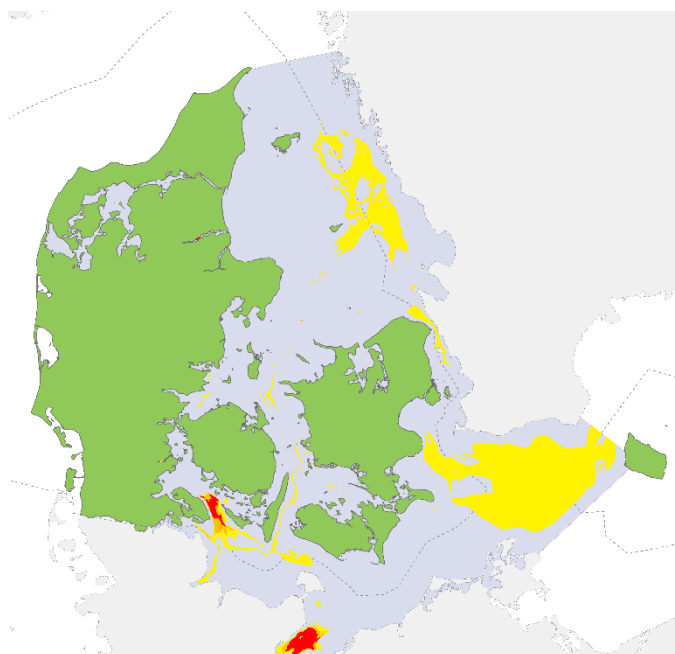


Iltsvind i danske farvande

22. september – 26. oktober 2023

Rådgivningsnotat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 3. november 2023 | **52**



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Rådgivningsnotat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Iltsvind i danske farvande 22. september – 26. oktober 2023

Forfattere: Jens Würgler Hansen og David Rytter
Institution: Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet

Faglig kommentering: Per Andersen, Institut for Ecoscience
Kvalitetssikring, DCE: Anja Skjoldborg Hansen, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
Sproglig kvalitetssikring: Anne Mette Poulsen, Institut for Ecoscience

Ekstern kommentering: Kommentarerne findes her: https://dce2.au.dk/pub/komm/N2023_52_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Jens Würgler Hansen & David Rytter 2023. Iltsvind i danske farvande 22. september – 26. oktober 2023. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 25 s. Rådgivningsnotat nr. 2023|52

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Arealudbredelse af iltsvind og lavt iltindhold 16.–26. oktober 2023

Sideantal: 25

Indhold

Nationale iltsvindskort	5
Sammenfatning	6
Summary	8
1. Indledning	10
1.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?	10
1.2 Hvordan påvirker iltsvind havbunden?	11
2. Vejrlig	12
2.1 Vind	12
2.2 Temperatur	12
2.3 Nedbør	13
3. Oversigt over de enkelte farvande	14
3.1 Vadehavet, Vesterhavet, Nordsøen og Skagerrak	14
3.2 Limfjorden	14
3.3 Kattegat og omgivende farvande	15
3.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande	15
3.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælter og fjorde	16
3.6 Farvandene omkring Sjælland, Lolland og Falster	20
3.7 Farvandene omkring Bornholm	23
3.8 Kort over danske farvande	24
4. Kontaktpersoner	25

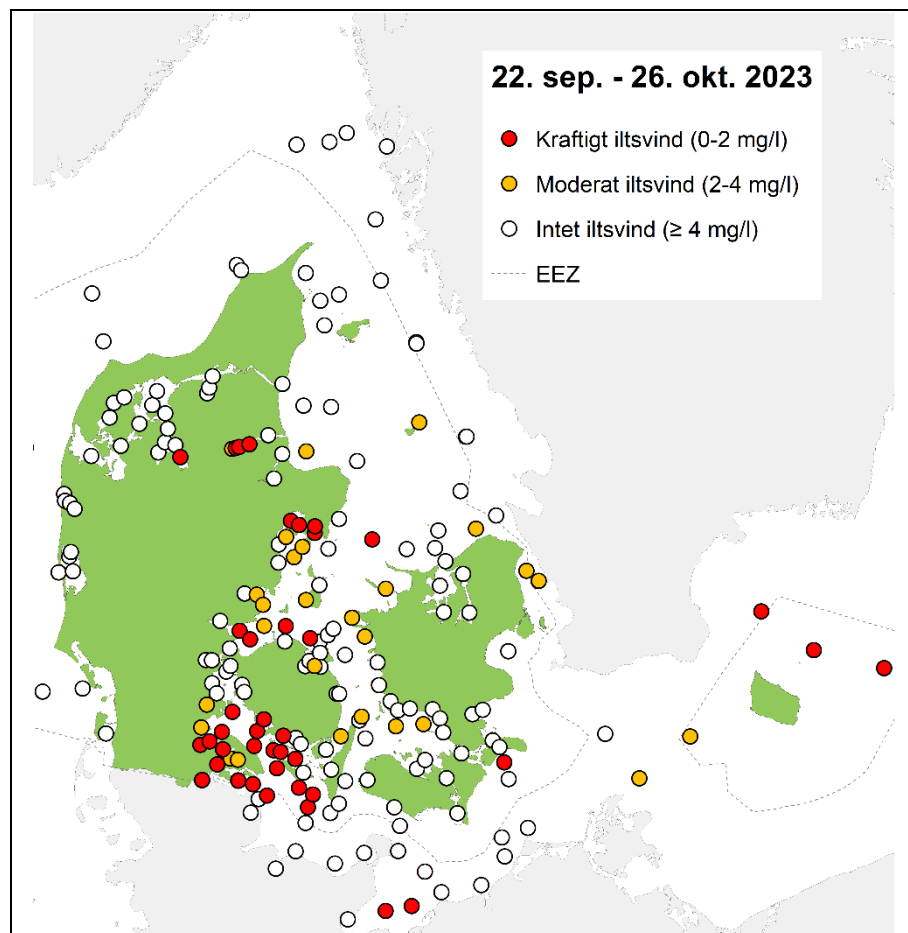
Nationale iltvindskort

Figur 1. Niveauer for den lavest registrerede iltkoncentration på de besøgte stationer i perioden 22. september - 26. oktober.

Bemærk, at *figur 1* viser de lavest registrerede iltkoncentrationer for hele perioden og derfor ikke nødvendigvis kan sammenlignes med *figur 2*, der angiver iltvindets udbredelse for en del af perioden.

Levels for the lowest registered oxygen concentration for each of the stations visited during the period 22 September – 26 October.

Please notice that *figure 1* shows the lowest observed concentrations for the entire period and thus cannot necessarily be compared to *figure 2* that shows the distribution of oxygen depletion for part of the period.

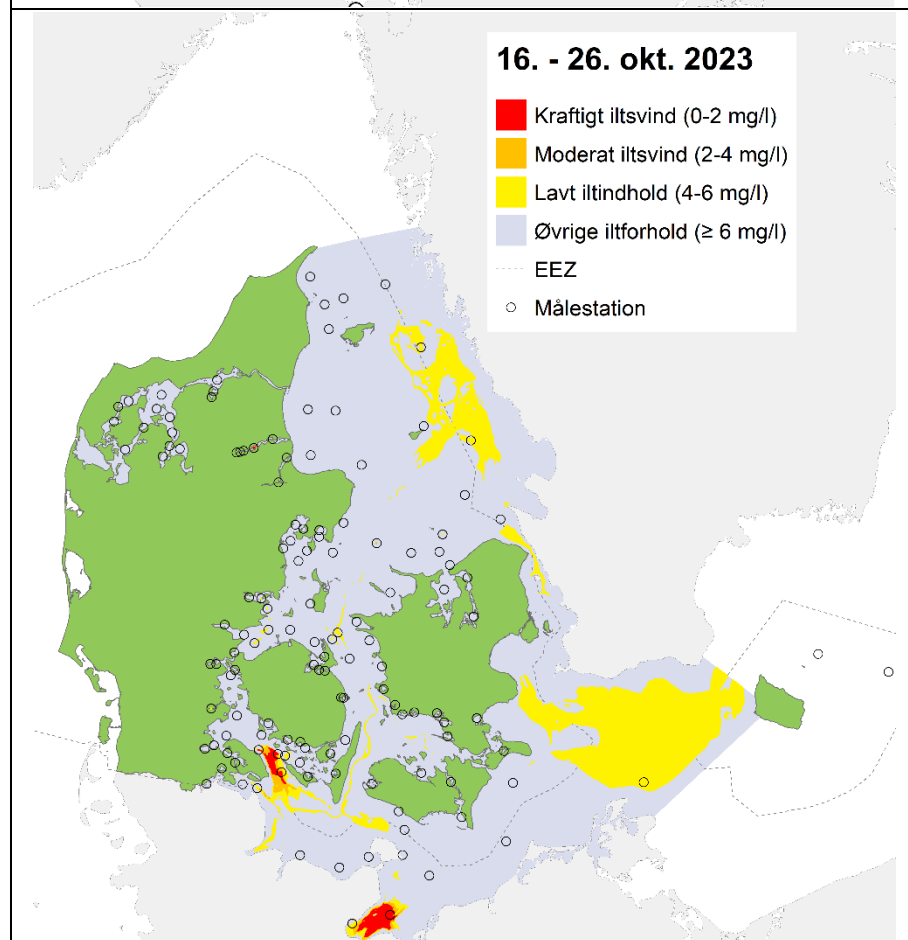


Figur 2. Arealudbredelse af iltforhold modelleret ud fra målinger foretaget 16.-26. oktober. Hvis der i perioden er målt to gange på den samme station, anvendes den seneste måling.

Stationer besøgt i modelleringsperioden og afgrænsningen af de danske farvande (EEZ, Exclusive Economic Zone) er angivet.

Areal distribution of oxygen conditions modelled for 16-26 October. If a station is visited twice within the modelling period, the modelled area is based on the latest data.

Stations visited during the modelling period and the delimitation of the Danish marine waters are shown.



Sammenfatning

Denne rapportering dækker perioden 22. september - 26. oktober, dvs. i forlængelse af det omfattende iltsvind midt i september, som var det hidtil næststørste registreret. I de efterfølgende to uger blev de dårlige ilthold fastholdt og i nogle områder endda yderligere forværret. Den megen blæst i løbet af oktober forbedrede iltholdene markant. I starten af oktober var de hårdest ramte iltsvindsområder Mariager Fjord, Aarhus Bugt og mange af de østjyske fjorde syd herfor, det sydlige Lillebælt, Det Sydfynske Øhav og Marstal Bugt. I adskillige af disse områder var der iltfrit i bundvandet, og der blev frigivet giftig svovlbrinte fra bunden. Der blev observeret døende fisk og smådyr inderst i Horsens og Vejle Fjord sidst i september og i starten af oktober. Sidst i oktober var der i de indre danske farvande kun udbredt iltsvind i det sydlige Lillebælt mellem Als og Ærø.

Vejrliget i rapporteringsperioden (22. september - 26. oktober) var især karakteriseret ved kraftig blæst i oktober og relativ høj vandtemperatur. Blæst bremser iltsvindets udvikling, og kraftig blæst reducerer iltsvindets udbredelse, da blæst opblander vandsøjlen og derved fører iltrigt overfladevand ned i det iltfattige bundvand. Høj vandtemperatur fremmer iltsvind, da hastigheden af iltholdet stiger med temperaturen, og ilts opløselighed i vand falder med temperaturen.

I perioderne 4.-7. og 11.-15. oktober var der hård til stormende kuling fra vest. I dagene 19.-21. var der stormende kuling fra øst. Østenvinden bevirkede meget store vandstandsstigninger langs de østvendte kyster, især i det sydøstjyske, og resulterede i en såkaldt stormflod. Temperaturen i bundvandet var relativ høj i hele rapporteringsperioden, så derfor var vindhændelserne langt den væsentligste årsag til de markante forbedringer i iltholdene i oktober.

De omfattende og meget dårlige ilthold midt i september fortsatte til lidt ind i oktober. Langt størstedelen af forbedringen i iltholdene skete som følge af de to første vindhændelser i oktober, mens effekten af den efterfølgende stormflod var mindre. Stormfloden mindskede ikke det samlede iltsvindsareal, men iltsvindsvolumenet og arealet med kraftigt iltsvind var næsten halveret efter stormen. Rapporteringsperioden indledtes således med meget dårlige ilthold i store områder, mens der ved periodens slutning kun var iltsvind tilbage i de indre danske farvande i 'Dybet' i Mariager Fjord og i de dybeste dele af det sydlige Lillebælt (figur 1 & 2).

I starten af oktober var de hårdest ramte iltsvindsområder Mariager Fjord, Aarhus Bugt og mange af de østjyske fjorde syd herfor, det sydlige Lillebælt, Det Sydfynske Øhav og Marstal Bugt. Der var også udbredt og overvejende kraftigt iltsvind i et sammenhængende område i den sydlige del af Lübeck Bugt. I mange områder var der iltfrit i bundvandet, og i en stor andel af dem blev der frigivet giftig svovlbrinte fra bunden. Der blev observeret døende fisk og smådyr i bunden af Horsens og Vejle Fjord sidst i september og i starten af oktober.

Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande (inden for EEZ-linjen) udgjorde sidst i oktober knap 400 km², hvoraf ca. en fjerdedel var påvirket af kraftigt iltsvind. Arealet i oktober i år var en tyvendedel af arealet i september og af samme størrelse som i oktober sidste år. I de indre danske farvande var der sidst i oktober i år et areal på 1.800 km², hvor iltholdet var lavt, men dog over grænsen til iltsvind.

Udbredt iltsvind forudsætter en forudgående stor tilførsel af næringsstoffer (eutrofiering), men iltsvindets udvikling i løbet af året reguleres væsentligst af bundvandstemperaturen og vindforholdene. Det resterende iltsvind i det sydlige Lillebælt vil formodentlig forsvinde helt eller næsten helt i løbet af den kommende måned som følge af blæst og faldende temperaturer. Forholdene for især bundlevende dyr, fisk og planter har dog været meget kritiske i de hårdest ramte områder til helt ind i oktober. Flere af områderne var dog i forvejen så forarmede, at de fortsatte dårlige iltforskel ikke har kunnet forværre forholdene ret meget. Vindhændelserne i oktober forbedrede betingelserne for livet i havet, som langsomt vil genetableres indtil næste iltsvindssæson.

Summary

This reporting covers the period 22 September – 26 October, i.e. in continuation of the extensive oxygen depletion in mid-September, which was the second largest recorded so far. In the following two weeks, the poor oxygen conditions were maintained and in some areas worsened even further. The strong wind during October improved the oxygen conditions significantly. At the beginning of October, the most severely affected areas of oxygen depletion were Mariager Fjord, Aarhus Bay and many of the east Jutland fjords south of here, the southern Little Belt, the Southern Funen Archipelago and Marstal Bay. In several of these areas, the bottom water was devoid of oxygen, and toxic sulphide was released from the bottom. Dying fish and benthic animals were observed at the inner part of Horsens and Vejle Fjord at the end of September and at the beginning of October. At the end of October, there was only widespread oxygen depletion in the inner Danish waters in the southern Little Belt between Als and Ærø.

The weather during the reporting period (22 September – 26 October) was particularly characterised by strong winds in October and relatively high water temperatures. Strong wind slow down the development of oxygen depletion, and very strong winds reduce the spread of oxygen depletion as wind stirs up the water column and thereby transports oxygen-rich surface water down into the oxygen-poor bottom water. High water temperature promotes oxygen depletion as the rate of oxygen consumption increases with temperature, and the solubility of oxygen in the water decreases with temperature.

In the periods 4-7 and 11-15 October, there was a hard to stormy gale from the west. From 19-21 October, there was a stormy gale from the east. The easterly wind caused very large rises in water levels along the east-facing coasts, especially in south-east Jutland, resulting in a so-called storm surge. The temperature in the bottom water was relatively high throughout the reporting period, so the wind events were by far the most important reason for the significant improvements in oxygen conditions during October.

The extensive and very poor oxygen conditions in mid-September continued into early October. The improved oxygen conditions are mainly a result of the first two wind events in October, while the effect of the subsequent storm surge was smaller. The storm surge did not reduce the total area affected by oxygen depletion, but the oxygen depletion volume and the area with severe oxygen depletion were almost halved after the storm. The reporting period thus began with very poor oxygen conditions in large areas, while at the end of the period oxygen depletion only remained in the inner Danish waters in the 'Dybet' in Mariager Fjord and in the deepest parts of the southern Little Belt (figures 1 & 2).

At the beginning of October, the most severely affected areas of oxygen depletion were Mariager Fjord, Aarhus Bay and many of the east Jutland fjords south of here, the southern Little Belt, the Southern Funen Archipelago and Marstal Bay. There was also widespread and predominantly severe oxygen depletion in a continuous area in the southern part of the Bay of Lübeck. In many areas, the bottom water was oxygen-depleted, and in a large proportion of them, toxic sulphide was released from the bottom. Dying fish and benthic animals were observed at the inner part of Horsens and Vejle Fjord at the end of September and at the beginning of October.

The total area affected by oxygen depletion in the inner Danish waters (within the EEZ line) included almost 400 km² at the end of October, of which approx. a quarter was affected by severe oxygen depletion. The area in October this year was one twentieth of the area in September and the same size as in October last year. In the inner Danish waters, at the end of October this year, there was an area of 2,200 km² where the oxygen content was low but above the limit for oxygen depletion.

Widespread oxygen depletion requires a prior substantial input of nutrients (eutrophication), but the development of oxygen depletion throughout the year is primarily regulated by bottom water temperature and wind conditions. The remaining oxygen depletion in the southern part of Little Belt will presumably disappear completely or almost entirely over the course of the coming month due to strong wind and decreasing temperatures. However, the conditions for especially benthic animals, fish and plants have been very critical in the most severely affected areas up until early October. Nonetheless, several areas were already so impoverished that the ongoing poor oxygen conditions could not deteriorate the conditions very much. Wind events in October improved the conditions for marine life, which will slowly re-establish until the next oxygen depletion season.

1. Indledning

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, udsender hvert år fire iltsvindsrapporteringer. Rapporteringerne beskriver de aktuelle iltf forhold i de danske samt tilgrænsende svenske og tyske farvande i perioderne juli-august, august-september, september-oktober og oktober-november. Perioderne dækker det tidsrum, hvor iltsvind typisk er mest udbredt.

Denne rapportering giver en status for den aktuelle udvikling og udbredelse af iltsvind fra og med 22. september til og med 26. oktober 2023. Formålet med rapporteringen er at give offentligheden et indblik i iltsvindssituationen i perioden.

Oversigten er udarbejdet af DCE i samarbejde med Miljøstyrelsen (MST) samt svenske og tyske institutioner. Grundlaget for rapporteringen er MST's målinger af iltindholdet i danske farvande og svenske og tyske myndigheders målinger i tilgrænsende farvandsområder.

På baggrund af aktuelle målinger udarbejder DCE nationale stationskort og fladeudbredelseskort over iltf forholdene i de indre farvande samt fladeudbredelseskort for udvalgte lokale områder. MST's enheder udarbejder stationskort for udvalgte lokale områder. Stationskort viser det laveste målte iltindhold på de enkelte stationer. Fladeudbredelseskort er baseret på modelberegnete ekstrapolationer af de faktiske målinger i forhold til variationen i dybdeforholdene og viser den mest sandsynlige arealudbredelse af iltsvind.

1.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?

Iltsvind opstår, når iltf forbruget i bundvandet er større end ilttilførslen. Iltforbruget skyldes bunddyrs samt bakteriers og andre mikroorganismers respiration ved nedbrydning af organisk stof og den efterfølgende oxidation af reducerede kemiske forbindelser (iltgæld). Iltforbruget afhænger af mængden og nedbrydeligheden af det organiske stof samt af temperaturen. I Danmark betegnes det som *iltsvind*, når iltkoncentrationen i vandet er mindre end 4 mg l⁻¹, og som *kraftigt iltsvind*, når koncentrationen er under 2 mg l⁻¹. Niveaueet mellem 2 og 4 mg l⁻¹ kaldes for *moderat iltsvind*. Iltsvind i de åbne farvande forekommer hovedsageligt fra juli til november, men i nogle kystvande opstår iltsvind ofte før juli.

Iltsvind er i løbet af de seneste ca. hundrede år forøget i hyppighed, udbredelse, varighed og intensitet som følge af eutrofiering (forøget tilførsel af næringsstoffer og organisk stof) og klimaforandringer. Eutrofiering fører til øget produktion af planteplankton, som synker til bunds og nedbrydes. Derved stiger iltf forbruget, og der kan udvikles iltsvind ved bunden især i områder, hvor vandsøjlen er lagdelt. Klimaforandringer vil i de fleste tilfælde forstærke effekten af eutrofiering. Stigende temperatur stimulerer udviklingen af iltsvind, da varmere vand indeholder mindre ilt, øger iltf forbruget og styrker lagdelingen af vandsøjlen. Øget nedbør medfører en større tilførsel af vand, næringsstoffer og organisk stof fra land til hav, hvilket medfører større eutrofiering og styrket lagdeling af vandsøjlen. Ændrede vindforhold påvirker opblandingen af vandmasserne samt strømforholdene og dermed ilttilførslen til bundvandet. Mere vind øger ilttilførslen, mens mindre vind mindsker ilttilførslen.

De aktuelle vejrsmæssige forhold bidrager til at fastholde, fremme eller mindske iltsvind. Ilttilførslen til bundvandet er først og fremmest styret af vind- og strømforholdene, som er afgørende for opblandingen af vandsøjlen og vandudskiftningen nær bunden. Dårlig opblanding og svag strøm kan føre til lagdeling af vandsøjlen og utilstrækkelig ilttilførsel til bunden. Iltsvind opstår

derfor typisk i forbindelse med saltlagdeling af vandsøjlen og forstærkes af vindsvage, varme perioder med temperaturlagdeling. Ved saltlagdeling er overfladevandet mindre salt og dermed lettere end bundvandet. Ved temperaturlagdeling flyder varmere og dermed lettere overfladevand oven på koldere og dermed tungere bundvand. Længerevarende isdække kan også afkoble ilttilførslen til bundvandet og forårsage iltsvind.

Iltsvind forekommer også naturligt, dvs. uden eutrofiering eller klimaforandringer, men kun i meget begrænset omfang og typisk i dybere sedimentationshuller. Det er eutrofiering, som skaber grundlaget for iltsvind i et omfang ud over det naturlige, mens det er de vejrmæssige forhold, som udløser iltsvind og er afgørende for år til år-variationen i dets udbredelse, varighed og intensitet.

1.2 Hvordan påvirker iltsvind havbunden?

Iltindholdet i bundvandet er af afgørende betydning for bundplanter, bunddyr og bundlevende fisk. Lavt iltindhold ($4-6 \text{ mg l}^{-1}$) stresser larvestadiet af nogle bunddyr og fisk samt voksne individer af særligt følsomme arter. Ved moderat iltsvind ($2-4 \text{ mg l}^{-1}$) søger mange fisk og mere mobile bunddyr væk fra de ramte områder, og ved længere perioder med kraftigt iltsvind ($< 2 \text{ mg l}^{-1}$) dør bunddyr og bundplanter. Selv fisk og mobile bunddyr kan blive udsat for iltsvind, hvis vind og strøm pludselig flytter iltfattigt vand fra et område til et andet.

Iltsvind påvirker desuden den kemiske og biologiske omsætning i havbunden, fx mindsker iltsvind havbundens evne til at tilbageholde næringsstoffer og svovlbrinte. I havbunden er en del af næringsstofferne bundet til iltede kemiske forbindelser. Ved længerevarende iltsvind opløses de iltede forbindelser, og de tilknyttede næringsstoffer frigives til vandfasen (intern belastning). Længerevarende iltsvind kan også føre til, at der dannes hvide belægninger af svovlbakterier på havbunden – det såkaldte liglagen. Svovlbakterierne i liglaget bruger det sidste ilt i bundvandet til at ilte svovlbrinte, der er trængt helt op i de øverste millimeter af havbunden, til gullighvid, elementært svovl. Liglaget repræsenterer derfor den sidste barriere, inden svovlbrinte frigives fra havbunden til vandfasen, hvor det ved iltning misfarver vandet pga. dannelsen af elementært svovl. Når den sidste ilt er opbrugt, forsvinder liglaget, og bunden farves sort af jernsulfid, som er en kemisk forbindelse mellem reduceret jern og svovlbrinte, og overskydende svovlbrinte kan sive op i bundvandet.

Iltsvind kan også bevirke en pludselig frigivelse af store mængder svovlbrinte som følge af en større produktion af metan i havbunden. Metanbobler, som strømmer ud af havbunden, kan løfte den øverste del af havbunden op i vandet (bundvending), og herved frigives svovlbrinte til vandfasen. Svovlbrinte er så giftig, at den slår de fleste tilstedeværende bunddyr og fisk ihjel. Når bunddyrene dør, forsvinder fiskenes fødegrundlag, og bunddyrenes fysiske aktivitet i havbunden (bioturbation og bioirrigation) ophører. Bunddyrenes aktivitet er vigtig for at holde havbunden iltet, da en iltet havbund hæmmer udviklingen af iltsvind og derved reducerer frigivelsen af næringsstoffer og svovlbrinte fra havbunden. Derfor er det også med til at fremme udvikling af iltsvind og dermed frigivelse af svovlbrinte, når der fiskes med bundtrawl i iltsvindsfølsomme områder, da den type fiskeri slår en masse bunddyr ihjel. Der kan gå mange år efter et kraftigt og langvarigt iltsvind, før der igen er etableret et samfund af bunddyr med normal aldersfordeling, artssammensætning og individantal.

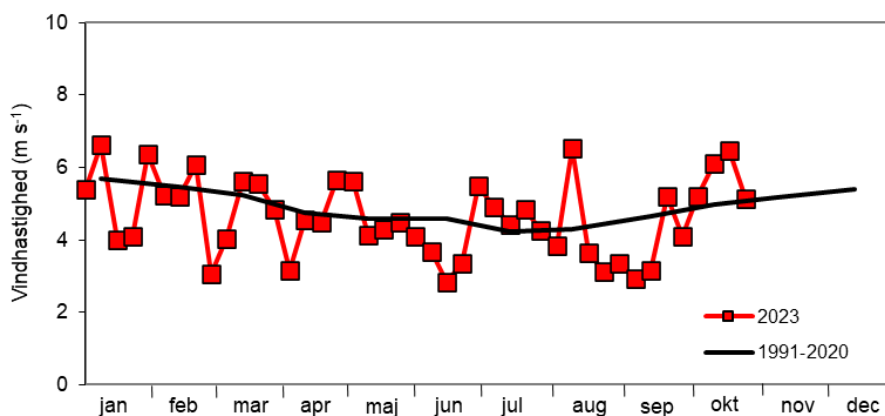
2. Vejrlig

2.1 Vind

Perioder med svage vinde kan stabilisere vandmasserne og derved fremme lagdelingen. Det hæmmer opblandingen af vandsøjlen og udskiftningen af bundvandet og øger derfor risikoen for iltvindshændelser. Kraftige vindhændelser kan til gengæld nedbryde lagdelingen og tilføre ilt til bundvandet, men kan også flytte vandmasser med iltvind til nye områder.

Figur 3. Landsgennemsnit for ugentlig middelvindhastighed i 2023 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of weekly mean wind speed for 2023 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



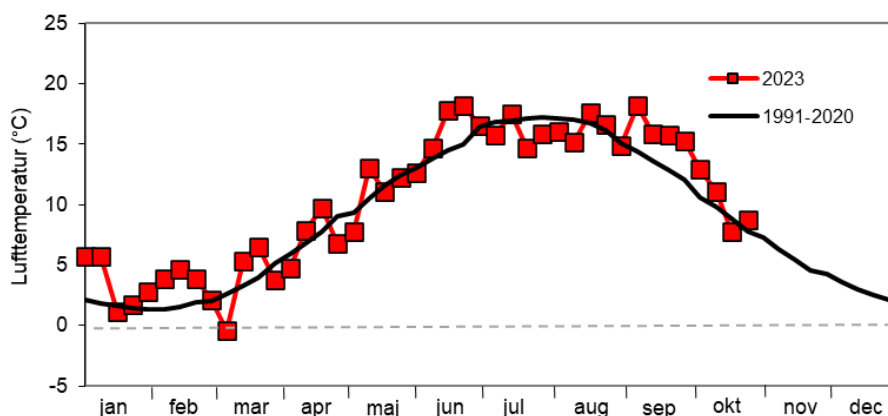
Vindhastigheden i 2023 har til og med maj varieret omkring langtidsmidlen (1991-2020) (figur 3). I maj og juni var der rolige vindforhold, mens det blæste en del i juli, især i den første uge. I den anden uge af august var der flere sammenhængende dage med meget kraftig vind, efterfulgt af godt en måned med rolige vindforhold. Fra midt i september til sidst i rapporteringsperioden har det blæst meget, og især i oktober en del mere end normalt.

2.2 Temperatur

Lufttemperaturen påvirker temperaturen i overfladevandet og med nogen tidsforsinkelse også temperaturen i bundvandet, efterhånden som vandsøjlen opblandes. Indstrømning af bundvand fra tilstødende områder kan også påvirke bundvandstemperaturen. Bundvandets temperatur har betydning for mængden af ilt i vandet samt for, hvor hurtigt ilten bliver forbrugt, idet højere temperaturer mindsker iltets opløselighed i vand og øger iltforbruget.

Figur 4. Landsgennemsnit for ugentlig lufttemperatur i 2023 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of weekly air temperature in 2023 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.

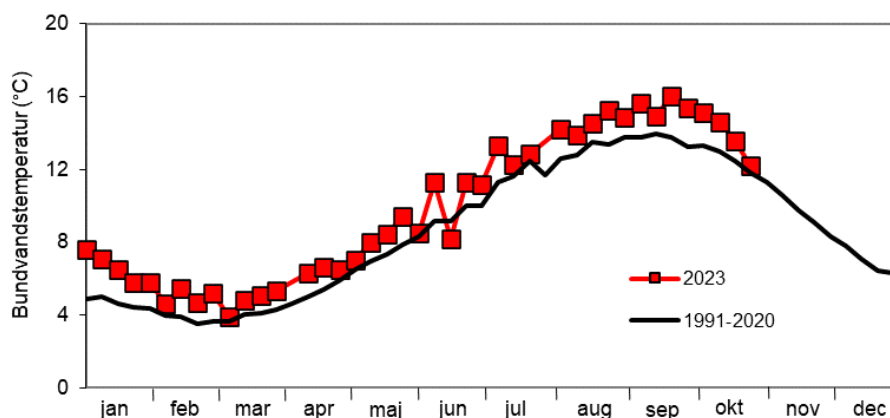


Lufttemperaturen var markant over langtidsmidlen (1991-2020) det meste af tiden i årets første to måneder (figur 4). Derefter varierede temperaturen omkring langtidsmidlen til og med maj. Det meste af juni var temperaturen relativt høj, mens den fra midt i juli og til midt i august var relativt lav. I sidste halvdel af august var temperaturen på niveau med langtidsmidlen, mens den

i september var relativt høj. I oktober har temperaturen været på niveau med langtidsmidlen.

Figur 5. Ugentlig bundvandstemperatur i de indre farvande i 2023 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Miljøstyrelsen.

Weekly bottom water temperature from the inner waters in 2023 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



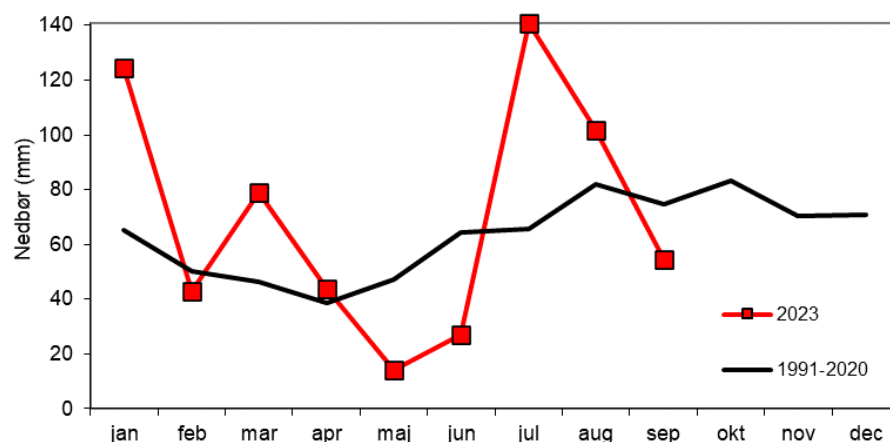
Bundvandstemperaturen var meget høj fra starten af 2023 og har bortset fra en enkelt uge midt i juni ligget over langtidsmidlen hele året (*figur 5*). Fra august og indtil den sidste uge af rapporteringsperioden har temperaturen været mindst en grad højere end langtidsmidlen.

2.3 Nedbør

Nedbøren er vigtig i relation til iltvind, idet mængden af næringsstoffer, der transporteres fra land til hav, bl.a. er bestemt af ferskvandsafstrømningen. En forøget tilførsel af næringsstoffer stimulerer havets produktion af organisk materiale og efterfølgende iltforbruget, når produktionen omsættes.

Figur 6. Landsgennemsnit for månedlig nedbør i 2023 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of monthly precipitation in 2023 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



Nedbørsmængden opgjort som månedsmiddel har i 2023 budt på hele to rekorder siden målingernes start i 1874. Januar og juli var de hidtil vådeste for de respektive måneder, men det regnede også meget i marts (*figur 6*). Derimod var det meget tørt i maj og juni. I august faldt der noget mere, og i september noget mindre regn end normalt.

3. Oversigt over de enkelte farvande

Stednavne med fed skrift er angivet på figur 14.

3.1 Vadehavet, Vesterhavet, Nordsøen og Skagerrak

I **Vadehavet** samt på de kystnære målestationer i **Nordsøen/Vesterhavet** og **Nordsøen/Skagerrak** ud for Ringkøbing, Esbjerg og Hirtshals blev der ikke registreret iltsvind i denne rapporteringsperiode (22. september – 26. oktober).

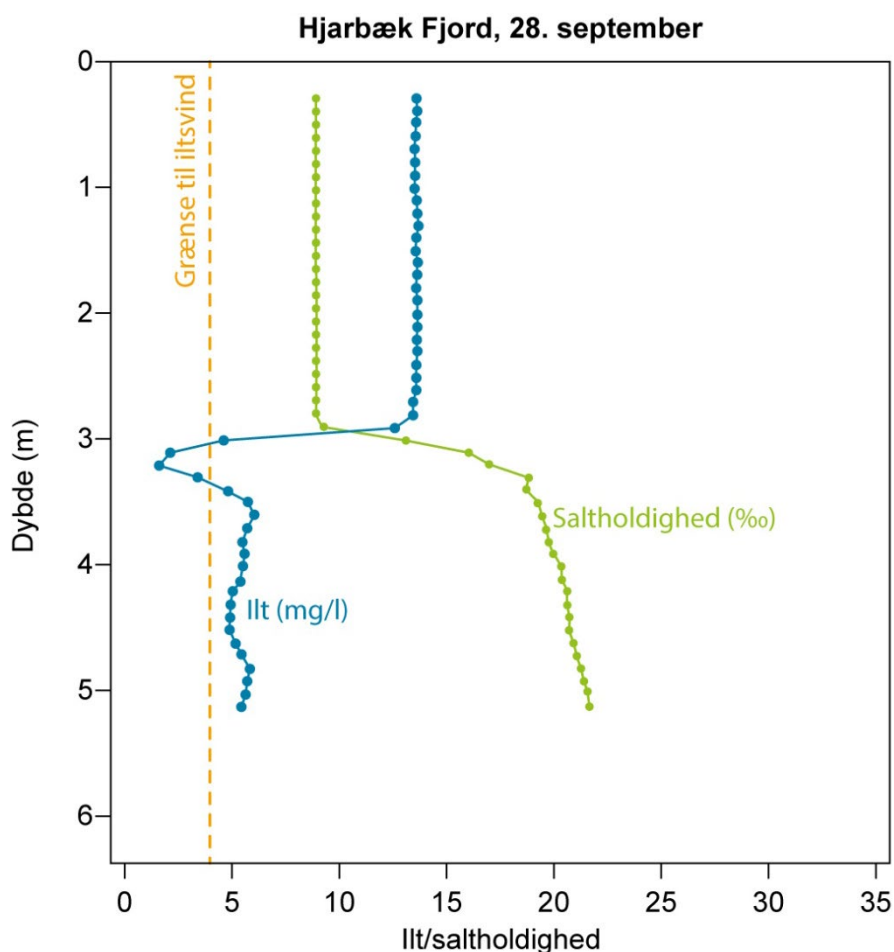
I de lavvandede vestjyske fjorde **Ringkøbing Fjord** og **Nissum Fjord** blev der heller ikke registreret iltsvind.

3.2 Limfjorden

I **Limfjorden** blev iltforholdene forbedret markant i forhold til midt i september. I perioden 18.-20. september blæste det kraftigt, hvilket blandede iltrigt overfladevand ned til bunden. Derfor var iltindholdet i bundvandet steget betragteligt sidst i september, hvor der dog kun blev målt på ca. halvdelen af det normale antal stationer. Der blev kun registreret iltsvind i **Hjarbæk Fjord**, hvor den laveste iltkoncentration blev målt omtrent midt i vandsøjlen (figur 7). Det skyldes, at der var trængt salttere, tungere og mere iltholdigt vand ind langs bunden fra **Lovns Bredning**, som havde løftet det tidligere mere iltfattige bundvand op i vandsøjlen. Iltindholdet var lavt i **Skive Fjord**, **Thisted Bredning** og **Halkær Bredning**, mens iltforholdene var relativt gode på de øvrige af de besøgte stationer. I oktober bevirkede de mange dages sammenhængende blæst og en enkelt dag med storm, at der ikke er blevet registreret iltsvind i **Limfjorden**, hvor iltsvindssæsonen må anses for overstået.

Figur 7. Dybdeprofil af iltkoncentration og saltholdighed i Hjarbæk Fjord (st. VIB3729-00001) 28. september 2023. Den stiplede orange linje angiver grænsen til iltsvind (4 mg/l). Data fra Miljøstyrelsen.

Profile of oxygen and salinity in Hjarbæk Fjord 28 September 2023. The dotted orange line indicates the border to oxygen depletion (4 mg/l). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



3.3 Kattegat og omgivende farvande

På stationerne i **Aalborg Bugt**, **Læsø Rende** og den øvrige del af **Kattegat** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden (*figur 1*). Iltsvindsmodellen angiver, at iltindholdet sidst i oktober var lavt i et stort område i den centrale del af **Kattegat** (*figur 2*).

I **Mariager Fjord** var der gennem hele rapporteringsperioden kraftigt iltsvind og iltfrit i bundvandet i 'Dybet' ud for Mariager by. I starten af oktober var godt og vel halvdelen af vandsøjlen i 'Dybet' påvirket af iltsvind, mens det sidst i oktober var godt og vel en tredjedel af vandsøjlen. I den indre del af fjorden var der kraftigt iltsvind først i oktober. Midt i oktober var forholdene forbedret til moderat iltsvind, og sidst i oktober var der ikke længere iltsvind.

Der blev ikke registreret iltsvind i **Randers Fjord** i rapporteringsperioden. I **Hevring Bugt** var der moderat iltsvind i starten af oktober, men sidst i oktober var iltforholdene gode.

3.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande

I **Aarhus Bugt** og omgivende farvande var der fortsat udbredt og intenst iltsvind sidst i september og først i oktober, idet der også havde etableret sig kraftigt iltsvind i **Kalø Vig**, og det moderate iltsvind i **Ebeltoft Vig** var forværret til kraftigt iltsvind (*figur 8*). De mange sammenhængende dage med kraftig blæst i oktober forbedrede dog iltforholdene markant, og sidst i oktober var iltsvindet ophørt i hele området (*figur 2*).

I starten af oktober var der moderat iltsvind i hele **Aarhus Bugt** bortset fra den mest vestlige del. Den efterfølgende kraftige blæst opblandende vandsøjlen, så der sidst i oktober var gode iltforhold i hele bugten.

I **Kalø Vig** blev der registreret kraftigt iltsvind i starten af oktober, men også her var iltsvindet ophørt sidst i oktober. I **Knebel Vig** var der kraftigt iltsvind og iltfrit i bundvandet; men selv i det dybe hul var blæsten tilstrækkelig kraftig til at omrøre hele vandsøjlen og ilte bundvandet.

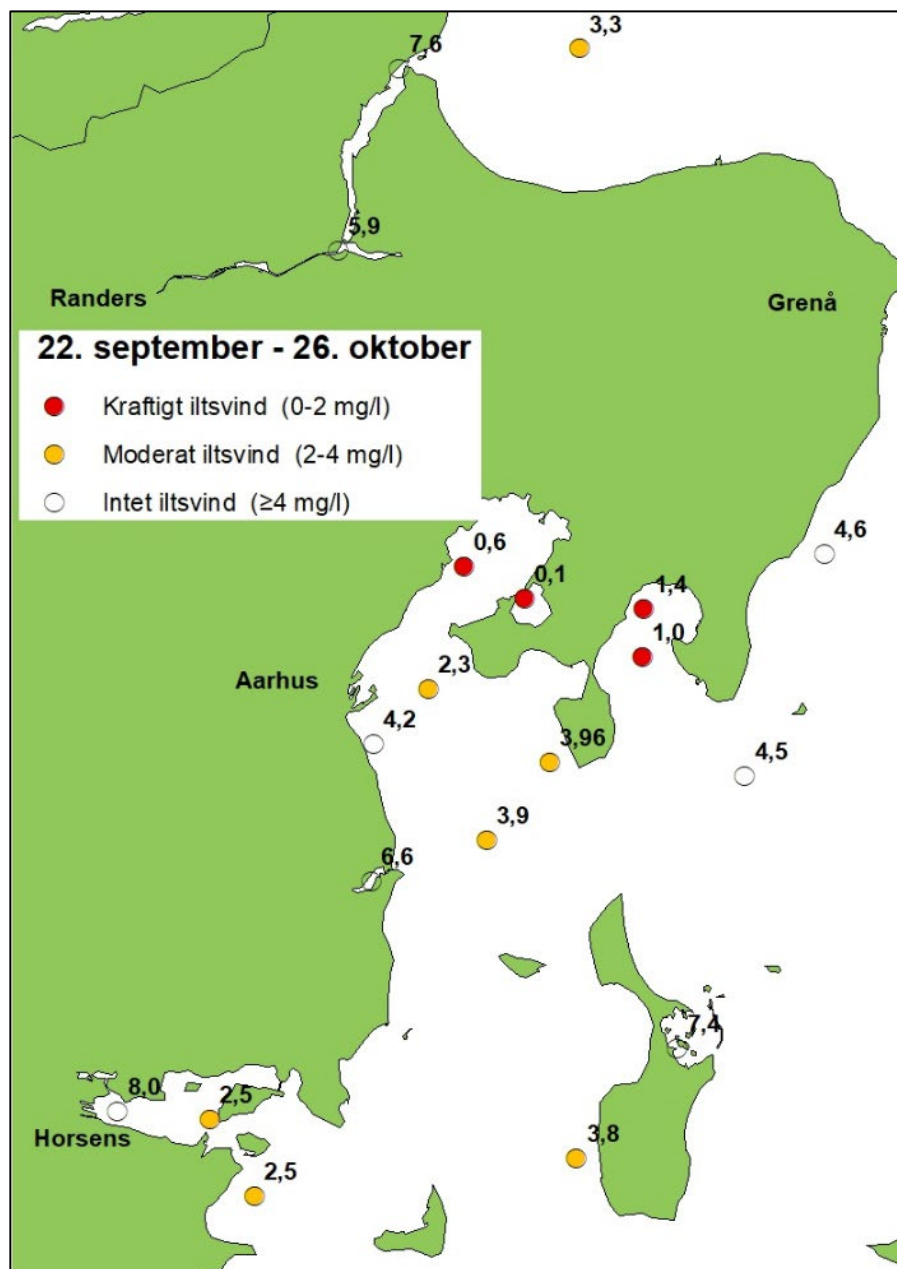
I **Ebeltoft Vig** var der kraftigt iltsvind både i den ydre og den indre del i starten af oktober, men iltsvindet var ophørt sidst i oktober. I **Hjelm Dyb** forbedredes iltforholdene fra moderat iltsvind sidst i september til lavt iltindhold i starten af oktober og videre til velilte forhold sidst i oktober.

I **Norsminde Fjord** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden.

I **Horsens Fjord** var der den 26. september moderat iltsvind i den ydre del, mens der var gode iltforhold i den indre del. Alligevel blev der fire dage senere, 30. september, registreret uklart og misfarvet vand i den indre del, hvor fisk og smådyr søgte mod overfladen og snappede efter ilt. Den dag var der kuling fra vest med vindstød som stormende kuling, hvilket har presset overfladevand ud af fjorden. Det har ført til en kompenserende modsatrettet strøm af bundvand ind i fjorden, så det iltfattige bundvand fra den ydre del af fjorden er blevet ført ind i den indre og mere lavvandede del. Denne pludselige flytning af store vandmængder bevirkede, at mange fisk og dyr blev fanget i de iltfattige og formodentlig svovlbrinteholdige vandmasser. Den megen blæst i starten af oktober forbedrede iltforholdene, så der midt i oktober ikke længere var iltsvind i fjorden. I **As Vig**, umiddelbart syd for **Horsens Fjord**, var der moderat iltsvind sidst i september. Midt i oktober var der ikke længere iltsvind, men iltindholdet var lavt.

Figur 8. Stationer i området fra Randers Fjord til Horsens Fjord, hvor iltforholdene er undersøgt i rapporteringsperioden. For hver station er angivet den lavest registrerede iltkoncentration (mg/l). Udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Stations in the area from Randers Fjord to Horsens Fjord visited during the reporting period. Numbers at each station present the lowest registered oxygen concentration (mg/l). Produced by the Danish Environmental Protection Agency.



I farvandet vest for **Samsø** var der moderat iltsvind i starten af oktober, men sidst i oktober var iltforholdene gode. I **Stavns Fjord** på østsiden af **Samsø** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden.

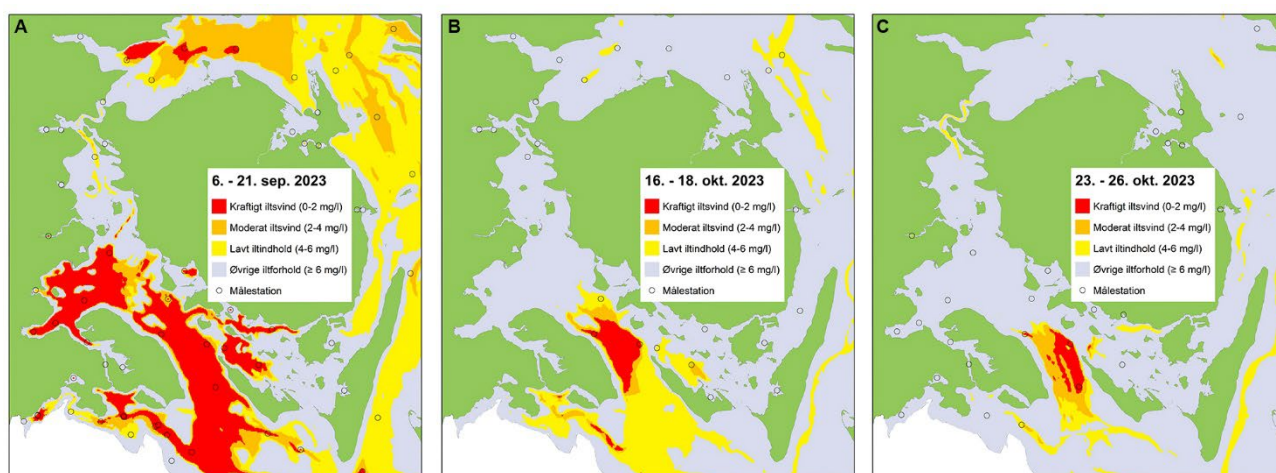
3.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælter og fjorde

I løbet af denne rapporteringsperiode (22. september – 26. oktober) ændrede iltforholdene sig væsentligt i farvandene omkring **Fyn**. Midt i september var der udbredt og intenst iltsvind i området, og denne situation fortsatte frem til starten af oktober. I løbet af de næste tre uger forbedrede iltforholdene sig markant som følge af en række vindhændelser, der blandede iltrigt vand fra overfladen ned til bunden.

I perioden 4.-7. og 11.-15. oktober var der hård til stormende kuling fra vest med vindstød op til stærk storm. I dagene 19.-21. oktober var der stormende kuling og storm med vindstød op til orkanstyrke, men denne gang kom vinden fra øst. Østenvinden bevirkede meget store vandstandsstigninger langs de østvendte kyster, især i det sydøstjyske, og hændelsen blev derfor her betegnet som en stormflod.

Fra midt i september til midt i oktober faldt temperaturen i bundvandet. Men temperaturen var fortsat relativt høj i hele perioden. Vindhændelserne var derfor langt den væsentligste årsag til de markante forbedringer i iltforholdene i løbet af oktober. Vindhændelserne reducerede både iltsvindets udbredelse horisontalt (bund) og vertikalt (vandsøjle).

Sammenlignet med iltforholdene midt i september (*figur 9A*), skete langt størstedelen af forbedringen i tilknytning til de to første vindhændelser i oktober (*figur 9B*), mens effekten af stormfloden var mindre (*figur 9C*). Stormfloden mindskede ikke det samlede iltsvindsareal, som allerede inden stormfloden var begrænset til de dybeste dele af området. Men iltsvindsvolumenet blev næsten halveret, da iltsvindet efter stormfloden berørte en mindre del af vandsøjlen. Det fremgår også af *figur 9*, at iltsvindet i det sydlige Lillebælt blev presset lidt mere mod syd, og arealet med kraftigt iltsvind blev næsten halveret som følge af stormfloden.



Figur 9. Modelleret arealudbredelse af iltsvind i farvande rundt om Fyn baseret på målinger fra A) 6.-21. september (sidste rapporteringsperiode), B) 16.-18. oktober lige før stormfloden og C) 23.-26. oktober lige efter stormfloden.

Modelled areal distribution of oxygen depletion in waters around Funen based on measurements from A) 6-21 September (last reporting period), B) 16-18 October just before the storm surge and C) 23-26 October just after the storm surge.

I det **nordlige Bælthav** var der fortsat udbredt og intenst iltsvind sidst i september. Midt i oktober var iltforholdene forbedret i hele området, og der var ikke længere iltsvind. I det nordlige **Lillebælt** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden, men sidst i september var der et lavt iltindhold i Snævringen ud for Fredericia.

I **Vejle Fjord** opstod der kraftigt iltsvind i fjordens ydre del midt i september, og sidst i september blev der igen målt kraftigt iltsvind. Midt i oktober havde blæsten bevirket, at iltsvindet var ophørt. Lige som i **Horsens Fjord** blev der inderst i **Vejle Fjord** observeret døende fisk og smådyr i starten af oktober.

I **Kolding Fjord** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden. Sidst i september var iltindholdet lavt i bundvandet.

I **Hejls Nor**, som er et mindre lavvandet område syd for **Kolding Fjord**, blev der heller ikke registreret iltsvind, men også her blev der målt lavt iltindhold i den første halvdel af oktober.

Avnø Vig, som er et mindre lavvandet område nord for **Haderslev Fjord**, har ikke været påvirket af iltsvind i år.

Haderslev Fjord er kendetegnet ved meget varierende iltforhold, og der opstår ofte iltsvind i fjorden. Fjorden har været overvåget fra årets start, og allerede ved det første besøg i januar var der moderat iltsvind. Efterfølgende har iltforholdene gentagne gange varieret mellem gode iltforhold og iltsvind. I starten af oktober var der moderat iltsvind på grænsen til kraftigt iltsvind i bundvandet samt frigivelse af giftig svovlbrinte fra bunden. Den kraftige blæst i løbet af oktober betød, at der ikke var iltsvind i fjorden sidst på måneden.

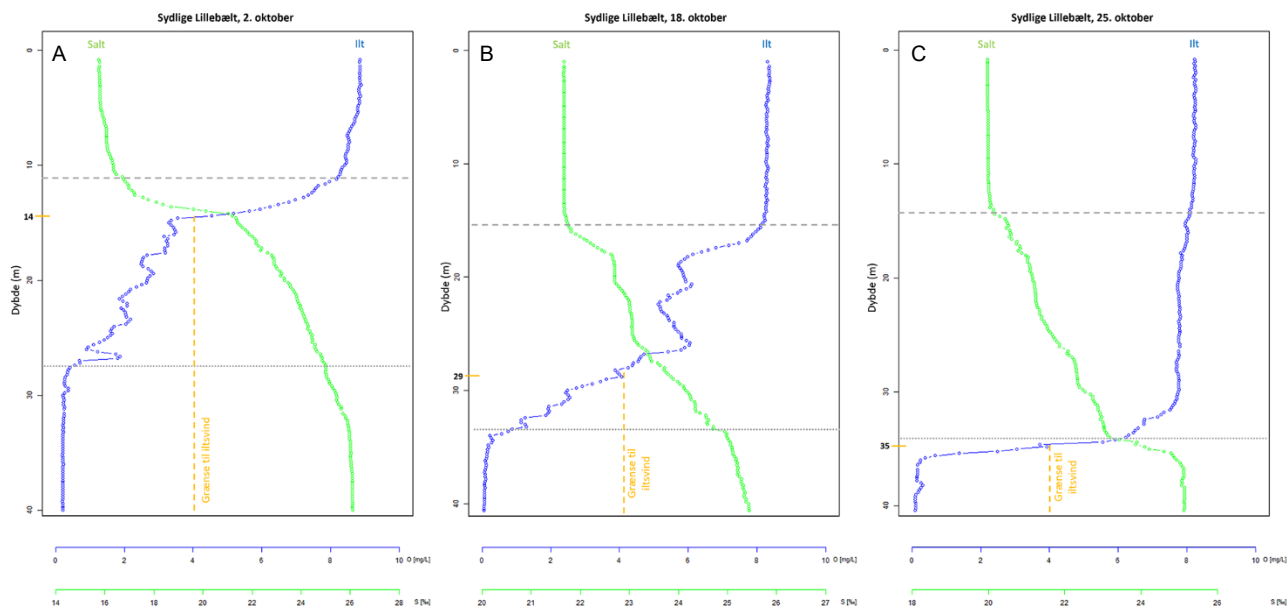
I **Genner Bugt**, mellem **Haderslev Fjord** og **Aabenraa Fjord**, blev der i starten af oktober registreret moderat iltsvind i bundvandet. Midt i oktober var iltsvindet ophørt.

I den indre del af **Aabenraa Fjord** var der iltsvind i den nederste halvdel af vandsøjlen og næsten iltfrit ved bunden i starten af oktober. Efterfølgende kraftig blæst forbedrede iltforholdene, men der var fortsat iltsvind i et tyndt bundlag og næsten ingen ilt ved bunden. Sidst i oktober var vandsøjlen fuldt opblandet, og iltforholdene var relativt gode. I den ydre del af fjorden var iltforholdene dårligere end i den indre del i starten af oktober, eftersom der var helt iltfrit ved bunden og frigivelse af svovlbrinte. Midt i oktober var iltforholdene i den ydre del af fjorden omtrent som i den indre del, hvilket også var tilfældet sidst i oktober.

I **Als Fjord** blev der registreret kraftigt iltsvind og iltfrit ved bunden både i starten af og midt i oktober. Sidst i oktober var vandsøjlen opblandet og iltforholdene relativt gode. I **Augustenborg Fjord**, der ligger i forlængelse af **Als Fjord**, blev der ikke registreret iltsvind i starten af oktober, men midt i oktober blev der målt moderat iltsvind i bundvandet.

I det sydlige **Lillebælt** var iltforholdene status quo eller lidt forværret i starten af oktober sammenlignet med sidst i september. Der var frigivelse af giftig svovlbrinte fra bunden nordvest for **Ærø** i starten af oktober, hvor der i september var frigivelse af svovlbrinte i området nord for **Als**. Fra starten af oktober til midt i oktober bevirkede blæsten, at iltsvindet blev presset adskillige meter ned i vandsøjlen, men iltforholdene i bundvandet blev kun forbedret på dybder lavere end ca. 30 m, og der var fortsat iltfrit nederst i vandsøjlen (*figur 10A&B*). I starten af oktober startede de iltfrie forhold fra omkring 25 m, mens starten på de iltfrie forhold var rykket ned til godt 30 m midt i oktober. Det betød, at på de største dybder var de nederste 4-15 m af vandsøjlen iltfrie i starten af oktober, mens det drejede sig om de nederste 2-8 m midt i oktober. Stormfloden bevirkede, at iltforholdene sidst i oktober var markant forbedret på dybder lavere end 30 m, mens der fortsat var tæt på eller helt iltfrit i bundvandet på større dybder (*figur 10C*). Efter stormfloden var der derfor ikke længere iltsvind i området mellem **Årø** og det nordlige **Als**, mens der fortsat var kraftigt iltsvind og ingen eller næsten ingen ilt i bundvandet på de store dybder mellem **Als** og **Ærø**.

I farvandet syd for **Ærø** og i **Marstal Bugt** var udviklingen i store træk som beskrevet for det sydlige **Lillebælt**. I området var der dog ikke længere iltsvind sidst i oktober, da de største dybder i området er på omkring 30 m, og farvandet var mere eksponeret for stormfloden end i det sydlige **Lillebælt**.



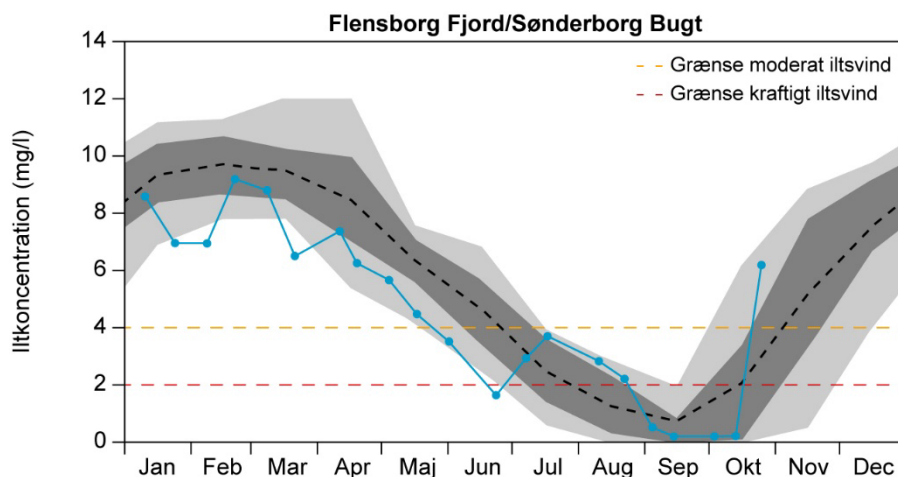
Figur 10. Dybdeprofiler af iltkoncentration og saltholdighed i det sydlige Lillebælt øst for Als (st. SJYSJA6): A) 2. oktober (lige før kraftig blæst), B) 18. oktober (lige før stormflod) og C) 25. oktober (lige efter stormflod). Den stiplede orange linje angiver grænsen til iltsvind (4 mg/l), og startdybden for iltsvind er markeret med tal ud for en orange tværstreg på y-aksen. De grå stiplede og punkterede linjer angiver lagdelingsdybder. Data fra Miljøstyrelsen.

Profile of oxygen and salinity in the southern Little Belt east of Als (st. SJYSJA6): 2 October (just before strong wind), 18 October (just before storm surge) and 25 October (just after storm surge). The dotted orange line indicates the border to oxygen depletion (4 mg/l). The grey dotted lines indicate depths of pycnoclines. Data from the Danish Environmental Protection Agency.

I **Flensborg Fjord** er der registreret kraftigt iltsvind i den indre del siden årets første måling 10. maj. Ved overvågningen i starten af oktober var der kraftigt iltsvind, iltfrit i bundvandet og frigivelse af svovlbrinte fra bunden. Sidst i oktober havde stormfloden omrørt vandsøjlen, så der var relativt gode iltforhold. I den ydre del af fjorden, **Sønderborg Bugt**, har der været registreret moderat iltsvind siden juni og kraftigt iltsvind kortvarigt sidst i juni og igen fra starten af september til midt i oktober (figur 11). Sidst i oktober havde stormfloden også opblandet vandsøjlen i den ydre del af fjorden, og iltsvindet var ophørt. På overvågningsstationen i den østligste del af **Sønderborg Bugt** ud mod den vestlige del af Østersøen var den tidlige udvikling i iltforholdene svarende til den beskrevet for stationen i den ydre del af **Flensborg Fjord**.

Figur 11. Laveste iltkoncentration i bundvandet i den ydre del af Flensborg Fjord i 2023 (blå kurve) i forhold til langtidsmidlen for 1986-2019 (sort stiplede linje). Mørkegrå angiver 50 % fraktilen og mørkegrå + lysegrå 80 % fraktilen. Data fra Miljøstyrelsen.

Lowest bottom water oxygen concentration in the outer part of Flensborg Fjord 2023 (blue line) compared to the long-term mean for 1986-2019 (dotted line). Dark grey = 50% fractile and dark grey + light grey = 80% fractile. Data from the Danish Environmental Protection Agency.



I **Nybøl Nor**, som er forbundet med **Flensborg Fjord**, blev der målt kraftigt iltsvind, og der var iltfrit i den nederste del af bundvandet og frigivelse af svovlbrinte fra bunden i starten af oktober. Sidst i oktober var vandsøjlen fuldt opblandet, og iltforholdene var relativt gode.

I **Det Sydfynske Øhav** blev der ikke målt iltsvind i **Ringsgaardbassinet** i rapporteringsperioden, men i starten af oktober var iltkoncentrationen lige over grænsen til moderat iltsvind. I **Ærøbassinet** var der kraftigt iltsvind og iltfrit ved bunden i starten af oktober. Midt i oktober var der ikke længere iltsvind i den dybe vestlige del, og forholdene i bundvandet i den centrale del var forbedret til moderat iltsvind tæt på grænsen til kraftigt iltsvind. Dette tyder på, at der i forbindelse med den første vindhændelse var sket en mindre tilførsel af mere iltrigt bundvand, som hovedsageligt har påvirket iltforholdene i det dybeste område. Efter stormfloden var der heller ikke længere iltsvind i den centrale del af bassinet.

I de lavvandede kystnære områder omkring **Fyn** blev der målt iltsvind i **Helnæs Bugt** og **Faaborg Fjord**. I **Helnæs Bugt** var der kraftigt iltsvind og iltfrit ved bunden sidst i september, moderat iltsvind midt i oktober og inden iltsvind sidst i oktober. I **Faaborg Fjord** var der moderat iltsvind sidst i september og midt i oktober, mens iltsvindet var ophørt sidst i oktober. I de øvrige lavvandede områder blev der ikke målt iltsvind i rapporteringsperioden.

I **Storebælt** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden. Iltsvindsmodellen angiver, at de to første vindhændelser i oktober reducerede udbredelsen af lavt iltindhold til de dybeste dele af bæltet (*figur 9B*), og at iltforholdene var forbedret yderligere efter stormfloden (*figur 9C*).

I **Langelands Sund** (vest for **Langeland**) var der moderat iltsvind både sidst i september og i starten af oktober. Midt i oktober var der ikke længere iltsvind i sundet.

I **Langelandsbælt** (øst for **Langeland**) blev der i starten af oktober målt en iltkoncentration lige under grænsen for iltsvind på stationen ud for nordspidsen af **Langeland**. Iltsvindsmodellen angiver, at der var en smal stribe med lavt iltindhold i de dybeste dele af strædet både efter de to første vindhændelser i oktober og efter stormfloden (*figur 9B&C*).

3.6 Farvandene omkring Sjælland, Lolland og Falster

I farvandene rundt om **Sjælland**, **Møn**, **Lolland** og **Falster** blev der i rapporteringsperioden registreret iltsvind i **Jammerland Bugt**, **Kalundborg Fjord**, **Sejersø Bugt**, det sydlige **Kattegat**, **Øresund**, **Hjelm Bugt** og **Smålandsfarvandet** (*figur 12*).

Vest for **Sjælland** opstod der iltsvind i **Jammerland Bugt** og **Kalundborg Fjord** først i september, og der blev også målt moderat iltsvind omkring midten af oktober. Sidst i oktober var iltsvindet forsvundet.

I **Sejersø Bugt** var der ligeledes moderat iltsvind ind i oktober, som var ophørt sidst i oktober. I **Hesselø Bugt** blev der ikke registreret iltsvind ved de to målinger i oktober.

I det sydlige **Kattegat** blev der ved Gniben nord for Sjællands Odde målt iltsvind (moderat) midt i september, som forsvandt i starten af oktober og etableredes igen (kraftigt) sidst i oktober efter stormfloden. Nord for Gilleleje blev der registreret moderat iltsvind inden stormfloden. Der er endnu ikke målt på lokaliteten efter stormfloden, men formodentlig var der ikke længere iltsvind på lokaliteten sidst i rapporteringsperioden.

I **Isefjord** og **Roskilde Fjord** blev der ikke registreret iltsvind.

I **Øresund** var der fortsat moderat iltsvind både nord og syd for **Hven** omkring midten af oktober. Der er endnu ikke målt på stationer efter stormfloden, men iltsvindmodellen indikerer, at iltforholdene sidst i oktober var forbedret fra moderat iltsvind til lavt iltindhold (figur 2).

I **Køge** og **Faxe Bugt** blev der ikke registreret iltsvind.

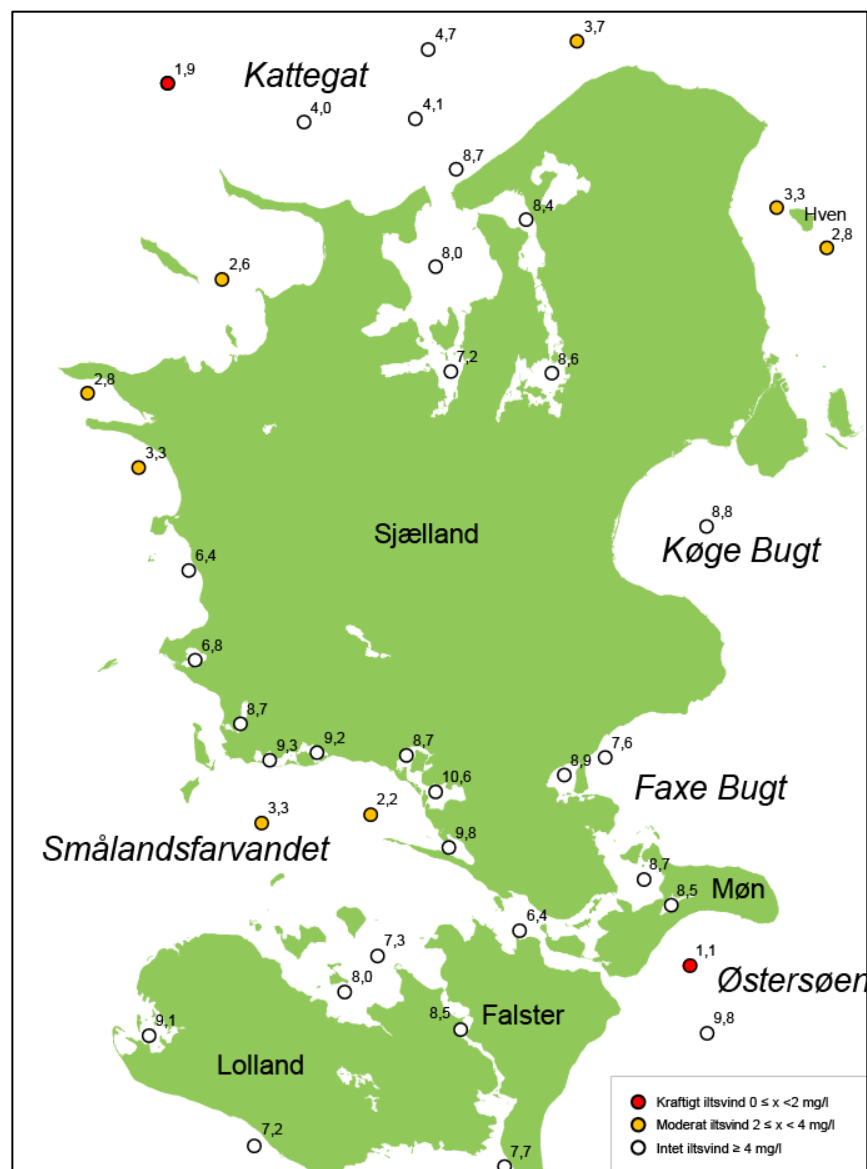
I **Hjelm Bugt** syd for **Møn** var der sidst i oktober ikke længere iltsvind på den sydlige station. På den nordlige station var der kraftigt iltsvind både ved målingen i starten og i midten af oktober. Der er ikke målt på stationen efter stormfloden; men formodentlig var der ikke længere iltsvind på lokaliteten sidst i rapporteringsperioden, da stormfloden opblandede vandsøjlen på større dybde i **Femern Bælt** (se nedenfor).

I **Rødsand Lagune** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden.

I **Smålandsfarvandet** var der i starten af oktober moderat iltsvind i bundvandet både i den indre og ydre del af farvandet. Midt i oktober var iltsvindet ophørt, men iltindholdet var lavt.

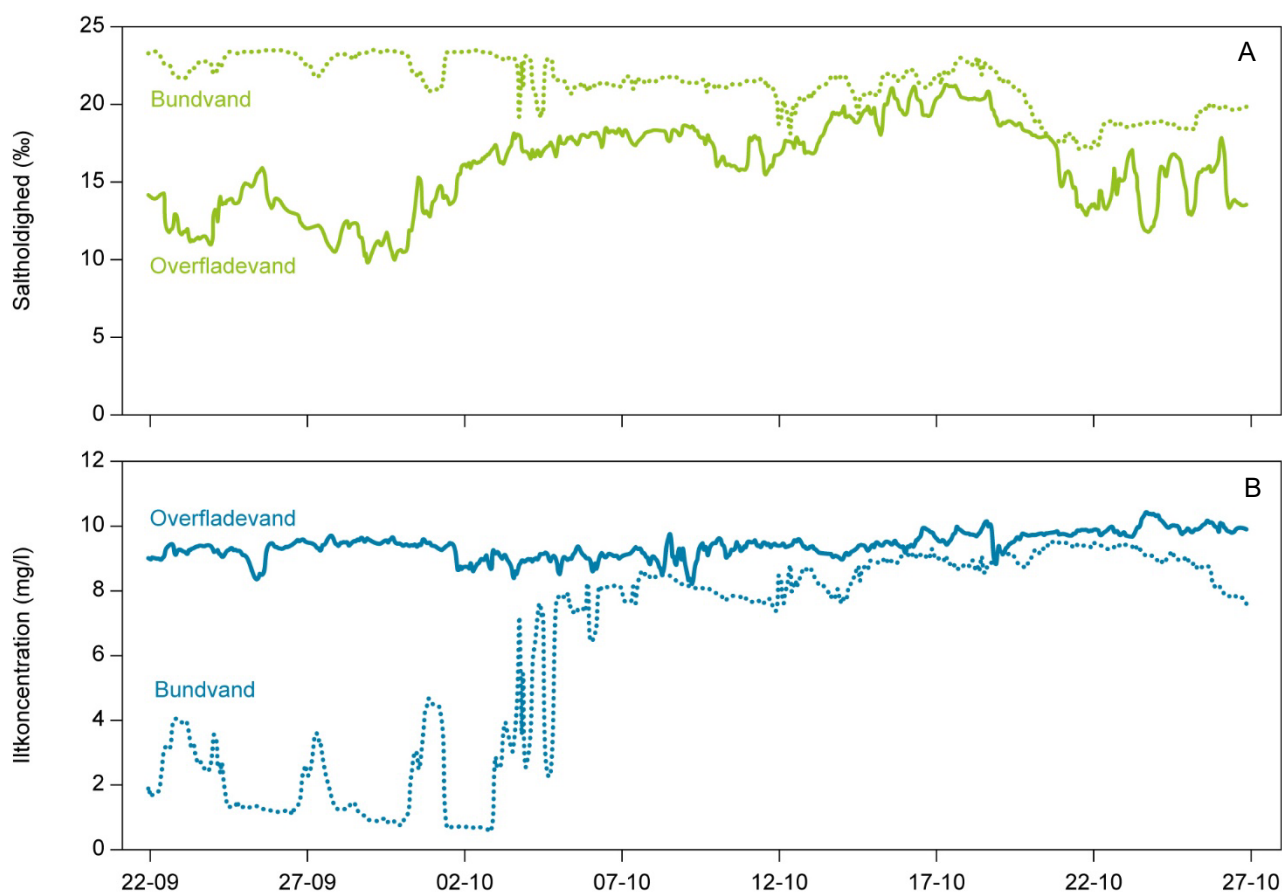
Figur 12. Stationer i farvandet omkring Sjælland, Lolland og Falster, hvor iltforholdene er undersøgt i rapporteringsperioden. For hver station vises den lavest registrerede iltkoncentration (mg/l). Udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Stations in the sea around Zealand, Lolland and Falster visited during the reporting period. Numbers at each station present the lowest registered oxygen concentration (mg/l). Produced by the Danish Environmental Protection Agency.



I farvandet omfattende **Femern Bælt**, **Mecklenburg Bugt** og **Lübeck Bugt** var der ifølge iltsvindsmodellen et stort sammenhængende område med overvejende kraftigt iltsvind midt i september. Efter stormfloden angiver iltsvindsmodellen, at det kraftige iltsvind var isoleret til bunden af Lübeck Bugt, mens iltsvindet helt var ophørt i Mecklenburg Bugt og i Femern Bælt (*figur 2*). Modelleringen af iltsvindets udbredelse i Østersøen vest for **Femern Bælt** skal dog fortolkes med varsomhed, da datagrundlaget i området er sparsomt.

I forbindelse med Femern Bælt tunnelprojektet måles saltholdighed og iltindhold kontinuerligt i overfladevandet og bundvand på to stationer (20 og 29 m) i strædet mellem Rødby og Femern. På den dybeste af stationerne er disse målinger vist for rapporteringsperioden i *figur 13*. Saltholdigheden i bund- og overfladevand nærmede sig hinanden i forbindelse med den kraftige blæst i starten af oktober (*figur 13A*). Denne delvise opblanding af vandsøjlen blev fastholdt med den kraftige blæst midt i oktober og stormfloden, som ophørte 21. oktober, hvorefter lagdelingen af vandsøjlen begyndte at blive genetableret. På den lidt mere lavvandede station (20 m) blev vandsøjlen helt opblandet ved den kraftige blæst midt i oktober (data ikke vist). Opblandningen af vandsøjlen bevirkede, at der blev tilført ilt til bundvandet, hvor iltindholdet nærmede sig niveauet i overfladevandet allerede i forbindelse med den kraftige blæst i starten af oktober (*figur 13B*).



Figur 13. Kontinuerlige målinger af saltholdighed (A) og iltkoncentration (B) i overfladevand og bundvand i Femern Bælt i rapporteringsperioden. Vanddybden på stationen er 29 m. Data fra Femern A/S.

Continuous measurements of salinity (A) and oxygen concentration (B) in surface and bottom water in Fehmarn Belt during the reporting period. Water depth at the station is 29 m. Data from Fehmarn A/S.

3.7 Farvandene omkring Bornholm

Der var kraftigt iltsvind øst for **Bornholm**, som er et naturligt iltsvindsområde med næsten permanent iltsvind typisk fra omkring 70 m's dybde (*figur 1*). Vest for **Bornholm** var iltforholdene i et stort sammenhængende område ifølge iltsvindsmodellen forbedret fra moderat og kraftigt iltsvind midt i september til lavt iltindhold midt i oktober (*figur 2*). Modelleringen af udbredelsen af lavt iltindhold i Arkonabassinet skal dog fortolkes med varsomhed, da datagrundlaget i området er sparsomt. Efter stormfloden var iltforholdene højest sandsynligt forbedret yderligere i bassinet.

3.8 Kort over danske farvande



Figur 14. Oversigt over danske farvande med fokus på potentielle iltsvindsområder.
Map with an overview of Danish marine waters with focus on potential areas with oxygen depletion.

4. Kontaktpersoner

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Jens Würgler Hansen,
Tlf. 30 18 31 09,
E-mail jwh@ecos.au.dk

Miljøstyrelsen (MST)

Inga Holm
Tlf. 93 58 82 45
E-mail inhol@mst.dk
Mikael Hjorth Jensen
Tlf. 93 58 82 47,
E-mail mihje@mst.dk

Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institut (SMHI)/

Bohusläns Vattenvårdsförbund (BVVF)

Lotta Fyrberg,
Tlf. +46 31 751 8978,
E-mail lotta.fyrberg@smhi.se

Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (IOW)

Michael Naumann
Tlf. +49 381 5197 267,
E-mail michael.naumann@io-Warnemuende.de

State Agency for Environment, Nature Conservation and Geology, Mecklenburg-Vorpommern

Mario von Weber
Tlf. +49 385 588 64331,
E-mail mario.weber@lung.mv-regierung.de

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR SH)

Hannah Lutterbeck
Tlf. +49 4347 704 274,
E-mail hannah.lutterbeck@llur.landsh.de