



VANDMILJØ OG NATUR 2020

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 478

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

VANDMILJØ OG NATUR 2020

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 478

2021

Signe Jung-Madsen¹
Susanne Boutrup¹
Vibeke Vestergaard Nielsen¹
Anja Skjoldborg Hansen¹
Lars M, Svendsen¹
Jesper Fredshavn¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Hans Thodsen²
Jens Würgler Hansen²
Signe Høgslund²
Liselotte Sander Johansson²
Bettina Nygaard²
Christian Kjær²
Thomas Ellermann³
Lærke Thorling⁴
Thomas Frank-Gopolos⁵

¹Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

²Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

³Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

⁴De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

⁵Miljøstyrelsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 478
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	Vandmiljø og Natur 2020
Undertitel:	NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
Forfattere:	Signe Jung-Madsen ¹ , Susanne Boutrup ¹ , Vibeke Vestergaard Nielsen ¹ , Anja Skjoldborg Hansen ¹ , Lars M. Svendsen ¹ , Jesper Fredshavn ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ² , Hans Thodsen ² , Jens Würzler Hansen ² , Signe Høgslund ² , Liselotte Sander Johansson ² , Bettina Nygaard ² , Christian Kjær ² , Thomas Ellermann ³ , Lærke Thorling ⁴ & Thomas Frank-Gopolos ⁵
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, ² Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience, ³ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab, ⁴ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland & ⁵ Miljøstyrelsen
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	December 2021
Redaktion afsluttet:	December 2021
Faglig kommentering:	Fagdatacentre for de enkelte emneområder
Kvalitetssikring, DCE:	Hanne Bach
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR478_komm.pdf
Finansiell støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Jung-Madsen, S., Boutrup, S., Nielsen, V.V., Hansen, A.S., Svendsen, L.M., Fredshavn, J., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Hansen, J.W., Høgslund, S., Johansson, Nygaard, B., Kjær, C., Ellermann, T., Thorling, L. & Frank-Gopolos, T. 2021. Vandmiljø og Natur 2020. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Videnskabelig rapport nr. 478 http://dce2.au.dk/pub/SR478.pdf Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2020 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i luftkvalitet, grundvand, vandløb, søer, og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
Emneord:	Vandmiljøplanen, vandrammedirektiv, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, naturtyper, arter, fugle, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfarlige stoffer.
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Colorbox
ISBN:	978-87-7156-651-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	70
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR478.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både luften, vandig og terrestrisk natur og miljø. Programmet er tilrettelagt med henblik på at imødekomme Danmarks overvågningsforpligtelser i medfør af direktiver og konventioner samt nationale behov inden for programmets emneområder.

Indhold

Indledning	5
Sammenfatning	7
Summary	11
1 Kvælstof	15
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land	15
1.2 Resulterende effekter i vandområder	21
2 Fosfor	23
2.1 Tilførsel til overfladevand	23
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand	26
3 Metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer	28
3.1 Metaller i vandmiljøet	28
3.2 Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet	29
4 Luft	32
4.1 Ingen NO ₂ - og partikeloverskridelser	32
4.2 Ozon	36
4.3 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO	37
4.4 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening	38
5 Grundvand	39
5.1 Vandindvinding	39
5.2 Nitrat i grundvand	40
5.3 Pesticider i grundvand	42
6 Vandløb	46
6.1 Biologisk kvalitet	46
7 Søer	48
7.1 Udvikling i miljøkvalitet; næringsstoffer, klorofyl a og sigtdybde	48
7.2 Fosfor i søer – status og udvikling	49
7.3 Kvælstof i søer – status og udvikling	50
7.4 Klorofyl og sigtdybde	51
7.5 Undervandsplanter	52
8 Marine områder	54
8.1 Status og udvikling i kemiske parametre	54
8.2 Udviklingen i biologiske parametre	56
8.3 Større planter	56
8.4 Bundfauna	58
8.5 Havpattedyr	59

9	Naturtyper og arter	61
9.1	Effektovervågning af terrestriske naturtyper	61
9.2	Overvågning af habitatarter	63
10	Vejr og afstrømning i 2020	65
11	Referencer	68

Indledning

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2020 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA, Miljøstyrelsen m.fl. 2017). Rapporten indeholder også resultater af overvågningen af luftkvaliteten.

Sammenfatningen er af hensyn til overskueligheden gjort meget kort. Det betyder, at datagrundlaget, forbehold i forhold til fx usikkerheder på resultater eller særlige forhold i enkeltår ikke er medtaget, men skal findes i de faglige baggrundsrapporter. Det er derfor nødvendigt at konsultere disse fagrapporter, såfremt resultaterne skal bruges i fx en beslutningsproces. Sammenfatningen giver en status for tilstanden og udviklingen, men giver ikke generelt en oversigt over, i hvor høj grad evt. målsætninger er opfyldt (fx målene ift. vandrammedirektivet).

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljø- og Fødevarerudvalg om resultaterne af årets overvågning og om effekterne af de reguleringer og investeringer, der er foretaget for at beskytte natur og miljø. Sammenfatningen giver et nationalt overblik til de statslige og kommunale institutioner, der har bidraget til gennemførelse af overvågningsprogrammet eller arbejder med forvaltning af luftkvaliteten, vandmiljøet og naturen. Endelig kan offentligheden og interesseorganisationer få centrale informationer om luftkvalitet og vandmiljøets og naturens tilstand og udvikling.

Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet i samarbejde med Miljøstyrelsen og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og på baggrund af rapporter fra fagdatacentre. Miljøstyrelsen har bidraget med rapporten fra fagdatacenter for punktkilder og GEUS med rapporten fra fagdatacenter for grundvand.

Data stammer primært fra selve overvågningsprogrammet, men er suppleret med data fra kommunernes forsyningsenheder ift. spildevand og vandforsyning. Rapporten er som udgangspunkt en opdatering med data indsamlet i 2020 af foregående års rapporter, hvor den seneste er Vandmiljø og Natur 2019. Miljøstyrelsen har haft mulighed for at kommentere et udkast til rapporten.

Det nationale overvågningsprogram er vedtaget i forbindelse med den første vandmiljøplan i 1987. I den sammenhæng var formålet at følge udviklingen i tab af næringsstoffer (kvælstof (N) og fosfor (P)) til overfladevand, luft og grundvand samt de økologiske effekter i overfladevandet. Siden 1987 er programmet gentagne gange blevet ændret, herunder er områder som miljøfarlige forurenende stoffer og naturtyper på land integreret i programmet.

I overvågningsprogrammet NOVANA 2017-21 er fokus stadig delvist rettet mod nationale planer som Vandmiljøplanerne eller Grøn Vækst, men nu også i endnu højere grad mod statens overvågningsforpligtigelser i forhold til EU direktiver som vandrammedirektivet, habitatdirektivet, drikkevandsdirektivet og luftdirektiverne.

Overvågningen er overordnet delt i to kategorier:

- 1) Kontrolovervågningen, som skal give et nationalt overblik over tilstand og udvikling i vandområder, luft og natur.
- 2) Den operationelle overvågning, som skal fastslå tilstanden i vandområder i risiko for at ikke at opfylde fastsatte mål for tilstanden og dermed indgå som grundlag i planlægningen.

Kontrolovervågningen indeholder stadig en kerne af overvågningsstationer i vandområder, hvor der for langt de fleste stationer er en ubrudt tidsserie fra 1989. Det er primært denne kerne, der danner grundlaget for rapporteringen af vandmiljøet, der vedrører overfladevand.

Overvågningen i 2020 omfattede overvågning af tilstand af vandmiljøet, luften (inkl. luftkvalitet i byerne), den terrestrisk natur og en række arter. Data indsamles ofte over flere år, og rapporteres først, når der er tilstrækkeligt datagrundlag for rapportering.

De faglige baggrundsrapporter, som danner grundlag for nærværende sammenfatning, er følgende:

Atmosfærisk deposition 2020	Ellermann et al., 2021
Luftkvalitet 2020	Ellermann et al., (in prep)
Punktkilder 2020	Miljøstyrelsen, 2021
Landovervågningsoplande 2020	Blicher-Mathiesen et al., 2021
Grundvand 2020	Thorling et al., 2021
Vandløb 2020	Thodsen et al., 2021a
Søer 2020	Johansson et al., 2021
Marine områder 2020	Hansen og Høgslund (red.), 2021
NOVANA 2020 - Effektovervågning af terrestriske naturtyper	Nygaard et al. 2021
Arter 2020 (novana.au.dk)	Kjær et al. 2021

Yderligere information om NOVANA kan findes på [Miljøstyrelsens hjemmeside](#), samt på novana.au.dk.

Sammenfatning

Sammenfatningen er af hensyn til overskueligheden gjort meget kort. Det betyder, at datagrundlaget og forbehold i forhold til fx usikkerheder på resultater eller særlige forhold i enkeltår ikke er medtaget, men skal findes i de faglige baggrundsrapporter. Det er derfor nødvendigt at konsultere disse fagrapporter, såfremt resultaterne skal bruges i fx en beslutningsproces.

Næringsstoffer

Der er siden 1990 generelt sket en markant reduktion i indhold af kvælstof i overfladevandsmiljøet. Dette hænger overordnet godt sammen med reduktion i kilderne, angivet som udviklingen i gødningsanvendelsen og i udledning fra rensningsanlæggene. Kvælstofoverskuddet (kvælstof tilført marken minus kvælstof fjernet ved høst) var i 2020 steget ift. 2019, grundet et mindre høstudbytte. Eventuel effekt af ændringer i kvælstofoverskuddet på udvaskningen af kvælstof vil være afhængig af en række faktorer, heriblandt brugen af efterafgrøder.

Den samlede kvælstoftilførsel fra land til havet var i 2020 ca. 57.000 ton N. Dette er et fald ift. 2019, hvor kvælstoftilførslen på 74.000 ton N var meget høj. Den høje kvælstoftilførsel i 2019 skyldtes kombinationen af vejrforhold i 2018 og 2019 samt en dårlig høst i 2018, der efterlod store mængder af kvælstof i jorden, der blev udvasket med den megen nedbør i 2019. Såfremt der tages højde for år-til-år variationer i afstrømningen (normaliseret tilførsel), var tilførslen i 2020 på ca. 51.000 ton N, hvor den i 2019 var 66.000 ton. Dette afspejler bl.a., at normaliseringen ikke tager højde for effekten af fx vejrets betydning for dyrkningsforholdene.

Den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførslen fra land til havet er reduceret med ca. 43 % siden 1990 men har overordnet set været på samme niveau de seneste ca. 10 år, dog med en forholdsvis lav tilførsel i 2018 efterfulgt af en høj tilførsel i 2019, og en forholdsvis lav tilførsel igen i 2020 - et mønster der vurderes især at kunne tilskrives de specielle vejrforhold i disse tre år og de afledte effekter på landbruget.

Der har siden 1989 været en markant reduktion i fosforindhold i fersk- og kystnært overfladevand, som hovedsageligt er båret af en forbedret spildevandsrensning – primært på de store rensningsanlæg og særskilte industrielle udledere – frem til ca. år 2000. Der ses ikke nogen udvikling i tilførslen af fosfor de seneste 10 år. For vandløb er koncentrationen af total P faldet med ca. 34 % i perioden, mens fosfortilførslen til havet er reduceret med omkring 69 % og er i 2020 opgjort til 2000 ton P. I det kystnære overfladevand ses en reduktion i koncentrationen af total P på ca. 48 %.

Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

I dette års rapportering indgår data fra målinger i luft, marine områder og grundvand. Resultatet af målinger af miljøfarlige forurenende stoffer i luft og overfladevand i perioden 2008-2019 er sammenfattet i en selvstændig rapport (Boutrup et al. 2021).

Der har været en betydelig nedgang i tilførsel af metaller med nedbør til overfladevand fra 1989 til ca. årtusindeskiftet. De seneste 15 år er tilførslen kun faldet svagt sammenlignet med tidligere.

Fluorerede forbindelser, heriblandt PFOS, er blandt de organiske miljøfarlige stoffer i overvågningen. PFOS blev påvist i alle undersøgte prøver af lever fra fisk i marine områder. Der er fastsat miljøkvalitetskrav for PFOS i fiskemuskel, og når der tages højde for, at målingerne er foretaget på fiskelever, er der ikke fundet koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet.

Luft

I 2020 viste målingerne af kvælstofdioxid og partikler ingen overskridelser af EU-grænseværdierne. Tærsklen for information af befolkningen om høje ozonniveauer ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddelværdi) blev heller ikke overskredet.

Der var ingen overskridelser af grænse- og målværdierne for forureningskomponenter omfattet af EU's luftkvalitetsdirektiver. For langt hovedparten ses fald i luftkoncentrationerne, hvilket generelt set er i overensstemmelse med udviklingen i udledningerne. For et fåtal af luftforureningskomponenterne er der dog ikke sket et fald, hvilket for eksempel gælder for ozon og kobber.

Sammenholdes koncentrationerne for 2020 derimod med de nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO fra 2021 ses, at koncentrationerne ligger over retningslinjerne fra WHO for alle luftforureningskomponenter med størst overskridelse for $\text{PM}_{2,5}$ og kvælstofdioxid. For stoffer med retningslinjer for korttidseksponering ses, at koncentrationerne ligger over retningslinjerne fra WHO for $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , kvælstofdioxid og ozon. Til gengæld ligger niveauerne for svovldioxid og carbonmonoxid klart under de nye retningslinjer.

Beregningerne på helbredseffekter af den samlede luftforurening i Danmark viser omkring 4.420 for tidlige dødsfald årligt som gennemsnit for 2018-2020. Tallet i 2020 er desuden relativt lille set i forhold til 2019 (ca. 4.000 tilfælde) pga. COVID-19 restriktionerne, både i Danmark og i Europa og den generelle reduktion i udledningerne ligesom de naturlige variationer i de meteorologiske forhold har påvirket ændringen fra 2019 til 2020. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 76 milliarder kr. i 2020, hvilket er ca. 9 milliarder mindre end i 2019.

Grundvand

Grundvandsovervågningen var i 2020 et år, hvor der fortrinsvis er undersøgt indtag med human påvirkning af især nitrat og pesticider, såkaldt operationel overvågning. Det afspejler sig blandt andet ved at nitratinholdet i 2020 var højere end kvalitetskravet på $50 \text{ mg}/\text{l}$ i 17 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Det var højere end i den femårige periode 2016-2020, hvor den var på 14 %.

Ved undersøgelse for pesticider blev der ved den operationelle overvågning i 2020 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 72 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kvalitetskravet på $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$ var mindst én gang overskredet i 39 % af indtagene. I perioden 2018-2020, hvor stort set alle aktive indtag er prøvetaget mindst én gang, blev der påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 61 % af indtagene og overskridelse

af kvalitetskravet mindst én gang i 30 % af indtagene. De tre hyppigst påviste stoffer i 2020 var alle nedbrydningsprodukter af pesticider: DPC (desphenylchloridazon), DMS (N,N-dimethylsulfamid) og BAM (2,6-dicchlorbenzamid).

Vandløb

Dette års rapport omfatter data fra de 245 DVFI-tidsseriestationer, der blev undersøgt for bundfauna i 2020.

Der er generelt sket en forbedring i tilstanden siden 1994 målt på smådyrene, hvor flere stationer i 2020 har høje faunaklasser. Over perioden ses en større andel af stationer, hvor faunaklassen stiger (36 %), end stationer, hvor faunaklassen falder (1 %).

Søer

Resultaterne af kontrolovervågningen af udvikling, som omfatter 18 søer, viser, at der i disse søer siden 1989 er sket betydelige forbedringer i en række af de centrale parametre, der viser noget om søernes tilstand. Overordnet set er næringsstofkoncentrationen reduceret markant, sigtddybden er steget og klorofyl *a* koncentrationen (et mål for mængden af alger) er reduceret. Generelt gælder det, at de største forbedringer er set i begyndelsen af perioden, mens udviklingen set over de seneste 10-15 år er stagneret. Desuden er de største forbedringer set i de søer, som var mest belastede ved starten af overvågningsperioden. Der er en positiv udvikling i dækningsgraden og dybdeudbredelsen af undervandsplanter i ca. halvdelen af de undersøgte søer.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind midt i september var sammen med udbredelsen i 2016 den største siden 2008. Godt en fjerdedel af iltsvindsarealet var påvirket af kraftigt iltsvind. Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ca. 10 år. En meget væsentlig del af variationen i udbredelsen af iltsvind skyldes vejrsmæssige forhold (primært vind og temperatur). Tilførslen af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

Mængden af planktonalger i kystvandene målt som klorofyl *a* var steget i forhold til de foregående år, og i de indre farvande blev der målt det højeste niveau af klorofyl *a* siden starten af overvågningen i 1974. Niveauet svarer til niveauet i 1990'erne. Generelt er miljøtilstanden i vandsøjlen, målt som klorofylindhold og sigtddybde, blevet forringet siden 2012.

Udbredelsen af planter i havet (ålegræs og tang) er generelt forøget i årene 2009-2013, men den positive udvikling er i flere områder stagneret, med en negativ tendens for ålegræs i de seneste år.

Bundfaunaen i de åbne indre farvande har vist fremgang i antallet af arter siden et lavpunkt i 2008, mens der i 2020 fortsat var indikationer på dårlige forhold for bundfaunen i Nordsøen og Skagerrak og en del kystnære områder, som sandsynligvis skyldes hhv. trawling og dårlige iltforhold.

For sæler er antallet af spættet sæl vokset til et stabilt niveau siden fredningen i 1970'erne, mens gråsæler yngler her i meget begrænset omfang. Der er en

markant tilbagegang af marsvin i de indre farvande og bestanden i indre Østersø er kritisk truet.

Der er således lidt forskelligartede signaler i forhold til udviklingen de seneste ca. 10 år i de marine parametre. Samlet viser udviklingen i havmiljøet, at forholdene i vandsøjlen er forringet de senere år, og at de danske farvande fortsat er sårbare overfor påvirkninger og endnu langt fra målet om en stabil god miljøtilstand.

Natur

Naturtypeovervågningen omfatter i år resultaterne af effektovervågningen af terrestriske naturtyper. Effektovervågningen omfatter arealer under støtteordningen "Pleje til græs- og naturarealer" (plejegræsordningen) i Landdistriktsprogrammet, der dækker nogle af indsatsbehovene i de statslige Natura 2000-planer. Effektovervågningen supplerer den øvrige NOVANA-overvågning af habitatnaturtyper med en stikprøvebaseret overvågning af § 3-beskyttede arealer og ikke-beskyttede græsmarker. Dataindsamlingen er gennemført i perioden 2018-2019 på 480 udvalgte lokaliteter inden for habitatområderne, og ved at følge udviklingen, kan det dokumenteres om arealerne nærmer sig en tilstand, der opfylder kriterierne for en lysåben terrestrisk habitatnaturtype.

Artsovervågningen i 2020 omfattede seks arter af leddyr, snegle og mos på Habitatdirektivets Bilag II og IV. Det var grøn kølleguldsmed, sortplettet blåfugl, tre vindelsnegle og mosset, grøn buxbaumia. For grøn kølleguldsmed er der registreringer fra 2019, for sortplettet blåfugl dækker registreringerne både 2017 og 2020, for vindelsneglene er der registreringer fra perioden 2018-2020 og for grøn buxbaumia er registreringerne fra 2020. Mere udførlige data kan ses på novana.au.dk.

Summary

For the sake of clarity, the summary is very brief. This means that the underlying basis for data and reservations, e.g. in relation to uncertainties of results or specific conditions in a single year, are not included, but can be found in the scientific background reports. It is therefore necessary to consult these scientific reports if, for example, the results are to be used in a decision-making process.

Nutrients

Since 1990, there has been a significant reduction in the content of nitrogen in the surface water environment in general. This generally correlates well with a reduction of sources, listed here as the development in fertiliser use and emissions from wastewater treatment plants. In 2020, the nitrogen surplus (nitrogen added to the field minus nitrogen removed by harvesting) had increased compared to 2019, due to a smaller harvest yield. A possible effect of changes in the nitrogen surplus on the leaching of nitrogen depends on a number of factors, including catch crops.

In 2020, the total nitrogen input from soil to sea was approximately 57,000 tons N. This is a decline compared to 2019, where the nitrogen input of 74,000 tons N was very high. The high nitrogen input in 2019 was due to the combination of weather conditions in 2018 and 2019 as well as a poor harvest in 2018, which left large amounts of nitrogen in the soil that were leached out with the heavy rainfall in 2019. If the year-to-year variations in the runoff are taken into account, the input in 2020 (flow normalised) was approx. 51,000 tons N compared to 66,000 tons N in 2019. Among other things, this reflects that the normalisation does not take into account the effect of, for example, the significance of the weather for cultivation conditions.

The flow normalized nitrogen input from land to sea has been reduced by approx. 43% since 1990, but has overall been at the same level over the past approx. 10 years, albeit with a relatively low input in 2018 followed by a high input in 2019 and a relatively low input again in 2020 - a pattern which is assessed particularly to be attributable to the special weather conditions in these three years and the derived effects on the agricultural sector.

Since 1989, there has been a significant reduction in the phosphorus content in fresh and coastal surface waters, which is mainly driven by improved wastewater treatment – primarily at the large wastewater treatment plants and separate industrial emitters – up to approx. the year 2000. There has been no development in phosphorus input over the past 10 years. For streams, the concentration of total P has decreased by approx. 34% during the period, while the phosphorus input to the sea has been reduced by about 69% and in 2020 was calculated to 2000 tons P. In coastal surface waters, a reduction of approx. 48% of total P has been detected.

Metals and organic environmentally hazardous substances

This year's reporting contains data from measurements in air, marine areas and groundwater. The results of measurements of environmentally hazardous pollutants in air and surface water in the period 2008-2019 are summarised in an independent report (Boutrup et al. 2021).

There has been a significant decrease in the input of metals from precipitation to surface water from 1989 to around the millennium. For the past 15 years, the input has only declined slightly compared to previous years.

Fluorinated compounds, including PFOS, are among the organic environmentally hazardous substances included in the monitoring. PFOS was detected in all examined liver samples from fish in marine areas. Environmental quality requirements have been set for PFOS in fish muscles, and taking into account that the measurements were carried out on fish livers, concentrations exceeding the environmental quality requirement were not found.

Air

In 2020, the measurements of nitrogen dioxide and particulates did not show that EU thresholds had been exceeded. The threshold requiring information to the public about high ozone levels ($180 \mu\text{g} / \text{m}^3$ as the hourly average value) was not exceeded in 2018.

Limit and target values were not exceeded for pollutant components covered by the EU's air quality directives. For the vast majority, air concentrations decreased, which is generally consistent with the development in emissions. However, for a few of the air pollution components no decrease was found, e.g. for ozone and copper.

However, if the concentrations for 2020 are compared to the new guidelines for air quality from WHO from 2021, concentrations are above the guidelines from WHO for all air pollution components, with the highest exceedance for $\text{PM}_{2.5}$ and nitrogen dioxide. For substances with guidelines for short-term exposure, it is seen that the concentrations are above the guidelines from WHO for $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , nitrogen dioxide and ozone. On the other hand, the levels for sulphur dioxide and carbon monoxide are clearly below the new guidelines.

Calculations of the health effects of the total air pollution in Denmark show around 4,420 premature deaths as an annual average for the period 2018-2020. The number in 2020 is also relatively low compared to 2019 (approx. 4,000 premature deaths) due to the COVID-19 restrictions, both in Denmark and in Europe, and the general reduction in emissions as well as the natural variations in meteorological conditions have affected the change from 2019 to 2020. The total external costs related to air pollution in Denmark were estimated at around DKK76 billion in 2020, which is approx. 9 billion less than in 2019.

Groundwater

Groundwater monitoring in 2020 was a year in which input from human impact on particularly nitrate and pesticides were investigated, so-called operational monitoring. Among other things, this is reflected by the fact that the nitrate content in 2020 was above the quality requirement of $50 \text{ mg} / \text{l}$ in 17% of the studied intakes in the groundwater monitoring. It was above the five-year period 2016-2020, when it was 14%.

In the study of pesticides, the operational monitoring in 2020 found one or more pesticides or degradation products from pesticides in 72% of the intake in groundwater monitoring. The quality requirement of 0.1 µg/l was exceeded at least once in 39% of the intakes. In the period 2018-2020, when virtually all active intakes were sampled at least once, pesticides or degradation products were detected in 61% of the intakes and exceeded the quality requirement at least once in 30% of the intakes. The three most frequently detected substances in 2020 were all degradation products of pesticides: DPC (Despherylchloride Dazon), DMS (N, N-Dimethylsulfamid) and BAM (2.6-dicchlorbenzamide).

Streams

This year's report includes data from the 245 DVFI time series stations, which were examined for benthic fauna in 2020.

Generally, there has been an improvement in the condition since 1994 measured on small animals, where several stations in 2020 have high fauna classes. Over the period, a larger proportion of stations are found, where the fauna class is increasing (36%), than stations where the Fauna class is declining (1%).

Lakes

The results of the control monitoring of developments, which comprise 18 lakes, show that since 1989 significant improvements have been made to a number of the key parameters in these lakes that indicate something about the state of the lakes. Overall, the nutrient concentration has been reduced significantly, the Secchi depth has risen and chlorophyll *a* concentration (a measure of the amount of algae) has been reduced. In general, the greatest improvements occurred in the beginning of the period, while the development seems to have been stagnant for the past 10-15 years. In addition, the greatest improvements have occurred in the lakes that were most polluted in the beginning of the monitoring period. There has been a positive development in the degree of coverage and the depth prevalence of underwater plants in approx. half of the lakes studied.

Marine areas

The spread of oxygen depletion in the middle of the September was, together with the prevalence in 2016, the greatest since 2008. More than a quarter of the oxygen-depleted area was affected by heavy oxygen depletion. The prevalence of oxygen depletion in September has varied somewhat over the past approx. 10 years. A significant part of the variation in the prevalence of oxygen depletion is due to weather conditions (primarily wind and temperature). However, nutrient supply is a fundamental factor in the development of widespread oxygen depletion.

The amount of plankton algae in the coastal waters measured as chlorophyll *a* had risen compared to previous years, and in the inner waters, the highest level of chlorophyll *a* was measured since monitoring started in 1974. The level corresponds to the level in the 1990s. In general, the state of the environment in the water column, measured as chlorophyll content and Secchi depth, has deteriorated since 2012.

The abundance of marine flora (eelgrass and seaweed) generally increased in the years 2009-2013, but the positive development has stagnated in several areas in recent years, with a negative tendency for eelgrass in recent years.

The benthic fauna of the open inland waters has increased in the number of species since a low point in 2008, but in 2020 there were still indications of poor conditions for the benthic fauna in the North Sea and the Skagerrak and in some coastal areas, most likely due to trawling and poor oxygen conditions.

For seals, the number of harbour seals has grown to a stable level since their conservation in the 1970s, while grey seals breed here to a very limited extent. There is a significant decline of porpoises in inland waters, and the population in the inner Baltic Sea is critically endangered.

Thus, there are mixed signals in relation to developments in the marine parameters over the past approx. 10 years. Overall, developments in the marine environment show that the conditions in the water column have deteriorated in recent years, and that Danish waters remain vulnerable to impacts and are still far from the goal of a stable good environmental condition.

Nature

This year, the monitoring of habitat types document the biological effects of nature management practices in terrestrial nature areas. In 2018-2019 areas receiving subsidies through the Danish management scheme "Conservation measures on pastures and natural areas" (Pleje af græs- og naturarealer) under the EU Rural Development Programme for 2014-2020 were sampled and monitored, to assess the effect of conservation measures stated in the national Natura 2000 plans. The monitoring is a sample-based monitoring of unprotected grasslands and protected nature areas (§ 3 in the Nature Protection Law) that are not assessed as terrestrial habitat types according to Annex I of the Habitat Directive. The data was collected in 2018 and 2019 at 480 selected sites and analyzed along with data from the NOVANA mapping of habitat types (2016-2019) within the Special Areas of Conservation (SAC's). Over time, repeated observations will reveal if the conservation measures improves the biological conditions and thus, increase the total area of Annex I habitat types.

The species monitoring in 2020 consisted of six species of arthropods, snails and moss included in appendices II and IV of the Habitats Directive. These were the dragonfly green snaketail (*Ophiogomphus cecilia*), the butterfly large blue (*Phengaris arion*), three vertigo snails (*Vertigo geyeri*, *V. angustior* and *V. moulinsiana*) and the green shield-moss (*Buxbaumia viridis*). The registrations of green snaketail took place in 2019, registrations of the large blue cover both 2017 and 2020, the vertigo snails were registered in the period 2018 to 2020 and the green shield-moss was registered in 2020. More detailed data is available at novana.au.dk.

1 Kvælstof

Indhold og tilførsel af kvælstof er vigtig for de fleste typer af vand eller natur – uanset om det er grund-/drikkevand, naturområder på land eller havet.

I grund-/drikkevand er det koncentrationen af kvælstof (som nitrat), der har betydning, og i både EU- og national sammenhæng er det nitratindeholdet, der er sat kriterier for. For fx havet eller naturområder på land er det i højere grad mængden (fx i kg N/ha eller ton N/år), der har betydning, idet en for stor tilførsel ændrer det biologiske system i en negativ retning.

Forekomst og udvikling i nitratindehold i grundvand er behandlet i kapitel 5.

Det er i de seneste fire NOVANA-rapporter beskrevet, hvordan fejl i laboratorieanalyser af total kvælstof (total N) i en årrække har påvirket koncentrationen af denne. I forbindelse med sidste års NOVANA-rapportering blev der korrigert for denne analysefejl i vandløbsprøverne (Thodsen et al. 2021b). I år er total N-koncentrationerne for sø-prøverne ligeledes blevet korrigeret, således at alle data igen kan præsenteres. Der udestår endnu at korrigere total N-koncentrationer i naturvandløb, hvor der skal opstilles separate korrektionsligninger. De marine prøver er i perioden 2004-2019 ligeledes berørt af analyseproblematikken. Der er for de marine prøver lavet en foreløbig korrektion af total N-værdierne i perioden 2004-2017. For uddybende beskrivelse af problemstillingen henvises til de relevante rapporter for hhv. vandløb, sø og marine områder, samt referencer deri. Udover problemstillingen omkring analysemetode, er der også en mulig inhomogenitet i nedbørsdatasættet, der kan påvirke stoftilførslerne. I forbindelse med rapporteringen af 2019 data, blev der rettet op på en mindre del af den observerede inhomogenitet. Arbejdet med at sikre et konsistent datasæt for nedbør forventes at fortsætte de kommende år. For en uddybende beskrivelse af problemstillingen se Thodsen et al. 2021 (kap 1.4.2)

1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land

Kvælstodeposition

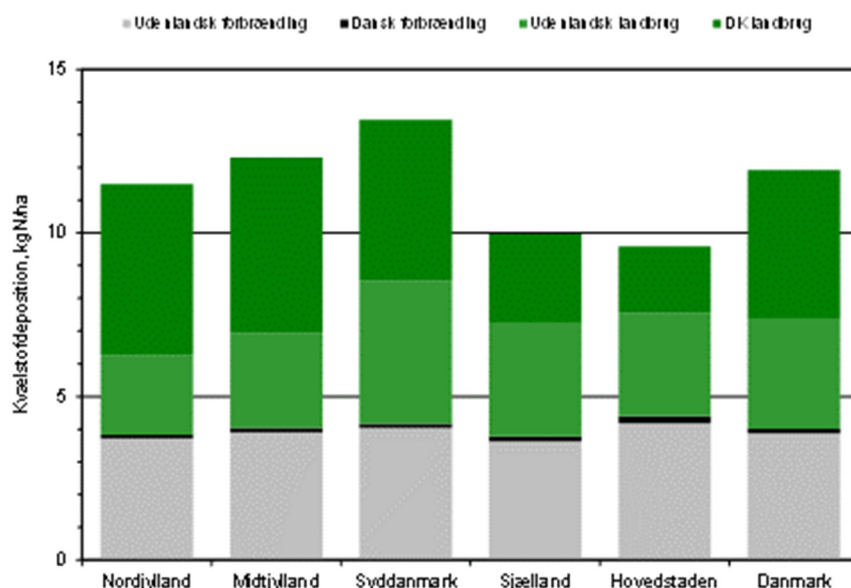
Kvælstofdeposition er det kvælstof, der tilføres landjorden og farvandsområderne fra luften, og som i hovedsagen kommer fra to kilder – forbrænding (både energiproduktion og transport) og landbrug (helt overvejende ammoniak fra husdyrproduktion). For begge elementer er der såvel et dansk som et udenlandsk bidrag. Den samlede deposition består af våddeposition, der er afsætning med nedbøren, plus tørdepositionen, der er den direkte afsætning af partikler og gasser til land- og farvandsområder.

I figur 1.1 er vist kvælstofdepositionen opdelt på danske og udenlandske bidrag samt på geografiske landområder af Danmark. Forskelle mellem regioner kan i hovedsagen tilskrives forskelle i dansk landbrugsstruktur, idet der i områder med stor husdyrproduktion (som fx Nord- og Midtjylland) også ses den største deposition.

Kvælstofdepositionen til landområderne (areal 43.000 km²) er beregnet til 51.000 ton kvælstof (12 kg N/ha), hvilket ligger omkring 14 % lavere end i 2019 (59.000 ton N) og på niveau med depositionen i 2018 (51.000 tons N). Det

er hovedsageligt våddepositionen, som er faldet fra 2019 til 2020, hvilket hovedsageligt skyldes faldet i nedbøren fra 2019 til 2020.

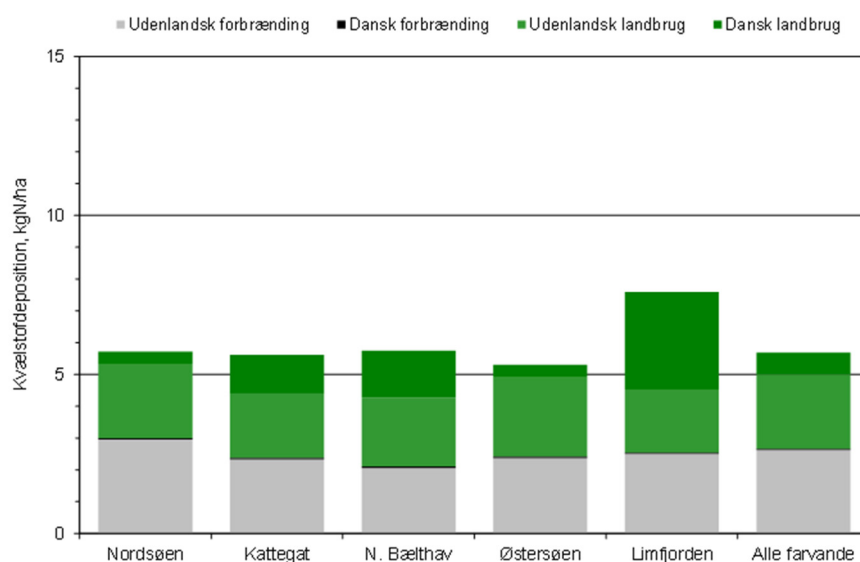
Figur 1.1. Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2020 til regionerne og i gennemsnit for hele landet (Danmark) opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion. (Ellermann et al. 2021).



Kvælstofdeposition fra luften til åbne danske farvande skyldes primært tilførsel fra udenlandske kilder. Ca. 13 % stammer i 2020 fra danske kilder. Samlet set blev der i 2020 tilført 60.000 tons kvælstof til åbne danske farvande, hvilket med et samlet farvandsareal på 105.000 km² giver en gennemsnitlig deposition på 5,7 kgN/ha.

I Figur 1.2 er vist kvælstofdepositionen til farvande opdelt på danske og udenlandske bidrag samt på farvandsområder i Danmark.

Figur 1.2. Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2020 til udvalgte danske farvandsområder og Limfjorden opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion.



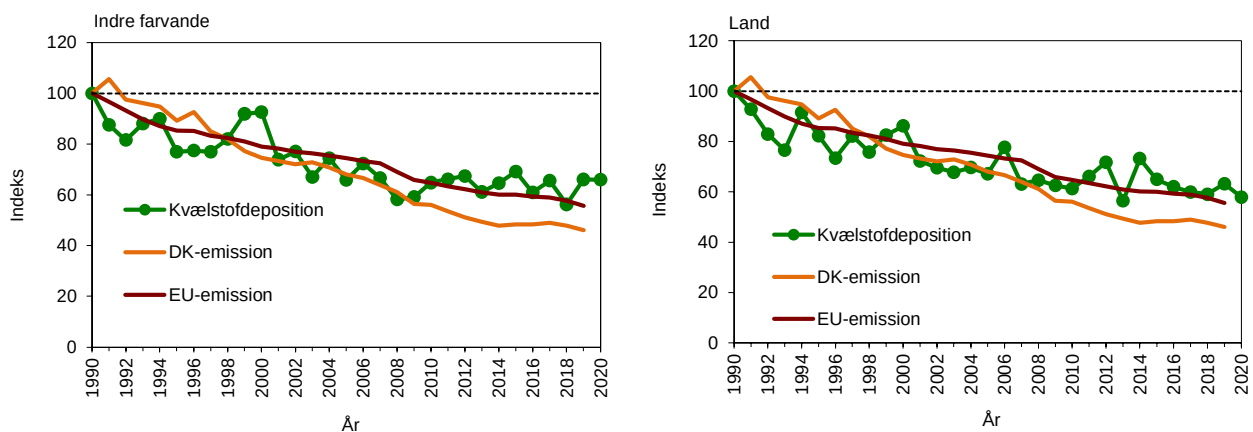
Den samlede deposition af kvælstof til de danske farvande i 2020 lå omkring 13% lavere end i 2019 (69.000 tons N). Det er hovedsageligt våddepositionen, som er reduceret, hvilket hænger sammen med nedgangen i nedbørsmængderne fra 2019 til 2020. For lukkede fjorde, vige og bugter kan den danske

andel være betydeligt større, hvilket skyldes den korte afstand til de danske kilder. Et eksempel herpå er Limfjorden, hvor ca. 41 % stammer fra danske kilder

Ændringerne i kvælstofdepositionen fra 2019 til 2020 kan også være påvirket af COVID-19-restriktionerne, som i 2020 satte væsentlige begrænsninger for mange samfundsaktiviteter i Danmark og de øvrige europæiske lande - navnlig i det sene forår observeredes stor reduktion i vejtrafikken og dermed væsentlig reduktion i udledningerne af kvælstofoxider. Udledninger af kvælstofoxider fra landbruget undergik kun i mindre grad reduktioner på trods af aflivning af minkbestanden i november-december. Det hænger sammen med, at hovedparten af mink normalt aflives på samme tidspunkt, så kun avlsdyr er tilbage.

For at vurdere effekten af COVID-19-restriktionerne er der gennemført en analyse af den månedlige variation i kvælstofafsætningen i 2020 sammenlignet med de foregående fem år. Det var dog ikke muligt at adskille effekten af COVID-19-restriktionerne fra de øvrige ændringer i udledningerne (de ændringer som ville være sket uden COVID-19-restriktionerne) og ændringer som følge af de naturlige variationerne fra år til år i de meteorologiske forhold.

I figur 1.3 er vist udviklingen i kvælstofdepositionen på farvands- og landarealerne – sammenlignet med udledningen (emissionen) i hhv. EU og Danmark. Det ses, at udviklingen i kvælstofdeposition i Danmark overordnet følger udviklingen i udledningen i EU og DK. Da hovedparten af kvælstofdepositionen stammer fra udlandet, er reduktionerne i de udenlandske kilder årsag til den største del af reduktionen. Faldet i emissionen fra de danske kilder bidrager dog også til faldet i kvælstofdepositionen, navnlig for visse dele af Jylland, hvor omkring 40-45 % af kvælstofdepositionen stammer fra danske kilder.

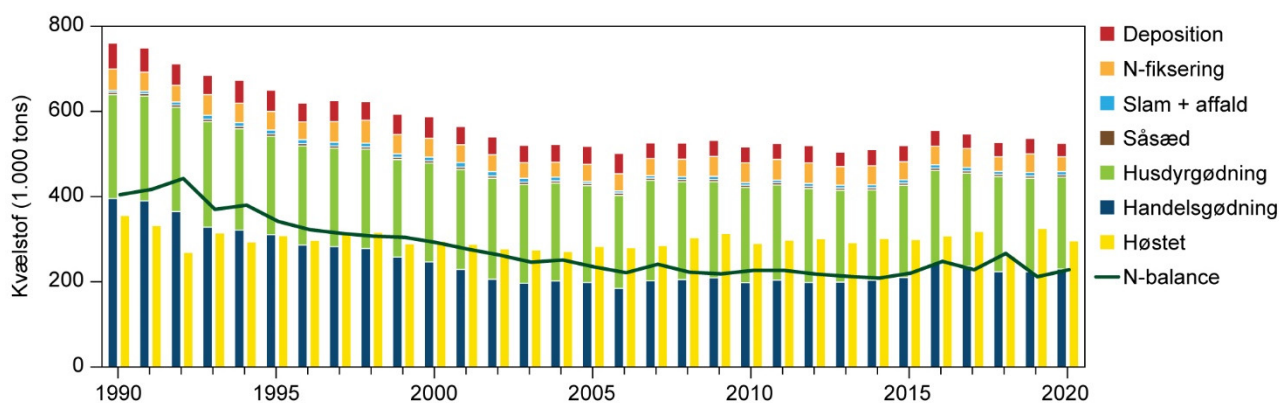


Figur 1.3. Udviklingstendenser for den samlede deposition og emission af kvælstof. Figuren til venstre viser tendenser for udviklingen i depositionen til de indre danske farvande, mens figuren til højre viser tendenser for udviklingen i depositionen til danske landområder. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990. (Ellermann et al. 2021).

Landbrug

Landbrugets tab af kvælstof sker ikke kun til luften, men også i høj grad til vand – både grundvand og overfladevand. Tabet af kvælstof er tæt knyttet til anvendelsen af gødning – både kunst- og husdyrgødning og af andre dyrkningsforhold som fx tidspunkt for jordbearbejdning og etablering af efterafgrøder.

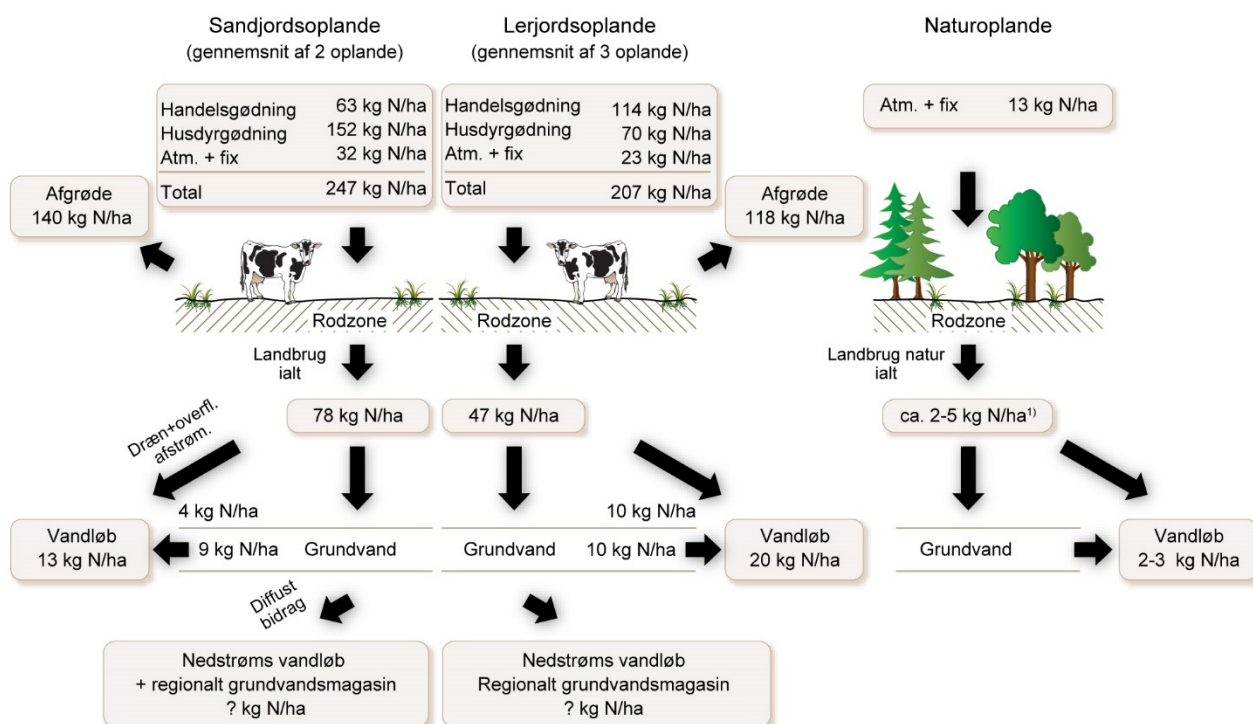
I figur 1.4 er vist udviklingen i landbrugets anvendelse af kvælstof fordelt på forskellige typer af gødning. N-balancen (kvælstofoverskuddet) angiver forskellen mellem kvælstof, der tilføres marken, og kvælstof, der fraføres ved høst af afgrøder. I 2020 er markbalancen opgjort til 228.400 ton N. Samlet set er kvælstofoverskuddet i det dyrkede areal faldet med 176.000 tons (ca. 44 %) i perioden 1990-2020. Af figur 1.4 ses, at kvælstofoverskuddet falder støt frem mod 2006. Der er flere årsager til dette fald – fx bedre udnyttelse af husdyrgødning og reduceret kvælstoftilførsel til markerne. Frem mod 2015 ligger N-balancen nogenlunde stabilt, mens den fra 2016-2020 har varieret en del grundet bl.a. muligheden for at gøde mere, som blev indført i forbindelse med Fødevarer- og landbrugspakken, og varierende høstudbytte, der især har været påvirket af vejrfoldene i de enkelte år. Således var høstbyttet i det tørkeramte 2018 det laveste siden registreringerne startede i 1990, og kvælstofoverskuddet blev derfor det højeste siden starten af 2000'erne. I 2019 derimod var høstudbyttet højt, og kvælstofoverskuddet rekordlavt. I 2020 stiger markoverskuddet igen, hvilket primært skyldes nedgang i høstudbytte.



Figur 1.4. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2020 (Blicher-Mathiesen et al. 2021).

I landovervågningsoplandene (LOOP) følges kvælstofkredsløbet i fem små oplande, hvor der indhentes oplysninger om fx afgrøder, gødningsforbrug m.m. Næringsstoffer måles i jordvandet, det øvre grundvand, dræn og i vandløb. I figur 1.5 er vist tabet af kvælstof i disse fem små oplande via forskellige tabsveje.

Det årlige kvælstofkredsløb (2015/16 – 2019/20)



Figur 1.5. Skematiskering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande (Blicher-Mathiesen et al. 2021).¹⁾ Intervallet for naturarealer, henviser til udvaskningen fra henholdsvis gammel natur og landbrugsarealer omlagt til natur.

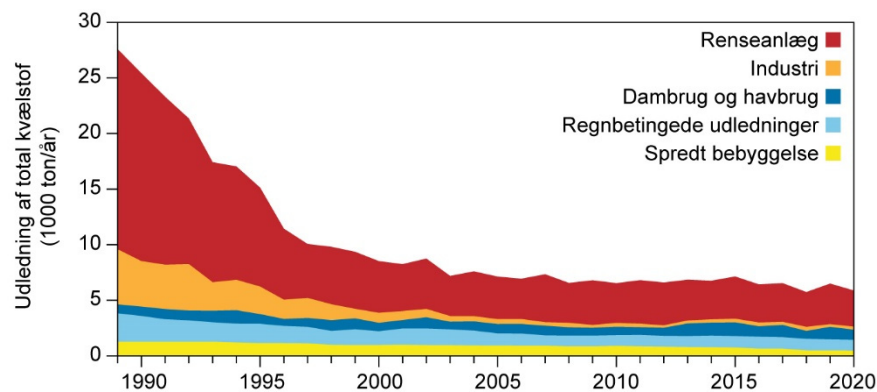
Det fremgår af figur 1.5, at der er store forskelle i kvælstofregnskabet på hhv. sand- og lerjorde. Tabet til rodzonen er næsten dobbelt så stort på sandjorde som på lerjorde. Derimod er tabet af kvælstof til overfladevandet (vandløb) i disse oplande næsten dobbelt så stort på lerjord som på sandjord, hvilket bl.a. skyldes, at en større mængde af vandet (og dermed kvælstoffet) fra lerjordene føres direkte ud i vandløbene via dræn (10 kg/ha på lerjord mod 4 kg/ha på sandjord jf. figur 1.5). På sandjorde siver det kvælstofholdige vand til grundvandet, hvor kvælstoffet i vid udstrækning bliver omsat til luftformigt kvælstof.

Punktkilder

Punktkilder dækker over en række forskellige udledninger af spildevand fra husholdninger, industri og akvakultur (figur 1.6). På renseanlæg (både kommunale og private), industrier samt en række dambrug laves opgørelserne på baggrund af målinger på de enkelte anlæg, mens bidragene fra spredt bebyggelse, regnbetingede udledninger, havbrug samt nogle af dambrugene er baseret på dels modeller, dels erfaringstal.

Udledningen af kvælstof fra punktkilderne under et er faldet med ca. 80 % over perioden 1989-2020. For renseanlæggene alene er faldet ligeledes på godt 80 %, mens faldet for industrier med særskilte udledninger er 94 % og ferskvandsdambrug ca. 75 %. Den samlede udledning i 2020 er noget mindre end året før, hvilket primært skyldes at den øgede nedbørsmængde i 2019 medførte en merudledning fra renseanlæg og regnbetingede udledninger (RBU).

Figur 1.6. Udvikling i udledning af kvælstof fra forskellige typer punktkilder (Miljøstyrelsen 2021).



Udledning til havet

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land i Danmark er for 2020 beregnet til ca. 57.000 ton N. Det er et fald på ca. 23 % i forhold til 2019 (74.000 ton), hvor tilførslen var påvirket af de vejrmæssige forhold i 2018 og 2019, med et tørkeramt 2018, hvor en dårlig høst betød et højt markoverskud af kvælstof, efterfulgt af et meget nedbørsrigt 2019, der resulterede i en høj kvælstofudvaskning (jf. Thodsen et al. 2021b).

En del af forskellen i udledningen i mellem 2018, 2019 og 2020 udlignes, når man i stedet for at opgøre udledningen i et kalenderår laver opgørelsen på såkaldte agrohydrologiske år, som går fra 1. april til 31. marts.

I figur 1.7 er vist udviklingen i den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land. Figuren viser udviklingen fordelt på agrohydrologiske år. Opgørelsen er lavet, så forskelle imellem årene som følge af variation i vejrforholdene (fx nedbør) søges udlignet så meget som muligt ved at tage højde for variationen i vandafstrømningen igennem vandløbene (afstrømningsnormaliseret). Det er dog ikke muligt at udligne alle forskellene – fx ses et dyk i 1995/96, hvor det var ekstremt tørt.

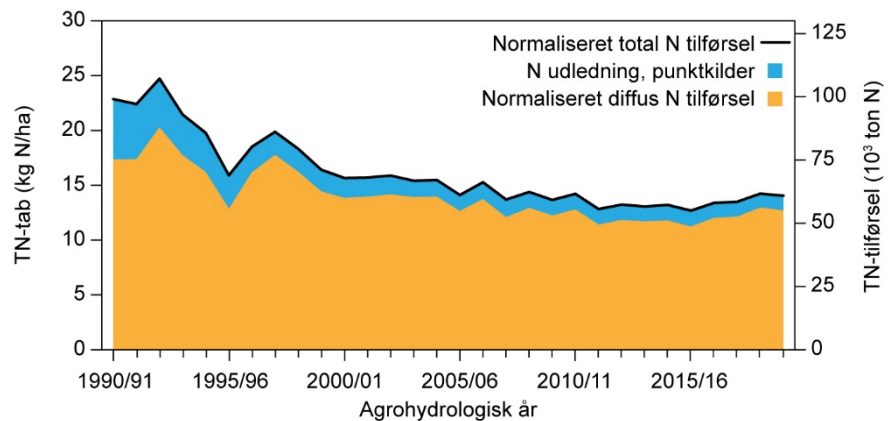
Figuren viser udviklingen i den samlede udledning af kvælstof opdelt i punktkilder og diffus udledning (primært landbrugstab, men også baggrundsbelastning som er tab fra udyrkede arealer samt spredt bebyggelse). Som det fremgår af figuren, bidrager punktkilderne i dag med kun knap 10 % af den samlede udledning.

For senest opgjorte agrohydrologiske år 2019/2020 fås en årlig normaliseret total tilførsel på ca. 60.000 tons N / år, hvor den for 2018/2019, blev opgjort til 61.000 tons.

Såfremt man ser på normaliseret kvælstoftilførsel opgjort på kalenderår, er forskellen mellem dette og sidste års rapportering betydeligt større. I 2020 var kvælstoftilførslen på ca. 51.000 ton N, hvor den i 2019 var 66.000 ton N. For de fem år forud for 2020 (2015-2019) har den normaliserede kvælstoftilførsel været mellem 55.000-66.000 ton N / år med et gennemsnit for perioden på 59.000 ton N / år.

Der er siden 1990 sket en reduktion i kvælstoftilførslen på omkring 43 % (beregnet ud fra udviklingen i den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsel). Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er faldet med omkring 36 % siden 1990.

Figur 1.7. Udvikling i normaliseret diffust total kvælstof-tab og udledning fra punktkilder opgivet som areal tab (TN-tab, kg N/ha på venstre y-akse) samt kvælstoftilførsel (TN-tilførsel, i 1000 ton N på højre y-akse) til havet fra land beregnet for agrohydrologisk år (1. april-31.marts) (Thodsen et al. 2021a).

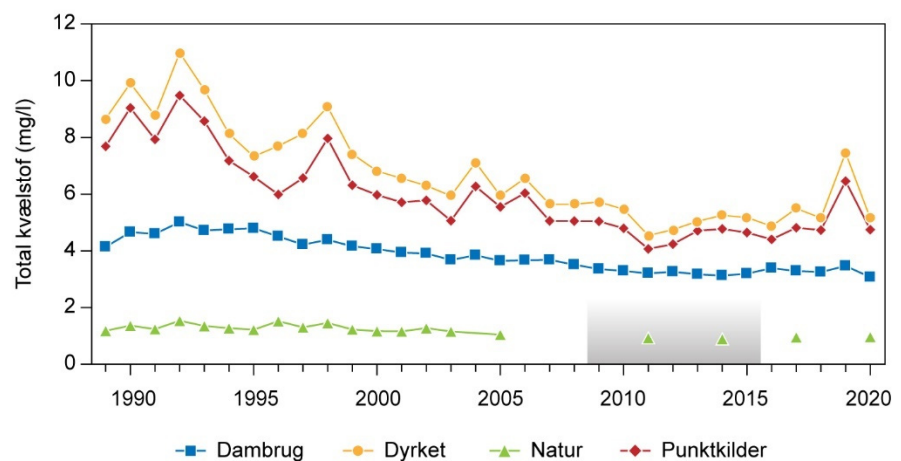


1.2 Resulterende effekter i vandområder

Effekten af de reduktioner, der er sket i kvælstofkilderne, kan også måles ude i overfladevandsområderne.

Der ses en markant reduktion i kvælstofindholdet i vandløb gennem perioden (figur 1.8). For vandløbene under et er kvælstofkoncentrationen faldet ca. 48 % siden 1989. De seneste 5-10 år har indholdet overordnet set været nogenlunde konstant for de fleste vandløb, men i 2019 steg koncentrationen i mange vandløb markant for derefter i 2020 at falde til samme niveau som tidligere år. Stigningen i 2019 skyldes blandt andet, at en dårlig høst i 2018 efterlod meget kvælstof i jorden, der først blev udvasket med den megen nedbør i 2019.

Figur 1.8. Udvikling i total kvælstofkoncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger. Total kvælstofkoncentrationer for naturvandløb er præsenteret med mørk baggrund for perioden 2009-2015, da disse data ikke er korrigerede på samme måde som øvrige total kvælstof data (se kap. 1.1) (Thodsen et al. 2021a).



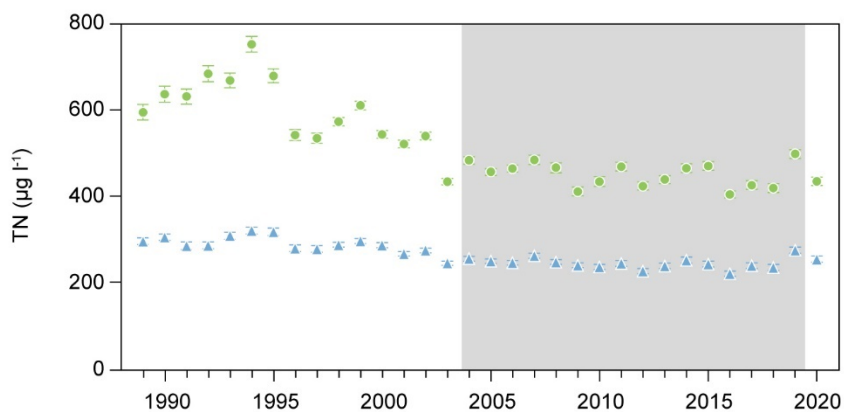
I figur 1.9 er vist udviklingen i total N. I 2020 var årsmiddlen for totalkvælstofkoncentrationen 436 µg/l i fjorde og kystvande, hvilket er på niveau med gennemsnittet siden 2003.

Udviklingen i total N er tydelig, især i perioden 1994 til 2003, som det fremgår af figur 1.9. Koncentrationen i fjorde og kystvande, hvor de danske tilførsler

betyder mest, er faldet fra et niveau på 600-700 $\mu\text{g/l}$ i de tidlige 1990'ere til et niveau på 400-500 $\mu\text{g/l}$ siden 2003. Koncentrationen i 2020 var reduceret med 34 % sammenlignet med middel for 1989-1994.

Årsmiddel af total N i overfladevand i de åbne indre farvande var 256 $\mu\text{g/l}$ i 2020 og på niveau med gennemsnittet siden 2003. Koncentrationen er reduceret med 15 % ift. middel i perioden 1989-1994, hvilket er betydelig mindre markant end i fjorde og kystvande.

Figur 1.9. Udvikling i årsmiddelkoncentrationen af total kvælstof i fjorde og kystvande (●) og åbne indre farvande (▲) (Hansen og Høgslund (red.) 2021). Perioden med potentielle systematiske afvigelser grundet analysefejl er markeret med gråt. Data for Total N er genoprettet med en foreløbig korrektion.



2 Fosfor

Tilførsel af fosfor (P) til vandområder som følge af menneskelig aktivitet er en væsentlig årsag til forurening. Især søer og fjorde og i nogen grad mere åbne havområder er påvirkede som følge af fosfortilførsler, der har givet øget algevækst og heraf følgende miljøproblemer. I vandløb er fosforindholdet af relativt mindre betydning for de økologiske forhold, men især hvor der har været meget lave fosforindhold, vil en forøgelse påvirke mængden af alger, der vokser på bunden af vandløb. Forhøjet fosforindhold synes desuden at indvirke på artssammensætningen af vandplanter. Der kan fra sted til sted være store geologisk (naturligt) betingede forskelle i fosforindholdet i det grundvand, der strømmer ud til vandområderne.

Det er i de seneste fire NOVANA-rapporter beskrevet, hvordan fejl i laboratorieanalyser af total fosfor (total P) i en årrække har påvirket de målte koncentrationer. Der har været foretaget en korrektion af vandløbsprøver i 2016 og 1. kvartal 2017, men det har ikke ligesom for total N (se afsnit 1.1) været muligt at korrigere data tilbage i tid. For vandløbsprøver ser det ikke umiddelbart ud til at have så stor betydning for resultatet (Thodsen et al 2021a, afsnit 1.4.1). Da indholdet af organisk stof (der er den del af total P, som påvirkes af analysemetoden), er større i de marine prøver og størst i sø-prøverne vil total P-koncentrationerne i disse prøver formentligt være mere påvirket af analysefejlen end vandløbsprøverne. De præsenterede data for total P i perioden 2007-2015 for sø og vandløb samt fra 2004-2019 for marine områder, må derfor betragtes med et vist forbehold, idet der kan være systematisk underestimering af fosforniveauerne i perioden. For uddybende beskrivelse af problemstillingen henvises til de relevante rapporter for hhv. vandløb, sø og marine områder, samt referencer deri.

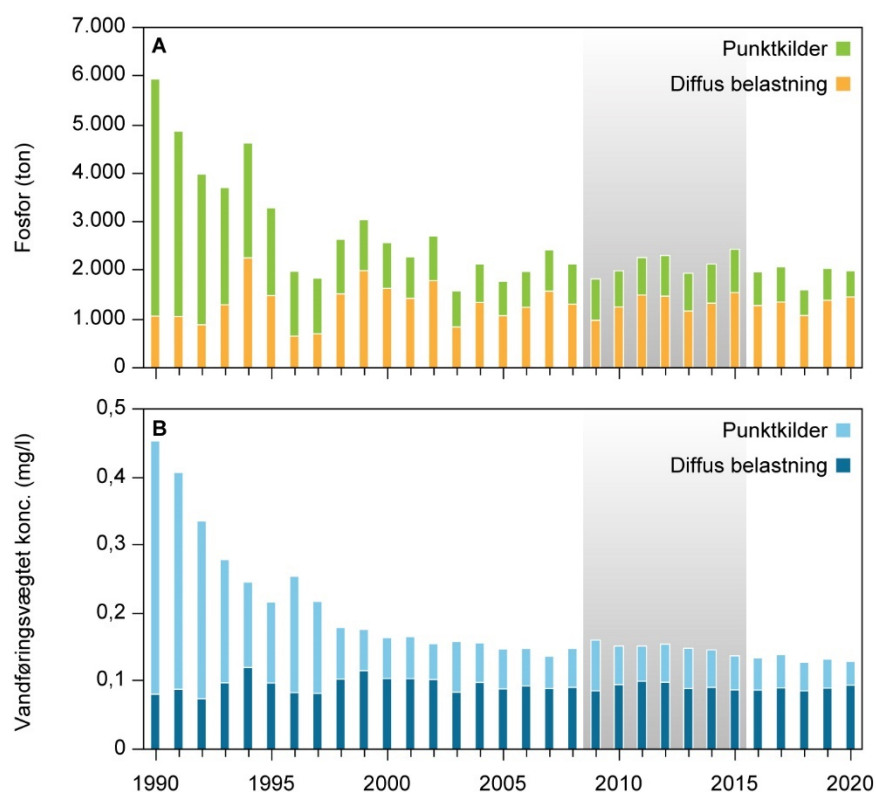
2.1 Tilførsel til overfladevand

Figur 2.1 (øverst) viser den samlede mængde fosfor, som løber til havet omkring Danmark. I 2020 var det i alt ca. 2.000 ton fosfor og dermed 3 % mindre end i 2019. Vandafstrømningen var i 2020 på samme niveau som i 2019.

Der har været en stor reduktion i fosfortilførslerne sammenlignet med det første måleår 1990, hvor udledningen til havet var omkring 6.000 ton fosfor. Således er den vandføringsvægtede koncentration faldet med ca. 69 % i perioden.

I figur 2.1 (nederst) er fosfortilførslen udjævnet i forhold til år-til-år variationer i afstrømningen og omregnet til en vandføringsvægtet koncentration. Dermed er det nemmere at se hvilken udvikling, der har været gennem perioden 1990-2020. Der har været et markant fald frem til ca. årtusindeskiftet, og derefter har der ikke været nogen særlig udvikling.

Figur 2.1. Udvikling i samlet tilførsel af fosfor til havet og i den vandføringsvægtede fosforkoncentration (Thodsen et al. 2021a).



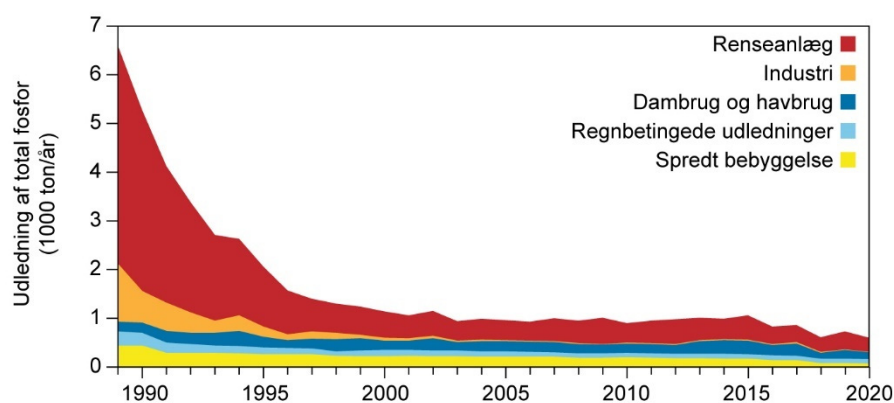
Den store reduktion frem til ca. år 2000 er båret af en tilsvarende stor reduktion i punktkildebidraget (renseanlæg m.m.), idet punktkilderne omkring 1990 stod for omkring 80 % af den samlede udledning, men nu er reduceret til godt 30 %. I figur 2.2 er punktkildebidraget delt ud på de forskellige typer af punktkilder. Den store reduktion i den samlede punktkildeudledning er især sket på renseanlæg (93 %) og fra industri (99 %), mens fosforudledninger fra ferskvandsdambrug er reduceret med ca. 80 %, og den samlede reduktion for alle punktkilder er på ca. 90 % siden 1989 (Miljøstyrelsen 2021). Renseanlæg er fortsat den største fosforpunktkilde. Miljøstyrelsen har ændret opgørelsesmetode for regnbetingede udledninger og fra spredt bebyggelse. Fra 2018 er den estimerede mængde af fosfor, som en person producerer pr. år reduceret, hvilket afspejler sig direkte i udledningerne fra både regnbetingede udløb og fra den spredte bebyggelse (Arildsen og Vezzaro, 2019). Fosforindholdet pr. PE i spildevandet har været faldende over en årrække, men ændringen i opgørelsesmetoden betød et ekstra fald i opgørelserne fra 2018 (Miljøstyrelsen 2021).

Fra 2004 til 2017 har reduktionen i udledningen af fosfor fra punktkilder overordnet set været stagnerende, men fra 2017 til 2018 er den opgjorte udledning faldet med en tredjedel grundet ovennævnte metodeændringer og lave udledninger fra regnbetingede udløb (grundet beskedne nedbørsmængder i 2018). I 2019 er niveauet af udledninger højere end i 2018, hvilket bl.a. skyldes en øget nedbørsmængde, der især har påvirket udledningerne fra renseanlæg og regnbetingede udløb (figur 2.2), hvorefter udledningen i 2020 igen er faldet.

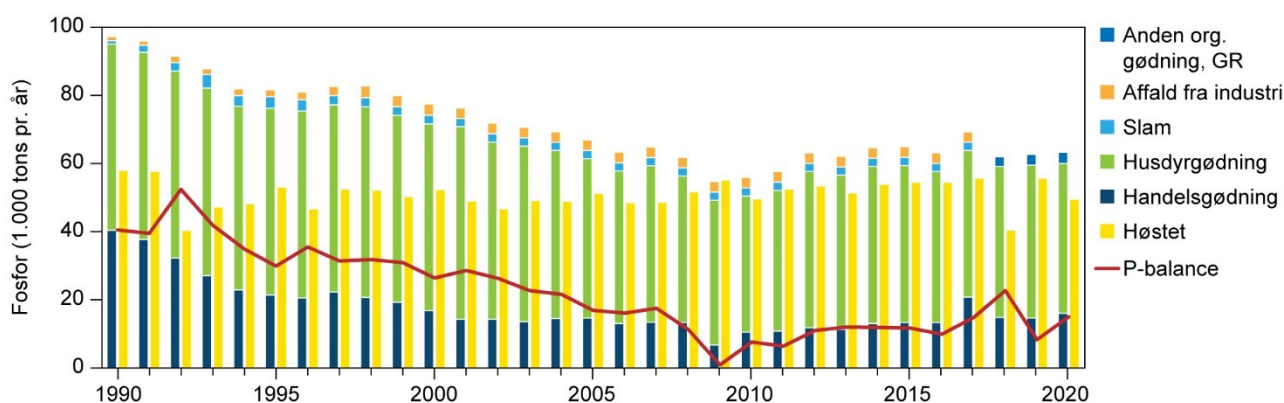
Som det fremgår af figur 2.1, er den diffuse fosfortilførsel i dag betydeligt større end udledningen fra punktkilderne. Den diffuse tilførsel består af bidrag fra flere kilder – et bidrag fra spredt bebyggelse, et bidrag fra dyrkningen af jorden, herunder fra brinkerrosion, samt et baggrundsbidrag, dvs. et bidrag fra naturområder uden menneskelig påvirkning. Der er overordnet to veje, ad

hvilke fosfor fra dyrkning kan komme til overfladevand – via dræn (udvaskning og små partikler) og overfladisk afstrømning, fx når det regner kraftigt. Der har ikke på landsplan været en sikker udvikling i det diffuse bidrag i perioden 1989-2020 (se figur 2.5), mens der findes et sikkert fald i ca. halvdelen af de målte vandløb i dyrkede oplande uden spildevandsudledninger af betydning. ”Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark” (Andersen & Heckrath, 2020) beskriver den samlede fosforudledning i perioden 2014 – 2018 opgjort til ca. 2.000 tons fosfor. En kildeopsplitning viser, at egentlige punktkilder udgør ca. 31 % af den samlede udledning, mens spredt bebyggelse, baggrundsbidrag og landbrugsbidrag tegner sig for hhv. 4 %, 36 % og 29 %.

Figur 2.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Miljøstyrelsen 2021).

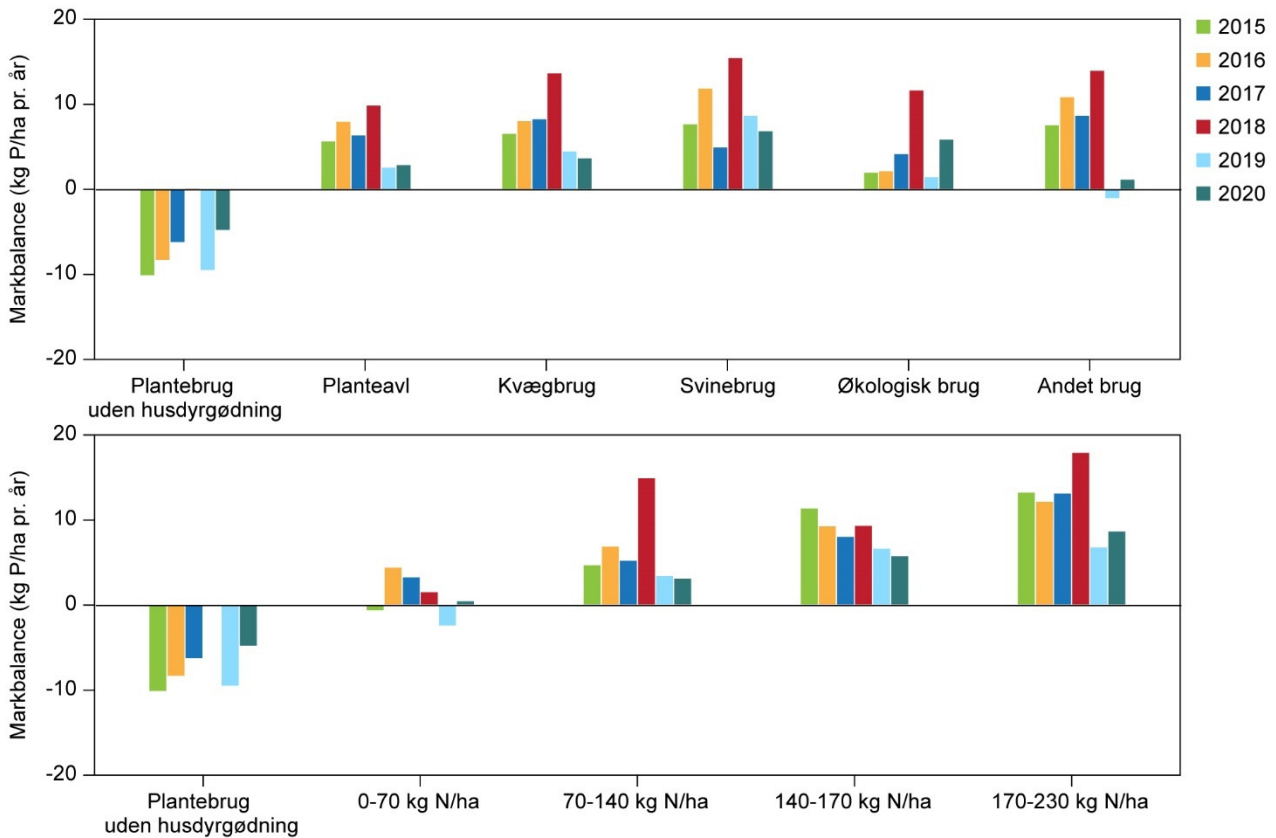


Uanset transportvej er jordens indhold af fosfor væsentlig. I figur 2.3 ses udviklingen i fosforregnskabet for dansk landbrug. En vigtige information er P-balancen (eller P-overskuddet), som viser forskellen mellem udbragt fosfor (fx med gødning) og det, der fjernes via høst m.m. Figuren viser, at overskuddet (P-balancen i figur 2.3) er faldet fra ca. 40.500 tons P i 1990 til omkring 14.800 tons i 2020. Faldet er størst i starten af perioden og fra 2010-2015 ligger markoverskuddet på omkring 10.000 ton. I det tørkeramte 2018 stiger markoverskuddet grundet dårlig høst, hvorefter det falder til 8.300 ton i 2019. Stigningen i markoverskud fra 2019-2020 skyldes nedgang i høstudbyttet.



Figur 2.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2020. Fra 2018 er kategorierne ”slam” og ”affald fra industri” indeholdt i kategorien ”anden organisk gødning” (Blicher-Mathiesen et al. 2021).

Det er også værd at bemærke, at fosforoverskuddet de seneste par år på landsplan har været af samme størrelse som den tildelte handelsgødning. dvs., at såfremt det var muligt at fordele husdyrgødningen effektivt mellem landsdele og regioner, ville det overordnet set ikke være nødvendigt at anvende handelsgødning.



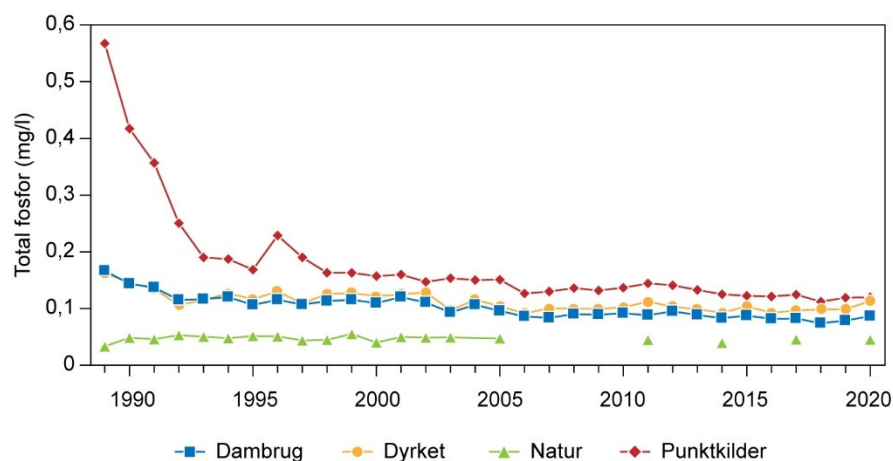
Figur 2.4. Fosforoverskud 2015-2020 i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og forbrug af husdyrgødning (Blicher-Mathiesen et al. 2021).

Der er meget store forskelle i overskuddet mellem forskellige produktionstyper i landbruget. Figur 2.4 viser overskuddet på forskellige bedriftstyper. Det ses, at mens der er et decideret underskud (dvs. der bliver fjernet mere P med høstede afgrøder end der tilføres med gødning) på "rene" planteavlsbrug, er der et overskud på bedrifter med dyrehold (forbrug af husdyrgødning svarer overordnet til dyretæthed). Det betyder også, at der er regionale forskelle i fosforoverskuddet, idet husdyrproduktionen i høj grad er koncentreret vest for Storebælt.

2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand

Figur 2.5 viser udviklingen i koncentrationen af fosfor i vandløb med forskellige dominerende fosforkilder ("dambrug" angiver fx vandløb, hvor der var en væsentlig dambrugsproduktion af ørreder i 1991. I nogle af disse vandløb er dambrugsdriften dog ophørt efter 1991). Ved at anvende vandføringsvægtede koncentrationer tages der højde for forskellige afstrømningsforhold årene imellem. For vandløb under et er koncentrationen af total P gennemsnitligt faldet med ca. 34 % fra 1989-2020. Koncentrationen er især faldet markant i de punktkildebelastede vandløb samt i vandløb påvirket af dambrug. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i mange vandløb uden særlig punktkildebelastning har de seneste år ligget på godt 0,1 mg P/l.

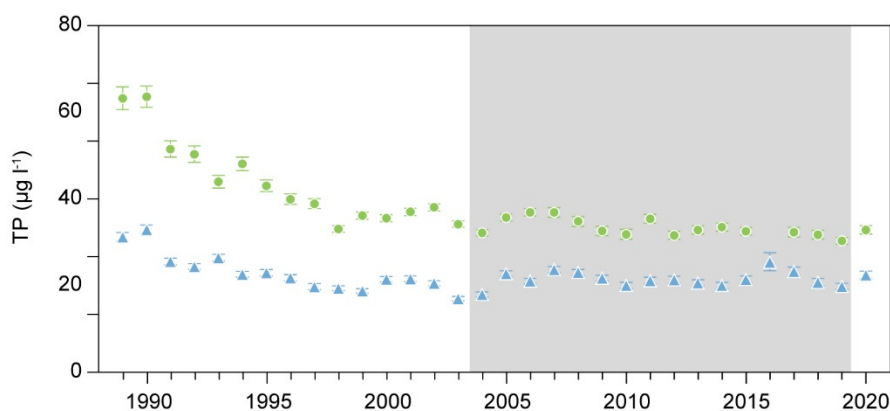
Figur 2.5. Udvikling i fosforkoncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger klassificeret i 1991 (Thodsen et al. 2021).



I figur 2.6 er der vist udviklingen i total P.

Koncentrationen af total P i fjorde og kystvande, hvor de danske tilførsler betyder mest, er faldet fra et niveau på lidt over 60 $\mu\text{g/l}$ i starten af perioden til lidt over 30 $\mu\text{g/l}$ de senere år. I forhold til 1989 er total P reduceret med 48 % i 2020. Koncentration i 2020 var på niveau med gennemsnittet for årsmidlerne siden 2003. Der er også sket et mindre men stadig markant fald i koncentrationen af Total P i starten af perioden i de åbne dele af de danske farvande, hvor koncentrationen siden midten af 1990'erne har stabiliseret sig på et niveau omkring 30 $\mu\text{g/l}$.

Figur 2.6. Udvikling i årsmiddel-koncentrationen af total fosfor (TP i fjorde og kystvande (●) og åbne indre danske farvande (▲). (Hansen og Høgslund (red.) 2021b). Perioden med potentielle systematiske afvigelser grundet analysefejl er markeret med gråt.



3 Metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer

En række metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer er på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer. Det er særligt disse stoffer samt stoffer, der udledes i betydende mængde, der er fokus på i overvågningen af overfladevand, mens der i overvågning af grundvand er særligt fokus på pesticider. Ved overvågning af luft er der især fokus på metaller og pesticider.

Metaller findes naturligt i jordskorpen og spredes herfra til det omgivende miljø, hvor flere af metallerne er essentielle for levende organismer. Hvis koncentrationen af såvel essentielle som ikke-essentielle metaller er højere end den naturlige baggrundskoncentration, kan de være et problem for levende organismer. Især tungmetallerne bly, cadmium og kviksølv kan være et problem, da de er giftige ved lavere koncentrationer end eksempelvis zink. Metaller har udbredt anvendelse i dagens industrielle samfund.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer er menneskeskabte stoffer, som ikke findes naturligt i miljøet, og der er derfor ikke et naturligt baggrundsniveau af disse stoffer. Undtaget herfra er tjærestoffer (PAH), som dannes naturligt ved nedbrydning af organisk materiale, men brugen af fossil brændsel har øget mængden af PAH ud over det niveau, som alene skyldes naturlige processer.

Forekomsten af metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer overvåges i luft og spildevand, som er blandt væsentlige kilder til forekomsten af metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand (Tørslev, 2020). Desuden overvåges forekomsten i ferskvand og marine områder samt grundvand. I dette års rapportering indgår data fra målinger i luft og marine områder samt grundvand (kapitel 5).

Resultatet af målinger af miljøfarlige forurenende stoffer i luft og overfladevand i perioden 2008-2019 er sammenfattet i en selvstændig rapport (Boutrup et al. 2021). Rapporten er som udgangspunkt en opdatering af en rapport om 'Miljøfremmede stoffer og metaller i vandmiljøet, tilstand og udvikling i 2004-2012' (Boutrup et al. 2015).

3.1 Metaller i vandmiljøet

Spildevand og atmosfærisk deposition er væsentlige kilder til metaller i overfladevand i koncentrationer, der er højere end baggrundskoncentrationen af metallerne. Årsagen til forhøjede koncentrationer af metaller og andre sporstoffer (letmetaller og ikke-metaller, fx bor) i grundvandet er normalt lokalt geologisk betinget eller skyldes frigivelse fra jordlagene som følge af grundvandssænkning.

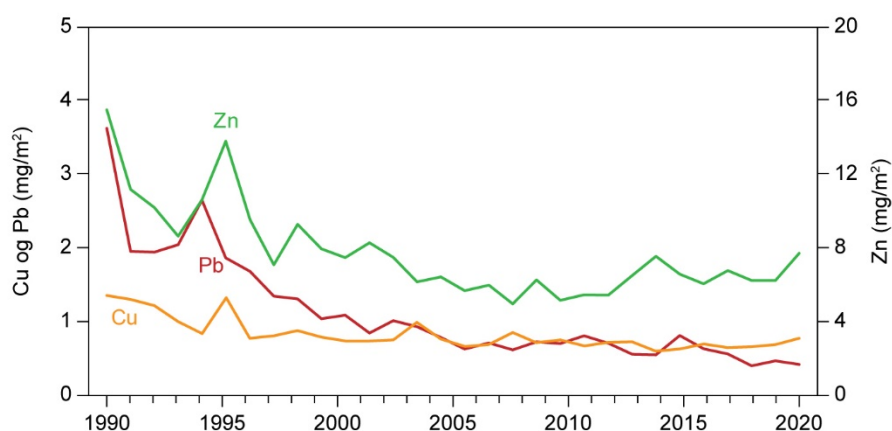
Metaller i luft

Luftens og nedbørens indhold af metaller er undersøgt ved målinger på henholdsvis to og seks stationer.

Deposition af zink fra luft til overfladevand og jord er væsentlig større end tilførslen af de øvrige metaller. Depositionen er estimeret ud fra målinger på

nedbør og partikler i luften. Der er sket en betydelig nedgang i depositionen af metaller siden 1989 med den største nedgang frem til ca. årtusindeskiftet (figur 3.1). De seneste 15 år er depositionen dog kun faldet svagt sammenlignet med tidligere, og for zink ses en svag stigning i indholdet i nedbør mens luftkoncentrationen har været svagt faldende siden 2010.

Figur 3.1. Udvikling i depositionen af bly (Pb), kobber (Cu) og zink (Zn) i perioden 1990-2020. Bemærk forskellig skala på figuren (Ellermann et al. 2021).



Metaller i marine områder

Metaller er i marine områder målt i 46 prøver af muslinger og kviksølv er desuden målt i 18 prøver af fisk.

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for bly, cadmium og kviksølv i biota (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017). Koncentrationen af bly og cadmium var højere end miljøkvalitetskravene for disse metaller i henholdsvis 68 % og 57 % af de muslingeprøver, der blev undersøgt i 2020. Kviksølvindholdet var højere end miljøkvalitetskravet i samtlige fisk, der blev undersøgt i 2020, og i et enkelt tilfælde tæt på grænseværdien for fødevarer. Der er ikke foretaget korrektion i forhold til at kviksølvmålingerne er på muskelvæv og kvalitetskravene gælder for hele fisken. Korrektion vil betyde, at muskelkoncentrationerne skulle ganges med en faktor 0,93 i gennemsnit for alle fiskearter, der indgår i overvågningsprogrammet. Indholdet af bly og cadmium var i alle tilfælde lavere end grænseværdien for fødevarer.

3.2 Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet

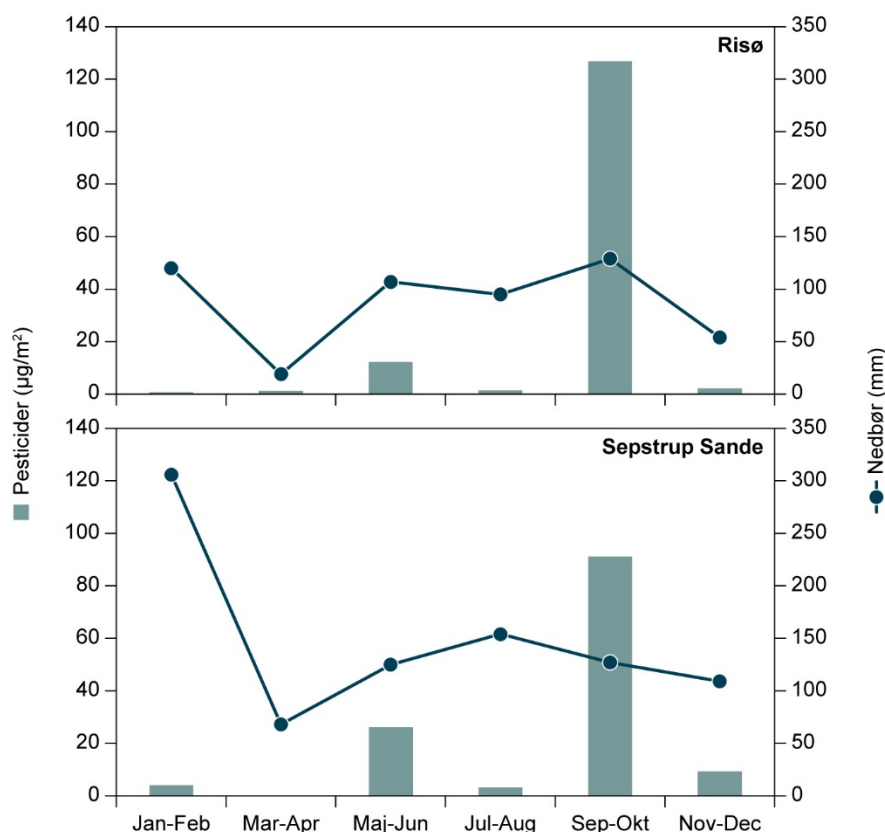
Organiske miljøfarlige forurenende stoffer tilhører samlet set en række forskellige stofgrupper med vidt forskellig anvendelse, og det er derfor også forskelligt, hvad der er den væsentligste kilde til deres forekomst i vandmiljøet. For en række stoffer er spildevand den væsentligste kilde, mens det for andre stoffer er tilførsel med luften eller udvaskning fra overfladen, der er de væsentligste kilder til stoffernes forekomst i vandmiljøet (Boutrup et al., 2020).

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i luft

I den atmosfæriske deposition måles ved to målestationer en række pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider. De pesticider, der måles, har alle en vis evne til at fordampe. De største bidrag til våddosition af pesticider kom i 2020 ligesom i de seneste foregående år fra prosulfocarb, terbuthylazine og nedbrydningsproduktet desethylterbuthylazin. Prosulfocarb har bidraget mest til den samlede deposition med den største deposition om efteråret, dvs. lige efter

sprøjtning i vintersæd. Terbutylazin er ikke godkendt til anvendelse i Danmark, og det antages derfor, at det er kommet til Danmark med luftbåren transport.

Figur 3.2. Våddepositionen, $\mu\text{g}/\text{m}^2$, af de fundne pesticider og nedbrydningsprodukter i 2020 målt over en 2-måneders periode på Risø og Sepstrup Sande. Kurven angiver nedbørsmængde i den tilsvarende periode i mm.



I 2019 og 2020 er der ved landbrugsmålestationen ved Risø gennemført døgnmålinger af luftkoncentrationen af prosulfocarb i perioden, hvor prosulfocarb typisk bliver anvendt, dvs. slut september til start november. Der blev i 2020 fundet en gennemsnitskoncentration af prosulfocarb på $13 \text{ ng}/\text{m}^3$ mens gennemsnitskoncentrationen i 2019 var $5 \text{ ng}/\text{m}^3$. Forskellen mellem de to år skyldes formentlig år-til-år variationer i de meteorologiske forhold og landbrugspraksis. Den målte prosulfocarb i luften stammer dels fra lokal anvendelse af prosulfocarb og dels fra kilder i udlandet.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i marine områder

Målinger af organiske miljøfarlige forurenende stoffer omfatter måling af blødgørere og alkylphenoler i sediment ved 37 stationer, PAH og organotinforbindelser i muslinger ved 41 stationer samt dioxiner og furaner, klorerede pesticider, bromerede flammehæmmere og perfluorerede forbindelser i fisk ved 17 stationer. Desuden måles biologiske effekter af miljøfarlige forurenende stoffer i marine områder ved én station.

En række stoffer blev fundet i koncentrationer, der var højere end de fastsatte miljøkvalitetskrav. Koncentrationen af en af PAH'erne, benzo(b+j+k) var højere end miljøkvalitetskravet i 7 % af muslingeprøverne og fluoranthen i 2 % af muslingeprøverne. Derudover blev der ikke fundet koncentrationer, der var højere end fastsatte miljøkvalitetskrav i muslingeprøverne undersøgt i 2020.

Ved undersøgelse af PFOS i fisk blev der ikke fundet koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. PFOS blev dog påvist i alle undersøgte prøver (17). Målingerne er foretaget på fiskelever, hvor indholdet er højere end i fiskemuskel, mens miljøkvalitetskravet er fastsat i forhold til fisk som fødevarer, dvs. i fiskemuskel, da det normalt er muskelen, der bliver spist. Koncentrationen i fiskelever kan omregnes til koncentrationen i fiskemuskel ved at dividere med en faktor fem.

Bromerede flammehæmmere blev fundet i prøver af fiskemuskel (16) ved alle undersøgte stationer i koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. Koncentrationen af dioxiner var højere end miljøkvalitetskravet i 22 % af de undersøgte prøver (2 ud af 9). Vurderingen af koncentrationerne af bromerede flammehæmmere og dioxiner er baseret på, at koncentrationer under detektionsgrænsen medregnes med værdien af den halve detektionsgrænse og den målte værdi ved koncentrationer over detektionsgrænsen. Ifølge overvågningsbekendtgørelsen skal koncentrationer under såvel detektionsgrænsen som kvantifikationsgrænsen (svarende til 3 x detektionsgrænsen) indregnes med værdien for den halve kvantifikationsgrænse (Miljø- og Fødevareministeriet 2016).

4 Luft

Formålet med Overvågningsprogrammet for luftkvalitet i Danmark er at overvåge luftforurening af betydning for sundhed. Denne del af NOVANA er sammen med overvågningen af grundvand de eneste dele af NOVANA, hvor overvågningen sker med henblik på at vurdere den direkte indvirkning på den menneskelige sundhed.

Der måles på koncentrationer af svovldioxid, kvælstofilter (NO_x/NO_2), partikelmasse (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), partikelantal, benzen og toluen, carbonmonoxid, ozon (O_3), elementært og organisk kulstof (EC og OC), udvalgte metaller som bly, arsen, cadmium, kviksølv og nikkel, samt tjærestoffer (PAH'er) og flygtige kulbrinter (VOC'er), der kan føre til dannelse af ozon.

Der anvendes en kombination af målinger og modelberegninger til at vurdere, om EU's grænseværdier for luftkvalitet er overholdt, og udviklingen i koncentrationer over årene følges. Der er fastsat grænse- og målværdier for flere af de målte stoffer.

I september 2021 offentliggjorde WHO opdaterede retningslinjer for luftkvaliteten. Værdierne fra WHO's retningslinjer er sammenholdt med de målte koncentrationsniveauer for stofferne i 2020.

4.1 Ingen NO_2 - og partikeloverskridelser

NO_2 -målinger

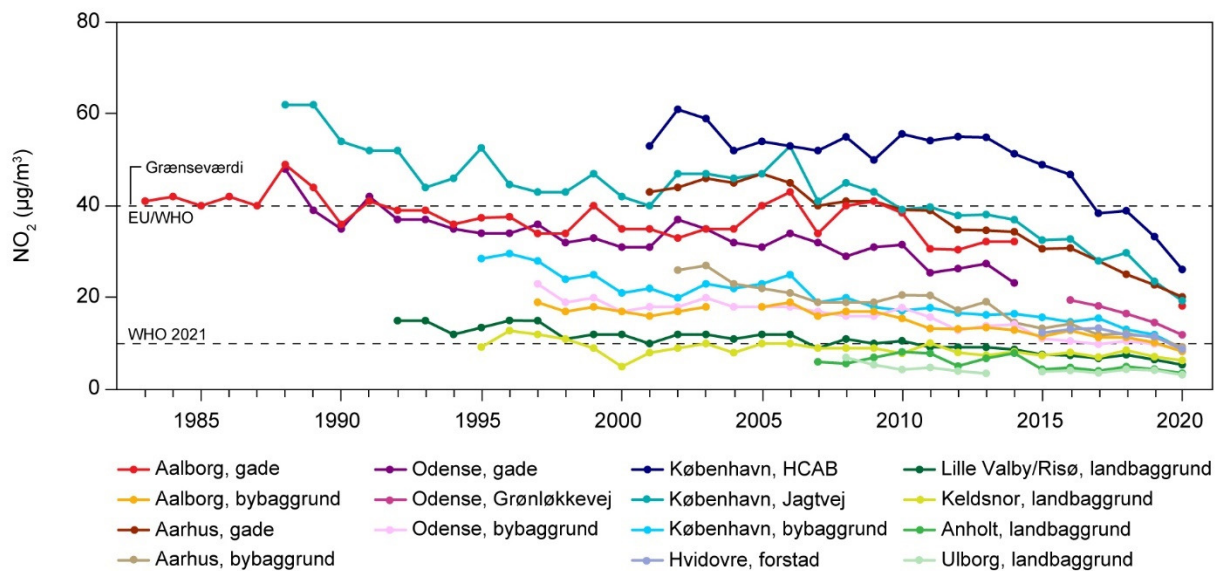
Kvælstofdioxid (NO_2) irriterer luftvejene og har direkte effekt på helbredet. De, der er mest følsomme over for kvælstofdioxid, er folk med luftvejslidelser, ældre mennesker og børn.

De højeste årsmiddelværdier for kvælstofdioxid ses i trafikerede gader, hvilket skyldes, at en stor del af udledningerne af kvælstofoxider kommer fra vejtrafik.

Figur 4.1 giver status for luftkvaliteten for kvælstofdioxid ved målestationerne i 2020. Årsmiddelkoncentrationerne ligger ved alle målestationer under EU-grænseværdien på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der er fastsat af hensyn til langtidseffekter (årsmiddelværdien af kvælstofdioxid, må ikke overskride $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i et kalenderår (EU, 2008)). Ved den mest forurenede gademålestation (H.C. Andersens Boulevard) var årsmiddelværdien næsten 35 % under grænseværdien.

EU's luftkvalitetsdirektiv fastlægger ligeledes en grænseværdi for korttids-eksponeringen for kvælstofdioxid. Denne grænseværdi angiver, at timemiddelværdien ikke må overskride $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mere end 18 gange i løbet af et kalenderår. I forhold til grænseværdien var timemiddelværdierne af kvælstofdioxid meget lave, og der var ingen overskridelse af grænseværdien for timemiddelværdien af kvælstofdioxid i 2020.

For kvælstofdioxid ses et svagt fald i niveauerne i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne, som blev efterfulgt af stort set uændrede niveauer i slut 1990'erne og begyndelsen af 2000'erne. Fra omkring 2005 og til i dag er der til gengæld sket en markant reduktion i luftkoncentrationerne af kvælstofdioxid på op mod 50 %.



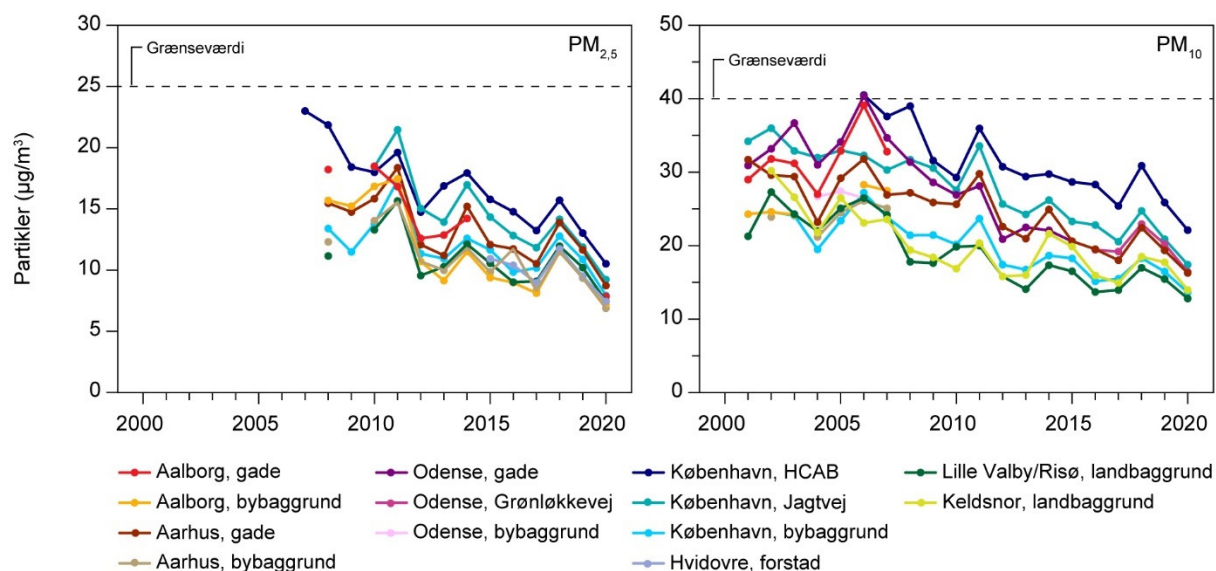
Figur 4.1. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af NO₂. Den stiplede linje angiver EU's grænseværdi (EU, 2008). Det markant anderledes forløb, som ses for H.C. Andersens Boulevard, skyldes omlægning af vejbanerne på H.C. Andersens Boulevard 2010, som flyttede trafikken tættere på målestationen.

Partikelmålinger og måling af elementært kulstof

Partikelforurening består af en kompleks blanding af partikler i forskellige størrelser med forskellig fysiske og kemiske egenskaber, som kan variere meget fra en lokalitet til en anden alt efter hvilken partikelfraktion, der er tale om.

Af figur 4.2 fremgår, at årsmiddelværdierne for både PM_{2,5} (partikler med mindre diameter end 2,5 µm) og PM₁₀ (partikler med en diameter op til 10 mikrometer) i gennemsnit er omkring 50 % under grænseværdierne på gademålestationerne, som er der, hvor de højeste koncentrationer forekommer som følge af trafikken i gaderne. Antallet af dage, hvor døgnmiddelværdien overskrider 50 µg / m³, ligger også betydeligt under grænseværdien. Der var derfor ingen overskridelse af grænseværdierne for partikelforureningen i 2020 ved nogen af målestationerne.

Figur 4.2 viser udviklingstendensen for årsmiddelværdien af PM_{2,5} og PM₁₀. Der ses et ensartet forløb ved alle målestationerne. PM_{2,5} er faldet med 30-50 % og PM₁₀ med 30-45 % siden opstart af målingerne i henholdsvis 2007 / 2008 og 2001.



Figur 4.2. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af $PM_{2,5}$ (øverst) og PM_{10} (nederst). De stiplede linjer angiver grænseværdierne for årsmiddelværdien af $PM_{2,5}$ og PM_{10} (EU, 2008).

Måleprogrammet omfatter endvidere målinger af partikelantal, som er en parameter, der angiver den luftbårne forurening med partikler i nanostørrelse. Disse partikler er så små, at de har meget lille masse, og derfor måles de ved tælling. Måleresultaterne i 2020 omfatter partikler i størrelsen fra 41 til 478/550 nm og i hele området fra 11 til 478/550 nm. I den seneste årsrapport indgik ikke partikler med diameter mindre end 41 nm grundet tekniske problemer på de nyligt erhvervede instrumenter (der blev rettet i begyndelsen af februar 2020). Årsagen til angivelsen af to øvre grænser er, at de gamle og nyere instrumenter har lidt forskelligt måleområde. I praksis giver det dog kun anledning til en undseelig forskel, da antallet af partikler mellem 478 og 550 nm er ubetydelig i denne sammenhæng.

For partikler i området fra 11 til 478/550 nm varierer partikelantallet fra omkring 8.900 partikler per cm^3 på gademålestationen og ned til omkring 2.700 partikler per cm^3 på landbaggrundsmålestationen. For partikler i området fra 41 til 478/550 nm varierer partikelantal fra 2.900 til 1.400 partikler per cm^3 . De helt små partikler mellem 10 og 41 nm udgør dermed størstedelen af partiklerne målt på antal og ved gademålestationen udgør disse omkring 70 % af partiklerne, hvilket skyldes partikeludledninger fra vejtrafikken. Der er ingen grænseværdier at sammenligne disse værdier med.

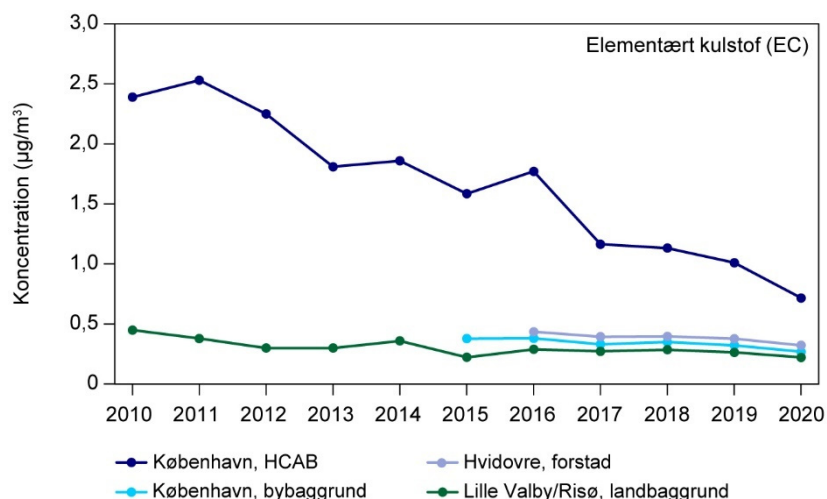
Siden 2002 er partikelantallet for begge fraktioner faldet med omkring 70 % og 45 % ved henholdsvis gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen i København. Målinger i landbaggrund ved Risø er først begyndt i 2005, men siden da er partikelantallet faldet med omkring 40 % for fraktionen fra 11 - 478/550 nm og omkring 50 % for partikelfraktionen fra 41 - 478/550 nm.

Elementært kulstof (EC) er den del af den luftbårne partikelforurening, som udgøres af kulstof alene. I daglig tale omtales det ofte som sod, da en stor del af elementært kulstof kommer fra en ufuldstændig forbrænding (for eksempel i udstødning fra køretøjer). Elementært kulstof omtales også som black carbon (BC), fordi elementært carbon er sort. Kemisk set er der stor forskel på de to parametre. Elementært kulstof er et mål for mængden af kulstofatomer

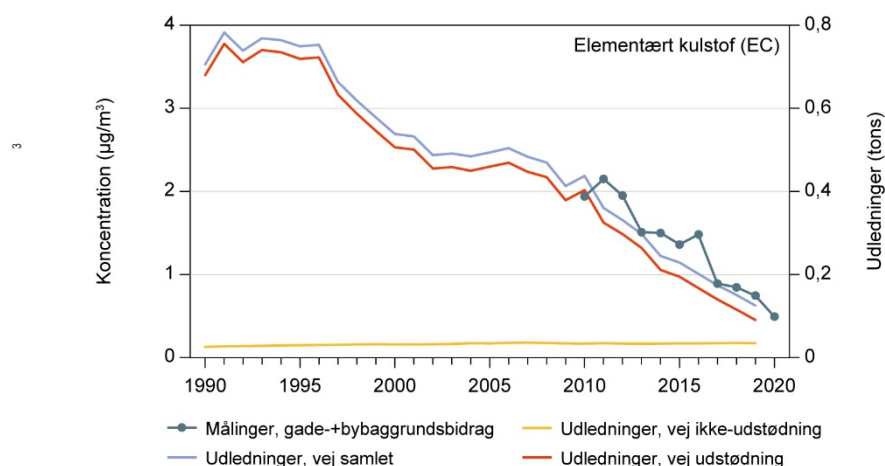
i en given prøve (μg elementært kulstof per m^3), hvilket måles med en kemisk analyse af prøven. Black carbon er et mål for, hvor "sort" prøven er, hvilket måles med en absorptionsmåling (kan omregnes til enheden $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figur 4.3 viser udviklingstendensen for EC siden begyndelsen af målingerne i 2010. Der ses et fald på omkring 70 % siden 2010 ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard. Tilsvarende ses et fald på landbaggrundsmålestationen ved Risø, selv om dette fald er mindre markant (omkring 42 %). Ved bybaggrundsmålestationen og målestationen i en forstad ses også tendens til fald, men tidsserierne er korte, så denne tendens er usikker, og der er behov for målinger gennem længere tid for at kunne opnå en sikker vurdering af udviklingstendensen.

Figur 4.3. Årsmiddelværdier for elementært kulstof i 2020.



Årsagen til det store fald i elementært kulstof skyldes primært reduktionen i udledninger fra transportsektoren. Figur 4.4 viser en sammenligning mellem udviklingstendensen for gade- og bybaggrundsbidraget målt ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og udviklingstendensen i udledningerne fra vejtrafik. Der ses god overensstemmelse mellem faldet i koncentrationerne og udledningerne, hvilket viser den store betydning, som indførelse af miljøforbedringer på køretøjerne (navnlig partikelfiltre på dieselskøretøjer) har haft på partikelforureningen.



Figur 4.4. Udviklingen i luftkoncentrationer af partikulært bundet elementært kulstof på gademålestation på H.C. Andersens Boulevard i København (venstre akse) sammenlignet med udviklingen i udledningerne af black carbon fra vejtrafik (højre akse) (Nielsen et al., 2021). De viste luftkoncentrationer er bidraget fra gade og bybaggrund, som er beregnet ud fra forskellen mellem koncentrationerne ved gademålestationen og landbaggrund. Udledningerne af black carbon kommer dels fra udstødning og dels fra ikke-udstødning (slid på bremses, dæk og vej).

4.2 Ozon

I den lavere del af atmosfæren betragtes ozon (O_3) som en forurening med negativ effekt på helbredet og vegetationen.

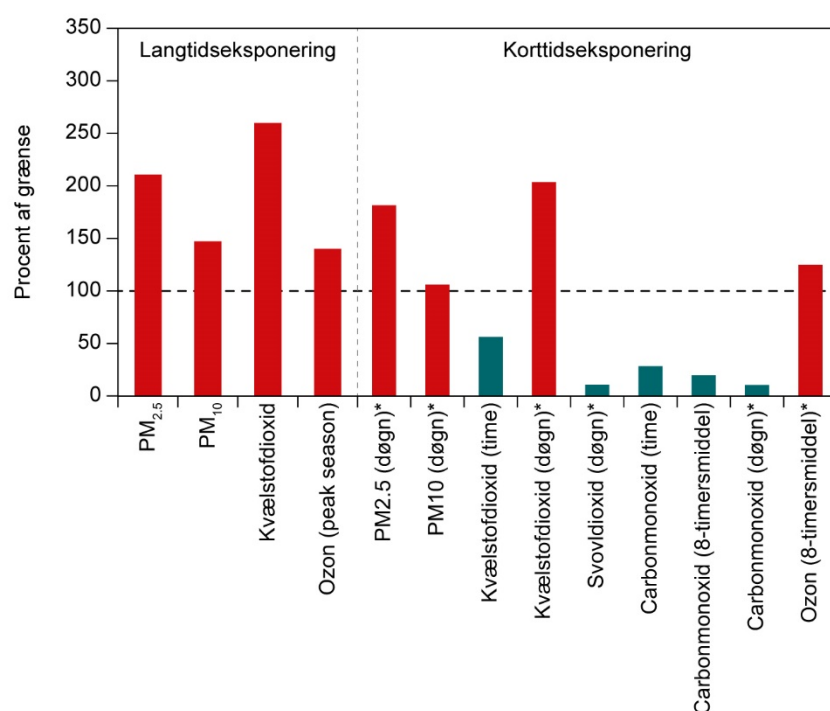
I modsætning til de øvrige luftforureningskomponenter er årsmiddeldkoncentrationerne for ozon højest på landet, lidt lavere i bybaggrund og lavest i de trafikerede gader. Årsagen er, at udledningerne af kvælstofoxider fra trafikken nedbryder ozon, så høje koncentrationer af kvælstofoxider modsvares af lave koncentrationer af ozon. I dag anses de helbredsskadelige effekter af ozon primært at komme fra episoder med høje koncentrationer, hvilket er grunden til, at der ikke findes en målsætning for årsmiddelværdien af ozon, men derimod en målværdi for antallet af episoder med forhøjede koncentrationer.

Ozon er omfattet af EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008), hvor der er fastlagt en såkaldt målværdi (en slags grænseværdi) og en langsigtet målsætning til beskyttelse mod helbredseffekter fra korttidseksponering for ozon. Målværdien angiver, at den daglige maksimale 8-timersmiddelværdi ikke må overskride $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mere end 25 gange i kalenderåret set som gennemsnit over de seneste tre år. Der er ingen overskridelse af målværdien for perioden i 2020. Den langsigtede målsætning angiver, at den maksimale 8-timersmiddelværdi ikke må overskride $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i løbet af kalenderåret. Modelberegninger viser, at den er overskredet i den største del af landet, hvilket er i overensstemmelse med resultaterne fra målingerne. Kun i dele af den nordlige og vestlige del af Jylland viser modelberegninger, at niveauet ligger under den langsigtede målsætning i 2020. Den langsigtede målsætning er imidlertid ikke trådt i kraft endnu, og der er ikke fastlagt et tidspunkt for ikrafttrædelse af målsætningen.

EU's luftkvalitetsdirektiv angiver endvidere, at befolkningen skal informeres, når timemiddeldkoncentrationen overskrider $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Informationstærskelen for timemiddelværdien af ozon på $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ blev ikke overskredet i 2020.

4.3 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO

I september 2021 offentliggjorde WHO opdaterede retningslinjer for luftkvalitet. Figur 4.5 giver et samlet overblik over, hvordan koncentrationsniveauerne for kvælstofdioxid, carbonmonoxid, svovldioxid, ozon og partikler (PM_{2,5} og PM₁₀) ligger ved de danske målestationer sammenholdt med de opdaterede retningslinjer fra WHO (2021). De nye WHO-retningslinjer for langtidseksponering er overskredet for alle luftforureningskomponenter med størst overskridelse for PM_{2,5} og kvælstofdioxid. For korttidseksponering ses ligeledes overskridelse af de nye WHO-retningslinjer for PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon. Til gengæld ligger niveauerne for svovldioxid og kulilte klart under de nye WHO-retningslinjer. De mest helbredsskadelige luftforureningskomponenter (partikler, kvælstofdioxid og ozon) viser størst overskridelse af de nye WHO-retningslinjer. Dette er med til at understrege, at der er behov for at reducere luftforureningen med disse komponenter yderligere, hvis man ønsker at opnå en reduktion af de helbredsskadelige effekter fra luftforureningen.



Figur 4.5. Oversigt over overholdelsen af WHO's nye retningslinjer vedrørende udsættelse for helbredsskadelige luftforureningskomponenter (WHO, 2021a). Figuren er opdelt i retningslinjer vedrørende langtids- og korttidseksponering. Det er de højeste værdier målt ved de danske målestationer, som angives som procent af WHO's retningslinjer, som er indekseret til 100%. De langsigtede nye WHO-retningslinjer er baseret på årsmiddelkoncentrationer og for ozon på parameteren kaldet 'peak season', som beregnes ud fra gennemsnit af den maksimale daglige løbende 8-timersmiddelværdi beregnet for de seks efterfølgende måneder med de højeste værdier. De nye kortsigtede WHO-retningslinjer er fastlagt ud fra kalenderårets højeste timemiddelværdi, 99%-fraktilen af døgnmiddel og den maksimale daglige 8-timers middelværdi. Hvis en parameter er mærket med stjerne, angiver det, at det er 99%-fraktilen som anvendes.

4.4 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening

Ifølge WHO udgør luftforurening i dag den største miljømæssige sundhedsrisiko. Derfor er beregninger på helbredseffekter og tilknyttede eksterne omkostninger af luftforureningen inkluderet i NOVANA.

Modelberegninger af helbredseffekterne viser, at det samlede antal tilfælde af for tidlig død, som følge af luftforurening er omkring 4.420 tilfælde i Danmark som årligt gennemsnit for 2018-2020. Tallet i 2020 er relativt lille set i forhold til 2019 (ca. 4.000 tilfælde) pga. COVID-19 restriktionerne, både i Danmark og i Europa og den generelle reduktion i udledningerne ligesom de naturlige variationer i de meteorologiske forhold har påvirket ændringen fra 2019 til 2020. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 76 milliarder kr. i 2020, hvilket er ca. 9 milliarder mindre end i 2019. Helbredseffekten af eksponering for $PM_{2,5}$ resulterer i omkring 3966 tilfælde af for tidlig død, kvælstofdioxid resulterer i omkring 350 tilfælde af for tidlig død, eksponering for ozon i omkring 90 tilfælde og eksponering for svovldioxid i under 10 tilfælde af for tidlig død.

5 Grundvand

Grundvand indgår som en vigtig del i vandets kredsløb. Grundvandets mængde og kvalitet har derfor betydning for naturen, dvs. i kilder, vandløb, søer og fjorde. Grundvand er desuden grundlaget for Danmarks drikkevandsforsyning. Det er derfor vigtigt, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet til drikkevand.

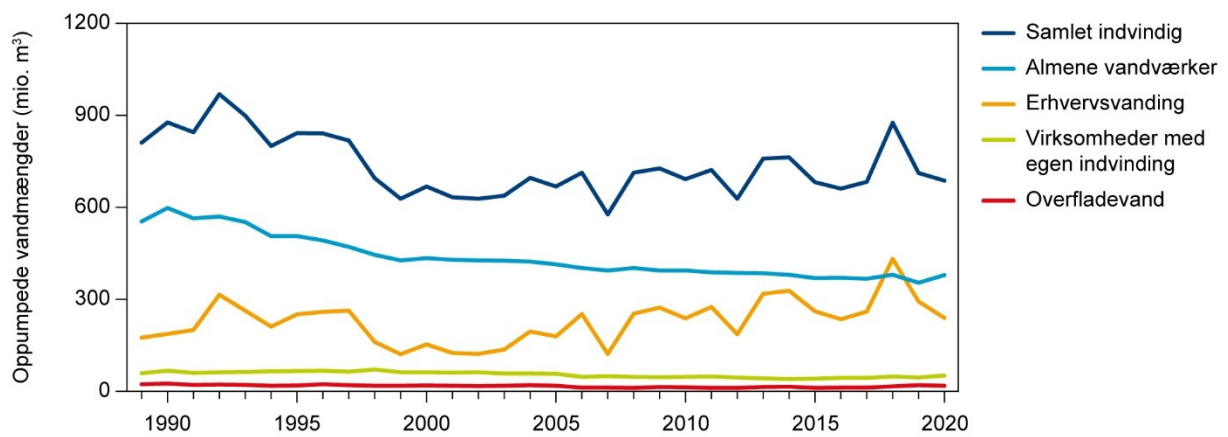
Grundvandsovervågningen (GRUMO) er siden starten i 1989 blevet revideret i flere omgange for at imødekomme udviklingen i de forvaltningsmæssige behov. Programmet for GRUMO er siden 2007 tilpasset – og tilpasses fortsat løbende både på grundlag af større viden og som følge af de varierende forvaltningsmæssige behov, herunder opfyldelse af forpligtelserne til at afrapportere efter EU-direktiver. Der er i Thorling et al. (2021) redegjort for, hvad de gennemførte revisioner af grundvandsovervågningen har betydet for datagrundlaget til vurdering af udviklingen og status for grundvandets kemiske kvalitet.

GRUMO er tilrettelagt således, at der skiftes mellem år med prøvetagning af alle indtag, og år hvor det fortrinsvis er indtag med human påvirkning af især nitrat og pesticider, der undersøges, såkaldt operationel overvågning. 2020 var et år med operationel overvågning.

5.1 Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark omfatter indvinding til såvel drikkevand som erhvervsformål, herunder markvanding. Markvandingen er stærkt varierende fra år til år og påvirket af såvel variationer i nedbør som udviklingen i klimaet, og det er af stor betydning for den samlede vandindvinding, om vandingsbehovet det enkelte år er stort eller lille. Indvinding af grundvand kan påvirke fx vandløb og grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær negativt.

Den samlede vandindvinding samt fordelingen af indvindingen på forskellige kategorier i perioden 1989 – 2020 er vist i figur 5.1. I løbet af 1990'erne er indvindingen ved almene vandforsyninger faldet fra ca. 600 mio. m³ i 1990 til knap 380 mio. m³ i 2020. Den samlede indvinding afspejler ud over nedgangen i indvindingen ved almene vandforsyninger også de markante variationer, der er i indvinding til erhvervsvanding, særligt markvanding, der er afhængig af nedbørmængden. Indvinding til erhvervsvanding er opgjort til i 2020 at have været omkring 240 mio. m³, hvilket er det samme som medianen for perioden 1989-2020.



Figur 5.1. Den samlede vandindvinding, samt indvinding ved almene vandforsyninger, erhvervs Vand inkl. markvanding, virksomheder med egen indvinding og overfladevand i Danmark i 1989-2020 (Thorling et al. 2021)

5.2 Nitrat i grundvand

Nitrat i grundvand i høje koncentrationer er uønsket, både af hensyn til drikkevandskvaliteten og på grund af risikoen for påvirkning af det øvrige vandmiljø.

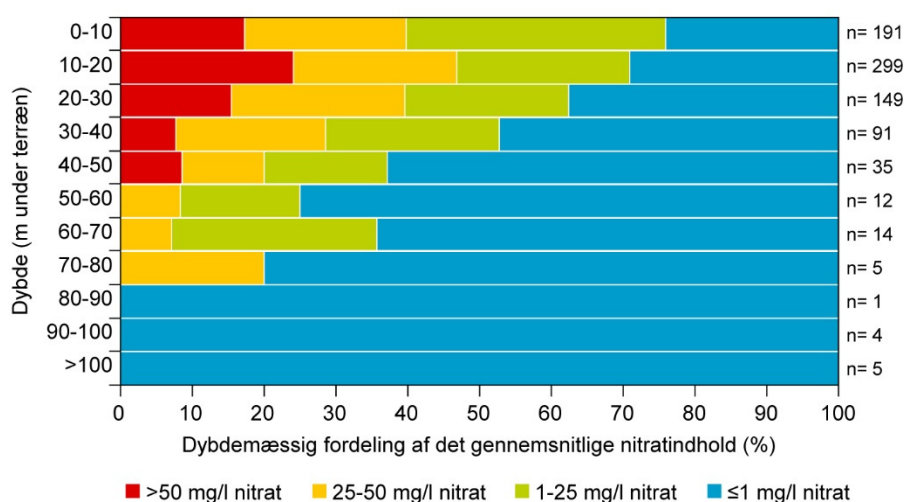
Nitrat, som via grundvand kommer ud i vandløb og søer, kan i sidste ende resultere i problemer med at opfylde målsætningerne i ferskvand eller marine områder. Ligeledes kan høje koncentrationer i grundvand, som er grundlag for grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær, betyde, at tilstanden i sådanne naturområder påvirkes negativt. I grundvand, der anvendes til drikkevand, er høje nitratkoncentrationer uønskede, da de kan være sundhedsskadelige.

Grundvandets indhold af nitrat måles i GRUMO, ved vandforsyningernes boringskontrol og i landovervågningsprogrammet (LOOP). Nitratindholdet var i 2020 højere end kvalitetskravet på 50 mg/l i 17 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, mens det samme var tilfældet i omkring 1 % af indtagene i vandforsyningsboringer. Andelen af indtag i GRUMO med nitratindhold højere end kvalitetskravet var i 2020 højere end i den femårige periode 2016-2020, hvor den var på 14 %. Det skyldes, at der ved den operationelle overvågning i 2020 er en del indtag med ingen eller lave nitratindhold, der ikke indgår i overvågningen.

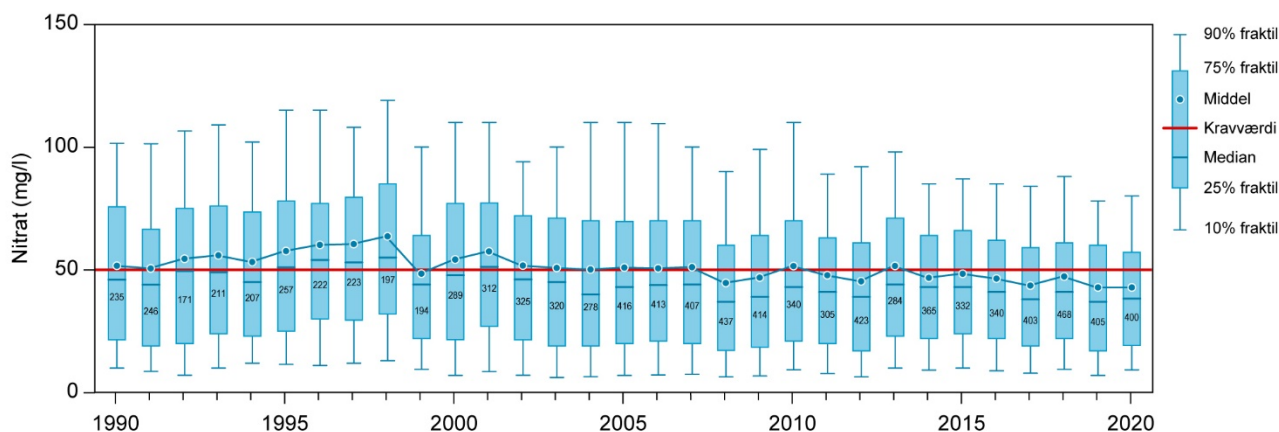
Figur 5.2 viser, at nitratkoncentrationer over kvalitetskravet hovedsageligt optræder i de øverste 50 m i de indtag, der er undersøgt i 2020. Dette skyldes, at nitrat nedbrydes naturligt i grundvandsmagasinerne i et omfang, der afhænger af de lokale geokemiske forhold. Desuden er at antallet af indtag under 50 m's dybde begrænset. Hyppigheden af nitratkoncentrationer over kvalitetskravet i indtag i 0-10 m's dybde i de fire klasser i figur 5.2 var på samme niveau i 2020 som i perioden 2016-2020, mens der især i de dybere lag er en større andel af nitratholdige indtag i 2020.

Der er generelt lavere nitratkoncentrationer i vandforsyningsboringerne end i grundvandsovervågningen. Det kan forklares ved, at vandforsyningerne forsøger at undgå indvinding af nitratholdigt grundvand.

Figur 5.2. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2020 i forhold til top af indtag i m u.t. i 806 indtag i grundvandsovervågningen. Nitratindholdet er opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (Thorling et al. 2021).

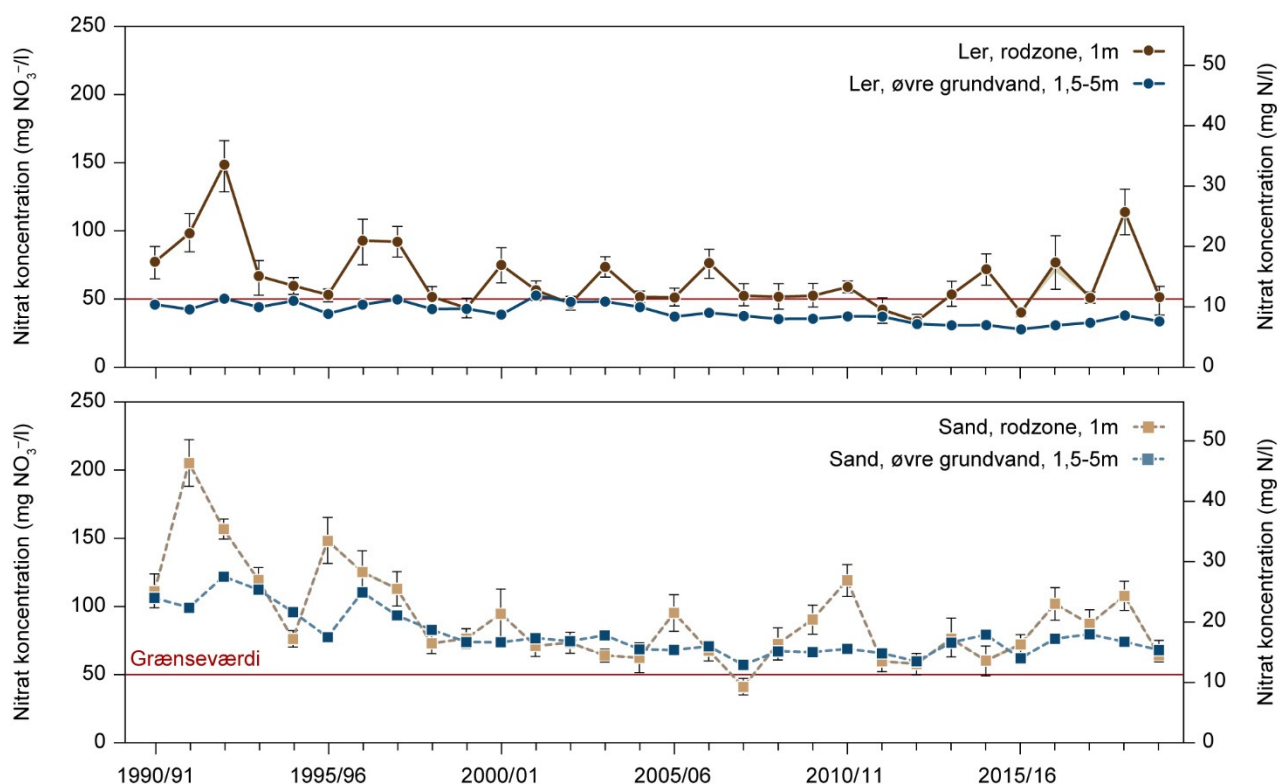


Effekten på grundvandets nitratindhold af de kvælstofreguleringer, som er sket gennem nationale handlingsplaner siden 1985, afspejler sig i det iltholdige grundvand. De seneste syv prøvetagningsår har det gennemsnitlige nitratindhold i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l og med en tendens til færre indtag med meget høje koncentrationer (figur 5.3). I 2020 var den målte gennemsnitsværdi i det iltholdige grundvand på ca. 42 mg/l.



Figur 5.3. Udviklingen i det iltholdige grundvands nitratindhold i grundvandsovervågningen vist for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2020. Beregnet på baggrund af det gennemsnitlige nitratindhold per indtag per år. Antal af indtag er angivet for hvert år (Thorling et al. 2021).

Udviklingen i nitratkoncentrationen i rodzonen og det højtliggende iltede grundvand på ler- og sandjord undersøges i LOOP i fem små oplande fordelt på to sandjordsoplande og tre lerjordsoplande (figur 5.4). I det hydrologiske år 2019/2020 var nitratindholdet i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjorde højere end kvalitetskravet i henholdsvis ca. 47 % og ca. 18 % af indtagene. Det er betydeligt lavere end i 2018/2019, specielt for sandjordsoplandene. Det skyldes sandsynligvis, at nitrat er blevet udvasket af rodzonen året før som følge den relativt høje nedbør og perkolation i 2019/2020, jf kap. 10. Det gennemsnitlige nitratindhold var på 51 mg/l og 33 mg/l i hhv. sand- og lerjordsoplandene. Det vil sige, at nitratindholdet i det iltede grundvand i sandjordsoplandene og lerjordsoplandene i 2019/2020 lå tættere på hinanden end tidligere set.



Figur 5.4. Udviklingen i målte nitratkoncentrationer i hydrologiske år i perioden 1990/91 til 2019/20 i rodzonevand og det øvre grundvand i tre lerjords- og to sandjordsoplande (LOOP). Nitratmålinger i henholdsvis rodzone og øvre grundvand er ikke i alle tilfælde under samme marker. Grænseværdien angiver EU's krav til maksimal nitratkoncentration i grundvand (Blicher-Mathiesen et al. 2021).

Figureerne og vurderingerne ovenfor er baseret på måling af nitrattindholdet i grundvandet i de år, hvor prøverne er udtaget. Det er muligt at bestemme grundvandets alder, det vil sige bestemme, hvornår grundvandet er dannet. Kendskab til grundvandets alder gør det muligt at bestemme, hvad nitrattindholdet var i grundvandet på det tidspunkt, hvor det blev dannet.

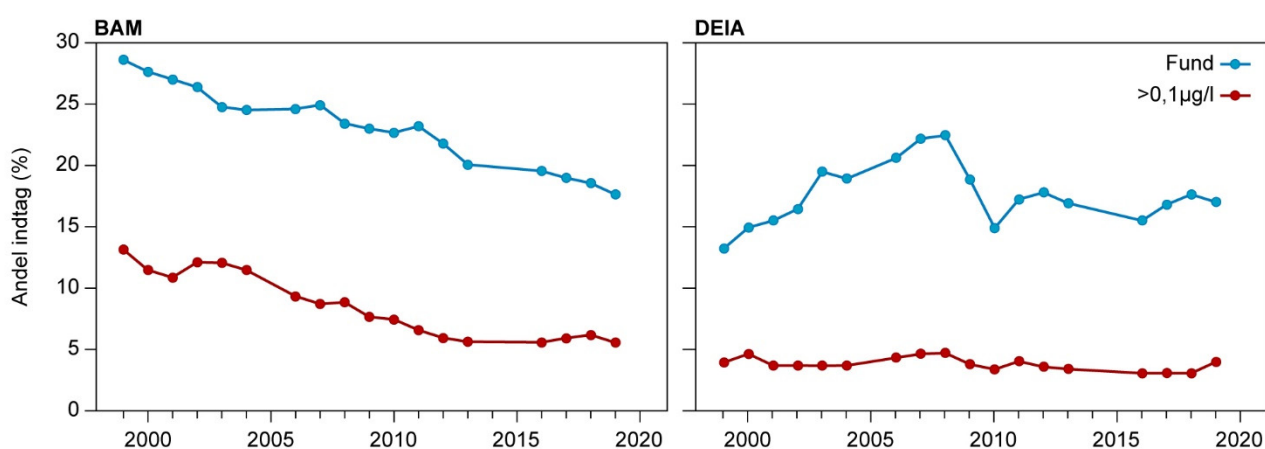
5.3 Pesticider i grundvand

Pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider, der findes i grundvand, kan stamme fra brug af pesticider ved jordbrug og skovbrug, i haver og anlæg, samt på befæstede arealer og ved infrastrukturanlæg. Blandt pesticider henregnes også biocider, som anvendes som fx desinfektionsmiddel, konserveringsmiddel i fx maling og træbeskyttelse.

Grundvandsovervågningen har gennem årene omfattet et varierende antal pesticider og nedbrydningsprodukter, da nye stoffer er blevet inddraget i grundvandsovervågningen, bl.a. når de er blevet inddraget i drikkevandsovervågningen. Andre stoffer er tilsvarende udgået af overvågningen, hvis de ikke eller kun sjældent er blevet påvist. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter i de forskellige perioder af overvågningen er uddybet i Thorling et al. (2021). I 2020 blev der inddraget otte nye nedbrydningsprodukter, hvoraf et er nedbrydningsprodukt af alachlor, to af dimethachlor, to af metazachlor, et af propachlor og to af rimsulfuron.

Ved grundvandsovervågningen i 2020 blev et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider, fundet i 72 % af de undersøgte indtag i overvågningen. Kvalitetskravet på 0,1 µg/l var mindst én gang overskredet i 39 % af indtagene. Kvalitetskravet for summen af målte stoffer på 0,5 µg/l var overskredet i 16 % af indtagene. Det skal bemærkes, at i 2020 omfattede overvågningen fortrinsvis indtag med pesticider (operationel overvågning). I perioden 2018-2020, hvor stort set alle aktive indtag er prøvetaget mindst én gang, blev der påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 61 % af indtagene og overskridelse af kvalitetskravet mindst én gang i 30 % af indtagene. De hyppigst påviste stoffer var i 2020 de tre nedbrydningsprodukter DPC (desphenylchloridazon), DMS (N,N-dimethylsulfamid) og BAM (2,6-dicchlorbenzamid).

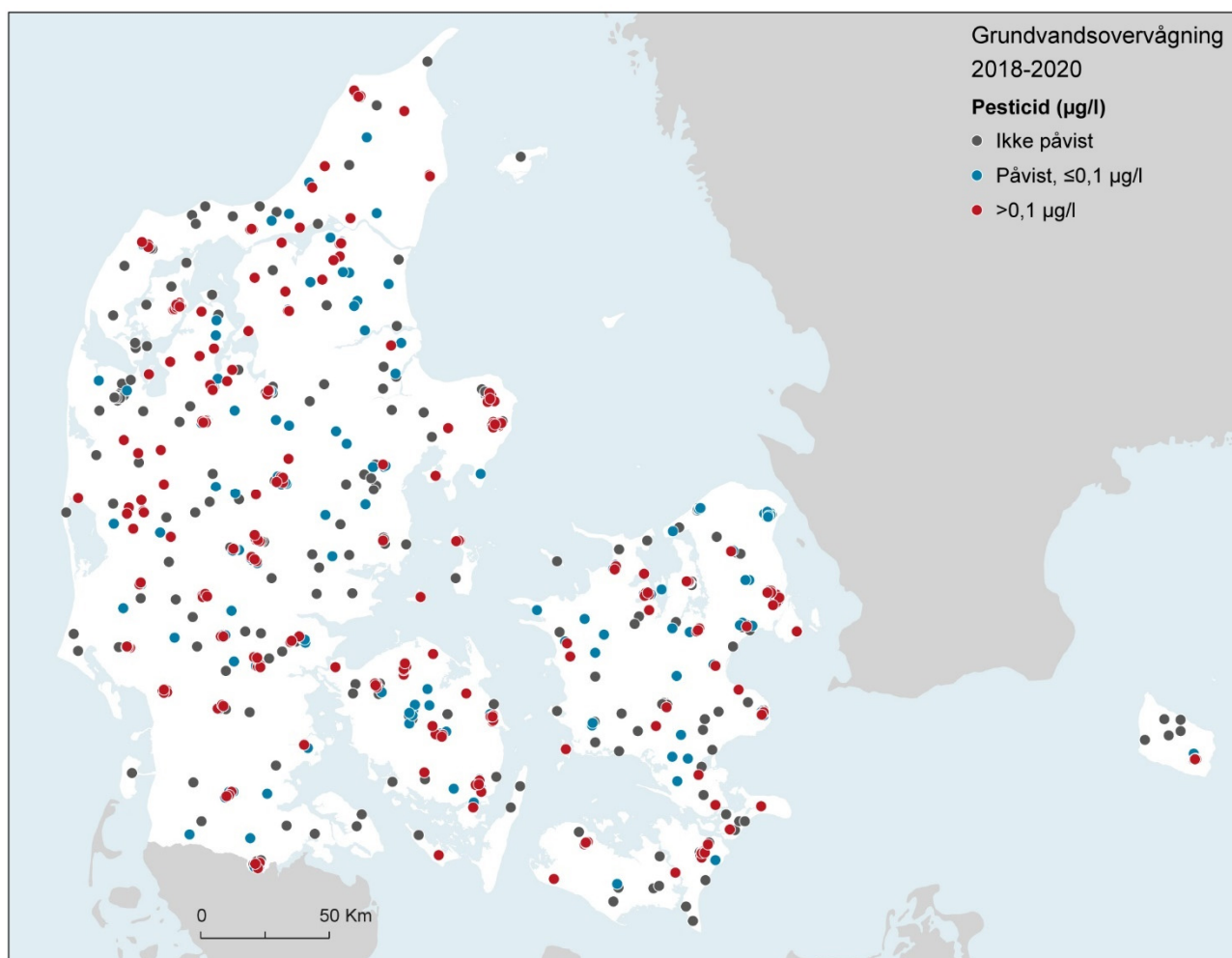
Nogle pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider har været undersøgt i den samme faste gruppe af indtag siden 1998 (i alt 323 indtag). For nogle af disse stoffer ses der en faldende tendens i andelen af indtag med fund. Heriblandt er BAM, som er det hyppigst fundne blandt de udvalgte stoffer. BAM er nedbrydningsprodukt af bl.a. det nu forbudte dichlobenil, mens et andet moderstof, fluopicolid muligvis kan forekomme i importeret såsæd. Hyppigheden af indtag med fund af BAM har været jævnt faldende siden 1998 (figur 5.5). Næst hyppigst fundet blandt de udvalgte stoffer er DEIA og desiopropylatrazin, som er nedbrydningsprodukter fra en række chlortriaziner, heriblandt atrazin. Andelen af indtag fund af DEIA over kvalitetskravet har været stort set konstant siden 1998, mens det for desiopropylatrazin har været faldende siden 2011. Andelen af fund af desiopropylatrazin over kvalitetskravet har været jævnt faldende i hele perioden, så der nu næsten ikke forekommer overskridelser i den faste kerne af borer (ikke vist i figur 5.5).



Figur 5.5 Tidslig udvikling i fund af BAM og DEIA i "den faste kerne" af indtag i grundvandsovervågningen. Hvert år repræsenterer opgørelser af andelen af indtag, hvor pesticidet er påvist mindst én gang inden for en treårs periode (forudgående, aktuelle og efterfølgende år) (Thorling et al, 2021).

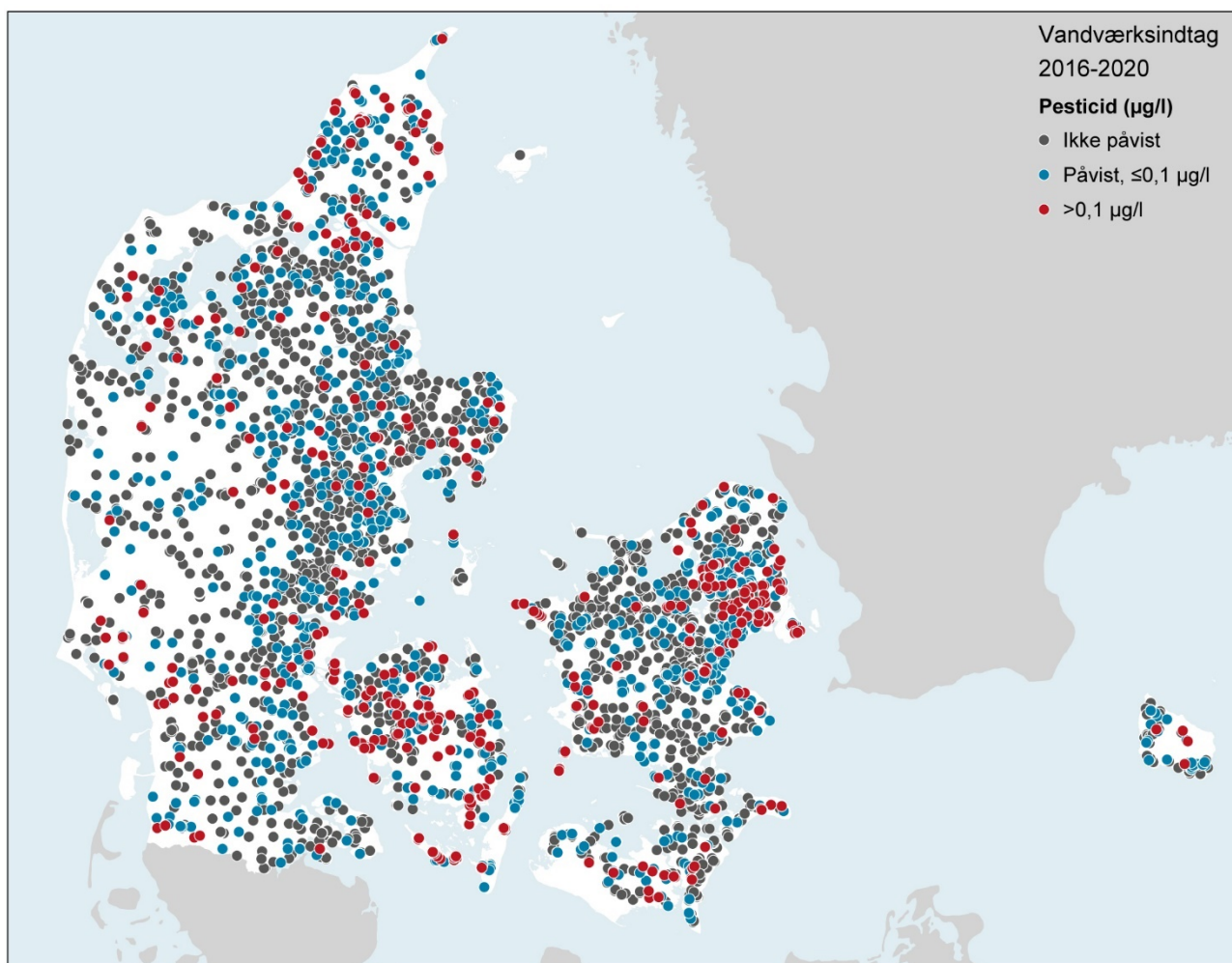
I indtag i vandforsyningernes indvindingsboringer blev der i 2020 fundet mindst ét pesticid i 51 % af de undersøgte indtag (14,6 % af indtagene over kvalitetskravet på 0,1 µg/l). Kvalitetskravet for summen af målte stoffer på 0,5 µg/l var overskredet i 2,3 % af indtagene. Andelen af indtag med overskridelse af kvalitetskravet har siden 2016 været stigende. Stigningen vurderes imidlertid ikke at skyldes væsentlig ændring i grundvandets tilstand i den pågældende periode, men nærmere en erkendelse af grundvandets tilstand

efterhånden som indtagene bliver undersøgt for de tre nedbrydningsprodukter DPC, MDPC og DMS. De tre stoffer var sammen med BAM de hyppigst påviste i indtag i vandforsyningernes indvindingsboringer i 2020.



Figur 5.6. Pesticider og nedbrydningsprodukter i GRUMO-indtag prøvetaget i perioden 2018-2020. Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kvalitetskravet ($> 0,1$ µg/l), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kvalitetskravet ($\leq 0,1$ µg/l), eller pesticider ikke er påvist (Thorling et al. 2021).

Den geografiske fordeling af forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen i perioden 2018-2020 viser, at stofferne forekommer over og under kvalitetskravet i hele landet (figur 5.6). En tilsvarende fordeling af forekomsten i vandforsyningernes indvindingsboringer har i perioden 2016-2020 været med hyppigere forekomst i det nordligste Jylland, i et bælte tværs over det sydvestlige Danmark samt i hovedstadsområdet end i den øvrige del af landet (figur 5.7).



Figur 5.7. Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandforsyningernes indvindingsboringer i perioden 2016-2020. Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kvalitetskravet ($>0,1 \mu\text{g/l}$), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kvalitetskravet ($\leq 0,1 \mu\text{g/l}$), eller pesticider ikke er påvist. (Thorling et al. 2021)

6 Vandløb

De vigtigste natur- og miljøproblemer i danske vandløb er, at kvaliteten af levestederne for planter og dyr er forringet som en følge af dårlige fysiske forhold i vandløbene, hvilket især afspejler, at vandløbene er blevet udrettet, udgravet og uddybet for bedre at kunne aflede vand fra arealer i landbrugsdrift samtidig med at der jævnlige grødeskæres og indimellem opgraves bundmateriale. Spildevandpåvirkning fra punktkilder, fx regnvandsbetingede udløb (RBU), renseanlæg eller udledning fra spredt bebyggelse, kan også påvirke vandløbene negativt. Vandindvinding i oplandet kan mindske vandføringen til kritiske niveauer i nogle vandløb, især omkring de store byer. Desuden kan dræning i områder med jernholdige lavbundsarealer, føre til forurening med okker. For planterne (de højere planter og bundlevende alger) kan indhold af næringsstoffer, især fosfor, også spille en rolle for levestedernes kvalitet.

Forurening med urensset spildevand er i vidt omfang afhjulpeth ved biologisk spildevandsrensning, og virkningen af denne indsats viste sig relativt hurtigt i vandløbene efter de første indsatser blev iværksat i vandmiljøplanerne (VMP I-III fra 1987-2015). I dag er der særlig fokus på at implementere virkemidler, der kan forbedre de fysiske forhold i vandløb. De hyppigst planlagte indsatser er udlægning af groft materiale på vandløbsbunden og fjernelse af fysiske spærringer. Udlægning af groft materiale (primært sten, grus eller træ) kan være erstatning for materiale, der er blevet fjernet ved opgravning og vedligeholdelse af vandløbene, og tilgodeser særligt arter af smådyr og fisk, der er knyttet til de grove substrattyper. Fjernelse af fysiske spærringer indebærer at en spærring eller opstemning fjernes, hvorved vandløbets naturlige faldforhold genskabes samtidig med, at der skabes fri passage for smådyr og fisk både opstrøms og nedstrøms i vandløbet.

6.1 Biologisk kvalitet

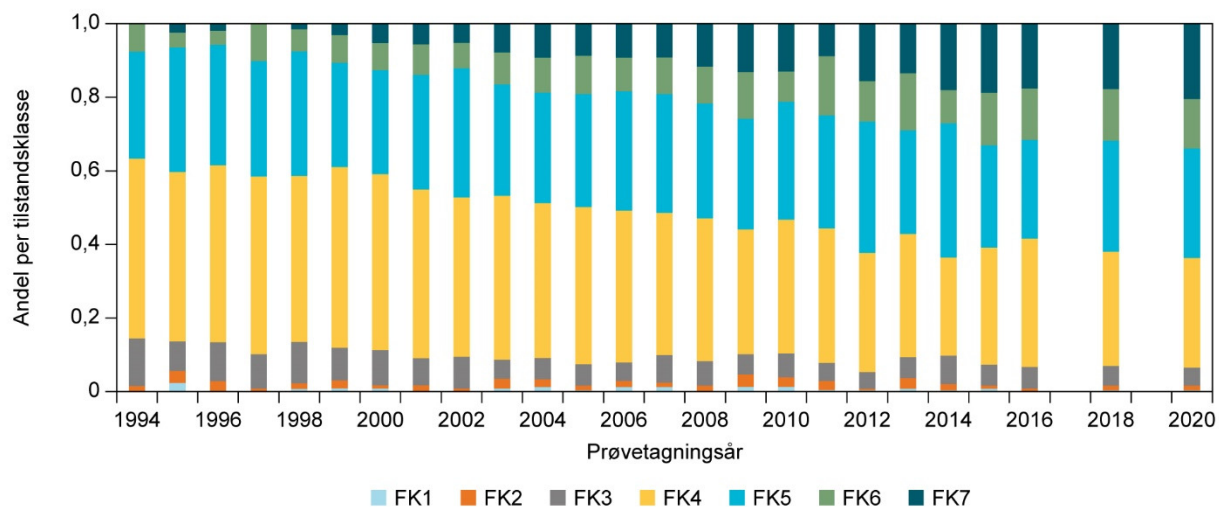
Den biologiske kvalitet af vandløb måles på en række forskellige organismer –smådyrene (med Dansk VandløbsFaunaIndeks, DVFI), vandløbsplanter (med Dansk VandløbsPlanteIndeks, DVPI) og fisk (med Dansk Fiskeindeks For Vandløb, DFFVa/DFFVø). For at opnå målopfyldelse, jf. vandrammedirektivet, skal en given station opnå minimum ”god” økologisk tilstand for alle de biologiske kvalitetselementer.

Det er kun forekomsten af smådyr, der har været målt årligt over en længere årrække i NOVANA. Dette års rapportering præsenterer data for de 245 DVFI-tidsseriestationer, der blev undersøgt for bundfauna i 2020.

Vandløbene opdeles i faunaklasser i forhold til hvilke smådyr (fauna), der findes i vandløbene, idet sammensætningen af smådyrsarterne bruges som indikator for kvaliteten. Denne indikator bruges til at beskrive udviklingen i vandløbene (figur 6.1). Overordnet er målet opfyldt for faunaen, hvis faunaklassen ≥ 5 . Der er en meget klar positiv udvikling i tilstanden i de vandløb, som indgår i denne del af NOVANA-programmet.

Generelt er der en positiv udvikling gennem perioden, med flere stationer i de høje faunaklasser (figur 6.1). Dette er i overensstemmelse med de statistiske analyser, der viser, at der er en større andel af stationer, hvor faunaklassen

stiger (36 %), end stationer, hvor faunaklassen falder (1 %). Den positive udvikling i DVFI-tilstandsvurderingen afspejler sandsynligvis de mange indsatser, ift. rensning af spildevand, der er gennemført de seneste årtier, men formentlig også forbedrede fysiske forhold på mange vandløbsstrækninger.



Figur 6.1. Udvikling i faunaklassen (FK) i perioden 1994 til 2020 baseret på data fra DVFI-tidsseriestationer, der i perioden har omfattet et varierende antal stationer og forskellige prøvetagningsmetoder.

7 Søer

Det væsentligste miljøproblem i danske søer er, at algemængden i vandet, bestemt ved bl.a. klorofyl *a*-koncentrationen, er meget stor, især som følge af tilførsel af fosfor (og kvælstof i nogle søer) fra spildevand og landbrug. Store algemængder gør vandet uklart, mindsker forekomst af bundplanter, giver iltp problemer ved bunden og ændrer derved hele søens plante- og dyreliv.

Fosforfjernelse på renseanlæg og afskæring af byernes spildevand fra søernes opland har mindsket tilførslen af fosfor fra spildevand og derved forureningen i mange søer. Dog er forbedringerne i søerne begrænsede af, at der stadig sker en betydelig tilførsel af næringsstoffer fra dyrkede arealer, med spildevand fra spredt bebyggelse og regnbetingede udløb fra byer. Desuden forsinkes forbedringer i tidligere belastede søer generelt, fordi der fra søbunden sker en frigivelse af ophobet fosfor, der stammer fra tidligere tiders tilførsel, herunder spildevandsudledninger.

I årets er rapport er der korrigeret for analysefejl på totalkvælstof, og der indgår derfor en fuld tidserie for total N i analyserne til forskel fra de foregående fire rapporter. Korrektionen har bl.a. medført, at kvælstofniveauet i perioden 2007-2017 er hævet, og tallene fra denne periode, vil således ikke være fuldt sammenlignelige med tidligere rapporter. Det er fortsat ikke muligt at korrigere for analysefejl på totalfosfor, hvorfor data fra 2007-2017 må tages med forbehold, da fosforniveauerne sandsynligvis er underestimeret (se afsnit 2 i nærværende rapport samt 2.3 i Johansen et al. 2021 og referencer deri for uddybning). Totalfosforværdier der kan være påvirket af analysefejl, vises på grå baggrund.

I dette kapitel vises resultaterne fra de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, og hvor lange tidserier giver grundlag for analyser af udviklingen. De omfatter mange forskellige typer af søer, og sammensætningen af dem kan ikke siges at være repræsentative for danske søer som helhed.

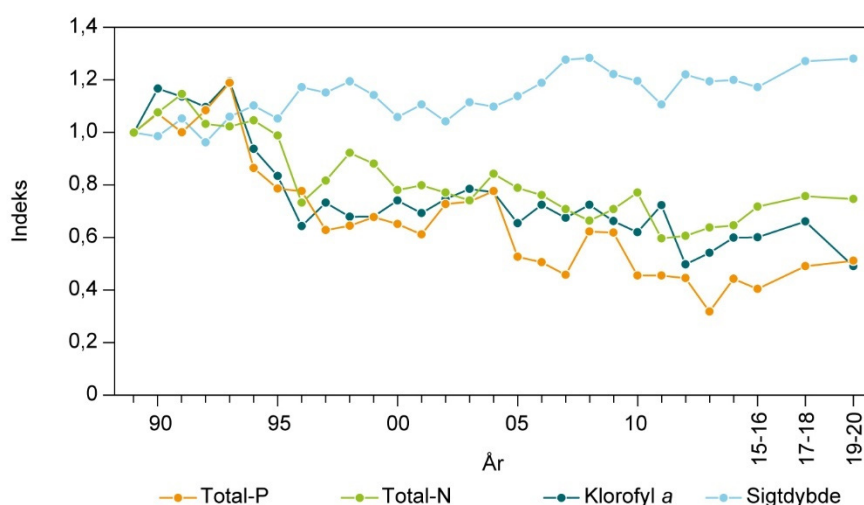
7.1 Udvikling i miljøkvalitet; næringsstoffer, klorofyl *a* og sigtdybde

Resultaterne af kontrolovervågningen af udviklingen i søerne (såkaldte KUSøer), der har været overvåget siden 1989 viser, at der er sket en forbedring i miljøtilstanden, primært som følge af en reduktion i næringsstofftilførslen, hvor især fosfortilførslen har betydning for tilstanden i søerne. Omfanget af reduktionen er meget forskellig fra sø til sø afhængig af hvilke kilder, det har været muligt at mindske. Også kvælstofftilførsel og kvælstofindhold i søerne er mindsket som følge af mindsket nitratudvaskning. Generelt er der sket et fald i næringsstof- og klorofyl *a* koncentrationerne i søerne, og sigtdybden er steget. De største forbedringer er sket i begyndelsen af overvågningsperioden, hvorefter udviklingen over de seneste 11 år i langt de fleste søer er stagneret (tabel 7.1 og figur 7.1).

Tabel 7.1. Statistisk signifikante udviklinger i miljøtilstanden i de 18 søer med mindst 8 målinger, der indgår i kontrolovervågning af udvikling (KU-søer). Udviklingen er vist som antal søer med hhv. forbedret eller forværret udvikling i sommergennemsnit af udvalgte nøgleparametre i hele overvågningsperioden (1989-2020) og de seneste 11 år (2010-2020) (modificeret fra Johansson et al. 2021).

Parameter	1989-2020		2010-2020	
	Forbedret	Forværret	Forbedret	Forværret
Totalfosforkoncentration	13	1	2	2
Totalkvælstofkoncentration	11	1	2	2
Klorofyl a-koncentration	6	2	1	0
Sigtdybde	7	1	0	0

Figur 7.1 Relativ udviklingen i sommergennemsnit af totalfosfor-, totalkvælstof- og klorofyl a-koncentrationer samt sigtdybde i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling, og som har været fulgt siden 1989. Udviklingen er vist som et indeks, hvor 1989 for alle fire parametre er sat til 1. (Johansen et al. 2021).



7.2 Fosfor i søer – status og udvikling

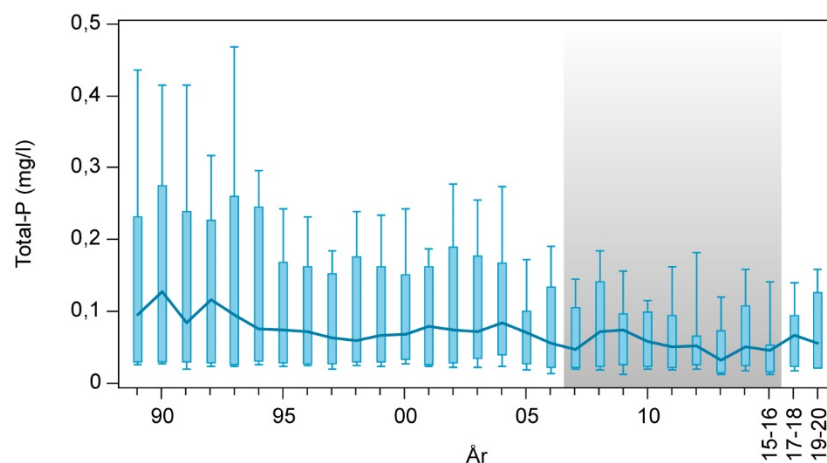
Fosforindhold i søvandet

Der er generelt højt fosforindhold i søerne i Danmark. I de mindst belastede søer vil fosforindholdet normalt være lavere end 0,025 mg/l, og kun nogle få søer i Jylland har et fosforniveau under dette.

Fosfortilførslerne er især mindsket i 1980'erne og 1990'erne som følge af spildevandsrensning, afskæring af spildevand og væsentlig reduktion i landbrugets udledninger.

Fosforindholdet i KU-søer er mindsket, fortrinsvis i de søer, der tidligere modtog store spildevandsbidrag (figur 7.2). I 13 af de 18 KU-søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i sommerperioden (tabel 7.1), mest markant for de søer, der i starten af perioden var mest belastede.

Sommermedianen af totalfosforkoncentrationen lå i perioden 1989-1993 på ca. 0,1 mg/l og er således reduceret med ca. 40 % i forhold til 2019/20, hvor den var ca. 0,06 mg/l (fig. 7.2).



Figur 7.2. Udviklingen i sommergennemsnit for sø-koncentrationen af totalfosfor (mg P/l) i 15 af de søer i kontrolovervågningen af udvikling, der har været undersøgt siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø kun undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen. Det skraverede område indikerer perioden med fejlbehæftede analyseresultater (se afsnit 2.1).

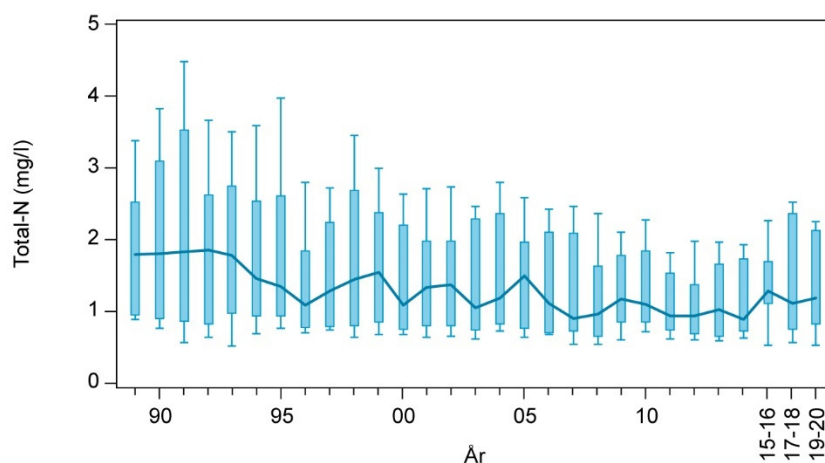
7.3 Kvælstof i søer – status og udvikling

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof, der har betydning for algemængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest er den begrænsende faktor. I søerne foregår der en denitrifikation, som mindsker den mængde kvælstof, der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstoffraktionerne, bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

Kvælstofindhold i søvandet

Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i KU-søerne, såvel på års- som på sommerniveau. Sommermedianen af totalkvælstof lå i perioden 1989-1993 på omkring 1,8 mg/l. Frem til 1996 skete der et konstant fald i koncentrationen til 1,1 mg/l. Efterfølgende har medianværdierne varieret mellem 1 og 1,5 mg/l, (figur 7.3). I de sidste tre måleperioder (2015/16, 2017/18, 2018/19) har kvælstofindholdet i søerne været højere end i perioden 2006-2014. I perioden 2019/2020 er medianen af totalkvælstofkoncentrationen målt til ca. 1,5 mg/l.

Figur 7.3. Udviklingen i sommergennemsnit for sø-koncentrationen af totalkvælstof (Total-N) (mg N/L) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



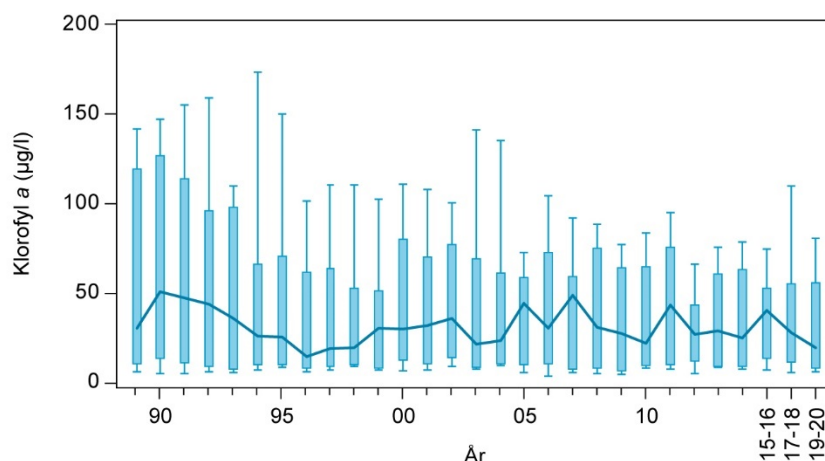
7.4 Klorofyl og sigtddybde

Øgede mængder af alger i vandet i søerne er den primære konsekvens af øgede næringstoftilførsler. Som et mål for mængden af alger bestemmes indholdet af klorofyl *a* (det grønne farvestof, der muliggør fotosyntese i planter). Sigtddybden, er et udtryk for vandets klarhed, og er ofte et godt mål for algemængden og dermed for vandkvaliteten, idet en høj sigtddybde indikerer få alger og vice versa. Desuden er sigtddybden - og dermed lysets evne til at trænge ned på søbunden - afgørende for, hvor dybt undervandsplanter er i stand til at vokse. Ud over mængden af alger, har også andre forhold –som fx vandets farve og mængden af resuspenderet materiale fra søbunden -indvirkning på sigtddybden.

Udvikling i søernes algemængde

Siden 1989 er indholdet af klorofyl *a* mindsket i de mest forurenede søer, mens medianværdien af målingerne i de 15 søer, der har været undersøgt siden 1989, udviser store år-til-år variationer og ikke nogen generel tendens (figur 7.4). Dog ses der et konstant fald fra 1990 til 1996 fra 51 til 15 µg/l, hvorefter der er en stigende tendens. I 2019/2020 var den sommergennemsnitlige medianværdi på ca. 20 µg/l. I seks ud af de 18 KU-søer, med mindst otte målinger, har der været en signifikant reduktion i den gennemsnitlige sommermiddelkoncentration, mens denne er øget for to søer (tabel 7.1). Indholdet af klorofyl *a* (som mål for planteplankton) er styret af flere forskellige parametre, herunder primært næringsstofniveauet og dyreplanktonets græsningskapacitet, der igen er påvirket af fiskesammensætningen og tætheden.

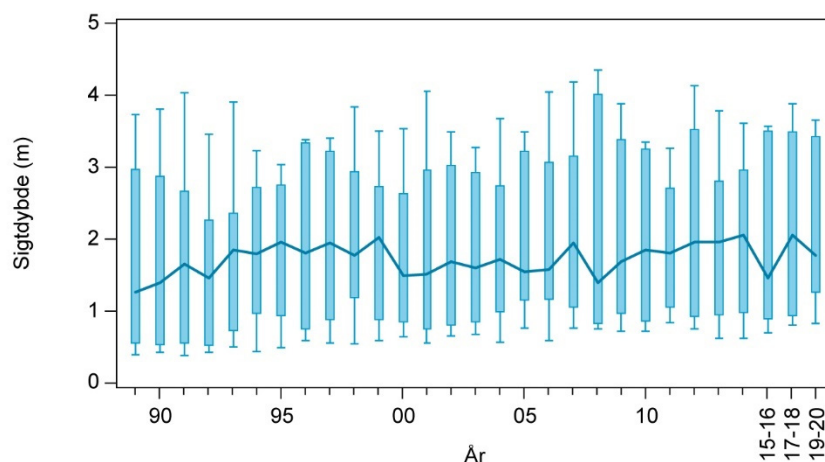
Figur 7.4 Udviklingen i sommergennemsnit for sø-koncentrationen af klorofyl a ($\mu\text{g/L}$) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



Udvikling i søernes sigtdybde

Medianen for sigtdybden var sommeren 2019/20 ca. 1,4 m i KU-søerne. Sigtdybden i de 15 KU-søer har overordnet vist en stigende tendens siden 1989 (figur 7.5). De største ændringer skete indtil midten af 1990'erne, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,3 m til 1,9 m (sommerværdier). Siden da har medianværdien varieret en del fra år til år, uden at der har været nogen klar udviklingstendens. I den seneste 10-års periode har medianværdien svinget mellem 1,4 og 1,9 m.

Figur 7.5. Udviklingen i sommer sigtdybden i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra hver af perioderne 2015-2016, 2017-2018 og 2019-2020 er slået sammen.



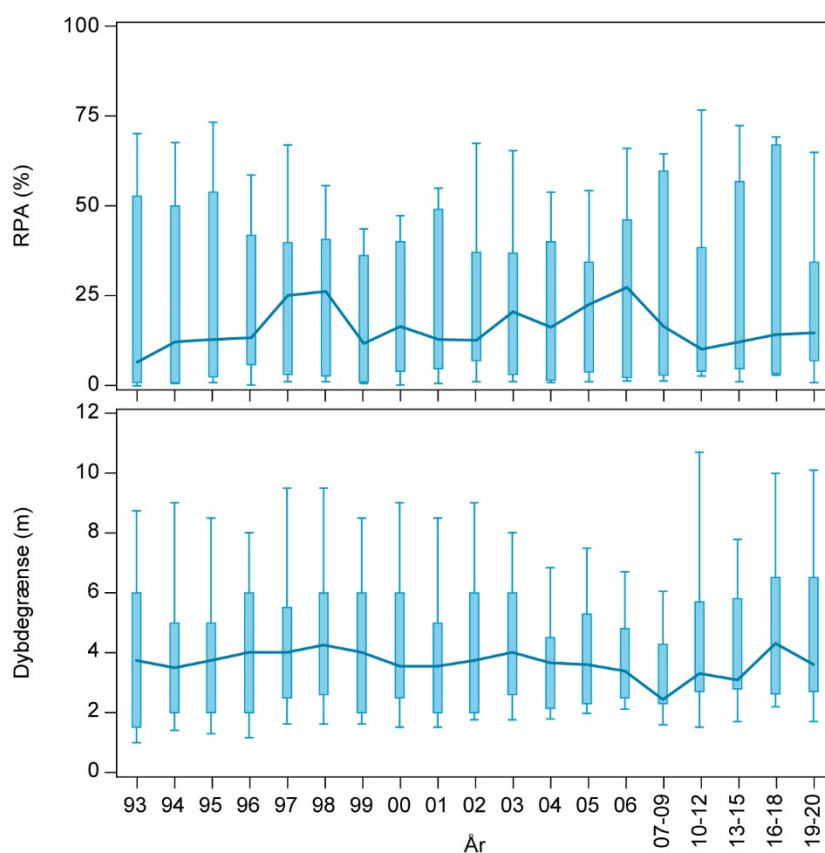
7.5 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af f.eks. øget algemængde/klorofylindhold og dermed reduceret sigtdybde. Derfor er undervandsvegetationen en god indikator for vandkvaliteten. Undervandsvegetationen vurderes bl.a. ud fra hvor dybt nede i søen, planterne kan vokse (dybdegrænsen) og hvor stort et areal de dækker (dækningsgraden). I 10 af de nuværende 18 KU-søer

er undervandsvegetationen undersøgt siden 1993/94. Søerne er meget forskellige, f.eks. vil der i dybe søer være en naturlig grænse for dækningsgraden og omvendt vil dybdegrænsen være begrænset af vanddybden i lavvandede søer. Derudover er der betydelige variationer fra år til år i planternes dækningsgrad (RPA) og planternes dybdegrænse. Derfor er det svært at se en overordnet tendens i udviklingen (figur 7.6). Det lille antal søer, der indgår i analyserne, betyder, at ændringer i enkelte eller få søer kan få relativ stor indflydelse på resultaterne.

Hvis man ser på hver enkelt sø, er der i 16 af de 18 KU-søer tilstrækkeligt med data til at teste udviklingen (mindst otte års data). Statistiske analyser viser, at der i perioden 1993-2019/20 er sket en signifikant fremgang i det plantede areal i otte søer og en tilbagegang i to søer. Ligeledes er dybdegrænsen øget i otte søer mens den er reduceret i én sø.

Figur 7.6. Udviklingen i undervandsplanternes dækningsgrad (RPA), og dybdegrænse i de 10 søer, hvor der i perioden 1993-2006 er foretaget årlige planteundersøgelser. I perioden 2007-2020 er søerne ikke undersøgt årligt, og derfor er perioderne 2007-2009, 2010-2012, 2013-2015 og 2016-2018 præsenteret ved én søjle på grafen. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen viser medianværdien.



8 Marine områder

Marine områder er i denne sammenhæng opdelt i hhv. kystvande (inkl. fjorde) og havområder (åbne indre farvande), da de to typer af farvande adskiller sig fra hinanden. I de kystnære områder er påvirkningen fra danske landområder den væsentligste, mens der er i de åbne farvande som Kattegat også er en påvirkning fra fx andre havområder som Østersøen. Denne opdeling er vigtig, idet man må forvente, at en dansk indsats for at nedbringe udledninger fra fx punktkilder eller landbrug vil slå tydeligst igennem i de vandområder (fjorde m.m.), som ligger tættest på de danske landområder.

Der er en række faktorer, som har indflydelse på tilstanden i de marine områder. Fysiske påvirkninger som fx fiskeri med bundtrawl eller oprensning af sejlrender kan påvirke de områder, hvor disse aktiviteter foregår. En anden faktor er miljøfarlige stoffer, som lokalt kan påvirke miljøtilstanden betydeligt.

Det er dog udledningen af næringsstoffer, som har størst betydning for tilstanden i de marine områder. Tilstanden er især påvirket af tilførslen af kvælstof, men tilførslen af fosfor (særlig om foråret) har også betydning for tilstanden især i de kystnære områder. Næringsstofferne er afgørende for produktionen af planteplankton, som videre påvirker en række parametre som fx vandets klarhed, udbredelse af fx ålegræs og makroalger, iltforbruget m.v.

8.1 Status og udvikling i kemiske parametre

Der måles forskellige fysiske og kemiske parametre i overvågningsprogrammet for de marine områder (Hansen og Høgslund, 2021).

Udviklingen i næringsstofindholdet i marine områder er præsenteret i kapitel 1 og 2. Det fremgår tydeligt, at det er i fjorde og kystvande, at næringsstofindholdet målt som opløste uorganiske stoffer er faldet mest.

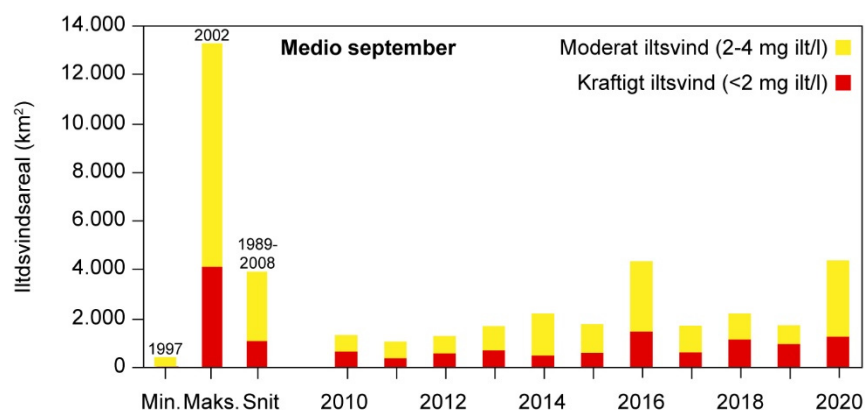
Iltforhold og herunder iltsvind er en anden meget væsentlig parameter for tilstand og udvikling i marine områder. Iltforhold måles i de fleste danske marine områder hele året men særlig intensivt sommer og efterår, og på den baggrund kan der gives et billede af sæson- og årsudviklingen i iltindholdet.

Iltsvindet var i 2020 kendetegnet ved at udvikle sig markant i en række områder i lighed med 2014-19. I 2020 opstod der iltsvind flere steder ret tidligt på året, hvilket formodentlig skyldes en kombination af iltsvind sent på året i 2019, de høje vandtemperaturer fra årets start, en stor tilførsel af næringsstoffer først på året efterfulgt af solrig og vindsvag marts og april. Det tidligste iltsvind uden for områderne med mere eller mindre permanent iltsvind opstod i midten af maj (sydlige Lillebælt, Flensborg Fjord og Det Sydfynske Øhav). Blæst først i juli forbedrede iltforholdene i de lavvandede områder og bremsede iltsvindets udvikling i de dybere områder. Iltsvindet forstærkedes igen i august og september især i de områder, som er relativt udsatte for iltsvind. En del steder blev der registreret iltfrie forhold i bundvandet, hvilket førte til frigivelse af næringsstoffer og giftig svovlbrinte fra bunden. Midt i september var iltsvindet meget intenst og udbredt i store dele af de indre farvande syd for Djursland. I løbet af oktober svækkede hyppigere blæst og faldende vandtemperatur iltsvindet en del i de mere lavvandede områder, mens

effekten var mindre i de dybere områder. Kraftig blæst i flere sammenhængende dage i starten af november reducerede iltsvindets udbredelse væsentligt, og midt i november var iltsvindet næsten helt forsvundet.

I figur 8.1 er vist udviklingen i iltsvind i de indre danske farvande i perioden 2010-20 sammen med gennemsnittet for 1989-2009 samt det mindste (1997) og største iltsvind (2002), der er registreret i perioden.

Figur 8.1. Udviklingen i arealet af moderat iltsvind (2-4 mg/l) og kraftigt iltsvind (< 2 mg/l) i september i de indre danske farvande for perioden 2010-2020, gennemsnittet for perioden 1989-2009 samt den største og mindste registrerede arealudbredelse i overvågningsperioden 1989-2020 (Hansen og Høgslund (red) 2021).



Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ca. 10 år (figur 8.1) med forholdsvis lille udbredelse i årene 2010-12 og mellem udbredelse i årene 2013-2017 afbrudt af et forholdsvis udbredt iltsvind i 2016. Udbredelsen i 2020 var på niveau med udbredelsen i 2016 og den største siden 2008. En meget væsentlig del af variationen i udbredelsen af iltsvind skyldes vejrmæssige forhold (primært vind og temperatur). Tilførslen af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

I fjorde og kystvande har iltindholdet i bundvandet varieret inden for et forholdsvis snævert interval siden 1980'erne. I fjorde og kystvande var iltkoncentrationen ved bunden i 2020 noget lavere end de forudgående fem år og blandt de laveste værdier i hele overvågningsperioden. I de mere åbne dele af de indre danske farvande har iltindholdet varieret en del og overordnet været faldende siden 1960'erne. I de åbne indre farvande var der også et markant fald i bundvandets iltkoncentration i 2020 til et niveau under gennemsnittet for overvågningsperioden (6,5 mg/l).

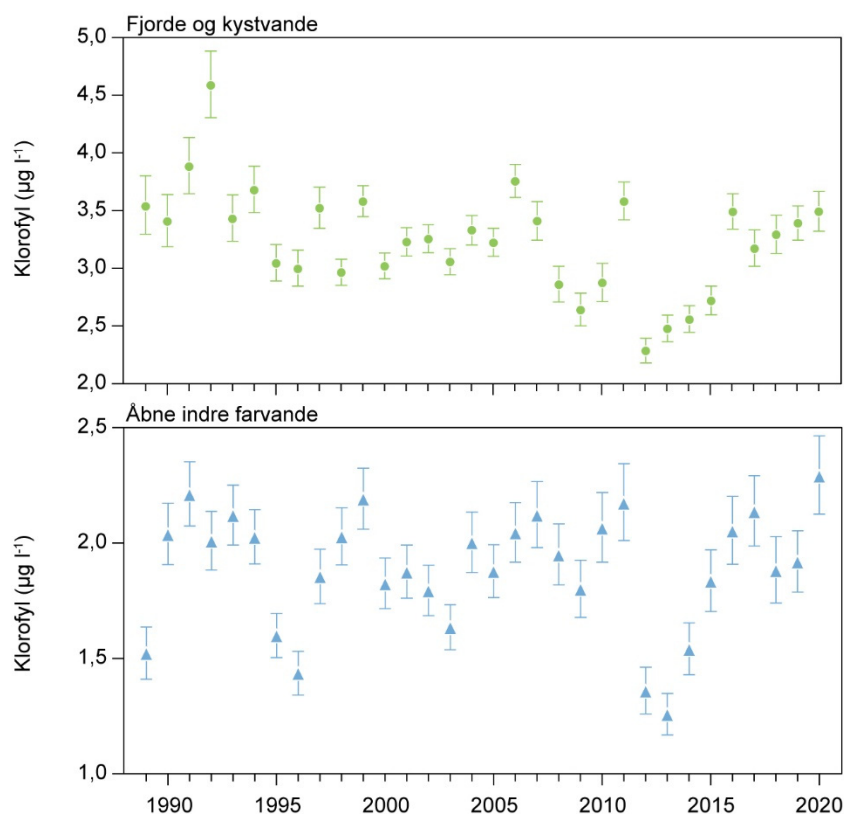
I de senere år er overvågningen af de marine områder suppleret med en landsdækkende hydrodynamisk model, der beregner hydrografien, dvs. vandtransporten over året gennem de danske farvande. Vandtransporten er afgørende for, hvordan livet er fordelt i havet, og har dermed betydning for havmiljøets følsomhed over for påvirkning i de forskellige områder. Modelleringen i 2020 viste bl.a., at den samlede vandtransport gennem de indre danske farvande i 2020 var mindre end gennemsnittet for perioden 2000-2020. Der var en netto opstrømning af bundvand til overfladevandet, der har medført en intern tilførsel af kvælstof, der dermed er blevet tilgængeligt for algernes vækst. Beregninger af opholdstid i de forskellige farvande viser især meget lang opholdstid af bundvandet i det sydlige Lillebælt om sommeren. Det kan være med til at forklare områdets store følsomhed for at udvikle iltsvind.

8.2 Udviklingen i biologiske parametre

8.2.1 Planteplankton

Mængden af planteplankton (encellede alger) er i sig selv en indikator for miljøtilstanden, men også vigtig for en række andre parametre. Mængden af planteplankton måles på flere måder i overvågningsprogrammet. En af de metoder, der har været anvendt igennem rigtig mange år, er måling af mængden af klorofyl *a* – det grønne fotopigment i algerne, som producerer organisk stof ved fotosyntese. Målinger af klorofyl *a* (vist i figur 8.2) siger noget om mængden af alger, men ikke noget om artssammensætningen af algerne.

Figur 8.2. Koncentration af alger/planteplankton målt som klorofyl *a* i perioden 1989-2020 (Hansen & Høgslund (red.), 2021).



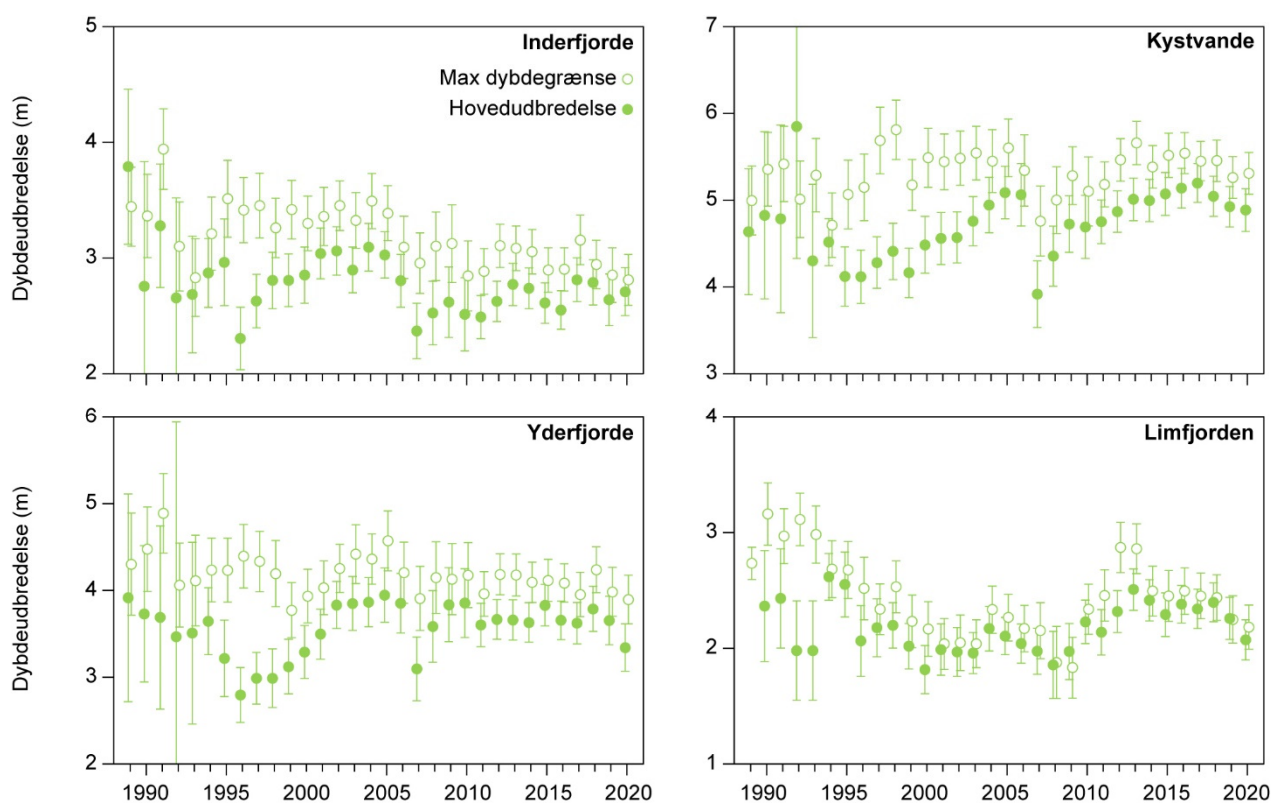
Årsmidlen for koncentrationen af klorofyl *a* i 2020 i fjorde og kystvande var lidt højere end i 2019. Samlet er klorofylkoncentrationen steget med 53 % siden 2012 og er nu på samme niveau som i 1990'erne og i 2000'erne. I de åbne indre farvande var klorofylkoncentrationen i 2020 20 % højere end i 2019 og den højeste målt siden den marine overvågning startede i 1974. Siden 2012 har koncentrationen været signifikant stigende. Set over hele perioden er der ingen udvikling i koncentrationen.

8.3 Større planter

Med større planter menes både blomsterplanter (ålegræs) og store alger (makroalger/”tang”). Begge plantetyper udbredelsen er et godt udtryk for vandets klarhed – som igen er afhængig af bl.a. mængden af planteplankton og dermed af næringsstofmængden.

I figur 8.3 er vist udviklingen i ålegræssets dybdeudbredelse fordelt på forskellige farvandstyper.

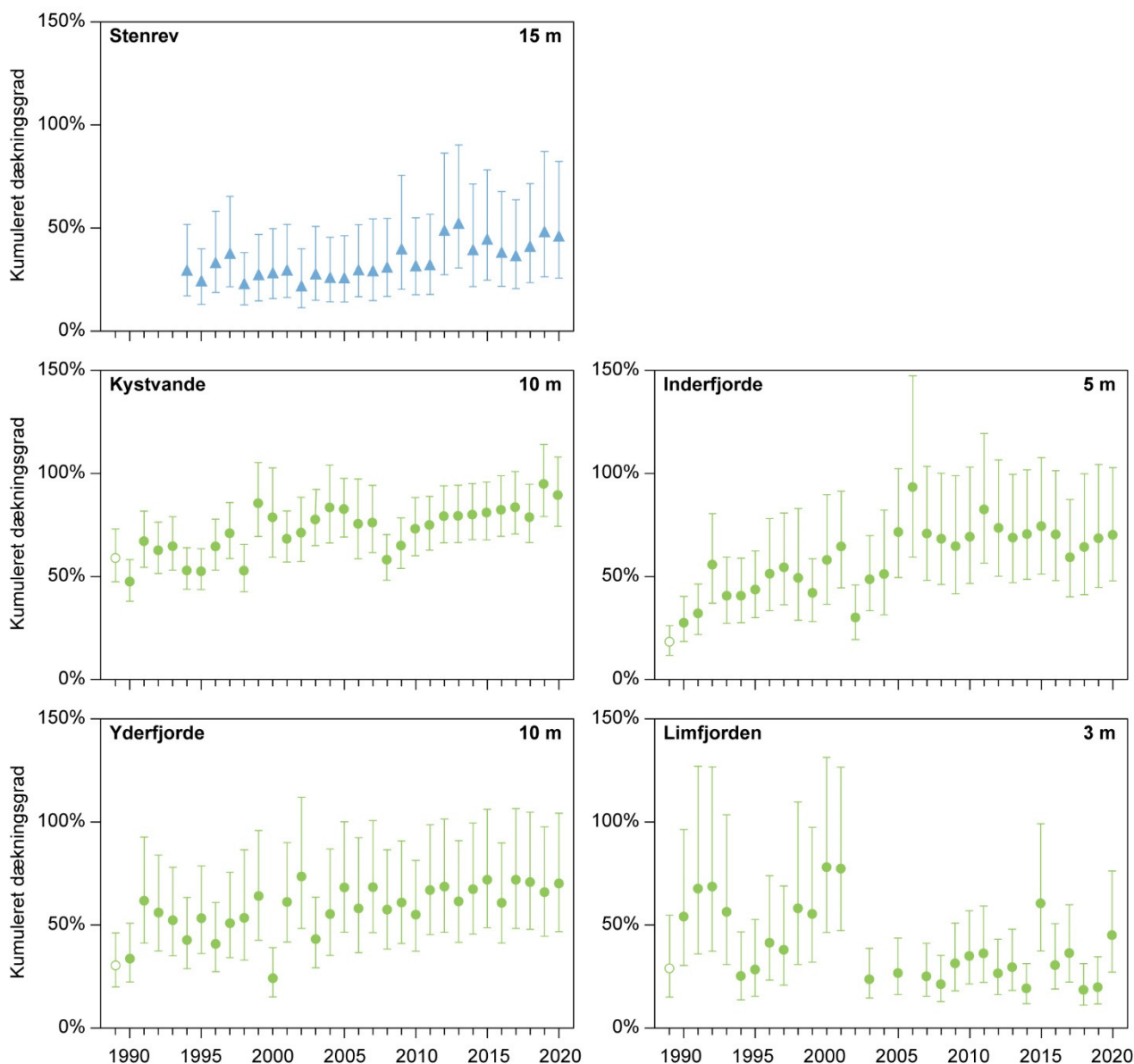
Over de seneste 10 år (2011-2020) er ålegræssets maksimale dybdegrænse rykket ind på signifikant lavere vanddybde i Limfjorden (28 % reduktion), mens der ikke er nogen signifikant udvikling i de andre farvandstyper. I kystvandene dækker dette over to modsatrettede tendenser: Udviklingen var generelt positiv frem til 2013, men er siden afløst af en stagnation / reduktion af den maksimale dybdegrænse, som er tiltagende tydelig. Ålegræssets hovedudbredelse viser ingen signifikant udvikling i nogen farvandstyper gennem de seneste 10 år.



Figur 8.3. Dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse (○) og hovedudbredelse (●) i perioden 1989-2020 for kystvande, yder- og inderfjorde samt Limfjorden (middel ± 95 % konfidensgrænser) (Hansen & Høgslund (red.) 2021).

Udover ålegræs indgår også målinger af makroalger ("tang") i overvågningsprogrammet. I figur 8.4 er vist udviklingen i dækningsgrad for makroalger fordelt på: stennrev, kystvande, yderfjorde, inderfjorde samt Limfjorden.

Gennem overvågningsperioden (1990-2020) er der sket en signifikant positiv udvikling i algerne kumulerede dækning i inderfjorde, yderfjorde, kystvande og på stennrev, mens udviklingstendensen er signifikant negativ i Limfjorden. Årsagen til tilbagegangen i Limfjorden er ikke klarlagt. Undersøgelser ved Livø og i Bjørnsholm Bugt i Løgstør bredning dokumenterer dog et meget stort potentielt græsningstryk fra søpindsvin. De overordnede udviklingstendenser 1990-2020 viser, at det kumulerede makroalgedække er øget med 48 % i kystvande, 52 % i yderfjorde, 95 % i inderfjorde og 114 % på stennrev, mens det er reduceret med 52 % i Limfjorden. Gennem de seneste 10 år (2011-2020) har der været en svag, men signifikant, fremgang i den kumulerede dækning i kystvande (19 %), mens udviklingen i yder- og inderfjorde, Limfjorden og på stennrev er stagneret.

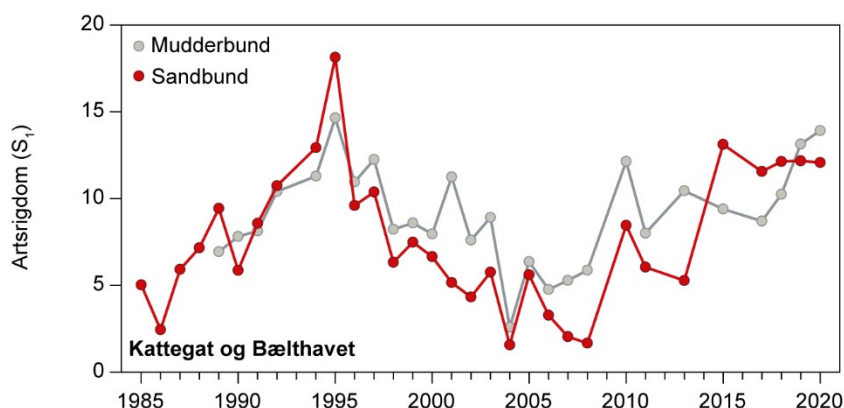


Figur 8.4. Makroalgenes kumulerede dækningsgrad i perioden 1989-2020 for stenrev i åbne farvande og på sten i kystvande, yder- og inderfjorde samt i Limfjorden. Data fra 1989 og for stenrev også fra 1990-1993 er udeladt af trendanalyserne (åbne symboler) (Hansen & Høgslund (red.) 2021).

8.4 Bundfauna

De forskellige dyr (snegle, orme, muslinger m.m.) på havbunden er et meget vigtigt element i det marine økosystem. Bundfaunaens biomasse afhænger af fødegrundlaget, som væsentligst udgøres af det plantemateriale, som produceres i havet, og som er reguleret af mængden af næringsstoffer i det omgivende havmiljø. Mængden og sammensætningen af bunddyr er også afhængig af fx bundforhold, tilførsel af larver og fysiske påvirkninger som bundtrawling, men især forekomst af iltsvind påvirker mængden og sammensætningen af bundfaunaen. Bundfaunaen har en positiv indvirkning på havmiljøet, bl.a. fordi den medvirker til at ilte sedimentet. Generelt vil ændringer i sammensætningen af bundfaunaen afspejle ændringer i miljøforholdene over en længere periode.

Figur 8.5. Udviklingen i artsrigdom på 18 stationer i Kattegat, Bælthavet (inkl. Øresund) i perioden 1985-2020. Røde symboler angiver stationer, der ligger på dyb mudderbund, mens grå symboler angiver den gennemsnitlige artsrigdom på de stationer, der ligger på lavere vand med mere sandet bund (Hansen & Høgs-lund (red.) 2021).



I de åbne indre farvande var bundfaunaen i 2020 generelt i god tilstand med artsrigdomme på samme høje niveau som ved de foregående indsamlinger siden 2015, og den har dermed nået det niveau, den havde da den toppede i midten af 1990'erne (figur 8.5). Som det er beskrevet i tidligere havrapporter, har udviklingen i artsrigdommen i hele perioden været ens på tværs af stationer. I gruppen af dybe stationer med mudderbund var der dog, i lighed med de tidligere år, enkelte stationer, hvor artsrigdommen stadig er påfaldende lav med kun ca. halvt så mange arter som i resten af området.

I fjorde og kystvande var forholdene i 2020 varierende for bundfaunaen. I kun et ud af tredivte besøgte områder var forholdene gode, mens forholdene var ringe i seks af områderne. I flere tilfælde hang de ringe forhold sammen med dårlige iltforhold.

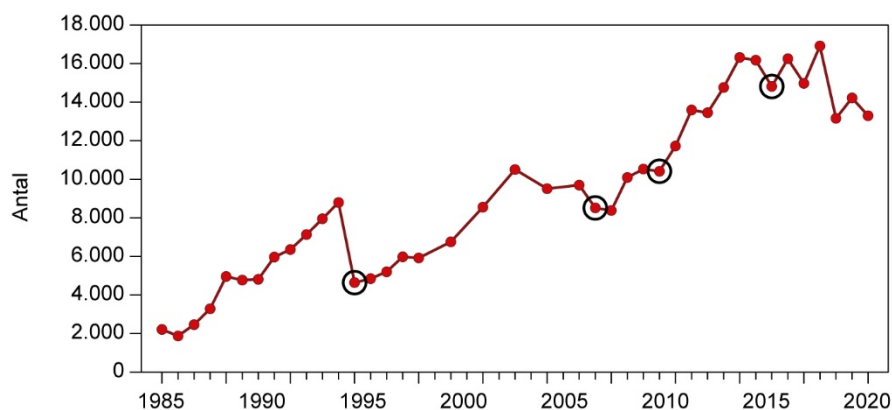
8.5 Havpattedyr

Danmarks tre mest talrige havpattedyr er spættet sæl, gråsæl og marsvin. Alle tre arter er fredet i Danmark og beskyttet i henhold til EU's habitatdirektiv.

For sæler og marsvin skal der udpeges beskyttede områder, de såkaldte Natura 2000-områder. Disse områder har indgået i den nationale overvågning af spættet sæl i Kattegat og Vadehavet siden 1976, i Limfjorden og Østersøen siden 1990 og for gråsæler standardiseret siden 2011 og 2014 i henholdsvis Kattegat, Limfjorden, Østersøen og Vadehavet. Overvågning af marsvin har været en del af det nationale overvågningsprogram siden 2011.

Spættet sæl er den mest almindelige sælart i Danmark og har haft en bestandsfremgang fra ca. 2.000 dyr i 1976 til ca. 13.300 dyr i 2020 (figur 8.6), hovedsageligt som følge af jagtfredningen i 1977 samt oprettelsen af en række sælreservater med adgangsforbud. Siden 2015 er antallet af spættet sæl i Danmark faldet med 4 % om året. Det tyder på at bestanden nærmer sig den økologiske bæreevne eller at de presses af andre ukendte faktorer.

Figur 8.6. Det totale antal spættet sæl i Danmark i perioden 1976-2020 – opgjort ud fra tællinger på landgangspladser samt den estimerede andel af sæler i vandet (32 % i Vadehavet, *Ries m.fl. 1998*, 43 % i øvrige farvande, *Härkönen m.fl. 1999*). Den første optælling efter epidemiene i 1988, 2002, 2007 og 2014 er markeret med cirkler. (Hansen & Høgslund (red.) 2021).



Gråsæler der besøger Danmark har vist fremgang i de seneste 10 år, og i Danmark i 2020 blev der registreret 163 individer i Kattegat, 333 i Vadehavet og 1098 i Østersøen. I 2020 blev der kun observeret 6 gråsælunger på fire lokaliteter i østersøregionen. Dette er en stor tilbagegang ift. 2017, hvilket er bekymrende for en art i ugunstig bevaringsstatus.

I den sydlige Nordsø blev antallet af marsvin i 2020 estimeret til 5.345 dyr med en tæthed på 1,20 marsvin / km². Dette niveau er stabilt for området siden 2011. I Skagerrak estimeredes 2.674 marsvin i 2020 og en tæthed på 0,22 marsvin / km². Dette er en betydelig nedgang fra tidligere år og overordnet ses en negativ trend siden 2017. Hele bælthavsbestanden af marsvin blev opgjort til 17.301 individer. Dette er en halvering i forhold til tidligere optællinger i 2012 og 2016.

9 Naturtyper og arter

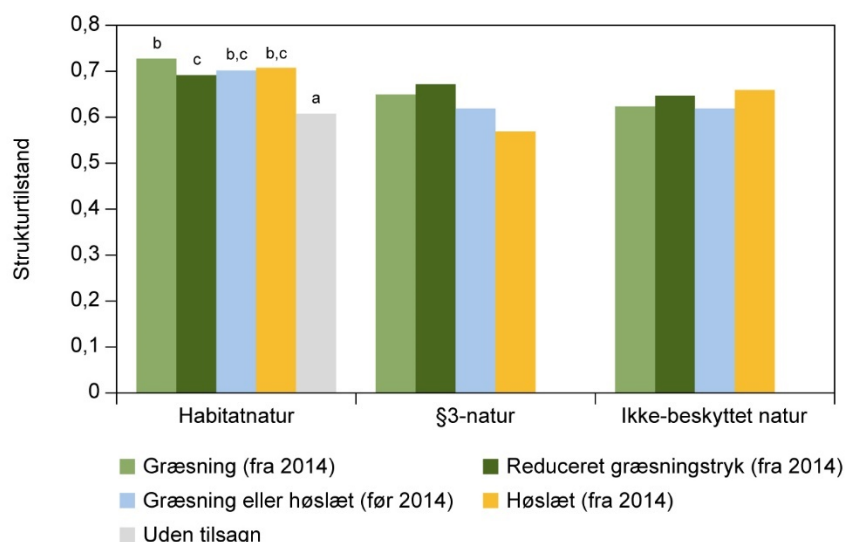
9.1 Effektovervågning af terrestriske naturtyper

NOVANA's naturtypeprogram er udvidet med en overvågning af de biologiske effekter af forvaltningsindsatsen på lysåbne terrestriske naturarealer. Effektovervågningen omfatter arealer under støtteordningen "Pleje til græs- og naturarealer" (plejegræsordningen) i Landdistriktsprogrammet, der dækker nogle af indsatsbehovene i de statslige Natura 2000-planer. Effektovervågningen supplerer den øvrige NOVANA-overvågning af habitatnaturtyper med en stikprøvebaseret overvågning af § 3-beskyttede arealer og ikke-beskyttede græsmarker. Dataindsamlingen er gennemført i perioden 2018-2019 på 480 udvalgte lokaliteter inden for habitatområderne, og ved at følge udviklingen, kan det dokumenteres om arealerne nærmer sig en tilstand, der opfylder kriterierne for en lysåben terrestrisk habitatnaturtype.

Analyserne tester om naturtilstanden på kortlagte forekomster med lysåbne, terrestriske habitatnaturtyper (2016-2019), publiceret i Nygaard et al. 2021, samt effektovervågningens § 3-beskyttede og ikke-beskyttede arealer kan relateres til den tilgængelige viden om indsatserne i plejegræsordningen, og det er undersøgt, om der er et geografisk sammenfald mellem naturplejen og naturværdierne. Der mangler viden om indsatserne før 2013, så det har ikke været muligt at vurdere, om udviklingen i naturarealernes tilstand er en effekt af forvaltningen, eller om arealernes tilstand har været bestemmende for, hvor forvaltningen er udført.

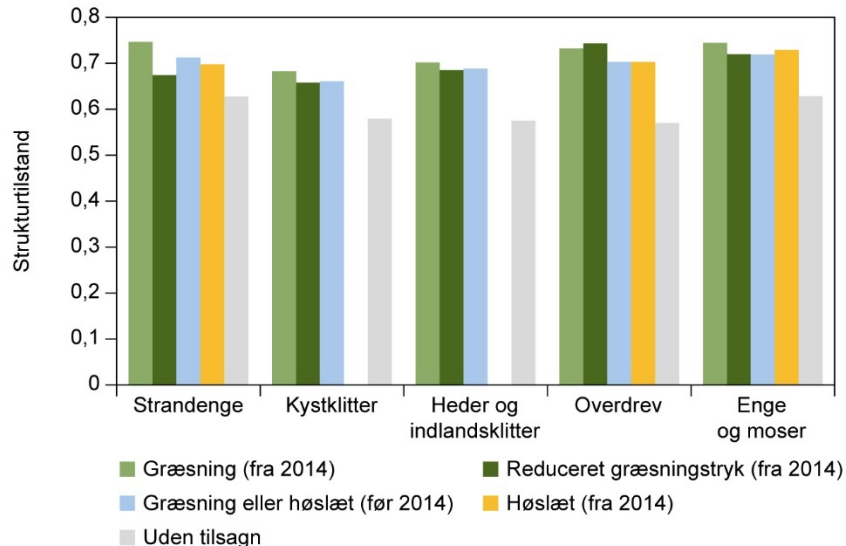
Undersøgelsen viser at 80 % af det samlede areal med beskyttet lysåben natur i Danmark er uden en naturplejeindsats. Også inden for habitatområderne mangler naturpleje, og 67 % af arealerne med en lysåben terrestrisk habitatnaturtype er således uden græsning eller høslæt. Som hovedregel foretages græsning i form af sommergræsning med en høj tæthed af græssende dyr. Og mere end halvdelen af det plejede areal modtager også tilskud via den direkte landbrugsstøtte (grundbetaling). Når der udbetales grundbetaling til naturarealer, er der krav om, at de skal holdes i God Landbrugs- og Miljømæssig stand. Græsning kombineres derfor i et ukendt omfang med en efterbehandling i form af høslæt sidst på sommeren, så arealet ikke bliver underkendt i kontrollen. Det giver negative konsekvenser for blomstring og udvikling af urtelaget, hvilket igen har en negativ indflydelse på levedmulighederne for mange arter af invertebrater.

Figur 9.1. Den gennemsnitlige strukturstilstand på de kortlagte arealer med en terrestrisk habitatnaturtype, 390 arealer med § 3-beskyttelse, samt 90 ikke-beskyttede arealer. Arealerne er opdelt i indsatsstyperne græsning efter 2014, græsning eller høslæt før 2014, reduceret græsningstryk efter 2014, høslæt efter 2014 og arealer uden tilsagn på tidspunktet for feltregistreringen.



Undersøgelserne viser generelt, at tilstanden er bedre på arealer med støtte til naturpleje end de ikke-forvaltede arealer. Der er endvidere ikke væsentlige forskelle i strukturstilstanden for arealer med græsning og høslæt, hvilket hænger sammen med, at tilstandsvurderingssystemets strukturindeks honorerer en lav vegetationshøjde og en lav dækning af vedplanter, uanset om disse strukturer skabes ved maskinel slåning eller intensiv sommergræsning. For de kortlagte arealer med habitatnatur er strukturstilstanden lavere på arealer med reduceret græsningstryk (Figur 9.1), ligesom dækningen af vedplanter er højere, end på arealer med en mere intensiv forvaltning.

Figur 9.2. Den gennemsnitlige strukturstilstand på de kortlagte arealer med en terrestrisk habitatnaturtype, de 390 § 3-beskyttede arealer, der ikke er habitatnatur, samt de 90 ikke-beskyttede arealer. Arealerne er fordelt på indsatser uden grundbetaling, med grundbetaling, og hvor det er ukendt, om støtten er kombineret med grundbetaling.



Strukturstilstanden er højere på arealer med grundbetaling end arealer uden grundbetaling (Figur 9.2), idet forvaltningen er mere intensiv med en lavere græs- og urtevegetation og en lavere dækning af vedplanter til følge. Til gengæld er artstilstanden højere på arealer uden grundbetaling, hvilket kan forklares ved at mange værdifulde arealer ikke regnes som landbrugsarealer og dermed ikke er berettiget til direkte landbrugsstøtte.

Undersøgelsen viste også, at de nye tilsagn efter 2014, der er prioriteret gennem Natura 2000-planlægningen og på basis af HNV-kortet (Brunbjerg et al.

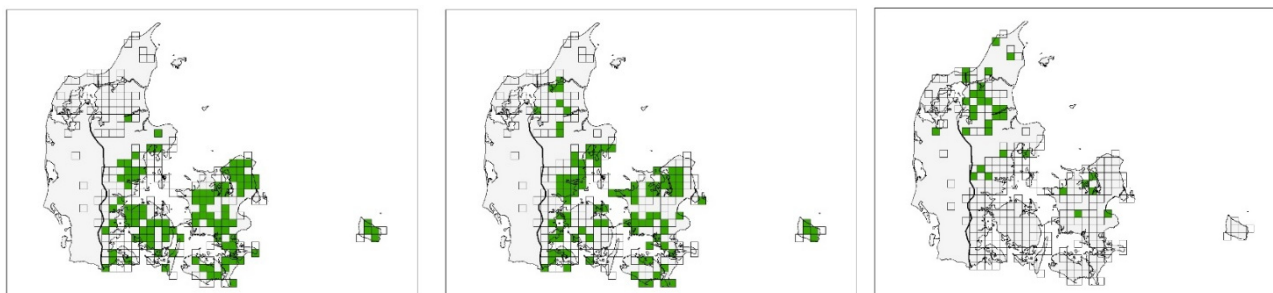
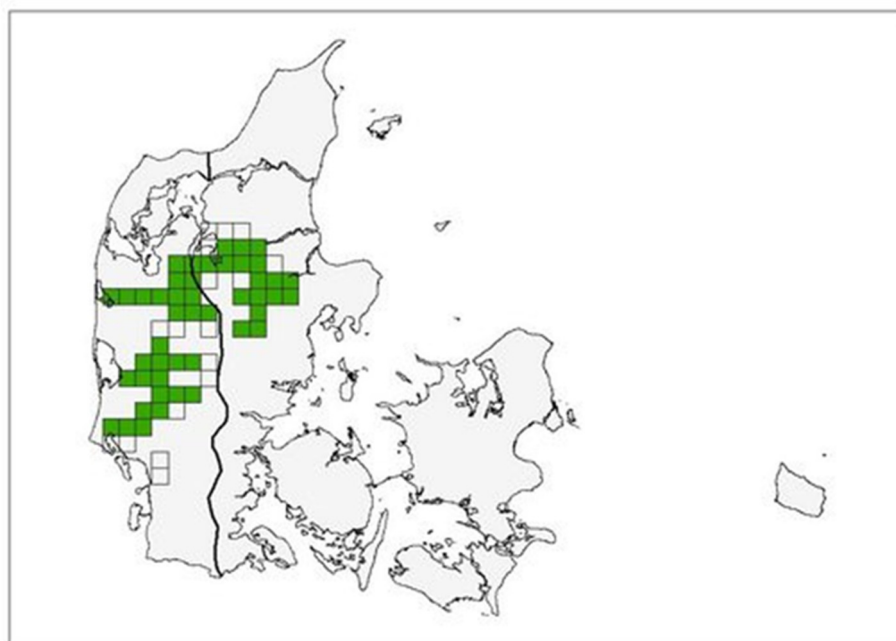
2016), er givet til arealer med en højere naturværdi end tilsagn før 2014. Endelig viste undersøgelsen, at struktur- og artstilstanden er højere på habitatnaturarealer, der har været kontinuerligt græsset i mindst fem år før feltregistreringen, end på arealer, hvor græsningen enten er introduceret eller ophørt umiddelbart før feltregistreringen. Det hænger sammen med, at tidligere ugræssede arealer har en højere og tættere vegetation, og at arealer med ophørt græsning er relativt kulturpåvirkede med en lav HNV-score.

9.2 Overvågning af habitatarter

Årets afrapportering af artsovervågningen på novana.au.dk omfatter i alt 6 arter af leddyr, snegle og mos på Habitatdirektivets Bilag II og IV. Det var grøn kølleguldsmed, sortplettet blåfugl, 3 vindelsnegle og mosset grøn buxbaumia. For grøn kølleguldsmed er der registreringer fra 2019, for sortplettet blåfugl dækker registreringer både 2017 og 2020, for vindelsneglene er der registreringer fra perioden 2018-2020, og for grøn buxbaumia er registreringerne fra 2020.

Grøn kølleguldsmed blev registreret på 77 lokaliteter i 46 UTM-kvadrater, hvilket er det hidtil største antal i forbindelse med NOVANA-overvågningen. Bestanden øger dermed fortsat sin udbredelse i Danmark.

Figur 9.3. Forekomst og udbredelse i UTM-kvadrater på 10x10 km ved overvågningen af grøn kølleguldsmed i 2019. Grøn firkant angiver UTM-kvadrat med fund af arten, og åben firkant angiver undersøgt UTM-kvadrat uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale biogeografiske region er vist på kortet med en sort streg.

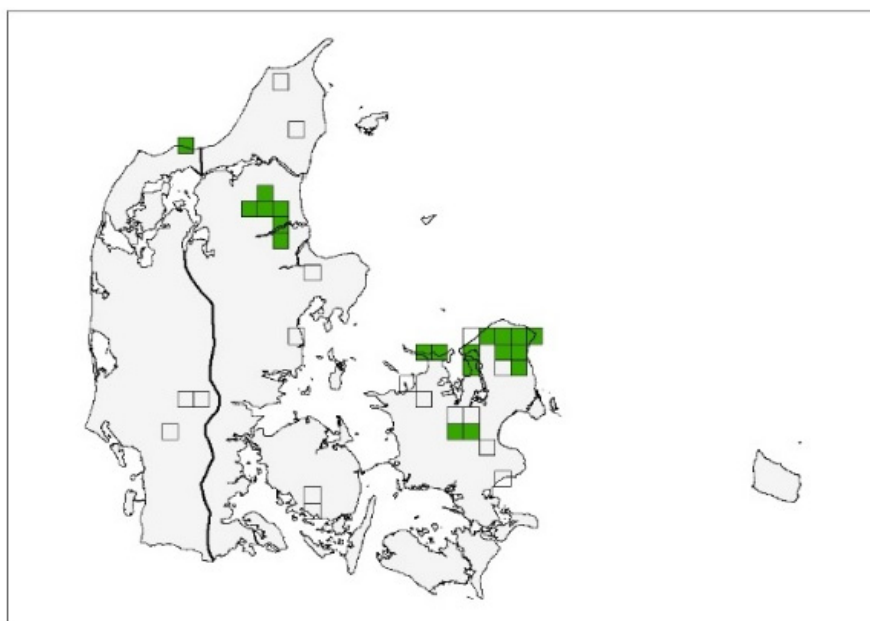


Figur 9.4. Forekomst og udbredelse i UTM-kvadrater på 10x10 km ved overvågningen af sumpvindsnegl (a), skæv vindelsnegl (b) og kildevældsvindsnegl (c) i 2018-2020. Grøn firkant angiver UTM-kvadrat med fund af arten og åben firkant angiver undersøgt UTM-kvadrat uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale biogeografiske region er vist på kortet med en sort streg.

Sortplettet blåflugl blev i både 2017 og 2020 registreret på tre lokaliteter i ét UTM-kvadrat. Selvom bestanden således tilsyneladende har stabiliseret sig, må arten fortsat betegnes som sårbar med henvisning til den ringe bestandsstørrelse og den begrænsede udbredelse.

Sumpvindelsnegl, skæv vindelsnegl og kildevældssnegl blev i 2018-2020 overvåget på 542 lokaliteter. Sumpvindelsnegl blev registreret på 175 lokaliteter i 103 UTM-kvadrater. Overvågningen dokumenterede dermed, at arten fortsat er vidt udbredt i den kontinentale biogeografiske region i Danmark. Desuden blev arten for første gang, i forbindelse med NOVANA-overvågningen, fundet på Bornholm. Skæv vindelsnegl blev registreret på 147 lokaliteter i 102 UTM-kvadrater. Bestandsstørrelsen og udbredelsen for denne art udvikler sig tilsyneladende positivt, men overvågningen dokumenterede, at arten fortsat har en fragmenteret forekomst i den kontinentale biogeografiske region i Danmark. Endelig blev kildevældsvindelsnegl registreret på 41 lokaliteter i 32 UTM-kvadrater. Selvom arten blev fundet i områder, hvor den ikke hidtil har været fundet, dokumenterede overvågningen, at arten fortsat har en begrænset udbredelse i Danmark.

Figur 9.5. Forekomst og udbredelse i UTM-kvadrater på 10x10 km ved overvågningen af grøn buxbaumia i 2020. Grøn firkant angiver undersøgte UTM-kvadrater med registrering af arten, og åben firkant angiver undersøgt UTM-kvadrat uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale region er vist på kortet med en sort streg.



Grøn buxbaumia har været overvåget siden 2004 og blev senest afrapporteret i 2017. Arten blev overvåget på 27 lokaliteter i 2020 og det største antal sporehuse blev observeret på lokaliteterne Horserød hegn (424 sporehuse) og Lindebjerg eng (141 sporehuse). På grund af artens ringe størrelse og sporehusenes kortvarige tilstedeværelse på voksestederne har den tidligere været overset, men med overvågningen er der kommet fokus på arten, og antallet af fundsteder er steget betragteligt siden 2004, hvor den kun var kendt fra én lokalitet. Fund på mange nye lokaliteter er altså ikke udtryk for en stigende bestandsudvikling, men en bedre eftersøgning baseret på artens præferencer for substrat og voksested.

10 Vejr og afstrømning i 2020

Nedbørsmængden og fordelingen heraf har sammen med andre klimatiske faktorer væsentlig indflydelse på, hvor store mængder vand og næringsstoffer, der tilføres vandmiljøet fra det omliggende opland og via atmosfærisk nedfald. Megen regn især i efteråret og om vinteren vil fx hurtigt tilføre store kvælstof- og fosformængder på opløst og partikulær form til vandløb og søer. Større delmængder heraf når ud i havet, så de er tilgængelige for algeopblomstringer det følgende forår. Det medfører større risiko for iltsvind end ved gennemsnitlige eller lave nedbørsmængder. Vandføringer over det normale især i sommerhalvåret vil til gengæld typisk forbedre tilstanden i vandløb, idet udtørring undgås, og der bliver større fortynding af spildevand. Endvidere vil der ved længere frostperioder kombineret med sne blive deponeret større eller mindre mængder nedbør på landjorden, som først smelter og afstrømmer, når det igen bliver tøvejr.

Temperaturen og antallet af solskinstimer er vigtige for blandt andet vækstsæsonens længde, fordampning m.v., mens vindstyrke og -retning fx påvirker omrøring i søer, vandudveksling i fjorde, indstrømning af saltvand mod Østersøen m.v. Den samlede kombination af vejrforholdene vil derfor påvirke vand- og stoftilførsler fra land og luft til vand, grundvandsdannelsen samt tilstanden i vandmiljøet og det påvirker levevilkårene for en række arter.

Klimadata i dette kapitel bygger på Rubek et al. (2021) og afstrømningsdata er baggrundsdata for rapporten af Thodsen et al. (2021a). Klimanormaler for den nye normalperiode 1991-2020 er foreløbige tal og finde endnu ikke for alle parametre, hvorfor der for nogle parametre kun kan sammenlignes med den tidligere normal (1961-1990).

Årsmiddeltemperaturen var i 2020 på 9,8 °C og dermed 2,1 °C varmere end gennemsnittet for 1961-1990 (den tidligere normal), og 1,1°C over den nye 30 års klimanormal 1991-2020 (herefter kaldet den nye normal). Året var det næst varmeste år siden målingerne startede i 1874. Sammenlignet med de seneste 10 år (2010-19) var det 1,0 °C varmere. Alle måneder på nær maj og juli var varmere end normalt. Følgende måneder var blandt de top ti varmeste siden 1874 (tal i parentes svarer til placering på top ti); januar (1. dvs. rekord varm), februar (3.), juni (9.) august (7.) samt november (2.). Vinteren 2019/2020 blev med 5,0 °C rekordvarm (den nye normal vintertemperatur er 1,6 °C mod den tidligere normal (1961-1990) 0,5 °C). Efteråret var med et gennemsnit på 10,7 °C den 4. varmeste (den nye normal efterårstemperaturen er 9,5 °C mod den tidligere normal 8,8 °C). Der var i 2020 rekord få dage med snedække (0,3 mod 1961-90 normalens 33) og der var ingen isdøgn (også ny rekord) dvs. 0,0 dage mod 1960-90 normalens 23).

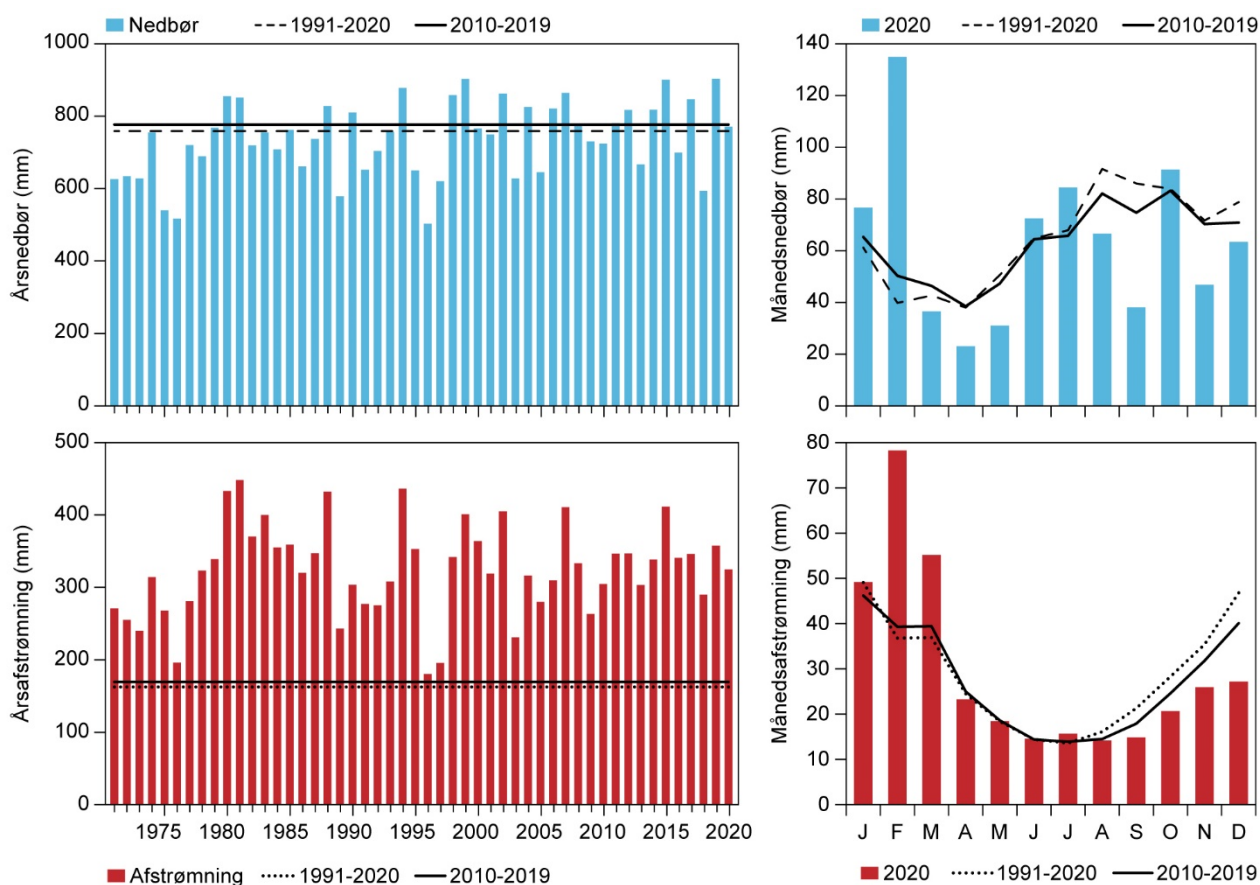
Der faldt 773,0 mm nedbør i 2020, hvilket kun er knap 14 mm (2 %) over den nye normal (759,1 mm), men 61 mm (9 %) over den tidligere normal (1961-90: 712 mm). Sammenlignet med seneste 10 år (2010-19) var der ca. 4 mm mindre nedbør. Februar var rekord våd med 135,8 mm hele 170 % over den nye normal på 50,3 mm og 27 mm over tidligere nedbørsrekord for februar (109 mm i 2002). Følgende måneder afveg mere end 25 % fra den nye normalnedbør: marts (-21 %), april (-40 %), maj (-34 %), juli (+29 %), september (-48 %), november -32 %). Vinteren 2019/2020 var rekordvåd: 281,4 mm eller 51 % over nye normal på 186,4 mm) og fulgte efter rekordvåde efterår 2019, hvor der

faldt 349 mm. Foråret blev med 91,6 mm ret tørt, 31 % under nye normal på 132,2 mm. Der faldt mere nedbør end den nye normal i januar, februar, juni, juli, oktober og december mindre nedbør end den nye normal i marts, april, maj, august, september og december (figur 10.1).

Antal soltimer i 2020 er opgjort til 1819 timer mod den nye normal på 1669 timer og den tidligere normals 1495 timer. Det svarer til 149 timer (11 %) over den nye normal og 323 timer (21 %) over den tidligere normal. Det er dermed også det syvende solrigeste år siden måling af soltimer startede i 1920. Sammenlignet med de seneste 10 år er det 116 timer (7 %) højere. Foråret 2020 var rekord solrig med 710 solskinstimer eller godt 28 % over den nye normal på 555 timer. Følgende måneder afveg markant fra de nye normaler: marts (6. solrigeste, + 39 %), april (4., +39 %), august (5., +26 %) mens december var femte solfattigste (-61 %). Ud over december var januar, februar, juli og oktober mere solfattede end den nye normal.

Der var fire blæsevejr på den danske stormliste i 2020, 3 i februar (9., 22.-23. og 25.02 alle som regional klasse 1) og 1 i marts (12. marts, Laura som klasse 1). Middelvinden for året var 4,8 m/s som er 17 % under den tidligere normal (5,8 m/s). Fraset februar var middelvinden i samtlige måneder under den tidligere normal.

Ferskvandsafstrømningen var i 2020 ca. 15.500 mio. m³, svarende til 359 mm vand fra hele landets areal. Det er 31 mm eller godt 9 % over den nye normalperiode (1991-2020) på 328 mm eller 36 mm (11 %) over de 323 mm i den tidligere normal, der for afstrømning var perioden 1971-2000 (figur 10.1). Sammenlignet med de seneste 10 år (342 mm) var afstrømningen i 2020 knap 8 % højere. Efteråret 2019 og vinteren 2019/2020 var begge rekord nedbørsrige og afstrømningen høj i oktober-december 2019. Den høje afstrømning sammenlignet med normalen fortsatte i januar til marts 2020 ikke mindst i den rekord nedbørsrige februar, hvor nedbøren hurtigt er nået vandløbene og ført til havet. De godt 78 mm afstrømning i februar 2020 er 100 % (det dobbelte) af den nye normalafstrømning, og for marts er de 55 mm 40 % over den nye normal. I perioden april–august afveg månedsafstrømning kun lidt fra den nye normal. I den resterende del af 2020 afveg afstrømning gradvist mere fra den nye normal fra -15/-16 % i september-oktober til -32 % i december. Det afspejler, at perioden august til og med december fraset oktober var præget af mindre nedbør end normalt. Afstrømning i foråret 2020 nåede ned omkring normalen, fordi foråret var meget nedbørsfattigt. Nedbørs- og afstrømningsforholdene i efteråret 2020 og starten af vinteren 2020/2021 vil påvirke afstrømningen ind i begyndelsen af 2021 uanset nedbørsforholdene.



Figur 10.1. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark (mm/år) for perioden 1971-2020 og pr. måned for 2020. Gennemsnit for 10-årsperioden 2010-2019 er indsat. Tal for den nye normalperiode 1991-2020 er indsat for både års- og månedsværdier for både nedbør og afstrømning (efter Rubek et. al., 2021 (nedbør) og Thodsen et al. 2021 (afstrømning)).

11 Referencer

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397. <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Atildasen, A.L. & Vazzaro, L., 2019. Revurdering af person ækvivalent for fosfor – Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017. Kgs. Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet (DTU), 64 sider.

Boutrup, S., Holm, A.G., Bjerring, R., Johansson, L.S., Strand, J., Thorling, L., Brusch, W., Ernstsen, V., Ellermann, T. & Bossi, R. 2015. Miljøfremmede stoffer og metaller i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2004-2012. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 242 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 142. <https://dce2.au.dk/pub/SR142.pdf>

Boutrup, S., Kjær, C., Johansson, L.S., Larsen, M.M., Poulsen, M.B., Bossi, R. & Frank-Gopolos, T. 2021. Miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2008-2019. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 242 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 466. [Miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2009-2019 \(au.dk\)](https://dce2.au.dk/pub/SR466.pdf)

Blicher-Mathiesen, G., Houlborg, T., Petersen, R.J., Rolighed, J., Andersen, H.E., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2021. Landovervågningsoplande 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 260 s. - Videnskabelig rapport nr. 472. <http://dce2.au.dk/pub/SR472.pdf>

Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Løfstrøm, P., Lansø, A. S., Monies, C., Geels, C., & Poulsen, M. B., 202x: Atmosfærisk deposition 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 95s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 471. <http://dce2.au.dk/pub/SR471.pdf>

Thomas Ellermann, Claus Nordstrøm, Jørgen Brandt, Jesper Christensen, Matthias Ketzler, Andreas Massling, Rossana Bossi, Lise Marie Frohn, Camilla Geels, Steen Solvang Jensen, Ole-Kenneth Nielsen, Morten Winther, Maria Bech Poulsen, Christian Monies og Martin Bjært Sørensen. 202x. Luftkvalitet 2020. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi (in prep),

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

Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Andersen, P.M. 2021. Søer 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Videnskabelig rapport nr. 474. <http://dce2.au.dk/pub/SR474.pdf>

Kjær, C., Therkildsen, O.R. Brunbjerg, A.K., Bladt, J. & Mikkelsen, P. 2021. ARTER 2020: NOVANA Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 34 s. - Videnskabelig rapport nr. 476.
<http://dce2.au.dk/pub/SR476.pdf> og på <https://novana.au.dk/>

Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Bekendtgørelse nr. 1001 af 28. oktober 2016 om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2017. Bekendtgørelse nr. 1625 af 19. december 2017 om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.

Miljøstyrelsen, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet samt GEUS – De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland 2017. NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2017-2021.

Miljøstyrelsen (Frank-Gopolos, T. Nielsen, L., Skovmark, B., (red)), 2021. Punktkilder 2020. Miljøstyrelsen.

Nygaard, B., Fløjgaard C., Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 2021. NOVANA 2020. Effektovervågning af terrestriske naturtyper. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 50 s. - Videnskabelig rapport nr. 477.
<http://dce2.au.dk/pub/SR477.pdf>

Rubek, F., Scharling, M. & Cappelen, J. 2021. Danmarks Klima 2020. DMI Rapport 21-01. 78 sider. <https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2021/DMI-Rap21-01.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Baattrup-Pedersen, A., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G. & Kjeldgaard, A. 2021. Vandløb 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 82 s. - Videnskabelig rapport nr. 473. <http://dce2.au.dk/pub/SR473.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Holm, H. & Kjeldgaard, A. 2021b. Vandløb 2019 - Kemisk vandkvalitet og stoftransport. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 74 s. - Videnskabelig rapport nr. 452
<http://dce2.au.dk/pub/SR452.pdf>

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Trolldborg, L., 2021: Grundvandsovervågning. Status og udvikling 1989 – 2020. Teknisk rapport, GEUS 2021.

Tørslev, J. 2020: Kvantificering af tilførsel af miljøfarlige forurenende stoffer fra diffuse kilder til vandmiljøet. DHI 2020.

WHO, 2021a. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: [CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

VANDMILJØ OG NATUR 2020

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2020 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i luftkvalitet, grundvand, vandløb, søer, og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.