

TERSKELBASSENG PÅ SØRLANDSKYSTEN

Organisk belastning og vannutskiftning

SILL-BASINS AT THE SKAGERRAK COAST
Organic load and water exchange

Av
Jan Aure og Didrik Danielsen

EKSTRAKT:

Observasjoner av oksygenforbruket i terskelbasseng på Sørlandet i 1990-91 og 1930-92 viser at den organiske belastning var ca 50% høyere enn på Vestlandet og at denne økningen ser ut til å ha inntruffet omkring 1980. Midlere oksygenforbruk var ellers en funksjon av terskeldyp og midlere bassengdyp.

Åpne kystbasseng hadde et betydelig høyere oksygenforbruk og dermed større tilførsler av organisk materiale enn forventet ut fra observasjonene i de fjordlignende terskelbasseng. Tilførsler av resuspendert organisk materiale fra utenforliggende gruntvannsområder er antatt å være årsaken til dette.

Re-verdien, bestemmende for vannutskiftningen i terskelbassengene og dermed oksygenminimum, ser ut til å være tilnærmet lik standardavviket fra midlere tetthet i kystvannet.

STIKKORD:

Terskelbasseng, oksygenforbruk, organisk belastning, vannutskiftning.

KEY WORDS :

Sill basins, oxygen consumption, organic load, water exchange

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	2
SUMMARY	3
1. INNLEDNING	4
2. MÅLEPROGRAM OG OMRÅDEBESKRIVELSE	6
3. RESULTATER OG DISKUSJON	8
3.1 Midlere oksygenforbruk og vertikal transport av organisk materiale	8
3.2 Vannutskiftning, oksygenminimum og Re-verdi	12
3.3 Langtidsendringer i organisk belastning	14
4. KONKLUSJON	15
5. LITTERATUR	16

SAMMENDRAG

Det midlere oksygenforbruk er bestemt for 11 forskjellige terskelbasseng langs den norske Skagerrakkysten. Observasjonene er i overensstemmelse med en empirisk model basert på observasjoner i terskelbasseng på Vestlandskysten (Møre og Romsdal), hvor en kan beregne oksygenforbruket i terskelbasseng ut fra terskeldyp og midlere bassengdyp. Oksygenforbruket og dermed transporten av organisk materiale ned i terskelbassengene var imidlertid omlag 50% høyere langs Skagerrakkysten. Den økte organiske belastning startet trolig omkring 1980 og det ser dermed ut til at Sørlandskysten også er påvirket av den generelt økende organiske belastning observert i Kattegat og østlige Skagerrak i 1980-årene. Trolig har den økte organiske belastning forverret oksygenforholdene i sørlandske terskelbasseng i denne perioden.

I to kystbasseng var oksygenforbruket (og dermed vertikaltransporten av organisk materiale) omlag det doble i forhold til fjordbassengene, Forklaringen er trolig at opphvirvlet organisk materiale fra grunne utenforliggende havområder transporteres ned i kystbassengene.

Re-verdien, bestemmende for vannutskiftning og oksygenforhold i terskelbasseng, ser foreløpig ut til å være tilnærmet lik standardavviket fra midlere tetthet i kystvannet.

SUMMARY

The mean rate of oxygen consumption has been estimated for 11 different sill-basins at the Norwegian Skagerrak coast. The observations is in accordance with an emperical model from the west coast (Møre and Romsdal), where oxygen consumption in sill basins is derived as a function of sill depth and mean basin depth. The oxygen consumption and the related vertical flux of organic carbon to the sill basins was, however, about 50% higher at the Skagerrak coast. The increased organic load appeared to occur around 1980. The Norwegian Skagerrak coast also then seemes to be influenced by the observed large scale eutrophication in the Kattegat and eastern Skagerrak. It is likely that the increased organic load have influenced the oxygen conditions in the sill-basins during the 1980's.

Two coastal sill-basins had about twice the oxygen consumption (and carbon flux) than estimated from the fjord-like sill basins. The explanation of this may be input of resuspended organic material from the shallow shelf outside the coastal sill basins.

The relationship between the Re -value, determine the water exchange and the oxygen minimum in a sill basin, and the standard deviation of density (Ω) in the coastal water, seems to be described by $Re \approx 1,0 \Omega$.

1. INNLEDNING

Det har i de senere år vært en økende bekymring for forurensningsgraden i Skagerrak, om den er økende og i tilfelle hvilken rolle lokale tilførsler av næringssalter og organisk materiale spiller i forhold til langtransporterte tilførsler fra Nordsjøen og Kattegat/Østersjøen. I Kattegat, langs den svenske vestkysten og i ytre Oslofjord er det på grunnlag av observasjoner de siste 15-20 år, påvist forandringer både i bunnfauna og flora. Nedre grense for makroalger er feks hevet de senere år og det har vært en økende biomasse av bunndyr og endret bunndyrssammensetning i Kattegat, i svenske vestkystfjorder og i ytre Oslofjord. Årsaken er økt partikkelmengde i sjøen og økt sedimentasjon av partikler, trolig som resultat av økt eutrofiering (ANON 1993). Det har også vært registrert gradvis lavere oksygenkonsentrasjonene i bassengvannet i svenske fjorder som grenser mot Skagerrak i perioden fra 1950-60 til 1984. Dette antas også å være forårsaket av en generell eutrofiering i kystvannet (Rosenberg, 1990). Selv i frie mellomlagsvannmasser i ytre Oslofjord er det observert en nedgang i oksygenverdiene de siste tiårene (Magnusson, 1988).

Sedimentering av organisk materiale er ofte vanskelig å bestemme i de frie vannmasser. I kystnære åpne fjorder, som i liten grad er påvirket av lokal utslipp, vil konsentrasjonen av organisk materiale i terskelnivå være tilnærmet lik konsentrasjonen i kystvannet utenfor. Dette fordi det er en intensiv vannutveksling mellom fjord og kyst over terskelnivå. Fjordenes terskelbasseng vil derfor i stor grad virke som "sedimentfeller" for organisk materiale i kystvannet og i stagnasjonsperioder kan en beregne den vertikale transport av organisk materiale i terskelnivå ved hjelp av oksygenforbruket (Aure og Stigebrandt, 1989).

Gjennom en undersøkelse av ca 30 terskelfjorder i Møre og Romsdal ble det utviklet en modell for beregning av belastning fra fiskeoppdrett på oksygenforholdene i terskelbasseng (Aure og Stigebrandt, 1990). "Møremodellen" er nå, med støtte fra SFT, utvidet til også å anvendes på andre typer utslipp av næringssalter og organisk stoff (Stigebrandt, 1992). Det mangler imidlertid gode nok data for tilpasning av modellen til fjordene på Sørlandet (Stigebrandt, Aure og Molvær, 1992).

Målsettingene i undersøkelsen er derfor :

-Prøve å kvantifisere midlere årlig vertikal transport av organisk materiale i kystvannet ut fra observert midlere oksygenforbruk i utvalgte terskelbasseng på Sørlandskysten.

-Tilpasse “Møremodellen” til forholdene på Sørlandet og i denne sammenheng også undersøke evt sammenhenger mellom Re-verdier og tetthetsfluktasjoner i kystvannet.

- Undersøke eventuelle langtidstrender i oksygenforbruk.

I det følgende vil vi først beregne midlere oksygenforbruk i terskelbassengene. Ut fra midlere oksygenforbruk estimeres midlere vertikal transport av organisk materiale ned i bassengene . Deretter vil vi søke å etablere funksjonelle sammenhenger mellom midlere oksygenforbruk, vertikal transport av organisk materiale, midlere bassensdyp og terskeldyp etter mønster fra “Møremodellen”. Til slutt vil vi teste den såkalte R-metoden for beregning av vannutskiftning/ oksygenminimum og undersøke eventuelle langtidstrender i oksygenforbruket.

2. MÅLEPROGRAM OG OMRÅDEBESKRIVELSE

I perioden fra april til desember 1990 utførte forskningsfartøyet G.M.Dannevig ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF) månedlige tokt til 11 terskelbasseng og 2 referansestasjoner mellom Risør til Arendal (Fig.1). I tillegg ble det gjennomført tilsvarende målinger i mai og juni 1991. De mellomliggende månedene ble sløffet pga tekniske problemer med forskningsfartøyet. Observasjoner av oksygen, temperatur og saltholdighet fra Østerfjorden (St.R₂₋₃), innsamlet i perioden 1925-1992 av HFF, er også benyttet i rapporten.

Tabell 1. Terskeldyp (Ht), Midlere bassengdyp (Hb), overflateareal (Af) og munningsareal (Am) for de undersøkte terskelbasseng (Se fig.1 for lokalisering).
(Sill depth (Ht), mean basin depth (Hb), surface area (Af) and cross section area of the mouth (Am) of the sill-basins , Fig.1 for locations)

Område	Stasjon	Ht m	Hb m	Af km ²	Am m ²
Risør	R ₂₋₃	28	57	20	17500#
Risør	R ₅	20	12	1,3	3520#
Risør	R ₄	27	21	6,6	3850#
Sandnesfjord	S ₁₋₂	30	15	4,4	5500#
Lyngør	L ₁	24	16	2,1	9030+
Arendal	A ₁	22	10	2,0	8500+
Tvedestrand	T ₄	12	13	1,8	1400#
Tvedestrand	T ₂	30	12	3,3	5850#
Tvedestrand	T ₃	15	18	2,4	3500#
Gråholmdypet	H ₁	90	46		Δ
Ærøydypet	Æ ₁	62	28		Δ

+ Sund

Fjord

Δ Kystbasseng

Vannprøver for analyse av uorganiske næringsalter (nitrat, nitrit ,fosfat og silikat) og oksygen ble tatt i utvalgte dyp fra overflaten ned til ca 5m over bunn. Temperatur og saltholdighet ble

målt *in situ* med CTD-sonde (Neill Brown) og i tillegg ble det utført målinger av siktedyp ved alle stasjoner.

Temperatur og saltholdighet har en nøyaktighet på ca 0,01. Oksygen ble analysert ved titrering etter standard Winkler metode. Uorganiske næringssalter (fosfat, nitrat, nitritt og silikat) ble analysert av HFF etter kort tid på autoanalyzer.

Terskeldyp (Ht) i de utvalgte terskelbassengene varierte mellom 12 og 90m og midlere bassengdyp ($H_b = V_b / A_b$) mellom 10 og 57m, der V_b er midlere volum under terskeldyp og A_b areal i terskelnivå. Overflate og munningsarealene varierte henholdsvis mellom 1,5-20 km² og 3500-17000 m² (Tabell 1).

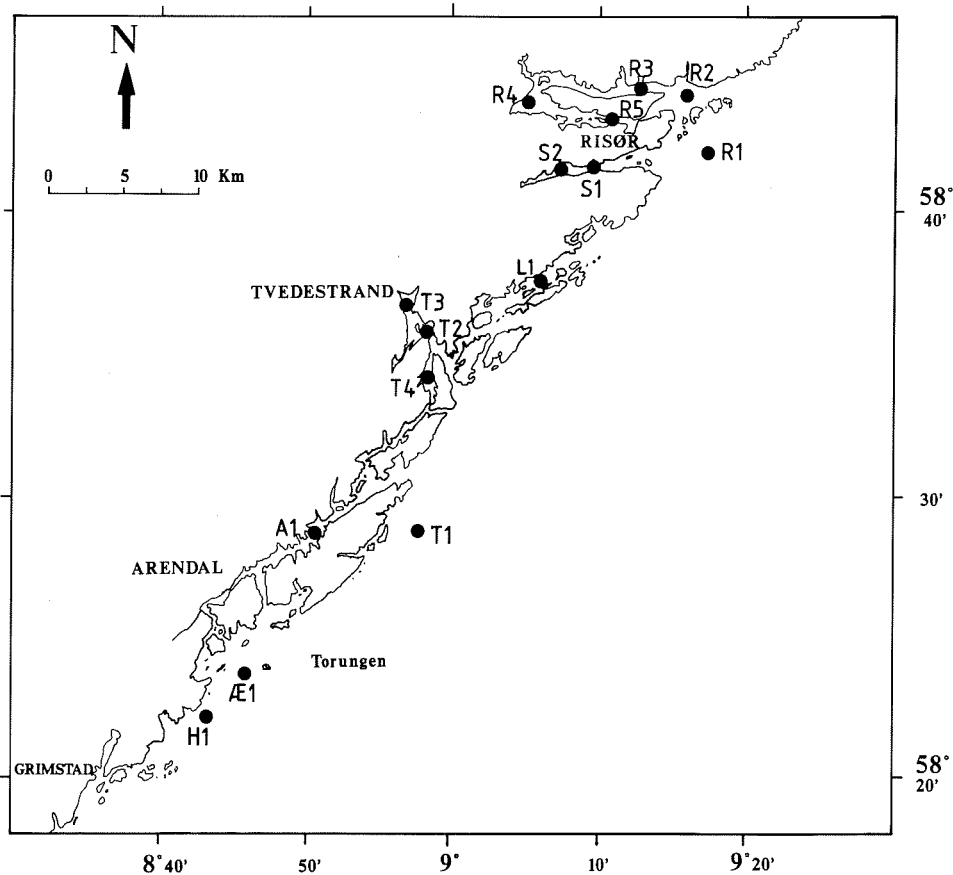


Fig.1 Undersøkte lokaliteter på Sørlandskysten i 1990-91.
(Sampling stations at the Skagerrak coast, 1990-91)

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Oksygenforbruk og vertikal transport av organisk materiale

Oksygenforholdene i terskelbasseng er bestemt ved tilførsel og forbruk av oksygen. Tilførselen av oksygen er bestemt av fysiske forhold som vannutskiftning og vertikal turbulent blanding. De fleste terskelbasseng får tilført oksygen i forbindelse med vannutskiftninger mens tilførsler gjennom vertikal turbulent blanding vanligvis er av mindre betydning. Forbruket av oksygen i terskelbasseng er også bestemt av mengde og sammensetningen av det tilførte organiske materiale.

Den vertikale transporten av partikulært organisk materiale ned i fjorders terskelbasseng kan beregnes ut fra observasjoner av oksygen og næringssalter under stagnerende forhold. I Aure og Stigebrandt (1989) ble oksygenforbruket og vertikale transporter av organisk materiale for et stort antall terskelbasseng i Møre og Romsdal beregnet ut fra slike målinger og i Stigebrandt og Aure (1988) ble sammensetningen av det nedbrutte organiske materiale bestemt. Det ble vist at midlere naturlig vertikal transport av organisk materiale (F_c) i terskelnvå (H_t) kan beskrives med funksjonen:

$$F_c = a - b \cdot H_t \quad (\text{gCm}^{-2} \text{ mnd}^{-1}) \quad (H_t < 50\text{m}) \quad (1)$$

der vertikal transport av organisk materiale nær overflaten $a = 5,38$ ($\text{gCm}^{-2} \text{ mnd}^{-1}$) og endringen av transporten med dypet $b = 0,07$ ($\text{gC mnd}^{-1} \text{ m}^{-1}$). I lagdelt kystvann vil vanligvis F_c ha en eksponentiell karakter og i Aure og Stigebrandt (1990) ble F_c uttrykt ved hjelp av funksjonen:

$$F_c = F_{co} \cdot e^{-z/L} \quad (\text{gCm}^{-2} \text{ mnd}^{-1}) \quad (2)$$

hvor F_{co} er den vertikale transporten nær overflaten.

Den vertikale transporten avtar med økende dyp noe som viser at det partikulære organiske materiale forbrukes (remineraliseres) i vannsøylen. I lign (2) er L den såkalte lengdeskala for pelagisk remineralisering. For kysten av Møre og Romsdal var $F_{co} \sim 5,5$ ($\text{gC m}^{-2} \text{ mnd}^{-1}$) og $L \sim 50\text{m}$.

F_c er den del av det nedsynkende organiske materiale som blir nedbrutt i terskelbassenget. Den virkelige vertikale transporten er litt større fordi en del organisk materiale enten blir permanent lagret i bunnsedimentene eller eksporteres ut av fjorden med dyr. Denne delen blir således ikke nedbrutt i terskelbassenget og vil ikke bidra til oksygenforbruket. Når vi i det følgende omtaler den vertikale transport av organisk materiale, mener vi kun den delen som blir nedbrutt i terskelbassenget. Sammenhengen mellom tilførsel av organisk materiale og midlere oksygenforbruk (dO_2/dt) i et terskelbasseng ble av Aure og Stigebrandt (1989) beskrevet ved:

$$dO_2/dt = \mu \cdot F_c / H_b \quad (\text{ml/l mnd}^{-1}) \quad (3)$$

hvor $\mu=2,43$ [$\text{mlO}_2(\text{gC})^{-1}$], H_b er terskelbassengets midlere dyp og F_c er gitt ved lign (1).

I det følgende er F_c , a , b , F_{c0} og L bestemt for terskelbassengene på Sørlandskysten. Vertikal turbulent blanding av oksygen ned i terskelbassengene er beregnet til å være mindre enn 10% av det totale oksygenforbruk. I det følgende er midlere oksygenforbruk summen av observert forbruk og beregnet tilførsel gjennom vertikal blanding. Ut fra observasjonene i Tabell 2 får vi følgende sammenheng mellom F_c og H_t (se også Fig.2):

$$F_c = 8,0 - 0,1 \cdot H_t \quad (\text{gCm}^{-2} \text{ mnd}^{-1}) \quad (H_t < 40\text{m}) \quad (4)$$

Det var, som i Møre og Romsdal, god korrelasjon ($R \sim 0,9$) mellom F_c og H_t med $a \sim 8,0$ ($\text{gCm}^{-2} \text{ mnd}^{-1}$) og $b \sim 0,1$ ($\text{gC mnd}^{-1} \text{ m}^{-1}$). a -verdien var imidlertid omlag 50% større enn i Møre og Romsdal (lign.1 og 4). Dette viser at midlere vertikal transport av organisk materiale til fjordbassengene på Sørlandskysten var vesentlig større enn i Møre og Romsdal.

Vi ser av Tabell 2 at de observerte F_c -verdiene for St. H_1 og $\text{\AA}E_1$ lå omlag på det doble av verdiene beregnet ut fra lign (4) for $H_t = 50\text{m}$.

Forklaringen på dette kan være at St. H_1 og $\text{\AA}E_1$ er kystbasseng karakterisert ved store utenforliggende gruntvannsområder, med dyp mellom 10 og 30m. I urolige perioder på høsten og vinteren og i strømsterke perioder vil trolig organisk materiale hvirvles opp, både i form av tidlige sedimentert organisk materiale og makroalger. En stor del av det opphvirvlete organiske materiale blir trolig sedimentert i de dype kystbassengene innenfor gruntvanns områdene, med forhøyet oksygenforbruk som resultat.

I Lyngørfjorden (L1) og indre Tvedestrandsfjord (T3) var de noe forhøyete verdiene trolig knyttet til tidligere utslipp av tremasse.

Tabell 2. Ht, Hb, midlere oksygenforbruk (dO_2/dt), midlere vertikal transport av organisk materiale i terskelnivå (Fc) og Fc beregnet ved lign.(4).

(Ht, Hb, volume mean oxygen consumption (dO_2/dt), mean vertical transport of organic material (Fc) at sill-level and computed from equation (4)).

Område	Stasjon	Ht m	Hb m	dO_2/dt ml/l mnd ⁻¹	Fc (Fc lign4) gCm ⁻² mnd ⁻¹
Risør	R ₂₋₃	28	57	0,21	4,9 (5,2)
Risør	R ₅	20	12	1,15	5,7 (6,0)
Risør	R ₄	27	21	0,63	5,3 (5,3)
Sandnesfjord	S ₁₋₂	30	15	0,78	4,8 (5,0)
Lyngør	L ₁	24	16	1,0	6,4 (5,6)
Arendal	A ₁	22	10	1,35	5,6 (5,8)
Tvedestrand	T ₄	12	13	1,28	6,7 (6,8)
Tvedestrand	T ₂	30	12	1,0	5,0 (4,8)
Tvedestrand	T ₃	15	18	0,94	7,1 (6,5)
Gråholmdypet	H ₁	90	46	0,31	5,9 (3)
Ærøydypet	Æ ₁	62	28	0,54	6,3 (3)

Sammenhengen mellom Fc og dyp (z) uttrykt på eksponentialform blir som følger:

$$F_c = 8,5 \cdot e^{-z/51} \quad (\text{gCm}^{-2}\text{mnd}^{-1}) \quad (5)$$

hvor $F_{c0} \sim 8,5$ er den vertikale transporten nær overflaten og L (remineraliseringsdypet) som også for Sørlandskysten var ca 50m.

Ved hjelp av lign.3 og 4 kan vi nå beregne midlere oksygenforbruk ut fra følgende formel:

$$dO_2/dt = 2,43 \cdot (8,0 - 0,1H_t) / H_b \quad (\text{ml/l pr måned}) \quad (H_t < 40\text{m}) \quad (6)$$

I Fig. 3 har vi plottet verdiene av midlere observert oksygenforbruk mot verdiene beregnet ved lign(6). Det er god korrelasjon mellom observerte og beregnede verdier ($R > 0.9$) og det ser dermed ut til at den empiriske modellen gitt i lign(6) kan benyttes til å beregne midlere "normale" oksygenforbruk i terskelbasseng på Sørlandet. Eventuelle signifikante avvik fra modellen kan tyde på at terskelbassenget er påvirket av lokale utslipp.

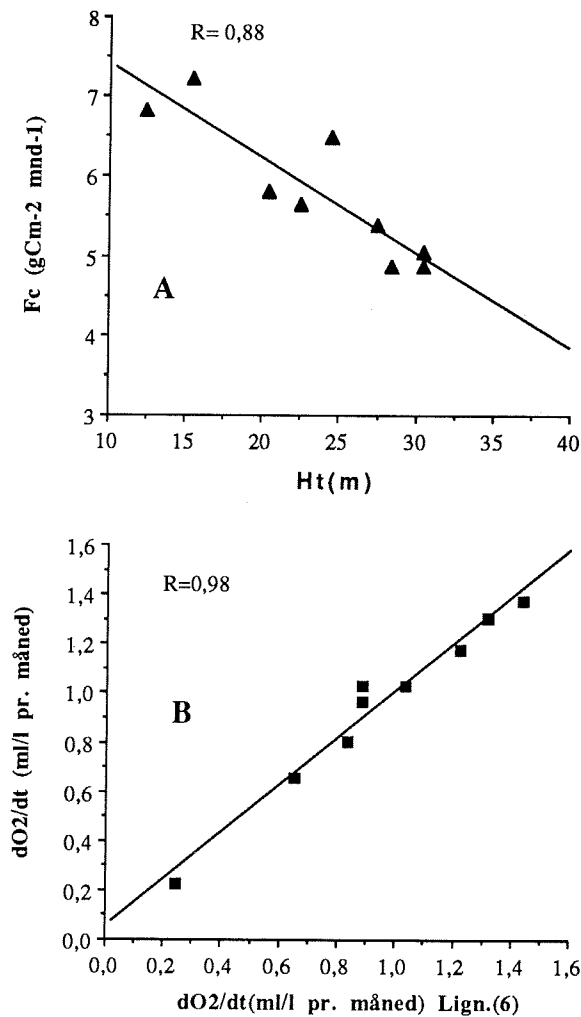


Fig. 2 A. Midlere karbonfluks (Fc) plottet mot terskeldyp (Ht) og B. Midlere observert oksygenforbruk plottet mot oksygenforbruket beregnet ved lign.(6).

(A. Mean carbon flux (Fc) plotted against sill-depth (Ht) and B. Mean observed oxygen consumption plotted against oxygen consumption computed from equation (6))

3.2 Vannutskiftning, oksygenminimum og Re-verdi

Midlere oksygenminimum (O_{2min}) i terskelbsseng er bestemt av tiden mellom hver fullstendig utskiftning av bassengvannet (T_e), midlere oksygenforbruk (dO_2/dt) og midlere oksygenkonsentrasjon i bassengvannet etter innstrømning av "nytt" vann (O_{2init}). O_2 min beregnes av funksjonen (Aure og Stigebrandt 1989) :

$$O_{2min} = O_{2init} \cdot (1 - T_e/T_o) \quad (\text{ml/l}) \quad (7)$$

Hvor

$$T_e = Re / (dO_2/dt) \quad (\text{måneder}) \quad (8)$$

$$T_o = O_{2init} / (dO_2/dt) \quad (\text{måneder}) \quad (9)$$

T_o er tidsskalaen for å redusere oksygenkonsentrasjonen fra O_{2init} til 0 og Re er en empirisk konstant som er den tetthetsreduksjon bassengvannet må gjennomløpe før en kan påregne en ny fullstendig utskiftning av bassengvannet.

Tabell 3. Observerte verdier av dO_2/dt , T_e , T_o og Re .
(Observed values of dO_2/dt , T_e , T_o and Re)

Stasjon	dO_2/dt $\text{kgm}^{-3}\text{mnd}^{-1}$	T_e mnd	T_o mnd	Re kgm^{-3}
R ₂₋₃	0,012	75	30	0,90
R ₅	0,04	17,5	5,5	0,70
R ₄	0,04	16,0	10,5	0,60
S ₁₋₂	0,12	6,5	8,5	0,80
L ₁	0,12	6,0	6,5	0,70
A ₁	0,13	6,0	5,0	0,80
T ₄	0,06	15,0	5,0	0,90
T ₂	0,06	10,0	6,5	0,60
T ₃	0,05	15,0	7,0	0,75
H ₁	0,05	6,0	21,0	0,30
Æ ₁	0,06	7,0	12,0	0,40

Re er bestemmende både for T_e og O_{2min} og ser ut til å være knyttet til tetthetsfluktasjonene i kystvannet (Stigebrandt, Aure og Molvær 1992). dro/dt er midlere tetthetsendring med tiden i bassengvannet og dro/dt kan beregnes eller bestemmes ut fra feltdata (Aure og Stigebrandt 1989).

Re verdiene kan beregnes direkte fra lign. (8) eller ved å kombinere lign. (7-9):

$$Re = dro/dt \cdot O_{2init} / (dO_2/dt) \cdot (1 - O_{2min} / O_{2init}) \quad (10)$$

Observerte verdier av T_e, T_o , dro/dt og Re for de enkelte fjordbasseng er gitt i Tabell 3 .

Som forventet fra undersøkelsene i Møre og Romsdal og Nord-Norge (Stigebrandt et al, 1992) var lave dro/dt -verdier koblet med høye T_e -verdier.

Oppholdstiden (T_e) varierte mellom ca 6 og 17 måneder, med unntak av St.R₂₋₃ hvor T_e var omlag 75 måneder. Vi legger også merke til at de to kystbassengene St.H₁ og Æ₁ hadde korte stagnasjonsperioder til tross for relativt lave dro/dt -verdier. Tidsskalaen for reduksjon av oksygeninnholdet til 0ml/l (T_o) varierte mellom ca 6 og 30 måneder . Tidligere har Re-verdiene blitt knyttet til standardavviket fra midlere tetthet (Ω) i kystvannet (Stigebrandt et al, 1992). Midlere Re-verdi for terskeldyp mellom ca 15 og 30m dyp var ca 0,75 (kgm^{-3}), mens midlere observerte Ω -verdi i kystvannet i samme dybdeintervall ved Torungen var 0,80 (kgm^{-3}). Mellom 50 og ca 100m dyp var midlere Re-verdi ca 0,35, mens midlere Ω -verdi i samme dybdeintervall var ca 0,3. Langs Sørlandskysten ser det derfor ut til at en forløpig kan benytte $Re \sim \Omega$. Relativt lave Ω (Re)-verdier under 50m dyp i kystvannet medførte forhøyete O_{2min} -konsentrasjoner i kystbassengene St.. Æ₁ og H₁ (lign. 7 og 8).

O_{2min} kan nå beregnes for "åpne" terskelfjorder/sund på Sørlandskysten, der dO_2/dt bestemmes fra lign.6, dro/dt kan beregnes eller observeres og O_{2init} og Ω bestemmes ut fra forholdene i kystvannet. Det er verd å merke seg at evt endringer i O_{2min} kan være forårsaket både av endringer i den organiske belastning (dO_2/dt) og O_{2init} , når en antar uendrete fysiske forhold.

(En spesialstudie av tetthetsfeltet langs Sørlandskysten og koblingen mot bla Re i fjordbasseng-er er under utførelse i prosjektet "Kystvannets tetthetsfelt. Vannutveksling og oksygenforhold i fjorder" i PMF-programmet under NTNF).

3.3 Langtidsendringer i organisk belastning

I Østerfjorden ved Risør (St.R₂₋₃) har HFF, hver høst siden 1920-30 årene, bla observert oksygen, temperatur og saltholdighet. Da terskelbassenget ved Risør har normalt en oppholdstid på flere år (Tabell 3), er det som oftest tilstrekkelig med årlige observasjoner for å bestemme oksygenforbruket. Fig.3 viser at oksygenforbruket i 100m dyp fra 1930 til 1970-årene var temmelig stabilt med et midlere oksygenforbruk på 0,13 ml/l pr.måned med et standardavvik på 0,02. I begynnelsen av 1980-årene var det imidlertid en markert økning i oksygenforbruket i 100m dyp og midlere oksygenforbruk økte til ca 0,20 ml/l pr. måned. Det ser dermed ut til at den organiske belastningen i terskelbassenget ved St.R₂₋₃ har økt med 50-60% i de siste 10-15 årene. Dette stemmer også godt overens med forskjellen i organisk belastning mellom kysten av Nordvestlandet og Sørlandet, som foran ble bestemt til ca 50%. Det økte oksygenforbruket reflekterer trolig en økt vertikaltransport (og økt konsentrasjon) av organisk materiale i kystvannet utenfor Sørlandet i 1980-årene. Det ser dermed ut til at også Sørlandskysten er påvirket av den generelle økte organiske belastning observert i Kattegat og østlige Skagerrak i 1980- årene (ANON 1993).

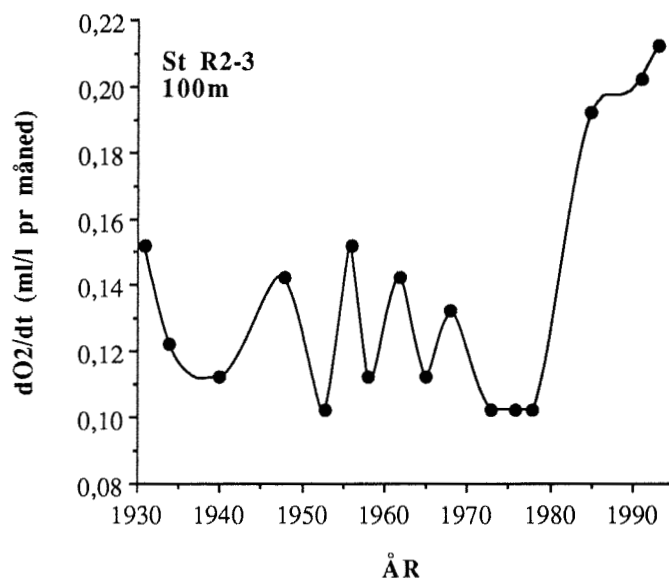


Fig.3 Oksygenforbruk (do_2/dt) i 100m dyp ved St. R₂₋₃, 1930-92.
(Oxygen consumption (dO_2/dt) at 100m depth, St. R₂₋₃, 1930-1992)

4. KONKLUSJON

- Oksygenforbruk i terskelbasseng på Sørlandskysten kan, som i Møre og Romsdal, beregnes ut i fra terskedyp (Ht) og midlere bassengdyp (Hb).
- Oksygenforbruket, og dermed tilførslene av organisk materiale til terskelbassengene, var imidlertid omlag 50% høyere enn i Møre og Romsdal.
- Det økte organiske belastningen i terskelbassengene på Sørlandskysten inntraff trolig omkring 1980 og var trolig knyttet til en generell økt organisk belastning, tidligere observert i Kattegat og østlige Skagerrak i 1980- årene.
- Åpne kystbasseng hadde vesentlig større oksygenforbruk og dermed større tilførsler av organisk materiale enn i de typiske fjordbasseng . Årsaken er trolig inntransport av opphivlet organisk materiale fra utenforliggende gruntvannsområder.
- Re-verdien, bestemmende for vannutskiftning og oksygenminimum, var tilnærmet lik standardavviket fra midlere tetthet i kystvannet

5. LITTERATUR

ANON 1993. *Quality Status Report of the North Sea, Report on Sub-reg 8, Skagerrak/Kattegat NSTF*. (Under trykking).

AURE, J. og STIGEBRANDT, A. 1989. Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastningen for 30 fjorder i Møre og Romsdal. *Havforskningsinstituttet i Bergen.Rapp nr. FO -8803*, 106s

AURE, J. og STIGEBRANDT, A. 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture*, 90,135-156

MAGNUSSON, J. 1988. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Oksygenforholdene i Ytre Oslofjord. *Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT).Rapp.nr. 332/88.NIVA rapp. O-86208 (lnr. 1957)*, 44s

STIGEBRANDT, A. 1992. Beregning av miljøeffekter i fjorder fra menneskelig aktivitet. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen, *Fjordmiljø. Ancylus rapp. nr. 9201*, 58s

STIGEBRANDT, A., AURE, J. og MOLVÆR, J. 1992. Utprøving og kalibrering av Terskefjordmodellen. *NIVA Rapp. nr. O-89073 (Lnr. 2701)*, 145s.

STIGEBRANDT, A. og AURE, J. 1988. Observation of plant nutrients in some Norwegian fjords. *Sarsia* 74: 303-307.Bergen.