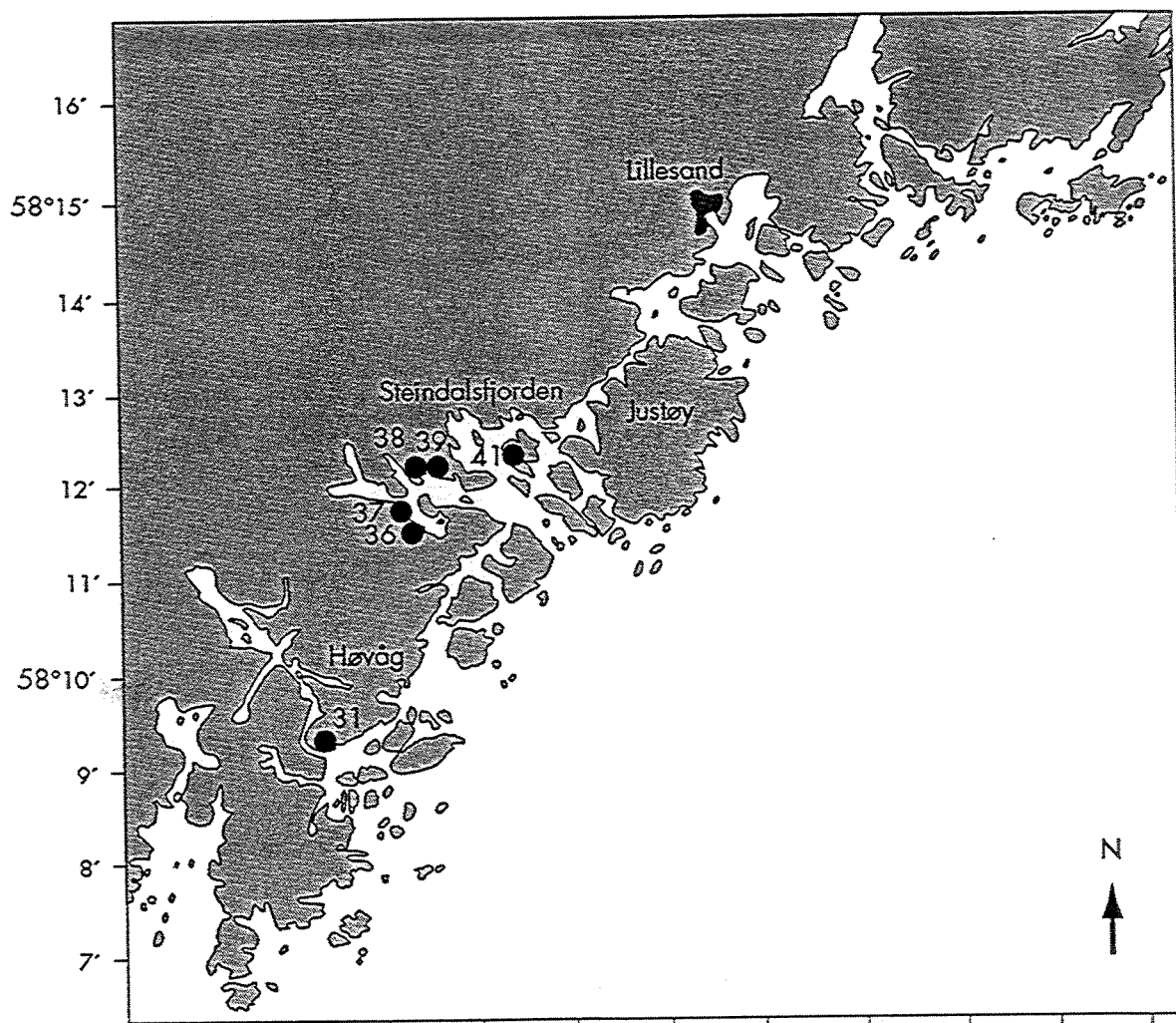


Fig. 47. Strandnotstasjoner i Høvåg og Steindalsfjorden ved Lillesand.
(Beach seine stations in Høvåg and in the the Torvefford near Lillesand)

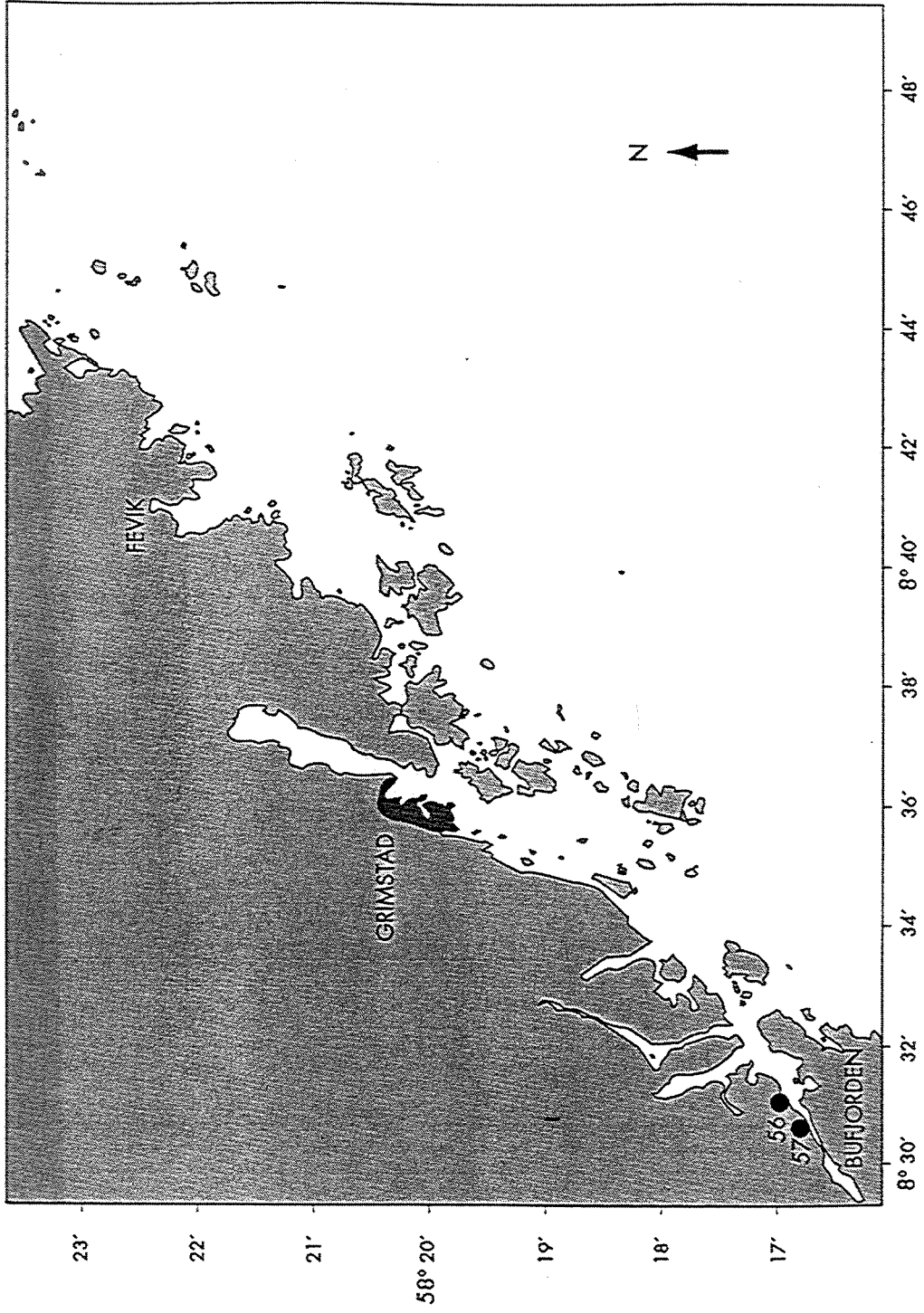


Fig. 48. Strandnotasjoner i Bufjorden ved Grimstad.
(Beach seine stations in the Bufjord near Grimstad)

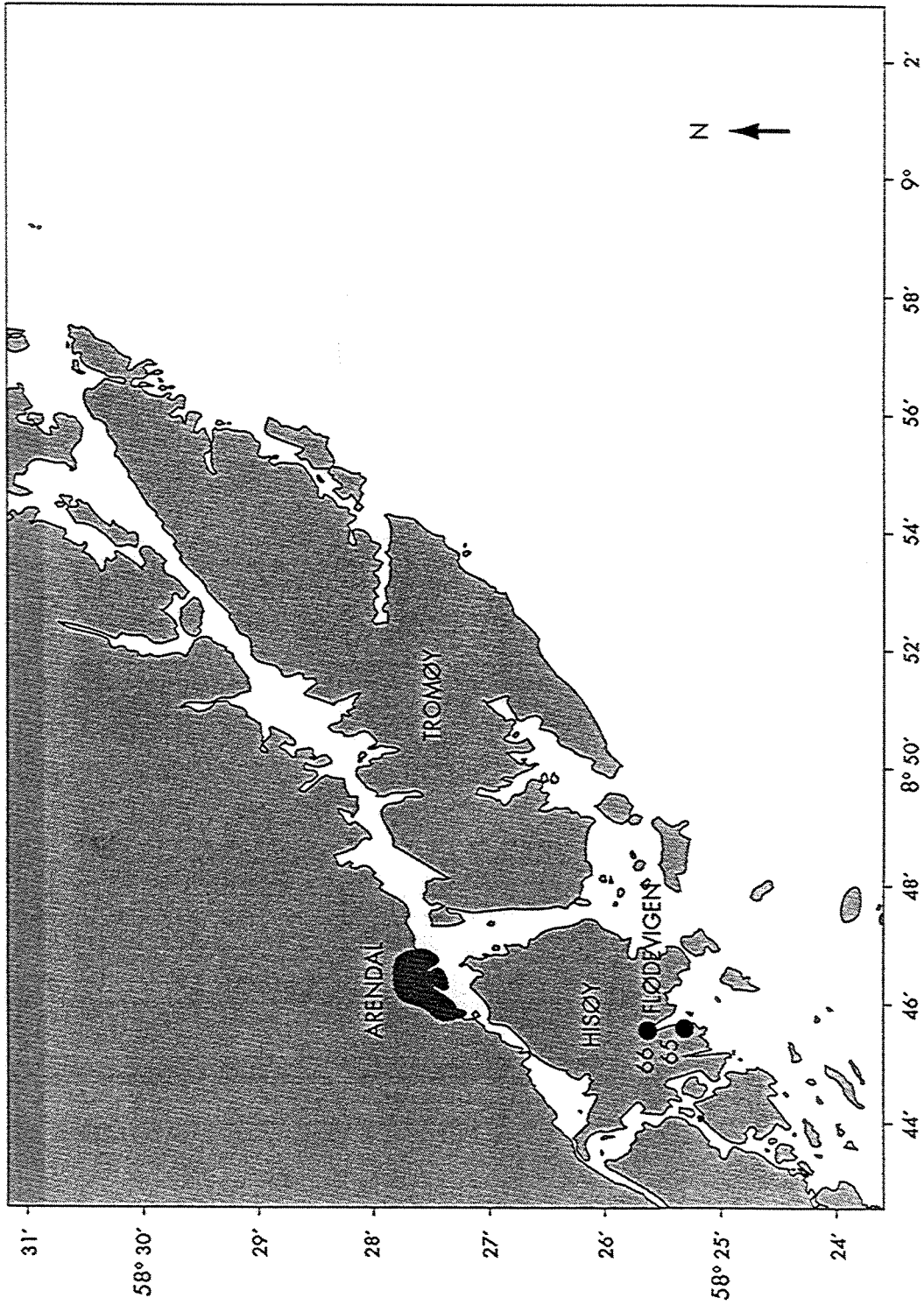


Fig. 49. Strandnotstasjoner i Flødevigen ved Arendal.
(Beach seine stations in Flødevigen near Arendal)

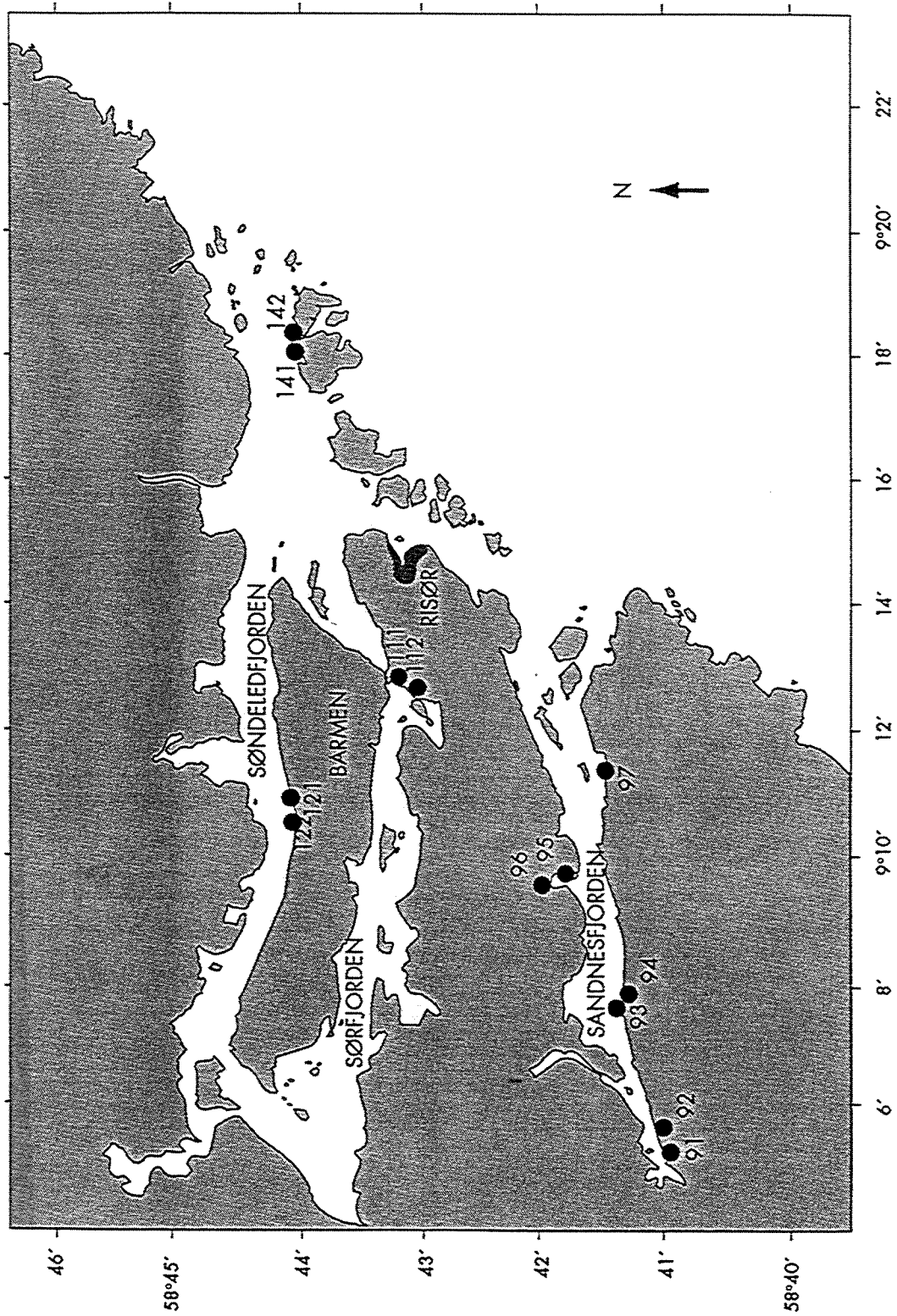


Fig. 50. Strandnotstasjoner i Sandnesfjorden og Søndeledfjorden ved Risør.
 (Beach seine stations in the Sandnesfjord and the Søndeledfjord near Risør)

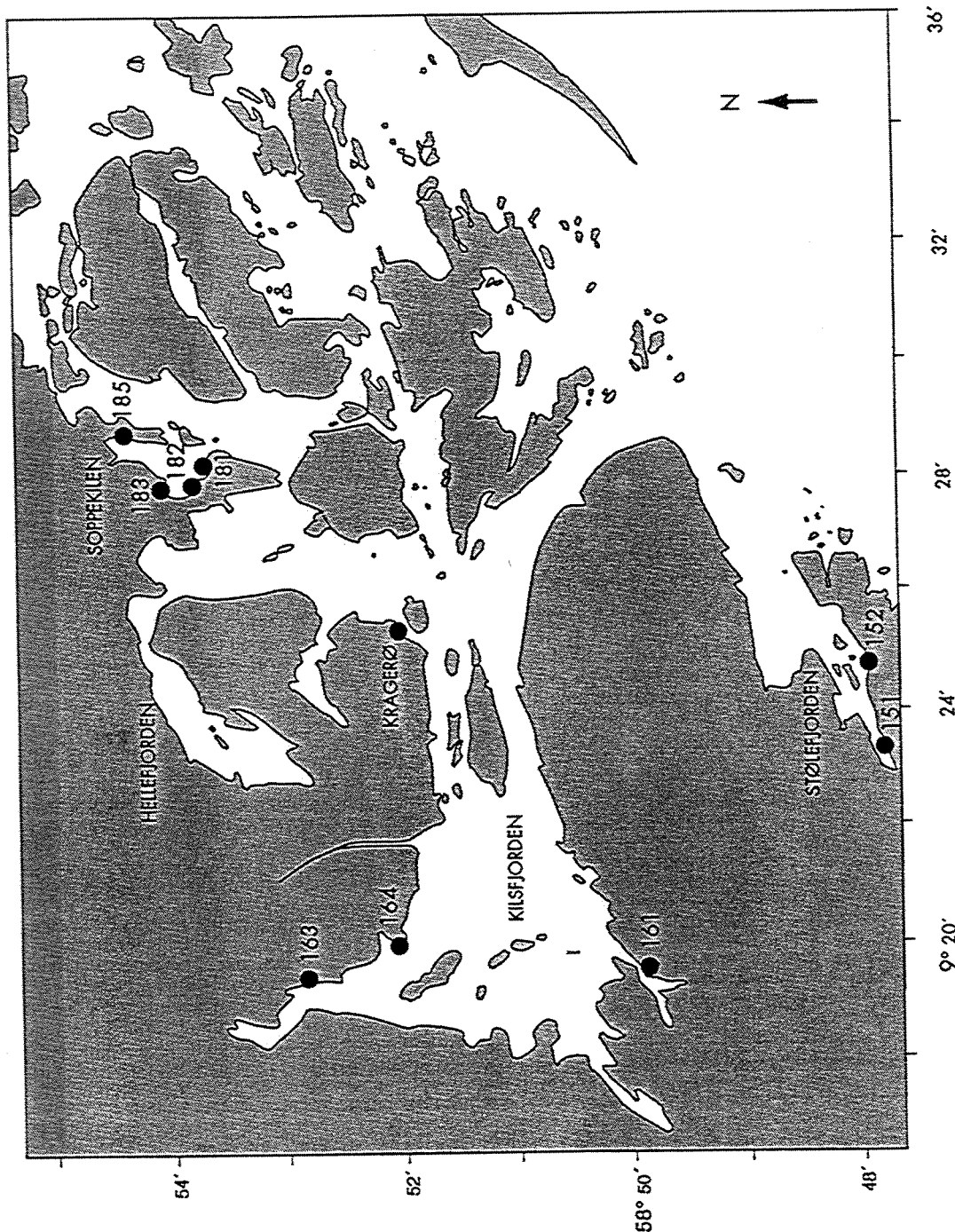


Fig. 51. Strandnotstasjoner i Stølefjorden, Kilsfjorden og Soppelken ved Kragerø.
 (Beach seine stations in the Stølefjord, the Kilsfjord and Soppelken near Kragerø)

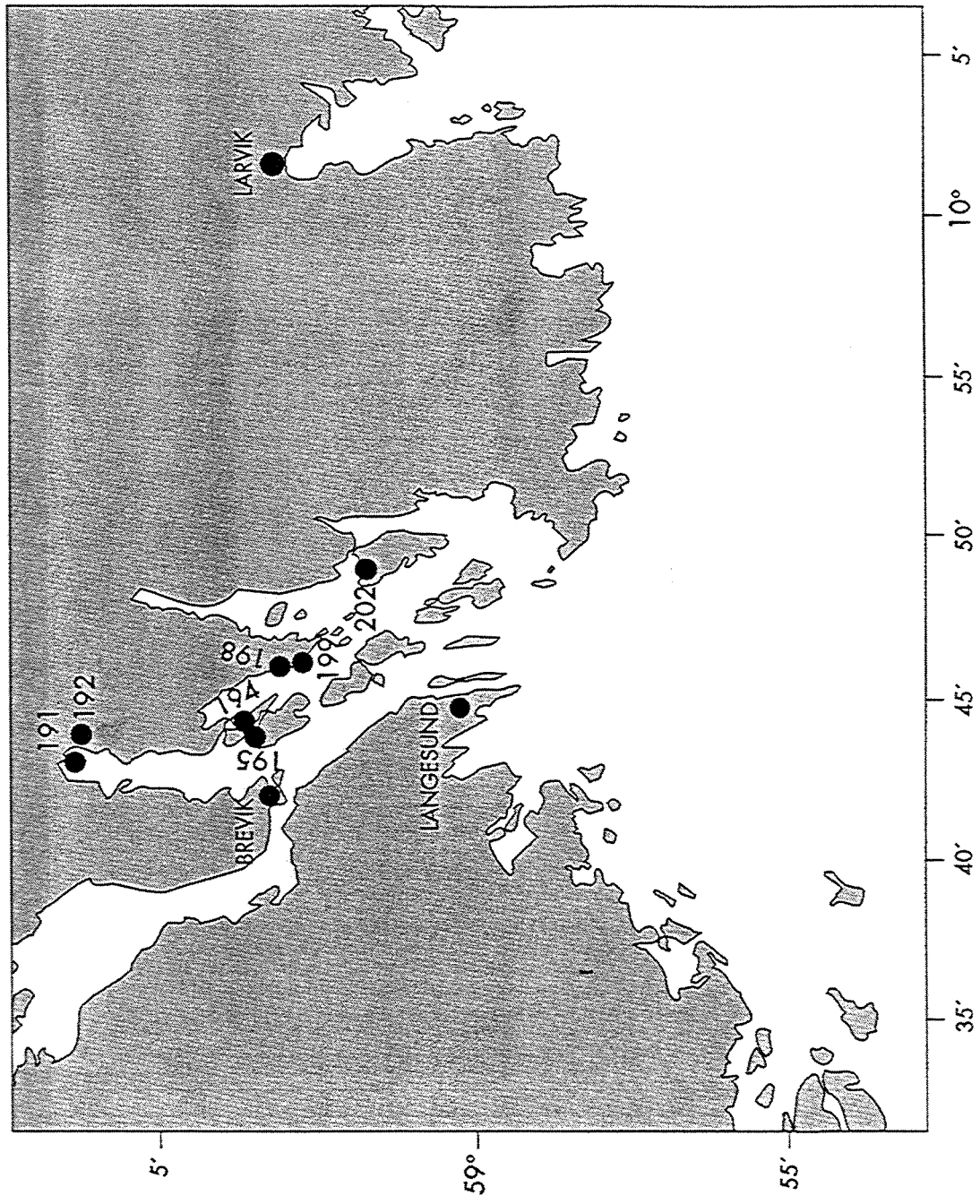


Fig. 52. Strandnotstasjoner i Grenlandsfjordene.
(Beach seine stations in the Grenland area)

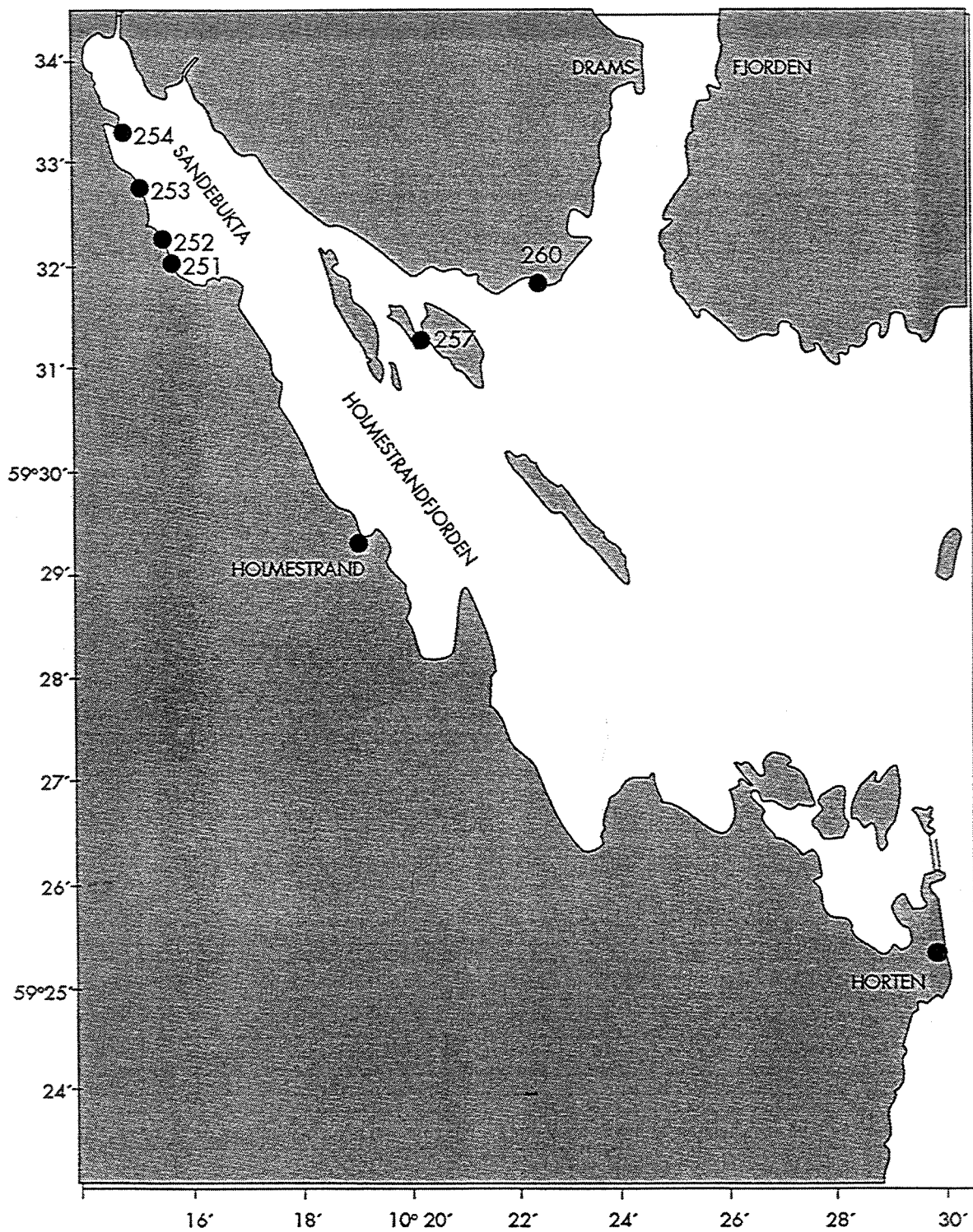


Fig. 53. Strandnotstasjoner i Holmestrandfjorden.
(Beach seine stations in the Holmestrandfjord)

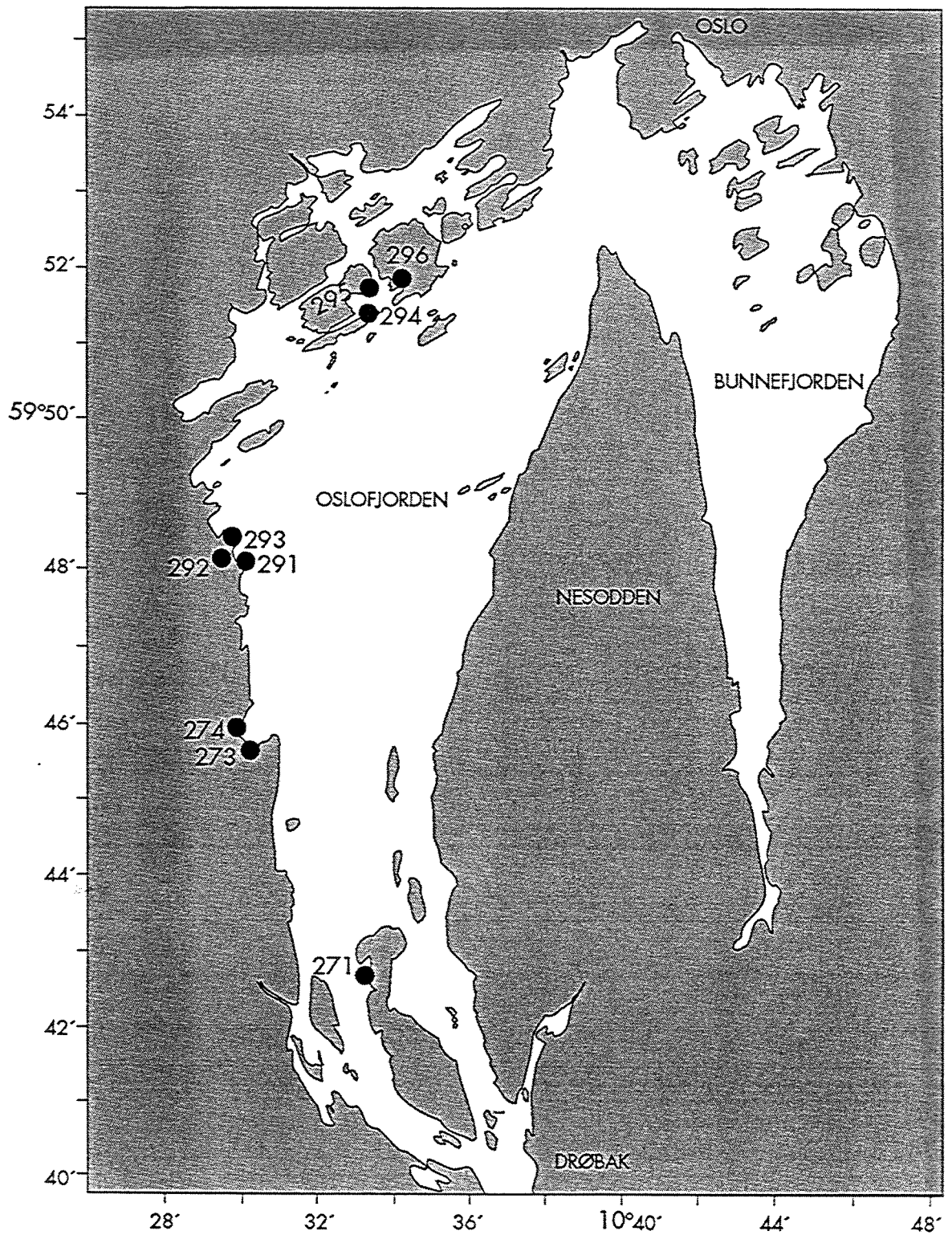


Fig. 54. Strandnotstasjoner i Indre Oslofjord.
 (Beach seine stations in the Inner Oslofjord)

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2621-4