

An aerial photograph of a coastal town and harbor. In the foreground, a large, modern building complex with multiple wings is situated on a peninsula. A bridge with a white arch spans across the water. The harbor is filled with boats, and the town's buildings are visible in the background. The sky is clear, and the water is calm.

**SEGES**  
INNOVATION

# MINIRAPPORT AUGUSTENBORG- OG ALS FJORD

---

Beskrivelse af udviklingstendenser  
for næringsstoffer og klorofyl

Maj 2022

## MINIRAPPORT

### AUGUSTENBORG- OG ALS FJORD

Er udgivet af

SEGES Innovation P/S

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

+45 87 40 5000

seges.dk

UDARBEJDET AF

Planter & Miljø, SEGES Innovation

UDARBEJDET FOR

Sønderborg Kommune,

LandboSyd og

Sønderborg Forsyning

REDAKTØR

Flemming Gertz, Chefkonsulent

FORFATTERE

Flemming Gertz, Chefkonsulent

Tobias Berthel Bendixen, Konsulent

Line Kolding Thostrup, Miljøkonsulent

FORSIDEFOTO

Colourbox

# Resumé

---

Als/Augustenburg Fjord er forbundet til Aabenraa Fjord med en bred rand, og der optræder ikke en indsnævring i hverken bredden eller dybden, og dermed kan udvekslingen af vandmasser i høj grad foregå uhindret, drevet af dels vinden, dels densitetsforskellene mellem vandmasserne i den ydre del af Aabenraa Fjord på den ene side, og Als Fjord og Augustenburg Fjord på den anden side. De hydrografiske data viser, hvorledes strømninger fra Kattegat gennem Lillebælt og fra Østersøen gennem Lillebælt udskifter vandet i Aabenraa Fjord og dermed også i Als/Augustenburg Fjord. Analysen viser, at opholdstiden i Als Fjord og Augustenburg Fjord er en uges tid eller kortere. En hurtig udskiftning af vandmasserne kan foregå, hvis der sker der en kraftig ændring af vandmasserne i den ydre del af Aabenraa Fjord, pga. f.eks. indstrømning af højsalint vand fra Kattegat eller lavsalint vand fra Østersøen. En hurtig udskiftning kan også ske i forbindelse med kraftig vindgenereret blanding, som oftest forekommer i vintermånederne.

Sommermiddelkoncentrationen for klorofyl (proxy for planktonalger) for Augustenburg og Als fjorde, ligger i dag på 2-4 µg/l, og er faldet statistisk signifikant siden starten af 1990'erne, dog har niveauet været uændret siden år 2000. Somtermiddelsigt dybden er i dag omkring 4-5 m i den Augustenburg Fjord og 5-6 m i als Fjord, og er ligeledes steget fra starten af 1990'erne. Stigningen er statistisk signifikant for Als Fjord og næsten signifikant for Augustenburg Fjord. Sigt dybden er vigtig for at opnå målsætningen om udbredelse af ålegræs ud til 7,8 m, 5,7 m og 5,1 m i hhv. Als Fjord, Als Sund og Augustenburg Fjord (VP3). Den nuværende somtermiddelsigt dybde understøtter ikke denne målsætningen i Augustenburg Fjord, men formentlig gør den det, eller er tæt på, i Als Fjord (der er ikke data for Als Sund). I Lillebælt optræder iltsvind i bundlaget (både moderate og kraftige iltsvind), og ofte over længere perioder typisk i sensommer og efteråret. Den hydrografiske analyse viser, at der ofte er en direkte kobling mellem iltsvind i Aabenraa Fjord og Lillebælt og videre ind i Als/Augustenburg Fjord. Dog bliver vanddybden gradvist lavere i Augustenburg Fjord, hvilket betyder, at de tunge salte bundlag, hvor iltsvindent optræder, sjældnere trænger ind i Augustenburg Fjord, på de lidt lavere vanddybder.

Indholdet af uorganisk kvælstof (DIN) i fjordens overfladelag er faldet markant om vinteren, omkring en halvering, fra starten af 1990'erne til i dag. Indholdet af orthofosfat er ligeledes faldet gennem årene. Både DIN og orthofosfat når i overfladelaget et begrænsende niveau i marts/april, dog er fosfor lidt tidligere begrænsende for væksten og i foråret er det fosfor, som generelt mest er det begrænsende næringsstof. Dette ændrer sig over sommeren, hvor der frigives fosfor fra sedimentet pga. iltsvind, og kvælstof bliver derfor dominerende i forhold til næringsstofbegrænsning. Grundet den store vandudveksling med Lillebælt, som igen får sine vandmasser fra Kattegat og Østersøen, så er det i allerhøjeste grad et nationalt og internationalt anliggende at forbedre tilstanden både i Lillebælt og i Aabenraa fjord. Med den hyppige vandudskiftning med Aabenraa Fjord bliver det derfor også et anliggende for Als/Augustenburg Fjord. I forhold til den lokale tilledning af næringsstoffer, så har den en betydning sammen med de næringsstoffer, som kommer fra de tilstødende vandområder. Man skal også være klar over, at den lokale indsats, så at sige, kan blive skyllet ud af området ved en enkelt hændelse, hvor vandmasserne udskiftes - en såkaldt "nulstilling". Det betyder dog ikke, at en lokal indsats ikke har betydning, og man kan

---

studere dette nøjere med velkalibrerede dynamiske/-mekanistiske modeller. En faktor, som kan påvirke den kommende miljøtilstand, er en tendens til stigende forårsopblomstring. I Lillebælt ses en tendens til stigende vinterkoncentrationer af klorofyl på trods af faldende næringsstoffkoncentrationer. Hvad dette skyldes er uklart, men stigende temperaturer og anden algesammensætning, kan være en forklaring. Riskoen er, at man ser ind i et andet regime med stigende temperaturer, som modvirker de forbedringer, som er sket. Dette er noget som kræver et særskilt studie for at få udredt.

### **Anbefalinger**

Miljøtilstanden i Als/Augustenburg Fjord skal ses i en sammenhæng med Lillebælt og Aabenraa Fjord, og derfor også løses i sammenhæng med Lillebælt. En særskilt indsats i fjordens opland vil ikke kunne afværge fx iltsvind, men bidrage til lavere klorofyl og bedre sigtdybde. Lillebælt bliver i meget stort omfang påvirket af næringsstoffer fra de tilstødende vandområder, og derfor skal man have et nationalt og internationalt perspektiv på forbedring af iltsvind og de næringsstoffer som importeres ind i fjorden. Det vurderes, at en lokal indsats i oplandet vil have effekt, hvis både kvælstof og fosfor reduceres - det er dog usikkert, hvor stor effekten vil være pga., at der også tilføres næringsstoffer fra bundvandet til overfladelaget, og dermed til algevæksten. Fosfor bør reduceres hele året, da fosfor i højere grad end kvælstof sedimenterer ned på fjordbunden og bliver tilgængelig om sommeren. For maksimal effekt af kvælstofindsats bør man have det tidlige aspekt med i billedet. Her vil en indsats, som retter sig mod sommerhalvåret være mest effektivt på sommerens algeproduktion. En reduktion af vinterens kvælstofafstrømning medvirker til at mindske koncentrationen i fjorden om vinteren, men pga. vandudskiftningen, vil effekten påvirke tilstanden om sommeren minimalt, men bidrage til reduktion af kvælstof til de åbne farvande i Danmark. Hvad angår marine virkemidler, er der formentlig lavvandede områder i specielt Augustenburg Fjord, hvor udplantning af ålegræs vil være relevant. Det samme gælder for stenrev og udlægning af muslinger på bunden. Linemuslinger bør man nøje overveje fordele og ulemper ved, da det vil bidrage til en øget sedimentation af organisk materiale i fjorden. De marine virkemidler vil kunne spille en vigtig rolle i genetablering af et sundt økosystem. Den umiddelbare fare ved at bruge ressourcer på disse emner, er risikoen for at iltsvind, som importeres udefra, ødelægger arbejdet. Man bør derfor, med mindre man er relativt sikker på, at der ikke optræder kortere eller længere perioder med iltsvind i det pågældende område, monitorere efter iltsvind fx. ved faststationerede målere. Gerne gennem en sommer eller to, måle ilt, salt og temperatur, for at kortlægge udbredelsen af iltsvind i de områder, som kunne være interessante for marine virkemidler.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

---

1	INDLEDNING	7
1.1	Databehandling . . . . .	7
2	AUGUSTENBORG FJORD	9
2.1	Hydrografi . . . . .	9
2.2	Næringsstoffer og klorofyl . . . . .	10
3	ALS FJORD	15
3.1	Hydrografi . . . . .	15
3.2	Næringsstoffer og klorofyl . . . . .	16
4	Vandudveksling og næringsstoffdynamik med Lillebælt	19
5	DISKUSSION	21
6	REFERENCER	23



## 1.1 Databehandling

Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet. I dataanalysen skelnes der mellem top- og bundmålinger ved at inddele prøvetagningerne af næringsstoffer og klorofyl i dybder på hhv.  $\leq 1,5$  meter og  $\geq 5$  meter for Augustenborg Fjord og  $\leq 1,5$  meter og  $\geq 20$  meter for Als Fjord.

I rapporten vurderes udviklingen i miljøtilstanden for Augustenborg Fjord fra målestation 95920001 for næringsstoffer, klorofyl, sigtddybde, ilt og salt samt ilt og salt fra målestation 95920002 (se Figur 1.1). For Als Fjord præsenteres miljøtilstanden for målestation 95910001 (se Figur 1.1). Data præsenteres som den gennemsnitlige årlige udvikling for sommer- og vinterperioder, som henholdsvis indbefatter månederne maj-september og november-januar. Yderligere er der lavet månedsgrafer som viser udviklingen hen over året, som et gennemsnit af flere år.

Bemærk, at der ikke er næringsstof- og klorofyldata for hele tidsserien for Augustenborg- og Als Fjord. Specielt dataserien for Als Fjord er noget hullet. I bilag præsenteres yderligere næringsstofdata også som den årlige udvikling for sommer- og vinterperioder. For klorofyl er der tilføjet miljømål for planktonalgevækst. Miljømålet for koncentrationen af sommerklorofyl (maj-sep) er  $2,6 \mu\text{g/l}$  for Augustenborg Fjord og  $1,2 \mu\text{g/l}$  for Als Fjord jf. mål i vandområdeplanerne VP3 (Timmermann 2021), hvilket angiver grænseværdien for en god/moderat økologisk tilstand.

Væksten af planktonalger begrænses blandt andet af næringsstoffer. En grænseværdi for hvornår kvælstof og fosfor er begrænsende for algevækst, er fastsat af Aarhus Universitet, men skal udelukkende ses som en vejledende tommelfingerregel. Grænseværdien for hvornår det let plantetilgængelige opløste uorganiske kvælstof, "Dissolved Inorganic Nitrogen" (DIN), som er de summerede værdier af nitrat+nitrit-N og ammonium+ammoniak-N, er begrænsende for algevækst, er sat til  $28 \mu\text{g/L}$ . Den vejledende grænseværdi for, hvornår fosfor (orthofosfat-P) er begrænsende for planktonalgevækst er sat til  $6,2 \mu\text{g/L}$  (Carstensen, 2021).



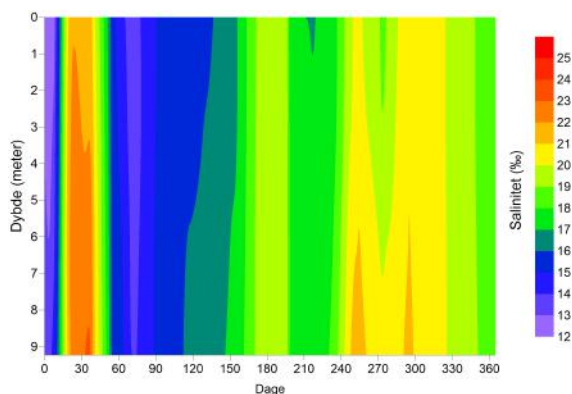


Figur 1.1 Placeringen af målestationerne i Augustenborg- og Als Fjord.

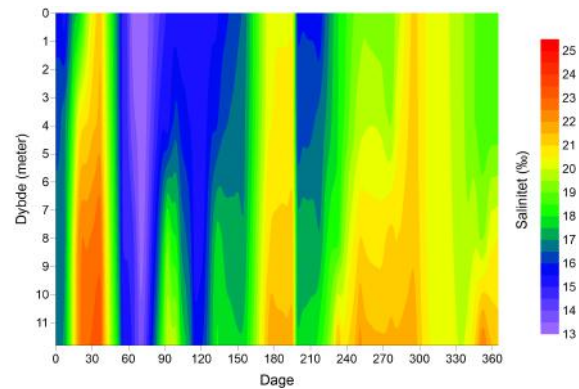


## 2.1 Hydrografi

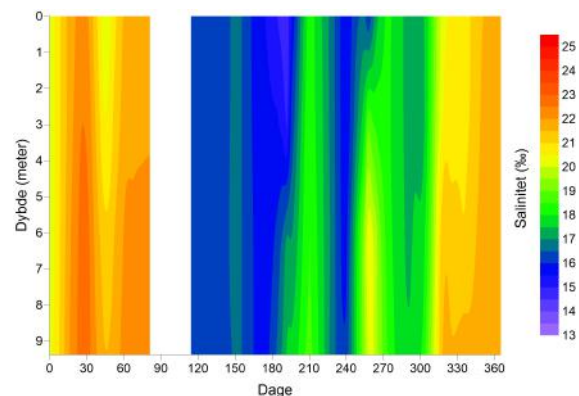
Augustenborg Inderfjord har et areal på 4,9 km<sup>2</sup> og et oplandsareal på 320 km<sup>2</sup>. Inderfjorden er forholdsvis lavvandet med en dybde på ca. 3-4 m i den inderste del, hvorefter dybden øges til ca. 5-7 m ud mod overgangen til yderfjorden. Der optræder ikke en indsnævring i hverken bredden eller dybden af Als Fjord eller Augustenborg Fjord. Dermed kan udvekslingen af vandmasser i høj grad foregå uhindret, drevet af dels vinden, dels densitetsforskellene mellem vandmasserne i den ydre del af Aabenraa Fjord på den ene side og Als Fjord og Augustenborg Fjord på den anden side (Nielsen, 2022) Saliniteten i inderfjorden varierer typisk mellem 6 og 26 promille i den øvre vandsøjle, men oftest er fjorden fuldt opblandet. Der ses flere gange årligt markante stigninger og fald i saltindholdet, hvilket skyldes en direkte vandudveksling med Lillebælt og Aabenraa Fjord. I bundlaget er saliniteten 14-28 promille, hvor der ligeledes er hyppige ændringer. Der ses periodisk lagdeling, hvilket ikke umiddelbart følger et fast årligt mønster.



**Figur 2.1** Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95920001 i Augustenborg Inderfjord.

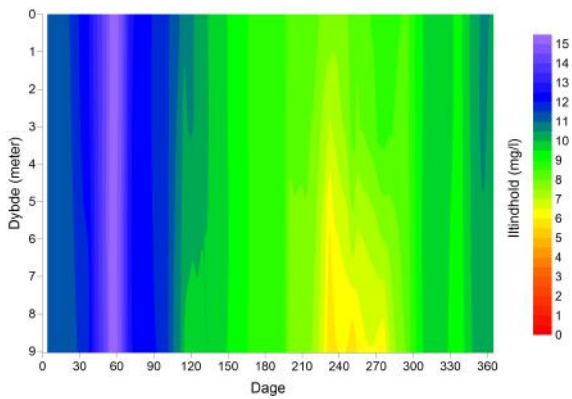


**Figur 2.2** Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95920002 i Augustenborg Yderfjord.

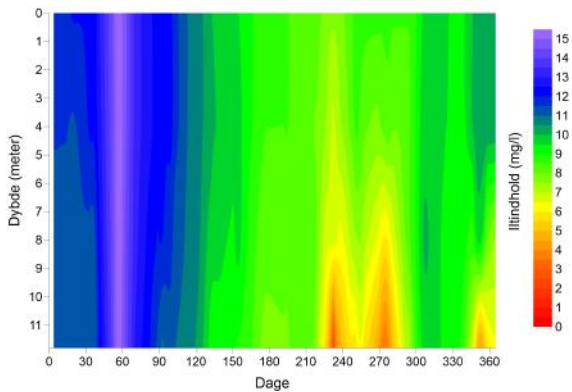


**Figur 2.3** Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2020 ved st. 95920001 i Augustenborg Inderfjord.

Der har kun været observeret iltsvind i inderfjorden enkelte gange i de seneste årtier, fordi vanddybden er lav og de salte og tunge bundlag, når typisk ikke helt ind i inderfjorden. Det er i forbindelse med lagdeling, at man ser iltsvind i Als Fjord, Aabenraa, Fjord og Lillebælt. De iltsvindshændelser for 2003, der er vist på figurer er netop i forbindelse med lagdeling i sensommer og efteråret, hvor de importeres fra tilstødende farvande Figur 2.4 og Figur 2.5



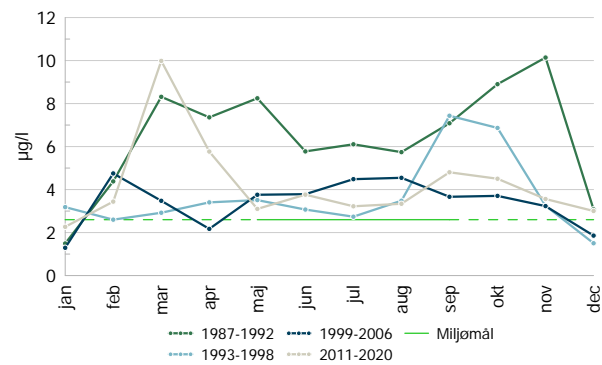
**Figur 2.4** Isopleth af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95920001 i Augustenborg Inderfjord.



**Figur 2.5** Isopleth af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95920002 i Augustenborg Yderfjord.

## 2.2 Næringsstoffer og klorofyl

Mængden af planktonalger (målt som sommermiddelklorofyl) i Augustenborg Inderfjord er faldet statistisk signifikant fra starten af måleperioden sidst i 1980'erne til i dag. Faldet er dog sket frem til omkring år 2000, hvorefter niveauet har været stabilt omkring 3-5  $\mu\text{g/l}$  (Figur 2.6 og bilag).



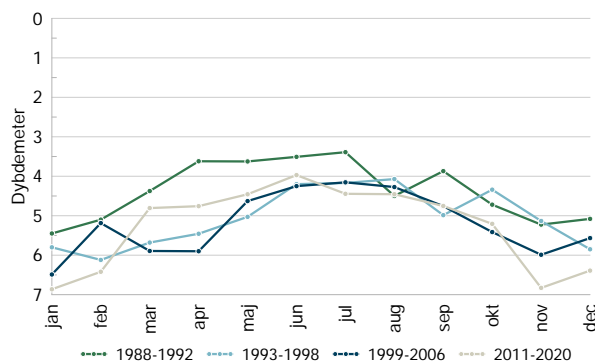
**Figur 2.6** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1993-1998, 1999-2006 og 2011-2020 for topprøver (dybde  $\leq 1,5$  meter) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord. Miljømålet for sommerklorofyl er 2,6  $\mu\text{g/l}$  for Augustenborg Fjord (god/moderat økologisk tilstand).

Der er en tydelig sammenhæng mellem begrænsningsperioderne og klorofylindholdet, som stiger kraftigt i februar-marts. Dette er forårsopblomstringen som sker som følge af øget lys og temperatur. I april og maj falder klorofylniveauet, hvor orthofosfat primært er potentielt begrænsende. Derefter ses typisk endnu en stigning i klorofylkoncentrationen i juni, hvor orthofosfat ikke fastholder begrænsning og kvælstof endnu ikke er tilstrækkeligt begrænsende. DIN øger begrænsningen i juli og frem til august, hvilket afspejles i et faldende klorofylniveau i denne periode. I efteråret er DIN og orthofosfat sjældent begrænsende jf. den markante stigning i næringsstofindholdet, hvilket typisk medfører en tredje algeopblomstring i september-oktober. I bilag ses en specificering af den årlige udvikling for de forskellige N- og P-parametre, samt for klorofyl for månederne maj-september.

Sigtdybden er ligeledes forbedret siden slut 1980'erne, dette særligt i foråret, hvor den er steget fra omkring 4 m til ca. 5 m. I sommermånederne er det nok snarere en  $\frac{1}{2}$  m, som er forbedret. Denne forbedring (sommersigtdybde) er lige knap statistisk signifikant. Yderligere ser det ud til at vintersigtdybden er forbedret. Denne forbedring er sket jævnt hen over perioden og indikerer formentligt, at forbedring

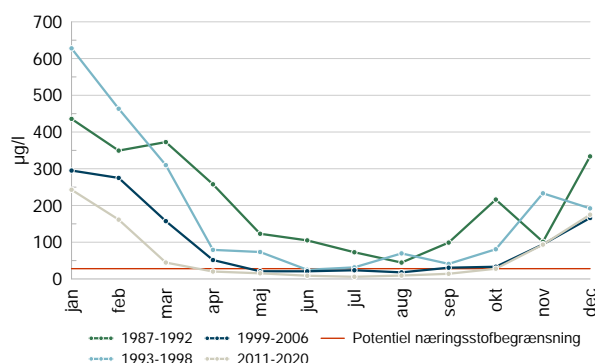
## 2. AUGUSTENBORG FJORD

af sigtddybden er en proces som tager længere tid, fordi det døde organiske materiale nedbrydes langsomt eller eksporteres langsommere til tilstødene vandområder.



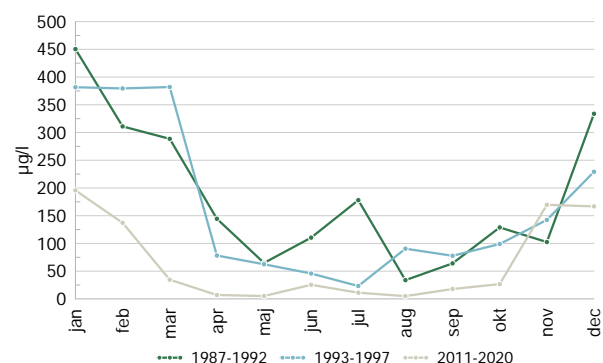
**Figur 2.7** Gennemsnit af sigtddybden (meter) på månedsbasis for perioderne 1988-1994, 1995-2001, 2002-2009 og 2011-2020 ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord.

Næringsstofniveauet har generelt været faldende for alle N- og P-parametre, hvor det laveste niveau ligeledes ses i den seneste periode (2010-2020). Indholdet af uorganisk kvælstof (DIN), i fjordens overfladelag, er faldet markant fra niveauer om vinteren, som lå på 400-600 µg/l frem til i dag på 200-300 µg/l, hvilket dog stadig er mere end det dobbelte i forhold til Aabenraa Fjord. Niveauet om sommeren er ligeledes faldet, og når i overfladelaget i dag under det potentielt begrænsende niveau (28 µg/l) i marts/april og frem til oktober Figur 2.8.



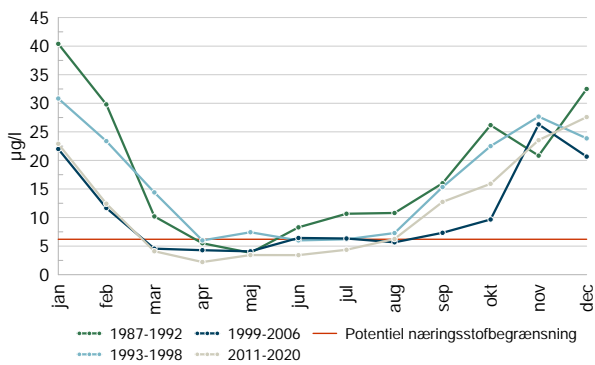
**Figur 2.8** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1993-1998, 1999-2006 og 2011-2020, top prøver (dybde ≤ 1,5 meter) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er 28 µg/l.

Koncentrationen af DIN i bundlaget, som vist på Figur 2.9, skal tages med et vist forbehold, fordi der er færre data, men illustrerer, at niveauet i bundlaget generelt også er lavt for seneste 10-årsperiode, men der kan være perioder med forhøjede værdier, hvilket ikke fremgår af 10-års gennemsnittet.



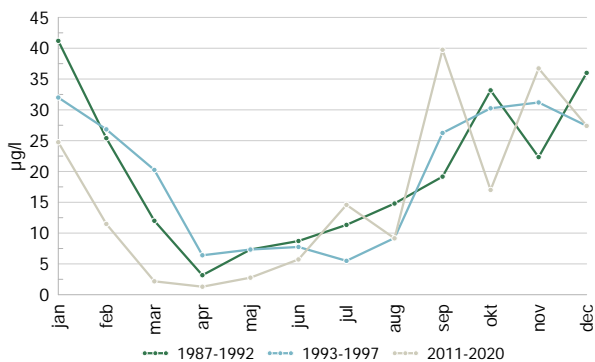
**Figur 2.9** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1993-1997 og 2011-2020 for bundprøver (dybde ≥ 5 meter) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord.

Koncentrationen af orthofosfat er ligeledes faldet i perioden, og når i dag under det potentielt begrænsende niveau (6 µg/l) fra marts til juli/august. Dermed bliver fosfor begrænsende lidt før kvælstof i foråret, hvilket er typisk for fjorde i forhold til mere åbne farvande. Til gengæld så stiger koncentrationen tidligere i forhold til kvælstof, og der fås en lidt forskudt begrænsning (se Figur 2.10), som typisk ses i fjorde i modsætning til åbne farvande, hvor begrænsningen af kvælstof og fosfor sker på samme tidspunkt om foråret.



**Figur 2.10** Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1993-1998, 1999-2006 og 2011-2020 for topprøver (dybde  $\leq 1,5$  meter) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er  $6,2 \mu\text{g/l}$ .

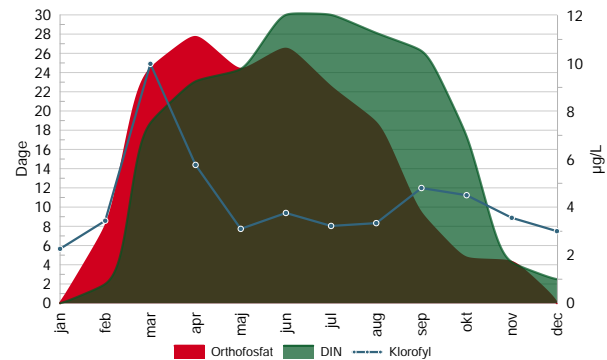
Koncentrationen af orthofosfat i bundvandet er sidst på sommeren stigende (Figur 2.11), og følger nogenlunde niveauet i overfladelaget. Grundet den lavere vanddybde og kun få iltsvindhændelser, opstår der ikke samme frigivelsesrater som i de dybde dele af de tilstødende vandområder.



**Figur 2.11** Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1993-1997 og 2011-2020 for bundprøver (dybde  $\geq 5$  meter) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord.

Planktonalgevæksten er potentielt begrænset af både DIN og orthofosfat i vækstsæsonen, men den begrænsende periode ligger delvist forskudt og overlappende for de to parametre Figur 2.12. Begrænsningsperioden for orthofosfat ligger primært i marts-juni, men strækker sig også helt ind i efteråret enkelte år. DIN er typisk potentielt begrænsende det

meste af perioden maj/juni - september. Dette er typisk for fjorde og illustrerer, at fjorden har en mere direkte kilde af næringsstoffer fra oplandet i forhold til åbne vandområder.

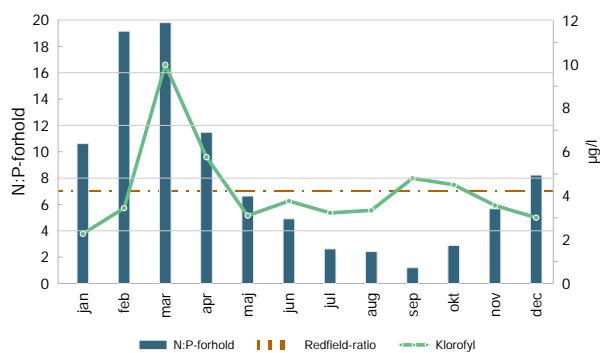


**Figur 2.12** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2010-2020 (Z-akse) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord.

En anden måde at illustrere, hvorvidt det er kvælstof eller fosfor, der begrænser væksten er forholdet mellem disse - "Redfield-forholdet". Når værdien når over 7 (stiblet linje) indikerer det fosforbegrænsning (Figur 2.13 og under linjen indikerer det kvælstofbegrænsning. Man skal dog lige huske, at såfremt der er rigeligt med kvælstof og fosfor, som det er tilfældet i vintermånederne, giver dette forhold ikke mening til at indikere begrænsning.

## 2. AUGUSTENBORG FJORD

---



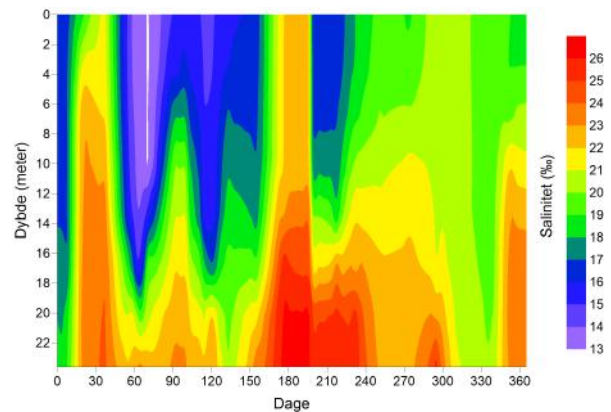
**Figur 2.13** N:P-forholdet (DIN:orthofosfat) på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2011-2020 (Z-akse) ved st. 95920001 i Augustenborg Fjord på baggrund af data fra topmålinger (dybde  $\leq 1,5$  meter). Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiplede linje.



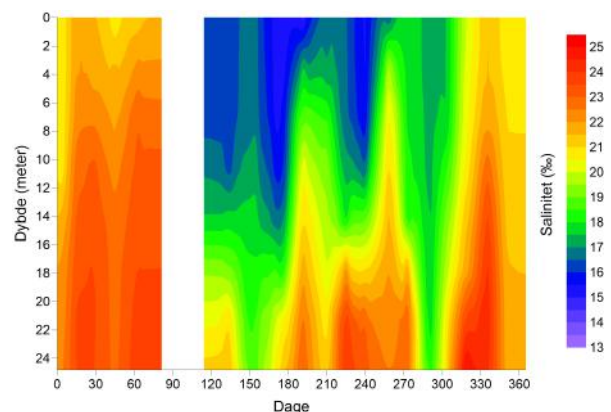


## 3.1 Hydrografi

Als Fjord, en forlængelse af Augustenborg Fjord, har en samlet længde på omkring 12 km, som strækker sig til den ydre del af Aabenraa Fjord, hvortil åbningen er relativt bred og dyb (30 m), til Als Sund og Als Fjord, hvor dybden aftager gradvist til omkring 15 m. Figurene Figur 3.1 og Figur 3.2 illustrerer, at vandudskiftningen er meget dynamisk og strømninger i Lillebælt af mere brak Østersøvand og mere salt Kattegatvand i stor udstrækning styrer vandudskiftningen i fjorden. Saltholdigheden kan skifte meget brat, dvs. på få dage i hele vandsøjlen, eller der kan være udskiftning, enten i overfladelaget af brakvand, eller i bundlaget af tungt Kattegatvand. Vandudskiftningen er nøjere beskrevet i rapport "De hydrografiske forhold i Als Fjord og Augustenborg Fjord" (Nielsen2022), og det gælder, at "i almindelighed er tilførslen og omsætningen af næringsalte primært styret af den store udveksling med den centrale del af det sydlige Lillebælt". I rapport for vandskifte er konkluderet at "at salinitetsforholdene næsten udelukkende er påvirket af udvekslingen med den ydre del af Aabenraa Fjord. Analysen viser, at opholdstiden i Als Fjord og Augustenborg Fjord er omkring en uges tid eller kortere. En hurtig udskiftning af vandmasserne kan foregå, hvis der sker der en kraftig ændring af vandmasserne i den ydre del af Aabenraa Fjord, pga. f.eks. indstrømning af højsalint vand fra Kattegat eller lavsalint vand fra Østersøen. En hurtig udskiftning kan også ske i forbindelse med kraftig vind-genereret blanding, som ofte forekommer i vintermånederne.

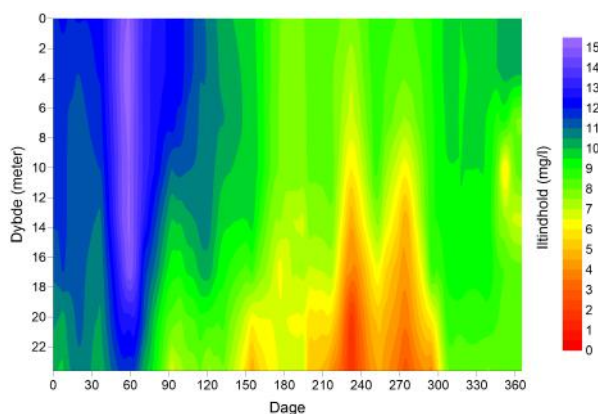


**Figur 3.1** Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95910001 i Als Fjord.

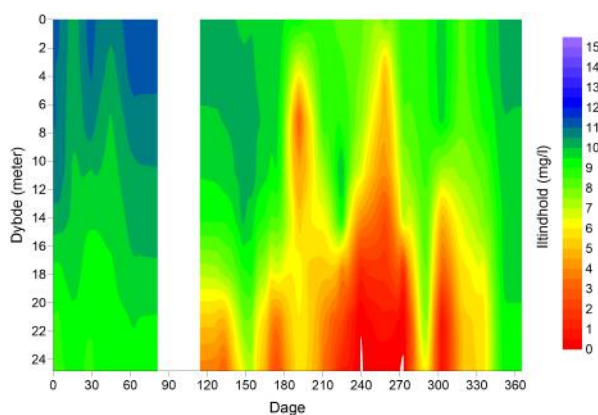


**Figur 3.2** Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2020 ved st. 95910001 i Als Fjord.

En overordnet gennemgang af iltdata viser, at der som i Aabenraa Fjord og Lillebælt optræder iltsvind i bundlaget (både moderate og kraftige iltsvind), og ofte over længere perioder, typisk i sensommer og efteråret Figur 3.3 og Figur 3.4. Den hydrografiske analyse (Nielsen 2022) viser, at der ofte er en direkte kobling mellem iltsvind i Aabenraa Fjord, Lillebælt og Als Fjord.



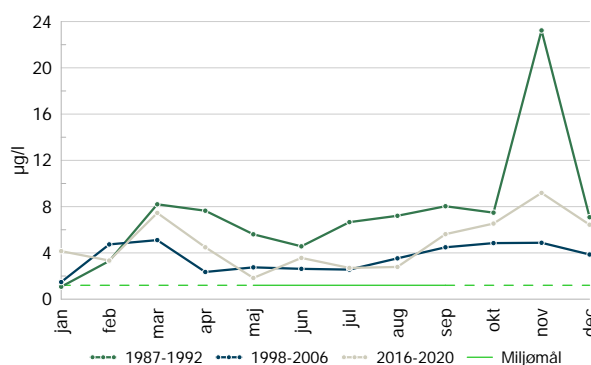
**Figur 3.3** Isopleth af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2003 ved st. 95910001 i Als Fjord.



**Figur 3.4** Isopleth af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen over året på baggrund af interpolerede data for 2020 ved st. 95910001 i Als Fjord.

### 3.2 Næringsstoffer og klorofyl

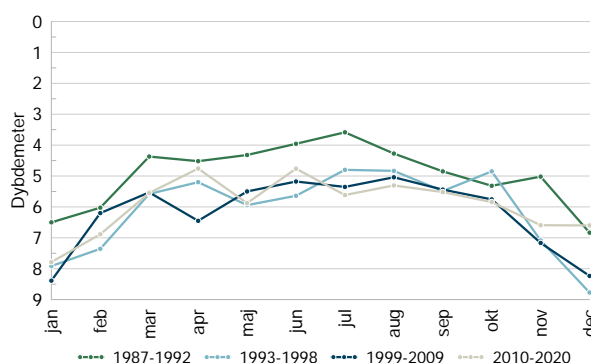
Mængden af planktonalger (målt som sommermiddelklorofyl) i Als Fjord er faldet statistisk signifikant fra starten af måleperioden sidst i 1980'erne til i dag. Faldet er dog sket frem til omkring år 2000, hvorefter niveauet har været stabilt omkring 2-4  $\mu\text{g/l}$  (Figur 3.5 og bilag).



**Figur 3.5** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioderne 1987-1992, 1998-2006 og 2016-2020 for topprøver (dybde  $\leq 1,5$  meter) og bundprøver (dybde  $\geq 3,5$  meter) i Als Fjord. Miljømålet for sommerklorofyl er 1,2  $\mu\text{g/l}$  for Als Fjord (god/moderat økologisk tilstand).

Klorofylniveauet følger samme mønster hen over året, som de tilstødende vandområder, med et forårsmaksimum, et lavere niveau med næringsstofbegrænsning over sommeren og et efterårs-maksimum (Figur 3.5).

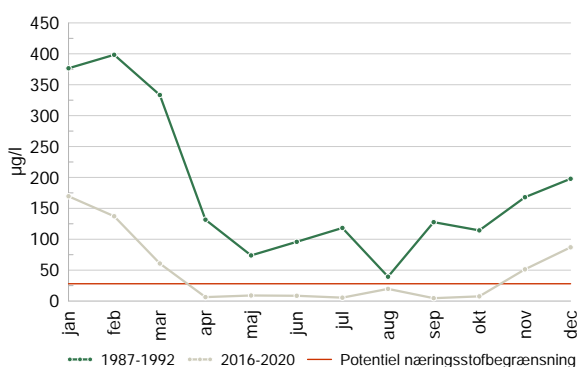
Sigtedybden er ligeledes forbedret siden slut 1980'erne, og sommermiddelsigtedybden er steget statistisk signifikant (Kendall Tau) fra omkring 4-5 m til 5-6 m. Vintermiddelsigtedybden er ikke tilsvarende forbedret, som i Augustenborg Fjord, hvilket indikerer, at Als Fjord er mindre påvirket af resuspension af partikler, og en evt. nedbrydning og mindskelse af organisk materiale tyder derfor på kun at være slået igennem i Augustenborg Fjord.



**Figur 3.6** Gennemsnit af sigtedybden (meter) på månedsbasis for perioderne 1988-1994, 1995-2001, 2002-2009 og 2011-2020 ved st. 95910001 i Als Fjord.

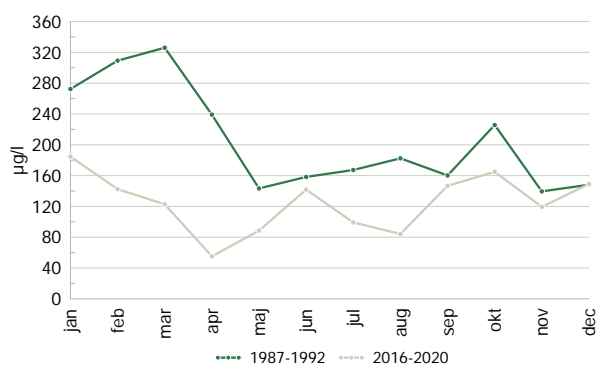
### 3. ALS FJORD

Næringsstofniveauet i Als Fjord har, som for Augustenborg Fjord, generelt været faldende for alle N- og P-parametre. Indholdet af uorganisk kvælstof (DIN), i fjordens overfladelag, er faldet markant fra niveauer om vinteren, som lå på 300-400 µg/l til i dag at være på omkring 150 µg/l. Dette niveau ligger sig midt mellem Aabenraa Fjord og Augustenborg Fjord. Niveaulet om sommeren er ligeledes faldet, og når i overfladelaget i dag under det potentielt begrænsende niveau (28 µg/l) i april og frem til oktober (Figur 3.7).



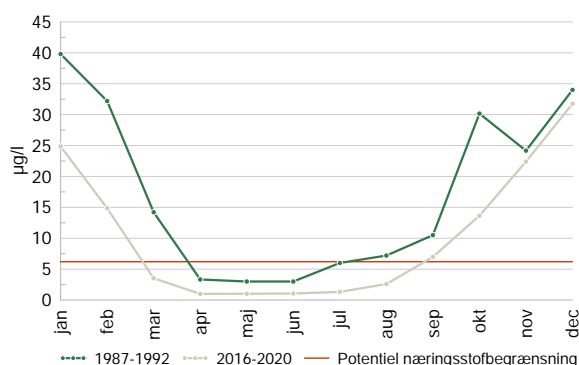
**Figur 3.7** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) på månedsbasis for perioderne 1987-1992 og 2016-2020 for topprøver (dybde ≤ 1,5 meter) i Als Fjord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er 28 µg/l.

Indholdet af DIN i bundlaget (Figur 3.8) er i forhold til Augustenborg Fjord betragteligt højere og væsentligt over det potentielt begrænsende niveau hele sommeren. Dette skyldes de større vanddybder og indtrængende bundvand med højere DIN indhold, som ligeledes kan findes i Aabenraa Fjord og Lillebælt. Dette vil give anledning til en konstant tilførsel af DIN til overfladelaget og dermed bidrage til vækst af planktonalger hen over sommeren.



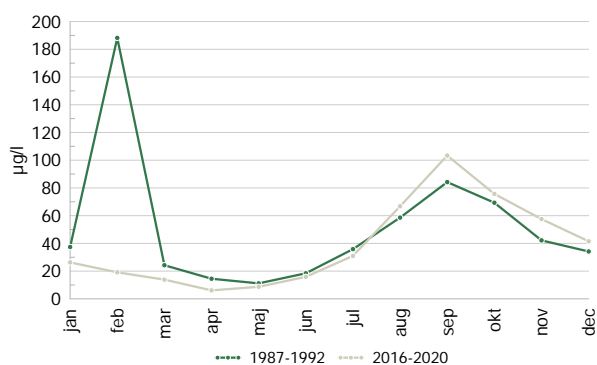
**Figur 3.8** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) på månedsbasis for perioderne 1987-1992 og 2016-2020 for bundprøver (dybde ≥ 20 meter) i Als Fjord.

Koncentrationen af orthofosfat er ligeledes faldet i perioden, og når i dag under det potentielt begrænsende niveau (6 µg/l) fra marts til august. Dermed bliver fosfor begrænsende lidt før kvælstof i foråret, hvilket er typisk for fjorde i forhold til mere åbne farvande. Dette ses ligeledes i Augustenborg Fjord (Figur 3.9).



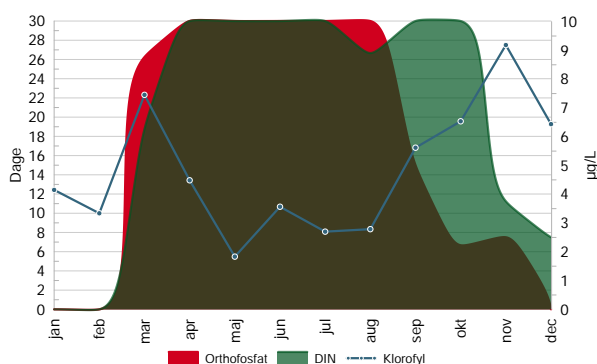
**Figur 3.9** Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen (µg/l) på månedsbasis for perioderne 1987-1992 og 2016-2020 for topprøver (dybde ≤ 1,5 meter) i Als Fjord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er 6,2 µg/l.

Koncentrationen af orthofosfat i bundvandet er relativt lavt i foråret og bidrager til fosforbegrænsningen (Figur 3.10). Senere stiger indeholdet i bundvandet som følge af iltsvind, hvor fosfor frigives fra sedimentet. Dette bidrager til stigning i orthofosfat i overfladelaget, og dermed bliver fjorden primært kvælstofbegrænset sidst på sommeren og ind i efteråret.



**Figur 3.10** Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioderne 1987-1992 og 2016-2020 for bundprøver (dybde  $\geq 20$  meter) i Als Fjord.

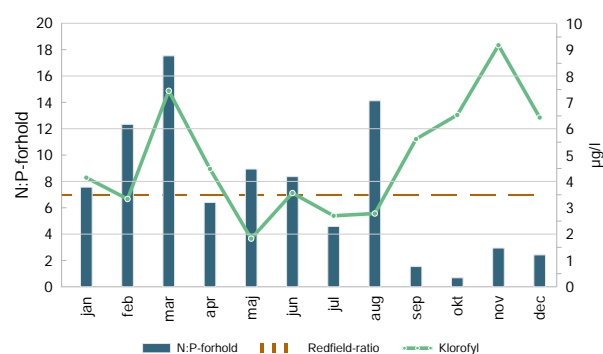
Planktonalgevæksten er potentielt begrænset af både DIN og orthofosfat i vækstsæsonen, men den begrænsende periode ligger delvist forskudt og overlappende for de to parametre (Figur 3.12). Begrænsningsperioden for orthofosfat ligger primært i marts-august, og strækker sig dermed lidt længere end i Augustenborg Fjord. DIN er typisk potentielt begrænsende det meste af perioden april - oktober, og har dermed en længere periode end i Augustenborg Fjord.



**Figur 3.11** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2016-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2016-2020 (Z-akse) i Als Fjord.

En anden måde at illustrere, hvorvidt det er kvælstof eller fosfor, der begrænser væksten er forholdet mellem disse - "Redfield-forholdet". Når værdien når over 7 (stiblet linje) indikerer det fosforbe-

grænsning (Figur 3.12) og under linjen indikerer det kvælstofbegrænsning. Man skal dog lige huske, at såfremt der er rigeligt med kvælstof og fosfor, som det er tilfældet i vintermånederne, giver dette forhold ikke mening til at indikere begrænsning. Begge figurer, der illustrer næringstofbegrænsning, viser at både kvælstof og fosfor er vigtig i forhold til at begrænse væksten af primærproduktionen i fjord-systemerne. Fra august til september begynder efterårets øgning i klorofyl. Dette sker samtidig med at fosforbegrænsningen falder væk. Dette samtidig med, at data viser, at der er kvælstofbegrænsning. Dette betyder imidlertid ikke, at kvælstof ikke kan begrænse væksten, men nok snarere, at der sker noget mere fx. en forøgelse i vindhændelser, der kan bidrage med at blande vand op fra bundlaget. Dette bør dog særskilt undersøges hvis det skal uredes.



**Figur 3.12** N:P-forholdet (DIN:orthofosfat) på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2016-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2016-2020 (Z-akse) ved 95910001 i Als Fjord på baggrund af data fra topmålinger (dybde  $\leq 1,5$  meter). Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiblet linje.



# Vandudveksling og næringsstoffdynamik med Lillebælt

## 4

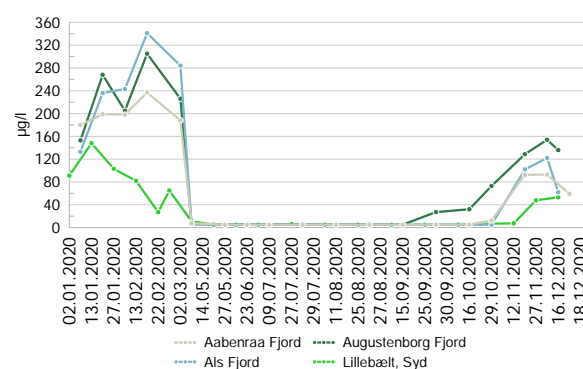
Med henblik på at forstå mere om dynamikken i Als/Augustenburg Fjord og de tilstødende vandområder, Aabenraa fjord og Lillebælt er hver enkel måling i 2020 i dette afsnit præsenteret for klorofyl og næringsstoffer.

De første måneder af 2020 var kendetegnede ved meget store afstrømninger fra land. Efteråret 2019 var rekord vådt, og dette fortsatte ind i 2020 med oversvømmelser i Jylland og stor medieomtale. Dette afspejles i koncentrationerne af DIN i årets første måneder, som når omkring 300 µg/l i Als/Augustenburg Fjord, og dermed betragteligt over middel for de seneste år (Figur 4.1). Niveaueet i Als/Augustenburg Fjord er forventeligt lidt højere end Aabenraa Fjord i disse måneder, og betragteligt højere end i Lillebælt. Niveaueet af orthofosfat de samme første måneder af året er ikke tilsvarende højere end middel og på niveau med Lillebælt og lidt overraskende er niveaueet svagt højere i Aabenraa Fjord (Figur 4.2).

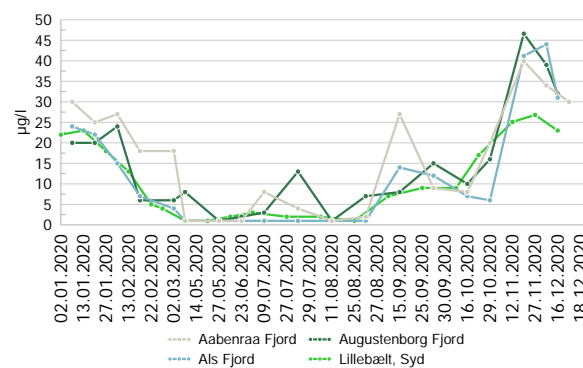
Grundet manglende data fra først i marts til midt i maj (formenligt begrundet i covid restriktioner i monitoringsprogrammet, NOVANA) er det ikke muligt at sige, hvorvidt de høje DIN koncentrationer havde indflydelse på størrelsen af forårsopblomstringe og hvornår næringsstoffbegrænsningen slår igenem (Figur 4.3). Forårsopblomstringen kan således have været på maksimum i marts og april uden, at det er registreret.

De høje vinterkoncentrationer af DIN ser ikke ud til at påvirke sommerkoncentrationerne som fra maj til oktober i alle vandområderne ligger på 5 µg/l og betragteligt under det potentielt begrænsende

niveau på 28 µg/l.



**Figur 4.1** DIN-koncentrationen i toprøverne i 2020 i Aabenraa Fjord (st. 95820001), Augustenburg Fjord (st. 95920001), Als Fjord (st. 95910001) og det sydlige Lillebælt (st. 95600002).

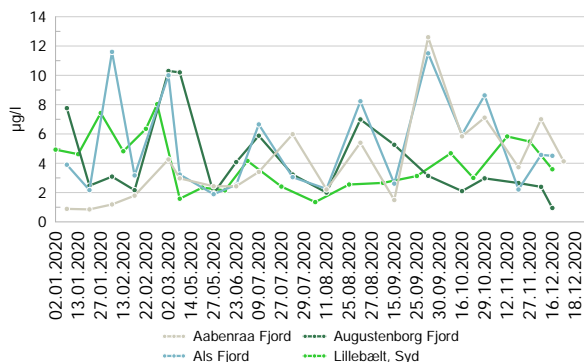


**Figur 4.2** Orthofosfat-P-koncentrationen i toprøverne i 2020 i Aabenraa Fjord (st. 95820001), Augustenburg Fjord (st. 95920001), Als Fjord (st. 95910001) og det sydlige Lillebælt (st. 95600002).

Klorofylkoncentrationen er midt i maj faldet til 2 µg/l i Als/Augustenburg Fjord Figur 4.3. Forårsmaksimum, når 10-11 µg/l, men kan have været højere, da der ikke er registreret data i marts/april. Gennem sommeren ses en vis dynamik, idet klorofylniveaueet skifter mellem 2-3 µg/l og lidt højere omkring 6-8 µg/l. Samme dynamik ses i Aabenraa Fjord, dog

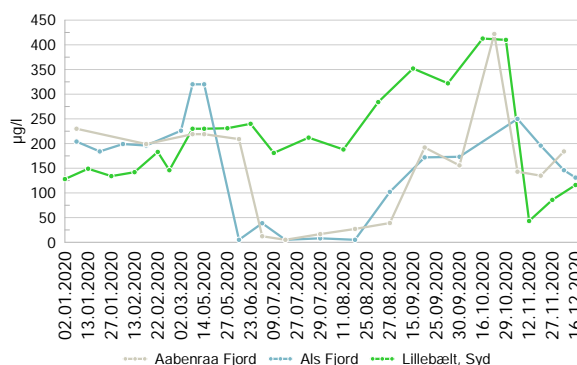
#### 4. Vandudveksling og næringsstoffdynamik med Lillebælt

med lidt lavere maksimum, og vidner formentlig om perioder, hvor Lillebæltvand dominerer områderne og de lidt højere værdier vidner om tilførsel af næringsstoffer enten fra oplandet eller fra bundlaget, som giver anledning til mindre opblomstringer.

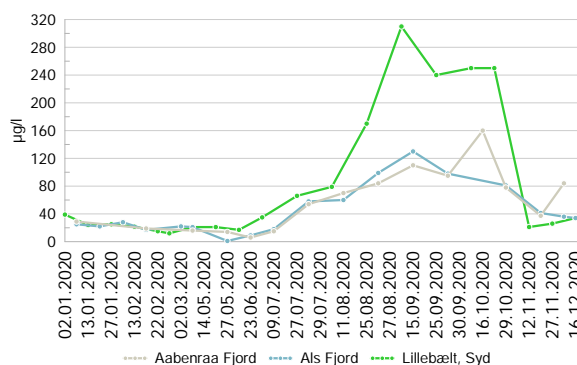


**Figur 4.3** Klorofylkoncentrationen i topprøverne i 2020 i Aabenraa Fjord (st. 95820001), Augustenborg Fjord (st. 95920001), Als Fjord (st. 95910001) og det sydlige Lillebælt (st. 95600002).

Indholdet af DIN i bundvandet er lidt atypisk for for 2020, med et højt indhold i de første måneder som følge af den betydelige afstrømning fra land i den periode, for så i en periode over sommeren at være atypisk lavt. Typiske værdier i bundvandet er 150 µg/l (Figur 2.9), men i 2020 er niveauet under 28 µg/l i dele af juni samt juli og august, mens det på samme tid er på et normalt højt niveau i Lillebælt. Orthofosfatkoncentrationerne i bundvandet i 2020 er relativt lave frem til sidst på sommeren, hvorefter de stiger til ret høje niveauer (Figur 4.5). Niveauet i Lillebælt er væsentligt højere og skyldes formentlig de mere langvarige og konsistente iltsvind i de centrale dele af Lillebælt



**Figur 4.4** DIN-koncentrationen i bundprøverne i 2020 i Aabenraa Fjord (st. 95820001) og Als Fjord (st. 95910001) og det sydlige Lillebælt (st. 95600002).



**Figur 4.5** Orthofosfat-P-koncentrationen i bundprøverne i 2020 i Aabenraa Fjord (st. 95820001), Augustenborg Fjord (st. 95920001), Als Fjord (st. 95910001) og det sydlige Lillebælt (st. 95600002).

Gennemgang af data for Als/Augustenburg Fjord viser, at vandområdet i meget høj grad er påvirket af vandbevægelserne i Lillebælt. De hydrografiske data viser, hvorledes strømninger fra Kattegat gennem Lillebælt og fra Østersøen gennem Lillebælt udskifter vandet i Aabenraa Fjord, og at udskiftningen i Aabenraa Fjord direkte påvirker vandudskiftningen i Als/Augustenburg Fjord. Analysen viser, at opholdstiden i Als Fjord og Augustenburg Fjord er en uges tid eller kortere. En hurtig udskiftning af vandmasserne kan foregå, hvis der sker der en kraftig ændring af vandmasserne i den ydre del af Aabenraa Fjord, pga. f.eks. indstrømning af højsalint vand fra Kattegat eller lavsalint vand fra Østersøen. En hurtig udskiftning kan også ske i forbindelse med kraftig vind-genereret blanding, som ofte forekommer i vintermånederne (Nielsen 2022). I forhold til påvirkning fra næringsstoffer fra land, så er fjordområdet mere direkte påvirket end Aabenraa Fjord. Dette ses fx i de første måneder af 2020, hvor der grundet store afstrømninger ses forhøjede værdier af DIN i Als/Augustenburg Fjord. Data viser også, at vandudskiftningen sker så markant og hyppigt, at vinterens kvælstofafstrømning fra oplandet ikke direkte påvirker væksten af alger i sommerhalvåret. Data for 2020 viser dog, at en kraftig afstrømning sent på vinteren formentlig vil have en effekt på forårsopblomstringen. Data fra 2020 viser også, at situationen i fjorden hurtigt bliver "nulstillet", når der sker en vandudskiftning i hele Lillebælt incl Aabenraa Fjord og Als/Augustenburg Fjord. Det samme ser ud til at gælde for iltsvind i fjorden. Oftest er der en direkte sammenhæng med iltsvind i Lillebælt og Aabenraa Fjord, mens der ikke ofte ses iltsvind i den inderste del, fordi vanddybden er lavere og de tunge bundlag, hvor iltsvindet optræder,

ikke trænger ind på lavere vand.

Sommermiddel-klorofylkoncentrationen (maj-sep), er målsat i VP3 til 1,2 µg/l, 2,0 µg/l og 2,6 µg/l i hhv. Als Fjord, Als Sund og Augustenburg Fjord (Timmermann, 2021). I VP2 var de tilsvarende målsætninger sat til 2,1 for alle de 3 vandområder. I dag er niveauet 2-4 µg/l i Als/Augustenburg Fjord. Målsætningen om en dybdegrænse for ålegræs er i VP3 på 7,8 m, 5,7 m og 5,1 m i hhv. Als Fjord, Als Sund og Augustenburg Fjord (Timmermann, 2020). I VP2 var de tilsvarende målsætninger sat til hhv. 8,9 m, 4,4 m og 4,1 m for Als Fjord, Als Sund og Augustenburg Fjord. I dag er sigt dybden 4-5 m i Augustenburg fjord og 5-6 m i Als Fjord.

Uanset hvorvidt målsætningerne er opnåelige eller vanskelige at nå, så vil en forbedring af tilstanden i form af mindre klorofyl, større sigt dybde og mindre iltsvind bero på flere faktorer. Først og fremmest er det vigtigt at forstå, at de næringstoffer, som strømmer ind i Lillebælt fra Kattegat og Østersøen, og videre ind i Aabenraa Fjord, spiller en stor rolle for tilstanden. Bundvandet, som strømmer ind nordfra fra Kattegat, er næringsrigt vand fra Skagerrak og Nordsøen, som trækkes ned gennem Kattegat som en kompenserende strøm for den store udstrømning af brakvand fra Østersøen (Gertz, 2021). Det er således i allerhøjeste grad et nationalt og internationalt anliggende at forbedre tilstanden både i Lillebælt og i Aabenraa fjord, og dermed også i Als/Augustenburg Fjord. I forhold til den lokale tilledning, så har den en betydning, som er større end fx. for Aabenraa Fjord, men det er samtidig vigtigt at forstå, at det næringsrige bundlag, som trænger ind i fjorden fra Aabenraa fjord spiller en rolle, og man bør studere dette nøjere med dynamiske/mekanistiske

modeller for mere præcist at udrede betydningen af det lokale bidrag contra input fra bundlaget. Det kræver af modellerne, at de er specielt sat op til området ved Lillebælt og kan beskrive den helt specifikke dynamik i området, bl.a. den opblanding, som sker mellem bundlag og overfladelag.

Hvad angår næringsstoffbegræsning, så er det vigtigt både at reducere kvælstof og fosfor, da begge næringsstoffer i forår- og sommerhalvåret falder til niveauer, der begrænser væksten af alger. Kvælstof er imidlertid begrænsende i en længere periode, som følge af frigivelse af fosfor fra sedimentet sidst på sommeren. Hvad angår en tidslig komponent i forhold til, hvornår på året der evt skal fokuseres på at reducere næringsstoffer, så er der forskel på kvælstof og fosfor. Fosfor kommer i højere grad som partikler, der sedimenterer, og kan blive frigivet fra sedimentet om sommeren (Fenchel, 2006), derfor skal man reducere fosfor hele året. Kvælstof, som fortrinsvist udledes som nitrat, derimod vil i højere grad blive "skyllet" ud af fjordene (Fenchel, 2006), hvorfor det giver mening at fokusere indsatsen på reduktion af kvælstof til sommerhalvåret i forhold til fjorden.

En faktor som kan påvirke den kommende miljøtilstand er en tendens til stigende forårsopblomstring. I Lillebælt ses endvidere en tendens til stigende vinterkoncentrationer af klorofyl. Hvad dette skyldes er uklart, men stigende temperaturer og anden algesammensætning kan være en forklaring. Riskoen er, at man ser ind i et regime med stigende temperaturer, som modvirker de forbedringer som er sket. Dette er ligeledes noget, der kræver et særskilt studie for at få udredt.

Carstensen, J. 2021. Næringsstofkoncentrationer. I: Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2021. Marine områder 2019. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 174 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 418. <https://dce2.au.dk/pub/SR418.pdf>

Fenchel 2006, Naturen i Danmark, Havet, 2006. 1. oplag. Redaktør Prof. Tom Fenchel, Hovedredaktør Prof. Kaj Sand-Jensen Kap 15. De frie vandmasser stofomsætning side 357 ved Matthias Middelboe, lektor KU og Michael Olesen lektor KU.

Flemming Gertz, Line Kolding Thostrup, Tobias Berthel Bendixen, Sebastian Piet Zacho, MILJØTILSTANDEN I KATTEGAT Beskrivelse af udviklingstendenser af centrale miljøparametre, december 2021, SEGES

Nielsen, 2022: Morten Holtegaard Nielsen, "De hydrografiske forhold i Als Fjord og Augustenborg Fjord", 2022, Marine Science Consulting ApS.

Timmermann K, Christensen JPA, & Erichsen A. 2020. Referenceværdier og grænseværdier for ålegræsdybdegrænser til brug for vandområdeplanerne. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Videnskabelig rapport nr. 390. <http://dce2.au.dk/pub/SR390.pdf>

Timmermann, K, Christensen, J.P.A. & Erichsen, A. 2021. Establishing Chlorophyll-a reference conditions and boundary values applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 32 pp. Scientific Report No. 461 <http://dce2.au.dk/pub/SR461.pdf>



# KONTAKT OS

## Flemming Gertz

Chefkonsulent

Geolog

M +45 30 92 17 63

E flg@seg.es.dk



## Line Kolding Thstrup

Miljøkonsulent

Biolog

M +45 30 27 28 30

E likt@seg.es.dk



[www.SEGES.dk](http://www.SEGES.dk)

**SEGES**  
INNOVATION