

MILJØTILSTANDEN I KATTEGAT

Beskrivelse af udviklingstendenser
af centrale miljøparametre

December 2021 UDCAST



MILJØTILSTANDEN

I KATTEGAT

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- & MiljøInnovation, SEGES

REDAKTØR

Flemming Gertz, Chefkonsulent

FORFATTERE

Flemming Gertz, Chefkonsulent

Line Kolding Thostrup, miljøkonsulent

Tobias Berthel Bendixen, Konsulent

Sebastian Piet Zacho, Konsulent

FORSIDEFOTO

Colourbox

FINANSIERET AF

Promilleafgiftsfonden

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

RESUMÉ

Resumé er ikke lavet i dette UDKAST

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	5
2	BESKRIVELSE AF DATA	6
2.1	Målestationer	6
2.2	Databehandling	7
2.3	Prøvetagningsfrekvens	7
3	HYDROGRAFI	9
4	NÆRINGSSTOFFER	12
4.1	Næringsstoffer i overfladevandet - tidlig udvikling	13
4.2	Næringsstoffer i bundvandet - tidlig udvikling	14
5	KLOROFYL OG SIGTDYBDE	16
6	DISKUSSION	18
7	REFERENCER	20
8	BILAG	21
8.1	Salinitet	21
8.2	Ilt	22
8.3	Temperatur	24
8.4	DIN	25
8.5	Nitrit+nitrat-N	26
8.6	Ammoniak+ammonium-N	27
8.7	Orthofosfat-P	29
8.8	Klorofyl	30
8.9	Fluorescens	32

De indre danske farvande er et gennemstrømningsområde mellem Nordsøen og Østersøen. Forståelse for udveksling af vand og næringsstoffer i Kattegat har i større eller mindre grad betydning i de danske fjorde, bælter og bugter, da vandudveksling mellem Kattegat og disse områder påvirker tilstanden og i sidste ende har det betydning for hvilke tiltag i oplandet der vil være effektive og målrettede.

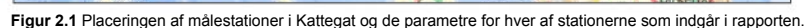
I denne rapport belyses udviklingen i koncentrationen af næringsstoffer, klorofyl, salt og ilt samt sigtddybde i det centrale Kattegat fra 1990'erne og frem til nu. Analysen er baseret primært på én enkelt målestation, idet den station er den eneste med lang tidserie og god dækning med målinger. Rapportens formål er at opnå en grundlæggende systemforståelse af Kattegat i form hydrografi, næringsstoffer og phytoplanktonalger (klorofyl). Rapporten skal læses i sammenhæng med rapport udført af Marine Science and Consulting ApS "Statusrapport - De hydrografiske og kemiske forhold i Kattegat", december 2021, som omhandler at opnå en grundlæggende forståelse af hydrografien i Kattegat samt vand- og næringsstofudvekslingen med Skagerrak.

I rapporten er der fundet grundlag for at foretage yderligere undersøgelser af de indre danske farvande i relation til de mere kystnære vandområder med henblik på at kunne forbedre tilstanden.

Et udvalg af de vigtigste figurer og tabeller er anvendt i rapport, og øvrige beskrivende figurer og tabeller findes i bilag i samme rapport.

2

Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet. Der er mange målestationer i Kattegat, men der er i rapporten fokuseret på at udvælge stationer med lange kontinuerede tidsrækker og her viste det sig, at der kun fandtes en enkelt station. Den hydrografiske "analyse" er baseret på flere stationer illustreret på nedenstående kort (se Figur 2.1), mens analysen af miljøtilstanden præsenteres for målestationen 93000001 (station 1) beliggende i det sydlige Kattegat. En screening af dataindholdet for alle stationer i Kattegat viste, at station 1 var den eneste station i det centrale Kattegat, der muliggjorde en fornuftig tidlig analyse.



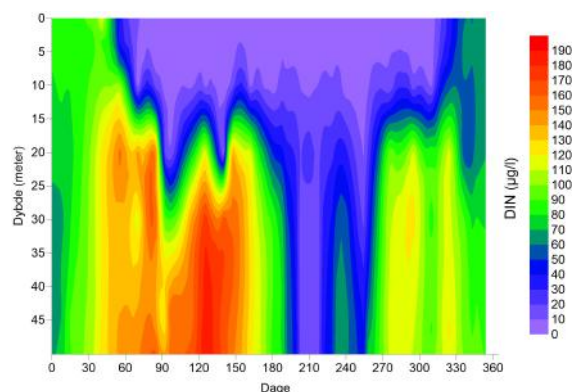
2.2 Databehandling

Den hydrografiske analyse beskrives med vandsøjleprofiler af henholdsvis salinitet, iltkoncentration og temperatur for station 1, mens de andre stationer kun beskrives med saltdata fra 1992. Året 1992 er udvalgt på baggrund af, at det var et af de få år med rimelig datadækning stationerne imellem. Vandsøjleprofilerne er baseret på rådata og er fremstillet i softwaren Surfer.

Analysen af miljøtilstanden for station 1 beskrives med data for næringsstoffer, klorofyl, fluorescens og sigtdybde. Da station 1 er beliggende i den sydlige del af det centrale Kattegat, kan vandet være påvirket i højere eller mindre grad af enten Østersøvand eller Skagerrakvand. I forbindelse med at lave en tidslig udvikling på koncentrationen af næringsstoffer af det indtrængende bundvand fra Skagerrak har det været nødvendigt at foretage en filtrering af data. Filtringen er sket ved at målinger på station 1 med en saltpromille under 15 karakteriseres som Østersøpåvirket vand. På denne baggrund er næringsstof- og klorofyldata inddelt i top og bund, hvor toppen defineres som data, hvor saliniteten er mellem 15-22 promille og med en dybde mindre end 10 meter. Da bundlaget i Kattegat til tider også kan påvirkes af Østersøvand sikres det ved at afgrænse bundlaget til data med en salinitet over 30 promille samt en dybde under 20 meter. Da springlaget for station 1 er svært at fange i data er det udelukkende top og bund med i analysen. Dog er udvalgte vandsøjleprofiler for fluorescensdata medtaget for at belyse algevæksten i springlaget.

Data præsenteres i rapporten som udvikling over årene fordelt på årstider. Data for næringsstoffer og klorofyl i toppen af vandsøjlen samt sigtdybde målinger er inddelt i sommer- og vinterperioder, hvor sommerperioden er fra maj til september og vinterperioden er fra november til januar. For at kunne lave en tendensanalyse på næringsstoffer i bundvandet i Kattegat, skal der tages udgangspunkt i at en betydelig del af næringsstofferne i bundvandet stammer fra Nordsøen. Derfor er der behov for særlige årstidsinddelinger for bunddata for at kunne fange den egentlige udvikling. De særlige årstidsinddelinger er lavet med udgangspunkt i vandsøjleprofiler for næringsstofferne, se Figur 2.2 som generelt viser årsudviklingen i bundlaget for DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen). På figuren ses, at der om foråret i bundvandet sket et maksimum i DIN fra midt februar til maj måned, hvor næringsrigt bundvand transporteres ind i Kattegat fra Skagerrak. I sommerperioden er der

mindre kvælstof i bundvandet. Dette sommerminimum i bundvandet kan der være flere årsager til, men de to primære forklaringen er formentlig, at alle næringsstoffer i bundvandet er opbrugt som følge af algevækst i springlaget samt at transporten af næringsrigt bundvand fra Skagerrak er mindre midt på sommeren end om foråret. I efteråret omkring oktober måned sker der endnu et maksimum af DIN, som sandsynligvis skyldes iltsvind, mindre forbrug fra alger, samt øget transport af næringsrigt bundvand fra Nordsøen. Derfor præsenteres data for næringsstoffer i bundvandet som forår, efterår og vinter, hvor forår er halvdelen af februar til maj måned, efterår er oktober og vinterperioden er december og januar. Der præsenteres ingen sommerperiode for den tidlige udvikling, da tidspunktet for dette minimum af næringsstoffer var for varierende til at kunne lave en udvikling på. Yderligere er der lavet månedsgrafer som viser udviklingen hen over året, som et gennemsnit over flere år. Disse grafer giver både en forståelse for udvikling hen over året og en langtidstrend mellem årtierne.



Figur 2.2 Isopleth af DIN-koncentrationen (µg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 1.

Yderligere er både top- og bunddata for næringsstoffer og klorofyl også præsenteret som 10års gennemsnit som funktion af måned i rapporten.

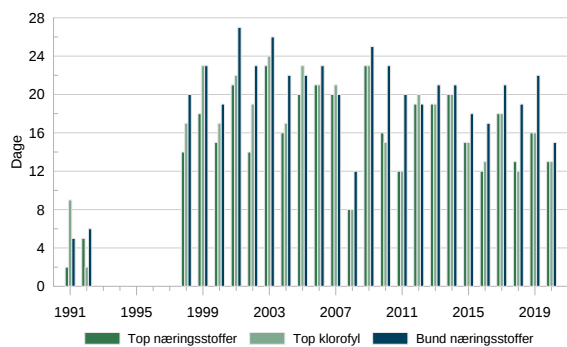
2.3 Prøvetagningsfrekvens

Der er foretaget prøvetagninger i perioden 1991-2020 for station 01, med et hul i data mellem 1992 og 1998. Figur 2.3 beskriver antallet af udsejlinger med næringsstofmålinger og klorofyl for station 1. Antallet af udsejlinger repræsenterer antallet af dage med prøvetagning. Prøvetagningsfrekvensen er også frasorteret Østersødata, og viser således datagrundlaget for analysen af henholdsvis top og bund. Der er desuden ikke mange målinger af klorofyl i bundlaget og er derfor ikke med-

2. BESKRIVELSE AF DATA

taget i rapporten.

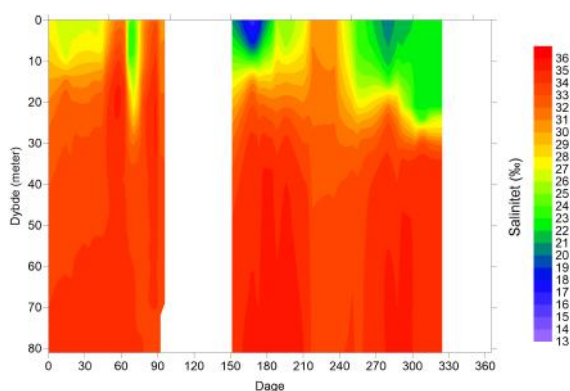
Antallet af udsejlinger med prøvetagning af næringsstoffer og klorofyl har varieret gennem årene med det laveste antal i start 1990'erne for både top og bund. Herefter er prøvetagningshyppigheden steget til henholdsvis mellem 20-25 udsejlinger pr. år for bunddata og mellem 15 og 20 udsejlinger pr. år for data i toppen af vandsøjlen.



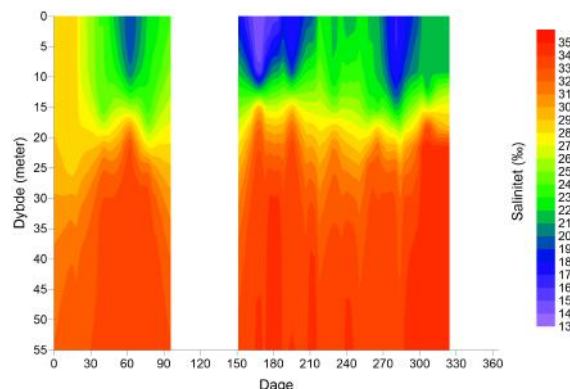
Figur 2.3 Antal dage med målinger (udsejlinger) pr. år af næringsstoffer og klorofyl ved station 1.

Kattegat er et gennemstrømningsområde mellem Nordsøen og Østersøen og vandmasserne har en to-lagsstruktur, hvor det øvre lag er brakvand fra Østersøen, som strømmer nord ud i Skagerrak, og hvor det nedre lag består af vand som transporteres i en sydlig retning ind i Kattegat fra Skagerrak. Kattegat har en relativ stor horisontal udstrækning, hvilket betyder at strømningerne dels er barokline, dvs. drevet af densitetsforskelle, og dels påvirkede af jordens rotation (Nielsen 2005 og 2021). Dertil påvirkes strømningerne af Kattegats bathymetry dvs. forskellig vanddybde og render mv.

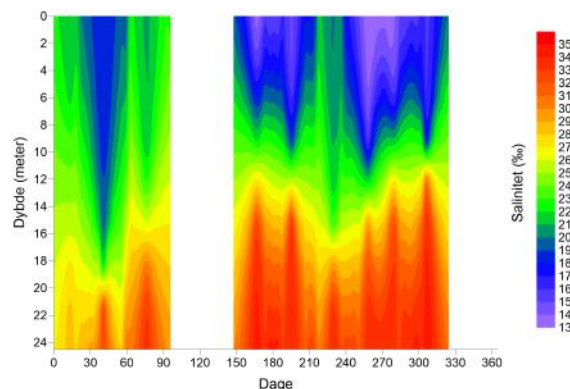
I en vest-øst-gående retning, fra det nordlige Jylland til Sverige, findes randen mellem Kattegat og Skagerrak, kaldet "Kattegat-Skagerrak-fronten", karakteriseret ved, at den veldefinerede to-lagsstruktur, som er karakteristisk for Kattegat, opløses. Fronten er dynamisk og flytter sig nord eller sydpå afhængig af vind- og vandtryk. Ved kraftige vestlige vinde trykkes vandmasser fra Nordsøen ind i Skagerrak og trykker fronten i en sydlig retning. Denne dynamik ses tydeligst på ændringer i saltholdigheder i det øvre lag på de to nordlige stationer (Figur 3.1 og Figur 3.6). Det er typisk i sommerhalvåret man ser det brakke vandlag brede sig længst mod nord pga. svage vindforhold om sommeren. Lagtykkelsen på det brakke overfladelag er omkring 15 meter i Kattegat (Figur 3.1 og Figur 3.6). På målestationen i Figur 3.5 ses det saline bundlag ikke fordi stationen er placeret på ca. 11 m vand.



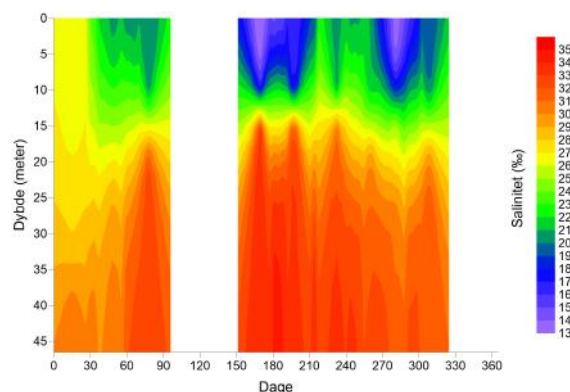
Figur 3.1 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000010.



Figur 3.2 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000014.

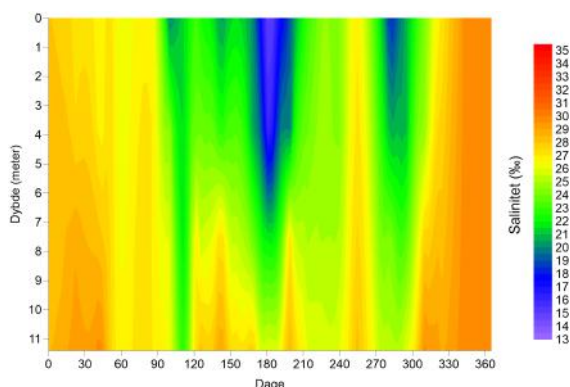


Figur 3.3 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100008.

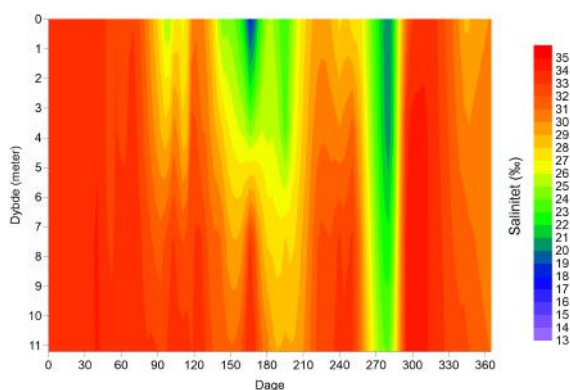


Figur 3.4 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001 (station 1).

3. HYDROGRAFI



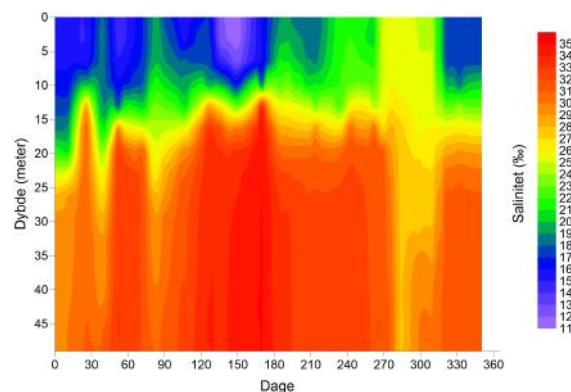
Figur 3.5 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93600004.



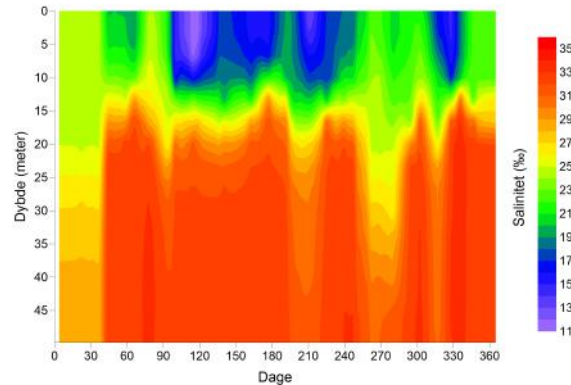
Figur 3.6 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93920004.

Ferskvandtilførslen til Østersøen og Kattegat er ca. 500 km³ om året og når det vand skal ud af Østersøen, som følge af et vandoverskud, ligger det sig som et overfladelag i Kattegat og danner lagdelingen. I forbindelse med transporten sker der en medrivning af vand fra det underliggende saline bundlag og derved får overfladelaget en større volumen og saltholdigheden stiger til 10 - 20 promille. Dette betyder at overfladetransporten fra Kattegat til Skagerrak bliver flere gange større. Aarhus Universitet vurderer på baggrund af beregninger med DHI's Mike3 model, at det drejer sig om ca. 1500 km³ vand, som løber i overfladen ud i skagerrak. Denne strømning generer en modstrøm i bunden i størrelsesorden 1000 km³, som løber sydpå ind i Kattegat (Hansen J.W. 2021). Samme størrelser for transporter fås med anden beregningsmetode der baserer sig på data for 1995 - fastlagt med et usikkerhedsspænd på 1300-2800 km³ for udstrømning og 800-2400 km³ for indstrømning i 1995 (Nielsen M.H. 2021) Udstrømningen fra Østersøen skaber således en pumpe der driver tungt og næringsrigt vand ind i Kattegat året rundt, og tilmed også helt ned til bælthavet, hvor der ved særlige vindhændelser trykkes ekstra meget saltvand ind

i Østersøen. Den sydgående bundstrøm fra Skagerrak er således drevet af, hvor stor overfladestrømmen i nordlig retning er. I 2018, som var et meget solrigt og tørt år, også i efteråret 2018, ses at der er en tendens til at saltholdigheden mindskes i bundlaget i sidste halvdel af 2018 (Figur 3.7). Tilmed i 2019 (Figur 3.8) er saltholdigheden i bundlaget lavere end normalt i de første måneder af året mens overfladelaget samtidig har højere saltholdighed end normalt - en tydelig svækkelse af lagdelingen, som antageligvis skyldes en betydeligt mindre udstrømning af Østersøen.



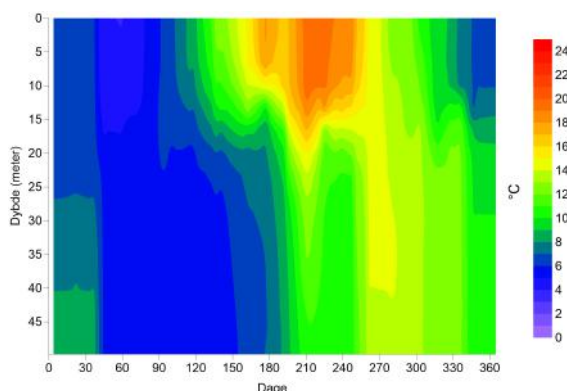
Figur 3.7 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001 (station 1).



Figur 3.8 Isopleth af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001 (station 1).

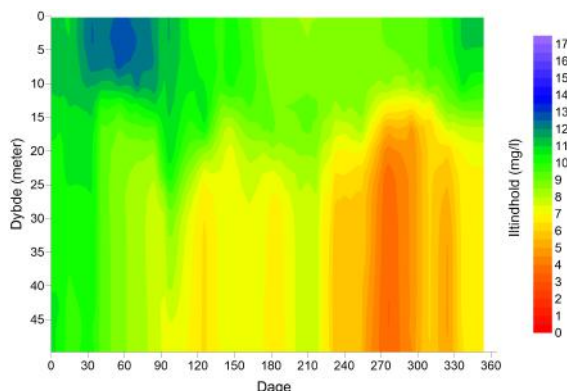
Temperaturen har, sammen med lys og næringsstoffer, betydningen for vækst af planktonalger i vandsøjlen og temperaturen har samtidig også betydning for omsætningen af organisk materiale både i vandsøjlen og på bunden. I de første måneder på året er vandet typisk koldere i overfladelaget end bundlaget (Figur 3.9). Dette ændrer sig over foråret, og i sommerperioden sker en langt hurtigere opvarmning af overfladevandet, som i de fleste somre når knap 20 gr. C., mens det i varme somre, som fx. 2018, overstiger 20 gr. C. (bilag). Bundtemperaturen når sit maksimum typisk omkring oktober måned med en temperatur omkring 12-15 gr. C.

3. HYDROGRAFI



Figur 3.9 Isoplet af temperatur (gr. C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001 (station 1).

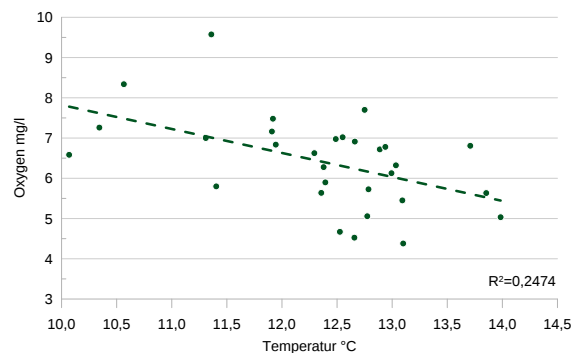
Iltindholdet i vandet er en kritisk faktor for planter og dyr, og når iltforbruget er større end ilttilførslen falder iltniveauet. På grund af lagdelingen af vandsøjlen i Kattegat minimeres vandudvekslingen mellem det øvrige iltrige lag og bundlaget, hvilket bliver kritisk for iltniveauet sidst på året. Aarhus Universitet (AU) betegner det som "moderat iltvind" når iltkoncentrationen i vandet er mellem 2 og 4 mg/l, og som "kraftigt iltvind" når koncentrationen er under 2 mg/l. AU har i 2021 indført betegnelsen "lavt iltindhold" for iltintervallet 4-6 mg/l som et niveau lige over grænsen til iltvind (Rytter. D et al. 2001). Iltindholdet i bundlaget har ofte et mindre minimum i foråret. Et fald til typisk 6-7 mg/l på station 1 (Figur 3.10), som formentlig skyldes omsætningen af forårets algeopblomstring i overfladelaget. Når alger dør og falder til bunden omsættes det organiske materiale under forbrug af ilt. Midt på sommeren ses typisk, at iltindholdet i bundvandet stiger lidt igen, for så i efteråret at falde til et årsminimum, som kan variere fra år til år, men typisk mellem 3-5 mg/l.



Figur 3.10 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001 (station 1).

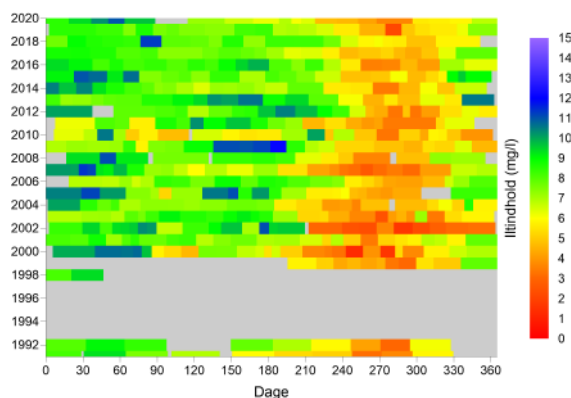
Efterårsminimumet for ilt er sammenfaldende med maksimum temperaturen i bundvandet og iltstignin-

gen øges som følge af den stigende temperatur i bundvandet (Figur 3.11), men skyldes også at mængden af alger fra overfladelaget som falder til bunden.



Figur 3.11 Korrelation mellem de dybeste målinger pr. dag i oktober for temperatur (grader C) og ilt (mg/l) samt lineær regression med tilhørende R-squared.

Iltniveauet på station 1, repræsenteret ved de dybeste målinger tættest ved bunden, har gennem gennem årene ikke udviklet sig tydeligt i hverken positiv eller negativ retning (Figur 3.12). Der er måske en tendens til at iltvindene starter lidt senere de sidste 10 år end i de forgående 10 år fra 2000 til 2010. Et enkelt år træder frem som særligt intensivt og langvarigt, "det ekstreme iltsvindsår 2002" (Ærtebjerg G. 2005), som var et år med det ubetingede kraftigste og mest udbredte iltvind i de danske farvande som er registreret. Sen-sommer og efteråret 2002 var særligt mildt og dette kan have udviklet iltsvindet dybere end normalt. Den meget varme og solrige sommer 2018, træder ikke frem med langvarigt iltvind på denne station i Kattegat, og en nærmere tolkning af årsager de specifikke år er ikke indeholdt i denne undersøgelse.

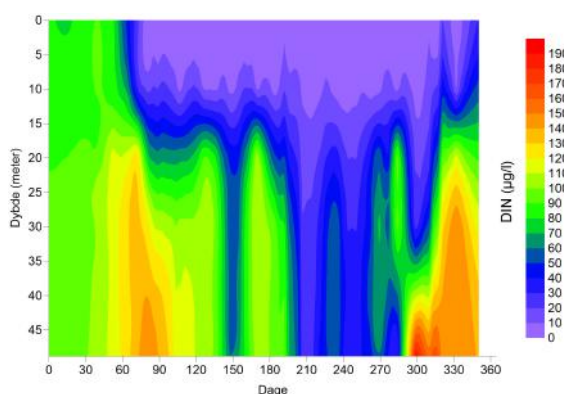


Figur 3.12 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) som den dybeste måling pr. dag pr. år for station 93000001 (station 1).

NÆRINGSSTOFFER

4

Næringsstoffer er, foruden lys og temperatur, afgørende for væksten af planktonalger i vandsøjlen. Om vinteren, hvor væksten er lav og tilførslen af næringsstoffer fra land er høj, er koncentrationen af næringsstoffer høj. Dette ændrer sig hen over foråret, hvor både kvælstof og fosfor bliver begrænsende for væksten i det øvre lag.

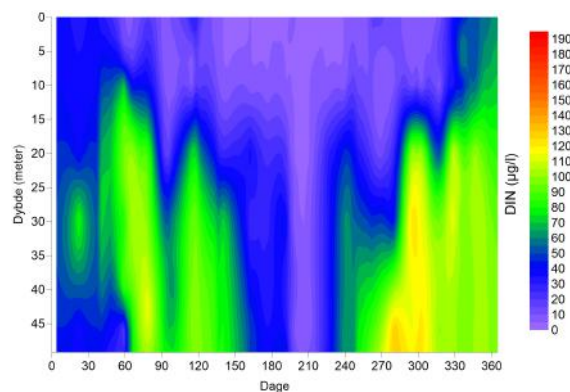


Figur 4.1 Isopleth af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 1.

De opløste uorganiske næringsstoffer er potentielt begrænsende for væksten ved hhv. $28 \mu\text{g/l}$ DIN (DIN - dissolved inorganic nitrogen) og $6 \mu\text{g/l}$ orthofosfat (Hansen J.W 2021). DIN udgøres af nitrit/nitrat og ammonium/ammoniak og hvor nitrat udgør størstedelen af DIN under iltfrie forhold gør det modsatte sig gældende under iltfattede forhold, hvor ammonium/ammoniak udgør størstedelen af DIN fraktionen. Midt i Kattegat, på station 1, opbruges puljen af uorganiske næringsstoffer i de øverste lag i løbet af forårsopblomstringen, og resten af sommeren og langt ind i efteråret er der en næringsstofbegrænsning (Figur 4.1). Næringsstofferne i bundvandet, som strømmer til fra Skagerrak, bliver ikke forbrugt i løbet af forårets opblomstring og det giver anledning til at næringsstoffer fra bundlaget kan bidrage med vækst af alger i løbet af sommeren. Denne vækst sker typisk i springlaget omkring 15 meters vanddybde. Her sker en medrivning, således at næringsstoffer fra bundlaget føres op i den nedre fotiske zone - hvor der er tilstrækkeligt lys til vækst af alger (Fenchel T. 2006). Midt på sommeren falder koncentrationen af DIN og orthofosfat i bundvandet til et årsminimum, dog uden at nå under det begrænsende niveau (Figur 4.1 og Fi-

gur 4.3). Dette minimum skyldes primært et tilsvarende fald i koncentrationen af næringsstoffer i det vand som kommer fra Skagerrak. Transporten af næringsstoffer fra bundlaget til overfladelaget bidrager formentlig kun minimalt til dette sommerminimum.

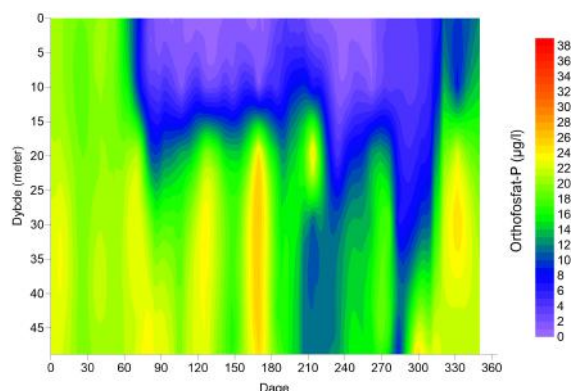
Der ses år til år variationer i bundvandets DIN- og orthofosfatkoncentration og der ses helt usædvanlig lave koncentrationer i foråret 2019 (Figur 4.2 og Figur 4.4). Dette som en konsekvens af meget lav afstrømning fra sidst på foråret 2018, i det solrige og tørre 2018, hvilket var gældende for hele Nord- og Centraleuropa og påvirkede de større floder, som løber ud i Nordsøen fra hele Nord- og Centraleuropa. I Rhinen blev målt den fjerde laveste vandføring på 100 år i efteråret 2018 (Copernicus Climate Change Service), og der blev derfor tilført Nordsøen langt færre næringsstoffer end normalt i en længere periode og inden foråret 2019, hvor de lave koncentrationer i bundvandet på st.1 observeres.



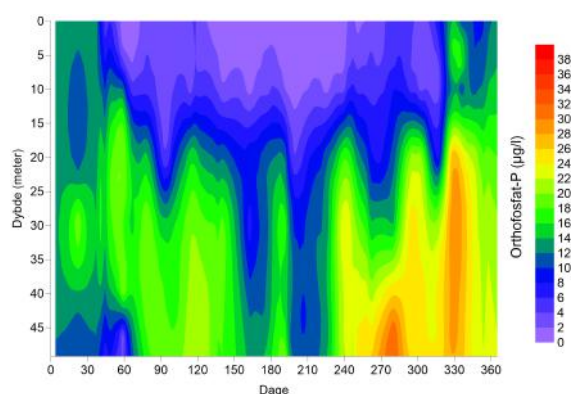
Figur 4.2 Isopleth af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 1.

Det er således lave koncentrationer i Nordsøen/Skagerrak, som føres med bundvandet ind i Kattegat i første halvdel af 2019. Sidst på sommeren stiger koncentrationen i bundvandet igen. Hvorvidt det skyldes øget omsætning ved bunden grundet højere vandtemperatur på dette tidspunkt eller øget indstrømning fra Skagerrak eller en kombination af begge dele, har ikke kunne afklares i denne undersøgelse.

4. NÆRINGSSTOFFER



Figur 4.3 Isopleth af orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 1

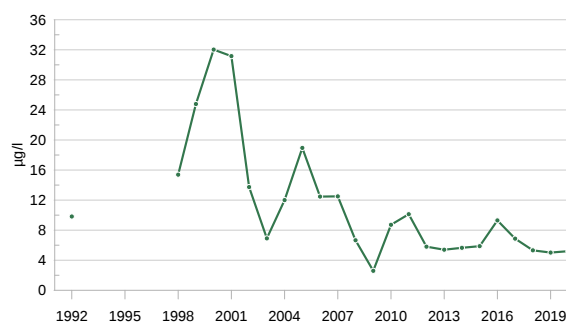


Figur 4.4 Isopleth af orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 1

4.1 Næringsstoffer i overfladevandet - tidlig udvikling

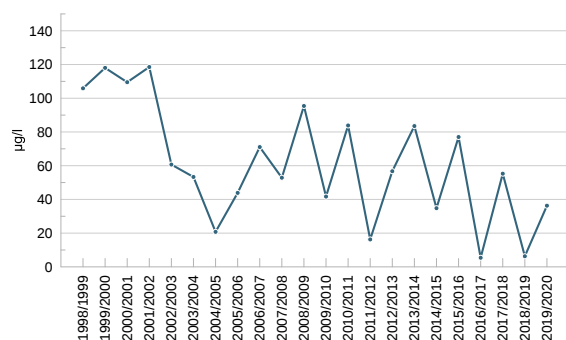
Den tidlige udvikling i niveauerne af næringsstoffer i overfladen er opdelt i perioderne maj til september (sommersmiddel) og november til januar (vinter). Se endvidere afsnit 2.2 om databehandling

Data viser at koncentrationen af DIN er faldet gennem årene i alle måneder om året (Figur 4.7). Koncentrationen ligger i sommerperioden som middel under $10 \mu\text{g/l}$. Faldet i foråret og efteråret, betyder at DIN i dag også ligger under det potentielt begrænsende niveau fra marts til november, hvor der i de to første år i 1990'erne var begrænsning i perioden maj til september.

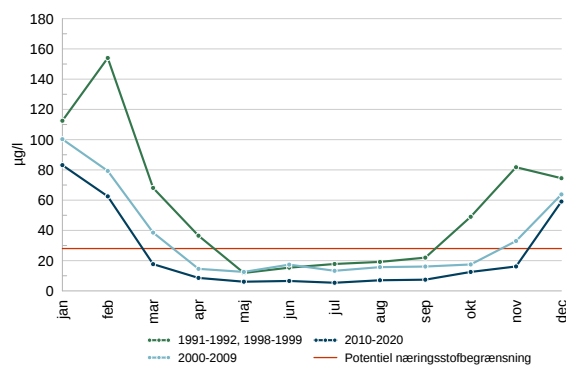


Figur 4.5 Sommergegensnit (maj-sep) af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) pr. år i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) ved station 1.

De sidste ca. 10 år er sommerniveauet af DIN stagneret omkring $6 \mu\text{g/l}$, hvilket er betragteligt under det begrænsende niveau (Figur 4.5). Vinterniveauet fortsætter et fald fra et niveau på over $100 \mu\text{g/l}$ omkring år 2000 til et niveau svingende mellem 10 - $50 \mu\text{g/l}$ de senere år (Figur 4.8).



Figur 4.6 Vintergensnit (nov-jan) af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) pr. år i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) ved station 1.

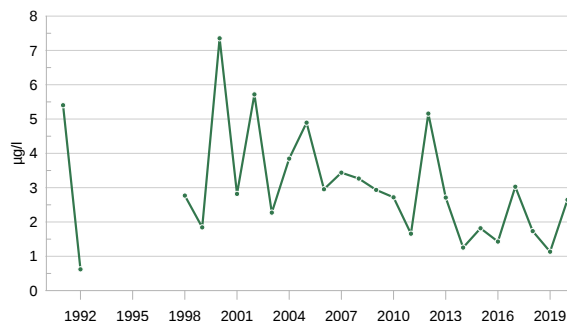


Figur 4.7 Gennemsnit af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) på månedsbasis for perioderne 1991-1992/1998-1999, 2000-2009 og 2010-2020) ved station 1. Bemærk, for årene 1991 og 1992 er der ikke mange målinger i vintermånedene.

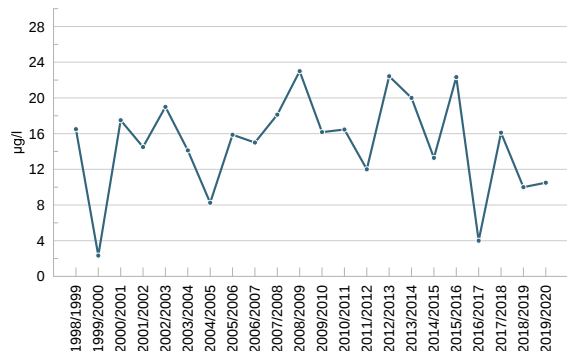
Koncentration af orthofosfat om vinteren er, i modsætning til DIN, ikke faldet i perioden (Figur 4.9 og Figur 4.10). Hvorvidt der er sket et fald i sommerperioden afhænger lidt af hvorledes man vægter 1992, som var laveste måling i tidperioden. Hvis 1992 undlades er der tale om et fald fra cirka $4 \mu\text{g/l}$ til cirka $2 \mu\text{g/l}$ og

4. NÆRINGSSTOFFER

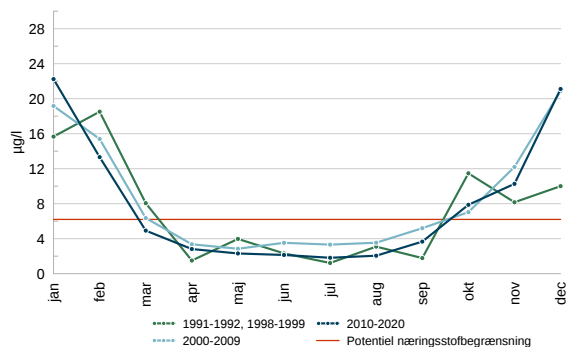
dermed væsentligt under det potentielt begrænsende niveau (Figur 4.8). Orthofosfat er potentielt begrænsende fra marts til september, og dermed to måneder mindre i efteråret end DIN.



Figur 4.8 Sommergennemsnit (maj-sep) af orthofosfat-P-koncentrationen (µg/l) pr. år i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) ved station 1.



Figur 4.9 Vintergennemsnit (nov-jan) af orthofosfat-P-koncentrationen (µg/l) pr. agroår i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) ved station 1.

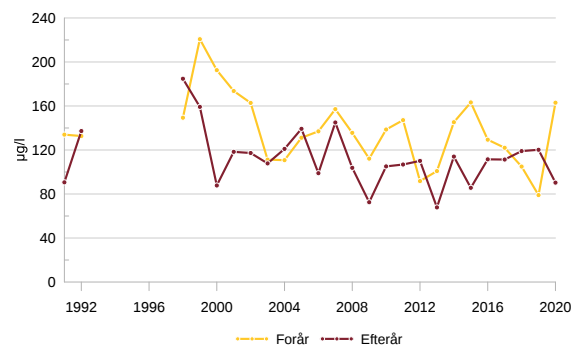


Figur 4.10 Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen (µg/l) i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) på månedsbasis for perioderne 1991-1992/1998-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved station 1. Bemærk, for årene 1991 og 1992 er der ikke mange målinger i vintermånederne.

4.2 Næringsstoffer i bundvandet - tidlig udvikling

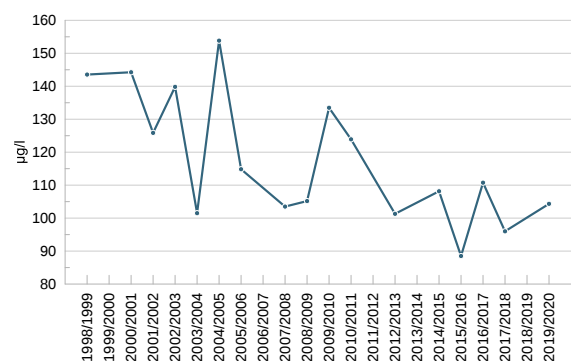
Den tidlige udvikling i niveauerne af næringsstoffer i bundlaget er analyseret for perioden maj til september (sommerrmiddel) og november til januar (vinter). Det har været ønsket at se på udviklingen for bundvandet ved en høj saltholdighed, således det repræsenterer

indstrømningen fra Skagerrak. Derfor er enkelte data, hvor saltholdigheden i bundvandet er lavere end 30 promille sorteret fra. Se endvidere afsnit 2.2 om databehandling. Der er inddelt i tre perioder, forår, efterår og vinter, hvor forår er halvdelen af februar til maj. Efterår er oktober og vinterperioden er december og januar.



Figur 4.11 Forårgennemsnit (1/2feb-maj) og efterårgennemsnit (oktober) af DIN-koncentrationen (µg/l) pr. år i bundprøverne (saltpromille ≥ 30, dybde ≥ 20 meter) ved station 1.

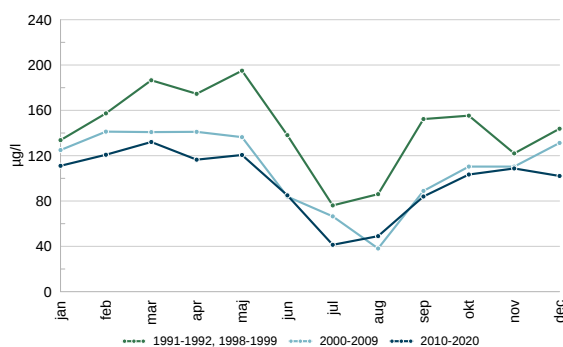
Data for vinterperioden er sparsomme for 1990'erne på station 1 og giver formentlig anledning i en undervurdering af niveauet (Figur 4.13). Hvor januar og februar (perioden 1991-92) ligger lavt i forhold de følgende tre måneder. Data fra 1995 (Nielsen 2021) indikerer ligeledes høje værdier på dette tidspunkt. Det tyder på, at der er sket et løbende fald af DIN vinterperioden fra omkring 160 µg/l i starten af 1990'erne til lidt over 100 µg/l de senere år (Figur 4.12 og Figur 4.13). Faldet er imidlertid stagneret, således der de sidste 15-20 år ikke er sket et yderligere fald.



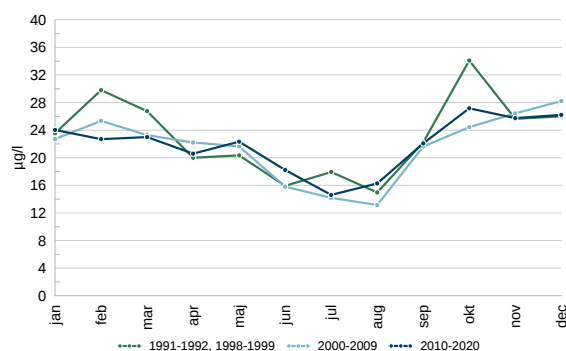
Figur 4.12 Vintergennemsnit (dec-jan) af DIN-koncentrationen (µg/l) pr. agroår i bundprøverne (saltpromille ≥ 30, dybde ≥ 20 meter) ved station 1.

Koncentrationen af DIN ligger i dag på lidt over 100 µg/l i løbet af vinteren og foråret og når et minimum midt på sommeren med omkring 50 µg/l, og stiger igen først på efteråret til omkring 100 µg/l (Figur 4.13).

4. NÆRINGSSTOFFER

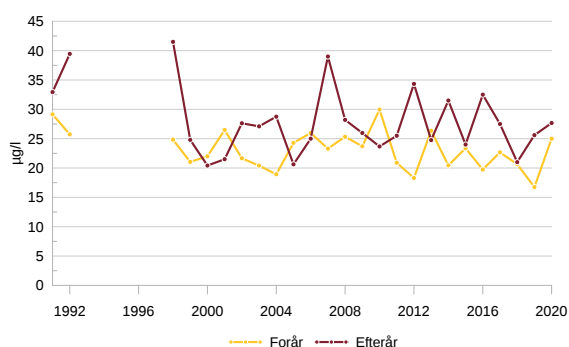


Figur 4.13 Gennemsnit af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) i bundprøverne (saltpromille ≥ 30 , dybde ≥ 20 meter) på månedsbasis for perioderne 1991-1992/1998-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved station 1. Bemærk, for årene 1991 og 1992 er der ikke mange målinger i vintermånederne.

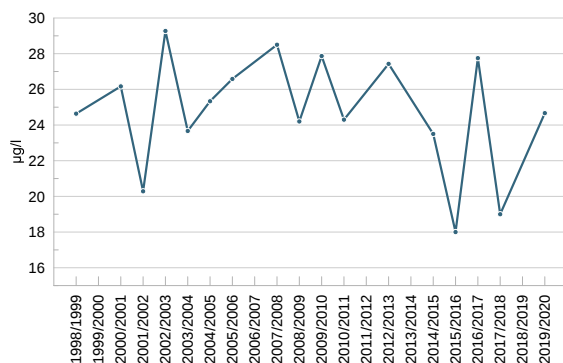


Figur 4.16 Gennemsnit af orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) i bundprøverne (saltpromille ≥ 30 , dybde ≥ 20 meter) på månedsbasis for perioderne 1991-1992/1998-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved station 1. Bemærk, for årene 1991 og 1992 er der ikke mange målinger i vintermånederne.

Koncentrationen af orthofosfat i bundvandet ligger på omkring 24-28 $\mu\text{g/l}$ i vinterhalvåret og falder i løbet af foråret og når et minimum i juli og august på ca. 14 $\mu\text{g/l}$, hvorefter der sker en stigning i koncentrationen til over 20 $\mu\text{g/l}$ i september (Figur 4.16). Der er, som for orthofosfat i overfladelaget, ikke sket et fald af betydning over den målte periode på noget tidspunkt på året.

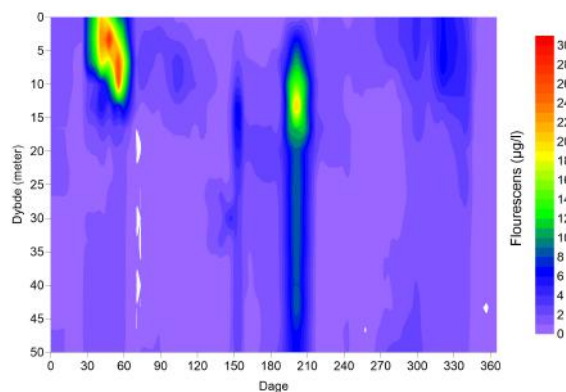


Figur 4.14 Forårsgennemsnit (1/2feb-maj) og efterårsgennemsnit (oktober) af orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) pr. år i bundprøverne (saltpromille ≥ 30 , dybde ≥ 20 meter) ved station 1.



Figur 4.15 Vintergennemsnit (dec-jan) af orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) pr. agroår i bundprøverne (saltpromille ≥ 30 , dybde ≥ 20 meter) ved station 1.

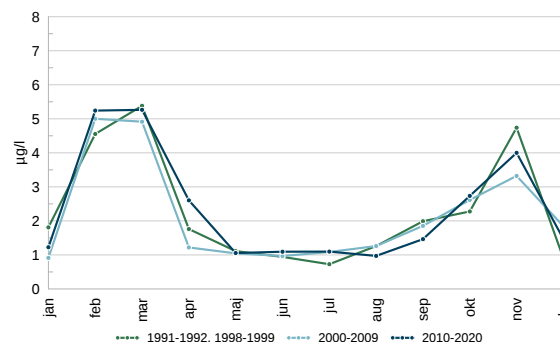
Væksten af planktonalger i vandsøjlen, også kaldet primærproduktionen, er en opbygning af uorganisk kulstof til organisk kulstof (alger) og det sker når der er lys og næringstoffer tilstede. Klorofyl er et stof som giver planter dets grønne farve og som befinder sig i de celler som laver fotosyntesen. Klorofyl bliver derfor brugt som en proxy for mængden af planktonalger i vandsøjlen. Fluorescens er frigivelse af absorberet lysenergi og en række stoffer herunder algepigmenter kan frigøre lys som fluorescens. Fluorescensen vil afspejle pigmentkoncentrationen og dermed fytoplanktonbiomassen (Andersen 2004). Målinger af fluorescens giver et overblik over hele vandsøjlen fordi det måles med probe som sænkes gennem vandsøjlen, hvorimod der til klorofylmålinger skal tages vandprøver. Væksten af planktonalger starter i februar og marts - forårsopblomstringen - og sker i det øvre lag hvor der er både lys og næringstoffer tilstede (Figur 5.1).



Figur 5.1 Isopleth af fluorescens-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 1.

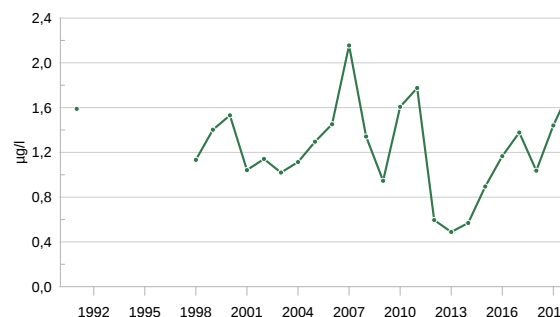
I løbet af marts opbruges næringstofferne, algevæksten aftager og samtidigt synker algerne ud af overfladelaget. Fra april og frem til august er kvælstof og fosfor begrænsende for væksten i overfladelaget og klorofyl er i den periode på ret lavt niveau på ca. $1 \mu\text{g/l}$ (Figur 5.2). Der sker ved særlige lejligheder en ekstra stor transport af næringstoffer fra det næringsrige bundvand op i springlaget i ca 10-15 m, som giver sig udslag i opblomstring af alger omkring springlaget i løbet af sommeren (Figur 5.1). I efteråret fra omkring september stiger væksten af alger igen frem til et maksimum i november. Øgede koncentrationer af næringstoffer i

bundvandet og øget tilførsel fra land i efteråret medvirker til efterårsopblomstringen.



Figur 5.2 Gennemsnit af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) på månedsbasis for perioderne 1991-1992/1998-1999, 2000-2009 og 2010-2020 ved station 1. Bemærk, for årene 1991 og 1992 er der ikke mange målinger i vintermånederne.

Det gennemsnitlige klorofylniveau over sommeren (Figur 5.3) varierer fra $0,4 \mu\text{g/l}$ til $2 \mu\text{g/l}$ med betydelige variationer fra år til år. 3 år skiller sig ud med særligt lave niveauer 2012, 2013 og 2014, mens 2007 skiller sig ud som særligt højt og når over $2 \mu\text{g/l}$ som det eneste år. Man kan vælge at betragte udviklingen som at der siden 2014 har været en stigende tendens, dog er det ganske få år at udtale sig om en udvikling. Hvis man derimod tager de 3 lave år ud, så tegner der sig ikke nogen udvikling over årene. Hvorfor klorofyl netop i 2012-2014 er speciel lav bør ses nærmere på dette er ikke sket i denne rapport.

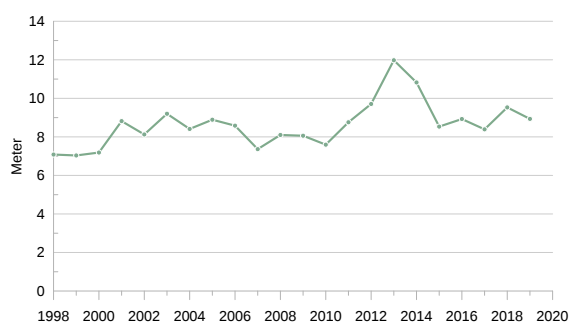


Figur 5.3 Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) pr. år i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) ved station 1.

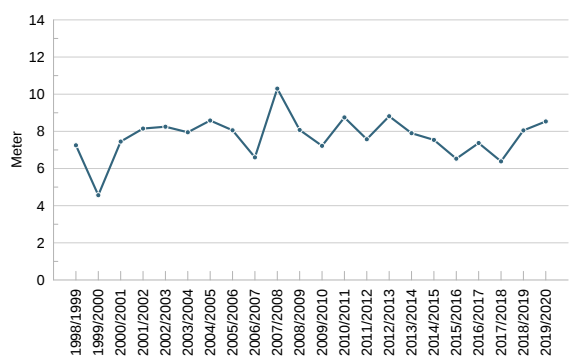
Siden 2001 har sommersigtdybden ligget på 7-9 m på nær de 3 år 2012-2014 (Figur 5.4), hvor den er 10-12 m. Sommersigtdybden har en stigende tendens gennem de sidste ca. 20 år fra omkring 7 m i de sidste år

5. KLOROFYL OG SIGTDYBDE

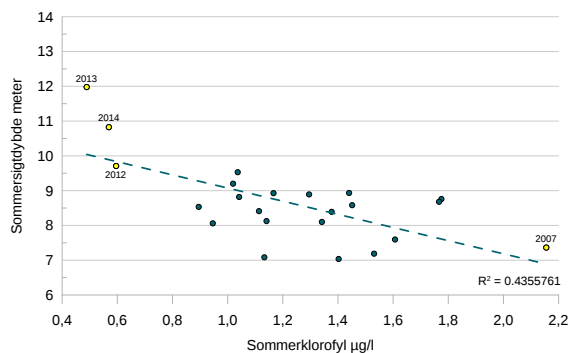
i 90'erne til nu 9 m. Denne stigning er/(evt er ikke) statistisk signifikant (OBS kendall tau analyse). Der kan som forventet findes en korrelation mellem sigtgybde og klorofyl (Figur 5.6). Eftersom der ikke kan ses et fald i klorofyl må stigningen i sigtgybde umiddelbart forklares ved at andre fraktioner som humusstoffer, der nedsætter lysgennemtrængingen er faldet over perioden i sommerhalvåret. En tilsvarende forbedring kan ikke observeres i vintermånederne (Figur 5.5). Her ligger sigtgybden på omkring 8 m. Det betyder at over perioden er sigtgybden blevet højere om sommeren, 9 m, end den er om vinteren (januar og december), 8 m



Figur 5.4 Sommergennemsnit (maj-sep) af sigtgybden (meter) pr. år ved station 1.



Figur 5.5 Vintergennemsnit (nov-jan) af sigtgybden (meter) pr. år ved station 1.



Figur 5.6 Korrelation mellem sommerklorofyl-koncentration (µg/l) og sommersigtgybde (meter) i topprøverne (saltpromille 15-22, dybde ≤ 10 meter) samt lineær regression med tilhørende R-squared. Fire af de mest yderlige punkter er tilføjet årstal.

Station 9300001 (st.1), placeret midt mellem Sjællands Odde og Djursland, er den eneste station i det centrale og Nordlige Kattegat som er blevet målt med en frekvens på mellem 12 til 24 pr. år i et længere tidsforløb. Der er målinger i 1991 og 1992 med en frekvens på ca. 4, men ellers starter måleserien i 1998. Stationen giver derfor et godt datagrundlag for at vurdere udviklingen fra 1998 og også med en vis usikkerhed fra starten af 1990'erne.

St.1 ligger ca. 180 km syd for Kattegat-Skagerrakfronten. Syd for fronten er Kattegat karakteriseret ved en veldefineret to-lagsstruktur, som observeres på st.1 hele året. Den sydgående bundstrøm transporterer betydelige mængder næringstoffer ind i Kattegat og videre ind i nogle fjorde og ned i Bælthavet, hvor det kan blandes op i overfladelaget bl.a. som følge af hydraulisk kontrol (Nielsen M.H. 2017). I et sideløbende arbejde med det, der er præsenteret i denne rapport, er det groft beregnet for 1995 at nettoindstrømningen i sommerhalvåret var på 60.000 ton DIN og 20.000 ton orthofosfat (Nielsen, M. H. 2021). Bruttotilførslerne var for hele året på ca 300.000 ton DIN og 30.000 ton orthofosfat. Beregninger blev lavet i 1995, da datadækningen på andre stationer end st.1 var bedre, og det må antages, at niveauet er lavere i dag for DIN, fordi koncentrationen er faldet siden 1995. Tilsvarende størrelsesorden finder Aarhus Universitet for 2019 - 40.000 ton DIN (Hansen J.W. 2021) men beregnet via DHI Mike3 model.

Niveauet af klorofyl ser ikke ud til at være ændret i perioden. Der sker en sommeropblomstring, som falder til et sommerminimum, og stiger igen ved et efterårsmaksimum. Gennem perioden og månederne ligger det på samme niveau incl de få målinger i starten af 1990'erne. Samme udvikling er rapporteret af Aarhus Universitet (Hansen J.W. 2021) for åbne farvande. Der er i datasættet fundet en forventet sammenhæng mellem klorofyl og sigtddybde på år til år variationer. Således ses den højeste målte sommermiddel-sigtddybde at være relateret til den laveste sommermiddel-klorofyl måling. Der ses imidlertid en stigning i sommermiddel-sigtddybden fra starten af perioden (1998) på 7 m til de senere år,

hvor den er steget til 9 m. En stigning i de åbne stationer er ligeledes rapporteret af Aarhus Universitet (Hansen J.W. 2021), men det er for flere og andre stationer og med data tilbage fra 1988. Umiddelbart kan det ikke sammenlignes og hvis man indsætter trendlinje i grafen fra 1998, så der ikke ud til at have været en stigning. Spørgsmålet er således om den stigning som observeres på st.1 fra 1998 kan genfindes på andre stationer. Dette spørgsmål mangler at blive besvaret. Et andet spørgsmål som rejser sig er hvorfor sigtddybden øges når klorofyl er uændret for perioden. Det kunne tænkes at det afspejler et fald i døde organiske forbindelse i vandet - humusstoffer), som har en stor betydning sigtddybden. Det er formenligt bl.a. humusstoffer som påvirker sigtddybden om vinteren, som har ligget uændret på omkring 8 m i den målte periode. Den er nu overgået af sigtddybden om sommeren som ligger på 9 m. At sigtddybden er højere om sommeren end om vinteren er typisk noget man ser i fjorde med stor resuspension, som betyder at når vinden øges, typisk om vinteren, så øges resuspensionen og dermed sænkes vandets sigtbarhed. Når klorofyl på denne station ligger på 1 µg/l i omkring 5 måneder om sommeren (april - august) så er det udtryk for at de øverste vandlag er betydeligt næringsstofbegrænset. Målingerne og prøvetagninger af hhv. flourens og klorofyl viser kun spordisk opblomstring af alger ved springlaget. Formenligt i forbindelse med en specifik hændelse som kraftig vind, hvor der kan ske medrivning af vand fra bundlaget i større omfang end vanlig, og derfor mere synlige opblomstring.

Koncentrationen af DIN er faldet i overfladelaget i perioden. DIN er blevet potentielt begrænsende også i marts og november. Dette har dog ikke givet sig udtryk i lavere forår- og efterår opblomstringer. Dette kan skyldes, at forårets opblomstring i forvejen var begrænset mest af fosfor. Dette gør sig imidlertid ikke gældende i efteråret, hvor fosfor i oktober og november er over det begrænsende niveau. Umiddelbart skulle man forvente et fald i klorofyl i efteråret som følge af lavere DIN koncentration og dette spørgsmål står derfor tilbage at blive yderligere belyst. Koncentrationen af DIN er faldet både i bundlaget og overfladelaget. Koncentrationen af DIN om vinteren i overfladen er faldet lø-

bende også de sidste 10 år, hvilket er i modsætning til danske tilførsler fra land, som er stagneret de sidste 10 år. De åbne indre danske farvande er overvejende påvirket af andre kilder end danske og faldet afspejler derfor formodenligt et fald i andre udenlandske kilder fra Østersøen. Tilsvarende er der sket et fald i af DIN i bundlaget om vinteren fra omkring 150 µg/l i 1998 til ca. 100 µg/l. For overfladelaget er faldet fra 120 µg/l til omkring 30 µg/l. Et betragteligt større fald i overfladelaget. Dette fald kunne i princippet tildels skyldes øget algevækst om vinteren. Bl.a er der i Lillebælt tendens til dette (Gertz F. 2021). Men der ses ingen stigning i klorofyl i vintermånederne og der er derfor grund til at antage, at det relativt store fald i overfladelaget skyldes lavere tilførsel fra land. De betydelige fald i vinter DIN, særligt i overfladelaget, men også i bundlaget har tilsyneladende ikke haft indflydelse på klorofyl hen over forår, sommer eller efterår. Derimod har koncentrationen af orthofosfat været nogenlunde uændret både i overfladelaget og i bundlaget for perioden fra 1998. Dette giver anledning til at man bør lave yderligere analyser med henblik på en større forståelse af systemet.

Efter at have bearbejdet data i denne rapport og sideløbende arbejdet med transporter over Kattegat-Skagerrakfronten (Nielsen M.H. 2021) bliver det meget tydeligt, at der mangler målinger for at sikre mere præcis viden om udvikling i transporter over rande og generelt tidlig udvikling i delområderne af de vigtige miljøparametre.

REFERENCER

7

Andersen 2004, Tekniske anvisninger for marin overvågning | Andersen, Markager Ærtebjerg (red.) 1.2 Fluorescens | 27-10-04

Copernicus Climate Change Service. Homepage <https://climate.copernicus.eu/river-discharge> RIVER DISCHARGE IN EUROPE RIVER DISCHARGE - A CLOSER LOOK AT THE RIVER RHINE

Fenchel T. 2006. Naturen i Danmark, Havet, Kapitel 15. De frie vandmassers stofomsætning, Mathias Middelbroe, Michael Olesen

Gertz F. 2021 Tobias Berthel Bendixen Sebastian Piet Zacho, Flemming Gertz MILJØTILSTANDEN I LILLEBÆLT Beskrivelse af udviklingstendenser af centrale miljøparametre September 2021

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.

Hansen J.W. Høgslund S. (red.) 2021. Marine områder 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 192 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 475. <http://dce2.au.dk/pub/SR475.pdf>.

Nielsen, M.H., Vang, T., LundHansen, L.C. 2017. Internal hydraulic control in the Little Belt, Denmark – observations of flow configurations and water mass formation. Ocean Sci., 13: 1061–1075.

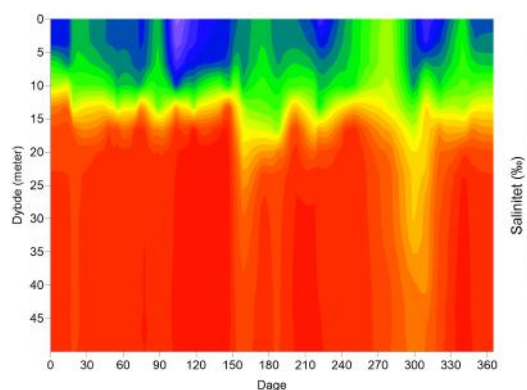
Nielsen, M. H. (2005) The baroclinic surface currents in the Kattegat. Journal of Marine Systems, vol. 55, pp. 97 – 121.

Nielsen, M. H. (2021) Statusrapport - De hydrografiske og kemiske forhold i Kattegat

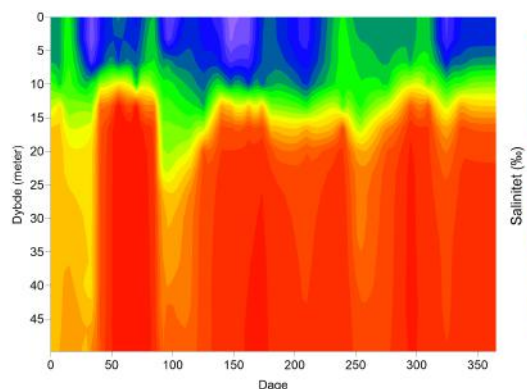
Rytter, D et al. 2001, David Rytter, Jacob Carstensen Jens Würgler Hansen 2021. Forbedret iltsvindsmodel. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s. Rådgivningsnotat nr. 60 <https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater2021/N202160.pdf>

Ærtebjerg G. 2005, Iltsvind i de danske farvande i oktober 2005

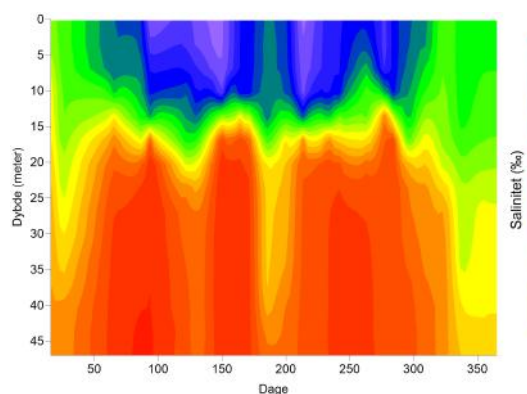
8.1 Salinitet



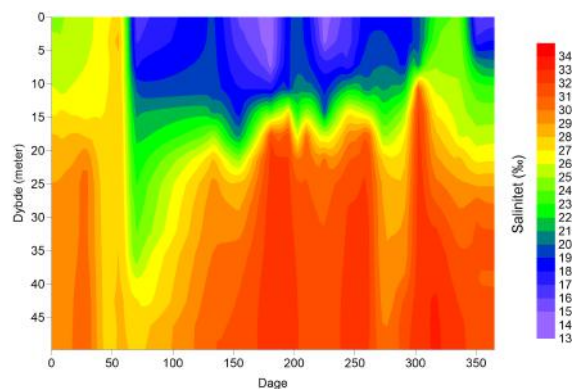
Figur 8.1 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.



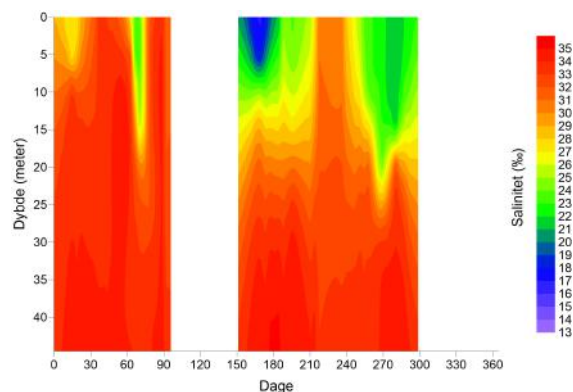
Figur 8.2 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001.



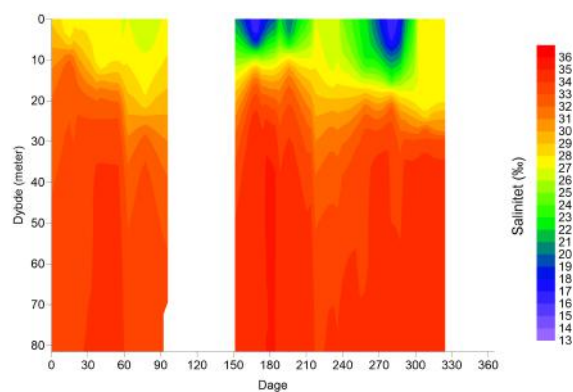
Figur 8.3 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.



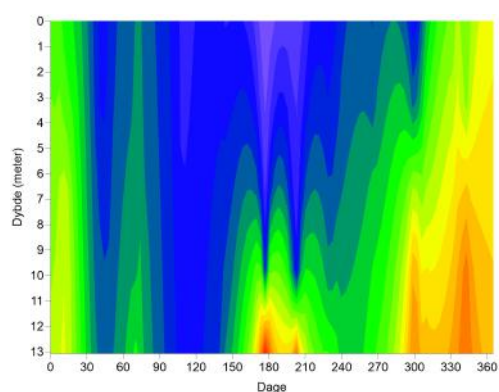
Figur 8.4 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.



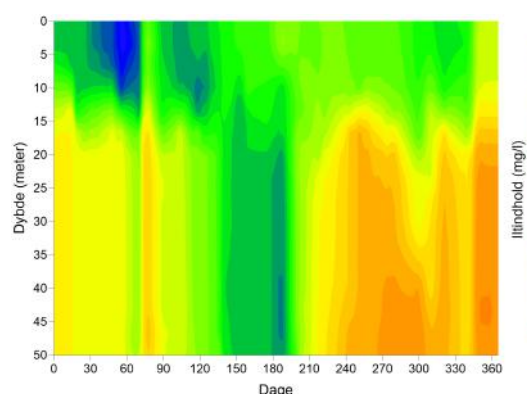
Figur 8.5 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000011.



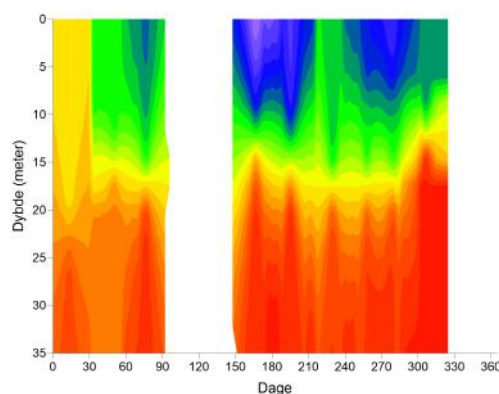
Figur 8.6 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000137.



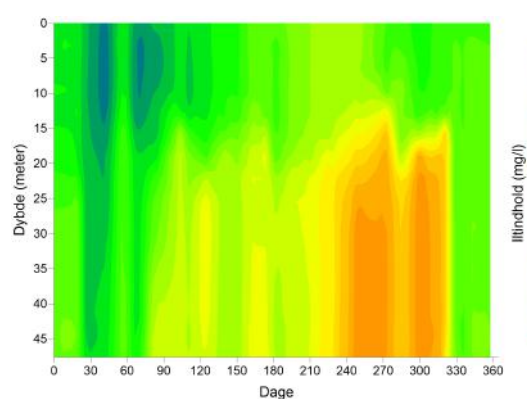
Figur 8.7 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100002.



Figur 8.10 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.

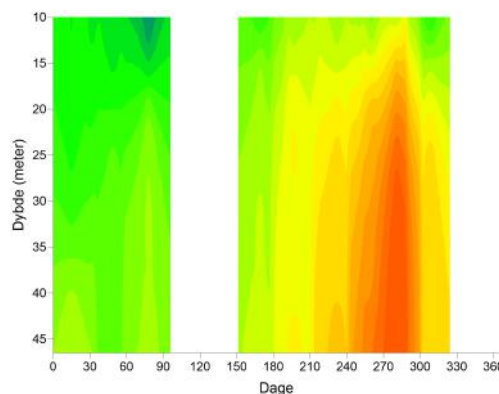


Figur 8.8 Isoplet af saltkoncentrationen (promille) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100009.

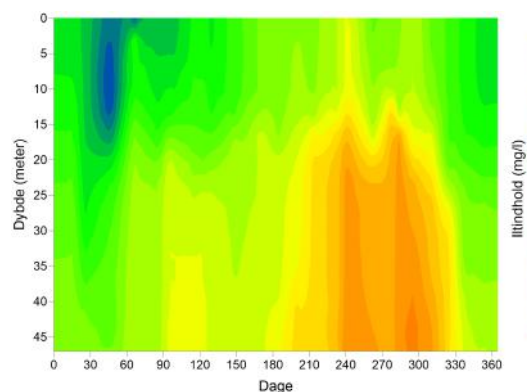


Figur 8.11 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001.

8.2 Ilt

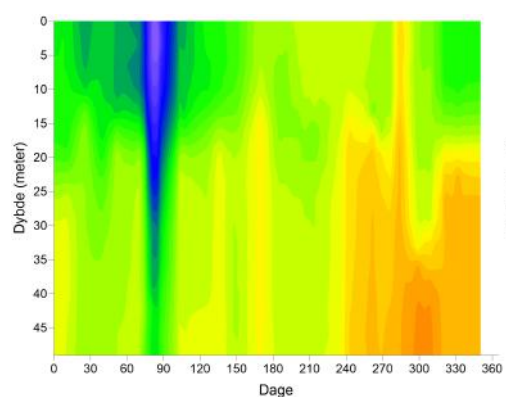


Figur 8.9 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001.

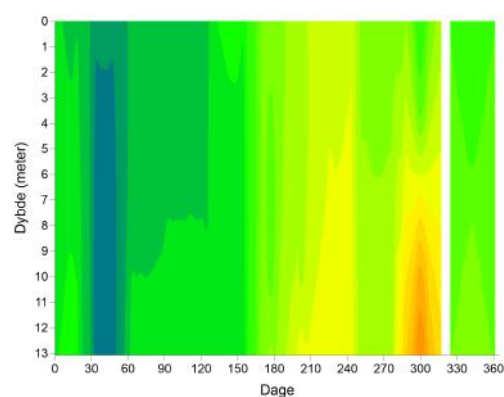


Figur 8.12 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.

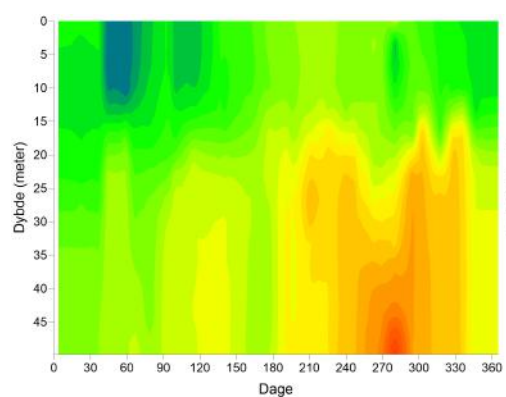
8. BILAG



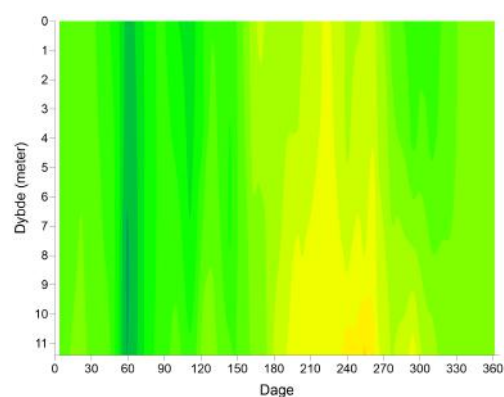
Figur 8.13 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001.



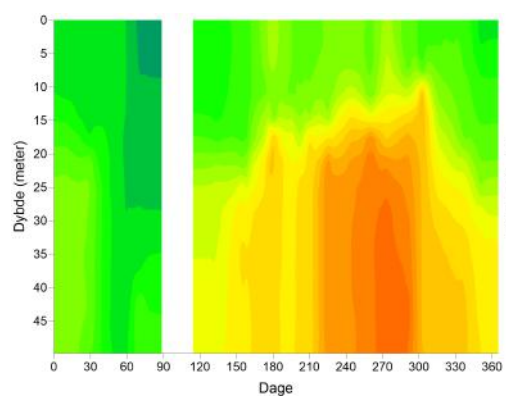
Figur 8.16 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100002.



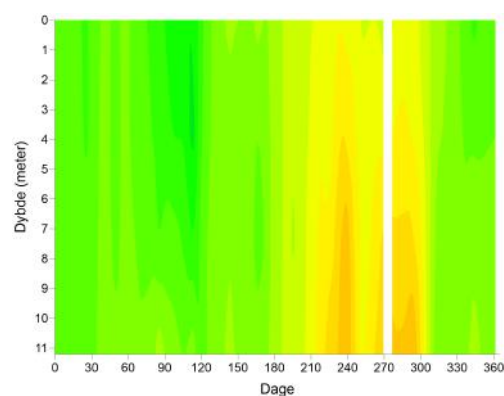
Figur 8.14 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001.



Figur 8.17 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93600004.

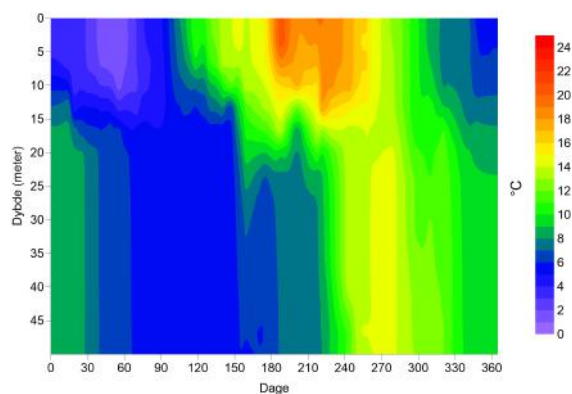


Figur 8.15 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.

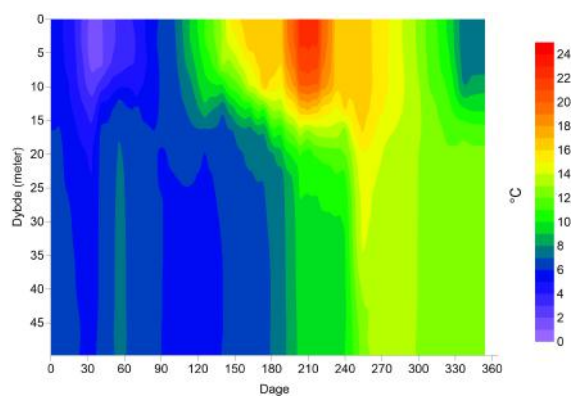


Figur 8.18 Isoplet af iltkoncentrationen (mg/l) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93920004

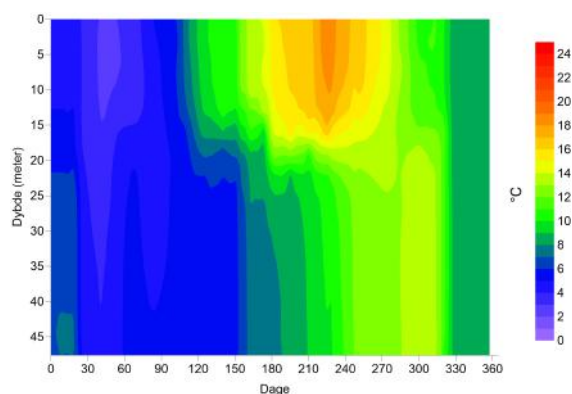
8.3 Temperatur



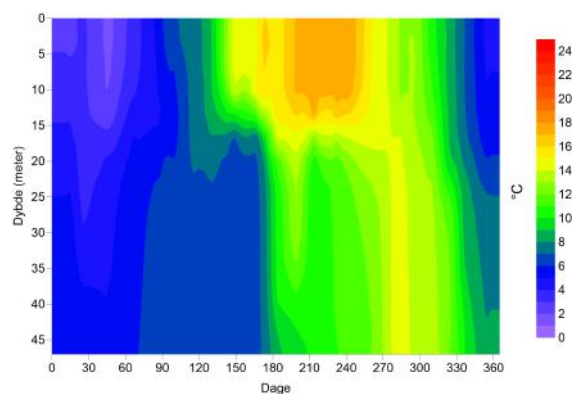
Figur 8.19 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001



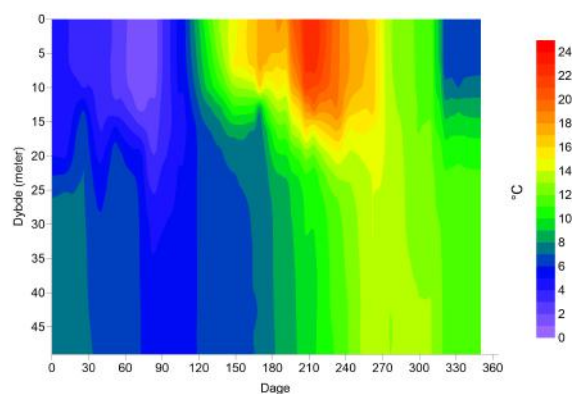
Figur 8.20 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001



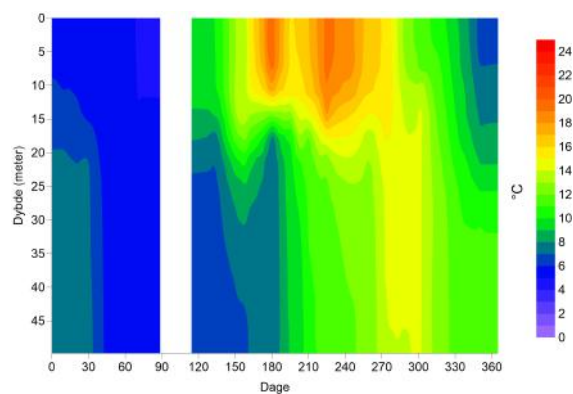
Figur 8.21 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001



Figur 8.22 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001

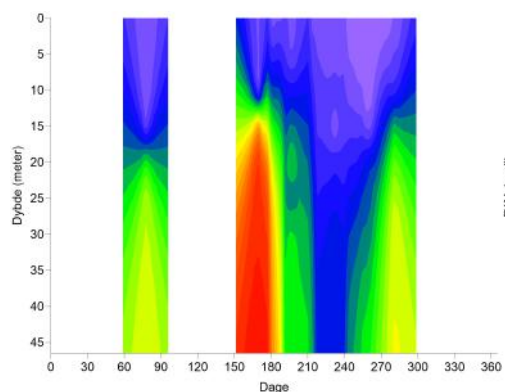


Figur 8.23 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001

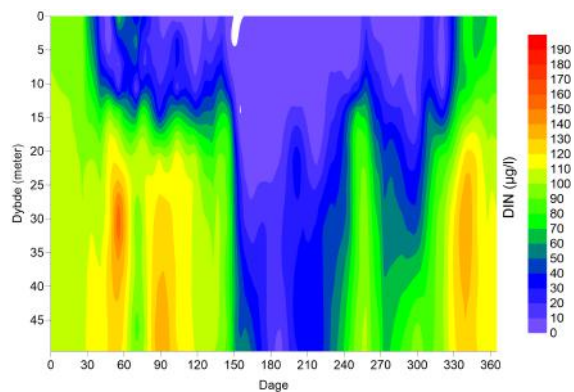


Figur 8.24 Isoplet af temperaturen (grader C) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001

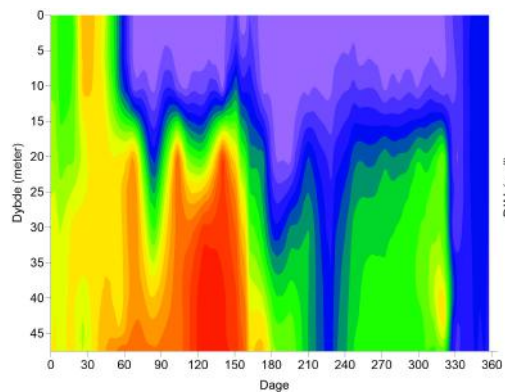
8.4 DIN



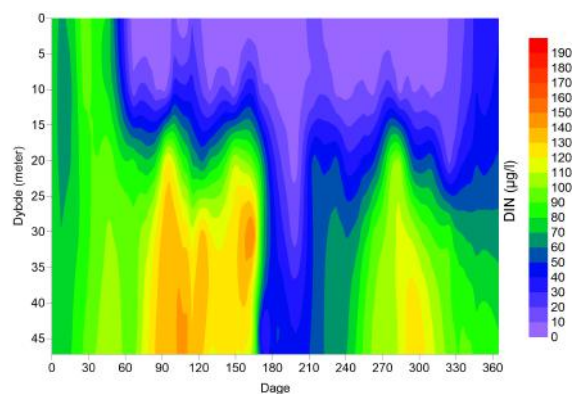
Figur 8.25 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001.



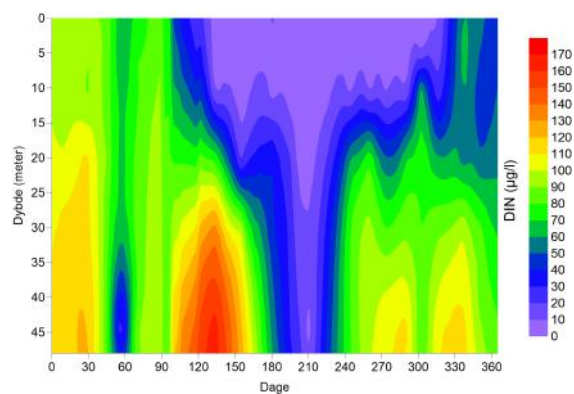
Figur 8.26 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.



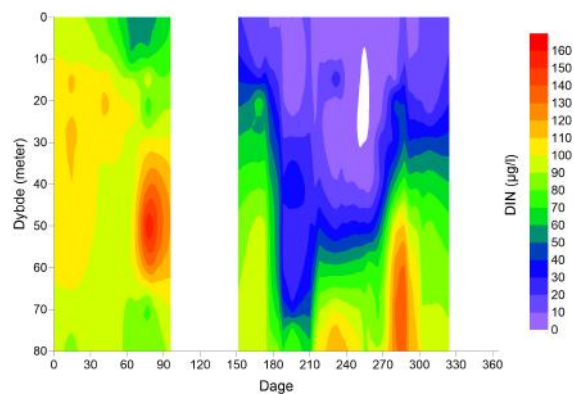
Figur 8.27 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001.



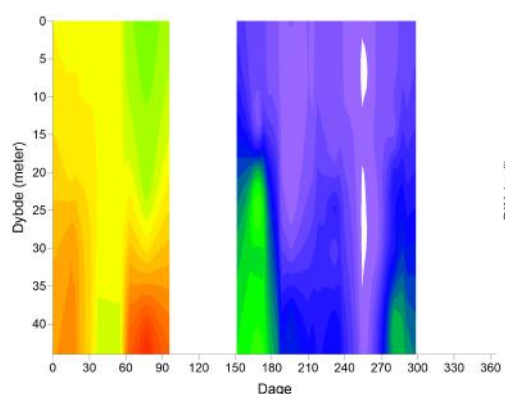
Figur 8.28 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.



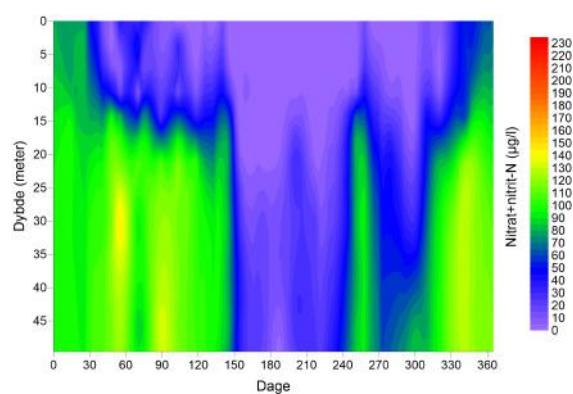
Figur 8.29 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.



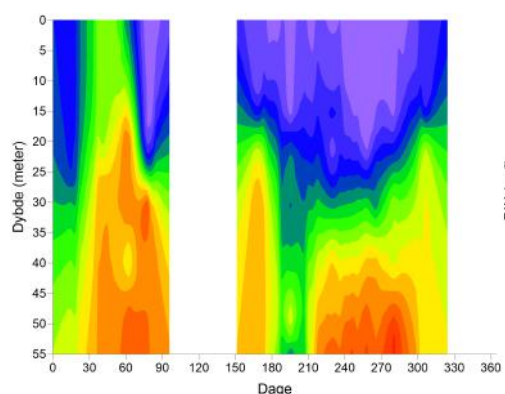
Figur 8.30 Isoplet af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000010.



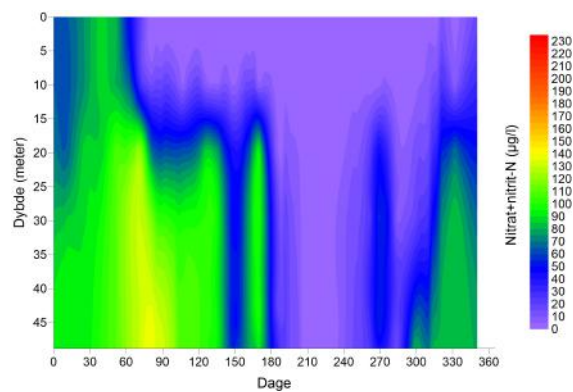
Figur 8.31 Isopleth af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000011.



Figur 8.34 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.

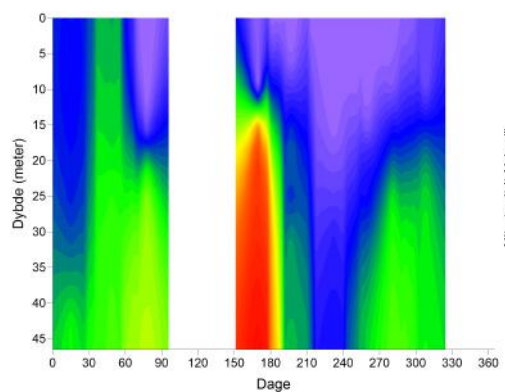


Figur 8.32 Isopleth af DIN-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000014.

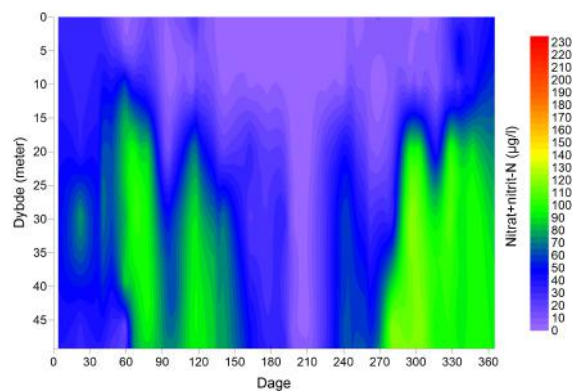


Figur 8.35 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001.

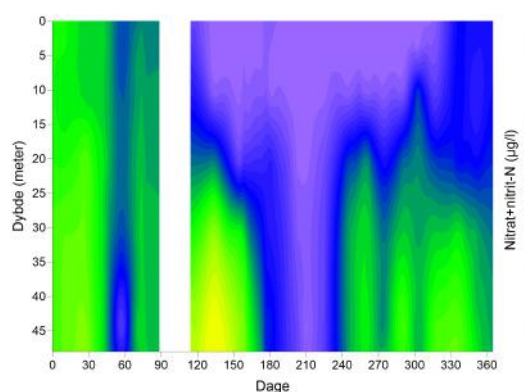
8.5 Nitrit+nitrat-N



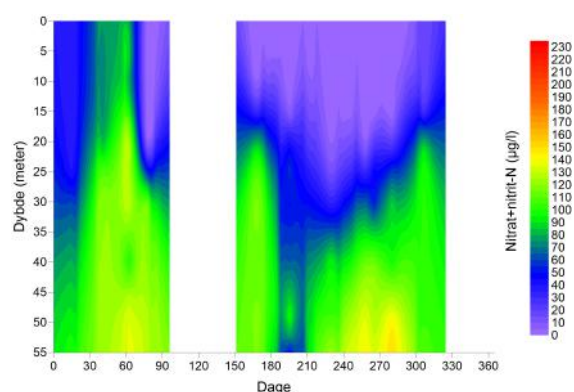
Figur 8.33 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001.



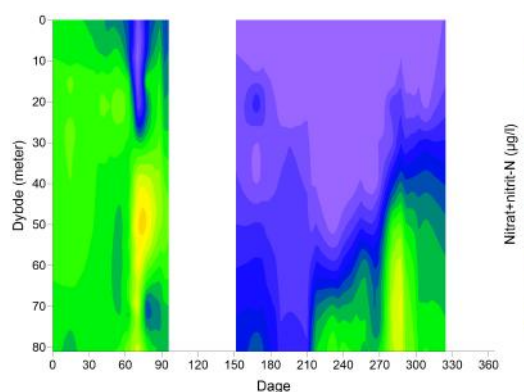
Figur 8.36 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001.



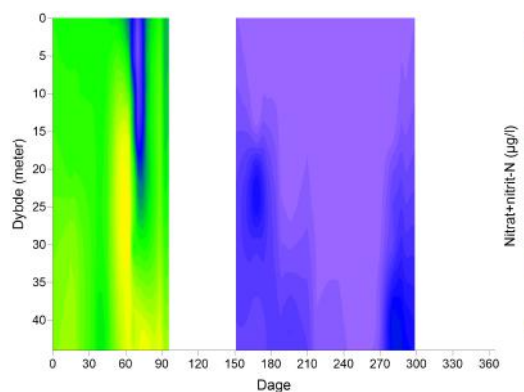
Figur 8.37 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.



Figur 8.40 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000014.

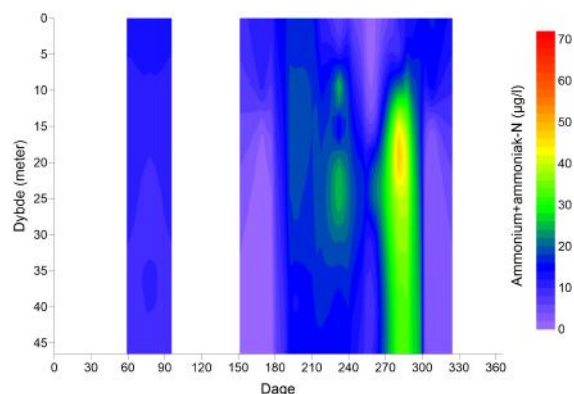


Figur 8.38 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000010.

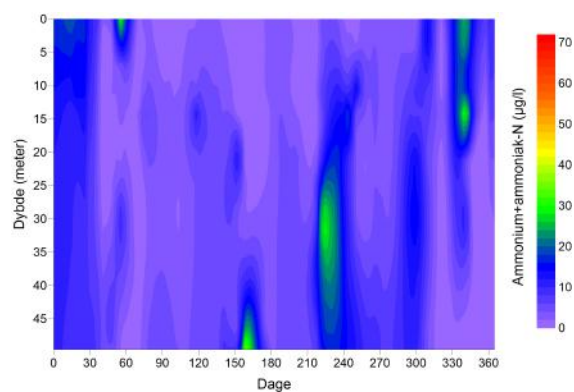


Figur 8.39 Isopleth af Nitrit+nitrat-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000011.

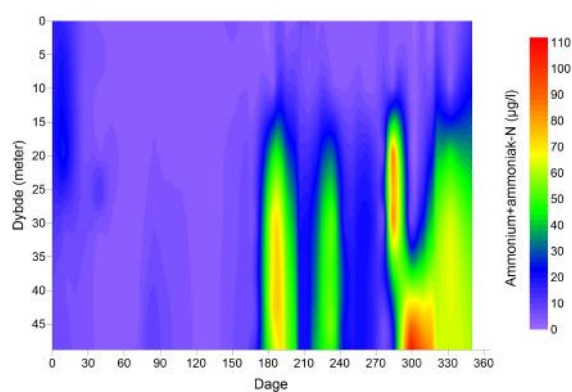
8.6 Ammoniak+ammonium-N



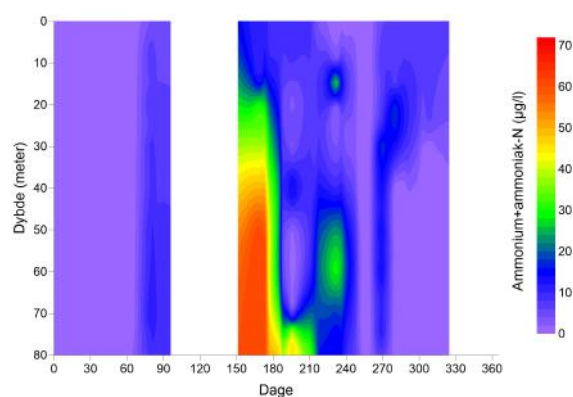
Figur 8.41 Isopleth af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001.



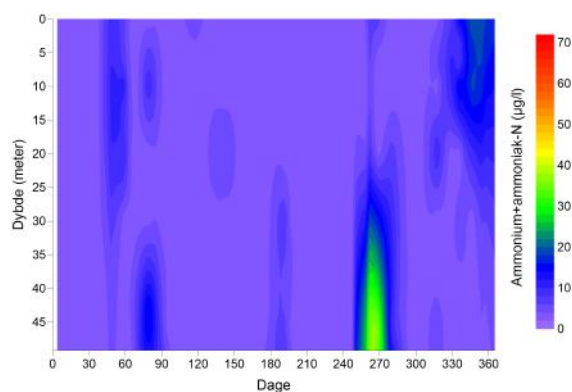
Figur 8.42 Isopleth af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.



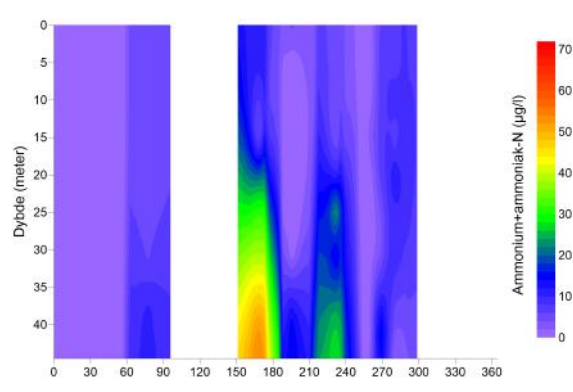
Figur 8.43 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001.



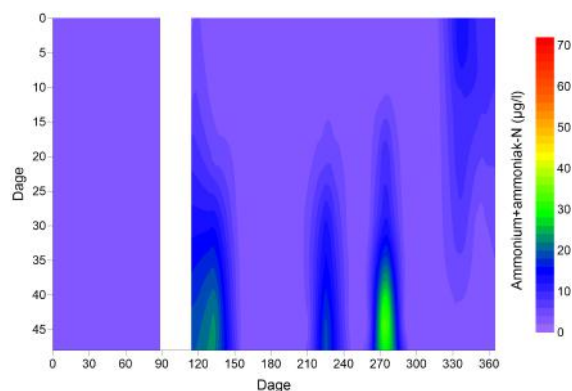
Figur 8.46 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000010.



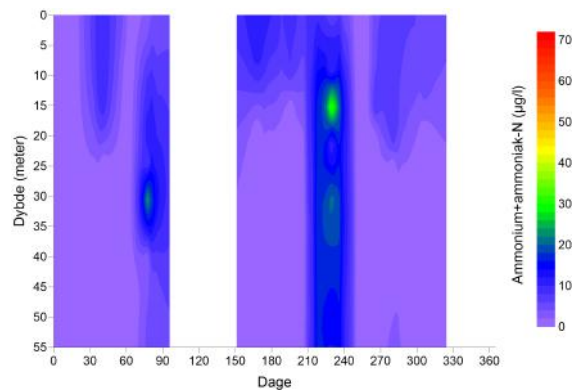
Figur 8.44 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001.



Figur 8.47 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000011.

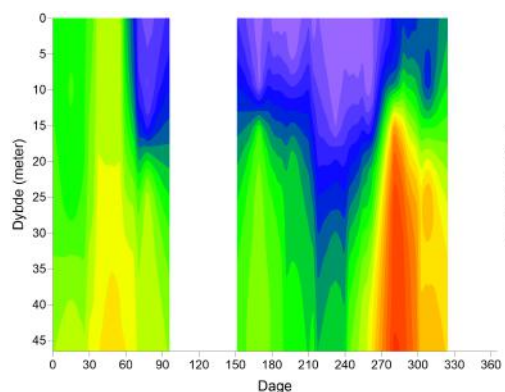


Figur 8.45 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.

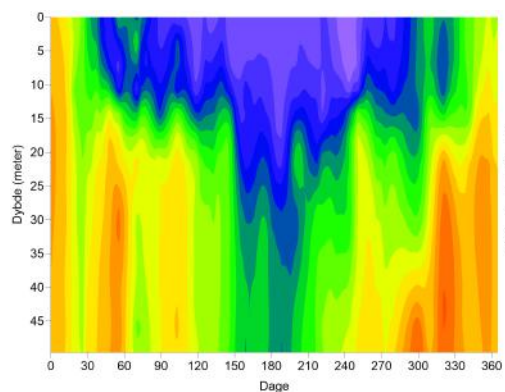


Figur 8.48 Isoplet af Ammoniak+ammonium-N-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000014.

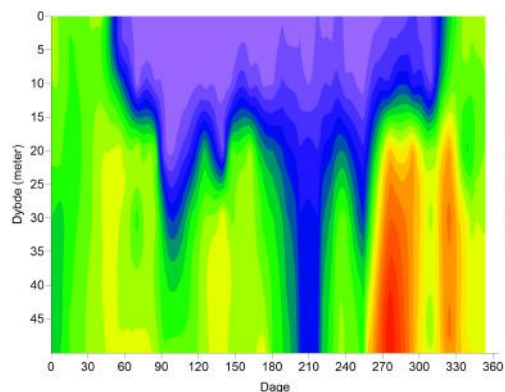
8.7 Orthofosfat-P



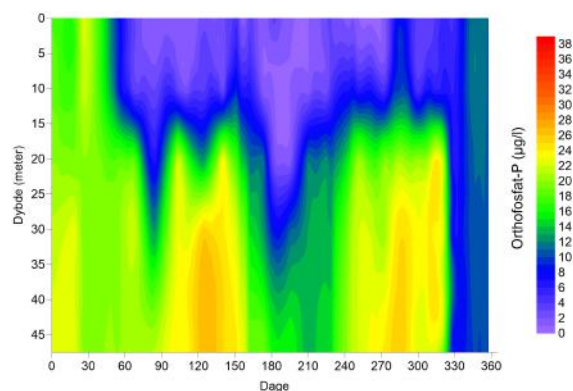
Figur 8.49 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000001.



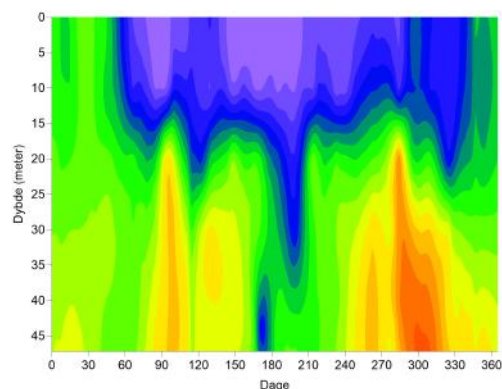
Figur 8.50 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.



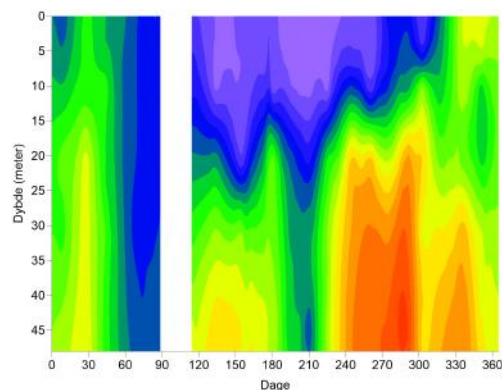
Figur 8.51 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001.



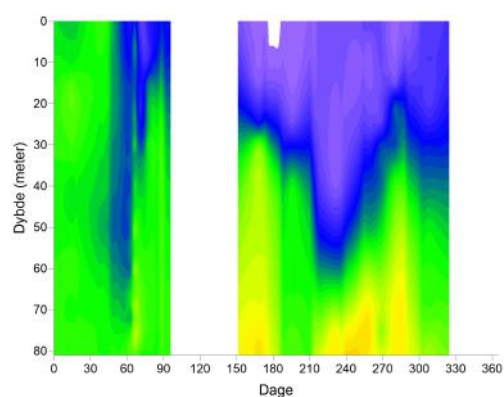
Figur 8.52 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001.



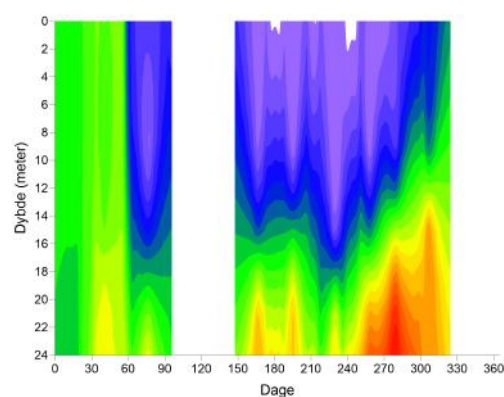
Figur 8.53 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.



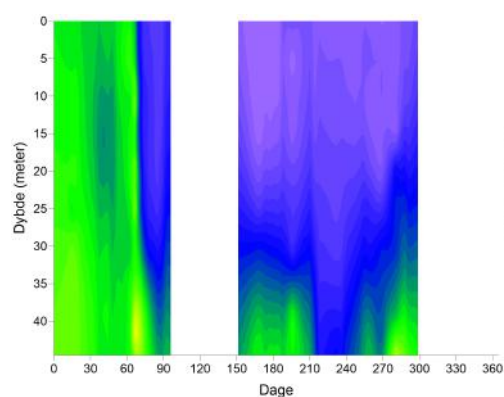
Figur 8.54 Isopleth af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.



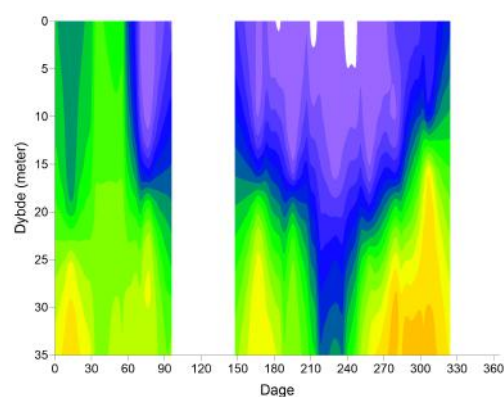
Figur 8.55 Isoplet af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000010.



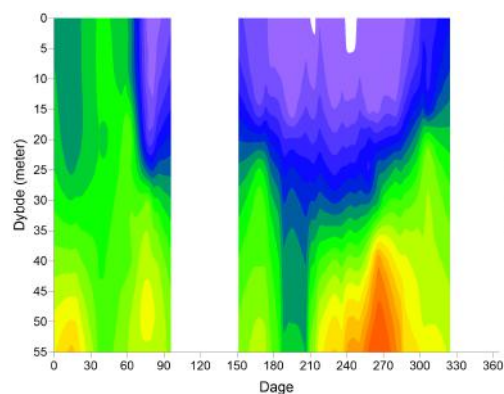
Figur 8.58 Isoplet af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100008.



Figur 8.56 Isoplet af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000011.

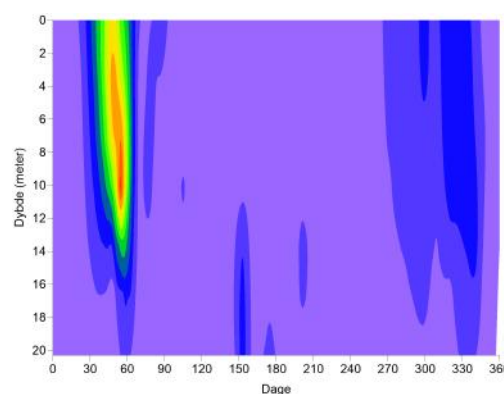


Figur 8.59 Isoplet af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93100009.

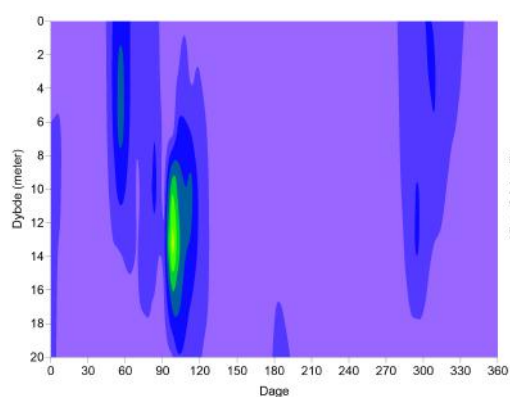


Figur 8.57 Isoplet af Orthofosfat-P-koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 1992 for station 93000014.

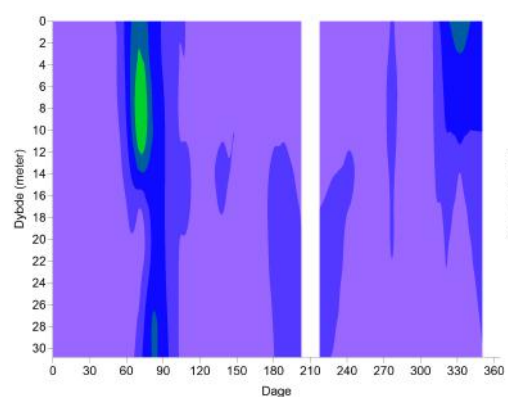
8.8 Klorofyl



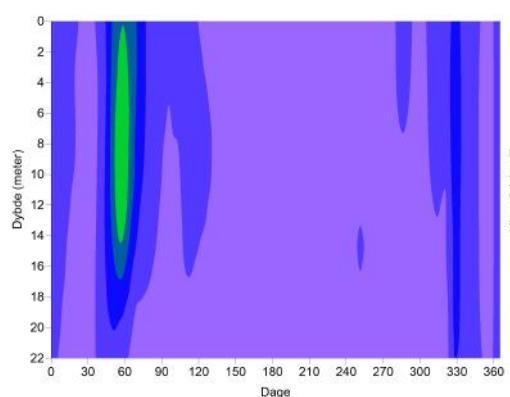
Figur 8.60 Isoplet af Klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2009 for station 93000001.



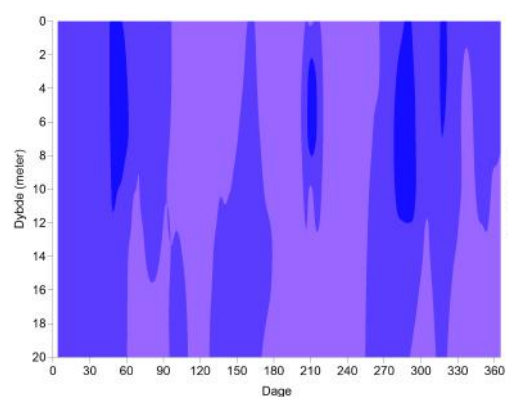
Figur 8.61 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001.



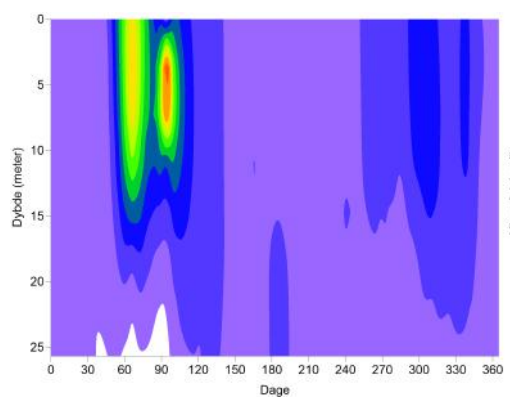
Figur 8.64 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001.



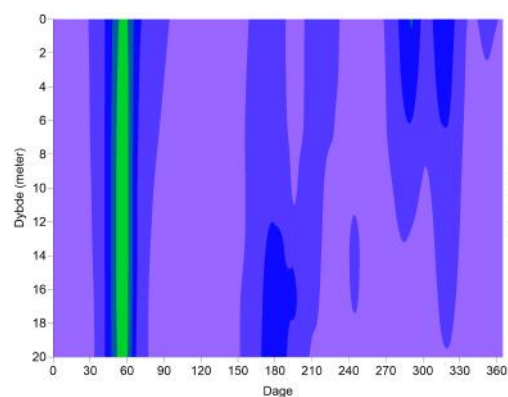
Figur 8.62 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001.



Figur 8.65 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001.

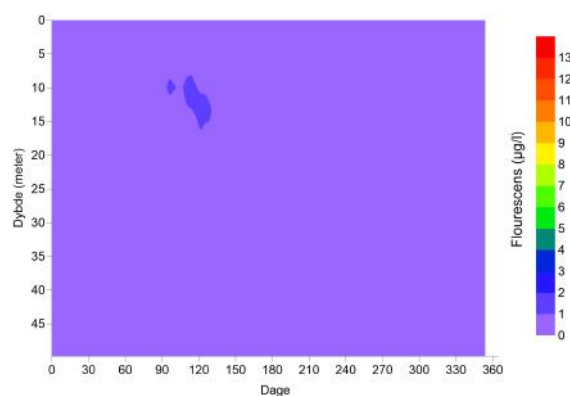


Figur 8.63 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.

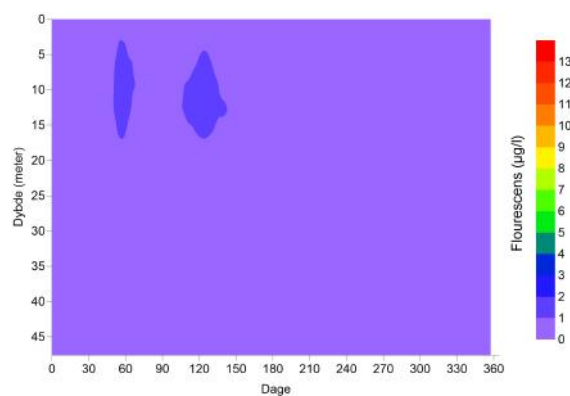


Figur 8.66 Isoplet af klorofylkoncentrationen ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2020 for station 93000001.

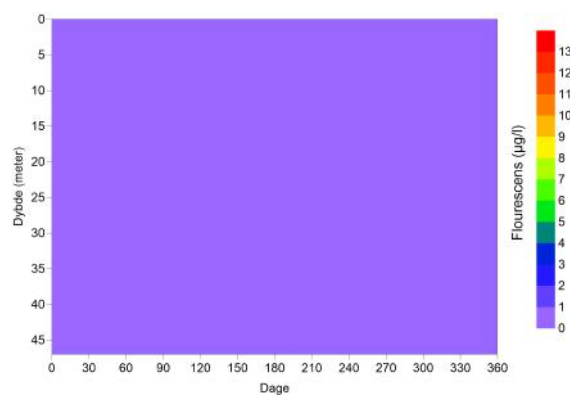
8.9 Fluorescens



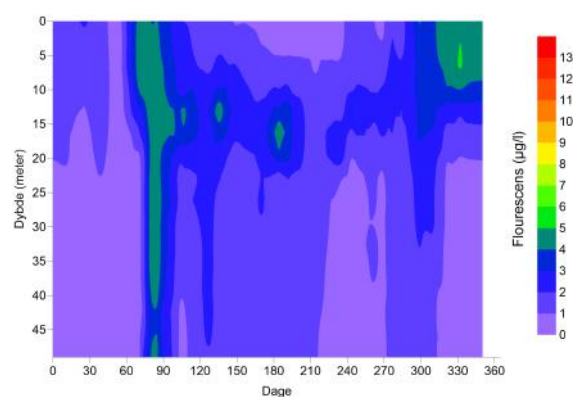
Figur 8.67 Isoplet af fluorescens ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2014 for station 93000001.



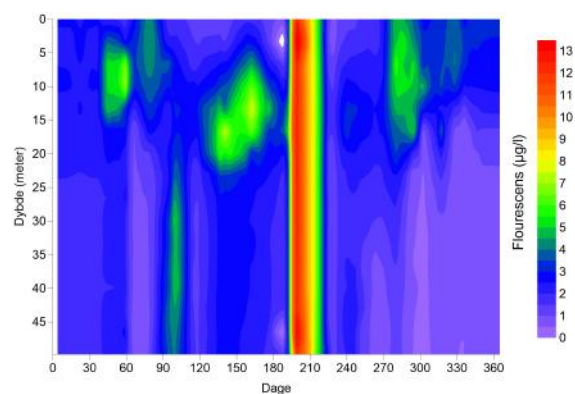
Figur 8.68 Isoplet af fluorescens ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2015 for station 93000001.



Figur 8.69 Isoplet af fluorescens ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2017 for station 93000001.



Figur 8.70 Isoplet af fluorescens ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2018 for station 93000001.



Figur 8.71 Isoplet af fluorescens ($\mu\text{g/l}$) gennem hele vandsøjlen pr. dag i 2019 for station 93000001.

KONTAKT OS

Flemming Gertz

Chefkonsulent

M +45 30 92 17 63

E flg@seges.dk



Line Kolding Thstrup

Miljøkonsulent

M +45 30 27 28 30

E likt@seges.dk



SEGES