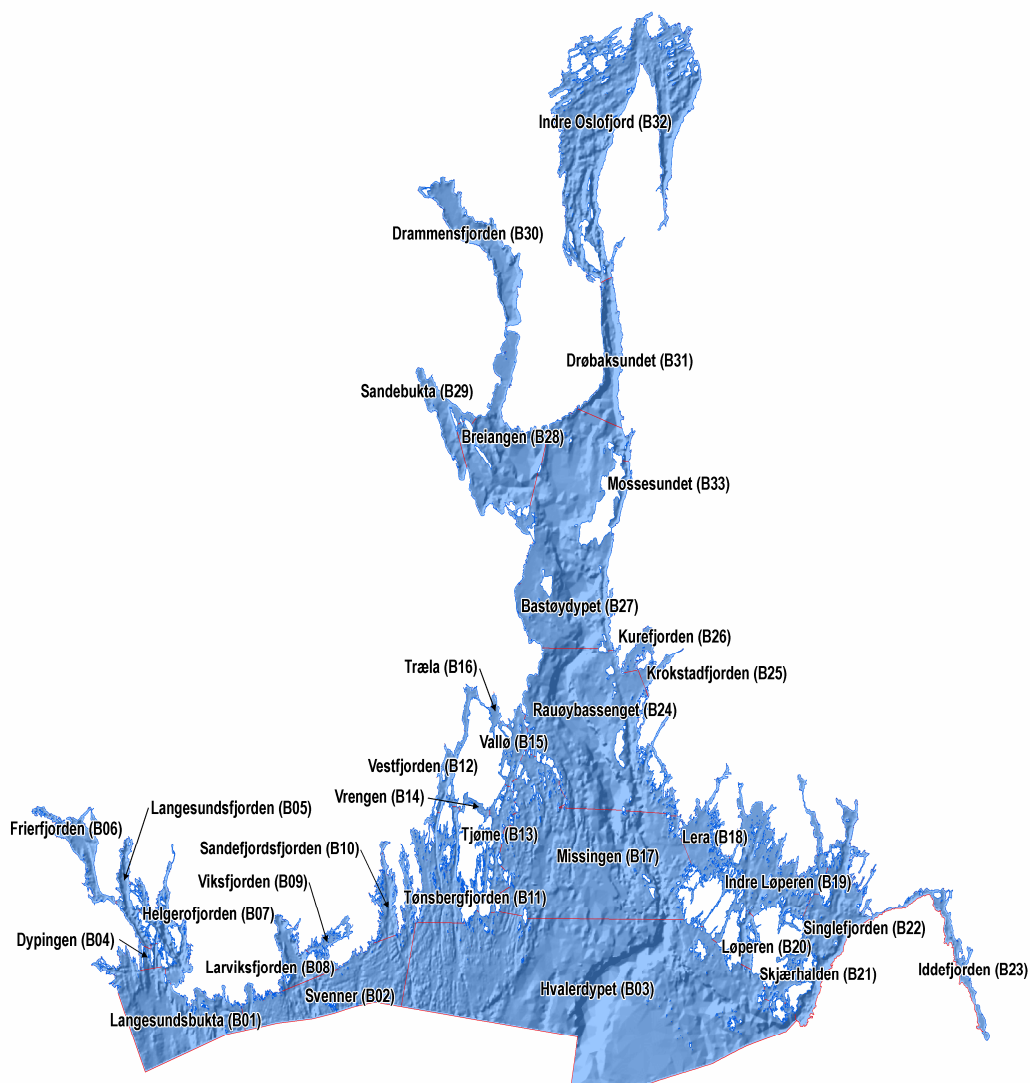


**Rapport**

## Kustzonsmodell för Yttre Oslofjorden

**Eleonor Marmefelt**

Pärbild.  
Bilden föreställer bassängindelning för Kustzonsmodellen i yttre Oslofjorden.

# Slutrapport Yttre Oslofjorden

**Eleonor Marmefelt**

Uppdragstagare <b>SMHI</b> 601 76 Norrköping	Projektansvarig <b>Eleonor Marmefelt</b> tel: +46 11 495 82 16 E-post: Eleonor.Marmefelt@smhi.se
Uppdragsgivare <b>Environmental and technical solutions</b> <b>Det Norske Veritas</b> N-1322 Høvik, Norway	Kontaktperson <b>Egil Dragsund</b> tel: +47 67 57 88 94 E-post: Egil.Dragsund@dnv.com
Distribution	
Klassificering <b>(x) Allmän</b>	
Nyckelord <b>Kustzonsmodell, yttre Oslofjorden, ekologisk status, scenarioberäkningar, jordbruk, reningsverk, Skagerack</b>	
Övrigt	

Denna sida är avsiktligt blank

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUND .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>SYFTE.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>METODIK.....</b>	<b>2</b>
<b>4.1</b>	<b>Modellansats.....</b>	<b>2</b>
<b>4.2</b>	<b>Drivdata .....</b>	<b>2</b>
4.2.1	Atmosfär .....	2
4.2.2	Land.....	3
4.2.3	Skagerack.....	3
<b>4.3</b>	<b>Validering av modellen .....</b>	<b>5</b>
<b>4.4</b>	<b>Områdesbeskrivning.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>RESULTAT .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Nitrat/nitrit-kväve .....</b>	<b>10</b>
5.1.1	Sommarvärde .....	10
5.1.2	Vintervärde .....	11
<b>5.2</b>	<b>Total-kväve.....</b>	<b>12</b>
5.2.1	Sommarvärde .....	12
5.2.2	Vintervärde .....	13
<b>5.3</b>	<b>Fosfat-fosfor .....</b>	<b>14</b>
5.3.1	Sommarvärde .....	14
5.3.2	Vintervärde .....	15
<b>5.4</b>	<b>Total-fosfor.....</b>	<b>16</b>
5.4.1	Sommarvärde .....	16
5.4.2	Vintervärde .....	17
<b>5.5</b>	<b>Klorofyll-a.....</b>	<b>18</b>
5.5.1	Syrgas.....	19
<b>6</b>	<b>SCENARIEBERÄKNINGAR.....</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>Reningsverk.....</b>	<b>20</b>
<b>6.2</b>	<b>Jordbruk.....</b>	<b>22</b>
<b>6.3</b>	<b>Skagerack.....</b>	<b>24</b>

<b>7</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>BILAGOR .....</b>	<b>28</b>
<b>9.1</b>	<b>Frierfjorden .....</b>	<b>29</b>
9.1.1	Salthalt .....	29
9.1.2	Temperatur.....	30
9.1.3	Syrgas .....	30
9.1.4	Klassificering av syrgastillstånd .....	31
9.1.5	Nitrat.....	31
9.1.6	Fosfat .....	32
9.1.7	Växtplankton .....	32
<b>9.2</b>	<b>Vestfjorden.....</b>	<b>33</b>
9.2.1	Salthalt .....	33
9.2.2	Temperatur.....	34
9.2.3	Syrgas .....	34
9.2.4	Klassificering av syrgastillstånd .....	35
9.2.5	Nitrat.....	35
9.2.6	Fosfat .....	36
9.2.7	Växtplankton .....	36
<b>9.3</b>	<b>Inre Løperen.....</b>	<b>37</b>
9.3.1	Salthalt .....	37
9.3.2	Temperatur.....	38
9.3.3	Syrgas .....	38
9.3.4	Klassificering av syrgastillstånd .....	39
9.3.5	Nitrat.....	39
9.3.6	Fosfat .....	40
9.3.7	Växtplankton .....	40
<b>9.4</b>	<b>Idefjorden .....</b>	<b>41</b>
9.4.1	Salthalt .....	41
9.4.2	Temperatur.....	42
9.4.3	Syrgas .....	42
9.4.4	Klassificering av syrgastillstånd .....	43
9.4.5	Nitrat.....	43
9.4.6	Fosfat .....	44
9.4.7	Växtplankton .....	44

<b>9.5</b>	<b>Breiangen .....</b>	<b>45</b>
9.5.1	Salthalt .....	45
9.5.2	Temperatur .....	46
9.5.3	Syrgas.....	46
9.5.4	Klassificering av syrgastillstånd.....	47
9.5.5	Nitrat .....	47
9.5.6	Fosfat.....	48
9.5.7	Växtplankton .....	48
<b>9.6</b>	<b>Mossesundet.....</b>	<b>49</b>
9.6.1	Salthalt.....	49
9.6.2	Temperatur .....	50
9.6.3	Syrgas.....	50
9.6.4	Klassificering av syrgastillstånd.....	51
9.6.5	Nitrat .....	51
9.6.6	Fosfat.....	52
9.6.7	Växtplankton .....	52

Denna sida är avsiktligt blank



## **1 Sammanfattning**

SMHIs Kustzonsmodell har implementerats i Yttre Oslofjorden. Kustzonsmodellen (PROBE-SCOBI), som är en biogeokemisk modell, beräknar tillståndet i kustvattnen. Validering av modellen visar på en god överensstämmelse mellan observationer och modellens resultat. Med hjälp av Kustzonsmodellen har fjordens miljötillstånd beräknats för perioden 1990-2003. Tillrinningen från land har Det Norske Veritas beräknat.

Med hjälp av Kustzonsmodellen har SMHI genomfört ett antal scenarieberäkningar där effekter på planktontillväxt, syrgasförhållanden och övergödning har studerats för olika åtgärder genomförda inom yttre Oslofjordens avrinningsområde. Dessutom har SMHI genomfört studier på vad ändrade förhållanden i Skagerack har för betydelse för tillståndet i yttre Oslofjorden.

## **2 Bakgrund**

SMHI har på uppdrag av Fagrådet i Yttre Oslofjord och Det Norske Veritas implementerat SMHIs Kustzonsmodell i yttre delarna av Oslofjorden. Syftet med Kustzonsmodellen är att skapa långa tidserier främst av näringsämnen och syrgashalt att användas i analysyfte, exempelvis vid scenariostudier.

Kustzonsmodellen är en s.k. en-dimensionell modell, som löser upp modellvariablerna i djupled med hög noggrannhet, men beräknar ett horisontellt medelvärde i sitt område. För att kunna lösa upp de horisontella gradienterna i området måste modellområdet delas in i flertalet delbassänger. Beräkningar görs i alla bassänger, vilka är kopplade med varandra och utbyter egenskaper mellan varandra. Indelningen av Kustzonsmodellens delbassänger i yttre Oslofjorden följer Fjordkatalogens indelning. Av modelltekniska skäl har dock ett antal havsområden i Fjordkatalogen slagits samman till större bassänger. Detta innebär att Kustzonsmodellen i Oslofjorden består av 33 delbassänger, där inre Oslofjorden ingår i uppsättningen som en delbassäng.

Modellen har beräknat tillståndet för perioden 1990-2003. En omfattande validering av modellen har genomförts med hjälp av observationer från Yttre Oslofjordens kontrollprogram.

## **3 Syfte**

Syftet är att implementera SMHIs Kustzonsmodell i yttre Oslofjorden för att med hjälp av modellen beskriva det ekologiska tillståndet i fjorden för perioden 2001-2003 vad det gäller nitrat-kväve, fosfat-fosfor, total-kväve, total-fosfor (sommar och vintervärden), sommarvärde för klorofyllhalt samt syrgashalt. Dessutom har tre scenarier beräknats för att studera yttre Oslofjordens respons på åtgärder kopplade till ökad reningsgrad i reningsverk, förbättrade utsläpp från jordbruk samt förändrade förhållanden i Skagerack.

## 4 Metodik

### 4.1 Modellansats

Kustzonsmodellen är en s.k. en-dimensionell modell med hög vertikal upplösning. Det innebär att modellen beräknar den vertikala variationen av sina modellvariabler, men är horisontellt homogen. För att beräkna den horisontella variationen, delas modellområdet in i olika delbassänger, där modellen löses separat. Modellens bassängindelning följer Fjordkatalogens indelning. Av modelltekniska skäl har ett antal sammanslagningar genomförts av Fjordkatalogens indelning. I Idefjorden och Singlefjorden har avsteg gjorts från denna princip. Här följer indelningen den svenska havsområdesindelningen (**SVAR**), då den svenska indelningen är mer anpassad till Kustzonsmodellens behov. Dessutom krävs djupinformation från de svenska vattnen för att på bästa sätt kunna applicera modellen i dessa områden. Genom att beskriva varje delbassängs vertikala volymsvariation fångas dess geografiska egenskaper. Bassängernas förbindelser med varandra beskrivs schematiskt i figur 13. Förbindelsen mellan delbassängerna benämns sund och betecknas **S01- S45**. Varje sund motsvarar den sammanlagda förbindelsen mellan delbassängerna. Härigenom sker vattenutbytet mellan delbassängerna. Storleken på utbytet genom varje sund bestäms bl.a. av sundets tvärsnittsgeometri. Geometrin för varje enskilt sund har fastställts utifrån digitala sjökort. Varje sunds tvärsnittsarea och maximala djup har kontrollerats manuellt utifrån vanliga sjökort.

Kustzonsmodellen är en kopplad hydrodynamisk/biogeokemisk modell, där fysiken i systemet såsom omblandning, uppvärmning/avkylning, vattenutbyte etc. beräknas av den endimensionella modellen **PROBE**. De grundläggande biogeokemiska processerna beräknas av den biogeokemiska modellen, **SCOBI**, som härigenom beskriver dynamiken av näringsämnen (nitrat, ammonium och fosfat), växtplankton och syrgas. Dessutom tar **SCOBI**-modellen hänsyn till de utbyten som sker av näringsämnen mellan vattenmassan och havsbotten. Mer information om **PROBE** och **SCOBI** finns i Svensson (1998) och Marmefelt m.fl. (2000).

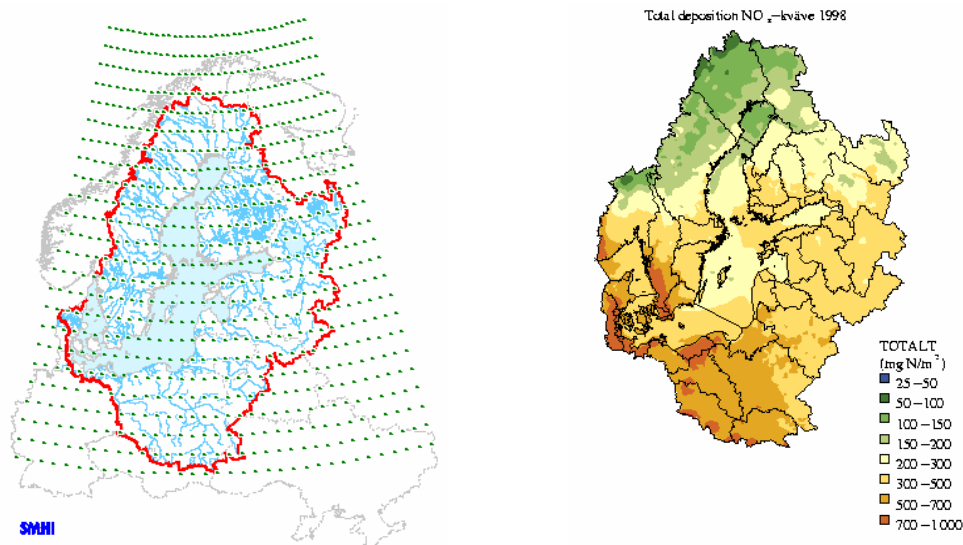
### 4.2 Drivdata

Kustzonsmodellen utgör en del i ett integrerat modellsystem, **HOME Vatten**, i vilket modellen är kopplad till hydrologiska och atmosfäriska modeller. Dessa modeller utgör drivningen av systemet både vad avser fysiken och biogeokemin i den mån modelldata finns tillgängliga för den tidsperiod vi valt att studera. I annat fall har modellbaserade drivdata kompletterats med observerade data. Det Norske Veritas har beräknat belastningen från land på dygnsbasis. Närmare beskrivning av hur dessa beräkningar genomförts ingår inte i denna rapport.

#### 4.2.1 Atmosfär

SMHI förfogar över en meteorologisk databas, vilken täcker hela Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde, se figur 1. Databasen baseras på data från olika mätstationer från 1970 och framåt. Data är griddade i  $(1 \times 1)^\circ$  rutor var tredje timme. Från denna databas har vi erhållit vindhastighet, lufttemperatur, relativ luftfuktighet samt total molnighet, parametrar som krävs för att beräkna avkylning/uppvärmning, omblandning, planktontillväxt etc. i Kustzonsmodellen. Väderdata är hämtade från

tre rutor vars mittpunkter har positionerna latitud **58,5°N** longitud **9,5°O**, latitud **58,5°N** longitud **10,5°O** samt latitud **59,5°N** longitud **10,5°O**, vilka bäst representerar väderförhållandena i yttre Oslofjorden.



Figur 1. Den meteorologiska databasen täcker Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde (karta till vänster). Kartan till höger visar totala depositionen av reducerat kväve för 1998 beräknat med **MATCH** -modellen. **MATCH** -modellen täcker hela Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde.

Kustzonsmodellen beaktar även deposition av oorganiskt kväve och fosfor från atmosfären. Till vår hjälp att fastställa depositionen av reducerat och oxiderat kväve har vi använt oss av depositioner beräknade av **MATCH** (Multiscale Atmospheric Transport and **C**hemistry Model) modellen. Eftersom den biologiska produktionen i kustzonen varierar under året beroende på bl.a. temperatur, tillgång av ljus och näringsämnen är det viktigt att källorna till modellen har en årstidsvariation. **MATCH** modellen har beräknat månatlig deposition av oxiderat och reducerat kväve för perioden 1998-2002. För resterande delen av simuleringsperioden har ett årsmedelvärde av depositionen beräknats utifrån tillgängliga data. Därefter har, under antagandet att mesta delen av depositionen sker medels sk. våtdeposition, årsmedelvärdet viktats mot den månatliga nederbörden för området. Nederbördsdata är hämtade från ovan nämnda meteorologiska databas.

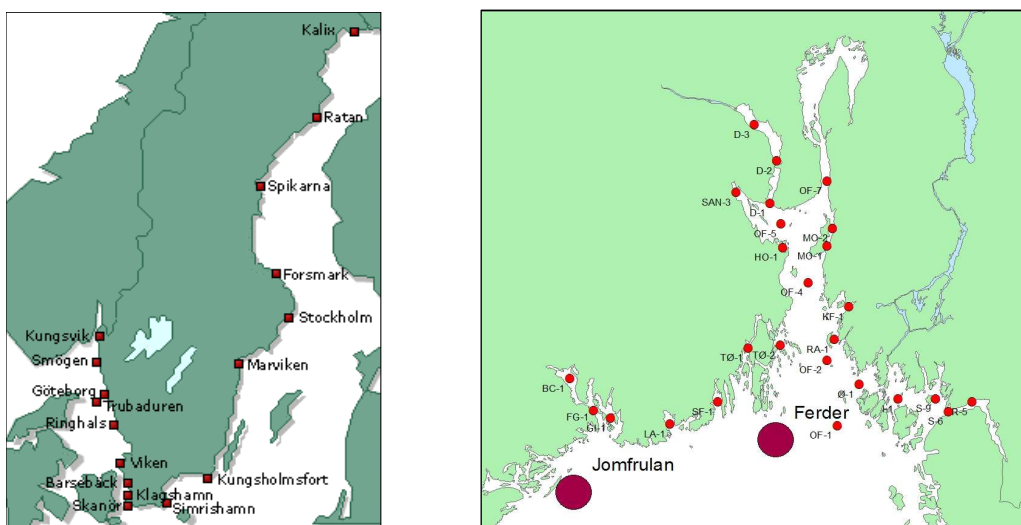
Atmosfärisk deposition av fosfat beräknas inte av **MATCH**-modellen. Istället har vi använt oss av ett konstant värde på 0.5 kg/(km<sup>2</sup>·mån) baserat på Areskoug (1993).

#### 4.2.2 Land

Det Norske Veritas ansvarar för beräkningarna av belastningen från land.

#### 4.2.3 Skagerack

Tillståndet i kustzonen är starkt kopplat till tillståndet i Skagerack. Utbytet mellan Oslofjorden och Skagerack styrs i första hand av densitetsskillnader mellan öppna havet och fjorden. Det är också möjligt att ta hänsyn till vinddrivna transporter i syfte att fånga uppställningsområden längs kusten.



Figur 2. Havsvattenståndsstationer längs Sveriges kust (kartan till vänster). Station Kungsvik används för att driva Kustzonsmodellen i yttre Oslofjorden. Kartan till höger visar mätstationer som kan representera tillståndet i öppna havet utanför Oslofjorden. Station Jomfrulan har en lägre mätserie och har därför använts i denna modelluppsättning.

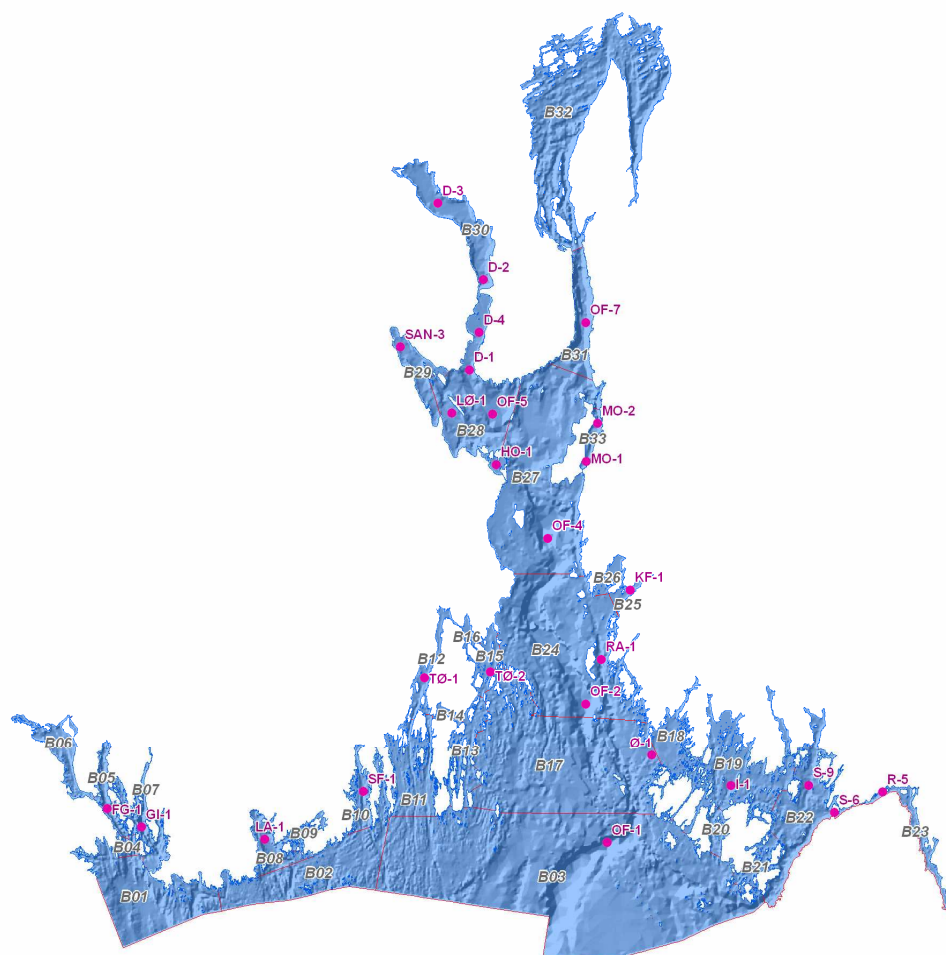
Vattenståndsvariationer påverkar också utbytet med Skagerack. För att få en så bra drivning som möjligt är det viktigt att välja en station som ligger väl placerad i förhållande till det kustavsnitt som skall modelleras. Havsvattenståndet mäts dagligen på ett antal stationer runt Sveriges kust, se figur 2. Den svenska stationen Kungsvik är belägen strax söder om modellområdet, varför den stationen har använts till att driva Kustzonsmodellen.

Även vad det gäller att bestämma densitetsskillnader mellan kustzonen och öppna havet är det viktigt att det finns data av salthalt och temperatur tillgängligt från en station som är lokaliserad nära det kustavsnitt som studeras och som har en mätserie med så många mättillfällen som möjligt under simuleringsperioden. De hydrografiska skillnaderna mellan Skagerack och Oslofjorden medför att det ofta är frågan om stora transporter mellan öppna havet och fjorden, vilket i sin tur får till följd att miljötilståndet i fjorden är starkt kopplat till miljötilståndet i Skagerack. Det är därför av yttersta vikt att mätprogrammet vid den station som används för utsjödrivning även inkluderar biogeokemiska variabler såsom nitrat-kväve ( $\text{NO}_3$ ), ammonium-kväve ( $\text{NH}_4$ ), fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4$ ), klorofyll-a ( $\text{chl}_a$ ) och syrgas ( $\text{O}_2$ ). Noteras kan att det är ofta problem med att finna en utsjöstation som uppfyller alla de krav som Kustzonsmodellen ställer för att ge tillförlitliga resultat. Tidsserierna från mätstationerna är ofta sporadiska, för korta, mätstationer läggs ner, ersätts med andra etc. Därför har vi använt oss av station Jumfrulan, vilken har ett månatligt mätprogram som pågått under hela simuleringsperioden. Detta trots att stationen bedömts ligga för långt västerut för att utgöra en optimal drivning till Oslofjordens kustzonsmodell.

Ett sätt att övervinna beskrivna problem med att fånga tillståndet i Skagerack är att ersätta den observationsberoende drivningen från Skagerack med resultat från en utsjömodell. Nämnas bör att SMHI parallellt med detta arbete på uppdrag av svenska Naturvårdsverket, genomför ett projekt, där en dylik modell implementeras för

Skagerack och Kattegatt i syfte att studera effekter av förändrad belastning från land, kontra effekter av ändrade förhållanden Östersjön och Nordsjön. Modellen är tänkt att användas i Sveriges rapportering till OSPAR. I en framtida modellering av Oslofjorden skulle det vara möjligt att koppla samman dessa båda modeller för att ytterligare förbättra möjligheten för scenariestudier i fjorden.

### 4.3 Validering av modellen

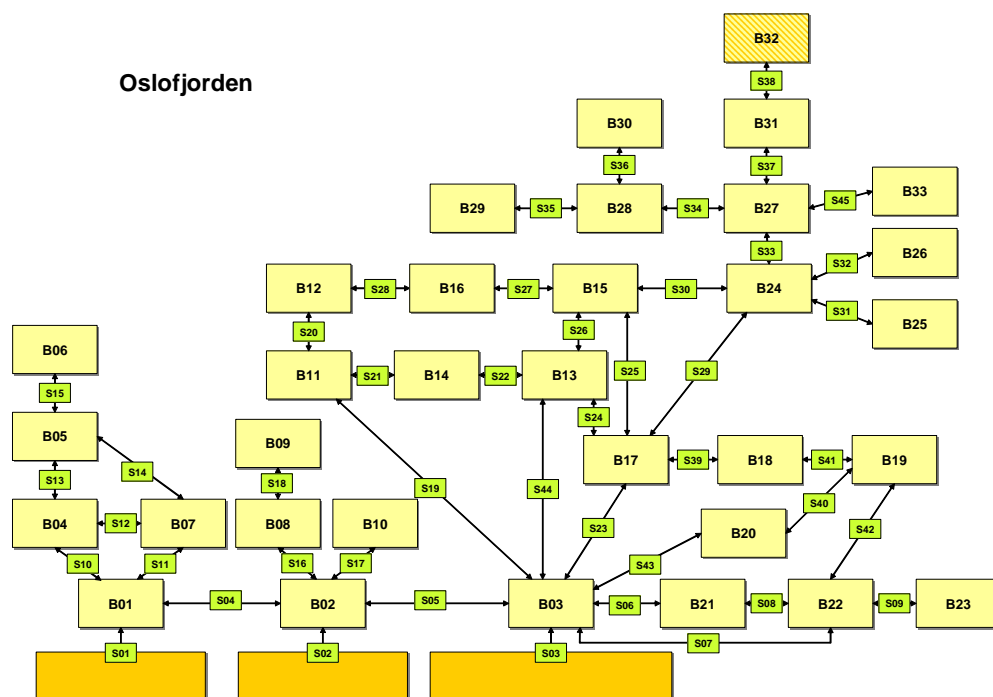


Figur 3. Stationer vilka ingår eller tidigare ingått i yttre Oslofjordens kontrollprogram

Modellresultatens giltighet fastställs genom att validera dem mot uppmätta data. I Oslofjorden finns ett antal stationer som är väl placerade med avseende på modellvalidering, se figur 3. Ett dilemma är dock att modellansatsen är endimensionell och modellen därför beräknar ett horisontellt medelvärde för varje djup i varje delbassäng. Mätprogrammet i Oslofjorden är fastställt med avseende på speciellt känsliga områden och stationerna är påfallande ofta belägna nära utsläppspunkter (i form av vattendrag eller andra punktkällor) eller vid ett tröskelområde. Ideala placeringen av en mätstation för att användas för validering vore centralt placerad i havsområdet, gärna nära maximala djupet för havsområdet i fråga. Men, eftersom detta påfallande ofta inte är fallet, måste även denna aspekt tas i beaktande vid validering av modellens resultat.

Mätprogrammet i yttre Oslofjorden startade så sent som 2001. Detta är en väl kort period för att på bästa sätt validera modellen. Vissa stationer besöks dessutom enbart under sommarhalvåret, vilket gör det svårt att fånga årscyklens dynamik i området. För valideringen har vi därför främst använt oss av de stationer som besöks såväl vintertid som sommartid. Ur valideringssynpunkt är det ytterligare en begränsning att mätprogrammet för näringsämnen och klorofyll-a enbart sker i ytan och på 20 m djup. Det gör att det är svårt att fastställa huruvida modellen beskriver produktionsdjupet rätt.

#### 4.4 Områdesbeskrivning



Figur 4. Schematisk beskrivning över bassängindelningen samt kopplingar mellan delbassängerna i modelluppsättningen för yttre Oslofjorden.

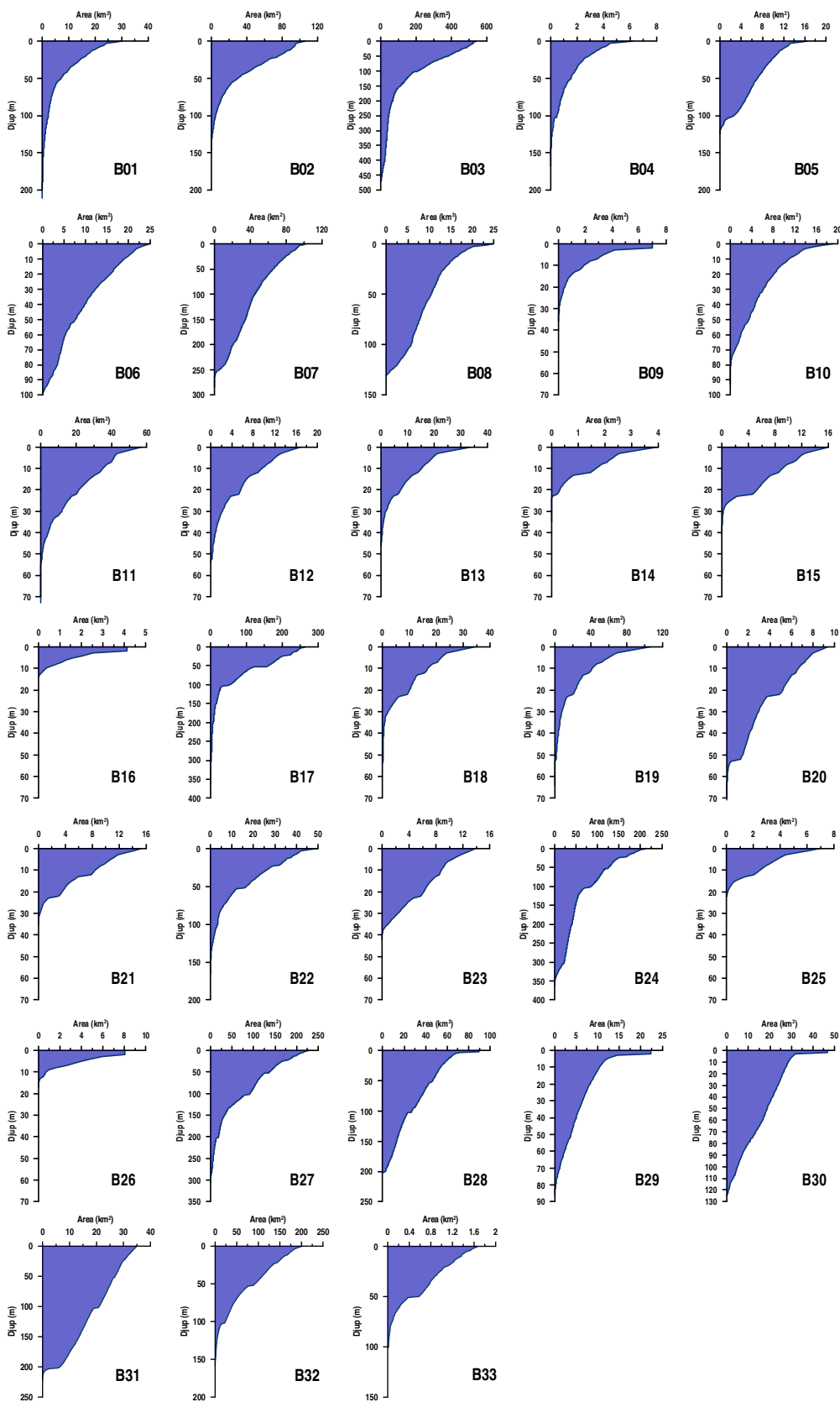
Kustzonsmodellen för Oslofjorden omfattar 33 delbassänger. Varje delbassäng har i modellen fått beteckningen **B01-B33** (motsvarigheten i Fjordkatalogens indelning se tabell 1). Modelluppsättningen omfattar kustvattnen från Langesundsbukten i väster till Idefjorden i öster. Inre Oslofjorden ingår också i modelluppsättningen, som en delbassäng. En kartbild över hela modellområdet finns på denna rapport omslagsbild samt i figur 3. En schematisk bild över Kustzonsmodellens indelning av fjorden i bassänger visas i figur 4.

Den geografiska beskrivningen av varje delbassäng görs i Kustzonsmodellen med hjälp av en beskrivning av djupfördelningen av vattenvolymen i sk. hypsografer, se figur 5. Hypsograferna bestäms utifrån digitala sjökort, samt kontrolleras manuellt.

De 45 sund som utgör förbindelsen mellan de olika bassängerna visas i Figur 6 bestäms mha digitala sjökort. Modellen använder en förenklad beskrivning av tvärsnittytans form (rektangulärt eller triangulärt tvärsnitt) där den viktiga aspekten är att beskriva maximala djupet samt den totala tvärsnittytan korrekt.

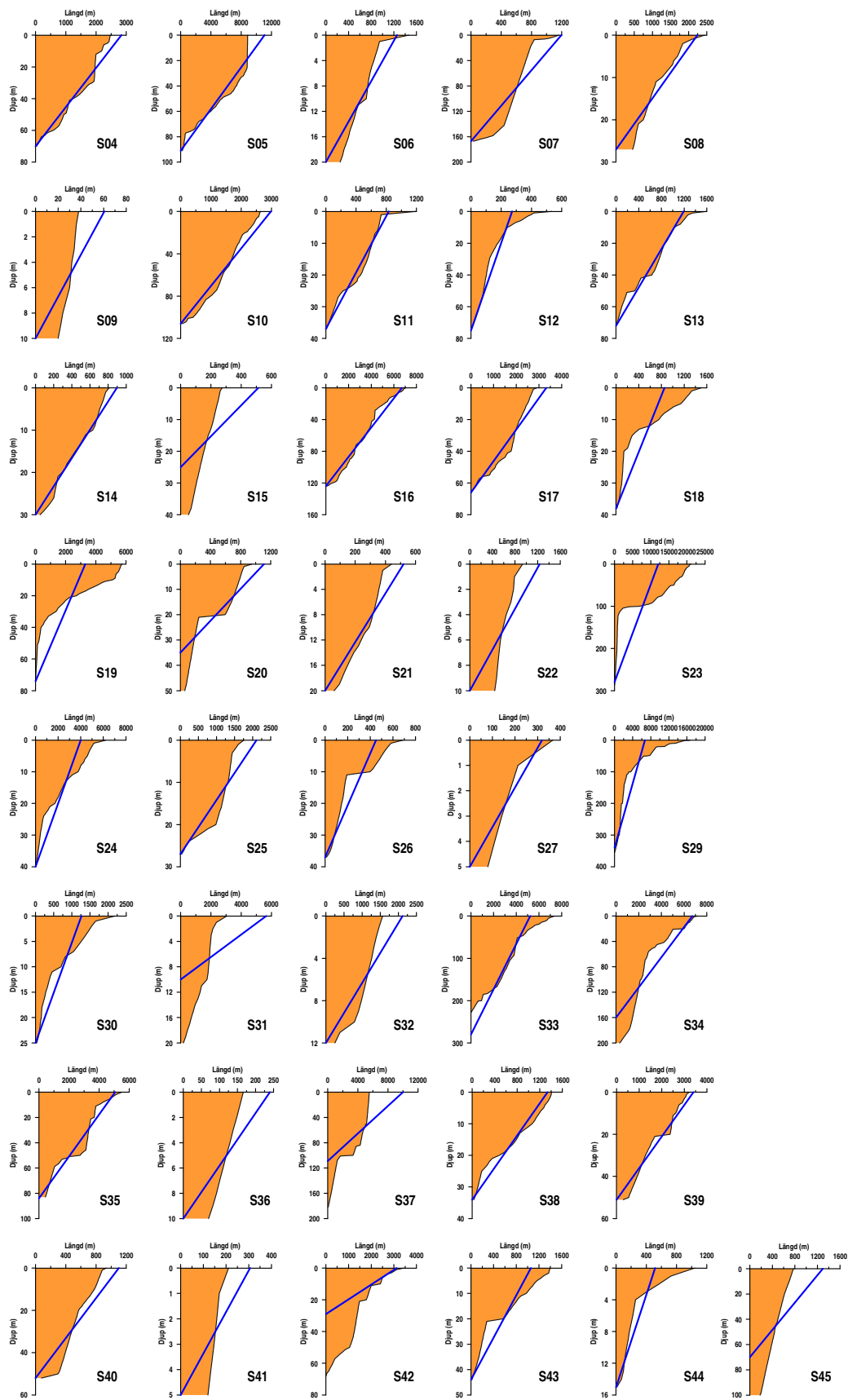
<b>Bassäng- beteckning</b>	<b>Havsområde</b>
B1	Langesundsbukta
B2	Svenner
B3	Hvalerdypet
B4	Dypingen
B5	Langesundsfjorden
B6	Frierfjorden
B7	Helgerofjorden
B8	Larviksfjorden
B9	Viksfjorden
B10	Sandefjordsfjorden
B11	Tønsbergfjorden
B12	Vestfjorden
B13	Tjøme
B14	Vrengen
B15	Vallø
B16	Træla
B17	Missingen
B18	Lera
B19	Indre Løperen
B20	Løperen
B21	Skjærhalden
B22	Singlefjorden
B23	Iddefjorden
B24	Rauøybassenget
B25	Krokstadfjorden
B26	Kurefjorden
B27	Bastøydypet
B28	Breiangen
B29	Sandebukta
B30	Drammensfjorden
B31	Drøbaksundet
B32	Indre Oslofjord
B33	Mossesundet

Tabell 1. Förteckning över Kustzonsmodellens bassängindelning och dess motsvarighet i Fjordkatalogens indelning i havsområden.



Figur 5. Area fördelningen i djupled för varje delbassäng beskrivs i sk hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.





Figur 6. Schematisk bild över tvärsnittsytan för respektive sund framtaget från digitala sjökort (orange kurva), den blå kurvan anger modellens tvärsnittsyta i varje sund.

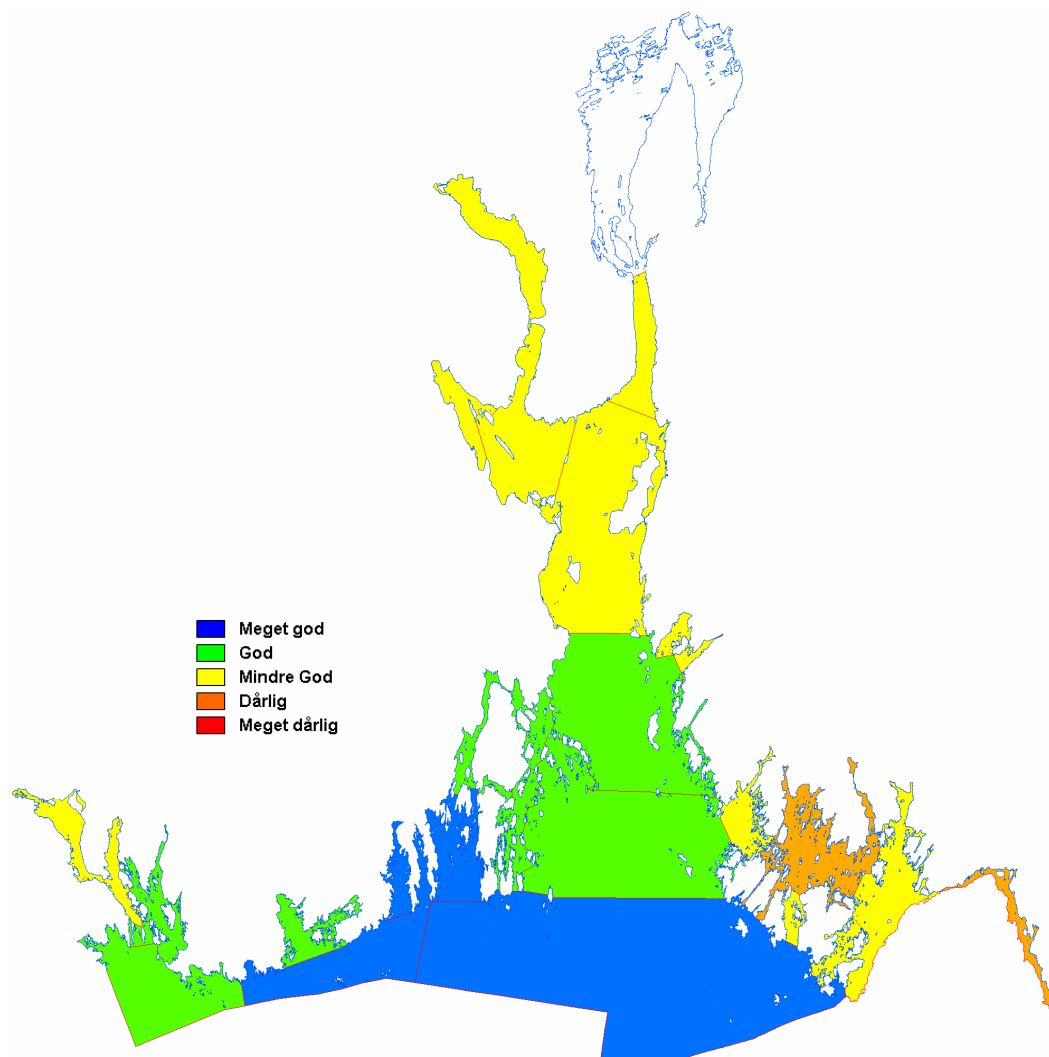
## 5 Resultat

Resultaten från modellsimuleringarna redovisas i form av kartor på ekologisk status, där klassningsgränserna följer SFTs klassificeringssystem. Beräkningen av ekologisk status har genomförts för perioden 2001-2003. Sommar- (juni-augusti) och vintervärden (december-februari) för näringsämnen har beräknats för de 10 översta metrarna, vilket antas representera ytvatten genom att medelvärdesbilda modellens resultat över hela denna tidsperiod. Noteras bör att när tillståndet har klassificerats utifrån observationer (mätningar) så har man valt att ta medianvärdet från mätningar genomförda under sommar- respektive vinterperioden.

Tidserier från utvalda områden återfinns i bilagor (avsnitt 9).

### 5.1 Nitrat/nitrit-kväve

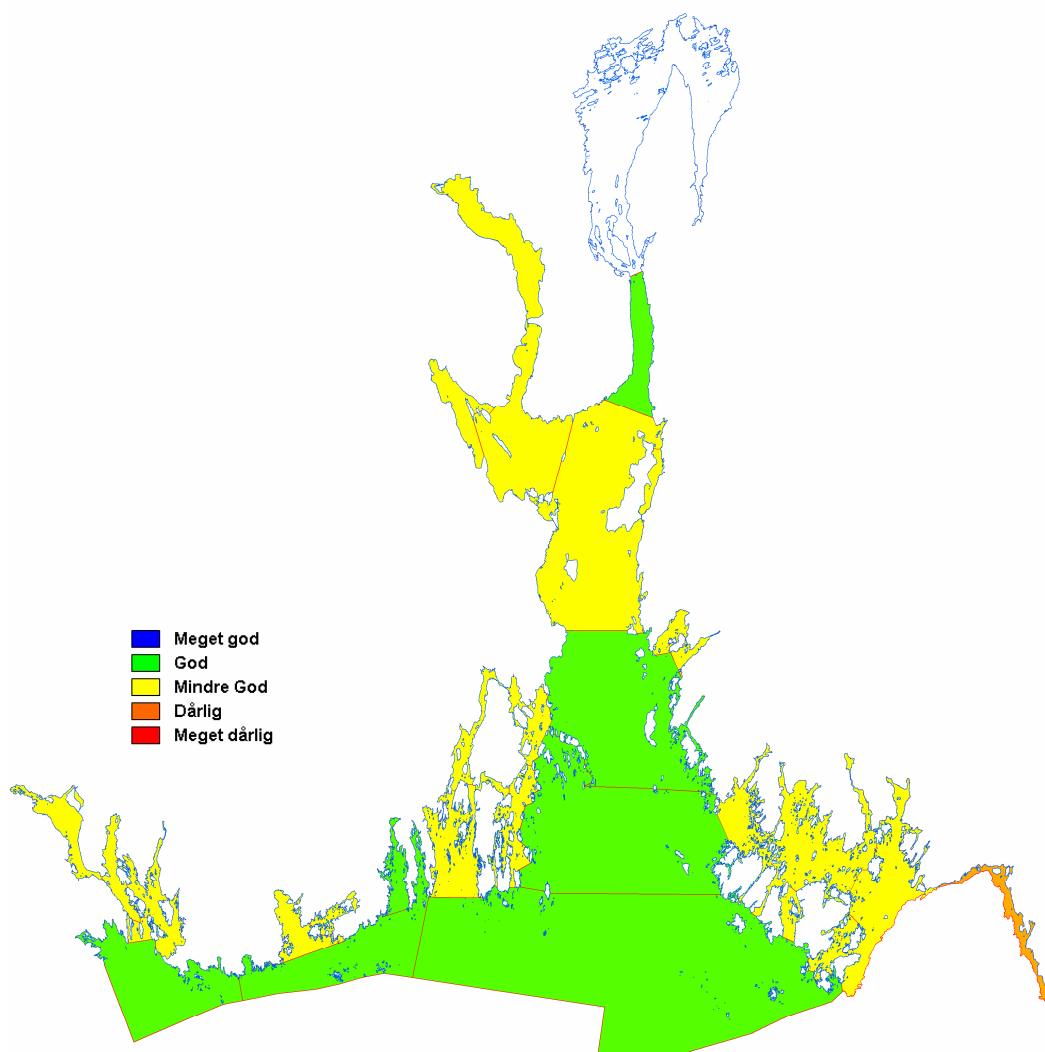
#### 5.1.1 Sommarvärde



Figur 7. Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende sommarvärde (juni – augusti) av nitrat/nitrit-kväve (NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>) beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Kustzonsmodellen visar på stor påverkan sommartid framförallt i Idefjorden och Indre Løperen där tillståndet med avseende på nitrat/nitrit med Kustzonsmodellens beräkningar klassas som "Dåligt", vilket hänger samman med den stora belastningen från land dels via Halden och dels via Glomma. I anslutande områden klassificerar Kustzonsmodellens beräkningar tillståndet som "Mindre God". Även i norra delarna av Yttre Oslofjorden samt i Frierfjorden klassificerar Kustzonsmodellen tillståndet som "Mindre God". Övriga delar av fjorden klassificeras sommartid som "God" eller "Mycket God".

### 5.1.2 Vintervärde

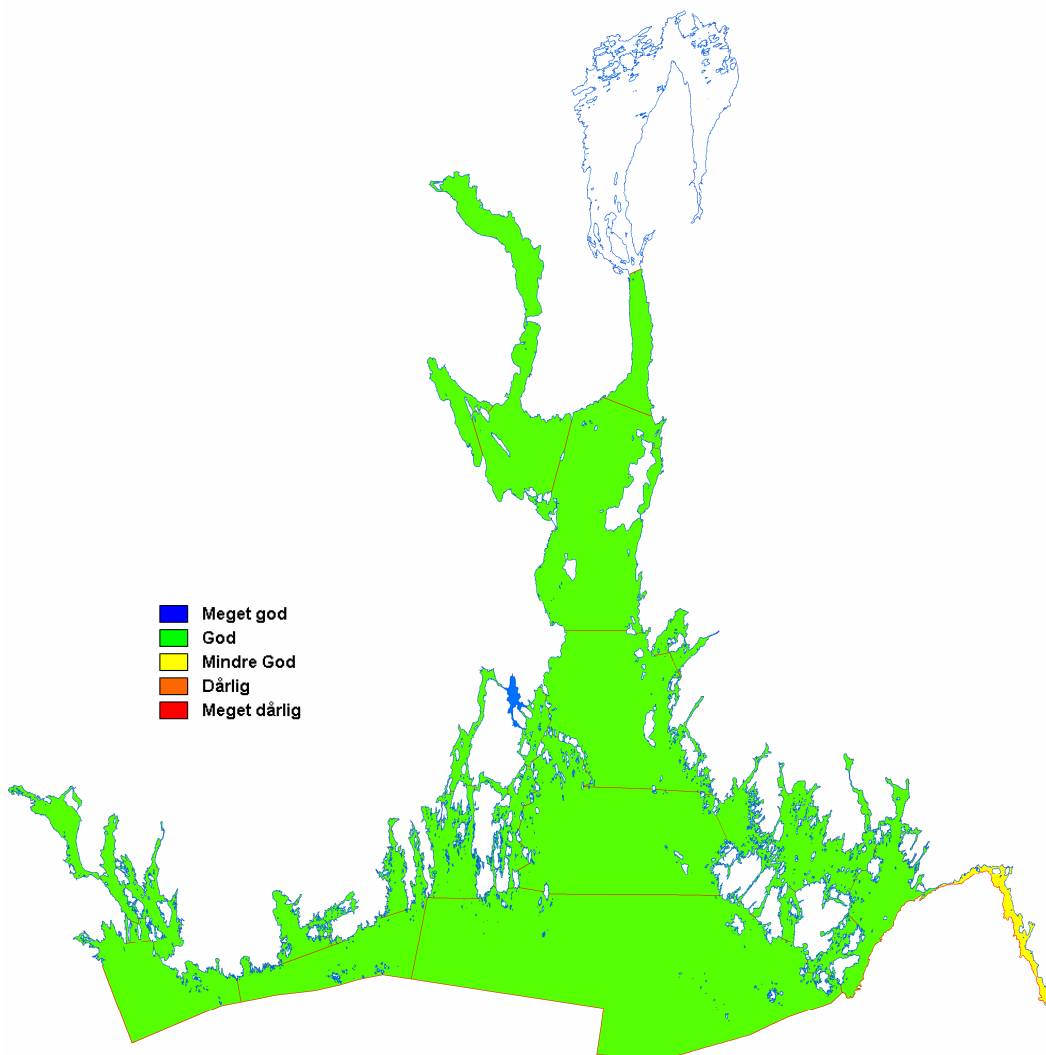


Figur 8. Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende vintervärde (december – februari) av nitrat/nitrit-kväve ( $\text{NO}_3/\text{NO}_2$ ) beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Vintertid visar Kustzonsmodellens nitrit/nitrat-klassificeringen av tillståndet på försämrade förhållanden i den västra delen av modellområdet, från Larviksfjorden till Tjøme och Vallø. I Indre Løperen förbättras tillståndet till att klassificeras som "Mindre God" vintertid. Även tillståndet i Drøbaksundet förbättras vintertid. Tillståndet i Idefjorden är oförändrat "Dåligt" även vintertid.

## 5.2 Total-kväve

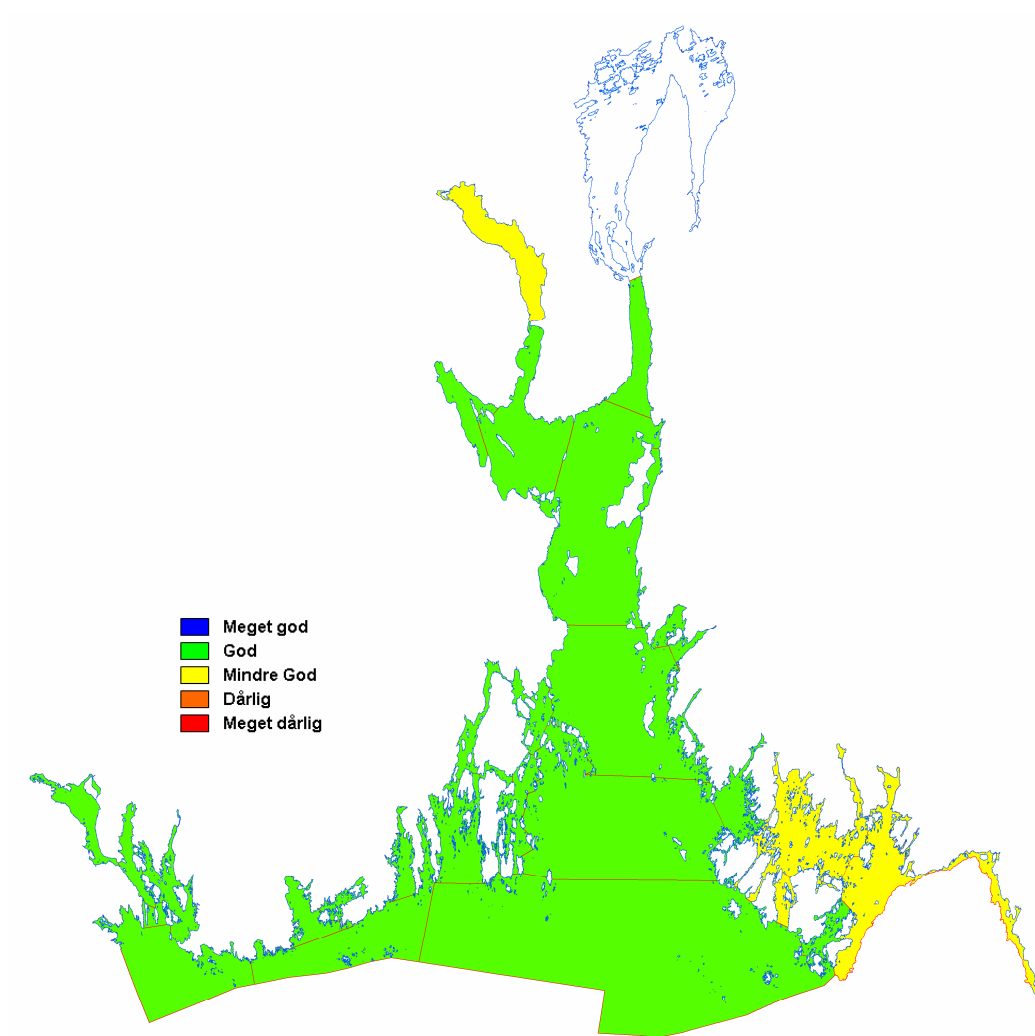
### 5.2.1 Sommarvärde



Figur 9. Klassifisering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende sommarvärde (juni – augusti) av total-kväve beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Kustzonsmodellens klassifisering av total-kväve sommartid visar på "God" eller "Mycket God" status i hela området, undantaget Idefjorden där tillståndet klassificeras som "Mindre God".

## 5.2.2 Vintervärde

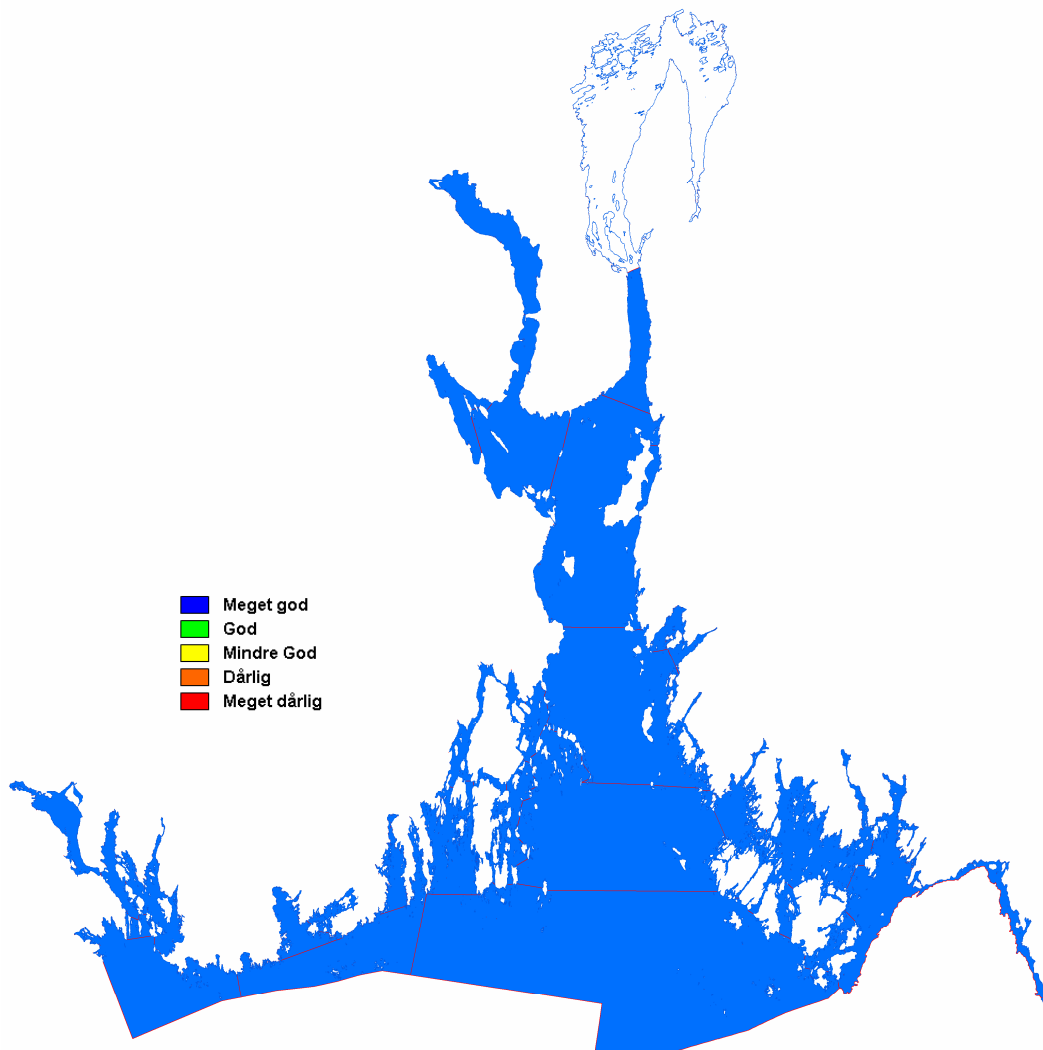


Figur 10. Klassifisering av tilstanden i ytre Oslofjorden avseende vintervärde (december – februari) av total-kväve beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Vintertid visar Kustzonsmodellen att tilstanden i såväl Drammensfjorden som Glommas utloppsområden Lera og Indre Løperen samt Singlefjorden försämras med avseende på total-kväve.

## 5.3 Fosfat-fosfor

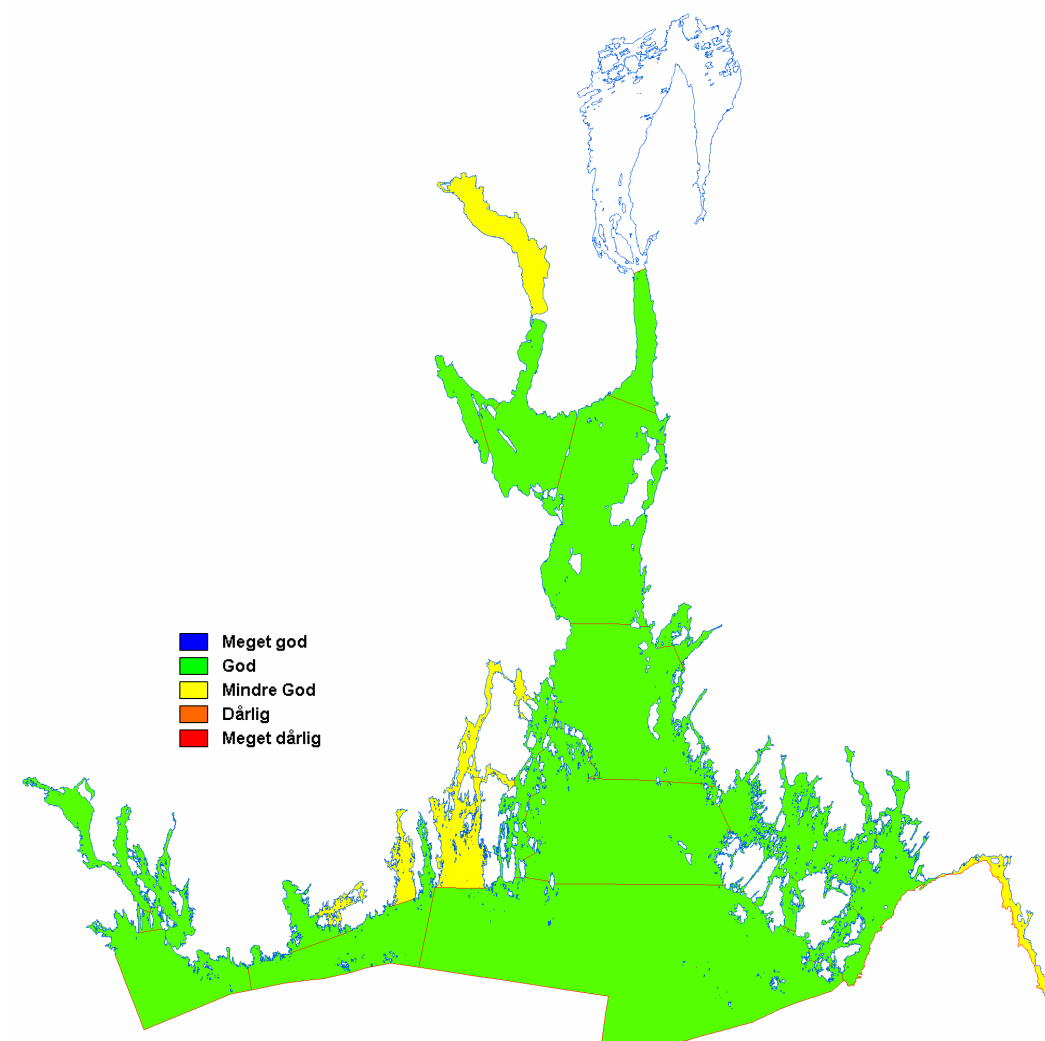
### 5.3.1 Sommarvärde



Figur 11. Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende sommarvärde (juni – augusti) av fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4$ ) beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Kustzonsmodellens beräkningar visar att tillståndet med avseende på fosfat-fosfor sommartid klassificeras som "Mycket Bra" i hela området.

### 5.3.2 Vintervärde

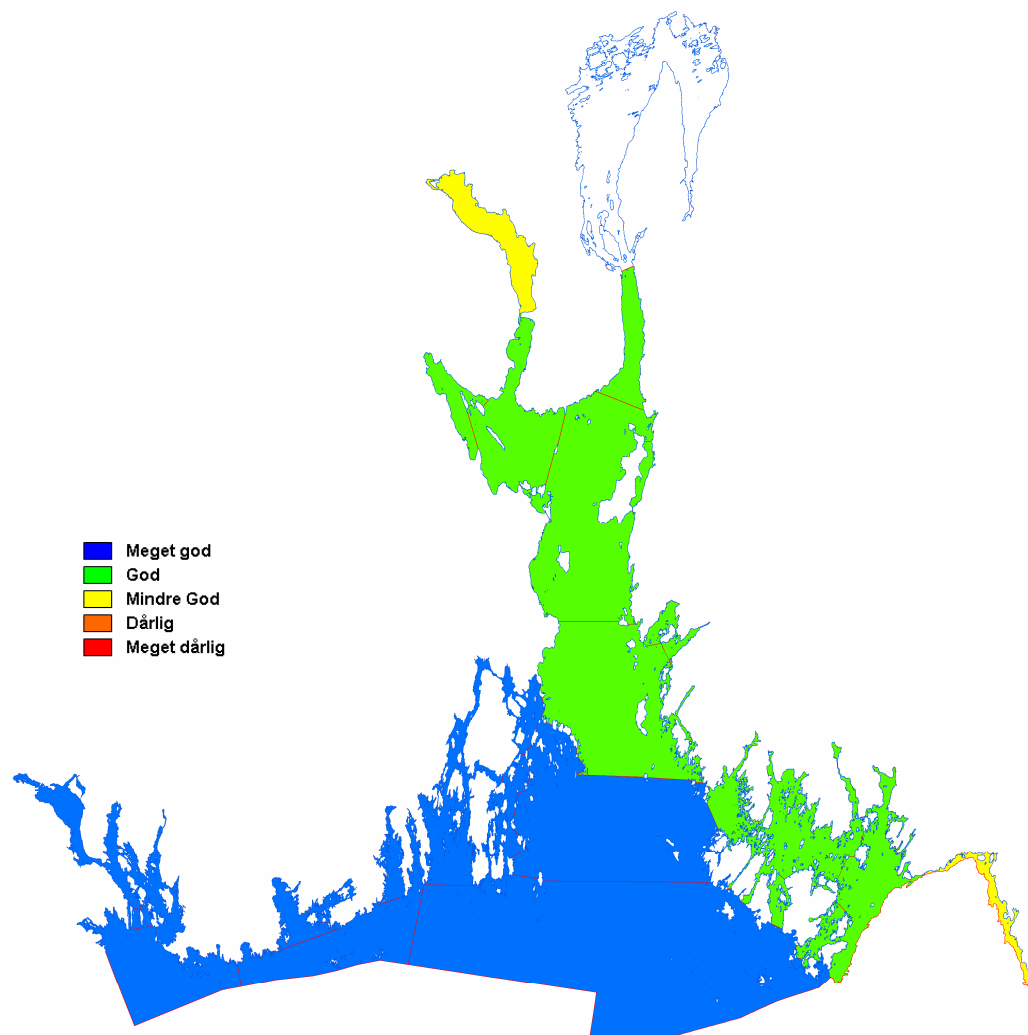


Figur 12. Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende vintervärde (december – februari) av fosfat-fosfor ( $PO_4$ ) beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Kustzonsmodellens beräkningar visar att tillståndet försämras vintertid i hela fjorden (undantaget Frierfjorden), fortfarande klassificeras tillståndet som "God" i större delarna av fjorden, men i områden som Idefjorden,

## 5.4 Total-fosfor

### 5.4.1 Sommarvärde

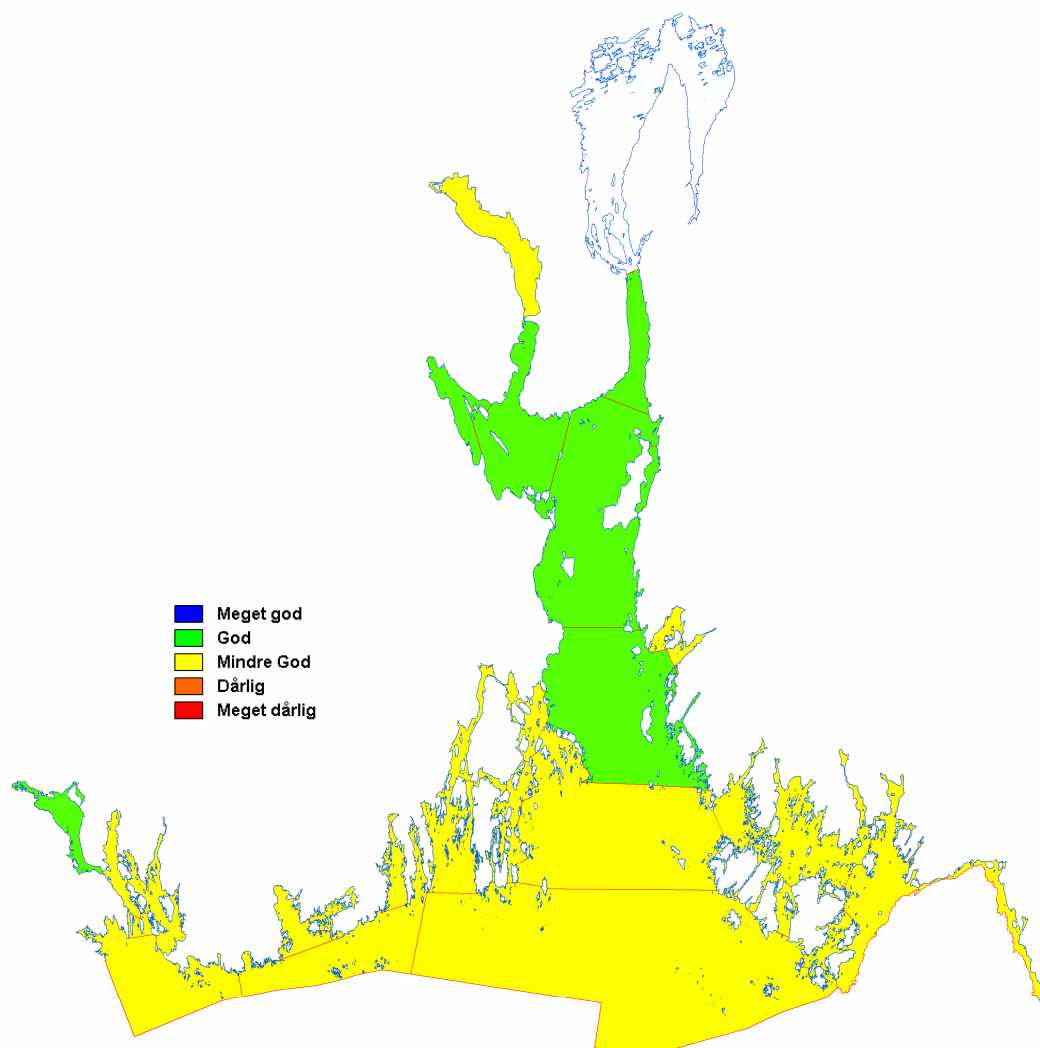


Figur 13. Klassifisering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende sommarvärde (juni – augusti) av total-fosfor beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Vid klassificering av tillståndet med avseende på total-fosfor visar Kustzonsmodellens beräkningar att yttre Oslofjorden i stort uppvisar "God" eller "Mycket God" status sommartid, med undantag för Idefjorden och Drammenfjorden.



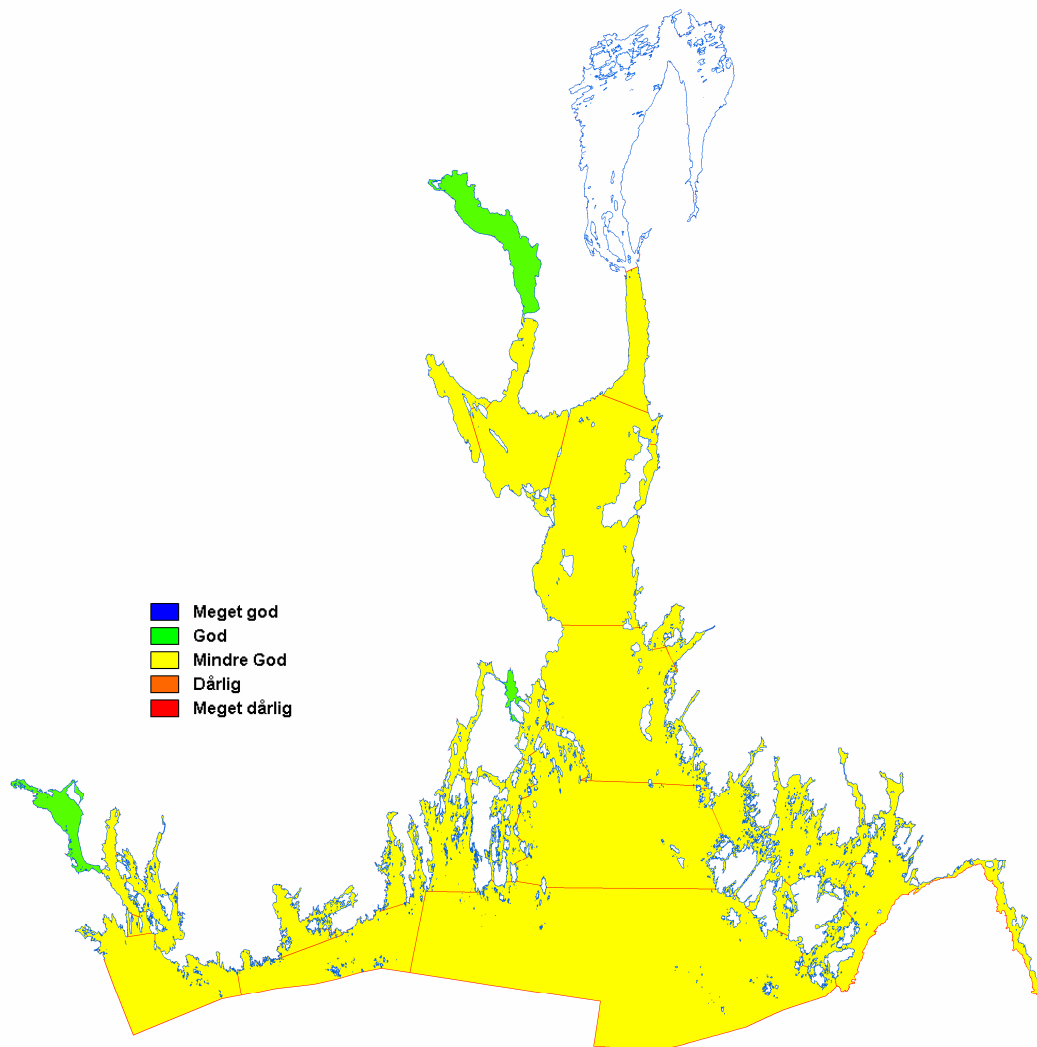
## 5.4.2 Vintervärde



Figur 14. Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende vintervärde (december – februari) av total-fosfor beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Vintertid visar Kustzonsmodellens beräkningar att tillståndet är total-fosfor försämrats till att passera gränsen för "Mindre God" i de södra och västra delarna av modellområdet. Även i Kurefjorden och i Krokstadfjorden försämrats tillståndet till att klassificeras som "Mindre God" vintertid.

## 5.5 Klorofyll-a



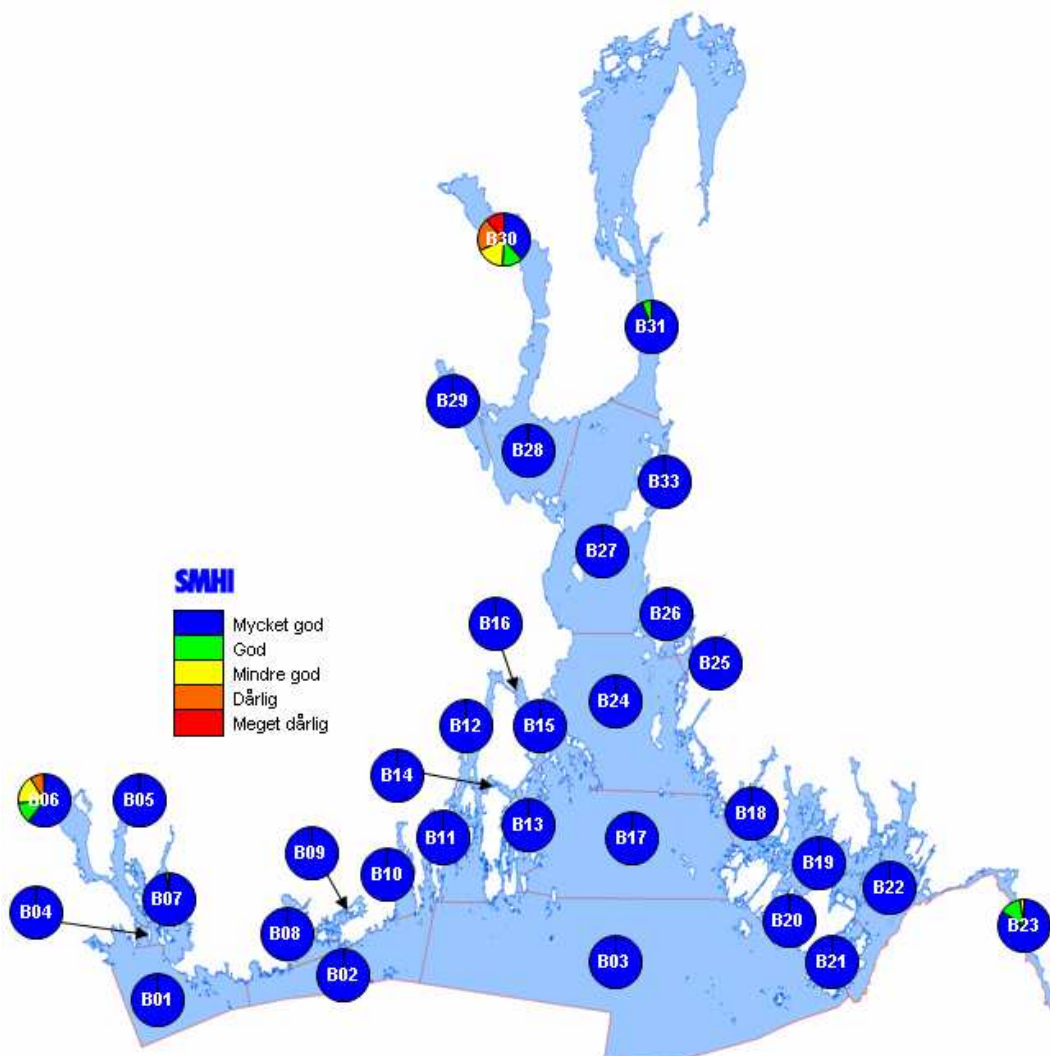
Figur 15 Klassificering av tillståndet i yttre Oslofjorden avseende sommarvärde (juni – augusti) av klorofyll-a halt beräknat med hjälp av Kustzonsmodellen.

Kustzonsmodellens klassificering av klorofylltillståndet visar på en betydande avvikelse med vad som observerats. Detta har främst sin orsak till att modellens klorofyllhalt snarare är ett mått på biomassa än faktisk klorofyllkoncentration. Kustzonsmodellen tar enbart hänsyn till ett generellt växtplankton med en konstant klorofyllkoncentration i förhållande till dess biomassa. I verkligheten varierar klorofyllhalten i förhållande till biomassan arter emellan. Inom en art varierar klorofyllhalten i förhållande till biomassan dessutom över året och beroende på vilket djup som planktonet befinner sig. För att bättre anpassa Kustzonsmodellens klorofyllhalt till faktisk klorofyllhalt skulle man kunna bestämma en omvandlingsfaktor mellan biomassa och klorofyllhalt utifrån kännedom om vilka arter som dominerar under året. För att göra denna bedömning krävs god kännedom om förhållandena i fjorden.

Ytterligare en aspekt som påverkar avvikelsen mellan observerad klorofyllhalt och beräknad klorofyllhalt är det faktum att man vid klassificering av fjordens tillstånd baserat på mätningar fastställer det utifrån ett medianvärde av sommarobservationerna. Med Kustzonsmodellens hjälp har vi fastställt tillståndet

genom att medelvärdesbilda dagliga värden över en period som sträcker sig från 1 juni till 31 augusti. Medelvärdesbildning av observerat värde visar i allmänhet på högre koncentrationer än medianvärdet.

### 5.5.1 Syrgas



Figur 16. Klassificering av tillståndet med avseende på syrgashalt i hela vattenmassan under perioden 2001-2003 beräknat med Kustzonsmodellen. Cirkeldiagrammen illustrerar hur stor relativ vattenvolym i varje havsområde som klassas enligt SFTs klassificering.

Tillståndsklassificeringen av syrgasförhållanden i fjorden skall baseras på djupvattenkoncentrationer. Då tolkningen av vad som skall betraktas som djupvatten detta inte är entydig har vi valt att redovisa klassificeringen utifrån varje havsområdes totala vattenvolym. Varje havsområde representeras i kartan av ett cirkeldiagram. I varje cirkeldiagram finns en beteckning (**Bxx**), vilket motsvarar Kustzonsmodellens delbassänger, se tabell 1.

Tillståndsklassificering för syrgas har baserats på medelvärden för varje djup av Kustzonsmodellens syrgashalter under perioden 2001-2003. Då motsvarande klassificering har genomförts baserat på observationer har man valt ut den enskilt

sämsta observationen i varje havsområde att representera tillståndet. Detta gör att betydande avvikelser kan förekomma vad det gäller syrgasklassificeringen mellan de olika metoderna.

Modellen visar att i yttre Oslofjorden i stort kan klassificera syrgastillståndet som ”Mycket God” eller ”God”. Endast Idefjorden och Drammenfjorden avviker. Kustzonsmodellens beräkningar visar att för den period som vi studerat så är tillståndet i drygt halva vattenvolymen i Drammensfjorden att betrakta som ”God” eller ”Mycket God”. Ungefär 12% av vattenvolymen klassificerar Kustzonsmodellen tillståndet i Drammensfjorden som ”Mycket Dåligt”.

Medan förhållandena i djupvattnet i Drammensfjorden är förhållandevis stagnant, med endast sporadiskt utbyte av djupvattnet, visar Kustzonsmodellen att utbytet av djupvatten i Idefjorden sker årligen (se bilaga), men att syrgaskonsumtionen i området är så intensiv att syrgasen i djupvattnet helt förbrukas mellan inflödestillfällena. Vid en medelvärdesbildning över året av syrgaskoncentrationerna beräknade med Kustzonsmodellen medför detta det att endast 3% av vattenvolymen i Idefjorden klassificeras som ”Mindre God”, trots att stora delar av djupvattnet årligen når ned till syrgaskoncentrationer som motsvarar ”Mycket Dålig” status.

## 6 Scenarieberäkningar

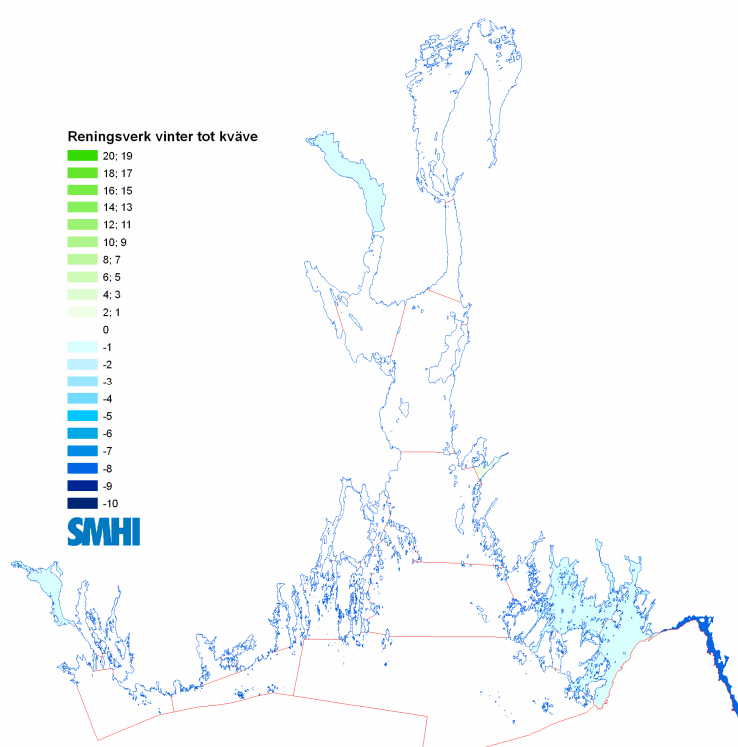
Tre olika scenariestudier har genomförts i syfte att studera vilka effekter olika typer av reningsåtgärder har i yttre Oslofjorden. Två scenarier fokuserar på lokala åtgärder genomförda i yttre Oslofjordens avrinningsområde. Det första rör åtgärder på reningsverks och det andra omfattar åtgärder inom jordbrukssektorn. Den förändrade belastningen från land som dessa åtgärder medför har beräknats av DNV. Den tredje scenariestudien fokuserar på den påverkan Skagerack har på Oslofjorden.

### 6.1 Reningsverk

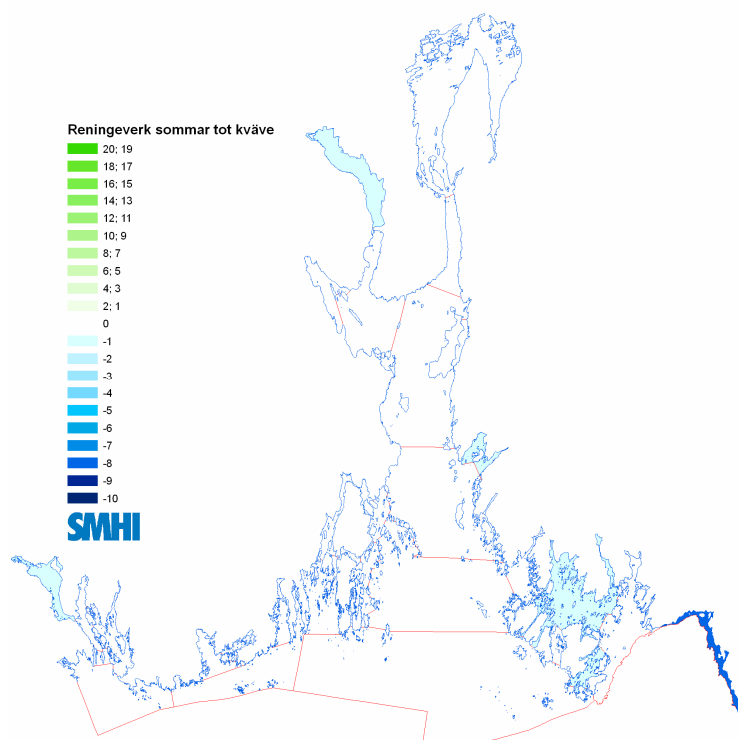
I detta scenario antas kvävereningen i reningsverken uppgår till 70%, för såväl total-kväve som oorganiskt kväve (nitrat/nitrit och ammonium). Antagande påverkar 14 reningsverk i yttre Oslofjordens avrinningsområde. Hur stor effekt detta har på yttre Oslofjorden baseras på ett antagande, då det enbart finns sporadiska data tillgängligt från varje enskilt reningsverk och då enbart i form av uppmätt total-kvävehalt.

Den sammanlagda lokala tillförseln av kväve till yttre Oslofjorden uppgår till 24.000 ton per år. Tillsammans bidrar de 14 reningsverken med en belastning i yttre Oslofjorden på 1.600 ton kväve per år, vilket är 7% av den totala belastningen.

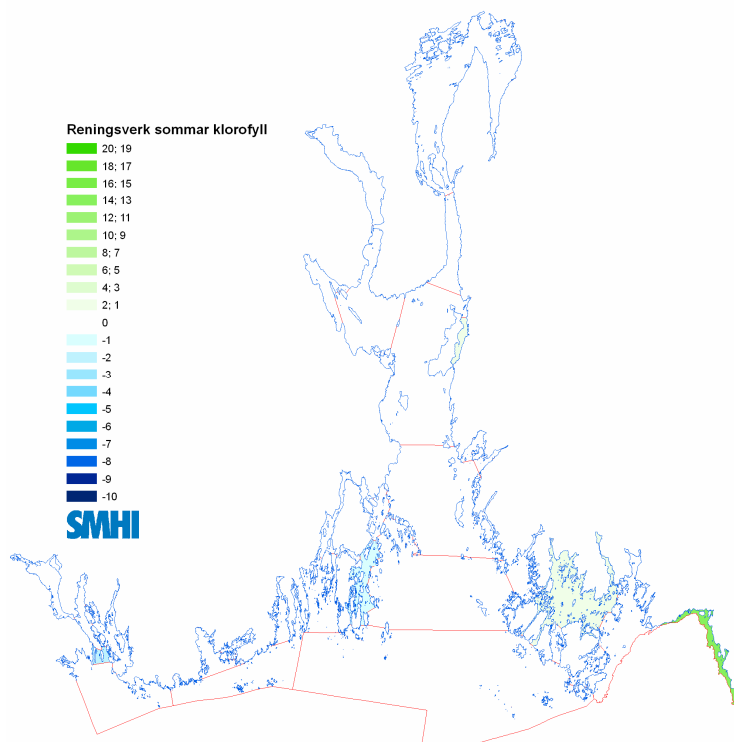
Scenarioberäkningarna med Kustzonsmodellen visar på störst påverkan i inneslutna områden med begränsat vattenutbyte med den centrala delen av fjorden vad det gäller total-kväve både vintertid som sommartid (figurer 17 och 18). Intressant nog finner man att Idefjordens respons till åtgärden renderar i större klorofyllkoncentrationer sommartid. Procentuellt är påverkan relativt stor, men i faktiska tal rör det sig om en ökning av medelhalten med 0.5 µg-chl/l under perioden juni-augusti.



Figur 17. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), vintertid, efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda på reningsverken i området.



Figur 18. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), sommartid, efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda på reningsverken i området.



Figur 19. Procentuell förändring av klorofyllhalt i ytan (0-10 m), sommartid, efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda på reningsverken i området.

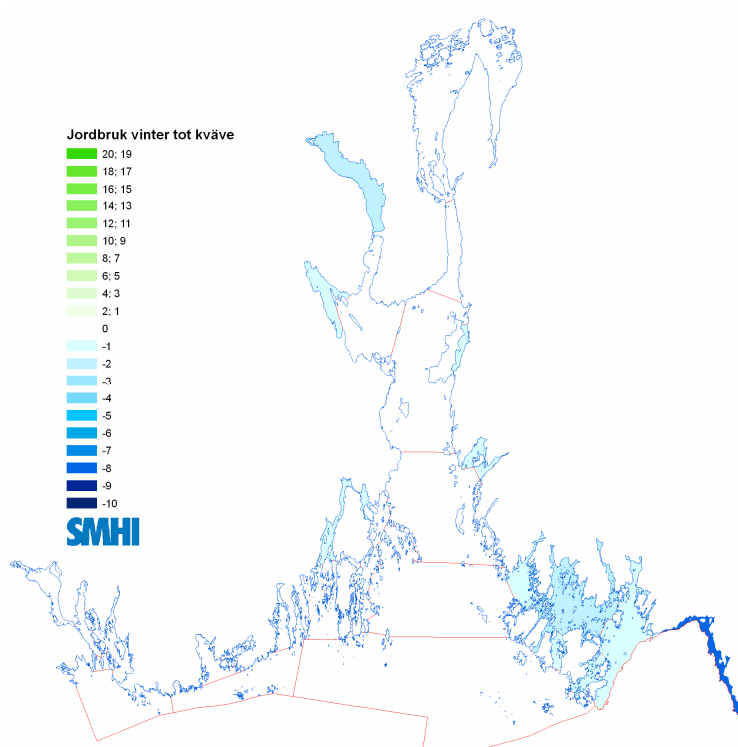
Förklaringen till den ökade koncentrationen av växtplankton i Idefjorden hänger samman med att genom föreslagna åtgärder minskas belastningen av löst organsikt material till Idefjorden så pass mycket att modellens djurplanktontillväxt påverkas negativt och härigenom minskar betningstrycket på växtplankton.

## 6.2 Jordbruk

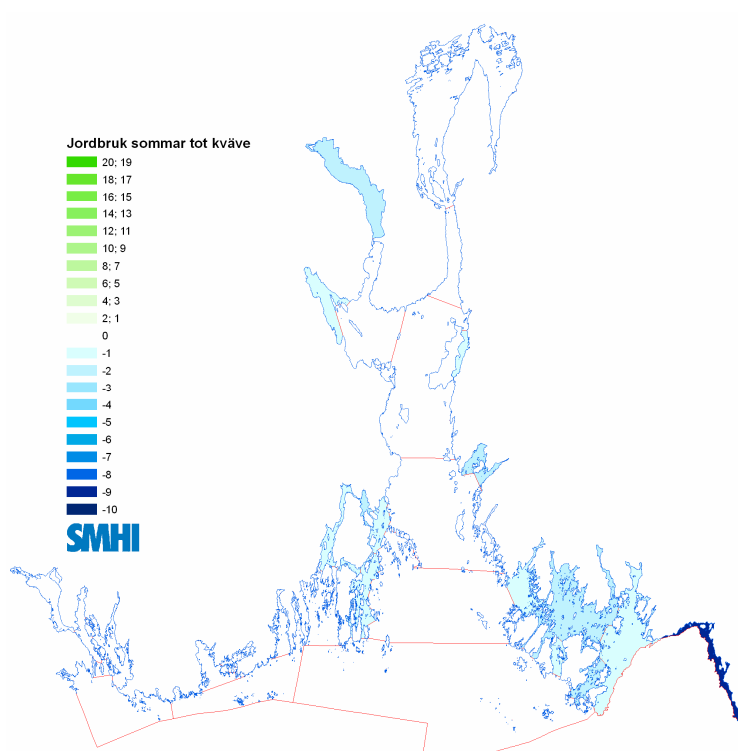
Scenariots antagande baseras på att jordbrukssektorn minskar belastningen i varje avrinningsområde med 25%. Åtgärderna innebär att såväl kväve- som fosforbelastningen påverkas.

Kustzonsmodellen kräver att denna förändrade belastning beräknas för varje havsområde/delbassäng. Till vår hjälp har vi använt oss av TEOTIL-modellens beräkningar för vattendrag och avrinningsområden. Härigenom har vi kunnat fastställa att exempelvis en 25% reduktion av jordbruksbaserad kvävebelastning i Aunliälvens avrinningsområde medför en 18 % reduktion av kvävebelastningen i Vestfjorden och 17% reduktion av fosforbelastningen i området. I andra områden innebär en 25% reduktion av jordbruksbygden belastning en betydligt mindre påverkan på kustvattnen. Totalt innebär en 25% reduktion av jordbrukets kvävebelastning en 11% reduktion av den lokala belastningen i yttre Oslofjorden.

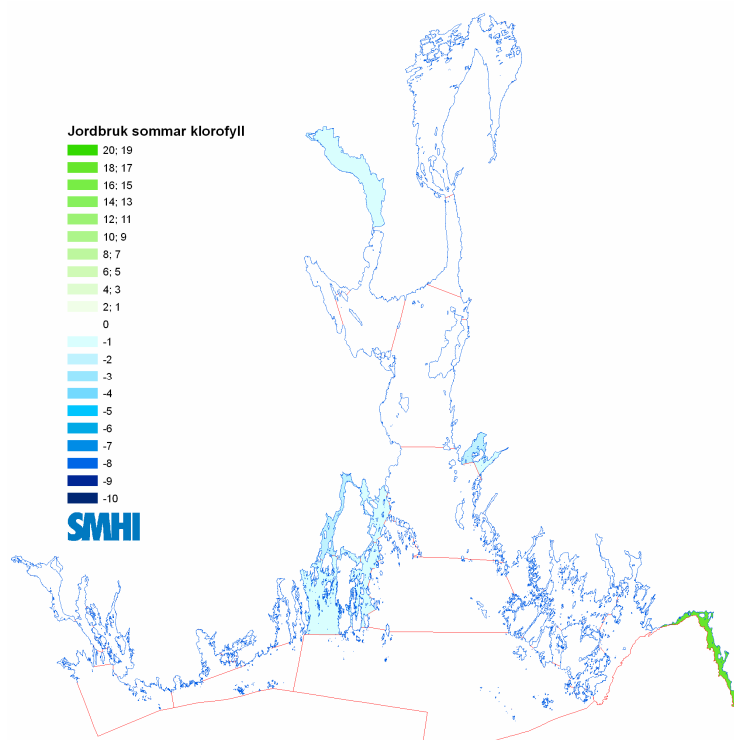
På samma sätt som i fallet med åtgärder ålagda lokala reningsverk, så har åtgärder inom jordbrukssektorn enbart lokala effekter i områden med begränsat utbyte med de centrala delarna av Oslofjorden. Framförallt påverkas inneslutna områden belägna i jordbruksbygder.



Figur 20. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), vintertid, efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda inom jordbrukssektorn i området.



Figur 21. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), sommartid, efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda inom jordbrukssektorn i området.



Figur 22. Procentuell förändring av klorofyllhalt, sommartid i ytan (0-10 m), efter genomförd 14 års simulering med åtgärder gjorda inom jordbrukssektorn i området.

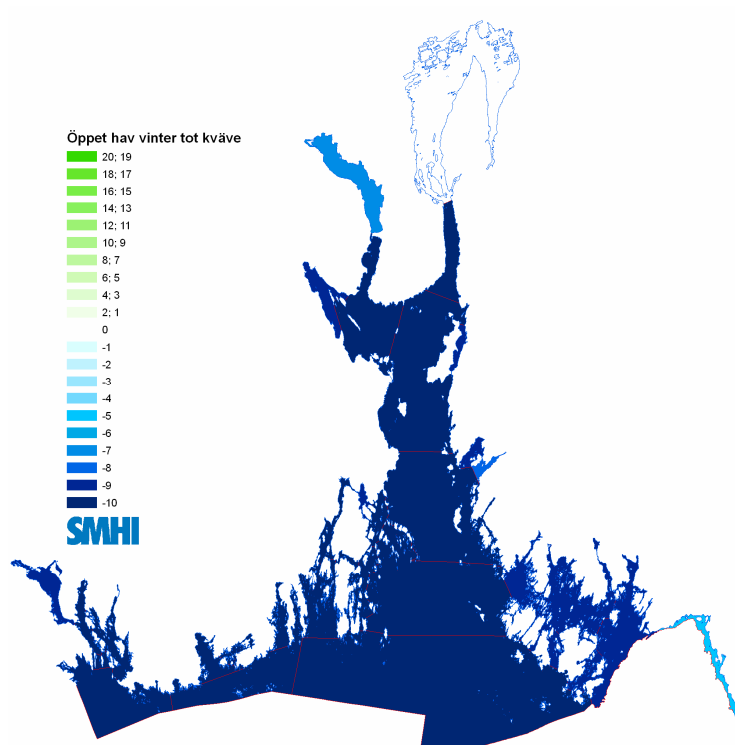
Även med genomförda jordbruksåtgärder rubbas balansen mellan primär- och sekundärproducenter så att tillväxten av växtplankton gynnas i Idefjorden med föreslagna åtgärder. Förklaringen står att finna i den minskade belastningen av löst organsikt material till ett område med hög belastning från land och med ett begränsat utbyte med omgivande kustvattenområden.

### 6.3 Skagerack

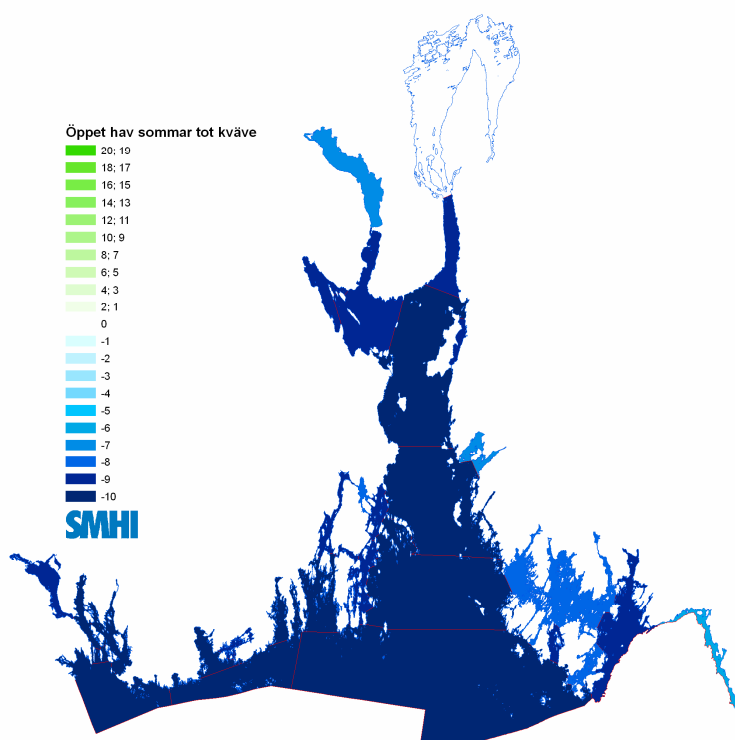
Tillståndet i det öppna havet utanför Oslofjorden påverkar tillståndet inne i fjorden i hög grad. Stora delar av Oslofjorden är inte avgränsade mot Skagerack med trånga och grunda förbindelser, utan vattnet kan utbytas relativt obehindrat. Det tredje och sista scenariot i denna studie fokuserar på vad en tänkt förbättring av Skageracks tillstånd skulle ha på Oslofjordens tillstånd. Vi har antagit att såväl kväveförhållanden som fosforförhållanden i Skagerrack är 10% lägre jämfört med uppmätt värde under hela simuleringsperioden. Antagandet är baserat på tidigare modellstudier som genomförts vid Havsforskningsinstitutet i Bergen, vilken visar tillståndet i Skagerack är starkt kopplat till förhållanden i framförallt Nordsjön men även i Östersjön.

Kustzonsmodellen visar att om det vore möjligt att uppnå ett förändrat tillstånd i Skagerack, så skulle det återspegla sig i Oslofjordens tillstånd. Såväl de öppna vattenmassorna som de mer inneslutna fjordarna skulle påverkas mycket. Intressant att notera att även om Idefjordens total-kväve halter såväl sommartid som vintertid påverkas mindre än vid de ovan föreslagna lokala åtgärderna så minskar koncentrationerna av växtplankton sommartid något i detta scenario.

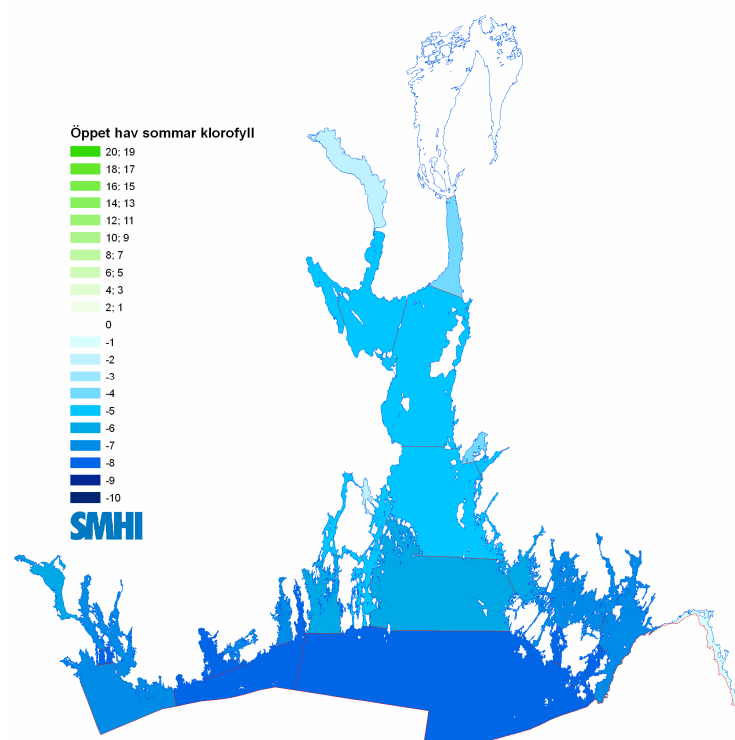




Figur 23. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), vintertid, efter genomförd 14 års simulering där belastningen från Skagerack reducerats med 10%.



Figur 24. Procentuell förändring av totalkvävehalt i ytan (0-10 m), sommartid, efter genomförd 14 års simulering där belastningen från Skagerack reducerats med 10%.



Figur 25. Procentuell förändring av klorofyllhalt, sommartid i ytan (0-10 m), efter genomförd 14 års simulering där belastningen från Skagerack reducerats med 10%.

## 7 Slutsatser

Kustzonsmodellens beräkningar visar på en mycket god överensstämmelse med observerade data vad det gäller hydrografi (salthalt och temperatur), näringsämnen (nitrat, total-kväve, fosfat och total-fosfor) och syrgas i de områden där observationer genomförs. Något sämre överensstämmelse återfinns i Kustzonsmodellens beräkningar av klorofyllhalt jämfört med observerad halt, mycket beroende på att modellen betraktar klorofyllhalten som en mått på biomassa snarare än faktisk klorofyllhalt.

Med hjälp av Kustzonsmodellen är det härigenom möjligt att genomföra en övergripande klassificering av yttre Oslofjordens ekologiska tillstånd, som ett komplement till det mätprogram som genomförs i fjorden. Klassificeringen visar generellt på bättre förhållanden sommartid än vintertid vad det gäller näringsämnen, med vissa undantag. Exempelvis visar områdena kring Glommas utlopp på bättre förhållanden under vintern när det gäller nitrat/nitrit.

Scenariestudierna visar att Oslofjordens centrala delar är väl ventilerad med vatten från Skagerack och att lokala åtgärder genomförda i området endast får väldigt lokala effekter i fjordar med stor belastning från punktutsläpp eller jordbruksmark och med begränsat vattenutbyte genom trånga förbindelser eller skärgårdsområde.

## 8 Referenser

- Areskoug, H. (1993): Nedfall av kväve och fosfor till Sverige, Östersjön och Västerhavet, Naturvårdsverket, rapport 4148.
- Brandt, M. & Ejhed, H. 2002. TRK. Transport - Retention - Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket rapport 5247.
- Marmefelt, E., Arheimer, B. & Lagner, J. 1999. An integrated biogeochemical model system for the Baltic Sea. *Hydrobiologia* 393: 45-56.
- Marmefelt, E., Håkansson, B., Erichsen, A.C. & Hansen, S. 2000. Development of an Ecological Model System for the Kattegat and the Southern Baltic. SMHI Rapport Oceanografi (RO) nr 29. 76 sid.
- Marmefelt, E., Olsson H., Lindow H. och Svensson J. 2004. Integrerat Kustzonssystem för Bohusläns skärgård. SMHI Oceanografi nr 76.
- Marmefelt, E. och H. Olsson, 2005. Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten. SMHI Oceanografi nr 80.
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914.
- Olsson, H. & Årnfelt, E. 2003. Kustzonsmodellen i regional miljöanalys. SMHI Oceanografi nr 74. 2003.
- Svensson, U. 1998. PROBE An Instruction Manual. SMHI Rapport Oceanografi (RO) nr 24.

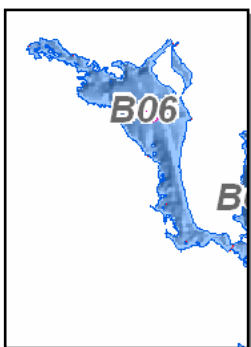
## 9 Bilagor

I syfte att validera Kustzonsmodellen har en jämförelse mellan mätningar och modellresultat genomförts för ett antal bassänger av speciellt karaktär. Genom att jämföra modellens tidserier med observerade värden i ytan och på ett djup nära botten erhålls en god uppfattning av hur väl modellen beskriver det faktiska förhållandet i varje område. Simuleringsperioden för Kustzonsmodellen sträcker sig från år 1990 till och med år 2003. Nuvarande mätprogram inleddes år 2001 varför valideringen koncentrerats till de tre sista åren. Orsaken till den väl tilltagna simuleringsperioden är att undvika problem med felaktigt ansatta startvärden för modellen. På så sätt öka tillförlitligheten av klassificeringen av Oslofjordens tillstånd, vilken genomförts för samma period som mätprogrammet pågått, dvs 2001-2003. Modellens insvängningsperiod är beroende av dels hur väl startvärdena är valda samt på omsättningstider av vatten och näringsämnen i havsområdet i fråga. Insvängningsperioden varierar därför från område till område.

Valideringen av Kustzonsmodellen har genomförts på så sätt att en station belägen i området fått representera hela havsområdets tillstånd. I vissa fall kan detta bli missvisande, då Kustzonsmodellen beräknar ett medelvärde av hela havsområdets tillstånd medan positionerna för mätstationerna ofta är valda så att de fångar effekter från punktsläpp eller vattendrag. Detta måste beaktas vid tolkningen av modellens resultat kontra mätningar.

Generellt beskriver Kustzonsmodellen förhållandena väl i yttre Oslofjorden, både vad det gäller hydrografi (vilket avspeglar sig i tidserierna för salthalt, temperatur och syrgas) och näringsämnen (nitrat-kväve och fosfat-fosfor). I områden med måttlig tillrinning från land beskriver Kustzonsmodellen även växtplankton dynamiken väl, däremot är modellens maximala koncentration för låg under produktionssäsongen i de områden där tillrinningen är hög.

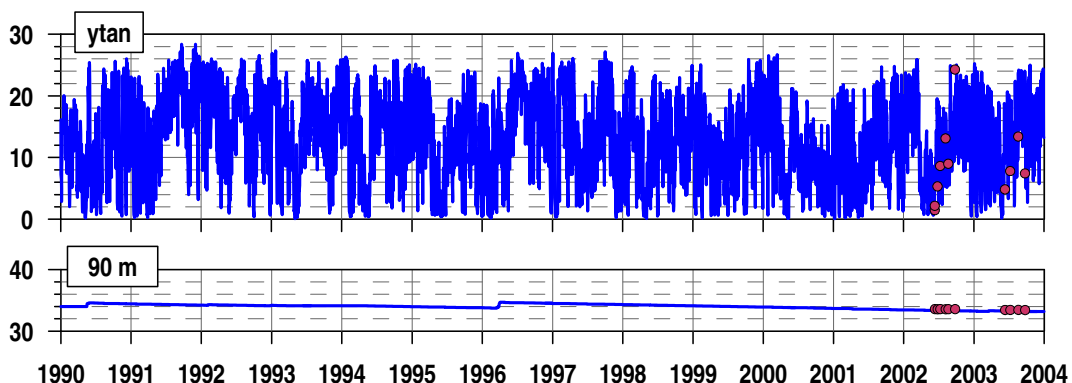
## 9.1 Frierfjorden



Figur 26. Hypsografisk karta över Frierfjorden, B06. Stationerna **BC-1** är belägen i Frierfjorden.

Som en följd av utsläpp av organiskt material och näringsämnen från industrier och kommunala avlopp har syrgasförhållande i Frierfjorden och de utanförliggande bassängerna försämrats sedan 70-talet. Sämst har förhållandena i Frierfjorden varit med periodvis nära nog anoxiska förhållanden (tillstånd ”Dåligt” – ”Mycket Dåligt”). Efter att på 80- och 90-talet har genomfört en ökad rening och reducerat tillförseln till området, har tillståndet i fjorden förbättrats. Fortfarande observeras dock tillfällena med försämrat syrgastillstånd i bassängen (”Mindre God” – ”Dålig”). Dessa stagnationsperioder med dåliga syrgasförhållanden varar ofta mer än ett år.

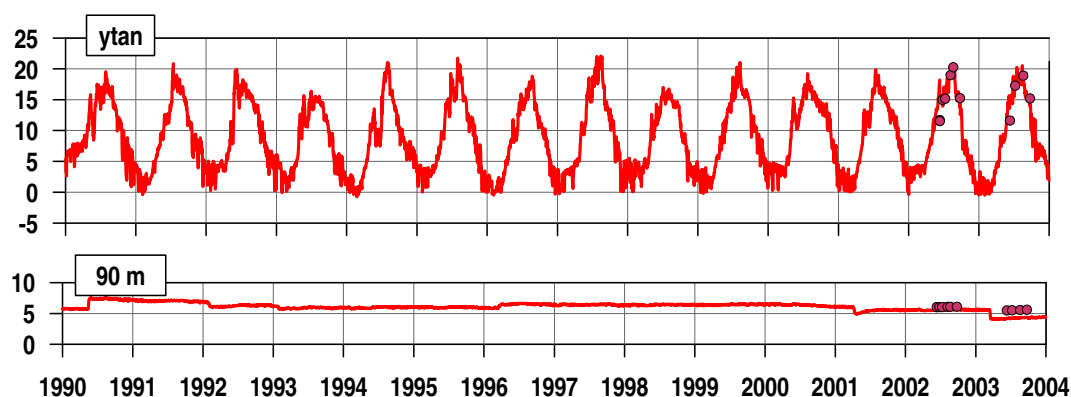
### 9.1.1 Salthalt



Figur 27. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **BC -1**.

Såväl observationer som Kustzonsmodellen visar på ett ytvatten med mycket variabel salthalt, starkt påverkat av tillrinningen från Auliälven och ett djupvatten på 90 m djup med mindre fluktuationer.

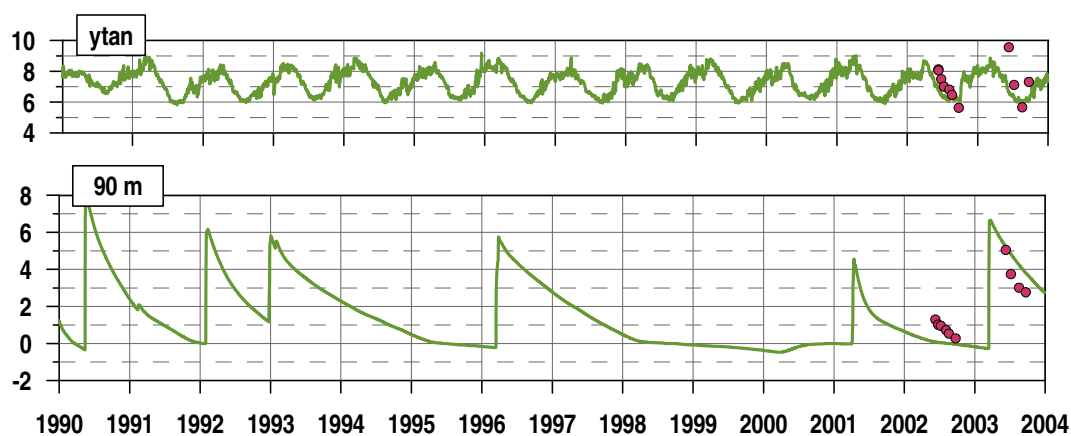
### 9.1.2 Temperatur



Figur 28. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodellen (röd linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **BC -1**.

Kustzonsmodellens temperaturfluktuation återspeglar variationerna i mätdata mycket väl.

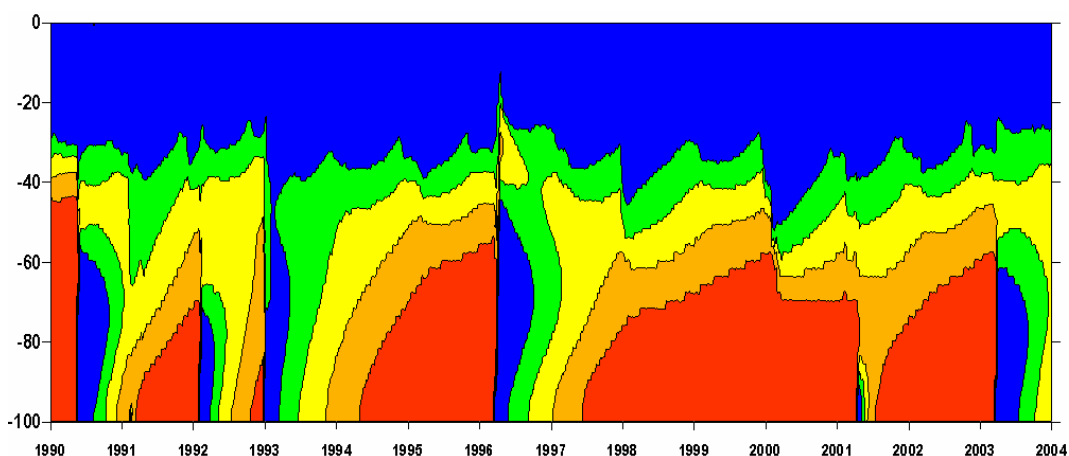
### 9.1.3 Syrgas



Figur 29. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **BC -1**.

Kustzonsmodellens beräkningar visar på långa stagnanta perioder på 90 m . Under dessa perioder förbrukas syrgasen i djupvattnet. Då nytt syrerikt vatten kommer in i fjorden, förbättras syrgasförhållandena i djupvattnet under en tid för att sedan åter sjunka till väldigt låga nivåer. Kustzonmodellens beräkningar visar att dessa perioder med inflödande syrerikt tungt vatten inte inträffar årligen. I vissa perioder kan det dröja åtskilliga år mellan två utbytestillfällen. Mätningarna, som inleddes 2002, visar på att syrgasen i djupvattnet hinner förbrukas helt innan nytt syrerikt vatten åter strömmar in i området.

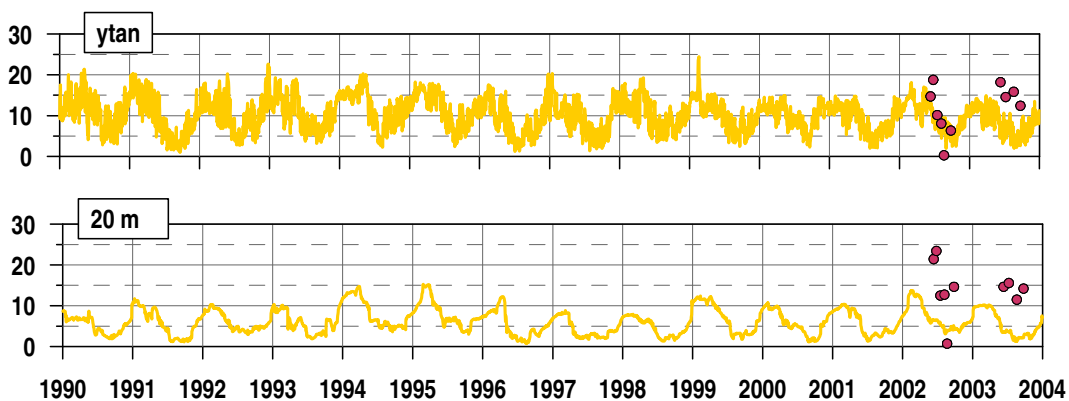
### 9.1.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 30. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Kustzonsmodellens beräkningar visar att i Frierfjorden är vattnet under 40-50 m djup underskrider syrgashalterna påfallande ofta gränsvärdet för "God" status. På mindre än ett år efter ett inflöde med nytt syrerikt vatten har syrgasen i djupvattnet förbrukats och underskrider på nytt gränsvärdet för "God" status.

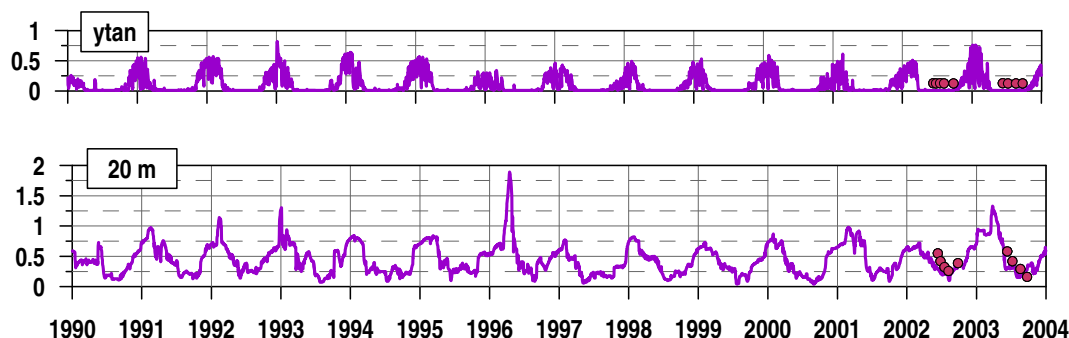
### 9.1.5 Nitrat



Figur 31. Nitrat (µmol/l) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **BC -1**.

Kustzonsmodellen visar på en tydlig årstidssäsong i nitrat, både i yta och på 20m. Mätprogrammet i fjorden omfattar enbart sommarperioden, och det är svårt att avgöra om modellen fångar vinterkoncentrationerna i ytan. 2002 stämmer modellen väldigt bra överrens med mätningarna i ytan medan den är c:a 5 µmol/l för låg under 2003. Det är svårt att dra några generella slutsatser på en så kort jämförelseperiod. Generellt uppvisar dock mätningarna en större variabilitet än modellen, framförallt på 20 m djup.

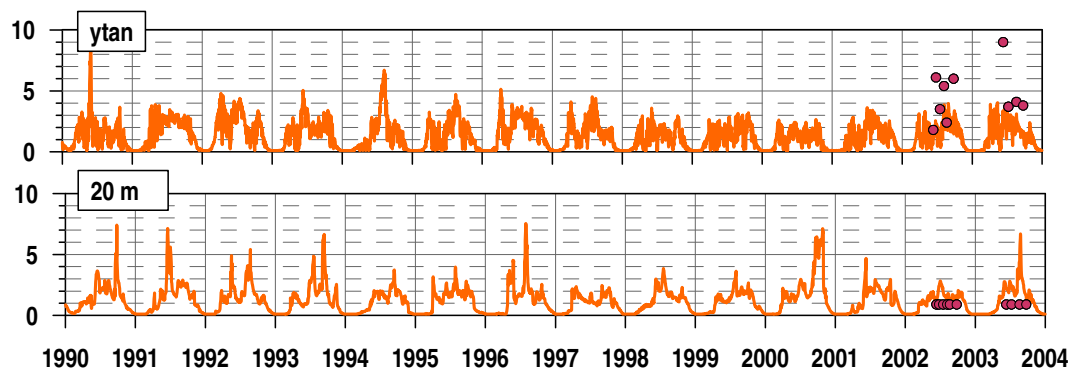
### 9.1.6 Fosfat



Figur 32. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **BC-1**.

När det gäller fosfat stämmer Kustzonsmodellens resultat och mätningar stämmer väldigt väl överens i Frierfjorden. På samma sätt som för nitrat är det dock svårt att avgöra huruvida modellen fångar vinterkoncentrationerna rätt, då inga mätningar utförs vintertid.

### 9.1.7 Växtplankton

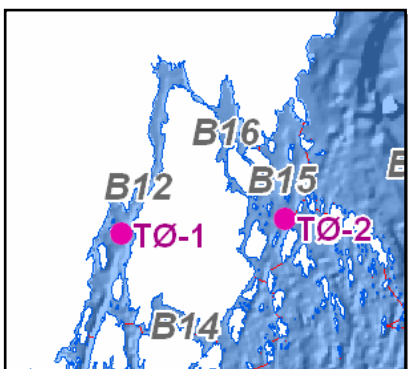


Figur 33. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **BC-1**.

Växtplankton är den variabel i Kustzonsmodellen som är svårast att validera utifrån jämförelser med mätdata. Kustzonsmodellen producerar visserligen tidsserier av klorofyllhalt, med modellens klorofyllhalt motsvarar inte helt den klorofyllhalt som observeras. Kustzonsmodellens klorofyllhalt är snarare ett mått på biomassa. Det faktum att klorofyllhalten i ett plankton varierar under året och beroende på djup tar modellen inte hänsyn till. Denna diskrepans mellan observerat klorofyll och Kustzonsmodellens klorofyll får till följd att modellen uppvisar för låga klorofyllhalter i områden där tillrinningen är förhållandevis stor. Frierfjorden är ett exempel på ett sådant område där Falkumälvens avrinning påverkar planktonodynamiken i området. Alldeles yt nära är modellens klorofyllkoncentrationer något lägre än observationerna visar.



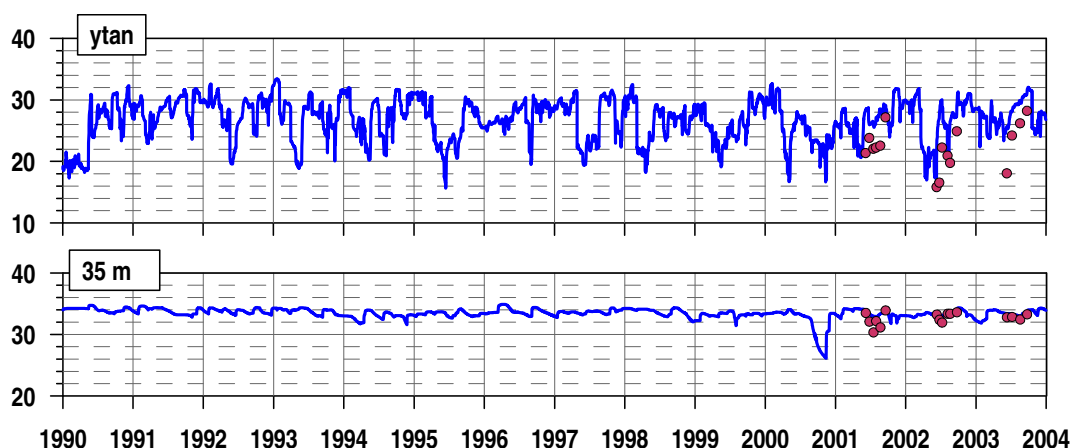
## 9.2 Vestfjorden



Figur 34. Hypsografisk karta över Vestfjorden, **B12**. Positionerna för stationerna **TØ-1** och **TØ-2** (belägen i Vallø, **B15**) är markerade med röda punkter.

Vestfjorden och det angränsande fjordsystemet påverkas av stor näringsämnesbelastning från lantbruk i avrinningsområdet och av den starkt eutrofierade Aunliälven, som mynnar i fjorden. Tillförseln av näringsämnen medför relativt stora förekomster av alger under sommarperioden, vilket tillsammans med organsikt material ger upphov till en hög sedimentation av organsikt material i bassängen. Det grunda tröskelområdet som avskärmar fjorden mot det öppna havet medför att vattenutbytet i området är litet. Det innebär att den stora näringsämnestillförseln till området ofta leder till dåliga syrgasförhållanden i fjorden.

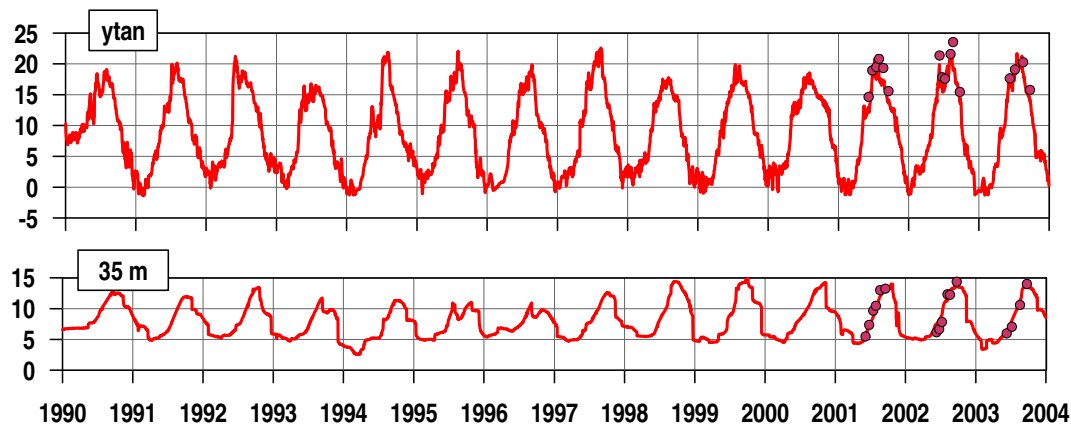
### 9.2.1 Salthalt



Figur 35. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 35 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **TØ-1**.

Såväl observationer som Kustzonsmodellen visar på ett ytvatten med variabel salthalt, starkt påverkat av tillrinningen från Aunliälven och ett djupvatten på 35 m djup med mindre fluktuationer.

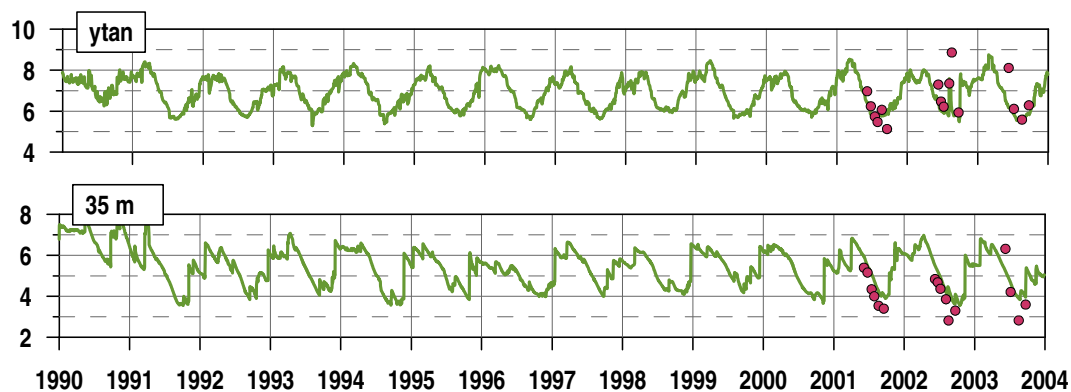
## 9.2.2 Temperatur



Figur 36. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodellen (röd linje) i ytan (2 m) och på 35 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station TØ-1.

Kustzonsmodellens temperaturfluktuation återspeglar variationerna i mätdata väl.

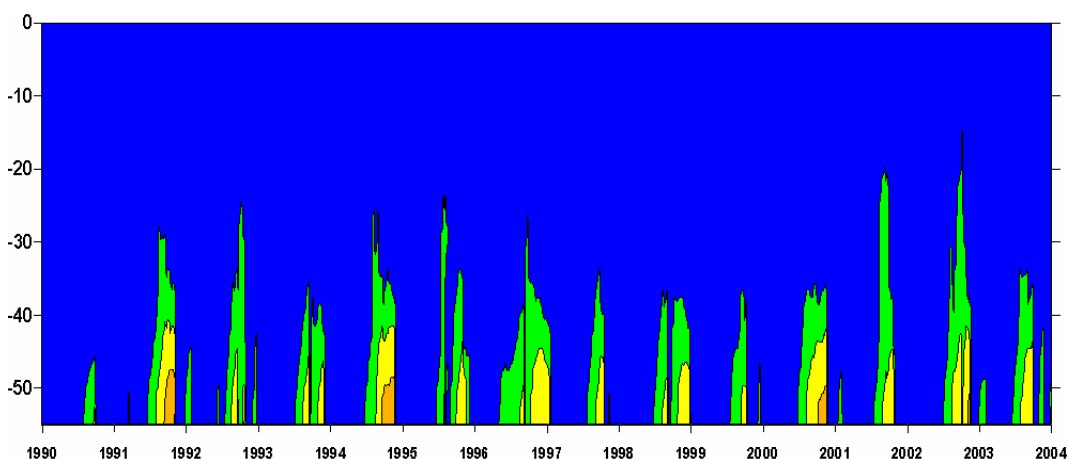
## 9.2.3 Syrgas



Figur 37. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 35 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station TØ-1.

Kustzonsmodellens syrgashalt visar på en årlig variation i djupvattnet och ytvattnet som överrensstämmer sinsemellan, vilket tyder på att vattenmassan på 35 m djup i Vestfjorden ventileras av väl syresatt vatten från Tønsbergsfjorden.

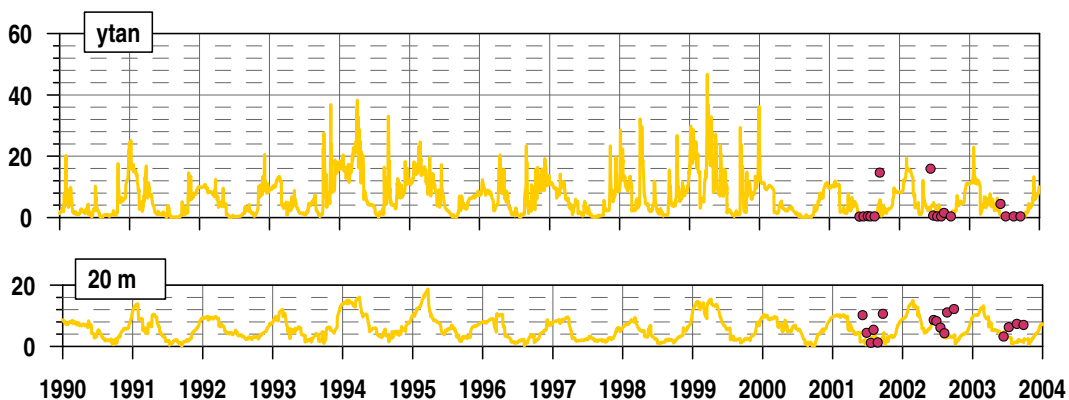
## 9.2.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 38. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Kustzonsmodellens beräkningar visar att klassificeringen av syrgastillståndet årligen understiger gränsvärdet för "God" status. Vanligen varar dessa perioder några månader. Perioder där gränsvärdet för "God" eller "Mycket God" syrgasstatus dominerar i området.

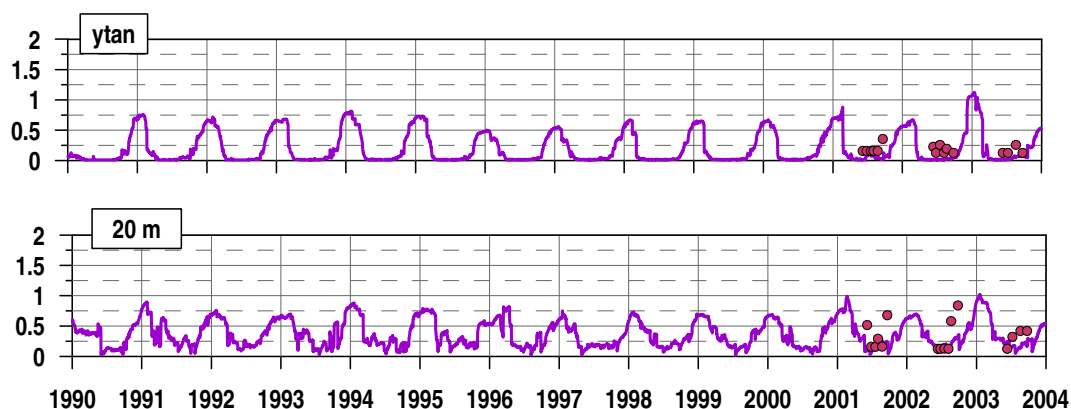
## 9.2.5 Nitrat



Figur 39. Nitrat halt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station TØ-1.

Kustzonsmodellens nitrat halter visar på en stor belastning från Auliälven under perioden 1993-1999. För perioden 2001-2003 återspeglar Kustzonsmodellens vintervärden observationernas högsta koncentrationer. Tyvärr förekommer inga mätningar vintertid, vilket gör det svårbedömt huruvida modellen antar rätt vintervärde.

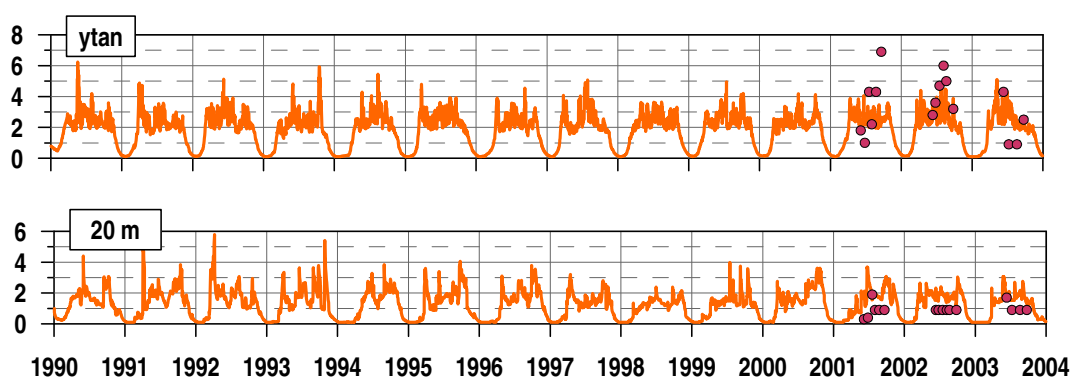
## 9.2.6 Fosfat



Figur 40. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **TØ-1**.

Kustzonsmodellens fosfathalter visar på en mycket tydlig årsvariation i Vestfjorden. Under produktionssäsongen töms hela förrådet av fosfat i ytan. Mätningarna under sommaren visar att halten fosfat ofta är under detektionsgränsen sommartid.

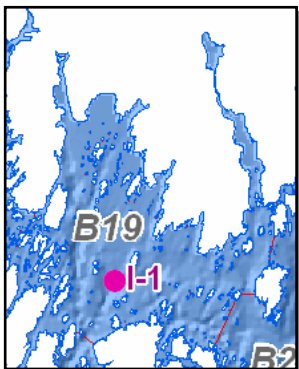
## 9.2.7 Växtplankton



Figur 41. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **TØ-1**.

Vestfjorden är på samma sätt som Frierfjorden ett område där påverkan från Auliälven är påtaglig och där Kustzonsmodellens växtplanktonkoncentrationer understiger observerade värden, framförallt under sensommaren. Förklaringen är återfinns i avsnitt 8.1.7.

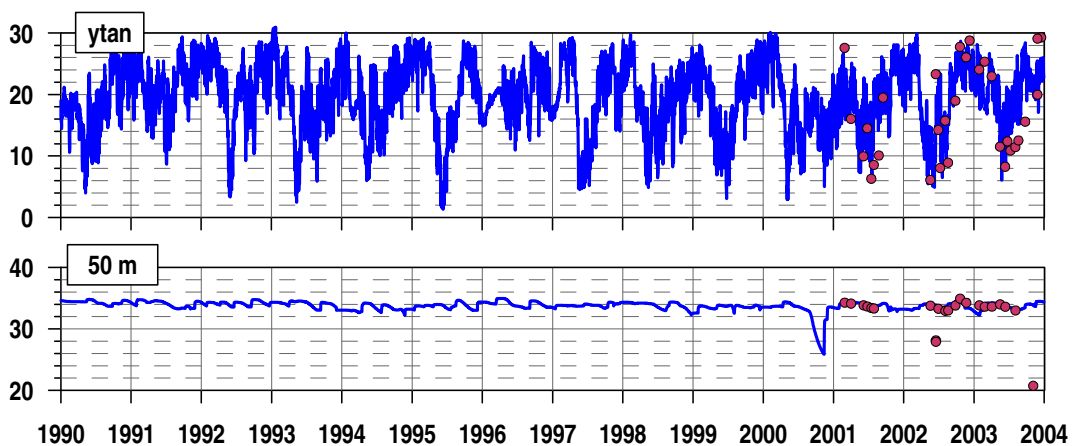
### 9.3 Inre Løperen



Figur 42. Hypsografisk karta över Inre Løperen, **B19**. Positionen för stationen **I-1** är markerad med röd punkt.

Stora delar av Glomma har sitt utlopp i Inre Løperen härigenom tar området emot stora mängder organsikt material, näringsämnen och partiklar från Glomma. Dessutom finns där ett antal industrier och kommunala reningsverk som påverkar områdets näringsämnesbelastning. Topografin i området är komplicerad med ett antal större och mindre, väl avgränsade, bassänger. Ett utanförliggande skärgårdsområde, avskärmar Inre Løperen från det öppna havet, och begränsar vattenutbytet i området. Tillsammans med den stora påverkan från land påverkas därför tillståndet i område till att periodvis klassificeras som "Mindre God" – "Dålig".

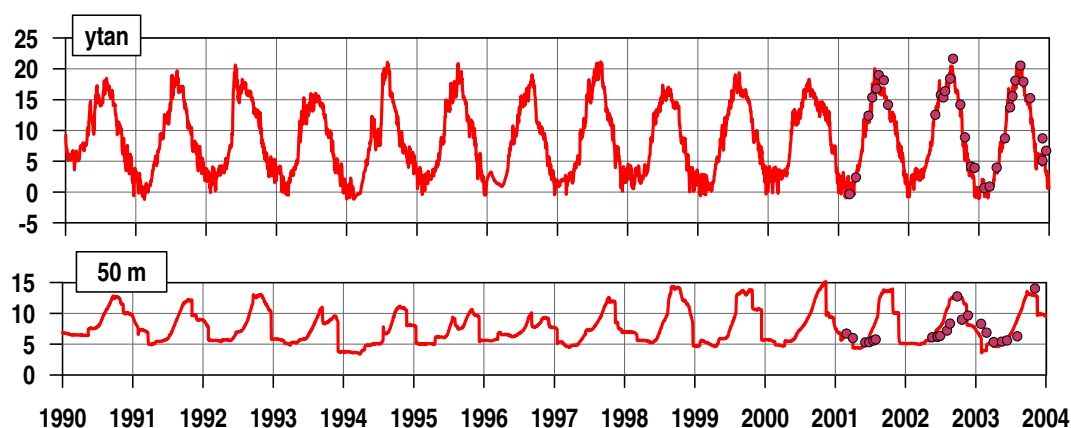
#### 9.3.1 Salthalt



Figur 43. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 50 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **I-1**.

Glommas utlopp i Inre Løperen, återspeglar sig tydligt i salthaltvariationerna i ytan, med stora variationer styrda av Glommas flöde. På 50 m djup sker endast mycket små variationer. Modell och observationer visar mycket god överensstämmelse.

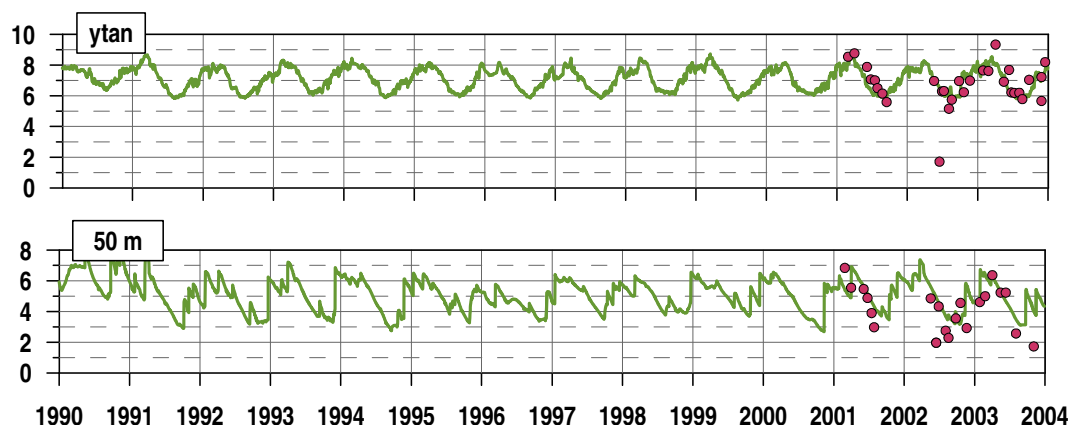
### 9.3.2 Temperatur



Figur 44. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodellen (röd linje) i ytan (2 m) och på 50 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station I-1.

Jämförelsen mellan observerad och beräknad temperatur i inre Løperen visar att Kustzonsmodellen väl beskriver temperaturvariationerna i området. Då de termiska förhållandena påverkar de biogeokemiska processerna i hög grad är det en grundförutsättning att en biogeokemisk modell, som Kustzonsmodellen, har en bra termodynamisk beskrivning.

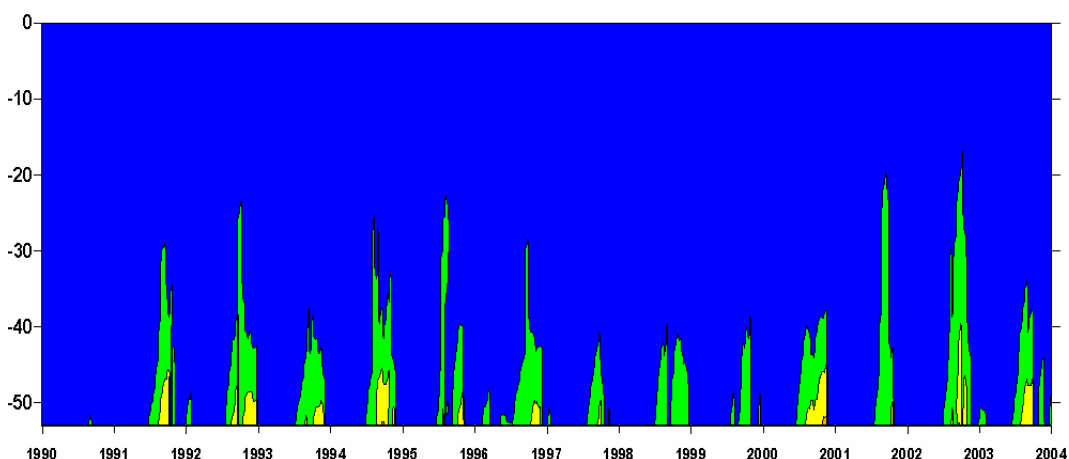
### 9.3.3 Syrgas



Figur 45. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 55 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station I-1

Såväl observerad syrgashalt som modellberäknad syrgashalt visar på en tydlig årstidsvariation i både ytan och botten. I ytan stämmer Kustzonsmodellens beräkningar väl med observerade mätdata, frånsett några enstaka extrema värden. På 55 m djup visar jämförelsen att syrgaskonsumtionen i modellen väl beskriver de faktiska förhållandena. Detta kan man konstatera genom att analysera lutningen på syrgaskurvan under stagnationsperioder, då ingen ny syrgas tillförs djupvattnet utan den befintliga syrgasen förbrukas. Samtidigt kan man se att Kustzonsmodellens stagnationsperioder avbryts tidigare på säsongen genom att syrgashalterna i modellen inte når ner på samma låga nivåer som mätdata visar, då nytt syrerikt vatten tillförs djupvattnet.

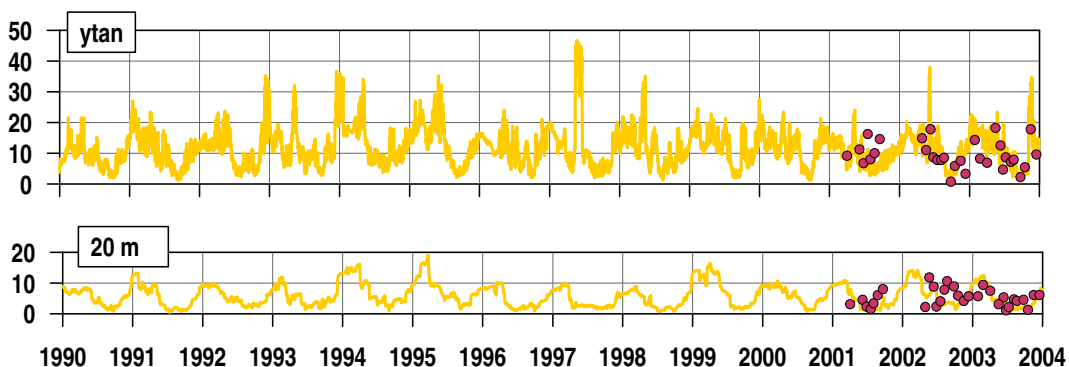
### 9.3.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 46. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Genom att med Kustzonsmodellens beräkningar klassificera syrgastillståndet kan man visa att tillståndet nästan årligen underskrider gränsvärdet för "God" status på de största djupen i området. Dessa perioder är i allmänhet inte längre än någon månad, men även längre perioder på upp till ett halvår förekommer.

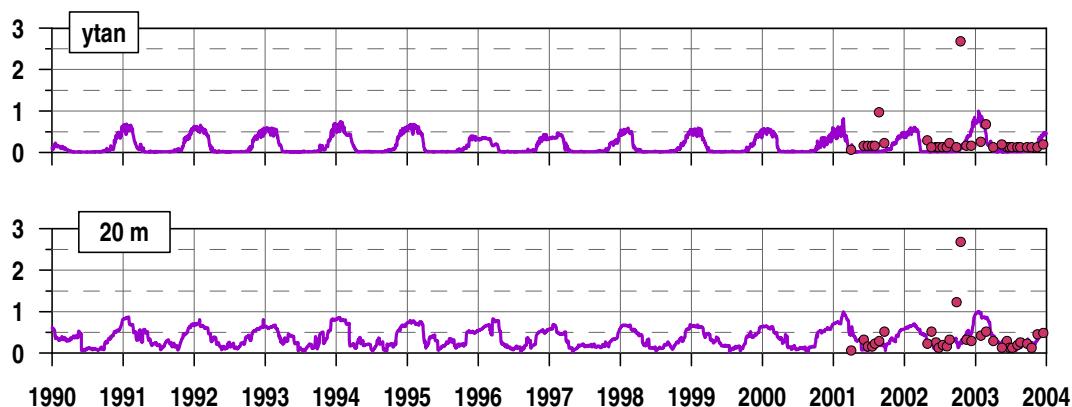
### 9.3.5 Nitrat



Figur 47. Nitrat (µmol/l) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station I-1.

Glommas stora flöde påverkar även nitratkoncentrationerna i ytan i inre Løperen. Kustzonsmodellen visar på mycket stora fluktuationer av nitratkoncentrationerna i ytan, vilka väl överrensstämmer med mätningarna. På 20 m djup är årstidsvariationen beräknat med modellen tydlig. Jämfört med mätningarna visar dock modellen på mindre fluktuationer.

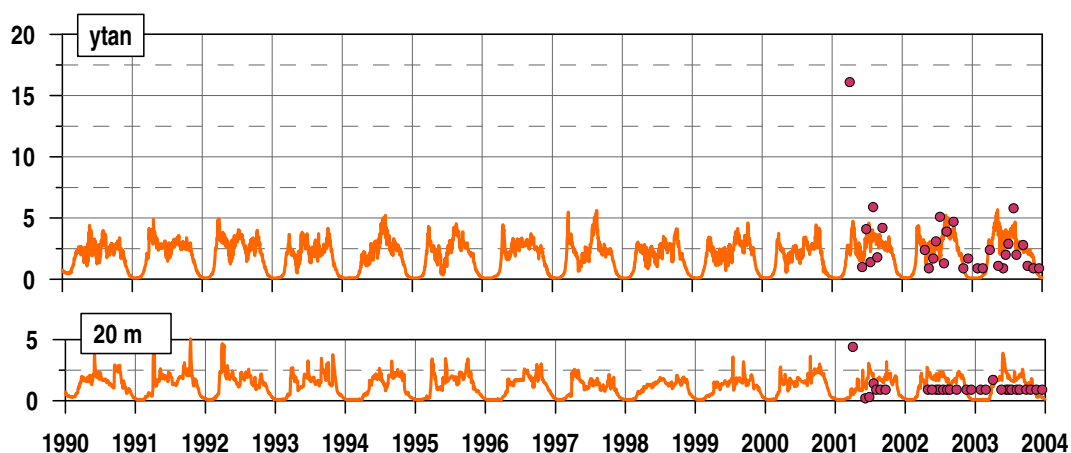
### 9.3.6 Fosfat



Figur 48. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station I-1.

Kustzonsmodellen visar på en tydlig årstidsdynamik av fosfat i området. Påverkan från Glommas utlopp är inte lika tydligt som för nitrat. Modell och observationer visar på i stort sett liknande förhållanden, bortsett från ett antal extremvärden i observationerna vilka är svåra att fånga med modellen.

### 9.3.7 Växtplankton

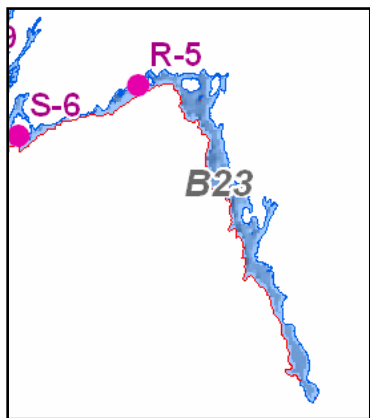


Figur 49. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station I-1.

Även vad det gäller växtplankton visar Kustzonsmodellen på en tydlig årstidsvariation, som stämmer väl överens med observerade värden i ytan, bortsett från något enstaka extremvärde. På 20 m djup antyder mätningarna att produktionsdjupet oftast inte når ner till dessa djup, medan modellen överlag uppvisar en, om än begränsad, produktion även på 20 m, vilket troligen hänger samman med att modellen inte fångar grumligheten i vattnet i inre Løperen. På så sätt tränger ljuset ner för djupt i vattenmassan och möjliggör produktion på 20 m.



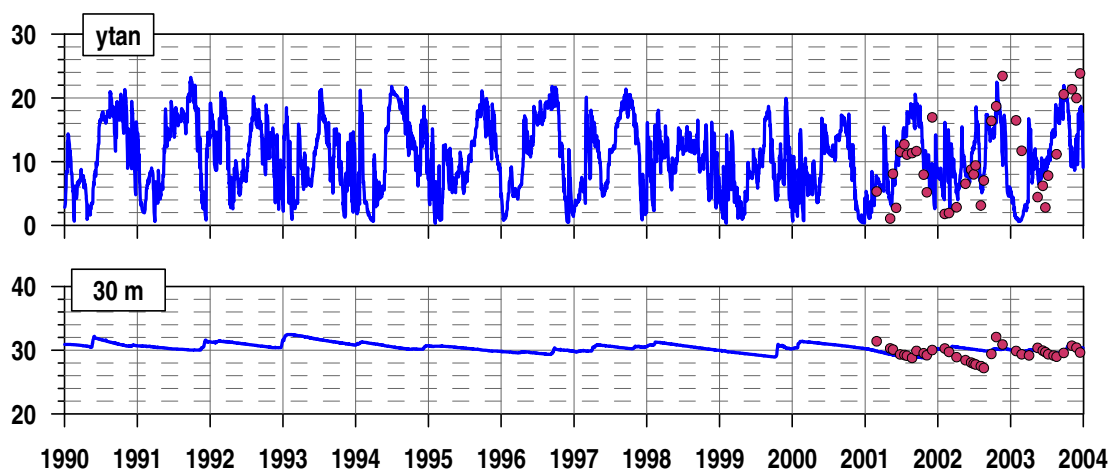
## 9.4 Idefjorden



Figur 50. Hypsografisk karta över Idefjorden, B23. Positionerna för stationerna S-6 (belägen i Singlefjorden, B22) och R-5 är markerade med röda punkter.

Fjordsystemet Idefjorden-Ringdalsfjorde var tidigare så belastat av utsläpp från industri, kommunala avlopp och lantbruk att stora delar av fjordsystemet hade kritiska syrgashalter under tröskelnivån, men även i högre liggande vattenlager. Efter betydande reduktioner av utsläpp av organsikt material och näringsämnen har tillståndet i fjordsystemet avsevärt förbättrats. Trots detta observeras fortsatt låga syrgasförhållanden i de djupaste delarna i området, vilket kan härröras till det begränsade vattenutbytet genom det trånga och grunda tröskelområdet som förbinder fjordsystemet med det öppna havet, i kombination med såväl naturlig som antropogen (mänsklig) påverkan.

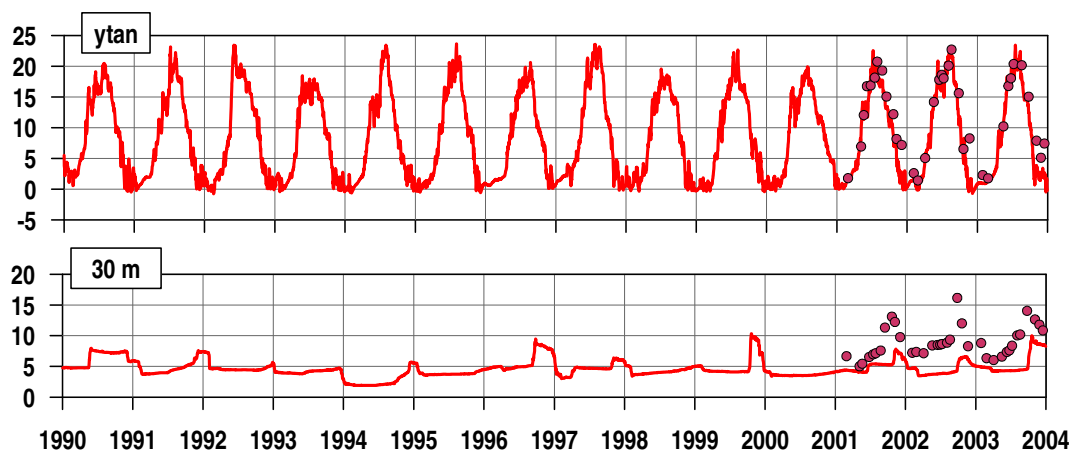
### 9.4.1 Salthalt



Figur 51. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 30 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station R-5.

Såväl observationer som Kustzonsmodellen visar på ett ytvatten med variabel salthalt, starkt påverkat av tillrinningen från Enningdalsälven och ett djupvatten på 30 m djup med mindre fluktuationer. Både mätdata och observationer visar på att djupvattnet byts ut vid enstaka tillfällen varje år, samt att det sker en viss omblandning i detta vatten under dessa stagnationsperioder där vatten med lägre salthalt kontinuerligt blandas ner i vattenmassan på 30 m djup.

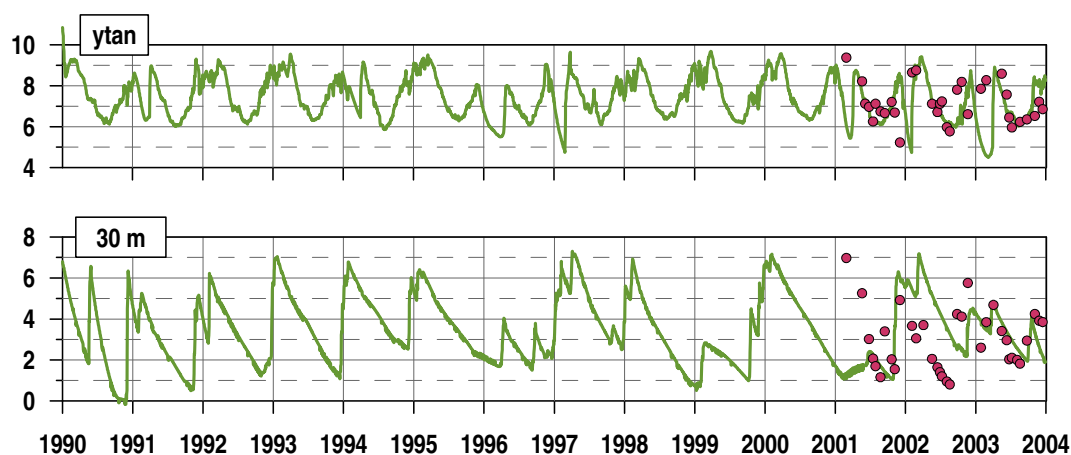
## 9.4.2 Temperatur



Figur 52. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodellen (röd linje) i ytan (2 m) och på 30 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station R-5.

Den fysikaliska modell som ligger till grund för Kustzonsmodellen är en gång utvecklad med speciellt fokus på termodynamiken i modellen, vilket också återspeglar sig i att Kustzonsmodellens temperaturvariationer väl stämmer överens med observerad temperatur. På större djup dominerar ofta de horisontella utbytesprocesserna över de termodynamiska processerna och större avvikelser kan förekomma, då vattenutbytet i djupvattnet är beroende av att drivningen från öppna havet är väl beskrivet, vilket också förklarar diskrepansen mellan observerad och modellerad temperatur på 30 m djup i Idefjorden.

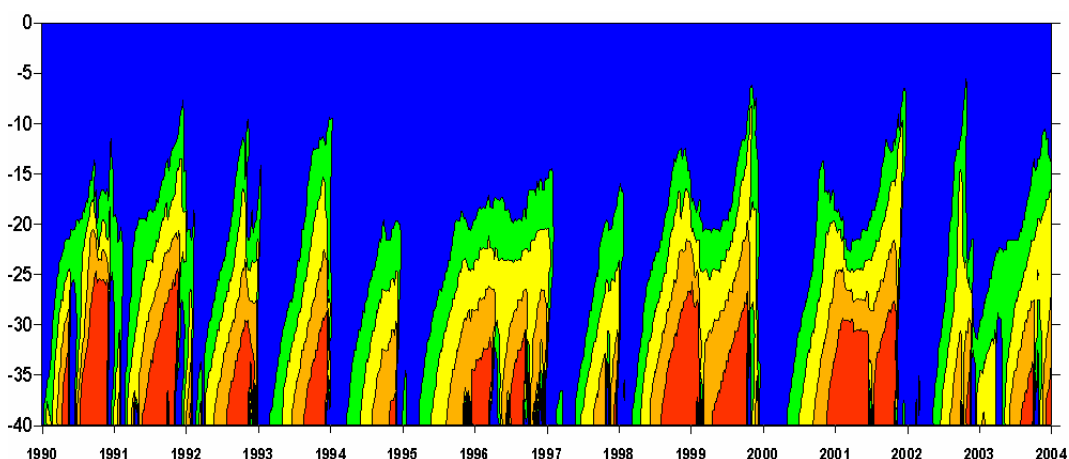
## 9.4.3 Syrgas



Figur 53. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 30 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station R-5

Kustzonsmodellens beräkningar visar tydligt att vattnet i de djupaste delarna (30 m) byts ut årligen. Mellan dessa, oftast korta, inflödesperioder förbrukas syrgasen snabbt till att uppnå mycket låga värden mot slutet av produktionssäsongen. Mätningarna visar på att modellen väl har fångat dynamiken i området, men att inflödesperioderna i modellen inte sker exakt rätt i tiden. Förklaringen hänger samman med svårigheterna att erhålla bra drivdata från öppna havet.

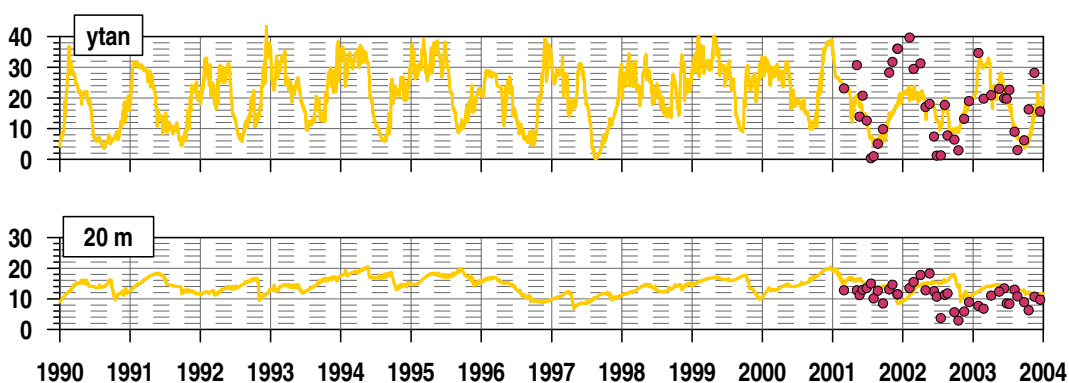
#### 9.4.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 54. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Kustzonsmodellen beräkningar visar att syrgastillståndet i Idefjordens djupvatten endast i korta perioder överskrider gränsvärdet för "God" status. Oftast varar dessa perioder med godkänd status (blått eller grönt i figuren) någon månad årligen, ibland kan de vara upp till ett halvår. Modellen visar också att det händer att perioderna med syrgashalter under gränsvärdet för god status ibland varar betydligt längre än ett år.

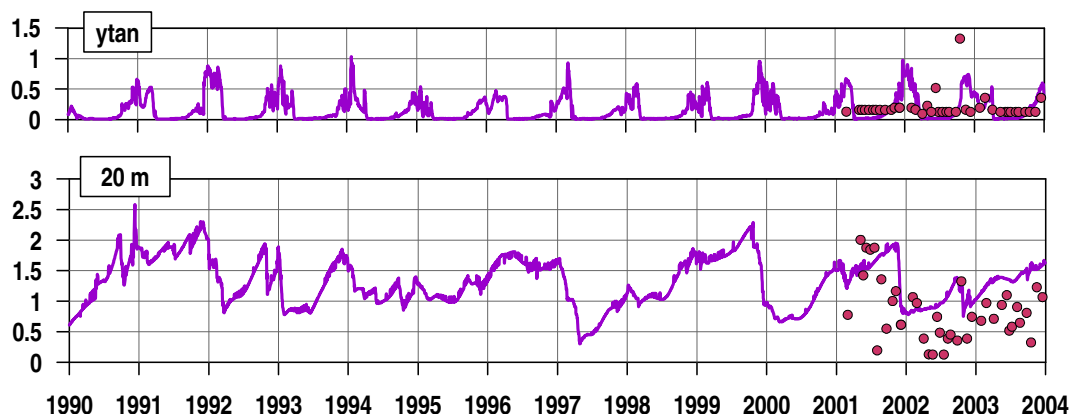
#### 9.4.5 Nitrat



Figur 55. Nitrat halt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station R-5.

Idefjordens ytvatten uppvisar vintertid höga nitrat halter. Det är också tydligt att det finns en återkommande årstidsdynamik i nitrat halten. Kustzonsmodellen beräkningar och observerade värde stämmer väl överens, fränsett vintern 2002, då observerad nitrat halt är nära nog dubbelt så hög jämfört med modellens. De höga halterna i ytan hänger samman med belastningen från land. Station R5 är belägen alldeles utanför Halden. Modellens värde är ett medelvärde för hela Idefjorden ytvatten, vilket delvis kan förklara avvikelserna vid denna tidpunkt.

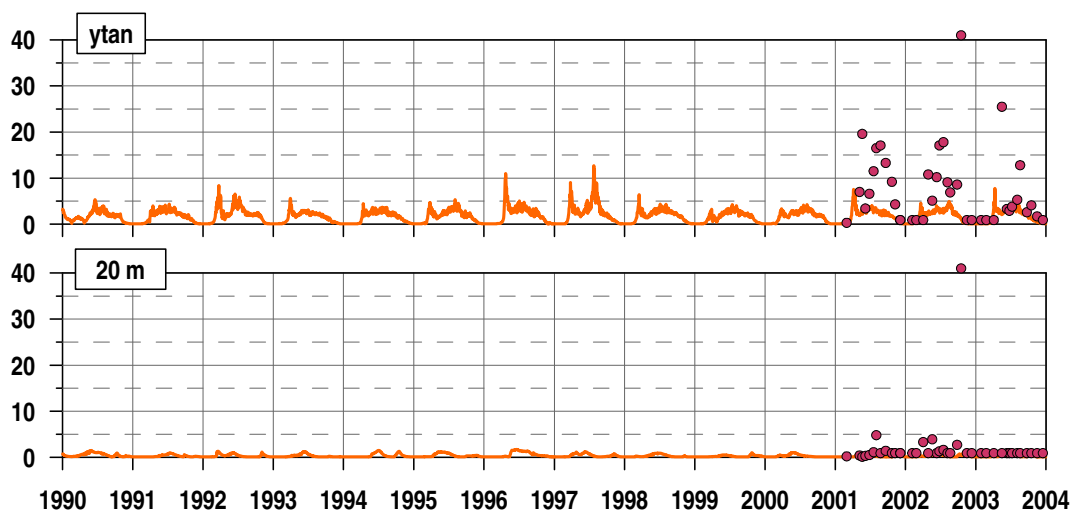
#### 9.4.6 Fosfat



Figur 56. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station R-5.

Kustzonsmodellens fosfathalt uppvisar en tydligare årstidsvariation än observationerna i ytan. På 20 m påverkas fosfathalten av de dåliga syrgasförhållandena. Mätningarna visar på en betydligt större spridning än modellen. Modellens avvikelse från mätningarna hänger samman med att syrgasdynamiken i modellen avviker från mätningarna, vilket i sin tur hänger samman med drivningen från Skagerack. Medelnivåerna av Kustzonsmodellens fosfathalter på 20 m stämmer dock väl med observationerna.

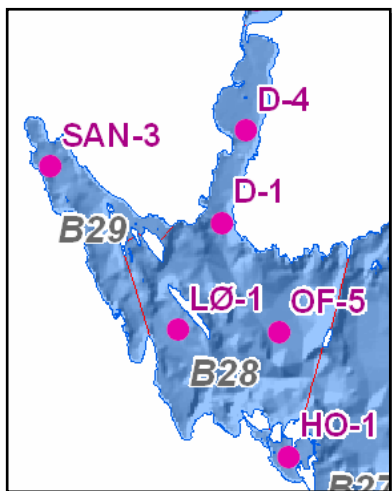
#### 9.4.7 Växtplankton



Figur 57. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station R-5

Idefjorden är ett typiskt sådant område där belastningen från land är stor och där planktonresponsen i Kustzonsmodellen är lägre än observationerna visar. Problemet har belysts tidigare i denna rapport i avsnitt 8.1.7.

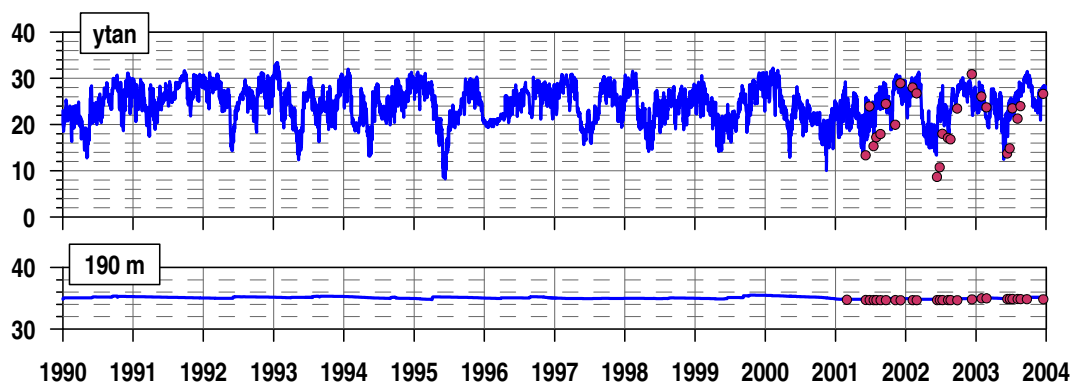
## 9.5 Breiangen



Figur 58. Hypsografisk karta över Breiangen, B28. Positionerna för stationerna LØ-1, OF-5, D-1 och D-4 är markerade med röda punkter. Alla dessa stationer är belägna inom delbassängen.

Tidigare undersökningar och beräkningar visar att tillförseln av organiskt material är mindre i Breiängenbassängen än i den utanförliggande Rauøybassängen, men att de lägsta syrgashalterna uppmäts i Breiängen, på grund av bassängens betydligt sämre vattenutbyte. Uppehållstiden för vattnet är normalt ett år, men kan ibland vara upp till två år. Det innebär att Breiängen kapacitet att motta organiskt material är lägre än övriga bassänger i huvudfjorden. Tidigare övervakningsprogram (innan 2000) har visat på perioder med betydligt försämrat tillstånd. Syrgashalterna i bassängens olika skikt är därför en viktig parameter för tillståndet i detta område.

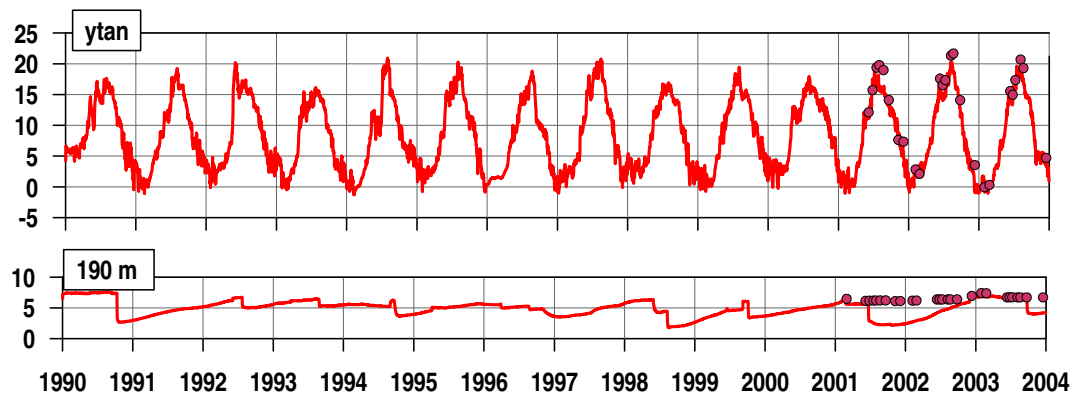
### 9.5.1 Salthalt



Figur 59. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 190 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station OF-5.

Kustzonsmodellen och mätningar visar att Breiängen är ett område där ytvattnet starkt påverkas av färskvattentillrinning med fluktuerande salthalter, medan djupvattnet är mer stagnant. Små förändringar i salthalter på 190 m djup antyder att djupvattnet byts ut regelbundet.

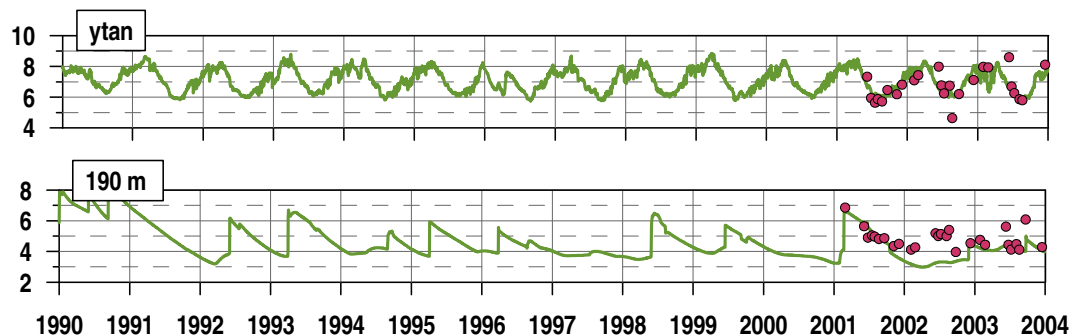
### 9.5.2 Temperatur



Figur 60. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodell en (röd linje) i ytan (2 m) och på 190 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **OF-5**.

Temperaturvariationerna i modellen visar också på att kontinuerligt utbyta av djupvattnet. På samma sätt som tidigare beskrivits i övriga områden så är djupvattenutbytet styrt av drivningen från Skagerack. Avvikelsen mellan modell och observationer kan härröras från hur väl vi lyckas beskriva förhållandena i Skagerack genom att använda station Jomfruland för denna beskrivning.

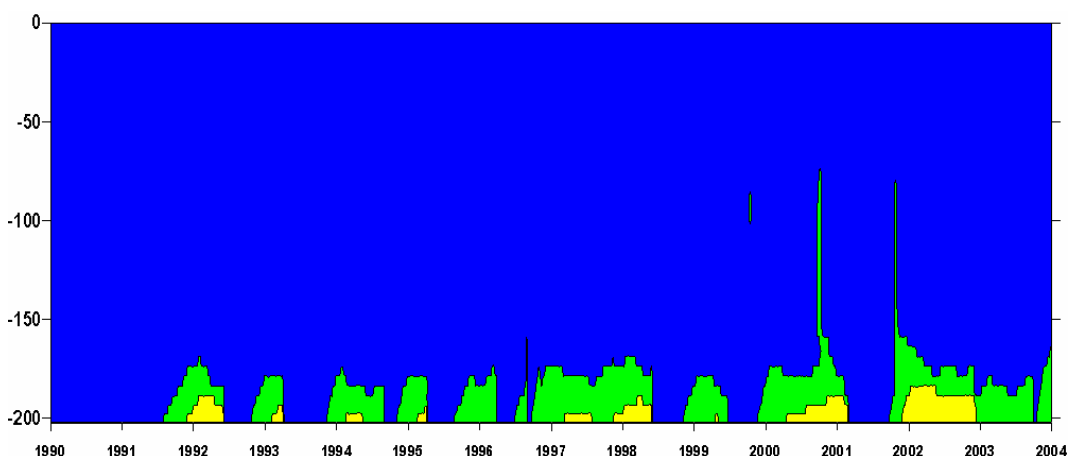
### 9.5.3 Syrgas



Figur 61. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 190 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **OF-5**

Kustzonsmodellens beräkningar visar att utbytet av djupvatten i Breiangen det sker så gott som årligen. Det förekommer dock att stagnationsperioderna varar upp till två år enligt Kustzonsmodellens beräkningar.

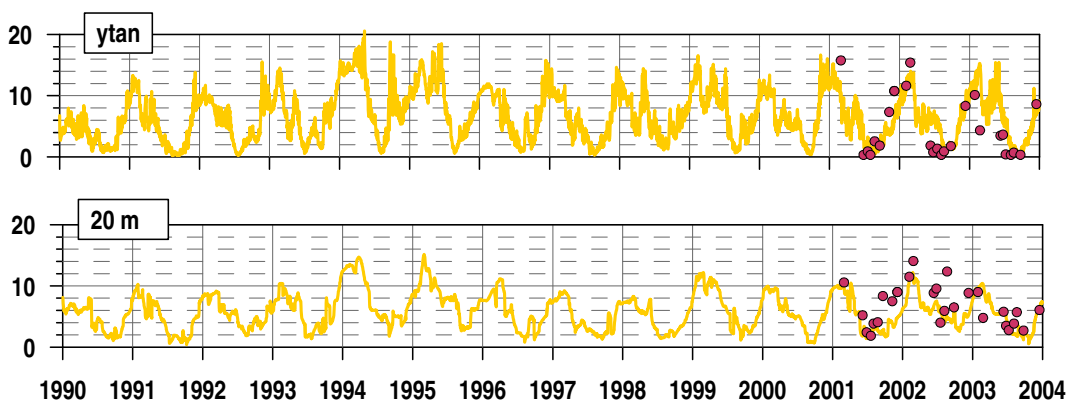
### 9.5.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 62. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Klassificeringen av syrgastillståndet i Breiangen med Kustzonsmodellens beräkningar visar på tillfällena när syrgashalten understiger gränsvärdet för "God" status. Dessa tillfällen varar vanligtvis några månader och återkommer nästan årligen på de störta djupen (20 m ovanför maximala djupet).

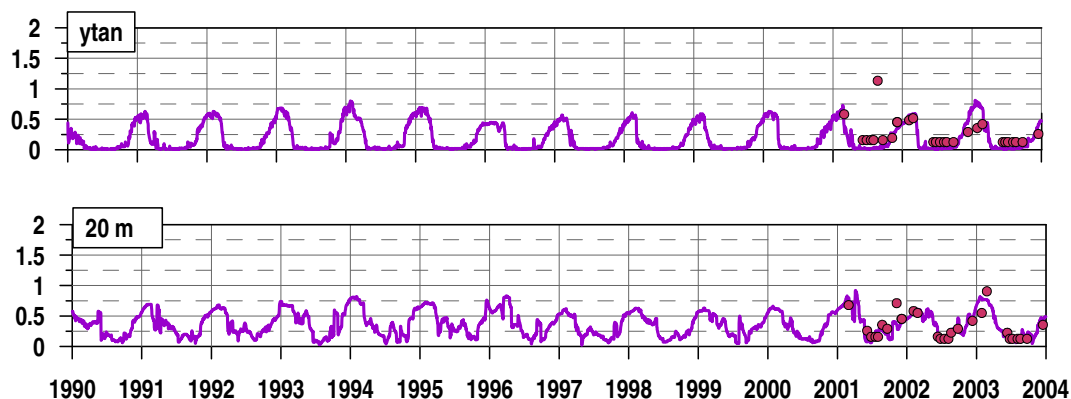
### 9.5.5 Nitrat



Figur 63. Nitrat (µmol/l) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station OF-5.

Stora variationer av nitrat i ytan och på 20 m visar på att 20 m nivån är inom ytvattenskiktet och starkt påverkat av belastningen från land. Modellen stämmer väl överrens med observationerna.

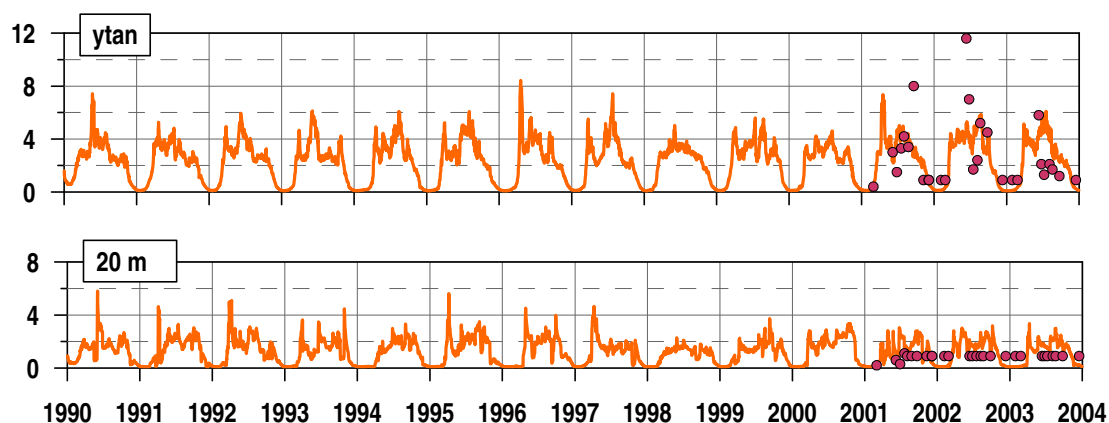
## 9.5.6 Fosfat



Figur 64. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **OF-5**.

På samma sätt som för nitrat visar även Kustzonsmodellens och mätningarnas fosfathalter på god överensstämmelse.

## 9.5.7 Växtplankton

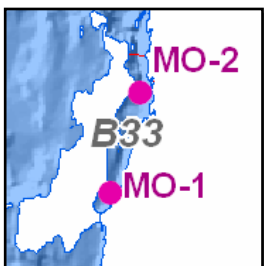


Figur 65. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **OF-5**.

Så som vi sett i andra områden visar Kustzonsmodellen på en tydlig årstidsvariation av växtplankton, som stämmer väl överens med observerade värden i ytan, bortsett från något enstaka observerade extremvärden. På 20 m djup antyder mätningarna att produktionsdjupet oftast inte når ner till dessa djup, medan modellen överlag uppvisar en, om än begränsad, produktion även på 20 m, vilket troligen hänger samman med att modellens begränsade grumligheten, som tillåter ljuset att tränga ner för djupt i vattenmassan och möjliggör en intensivare produktion på 20 m.



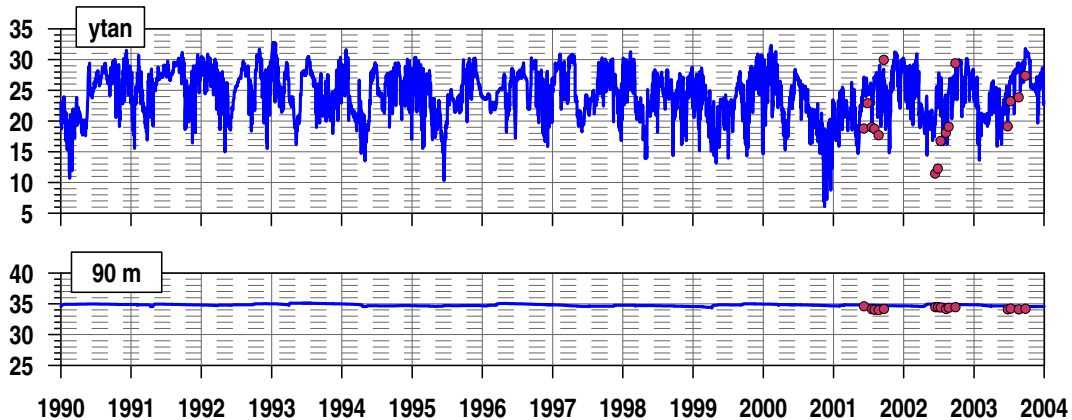
## 9.6 Mossesundet



Figur 16. Hypsografisk karta över Mossesundet **B33**. Positionerna för stationerna **MO-1** och **MO-2** är markerade med röda punkter.

Vattenutbytet i Mossesundet sker normalt varje år under höst och vinter. Syrgasförbrukningen i området är dock så intensiv att tillståndet i området regelbundet är försämrat. Sämsta syrgasförhållandena är observerat i inre området av fjorden (tillstånd "Mindre God" – "Dålig"). De djupare delarna av fjorden har periodvis försämrat tillstånd under året ("Mindre God"). Den höga syrgasförbrukningen har primärt sin orsak i nedbrytning av organsikt material i sedimenten som sedan tidigare tillförts området via Mosseälven tillsammans med dagens belastning från Mosseälven. I området finns även andra källor såsom träförädlingsföretaget Peterson Linerboard och kommunala reningsverk, som påverkar syrgastillståndet i Mossesundet.

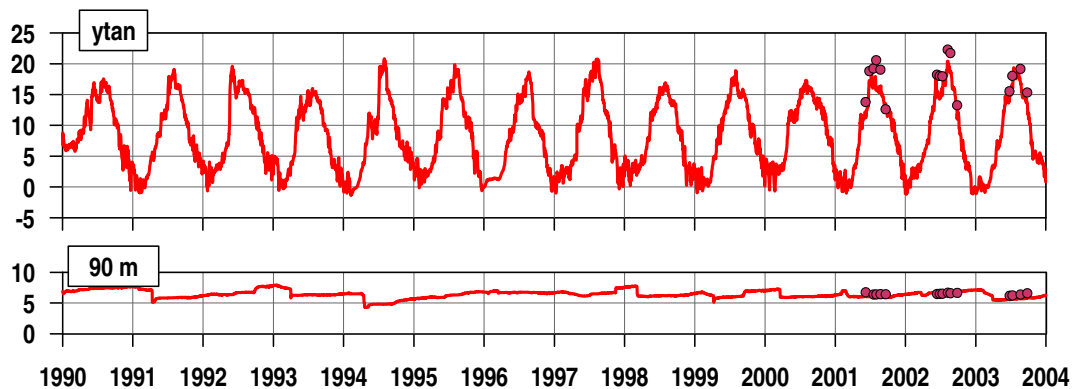
### 9.6.1 Salthalt



Figur 67. Salthalt (PSU) beräknat med Kustzonsmodellen (blå linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **MO-2**.

Kustzonsmodellen och mätningar visar att Mossesundet är ett område där ytvattnet starkt påverkas av färskvattentillrinning med fluktuerande salthalter, medan djupvattnet är mer stagnant.

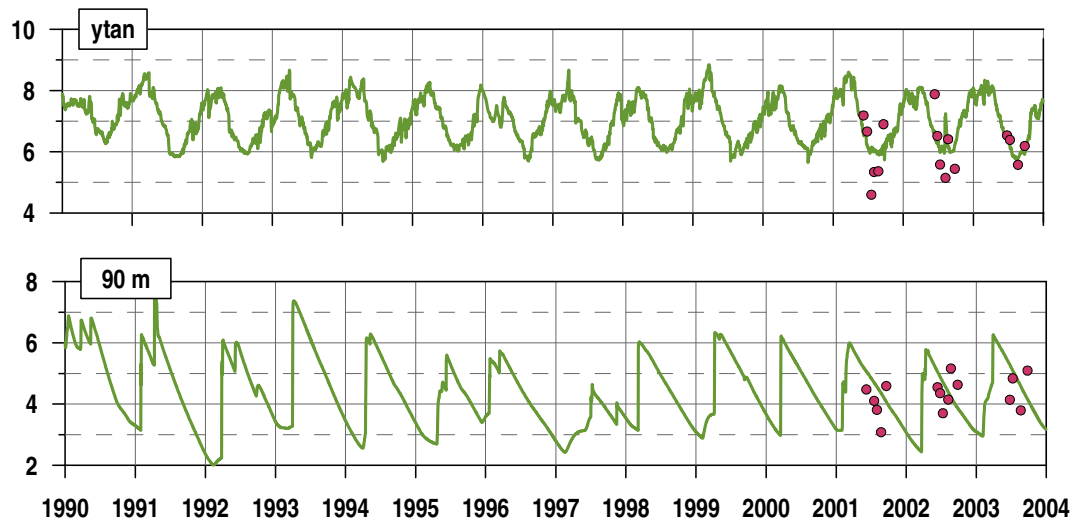
### 9.6.2 Temperatur



Figur 68. Temperatur (°C) beräknat med Kustzonsmodellen (röd linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **MO-2**.

Kustzonsmodellens temperaturberäkningar överensstämmer väl med observationer i såväl ytan som botten.

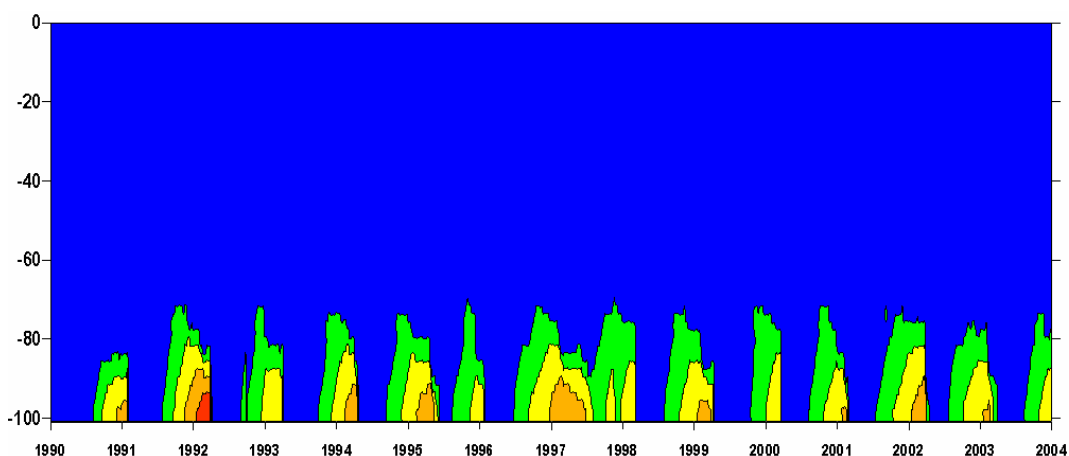
### 9.6.3 Syrgas



Figur 69. Syrgashalt (ml/l) beräknat med Kustzonsmodellen (grön linje) i ytan (2 m) och på 90 m djup (nära botten) jämfört med observationer från station **MO-2**

Kustzonsmodellen visar att Mossesundets djupvatten byts ut årligen vid korta inflödesperioder då djupvattnet syresätts. Mellan dessa inflödesperioder uppträder nästan årlånga stagnationsperioder under vilka syrgashalten förbrukas till stor del. Mätprogrammet i området genomförs enbart sommartid, och det är svårt att dra för långt gående slutsatser om Kustzonsmodellens resultat utifrån observationerna. Tidigare modellstudier har dock visat på liknande omsättningsfrekvens av Mossesundets djupvattnet

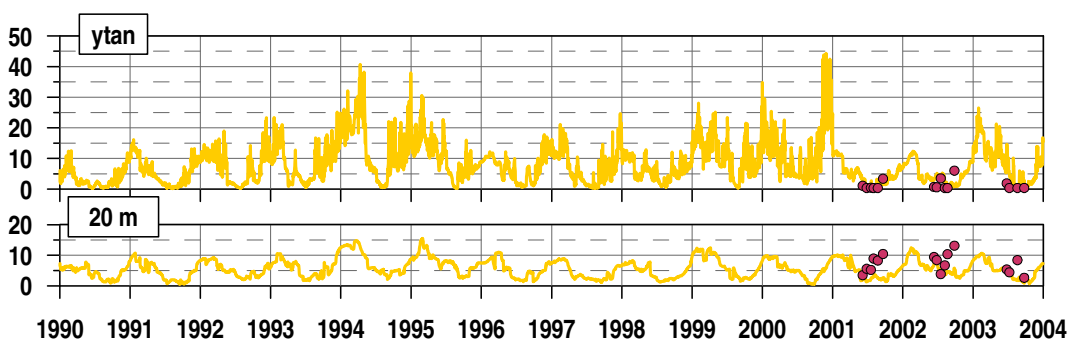
#### 9.6.4 Klassificering av syrgastillstånd



Figur 70. Kustzonsmodellens beräkningar av hur tillståndet med avseende på syrgas fördelar sig över djupet och tiden. 0 m anger ytan. Gränsvärdena följer SFTs klassificering för fjordar och kustvatten. Färgkoden följer standard där blå markera att tillståndet klassificeras som "Mycket god", grön – "God", gul – "Mindre God", orange – "Dålig" och röd – "Mycket Dålig".

Klassificeringen av syrgastillståndet visar att under de ovan nämnda stagnationsperioderna hinner syrgashalten förbrukas så till den grad att halten vid varje sådant tillfälle understiger gränsvärdet för "God" status.

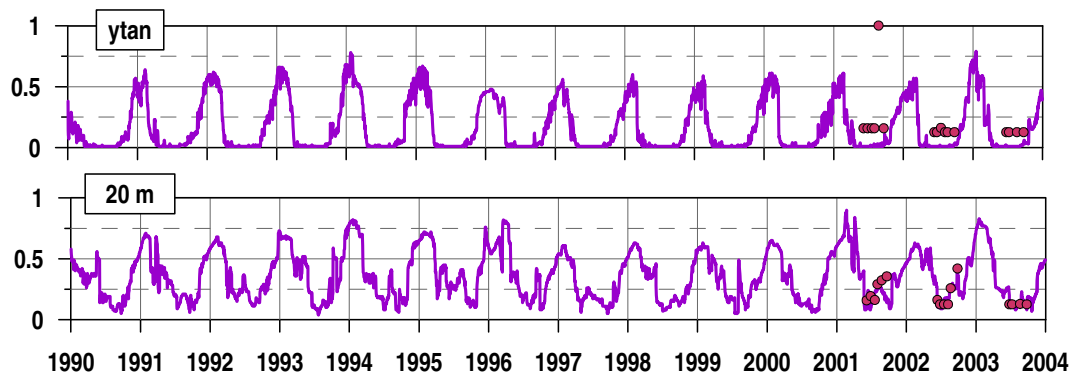
#### 9.6.5 Nitrat



Figur 71. Nitrat halt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (gul linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **MO-2**.

Stora fluktuationer i Kustzonsmodellens nitrat halter tyder på en stor kvävebelastning från land. Eftersom mätningarna enbart genomförs sommartid är det svårt att avgöra hur väl modellen beskriver verkligheten.

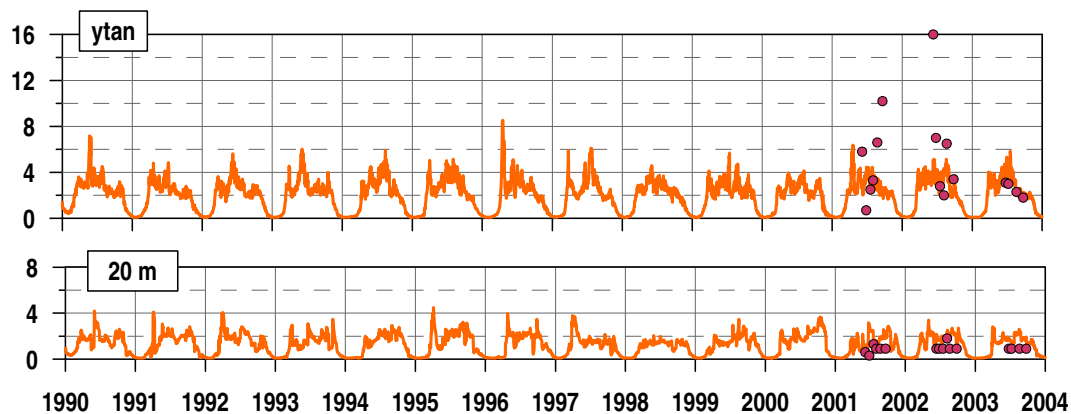
### 9.6.6 Fosfat



Figur 72. Fosfathalt ( $\mu\text{mol/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (lila linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **MO-2**.

Kustzonsmodellens och mätningarnas fosfathalter visar på god överensstämmelse både i ytan och på 20 m. Mätningarna i ytan antyder att fosfatkoncentrationen är under detektionsgränsen för fosfat.

### 9.6.7 Växtplankton



Figur 73. Växtplankton ( $\mu\text{g chl/l}$ ) beräknat med Kustzonsmodellen (orange linje) i ytan (2 m) och på 20 m djup jämfört med observationer från station **MO-2**.

Likaså i Mossesundet är ett sådant område där belastningen från land är stor och där planktonresponser i Kustzonsmodellen är lägre än observationerna visar. Problemet har belysts tidigare i denna rapport i avsnitt 8.1.7.





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 NORRKÖPING  
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01