

# MILJØTILSTANDEN I LILLEBÆLT

---

Beskrivelse af udviklingstendenser  
af centrale miljøparametre

September 2021



## MILJØTILSTANDEN I LILLEBÆLT

Er udgivet af

Landbrug og Fødevarer F.m.b.A.

SEGES

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

+45 87 40 5000

seges.dk

UDARBEJDET AF

Plante- og MiljøInnovation, SEGES

REDAKTØR

Flemming Gertz, Chefkonsulent

FORFATTERE

Tobias Berthel Bendixen, Konsulent

Sebastian Piet Zacho, Konsulent

Flemming Gertz, Chefkonsulent

FORSIDEFOTO

Colourbox

FINANSIERET AF

Promilleafgiftsfonden

STØTTET AF

**Promille**afgiftsfonden for landbrug

# RESUMÉ

---

Analysen af miljøtilstanden i Lillebælt i denne rapport bygger primært på NOVANA-data fra tre målestationer i det nordlige Lillebælt, Bredningen og det sydlige Lillebælt. Derudover er der vist enkelte data for målestationen i Snævringen for at illustrere den overordnede vandudveksling igennem Lillebælt. Data for saltholdighed og ilt samt litteraturen beskriver de meget dynamiske hydrografiske forhold, som især gør sig gældende i og omkring Snævringen. Det smalle forløb og tærsklerne ved og omkring Snævringen fungerer som flaskehalse, hvilket medfører kraftige strømme og opblanding af de øvre og nedre vandmasser, ved en så kaldt "intern hydraulisk kontrol". Dette bevirker at næringsrigt bundvand, fra især centrale dele af Kattegat, bringes op i den øvre del af vandsøjlen (fotiske zone), hvor fytoplanktonproduktionen derved øges. Disse processer kan være med til at forklare, hvorfor klorofylniveauet er væsentligt højere i sommermånederne i Snævringen og Bredningen sammenlignet med stationerne i det nordlige og sydlige Lillebælt.

Næringsstoftransporterne i Lillebælt er ganske markante som følge af de store vandvolumener der passerer gennem Lillebælt. Af den grund udgør næringsstofftilførslerne fra det nære opland kun en mindre andel af de samlede transporter. Det gælder især i sommermånederne, hvor afstrømningen fra oplandene er lavest, mens de højeste tilførsler fra det nære opland ses i november-marts.

Der forekommer årligt iltsvindshændelser i Lillebælt, hvilket især gør sig gældende i de dybe bassiner i det sydlige Lillebælt. Her registreres der typisk længerevarende perioder med iltsvind i bundlaget fra juli/august til september/oktober, som tilmed dækker et relativt stort område ved Als og Ærø, samt ind i de omkringliggende dybere fjorde. Andelen af iltsvindsregistreringer har desuden fulgt en stigende tendens for maj og juni, hvilket indikerer, at iltsvindene er begyndt tidligere de senere år. I Snævringen og det nordlige Lillebælt registreres der også jævnlige iltsvind, men i langt mindre grad og med kortere varighed, hvilket dels hænger sammen med de hyppige opblandinger af vandmasserne i og omkring Snævringen. Iltsvindene medfører en frigivelse af kvælstof og fosfor (ammoniak+ammonium og orthofosfat) fra bundsedimentet, hvilket betyder, at de længerevarende iltsvindsperioder i juli-oktober bidrager med betydelige næringsstofmængder, især i det sydlige Lillebælt.

Indholdet af uorganisk kvælstof i den øvre vandsøjle har generelt været faldende siden 1980'erne, men udviklingen ser ud til at være stagneret de seneste to årtier. Udviklingen for orthofosfat har ligeledes været faldende siden 1980'erne, og især frem til midten af 1990'erne, hvorefter udviklingen også har været stagnerende. Faldet i kvælstof har betydet, at kvælstof potentielt er blevet mere begrænsende for algevæksten både om sommeren og om foråret. Fosfat er ligeledes blevet mere potentielt begrænsende for algevæksten, men kun i foråret, hvilket skyldes, at bundvandets indhold af fosfat hvert år øges betragteligt hen over sommeren, som følge af iltsvind. Næringsstoffindholdet i toplaget er typisk højere i den centrale del af Lillebælt, som følge af opblandingen af det næringsrige bundvand. I bundlaget ses om sommeren et stigende niveau af både uorganisk kvælstof og orthofosfat som følge af iltsind, hvor næringsstoffer bliver frigivet fra sedimentet. Dette er meget udtalt i det sydlige Lillebælt, hvor iltsvindet er mest markant.

Indholdet af klorofyl-a (en proxy for planktonalger) er karakteriseret ved en forårs- og efterårsopblomstring og et sommerminimum. Det faldende niveau i næringsstoffer har ført til et løbende fald i klorofyl om sommeren på to af stationerne hhv. Lillebælt Nord og Bredningen. I snævringen, hvor niveauet er højere end på de andre stationer, ses ikke et fald og skyldes formodentligt den betragtelige opblanding af næringsrigt bundvand. I det Sydlige Lillebælt ses stort set ikke noget fald i sommerminimum hen over årene og skyldes formodentligt, at bundvandets indhold af næringsstoffer ikke er faldet. På flere af stationerne i Lillebælt ses, at forårets klorofylmaksimum er steget på trods af faldende niveauer af næringsstoffer og generelt er vinterens klorofylniveau ligeledes steget siden 90'erne. Denne stigning kan der ikke redegøres for her, men kan skyldes at algesammensætningen er ændret, temperaturen er stigende m.v.

---

Vandets klarhed, sigtddybden, er øget siden 1980'erne, men det er især fra 80'erne og første halvdel af 90'erne, at forbedringen er sket. Sigtddybden er om sommeren steget fra et niveau på omkring 4-6 m i 80'erne til 5-8 m de sidste 20-25 år. Den betydelige begrænsning i algevæksten betyder, at sommersigtddybden kun er minimalt lavere end sigtddybden om vinteren, som typisk er 1-2 m større afhængig af lokalitet.

Ålegræssets hovedudbredelse og maksimale dybdegrænse har generelt været uændret de sidste årtier, og med en svagt faldende tendens i det sydlige Lillebælt. Ålegræssets dybdegrænse er derfor fortsat et stykke fra de respektive miljømål i Lillebælt. Ålegræssets dybdegrænse er registreret flere meter under dets potentiale i forhold til de nuværende lysforhold, hvilket nemt kan hænge sammen med det intensive fiskeri med bundskrabende redskaber, hvor ålegræsset ikke får den nødvendige beskyttelse jf. den nuværende lovgivning. Ligeledes tyder undersøgelser på, at fiskeri med bundskrabende redskaber i Lillebælt desuden kan influere lysforholdene negativt.

## **Anbefalinger**

Lillebælt er et komplekst vandområde med store transporter af næringsstoffer. Områdets geometri medfører dertil kraftig strøm og hyppig opblanding af næring fra bundlag som hidhører andre vandområder. Bedre indsigt i disse processer vil være afgørende for at skelne mellem, hvor stor påvirkning næringsstoffer fra det nære opland har på tilstanden, og hvor meget næringstoffer, som kommer langsvej fra påvirker tilstanden. Installering af permanente målestationer med hyppig prøvetagning ville forbedre datagrundlaget betydeligt. Dette ved at monitorere kontinuerligt og derved registrere kortvarige hændelser, som især kan bidrage til forståelsen af processerne i området (f.eks. intern hydraulisk kontrol).

Den betydelige transport af næringsstoffer fra tilstødende vandområder betyder, at iltsvind i den sydlige del ikke blot kan løses ved næringsstofreduktioner fra det nære opland. Det er ligeledes vigtigt at være opmærksom på, at efterårets og vinterens tilførsler af næringsstoffer til Lillebælt, i vidt omfang er transporteret ud i de åbne vandområder (Kattegat, Østersøen og Skagerrak), når sommerens algevækst begynder. Minimering af næringsstoffer fra det nære opland i foråret og om sommeren er afgørende for tilstanden, men i høj grad også fra det vand som flyder til fra omkringliggende vandområder. Bundvandet i Kattegat, som strømmer til fra Nordsøen, har et estimeret bidrag på ca. 40.000 ton nitrat-N i sommerhalvåret til den fotiske zone i Kattegat (Hansen & Mohn, 2021), og det er derfor helt afgørende også at have et internationalt perspektiv i forhold til at mindske iltsvindsproblematikken.

Trods generel reduktion af næringsstofniveauet i Lillebælt har der været stigende klorofylindhold uden for sommermånederne. Marine virkemidler som muslingeopdræt, dyrkning af tang, udplantning af ålegræs og etablering af stenrev kan bidrage til reduktion af planktonalge- og næringsstofniveauet, samt skabe flere levesteder for bunddyr og fisk. Det bør indledningsvist undersøges, hvor det er mest fordelagtigt at placere eventuelle virkemidler i forhold til at forbedre den økologiske tilstand mest effektivt.

Data peger på, at ålegræs ikke vokser ud til den dybdegrænse som lyset tillader. Dette kan skyldes, at fiskeri med bundslæbende redskaber beskadiger ålegræsbedene. Dertil kommer, at fiskeriet kan nedsætte vandets klarhed. Dette bør undersøges nærmere, og man bør se hvorvidt fiskeriet med bundredskaber skal ophøre eller lovgivningen ændres, således der ikke kan skræbes inden for den målsatte dybdegrænse for ålegræs.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

---

1	INDLEDNING	7
2	BESKRIVELSE AF DATA	9
2.1	Målestationer . . . . .	9
2.2	Databehandling . . . . .	10
2.3	Prøvetagningsfrekvens . . . . .	10
3	NÆRINGSSTOFTILFØRSLER	13
4	TILSTANDSBESKRIVELSE	17
4.1	Hydrografi . . . . .	17
4.2	Iltkoncentration . . . . .	18
4.3	Sigtdybde . . . . .	19
4.4	Klorofyl . . . . .	20
4.5	Kvælstof . . . . .	24
4.6	Fosfor . . . . .	25
4.7	Næringsstofbegrænsning . . . . .	26
4.8	Ålegræs . . . . .	28
5	DISKUSSION	31
6	REFERENCER	33



I denne rapport belyses udviklingen i koncentrationen af næringsstoffer, klorofyl og ilt samt parametre som sigtdybde og vegetation i Lillebælt fra 1980'erne og frem til nu. Rapportens formål er at demonstrere vigtigheden i at behandle og analysere data på kystvandsniveau, og dermed opnå en mere detaljeret systemforståelse af Lillebælt, samt udviklingen gennem årene. Rapporten skal danne grundlag for en mere dybdegående indsigt i miljøtilstanden, og give interessenter mulighed for at kunne medvirke i drøftelser om Lillebælt. Den opnåede forståelse af økosystemet bidrager desuden med vigtig information til udarbejdelse af miljømål, samt målrettede miljøtiltag i oplandet og marine virkemidler.

Rapporten giver en kort gennemgang af de centrale miljøparametre for udviklingen i Lillebælt, hvoraf et udvalg af de vigtigste figurer og tabeller fremgår i rapporten. Øvrige beskrivende figurer og tabeller findes i det tilknyttede bilag. Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet, og der er endvidere anvendt data fra DCE og DHI til opgørelse af næringsstof- og vandtransporter. Der er her indhentet al tilgængelig data tilbage fra januar 1976 frem til december 2020 for målestationer med længere tidsserier.

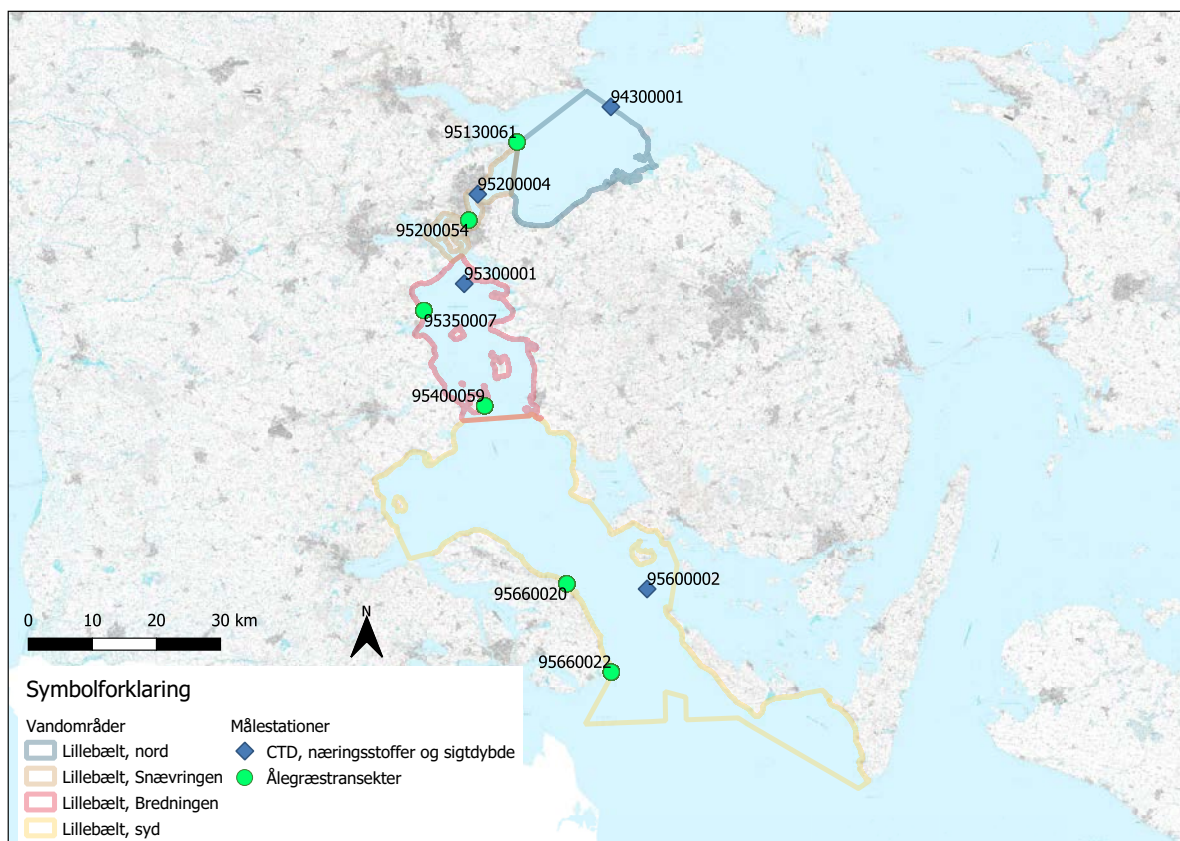




## 2.1 Målestationer

Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet. Der er endvidere anvendt data fra DCE og DHI til opgørelse af næringsstof- og vandtransporter, hvor målestation 94300001 og 95600002 i hhv. Lillebælt, nord og Lillebælt, syd er anvendt.

I analysen af miljøtilstanden er der lagt vægt på at bruge målestationer med lange datatidsserier. Udviklingen af henholdsvis næringsstoffer, klorofyl og CTD (iltkoncentration, salinitet og sigtddybde) præsenteres derfor i rapporten for målestationerne 94300001, 95200004, 95300001 og 95600002, som er placeret i henholdsvis det nordlige Lillebælt, Snævringen, Bredningen og det sydlige Lillebælt (se Figur 2.1). For ålegræsobservationerne tages der udgangspunkt i følgende seks transekter med de længste tidsserier i hhv. Lillebælt, nord/Snævringen (95130061 og 95200054), Bredningen (95350007 og 95400059) og Lillebælt, syd (95660020 og 95660022). Transekternes placering fremgår af Figur 2.1.



Figur 2.1 Lokationer for de anvendte målestationer og ålegræstransekter i Lillebælt.

## 2.2 Databehandling

I analysen af næringsstoffilførsler er der anvendt data fra DCE til opgørelse af næringsstof- og vandtransporter fra oplande på 4. ordens farvandsniveau (farvand4). Hertil også data fra DHI til opgørelse af de månedlige vandtransporter til og fra de omkringliggende vandområder som er ganget med de gennemsnitlige næringsstofkoncentrationer for 2010-2020 fra hhv. målestation 94300001 og 95600002.

I analysen af miljøtilstanden af Lillebælts fire delområder skelnes der mellem top- og bundmålinger ved at inddele prøvetagningerne af næringsstoffer og klorofyl fra de respektive målestationer i dybder på  $\leq 1,5$  meter for topprøver og bundprøverne er henholdsvis  $\geq 17$  meter for det nordlige Lillebælt,  $\geq 40$  meter for Snævringen,  $\geq 25$  meter for Bredningen og  $\geq 30$  meter for det sydlige Lillebælt.

For henholdsvis klorofyl og enkelte parametre er der tilføjet miljømål og næringsstofbegrænsningsværdier for planktonalgevækst. Miljømålet for koncentrationen af sommerklorofyl *a* er  $1,2 \mu\text{g/l}$  for det nordlige Lillebælt,  $1,4 \mu\text{g/l}$  for Bredningen og  $1,0 \mu\text{g/l}$  for det sydlige Lillebælt jf. udkast til baggrundsdata for klorofylmål i vandområdeplanerne (VP3), hvilket angiver grænseværdien for en god/moderat økologisk tilstand (Timmermann et al., 2021). Der kan derfor ske ændringer af førnævnte værdier. Bemærk, at der ikke fremgår særskilt klorofylmål for Snævringen, hvorfor miljømålet for det nordlige Lillebælt er anvendt.

Det skal bemærkes, at analysemetoden for klorofyl blev ændret fra klorofyl *a* til klorofyl ukorrigeret i 2007. I datagrundlaget er de to måleenheder lagt sammen i forlængelse, da der ikke ses en signifikant ændring i klorofylniveauet før og efter 2007. Væksten af planktonalger begrænses blandt andet af næringsstoffer samt lys og temperatur. 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 fytoplankton, er sat til  $28 \mu\text{g/L}$ . Den vejledende grænseværdi for, hvornår fosfor (orthofosfat-P) er begrænsende for algevækst er sat til  $6,2 \mu\text{g/L}$  (Carstensen, 2021). Grænseværdien for hvornår kvælstof og fosfor er potentielt begrænsende for planktonalgevækst skal udelukkende ses som en vejledende tommelfingerregel. Hertil kan vækstbegrænsningen beskrives ud fra N:P-forholdet (DIN og orthofosfat-

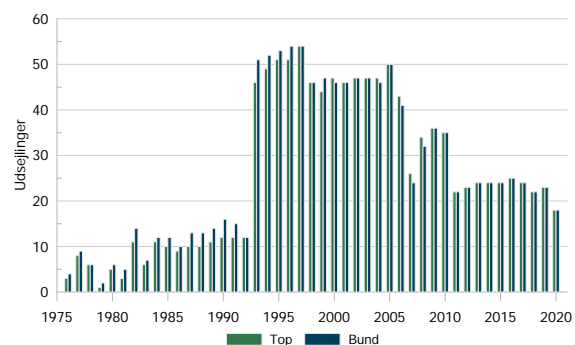
P) op mod Redfield-forholdet, som angiver den støkiometriske ligevægtsratio mellem N og P i biomassen for fytoplankton (16:1 på molbasis og 7:1 på vægtbasis).

I data for ålegræs vises den årlige maksimale dybde for bundvegetationens hovedudbredelse, hvilket svarer til en dækningsgrad på mindst 10%. Derudover vises også den maksimale dybdegrænse for bundvegetationen, hvilket svarer til en dækningsgrad på mindst 1%. Miljømålet for hovedudbredelsen af ålegræs er sat til en dybdegrænse på henholdsvis 9,0 meter og 7,0 meter i Lillebælt nord og Lillebælt syd jf. mål i vandområdeplanerne (VP2), hvilket angiver grænseværdien for en god/moderat økologisk tilstand (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2016).

## 2.3 Prøvetagningsfrekvens

Der er foretaget prøvetagninger i perioden 1976-2020 med undtagelse af målestation 95200004 i Snævringen, hvor der kun er foretaget næringsstofprøver frem til 2002. Figur 2.2 - Figur 2.5 beskriver antallet af udsejlinger med næringsstofmålinger for de fire målestationer. Antallet af udsejlinger repræsenterer derfor antallet af dage med prøvetagning. Bemærk, at TN er anvendt som bagvedliggende parameter for prøvetagningshyppigheden, hvorfor der kan være enkelte udsejlinger, hvor der ikke er målt for alle parametre. Der er desuden ikke målt for klorofyl i bundlaget, med undtagelse af målestation 94300001 i Lillebælt nord. Der er dog foretaget forholdsvis hyppige klorofylmålinger i flere dybdeintervaller ned til ca. 25 meter i de senere år.

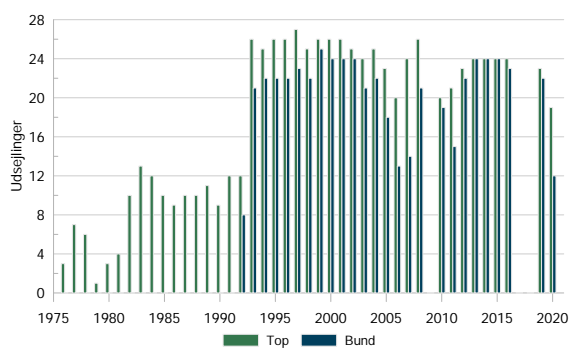
Antallet af udsejlinger med prøvetagning af næringsstoffer og klorofyl har varieret gennem årene med det laveste antal frem til begyndelsen af 1990'erne, hvorefter prøvetagningshyppigheden var på det højeste fra midten af 1990'erne til starten af 2000'erne. Herefter har der været ca. 20-25 udsejlinger pr. år.



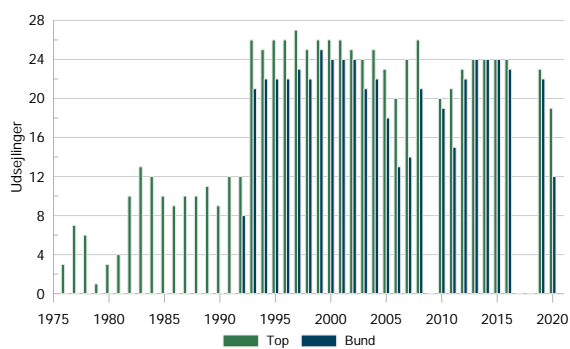
Figur 2.2 Antal dage med målinger (udsejlinger) pr. år af næringsstoffer ved målestation 94300001 i Lillebælt, nord.

## 2. BESKRIVELSE AF DATA

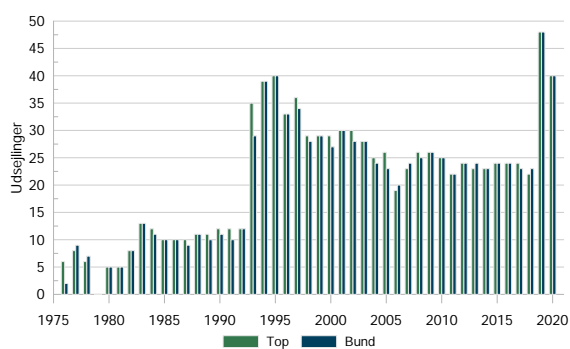
---



**Figur 2.3** Antal dage med målinger (udsejlinger) pr. år af næringsstoffer ved målestation 95200004 i Lillebælt, Snævringen.



**Figur 2.4** Antal dage med målinger (udsejlinger) pr. år af næringsstoffer ved målestation 95300001 i Lillebælt, Bredningen.



**Figur 2.5** Antal dage med målinger (udsejlinger) pr. år af næringsstoffer ved målestation 95600002 i Lillebælt, syd.



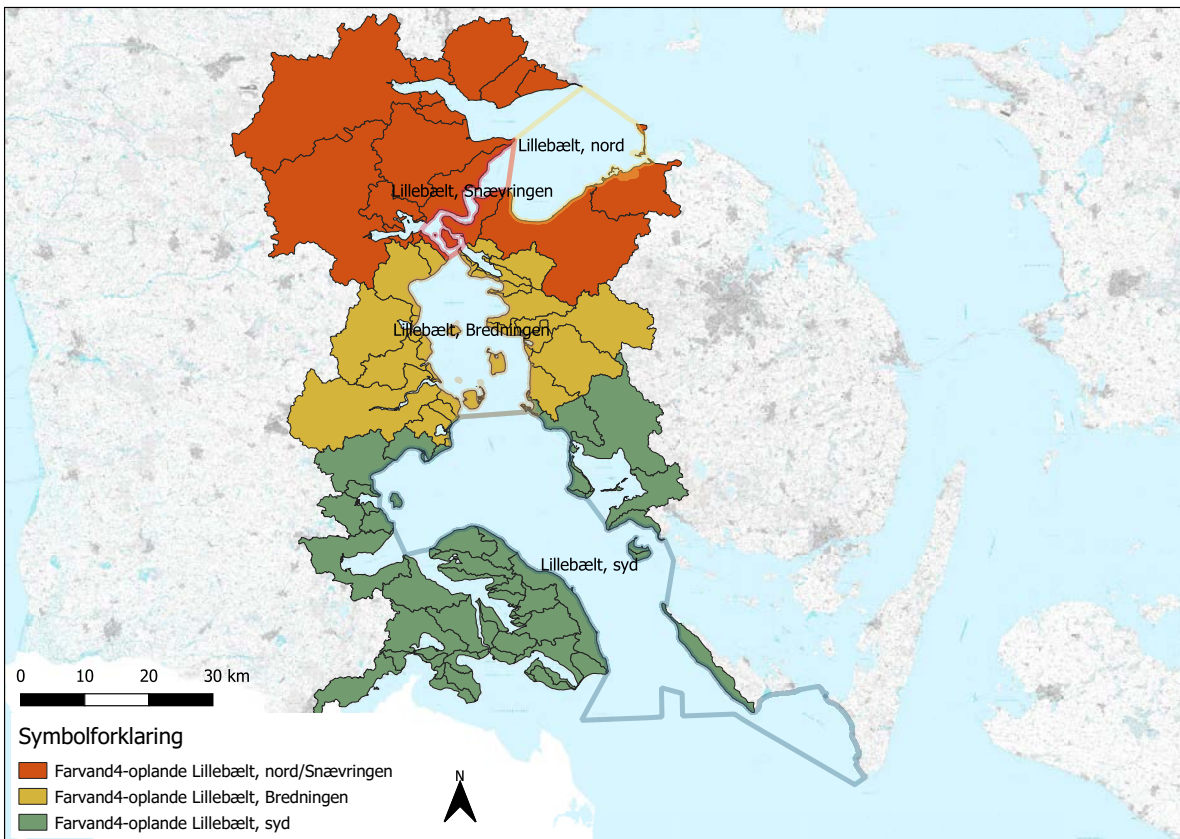
Den 3. februar 2016 kollapsede en gødningstank på Fredericia Havn indeholdende flydende gødning. Gødningsudslippet kan i princippet ses som et tracerforsøg for de hydrologiske forhold og næringsstoffdynamik. Ulykken forårsagede en kvælstofudledning på ca. 2.755 tons total-N over få dage, men selve udslippet kunne kun observeres ved væsentligt forøget kvælstofkoncentration ved enkelte målestationer i og nær Lillebælt i en periode på ca. 3-4 uger jf. DHI's og COWI's analyser, som desuden er grafisk illustreret i rapporterne (COWI, 2016; DHI, 2018). Analyserne var foretaget på baggrund af modellering og af målt data. Herigennem kunne der ses, at gødningsudslippet indledningsvist blev ført med den sydgående strøm igennem Snævringen mod Bredningen og ind i Kolding Fjord og Gamborg Fjord via det tungere salte bundvand. Strømmen skiftede kort efter til nordgående retning, således den næringsrige vandmasse blev ført tilbage igennem Snævringen, hvilket kunne observeres i de efterfølgende par uger ved forhøjede kvælstofkoncentrationer i det nordlige Lillebælt og de omkringliggende kystvande. 1-2 måneder efter ulykkeshændelsen var kvælstofindholdet i Lillebælt og de tilstødende vandområder atter normaliseret grundet fortynding og vandtransport mod Kattegat og Skagerrak. Der blev desuden ikke observeret væsentligt forøgede klorofylniveauer, som følger af kvælstofudslippet (COWI, 2016; DHI, 2018).

Ovenstående uddrag af analysen af gødningsudslippet indikerer en markant hydrologisk dynamik i Lillebælt samt vandudskiftning med de omkringliggende vandområder, som ligeledes er beskrevet i en række videnskabelige artikler af bl.a. Lund-Hansen et al., 2004; Lund-Hansen et al., 2005; Nielsen & Lund-Hansen, 2017). Erfaringerne omkring kraftfuld vandgennemstrømning, turbulens og intern opblanding i Lillebælt gør det interessant at undersøge de totale næringsstoffmængder, som løber igennem Lillebælt i forhold til tilførslerne fra det nære opland.

De årlige nettovandtransporter igennem tærsklen til det sydlige Lillebælt er ca. 45 km<sup>3</sup> i overfladelaget i nordgående retning (ind i Lillebælt) og ca. 4 km<sup>3</sup> i bundlaget i nordgående retning (ind i Lillebælt). Ved tærsklen til

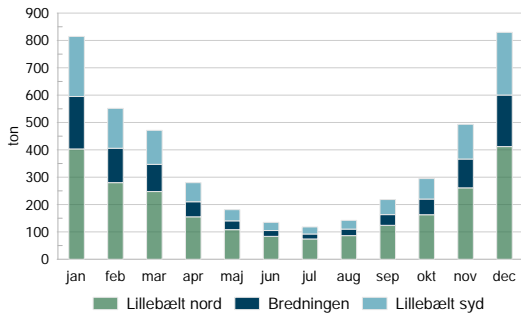
det nordlige Lillebælt er der en nettovandtransport på ca. 57 km<sup>3</sup> i toplaget i nordgående retning (ud af Lillebælt) og ca. 6 km<sup>3</sup> i bundlaget i sydgående retning (ind i Lillebælt), hvilket bygger på DHIs mekanistiske modeldata for 2019 (DHI, 2021). Det skal bemærkes, at nettovandtransporterne udtrykker den akkumulerede envejs-rettede vandvolumen, men der løber reelt en større mængde i begge retninger over tærsklerne i henholdsvis det nordlige og sydlige Lillebælt. Ovenstående nettotransporter skal derfor ses som grove estimeringer. Dertil er der en vertikal blanding i Lillebælt, som er modelleret til at være ca. 8 km<sup>3</sup> (Hansen & Mohn, 2021). Ferskvandsafstrømningen fra det opland og herunder de tilstødende fjorde til Lillebælt er ca. 1 km<sup>3</sup> pr. år på baggrund af beregnet gennemsnitdata for 2009-2018 fra DCE.

De nære oplande, såkaldte Farvand4-oplande, er opdelt i tre områder, som henholdsvis afvander til den nordlige, centrale og sydlige del af Lillebælt, som ses illustreret i Figur 3.1. Næringsstofftilførslerne (TN og TP) fra de tre oplandsområder ses på månedsbasis i Figur 3.2-Figur 3.3, og summeret op mod tilførslerne/fracførslerne ved det nordlige og sydlige Lillebælt. TN- og TP-tilførslerne fra oplandene er betydeligt mindre end transporterne igennem Lillebælt og især i sommermånederne. Tilførslerne/fracførslerne ved transekterne i Lillebælt nord og syd skal ses som grove estimeringer af de næringsstoffmængder, der passerer igennem overflade- og bundlagene i Lillebælt, hvilket er baseret på de månedlige nettovandtransporter for 2019 fra DHI ganget med de gennemsnitlige TN- og TP-koncentrationer for 2010-2020 ved hhv. st. 94300001 og 95600002.

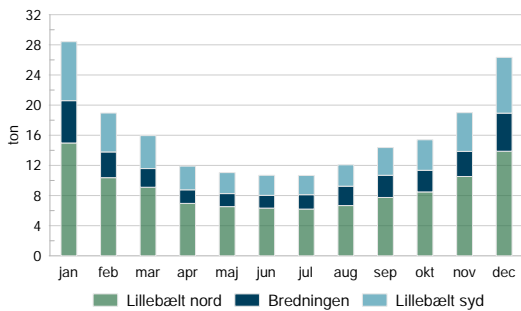


Figur 3.1 Kort over Farvand4-område som afvander til Lillebælt eller omkringliggende fjorde/vandområder.

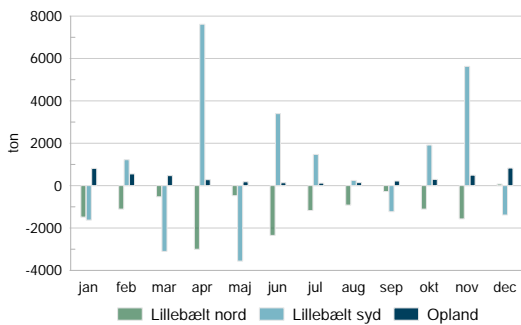
### 3. NÆRINGSSTOFTILFØRSLER



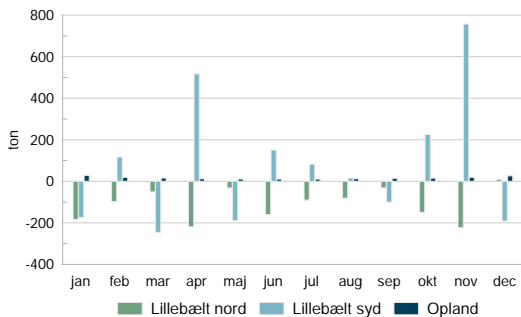
**Figur 3.2** Månedlige tilførsler af total kvælstof for de tre oplandsområder til Lillebælt som gennemsnit af perioden 2009-2018.



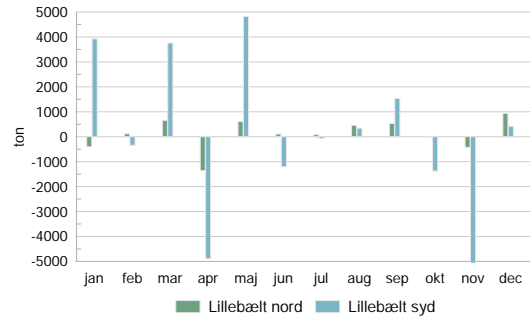
**Figur 3.3** Månedlige tilførsler af total fosfor for de tre oplandsområder til Lillebælt som gennemsnit af perioden 2009-2018.



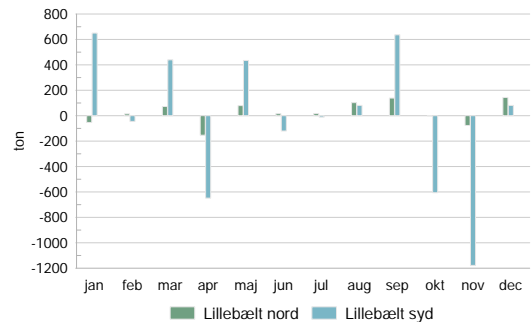
**Figur 3.4** Månedlige tilførsler (positive værdier) og fraførsler (negative værdier) af total fosfor ved hhv. den nordlige og sydlige tærskel til Lillebælt på baggrund af gennemsnitlige top-koncentrationer for 2010-2020 ved st. 94300001 og 95600002 gange nettovandtransporterne for 2019. Hertil også de månedlige tilførsler af total kvælstof summeret for de tre oplandsområder til Lillebælt som gennemsnit af perioden 2009-2018.



**Figur 3.5** Månedlige tilførsler (positive værdier) og fraførsler (negative værdier) af total fosfor ved hhv. den nordlige og sydlige tærskel til Lillebælt på baggrund af gennemsnitlige top-koncentrationer for 2010-2020 ved st. 94300001 og 95600002 gange nettovandtransporterne for 2019. Hertil også de månedlige tilførsler af total fosfor summeret for de tre oplandsområder til Lillebælt som gennemsnit af perioden 2009-2018.



**Figur 3.6** Månedlige tilførsler (positive værdier) og fraførsler (negative værdier) af total fosfor ved hhv. den nordlige og sydlige tærskel til Lillebælt på baggrund af gennemsnitlige bund-koncentrationer for 2010-2020 ved st. 94300001 og 95600002 gange nettovandtransporterne for 2019.



**Figur 3.7** Månedlige tilførsler (positive værdier) og fraførsler (negative værdier) af total fosfor ved hhv. den nordlige og sydlige tærskel til Lillebælt på baggrund af gennemsnitlige bund-koncentrationer for 2010-2020 ved st. 94300001 og 95600002 gange nettovandtransporterne for 2019.





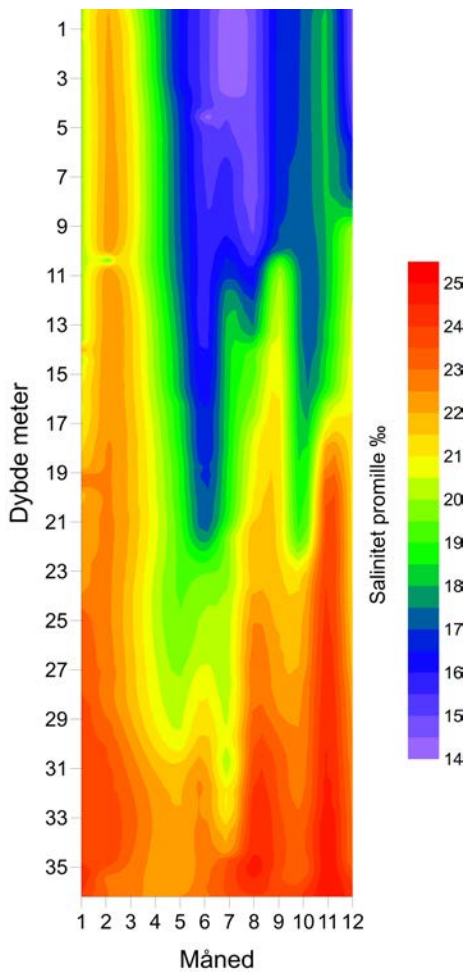
## 4.1 Hydrografi

I det følgende er der vist salt- og iltdata for station 94300001, 95200004, 95300001 og 95600002 for at beskrive de overordnede hydrografiske forhold i delområderne af Lillebælt. Vand- og delområderne afgrænses fra nord mod syd af det nordlige Lillebælt, Tragten, Snævringen, Bredningen og det sydlige Lillebælt. Det nordlige Lillebælt er klassificeret som OW2-vandområde og udgøres af et ca. 20 km bredt farvand med dybder på ca. 10-25 meter. Fra nord indsnævrer farvandet i Tragten og derefter yderligere i Snævringen, som har et smalt og ca. 20 km langt snoet forløb med dybder på ca. 20-30 meter, men også dybder på helt ned til 60 meter. Ved Bredningen er der ligeledes dybder helt ned til 40 meter, men i størstedelen af området er der ca. 5-15 meter dybt. Bredningen udgør derfor en tærskel til de dybere bassiner i det sydlige Lillebælt (20-35 meters dybde), som strækker sig ca. 50 km sydøst mod Als og Ærø. Både Bredningen og Lillebælt syd er klassificeret som OW3a-vandområde (Miljøministeriet, Naturstyrelsen, 2011).

Saliniteten i det nordlige Lillebælt varierer typisk mellem 16-26‰ i overfladelaget og mellem 22-30‰ i bundlaget. I det sydlige Lillebælt er der væsentligt dybere, og saltindholdet varierer her mellem 10-19‰ i top- og 20-27‰ i bundlaget. Lagdelingen mellem overflade- og bundvand indstiller som regel i ca. 10-15 meters dybde i det nordlige Lillebælt og ca. 15-20 meter i det sydlige Lillebælt. Der ses dog periodisk fuld opblanding af vandsøjlen i vintermånederne (se Figur 4.1 som eksempel på saliniteten i det sydlige Lillebælt). I Snævringen og Bredningen forekommer lagdelingen ligeledes i 15-20 meters dybde. Her er der dog en væsentligt større dynamik i vandmasserne, hvor lagdelingen brydes langt hyppigere, hvilket illustreres af de mere vekslende saltprofiler ved station 95200004 og 95300001 sammenlignet de to øvrige stationer i bilag. Bemærk, at disse saltprofiler kun er på baggrund af målingerne i 2020.

Der er en hurtig og stor vandtransport igennem Snævringen i Lillebælt, hvis smalle og dybe udformning fungerer som flaskehals for gennemstrømningen af store vandvolumener, hvilket medfører turbulens og

hyppig opblanding af overflade- og bundlag. De lavere områder i Bredningen og det sydlige Lillebælt, som adskiller de dybere bassiner i Lillebælt, udgør tærskler/kontrolpunkter for kraftige periodiske strømninger, hvorigennem de lagdelte vandmasser opblandes, og så kaldet intern hydraulisk kontrol. Dette er et fænomen, som især har betydning for vandudskiftningen og -opblandingen samt salt- ilt-, og næringsindholdet i top- og bundlag (Lund-Hansen et al., 2005; Nielsen et al., 2017). I de nedre vandmasser i Lillebælt er der generelt væsentligt højere næringsstofkoncentrationer, hvorfor opblanding af vandmasserne kan medvirke til øget planktonalgevækst i de øvre vandmasser (fotiske zone). Omvendt medfører opblandingen også transport af mere planktonholdige vandmasser ned i de dybere lag. I de dybe bassiner opstår der årligt iltvind som følge af iltforbruget ved den organiske omsætning, hvilket hurtigt kan ændres ved kraftige indstrømninger af iltholdigt vand som opblandes i vandsøjlen ved tærsklerne og 'pumpes' ned i de dybere bundlag (Lund-Hansen et al., 2005; Nielsen et al., 2017).



Figur 4.1 Isopleth af saliniteten (promille) gennem hele vandsøjlen på baggrund af målingerne i 2020 ved målestation 95600002 i Lillebælt, syd

## 4.2 Iltkoncentration

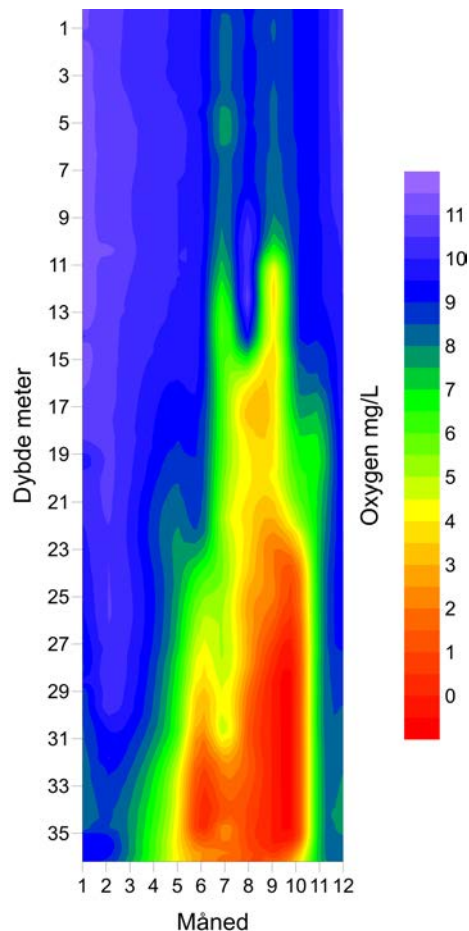
Iltindholdet er generelt lavere i bundlaget ved station 94300001 og især 95600002, hvor der allerede fra maj-juni observeres moderat og kraftigt iltsvind (hvh. iltindhold på 2-4 mg/l og <2 mg/l) nær bunden. Iltsvindet breder sig typisk længere op i vandsøjlen i de efterfølgende måneder, hvilket ses på baggrund af iltprofilen for st. 95600002 i Figur 4.2 og for de øvrige stationer i bilag for 2020-målingerne samt af gennemsnitsdata for 2011-2020.

I det sydlige Lillebælt er der årligt længerevarende iltsvind i de nedre vandmasser, som typisk varer fra juli/august til september/oktober, og dækker desuden over store arealer jf. DCEs årlige iltsvindsrapporteringer (DCE, 2021). Iltsvindet optræder i vandsøjlen under springlaget, men de store vanddybder herunder betyder, at der kan være store vandvolumener med iltsvind. Iltsvindene i Lillebælt kan desuden bevæge sig ind de omkringliggende vandområder som følge af

opblanding af vandmasser, hvilket især ses ved vestenvinde, hvor bundlagene kan trænge ind på lavere områder ("upwelling"). Iltsvindene medfører tilmed en næringsstoffrigivelse af ammoniak og orthofosfat fra bundlagene, som derved kan drive en øget vækst af fytoplankton (Hansen & Mohn, 2021).

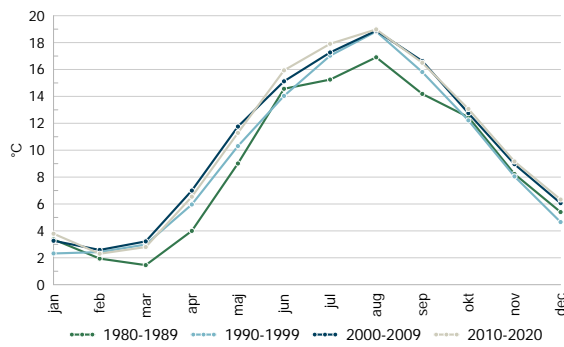
Andelen af iltsvindsregistreringer i det sydlige Lillebælt er desuden tiltaget over de seneste 10-15 år jf. data i bilag, hvilket ses ud fra en stigende grad af iltsvind allerede i maj-juni. Stigende vandtemperatur igennem de seneste årtier kan muligvis være medvirkende til de øgede iltsvind. Temperaturudviklingen i top og bund for st. 95600002 i Lillebælt syd ses i Figur 4.4 og Figur 4.3 og for de øvrige stationer i bilag.

Ved station 95300001 optræder der derimod sjældent iltsvindhændelser på trods af dybder på ca. 30 meter. Ved station 94200004 er der ca. 45 meter dybt, hvor der årligt registreres kortvarige iltsvindhændelser i august/september i det nedre vandmasser. Den væsentlige mindre grad af iltsvind i Snævringen og Bredningen må antages at skyldes den hyppige vandopblanding.

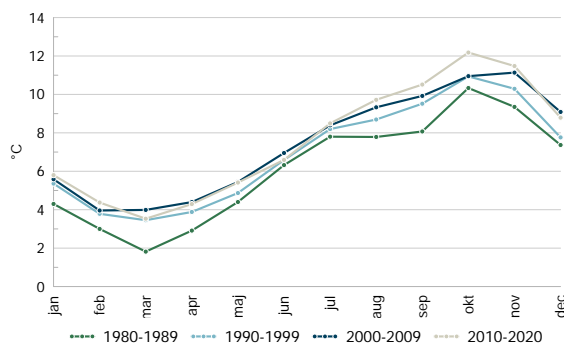


Figur 4.2 Isopleth af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen på baggrund af målingerne i 2020 ved målestation 95600002 i Lillebælt, syd.

#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE



**Figur 4.3** Gennemsnit af vandtemperaturen (°C) i topprøerne (dybde ≤ 1,5 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd.



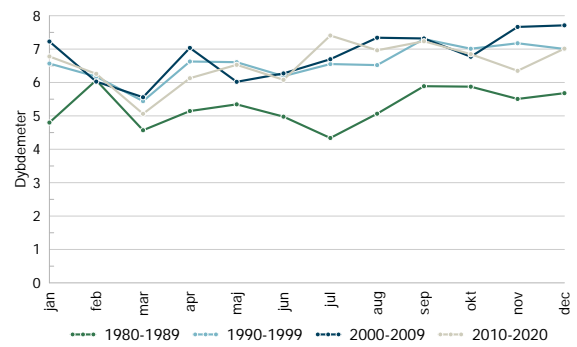
**Figur 4.4** Gennemsnit af vandtemperaturen (°C) i bundrøerne (dybde ≥ 30 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd.

### 4.3 Sigtdybde

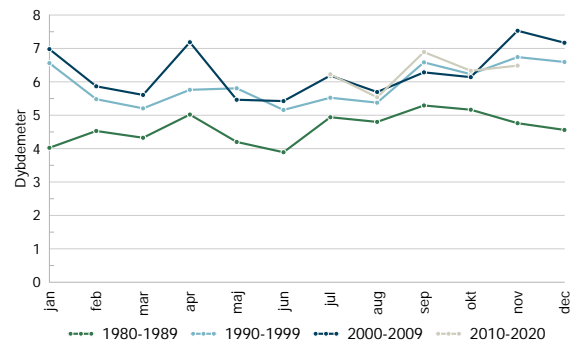
Siden 1980'erne er der sket en væsentlig forbedring af sommersigtdybden i hele Lillebælt, som er steget fra ca. 4-6 meter til 5-8 meter. Udviklingen har dog været stagnerende siden midten af 1990'erne. Vintersigtdybden har dertil været faldende de seneste 10-15 år til ca. samme niveau som i 1980'erne.

I marts ses der typisk den laveste sigtbarhed, hvilket sandsynligvis hænger sammen med forårsopblomstringen af fytoplankton. Sigtdybden er herudover påvirket af suspenderet stof, der er opblandet i vandsøjlen, som følge af stærke strømme, vindhændelser, bølger, klapning, bundskrab mv. Sigtdybden er dog relativt konstant henover året, kun 1-2 meter højere i vintermånederne.

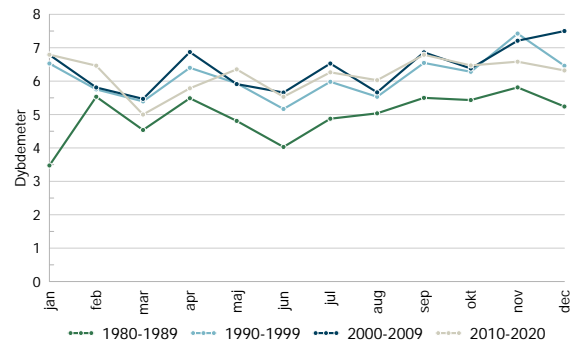
Sommersigtdybden, som ses i bilag, er generelt mindre end miljømålet for dybdeudbredelsen af ålegræs, som er henholdsvis 9 meter og 7 meter i det nordlige og sydlige Lillebælt jf. VP2. Dette indikerer, at sigtbarheden kan være med til at begrænse væksten af ålegræs på de dybere områder. Ålegræsudviklingen gennemgås i afsnit 4.8.



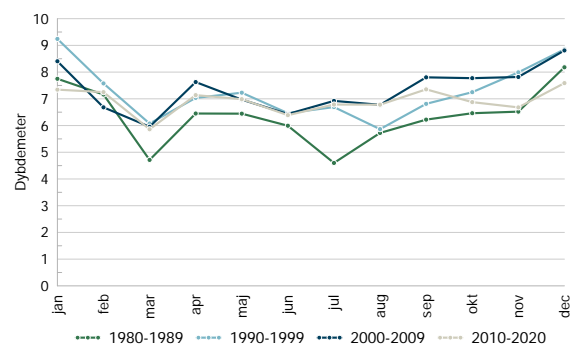
**Figur 4.5** Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved målestation 94300001 i Lillebælt, nord.



**Figur 4.6** Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999 og 2000-2006 ved målestation 95200004 i Lillebælt, Snævringen.



**Figur 4.7** Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved målestation 95300001 i Lillebælt, Bredningen.

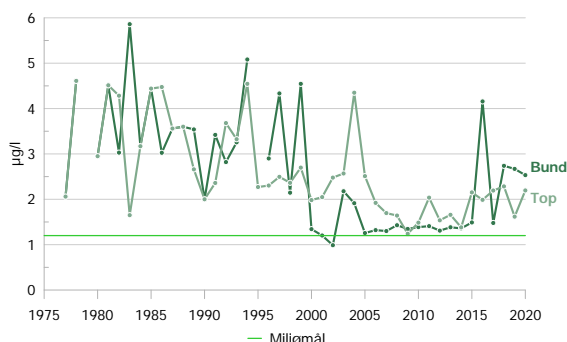


**Figur 4.8** Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved målestation 95600002 i Lillebælt, syd.

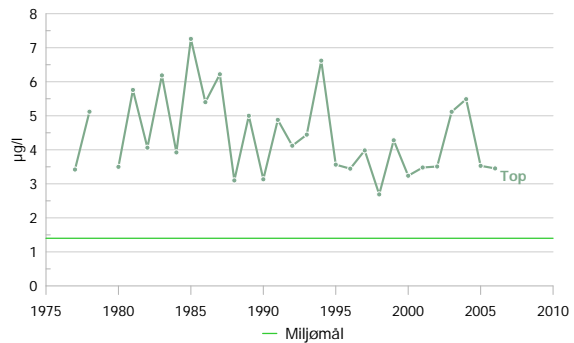
#### 4.4 Klorofyl

Den nuværende økologiske tilstand i hele Lillebælt er klassificeret som ringe på baggrund af klorofylniveauet i VP3-basisanalysen. Mængden af planktonalger (målt som klorofyl) i Lillebælt er dog overordnet set faldet jævnt for sommermånederne siden 1980'erne, men udviklingen er dog stagneret i de seneste år. Den gennemsnitlige sommerklorofylkoncentration (maj-september) bærer dog også præg af væsentlig år-til-år variation.

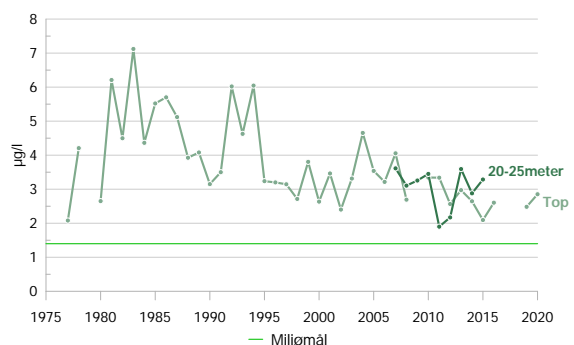
Sommerklorofylniveauet i Lillebælt ligger relativt tæt på miljømålet for sommerklorofyl a, som er henholdsvis 1,2 µg/l, 1,4 µg/l og 1,0 µg/l for det nordlige Lillebælt, Bredningen og det sydlige Lillebælt på baggrund af udkast til baggrundsdata til VP3 (Timmermann et al., 2021). I det nordlige Lillebælt ses der tilmed enkelte år, hvor sommergennemsnittet for klorofyl ligger under miljømålet, (se Figur 4.9). Sommerklorofylindholdet i Snævringen og Bredningen ligger generelt på et lidt højere niveau (ca. 3-4 µg/l som gennemsnit af 2000-2006) end ved de øvrige stationer, hvor det gennemsnitlige sommerniveau var ca. 1,5-4 µg/l som gennemsnit af hhv. 2000-2010 og 2010-2020, se Figur 4.17-Figur 4.20. Bemærk, at der kun er klorofyldata frem til 2006 for Snævringen (st. 95200004). I det sydlige Lillebælt er klorofylindholdet generelt højere i aug-sep sammenholdt med de øvrige målestationer, hvilket sandsynligvis hænger sammen med de årlige iltsvindene og næringsstoffrigivelse hermed i samme periode.



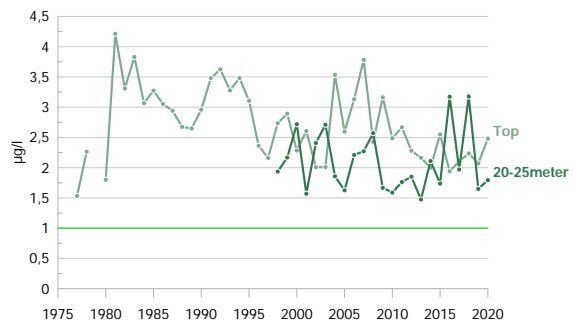
**Figur 4.9** Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen (µg/l) pr. år i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) og bundprøverne (dybde ≥ 17 meter) ved st. 94300001 i Lillebælt, nord. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er 1,2 µg/l for Lillebælt, nord.



**Figur 4.10** Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen (µg/l) pr. år i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er 1,4 µg/l for Lillebælt, Snævringen.



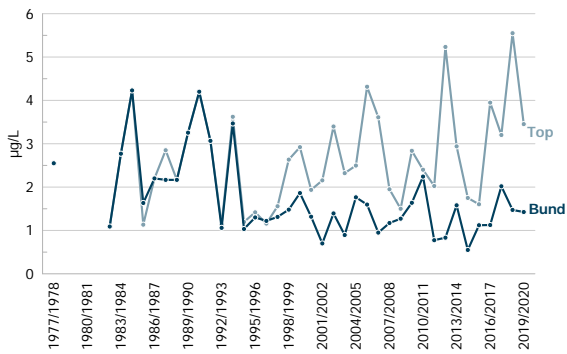
**Figur 4.11** Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen (µg/l) pr. år i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) og prøverne fra 20-25 meters dybde ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er 1,4 µg/l for Lillebælt, Bredningen.



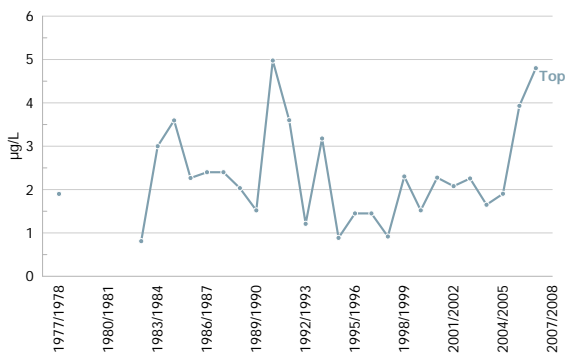
**Figur 4.12** Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen (µg/l) pr. år i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) og prøverne fra 20-25 meters dybde ved st. 95600002 i Lillebælt, syd. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er 1,0 µg/l for Lillebælt, syd.

Vintergennemsnittet for klorofyl (nov-jan) har derimod været stigende siden slutningen af 1990'erne. Det ses også, at vintergennemsnittet af klorofylkoncentrationen generelt er højere end sommergennemsnittet. Dette ses yderligere specificeret for 10-årsperioderne på månedsbasis, hvor de seneste års stigningerne i klorofylindholdet i største grad ses for jan-mar i 2000-2009 og 2010-2020 (se Figur 4.17-Figur 4.20). Det stigende klorofylindhold i jan-mar kan dog ikke umiddelbart følges af en tilsvarende udvikling for næringsstoffindholdet, hvilket beskrives senere i nærværende rapport.

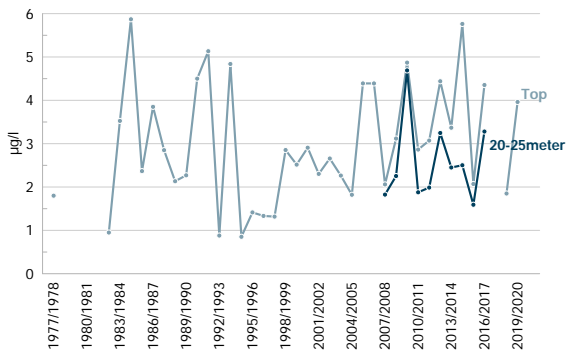
#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE



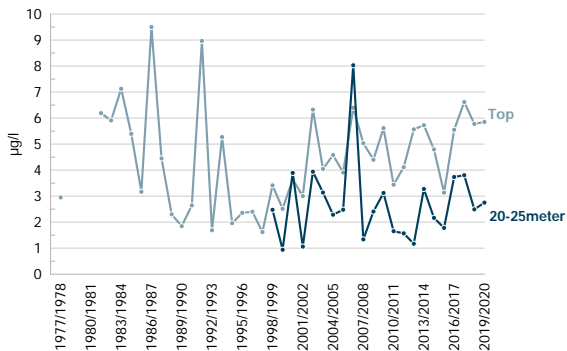
**Figur 4.13** Vintergennemsnit (nov-jan) af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) pr. agroår i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) og bundprøver (dybde  $\geq 17$  meter) ved st. 94300001 i Lillebælt, nord.



**Figur 4.14** Vintergennemsnit (nov-jan) af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) pr. agroår i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen.

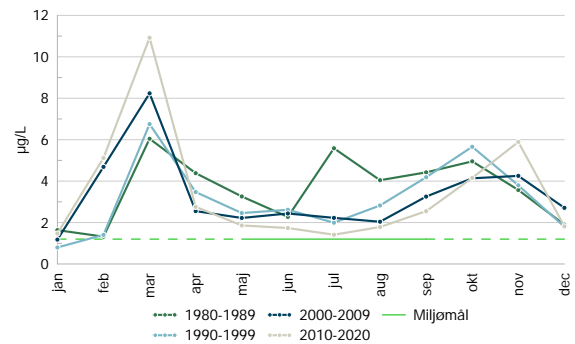


**Figur 4.15** Vintergennemsnit (nov-jan) af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) pr. agroår i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) og prøverne fra 20-25 meters dybde ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen.

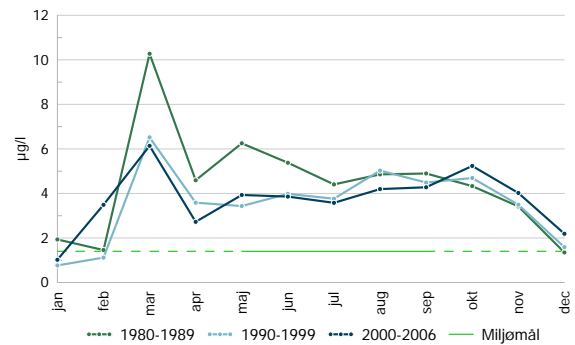


**Figur 4.16** Vintergennemsnit (nov-jan) af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) pr. agroår i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) og prøverne fra 20-25 meters dybde ved st. 95600002 i Lillebælt, syd.

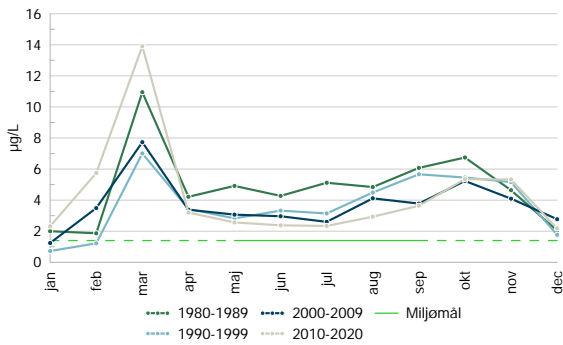
De højeste klorofylkoncentrationer forekommer i forbindelse med algeopblomstringerne i feb-mar og i sep-nov, hvor også DIN- og orthofosfat-indholdet er markant højere end i sommermånederne. Netop i feb-mar har klorofylindholdet været stigende i de seneste to årtier, hvilket dels kan tilskrives enkelte markant højere klorofylobservationer, men den stigende udvikling gør sig stadig gældende, hvis de største observationer fjernes fra datagrundlaget. Opblomstringerne og toppunkterne i klorofylkoncentrationerne påvirker dog ikke umiddelbart sommergennemsnittet og miljømålsætningen for maj-sep, da klorofylindholdet typisk falder væsentligt i april-maj (se Figur 4.17-Figur 4.20). I bilag ses desuden årlige månedsgennemsnit for mar-sep for klorofyl.



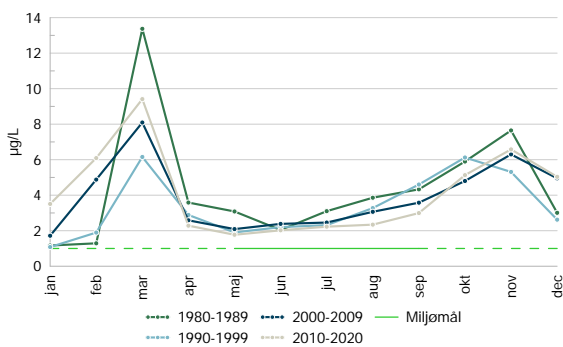
**Figur 4.17** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 94300001 i Lillebælt, nord. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er  $1,2 \mu\text{g/l}$  for Lillebælt, nord.



**Figur 4.18** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990 og 2000-2006 ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er  $1,4 \mu\text{g/l}$  for Lillebælt, Snævringen



**Figur 4.19** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i toprøverne på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er  $1,4 \mu\text{g/l}$  for Lillebælt, Bredningen

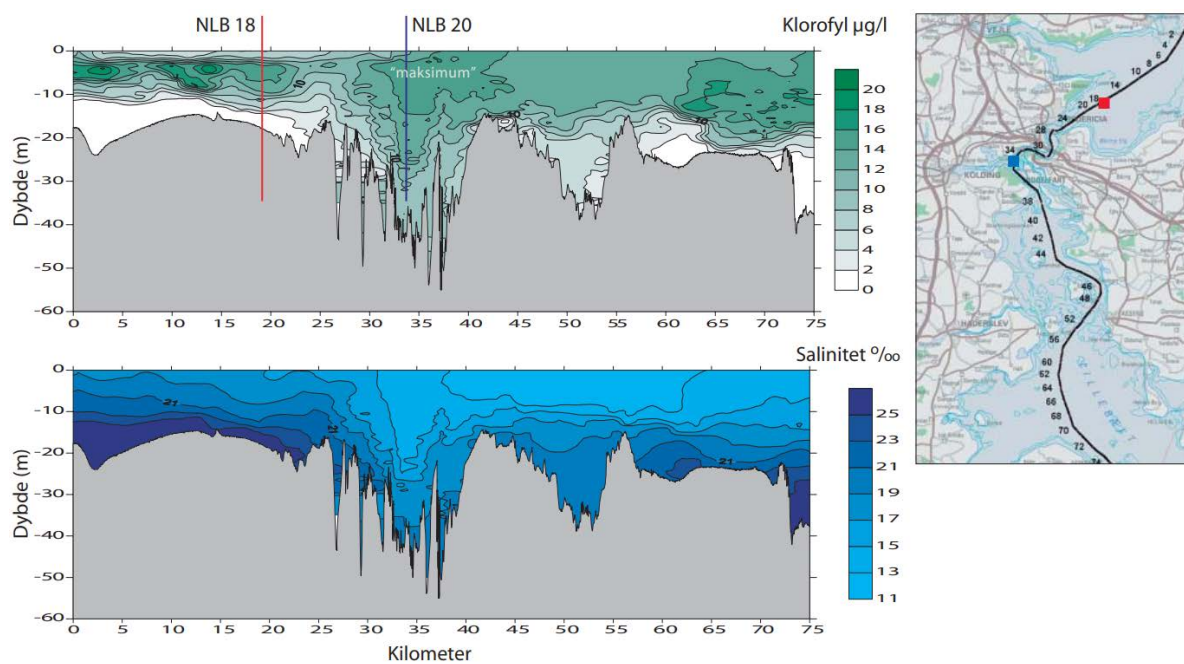


**Figur 4.20** Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i toprøverne på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd. Miljømålet for god/moderat økologisk tilstand er  $1,0 \mu\text{g/l}$  for Lillebælt, syd.

Data viser, at klorofylkoncentrationen generelt er højere i Bredningen og Snævringen. Dette er også beskrevet af Lund-Hansen et al. (2005), som kalder den højere produktion for et "klorofylmaksimum", hvilket befinder sig i den centrale del af Lillebælt ved Snævringen og ned mod Bredningen (se Figur 4.21). Disse klorofylmængder er tilmed ca. 40% højere end i Storebælt, hvilket hænger sammen med de kraftige opblandinger i den centrale Lillebælt, hvor næringsrigt bundvand bringes op i den fotiske zone. Ovenstående grafer og artiklen af Lund-Hansen et al. (2005) viser desuden, at klorofylniveauerne er høje helt ned til 20-30 meters dybde, på trods af, at lyset kun når ned til ca. 10-15 meters dybde. Dette er et udtryk for opblandingen af vandmasserne, som tilmed fører planktonalgerne ned i bundlaget, hvor det døde plankton bliver nedbrudt og omsat, og derved skaber iltforbrug. De stigende klorofylniveauer vil blive diskuteret i kapitel 5.



#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE

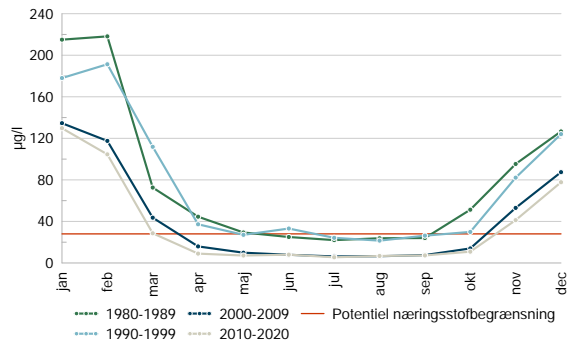


Figur 4.21 Salt- og klorofyl-profilmålinger samt illustrationer af Lund-Hansen et al. (2005) fra sejlet rute ned gennem Lillebælt, som er angivet på kortet til højre.

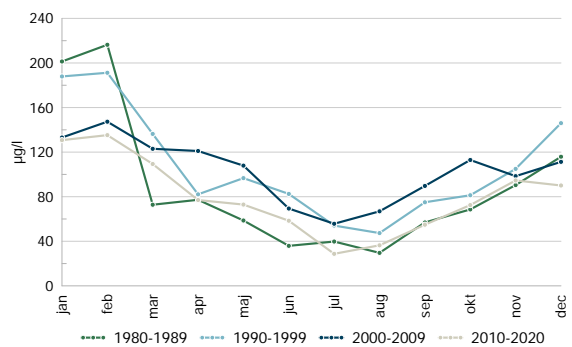
## 4.5 Kvælstof

Indholdet af DIN i den øvre vandsøjle har været faldende i forhold til niveauet i 1980'erne, men udviklingen for sommer- og vintermånederne ser ud til at være stagneret de seneste år. I sommerhalvåret er DIN-koncentrationen i toplaget gennemsnitligt på ca. 5-10 µg/l, og DIN-indholdet er oftest pænt under den potentielle begrænsningsværdi på 28 µg/l. I bundlaget er DIN-niveauet derimod markant højere, og især ved station 95600002 i det sydlige Lillebælt, hvor DIN-koncentrationen ligger på ca. 120-220 µg/l i sommermånederne på baggrund af gennemsnittet for 2010-2020. Der ses en faldende udvikling for DIN i bundmålingerne i januar-marts ved alle fire stationer, men udviklingen for DIN i den nedre vandsøjle bærer præg af betydelig variation. Stationen i det sydlige Lillebælt skiller sig også ud ved at have stigende tendens for DIN-indholdet i juni-november i den nedre vandsøjle. Der ses også en faldende tendens for sommergennemsnittet af DIN-koncentrationen i bundlaget ved stationen ved Bredningen.

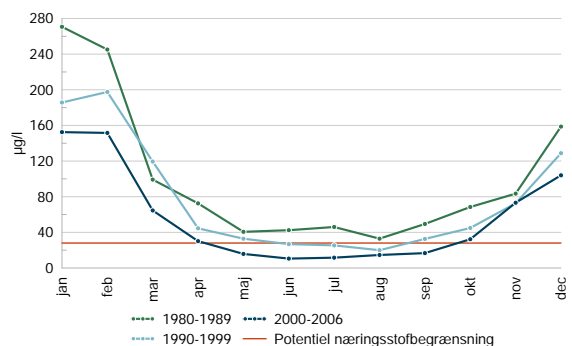
DIN-niveauet er især drevet af nitrat+nitrit, som er markant højere i oktober-marts i både den øvre og nedre vandsøjle i forhold til sommermånederne. Ved stationen i det sydlige Lillebælt, og til dels ved de to øvrige stationer, er DIN-niveauet i bundlaget også styret af ammonium+ammoniak-koncentrationen, som stiger betydeligt i juli-oktober. Dette må antages at hænge sammen med N-frigivelse fra bundsedimentet i forbindelse med iltsvindshændelser. Ammonium+ammoniak-koncentrationen i bundlaget ved station 95600002 har desuden været stigende i efterårsmånederne over de seneste to årtier, hvilket kan indikere en øget hyppighed, varighed og/eller udbredelse af iltsvind, som årligt forekommer i det sydlige Lillebælt. I bilag fremgår data for iltsvind, hvor det bl.a. ses, at iltsvindshændelserne i stigende grad observeres allerede i maj-juni i bundlaget ved station 95600002 i de seneste år. I bilag ses desuden årlige sommer- og vintergennemsnit samt på årlige månedsgennemsnit for marts-september for både top- og bundmålingerne for de respektive N-parametre.



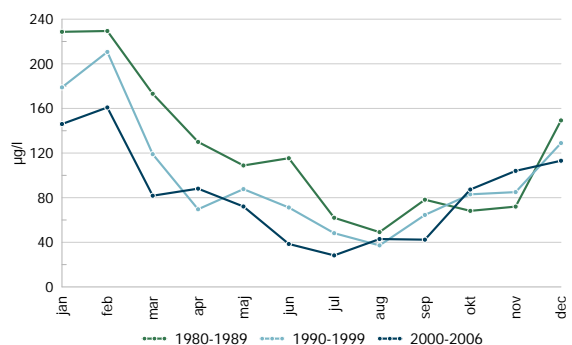
**Figur 4.22** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 94300001 i Lillebælt, nord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er 28 µg/l.



**Figur 4.23** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) i bundprøverne (dybde ≈ 17 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 94300001 i Lillebælt, nord.



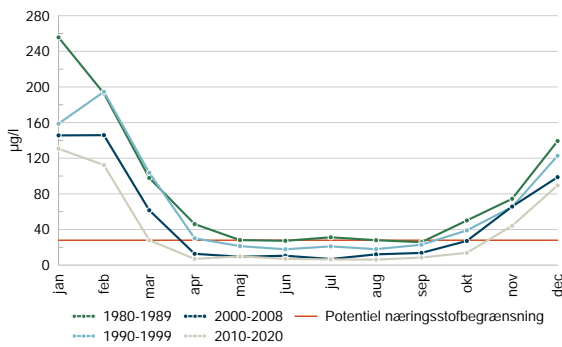
**Figur 4.24** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) i topprøverne (dybde ≤ 1,5 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999 og 2000-2006 ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er 28 µg/l.



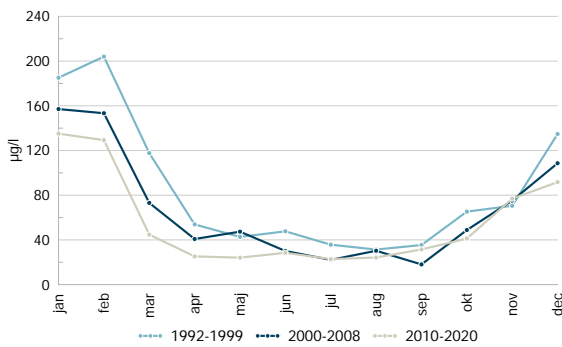
**Figur 4.25** Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/l) i bundprøverne (dybde ≈ 40 meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999 og 2000-2006 ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen.



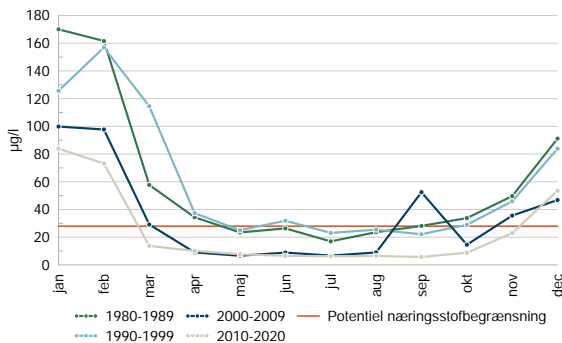
#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE



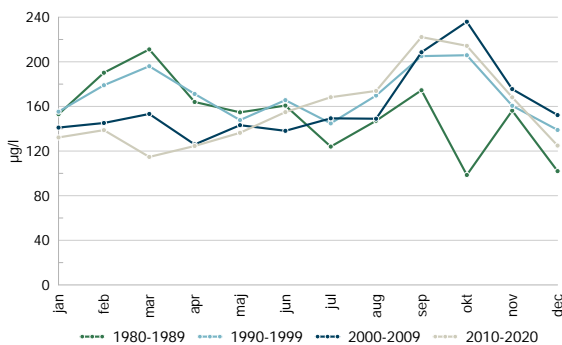
**Figur 4.26** Gennemsnit af DIN-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2008 og 2010-2020 ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er  $28 \mu\text{g/l}$ .



**Figur 4.27** Gennemsnit af DIN-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 25$  meter) på månedsbasis for perioderne 1992-1999, 2000-2008 og 2010-2020 ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen.



**Figur 4.28** Gennemsnit af DIN-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd. Den potentielle næringsstofbegrænsning for DIN er  $28 \mu\text{g/l}$ .

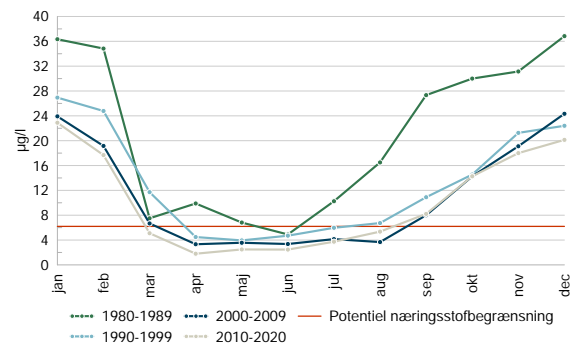


**Figur 4.29** Gennemsnit af DIN-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 30$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd.

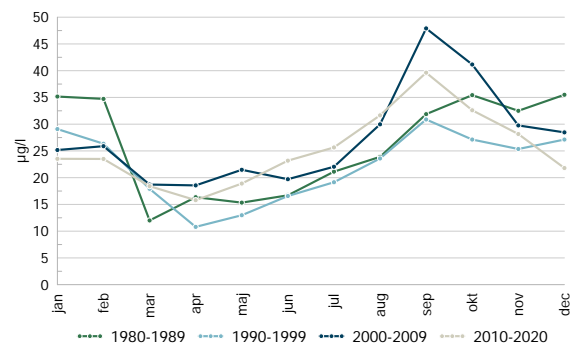
#### 4.6 Fosfor

Orthofosfat-niveauet har generelt været faldende siden 1980'erne for topmålingerne, hvor den største nedgang især forekom i perioden frem til slutningen af 1990'erne. Herefter har udviklingen været aftagende. Orthofosfat-koncentrationen har de seneste år oftest været pænt under den potentielle begrænsningsværdi på  $6,2 \mu\text{g/l}$  i topmålingerne i sommermånederne, hvilket gennemgås yderligere i efterfølgende afsnit. I bilag ses desuden årlige sommer- og vintergennemsnit samt på årlige månedsgennemsnit for marts-september for både top- og bundmålingerne for både orthofosfat og TP.

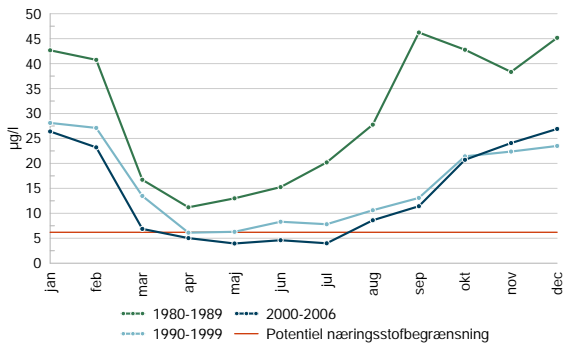
I bundmålingerne er niveauet generelt væsentligt højere og i udpræget grad i sensommeren/efteråret i det sydlige Lillebælt, hvor orthofosfat-P-koncentrationen gennemsnitligt ligger på ca.  $40-140 \mu\text{g/l}$  på baggrund af data for 2010-2020. I bundmålingerne ses der tilmed en stigende udvikling i de gennemsnitlige koncentrationer i sommer- og efterårsmånederne siden årtusindskiftet, hvilket især gør sig gældende i det sydlige Lillebælt. Dette følger ligeledes udviklingen for ammonium+ammoniak-indholdet, og er dermed også en indikator for øget fosforfrigivelse i forbindelse med iltvind.



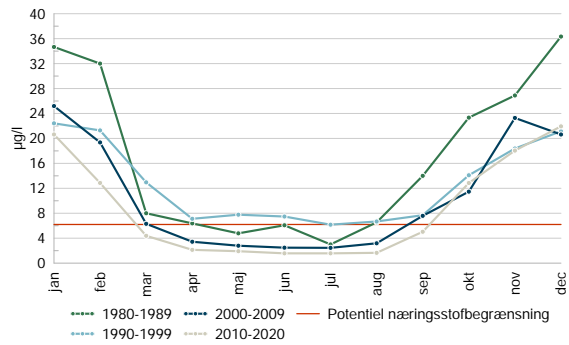
**Figur 4.30** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 94300001 i Lillebælt, nord. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er  $6,2 \mu\text{g/L}$ .



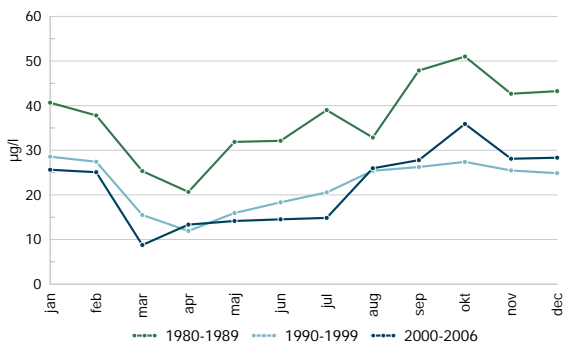
**Figur 4.31** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 17$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 94300001 i Lillebælt, nord.



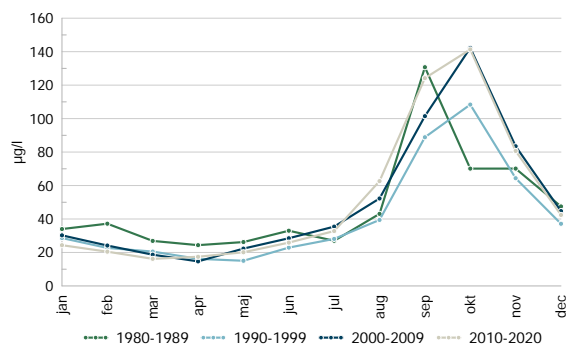
**Figur 4.32** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999 og 2000-2006 ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er  $6,2 \mu\text{g/L}$ .



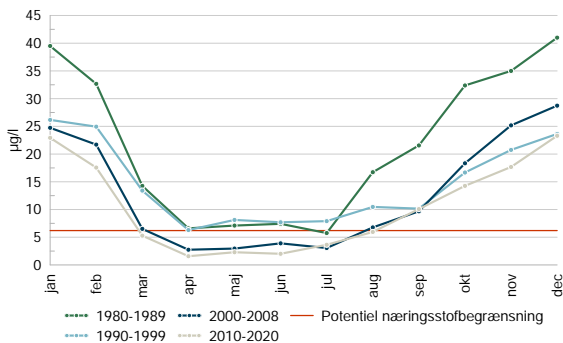
**Figur 4.36** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er  $6,2 \mu\text{g/L}$ .



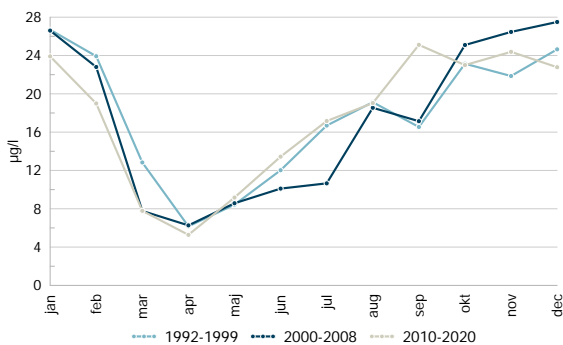
**Figur 4.33** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 40$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999 og 2000-2006 ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen.



**Figur 4.37** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 30$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved st. 95600002 i Lillebælt, syd.



**Figur 4.34** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i topprøverne (dybde  $\leq 1,5$  meter) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2008 og 2010-2020 ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen. Den potentielle næringsstofbegrænsning for orthofosfat-P er  $6,2 \mu\text{g/L}$ .



**Figur 4.35** Gennemsnit af orthofos-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/l}$ ) i bundprøverne (dybde  $\geq 25$  meter) på månedsbasis for perioderne 1992-1999, 2000-2008 og 2010-2020 ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen.

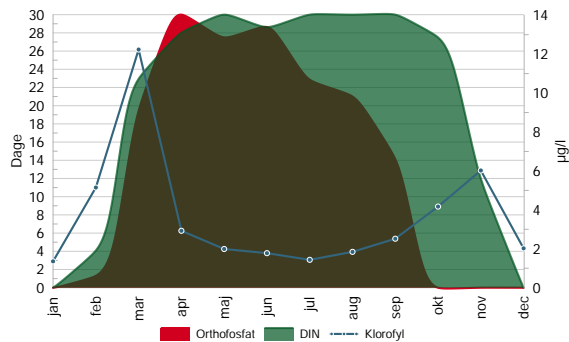
## 4.7 Næringsstofbegrænsning

Planktonalgevæksten begrænses potentielt blandt andet af koncentrationen af DIN og orthofosfat. I nedenstående er den potentielle næringsstofbegrænsning vist ud fra hyppigheden af målinger (omregnet til antal dage pr. måned) under de respektive potentielle begrænsningsværdier for DIN og orthofosfat (hhv.  $28 \mu\text{g/l}$  og  $6,2 \mu\text{g/l}$ ).

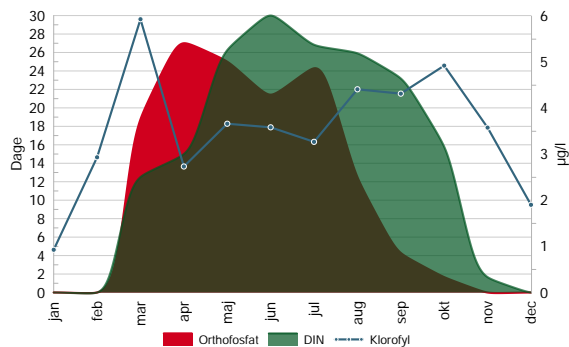
Både DIN og orthofosfat er potentielt begrænsende det meste af vækstsæsonen og i udpræget grad for DIN ved alle tre stationer jf. Figur 4.42-Figur 4.45. Det ses tilmed, at klorofylindholdet følger begrænsningsperioderne, eftersom de højeste klorofylkoncentrationer ses ved algeopblomstringerne i februar-marts, hvor DIN og orthofosfat kun er delvist begrænsende. Ligeledes ses der stigende klorofylniveauer i september-november, hvor især orthofosfat-indholdet men også DIN-indholdet er stigende jf. færre antal dage med potentiel begrænsning og ovenstående afsnit omkring DIN og orthofosfat. I april-august er klorofylniveauet derimod på sit laveste på trods af højere temperaturer og flere soltimer, og må derfor antages at hænge

#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE

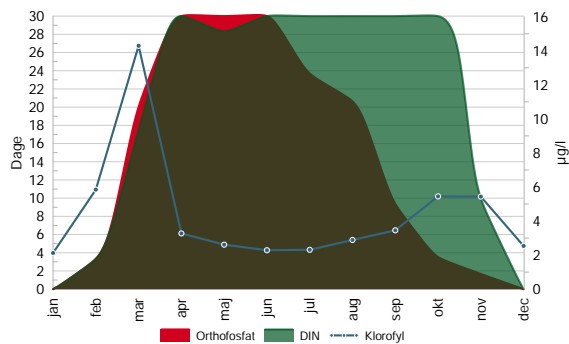
sammen med, at både DIN og orthofosfat er potentielt begrænsende.



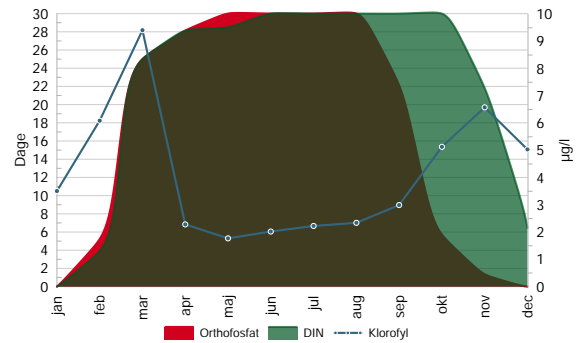
**Figur 4.38** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2011-2020 (Z-akse) ved st. 94300001 i Lillebælt, nord på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter.



**Figur 4.39** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 1997-2006 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 1997-2006 (Z-akse) ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter..

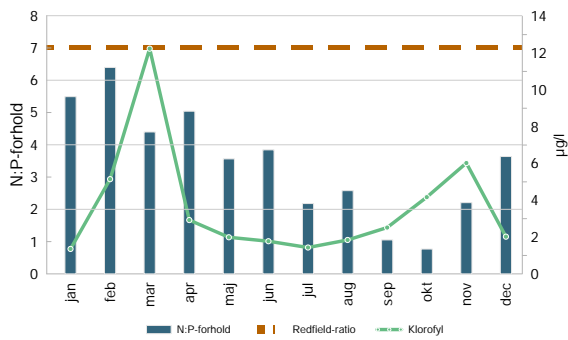


**Figur 4.40** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2011-2020 (Z-akse) ved st. 95300001 i Lillebælt, Bredningen på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter..

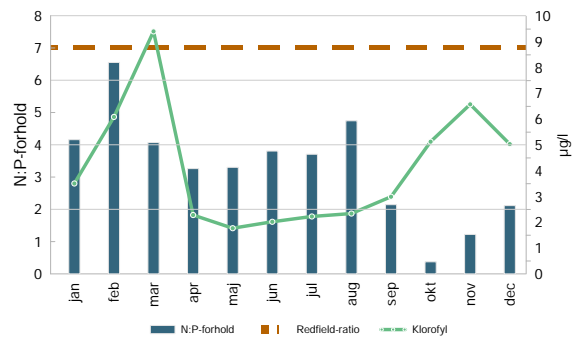


**Figur 4.41** Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2011-2020 (Z-akse) ved st. 95600002 i Lillebælt, syd på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter..

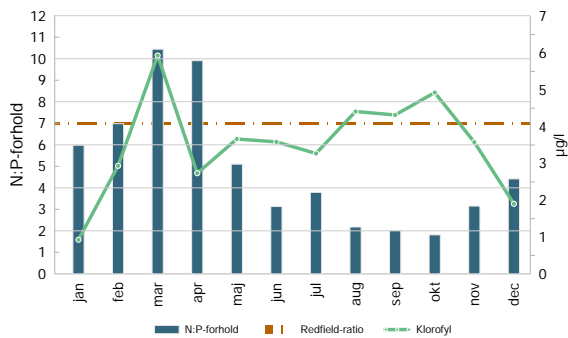
Eftersom koncentrationerne af både DIN og orthofosfat ligger under de respektive potentielle begrænsningsværdier størstedelen af sommermånederne, er det interessant at vurdere næringsstofbegrænsningen ud fra Redfield-forholdet, som angiver det optimale N:P-vækstforhold for fytoplankton (7:1 på vægtbasis). Hvis forholdet mellem DIN og orthofosfat er mindre end 7, er der potentiel N-begrænsning, og hvis forholdet er større end 7, er der potentiel P-begrænsning. Jo mere N:P forholdet afviger fra 7, desto stærkere begrænsning af h.h.v. kvælstof eller fosfor, under forudsætning af, at de absolutte næringsstofkoncentrationer er tilstrækkeligt lave jf. tommelfingerreglen om  $\text{DIN} < 28 \mu\text{g/l}$  og orthofosfat  $< 6,2 \mu\text{g/l}$ . I Figur 4.42-Figur 4.45 fremgår det tydeligt, at kvælstof er den primære begrænsende faktor jf. det lave forhold mellem DIN og orthofosfat i topmålingerne. I det nordlige Lillebælt er det især i marts-november, at N-begrænsningen er mest udpræget, mens de laveste N:P-forhold ses i september-december i det sydlige Lillebælt. Det er dog væsentligt at bemærke, at dette beror på gennemsnitsbetragtninger, men ved enkeltobservationerne for N:P-forholdet, ses der også tidspunkter med P-begrænsning. Målingerne med P-begrænsning ses typisk i januar-marts, hvilket også indikeres af de højere gns. N:P-forhold i denne periode.



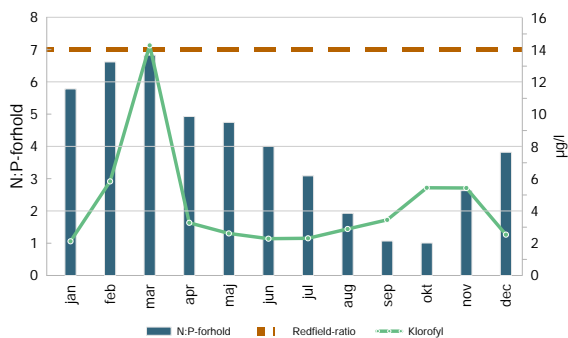
**Figur 4.42** N:P-forholdet (DIN:orthofosfat) på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2011-2020 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 2011-2020 (Z-akse) ved st. 94300001 i Lillebælt, nord på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter. Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiplede linje.



**Figur 4.45** 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. 95600002 i Lillebælt, syd på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter. Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiplede linje.



**Figur 4.43** N:P-forholdet (DIN:orthofosfat) på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 1997-2006 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl ( $\mu\text{g/l}$ ) på månedsbasis for perioden 1997-2006 (Z-akse) ved st. 95200004 i Lillebælt, Snævringen på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter. Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiplede linje.



**Figur 4.44** 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. 95300001 i Lillebælt, Bredningen på baggrund af data fra dybder  $\leq 1,5$  meter. Redfield-forholdet på vægtbasis (7:1) er angivet med stiplede linje.

Topmålingerne viser tydeligt en næringsstofbegrænsning i sommermånederne og i udpræget grad for DIN. I bundmålingerne observeres der derimod markant højere niveauer af både DIN og orthofosfat, som tilmed sjældent ligger under de respektive potentielle begrænsningsværdier. N:P-forholdet i bundlaget er derimod sammenligneligt med topmålingerne, hvor de laveste forhold ses i sommer- og efterårsmånederne, mens der i januar-marts både observeres N:P-forhold over og under Redfield-grænsen. Station 95600002 adskiller sig dog ved at have en længere periode med N:P-forhold nær 7:1 (januar-juli), mens de laveste N:P-forhold ses i august-december (se bilag).

## 4.8 Ålegræs

Dybdeudbredelsen af ålegræs (*Zostera marina*) er blevet monitoreret ved en række transekter igennem Lillebælt over de seneste 20 år. I nedenstående er udviklingen vist for seks transekter med de længste tidsrækker i hhv. Lillebælt nord/Snævringen (95130061 og 95200054), Bredningen (95350007 og 95400059) og Lillebælt syd (95660020 og 95660022). Transekternes placering fremgår af Figur 2.1. I nedenstående figurer ses både den maksimale dybdegrænse samt dybden for hovedudbredelsen af ålegræs, hvilket svarer til henholdsvis mindst 1% og mindst 10% dækning af havbunden. Jf. vandområdeplanerne er miljømålet for god/moderat økologisk tilstand for ålegræssets hovedudbredelse i Lillebælt nord og Lillebælt syd fastsat til henholdsvis 9,0 meter og 7,0 meter jf. VP2 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016).

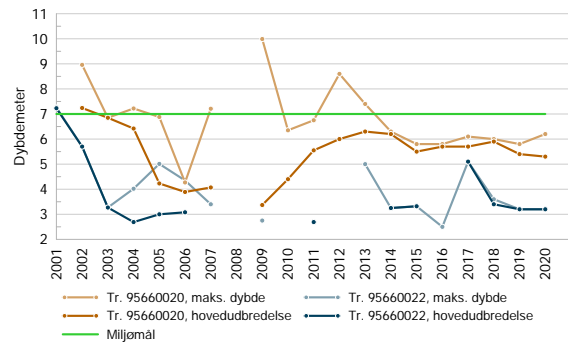
Målingerne af ålegræsdækningen de seneste år i det nordlige Lillebælt/Snævringen og Bredningen viser en hovedudbredelse på ca. 1,5-4 meters dybde og en maksimal dybdegrænse på ca. 2,5-5 meter. Gennem-

#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE

snitligt set har udviklingen stort set været uændret siden 2002, dog med stigende indikationer ved st. 95200054 og 95400059. Målingerne i det sydlige Lillebælt de seneste år viser en hovedudbredelse på ca. 3-5 meters dybde og en maksimal dybdegrænse på ca. 3-6 meter. Udviklingen har dog fulgt en faldende tendens siden 2002, dog med betydelig år-til-år variation.

Ålegræsudbredelsen kan ikke udelukkes at være begrænset af sigtdybden, som gennemsnitligt har været ca. 5-7 meter om sommeren. Det skal dog tolkes med forsigtighed, i og med at sigtdybdemålingerne ikke er foretaget ved præcis samme lokation som for ålegræstransektterne (se Figur 2.1).

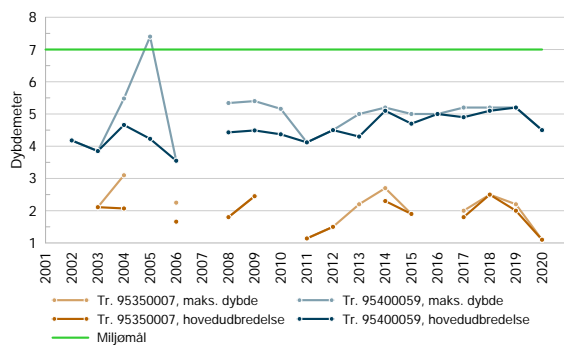
En afgørende faktor for tilstedeværelsen af ålegræs på dybere vand er fraværet af fiskeri med bundsløbende redskaber. Lillebælt er et område med intensiv muslingefiskeri med bundskrab, og jf. Krause-Jensen et al. (2020) er der meget, som tyder på, at dette begrænser dybdeudbredelsen af ålegræs i Lillebælt.



Figur 4.48 Årligt gennemsnit af ålegræssets maksimale dybdegrænse ( $\geq 1\%$  dækningsgrad) og ålegræssets hovedudbredelse ( $\geq 10\%$  dækningsgrad) i Lillebælt, syd samt miljømålsgrænsen for hovedudbredelsen, som er 7,0 meter for Lillebælt, syd.



Figur 4.46 Årligt gennemsnit af ålegræssets maksimale dybdegrænse ( $\geq 1\%$  dækningsgrad) og ålegræssets hovedudbredelse ( $\geq 10\%$  dækningsgrad) i Lillebælt, nord/Snævringen samt miljømålsgrænsen for hovedudbredelsen, som er 9,0 meter for Lillebælt, nord.



Figur 4.47 Årligt gennemsnit af ålegræssets maksimale dybdegrænse ( $\geq 1\%$  dækningsgrad) og ålegræssets hovedudbredelse ( $\geq 10\%$  dækningsgrad) i Lillebælt, Breddingen samt miljømålsgrænsen for hovedudbredelsen, som er 7,0 meter for Lillebælt, Breddingen.



Den samlede nuværende økologiske tilstand i Lillebælt er klassificeret som ringe, men det gennemsnitlige sommerklorofylindhold har været faldende og nærmer sig miljømålsgrænserne, der ligger på 1,0-1,4 µg/l i de enkelte delområder af Lillebælt. Udviklingen har dog gået i den modsatte retning for vinterklorofyl og især med henblik på februar-marts, hvor de største planktalgeokoncentrationer typisk ses. Dette kan ikke umiddelbart forklares af tilsvarende stigninger i N- og P-koncentrationerne, som generelt har været faldende i disse måneder. Forklaringen kan være, at stigende temperaturer kan forårsage en større vækst i vinterhalvåret og samtidig kan algesammensætningen være ændret. Dette er ikke undersøgt yderligere.

Opblandingen af vandmasserne i det centrale Lillebælt bringer næringsrigt bundvand op i den fotiske zone, hvilket er medvirkende til de relativt høje planktonmængder i den centrale del af Lillebælt. Den dynamiske hydrologi, herunder intern hydraulisk kontrol, som f.eks. ses omkring tærsklerne til de dybe bassiner ved Snævringen, Bredningen og det sydlige Lillebælt er ligeledes med til at føre planktonalgerne ned til bundlagene, i og med at vandmasserne opblandes. Vindhændelser forstærker tilmed opbrud af lagdelingen og skaber dermed øget opblanding af vandsøjlen, således det mere næringsholdige bundvand bringes op i den fotiske zone og modsat planktonmateriale ned i bundlagene. Det er derfor interessant at undersøge, hvorvidt de stigende klorofylniveauer i ydersæsonen kan skyldes klimatiske og hydrologiske faktorer som f.eks. øget temperatur, stærkere og/eller hyppigere vindhændelser i vinter- og forårsmånederne. I bilag ses det, at vandtemperaturen generelt har været stigende og især i bundlaget i Lillebælt nord og syd i de seneste årtier.

Iltsvindshændelser forekommer årligt i de dybe bassiner i det sydlige Lillebælt, og en stigende andel af iltsvindsregistreringer i maj-juli indikerer, at iltsvindenes varighed er forlænget over de senere år. Stigende ammonium+ammoniak- og orthofosfatkoncentrationer i sommer- og efterårsmånederne i bundmålingerne i det sydlige Lillebælt, indikerer ligeledes en stigende grad af iltsvind og herved nærings-

stoffrigivelse fra bundsedimentet. Eftersom planktonalgemængderne i en vis grad bundfældes ved opblanding af vandmasserne, og bliver omsat i bundlaget med iltforbrug til følge, kan de stigende mængder klorofylmængder i januar-marts de seneste to årtier muligvis være med til at forklare, hvorfor iltsvindenes omfang er øget over de senere år. Stigende vandtemperaturer kan her også være med til at forklare den stigende grad af iltsvind.

Seneste bekendtgørelse om muslingefiskeri giver tilladelse til at skrabe ned til 4 meters vanddybde eller til dybdegrænsen for ålegræs (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2021). Dette er vel og mærke ikke ned til miljømålet for ålegræssets hovedudbredelse (hvh. 9 meter og 7 meter i det nordlige og sydlige Lillebælt) og så længe der må skrubes til den nuværende dybdegrænse vil ålegræsset være begrænset heraf.

Antallet af målestationer og deres placering har sandsynligvis en væsentlig betydning for det samlede billede af området. Det kan derfor diskuteres, hvorvidt den præsenterede data er repræsentativt for hele Lillebælts tilstand. Dette er dels med henblik på Snævringen, der har en væsentlig betydning for forståelse af Lillebælt som system, hvor prøvetagningen af klorofyl og næringsstoffer ophørte i 2006. Dertil er der også kun én målestation med en lang datatidsserie i det sydlige Lillebælt, som dækker et relativt stort vandområde.

De dybe bassiner i det sydlige Lillebælt adskiller sig ved at have hyppigere, kraftigere og længerevarende iltsvind, hvorimod iltforholdene i det øvrige Lillebælt generelt er mere skiftende. Derfor er der også en vis risiko for, at monitoreringen ikke 'fanger' iltsvindshændelser og næringsstoftransporter eftersom prøvetagningen foretages med ca. to ugers interval. Anlæg af permanent monitoreringsudstyr, eller hyppigere prøvetagning, vil forbedre datagrundlaget og sandsynligvis også forståelsen af Lillebælt som vandsystem.





# REFERENCER

# 6

- 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>
- DCE. 2021. Iltrapporter og iltsvindskort. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Bioscience.
- DHI. 2018. Modelberegninger af marin spredning og direkte miljøeffekter af udledt kvælstof (gødningsvand) i forbindelse med ulykken i Fredericia Havn den 3. februar 2016. DHI.
- DHI. 2021. Data fra DHI's mekanistiske modeller. Modtaget august 2021.
- Hansen, J.L.S, Mohn, C. Hydrografi. 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>
- Krause-Jensen, D., Duarte, C.M., Sand-Jensen, K., Carstensen, J. 2020. Century-long records reveal shifting challenges to seagrass recovery. *Global Change Biology* 2020;00: 1–13.
- Lund-Hansen, L.C., Vang, T. 2004. An inflow and intrusion event in the Little Belt at the North Sea–Baltic Sea transition and a related sub-surface bloom of *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59(2): 265-276.
- Lund-Hansen, L.C., Nielsen, M.H., Bruhn, A., Christensen, K.R. 2005. Havets græsmark vokser ujævnt - om strøm og algevækst i Lillebælt. *Aktuel Naturvidenskab* 3: 15-18.
- Miljø- og Fødevarerministeriet. 2016. Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=181970>
- Miljøministeriet, Naturstyrelsen. 2011. Vandplan 2010-2015. Lillebælt/Jylland. Hovedvandopland 1.11. Vanddistrikt: Jylland og Fyn. Miljøministeriet, Naturstyrelsen.
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2021. Muslinge- og østersbekendtgørelsen. BEK nr 1126 af 01/06/2021. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/1126>.
- Nielsen, M.H., Vang, T., Lund-Hansen, L.C. 2017. Internal hydraulic control in the Little Belt, Denmark – observations of flow configurations and water mass formation. *Ocean Sci.*, 13: 1061–1075.
- 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. Technical University of Denmark, Institute of Aquatic Resources. Aarhus University, Institute for Bioscience. DHI. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.



# KONTAKT OS

## **Flemming Gertz**

Chefkonsulent  
+45 87 40 54 18  
flg@seges.dk



## **Tobias Berthel Bendixen**

Konsulent  
+45 87 40 53 05  
tobn@seges.dk



## **Sebastian Piet Zacho**

Konsulent  
+45 87 40 55 63  
seza@seges.dk



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



