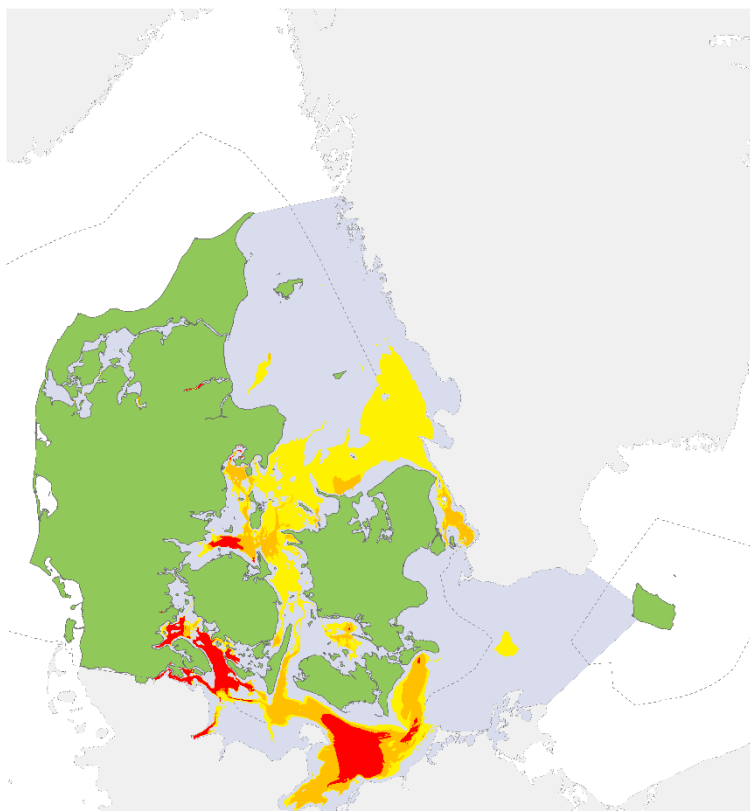


Iltsvind i danske farvande 25. august – 22. september 2022

Rådgivningsnotat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 30. september 2022 | 62



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 25. august – 22. september 2022

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

Faglig kommentering: Signe Høgslund, Institut for Ecoscience
Kvalitetssikring, DCE: Anja Skjoldborg Hansen, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
Sproglig kvalitetssikring: Charlotte Hviid, Institut for Ecoscience

Ekstern kommentering: Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/N2022_62_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Jens Würgler Hansen & David Rytter. 2022. Iltsvind i danske farvande 25. august – 22. september 2022. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 23 s. Rådgivningsnotat nr. 2022|62
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_62.pdf

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Arealudbredelse af iltsvind og lavt iltindhold 12.-22. september 2022

Sideantal: 23

Indhold

1. Nationale iltsvindskort	5
2. Sammenfatning	6
Summary	8
3. Indledning	10
3.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?	10
3.2 Hvordan påvirker iltsvind havbunden?	11
4. Vejrlig	12
4.1 Vind	12
4.2 Temperatur	12
4.3 Nedbør	13
5. Oversigt over de enkelte farvande	14
5.1 Vadehavet, Vesterhavet, Nordsøen og Skagerrak	14
5.2 Limfjorden	14
5.3 Kattegat og omgivende farvande	15
5.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande	15
5.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælteerne og de sydøstjyske fjorde	17
5.6 Farvandene omkring Sjælland, Lolland og Falster	20
5.7 Farvandene omkring Bornholm	21
5.8 Kort over danske farvande	22
6. Kontaktpersoner	23

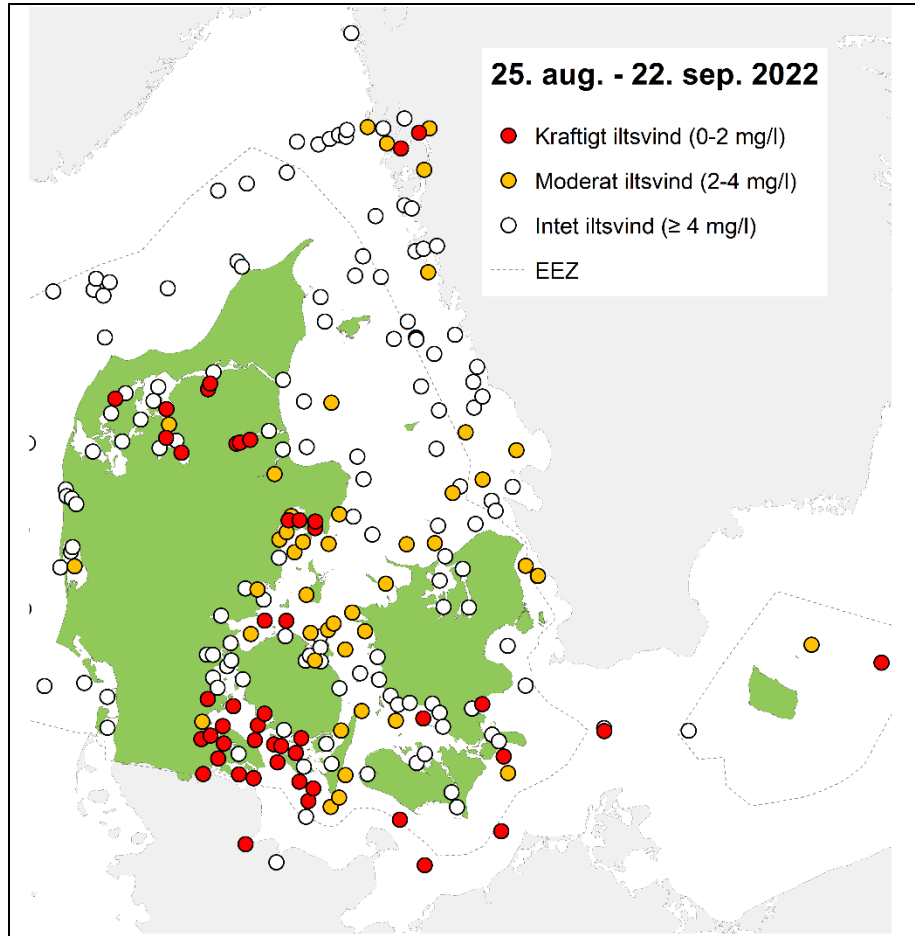
1. Nationale iltvindskort

Figur 1. Niveauer for den lavest registrerede iltkoncentration på de besøgte stationer i perioden 25. august - 22. september.

Bemærk at *figur 1* viser de lavest registrerede iltkoncentrationer for hele perioden og kan derfor ikke nødvendigvis sammenlignes med *figur 2*.

Levels for the lowest registered oxygen concentration for each of the stations visited 25 August – 22 September.

Please notice, that *figure 1* shows the lowest observed concentrations for the entire period, and thus cannot necessarily be compared to *figure 2*.

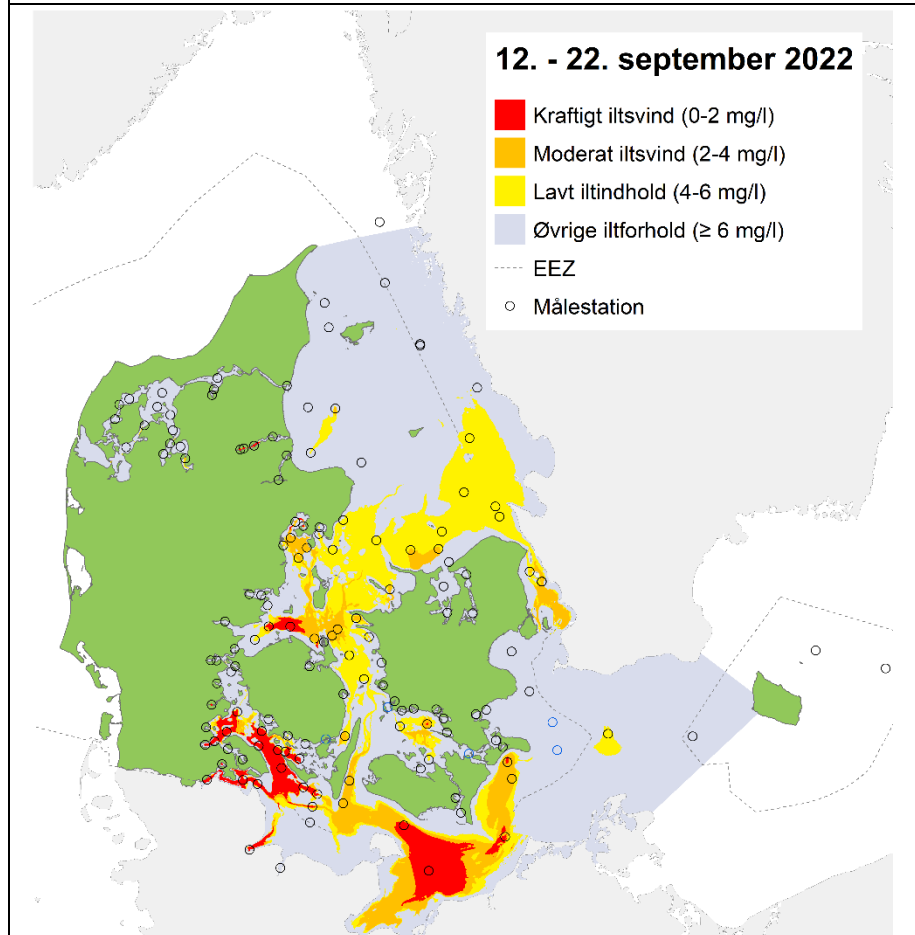


Figur 2. Arealudbredelse af iltforhold modelleret ud fra målinger foretaget 12.-22. september. Hvis der i perioden er målt to gange på den samme station, anvendes den seneste måling.

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

Areal distribution of oxygen conditions modelled for 12-22 September. 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.



2. Sammenfatning

Iltsvindets udbredelse og intensitet blev de fleste steder øget væsentligt i løbet af denne rapporteringsperiode (25. august – 22. september). Kraftig vind i første halvdel af september bevirkede dog, at iltforholdene blev forbedret i nogle lavvandede områder. Men i områder på dybere vand skete der en forværring af iltforholdene. Tiltagende vind kombineret med forhøjet vandstand i nogle områder og et skift i vindretning medførte en del bevægelse af vandmasserne, som påvirkede iltkoncentrationen og iltens fordeling i vandsøjlen. De hårdest ramte iltsvindsområder var Mariager Fjord, Haderslev Fjord, det nordlige Bælthav, det sydlige Lillebælt og tilhørende sydøstjyske fjorde, Det Sydfynske Øhav, Femern Bælt og Mecklenburg Bugt. Desuden var der udbredte områder med moderat iltsvind og lavt iltindhold. Adskillige steder blev der registreret iltfrie forhold i bundvandet og frigivelse af giftig svovlbrinte. Iltsvindssituationen i september var kritisk for havmiljøet i de mest berørte farvande, hvor en markant del af arealet og vandsøjlen var påvirket af overvejende kraftigt iltsvind. Det samlede areal med iltsvind i september var noget større end august i år og september sidste år. Iltsvindets udbredelse i september 2022 var den sjette største siden 2002, det hidtil værste iltsvind, og er siden 2008 kun overgået af udbredelsen i 2016 og 2020. Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande er steget signifikant siden 2010.

Vejrliget i rapporteringsperioden (25. august – 22. september) var kendetegnet ved rolige vindforhold først og sidst i perioden og en del vind i den mellemliggende periode. Temperaturen i bundvandet var høj gennem hele perioden. Svag vind stimulerer iltsvindets udvikling, mens kraftig vind generelt hæmmer udviklingen. Effekten af kraftig vind er dog langt størst i mere lavvandede områder, da der på dybere vand skal langvarig kraftig vind eller en storm til at opblande vandsøjlen og derved transportere ilt til bundvandet. Høj vandtemperatur stimulerer udviklingen af iltsvind.

Det blæste en del i første halvdel af september og især midt i september, hvor der var hård kuling med vindstød af stormende kuling. Det bevirkede en opblanding af vandsøjlen, som forbedrede iltforholdene i flere mere lavvandede områder såsom fx Limfjorden. Men vinden var ikke tilstrækkelig til at forbedre iltforholdene på dybere vand, hvor iltsvindet tog til gennem rapporteringsperioden. I den første uges tid af september, hvor vinden tog til i styrke, blæste det fra øst, hvilket gav en vindstuvning og forhøjet vandstand langs dele af den jyske østkyst. Vinden tog yderligere til midt i september og drejede i vest, hvilket kombineret med den forhøjede vandstand betød, at der blev flyttet rundt på vandmasserne. Det bevirkede i nogle områder heriblandt i Aarhus Bugt, at det laveste iltindhold ikke var nær bunden men et stykke oppe i vandsøjlen.

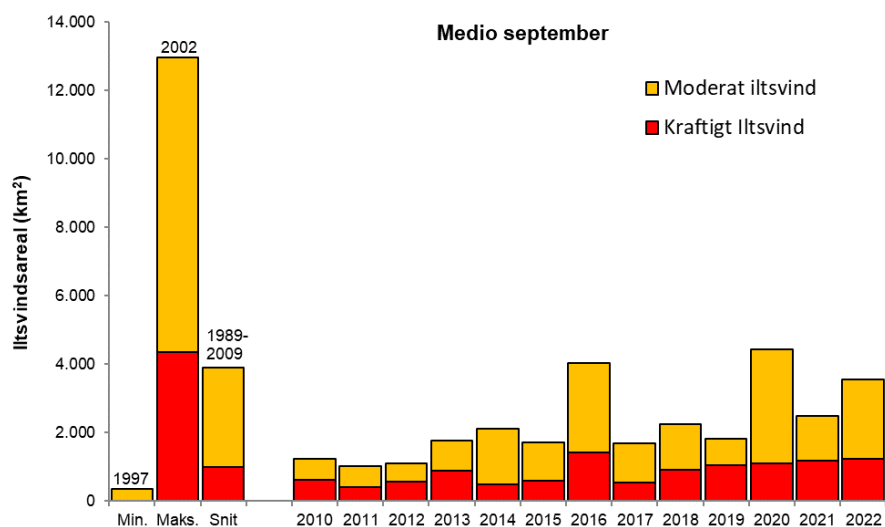
De hårdest ramte iltsvindsområder var Mariager Fjord, Haderslev Fjord, det nordlige Bælthav, det sydlige Lillebælt og tilhørende sydøstjyske fjorde, Det Sydfynske Øhav, Femern Bælt og Mecklenburg Bugt (figur 1 & 2). Desuden angiver iltsvindsmodellen, at der midt i september var udbredt moderat iltsvind i Aarhus Bugt og omgivende farvande, nordlige Storebælt, vestlige del af Hesselø Bugt og Øresund samt lavt iltindhold i store dele af det sydlige Kattegat, Storebælt og Smålandsfarvandet. I adskillige af områderne var der iltfrit i bundvandet, og i flere af dem blev der registreret frigivelse af giftig svovlbrinte fra bunden.

Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande (inden for EEZ-linjen) udgjorde godt 3.500 km² midt i september, heraf var 35 % påvirket af kraftigt iltsvind (figur 3). Iltsvindets udbredelse i september 2022 var den sjette største siden 2002, det hidtil værste iltsvind, og er siden 2008 kun overgået af udbredelsen i 2016 og 2020. Arealet i september i 2022 var knap 30 % større end

i august i år og godt 40 % større end i september sidste år. I flere af de værst ramte områder, herunder især det sydlige Lillebælt, Aabenraa Fjord og Flensborg Fjord var en markant andel af arealet og vandvolumenet påvirket af overvejende kraftigt iltsvind. Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande er steget signifikant siden 2010.

Figur 3. Modelleret arealudbredelse af moderat ($2-4 \text{ mg l}^{-1}$) og kraftigt ($< 2 \text{ mg l}^{-1}$) iltsvind midt i september i de indre danske farvande 2010-2022 samt den største og mindste udbredelse 1989-2022 og den gennemsnitlige udbredelse 1989-2009.

Modelled areal distribution of moderate ($2-4 \text{ mg l}^{-1}$) and severe ($< 2 \text{ mg l}^{-1}$) oxygen depletion in inner Danish waters in mid-September 2010-2022 as well as the largest and the smallest areal distribution 1989-2022 and the average areal distribution 1989-2009.



Udbredt iltsvind forudsætter en forudgående stor tilførsel af næringsstoffer (eutrofiering), men iltsvindets udvikling i løbet af året reguleres væsentligst af bundvandstemperaturen og de aktuelle vejmæssige forhold. I de nuværende iltsvindsområder vil det kræve flere dage med blæst for at forbedre iltforholdene i de mere lavvandede områder, og en længere periode med kraftig blæst eller en storm for at forbedre iltforholdene i de dybere områder. Kraftig blæst og storm vil også kunne føre til, at iltfattigt bundvand flyttes og påvirker nye områder eller forværrer forholdene i nuværende iltsvindsområder. Iltforholdene i rapporteringsperioden var kritisk for bundlevende dyr, planter og fisk adskillige steder. Iltsvindssituationen kan forværres yderligere i den efterfølgende periode, men det er mest sandsynligt, at faldende temperatur og tiltagende vind vil forbedre iltforholdene.

Summary

The distribution and intensity of the oxygen depletion increased significantly in most places during this reporting period (25 August - 22 September). However, strong wind in the first half of September resulted in improved oxygen conditions in some more shallow areas. Whereas the oxygen conditions worsened at deeper water. Increasing wind combined with elevated water level in some areas and a shift in wind direction resulted in some movement of water masses which affected the oxygen concentration and the distribution of oxygen in the water column. The areas most affected by oxygen depletion were Mariager Fjord, Haderslev Fjord, the northern Bel Sea, the southern part of the Little Belt and the adjacent fjords of south-east Jutland, the southern Funen archipelago, Fehmarn Belt as well as the Bay of Mecklenburg. Further there was widespread areas with moderate oxygen depletion and low oxygen content. In several places anoxic conditions were observed in the bottom water together with release of toxic hydrogen sulphide. The oxygen depletion during the reporting period was thus critical for the marine environment in the most affected areas, where a significant part of the area and the water column experienced severe oxygen depletion. The total area with oxygen depletion in September was somewhat larger than in August this year and in September last year. The areal distribution of oxygen depletion in September 2022 was the sixth largest since 2002, the worst so far, and since 2008 only exceeded by the distribution in 2016 and 2020. The total area affected by oxygen depletion in the inner Danish waters has increased significantly since 2010.

The weather in the reporting period (25 August - 22 September) was particularly characterised by calm wind first and last in the period and windy conditions in between. The temperature in the bottom water was high during the whole period. Weak wind stimulates the development of oxygen depletion, whereas strong wind generally hampers oxygen depletion. However, the effect of strong wind is largest in more shallow areas, as deeper areas require a longer period with strong wind or a storm to mix the water column and thereby transport oxygen to the bottom water. High temperature stimulates oxygen depletion.

It was quite windy in the first half of September especially in mid-September with strong winds with gusts of storm force. The windy conditions mixed the water column and improved the oxygen conditions in the more shallow areas like the Limfjorden. However, the wind was not sufficient to improve oxygen conditions at deeper waters where the oxygen depletion intensified during the reporting period. In the first week of September there was increasing eastern winds, which resulted in increased water level along parts of the east coast of Jutland. The wind increased further in mid-September and turned to a western direction. This change in wind direction combined with the increased water level moved the water masses around. As a result, some areas, among them Aarhus Bay, experienced that the lowest oxygen content was not near the bottom but somewhat up in the water column.

The most affected areas were Mariager Fjord, Haderslev Fjord, the northern Bel Sea, the southern part of the Little Belt and the adjacent fjords of south-east Jutland, the southern Funen archipelago, Fehmarn Belt as well as the Bay of Mecklenburg (*figure 1 & 2*). Moreover, the oxygen depletion model indicates for mid-September widespread oxygen depletion in Aarhus Bay and adjacent waters, eastern part of the northern Belt Sea, western part of Hesselø Bay, and Øresund as well as low oxygen content in the southern part of Kattegat, the Great Belt, and Smålandsfarvandet. In several of these areas, anoxic conditions prevailed in the bottom water, and in some of these locations toxic hydrogen sulphide was released from the bottom.

The total area affected by oxygen depletion in the inner Danish waters (within the EEZ line) was just above 3,500 km² in mid-September where 35% of the area was affected by severe oxygen depletion (*figure 3*). *The areal distribution of oxygen depletion in September 2022 was the sixth largest since 2002, the worst so far, and since 2008 only exceeded by the distribution in 2016 and 2020.* The area affected in September 2022 was almost 30 % higher than in August this year and 40 % higher than in September last year. In several of the worst-affected areas, including especially the southern Little Belt, Aabenraa Fjord and Flensburg Fjord, a large part of area and the water volume were affected by mainly severe oxygen depletion. The total area affected by oxygen depletion in the inner Danish waters has increased significantly since 2010.

Widespread oxygen depletion requires a preceding large influx of nutrients (eutrophication), but the development of oxygen depletion during the year is mainly dependent on the bottom water temperatures and the actual weather conditions. In the currently oxygen depleted areas, several days of windy conditions are required to improve the oxygen conditions in the more shallow areas and a longer period of strong winds or a storm is needed to improve the oxygen conditions in the deeper areas. However, strong wind and storms could also lead to movement of oxygen-depleted bottom water, which may affect new areas or worsen the conditions in the already affected areas. The oxygen depletion during the reporting period was critical for the bottom fauna, plants, and fish in a number of areas. The oxygen depletion may intensify further in the period to come, but it is most likely that decreasing temperatures and increasing wind will improve oxygen conditions.

3. Indledning

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, udsender hvert år fire iltsvindsrapporter. Rapporterne beskriver de aktuelle iltforhold 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 rapport giver en status for den aktuelle udvikling og udbredelse af iltsvind fra 25. august til og med 22. september. Formålet med rapporten 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 rapporten 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 iltforholdene 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.

3.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?

Iltsvind opstår, når iltforbruget 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. Niveaue 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 iltforbruget, og der kan udvikles iltsvind ved bunden 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 iltforbruget og styrker lagdelingen af vandsøjlen. Øget nedbør medfører en større tilførsel af vand, næringsstoffer og organisk stof fra land til hav, hvilket fremmer eutrofieringen og styrker lagdelingen af vandsøjlen. Ændrede vindforhold påvirker opblandingen af vandmasserne samt strømforholdene og dermed ilttilførslen til bundvandet. Mere vind øger ilttilførsel, mens mindre vind mindsker ilttilførslen.

De aktuelle vejræssige 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 vand-

udskiftningen 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 vejrsmæssige forhold, som udløser iltsvind og er afgørende for år til år variationen i dets udbredelse, varighed og intensitet.

3.2 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 ramt af 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 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, elementær svovl. Liglaget repræsenterer derfor den sidste barriere, inden svovlbrinte frigives fra havbunden til vandfasen. Når den sidste ilt er opbrugt, forsvinder liglaget, og bunden farves sort af jernsulfid, som er en 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. 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.

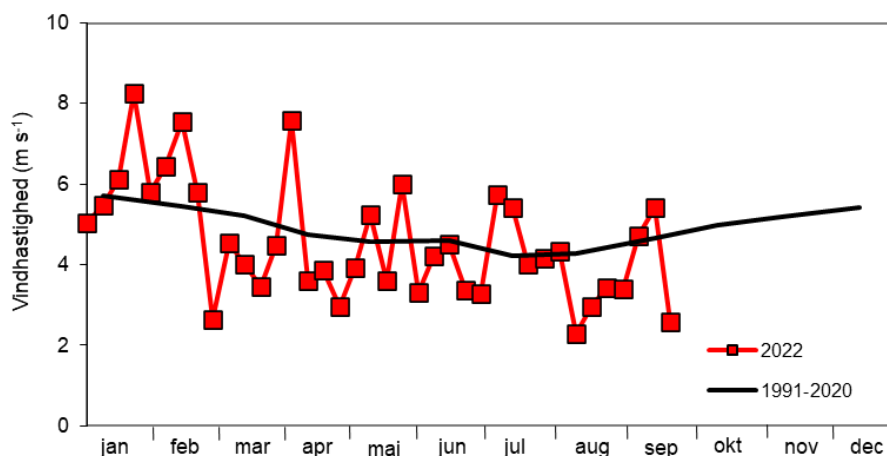
4. Vejrlig

4.1 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 eksisterende iltvind til nye områder.

Figur 4. Landsgennemsnit for ugentlig middelvindhastighed i 2022 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of weekly mean wind speed for 2022 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



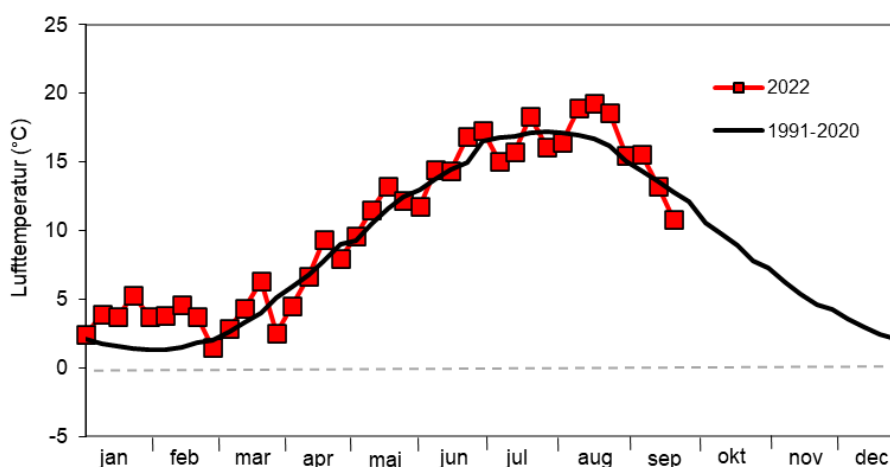
Vindhastigheden i 2022 har siden slutningen af februar overvejende ligget under langtidsmidlen (1991-2020) (figur 4). Der var dog dage med en del vind først i april, sidst i maj, først og sidst i juli samt i første halvdel af september. I august og sidst i september var der usædvanlig lidt vind.

4.2 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 iltten bliver forbrugt, idet højere temperaturer mindsker iltens opløselighed i vand og øger iltforbruget.

Figur 5. Landsgennemsnit for ugentlig lufttemperatur i 2022 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

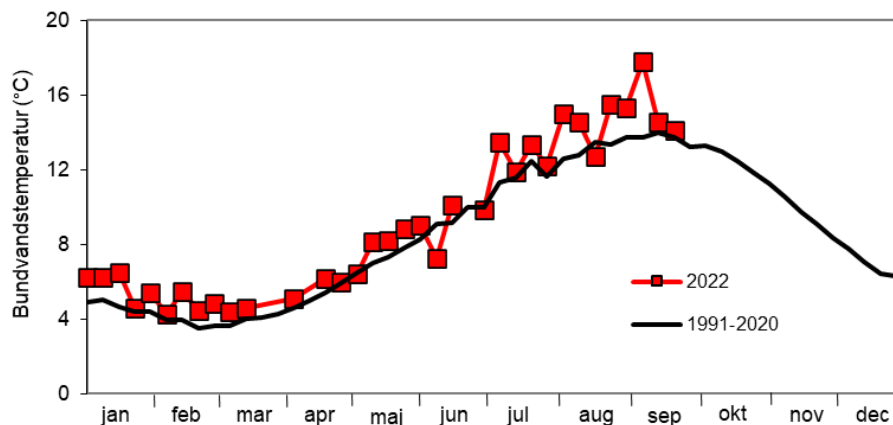
National average of weekly air temperature in 2022 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



Lufttemperaturen var markant over langtidsmidlen (1991-2020) i årets første to måneder (figur 5). Derefter har temperaturen varieret omkring langtidsmidlen til og med juli. Indtil sidst i august var temperaturen en del over langtidsmidlen, hvorefter den igen har varieret omkring langtidsmidlen.

Figur 6. Ugentlig bundvandstemperatur i de indre farvande i 2022 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Miljøstyrelsen.

Weekly bottom water temperature from the inner waters in 2022 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



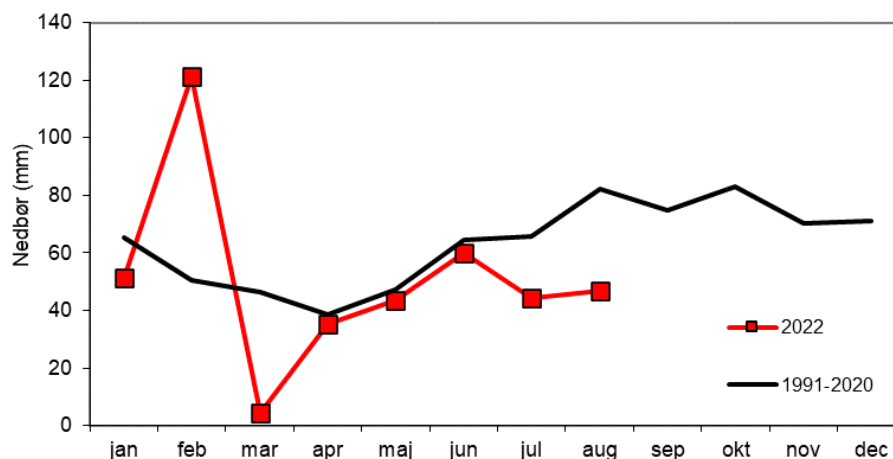
Bundvandstemperaturen var meget høj i starten af 2022 (figur 6). Til og med maj var der en stabil udvikling med temperaturer overvejende over langtidsmidlen (1991-2020). Siden juni har temperaturen varieret mere; fra juli til midt i september hovedsageligt på et niveau markant over langtidsmidlen.

4.3 Nedbør

Nedbøren er vigtig i relation til iltsvind, 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 7. Landsgennemsnit for månedlig nedbør i 2022 og langtidsmidlen for 1991-2020 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of monthly precipitation in 2022 and long-term average for 1991-2020 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



Nedbørsmængden opgjort som månedsmiddel var omkring langtidsmidlen (1991-2020) i januar, april, maj og juni, mens det regnede usædvanlig meget i februar og usædvanlig lidt i marts (figur 7). I juli og august var nedbørsmængden noget under langtidsmidlen.

5. Oversigt over de enkelte farvande

Stednavne angivet med fed skrift er angivet på figur 15.

5.1 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 (25. august – 22. september).

I de lavvandede vestjyske fjorde **Ringkøbing Fjord** og **Nissum Fjord** blev der kun registreret iltsvind i **Ringkøbing Fjord**. Midt i september opstod der et kortvarigt moderat iltsvind i bundvandet efter lagdeling af vandsøjlen grundet utilstrækkelig opblanding af indsluset vand fra **Vesterhavet**.

5.2 Limfjorden

I **Limfjorden** var iltforholdene ved månedsskiftet august/september i nogle områder lidt bedre end midt i august formodentlig som følge af lidt forøget vind og ændret vindretning. Ved månedsskiftet var der iltsvind i **Vilsund**, **Bjørnsholm Bugt**, **Risgårde Bredning**, **Hvalpsund**, **Hjarbæk Fjord** samt i **Sebber Lo** og **Halkær Bredning** syd for **Nibe Bredning**. Den kraftige vind i første halvdel af september omrørte vandsøjlen og tilførte derved ilt til bundvandet, så der midt i september kun var iltsvind i **Hjarbæk Fjord**.

I sidste rapporteringsperiode opstod en usædvanlige situation, hvor hele vandsøjlen blev iltfrit i den lavvandede **Halkær Bredning**, og der var en opblomstring af purpur svovlbakterier, som farvede vandet rødt. Som det fremgår af billederne i figur 8, skete opblomstringen mellem 15. og 25. august. Den 11. september havde forholdene i vandsøjlen næsten normaliseret sig.



Figur 8. Satellitbilleder af Halkær Bredning (og Sebber Lo, nordlige bassin) 15. august, 25. august og 11. september. De hvide plamager i midterste billede og det hvide slør i billedet til højre er skyer. Data fra Sentinel 2 under Copernicusprogrammet.

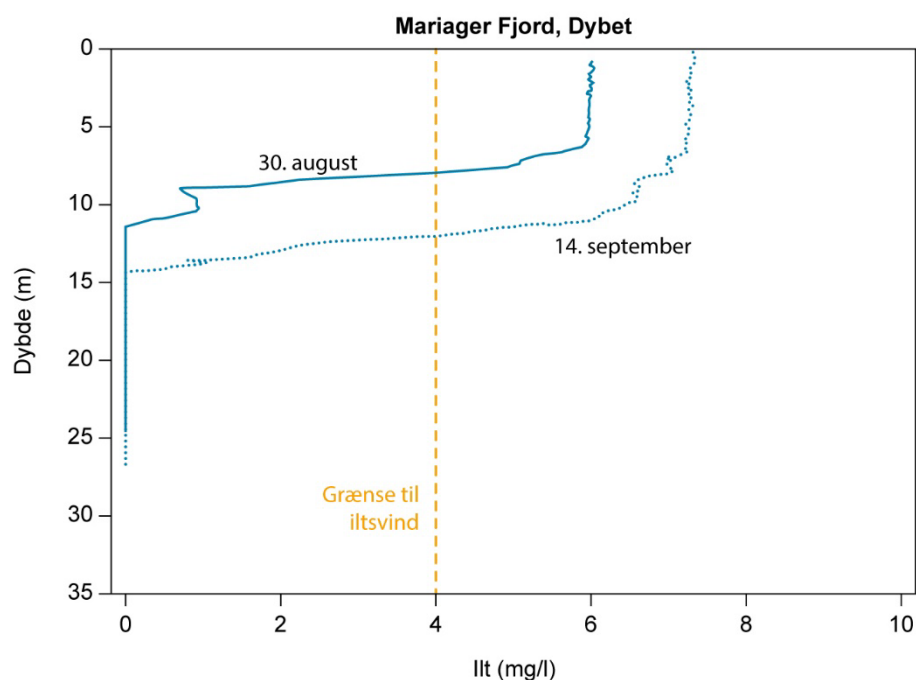
5.3 Kattegat og omgivende farvande

Først i september blev der registreret lavt iltindhold på stationer i **Aalborg Bugt** og **Læsø Rende**. Midt i september var iltforholdene forbedret i **Læsø Rende**, mens der var moderat iltsvind på en station i **Aalborg Bugt** (figur 1). Iltsvindsmodellen angiver udbredelse af et område med lavt iltindhold syd for denne station (figur 2). Der blev ikke registreret iltsvind i det nordlige og centrale **Kattegat**. Der blev målt moderat iltsvind på et par stationer i det sydlige **Kattegat** først i rapporteringsperioden, og iltsvindsmodellen angiver udbredelsen af et større område med lavt iltindhold i det sydlige og centrale **Kattegat** sidst i rapporteringsperioden.

I **Mariager Fjord** blev der ikke registreret iltsvind i den ydre del af fjorden. I 'Dybet' ud for Mariager by fortsatte de iltfrie forhold i bundvandet ind i denne rapporteringsperiode. Den kraftige vind i første halvdel af september bevirkede, at iltsvindszonen blev skubbet ca. 4 meter ned i vandsøjlen sammenlignet med situationen sidst i august og berører nu halvdelen mod tidligere to tredjedele af vandsøjlen (figur 9). I den inderste del af fjorden har der været kraftigt iltsvind i bundvandet siden midt i august.

Figur 9. Dybdeprofiler af iltkoncentration i 'Dybet' i Mariager Fjord 30. august og 14. september 2022. Den stiplede linje angiver grænsen til iltsvind (4 mg/l). Data fra Miljøstyrelsen.

Profiles of oxygen in 'Dybet' in Mariager Fjord 30 August and 14 September 2022. The dotted line indicates the level of oxygen depletion (4 mg/l). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



På stationen ved overgangen til den indre del af **Randers Fjord** blev der registreret moderat iltsvind i slutningen af august. Midt i september var iltsvindet forsvundet igen. I **Hevring Bugt** blev der ikke registreret iltsvind, men der var et lavt iltindhold i september.

5.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande

Iltindholdet i **Aarhus Bugt** og omgivende farvande ændrede sig en del i denne rapporteringsperiode, og ændringerne var forskellige mellem områderne. Overordnet blev iltforholdene dårligere i løbet af perioden.

Profiler af saltholdighed og observationer af vindretning og vandstand indikerer, at der i forbindelse med den kraftige vind i første halvdel af september blev presset saltholdigt og iltfattigt bundvand ind i området fra Kattegat. I de dybereliggende områder har det udskiftet det tidligere bundvand og mindsket iltindholdet. Vindstuvning som følge af østenvind i den første halvanden

uge af september gav forhøjet vandstand. Da vinden gik i vest midt i september, gav det en udstrømning og dermed en udskiftning af bundvandet i de kystnære områder, hvilket øgede iltindholdet. Så i farvandet var der to modsatte ændringer af iltindholdet i bundvandet afhængig af vanddybden og kystnærheden af de forskellige områder.

I **Aarhus Bugt** var der først i september gode iltforhold i den nordlige og kystnære vestlige del, mens der i den sydlige del var moderat iltsvind. Midt i september var der moderat iltsvind i størstedelen af bugten (*figur 10*). På de dybeste stationer i den østlige del af bugten var den laveste iltkoncentration omtrent midt i vandsøjlen. Saltholdigheden og iltindholdet tyder på, at dette lag oprindeligt stammede fra den nordlige del, og at vandlaget er blevet flyttet som en konsekvens af vandbevægelserne i området.

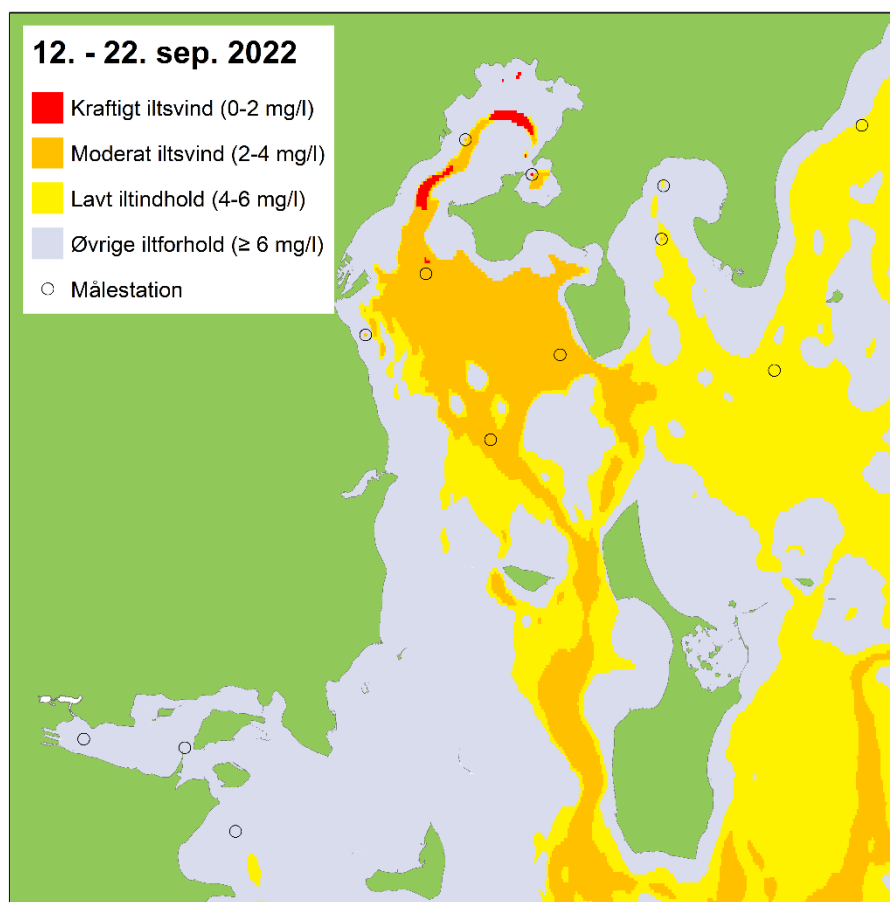
I **Kalø Vig** faldt iltindholdet i løbet af september, og der blev målt både moderat og kraftigt iltsvind i rapporteringsperioden. I det dybe hul i **Knebel Vig** var der fortsat iltfrit i bundvandet i september, og der blev frigivet giftig svovlbrinte fra bunden.

I **Ebeltoft Vig** blev der registreret kraftigt iltsvind på begge stationer i begyndelsen af september. Midt i september var der ikke længere iltsvind i den indre del, og iltforholdene var forbedret til moderat iltsvind i den ydre del. I **Hjelm Dyb** blev der målt moderat iltsvind i både den nordlige og sydlige del. I midten af september var iltvindet forsvundet, men iltindholdet var lavt i begge områder.

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

Figur 10. Modelleret arealudbredelse af iltsvind i de kystnære farvande fra Djursland til syd for Samsø baseret på målinger fra 12.-22. september.

Modelled areal distribution of oxygen depletion from Djursland to south of Samsø for 12-22 September.



Vest for **Samsø** faldt iltkoncentrationen yderligere i forhold til sidste rapporteringsperiode. Ved den seneste måling først i september var der moderat iltsvind på grænsen til kraftigt iltsvind.

I **Horsens Fjord** opstod der moderat iltsvind sidst i august. Men efter den megen vandbevægelse i første halvdel af september var iltforholdene gode i fjorden midt i september. I **As Vig**, umiddelbart syd for **Horsens Fjord**, blev der ikke registreret iltsvind, og her steg iltkoncentrationen også fra sidst i august til midt i september.

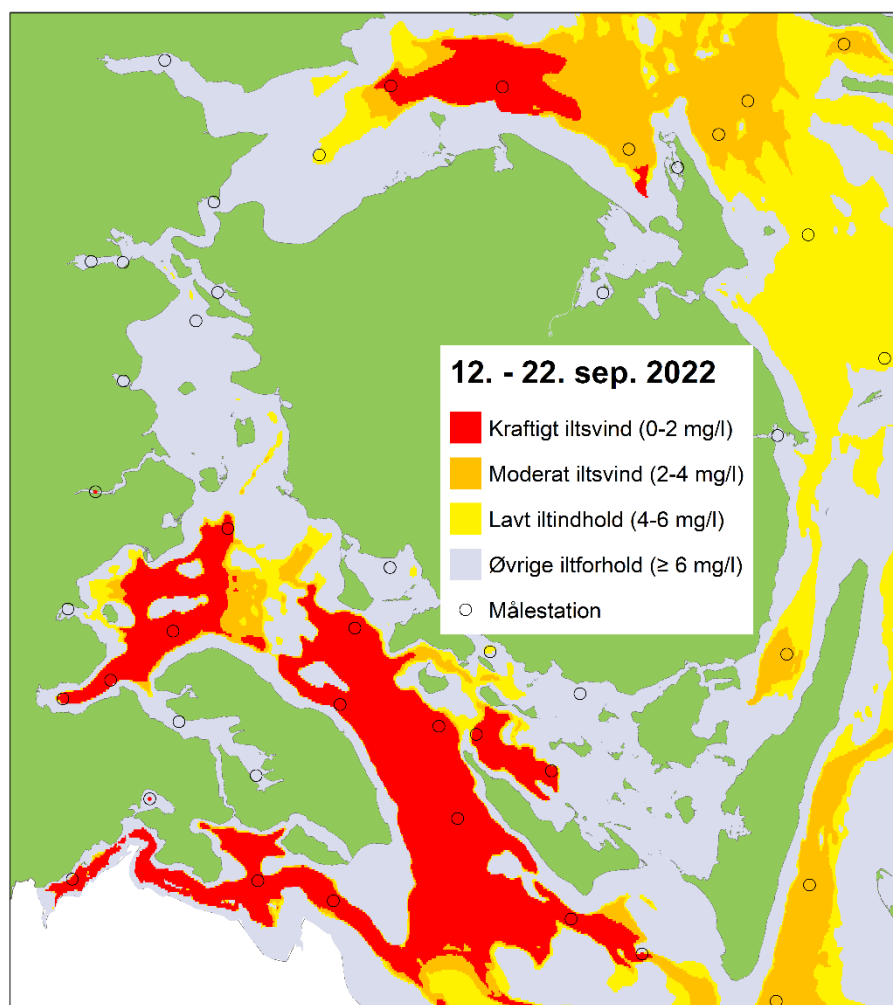
5.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælteerne og de sydøstjyske fjorde

I denne rapporteringsperiode (25. august – 22. september) har iltsvindet været meget udbredt og intenst i farvandene rundt om **Fyn** (figur 11). Iltsvindet har udviklet sig i løbet af august og september. Den kraftige vind i første halvdel af september forbedrede kun iltforholdene i enkelte og hovedsageligt mere lavvandede områder.

I det **nordlige Bælthav** faldt iltindholdet jævnt i løbet af august og september. I slutningen af august var der iltsvind i hele området nord for **Fyn** med kraftigt iltsvind i den centrale del. Midt i september var iltsvindet ophørt i den vestlige del, mens der fortsat var kraftigt iltsvind i den centrale del og moderat iltsvind i den østlige del.

Figur 11. Modelleret arealudbredelse af iltsvind i farvandene rundt om Fyn baseret på målinger fra 12.-22. september.

Modelled areal distribution of oxygen depletion in waters around Funen for 12-22 September.



I **Vejle Fjord** blev der hverken registreret iltsvind eller lavt iltindhold i rapporteringsperioden.

I **Kolding Fjord** blev der heller ikke registreret iltsvind.

I **Hejls Nor**, som er et mindre lavvandet område syd for **Kolding Fjord**, var iltforholdene også gode.

I **Avnø Vig**, som er et mindre lavvandet område nord for **Haderslev Fjord**, var der ligeledes gode iltforhold.

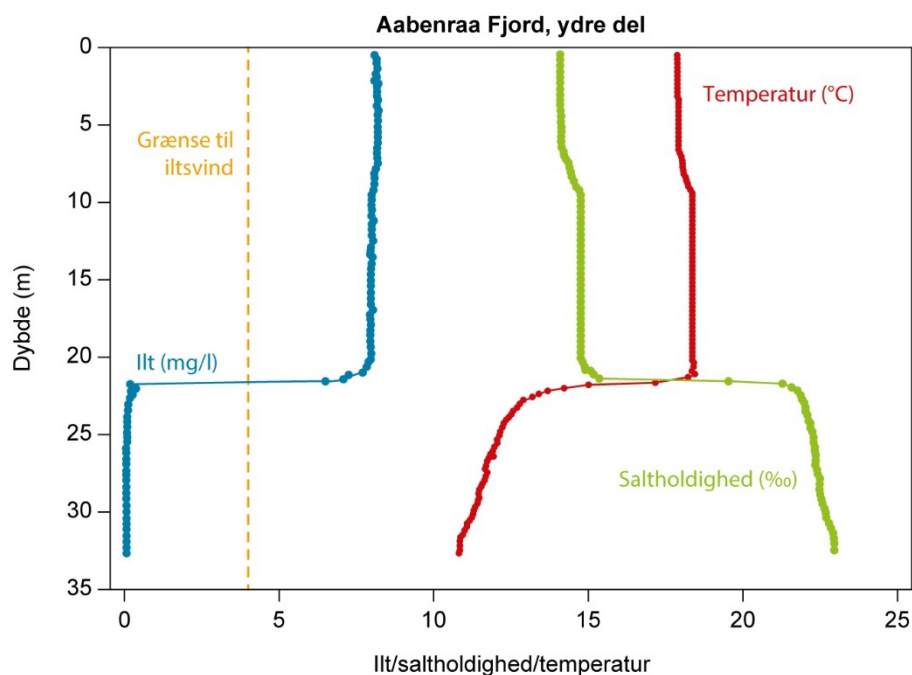
Haderslev Fjord er kendetegnet ved meget varierende iltforhold, og der opstår ofte iltsvind i fjorden. I sidste rapporteringsperiode blev der i overensstemmelse hermed først registreret iltfrit bundvand og frigivelse af giftig svovlbrinte efterfulgt af gode iltforhold, som igen ændredes til iltfrie forhold. I denne rapporteringsperiode blev fjorden kun besøgt midt i september, hvor der var næsten iltfrit i bundvandet.

I **Genner Bugt**, mellem **Haderslev Fjord** og **Aabenraa Fjord**, blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden. Iltkoncentrationen midt i september var på grænsen til lavt iltindhold.

I **Aabenraa Fjord** var der fortsat kraftigt iltsvind først i september, og bundvandet i den ydre del af fjorden var stadig iltfrit. Midt i september var bundvandet iltfrit i både den indre og den ydre del, og i den ydre del blev der konstateret frigivelse af svovlbrinte fra bunden. Vandsøjlen var lagdelt, og adskillelsen mellem overfladevand og bundvand var usædvanlig skarp (*figur 12*).

Figur 12. Dybdeprofil af iltkoncentration, temperatur og saltholdighed i den ydre del af Aabenraa Fjord (st. SJY16) den 14. september 2022. Profilerne viser en skarp lagdeling ved ca. 22 m. Den stiplede linje angiver grænsen til iltsvind (4 mg/l). Data fra Miljøstyrelsen.

Profile of oxygen, temperature, and salinity in the outer part of Aabenraa Fjord 14 September 2022. The profiles show a sharp hypocline at about 22 m. The dotted line indicates the level of oxygen depletion (4 mg/l). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



I **Als Fjord** var der fortsat kraftigt iltsvind i bundvandet først i september. Midt i september var situationen forbedret markant til gode iltforhold. I **Augustenborg Fjord**, der ligger i forlængelse af **Als Fjord**, er der endnu ikke registreret iltsvind i denne iltsvindsæson.

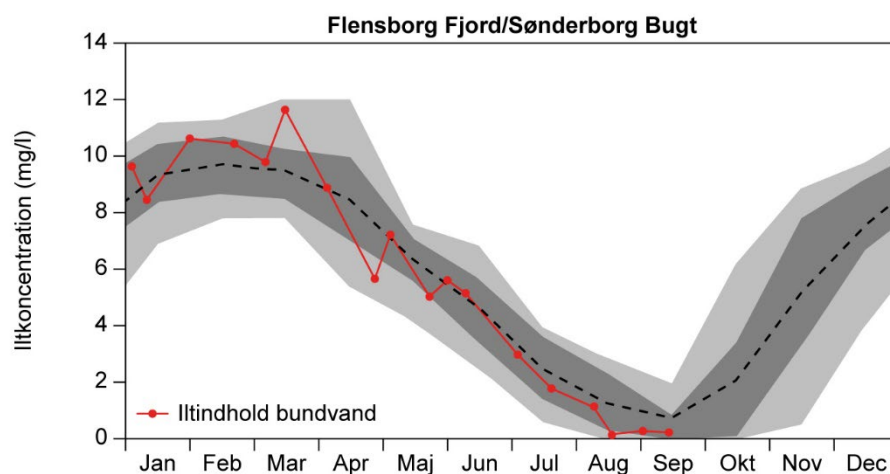
I det sydlige **Lillebælt** var der i denne rapporteringsperiode et sammenhængende iltsvindsområde fra syd for **Årø** ned til lige nord for **Als**, som var forbundet med iltsvind i **Aabenraa Fjord** (figur 11). Der var hovedsageligt kraftigt iltsvind i området og helt eller næsten helt iltfrit bundvand på de største dybder. Øst for dette område ud for **Helnæs** var et andet og endnu større sammenhængende iltsvindsområde, som strakte sig til syd for **Als** og **Ærø**. Hele dette område var påvirket af kraftigt iltsvind, og også her var der helt eller næsten helt iltfrie forhold i bundvandet. Dette område var forbundet med iltsvind i **Flensborg Fjord** og **Marstal Bugt**, hvor der overvejende var kraftigt iltsvind. Iltsvindmodellen indikerer, at iltsvindsområdet havde forbindelse helt ned til bunden af Kiel Bugt (figur 2).

I den indre del af **Flensborg Fjord** blev der registreret kraftigt iltsvind allerede ved den første måling i starten af maj. Der har været kraftigt iltsvind lige siden, og fra midt i august har bundvandet været iltfrit. Midt i september var der i godt 12 meters dybde en skarp lagdeling lige som i Aabenraa Fjord, og også her blev der konstateret frigivelse af svovlbrinte fra bunden. I den ydre del af fjorden (**Sønderborg Bugt**), som har været overvåget siden årets start, blev der registreret moderat iltsvind først i juli (figur 13). Det udviklede sig til kraftigt iltsvind midt i juli. Midt i august var der iltfrit i bundvandet, hvilket også var tilfældet midt i september. I Flensborg Fjord var knap halvdelen af bunden påvirket af iltsvind, heraf godt 90 % af kraftigt iltsvind.

I **Nybøl Nor**, som er forbundet med **Flensborg Fjord**, fortsatte det kraftige iltsvind og de iltfrie forhold i bundvandet fra sidste rapporteringsperiode. Midt i september var der også frigivelse af svovlbrinte fra bunden.

Figur 13. Laveste iltkoncentration i bundvandet i den ydre del af Flensborg Fjord i 2022 (rød kurve) i forhold til langtidsmidlen for 1986-2019 (stiplet linje). Mørkegrå angiver 50 % fraktilen og mørkegrå + lysegrå 80 % fraktilen. Data fra Miljøstyrelsen.

Lowest bottom water oxygen concentration in the outer part of Flensburg Fjord during 2022 (red 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 **Det Sydfynske Øhav** har der været kraftigt iltsvind både i den vestlige og den centrale del af **Ærøbassinet** – i den vestlige del siden sidst i maj. Midt i september var der kraftigt iltsvind og iltfrit i bundvandet i de dybeste områder både i den vestlige og den centrale del (figur 11). I den vestlige del var der ingen ilt i de nederste 18 meter svarende til næsten halvdelen af vandsøjlen. I **Ringsgaardbassinet** var det kraftige iltsvind fra først i august fortsat til stede sidst i august. Midt i september var iltsvindet forsvundet som følge af den kraftige vind i første halvdel af september, som har tilført ilt til bundvandet.

I de lavvandede kystnære områder syd for **Fyn** blev der målt iltsvind på to lokaliteter. I **Helnæs Bugt** blev der registreret kraftigt iltsvind fra midt i au-

gust til sidst i august. Midt i september var iltsvindet forsvundet efter perioden med kraftig vind. I Kertinge Nor syd for **Odense Fjord** blev der målt moderat iltsvind sidst i august, men også dette iltsvind var ophørt midt i september.

I **Storebælt** var der midt i august udbredt lavt iltindhold. Sidst i august blev der registreret moderat iltsvind øst for **Romsø**, og i den øvrige del af **Storebælt** var der udbredt lavt iltindhold, som var tæt på grænsen til iltsvind i de dybeste områder. Midt i september var der moderat iltsvind i den nordligste del og lavt iltindhold i den centrale del af bæltet. I den nordlige del befandt vandlaget med den laveste iltkoncentration sig i en dybde lidt over midten af vandsøjlen. Dette svarer til observationen i den østlige del af **Aarhus Bugt** i en tilsvarende dybde, hvor der var et vandlag med en lavere iltkoncentration end i bundvandet. Det indikerer, at vinden i første halvdel af september har flyttet iltfattigt bundvand rundt i et større område, hvor vandlaget er blevet presset ind over mere ilt- og saltholdigt bundvand.

I **Langelands Sund** (vest for **Langeland**) var der midt i august et lavt iltindhold. Iltforholdene var forbedret sidst i august, men midt i september var der moderat iltsvind i området. I **Langelandsbælt** (øst for **Langeland**) havde der midt i september etableret sig moderat iltsvind i den dybe del af renden.

5.6 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**, **Sejerø Bugt**, **Hesselø Bugt**, **Faxe Bugt**, **Hjelm Bugt** og **Smålandsfarvandet** (figur 14).

Vest for **Sjælland** blev der målt moderat iltsvind i **Jammerland Bugt**, **Kalundborg Fjord**, **Sejerø Bugt** og nord for **Sjælland** i den vestlige del af **Hesselø Bugt**. I alle områderne etableredes iltsvindet i løbet af august, og der var fortsat moderat iltsvind i områderne midt i september. I **Sejerø Bugt** var der kortvarigt forbedrede iltforhold sidst i august.

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

I **Øresund** aftog iltindholdet i løbet af august og september. Sidst i august blev der målt iltsvind på den ene af to stationer nær **Hven**. Midt i september var der iltsvind på begge stationer, og iltsvindmodellen angiver udbredelsen af et sammenhængende område med moderat iltsvind fra nord for **Hven** til den sydlige ende af **Saltholm** både vest og øst om holmen.

I **Køge Bugt** blev der ikke registreret iltsvind. I **Faxe Bugt** har iltforholdene varieret meget. Der blev målt moderat iltsvind først i august, som var forsvundet midt i august, genetableret som kraftigt iltsvind sidst i august og atter forsvundet i september.

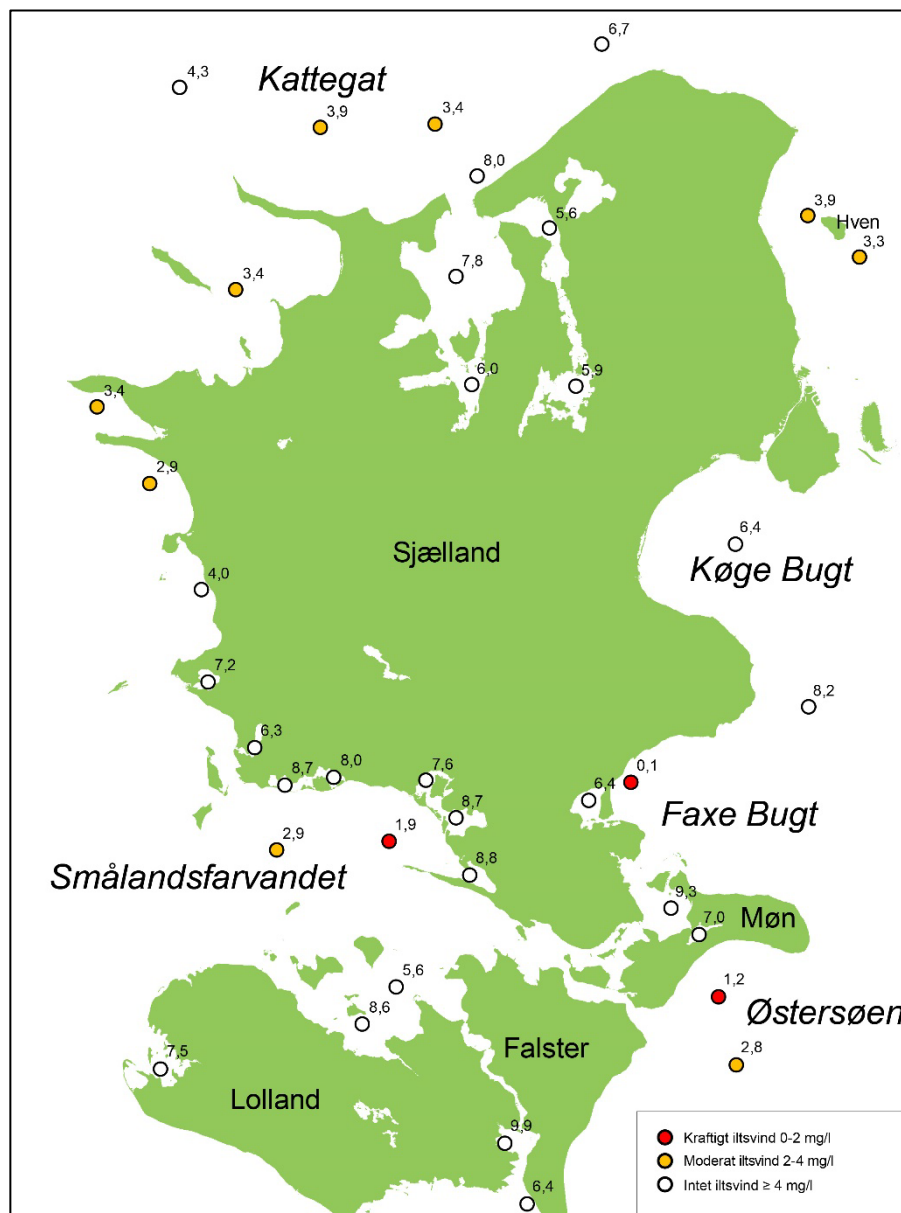
I **Hjelm Bugt** syd for **Møn** har der været iltsvind siden først i august, hvor der blev målt moderat iltsvind på den sydligste station og kraftigt iltsvind på den nordligste station. Det var også status midt i september, hvor iltsvindet havde bredt sig længere op i vandet og berørte en usædvanlig stor del af vandsøjlen.

I **Rødsand Lagune** var der iltsvind i slutningen af sidste rapporteringsperiode, men der er ikke registreret iltsvind efterfølgende.

I **Smålandsfarvandet** opstod der også iltsvind i slutningen af sidste rapporteringsperiode. Iltsvindet fortsatte ind i denne periode, men forsvandt i den østlige del af farvandet i starten af september. Midt i september var der moderat og kraftigt iltsvind i henholdsvis den vestlige og østlige del af farvandet. Iltsvindsmodellen angiver, at arealet påvirket af kraftigt iltsvind var meget lille, mens der var udbredt moderat iltsvind i et område hovedsageligt syd for de to overvågningsstationer i området (figur 2).

Figur 14. 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. Markers at each station present the lowest registered oxygen concentration (mg/l). Produced by the Danish Environmental Protection Agency.



I området omfattende **Femern Bælt**, **Mecklenburg Bugt** og **Lübeck Bugt** blev iltsvindet fra sidste rapporteringsperiode mere udbredt og mere intenst i løbet af denne rapporteringsperiode. Iltsvindsmodellen angiver tilstedeværelsen af et stort iltsvindsområde strækkende sig fra syd for **Langeland** til syd for **Falster**, hvor den centrale del var påvirket af kraftigt iltsvind (figur 2).

5.7 Farvandene omkring Bornholm

Både i juli og august var der iltsvind øst for **Bornholm**, som er et naturligt iltsvindsområde med næsten permanent iltsvind typisk fra omkring 70 meters dybde (figur 1). Vest for **Bornholm** blev der ikke registreret iltsvind i denne rapporteringsperiode.

5.8 Kort over danske farvande



Figur 15. Oversigt over danske farvande med fokus på potentielle iltvindsområder.

Map with an overview of Danish marine waters with focus on potential areas with oxygen depletion.

6. 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, Meck-
lenburg-Vorpommern**

Mario von Weber, tlf. +49 3843 777 331
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