



KONSEKVENSVURDERING AF SPILDEVANDSUDLEDNING I ØRESUND

Potentielle effekter for havmiljøet

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 194

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

KONSEKVENSVURDERING AF SPILDEVANDSUDLEDNING I ØRESUND

Potentielle effekter for havmiljøet

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 194

2021

Jacob Carstensen
Jesper Philip Aagaard Christensen

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 194
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	Konsekvensvurdering af spildevandsudledning i Øresund
Undertitel:	Potentielle effekter for havmiljøet
Forfattere:	Jacob Carstensen & Jesper Philip Aagaard Christensen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2021
Redaktion afsluttet:	Februar 2021
Faglig kommentering:	Stiig Markager og Jens Würbler Hansen, AU Bioscience
Kvalitetssikring, DCE:	Anja Skjoldborg Hansen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Finansiel støtte:	Københavns Kommune
Bedes citeret:	Carstensen, J. & Christensen, J.P.A., 2021. Konsekvensvurdering af spildevandsudledning i Øresund. Potentielle effekter for havmiljøet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 38 s. - Teknisk rapport nr. 194 http://dce2.au.dk/pub/TR194.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	En midlertidig udledning af 160.000 m ³ spildevand fra Strandvængets Pumpestation ville medføre en øget udledning med næringsstoffer, som udgør under 1 % af de årlige tilførsler til Øresund fra Danmark. Denne udledning vil ikke mærkbart påvirke havmiljøet generelt, men vil i et begrænset område omkring udledningspunktet i Kongedybet kunne medføre større algevækst og eventuelt iltvind. Selvom denne udledning isoleret set kun i meget begrænset omfang påvirker havmiljøet i Øresund, så bidrager den sammen med andre kilder til en vedvarende overbelastning af økosystemet.
Emneord:	Kvælstof, fosfor, organisk materiale, klorofyl, sigtdybde, ålegræs
Illustrationer:	Forfatterne og Øresundsvandssamarbejdet
Foto forside:	Ron Miele, Pixabay
ISBN:	978-87-7156-565-2
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	38
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR194.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Indledning	8
2 Tilførsler af N, P og COD til Øresund	10
2.1 Renseanlæg	10
2.2 Regnvandsoverløb	13
2.3 Vandløb	13
2.4 Transporter fra Østersøen og Kattegat	14
2.5 Midlertidige udledninger	14
3 Havmiljøet i Øresund og Kongedybet	16
3.1 Overvågningsdata og analyser	18
3.2 Koncentrationer af næringsstoffer	20
3.3 Fytoplankton	22
3.4 Iltforhold ved bunden	22
3.5 Sigtdybde	24
3.6 Ålegræs	24
3.7 Bunddyr	25
3.8 Området omkring udledningspunktet	26
4 Potentiel effekt af spildevandsudledning	29
4.1 Potentielle regionale effekter	29
4.2 Potentielle lokale effekter	30
4.3 Øvrige forhold	33
5 Konklusion	34
Referencer	36

[Tom side]

Forord

Nærværende rapport beskriver resultaterne af rådgivningsprojektet 'Vurdering af miljøkonsekvenser i Øresund ved udledning af mekanisk rensset spildevand', som er udført på Aarhus Universitet i perioden fra 1. januar 2021 til 31. januar 2021. Baggrunden for projektet er, at Københavns Kommune i maj 2020 gav HOFOR lov til at udlede 160.000 m³ spildevand, som kun var mekanisk rensset, til Øresund. Udledningstilladelse blev dog ikke benyttet af HOFOR. Projektet er udført på bestilling af SIRIUS Advokater, som i forbindelse med en juridisk undersøgelse omkring tilladelsen fra Københavns Kommune ønsker en miljøfaglig vurdering af den potentielle påvirkning af havmiljøet i Øresund, såfremt udledningstilladelsen var blevet anvendt i fuldt omfang. Vurderingen omfatter de potentielle effekter af udledning af næringsstoffer og organisk materiale, men indbefatter ikke effekter af miljøfremmede stoffer og påvirkning af badevandskvalitet.

Den miljøfaglige vurdering af spildevandsudledningen er baseret på en analyse af udledningstilladelsens mængder af næringsstoffer og organisk stof i forhold til de nuværende og historiske tilførsler fra andre kilder samt en beskrivelse af de nuværende og historiske miljøforhold i Øresund. Rapporten forholder sig til både de potentielle generelle påvirkninger for Øresund som helhed og de lokale potentielle påvirkninger omkring udledningspunktet i Kongedybet.

Rapporten er baseret på data, som indgår i udledningstilladelserne til Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen samt data fra det nationale overvågningsprogram (NOVANA). Kapitel 2 og 3 indeholder faktuel viden om tilførslerne og miljøforholdene i Øresund, hvilket udgør et væsentligt fundament for at kunne vurdere den potentielle påvirkning, som analyseres i Kapitel 4 og sammenfattes i punktform i Kapitel 5.

Sammenfatning

Københavns Kommune gav i maj 2020 HOFOR tilladelse til at udlede 160.000 m³ mekanisk rensed spildevand over fem dage fra Strandvængets Pumpestation til udledningspunktet U4 i Kongedybet ud for Københavns Havn. I denne rapport vurderes den potentielle effekt, som denne udledning kunne have haft på havmiljøet i Øresund, såfremt udledningstilladelsen var blevet anvendt i fuldt omfang. Øresund lever på nuværende tidspunkt ikke op til vandrammedirektivets målsætning om god økologisk tilstand, hvilket hovedsageligt skyldes en høj tilførsel af næringsstoffer fra land, primært i form af kvælstof.

Udledning af 160.000 m³ mekanisk rensed spildevand med høje koncentrationer af næringsstoffer og organisk stof er estimeret til at medføre en øget tilførsel til Øresund på 96 tons COD, 52 tons BOD, 8,7 tons TN og 1,3 tons TP. Dette bidrag udgør mindre end 1 % af de årlige tilførsler af næringsstoffer og lidt mere for COD og BOD. Bidraget svarer til en fordobling af de daglige tilførsler fra punktkilder til Kongedybet for COD, TN og TP og en 10-dobling for BOD over perioden på de fem dage.

Udledningen fra Strandvængets Pumpestation vil ikke have nogen mærkbar effekt på havmiljøet i Øresund som helhed, hvor det er de samlede tilførsler over længere tid, som har betydning. Derimod forventes svagt forhøjede koncentrationer af næringsstoffer og klorofyl og nedsat sigtdybde i Kongedybet, men disse midlertidige effekter er små i forhold til de naturlige variationer over tid. I umiddelbar nærhed af udledningspunktet U4 vil man kunne forvente en øget algevækst på niveau med forårsopblomstringen og reduceret sigtdybde. Denne kortvarige opblomstring og reduceret sigtdybde vil dog ikke påvirke ålegræs og makroalger i området. Ligeledes vil tilførslen af let nedbrydeligt organisk stof i det mekanisk rensede spildevand kunne medføre iltvind i umiddelbar nærhed af udledningspunktet. Et tidsbegrænset fald i iltkoncentrationen vil formentlig have en lille effekt på bunddyrene, med mindre at der opstår iltfrie forhold med frigivelse af det giftige svovlbrinte. Da udledningen fra Strandvængets Pumpestation ikke er permanent, vil bunddyrssamfundet omkring udledningspunktet reetablere sig inden for nogle år i tilfælde af svovlbrintefrigivelse.

Øresund modtager hvert år store mængder af næringsstoffer og organisk stof, hvoraf størstedelen kommer fra mange spredte spildevandsudledninger, som samlet medfører eutrofiering og påvirker havmiljøet. Derfor har en kortvarig udledning fra Strandvængets Pumpestation kun en relativt lille effekt på havmiljøet i Øresund, som er begrænset til området omkring udledningspunktet. Men denne midlertidige udledning bidrager med næringsstoffer og organisk stof til et økosystem, som allerede er overbelastet og ikke opfylder de økologiske målsætninger. Såfremt en ekstra udledning er uopsættelig nødvendig, anbefales det, at udledningen foretages i det sene efterår eller den tidlige vinter, hvor rekreative aktiviteter og algernes optag af næringsstoffer er minimale.

Summary

In May 2020, the Copenhagen Municipality gave HOFOR permission to discharge 160,000 m³ raw sewage over five days from Strandvængets Pumpestation to the discharge point U4 located in Kongedybet outside of Copenhagen Harbor. In this report, the potential environmental effect of this discharge in Øresund is assessed, given that the permission had been utilized. Øresund does not comply with good ecological status according to the Water Framework Directive at present, which is primarily due to excessive nutrient inputs from land, primarily nitrogen.

The discharge of 160,000 m³ raw sewage with high concentrations of nutrients and organic matter is estimated to increase inputs to Øresund with 96 tonnes COD, 52 tonnes BOD, 8,7 tonnes TN and 1,3 tonnes TP. This contribution is less than 1% of the annual nutrient inputs and slightly more for COD and BOD. The additional contribution corresponds to a doubling of the daily inputs from point sources to Kongedybet for COD, TN and TP, and a 10-doubling for BOD over the 5-day period.

The discharge from Strandvængets Pumpestation will not have any significant ecological imprint on Øresund as a whole, where the cumulative inputs over longer periods are more important. However, slightly increased concentrations of nutrients and chlorophyll as well as slightly reduced water transparency are expected in Kongedybet, but these temporary effects are relatively small compared to the natural variability over time. In the vicinity of the discharge point U4, enhanced algae production and reduced transparency are expected at levels similar to the spring bloom. Such short-term blooms and reduced transparency will not have an effect on eelgrass and macroalgae in the area. Similarly, the input of readily degradable organic matter in the raw sewage can lead to oxygen depletion in the vicinity of the discharge point. A short-term drop in oxygen concentrations will most likely affect benthic fauna to a minor degree, unless anoxic conditions develop with release of the toxic hydrogen sulfide. In such case, and since the discharge from Strandvængets Pumpestation is not permanent, it is expected that the benthic communities will recover within a number of years.

Øresund receives large inputs of nutrients and organic matter every year, most of these from scattered sewage outlets; the cumulative effect of these causing eutrophication and an impoverished environment. The short-term discharge from Strandvængets Pumpestation alone has therefore a relatively minor effect on the marine environment in Øresund, which is primarily constrained to the vicinity of the discharge point. However, this temporary discharge contributes nutrients and organic matter to an ecosystem that is already receiving excessive inputs and not fulfilling ecological targets. In the event that an extraordinary discharge is inevitable, it is recommended that the discharge is executed in late autumn or early winter when recreational activities and nutrient uptake by algae are low.

1 Indledning

Øresund udgør et vigtigt rekreativt område for mange mennesker og er samtidig et vigtigt habitat for bl.a. fisk, marsvin og sæler. På begge sider af Øresund er der tætte bysamfund langs kysterne, hvilket betyder, at spildevandstilførslen udgør en væsentlig påvirkning af havmiljøet. Selvom tilførslerne af næringsstoffer og organisk materiale er reduceret væsentligt i løbet af de seneste 30-40 år, så lever Øresund i dag endnu ikke op til vandrammedirektivets målsætning om god økologisk tilstand, og der er derfor behov for yderligere tiltag for at reducere tilførslerne af næringsstoffer. Ifølge de seneste vandplaner skal den årlige udledning til vandområdet Nordlige Øresund, som dækker kysten fra Dragør til Helsingør inklusive Saltholm og Peberholm, reduceres med 270 tons kvælstof inden 2021, ultimativt inden 2027, og tilførslen af fosfor må ikke stige. De største bidrag til de direkte tilførsler af næringsstoffer til Øresund kommer fra udledninger fra renseanlæg og regnvandsbetingede udløb.

I marts 2020 ansøger HOFOR Københavns Kommune om tilladelse til at udlede 160.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Strandvængets Pumpestation til udledningspunkt U4 i Kongedybet ud for Københavns Havn. Samme måned ansøger NOVAFOS Gentofte Kommune om tilladelse til at udlede 130.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Skovshoved Pumpestation til Øresund. Ansøgningerne var begrundet i et behov for at inspicere spildevandsledningen fra Strandvængets Pumpestation til Renseanlæg Lynetten. Samlet set ansøges om udledning på 290.000 m³ kun mekanisk rensset spildevand til Øresund. Tilladelser til udledning gives fra Københavns Kommune og Gentofte Kommune i maj 2020. Men efter større kritik i offentligheden vælger HOFOR og NOVAFOS ikke at benytte tilladelserne. Det skal bemærkes, at HOFOR tidligere har fået tilladelse fra Københavns Kommune til at udlede 290.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Strandvængets Pumpestation ad to omgange i februar og marts 2017.

På grund af den store offentlige opmærksomhed, som tilladelsen i maj 2020 medførte, har Københavns Kommune besluttet at igangsætte en uvildig undersøgelse af forholdene omkring tilladelsen og de potentielle miljømæssige konsekvenser, som udledningen måtte have for havmiljøet. Københavns Kommune anslår, at de 160.000 m³ spildevand fra Strandvængets Pumpestation medfører en ekstra tilførsel på ca. 80 tons COD (kemisk iltforbrug), 7 tons TN (total kvælstof) og 1 ton TP (total fosfor) til Øresund. Gentofte Kommune anslår, at de 130.000 m³ spildevand fra Skovshoved Pumpestation medfører en ekstra tilførsel på ca. 43 tons COD, 5 tons TN og 1 tons TP til Øresund. Forudsætningerne for disse to beregninger er ikke anført i tilladelserne, og der anvendes åbenbart forskellige koncentrationer i det udledte spildevand. Derfor anvendes i denne rapport udledninger beregnet ud fra tilløbskoncentrationerne til Renseanlæg Lynetten (Kapitel 2).

Formålet med denne rapport er at vurdere den potentielle miljømæssige påvirkning af havmiljøet ved en udledning af 160.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Strandvængets Pumpestation til udledningspunkt U4 i Kongedybet. For den generelle påvirkning af havmiljøet i Øresund medtages udledningen fra Skovshoved Pumpestation ligeledes, da den samlede udledning har betydning. Undersøgelsen tager udgangspunkt i de historiske og nuværende tilførsler af COD, TN og TP og i udviklingen i Øresunds havmiljø vurderet ud fra overvågningsdata indsamlet i forbindelse med det nationale

overvågningsprogram NOVANA (1988-2020). Endvidere analyseres de lokale forhold omkring udledningspunktet U4 i forhold til andre nærliggende områder, som antages at være mindre påvirkede af spildevandsudledninger. Analyser af tilførsler og havmiljøets tilstand bidrager med baggrundsinformation for at kunne vurdere den potentielle effekt af udledningen fra Strandvængets Pumpestation. Det er ikke muligt inden for nærværende rapport at opstille en koblet hydrodynamisk-økologisk model til at give en mere detaljeret kvantitativ analyse af den potentielle påvirkning omkring udledningspunktet U4.

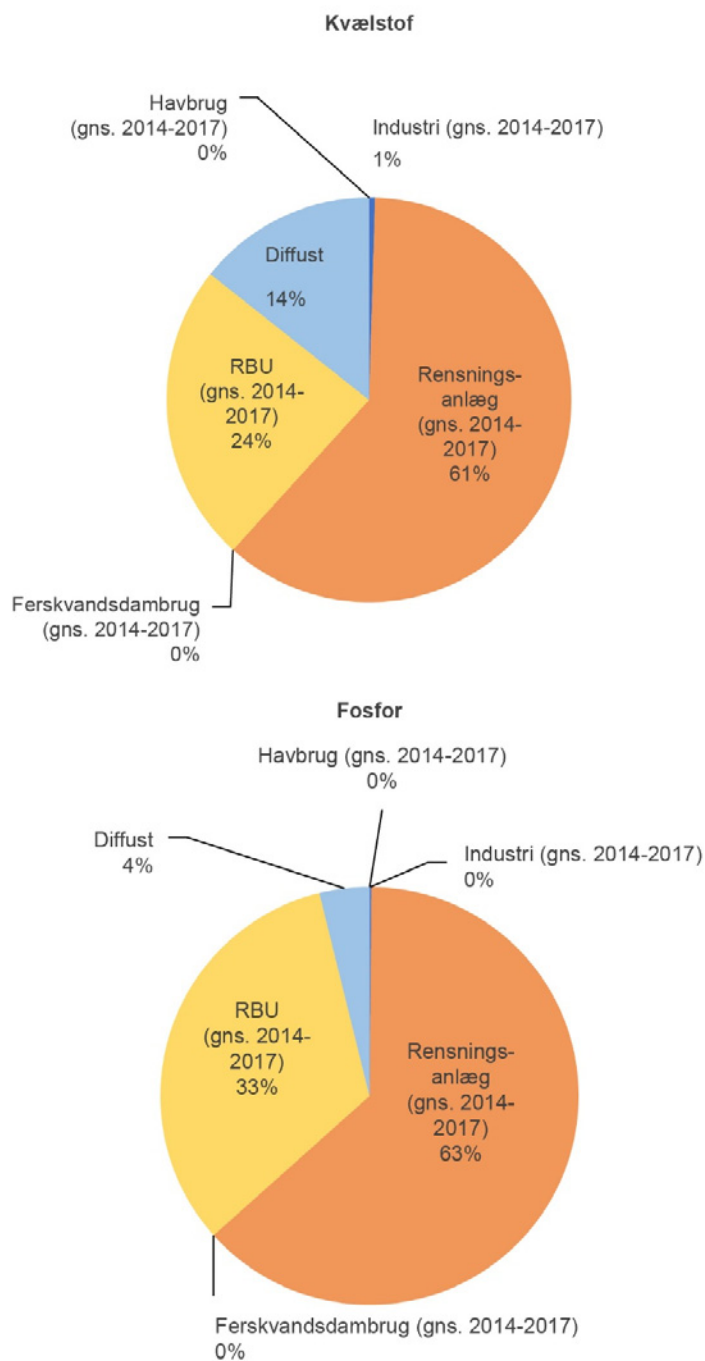
2 Tilførsler af N, P og COD til Øresund

Eutrofiering beskriver en stigende tilførsel af labilt organisk materiale til et økosystem, enten direkte eller indirekte i form af makronæringsstoffer, som stimulerer algevækst og dermed øger mængden af organisk materiale. Effekterne af eutrofiering er iltsvind, forringende lysforhold, algeopblomstringer og udkonkurrering af nøjsomme arter, dvs. forringelse af biodiversiteten. De to vigtigste makronæringsstoffer, som giver anledning til eutrofiering, er kvælstof/nitrogen (N) og fosfor (P) – enten i uorganisk opløst form, hvor de er mest tilgængelige for algevækst, eller i organisk, men let omsættelig form, bundet N og P. Mængden af organisk stof måles typisk som kemisk iltforbrug (COD) og biologisk iltforbrug (BOD, som også betegnes BI₅). COD bestemmes ved at oxidere alt organisk stof med en kraftig oxidant. COD bliver derfor et udtryk for den totale mængde organisk stof i vandet. BOD bestemmes ved at måle det biologiske iltforbrug over fem dage ved 20 °C, dvs. det er et mål for, hvor omsætteligt det organiske stof er.

De mest udbredte typer af renseanlæg er målrettede en reduktion af netop N, P og organisk stof, særligt den let-omsættelige del (BOD). I de danske kystnære farvande kommer langt den største del af N og P fra diffuse kilder, dvs. landbrug, natur, ejendomme uden kloakering og befæstede arealer. Der kommer også et markant bidrag af særligt N fra atmosfæren, og i de centrale dele af de danske farvande kommer der også en del næringsstoffer fra Østersøen og Nordsøen. Bidrag fra renseanlæg udgør en mindre andel af den samlede udledning fra land, ca. 5 % for N og ca. 15 % for P. I den danske del af Øresund forholder det sig noget anderledes, idet oplandet er relativt lille og befolkningstætheden meget høj, hvilket betyder, at bidraget fra renseanlæg udgør langt den overvejende del (**Figur 2.1**).

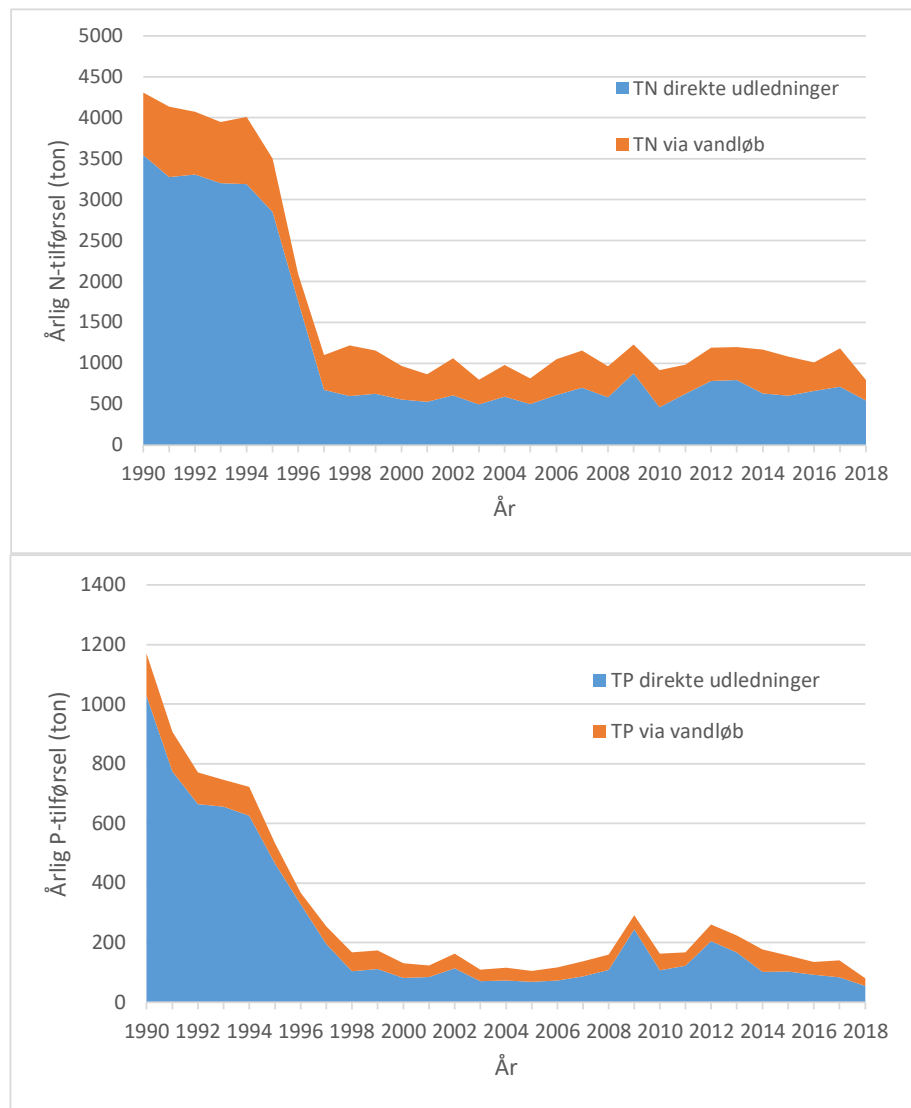
2.1 Renseanlæg

I det danske opland til det nordlige Øresund (vandområde 6) findes der i alt 16 renseanlæg. De to største er Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen, som begge er drevet af BIOFOS for Københavns og Frederiksbergs kommuner samt 13 andre kommuner. De to anlæg er samtidig de to største danske kilder af kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof til vandområdet og står tilsammen for ca. 61 % og 63 % af udledningerne for hhv. TN og TP direkte til området (både rensed spildevand og overløb ved anlæg). Renseanlæg Damhusåens er bygget i 1930'erne og senere udbygget og udvidet, senest med en større opgradering i midten af 1990'erne fra mekanisk (M) og biologisk rensning (B) til nitrifikation-denitrifikation (ND) og kemisk (K) fældning. Ligeledes er Renseanlæg Lynetten, som stod færdig i 1980, udbygget til M-B-ND-K renseanlæg i 1997. Dette har bevirket et fald i den direkte N-udledning til vandområdet til ca. en femtedel og et fald til en sjettedel for P-udledningen i perioden 1994 til 1998 (**Figur 2.2**). Begge anlæg udleder, via pumper og rørføring, spildevand til to punkter ca. 1,5 km ude fra kysten i den rende ud for Københavns Havn, der kaldes Kongedybet.



Figur 2.1. Fordeling af danske udledninger af N (øverst) og P (nederst) fra forskellige kilder til vandområdet Nordlige Øresund i perioden 2014 til 2017 (NOVANA). RBU står for regnvandsbetingede udledninger.

Kapaciteten på de to anlæg er 850.000 PE (personækvivalenter) og 350.000 PE for hhv. Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen. Sammen med Avedøre Renseanlæg, som har samme kapacitet som Renseanlæg Damhusåen, renser de tre anlæg spildevand fra Københavns omkring 1,2 millioner indbyggere. Lynetten er for nuværende (2015-tal) belastet med i omegnen af 1 mio. PE og må derfor betragtes som lettere overbelastet.



Figur 2.2. Danske udledninger af N (øverst) og P (nederst) til vandområdet Nordlige Øresund i perioden 1990 til 2018 fordelt på direkte udledning fra renseanlæg og andre kilder (NOVANA-data).

Udledningskoncentrationerne i det rensede spildevand, som ledes ud til Kongedybet, ligger under normal drift på omkring 4-6 mg L⁻¹ for TN og 0,3-0,6 mg L⁻¹ for TP (Københavns Kommune 2019a,b). Dette er meget tæt på landsgennemsnittet og vil formentlig kræve et ekstra efterpoleringstrin at bringe yderligere ned (**Tabel 2.1**).

Tabel 2.1. Oversigt over udledningsmængder og koncentrationer fra de to største renseanlæg, der leder ud i vandområdet Nordlige Øresund, i sammenligning med gennemsnittet for DK i 2018 (tørt år) (COWI 2017; Frank-Gopolos et al. 2019).

Stof	Renseanlæg Lynetten		Renseanlæg Damhusåen		Gennemsnit DK	
	Renset	Overløb	Renset	Overløb	Renset	Overløb
TN koncentration (mg L ⁻¹)	6	40	6	20	5	11
TP koncentration (mg L ⁻¹)	0.6	8	0.5	4	0.5	2
BOD (mg L ⁻¹)	3	270	4	130	3.5	31
Total vandmængde (10 ⁶ m ³)	55	3	23	4,5	615	33

Det rå spildevand, som kommer ind til renseanlæggene, består primært af spildevand fra husholdninger. Koncentrationer af næringsstoffer og organiske stoffer ligger inden for det normale område af typisk byspildevand (Henze et al. 2010), omend lidt i den høje ende for kvælstof og organisk stof (**Tabel 2.2**). Både ammonium og BOD udgør en relativt stor andel af hhv. TN og COD i forhold til det rensede spildevand.

Tabel 2.2. Estimerede indløbskoncentrationer i det rå ufortyndet spildevand, som løber ind til Lynetten (Københavns Kommune 2019a; Henze et al. 2010).

Stof	Renseanlæg Lynetten	Normalt niveau DK	
		Min	Max
TN (mg L ⁻¹)	65	20	80
Ammonium-N (mg L ⁻¹)	40	12	50
TP (mg L ⁻¹)	9	6	23
BOD (mg L ⁻¹)	330	100	350
COD (mg L ⁻¹)	690	210	740

2.2 Regnvandsoverløb

Ved kraftige regnvejrshændelser øges den hydrauliske belastning af renseanlæggene kraftigt, og det er i de tilfælde nødvendigt at aflaste systemet ved at lede spildevandet uden om den biologiske rensning og kun rense spildevandet mekanisk ved hjælp af riste, som primært tilbageholder større emner. Dette kaldes et regnvejrsmøntet udløb (RBU), overløb eller bypass.

Da den hydrauliske kapacitet for Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåens (hhv. 42.000 m³/time og 28.000 m³/time) stort set er opbrugt ved normal drift, er der, selv ved mindre regnvejrshændelser, ofte brug for at lede spildevandet uden om den biologiske rensning ("bypass"). Dette sker typisk 60 gange om året for hvert anlæg. I 2015 udgjorde overløbsmængden ca. 3 mio. m³ urensset, men regnvandsfortyndet spildevand fra Lynetten og ca. 4,5 mio. m³ fra Damhusåen (**Tabel 2.1**), svarende til lidt mere end halvdelen af Mølleåens vandføring og mindst fem gange Mølleåens kvælstoftilførsel. Da der altid er et stort volumen urensset og ufortyndet spildevand i kloaksystemet, specielt for det tryksatte tilløb til Renseanlæg Lynetten, er koncentrationerne af N, P og COD ved overløb højere end ved overløb i andre renseanlæg, hvor spildevandet ved regnvejrsmøntede overløb hurtigere bliver fortyndet. For Lynetten svarer dette volumen til ca. 30.000 m³ urensset og ufortyndet spildevand (COWI 2017). Det resulterer i høje koncentrationer af næringsstoffer i overløbsvandet på ca. 40 mg N L⁻¹ for Renseanlæg Lynetten og ca. 20 mg N L⁻¹ for Renseanlæg Damhusåen. Det er hhv. 4 og 2 gange højere koncentration end det gennemsnitlige "overløbsvand" i fælleskloakerede systemer (regnvand + spildevand) i DK (**Tabel 2.1**). Fra 2016 og frem er det ifølge BIOFOS lykkedes at nedbringe mængden af overløbsvand til ca. det halve i vandvolumen, pga. optimeret drift og mindre renoveringer (Københavns Kommune 2019a).

2.3 Vandløb

Der er ikke ret meget landbrug i det knapt 500 km² store opland til det nordlige Øresund. Til gengæld er der flere mindre renseanlæg og regnvandsbetingsede udledninger fra mindre befæstede arealer i oplandet, som udleder direkte til vandløb. Diffuse kilder udgør omkring 14 % af N- og 4 % af P-udled-

ningerne, mens de resterende hhv. 86 % og 96 % af udledningerne kan forklares af direkte udledninger fra renseanlæg og industri samt regnvandsbetingede udledninger (**Figur 2.1**).

2.4 Transporter fra Østersøen og Kattegat

Øresund udgør, sammen med Storebælt og Lillebælt, åbningen mellem Østersøen og Kattegat/Nordsøen. Netto løber der i nærheden af 500 km³ vand ud af Østersøen hvert år, svarende til ca. 15.000 m³/s. Det meste vand løber igennem Storebælt (ca. 65%), men i nærheden af 25 % eller ca. 4000 m³/s løber igennem Øresund (netto-transport) (Jakobsen & Ottavi 1997). TN og TP koncentrationen i overfladevandet fra Østersøen er typisk 250 µg L⁻¹ og 20 µg L⁻¹, hvilket betyder, at der netto strømmer omkring 86 tons TN og 7 tons TP igennem Øresund fra Østersøen hver dag, svarende til 31.500 tons N og 2.500 tons P på årsplan – på papiret en langt større mængde end den, der udledes fra oplandet til Øresund. Men udledningen er af en helt anden beskaffenhed, da langt størstedelen af disse mængder af N og P er bundet i svært nedbrydeligt organisk stof og ikke umiddelbart tilgængeligt for algevækst (Jørgensen et al. 2014). Derfor har det kun en mindre påvirkning på havmiljøet i Øresund til trods for mængden, hvilket også kan ses på de beregnede effekter af tilførsler, der er blevet foretaget af DHI og Aarhus Universitet i forbindelse med udarbejdelsen af vandområdeplanerne. Heraf fremgår det, at N-tilførslen fra det danske opland forklarer over en femtedel af ændringerne i klorofylkoncentrationen. Til sammenligning forklarer tilførslen af udenlandsk N (herunder den fra Sydsverige), udenlandsk P og atmosfærisk N hhv. 1/3, 1/5 og 1/4 af ændringerne i klorofylkoncentrationen. På tilsvarende vis transporteres der også næringsstoffer med bundvandet fra Kattegat, hvoraf en mindre del omsættes i Øresund.

2.5 Midlertidige udledninger

Det planlagte overløb fra Strandvængets Pumpestation er 160.000 m³ over fem dage. Ifølge ansøgningen fra HOFOR til Københavns Kommune svarer dette til ca. 80 ton COD, 7 ton N og 1 ton P. Dertil kommer et planlagt overløb fra Skovshoved Pumpestation på 130.000 m³ i løbet af de samme fem dage. Ifølge ansøgningen fra Novafos til Gentofte Kommune svarer dette til ca. 42,5 ton COD, 4,8 ton N og 1 ton P. Da der er stor forskel på koncentrationerne i de to beregninger, og da de anvendte koncentrationer er noget lavere end tilløbskoncentrationerne til Lynetten, anvendes tilløbskoncentrationerne fra Lynetten (**Tabel 2.2**) til beregning af udledningerne fra de to pumpestationer (**Tabel 2.3**). Eftersom den mekaniske rensning tilbageholder større emner har den en lille effekt på koncentrationerne, men vi kender ikke effekten og regner med, at den er meget begrænset. Det estimeres, at udledningen fra Strandvængets Pumpestation over fem dage ville være 110 tons COD, 52,8 tons BOD, 10,4 tons N og 1,44 tons P. Samtidig ville der fra Skovshoved Pumpestation blive udledt 97 tons COD, 46,2 tons BOD, 9,1 tons N og 1,26 tons P. Imidlertid ville der samtidig blive udledt 290.000 m³ mindre spildevand fra Renseanlæg Lynetten, hvilket ville resultere i en reduceret tilførsel på 15 tons COD, 0,9 tons BOD, 1,7 tons N og 0,17 tons P. Dermed ville der blive en mertilførsel til Kongedybet på 96 tons COD, 52 tons BOD, 8,7 tons N og 1,3 tons P. I løbet af en almindelig femdages periode vil der fra Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen i gennemsnit blive udledt omtrent den samme mængde COD (55 tons), TN (7,3 tons) og TP (1,5 tons), hvorimod mængden af BOD er noget mindre (5,8 tons). Der er altså tale om en fordobling af mængden af COD, TN

og TP samt næsten en 10-dobling af BOD-mængden til Kongedybet for perioden på de fem dage. Samtidig ville der være en mertilførsel ud for Skovshoved på 97 tons COD, 46 tons BOD 9,1 tons N og 1,3 tons P. Disse tal for merudledninger er benyttet til vurderingen af den potentielle effekt på havmiljøet i Kapitel 4.

Tabel 2.3. Udledninger i løbet af fem dage af rensed spildevand fra Renseanlæg Lynetten (RL) og Renseanlæg Damhusåen (RD) under normal drift, mekanisk rensed spildevand fra Strandvængets Pumpestation og Skovshoved Pumpestation og reduceret udløb fra RL på grund af mindre tilladt spildevand (koncentrationer fra Tabel 2.1).

Stof	Normal drift RL+RD ¹	Strandvængets Pumpestation	Skovshoved Pumpestation	Reduceret udløb RL
Vandtilførsel (m ³)	1.200.000	160.000	130.000	-290.000
COD (tons)	55	110	97	-15 ²
BOD (tons)	5,8	52,8	46,2	-0,9
TN (tons)	7,3	10,4	9,1	-1,7
TP (tons)	1,52	1,44	1,26	-0,17

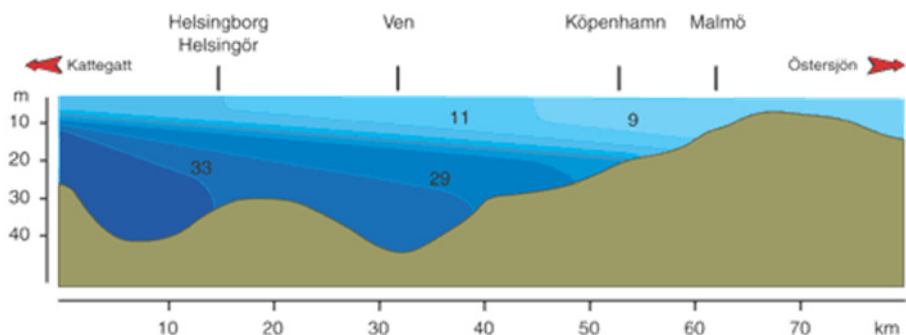
¹Beregnet ud fra de årlige tilførsler i perioden 2007-2017 (Københavns Kommune 2019a,b).

²COD udløbskoncentration er bestemt som den årlige middel i perioden 2007-2017 (Københavns Kommune 2019a,b).

Årligt udledes der omkring 1.100 tons N og 170 tons P til vandområdet Nordlige Øresund fra dansk land, som modsat bidraget fra Østersøen er meget let omsætteligt. Det svarer til en daglig tilførsel på godt 3 tons N og 450 kg P, hvoraf omtrent 1,5 tons N og 300 kg P kommer fra Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen. Den planlagte udledning fra Strandvængets Pumpestation ville svare til ca. 2 tons N og 300 kg P pr. dag i de fem dage. Udledningen fra Skovshoved Pumpestation ville være næsten lige så stor. Overordnet set må det konkluderes, at tilførslerne af næringsstoffer og COD til Øresund fra Københavns to store renselanlæg udgør et ikke ubetydeligt bidrag til de samlede tilførsler til området. Men den planlagte udledning fra Strandvængets Pumpestation ville relativt have været af mindre betydning, da det begrænser sig til fem dage.

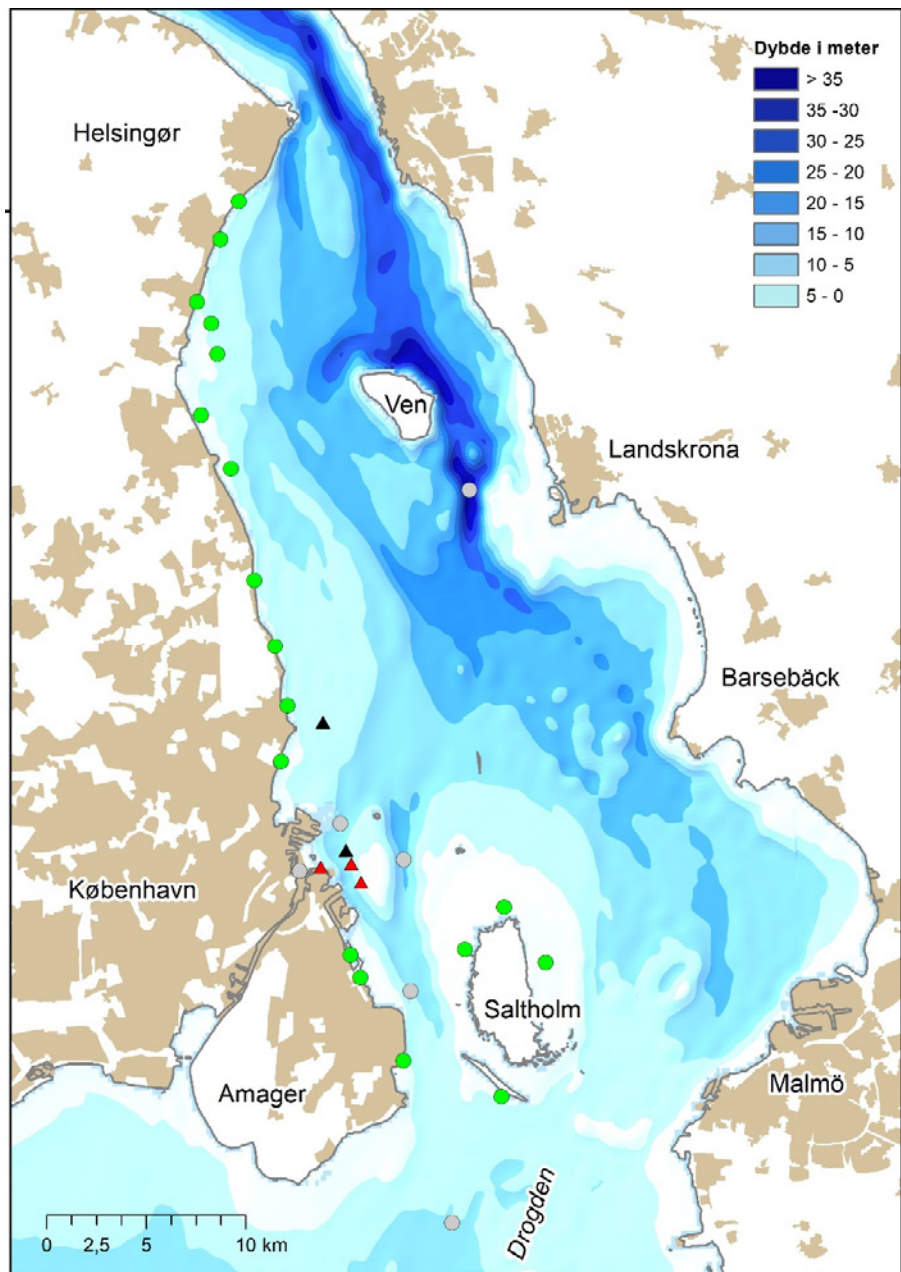
3 Havmiljøet i Øresund og Kongedybet

Øresund er et smalt farvand mellem Nordsjællands østkyst og Skånes vestkyst, og det udgør en vigtig forbindelse mellem den brakke Østersø og det salte Kattegat (**Figur 3.1**). Øresund er forholdsvis lavvandet med en middeldybde på 11 m, med de dybeste områder i den nordlige del omkring Ven og Helsingør-Helsingborg (**Figur 3.2**). Mod syd udgør tærsklen ved Drogden (ca. 10 m dybt) en naturlig barriere for udveksling af vandmasser gennem Øresund. Ud for Københavns Havn er der to strømrrender, Kongedybet (10-15 m) og Hollænderdybet (10-20 m), som er adskilt af Middelgrunden med dybder omkring 5 m. Udledningspunktet U4 fra Strandvængets Pumpestation befinder sig på 6,7 m dybde i Kongedybet, tæt på det mere lavvandede Middelgrund (**Figur 3.2**). Udledningspunkterne for rensat spildevand fra Renseanlæg Damhusåen (7 m dybde) og Renseanlæg Lynetten (9 m dybde) ligger ca. 800 og 1700 m syd for udledningspunktet U4.



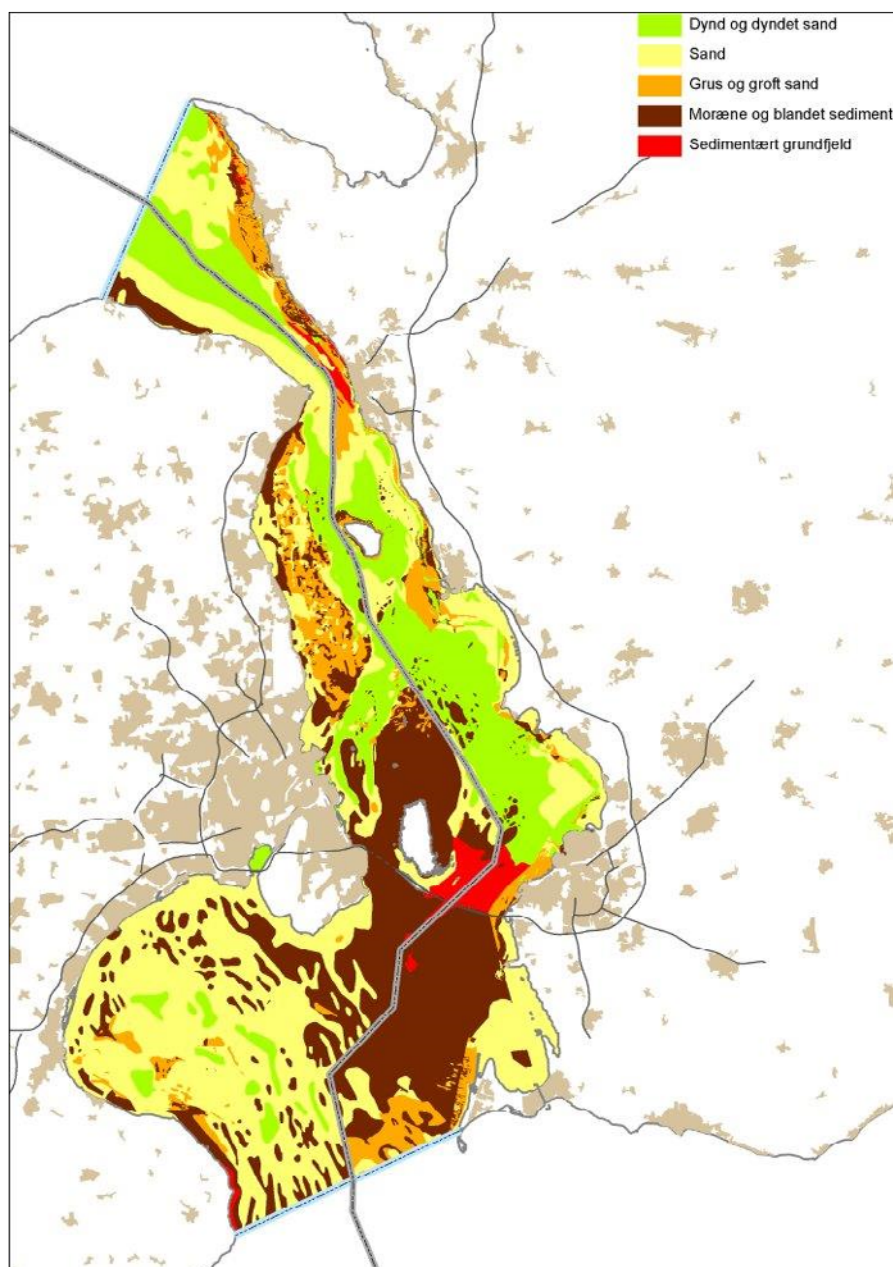
Figur 3.1. Tværsnit ned gennem Øresund, som illustrerer de varierende dybdeforhold og saliniteter. Salinitetsniveauerne er angivet ved nuancer af blå farve samt tal. Kilde: Øresundsvandsamarbejdet.

Omtrent 25 % af ferskvandsoverskuddet fra Østersøen udledes gennem Øresund. Øresund er generelt karakteriseret ved en nordgående strøm i overfladen og en sydgående strøm i bundlaget, adskilt af et markant springlag omkring 10-12 m (Figur 3.1). Strømretning og -styrke er stærkt påvirkede af de aktuelle vindforhold. Udveksling af brakvand fra Østersøen med havvand fra Kattegat medfører kraftige salinitetsgradienter i Øresund, både vertikalt og horisontalt. Vandets opholdstid i Øresund er kortvarig pga. strømninger mellem Østersøen og Kattegat – omkring 9 dage i overfladelaget og 14 dage i bundlaget (Gustafsson 2000).



Figur 3.2. Dybdeforhold i Øresund. Overvågningsstationer for vandkemi og ålegræs er vist med henholdsvis grå og grønne prikker. Udledningspunkter for rensset spildevand fra Lynetten og Damhusåen i Kongedybet er vist med røde trekanter, og udledningspunkterne U4 og U5B er vist med sorte trekanter.

Havbunden i Øresund består hovedsageligt af sand, dynd og moræne, hvor de dybere områder typisk har dyndet bund, da en del finere partikler sedimenterer her (**Figur 3.3**). Kongedybet og Hollænderdybet har en dyndet havbund, hvorimod havbunden på Middelgrunden udgøres af moræne og blandet sediment.



Figur 3.3. Typer af havbund i Øresund. Fraktionen, der omtales som moræne og blandede sedimenter, kan bestå af alt fra sand til tætte stenforekomster.

3.1 Overvågningsdata og analyser

Det dybe område i Øresund sydøst for Ven (station 431) er blevet overvåget siden slutningen af 1960'erne af danske og svenske myndigheder og i forbindelse med forskningstogter. En mere udvidet overvågning med flere vandkemistationer og mere hyppige prøvetagninger startede dog først omkring 1988 (**Tabel 3.1**). Den åbne del af Øresund har lange tidsserier omkring Ven (station 431) og Drogden (station 1728), og disse stationer indgår stadig i den nationale overvågning (NOVANA). Endvidere er Københavns Havn (station KBK3002) og Hollænderdybet (station KBK3005) blevet overvåget i længere perioder, men overvågningen på disse stationer stoppede i henholdsvis 2006 og 2004. Derudover er der indsamlet vandprøver fra to stationer (station KBK3003 og KBH1944), som ligger nord og syd for udledningspunkt U4 og udløbene fra Renseanlæg Damhusåen og Renseanlæg Lynetten (**Figur 3.2**). Som standard er vandprøverne analyseret for uorganiske næringssalte (nitrat,

nitrit, ammonium, fosfat), total kvælstof (TN), total fosfor (TP), klorofyl (Chla) og ilt (O₂), foruden at der er målt kontinuerte dybdeprofiler af salinitet, temperatur og iltkoncentration med en CTD. De forskellige uorganiske nærings-salte kan alle optages af algerne, og derfor tages der i denne redegørelse udgangspunkt i koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof (DIN=Dissolved Inorganic Nitrogen, dvs. summen af nitrat, nitrit og ammonium) og opløst uorganisk fosfor (DIP=Dissolved Inorganic Phosphorus, dvs. fosfat) i stedet for koncentrationen af de enkelte separate fraktioner.

Tabel 3.1. Vandkemistationer anvendt til analyse af miljøforholdene i Øresund generelt og omkring udledningspunkt U4. Prøvetagninger angiver antallet af dage, hvor der er indsamlet vandprøver på stationen i den angivne periode.

Stationsnavn	Område	Prøvetagninger	Startår	Slutår
431	Ven	1019	1967	2020
1728	Drogden	586	1989	2020
KBK3002	Københavns Havn	389	1990	2006
KBK3003	Nord for Lynetten	29	1991	1995
KBK3005	Hollænderdybet	577	1990	2004
KBH1944	Nordre Røse	115	1988	1997

Ålegræs er undersøgt på 18 transekter i Øresund (**Figur 3.2**) og er opdelt i fire områder (Nivå Bugt – 7 transekter, Nord for København – 4 transekter, Amager kyst – 3 transekter og Saltholm – 4 transekter). Ved transektundersøgelser bliver en dykker eller et videokamera trukket efter en båd fra kysten ud mod større dybder, og langs transektet vurderes dækningsgraden af ålegræs for forskellige dybder. Når ålegræsset ikke vokser dybere, undersøges transektet på tværs for at vurdere den maksimale dybdeudbredelse og hovedudbredelsen defineret som mindst 10 % dækning af ålegræs.

3.1.1 Statistiske analyser

Sæsonvariationer og trends i de vandkemiske variable er undersøgt på de fire stationer med lange tidsserier og mange målinger (station 431, 1728, KBK3002 og KBK3005) ved hjælp af en standard statistisk model, hvor variationerne opdeles på variationer mellem år og måneder (Hansen & Høgslund 2019). For sigtdybde (måling af vandets klarhed) er anvendt en statistisk model for censored data (Carstensen 2010), da den registrerede sigtdybde er begrænset af bunden (sigt til bund) ved flere observationer. For sammenligning mellem stationer er der kun medtaget data fra 1988 og fremefter (jf. **Tabel 3.1**). Udviklingen i ålegræssets maksimale udbredelse og hovedudbredelse er undersøgt for de fire områder med en standard statistisk model, hvor variationerne opdeles på variationer mellem år og stationer inden for områderne (Hansen & Høgslund 2019).

Positionen og tykkelsen af springlaget er undersøgt for de tre stationer i Kongedybet og Hollænderdybet (KBH1944, KBK3002 og KBK3005) ved at bestemme en normalfordelingsfunktion til densitetsprofilerne. Springlagsdybden er givet ved middelværdien, hvilket svarer til halvdelen af densitetsspringet mellem top og bund af vandsøjlen. Springlagstykkelsen også kaldet springlagsbredden er defineret som to gange spredningen i den bestemte normalfordeling, hvilket betyder, at ca. 70 % af densitetsændringen sker i dette dybdeinterval. For at vise sæsonvariationerne i springlagsdybden og springlagstykkelsen er der anvendt en GAM-model som funktion af dag i året.

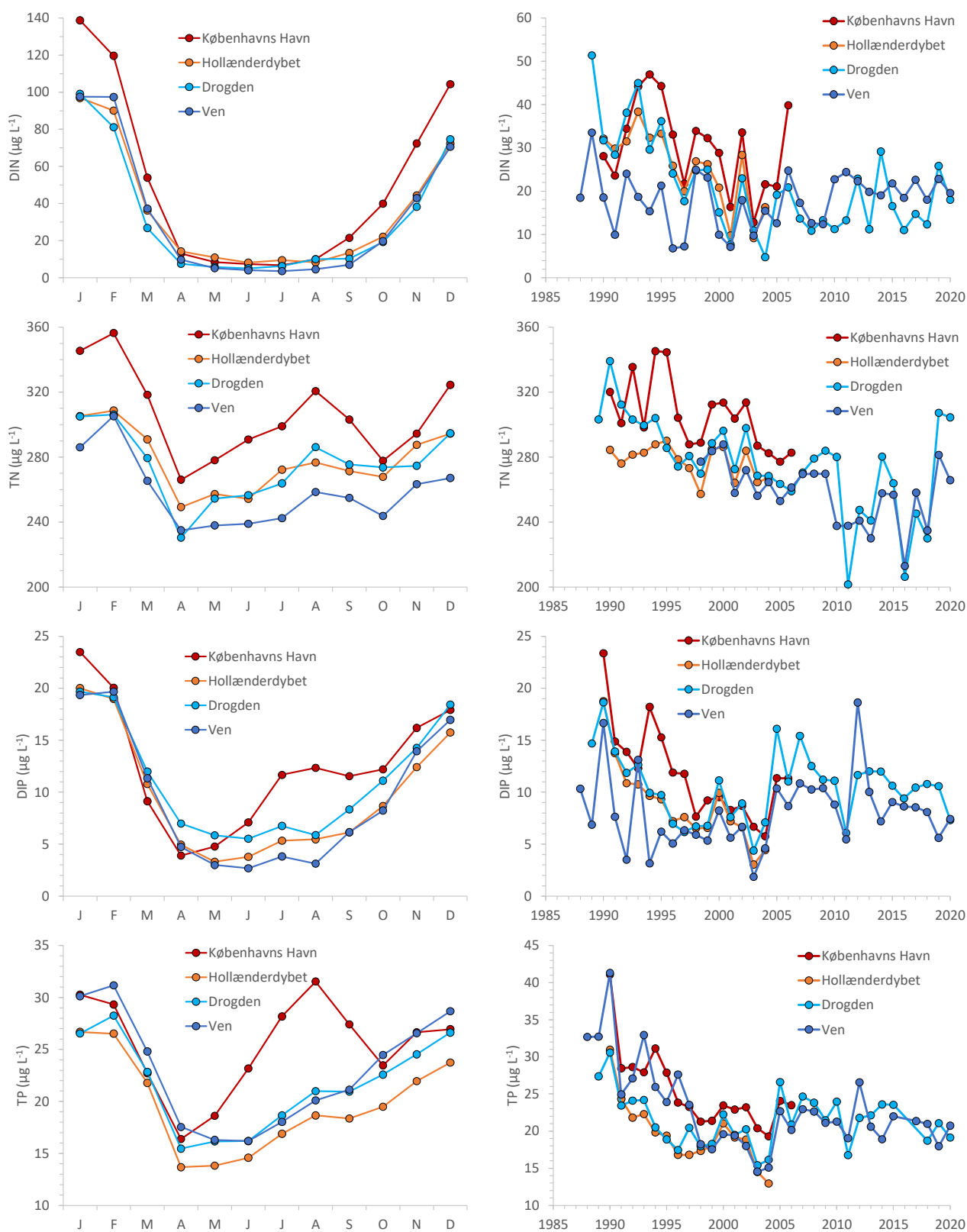
For sammenligning af de vandkemiske parametre på stationerne i Kongedybet og Hollænderdybet er der udvalgt prøvetagninger, som er foretaget på samme dag eller med få dages mellemrum på station KBK3005 versus KBK3003 (31 (næsten) sammenfaldende datoer) og station KBK3005 versus KBH1944 (70 (næsten) sammenfaldende datoer). Dermed opnås en tidsmæssig parring af de observerede værdier. Forskellen mellem stationerne er analyseret med en tosidet variansanalyse med station og dato som faktorer. På enkelte datoer blev ikke alle de vandkemiske parametre målt. De i denne analyse anvendte sammenfaldende datoer var fra perioden 1990-1995, hvor koncentrationerne af COD, TN og TP i det rensede spildevand fra Renseanlæg Damhusåen og Renseanlæg Lynetten var højere end i dag.

3.2 Koncentrationer af næringsstoffer

Koncentrationerne af de uorganiske næringssalte (DIN og DIP) er høj i vintermånederne, hvor algerne optag er minimalt, hvorefter koncentrationerne falder markant under forårsopblomstringen (**Figur 3.4**). Fra april frem til september-oktober er koncentrationerne så lave, at de er potentielt begrænsende for algevæksten ($\text{DIN} < 28 \mu\text{g L}^{-1}$ og $\text{DIP} < 6,2 \mu\text{g L}^{-1}$) med undtagelse af stationen i Københavns Havn, hvor niveauerne er markant højere end for de tre andre stationer. I løbet af efteråret stiger koncentrationen af de uorganiske næringssalte på grund af stigende tilførsel og lavere optag. Forholdet mellem DIN og DIP (data ikke vist) indikerer en større grad af kvælstofbegrænsning end fosforbegrænsning. I maj måned, hvor udledningen af mekanisk rensede spildevand var planlagt, er den potentielle kvælstofbegrænsning af algevæksten markant, hvilket betyder, at udledning af uorganisk kvælstof vil medføre et umiddelbart optag og dermed algevækst. Perioden med næringsstofbegrænsning vil formentlig være lidt længere i de senere år sammenlignet med hele perioden, da tilførslerne generelt er faldet siden slutningen af 1980'erne.

Det bemærkes yderligere, at DIP, TN og TP stiger kraftigt hen over sommeren i Københavns Havn (**Figur 3.4**), hvilket formentlig skyldes overløb fra kloaksystemet af urensede spildevand som følge af mere intense nedbørsmængder i disse måneder. Dette ses dog ikke for DIN, hvilket formentlig skyldes, at uorganisk kvælstof fra disse overløb umiddelbart bliver omsat til algevækst. I danske fjorde og kystområder ses ofte stigende DIP- og TP-koncentrationer i sensommeren og efteråret, som skyldes frigivelse af fosfor fra sedimenterne i forbindelse med iltsvind, og kun svagt stigende kvælstofkoncentrationer. En sådan fosforfrigivelse er mindre væsentlig i Københavns Havn, hvor der ikke er registreret iltsvind i overvågningsdata (se senere). Det sæsonmæssige sammenfald mellem TN og TP bestyrker antagelsen om, at stigningerne i næringsstoffer hen over sommeren skyldes overløb af spildevand til havnen.

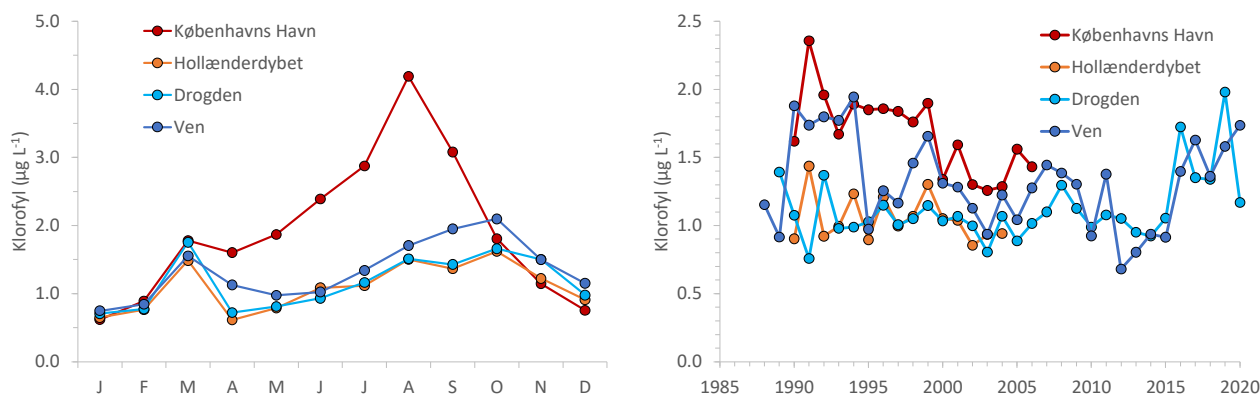
Koncentrationerne af næringsstofferne er faldet på alle stationer fra 1988 og frem til starten af 2000'erne, hvorefter niveauerne har stabiliseret sig (**Figur 3.4**). Disse ændringer svarer til det generelle mønster i de danske farvande (Hansen & Høgslund 2019). Det bemærkes, at årsmidlerne i Københavns Havn generelt er højere end for de tre andre stationer, som ligger i Øresund, hvor gennemstrømningen er kraftigere. Derimod er der ikke nogen markante forskelle mellem næringsstofkoncentrationerne på stationerne ved Hollænderdybet, Ven og Drogden.



Figur 3.4. Sæsonvariationer (middel over alle år med data) og trends i næringsstofkoncentrationer i overfladen (0-10 m) for fire stationer med længere tidsserier af overvågningsdata. Sæsonvariationerne repræsenterer et gennemsnit over de år, hvor der er data. DIN=opløst uorganisk kvælstof, TN=total kvælstof, DIP=opløst uorganisk fosfor, TP=total fosfor. Observationerne repræsenterer geometriske middelværdier.

3.3 Fytoplankton

Mængden af alger måles typisk som vandets indhold af klorofyl. Generelt er klorofylkoncentrationen lav i vintermånederne, hvor algevæksten er lysbe- grænset (**Figur 3.5**). Alle stationerne udviser en markant forårsopblomstring i marts, som derefter sedimenterer og giver lave koncentrationer i april. Rege- nerering af uorganiske næringssalte i løbet af sommeren og starten af efteråret giver en stigende klorofylkoncentration. Sæsonvariationen i Københavns Havn afviger markant fra de tre andre stationer med væsentligt højere kon- centrationer, som formentlig skyldes, at overløb af spildevand øger algevæk- sten i havneområdet hen over sommeren og det tidlige efterår i større ud- strækning, end det ses for de øvrige stationer.



Figur 3.5. Sæsonvariationer (middel over alle år med data) og trends i klorofylkoncentrationen i overfladen (0-10 m) for fire stationer med længere tidsserier af overvågningsdata. Sæsonvariationerne repræsenterer et gennemsnit over de år, hvor der er data. Observationerne repræsenterer geometriske middelværdier.

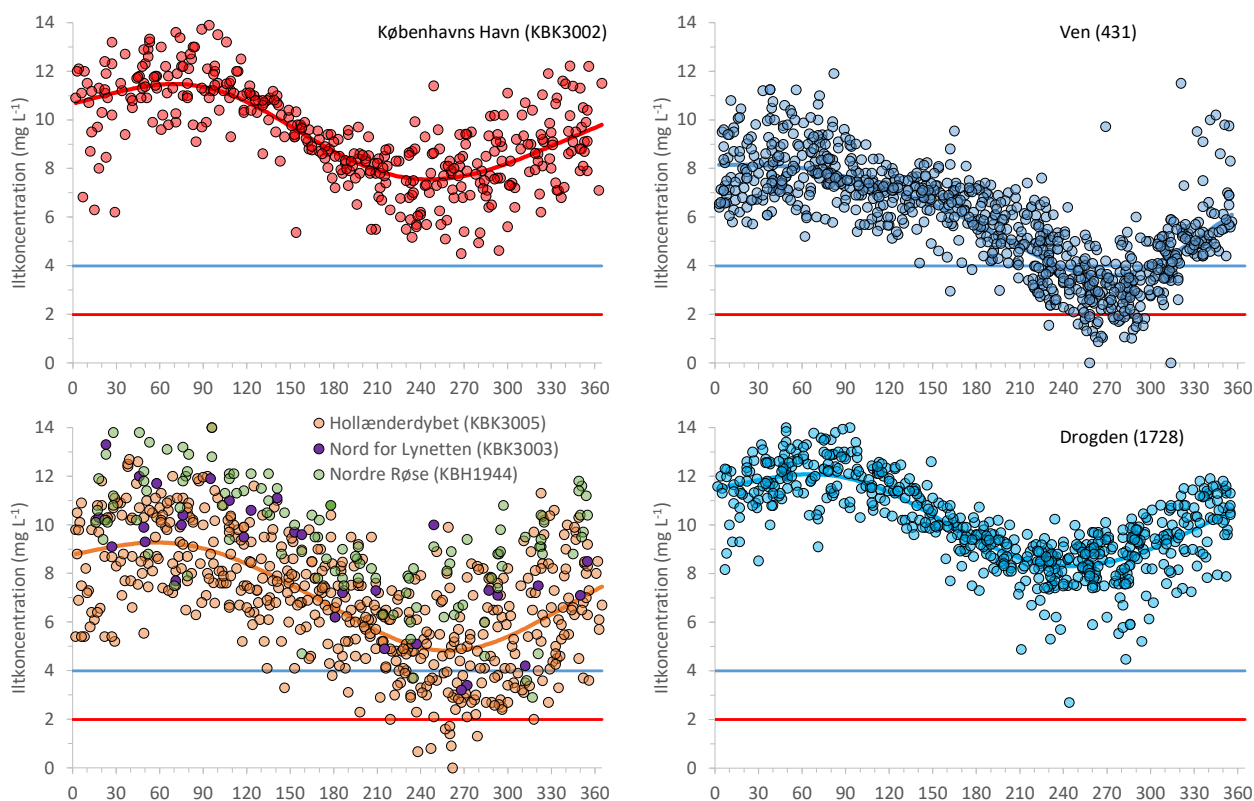
Mængden af klorofyl er faldet i Københavns Havn, hvorimod der ikke ses nogen udvikling på de andre tre stationer (**Figur 3.5**). Dog ses en tendens til stigende klorofyl ved Ven og Drogden i de senere år. Frem til 2000 var klorofylniveauet i Københavns Havn omtrent dobbelt så højt som på de andre stationer. Klorofylkoncentrationerne på de tre stationer i det åbne Øresund afviger ikke væsentligt fra hinanden.

3.4 Iltforhold ved bunden

Når alger og andet organisk materiale synker til bunds, kan der opstå iltsvind i bundvandet, hvis iltforbruget til respiration af det organiske materiale er større end tilførslen af ilt fra opblanding og transport af vandmasser. Derfor optræder iltsvind i praksis kun, når vandsøjlen er lagdelt, og typisk i løbet af sensommeren og efteråret, hvor iltforbruget er højest og ilttilførslen lavest. I Danmark benyttes definitionerne moderat iltsvind og kraftigt iltsvind, hvis iltkoncentrationen er henholdsvis 2-4 mg / L⁻¹ og under 2 mg L⁻¹. Ved moderat iltsvind begynder de marine organismer at blive påvirket, og fisk og andre mobile dyr søger væk. Ved kraftigt iltsvind begynder bunddyrene at dø.

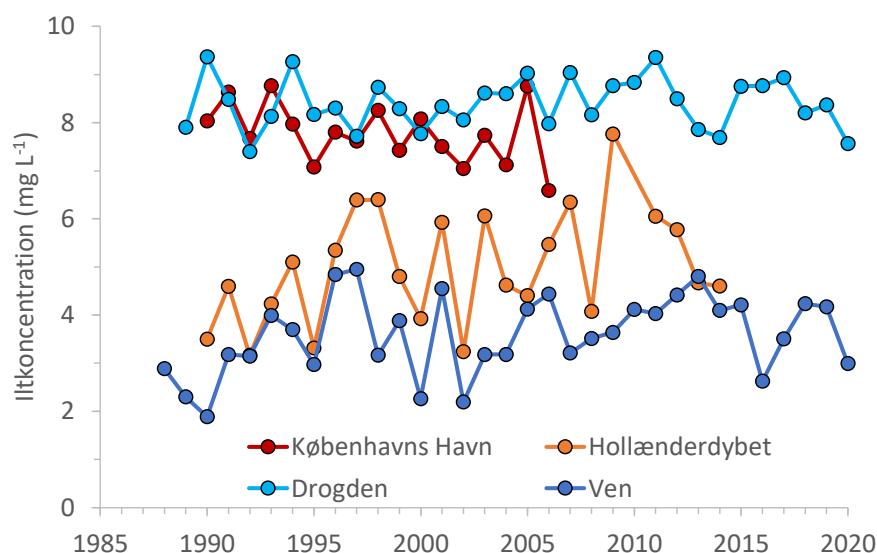
De dybere dele af Øresund oplever moderat iltsvind næsten hvert år, hvorimod kraftigt iltsvind forekommer mindre hyppigt (<https://bios.au.dk/forskningraadgivning/temasider/iltsvind/iltrapporter/>). Iltsvind er mest udbredt i det nordlige Øresund, specielt i de dybe områder omkring Ven, men iltsvind forekommer også i både Kongedybet og Hollænderdybet, som udgør de sydligste områder i Øresund med iltsvind. På

alle fire stationer i Øresund med længere tidsserier er der en markant sæsonvariation i iltkoncentrationen ved bunden (**Figur 3.6**). Iltkoncentrationen i bundvandet falder gradvist fra marts frem til september, hvor iltsvindet normalt er mest udbredt, inden de kraftigere efterårsvinde øger tilførslen af ilt til bundvandet, og aftagende temperaturer mindsker iltforbruget.



Figur 3.6. Sæsonvariationer (alle år med data) i iltkoncentrationen ved bunden som funktion af dag i året for de to stationer med lange tidsserier (Ven og Drogden), Københavns Havn, de to stationer i Kongedybet (station KBK3003 og KBY1944) og Hollænderdybet (station KBK3005). Den gennemsnitlige sæsonvariation i iltkoncentrationen ved bunden (linjer) er beregnet med en GAM-model, og desuden er grænserne for moderat iltsvind (4 mg L⁻¹) og kraftigt iltsvind (2 mg L⁻¹) angivet.

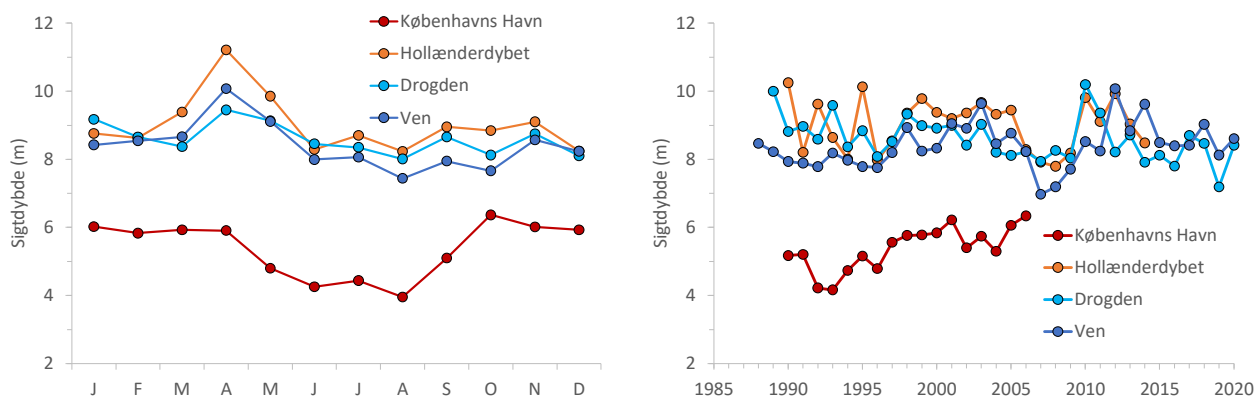
I Københavns Havn og ved Drogden optræder der ikke iltsvind i bundvandet med undtagelse af en enkelt observation ved Drogden (**Figur 3.6**). Derimod er der næsten hvert år iltsvind mellem august og oktober ved Ven og i Hollænderdybet. Iltforholdene i Kongedybet er generelt bedre end i det lidt dybere Hollænderdybet, men der kan også optræde iltsvind både nord for Lynetten og ved Nordre Røse. Derimod er der ikke observeret kraftigt iltsvind ved disse to stationer (KBK3003 og KBH1944). I Hollænderdybet og ved Ven ses en stigende tendens i iltkoncentrationerne ved bunden i starten af 1990'erne, hvorefter niveauet er stort set uændret (**Figur 3.7**).



Figur 3.7. Udvikling i iltkoncentrationen ved bunden på fire stationer i Øresund. Observationerne angiver middelværdierne for august-oktober.

3.5 Sigtdybde

Lysforholdene i den åbne del af Øresund er generelt gode med sigtdybder omkring 8-9 m i de fleste måneder og endnu højere i april, efter forårsopblomstringen er sedimenteret (**Figur 3.8**). I Københavns Havn er lysforholdene ringere med sigtdybder omkring 4 m om sommeren og omkring 6 m resten af året. I Københavns Havn er sigtdybden steget med mere end 1 m i perioden 1990-2006. Derimod er der ikke sket nogen væsentlig udvikling i de seneste 32 år for de tre stationer i den åbne del af Østersøen.

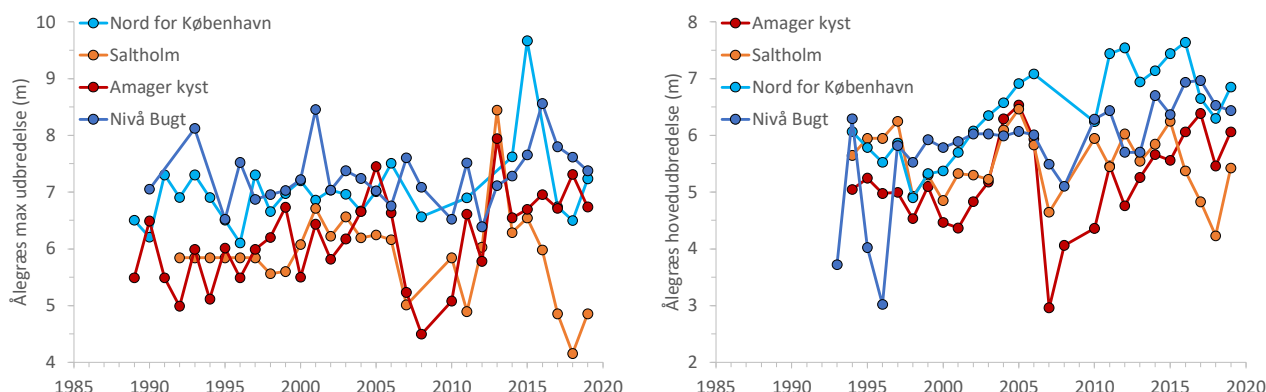


Figur 3.8. Sæsonvariationer (middel over år med data) og trends i sigtdybde for fire stationer med længere tidsserier af overvågningsdata. Observationerne repræsenterer aritmetiske middelværdier.

3.6 Ålegræs

Ålegræs er udbredt langs kysterne i Øresund og udgør et vigtigt habitat for mange andre arter. For mere end 100 år siden voksede ålegræsset i Øresund typisk ud til 9 m (Krause-Jensen et al. 2021). I dag vokser ålegræs ud til omkring 7 m, lidt dybere i den nordlige del af Øresund (Nivå Bugt og nord for København) end i området omkring Amager og Saltholm (**Figur 3.9**). Ålegræssets maksimale udbredelse er steget ved Amager kyst og Saltholm siden 2007-2009, men er faldet markant i Saltholm i de senere år. Hovedudbredelsen af ålegræs er steget i Nivå Bugt og nord for København, hvor den typisk har

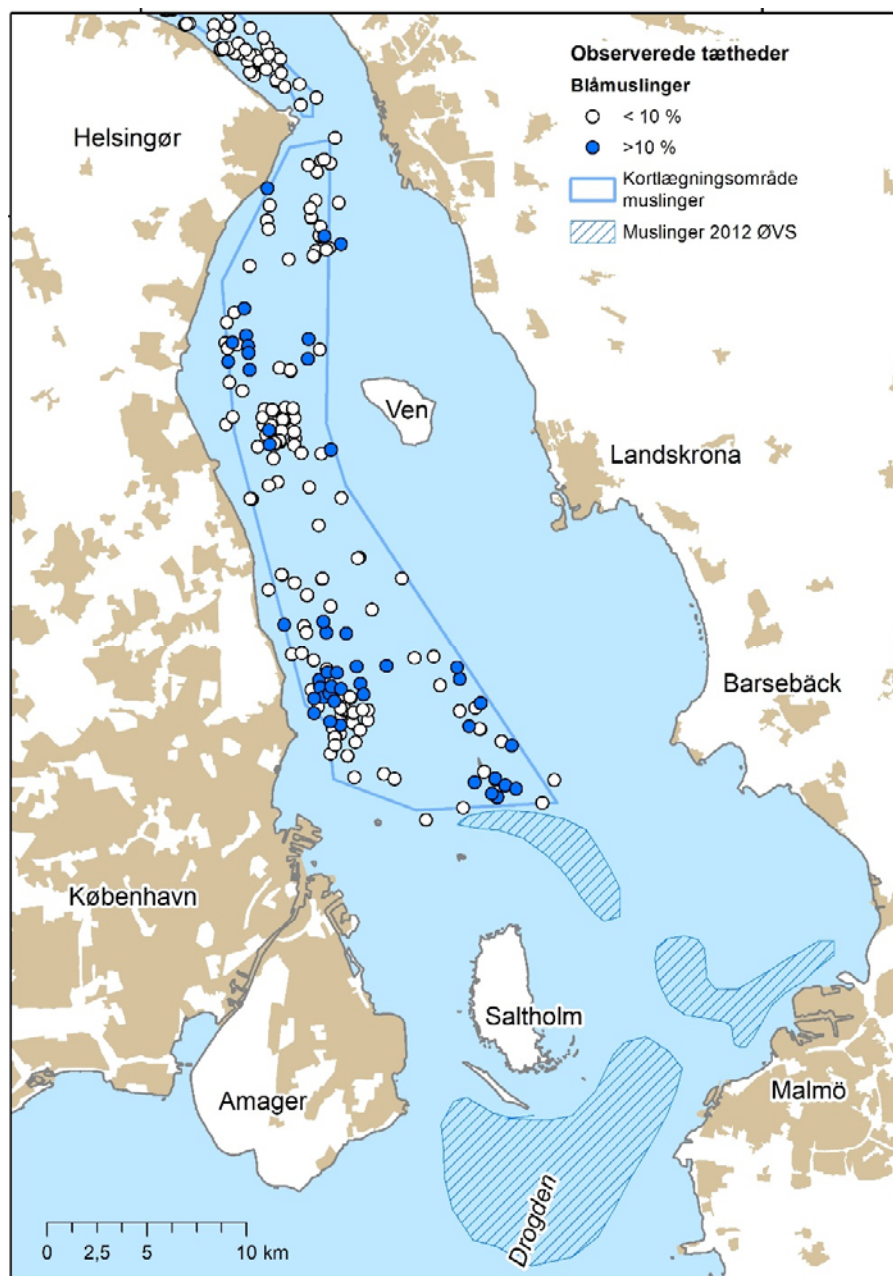
ligget omkring 6 m i de senere år. Ålegræsbestandene langs den danske Øresundskyst er beskyttede mod de kraftige vestenvinde, og de relativt store udbredelsesdybder og høje tætheder på lavere dybder (>50 % på 5-6 m dybde; Riemann et al. 2019) indikerer en stabil ålegræsbestand.



Figur 3.9. Trends i ålegræssets maksimale udbredelse og hovedudbredelse for fire områder i Øresund. Observationerne repræsenterer aritmetiske middelværdier.

3.7 Bunddyr

Øresund er karakteriseret ved tætte bestande af blåmuslinger, som vokser i større sammenhængende banker såvel som i mere spredte populationer på både dybt og lavt vand (**Figur 3.10**). Blåmuslinger ernærer sig ved at filtrere alger ud af vandet. Blåmuslingerne udgør derfor, sammen med andre muslinger (fx hestemuslinger og østersømuslinger), et vigtigt filter, som i stor udstrækning kontrollerer algemængden i vandet. Derudover indeholder Øresund som helhed et rigt bunddyrssamfund, hvilket hovedsageligt skyldes de store salinitetsgradienter og fravær af fiskeri med bundsløbende redskaber (Hansen et al. 2015). Bestanden af blåmuslinger i området nord for udledningspunkterne for Strandvængets Pumpestation, Renseanlæg Damhusåen og Renseanlæg Lynetten er grundigt undersøgt og understøtter, at Øresund huser store og tætte bestande af blåmuslinger. Selvom området omkring disse udledningspunkter ikke er undersøgt i regi af NOVANA-overvågningen, så forventes dette område også at have tilsvarende tætte bestande af blåmuslinger, idet blåmuslingen ikke er væsentligt påvirket af de lavere saliniteter i denne del af Øresund. Dette fremgår også af Øresundsvandsamarbejdets analyse præsenteret i **Figur 3.10**.

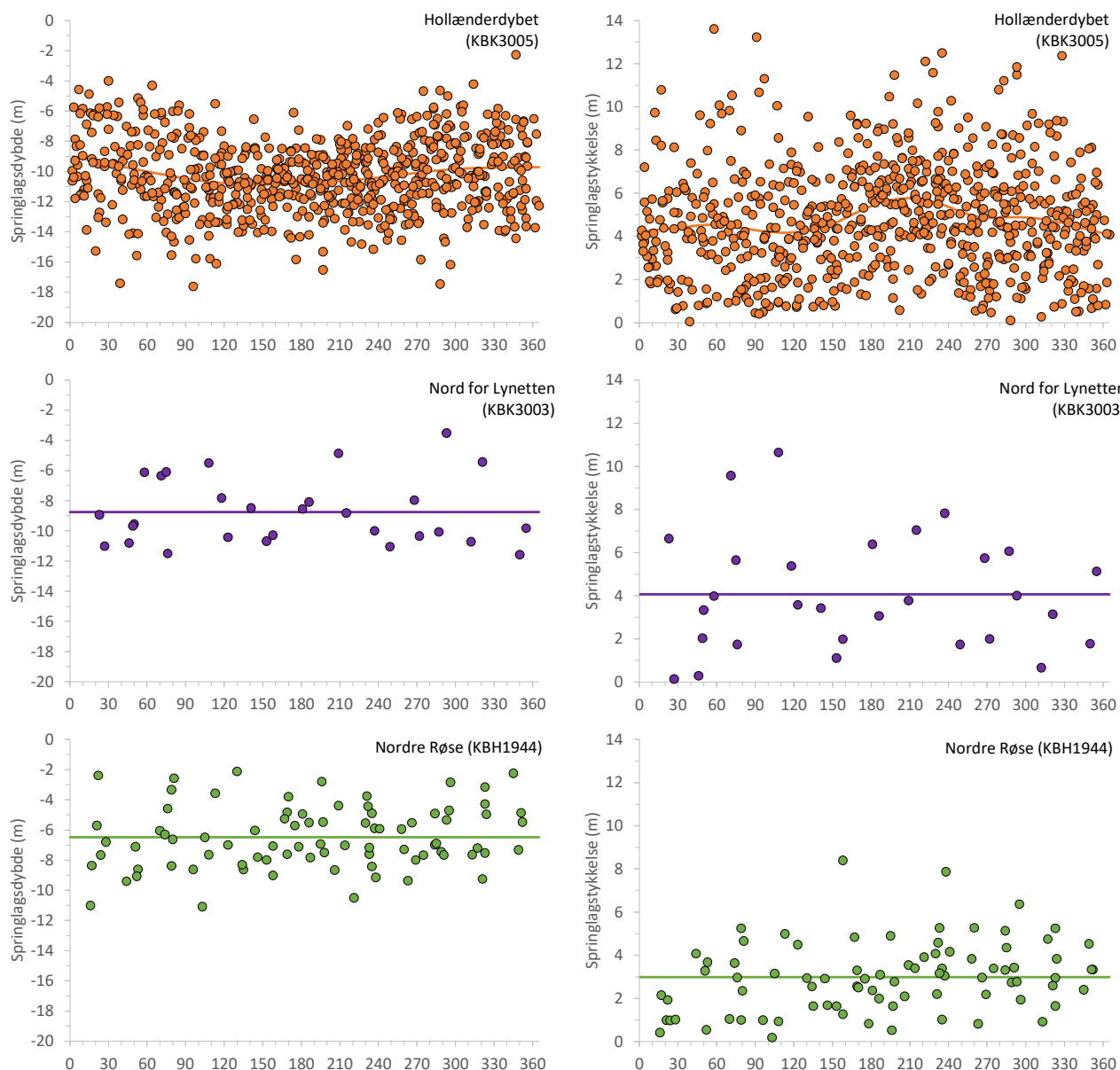


Figur 3.10. Observerede tætheder af blåmuslinger i det nordlige Øresund og den af Øresundsvandsamarbejdet (ØVS) anslåede forekomst af blåmuslinger i det sydlige Øresund.

3.8 Området omkring udledningspunktet

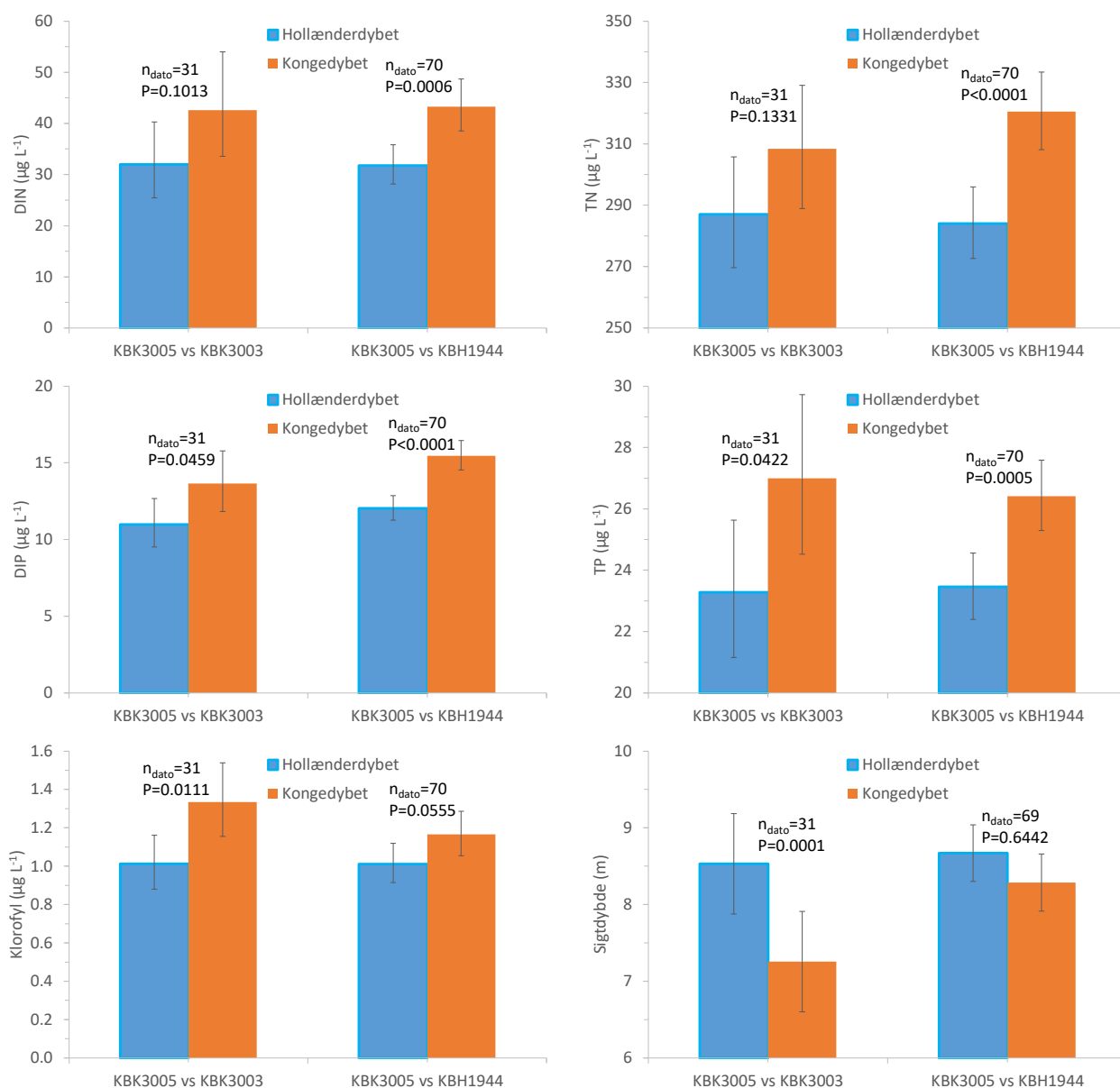
I Kongedybet ligger udledningspunkterne for Strandvængets Pumpestation (6,7 m dybde), Renseanlæg Lynetten (9 m dybde) og Renseanlæg Damhusåen (7 m dybde) inden for mindre end 2 km afstand. Positionen af springlaget i dette område varierer fra omkring 10 m i Hollænderdybet (station KBK3005) til lige under 9 m nord for Lynetten (station KBK3003) og omkring 6,5 m ved Nordre Røse (station KBH1944) (**Figur 3.11**). Men det skal bemærkes, at springlagets position kan variere en hel del. I Hollænderdybet er der ligeledes en sæsonvariation i springlagsdybden, idet springlaget ligger lidt dybere i sommerhalvåret. Springlagstykkelsen i Hollænderdybet er knap 5 m med en tendens til et mere eroderet springlag om sommeren og et mere skarpt springlag om vinteren. Springlagstykkelsen er 4 m i området nord for Lynetten og 3 m ved Nordre Røse. Dette betyder, at springlaget typisk ligger mellem 7,5 og 12,5 m i Hollænderdybet, mellem 7 og 11 m nord for Lynetten og mellem 5 og

8 m ved Nordre Røse. Spildevandsudledningen fra de tre udløb i Kongedybet sker dermed i den øverste del af springlaget, og grundet den lavere densitet vil spildevandet hovedsageligt blandes med overfladevandet.



Figur 3.11. Sæsonvariation (år med data) i springlagsdybden og springlagstykkelsen ved de tre stationer i Hollænderdybet og Kongedybet. Springlagets position og bredde er bestemt med en normalfordelingsmodel. Den gennemsnitlige sæsonvariation i de to variable (linjer) er beregnet med en GAM-model.

Kongedybet og Hollænderdybet gennemstrømmes af det samme vand nordfra og sydfra, idet de to render kun er adskilt af Middelgrunden. Derfor vil en påvirkning fra spildevandsudledningerne i Kongedybet kunne vurderes ved at sammenligne stationen i Hollænderdybet (KBK3005) mod henholdsvis stationen nord for Lynetten (KBK3003) og stationen ved Nordre Røse (KBH1944). Denne analyse viser højere koncentrationer af næringsstoffer og klorofyl og lavere sigtddybe på de to stationer i Kongedybet sammenlignet med stationen i Hollænderdybet (**Figur 3.12**). Selvom forskellen ikke altid er signifikant mellem KBK3003 og KBK3005 på grund af færre observationer, så er forskellene konsistente mellem de to sammenligninger og for alle vandkemiske parametre.



Figur 3.12. Middelverdier for overfladevandet på stationer i Hollænderdybet og Kongedybet for prøvetagninger på sammenfaldende datoer (1990-1995). Antallet af sammenfaldende datoer og signifikansen af test for forskel mellem de to stationer er indsat for hver parvis sammenligning. Error bars viser 95 % konfidensintervallet for middelværdierne.

DIN var 33-36 %, og TN var 7-13 % højere på de to stationer i Kongedybet. DIP var 24-28 %, og TP var 13-16 % højere på de to stationer i Kongedybet. For TN og TP svarer det til, at næringsstofkoncentrationerne i det rensede spildevand (Tabel 2.1) er fortyndet til under 1 % nord for Lynetten og ved Nordre Røse i forhold til en baggrundskoncentration ved Hollænderdybet. Klorofyl var 32 % højere nord for Lynetten og 15 % højere ved Nordre Røse sammenlignet med Hollænderdybet. Sigtdybden var 15 % lavere nord for Lynetten og 4 % lavere ved Nordre Røse. Der er for få observationer til at udføre analysen specifikt for perioden omkring maj måned med tilstrækkelig styrke, men de mere usikkert bestemte middelværdier i en sådan analyse indikerer, at forskellen mellem Kongedybet og Hollænderdybet kan være endnu højere i denne periode sammenlignet med forskellene for året som helhed.

4 Potentiel effekt af spildevandsudledning

Københavns Kommune gav i maj 2020 HOFOR tilladelse til at udlede 160.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Strandvængets Pumpestation, og Gentofte Kommune gav i maj 2020 Novafos tilladelse til at udlede 130.000 m³ mekanisk rensset spildevand fra Skovshoved Pumpestation til kysten ud for Skovshoved. I løbet af de fem dage, som udledningstilladelserne omfattede, ville Kongedybet modtage en merbelastning på 96 tons COD, 52 tons BOD, 8,7 tons TN og 1,3 tons TP, og Øresund ville samlet modtage en merbelastning på 193 tons COD, 98 tons BOD, 17,8 tons TN og 2,5 tons TP.

4.1 Potentielle regionale effekter

Øresund er et gennemstrømningsfarvand, hvor de lokale tilførsler af organisk materiale og næringsstoffer bliver kraftigt fortyndet. Med en gennemsnitlig opholdstid for vandet i Øresund på 9-14 dage vil den potentielle effekt af udledningen fra Strandvængets Pumpestation også være relativ kortvarig. På årsbasis udledes omkring 6.500 tons COD, 1.000 tons BOD, 1.100 tons TN og 170 tons TP fra danske kilder til Øresund, heraf udgør udledninger af rensset spildevand fra Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen samt overløb fra Renseanlæg Lynetten ca. 60% af TN (Københavns Kommune 2019a, 2019b) og formentlig en tilsvarende andel for de andre stoffer.

Merbelastningen fra den planlagte udledninger fra Strandvængets Pumpestation og Skovshoved Pumpestation udgør dermed omkring 1,5 % af de årlige tilførsler fra danske kilder til Øresund. Dette bidrag er væsentlig mindre end de årlige variationer i tilførslerne, og langt mindre end tilførslerne var i starten 1990'erne, som sammenlignet med de nuværende tilførsler var omkring fem gange højere for TN og omkring seks gange højere for TP (Figur 2.2; Tabel 4.1). Den store reduktion i spildevandstilførslerne medførte fald i næringsstofkoncentrationerne (omkring 5-15 % for TN og 15-30 % for TP; Figur 3.4) og forbedrede iltkoncentrationer (fra 3 til 4 mg L⁻¹ ved Ven og fra 4 til 5 mg L⁻¹ i Hollænderdybet; Figur 3.7) ved sammenligning af 1988-1995 med de seneste perioder med data (2010-2020 for Drogden og Ven, 2000-2014 for Hollænderdybet). Derimod var der ikke nogen entydig forskel mellem perioderne for hverken klorofyl eller sigtdybde, hvilket skyldes, at en række andre faktorer (f.eks. opblomstring af blågrønalger) påvirker disse variable.

Forbedringerne i Øresunds miljø fra 1988-1995 og frem til nu skyldes for størstedelens vedkommende en reduktion i tilførslerne, hovedsageligt fra renseanlæg. Tilførslerne i 1988-1995 var 5-6 gange højere end i dag og flere hundrede gange større end de planlagte udledninger fra Strandvængets Pumpestation og Skovshoved Pumpestation. Derfor vurderes den kortvarige udledning fra Strandvængets Pumpestation at have en marginal effekt på de primære eutrofieringsparametre (næringsstoffer, klorofyl, ilt og sigtdybde) i Øresund. Sekundære eutrofieringsparametre (ålegræs dybdeudbredelse og bunddyrssamfundet) vil være påvirket i endnu mindre grad, da disse organismer afhænger af lys- og iltforhold over længere perioder, med mindre der opstår kritisk lave iltkoncentrationer, hvilket dog ikke vil være et større og generelt problem forbundet med udledningen fra Strandvængets Pumpestation.

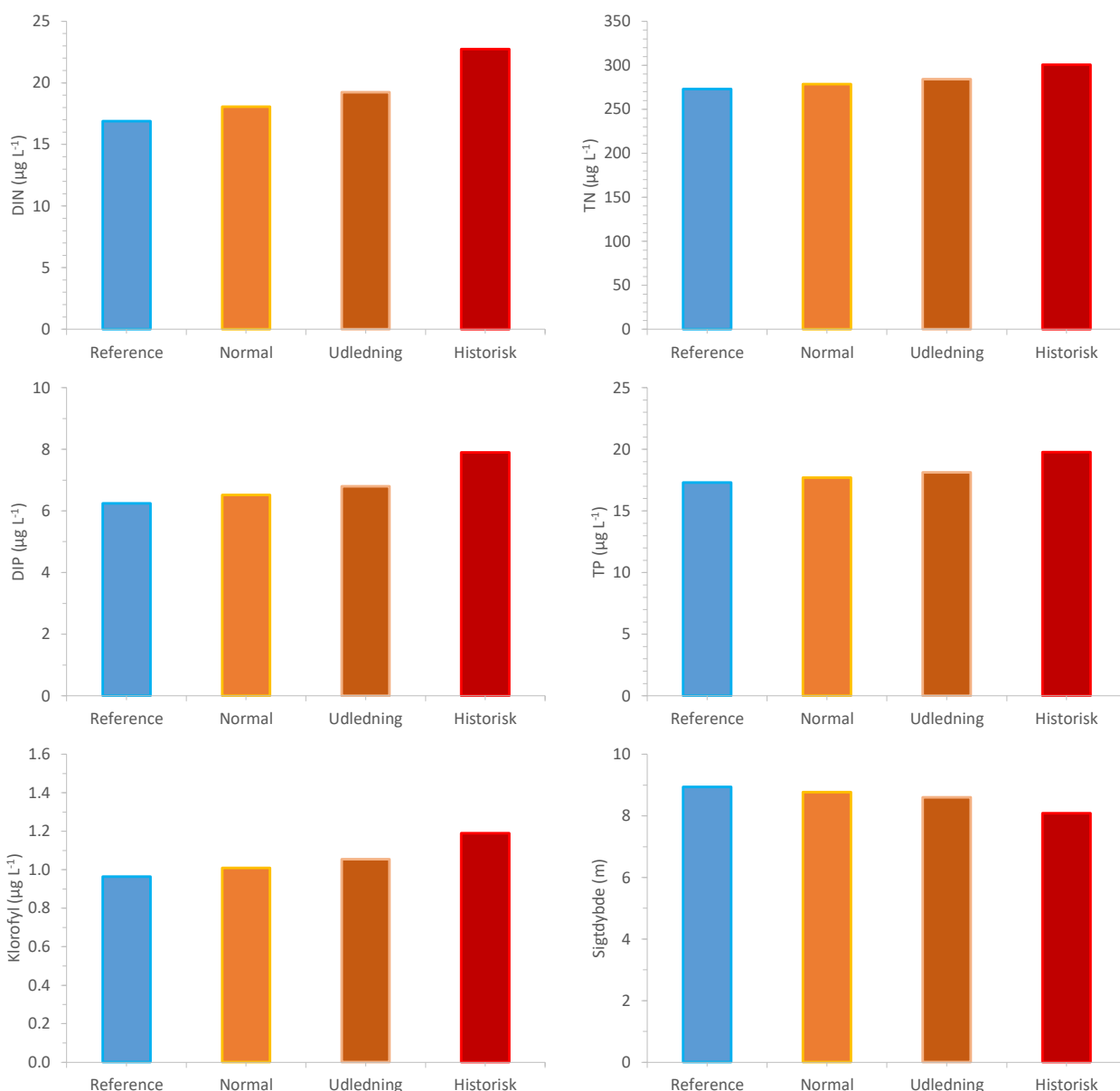
Som en del af forberedelsen til tredje planperiode af vandplanerne har DHI og Aarhus Universitet beregnet effekten af lokale udledninger af N og P på eutrofieringsparametrene klorofyl og sigtdybde (Erichsen et al. in prep.). Derved kan man i teorien beregne effekten af merudledningen på vandområde-niveau. Sådanne beregninger viser, at merudledningen af N og P fra Strandvængets Pumpestation og Skovshoved Pumpestation teoretisk set vil give 0,1 % højere klorofylkoncentration og 0,02 % ringere sigt inden for samme år. Da disse kun udgør en brøkdel af år til år variationen (**Figur 3.5** og **Figur 3.8**) og er en kortvarig effekt, vurderes effekten af de to midlertidige udledninger at være ubetydelig for vandområdet som helhed.

4.2 Potentielle lokale effekter

Selvom udledningen fra Strandvængets Pumpestation sker til et gennemstrømmet område, så viser historiske data, at spildevandsudledninger fra Renseanlæg Damhusåen og Renseanlæg Lynetten medfører lokalt forhøjede koncentrationer af næringsstoffer og klorofyl foruden nedsat sigtdybde i Kongedybet sammenlignet med Hollænderdybet (Figur 3.12). Disse forskelle er dokumenteret for en periode (1990-1995), hvor udledningen af N og P var henholdsvis fem og seks gange højere end i dag. I de fem dage, hvor udledningen fra Strandvængets Pumpestation ville bevirke en dobbelt så høj tilførsel med næringsstoffer, vil man derfor forvente, at forskellen mellem Kongedybet og Hollænderdybet ville være 40 % (2/5-del) for DIN og TN og 33 % (2/6-del) for DIP og TP af den forskel, som blev observeret i perioden før opgradering af Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen (**Figur 3.12**). For klorofylkoncentration og sigtdybde forventes den samme relative ændring at være 40 %, ligesom for DIN og TN, da algevæksten i Øresund hovedsageligt er kvælstofbegrænset.

For at vurdere den potentielle lokale effekt af spildevandsudledningen fra Strandvængets Pumpestation er de forventede værdier for koncentrationerne af næringsstoffer og klorofyl samt sigtdybde sammenstillet med middelniveauerne fra Hollænderdybet som reference (seneste overvågningsdata, 2000-2010), middelniveauerne i Kongedybet ved normal udledning fra Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen (20 % for kvælstof og 17 % for fosfor af forskellen i 1990-1995) og middelniveauerne ved en udledning fra de to renseanlæg, svarende til perioden før opgradering (niveauet i 1990-1995) (Figur 4.1). I denne sammenstilling skal det bemærkes, at Kongedybet er repræsenteret ved to overvågningsstationer, som ligger henholdsvis 1,5-3 km nord for udledningspunkterne (KBK3003) og 6-8 km syd for udledningspunkterne (KBH1944), hvor spildevandsudledningerne er fortyndet til under 1 %. Effekterne af spildevandsudledningerne vil være større, jo tættere man kommer på udledningspunkterne.

Sammenlignet med Hollænderdybet vil man i Kongedybet forvente 14 % højere DIN-koncentration, 4 % højere TN-koncentration, 9 % højere DIP-koncentration og 5 % højere TP-koncentration i løbet af de fem dage med udledning fra Strandvængets Pumpestation (Figur 4.1). Under normale forhold vil forøgelsen af næringsstofkoncentrationerne i Kongedybet sammenlignet med Hollænderdybet være omtrent det halve. Disse gennemsnitsbetragtninger tager dog ikke højde for forskellen i sammensætningen af mekanisk rensset versus biologisk rensset spildevand.



Figur 4.1. Forventede middelniveauer for koncentrationer af næringsstoffer og klorofyl samt sigtdybde i Høllænderdybet (Reference), Kongedybet ved normal udledning (Normal), i perioden med den ekstra udledning fra Strandvængets Pumpestation (Udledning) og før opgradering af spildevandsrensning på Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen (Historisk). Tilstanden i Kongedybet er beskrevet ud fra stationerne nord for Lynetten (KBK3003) og ved Nordre Røse (KBH1944).

Ammonium udgør en væsentlig del af kvælstoffet i mekanisk rensede spildevand (Tabel 2.1), hvorimod kvælstof i biologisk rensede spildevand hovedsageligt udgøres af organiske forbindelser. Ammonium udgør 7,2 tons af de 10,4 tons TN i udledningen fra Strandvængets Pumpestation, og da udledningen hovedsageligt blandes med overfladevandet vil denne tilførsel af ammonium i maj måned umiddelbart give anledning til algevækst, hvilket ud fra algernes støkiometriske sammensætning vil medføre en øget produktion af partikulært organisk materiale på 36 tons kulstof. Når disse alger sedimenterer og går i forrådnelse, vil det medføre et samlet iltforbrug på 100 tons BOD, hvoraf størstedelen af algerne antages at ville blive transporteret væk og opblandet i det centrale Øresund. Dermed forventes den ekstra ammoniumudledning ikke at påvirke iltforholdene i nævneværdig grad. Uden opblanding af det mekanisk rensede spildevand med havvand vil 40 mg L⁻¹ ammonium blive omsat til ca. 400 µg L⁻¹ klorofyl som en øvre grænse. Med en fortyndingsfaktor

på under 1 ‰ ved de to stationer i Kongedybet, så svarer denne beregning til en maksimal stigning i klorofyl på $0,4 \mu\text{g L}^{-1}$, hvilket er lidt større end den forventede stigning ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$) ved middelværdibetragtningen (**Figur 4.1**).

Analyse af blandingszoner for udledning af forskellige miljøfremmede stoffer indikerer ligeledes, at fortyndingsfaktoren er omkring 1 ‰ i en afstand af ca. 1000 m i nord-syd retningen og omkring 1 ‰ i en afstand af ca. 500 m (Københavns Kommune 2019a). Det betyder, at der inden for ca. 500 m af udledningspunkt U4 vil kunne forekomme en øget koncentration af klorofyl på niveau med forårsopblomstringen (**Figur 3.5**). Ligeledes vil der inden for samme afstand være reduceret sigtddybde inden for kort afstand af udledningspunktet U4 som følge af øget algevækst og udledning af organisk stof. Forringede lysforhold over en kortvarig periode på fem dage forventes ikke at have en effekt på ålegræs og makroalger. For Kongedybet generelt forventes sigtddybden at falde fra et middelniveau på 8,8 m til 8,6 m over de fem dage som følge af den ekstra udledning (**Figur 4.1**).

Udledningen af mekanisk rensede spildevand vil også medføre en væsentlig højere tilførsel af BOD (53 tons), som potentielt kan resultere i iltsvind omkring udledningspunktet. I maj måned er iltforholdene stadig gode i Øresund med omkring 8 mg L^{-1} i bundvandet i Kongedybet og Hollænderdybet (**Figur 3.6**). Hvis det antages, at den samlede tilførsel af BOD bliver umiddelbart omsat til iltforbrug i bundvandet (de nederste ca. 5 m), så vil udledningen potentielt kunne skabe iltfrie forhold på $1,3 \text{ km}^2$ havbund. Imidlertid vil der ske en løbende fortynding af BOD med havvandet, så effekten er væsentligt mindre. Det mekanisk rensede spildevand har en BOD-koncentration på 330 mg L^{-1} , hvilket skal sammenlignes med 8 mg L^{-1} i bundvandet og en kritisk grænse for iltsvindseffekter på 4 mg L^{-1} . Bundvandet har altså en "kapacitet" på 4 mg L^{-1} (fra 8 til 4 mg L^{-1}) til at oxidere det organiske stof i spildevandet, inden organismene omkring udledningspunktet bliver væsentligt påvirket af lave iltkoncentrationer. Derfor kan der potentielt opstå iltsvind inden for området, hvor fortyndingsfaktoren er større end 1 ‰, svarende til området inden for ca. 500 m af udledningspunktet. I praksis vil det påvirkede område være noget mindre, da ikke alt BOD bliver oxideret inden for kort tid (BOD er iltforbrugt over fem dage). Desuden formodes det, at en betragtelig del af BOD består af opløste stoffer (40 mg L^{-1} ammonium bidrager alene med et iltforbrug på 140 mg L^{-1} BOD ud af en total BOD på 330 mg L^{-1} , **Tabel 2.2**), som for det meste vil opblandes i overfladelaget, hvor iltsvind ikke er et problem. Dog vil der formentlig ske en sedimentation af partikulært organisk stof omkring udledningspunktet, foruden at en mindre del af det opløste organiske stof vil flokkulere og sedimentere, når spildevandet blandes med havvand, og saliniteten stiger. Omsætteligheden af partikulært organisk stof er mindre end opløst organisk stof, og derfor vil iltforbruget blive trukket ud over flere dage. Det vurderes derfor, at den potentielle effekt af udledningen fra Strandvængets Pumpestation på iltforholdene vil være kortvarig og have en meget begrænset udbredelse omkring udledningspunktet U4.

Når iltkoncentrationerne begynder at nærme sig kritiske niveauer, vil de mobile arter (fisk mm.) søge væk og derfor ikke blive påvirket. De mindre mobile bunddyr har derimod udviklet en større tolerance over for lave iltkoncentrationer og kan tåle lave iltniveauer over flere dage. Imidlertid kan der frigives svovlbrinte fra sedimenterne under længerevarende iltfrie forhold, som er giftigt for bunddyrene. Da udledningen fra Strandvængets Pumpestation er begrænset til fem dage, vil den ekstra tilførsel af partikulært organisk materiale

til havbunden omkring udledningspunktet generelt være begrænset sammenlignet med den kumulerede organiske udledning over flere år. Hvis iltkoncentrationen i det begrænsede område omkring udledningspunktet skulle blive kritisk lav for bunddyrene, så vil dette samfund reetablere sig inden for en årrække.

Ovenstående forhold omkring iltforbrug og iltsvind ved bunden beskriver de umiddelbare effekter inden for dage til nogle uger. Her er der ikke taget højde for effekterne over sæsonen på iltforholdene ved bunden. En del af den algevækst, som forårsages af udslippet, samt noget af det organiske stof vil sedimentere i områder omkring udledningspunktet, men også længere væk i Øresund. Her vil det udgøre en ekstra tilførsel af organisk stof til bunden / bundvandet, som vil give et ekstra iltforbrug hen over sommeren. Da en del områder i Øresund hvert år oplever kritisk lave iltforhold (**Figur 3.6**), kan en ekstra organisk tilførsel blive kritisk for miljøtilstanden hen over sommeren. Dette, sammenholdt med at dele af Øresund har en unik bundfauna pga. forbuddet mod trawling siden 1936, betyder, at et forsigtighedsprincip i forhold til miljøet kan give betænkeligheder. Disse betænkeligheder kan stort set elimineres ved at flytte tidspunktet for udslippet til november eller december. Et merudslip af næringsstoffer på det tidspunkt af året vil ikke give øget algevækst og dermed ikke en mertilførsel af organisk stof til bunden. Samtidig vil nedbrydningen af det organiske stof i spildevandet ske over længere tid pga. lavere temperaturer, og effekter på iltforhold den efterfølgende sensommer vil være væsentligt reduceret.

4.3 Øvrige forhold

Selvom vurderinger i forhold til badevandskvalitet ikke er en del af formålet med denne rapport, så tilsiger en helhedsvurdering, at badevandskvalitet og æstetiske aspekter også nævnes. Forårs- og sommerperioden er højsæson for rekreativ anvendelse af Øresund, herunder badning. Dette, sammen med den æstetiske følelse af ubehag ved at bade i områder, der tilføres urensset spildevand, var en del af den folkelige modstand mod tilførslerne. En betydelig del af disse problemer vil borfalde ved et udslip i det sene efterår eller vinter. Dette, sammen med de ovenfor nævnte biologiske og miljømæssige forhold, betyder, at man må anbefale, at denne type udslip sker i det sene efterår eller tidligt på vinteren og kun i nødstilfælde.

5 Konklusion

Med udgangspunkt i diskussionen af havmiljøet i Øresund og potentielle effekter af udledningen fra Strandvængets Pumpestation til udledningspunktet i Kongedybet drages følgende konklusioner:

- Øresund udgør et vigtigt habitat for mange arter, men lever ikke på nuværende tidspunkt op til god økologisk tilstand i henhold til vandrammedirektivet. Dette forhold skyldes hovedsageligt en høj tilførsel af næringsstoffer, specielt kvælstof, fra land.
- Tilførslen af næringsstoffer fra renseanlæg og overløb udgør det største landbidrag til Øresund. I de senere år er der udledt ca. 6.500 tons COD, 1.000 tons BOD, 1.100 tons N og 170 tons P om året til Øresund fra Danmark.
- Sammenlignet med de årlige tilførsler vil den midlertidige udledning fra Strandvængets Pumpestation og Skovshoved Pumpestation ikke have nogen mærkbar effekt på vandområdet Nordlige Øresund eller Øresunds havmiljø som helhed.
- Den planlagte midlertidige udledning fra Strandvængets Pumpestation ville udgøre 110 tons COD, 53 ton BOD, 10,4 tons TN og 1,4 tons TP, hvilket grundet dårlig rensning (kun mekanisk) ville medføre en øget tilførsel til Kongedybet på 96 tons COD, 52 tons BOD, 8,7 tons TN og 1,3 tons TP, hvilket udgør mindre end 1 % af de årlige tilførsler af næringsstoffer og lidt mere for COD og BOD. I løbet af de fem dage med midlertidig udledning vil den daglige tilførsel af COD, TN og TP til Kongedybet blive fordoblet, og tilførslen af BOD vil blive 10-doblet.
- Under de fem dages udledning fra Strandvængets Pumpestation forventes næringsstofkoncentrationerne i Kongedybet at være 4-14 % højere end koncentrationerne i Hollænderdybet, som ikke er direkte påvirket af punktkilder. Under normale udledningsforhold forventes koncentrationerne at være 2-7 % højere.
- Klorofylkoncentrationen i Kongedybet forventes at være 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ højere end i Hollænderdybet under udledningen fra Strandvængets Pumpestation, hvilket er 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$ højere end under normale udledningsforhold (normalt er klorofyl koncentrationen $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$). Et højt indhold af ammonium i udledningen fra Strandvængets Pumpestation kan give anledning til øget algevækst, sammenlignelig med forårsopblomstringen inden for en afstand af 500 m fra udledningspunktet.
- Den øgede tilførsel af organisk stof og algevækst forventes at reducere sigtddybden i middel med 0,2 m i perioden med den forøgede udledning. Denne kortvarige forringelse af lysforholdene forventes ikke at påvirke ålegræs og makroalger, som oplever større og længere forringelse af lysforholdene under normale udledningsforhold.

- Udledningen fra Strandvængets Pumpestation er karakteriseret ved et højt indhold af BOD, som potentielt kan medføre iltsvind. De planlagte udledninger vil, i værste tilfælde, kunne skabe iltsvind inden for en afstand af 500 m i nord-sydlig retning fra udledningspunktet, men et eventuelt iltsvind vil formentlig være begrænset såvel tidsmæssigt som til et noget mindre område omkring udledningspunktet.
- Et tidsbegrænset iltsvind vil have en lille effekt på bunddyrene, som kan tolerere lave iltkoncentrationer i kortere perioder, med mindre der opstår længerevarende iltfrie forhold og /eller frigivelse af det giftige svovlbrinte. Hvis bunddyrssamfundet omkring udledningspunktet skulle blive påvirket af udledningen af organisk stof fra Strandvængets Pumpestation, så forventes det at reetablere sig igen i løbet af en årrække.
- Den samlede, vedvarende tilførsel af næringsstoffer fra mange kilder er med til at forrykke den økologiske balance i Øresund. Den planlagte udledning fra Strandvængets Pumpestation har, isoleret set, en marginal effekt, men den bidrager til overbelastning af et økosystem, som ikke opfylder de økologiske målsætninger.
- En samlet vurdering af effekten af næringsstoffer på algevæksten, og dermed dannelse af organisk stof, som efterfølgende giver anledning til iltsvind, samt den direkte effekt af organisk stof på iltforbruget betyder, at vi anbefaler, at denne type udledninger sker i det sene efterår eller den tidlige vinter. Dette vil også reducere de potentielt negative effekter for rekreative aktiviteter.

Referencer

- Carstensen, J. (2010) Censored data regression: Statistical methods for analyzing Secchi transparency in shallow systems. *Limnology and Oceanography: Methods*, 8, 376-385. <https://doi.org/10.4319/lom.2010.8.376>
- COWI (2017) Udarbejdelse af spildevandsindsatsprogrammer til reduktion af kvælstofbelastningen i 4 spildevandsbelastede kystvandoplande. <https://mst.dk/media/128655/76-cowi-spildevandsrapport-april-2017.pdf>
- Erichsen, A., Timmermann, K., Larsen, T.C., Nielsen, S.E.B., Christensen, J.P.A., & Markager, S. (in prep.) Application of the Danish EPA's Marine Model Complex and Development of a Method Applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027.
- Frank-Gopolos, T., Nielsen, L., & Skovmark, B (2019) Punktkilder 2018, udgiver: Miljøstyrelsen, NOVANA-punktkilder 2019. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/12/978-87-7038-132-1.pdf>
- Gustafsson, B.G. (2000) Time-dependent modeling of the Baltic Entrance Area. 1. Quantification of circulation and residence times in the Kattegat and the straits of the Baltic Sill. *Estuaries*, 23, 231-252. <https://doi.org/10.2307/1352830>
- Hansen, J.L., Dinesen, G.E., Bastardie, F., & Eigaard, O.R. (2015) Notat om effekter af fiskeri med bundsløbende redskaber på bundfaunaen i de indre danske farvande https://mst.dk/media/121319/320_rapport_effekter-af-trawlingdocx.pdf
- Hansen, J.W., & Høgslund, S. (red.) (2019) Marine områder 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 156 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 355. <http://dce2.au.dk/pub/SR355.pdf>
- Henze, M., Petersen, G., Kristensen, G.H., & Höök, B. (2010) Drift af renseanlæg. Center for Offentlig Kompetenceudvikling 3. udgave, 1. oplag.
- Jakobsen, F., & Ottavi, J. (1997) Transport through the contraction area in the Little Belt. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45, 759-767. <https://doi.org/10.1006/ecss.1997.0238>
- Jørgensen, L., Markager, S., & Maar, M. (2014) On the importance of quantifying bioavailable nitrogen instead of total nitrogen. *Biogeochemistry*, 117, 455-472. <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9890-9>
- Krause-Jensen, D., Duarte, C.M., Sand-Jensen, K., & Carstensen, J. (2021) Century-long records reveal shifting challenges to seagrass recovery. *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.15440>
- Københavns Kommune (2019a) Udledningstilladelse, Renseanlæg Lynetten samt bilagsrapport. Sagsnr. 2017-0015315.
- Københavns Kommune (2019b) Udledningstilladelse, Renseanlæg Damhusåen samt bilagsrapport. Sagsnr. 2017-0015307.

Københavns Kommune (2020) Tidsbegrænset tilladelse til udledning af mekanisk rensed spildevand fra Strandvænget Pumpestation til Øresund. Sagsnr. 2020-0080242. Dokument nr. 2020-0080242-25.

Miljøstyrelsen (2005) Punktkilder 2004. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2005/87-7614-865-3/html/lelepubl.htm#2.1>

Riemann, B., Al-Hamdani, Z., Olafsson, A. S., Hasler, B., Kaae, B. C., Murray, C. J., Göke, C., Kallenbach, E., Olesen, H. J., Nabe-Nielsen, J., Tougaard, J., Andersen, J. H., Egekvist, J., Leth, J. O., Dahl, K., Christoffersen, M., Zandersen, M., Termansen, M., Sveegaard, S., & Harvey, T. (2019) Maritim arealplanlægning i Øresund. Aarhus Universitetsforlag, 174 pp. <https://unipress.dk/udgivelser/m/maritim-arealplan%C3%A6gning-i-%C3%B8resund/>

[Tom side]

KONSEKVENSVURDERING AF SPILDEVANDSUDLEDNING I ØRESUND

Potentielle effekter for havmiljøet

En midlertidig udledning af 160.000 m³ spildevand fra Strandvængets Pumpestation ville medføre en øget udledning med næringsstoffer, som udgør under 1 % af de årlige tilførsler til Øresund fra Danmark. Denne udledning vil ikke mærkbart påvirke havmiljøet generelt, men vil i et begrænset område omkring udledningspunktet i Kongedybet kunne medføre større algevækst og eventuelt iltvind. Selvom denne udledning isoleret set kun i meget begrænset omfang påvirker havmiljøet i Øresund, så bidrager den sammen med andre kilder til en vedvarende overbelastning af økosystemet.