

# **MILJØUNDERSØKELSE I SKJERSTADFJORDEN**

## **II. RESULTATER FRA SIMULERINGER MED REGNEMODELL**

**Stig Skreslet**

**Avdeling for fiskeri- og naturfag**

**Høgskolen i Bodø**

**HBO-rapport 2/2002**



**HØGSKOLEN I BODØ**  
**8049 BODØ**

**Tlf.: 75 51 72 00**

**Fax: 75 51 74 57**



## **REFERANSESIDE, HBO-RAPPORT**

Tittel:	Offentlig tilgjengelig: Ja	HBO-rapport nr. 3/2002
<b>Miljøundersøkelse i Skjerstadvjorden II. Resultater fra simuleringer med regnemodell.</b>	ISBN 82-7314-363-5	ISSN 0806-9263
	Antall sider og bilag: 31	Dato: 13.02.02

Forfatter(e) / prosjektmedarbeider(e)  Skreslet, Stig	Prosjektansvarlig (sign).
	Leder forskningsutvalget (sign).
Prosjekt  Skjerstadvjordprosjektet	Oppdragsgiver(e) Salten Regionråd
	Oppdragsgivers referanse Skjerstadvjordprosjektet
Sammendrag Miljøundersøkelsen gjelder Skjerstadvjordens hovedbasseng, Klungsetvika og de to bassengene i Misvær fjorden. Basert på feltnålinger som er beskrevet i egen rapport, er det benyttet en regnemodell som beregner en fjords evne til å ta imot og om-sette tilførsler av organisk stoff. Modellens regneresultater klargjør at Klungsetvika og Misvær fjordens indre basseng ikke tåler noen form for tilførsler som medfører bakteriell mineralisering under forbruk av oksygen. Derimot har de dype partiene av Misvær fjordens ytre basseng og Skjerstadvjord-bassenget, betydelig kapasitet for mottak av organisk stoff,	Emneord: Fjorder Saprobiering Sjølrensevne Oksygenreserver Oppdrettskapasitet

i form av urensset kloakk, eller som spillf r og avføring fra fiskeoppdrett, uten merkbar effekt på bassengenes oksygeninnhold. Ved særlig stor belastning vil imidlertid overflatelaget bli mer ugjennomsiktig om sommeren, på grunn av framvekst av planteplankton. Plantecellene vil imidlertid forlate fjorden på grunn av den korte oppholdstiden til vann som står høyere enn terskeldypet, hvis en ikke utnytter planteplanktonets potensiale for skjellproduksjon i oppdrettsanlegg.

**Keywords:**

Fjords

Saprobiation

Self restoration

Oxygen reserves

Aquaculture capacity

Andre rapporter innenfor samme forskningsprosjekt/-program ved Høgskolen i Bodø:  
Skreslet, S. 2002. Miljøundersøkelse i Skjerstadvfjorden I. Resultater fra måleprogrammet.  
HBO-rapport 2/2002. 54 s.

## **FORORD**

I 1993 oppnevnte Salten Regionråd Skjerstadvjordprosjektet med en styringsgruppe sammensatt av representanter fra de fire kommunene Bodø, Fauske, Saltdal og Skjerstad som har strandlinje i Skjerstadvjorden. Et av delprosjektene var Miljøovervåking i Skjerstadvjorden. Hensikten var å foreta en teoretisk beregning av fjordens sjølrensingsevne og validere beregningene ut fra undersøkelser av fjordens vannmasser gjennom et helt år. Feltarbeidet ble startet i mars 1994 og avsluttet i mars 1995.

Rapporten fra måleprogrammet forelå 03.06.96. Måleresultatene ble brukt til å foreta simuleringer med en regnemodell vedrørende fjordens kapasitet for forurensing fra oppdrett. Rapport fra denne del av undersøkelsen forelå 06.10.96. Begge rapporter ble oversendt Salten Regionråd for videreformidling til kommunene.

Høgskolens Avdeling for fiskeri- og naturfag (AFN) vurderte å trykke rapporten i Høgskolens rapportserie, men oppfattet de grafiske presentasjonene som suboptimale og holdt trykkingen tilbake. I ettertid har det ikke vært mulig å foreta forbedringer, på grunn av ressursmangel, fordi både fornyet databehandling og redigering av figurer ville krevd betydelig arbeidsinnsats.

Omkring årtusenskiftet har den norske satsingen på marin næringsutvikling medført stor interesse for å utvikle akvakultur i fjorder og satt kommunene under press for å utvikle kystsoneplaner. I denne forbindelse er det registrert økende interesse for det arbeidet som er utført i Skjerstadvfjorden. De to rapportene har ikke vært tilgjengelig gjennom Høgskolens bibliotek og var vanskelig tilgjengelig i Regionrådets arkiv. AFN har derfor besluttet å få rapportene trykt i Høgskolens rapportserie, for å gjøre informasjonen lettere tilgjengelig for brukerne.

Jeg takker Salten Regionråd som på vegne av kommunene Bodø, Fauske, Saltdal og Skjerstad har gitt Høgskolen et interessant oppdrag og delfinansiert prosjektet sammen med Fylkesmannen i Nordland. Foreliggende del av prosjektet er finansiert ved intern allokering av assistenthjelp og forskningstid fra Høgskolen i Bodø. Jeg vil i denne forbindelse spesielt takke havforskerassistent Morten Krogstad som har forestått kartplanimetrering, kompilering av data og kjøring av regnemodellen FJORDMILJØ

Bodø 13. februar 2002

Stig Skreslet

## **SAMMENDRAG**

Miljøundersøkelsen gjelder Skjerstadvjordens hovedbasseng, Klungsetvika og de to bassengene i Misværffjorden. Basert på feltmålinger som er beskrevet i egen rapport, er det benyttet en regnemodell som beregner en fjords evne til å ta imot og omsette tilførsler av organisk stoff. Modellens regneresultater klargjør at Klungsetvika og Misværffjordens indre basseng ikke tåler noen form for tilførsler som medfører bakteriell mineralisering under forbruk av oksygen. Derimot har de dype partiene av Misværffjordens ytre basseng og Skjerstadvjordbassenget, betydelig kapasitet for mottak av organisk stoff, i form av urensset kloakk, eller som spillfór og avføring fra fiskeoppdrett, uten merkbar effekt på bassengenes oksygeninnhold. Ved særlig stor belastning vil imidlertid overflatelaget bli mer ugjennomsiktig om sommeren, på grunn av framvekst av planteplankton. Plantecellene vil imidlertid forlate fjorden på grunn av den korte oppholdstiden til vann som står høyere enn terskeldypet, hvis en ikke utnytter planteplanktonets potensiale for skjellproduksjon i oppdrettsanlegg.





# INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	v
SAMMENDRAG.....	vii
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	ix
1. INNLEDNING .....	1
2. METODER .....	3
3. RESULTATER .....	7
4. DISKUSJON.....	15
5. KONKLUSJON .....	19
6. REFERANSER .....	21



# 1. INNLEDNING

Skjerstadvjorden og dens sidefjorder er et system av terskelfjorder innenfor Saltstraumen (Fig. 1). Skjerstad, Saltdal, Fauske og Bodø er de fire kommunene som har felles grenser i fjorden. Fjordsystemet brukes som resipient for organisk stoff i form av kommunal kloakk og avfall fra fiskeoppdrett. I fjorder med lav sjølrensevne, vil slike tilførsler kunne tappe ut oksygenreservene i dype vanlag og begrense leveområdene for viltlevende fisk. Kommunene rundt Skjerstadvjorden ønsker en klarlegging av fjordens evne til sjølrensing, både for å vurdere om det er behov for kloakkrensing og klarlegge potensialet for utvidet fiskeoppdrett. Samtidig er det ønskelig å bevare forhold som er forenelig med målsettinger om å stimulere framvekst av yrkesfiske, legge forholdene til rette for innbyggernes fritidsfiske og åpne muligheter for sportsfiske som attraksjon for turister.

Fra 1994 til 1995 gjennomførte Høgskolen i Bodø et måleprogram som hadde tre hensikter. Det skulle beskrive status for fjordsystemets reserver og tilførsler av oksygen. Disse resultatene er tilgjengelig i en egen rapport (Skreslet 2002). Måleprogrammet skulle også skaffe til veie en del data for beregning av terskelbassengenes kapasitet for sjølrensing, for vurdere hvor godt modellen beskriver tilstander i fjordsystemet. Foreliggende rapport

omhandler resultatene fra arbeidet med denne modellen. Det er gjort beregninger for fire terskelbasseng i systemet. Det er Skjerstadvjordens hovedbasseng, Klungsetvika og ytre og indre basseng i Misværdfjorden.

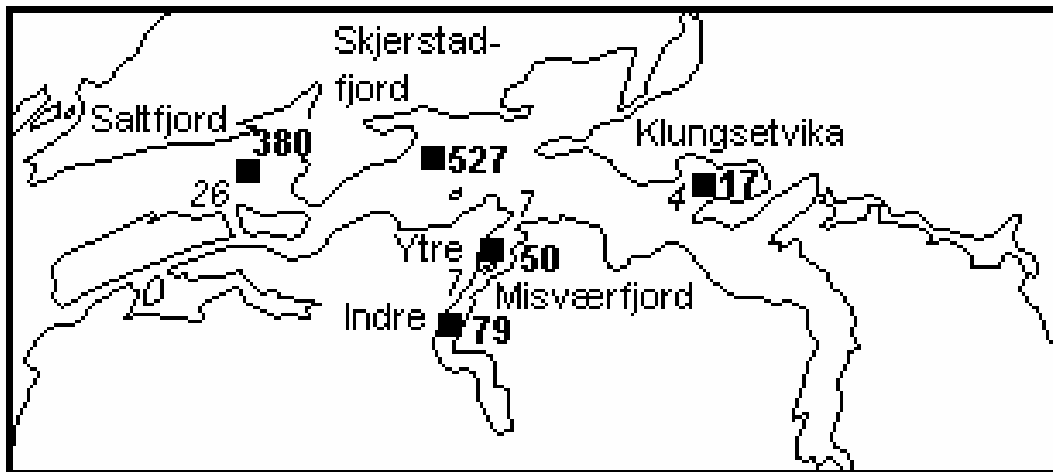


Fig. 1. Skjerstadvjorden med sidefjorder. De hydrografiske stasjonene (fylte firkanter) ble bruk i en regnemodell som beregner fjorders kapasitet for mottak av organiske stoff (Stigebrandt 1992). Andre deler av datamaterialet fra måleprogrammet skulle brukes til å etablert over bassengenes største dyp som er angitt med tall. Kursiverte tall angir terskeldyp.

## 2. METODER

Regneprogrammet FJORDMILJØ er en PC-basert simuleringsmodell utviklet av det svenske firmaet Ancylus, på oppdrag fra Statens Forurensingstilsyn (SFT). I foreliggende undersøkelse er det versjon 2.0 som er brukt. Det foreligger både en brukermanual som gir retningslinjer for kjøring av modellen (Anon) og en lærebok som legger et teoretisk grunnlag for tolking av modellresultatene (Stigebrandt 1992).

Inngangsdata som er lastet inn i modellene for de fire fjordebassengene, er ført opp i Tabell I. Modellen bruker størrelsen på ytre drivkrefter som tidevann og indre tetthetsvariasjoner til beregning av vannutskifting mellom en fjord og sjøområder utenfor. Drivkreftene varierer langs norskekysten og informasjon om dette er hentet ut fra tidevannstabellen til Norges sjøkartverk, til beregninger som gjelder Skjerstadjordens hovedbasseng. Til beregninger som gjelder Klungsetvika og Misværffjordens ytre basseng er tidevannsforskjellen i Skjerstadjorden brukt som en ytre drivkraft, beregnet på grunnlag av strupningseffekten som er et regneresultat fra Skjerstadjordmodellen. Tilsvarende er beregnet strupning fra modellen for Misværffjordens ytre basseng, benyttet til utregning av forhold som gjelder Misværffjordens indre basseng.

Både vannutskifting og miljøbelastning er sterkt avhengig av fjordens areal og munningens bredde på ulike dyp. Data om dette er framskaffet fra sjøkart nr 227. Beregning av arealet i forskjellige dyp er foretatt planimetrisk. Ved planimetrering av areal i Skjerstadjorden, er det lagt en tenkt bunn i terskelhøyde innenfor munningen til sidefjorder som har terskler, dvs både Klungsetvika, hele Misvær fjorden og bassengene i Sulitjelmavassdraget. Tilsvarende er det i modellen for Misvær fjordens ytre basseng lagt en tenkt bunn i terskelhøyde over Misvær fjordens indre basseng.

Modellen forutsetter informasjon om ferskvannstilførsel fra land. For elver der avrenning måles, er den hentet inn fra publikasjoner utgitt av NVE. Dette gjelder Saltdalselva, Sulitjelmavassdraget og Lakselva i Misvær. For andre nedslagsfelt er avrenningen beregnet ved planimetrering av isohydatkart utgitt av NVE.

Leverandøren av modellen anbefaler at data vedrørende næringsstofftilførsler blir lagt inn. En del oppgaver over utslipp av nitrogen og fosfor er hentet inn fra kommunene. Beregninger av naturlige tilførsler er oversendt fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA). For Skjerstadjorden er det i tillegg tatt med tilførsler fra to fiskeoppdrettsanlegg. For Misvær fjorden er det antatt at tilførslene til fjordens indre basseng blir omsatt der, uten å påvirke forholdene i det ytre bassenget. Derfor er tilførslene lavere i ytre enn i indre basseng (Tabell I).

Tabell I. Data som er lagt inn i regnemodellene for fire fjordbasseng.

			<b>Skjerstad -fjorden</b>	<b>Misværffj. ytre</b>	<b>Misværffj. indre</b>	<b>Klungset -vika</b>
Største bassengdyp	m.		527	50	79	17
Areal	km <sup>2</sup>	0 m. dyp	260,2	22,2	13,5	13,0
	km <sup>2</sup>	5 m. dyp	197,5	15,6	11,8	7,2
	km <sup>2</sup>	10 m. dyp				5,0
	km <sup>2</sup>	17 m. dyp				0,1
	km <sup>2</sup>	40 m. dyp		1,0		
	km <sup>2</sup>	50 m. dyp	136,4	0,1	2,5	
		70 m. dyp			1,1	
		74 m. dyp			0,1	
	km <sup>2</sup>	100 m. dyp	119,5			
	km <sup>2</sup>	300 m. dyp	73,3			
	km <sup>2</sup>	500 m. dyp	28,0			
Terskeldyp	m.		26	7	7	4
Munningens bredde	m.	0m. dyp	255	325	400	2300
	m.	2 m. dyp				500
	m.	4 m. dyp				10
	m.	5 m. dyp	225	115	295	
	m.	7 m. dyp		30	50	
	m.	11 m. dyp	160			
	m.	26 m. dyp	75			
Ferskvannstilførsel	m <sup>3</sup> /s	årsmiddel	156	10	10	1,6
Fosfortilførsel	t/år		38	2,3	2,4	0,4
Nitrogentilførsel	t/år		812	50,2	55,1	15,6
Siktedyp sommerstid	m.		8	5	5	4
O <sub>2</sub> i nytt vann	ml/l		7,0	6,8	7,2	6,8
Tidevannsamplitude	m.		1,17	0,6	0,6	0,6

Modellen krever få måleresultater fra vannmassene, men forutsetter innlegging av typisk siktedyp om sommeren og oksygeninnholdet i vann som strømmer inn til bassenget. For begge variabler er måledata hentet fra feltundersøkelsen i 1994-95 (Skreslet 2002). Siktedypet var ganske variabelt. For å sikre at modellresultatet ikke skulle overestimere sjølrensekapasiteten, er sommerens minimumsverdier benyttet.

For beregning av produksjonspotensialet for oppdrettsfisk er det lagt inn en førfaktor på 1,1.



### 3. RESULTATER

Skjerstadvfjorden har et beregnet volum på omtrent  $45 \text{ km}^3$ , når en ikke regner med volum under terskeldypet i Klungsetvika og Misværffjordens to bassenger. Medregnet disse, kommer volumet opp i  $45,49 \text{ km}^3$ . Da er ikke volum i dype og til dels anoksiske terskelbasseng i Sulitjelmavassdraget tatt med. Hvert av Misværffjordens to basseng utgjør mindre enn 1% av Skjerstadvfjordssystemets totale volum og Klungsetvika har enda mindre volum (Tabell II).

I forhold til overflatearealet, har Skjerstadvfjorden og Misværffjorden et lite munningsreal, dvs et lite tverrsnitt over terskelen. Strupningskoeffisienten for Skjerstadvfjorden er 0,51, dvs at Saltstraumens strupning av tidevannsutskiftingen reduserer tidevannforskjellene på innsiden, til 51 % av tidevannforskjellen på utsiden. Strupningen mellom Skjerstadvfjordens hovedbasseng og sidebassengene i Misværffjorden og Klungsetvika, er så liten at den ikke skaper innbyrdes tidevannsforskjeller.

Strupningen i Salstraumen skaper høy strømhastighet. Det er også relativt stor strømhastighet over terskelen til Misværffjordens ytre basseng. Dette er tidevannsdrevne hastigheter. I perioder med stort ferskvannsavløp, vil det

kunne bli betydelig større hastigheter ut over tersklene. Ved lufttrykksfall og vindstuing, vil hastigheten inn over tersklene kunne øke.

Indre bølger som dannes i overgangslaget mellom bassengvann og overliggende vann, innenfor terskelen, har større hastighet i Skjerstadvfjorden, enn i de andre bassengene. For Skjerstadvfjorden og Misværffjordens ytre basseng, er den intermediær sirkulasjonen som skyldes tetthetsendringer utenfor tersklene, forholdsvis mindre betydningsfull enn den tidevanns-drevne sirkulasjonen, sammenlignet med de to andre bassengene. Vannets oppholdstid over tersklene er mindre enn synketiden for organiske partikler fra overflaten til terskeldypet, når synkehastigheten settes til 1,5 m/døgn (Tabell II).

Tallet  $f_1$  målfester en fjordmunnings transportkapasitet for plantenæring og partikulært organisk stoff (POM) fra sjøområder utenfor terskelen, inn til bassenget. Ut fra modellens beregninger ser ikke Skjerstadvfjorden, Klungsetvika og Misværffjordens ytre basseng ut til å motta vesentlige bidrag utenfra, mens det i beskjeden grad tilføres en del fra ytre til indre basseng i Misværffjorden (Tabell II).

For Skjerstadvfjorden uttrykker måltallet  $f_2$  (Tabell II) at bassengvann som forlater fjorden, går på undersiden av det lysrike laget (eufotisk dyp), der planteplankton kan gjøre seg nytte av nærings saltene. Det ser med andre ord

Tabell II. Resultater fra regnemodeller for fire fjordbasseng.

		Skjerstad- fjorden	Misværffj ytre	Misværffj indre	Klungset -vika
Bassengets totale volum	km <sup>3</sup>	44,85	0,39	0,42	0,09
Volum over terskeldypet	km <sup>3</sup>	4,99	0,12	0,08	0,04
Volum under terskeldypet	km <sup>3</sup>	39,86	0,26	0,33	0,05
Areal på terskeldypet	km <sup>2</sup>	168,98	14,76	11,38	8,36
Munningens areal	m <sup>2</sup>	4.118	1.245	2.083	3.310
Overflateareal/ munningsareal	forhold	63.194	17.831	6.483	3.927
Strupningskoeffisient	forhold	0,51	1,00	1,00	1,00
Tidevannshastighet i munningen	m/sek	5,32	1,50	0,54	0,33
Indre bølgers hastighet	m/sek	0,43	0,20	0,21	0,14
Intermediær sirkulasjon	m <sup>3</sup> /sek	730,0	65,4	66,0	61,7
Tidevannsdrevet sirkulasjon	m <sup>3</sup> /sek	3.489,6	296,8	180,5	173,8
Oppholdstid over terskeldyp	døgn	13,7	4,0	4,1	2,1
Synketid, organiske partikler	døgn	17,3	4,7	4,7	2,7
f <sub>1</sub>	funksjon	0,00	0,00	0,01	0,00
f <sub>2</sub>	funksjon	0,00	1,00	1,00	1,00
f <sub>3</sub>	funksjon	0,23	0,33	0,35	0,23
Stråletype	funksjon	0,08	0,13	0,39	0,43
Tfyll	døgn	109,0	8,0	15,0	2,0
R <sub>e</sub> -verdi	kg/m <sup>3</sup>	1,37	1,13	1,13	1,32
Tidevannets oppdriftsmotstand	mW/m <sup>2</sup>	32,68	0,33	0,03	0,01
Annen oppdriftsmotstand	mW/m <sup>2</sup>	0,03	0,01	0,01	0,01
Tetthetsreduksjon	kg/m <sup>3</sup> /mnd	0,31	0,58	0,03	0,39
Oksygenforbruk	ml/l/mnd	0,02	0,39	0,23	1,14
Tidsskala for vannutskifting	måneder	4,4	1,9	35,8	3,3
Tidsskala for oksygenforbruk	måneder	339,5	17,5	30,9	6,0
Okysygenminimum ved bunnen	ml/l	6,9	6,1	H <sub>2</sub> S	3,0

ut til at nærings saltene i gammelt bassengvann ikke bidrar til produksjon av nytt partikulært organisk materiale (POM) som kan falle tilbake i bassengvannet og medføre ytterligere oksygenreduksjon. For de andre bassengene er terskeldypet grunnere enn 15 m. Dermed tvinges gammelt, næringsrikt bassengvann opp i det lysrike laget når det kommer inn nytt bassengvann utenfra og gir grunnlag for nytt POM som sedimenterer i bassenget.

Tallet  $f_3$  (Tabell II) er en størrelse beregnet ut fra fjordvannets oppholdstid over terskeldypet og synketiden for POM fra overflaten til terskeldypet. Det tallfester mulighetene for at lokal tilførsel av plantenæringsalter og bidrag fra avrenning og menneskelig aktivitet kan medføre produksjon av POM som sedimenterer i bassenget. Ettersom tallet ligger mellom 0 og 1 for alle bassengene, kan en ikke trekke entydige konklusjoner, men må vente at deler av tilførselene kan medføre belastning på bassengvannet.

Måltallet for stråletype ligger lavere enn 1 (Tabell II). Det vil si at ingen av bassengene er av bølgetype, men av stråletype. Tidevannet genererer ikke indre tidevannsbølger, men tidevannsstråler som eroderer på bassengvannet.

Tfyll oppgir tiden det tar å fylle opp terskelbassenget med nytt vann. Bassenget i Klungsetvika kan skiftes ut i løpet av to dager, mens det tar over 100 døgn å skifte ut alt vann i Skjerstadjordens basseng. Det tar henholdsvis en og to uker å fylle opp ytre og indre basseng i Misværffjorden (Tabell II).

$R_e$ -verdien er den midlere tetthetsreduksjon som må til for å få en fullstendig utskifting av bassengvannet. Skjerstadjorden og Klungsetvika har tilnærmet like verdier og de ligger høyere enn verdiene for Misværffjordens to bassenger.

Tidevannets arbeid mot oppdriftskreftene i Skjerstadjorden er betydelig høyere enn i de øvrige bassengene og lavest i Klungsetvika. Andre oppdriftsmotstander er små, men spiller en viss relativ rolle i Klungsetvika og Misværffjordens indre basseng. Tetthetsreduksjonen er størst i Misværffjordens ytre basseng og minst i Misværffjordens indre basseng (Tabell II).

Oksygenforbruket er stort i Klungsetvika og svært lavt i Skjerstadjorden. I gjennomsnitt skjer det vannutskifting med noen måneders mellomrom i Skjerstadjorden, Misværffjordens ytre basseng og Klungsetvika. Det går omtrent tre år mellom hver utskifting i Misværffjordens indre basseng (Tabell II).

Tabell III. Sammenstilling av beregnet og observert oksygenminimum.

		Skjerstad -fjorden	Misværffj. ytre	Misværffj. indre	Klungset -vika
Beregnet oksygenminimum	ml/l	6,9	6,1	H <sub>2</sub> S	3,0
Observerte oksygenminimum	ml/l	6,0	5,3	3,2	0,3

I følge modellen tar det flere dekader å tappe ut oksygenreservene i Skjerstadvfjorden med nåværende organiske belastning, dersom vannutskiftingen skulle stoppe opp, mens det ville skje før det var gått halvannet år i Misværffjordens ytre basseng. Oksygeninnholdet ved bunnen faller imidlertid ikke til verdier lavere enn til 6-7 ml/l i noen av de to bassengene, fordi tidsskalaen for vannutskifting er kort. I Misværffjordens indre basseng tar det mer enn to år å tappe ut oksygenreservene, men der er tidsskalaen for vannutskifting lenger. Bassenget vil derfor bli oksygenfritt og danne hydrogensulfid ved bunnen, med noen års mellomrom. Klungsetvika ville blitt oksygenfri etter bare et halvt år, hvis det ikke hadde vært for den hyppige vannutskiftingen. Modellen forutsier derfor bare oksygenreduksjon til et minimum på 3 ml/l (Tabell II).

De målte verdiene for oksygenminimum ved bunnen ligger på 86% av modellens beregnede verdier, både for Skjerstadvfjorden og Misværffjordens ytre basseng. For Misværffjordens indre basseng forutsa modellen at det kan bli oksygenfritt, men det målte minimum var høyere enn 3 ml/l. For

Tabell IV. Potensielle miljøeffekter av fiskeoppdrett over dype områder (terskeldyp pluss 5 m.), ved likevektstilstand.

	Skjerstad- fjorden	Misværffj. ytre	Misværffj. indre	Klungset - vika
<b>Fiskeoppdrett, tonn/år</b>				
Produksjonsareal km <sup>2</sup>	162,2	12,7	10,4	5,4
Nåtilstand, tonn/år	0,3	0	0	0
Alt. 1. 100 tonn/km <sup>2</sup> /år	16.220	1.270	1.040	540
Alt. 2. 400 tonn/km <sup>2</sup> /år	64.880	5.080	4.140	2.160
Alt. 3. 800 tonn/km <sup>2</sup> /år	129.760	10.160	8.320	4.320
<b>O<sub>2</sub>-minimum, ml/l</b>				
Nåtilstand, beregnet	7	6	-1	2
Alt. 1. 100 tonn/km <sup>2</sup> /år	7	6	-2	2
Alt. 2. 400 tonn/km <sup>2</sup> /år	7	6	-3	2
Alt. 3. 800 tonn/km <sup>2</sup> /år	7	6		1
<b>Siktedyp, m.</b>				
Nåtilstand, målt	8,0	5,0	5,0	4,0
Alt. 1. 100 tonn/km <sup>2</sup> /år	5,9	4,6	4,9	3,8
Alt. 2. 400 tonn/km <sup>2</sup> /år	3,3	3,9	3,9	3,5
Alt. 3. 800 tonn/km <sup>2</sup> /år	2,1	3,1	3,3	3,1
<b>Siktedyp, % av nåtilstand</b>				
Alt. 1. 100 tonn/km <sup>2</sup> /år	74	93	98	97
Alt. 2. 400 tonn/km <sup>2</sup> /år	42	78	79	88
Alt. 3. 800 tonn/km <sup>2</sup> /år	27	63	66	78

Klungsetvika forutsa modellen en minimumsverdi på 3 ml/l, men den målte verdien bare var 10% av denne (Tabell III).

Modellen har beregnet hvordan oksygenforholdene i de fire bassengene vil bli endret dersom det blir etablert fiskeoppdrettsanlegg i fjordsystemet (Tabell IV). Det er da forutsatt at fórfaktoren er 1,1 og at anleggene forankres over bassengenes dype partier, slik at spillfór og avføring synker ned i bassengvannet. Modellen forutsier da at fiskeoppdrett ikke er mulig i Misvær fjordens indre basseng, ettersom det blir oksygenfritt i nåtilstanden. I Klungsetvika skal det i følge modellen kunne produseres 2.160 tonn fisk hvert år, uten at oksygeninnholdet i bassengvannet faller under 2 ml/l og uten noen nevneverdig endring av siktedypet. Både over Skjerstadvjordens hvedbasseng og Misvær fjordens ytre basseng beregner modellen at det skal kunne produseres 800 tonn/km<sup>2</sup>/år, uten nevneverdige endringer i bassengvannets oksygeninnhold. Derimot vil siktedypet kunne bli vesentlig endret, spesielt i Skjerstadvjorden (Tabell IV).



## 4. DISKUSJON

Med unntak av Klungsetvika, er det et rimelig bra samsvar mellom modellens regneresultater og de feltmålingene som er gjort. Det går umiddelbart fram av resultatene fra Skjerstadvjordens hovedbasseng og Misvær fjordens ytre basseng. Der ligger målte minimumsverdier for oksygeninnhold i bassengvannet på 86% av modellresultatet.

I Misvær fjordens indre basseng er det tilsynelatende stor forskjell på beregnet og observert oksygenminimum (Tabell III), men her må en ta i betraktning at det i følge modellen går rundt tre år mellom hver vannutskifting (Tabell II). Da målingene startet i mars 1994 var oksygeninnholdet på topp (ca 7 ml/l) i dette bassenget (Skreslet 1996). Et år seinere lå oksygeninnholdet på omtrent det halve, etter at vertikalomrøring hadde medført en liten økning. Det er sannsynlig at oksygenivået falt ytterligere i løpet av 1995 og 1996 og at bassenget kan bli oksygenfritt før en utskifting av bassengvann finner sted, i følge modellen i løpet av vinteren 1997. Det er ikke foretatt nye observasjoner som vil kunne støtte forestillingen om en slik utviklingstendens.

Klungsetvikas bassengvann var omtrent oksygenfritt i august 1994, etter å ha inneholdt mer enn 6 ml/l bare to måneder tidligere (Skreslet 2002).

Tidsskalaen for oksygenforbruk er derfor høyere enn det modellen forutsier (Tabell II) og beregnet oksygenminimum er for høyt (Tabell III). En mulig forklaring er at modellen ikke tar høyde for at nesten halvparten av arealet i Klungsetvika er grunnere enn 5 m. Grunnområdene produserer trolig betydelige mengder tang og tare, foruten ettårige rød- og grønnalger. Deler av denne vegetasjonen rives nok løs og fraktes med vannstrømmer ut i bassenget, der algene sedimenteres. De vil der respirere, etter hvert dø og bli mineralisert av bakterier under stort forbruk av oksygen.

Til tider av året kommer det mye brunalger som stortare og kjerringhår med i rekestrålfangster tatt på flere hundre meters dyp i Salten. Dette er alger som ikke kan leve dypere enn ca 20 m. og som derfor dør og blir mineralisert på rekestrålfeltene. Slik naturlig dekomponering av partikulært organisk stoff (saprobiering), tilsvarende det som kanskje skjer i Klungsetvika, kan bidra til å forklare at modellens oksygenminimum ligger litt høyere enn de observerte verdiene, både i Skjerstadvikfjorden og Misværsvikfjordens ytre basseng.

Fluksen av algebiomasse fra grunnområder til bassenger i fjorder, lar seg sannsynligvis beregne, slik at denne saprobieringsfaktoren muligens kan legges inn i nye versjoner av modellen. Foreløpig må en akseptere at modellen ikke er helt presis, særlig ikke der grunnområder utgjør en stor prosent av det samlede areal.

Selv om det er grunn til å reservere seg med hensyn til modellresultatenes nøyaktighet, er det likevel klart at Skjerstadvjordssystemet som helhet betraktet, har en stor sjølrensevne for organisk stoff. Dette gjelder imidlertid ikke Klungsetvika eller Misværffjordens indre basseng, så lenge gjeldende topografiske forhold rår. Der er det ikke mulig å etablere fiskeoppdrettsanlegg og det er heller ikke tilrådelig å slippe ut organiske faststoffer gjennom kommunal kloakk. Dersom en kan strupe terskelområdene ved bygging av fyllinger, vil vannutskiftingsforhold og sjølrensevne trolig bli vesentlig bedret. Modellen FJORDMILJØ kan brukes til simulering av slike tiltak, men det er foreløpig ikke gjort for de to bassengene.

Både Misværffjordens ytre basseng og Skjerstadvjordens hovedbasseng, er robuste system som kan motta store mengder organisk stoff. Eksempelvis kan Skjerstadvjordbassenget motta fórspill og avføring fra fiskeoppdrettsanlegg som produserer rundt regnet halvparten av den samlede norske lakseproduksjon i 1996 (Alternativ 3, Tabell IV), uten at bassengvannets oksygeninnhold blir merkbart nedsatt. Den mest synlige effekten av en slik produksjon ville vært reduksjon av siktedypet fra 8 til 2 m om sommeren, på grunn av at de øvre vannlag blir tilført store mengder plantenærings salt som fører til oppblomstring av planktonalger. Disse vil imidlertid, grunn av vannets korte oppholdstid i Skjerstadvjordens øvre vannlag, bli ført ut gjennom Saltstraumen og bli spist av dyresamfunn i ytre kyststrøk. Noe av algebiomassen vil imidlertid kunne bli filtrert fra overflatelaget i Skjerstad-

fjorden, ved etablering av skjelloppdrett, slik at siktedypet øker (Jfr. Haamer 1996).

Den store sjølrensevnen innebærer også at de to bassengene kan motta betydelige mengder organiske faststoffer fra kommunal kloakk.

## **5. KONKLUSJON**

Skjerstadjordsystemet har kapasitet til å motta store mengder organisk stoff i fast tilstand, fra kommunal kloakk og fiskeoppdrett. Tilførslene vil øke produksjonen av planteplankton og skape et bedret potensiale for skjelloppdrett. Klungsetvika og Misvær fjordens indre basseng tåler ingen utslipp av organisk stoff, før det eventuelt er utført tiltak som reduserer terskelområdets tverrsnitt.



## 6. REFERANSER

Anon. udatert. Fjordmiljø (Versjon 2.0). Dataprogram for generell diagnose av terskelfjorder samt beregning av effekter på siktedyp og oksygenforhold av utslipp av plantenæringsalter og organisk materiale. Brukerveiledning. Ancylus, Gøteborg. 17 pp.

Haamer, J. 1996. Improving water quality in a eutrophied fjord system with mussel farming. *Ambio* 25, 356-363.

Skreslet, S. 2002. Miljøundersøkelse i Skjerstadvfjorden I. Resultater fra måleprogrammet. HBO-Rapport 2/2002. 45 pp.

Stigebrandt, A. 1992. Beregning av miljøeffekter i fjorder av fiskeoppdrett mm. Lærebok for brukere av programmet Fjordmiljø. Ancylus, Gøteborg. 55 pp.