



VANDMILJØ OG NATUR 2023

NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 635

2024



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

VANDMILJØ OG NATUR 2023

NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 635

2024

Anja Skjoldborg Hansen¹
Jesper Fredshavn¹
Camilla Uldal¹
Maj-Britt Andersen Bjergager¹
Hanne Bach¹
Vibeke Vestergaard Nielsen¹
Iben Boutrup Kongsfelt¹
Lars Moeslund Svendsen¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Hans Thodsen²
Jens Würigler Hansen²
Liselotte Sander Johansson²
Juan Pablo Pacheco Esnal²
Søren Erik Larsen²
Rasmus Due Nielsen²
Thomas Ellermann³
Claus Nordstrøm³
Pia Lassen³
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

⁵Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 635
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	Vandmiljø og Natur 2023
Undertitel:	NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
Forfattere:	Anja Skjoldborg Hansen ¹ , Jesper Fredshavn ¹ , Camilla Uldal ¹ , Maj-Britt Andersen Bjergager ¹ , Hanne Bach ¹ , Vibeke Vestergaard Nielsen ¹ , Iben Boutrup Kongsfelt ¹ , Lars Moeslund Svendsen ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ² , Hans Thodsen ² , Jens Würgler Hansen ² , Liselotte Sander Johansson ² , Juan Pablo Pacheco Esnal ² , Søren Erik Larsen ² , Rasmus Due Nielsen ² , Thomas Ellermann ³ , Claus Nordstrøm ³ , Pia Lassen 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 Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	https://dce.au.dk
Udgivelsesår:	December 2024
Redaktion afsluttet:	December 2024
Faglig kommentering:	Fagdatacentrene for de enkelte emneområder
Kvalitetssikring, DCE:	Kirsten Bang, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen og Styrelsen for Grøn Arealomlægning. Kommentarerne findes her:
Finansiell støtte:	Ministeriet for Grøn Trepert samt Miljø- og Ligestillingsministeriet
Bedes citeret:	Hansen, A.S., Fredshavn, J., Uldal, C., Bjergager, M.A., Bach, H., Nielsen, V.V., Kongsfelt, I.B., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Hansen, J.W., Esnal, J.P.P., Larsen, S.E., Nielsen, R.D., Johansson, L.S., Ellermann, T., Nordstrøm, C., Lassen, P., Thorling, L. & Frank-Gopolos, T. 2024. Vandmiljø og Natur 2023. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 88 s. - Videnskabelig rapport SR635. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2023 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, havet, habitatarter samt for første gang en sammenstilling af resultater for miljøfarlige forurenende stoffer i søer, vandløb og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentrene for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen, Styrelsen for grøn arealomlægning og vandmiljø og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø samt Miljøstyrelsen, som har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
Emneord:	Vandmiljøplanen, vandrammedirektiv, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, arter, fugle, atmosfærisk nedfald, luftkvalitet, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfarlige forurenende stoffer.
Foto forside:	Colourbox.
ISBN:	978-87-7156-914-8
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	88
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

Datablad	2
Indhold	3
Indledning	5
Sammenfatning	7
Næringsstoffer	7
Luft	8
Grundvand	8
Vandløb	9
Søer	9
Marine områder	9
Fugle	10
Miljøfarlige forurenende stoffer	11
Summary	13
1 Kvælstof	20
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land	20
1.2 Resulterende effekter i vandområder	26
2 Fosfor	28
2.1 Tilførsel til overfladevand	28
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand	32
3 Vejr og afstrømning i 2023	33
4 Luft	36
4.1 Kilder til luftforureningen i Danmark	36
4.2 Udvikling i NO ₂ - og partikelmålinger	37
4.3 Ozon	38
4.4 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO	39
4.5 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening	40
5 Grundvand	42
5.1 Vandindvinding	42
5.2 Nitrat i grundvand	43
5.3 Pesticider i grundvand	44
5.4 PFAS og sporstoffer i grundvandsovervågningen og vandforsyning.	47
6 Vandløb	52
6.1 Overvågning af økologisk tilstand	52
6.2 Benthiske kiselalger	52

7	Søer	54
7.1	Udvikling i miljøkvalitet: fysisk-kemiske forhold	55
7.2	Biologiske parametre	57
7.3	Operationel overvågning af søernes tilstand	58
8	Marine områder	59
8.1	Status og udvikling i kemiske og fysiske parametre	59
8.2	Udviklingen i biologiske parametre	61
8.3	Større planter	61
8.4	Bundfauna	64
8.5	Havpattedyr	64
9	Fugle	66
9.1	Ynglefugle	66
9.2	Trækfugle	71
10	Miljøfarlige forurenende stoffer	77
10.1	Metaller i Vandmiljøet	77
10.2	Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet	80
11	Referencer	86

Indledning

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2023 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA, Miljøstyrelsen et al., 2023). 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, hvis 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 Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) på baggrund af rapporter fra fagdatacentrene. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø 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 2023 af foregående års rapporter, hvor den seneste er Vandmiljø og Natur 2022. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø samt 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.

Overvågningsprogrammet NOVANA 2023-27 er tilrettelagt, så behov for data dækkes i følgende prioriterede rækkefølge: 1) EU-lovgivning; 2) National lovgivning og forvaltningsmæssige behov; 3) Internationale konventioner. Overvågnings- og rapporteringsforpligtelser fastlagt i EU-lovgivningen omfatter bl.a. vandramme-, havstrategi-, habitat-, fuglebeskyttelses-, nitrat- og luftkvalitetsdirektiverne. Programmet udnytter sammenfald mellem de forskellige behov for overvågning og dermed er der skabt synergi mellem fx overvåg-

ningen i medfør af henholdsvis vandramme-, nitrat-, habitat- og havstrategi-direktivet. Tilsvarende er der også mange sammenfald mellem de behov for overvågningsdata, som udspringer af internationale konventioner, og de behov, som udspringer af EU-reguleringen.

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 luftkvaliteten og tilstanden i vandområder i risiko for ikke at opfylde fastsatte mål for tilstanden og dermed indgå som grundlag i planlægningen, samt vandområder i ukendt tilstand.

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 2023 omfattede overvågning af tilstand af vandmiljøet, luften (inkl. luftkvalitet i byerne) og habitatarter. Data indsamles ofte over flere år, og rapporteres først, når der er tilstrækkeligt datagrundlag for rapportering. Overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i overfladevand i medfør af vandrammedirektivet, som hidtil var integreret i rapporterne for hav og fjord, for sø samt for vandløb, er fra 2023 samlet i en ny rapport for MFS i overfladevand og for punktkilder.

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

Atmosfærisk deposition 2023	Ellermann et al., 2024
Luftkvalitet 2023	Nordstrøm et al., 2024
Punktkilder 2023	Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2024
Landovervågningsoplande 2023	Blicher-Mathiesen et al., 2024
Grundvand 2023	Thorling et al., 2024
Vand- og Stoftransport 2023	Thodsen et al., 2024
Vandløbsøkologi 2023	Esnal og Larsen, 2024
Søer 2023	Johansson et al., 2024
Marine områder 2023	Hansen et al. (red.), 2024
Fugle 2023 (novana.au.dk/fugle/2018-2023)	Nielsen et al., 2024
Miljøfarlige forurenende stoffer 2023	Lassen et al., 2024

Yderligere information om NOVANA kan findes på [Miljøstyrelsens hjemmeside](https://miljostyrelsens 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, hvis 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 2023 højere end i 2022 på grund af et lavere, tørkeramt udbytte i 2023. Samlet set er kvælstofoverskuddet i det dyrkede areal faldet med 187.100 ton (ca. 46 %) i perioden 1990-2023. Der er flere årsager til dette fald – fx bedre udnyttelse af husdyrgødning, reduceret kvælstoftilførsel til markerne og de seneste år ligeledes ny braklægning. 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 2023 beregnet til ca. 65.000 ton N. Det er en stigning på næsten 45 % i forhold til 2022 (ca. 45.000 ton). Årsagen til denne stigning er øget nedbør og dermed vandafstrømning i vinter- og efterårsmånederne 2023 og overskud af kvælstof i markerne i efteråret pga. mindre høstudbytte som følge af tørke i forsommeren

Hvis der tages højde for år-til-år variationer i afstrømningen (normaliseret tilførsel), var tilførslen i 2023 på ca. 50.000 ton N, hvor den i 2021 var 53.000 ton.

Den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsel fra land til havet er reduceret med ca. 50 % siden 1990, men har overordnet set været på samme niveau de seneste ca. 10 år, dog med en forholdsvis høj tilførsel i 2019, - hvilket vurderes især at kunne tilskrives de specielle vejrforhold i 2018 og 2019 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 markant udvikling i tilførslen af fosfor de seneste ca. 20 år – dog ses en faldende tendens for den vandføringsvægtede koncentration. For vandløb er vandføringsvægtede koncentrationen af total P i 2023 på samme niveau som i 2022 – det laveste niveau siden 1990. Fosfortilførslen til havet er reduceret med omkring 67 % siden 1990 og er i 2023 opgjort til 2.100 ton fosfor.

Kvælstofdeposition er det kvælstof, der tilføres landjorden og farvandsområderne fra luften. I hovedsagen kommer kvælstoffet fra to kilder – forbrændingsprocesser (herunder energiproduktion, industri og transport) og landbrug (helt overvejende ammoniak fra husdyrproduktion). For begge elementer er der såvel et dansk som et udenlandsk bidrag. Kvælstofdepositionen til landområderne (areal 43.000 km²) er beregnet til 50.000 ton kvælstof

(12 kg N/ha). Omkring 67 % af depositionen til landområderne er fra landbrugsproduktion og omkring 33 % fra forbrændingsprocesser. Samlet set blev der i 2023 tilført 59.000 ton kvælstof til åbne danske farvande, hvilket med et samlet farvandsareal på 105.000 km² giver en gennemsnitlig deposition på 5,6 kg N/ha. Omkring 54 % af depositionen til farvandene er fra landbrugsproduktion og omkring 46 % fra forbrændingsprocesser.

Luft

I 2023 var der 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.

Sammenholdes koncentrationerne af luftforureningskomponenterne for 2023 derimod med WHO's retningslinjer for luftkvalitet fra 2021, overskrides alle retningslinjerne for langtidseksponering - med størst overskridelse for PM_{2,5} (partikler med mindre diameter end 2,5 µm) og for kvælstofdioxid. For luftforurenende stoffer med retningslinjer for korttidseksponering ses, at koncentrationerne er over retningslinjerne fra WHO for ozon og partikelfraktionerne PM_{2,5} og PM₁₀ (partikler med en diameter op til 10 mikrometer). Til gengæld er niveauerne for kvælstofdioxid, svovldioxid og kulilte klart under WHO's retningslinjer for korttidseksponering.

Beregningerne på helbredseffekter af den samlede luftforurening i Danmark viser omkring 3.280 for tidlige dødsfald i 2023, som er et fald på ca. 380 siden 2022. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 60 milliarder kr. i 2023, hvilket er lidt mere end sidste rapportering for 2022. Dette skyldes bl.a. en opdatering af de miljøøkonomiske beregningspriser benyttet i beregningerne for 2023.

Grundvand

Nitratindholdet i det iltholdige grundvand udviser alle år en stor spredning. De seneste 10 år har gennemsnitsværdien af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l, og der er en tendens til faldende koncentrationer for stort set alle fraktiler. I 2023 er gennemsnitsværdien for nitrat i det iltholdige grundvand ca. 40 mg/l og medianværdien ca. 35 mg/l.

Ved undersøgelse for pesticider i vandforsyningsboringer, blev der ved overvågningen i 2023 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 50,9 % af de undersøgte indtag. I 12,2 % af indtagene var målinger mindst én gang over kvalitetskravet på 0,1 µg/l. I perioden 2019-2023 blev pesticidstoffer fundet mindst én gang i 41,7 % af de undersøgte indtag, hvor 10,6 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag. De indberettede analyseresultater for stofferne R471811 og 1,2,4-triazol i GRUMO-datasættet viser meget højere fundprocenter i 2023 end i de foregående år. Miljøstyrelsen er i gang med en udvidet kvalitetssikring af R471811 og 1,2,4-triazol data, og indtil videre kan man ikke afgøre om 2021-data eller 2023-data er mest retvisende, men blot konstatere at begge stoffer er blandt de mest udbredte pesticidstoffer i grundvandsovervågningen. Uden data for 1,2,4-triazol og R471811 i grundvandsovervågningen kan man ikke beregne sum af pesticider i de enkelte prøver og heller

ikke aggregere data til beregning af pesticidstoffernes generelle forekomst i GRUMO-indtag, koncentrationsfordeling, dybdefordeling, rumlig fordeling med videre, disse opgørelser udgår derfor i dette års rapportering.

I perioden 2021-2023 var der fund af en eller flere af de 22 PFAS-forbindelser, der blev målt for, i knap 25 % af undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Dette svarer til afrapporteringen for 2022. Der blev målt koncentrationer for Sum af 4 PFAS over kravværdien for drikkevand i 9 % af undersøgte indtag. Den højeste koncentration var svarende til ca. 21 gange over kravværdien. I fire indtag blev der fundet 10 gange kravværdien eller mere.

Koncentrationen var under kravværdien på 0,1 µg/l for sum af 22 PFAS i alle undersøgte indtag, undtagen ét. I dette indtag, skyldes overskridelsen en koncentration på 0,27 µg/l 6:2 FTS i en prøve fra 2023. Der er ikke i de to tidligere analyser i 2021 og 2022 fundet 6:2 FTS i dette indtag. Den høje koncentration af 6:2 FTS og dermed den konstaterede overskridelse for sum af 22 PFAS er med stor sandsynlighed ikke reel. Højeste målte sumkoncentration derudover var på 70 % af kravværdien.

Vandløb

Baseret på data fra perioden 2013-2022 præsenterer årets rapport vedrørende miljøtilstanden i danske vandløb det bentiske algeindeks (SID-TID) og en analyse af dets rumlige og tidsmæssige variation og forholdet til de vigtigste fysiske-kemiske variabler i danske vandløb. Analyserne viser, hovedparten af de danske vandløb er i god eller høj tilstand vurderet ud fra det bentiske algeindeks, og at SID-TID-indekset påvirkes negativt af først og fremmest alkalinitet og ortofosfat (PO₄) samt i mindre grad af ammonium og Bl₅.

Søer

Overordnet er tilstanden i de danske søer forbedret siden overvågningens begyndelse i 1989. Disse forbedringer fandt dog især sted i 1990'erne, og de seneste ca. 20 år har der generelt kun været få ændringer i søernes tilstand. En sammenligning af de seneste tre seksårsperioder endda overordnet tegn på øget næringsstofindhold, især hvad angår kvælstof. Der findes stadig renvandede søer i Danmark, men langt hovedparten af de danske søer er fortsat præget af højt næringsstofindhold, der generelt fører til uklart vand og biologiske forhold, som er påvirkede i negativ retning.

I årets rapport er givet en vurdering af den økologiske tilstand i søerne på baggrund af de undersøgelser af artssammensætningen af bentiske kiselalger, som er gennemført de seneste 10 år. Tilstandsvurderingen, baseret på kiselalgerne, udtrykkes i det såkaldte IPS-indeks (Indice de Polluosensibilité Spécifique), der anvender sammensætning og relativ forekomst af forskellige arter af kiselalger. Overordnet viser IPS-indekset en signifikant sammenhæng med koncentrationen af totalfosfor, hvilket understøtter indeksets anvendelighed i forhold til at udtrykke en eutrofiering.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind midt i september var i 2023 den næststørste registreret, kun overgået af 2002. Udbredelsen af iltsvind i september er steget signifikant siden 2010. En meget væsentlig del af variationen i udbredelsen af iltsvind skyldes vejræssige forhold (primært vind og temperatur). En stor

tilførsel af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

Algevæksten var i 2023 på niveau med 2022 i fjorde og kystvande og i de åbne indre farvande. Algevæksten i både fjorde og kystvande og i åbne indre farvande har været signifikant faldende set over hele overvågningsperioden. Generelt er miljøtilstanden i vandsøjlen dog blevet forringet med højere klorofyllindhold og mere uklart vand siden 2012.

I 2023 viste ålegræssets dybdegrænse overvejende tegn på tilbagegang i forhold til 2022. Den seneste positive udvikling i årene omkring 2010 er således vendt eller stagneret. Makroalgerne har generelt udvist en mindre negativ udvikling end ålegræsset. Ålegræsset er derfor tilsyneladende mere presset end makroalgerne af den fortsatte påvirkning med næringsalte.

I de åbne indre farvande viser bundfaunaens artssammensætning, at der generelt ikke er problemer med eutrofiering i bundfaunaen, men at der i nogle områder formodentlig er negative påvirkninger af fysisk forstyrrelse. I 2023 var bundfaunaen i dårlig tilstand i fire af de undersøgte kystnære farvande hvilket var relateret til kritiske iltforhold.

Antallet af spættet sæl er overordnet nået et stabilt niveau siden fredningen i 1970'erne. Gråsæl har vist fremgang i de seneste 10 år, selv om de yngler her i meget begrænset omfang. De fire områder med flytællinger af marsvin var generelt lavere end de tidligere tællinger.

Der har, set over hele perioden for overvågningsprogrammet, været en positiv udvikling i miljøtilstanden i havet, som følge af en markant reduktion i tilførslen af næringsstoffer. Denne udvikling er dog stagneret eller endda forværret de seneste ca. 10 år for en del parametre. Samlet viser udviklingen i havmiljøet, at de danske farvande fortsat er sårbare over for påvirkninger og endnu er langt fra at være i en stabil, god miljøtilstand.

Fugle

Dette års NOVANA-rapportering af fugle omfatter overvågning foretaget i perioden 2018-2023. Artsgennemgangen præsenterer arternes status, som den tegnes af det samlede overvågningsmateriale. Denne rapport repræsenterer samtidigt grundlaget for Danmarks Artikel 12 afrapportering af NOVANA overvågede fuglearter i 2025.

Af de 47 ynglefuglearter omfattet i NOVANA blev 45 ynglefuglearter monitoreret i perioden 2022-2023. Ynglefuglene overvåges i to overvågningsprogrammer, Intensiv 1 og Intensiv 2. Derudover overvåges skarv i et særligt program. Den intensive overvågning er monitorering af bestandsstørrelser og foregår hovedsageligt i de fuglebeskyttelsesområder, hvor arterne er på udpegningsgrundlaget.

Intensiv 1 omfatter arter, som forekommer i, eller vender tilbage til, kendte lokaliteter. Af de 35 arter i Intensiv 1-programmet har otte arter vist faldende bestande, herunder edderfugl, hvepsevåge, stor kobbersneppe, engryle, brus-hane, dværgmåge, sandterne og havterne. Dertil har 10 arter været stabile, herunder rørdrum, plettet rørvagtel, engsnarre, klyde, splitterne, sortterne, natravn, isfugl, sortspætte og rødrygget tornskade. 15 arter, herunder skestork, sangsvane, bramgås, rød glente, rørhøg, trane, hvidbrystet

præstekrave, tinksmed, rovterne, dværgterne, fjordterne, tejst, stor hornugle, hedelærke og sydlig blåhals har haft stigende bestande. To arter, blå kærhøg og hjejle, er forsvundet som ynglefugle i NOVANA-perioden 2004-2023. Skarv, med sit eget overvågningsprogram, har haft stabil bestand siden 2012.

Intensiv 2 omfatter mere sjældne arter, hvis forekomst ikke kan forudsiges. Miljøstyrelsen opsøger derfor observationer i Dansk Ornitologisk Forenings database (DOFbasen), og verificerer fundene. Af de 11 arter i intensiv 2 overvågningen har én art, mosehornugle vist faldende bestand med kun 1 par senest observeret, og 3 arter med stabil udvikling, herunder hedehøg, vandre-falk og perleugle. Fem arter har vist en stigende bestand, herunder de tre rovfugle havørn, kongeørn og fiskeørn og de to arter hvid stork og sorthovedet måge. To arter, sort stork og markpiber er forsvundet som ynglefugle, idet der ikke er observeret sort stork de seneste 25 år og det sidste par af markpiber ynglede på Anholt i 2017.

Både i 2020 og 2023 blev der gennemført landsdækkende midvintertællinger i Danmark. I de øvrige år er midvintertællingerne kun foretaget i udvalgte indeksområder. Nogle af arter overvåges både midvinter og på de årstider, hvor de forekommer i størst antal (fx pipesvane forår og efterår, svømmeænder efterår), og det gælder særligt vadefuglene, der på nær enkelte arter, ikke overvintrer i landet.

Knap halvdelen, svarende til 27 af de behandlede 56 bestande af trækfugle, har stabile eller fluktuerende bestande (fx knopsvane, hvinand, stor skallesluger), og 15 arter har været i fremgang i perioden 2012-2023, bl.a. sangsvane, næsten alle arter af gæs og flere arter af svømmeænder. Syv arter har haft faldende bestandsstørrelser i perioden, bl.a. de to hyppigst forekommende arter, sortand og edderfugl. For de fleste arter er det typisk en fortsættelse af den udvikling, der har fundet sted siden overvågningen startede, tilbage til sidst i 1960'erne eller begyndelsen af 1980'erne, afhængigt af artsgruppe.

Miljøfarlige forurenende stoffer

I forbindelse med etablering af det nuværende NOVANA-program, NOVANA 2023-27, blev bl.a. miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) udskilt i sit eget delprogram. MFS har tidligere været en del af delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver udtaget, dvs. vandløb, søer, hav og fjord samt punktkilder. I forbindelse med, at MFS fik sit eget delprogram, blev fagdatacenter for miljøfarlige forurenende stoffer etableret i 2024. Dette års rapport er den første årlige rapport for miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand. Rapporten dækker data for vandløb, søer, marine områder samt punktkilder. Data er præsenteret for de enkelte medier og er desuden gennemgået på tværs af medierne for udvalgte stofgrupper.

I de marine prøver for 2023 var der værdier målt i muslinger højere end miljøkvalitetskravet (MKK) for kviksølv (12 %), og for cadmium og bly var henholdsvis 16 og 40 % af de målte koncentrationer højere end MKK. For PAH'er blev målt enkelte værdier højere end MKK for flourathen og benzo(b+j+k)flouranthen i prøver fra 2023. For marine fisk sås højere koncentrationer end MKK for kviksølv (88 %) samt for dioxiner/furaner, WHO TEQ PCDD/F (100 %) i 2023 prøver. Generelt sås ingen koncentrationsforskel ved sammenligning mellem 2023 og 2018-2023.

I enkelte søer sås i perioden 2018-2023, søsediment med koncentrationer af bly højere end MKK for få søer, for vanadium gjaldt dette 22 % af søerne efter addition af baggrundskoncentrationen. For PAH'erne var der enkelte søer med koncentrationer højere end MKK for anthracen. For summen af methyl-naphthalener har 72-73 % af søerne koncentrationer højere end MKK. For nonylphenol var der kun en enkelt sø med højere koncentrationer end MKK. I alle analyserede aborrer fanget i søer i perioden 2018-2023, bortset fra to søer i den operationelle overvågning, ligger kviksølvkoncentrationen i fisk højere end miljøkvalitetskravet efter omregning til koncentration i hele fisk.

I vandløbsvand sås koncentrationer højere end MKK for en række enkeltstationer for i 2023 zink, kobber og bly. Barium havde mediankoncentrationer højere end MKK. Der var ingen mediankoncentrationer over MKK for øvrige metaller i vand. For sediment (2018 -2022) sås højere koncentrationer end MKK af anthracen i 24 -25 % af stationerne. For aromatiske kulbrinter var der højere koncentrationer end MKK i 28 % af prøverne for naphthalen og 67 % af prøverne for de methylerede naphthalener på kontrolstationer, men kun enkelte (17 %) for de methylerede naphthalener på de operationelle stationer. For biota lå mediankoncentrationerne for kviksølv højere end MKK. Der var generelt ikke forskel på koncentrationsniveauerne for stationer fra den operationelle overvågning og kontrolovervågningen.

Punktkilder afrapporteres som noget nyt i de årlige NOVANA-rapporter. Generelt ses god fjernelse og lave koncentrationer ved udløb af langt de fleste stoffer ved renseanlæg. Effektiviteten er forventeligt lavere for mekaniske anlæg, men her er indløbskoncentrationerne også betydeligt lavere. For de farmaceutiske stoffer og de perfluorerede stoffer (PFAS) er fjernelsen ikke så god, dvs. fundprocent og koncentrationer bliver ikke reduceret særlig meget i anlæggene. For avancerede anlæg ses dog en højfjernelse af de farmaceutiske stoffer, 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre, baseret på både fundprocent og mediankoncentrationer.

For luftmålingerne ses, at depositioner og koncentrationer af ni metaller i 2023 ikke adskiller sig væsentligt fra de seneste år. Siden 1990 er der sket betydelige fald i koncentrationer og depositioner af metaller, så de i dag udgør 10-60 % af niveauerne i 1990. Måling af våddeposition af miljøfarlige forurenende organiske stoffer ved Risø og Sepstrup Sande viser, at depositionen af nitrophenoler (syv stoffer) lå på hhv. 1040 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ og 1516 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Depositionen af PAH'er (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner, 22 stoffer) lå på hhv. 149 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Risø) og 33 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Sepstrup Sande). Den samlede våddeposition af pesticider i 2023 lå på omkring henholdsvis 43 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Risø) og 63 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Sepstrup Sande) for de 20 udvalgte stoffer, hvoraf det dog kun var de ni, der blev fundet i mængder over detektionsgrænsen. Prosulfocarb, som hovedsageligt anvendes i oktober, udgør langt hovedparten af pesticiderne i våddepositionen. Der kan ikke observeres en udviklingstendens for våddepositionen af prosulfocarb i perioden siden 2007.

Summary

For the sake of clarity, the summary is very brief. This means that the basis for data and any 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 generally been a significant reduction in the content of nitrogen in the surface water environment. This generally correlates well with reductions in the sources, indicated as the development in fertilizer use and in discharges from wastewater treatment plants. The nitrogen surplus (nitrogen added to the field minus nitrogen removed at harvest) was higher in 2023 than in 2022 due to a lower, drought-affected yield in 2023. Overall, the nitrogen surplus in the cultivated area has decreased by 187,100 tonnes (approx. 46%) in the period 1990-2023. There are several reasons for this decrease – e.g. better utilization of livestock manure, reduced nitrogen input to the fields, a.o. due to increased use of catch crops and in recent years also new fallowing.

The total nitrogen input from land to the sea was estimated to be approx. 65,000 tonnes of N. This is an increase at almost 45% compared with 2022 (approx. 45,000 tonnes). The reason for this increase was increased precipitation and thus water runoff in the winter and autumn months of 2023 and excess nitrogen in the fields in the autumn due to lower harvest yields caused by drought in early summer.

When year-to-year variations in runoff (normalized load) are considered, the load in 2023 was approx. 50,000 tonnes of N, whereas in 2022 it was 53,000 tonnes.

The runoff-normalized nitrogen load from land to the sea has been reduced by approx. 50% since 1990 but has generally remained at the same level over the past 10 years, although with a relatively high input in 2019, which is assessed to be mainly attributable to the special weather conditions in 2018 and 2019 and the derived effects on agriculture.

Since 1989, there has been a significant reduction in phosphorus content in fresh and coastal surface water, which has mainly been driven by improved wastewater treatment - primarily at large treatment plants and separate industrial dischargers - up to approximately the year 2000. There has been no significant development in the load of phosphorus over the past approximately 20 years - however, a decreasing trend is seen for the flow weighted concentration. For watercourses, the flow-weighted concentration of total P in 2023 was at the same level as in 2022 - the lowest level since 1990. The phosphorus load to the sea has been reduced by around 67% since 1990 and is estimated at 2,100 tonnes P in 2023.

Nitrogen deposition is the nitrogen that is supplied to land and water areas from the air. Nitrogen mainly comes from two sources - combustion processes (including energy production, industry and transport) and agriculture (predominantly ammonia from livestock production). For both elements,

there is a Danish and a foreign contribution. The nitrogen deposition to land areas (area 43,000 km²) is calculated at 50,000 tonnes of nitrogen (12 kg N/ha). Overall, 59,000 tonnes of nitrogen were added to open Danish waters in 2023, which, with a total water area of 105,000 km², results in an average deposition at 5.6 kg N/ha.

Air

In 2023, there were no exceedances of the limit and target values for air pollution components covered by the EU air quality directive. For the vast majority, decreases in concentrations are seen, which is generally in line with the development in emissions.

If, on the other hand, the concentrations of air pollution components for 2023 are compared with the WHO air quality guidelines from 2021, all the guidelines for long-term exposure are exceeded - with the largest exceedance for PM_{2.5} (particles with a diameter smaller than 2.5 µm) and nitrogen dioxide. For air pollutants with guidelines for short-term exposure, the concentrations are above the WHO guidelines for ozone and the particle fractions PM_{2.5} and PM₁₀ (particles with a diameter up to 10 micrometers). On the other hand, the levels of nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide are clearly below the WHO guidelines for short-term exposure.

The calculations of the health effects of total air pollution in Denmark show around 3,280 premature deaths in 2023, which is a decrease of about 380 since 2022. The total external costs related to air pollution in Denmark are estimated at about DKK 60 billion in 2023, which is slightly more than the estimates reported in 2022. This is, among other things, a consequence of an update of the environmental economic prices used in the calculations for 2023.

Groundwater

The nitrate content in the oxygenated groundwater shows a large spread every year. Over the past 10 years, the average value of nitrate concentrations in oxygenated groundwater has been below the quality requirement of 50 mg/l, and there is a trend towards decreasing concentrations for almost all fractions. In 2023, the average value for nitrate in the oxygenated groundwater was approx. 40 mg/l and the median value approx. 35 mg/l.

When examining pesticides in water supply wells, one or more pesticides or degradation products from pesticides were found in 50.9% of the examined intakes during the monitoring in 2023. In 12.2% of the intakes, measurements were at least once above the quality requirement of 0.1 µg/l. In the period 2019-2023, pesticide substances were found at least once in 41.7% of the examined intakes, where 10.6% of the examined intakes had at least one exceedance of the quality requirement. The quality requirement for the sum of pesticides was exceeded at least once in 2.0% of the examined intakes. The reported analysis results for the substances R471811 and 1,2,4-triazole in the GRUMO dataset show much higher detection rates in 2023 than in previous years. The Danish Environmental Protection Agency is currently conducting an extended quality assurance of R471811 and 1,2,4-triazole data and so far, it cannot be determined whether the 2021 data or the 2023 data are the most accurate, but it can only be stated that both substances are among the most widespread pesticide substances in groundwater monitoring. Without data for 1,2,4-triazole and R471811 in groundwater monitoring, it is not possible to

calculate the sum of pesticides in the individual samples, nor to aggregate data to calculate the general occurrence of pesticide substances in GRUMO intakes, concentration distribution, depth distribution, spatial distribution, etc. These calculations are therefore omitted from this year's reporting.

In the period 2021-2023, one or more of the 22 measured PFAS compounds were found in almost 25% of the examined intakes in groundwater monitoring. This corresponds to the reporting for 2022. Concentrations of the sum of 4 PFAS compounds above the requirement value for drinking water were found in 9% of examined intakes. The highest concentration was equivalent to approx. 21 times above the requirement value. In four intakes, concentrations at 10 times the requirement value or above were found.

The concentration was below the requirement value at 0.1 µg/l for the sum of 22 PFAS in all examined intakes, except one. In this intake, the exceedance was due to a concentration at 0.27 µg/l 6:2 FTS in a sample from 2023. In the two previous analyses in 2021 and 2022, 6:2 FTS was not found in this intake. The high concentration of 6:2 FTS and thus the observed exceedance for the sum of 22 PFAS is most likely not real. The highest measured sum concentration was 70% of the requirement value.

Streams

Based on data from the period 2013-2022, this year's report on the environmental state of Danish watercourses presents the benthic algae index (SID-TID) and an analysis of its spatial and temporal variation and the relationship to the most important physicochemical variables in Danish watercourses. The analyses show that most Danish watercourses are in good or high condition as assessed based on the benthic algae index, and that the SID-TID index is negatively affected primarily by alkalinity and orthophosphate (PO₄) and to a lesser extent by ammonium and BI₅.

Lakes

Overall, the condition of Danish lakes has improved since monitoring began in 1989. However, these improvements took place mainly in the 1990s, and over the past 20 years there have generally been few changes in the condition of the lakes. A comparison of the past three six-year periods even shows overall signs of increased nutrient content, especially with regards to nitrogen. There are still relatively clean lakes in Denmark, but most Danish lakes are still characterised by high nutrient content, which generally leads to turbid waters and biological conditions that are negatively affected.

This year's report provides an assessment of the ecological conditions of the lakes based on studies of the species composition of benthic diatoms that have been carried out over the past 10 years. The condition assessment, based on diatoms, is expressed in the so-called IPS index (Indice de Polluosensibilité Spécifique), which uses the composition and relative occurrence of different species of diatoms. Overall, the IPS index shows a significant correlation with the concentration of total phosphorus, which supports the index's usefulness in expressing eutrophication.

Marine areas

The prevalence of oxygen depletion in mid-September 2023 was the second largest recorded, only surpassed by 2002. The prevalence of oxygen depletion in September has increased significantly since 2010. A very significant part of the variation in the prevalence of oxygen depletion is due to weather conditions (primarily wind and temperature). However, a large supply of nutrients is a fundamental factor for the development of widespread oxygen depletion.

Algal growth in 2023 was at the same level as in 2022 in fjords and coastal waters and in open inland waters. Algal growth in both fjords and coastal waters and in open inland waters has been significantly decreasing over the entire monitoring period. However, the environmental condition in the water column has generally deteriorated with higher chlorophyll content and more turbid waters since 2012.

In 2023, the depth limit of eelgrass showed predominantly signs of decline compared with 2022. The recent positive development in the years around 2010 has thus reversed or stagnated. The macroalgae species have generally shown a less negative development than eelgrass. The eelgrass is therefore apparently more pressured than the macroalgae by the continued impact of nutrients.

In the open inland waters, the species composition of the benthic fauna shows generally no problems with eutrophication in relation to the benthic fauna, but in some areas, there are presumably negative impacts from physical disturbance. In 2023, the benthic fauna was in poor condition in four of the coastal waters surveyed, which was related to critical, low oxygen conditions.

The number of harbour seals has generally reached a stable level since the conservation status was introduced in the 1970s. Grey seals have shown progress in the past 10 years, although they breed here to a very limited extent. The four areas with aerial counts of harbour porpoises showed generally lower counts than previously.

There has been a positive development in the environmental condition of the sea over the entire period of the monitoring program, because of a significant reduction in the input of nutrients. However, this development has stagnated or even worsened over the past approx. 10 years for several parameters. Overall, the development in the marine environment shows that Danish waters remain vulnerable to impacts and are still far from being in a stable, good environmental condition.

Birds

This year's NOVANA reporting of birds includes monitoring carried out in the period 2018-2023. The species review presents the status of the species as indicated by the total monitoring material. This report also represents the basis for Denmark's Article 12 reporting of NOVANA monitored bird species in 2025.

Of the 47 breeding bird species covered by NOVANA, 45 breeding bird species were monitored in the period 2022-2023. The breeding birds are monitored in two monitoring programs, Intensive 1 and Intensive 2. In addition, cormorants are monitored in a special program. The intensive monitoring is

the monitoring of population sizes and takes place mainly in the bird protection areas where the species are on the basis of designation.

Intensive 1 includes species that occur in, or return to, known locations. Of the 35 species in the Intensive 1 programme, eight species have shown declining populations, including eider, common buzzard, great snipe, meadowlark, sedge warbler, little gull, sand tern and great black tern. Furthermore, 10 species have been stable, including common reed warbler, spotted reed quail, meadow nuthatch, common tern, black tern, nightjar, kingfisher, black woodpecker and red-backed shrike. 15 species, including spoonbill, whooper swan, barnacle goose, red kite, red hawk, crane, white-breasted grebe, tawny tern, little tern, fjord tern, tawny owl, great horned owl, heath lark and southern blue-throated plover, have had increasing populations. Two species, blue harrier and common tern, have disappeared as breeding birds in the NOVANA period 2004-2023.

Intensive 2 includes rarer species whose occurrence cannot be predicted. The Danish Environmental Protection Agency therefore search for observations in the Danish Ornithological Society's database (DOFbasen) and verifies the findings. Of the 12 species covered by the Intensive 2 monitoring, one species, the short-eared owl, has shown a declining population with only 1 pair recently observed, and 3 species with stable development, including the moorhen, peregrine falcon and barn owl. Five species have shown an increasing population, including the three birds of prey, the white-tailed eagle, the golden eagle and the osprey, and the two species, the white stork and the black-headed gull. Two species, the black stork and the common pipit have disappeared as breeding birds, as no black stork has been observed in the past 25 years and the last pair of common pipits bred at Anholt in 2017.

Nationwide midwinter censuses were carried out in Denmark in both 2020 and 2023. In other years, midwinter counts have only been carried out in selected index areas. Some species are monitored both in midwinter and in the seasons when they occur in greatest numbers (e.g., mute swan in spring and autumn, swimming ducks in autumn), and this applies in particular to waders, which, with the exception of a few species, do not overwinter in Denmark.

Almost half, corresponding to 27 of the 56 populations of migratory birds examined, have stable or fluctuating populations (e.g., mute swan, whooper swan, great crested grebe), and 15 species have increased in the period 2012-2023, including whooper swan, almost all species of geese and several species of swimming ducks. Seven species have had declining population sizes in the period, including the two most frequently occurring species, black duck and eider. For most species, it is typically a continuation of the development that has taken place since monitoring began, back to the late 1960s or early 1980s, depending on the species group.

Environmentally hazardous pollutants

In connection with the establishment of the current NOVANA program, NOVANA 2023-27, environmentally hazardous pollutants (MFS) were separated into their own sub-program. MFS has previously been part of the sub-programs for the respective media where samples are taken, i.e. watercourses, lakes, seas and fjords as well as point sources. In connection with MFS getting its own sub-program, the topic center for environmentally hazardous pollutants was established in 2024. This year's report is the first annual report on

environmentally hazardous pollutants in surface water. The report covers data from watercourses, lakes, marine areas and point sources. Data is handled partly linked to the individual media and for selected substance groups, data has been reviewed across media.

In the marine samples from 2023, values higher than the environmental quality standards (EQS) for mercury were found in mussels (12%), and for cadmium and lead, measured concentrations higher than the EQS were found for 16% and 40% respectively. For PAHs, a few values in 2023 were found higher than the EQS for fluoranthene and benzo(b+j+k) fluoranthene. For marine fish, higher concentrations than the EQS for mercury (88%) were detected and for dioxins/furans, WHO TEQ PCDD/F (100%) in 2023 samples. In general, no concentration difference was seen when comparing 2023 and 2018-2023.

In a few lakes, lake sediment from the period 2018-2023 was found with concentrations of lead higher than the EQS, for vanadium this applied to 22% of the lakes. For PAHs, there were a few lakes with concentrations higher than the EQS for anthracene. For the sum of methylnaphthalenes, 72-73% of the lakes had concentrations higher than the EQS. For nonylphenol, there was only one lake with higher concentrations than the EQS. In all analyzed perch caught in lakes in the period 2018-2023, except for two lakes in the operational monitoring, the mercury concentration in fish is higher than the environmental quality requirement based on calculation to represent the concentration of whole fish.

In river water, concentrations higher than the EQS were observed for a number of individual stations in 2023 for zinc, copper and lead. Barium had median concentrations higher than the EQS. There were no median concentrations above the EQS for the other metals in water. For sediment (2018 -2022), higher concentrations than the EQS of anthracene were observed in 24 -25% of the stations. For aromatic hydrocarbons, there were higher concentrations than the EQS in 36% of the samples for naphthalene and 68% of the samples for the methylated naphthalenes at control stations, but only a few (17%) for the methylated naphthalenes at the operational stations. For biota, the median concentrations for mercury were higher than the EQS. There was generally no difference in the concentration levels for stations from the operational monitoring and the control monitoring.

Point sources are reported as something new in the annual NOVANA reports. In general, good removal and low concentrations are seen at the outlet for the vast majority of substances at treatment plants. The efficiency is expectedly lower for mechanical treatments plants, but here the inlet concentrations are also significantly lower. For the pharmaceutical substances and the perfluorinated substances (PFAS), the removal is not as good, i.e. the detection percentage and concentrations are not reduced very much in the plants. For advanced plants, however, a high removal of the pharmaceutical substances, 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol and salicylic acid, based on both detection percentage and median concentrations, is seen.

For the air measurements, it is seen that deposition and concentration of nine metals in 2023 do not differ significantly from recent years. Since 1990, there have been significant decreases in concentrations and deposition of metals, so that today they constitute 10-60% of the levels from 1990. Measurements of wet deposition of environmentally hazardous organic pollutants at Risø and Sepstrup Sande show that the deposition of nitrophenols (seven substances)

was 1040 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ and 1516 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, respectively. The deposition of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 22 substances) was 149 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Risø) and 33 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Sepstrup Sande), respectively. The total wet deposition of pesticides in 2023 was around 43 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Risø) and 63 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Sepstreup Sande) respectively for the 20 selected substances, of which only nine were found in quantities above the detection limit. Prosulfocarb, which is mainly used in October, constitutes the vast majority of pesticides in the wet deposition. No trend can be observed for the wet deposition of prosulfocarb in the period since 2007.

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 nitratinholdet, 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 nitratinhold i grundvand er behandlet i kapitel 5.

I de seneste NOVANA-rapporteringer blev usikkerheder på målinger af kvælstof og fosfor og usikkerheder som følge af en mulig inhomogenitet i nedbørsdatasættet beskrevet. Begge dele kan påvirke beregningen af stoftilførslerne. Der er i de forløbne år arbejdet på korrektioner af tallene, så langt som det indtil nu har været muligt at komme og resultaterne er beskrevet i rapporterne fra tidligere år, hvorfor de ikke omtales yderligere her. Der er imidlertid også konstateret homogenitetsbrud i vandføringsmålingerne for årene efter 2004, hvor der løbende er skiftet instrumenttyper til målinger i de danske vandløb. For en uddybende beskrivelse af problemstillingen se Thodsen et al. (2024) (kap 1.3).

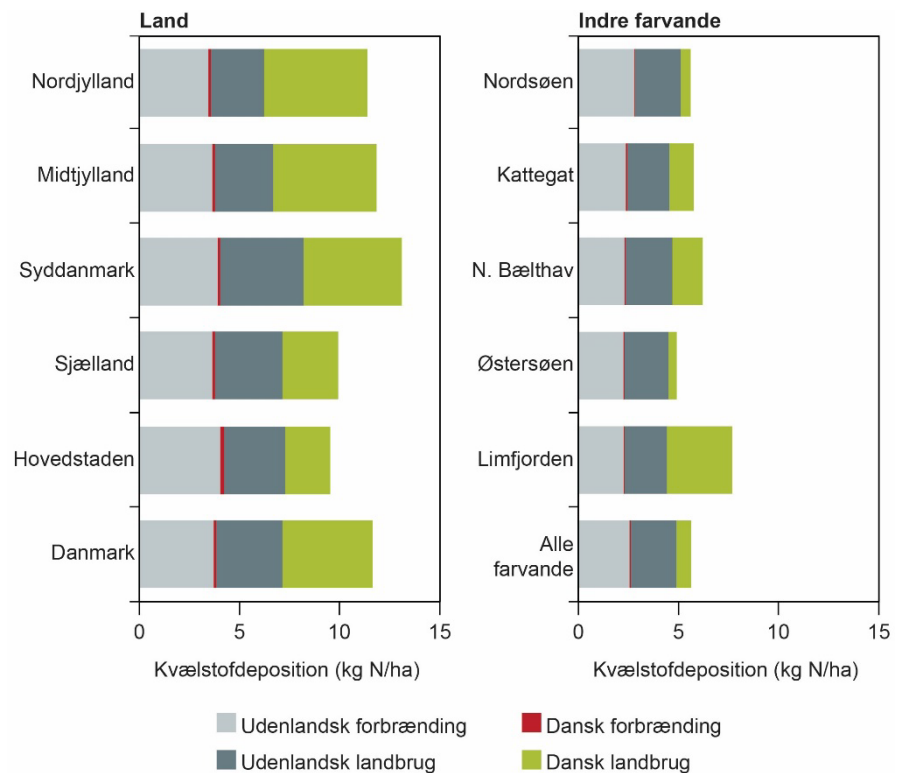
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land

Deposition fra luften

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 fordelt på geografiske områder af Danmark og opdelt på danske og udenlandske bidrag til depositionen. Beregningerne viser, at depositionen i Danmark tidligere kom omtrent ligeligt fra landbrugsproduktion og forbrændingsprocesser, men de senere år har udledninger fra landbrug fået en større betydning. I 2023 kom omkring 67 % af depositionen til landområderne fra landbrugsproduktion og omkring 33 % fra forbrændingsprocesser. For farvandene kom ca. 54 og 46 % af depositionen fra hhv. landbrugsproduktion og forbrændingsprocesser.

Figur 1.1. Den gennemsnitlige kvælstofdeposition i 2023 til regionerne og indre farvande opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (modificeret fra Ellermann et al., 2024).



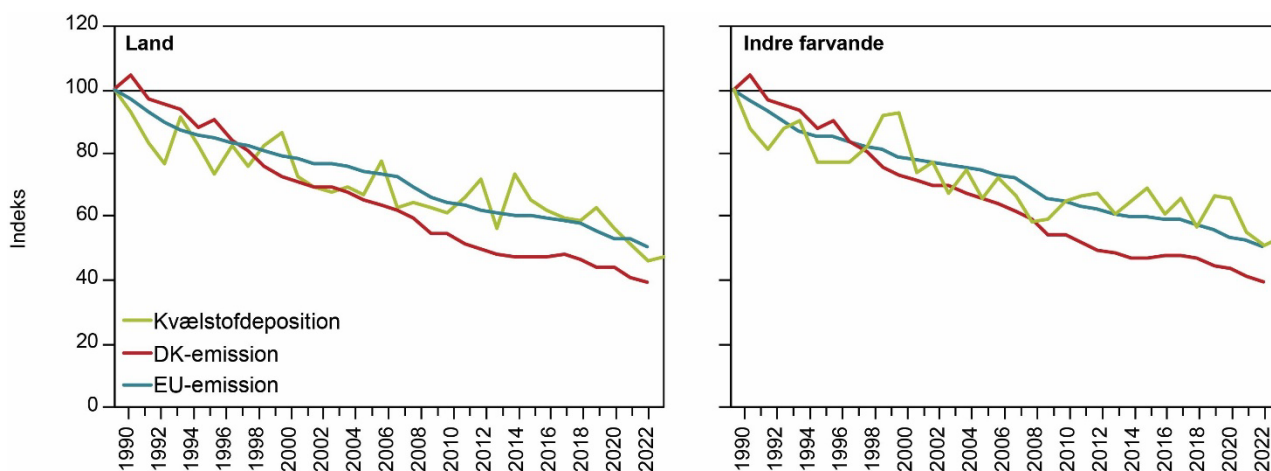
Kvælstofdepositionen i 2023 til landområderne (areal 43.000 km²) er beregnet til 50.000 ton kvælstof, hvilket er omkring 7 % højere end i 2022 (47.000 ton N) og 7 % lavere end i 2021 (54.000 ton N). Det er hovedsageligt de naturlige variationer i de meteorologiske forhold - og her primært nedbøren, som er årsag til disse variationer fra år til år. Udviklingen set over lang tid skyldes den langsigtede udviklingstendens i udledningerne af kvælstof til atmosfæren. Den gennemsnitlige årlige deposition er beregnet til 12 kg N/ha. Den varierer geografisk mellem omkring 4-18 kg N/ha og er over eller på niveau med tålegrænserne for mange af de følsomme danske naturtyper, fx lobeliesøer 2-10 kg N/ha, klit 5-15 kg N/ha og heder 5-15 kg N/ha (Bak, 2023).

Kvælstofdeposition fra luften til åbne danske farvande skyldes primært tilførsel fra udenlandske kilder. Samlet set blev der i 2023 tilført 59.000 ton kvælstof til åbne danske farvande, hvilket med et samlet farvandsareal på 105.000 km² giver en gennemsnitlig deposition på 5,6 kg N/ha. Den samlede deposition af kvælstof til de danske farvande i 2023 lå omkring 12 % højere end i 2022 (53.000 ton N) og stort set på niveau med 2021 (57.000 ton N).

Størst deposition ses i de kystnære områder og fjorde, hvor afstanden til navnlig landbrugskilderne er lille. Den højeste deposition på 10-11 kg N/ha er således beregnet for de kystnære områder omkring Als, mens den laveste deposition på omkring 5 kg N/ha er beregnet for dele af Nordsøen, Østersøen, Kattegat og Skagerrak. Der er en gradient med de højeste depositioner mod syd og lavere depositioner mod nord. Dette skyldes indflydelse fra områder med høje emissioner af kvælstof i landene syd for Danmark.

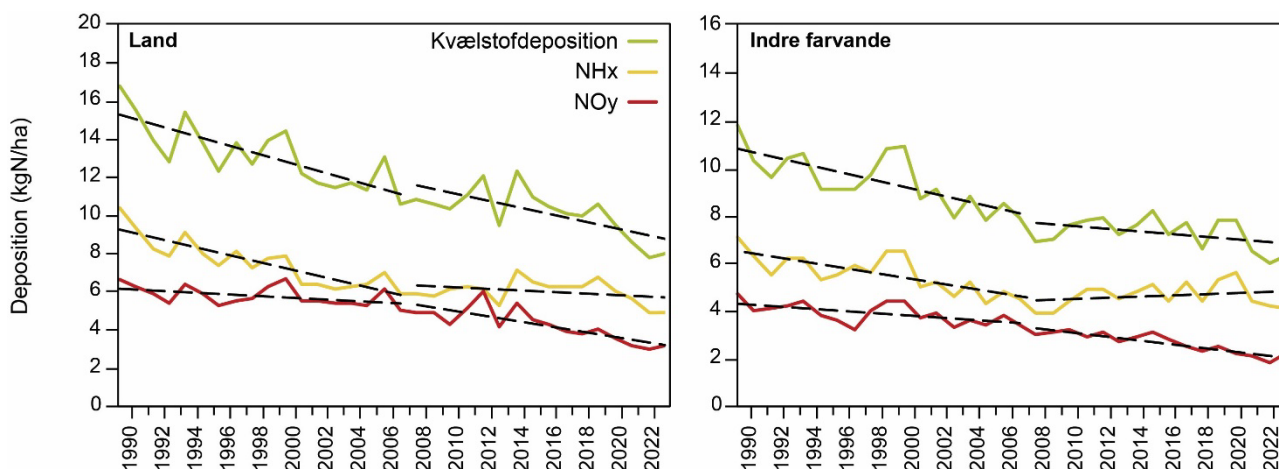
Usikkerheden på modelberegningerne vurderes til op mod ± 30 % for de åbne farvande, mens usikkerheden kan være op mod ± 50 % for de kystnære områder, fjorde, vige og bugter. Usikkerheden er vurderet på basis af sammenligninger med målingerne i overvågningsprogrammet.

I figur 1.2 er vist udviklingen i kvælstofdepositionen på indre danske farvands- og landområder – 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, og der er sket et fald i emissionen til de danske farvande og landområder på hhv. ca. 47 % og 52 % siden 1990.



Figur 1.2. Udviklingstendenser for den samlede deposition og emission af kvælstof til danske landområder og i indre danske farvandsområder. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al., 2024).

Figur 1.3 viser udviklingstendensen for den samlede kvælstofdeposition til danske land- og farvandsområder og opdelt på NH_x (ammoniak og ammonium) og NO_y (kvælstofdioxid, salpetersyre og nitrat), som primært stammer fra hhv. landbrug og forbrændingsprocesser.



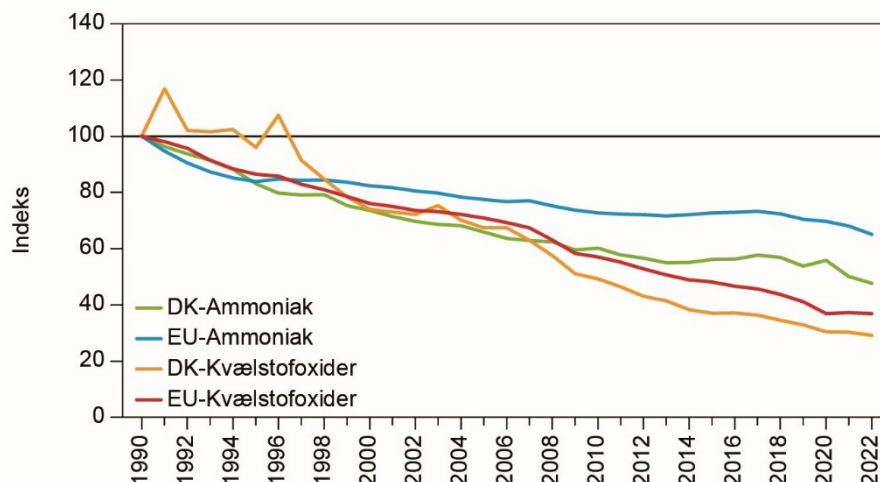
Figur 1.3. Udviklingstendens for deposition af kvælstof til danske landområder og indre danske farvandsområder. Figureerne viser den samlede deposition, og deposition opdelt på hhv. NH_x (ammoniak og ammonium) og NO_y (kvælstofdioxid, salpetersyre og nitrat). NH_x stammer primært fra landbrug og NO_y stammer hovedsageligt fra forbrændingsprocesser. Stiplede linjer er beregnede lineære regressionslinjer opdelt i perioden fra 1990 til 2007 og 2008 til 2023. Udviklingstendenserne i deposition til landområder er beregnet som middelværdi af måleresultaterne fra Anholt, Tange og Ulfborg i perioden op til 2010. Efter 2010 er Risø inkluderet i udviklingstendensen for derved at øge datarepræsentativiteten. Enkelte manglende delresultater er skønnet fx på basis af sammenligning med andre målestationer (Ellermann et al., 2024).

Forskellene mellem udviklingstendenserne for den samlede deposition og for bidragene fra landbrug og forbrændingsprocesser skyldes blandt andet, at der er forskellig udviklingstendens for emissionen af ammoniak og kvælstofoxider, og de kemiske reaktioner i atmosfæren.

Figur 1.4 viser udviklingstendenserne for udledning af ammoniak og kvælstofoxider fra henholdsvis Danmark og EU. For alle udledninger ses et fald i

perioden fra 1990 til 2022, men ammoniak falder væsentligt langsommere end kvælstofoxiderne. De to toppe i begyndelsen af perioden for Danmarks udledning af kvælstofoxider hænger sammen med stor energiexport fra Danmark i de pågældende år.

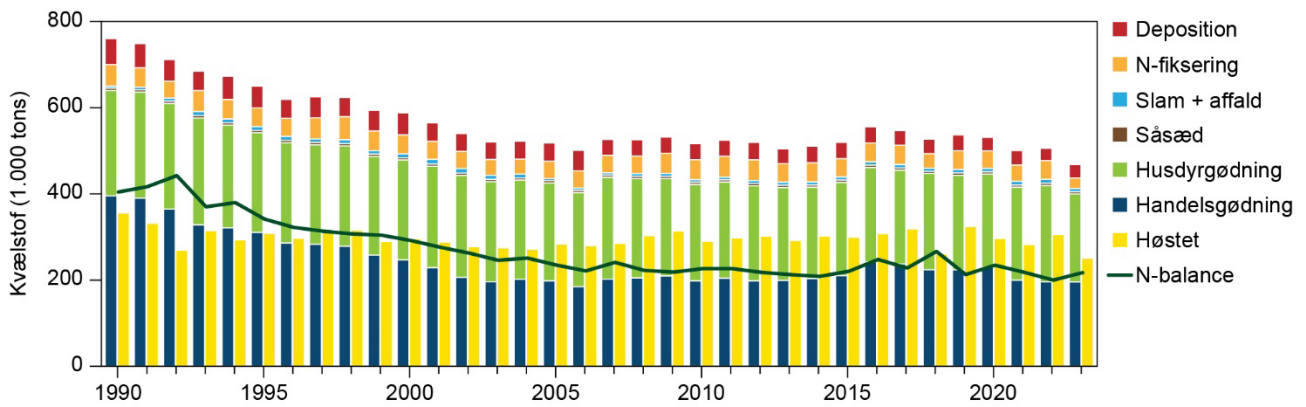
Figur 1.4. Relativ udviklingstendens for årlige udledninger af ammoniak og kvælstofoxider fra Danmark og EU's medlemslande (Nielsen et al., 2024) og EU-27 (EMEP, 2024). Udledningerne er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al., 2024).



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.

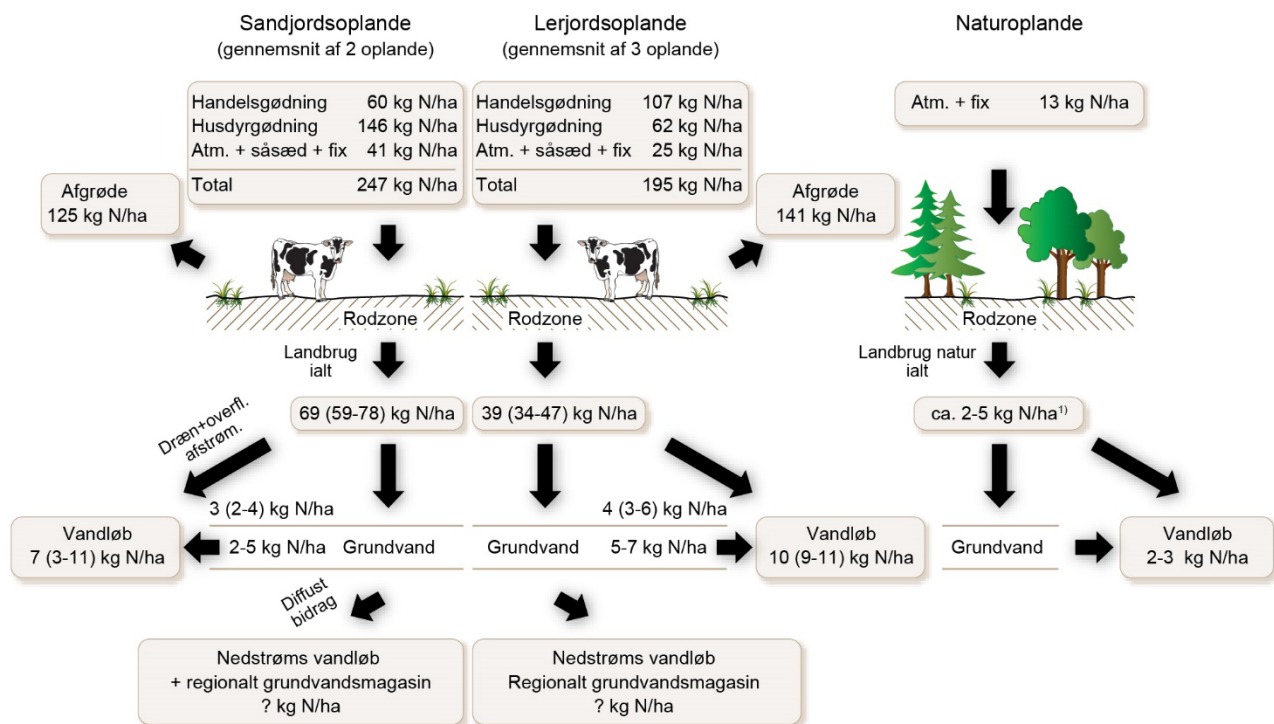
I figur 1.5 er vist udviklingen i landbrugets anvendelse af kvælstof fordelt på forskellige typer af gødning. N-balancen (kvælstofoverskuddet) angiver forskellen mellem kvælstof, der tilføres marken, og kvælstof, der fraføres ved høst af afgrøder. For 2023 er kvælstofoverskuddet opgjort til 217.300 ton N. Et lavere, tørkeramt udbytte i 2023 medførte at kvælstofhøsten var 54.500 ton N lavere i dette år end året før og dermed at kvælstofoverskuddet var 17.300 ton N højere end i 2022. Samlet set er kvælstofoverskuddet i det dyrkede areal faldet med 187.100 ton (ca. 46 %) i perioden 1990-2023. Der er flere årsager til dette fald – fx bedre udnyttelse af husdyrgødning, reduceret kvælstoftilførsel til markerne og de seneste år ligeledes ny braklægning som følge af CAP-reformen. Kvælstofbalancen faldt fra 1990 til 2006, frem mod 2015 var N-balancen nogenlunde stabil, mens den fra 2016-2023 har varieret en del grundet bl.a. muligheden for at gøde mere, som blev indført i forbindelse med Fødevare- og landbrugspakken, krav om bedre udnyttelse af husdyrgødning og varierende høstudbytte, der især har været påvirket af vejrforholdene i de enkelte år. I 2018 var der et rekordhøjt kvælstofoverskud som følge af lave høstudbytter pga. tørken, og de to år 2016 og 2017 efter vedtagelsen af Fødevare- og landbrugspakken viste desuden høje overskud som følge af større gødningsanvendelse. I 2023 registreredes et lavere høstudbytte end i 2022, som derfor bidrog til det højere kvælstofoverskud i 2023. Eventuel effekt af ændringer i kvælstofoverskuddet på udvaskningen af kvælstof vil være afhængig af en række faktorer, heriblandt brugen af efterafgrøder.



Figur 1.5. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2023. N-balancen opgøres som kvælstof tilført de dyrkede afgrøder minus kvælstof fraført ved høst (Blicher-Mathiesen et al., 2024).

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 1.6 er vist tabet af kvælstof i disse fem små oplande via forskellige tabsveje for de seneste fem år (2018/2019-2022/2023).

Det årlige kvælstofkredsløb (2018/19 – 2022/23)



Figur 1.6. Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande for de seneste fem år.

¹⁾ Intervallet for naturoplande, 2-5 kg N ha⁻¹, henviser til udvaskningen fra henholdsvis gammel natur og gammel skov (Blicher-Mathiesen et al., 2024).

Det fremgår af figur 1.6, at der er store forskelle i kvælstofregnskabet på hhv. sand- og lerjorde. Det gennemsnitlige årlige tab af kvælstof fra rodzonen er næsten dobbelt så stort på sandjorde som på lerjorde (hhv. 69 kg/ha mod 39 kg/ha), mens det gennemsnitlige tab af kvælstof til overfladevandet

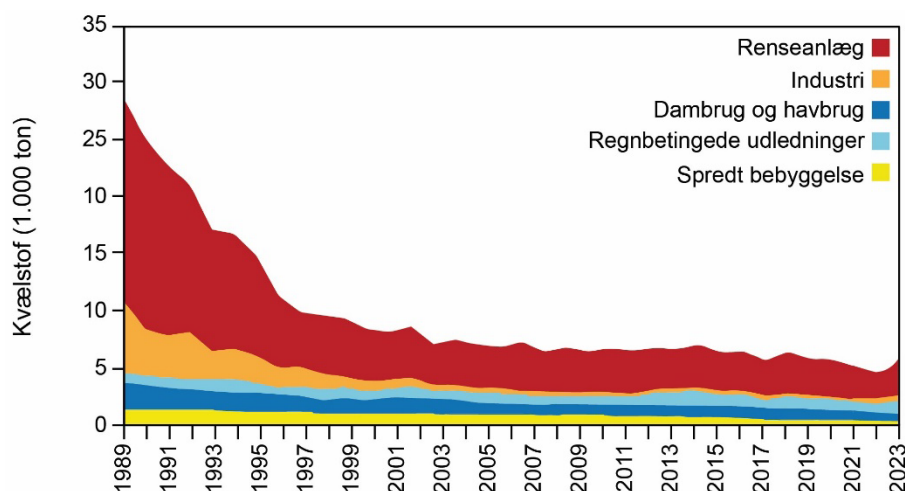
(vandløb) er størst på lerjorde (10 kg/ha mod 7 kg/ha). Dette skyldes bl.a., at en større mængde af vandet (og dermed kvælstoffet) fra lerjordene føres direkte ud i vandløbene via dræn. På sandjorde siver det kvælstofholdige vand til grundvandet, hvor kvælstoffet i vid udstrækning bliver omsat til luftformigt kvælstof og dermed fjernet fra vandet.

Punktkilder

Punktkilder dækker over en række forskellige udledninger af spildevand fra husholdninger, industri og akvakultur (havbrug, ferskvandsdambrug og saltvandsdambrug). Udledningen fra renseanlæg udgør ca. halvdelen af den samlede udledning af næringsstoffer fra punktkilder (figur 1.7). På renseanlæg (både forsyningsselskabernes 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 1989-2023. For renseanlæggene alene er faldet 80 %, mens faldet for industrier med særskilte udledninger er 96 % og ferskvandsdambrug ca. 81 %.

Figur 1.7. Udvikling i udledning af kvælstof fra forskellige typer punktkilder (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø 2024).



Udledning til havet

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land i Danmark er for 2023 beregnet til ca. 65.000 ton N. Det er en stigning på næsten 45 % i forhold til 2022 (ca. 45.000 ton). Årsagen til denne stigning er øget nedbør og dermed vandafstrømning i vinter- og efterårsmånederne 2023 og overskud af kvælstof i markerne i efteråret pga. mindre høstudbytte som følge af tørke i forsommeren. Når tallene opgøres, så forskellene mellem årene som følge af variation i vejrforholdene (fx nedbør og dermed afstrømningen) søges udlignet så meget som muligt, ses et anderledes billede.

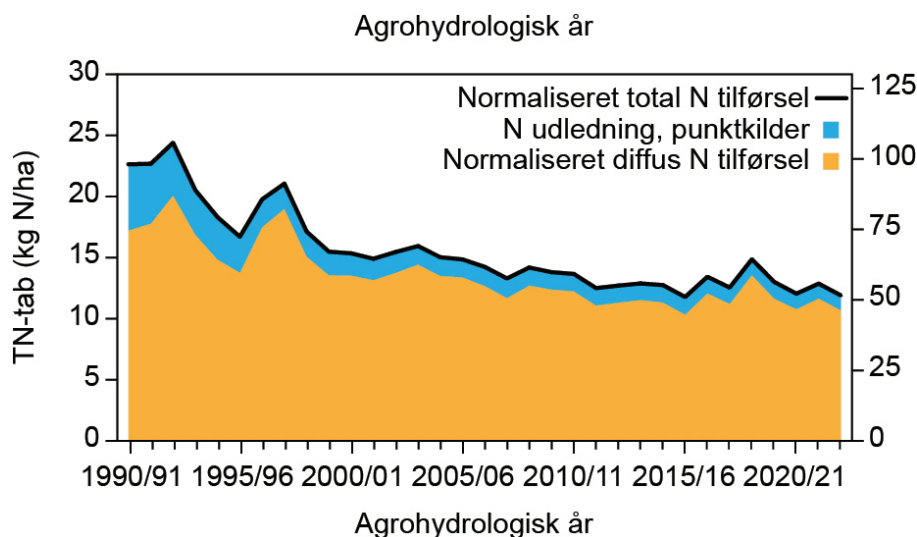
I figur 1.8 er vist udviklingen i den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land via vandafstrømning. Figuren viser udviklingen fordelt på agrohydrologisk år, som går fra 1. april til 31. marts. Opgørelsen er lavet ved at tage højde for variationen i vandafstrømningen især som følge af varierende nedbør 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 omkring 10 % af den samlede udledning.

For senest opgjorte agrohydrologiske år 2022/2023 fås en årlig normaliseret total tilførsel på ca. 51.000 ton N/år, hvor den for 2021/2022, blev opgjort til 57.000 ton. De høje tilførsler opgjort i 2018/2019 er især præget af de høje tilførsler af kvælstof, der sås i 2019 som følge af en ophobning af kvælstof i jorden i det tørkeramte 2018, der først blev udvasket med den megen nedbør i 2019 (Thodsen et al., 2021). Derfor er udviklingen også en anden, hvis man i stedet for agrohydrologisk år opgør tilførslen på kalenderår.

I kalenderåret 2023 var den normaliserede kvælstoftilførsel på ca. 50.000 ton N, hvor den i 2022 var ca. 53.000 ton N, hvilket giver et fald mellem de to år på ca. 3000 ton (på ikke-afrundede værdier). Den normaliserede kvælstoftilførsel i 2023 er den laveste siden 1990, men er dog fortsat på niveau med de seneste år, hvor tilførslen i perioden 2018-2022 har ligget mellem 51.000-64.000 ton N/år med et gennemsnit på 56.000 ton N/år. Der er siden 1990 sket en reduktion i kvælstoftilførslen på omkring 50 % (beregnet ud fra udviklingen i den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsel). Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er faldet med omkring 38 % siden 1990.

Figur 1.8. Udvikling i normaliseret diffust totalt kvælstoftab og udledning fra punktkilder opgivet som arealtab (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, som er fra 1. april til 31. marts (Thodsen et al., 2024).



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 1.9). For vandløbene under et er kvælstofkoncentrationen faldet ca. 40 % siden 1990. 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. Stigningen i 2019 skyldes blandt andet, at en dårlig høst i 2018 efterlod en del kvælstof i jorden, der først blev udvasket med den megen nedbør i 2019. I 2023 er kvælstofkoncentrationerne på niveau med årene før 2019.

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.

I de seneste NOVANA-rapporteringer blev usikkerheder på målinger af kvælstof og fosfor og usikkerheder som følge af en mulig inhomogenitet i nedbørsdatasættet beskrevet. Begge dele kan påvirke beregningen af stoftilførslerne. Der er i de forløbne år arbejdet på korrektioner af tallene, så langt som det indtil nu har været muligt at komme og resultaterne er beskrevet i rapporterne fra tidligere år, hvorfor de ikke omtales yderligere her. Der er imidlertid også konstateret homogenitetsbrud i vandføringsmålingerne for årene efter 2004, hvor der løbende er skiftet instrumenttyper til målinger i de danske vandløb. For en uddybende beskrivelse af problemstillingen se Thodsen et al. (2024) (kap 1.3).

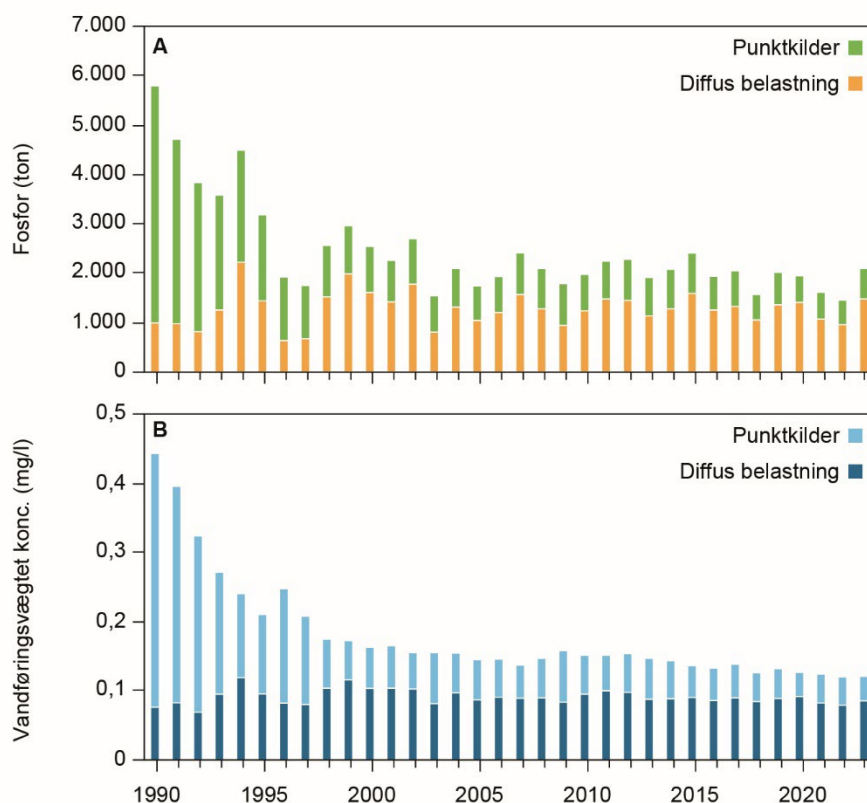
2.1 Tilførsel til overfladevand

Figur 2.1 (øverst) viser den samlede mængde fosfor, som løber til havet omkring Danmark. I 2023 var det i alt ca. 2.100 ton fosfor og dermed 44 % mere end i 2022. Vandafstrømningen var i 2023 ca. 44 % højere end året før. Punktkilder udgjorde i 2023 ca. 620 ton fosfor svarende til ca. 29 % af den samlede udledning til havet.

Der har været en stor reduktion i fosfortilførslerne sammenlignet med det første måleår 1990, hvor udledningen til havet var ca. 5.700 ton fosfor. Således er den vandføringsvægtede koncentration faldet med ca. 67 % i perioden. De seneste ca. 20 år har der dog ikke været en markant udvikling i tilførslen set i absolutte værdier, men vurderet ud fra udvikling i koncentration ses der et fald.

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 1990-2023. Der har været et markant fald frem til omkring årtusindeskiftet, og derefter ses en faldende tendens - dog er den vandføringsvægtede koncentrationen i 2023 den samme som i 2022, som var den hidtil laveste (0.12 mg P/l).

Figur 2.1. Udvikling i samlet tilførsel af fosfor til havet og i den vandføringsvægtede fosforkoncentration (Thodsen et al., 2024).



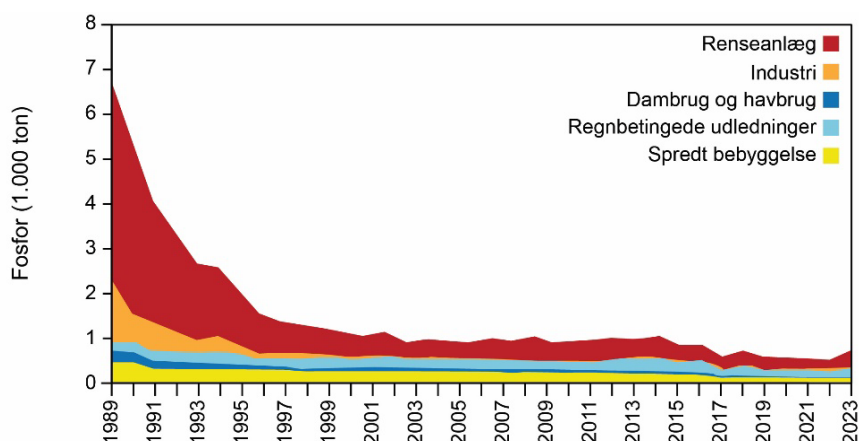
Den store reduktion frem til ca. år 2000 er båret af en tilsvarende stor reduktion i punktkildebidraget (renseanlæg m.m.), idet punktkilderne omkring 1990 stod for omkring 80 % af den samlede udledning, men nu er reduceret til omkring 29 %. I figur 2.2 er punktkildebidraget delt ud på de forskellige typer af punktkilder. Den store reduktion i den samlede punktkildeudledning er især sket på renseanlæg (90 %) og fra industri (99 %), mens fosforudledninger fra ferskvandsdambrug er reduceret med ca. 87 %, og den samlede reduktion for alle punktkilder er på ca. 90 % siden 1989 (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2024). Renseanlæg er fortsat den største fosforpunktkilde. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har ændret opgørelsesmetode for regnbetingede udledninger og fra spredt bebyggelse. Fra 2018 er den estimerede mængde af fosfor, som en person producerer per år reduceret, hvilket afspejler sig direkte i udledningerne fra både regnbetingede udløb og fra den spredte bebyggelse (Arildsen og Vezzaro, 2019). Fosforindholdet per PE i spildevandet har været faldende over en årrække, men ændringen i opgørelsesmetoden betød et ekstra fald i opgørelserne fra 2018 (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2024).

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 ca. 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 faldt igen og har siden 2020 været nogenlunde konstant.

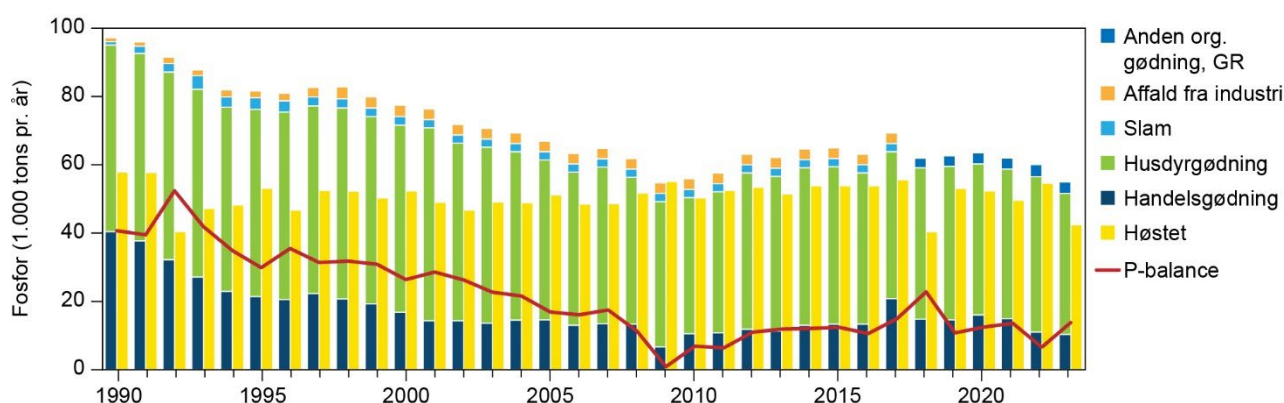
Som det fremgår af figur 2.1, er den diffuse fosfortilførsel i dag betydeligt større end udledningen fra punktkilderne. Den diffuse tilførsel består af bidrag fra flere kilder – et bidrag fra spredt bebyggelse, et bidrag fra dyrkningen

af jorden herunder brinkerosion ved dyrkning tæt på brinken, samt et baggrundsbidrag, dvs. et bidrag fra generel brinkerosion og 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 1990-2023, mens der findes et sikkert fald i ca. halvdelen af de målte vandløb i dyrkede oplande uden spildevandsudledninger af betydning (se figur 2.5).

Figur 2.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, 2024).

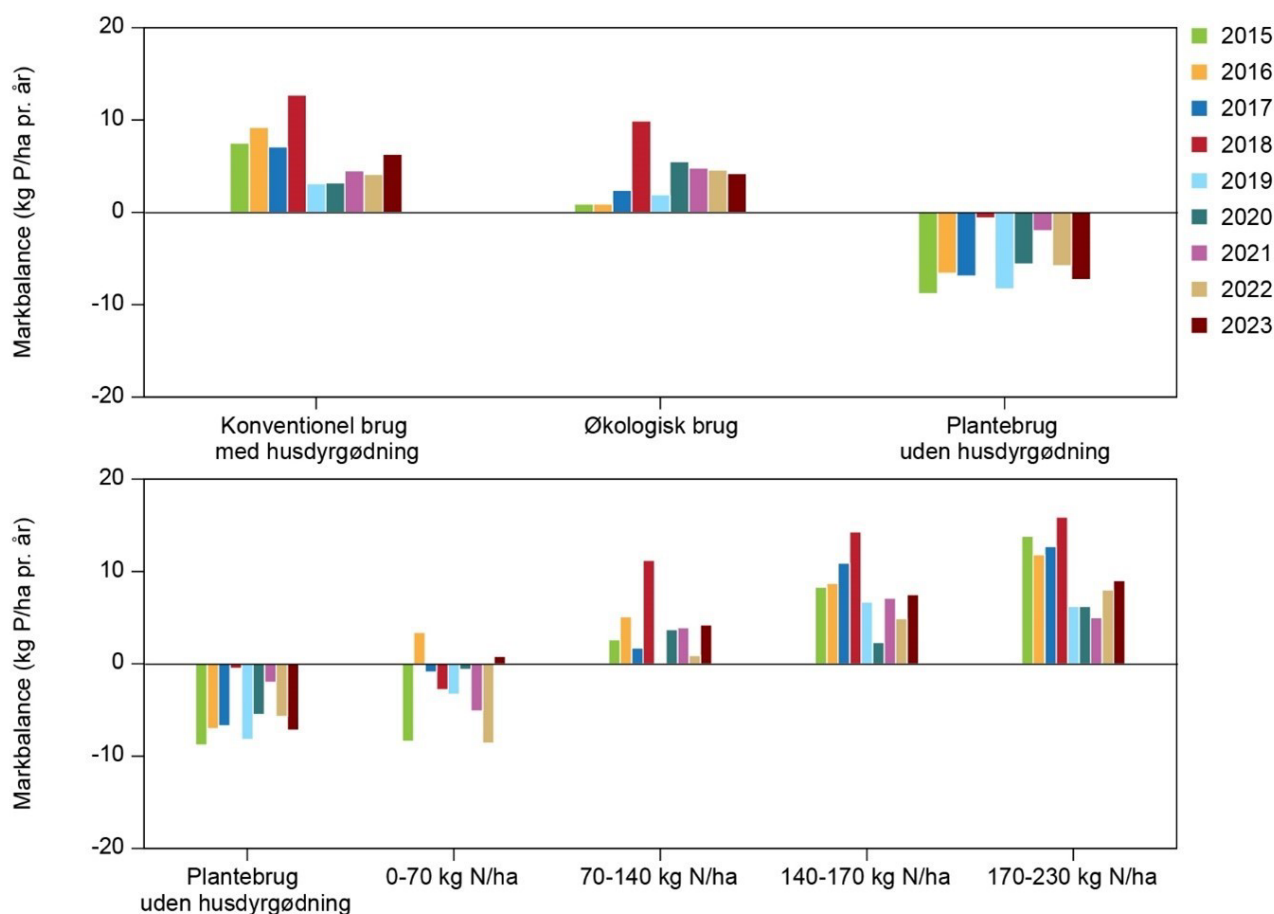


Uanset transportvej er jordens indhold af fosfor væsentlig. I figur 2.3 ses udviklingen i fosforregnskabet for dansk landbrug. En vigtig information er P-balancen (eller P-overskuddet), som viser forskellen mellem udbragt fosfor (fx med gødning) og det, der fjernes via høst. Figuren viser, at fosforoverskuddet (P-balancen i figur 2.3) er faldet fra ca. 40.000 ton P i 1990 til omkring 13.800 ton i 2023. Faldet er størst i starten af perioden og fra 2010-2015 ligger fosforoverskuddet på omkring 10.000 ton. I det tørkeramte 2018 stiger fosforoverskuddet grundet dårlig høst, hvorefter det falder til 8.300 ton i 2019. I 2020 og 2021 stiger fosforoverskuddet igen til henholdsvis 14.200 og 14.300 ton P, primært grundet mindre høstudbytte, hvorefter det er faldet til 6.600 ton P i 2022 bl.a. på grund af skærpede fosforlofter og højere høstudbytte. I 2023 ses igen et mindre høstudbytte, som får fosforoverskuddet til at stige.



Figur 2.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2023. Fra 2018 er kategorierne "slam" og "affald fra industri" indeholdt i kategorien "anden organisk gødning" P-balancen er fosfor tilført markarealet minus fosfor fraført ved høst af afgrøder (Blicher-Mathiesen et al., 2024).

Det er også værd at bemærke, at fosforoverskuddet de seneste 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 2015-2023 i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og forbrug af husdyrgødning (Blicher-Mathiesen et al., 2024).

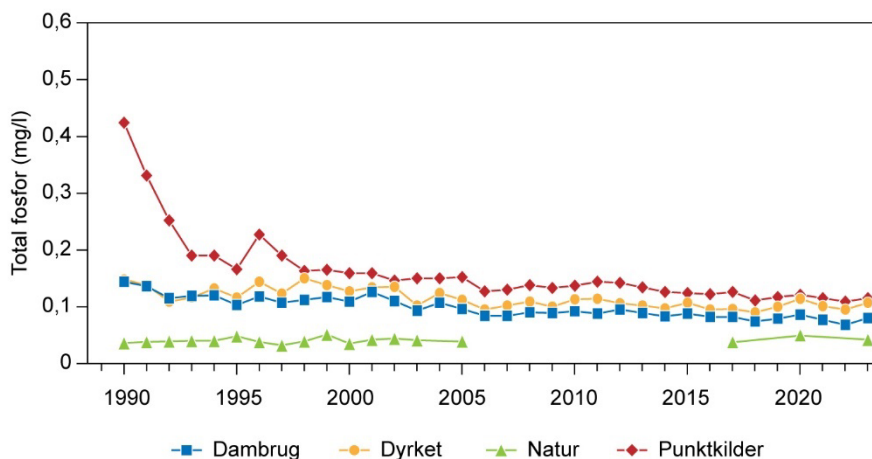
Der er meget store forskelle i fosforoverskuddet mellem forskellige produktionstyper i landbruget. Figur 2.4 viser overskuddet på forskellige bedriftstyper på baggrund af data fra landovervågningsoplandene. Der er i perioden 2015-2023 sket et fald i det samlede fosforoverskud på konventionelle brug, der anvender husdyrgødning. Dette skyldes bl.a. de skærpede fosforlofter, som lægger begrænsninger på mængden af anvendt fosfor. På de økologiske brug har fosforoverskuddet varieret mellem 2 og 6 kg P ha⁻¹ bortset fra 2018, hvor tørken førte til et større overskud. På plantebrug, hvor der ikke er anvendt husdyrgødning, har der generelt været et fosforunderskud på 4-10 kg P ha⁻¹ på nær i det tørre år 2018, hvor der stort set var balance mellem tilført og fraført fosfor.

Data viser herudover, at fosforoverskuddet generelt stiger med stigende forbrug af husdyrgødning. Det betyder også, at der er regionale forskelle i fosforoverskuddet, idet husdyrproduktionen i høj grad er koncentreret vest for Storebælt. Denne forskel ser dog ud til at være blevet mindre efter 2018, hvilket bl.a. kan skyldes ændret fordeling af husdyrgødningen efter indførelse af skærpede fosforlofter, herunder for kvægbrug omfattet af undtagelsen fra Nitratdirektivet.

2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand

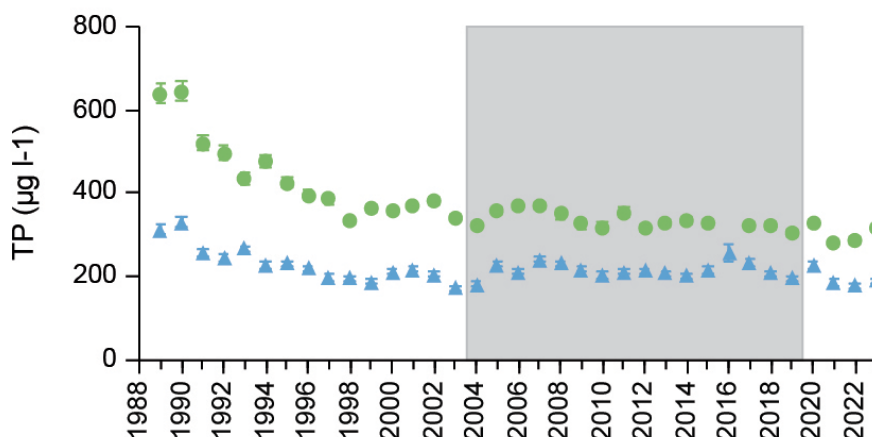
Figur 2.5 viser udviklingen i koncentrationen af fosfor i vandløb med forskellige dominerende fosforkilder ("dambrug" angiver fx vandløb, hvor der var en væsentlig dambrugsproduktion i 1991. I nogle af disse vandløb er dambrugsdriften dog ophørt efter 1991). Ved at anvende vandføringsvægtede koncentrationer tages der højde for forskellige afstrømningsforhold årene imellem. For vandløb under et er koncentrationen af total P gennemsnitligt faldet fra 1990-2023. Koncentrationen er især faldet markant i de punktkildebelastede vandløb samt i vandløb påvirket af dambrug. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i vandløb under et var i 2023 ligesom i 2022 ca. 0,12 mg P/l, hvilket er den næst laveste siden 1990.

Figur 2.5. Udvikling i fosfor-koncentration i vandløb siden 1990. Gennemsnit af vand-føringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger. For naturvandløb er årene 2008, 2011 og 2014 udeladt af tidsserien, da ikke alle stationer har målinger disse år (Thodsen et al., 2024).



Figur 2.6 viser udviklingen i total P i marine områder. 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. Efter to år med lave koncentrationer var Total P i 2023 gennemsnitlig for perioden siden 1998. Der er også sket et tilsvarende markant fald i koncentrationen af total P i starten af perioden i de åbne dele af de indre danske farvande, hvor koncentrationen siden midten af 1990'erne har stabiliseret sig på et niveau omkring 20 $\mu\text{g/l}$. Koncentrationen af Total P i 2023 var under gennemsnittet for perioden siden 1998.

Figur 2.6. Udvikling i årsmiddel-koncentrationen af total fosfor (TP i fjorde og kystvande (●) og åbne indre danske farvande (▲). Perioden med potentielle systematiske afvigelser grundet analysefejl er markeret med gråt (Hansen et al. (red.), 2024).



3 Vejr og afstrømning i 2023

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. Desuden 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 Cappelen et al. (2024) mens afstrømningsdata er baggrundsdata for rapporten af Thodsen et al. (2024). Klimanormaler for den nye normalperiode 1991-2020 er fortsat foreløbige tal og findes endnu ikke for alle parametre, hvorfor der for nogle få parametre sammenlignes med den tidligere normal (1961-1990).

Med en årsmiddeltemperatur på 9,3 °C blev 2023 det niendevarmeste siden DMI startede sine målinger i 1874. Det blev 0,6 °C over 30 års klimanormal 1991-2020 (herefter kaldet normalen). Sammenlignet med gennemsnittet af de seneste 10 år (2013-22) var det 0,5 °C varmere. Følgende måneder var blandt de top ti varmeste siden 1874 (tal i parentes svarer til placering på top ti: juni (9.) og september (1. altså rekord varm og 3,6 °C over normalen). Januar og februar var også meget varme henholdsvis 3,8 og 3,7 °C over normalen. Der var kun 13 døgn med snedække mod normalen 23,8 døgn. Der var i 2023 kun 5,9 isdøgn mod normalen på 23,0 dage.

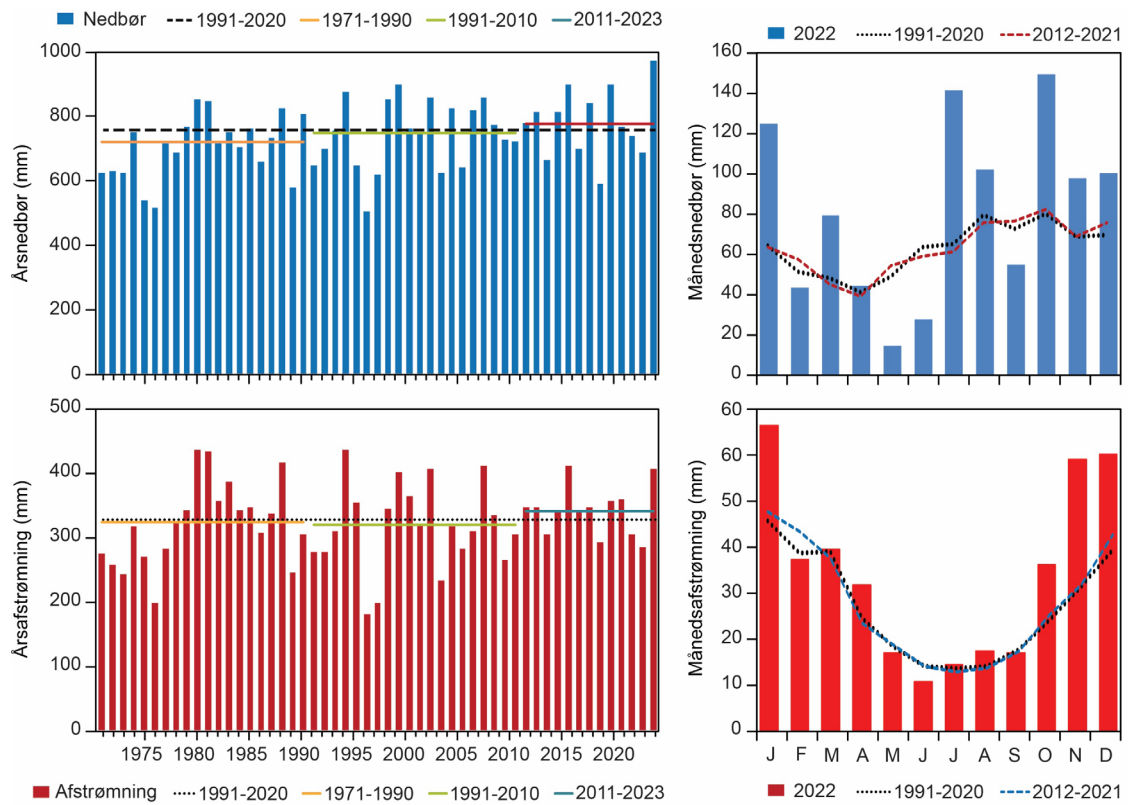
Der faldt 976,7 mm nedbør i 2023, hvilket er klart den største årsnedbør DMI har målt siden de landsdækkende målingerne startede i 1874. Det er hele 218 mm (29 %) over normalen (759,1 mm). Sammenlignet med gennemsnittet for de seneste 10 år (2013-2022) faldt der ca. 212 mm (28 %) mere nedbør. Januar satte med 124,8 mm nedbørsrekord og var 91 % over normalen på 65,3 mm. Juli satte også rekord med 141,2 mm eller hele 115 % over normalen på 65,8 mm. Følgende øvrige måneder afveg mere end ± 25 % fra normalnedbøren: marts (+71 %), maj (-70 %), juni (-58 %), juli (+115 %), september (-27 %), oktober (+79 %), november (+38 %) og december (+41 %). Vinteren 2022-23 blev den ottende vådeste (245,2 mm mod normalen 186,5 mm). Efteråret 2023 blev med 300,8 mm det 7. vådeste (normalen 228,2 mm). Der faldt mere nedbør end normalen i otte af månederne i 2023, mens der i februar, april, maj og august faldt mindre end normalen (figur 3.1).

Solen skinnede godt 1769 timer i 2023 eller 6 % over normalen på 1669 timer. Sammenlignet med gennemsnittet for de seneste 10 år (2013-2022) er det 34 timer (2 %) højere. Følgende måneder afveg markant (+/- 25 %) fra normalen: februar (+28 %), april (+ 27 %), maj (5. solrigeste, +26 %), juni (rekord solrig med 332,5 timer, +42 %), august (5. solfattigste, -30 %), oktober (-30 %) og december (-27 %). Desuden blev september den 9. solrigeste. Foråret blev med godt 652 timer mod normalt 595,3 timer det 6. solrigeste nogensinde.

Der var to regionale klasse-2 storme (Otto i februar og Pia i december) og tre regional klasse 1 blæsevejr på den danske stormliste i 2023. Der var kraftig stormflod i Bælthavet og den vestlige Østersø i forbindelse med blæsevejret i oktober). Højeste middelvind over 10 minutter i 2023 var 30,3 m/s (21. december 2023). Middelvinden for året var 4,7 m/s som er 19 % under normal for 1961-1990 på 5,8 m/s (der er p.t. ikke offentliggjort normaler for vind for 1991-2020). Middelvinden var i alle måneder af 2023 under de tilsvarende normaler for 1961-1990.

Ferskvandsafstrømningen var i 2023 godt 17.400 mio. m³, svarende til 403,4 mm vand fra hele landets areal. Det er godt 78 mm eller ca. 24 % over normalen på 324 mm (figur 3.1). Afstrømningen i 2023 var godt 21 % højere end gennemsnittet af de seneste 10 år (2013-2022) på knap 333 mm. Afstrømningen i 2023 blev den 5. højeste i NOVANA overvågningsperioden 1990-2022. Månederne januar, oktober, november, december 2023 havde afstrømning væsentligt over normalen. Den højere afstrømning tidligt i 2023 kan tilskrives en nedbørsrig afslutning på 2022 og en rekord nedbørsrig januar 2023. De meget nedbørsrige 3 sidste måneder i 2023 afspejler sig også i en meget højere end normal afstrømning de pågældende måneder. En nedbørsfattig (væsentligt under normalen) maj og juni gav laverne end normal afstrømning i maj og især juni, mens den rekord nedbørsrige juli kun hæver afstrømning op til omkring normalen i juli og august (der også var mere nedbørsrig end normalen). I følgende måneder af 2023 afveg afstrømningen mere end ±25 % fra normalen: januar (+43 %), april (+ 27 %), juni (-26 %) oktober (46 %), november (85 %) og december (50 %). Nedbørs- og afstrømningsforholdene i efteråret 2023 og starten af vinteren 2023/24 vil påvirke afstrømningen ind i begyndelsen af 2024 uanset nedbørsforholdene.

Det er landstallene der er beskrevet i dette kapitel og der har været store regionale forskelle i både nedbør og afstrømning i 2023. Afstrømning var over 400 mm fra store dele af Jylland men så lav som <150 mm fra Langeland og vestlige del af Lolland (Thodsen et al., 2024).



Figur 3.1. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark (mm) for perioden 1971-2023 og per måned for 2023. Der vises normalen 1991-2020 for både års- og månedsmidler. For årsværdierne vises gennemsnittet af 20-års perioderne 1971-1990 og 1991-2010 og gennemsnittet for perioden 2011-2023. For månedsværdier vises gennemsnittet for 10-års perioden 2013-2022. Nedbør efter Cappelen et al. (2024) og afstrømning efter Thodsen et al. (2024).

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.

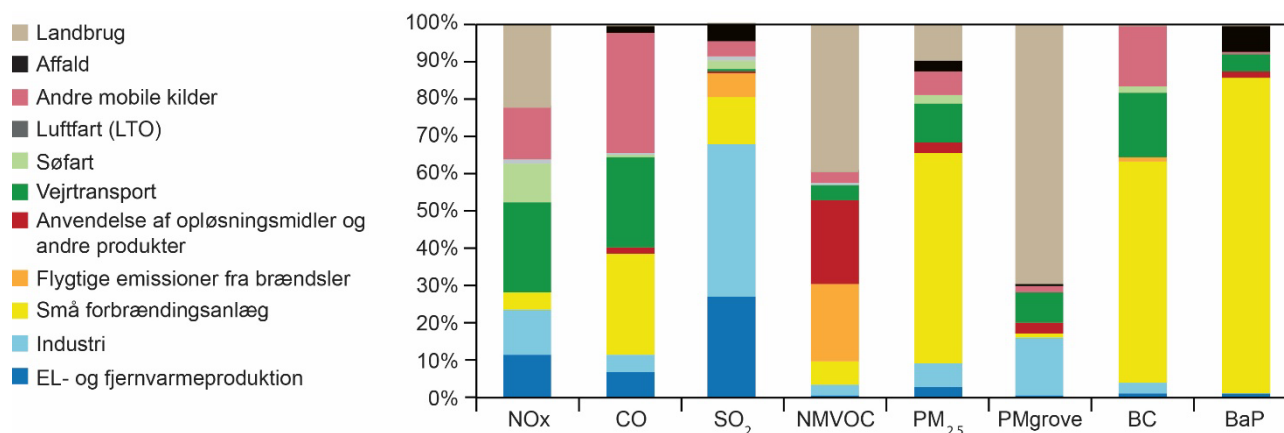
Der måles på koncentrationer af svovldioxid, kvælstofilter (NO_x/NO_2), partikelmasse (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), partikelantal, benzen og toluen, kulilte, ozon (O_3), elementært og organisk kulstof (EC og OC), udvalgte metaller som bly, arsen, cadmium, kviksølv og nikkel, samt tjærestoffer (PAH'er) 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. I oktober 2021 offentliggjorde WHO opdaterede retningslinjer for luftkvalitet. Værdierne fra WHO's retningslinjer er sammenholdt med de målte koncentrationsniveauer for stofferne i 2023.

4.1 Kilder til luftforureningen i Danmark

Kilderne og udviklingstendensen for udledningerne af luftforurening giver en god baggrund for at forstå årsagerne til den geografiske fordeling af og udviklingstendenserne for de enkelte luftforureningskomponenter.

Figur 4.1 viser bidraget til udledningerne opdelt i de hovedsektorer, som anvendes i forbindelse med den internationale indrapportering af udledningerne.



Figur 4.1. Udledning af en række vigtige luftforureningskomponenter fra danske kilder i 2022 opdelt i GNFR-hovedsektorer (Nielsen et al., 2024a). Opdelingen i hovedsektorer følger standard for indrapportering til EU. Følgende luftforureningskomponenter indgår: Kvælstofoxider (NO_x), kulilte (CO), svovldioxid (SO_2), flygtige organiske forbindelser uden metan (NMVOC), fine partikler ($\text{PM}_{2,5}$ = partikler med diameter under $2,5 \mu\text{m}$), grove partikler (PM_{grove} = partikler med diameter mellem $2,5$ og $10 \mu\text{m}$), black carbon (BC) og benz[a]pyren (BaP). Opgørelserne af udledningerne dækker kun de direkte udledte partikler og ikke de partikler som dannes sekundært via de kemiske reaktioner i luften. Emissionssektorerne er fra og med 2022-opgørelserne ændret fra SNAP til GNFR i kildeopgørelserne.

4.2 Udvikling i NO₂- og partikelmålinger

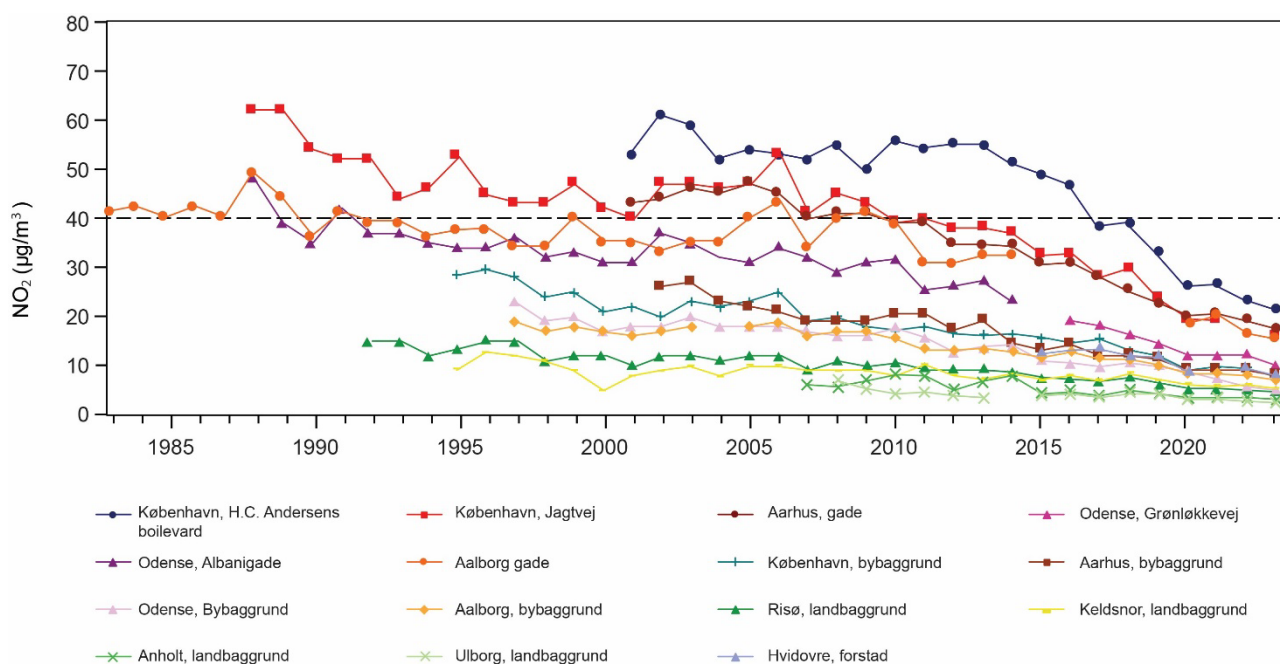
NO₂-målinger

Kvælstofdioxid (NO₂) 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 4.2 giver status for luftkvaliteten for kvælstofdioxid ved målestationerne i 2023. Årsmiddelkoncentrationerne (langtidseksponering) er ved alle målestationer under EU-grænseværdien på 40 µg/m³ (EU, 2008). Ved den mest forurenede gademålestation (H.C. Andersens Boulevard) var årsmiddelværdien 45 % under grænseværdien. Luftkoncentrationerne for langtidseksponering med kvælstofdioxid er faldet med næsten 60 % på gademålestationerne siden 2005.

EU's luftkvalitetsdirektiv fastlægger ligeledes en grænseværdi for korttidseksponeringen for kvælstofdioxid. Denne grænseværdi angiver, at timemiddelværdien ikke må overskride 200 µg/m³ 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 2023.



Figur 4.2. 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 i 2010, som flyttede trafikken tættere på målestationen (Nordstrøm et al., 2024).

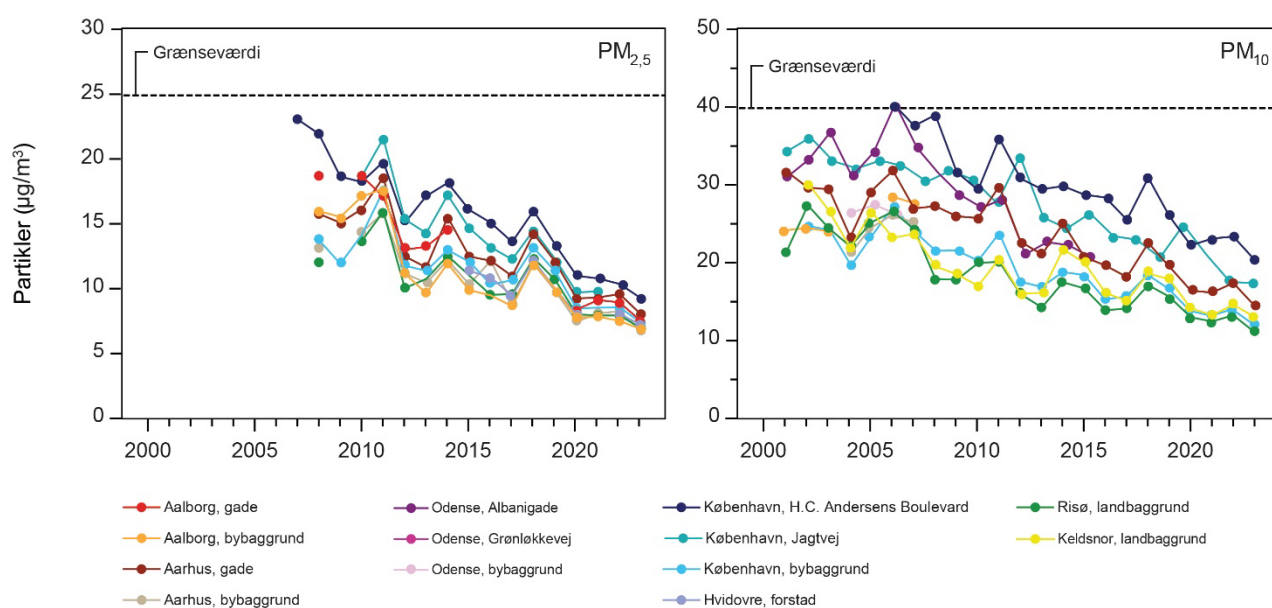
For kvælstofdioxid ses et svagt fald i niveauerne i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne, som blev efterfulgt af stort set uændrede niveauer i slut 1990'erne og begyndelsen af 2000'erne. Fra omkring midten af 2000'erne og fremefter indførtes i stadig stigende grad dieslbiler med katalysatorer, som stærkt begrænser udledningerne af kvælstofoxider fra dieselskøretøjerne. Det

førte til det relativt store fald i luftkoncentrationerne fra omkring 2005 og frem, hvor det største fald på næsten 60 % er på gademålestationerne.

Partikelmålinger

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

Af figur 4.3 fremgår målte årsmiddelværdier over årene for PM_{2,5} (partikler med mindre diameter end 2,5 µm) og PM₁₀ (partikler med en diameter op til 10 mikrometer) samt grænseværdierne for PM_{2,5} og PM₁₀ på hhv. 25 µg/m³ og 40 µg/m³. Niveauerne for årsmiddelværdierne i forhold til grænseværdierne for PM_{2,5} og PM₁₀ var hhv. 65-75 % og 50-75 % under de respektive grænseværdier i 2023. Det er navnlig den øgede anvendelse af partikelfiltre, som giver anledning til reduktionerne efter 2010.



Figur 4.3. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af PM_{2,5} (venstre) og PM₁₀ (højre) (Nordstrøm et al., 2024). De stiplede linjer angiver grænseværdierne for årsmiddelværdien af PM_{2,5} og PM₁₀ (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.

Siden 2002 er partikelantallet for den samlede partikelfraktion (11 - 478/550 nm) faldet med omkring 70 % ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og 60 % ved bybaggrundsmålestationen i København. Målinger i landbaggrund ved Risø er først begyndt i 2005, og siden da er partikelantallet faldet med omkring 35 % for den samlede partikelfraktion (11- 478/550 nm).

4.3 Ozon

Ozon (O₃) kan absorbere meget af den UV-stråling, som kommer fra Solen, men ozon kan ved jordoverfladen have negativ effekt på helbredet og vegetationen.

I modsætning til de øvrige luftforureningskomponenter er årsmiddelkoncentrationerne 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 modsvarer 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.

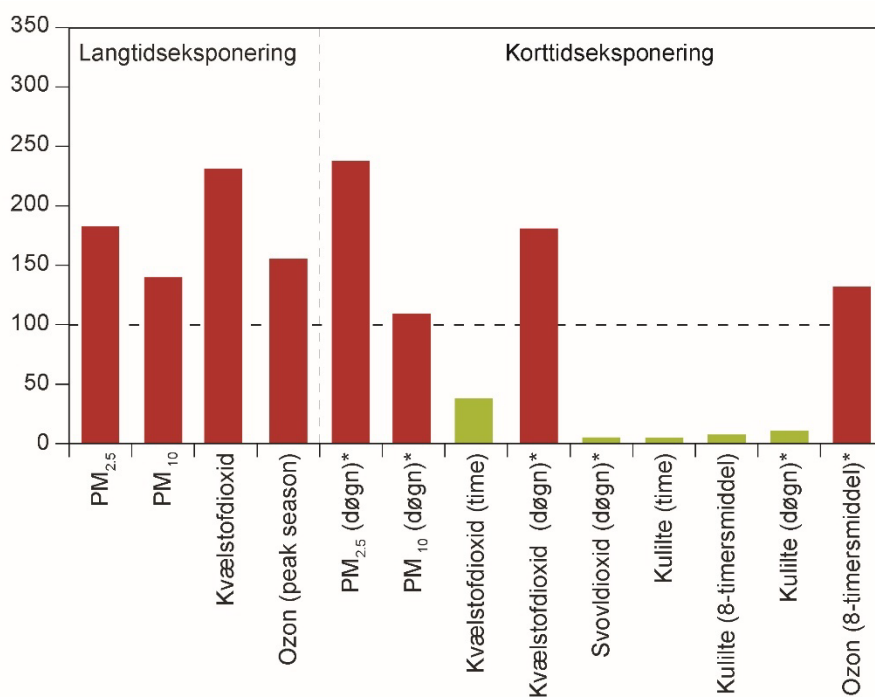
Ozon er omfattet af EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008), hvor der er fastlagt en såkaldt målværdi (en slags grænseværdi) og en langsigtet målsætning til beskyttelse mod helbredseffekter fra korttidseksponering for ozon. Målværdien angiver, at den daglige maksimale 8-timersmiddelværdi ikke må overskride $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mere end 25 gange i kalenderåret set som gennemsnit over de seneste tre år. Der er ingen overskridelse af målværdien for perioden i 2023. 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 2023. 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 også, at befolkningen skal informeres, når timemiddelkoncentrationen 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 2023, hvor den til sammenligning var overskredet en enkelt gang på målestationen i Ulborg i 2022.

4.4 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO

I september 2021 offentliggjorde WHO opdaterede retningslinjer for luftkvalitet (WHO, 2021). Figur 4.4 giver et samlet overblik over koncentrationsniveauerne for kvælstofdioxid, kulilte-monoxid, svovldioxid, ozon og partikler ($\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}) ved de danske målestationer sammenholdt med de opdaterede retningslinjer fra WHO (2021). WHO-retningslinjer for langtidseksponering er overskredet for alle luftforureningskomponenter med størst overskridelse for $\text{PM}_{2,5}$ og kvælstofdioxid. For korttidseksponering ses ligeledes overskridelse af WHO's retningslinjer for $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , kvælstofdioxid og ozon. Til gengæld er niveauerne for svovldioxid og kulilte klart under WHO-retningslinjerne. De mest helbredsskadelige luftforureningskomponenter (partikler, kvælstofdioxid og ozon) viser størst overskridelse af WHO-retningslinjerne. 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 4.4. Oversigt over luftkvalitet i Danmark sammenholdt med WHO's retningslinjer for udsættelse for helbredsskadelige luftforureningskomponenter (WHO, 2021). Figuren er opdelt i retningslinjer vedrørende langtids- og korttidsseksponering. 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 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 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. (Nordstrøm et al., 2024).



4.5 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 3.820 tilfælde i Danmark i 2023, som er et fald på ca. 380 siden 2022. Beregningerne viser et fald i helbredseffekterne fra omkring 8.100 tilfælde af for tidlig død i 1990 svarerende til en reduktion på omkring 58 % i 2023.

Omkring 744 tilfælde af for tidlig død kan tilskrives udledninger fra danske kilder, hvilket svarer til omkring 23 % af det samlede antal for tidlige dødsfald som følge af luftforureningen i Danmark. Den vigtigste danske kilde til for tidlige dødsfald er *Små forbrændingsanlæg* (navnlig boligopvarmning med brænde), som er ansvarlig for omkring 324 tilfælde af for tidlig død svarende til omkring 43 % af tilfældene af for tidlige dødsfald fra danske kilder. Udledning fra sektoren *Små forbrændingsanlæg* er årsag til omkring 9 % af tilfældene af for tidlige dødsfald set i forhold til den samlede luftforurening fra danske og internationale kilder. *Landbrug* og *Vejtransport* er de næstvigtigste danske kilder til for tidlige dødsfald.

De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 60 milliarder kr. i 2023, hvilket er lidt mere end sidste

rapportering for 2022. Dette skyldes bl.a. en opdatering af de miljøøkonomiske beregningspriser benyttet i beregningerne for 2023.

Det samlede bidrag til omkostninger i Danmark fra danske kilder er ca. 13 milliarder kr. Heraf bidrager *Små forbrændingsanlæg* med ca. 5,6 milliarder kr., *Vejtransport* med ca. 1,6 milliarder kr. og *Landbrug* med ca. 3,4 milliarder kr.

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.

Der er i Thorling et al. (2024) redegjort for, hvordan de forskellige dele af datagrundlaget, GRUMO, LOOP og vandforsyningsboringerne på forskellig vis bidrager til vurderingen af udviklingen og status for grundvandets kvalitet.

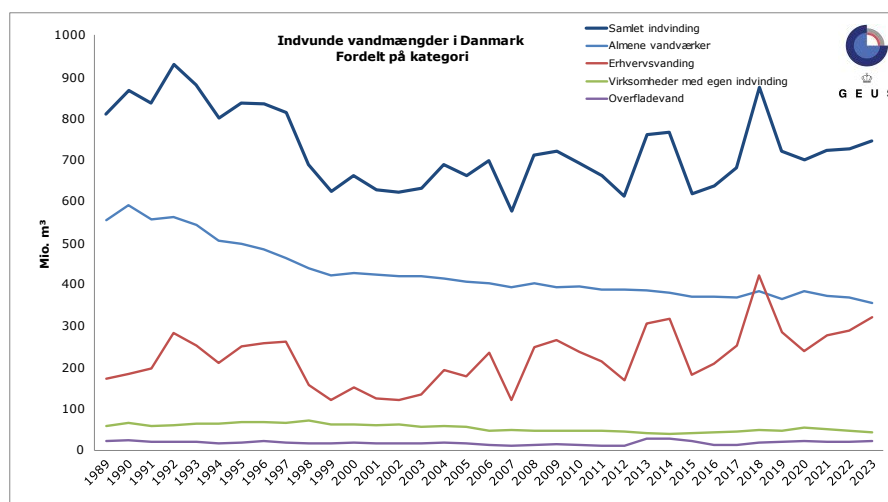
Året 2023 var et særdeles nedbørsrigt år, hvor pejlingerne viser tegn på stigende vandstand i løbet af 2023, og generelt afsluttes 2023 med højere vandstand end normalt i slutningen af året. Efter et tørt 2022 er grundvandsstanden i slutningen af 2023 således genetableret til et højt niveau.

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, og lokalt give anledning til forringet grundvandskvalitet.

Den samlede vandindvinding samt fordelingen af indvindingen på forskellige kategorier i perioden 1989 – 2023 er vist i figur 5.1. I løbet af 1990'erne er indvindingen ved almene vandforsyninger faldet. Indvindingen, uden erhvervsvanding, var omkring 1990 på 700 mio. m³/år, men er faldet frem mod år 2000 og har efterhånden stabiliseret sig omkring 500 mio. m³/år. 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 nedbørsmængden.

Figur 5.1. Den samlede vandindvinding, samt indvinding ved almene vandforsyninger, erhvervsvanding inkl. markvanding, virksomheder med egen indvinding og overfladevand i Danmark i 1989-2023 (Thorling et al., 2024).



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.

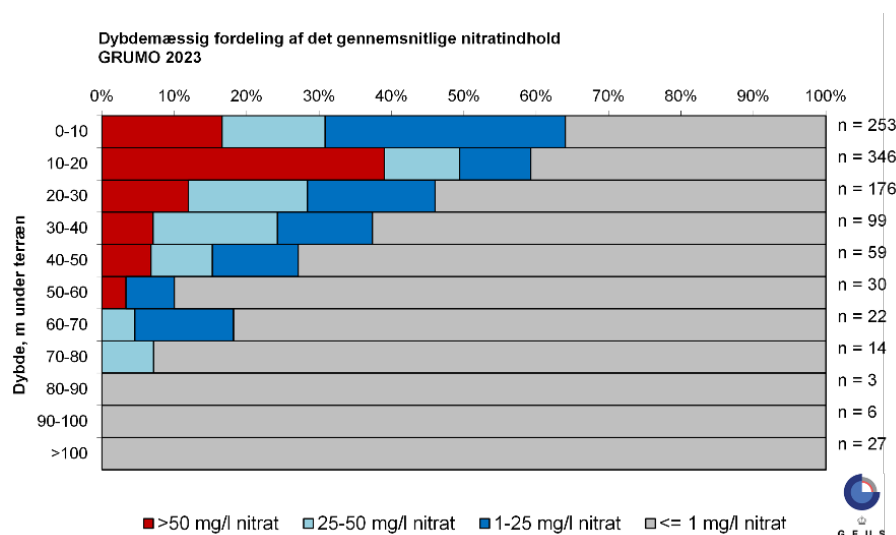
Nitratholdigt grundvand som strømmer ud i vandløb og søer, kan i sidste ende resultere i problemer med at opfylde målsætningerne i ferskvand eller marine områder. Ligeledes kan høje koncentrationer i grundvand, som er grundlag for grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær, betyde, at 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 2023 højere end kvalitetskravet på 50 mg/l i ca. 13 % af de undersøgte indtag i GRUMO, mens det samme var tilfældet i omkring 1 % af indtagene i vandforsyningsboringer.

Figur 5.2 viser, at nitratkoncentrationer over kvalitetskravet optræder i de øverste 60 m i de GRUMO-indtag, der er undersøgt i 2023. Desuden er antallet af indtag under 50 m's dybde begrænset. I prøverne fra 2023 ses en relativ høj andel (ca. 39 % af indtagene) med nitratkoncentrationer over 50 mg/l i intervallet 10 – 20 m u.t. Nitratindholdet falder gradvist med dybden, hvor hovedparten (ca. 90 %) af nitratanalyserne stammer fra indtag i de øverste 50 meter. Fra 80 m u.t. er nitratkoncentrationen mindre end 1 mg/l i de relativt få undersøgte indtag. Faldet i nitratkoncentrationerne med dybden afspejler udvaskningen af nitrat fra arealanvendelsen og at potentialet for naturlig nedbrydning af nitrat generelt stiger med dybden.

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

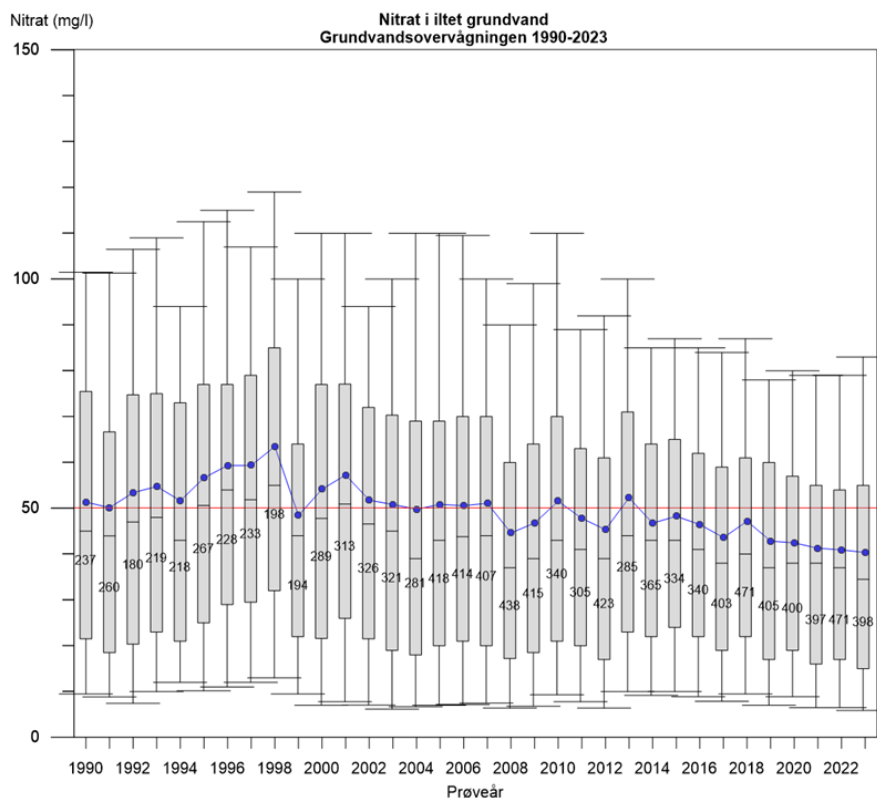
Figur 5.2. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2023 i forhold til top af indtag i m u.t. i 1027 indtag i grundvandsovervågningen. Nitratindholdet er opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (Thorling et al., 2024).



Effekten på grundvandets nitratindhold af de kvælstofreguleringer, som er sket gennem nationale handlingsplaner siden 1985, afspejler sig i det iltholdige grundvand. De seneste 10 år har gennemsnitsværdien af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l, og der er en tendens til faldende koncentrationer for stort set alle fraktiler (figur

5.3). I 2023 er gennemsnitsværdien for nitrat i det iltholdige grundvand ca. 40 mg/l og medianværdien ca. 35 mg/l, mens ca. 29 % (117 ud af 398 af indtagene) af nitratkoncentrationerne var højere end kravværdien på 50 mg/l.

Figur 5.3. Udviklingen i det iltholdige grundvands nitratindhold i grundvandsovervågningen vist for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2023. Beregnet på baggrund af det gennemsnitlige nitratindhold per indtag per år. Antal af indtag er angivet for hvert år (Thorling et al., 2024).



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. Generelt ses en større andel af meget høje koncentrationer i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene. Der er mindre variationer i fordelingen i 2023 fra det generelle billede i 2019-2023 som fx højere koncentrationer i Himmerland i 2023.

De højeste koncentrationer af nitrat er målt ved Bolbro Bæk, med koncentrationer på op til 200 mg/l og Odder Bæk med koncentrationer op til 170 mg/l i 2023. De høje koncentrationer skyldes dels, at nitratudvaskningen ofte er højere på sandjordene end på lerjordene på grund af forskelle i dyrkningspraksis, flere husdyr og en højere kvælstoftilførsel (Blicher-Mathiesen et al., 2024), men også at flest indtag på lerjordene er placeret i anoxisk nitratreducerende eller reduceret grundvand.

I 2023 ligger det gennemsnitlige nitratindhold over 50 mg/l i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjordsoplandene i hhv. ca. 74 % (14 ud af 19) og ca. 26 % (6 ud af 23) af indtagene.

5.3 Pesticider i grundvand

Pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider, der findes i grundvand, kan stamme fra flere kilder, eksempelvis brug af sprøjtemidler ved jordbrug og skovbrug, i haver og anlæg, på befæstede arealer og ved infrastrukturanlæg samt fra spild eller punktkilder, som eksempelvis deponier. Pesticider omfatter både plantebeskyttelsesmidler og 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 drikkevands-overvågningen. 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. (2024). Prøvetagningen har siden 2017 vekslet mellem kontrolovervågning, hvor alle indtag programlagt til pesticidovervågning prøvetages, og operati-onel overvågning, hvor der fortrinsvist prøvetages indtag med tidligere pe-esticidfund. 2023 var et år med kontrolovervågning.

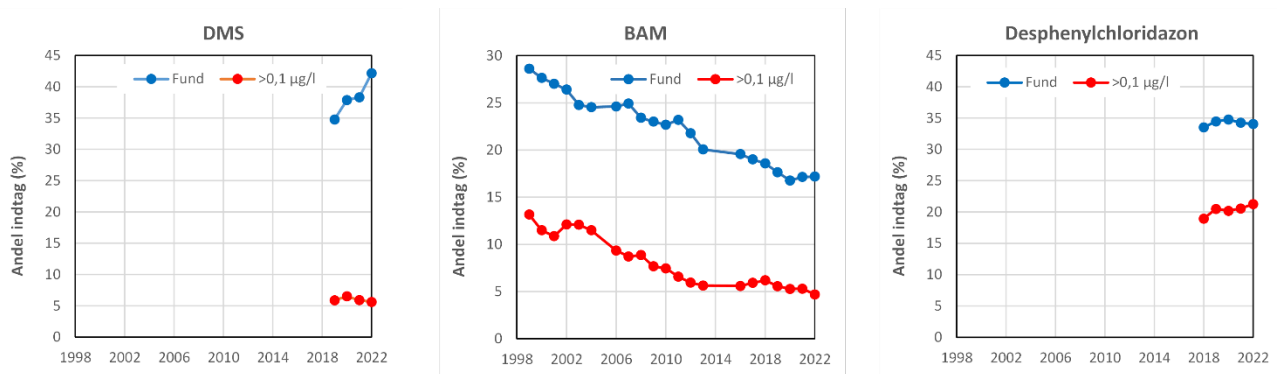
De indberettede analyseresultater for stofferne R471811 og 1,2,4-triazol i GRUMO-datasættet viser meget højere fundprocenter i 2023 end i de foregå-ende år. Miljøstyrelsen er i gang med en udvidet kvalitetssikring af R471811 og 1,2,4-triazol data, og indtil videre kan man ikke afgøre om 2021-data eller 2023-data er mest retvisende, men blot konstatere at begge stoffer er blandt de mest udbredte pesticidstoffer i grundvandsovervågningen. Uden data for 1,2,4-triazol og R471811 i grundvandsovervågningen kan man ikke beregne sum af pesticider i de enkelte prøver og heller ikke aggregere data til beregning af pesticidstoffernes generelle forekomst i GRUMO-indtag, koncentrati-onsfordeling, dybdefordeling, rumlig fordeling med videre, disse opgørelser udgår derfor i denne rapport.

Ved undersøgelse for pesticider i vandforsyningsboringer, blev der ved over-vågningen i 2023 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 50,9 % af de undersøgte indtag. I 12,2 % af indtagene var målinger mindst én gang over kvalitetskravet på 0,1 µg/l. I perioden 2019-2023 blev pe-esticidstoffer fundet mindst én gang i 41,7 % af de undersøgte indtag, hvor 10,6 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskra-vet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag.

I det samlede datasæt for vandforsyningsboringerne er der ingen overskri-delse af kvalitetskravet for sum af påviste pesticider, uden at der også er mindst én overskridelse af kvalitetskravet for et enkeltstof. Dette gælder i øv-rikt også for de indsamlede data for grundvandsovervågningen. De hyppigst fundne stoffer var nedbrydningsprodukterne *N,N*-dimethylsulfamid (DMS) og desphenylchloridazon (DPC).

En fast gruppe af indtag er jævnlige testet for pesticider siden 1998 (i alt 323 indtag). Der er beregnet tidsserier for udvalgte pesticidstoffer i den faste gruppe af indtag, hvor DMS i 2023 var det hyppigst påviste af de udvalgte stoffer. DMS stammer fra moderstofferne dichlofluanid, tolylfluanid og cyazofamid, hvoraf cyazofamid er det senest tilladte med sidste salgsår i 2023. DMS's tids-lige udvikling i den faste gruppe af indtag kendes ikke, idet DMS kun er moni-teret i en kort periode, men i disse år har fundandelen været stigende, mens overskridelser af kvalitetskravet har været stabil. Det næsthypigste af de ud-valgte stoffer var DPC, som også har den største andel af indtag med koncen-trationer over kvalitetskravet.

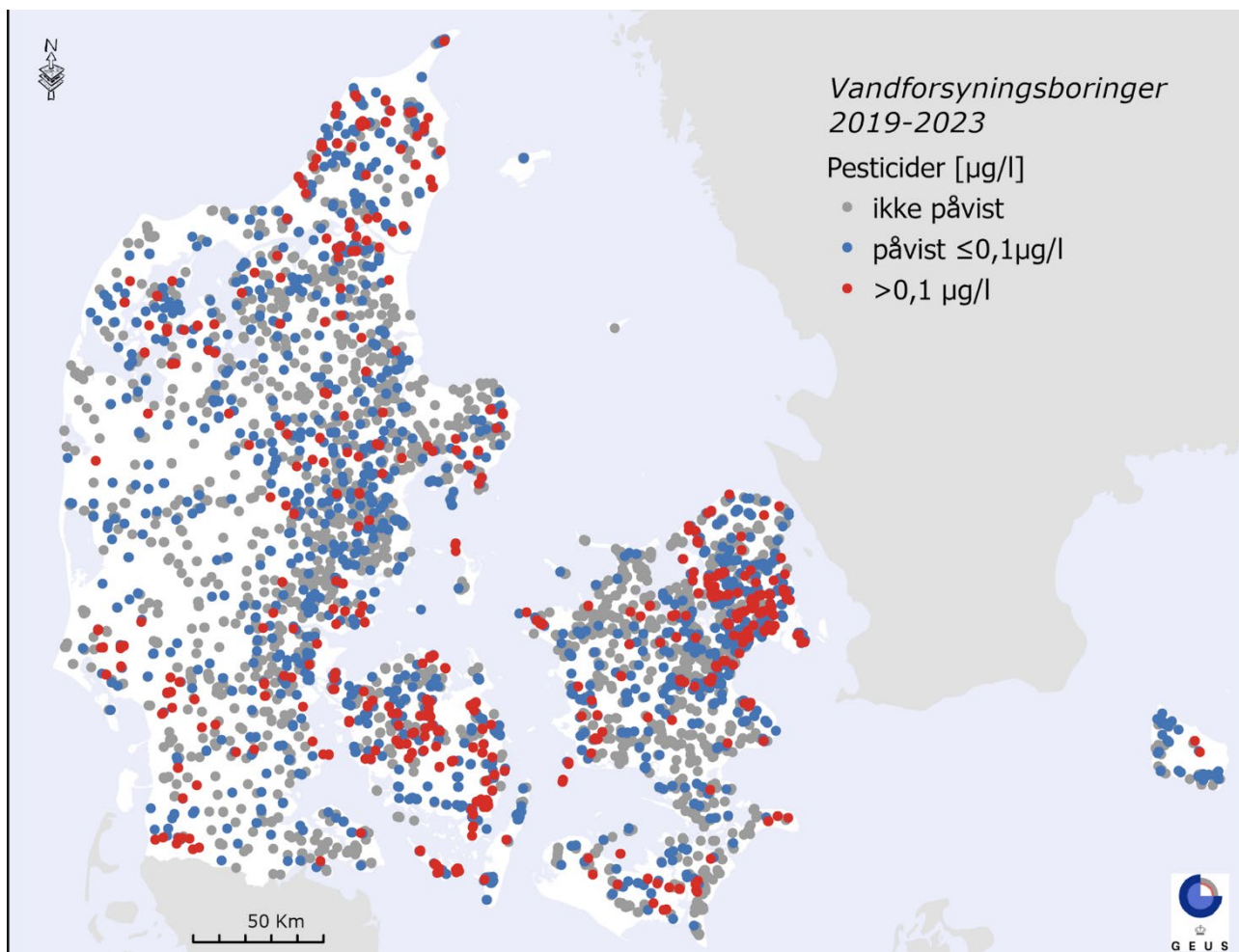
BAM er nedbrydningsprodukt fra det forbudte dichlobenil, mens et andet mo-derstof, fluopicolid muligvis kan forekomme i importeret såsæd. Andelen af indtag med fund af BAM over kvalitetskravet var faldende fra omkring 1999 til omkring 2014 og har derefter været konstant (figur 5.4).



Figur 5.4. Tidslig udvikling i fund af DMS, BAM og Desphenylchloridazon (DCP) i "den faste kerne" af indtag i grundvands- overvågningen. 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, 2024).

I indtag i vandforsyningernes indvindingsboringer blev der i 2023 fundet mindst ét pesticid i 50,9 % af de undersøgte indtag (12,2 % af indtagene over kvalitetskravet på 0,1 µg/l). Kvalitetskravet for summen af målte stoffer på 0,5 µg/l var overskredet i 1,9 % af indtagene. I perioden 2019-2023 blev pesticidstoffer fundet mindst én gang i 41,7 % af de undersøgte indtag, hvor 10,6 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag. Opgørelsen for perioden 2019-2023 viser mindre fundandele end i 2023. Dette skyldes sandsynligvis, at indtag med pesticidfund prøvetages hyppigere end indtag uden fund, samt at en mindre andel er analyseret for "nye" stoffer, som er tilføjet drikkevandsbekendtgørelsen i perioden 2019-2023.

Den geografiske fordeling af forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandforsyningernes indvindingsboringer i perioden 2019-2023 viser, at stofferne forekommer over og under kvalitetskravet i hele landet, men der er lavere forekomst af overskridelser i Vestjylland (figur 5.5). Dette skyldes, at vandforsyningsboringerne i Vestjylland syd- og vest for hovedopholdslinjen generelt er meget dybe og at der i øvrigt er få vandforsyningsboringer i dette område.



Figur 5.5. Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandforsyningernes indvindingsboringer i perioden 2019-2023. 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., 2024).

5.4 PFAS og sporstoffer i grundvandsovervågningen og vandforsyning.

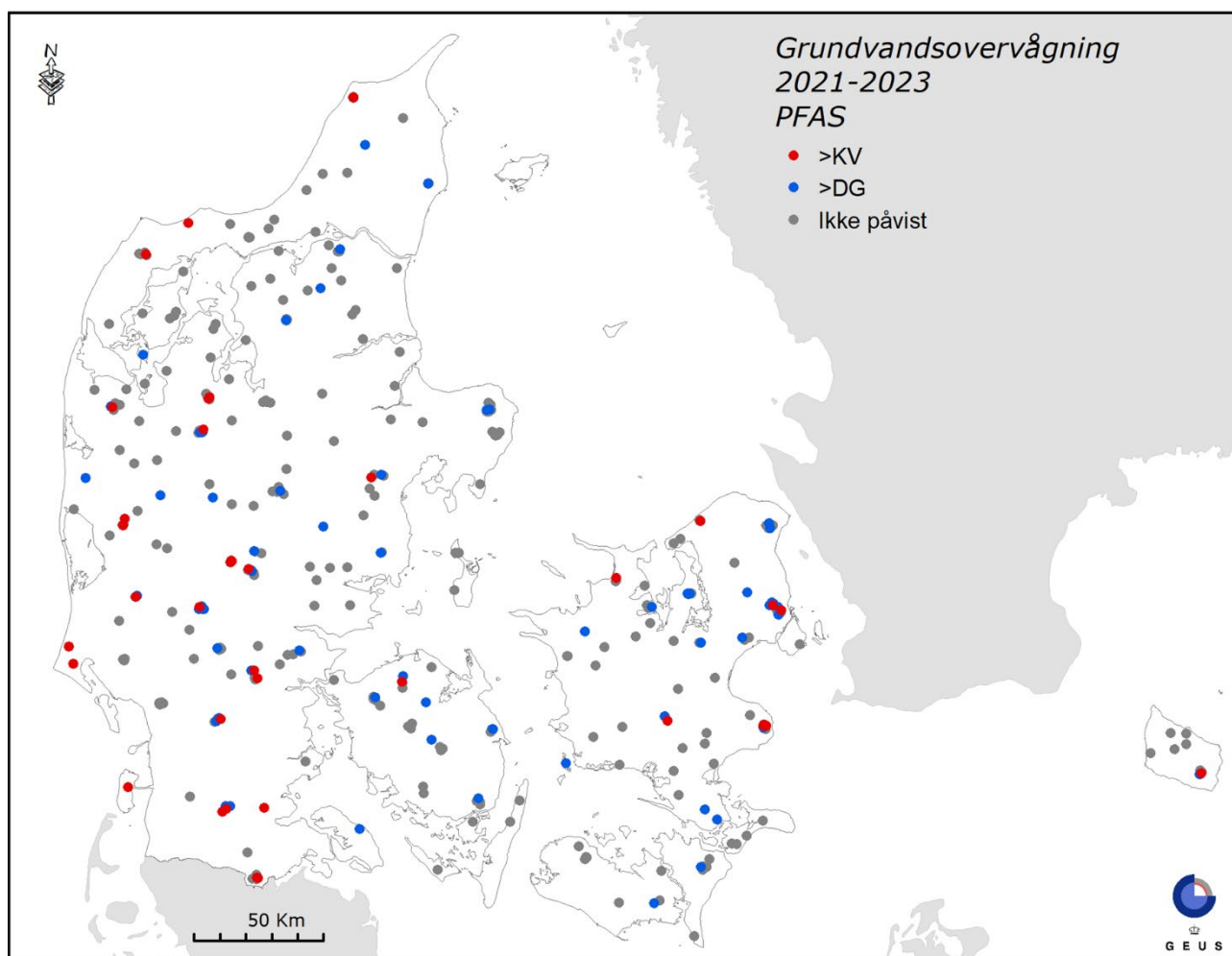
Organiske mikroforureninger er en meget forskelligartet stofgruppe med forskellige kilder til og opførsel i miljøet. Blandt de organiske mikroforureninger, der er analyseret i grundvandsovervågningen i perioden 2019-2023, er der især ny viden om perfluorerede forbindelser (PFAS).

En analyse for PFAS har de sidste mange år typisk bestået af en analyse af de 12 stoffer, som siden 2015 har indgået i drikkevandsbekendtgørelsen. Der har samtidigt været et grundvandskvalitetskriterie, udarbejdet til brug for krav til grundvandet under forurenede grunde, for yderligere 10 stoffer, som i maj 2023 blev inkluderet i drikkevandsbekendtgørelsen. De fleste prøver til PFAS-analyse i grundvandsovervågningen er derfor blevet analyseret for 22 stoffer fra 2021 og frem.

Detektionsgrænsen for PFAS-stoffer har været faldende over de senere år, hvilket er meget afgørende for antallet af PFAS-fund i grundvandet og dermed for sammenligneligheden af data. Derfor indeholder Thorling et al. (2024) udelukkende PFAS-data fra 2021 - 2023.

I 2021-2023 var der fund af 14 af de 22 PFAS-forbindelser, der blev undersøgt for. Samlet set var der fund af én eller flere PFAS-forbindelser i 30 % af de

undersøgte indtag (figur 5.6). Koncentrationen var under kravværdien på 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ for sum af 22 PFAS i alle undersøgte indtag, undtagen ét. I dette indtag, skyldes overskridelsen en koncentration på 0,27 $\mu\text{g}/\text{l}$ 6:2 FTS i en prøve fra 2023. Der er ikke i de to tidligere analyser fra 2021 og 2022 fundet 6:2 FTS i dette indtag og detektionsgrænsen er samtidigt kraftigt forøget, op til faktor 30, for øvrige PFAS-forbindelser i prøven. Den høje koncentration af 6:2 FTS og dermed den konstaterede overskridelse for sum af 22 PFAS er altså med stor sandsynlighed ikke reel. Højeste sum-koncentration derudover var 0,070 $\mu\text{g}/\text{l}$, altså på 70 % af kravværdien. Til gengæld blev der målt koncentrationer for Sum af 4 PFAS over kravværdien for drikkevand i 9 % af undersøgte indtag. Højest målte koncentration var 0,043 $\mu\text{g}/\text{l}$, altså ca. 21 gange over kravværdien. I fire indtag blev der fundet 10 gange kravværdien eller mere. Koncentrationer af Sum af 4 PFAS over kravværdien skyldes indholdet af både PFOS, PFOA og PFHxS, mens PFNA ikke bidrager væsentligt til hverken fund eller sumkoncentrationer over kravværdien.

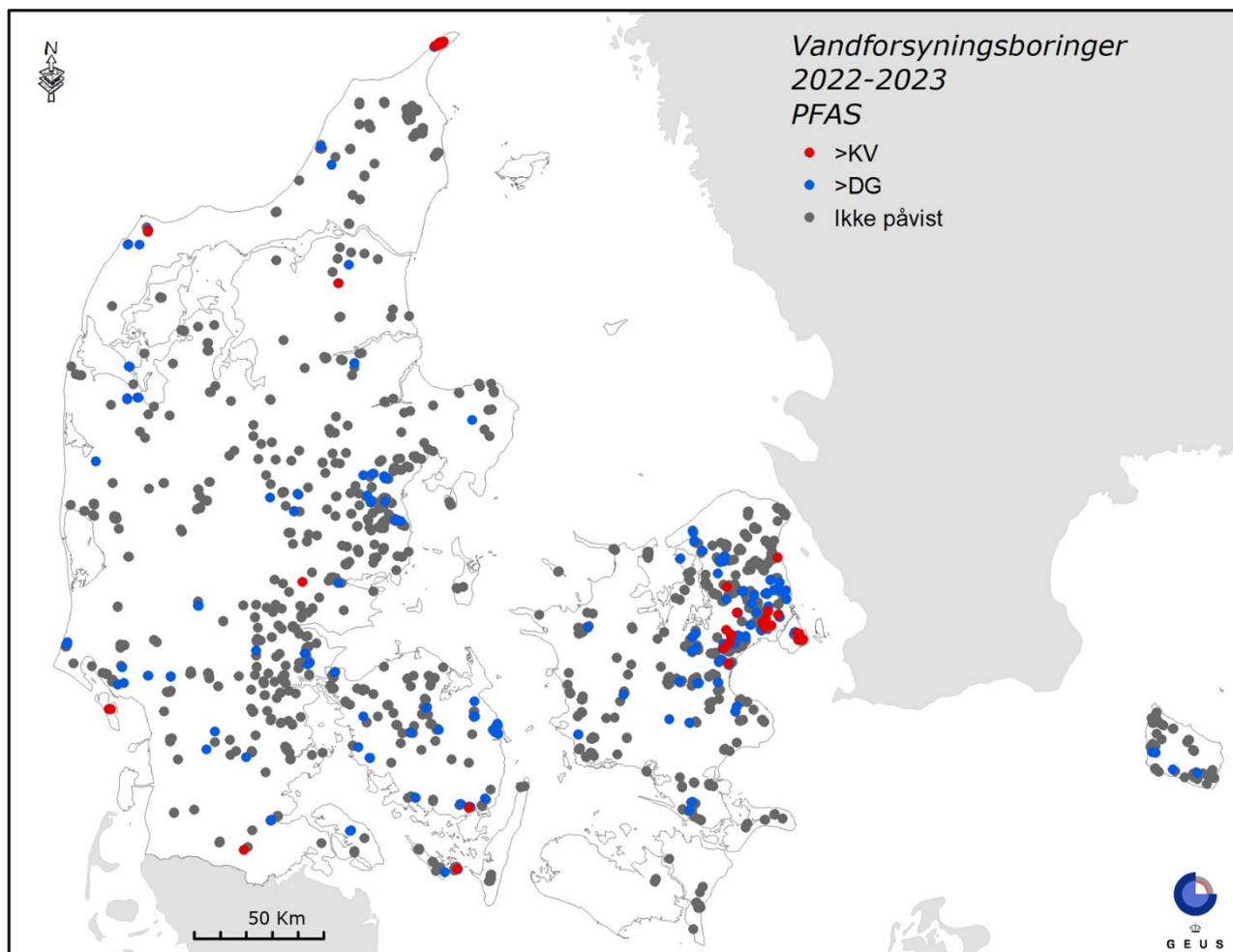


Figur 5.6. Forekomst af PFAS i grundvandet i grundvandsovervågningen 2021-2023. Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor rød angiver fund over kravværdi (i dette tilfælde udelukkende $>0,002 \mu\text{g}/\text{l}$ for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'), blå angiver fund af mindst én PFAS-forbindelse under kravværdien og grå angiver ingen påvist PFAS (Thorling et al., 2024).

Ved monitorering af PFAS i vandforsyningsboringer, indgår enkeltstoffer og de tre sumværdier, som indgår eller har indgået i drikkevandsbekendtgørelsen. PFAS er i 2022-2023 analyseret i prøver fra 1.835 indtag og mindst én PFAS-forbindelse blev fundet i 299 af disse, svarende til 16 % af de undersøgte indtag (figur 5.7).

Sum af 12 og 22 PFAS lå i alle tilfælde under kravværdien på 0,1 µg/l, hvorimod Sum af 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) lå over den i 2021 indførte kravværdi på 0,002 µg/l i 81 indtag, svarende til 4,4 %. Den højeste målte værdi for Sum af 4 PFAS var 0,024 µg/l, svarende til 12 gange kravværdien for drikkevand. I 10 indtag blev der målt mere end 5 gange kravværdien og i 27 indtag blev der målt mere end 3 gange kravværdien.

PFOA var den hyppigst fundne PFAS-forbindelse i boringskontrollen og dét stof, som i sig selv hyppigst påvises over kravværdien på 0,002 µg/l.



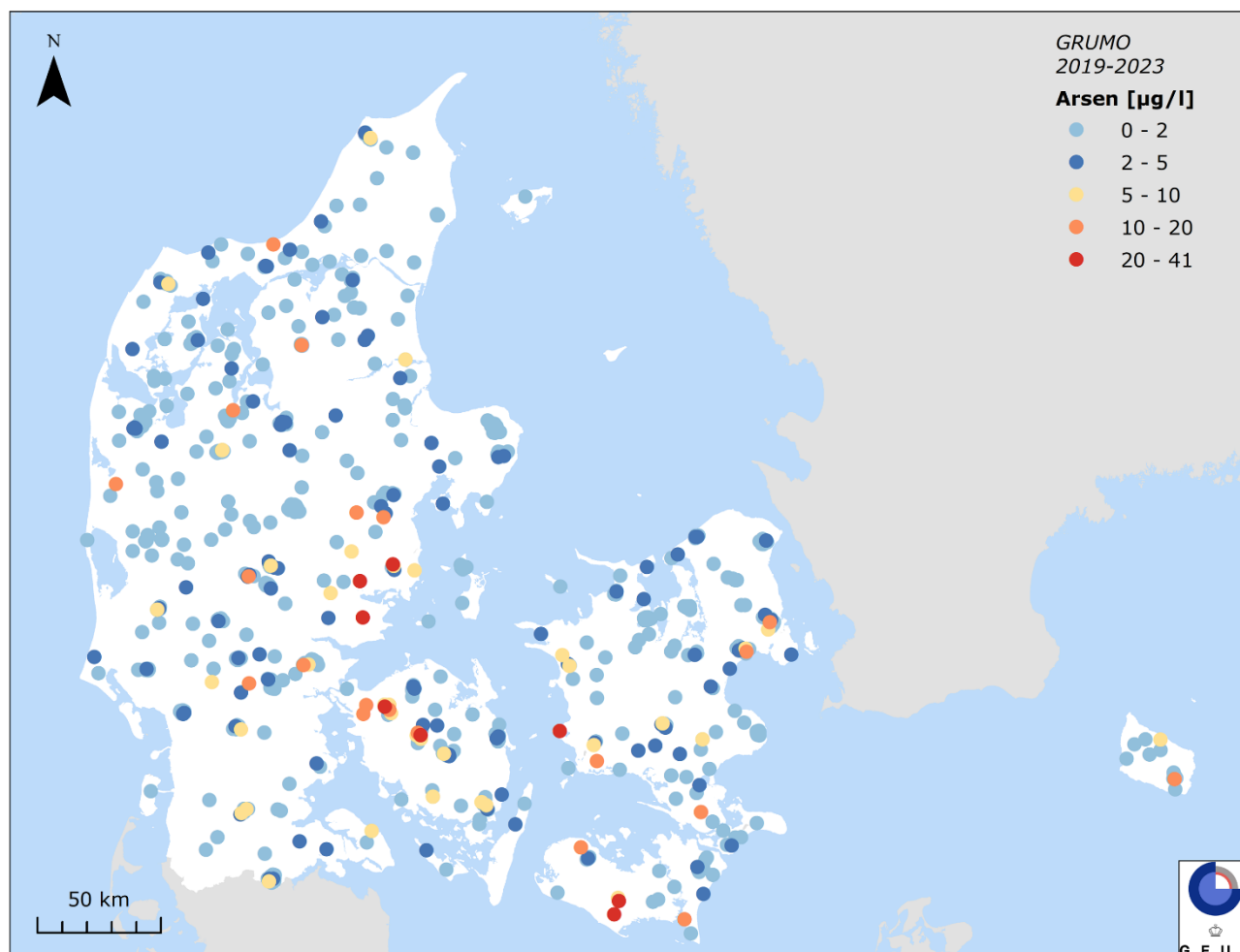
Figur 5.7. Vandforsyning. PFAS 2022-2023 i 1835 vandforsyningsindtag. Rød markerer fund over en kravværdi (i dette tilfælde udelukkende >0,002 µg/l for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'), se **Error! Reference source not found.** Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer ingen påviste PFAS-forbindelser (<DG). De højeste koncentrationer er afbildet øverst (Thorling et al., 2024).

Udover de 22 PFAS-forbindelser, er mange vandforsyninger begyndte at analysere for den ultrakort-kædede PFAS-forbindelse TFA, som er optaget i drikkevandsbekendtgørelsen med en kravværdi på 9 µg/l. I alt er 1.953 vandforsyningsindtag blevet undersøgt, og TFA-koncentrationen lå over detektionsgrænsen (på typisk 0,05 µg/l) i de 750, svarende til 38 %. Den højeste målte koncentration var 4,8 µg/l, og i kun otte indtag blev der fundet mere end 1 µg/l. Der var således ingen fund over den nuværende kravværdi. Det er desuden kendt, at der kan være store analyseusikkerheder forbundet med TFA, og der er forskellige indikationer på, at alle otte fund over 1 µg/l ikke er reelle, så der kun med sikkerhed kan siges, at der er TFA op til ca. 1 µg/l i danske vandforsyningsindtag.

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter bl.a. metaller som cadmium, bly og aluminium samt ikke-metaller som fx arsen, bor og cyanid. Uorganiske sporstoffer findes naturligt i grundvandet, typisk i koncentrationer i størrelsesordenen $\mu\text{g}/\text{l}$. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Fælles for en lang række af sporstofferne gælder det dog, at de målte koncentrationer kan rumme bidrag fra både naturlige processer og menneskeskabt aktivitet. Der er i forbindelse med overvågningen indsamlet data, for at forbedre de naturlige baggrundsværdier for en lang række sporstoffer. De sporstoffer, som indgår i årets rapportering, er gennemgået i Thorling et al. (2024).

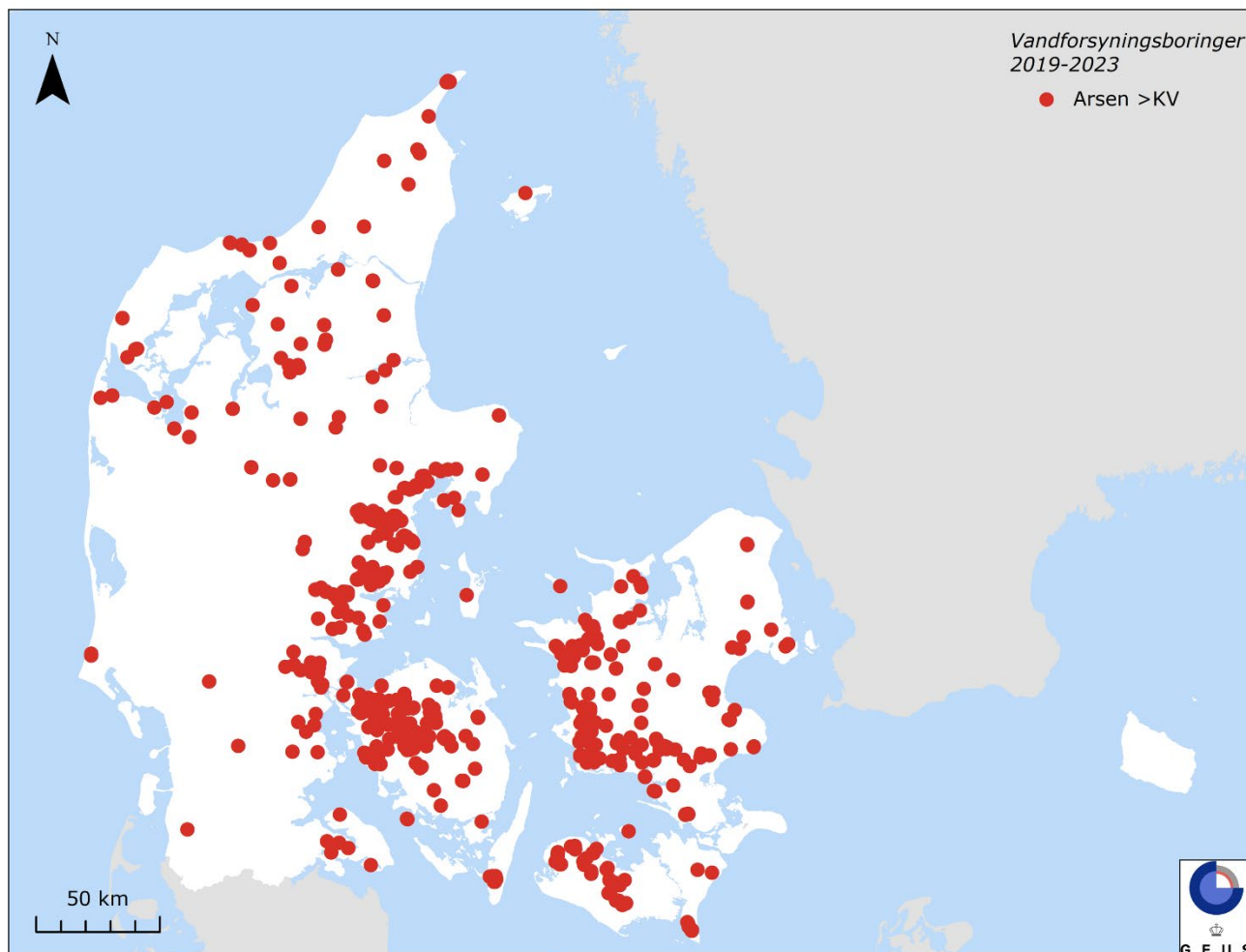
Den gennemsnitlige koncentration for perioden 2019-2023 er højere end kravværdien for ni stoffer: aluminium, arsen, barium, bly, bor, kobber, kviksølv, nikkel og zink. Aluminium, arsen og nikkel er de sporstoffer, hvor koncentrationen i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023 hyppigst er højere end kravværdien, hvor specielt arsen kan være giftigt.

Figur 5.8 viser, at arsen i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023 optræder i koncentrationer lavere end kravværdien (KV), $5 \mu\text{g}/\text{l}$, jævnt fordelt over hele landet. Grundvand med naturligt højere koncentrationer af arsen findes i den sydlige del af Sjælland, på Lolland, i den vestlige og sydlige del af Fyn og mellem Århus og Kolding, samt spredt i resten af Jylland.



Figur 5.8. GRUMO. Gennemsnitlige arsenkoncentrationer på indtagsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien ($5 \mu\text{g}/\text{l}$) blev fundet i 71 indtag (Thorling et al., 2024).

Arsen er det sporstof, hvor koncentrationen i vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023 hyppigst er højere end kravværdien. Figur 5.9 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer med et arsenindhold højere end kravværdien. Koncentrationer højere end kravværdien for arsen optræder i store dele af Danmark med den største tæthed i Vestsjælland, i områderne langs Køge Bugt, i den nordvestlige del af Lolland, i den centrale og vestlige del af Fyn og i den østligste del af Jylland, fra Mols Bjerger til grænsen. Desuden findes en del boringer med højt indhold af arsen i Himmerland og Vendsyssel.



Figur 5.9. Vandforsyning. Arsenkoncentrationer over kravværdien (KV) for drikkevand (5 µg/l) i 760 vandforsyningsboringer i 2017-2021. I de fleste tilfælde vil optimeret indvinding og behandling af grundvandet på vandværket nedbringe indholdet af arsen i drikkevandet væsentligt (Thorling et al., 2024).

6 Vandløb

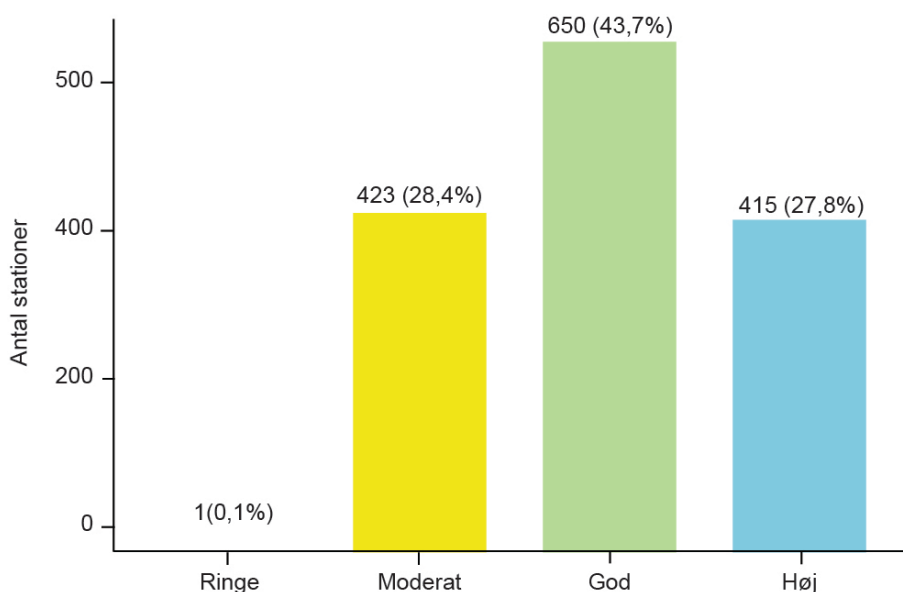
6.1 Overvågning af økologisk tilstand

Den økologiske overvågning i vandløb gennemføres med det formål at give et generelt overblik over danske vandløbs natur- og miljøtilstand. Dette indebærer en tilstandsvurdering, der både omfatter biologiske- og fysisk/kemiske kvalitetselementer. Således foretages der undersøgelser af tilstandselementerne vandplanter, smådyr, fisk og bentiske kiselalger. Kun de bentiske kiselalger indgår i årets rapport.

6.2 Bentiske kiselalger

Siden 2013 har der i de nationale overvågningsprogrammer været foretaget undersøgelser af bentiske kiselalger, i en række danske vandløb. Årets rapport om vandløbsøkologi præsenterer det bentiske algeindeks (SID-TID) og en analyse af dets rumlige og tidsmæssige variation og forholdet til de vigtigste fysisk-kemiske variable i danske vandløb. Resultaterne viser, at tilstanden 'God' eller 'Høj', vurderet ud fra det bentiske algeindeks, var dominerende i perioden 2013-2022, og at cirka en tredjedel af prøvetagningsstationerne faldt i kategorien 'Moderat' (figur 6.1).

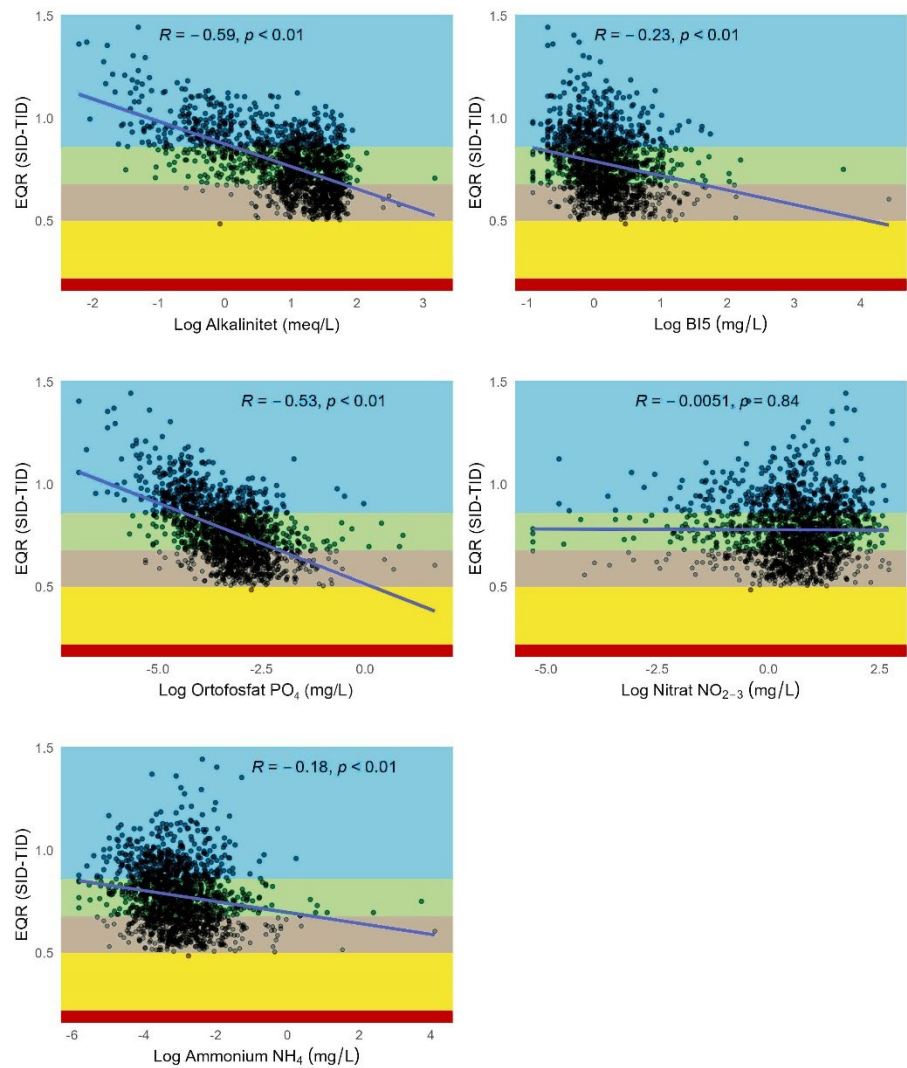
Figur 6.1. Samlet antal og procentdel af vandløbsstationer i forhold til økologisk tilstandskategori iht. SID-TID-indekset for hele perioden 2013-2022 (Esnal og Larsen, 2024).



SID-TID-indekset påvirkes negativt af først og fremmest alkalinitet og ortofosfat (PO_4) samt i mindre grad af ammonium og BI5 (figur 6.2). Ortofosfat og alkalinitet er korrelerede faktorer, og det er derfor ikke muligt at beskrive betydningen af den enkelte faktor for sig.

Det kan konstateres, at SID_TID er forskellig mellem georegioner, og at dette hovedsageligt hænger sammen med forskelle i alkalinitet og ortofosfat. Der er således hverken fundet oplandskarakteristika eller tilknyttede fysisk-kemiske variable af betydning for SID_TID. Der er ikke observeret tidsmæssige tendenser i SID_TID eller i de tilknyttede fysisk-kemiske variable.

Figur 6.2. Korrelation mellem EQR (SID_TID) og de vigtigste miljømæssige variabler: alkalinitet, BI5, ortofosfat, nitrat og ammonium (Esnal og Larsen, 2024).



Det bagvedliggende datasæt rummer nogle begrænsninger som skyldes forskellige prøvetagningsperioder/tidspunkter mellem de biologiske og fysisk-kemiske data. Desuden er den geografiske fordeling af overvågningsstationerne begrænset.

Et mere omfattende datasæt med parrede biologiske og fysisk-kemiske data for perioden, sammen med en bredere geografisk fordeling af de overvågningsstationer, hvor der er prøvetagning hvert år ('år-år'-overvågningsstationer) ville udgøre et værdifuldt bidrag til at forbedre dataanalysen af de mønstre, der påvirker SID_TID samt de forskellige indvirkninger af naturlige i modsætning til menneskelige faktorer.

Resultaterne viser, at SID_TID er velegnet til at beskrive den økologiske kvalitet for benthiske kiselalger i danske vandløb, især som en reaktion på effekten af ortofosfat og alkalinitet.

7 Søer

Overordnet kan det på baggrund af NOVANA-overvågningen af søer konkluderes, at tilstanden i de danske søer generelt er forbedret siden overvågningens begyndelse i 1989. Disse forbedringer fandt dog især sted i 1990'erne. De seneste ca. 20 år har der generelt kun været få ændringer i søernes tilstand, og sammenlignes de seneste tre seksårsperioder er der overordnet endda tegn på øget næringsstofindhold - især hvad angår kvælstof. Der findes stadig relativt rene søer i Danmark, men langt hovedparten af de danske søer er fortsat præget af højt næringsstofindhold, der generelt fører til uklart vand og biologiske forhold, som er påvirkede i negativ retning.

Overvågningsprogrammet for de danske søer er løbende blevet justeret siden dets start i 1989 efter vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988. Overvågningen af søer gennemføres nu med udgangspunkt i de to EU-direktiver, vandrammedirektivet (EU, 2000) og habitatdirektivet (EU, 1992).

Overvågningen af søer har fra 2010 omfattet dels en kontrolovervågning, dels en operationel overvågning. Kontrolovervågningen har i henhold til vandrammedirektivet til formål at "dokumentere søernes tilstand og den generelle udvikling, herunder de klimatiske relaterede og de menneskeskabte ændringer". Overvågningen af den generelle tilstand omfatter 180 søer (KT-søer), mens overvågningen af den generelle udvikling omfatter 18 søer (KU-søer). Samlet udgør disse 198 søer >5 ha ca. 1/3 af alle danske søer af denne størrelse. Foruden kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet foretages også en kontrolovervågning i henhold til habitatdirektivet, som skal give et generelt billede af tilstand og udvikling af de enkelte beskyttede sønaturtyper.

Den operationelle overvågning skal bl.a. danne baggrund for fastlæggelse af den økologiske tilstandsklasse, kemiske tilstand og indsatsbehovet i søer, som ikke har målopfyldelse, som er i risiko for ikke at kunne fastholde målopfyldelsen og i søer, hvor tilstanden er ukendt (Miljøstyrelsen et al., 2023). Derudover skal den operationelle overvågning levere data, der dokumenterer effekten af vandområdeplaner, nitrathandlingsprogrammer og andre forvaltningsmæssige tiltag.

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte parametre, målefrekvenser og antallet af søer. Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles en række vandkemiske, fysiske og biologiske parametre, idet ikke alle parametre dog måles i alle søer, og frekvensen varierer mellem de enkelte overvågningstyper. De fysiske-kemiske parametre omfatter blandt andet indholdet af fosfor og kvælstof, klorofyl *a* (indikator for fytoplanktonbiomassen), alkalinitet (kalkholdighed), pH, ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne (salinitet), farvetal samt sigtddybde. Derudover analyseres i udvalgte søer en række miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i vand, sediment eller fisk (se kapitel 10). De biologiske parametre omfatter undervandsplanter, fisk, fytoplankton, bunddyr og fyto-benthos, repræsenteret ved kiselalger, der vokser på overflader under vandet.

I implementeringen af vandrammedirektivet arbejdes der i Danmark med 11 søtyper (tabel 7.1), der afgrænses i forhold til vanddybde (dyb, lavvandet),

alkalinitet (kalkrig, kalkfattig), brunfarvning (brunvandet, ikke brunvandet) og saltholdighed (fersk, brak). Nærværende præsentation af data følger i mange tilfælde denne inddeling.

Tabel 7.1. Oversigt over de 11 danske søtyper anvendt i forbindelse med vandrammedi- rektivets implementering. Grænserne for kalkrig-kalkfattig (alkalin – lav-alkalin) er ved en alkalinitet på 0,2 mmol/L, brunvandet – ikke brunvandet ved et farvetal på 60 mg Pt/L, fersk – saltholdig (brak) ved en saltholdighed på 0,5 ‰ og lavvandet – dyb ved en middel- vanddybde på 3 m (Johansson et al., 2024).

Søtype	Alkalinitet	Farvetal	Saltholdighed	Middeldybde
1	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
2	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
5	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
6	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Dyb
9	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
10	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
11	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Lavvandet
12	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Dyb
13	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
14	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Dyb
15	Kalkrig	Brunvandet	Saltholdig	Lavvandet

I årets rapportering af overvågningsresultater for søerne er fokuseret på kontrolovervågningen af søernes tilstand, dels over perioden siden overvågningsprogrammets start, 1989-2023, dels gennem en sammenligning af de seneste tre seksårsperioder.

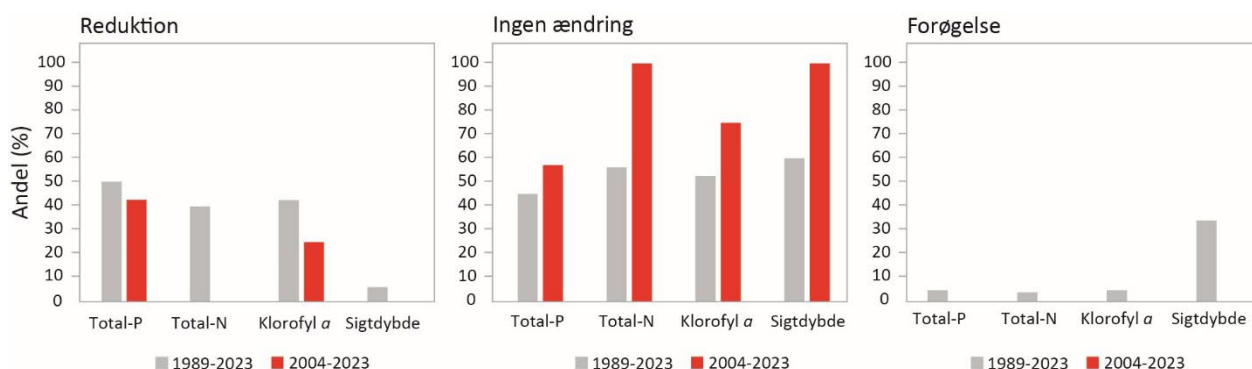
Med få undtagelser er alle 180 KT-søer undersøgt i perioden 2006-2023. Størstedelen af dem er relativt små og lavvandede med medianværdier for hhv. søreal og middeldybde på 22 ha og 1,6 m. Kontrolovervågningen omfatter primært ferske, ikke-brunvandede søer med høj alkalinitet (kalkrige), men også en del brakvandssøer samt lav-alkaline og brunvandede søer.

7.1 Udvikling i miljøkvalitet: fysisk-kemiske forhold

KT-søerne, der er undersøgt i perioden 2018-2023, er gennemgående næringsrige med en medianværdi for totalfosfor (sommerrmiddel) på 0,088 mg/L og totalkvælstof på 1,39 mg/L. Søerne er generelt uklare med medianværdier for sigtdybde og klorofylindhold på hhv. på 1,1 m og 35 µg/l (begge sommergenemsnit). Blandt de fire mest almindelige søtyper (type 9, 10, 11 og 13) er søtype 11 den mest næringsrige med medianværdier for fosfor- og kvælstofkoncentrationen på hhv. 0,185 og 2,15 mg/L, og det er også i denne søtype, der findes de højeste medianværdier af klorofyl *a* (49 µg/l). Den mest næringsfattige blandt de hyppigst forekommende søtyper er type 10, hvor mediankoncentrationen af fosfor og kvælstof er hhv. 0,053 og 0,94 mg/L. I mange af KT-søerne er der siden overvågningsprogrammets start foretaget så mange undersøgelser, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser for hver af disse søer. Dette forudsætter dog, at der findes data for den enkelte sø for mindst otte år i den periode, udviklingen testes over.

I op mod halvdelen af de 110-111 KT-søer, som er undersøgt mindst otte gange i løbet af perioden 1989-2023, er fundet statistisk signifikante ændringer på 0,1-10 % signifikansniveau i indholdet af næringsstoffer, klorofyl *a* og sigtdybde (figur 7.1). Der er hovedsageligt tale om positive ændringer hen

over perioden, altså et reduceret næringsstof- og klorofylindhold og øget sigt- dybe. Indholdet af totalfosfor er således reduceret i 56 søer og øget i fem søer, indholdet af totalkvælstof er reduceret i 44 og øget i fire søer, og klorofylind- holdet er reduceret i 47 søer og øget i fem søer, når perioden siden 1989 ana- lyseres.



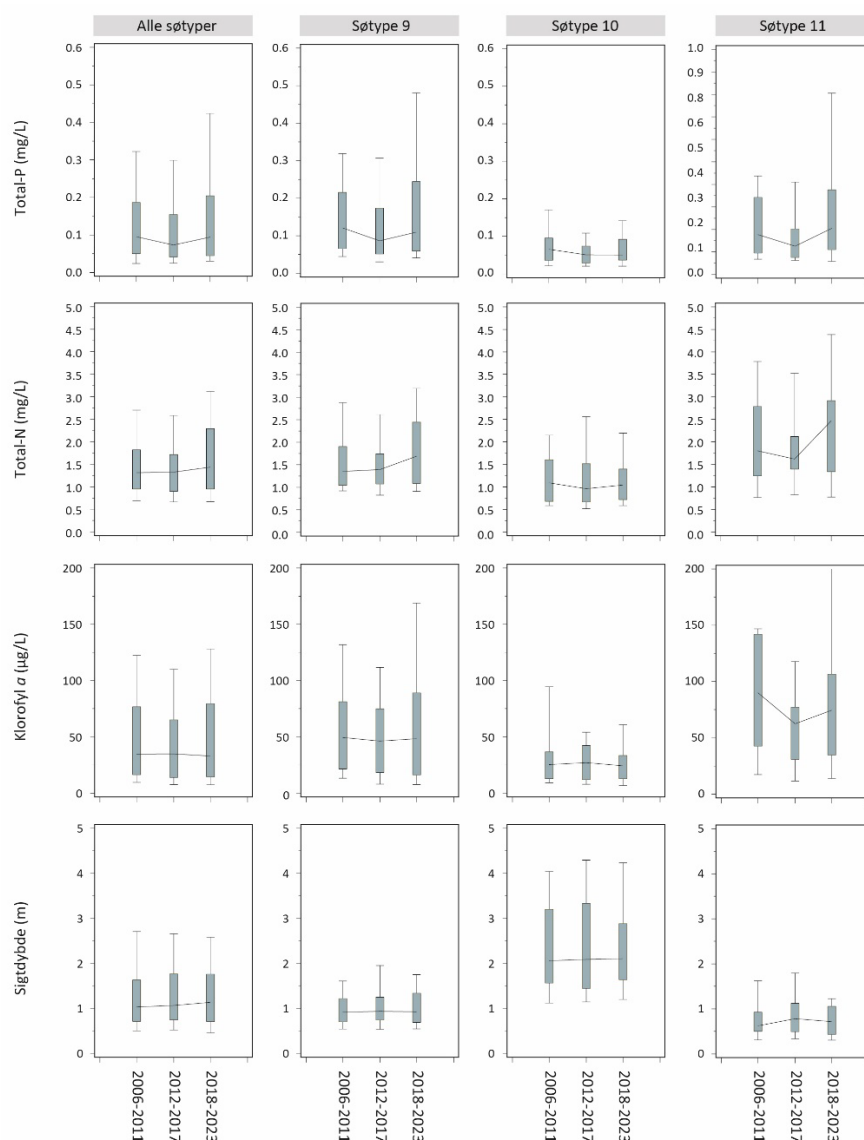
Figur 7.1. Den procentvise andel af KT-søer med mindst otte års data, hvor indholdet af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigt- dybde statistisk set er reduceret, uændret eller øget (10 % signifikansniveau). De viste data omfatter henholdsvis perioden 1989-2023 (110-111 søer) og perioden 2004-2023 (syv søer) (Johansson et al., 2024).

Til vurdering af udviklingen i de enkelte søer over de seneste 20 år findes langt færre søer med et tilstrækkeligt stort datagrundlag. For de syv søer, for hvilke der findes mindst otte års næringsstofdata i løbet af perioden, er der fundet signifikante ændringer (reduktion) i tre søers indhold af totalfosfor, mens der ikke er fundet signifikante ændringer i indholdet af totalkvælstof i nogen af søerne. For indholdet af klorofyl a er der tale om signifikant mindskede koncentrationer i to ud af de otte søer, hvorfra der er nok data til at teste udviklingen, og ikke øget indhold i nogen af søerne. Udviklingen i sigt- dybden har kunnet testes i 12 søer, hvor der ikke er konstateret signifikante ændringer.

En sammenligning, baseret på alle KT-søer på tværs af alle søtyper for de tre seneste seksårsperioder viser, at indholdet af totalkvælstof i KT-søerne, set som en samlet gruppe, er øget signifikant fra perioden 2006-2011 til 2018-2023 ($p=0,02$) og også fra perioden 2012-2017 til 2018-2023 ($p=0,001$), begge testet vha. Wilcoxon signed rank test (figur 7.2).

Ved sammenligning mellem de to seneste perioder er der også sket en signifikant stigning i indholdet af totalfosfor (figur 7.2). For så vidt angår totalfosfor, vil der dog være usikkerhed pga. fejlanalyser i perioden 2007-2016. De generelle forbedringer, der sås i mange af de enkelte søer, der blev undersøgt i begyndelsen af overvågningsperioden, kan altså ikke ses i analyserne af KT-søerne som gruppe gennem seks-års perioderne siden 2006. Disse analyser viser tværtimod tendenser til øget indhold af næringsstoffer. I søer, hvor al- gevæksten er begrænset af kvælstofkoncentrationen i vandet, kan et øget kvælstofindhold medføre uklart vand og deraf følgende negativ udvikling i søens tilstand.

Figur 7.2. Boksplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde mellem de tre seksårige perioder 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023 for KT-søerne. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de tre søtyper med flest data. Kun typer, hvortil der kan henføres mere end 10 søer er medtaget. Hver box med whiskers viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier (Johansson et al., 2024).



7.2 Biologiske parametre

I det følgende er givet status for undersøgelser af den højere vegetation og fytobenthos, i KT-søerne.

Vegetation

Undervandsvegetation er en væsentlig parameter for 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 fx øget algemængde/klorofylindhold og dermed reduceret sigtddybde. 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 af søbunden de dækker (dækningsgraden).

Udbredelsen af undervandsplanter i de 180 KT-søer, der er undersøgt i perioden 2018-2023, varierer meget - fra uklare søer helt uden planter til klarvandede søer, hvor det meste af bunden er dækket. I den mest

almindelige lavvandede søtype (type 9) er medianværdierne for det plantedækkede areal og det plantefyldte vandvolumen hhv. 15,6 og 1,9 %. Det betyder, at i hovedparten af de lavvandede søer er kun en lille del af vandvolumenet fyldt med planter. I den mest almindelige dybe søtype (type 10) varierer dybdegrænsen mellem 1,2 og 11,1 m. Ved sammenligning af de KT-søer, der er undersøgt siden 2006, er der mellem de to seksårsperioder 2006-2011 og 2018-2023 sket en signifikant forøgelse i planternes dybdegrænse for søtype 9 og 10 samt for alle søtyperne under ét.

Fytobenthos

Fytobenthos i søerne er repræsenteret ved bentiske kiselalger. Vurdering af den økologiske tilstand på baggrund af artssammensætningen af de bentiske kiselalger er gennemført de seneste 10 år, og i dette års rapport gives en præsentation af disse data. Tilstandsvurderingen, baseret på kiselalgerne, udtrykkes i det såkaldte IPS-indeks (Indice de Polluosensibilité Spécifique), der anvender sammensætning og relativ forekomst af forskellige arter af kiselalger fundet ved skrab på overflader af plantestængler (normalt tagrør) 10 cm under vandoverfladen. Indekset er tidligere testet på søtype 9 og 10. I alt er der data fra 225 søer, repræsenteret ved 373 prøvetagninger indsamlet i perioden 2013-2022.

Overordnet viser IPS-indekset en signifikant sammenhæng med koncentrationen af totalfosfor, hvilket understøtter indeksets anvendelighed i forhold til at udtrykke en eutrofiering. Kiselalgesammensætningen er relateret til en række parametre herunder næringsstofindhold, klorofylkoncentration, ledningsevne og alkalinitet.

Udviklingen i søernes tilstand de seneste 10 år på baggrund af IPS-indekset er vurderet ved at sammenligne resultater fra perioden 2013-2016 med perioden 2017-2022. Ved at anvende hele datasættet kan der ikke påvises nogen signifikante ændringer mellem de to perioder. Dette gælder også, hvis der kun anvendes data fra søtype 9 og 10.

7.3 Operationel overvågning af søernes tilstand

I alt 272 søer ≥ 5 ha og 66 søer < 5 ha indgik i perioden 2021-2023 i den operationelle overvågning af tilstand. Disse søer omfatter i alt 10 søtyper, hvormed alle danske søtyper på nær én (søtype 6) er repræsenteret. Søerne i den operationelle overvågning er udvalgt med specifikke formål og er derfor ikke repræsentative for danske søer. Ligesom for de kontrolovervågede søer dækker de operationelt overvågede søer dog over store forskelle både morfologisk, vandkemisk og biologisk. Den mest næringsrige søtype med det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde er søtype 15, der er repræsenteret med op til 17 søer. Ved sammenstillingerne af udvalgte data fra søerne i den operationelle overvågning fra de seneste tre seksårsperioder ses der kun en signifikant forskel for totalkvælstof i søtype 13, idet værdierne er højere i perioden 2018-2023, både i forhold til den første periode, 2006-2011, og den foregående periode, 2012-2017.

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 væsentlig påvirkning fra fx andre havområder som Østersøen og fra luften. 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, 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. Klimaet spiller også en stor rolle, og variationer samt ændringer i fx nedbør og temperatur spiller en rolle for miljøtilstanden. Herudover kan miljøfarlige stoffer have en betydelig lokal effekt.

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 især i de kystnære områder. Næringsstofferne er afgørende for produktionen af plantoplankton, som videre påvirker en række parametre som vandets klarhed, udbredelse af fx ålegræs og makroalger, iltforbruget m.v.

8.1 Status og udvikling i kemiske og fysiske parametre

Der måles forskellige fysiske og kemiske parametre i overvågningsprogrammet for de marine områder, som er præsenteret i fagrapporten (Hansen et al. (red.), 2024).

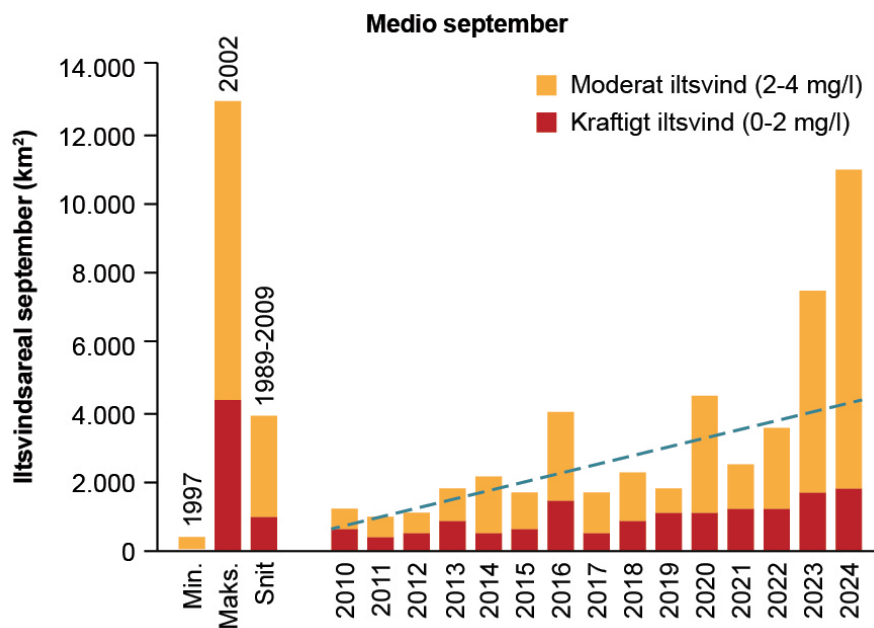
Det fremgår tydeligt af præsentationen af udvikling i næringsstofindholdet, at det er i fjorde og kystvande, at næringsstofindholdet er faldet mest.

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

I 2023 startede iltsvindet de fleste steder omtrent på samme tidspunkt som i 2022, dvs. generelt tidligere end i 2021, men senere end i 2020, hvor iltsvindet begyndte usædvanlig tidligt. Fra midt i august tiltog iltsvindet i udbredelse og intensitet stimuleret af svag vind og høj temperatur. Iltsvindets udbredelse var størst midt i september. Kraftig blæst i løbet af september og oktober reducerede iltsvindets udbredelse og intensitet markant. Rolige vindforhold i begyndelsen af november resulterede i, at iltsvindet tog til igen indtil midt i november, hvor kraftig blæst atter reducerede iltsvindets omfang, så der midt i november kun var ganske lidt iltsvind tilbage.

I figur 8.1 er vist udviklingen i iltsvind i de indre danske farvande i perioden 2010-23 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 2010-2023, gennemsnittet for perioden 1989-2009 samt den største og mindste registrerede arealudbredelse i overvågningsperioden 1989-2023. Den stiplede linje angiver den signifikante stigning ($p=0,003$) siden 2010 (Hansen et al. (red.), 2024).



Udbredelsen af iltsvind i september varierer meget fra år til år (figur 8.1.), men har været signifikant stigende siden 2010. Iltsvindets udbredelse midt i september var i 2023 det næststørste registreret, kun overgået af 2002. Den del af havbunden, som var påvirket af iltsvind (knap 7.500 km²), var lidt større end arealet af Sjælland. Den relativt store udbredelse af iltsvind i 2023 viser, at iltsvind fortsat kan brede sig over større områder og blive meget intenst, hvis eutrofiering og vejr stimulerer udviklingen af 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 2023 på niveau med gennemsnittet for de seneste ca. 30 år. 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 bundvandets iltkoncentration i 2023 på niveau med gennemsnittet for de seneste ca. 15 år.

I de senere år er overvågningen af de marine områder suppleret med en landsdækkende hydrodynamisk model, der beregner 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 2023 viste bl.a., at den samlede vandtransport gennem de indre danske farvande i 2023 var lavere end gennemsnittet for perioden 2000-2022. Der var som i de tidligere år en betydelig transport af bundvand op i overfladevandet, der har medført en intern tilførsel af kvælstof, der dermed er blevet tilgængeligt for algenes vækst.

Overvågning af havet er de senere år suppleret med overvågning af undervandsstøj, forstået som både kraftige, korte lydpuiser (impulsstøj) og vedvarende, lavfrekvent støj, som er en mere vedvarende lydpåvirkning. Impulsstøj stammer hovedsageligt fra anlægsarbejder og undersøgelser af undergrunden og havbunden, mens vedvarende støj i danske havområder hovedsagelig stammer fra skibstrafik. Undervandsstøj kan påvirke havets dyreliv på forskellig måde. Særligt havpattedyr som sæler og marsvin påvirkes negativt af de målte niveauer af undervandsstøj.

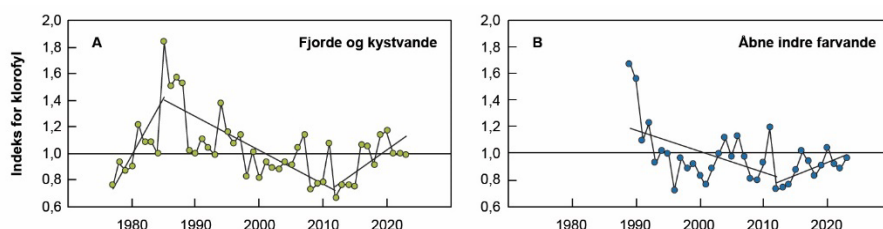
8.2 Udviklingen i biologiske parametre

Planteplankton

Væksten af planteplankton er en nøgleparameter for det marine økosystem, fordi den ændrer sig hurtigt med ændringer i fx tilgængeligheden af næringsstoffer. Algevæksten var i 2023 på niveau med 2022 i fjorde og kystvande og i de åbne indre farvande. Algevæksten i både fjorde og kystvande og i åbne indre farvande har været signifikant faldende set over hele overvågningsperioden.

Mængden af planteplankton (encellede alger) er en indikator for miljøtilstanden. Mængden af planteplankton måles på flere måder i overvågningsprogrammet. En af de metoder, der har været anvendt gennem mange år, er måling af mængden af klorofyl *a* – det grønne fotopigment i algerne. Koncentrationen af klorofyl *a* (vist i figur 8.2) siger noget om mængden af alger, men ikke noget om artssammensætningen af algerne. På figuren er vist de årlige koncentrationer ift. middelværdien for hele perioden, dvs. et tal tæt på 1 betyder, at koncentration er tæt på middel for alle årene.

Figur 8.2. Koncentration af alger/planteplankton målt som klorofyl *a* (indekseret i forhold til middelværdien) i perioden 1989-2023 (modificeret fra Hansen et al. (red.), 2024).



Årsmidlen for koncentrationen af klorofyl *a* i 2023 i fjorde og kystvande var på samme niveau som i 2021 og 2022 og meget tæt på middelværdien for alle årene. Samlet er klorofylkoncentrationen steget med 33 % siden 2012. I de åbne indre farvande var klorofylkoncentrationen i 2023 lidt højere end i 2022. Siden 2012 har koncentrationen været signifikant stigende i begge farvandstyper.

Set over hele overvågningsperioden er udviklingen stadig klart positiv, men fra 2012 og frem til 2023 er der vurderet ud fra klorofylkoncentrationen og lyssvækkelsen overordnet sket en forringelse af miljøtilstanden i vandsøjlen.

8.3 Større planter

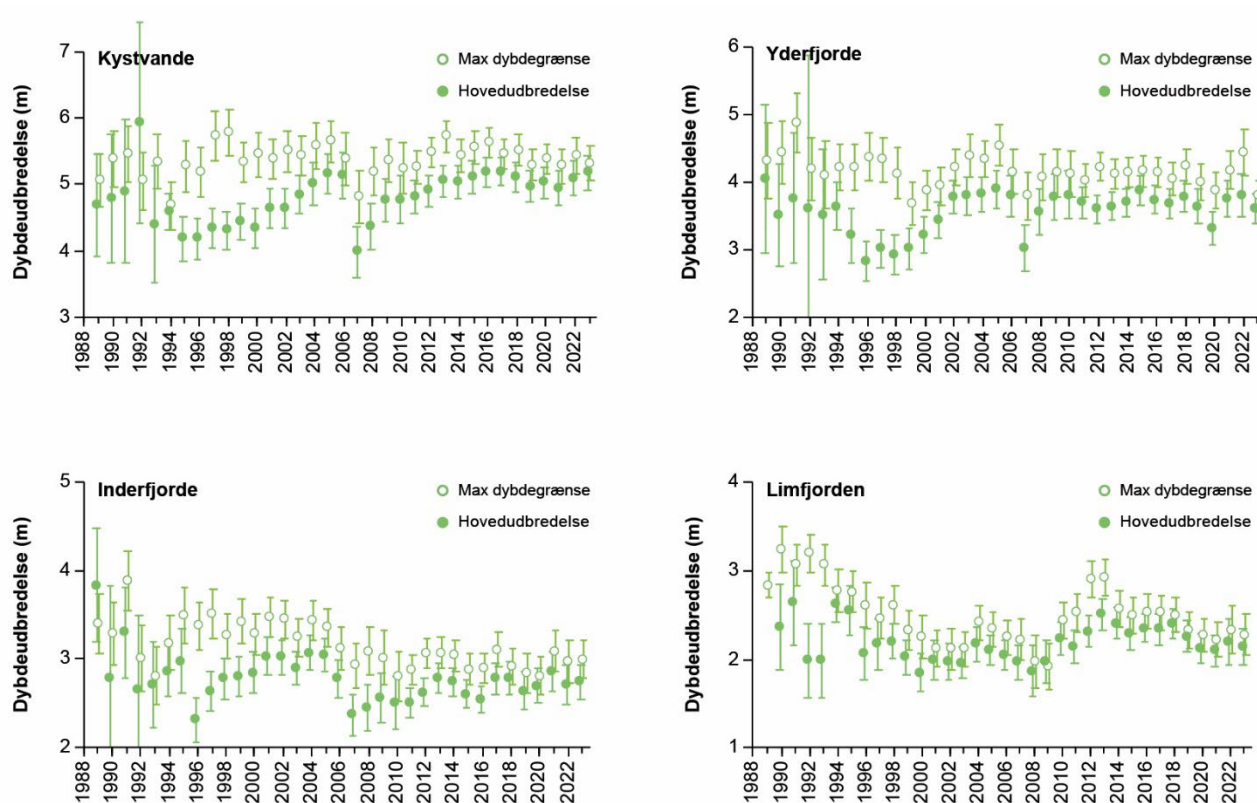
Med større planter menes både blomsterplanter (bl.a. ålegræs) og store alger (makroalger/tang). Begge plantetyper udbredelse er et godt udtryk for vandets klarhed – som igen er afhængig af bl.a. mængden af planteplankton og dermed af mængden af næringsstoffer.

Blandt de marine blomsterplanter omfatter analyserne kun ålegræs, fordi ålegræs er langt den mest udbredte blomsterplante på den bløde bund i vores kystområder. Figur 8.3 viser udviklingen i ålegræssets dybdeudbredelse fordelt på forskellige farvandstyper.

Set over de seneste ti år (2014-2023) er ålegræssets maksimale dybdegrænse rykket ind på signifikant lavere vanddybde i kystvande (-4 %) og Limfjorden (-13 %), mens der ikke er nogen signifikant udvikling i inderfjorde og yderfjorde. Den seneste positive udvikling i årene omkring 2010 er således vendt eller stagneret.

Ålegræssets hovedudbredelse er gået tilbage i Limfjorden i de seneste 10 år (12 % reduktion). I de øvrige farvandstyper ses ingen signifikant udvikling i ålegræssets hovedudbredelse gennem de seneste 10 år.

I 2023 viste ålegræssets dybdegrænse overvejende tegn på tilbagegang i forhold til 2022.



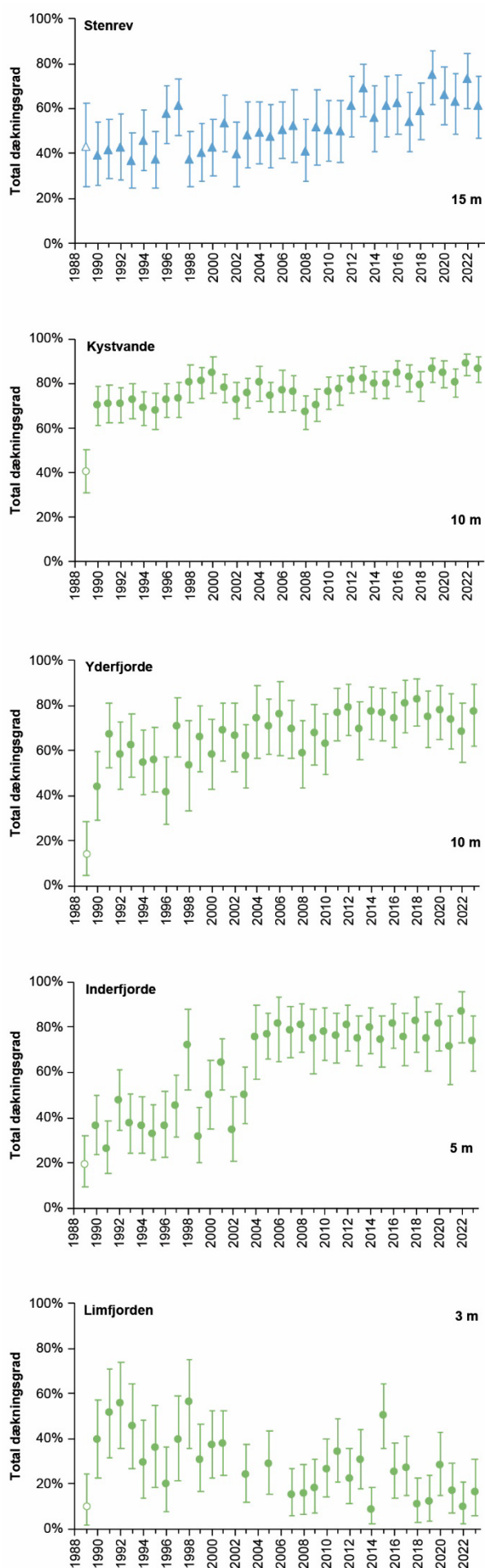
Figur 8.3. Dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse (o) og hovedudbredelse (●) i perioden 1989-2023 for kystvande, yder- og inderfjorde samt Limfjorden (middel ± 95 % konfidensgrænser) (Hansen et al. (red.), 2024).

Udover ålegræs indgår også målinger af makroalger (tang) i overvågningsprogrammet. Figur 8.4 viser udviklingen i dækningsgrad for makroalger fordelt på stenrev, kystvande, yderfjorde, inderfjorde samt Limfjorden.

Gennem overvågningsperioden (1989-2023) er der sket en signifikant positiv udvikling i algernes kumulerede dækning i inderfjorde, yderfjorde, kystvande og på stenrev, 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. Gennem de seneste ti år (2013-2023) er udviklingen stagneret i samtlige farvandstyper. De modellerede dækninger for kystvande, yderfjorde og Limfjorden var dog generelt bedre i 2023 end i 2022, men lavere for inderfjorde og stenrev.

Makroalgerne har generelt udvist en mere positiv/mindre negativ udvikling end ålegræsset. Ålegræsset er tilsyneladende mere presset end makroalgerne af den fortsatte påvirkning med næringsalte.

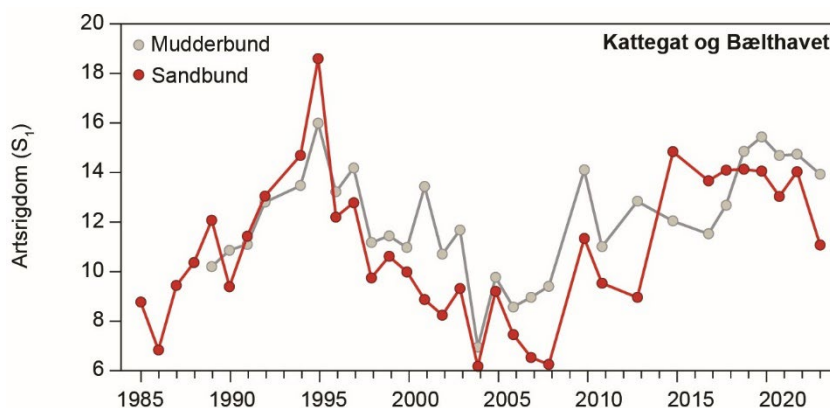
Figur 8.4. Makroalgernes kumulerede dækningsgrad i perioden 1989-2023 for stenrev i åbne farvande og på sten i kystvande, yder- og inderfjorde samt i Limfjorden. Data fra 1989 er udeladt af trendanalyse (åbne symboler). Makroalgernes kumulerede dækning kan overstige 100 %, eftersom algerne kan vokse i lag oven på hinanden (Hansen et al. (red.), 2024).



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 1985-2023. 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 et al. (red.), 2024).



I de åbne dele af de indre danske farvande viste udviklingen på de stationer der ligger på den dybe mudderbund, at der var sket et fald i artsdiversiteten og tætheden. Data fra 2018 og frem til 2023 viser nu et signifikant fald i artsdiversiteten, som ligner det mønster der forekom i perioden 1995 - 2000 og som førte til et kollaps af hele bundfaunasamfundet frem mod 2008 på den dybe mudderbund i Kattegat og Bælthavet. I de åbne indre farvande vidner bundfaunaens artssammensætning om, at der generelt ikke er problemer med eutrofiering ift. bundfaunaen, men at der i nogle områder er negative påvirkninger af fysisk forstyrrelse fra bundtrawling. Overvågningen af bundfaunaen i Nordsøen indikerer, at samfundene her også er påvirket af fysisk forstyrrelse.

I fjorde og kystvande var forholdene i 2023 varierende for bundfaunaen. I fire ud af 30 besøgte områder var forholdene gode, mens forholdene var ringe i fem af områderne. I tre ud af de fem områder 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 og EU's Havstrategidirektiv.

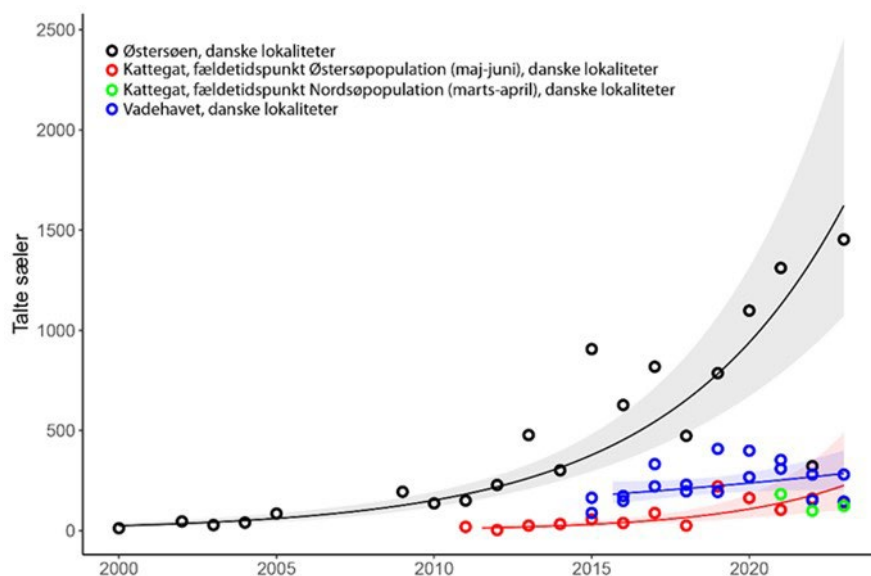
For sæler og marsvin skal der udpeges beskyttede områder, de såkaldte Natura 2000-områder. Disse områder har indgået i den nationale overvågning af spættet sæl i Kattegat og Vadehavet siden 1976, i Limfjorden og Østersøen siden 1990 og for gråsæler standardiseret siden 2011 i Kattegat, Limfjorden, Østersøen og siden 2014 i 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, hovedsageligt som følge af jagtfredningen i 1977 samt oprettelsen af en række sælreservater. Det totale antal talt på hvilepladserne i Danmark toppede i 2017 med 10.100 og var i 2023 faldet til 9.250 spættede sæler. Tallene tyder på, at de spættede sæler i Danmark har nået den økologiske bæreevne i flere områder, eller at de presses af andre faktorer, som fx forstyrrelser, fødemangel eller konkurrence med gråsælen. Spættet sæl har nu bredt sig til Lillebælt og det Sydfynske Øhav, som er de eneste områder, hvor arten har været udryddet i Danmark i over 100 år.

Gråsæl har vist fremgang i de seneste 10 år (figur 8.6). I 2023 blev der på danske lokaliteter registreret op til 182 gråsæler i Kattegat, 213 i Vadehavet og 1.456 i den danske del af Østersøen. Det forventes, at den generelle stigning i antallet af gråsæler fortsætter i de kommende år.

Det stigende antal gråsæler i Danmark kan ikke forklares med de få gråsælunger, der fødes i danske farvande. Det må derfor skyldes en indvandring af gråsæler. Det forventes, at den generelle stigning i antallet af besøgende gråsæler fortsætter i alle områder i de kommende år.

Figur 8.6. Antal talte gråsæler i den danske del af Østersøen i perioden 2002-2022, i den danske del af Kattegat i 2011-2022 og i den danske del af Vadehavet i 2015-2022. For Erholmene i Østersøen er tællingerne for perioden 2002-2010 foretaget med teleskop fra land, mens de fra 2011 og frem er foretaget fra fly (Hansen et al. (red.), 2024).



I 2010 blev 16 habitatområder udpeget for marsvin, som siden 2011 har været en del af det nationale overvågningsprogram. I 2020 har Miljøstyrelsen tilføjet nye områder, så der samlet nu er 35 habitatområder for marsvin.

I 2023 er marsvin overvåget i fire områder med flytællinger. I Skagerrak estimeredes 2.675 marsvin og en tæthed 0,21 marsvin/km². Dette er generelt lavere end de tidligere tællinger og der ses en negativ trend siden 2017.

I den sydlige Nordsø blev antallet af marsvin i 2023 estimeret til 1.244 dyr med en tæthed på 0,23 marsvin/km². Dette niveau er lavere end tidligere estimater, men trenden i antallet af marsvin i området har været stabilt siden 2011.

Antallet af marsvin i det nordlige Kattegat blev estimeret til 3.251 dyr med en tæthed på 0,32 marsvin/km². Ved flyovervågningen i Bælthavet 2023 blev der estimeret 1.953 marsvin med en tæthed på 0,33 marsvin/km². Dette er lavere end tællingen i 2022.

9 Fugle

Med igangsættelse af NOVANA har Danmark fra 2004 fået en systematisk overvågning af de fugle, der udgør udpegningsgrundlaget for fuglebeskyttelsesområderne og er beskyttet i henhold til fuglebeskyttelsesdirektivet. Fuglebeskyttelsesområderne indgår i det europæiske netværk af særlige beskyttelsesområder, kaldet "Natura 2000-områder" som rummer naturtyper og arter, herunder fugle, der har behov for beskyttelse inden for den Europæiske Union. For disse områder gælder det generelt, at de skal medvirke til at sikre den biologiske mangfoldighed både på nationalt og europæisk plan.

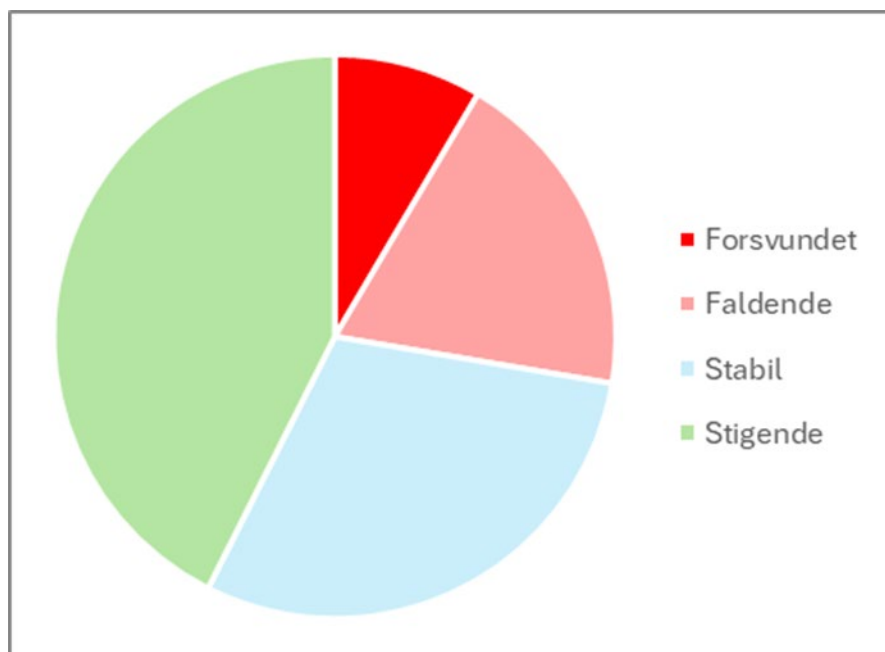
Delprogrammet for overvågning af fuglearter i NOVANA har det primære formål at overvåge de enkelte arters udbredelse og bestandsstørrelse samt udviklingsretning for at tilvejebringe et fagligt grundlag for at vurdere de enkelte arters bestandsudvikling både inden for og uden for fuglebeskyttelsesområderne. Overvågningen skal også styrke den faglige baggrund for eventuelle foranstaltninger, der kan forbedre den enkelte arts status.

Dette års NOVANA-rapportering af fugle omfatter overvågning foretaget i perioden 2018-2023. Artsgennemgangen præsenterer arternes status, som den tegnes af det samlede overvågningsmateriale. Da Danmark i 2019 afrapporterede en database til EU-kommissionen i medfør af Fuglebeskyttelsesdirektivets Artikel 12, blev artsgennemgangen i den forrige NOVANA-rapport udvidet med informationer om fuglebestandenes korttids- og langtidstrends, ændringer i deres udbredelse og trusler, der kan påvirke fuglenes antal og fordelinger (Holm et al., 2021), og resultaterne blev sammenfattet i let overskuelige tabeller og diagrammer (Fredshavn et al., 2019). Denne information er videreført og opdateret med nye data i denne rapport. Dette års rapportering af fugle repræsenterer samtidigt grundlaget for Danmarks Artikel 12 af-rapportering af NOVANA overvågede fuglearter i 2025.

9.1 Ynglefugle

Af de 47 ynglefuglearter i NOVANA blev 45 ynglefuglearter monitoreret i perioden 2022-2023. Ynglefuglene overvåges i to overvågningsprogrammer, Intensiv 1 og Intensiv 2. Derudover overvåges skarv i et særligt program. Den intensive overvågning er monitorering af bestandsstørrelser og foregår hovedsageligt i de fuglebeskyttelsesområder, hvor arterne er på udpegningsgrundlaget. For enkelte arter er overvågningen landsdækkende.

Figur 9.1. Udvikling i 47 ynglebestande i perioden 2012-23 omfattende både Intensiv 1- og Intensiv 2-arter. Heraf er 4 arter forsvundet og 9 arter har haft faldende bestandsstørrelser. Dernæst har 14 arter haft stabile bestandsstørrelser. Endelig har 20 arter haft stigende bestandsstørrelser. (Nielsen et al., 2024b).



Intensiv 1 omfatter arter, som forekommer i, eller vender tilbage til, kendte lokaliteter. Af de 35 arter i Intensiv 1-programmet har otte arter vist faldende bestande, herunder edderfugl, hvepsevåge, stor kobbersneppe, engryle, brus-hane, dværgmåge, sandterne og havterne. 10 arter har været stabile, herunder rørdrum, plettet rørvagtel, engsnarre, klyde, splitterne, sortterne, natravn, is-fugl, sortspætte og rødrygget tornskade. 15 arter, herunder skestork, sangsvane, bramgås, rød glente, rørhøg, trane, hvidbrystet præstekrave, tinksmed, rovterne, dværgterne, fjordterne, tejst, stor hornugle, hedelærke og sydlig blåhals har haft stigende bestande. To arter, blå kærhøg og hjejle, er forsvundet som ynglefugle i NOVANA-perioden 2004-2023. Skarv, med sit eget overvågningsprogram, har haft stabil bestandsstørrelse siden 2012.

Table 9.1. Intensiv 1 ynglefugle. Bestandsopgørelser og udvikling på kort sigt (2012-23) og på langsigt (1980-2023, eller så langt data rækker). Bestandstal er antal ynglepar (Nielsen et al., 2024b).

Ynglefugleart	Antal ynglepar	Udvikling kort sigt	Udvikling lang sigt
Skarv	31079	Stabil	Stigende
Ederfugl*	17000	Faldende	Stabil
Splitterne	3056	Stabil	Stabil
Klyde	2800	Stabil	Faldende
Bramgås*	2692	Stigende	Stigende
Havterne	2150	Faldende	Faldende
Tejst	1864	Stigende	Stigende
Sydlig blåhals	1750	Stigende	Stigende
Rødrygget tornskade	1500	Stabil	Stabil
Fjordterne	1450	Stigende	Stigende
Rørhøg	955	Stigende	Stigende
Natravn	870	Stabil	Stabil
Hedelærke	750	Stigende	Stigende
Trane	742	Stigende	Stigende
Isfugl	691	Stabil	Stigende
Dværgterne	610	Stigende	Stabil
Rørdrum	505	Stabil	Stigende
Skestork	438	Stigende	Stigende
Hvæpsevåge	400	Faldende	Stabil
Rød glente	375	Stigende	Stigende
Stor kobbersneppe	328	Faldende	Faldende
Tinksmed	245	Stigende	Stigende
Sortspætte	225	Stabil	Stigende
Engsnarre	176	Stabil	Stigende
Hvidbrystet præstekrave	143	Stigende	Stigende
Stor hornugle	143	Stigende	Stigende
Plettet rørvagtel	119	Stabil	Stabil
Rovterne	115	Stigende	Stigende
Sortterne	82	Stabil	Faldende
Engryle	72	Faldende	Faldende
Brushane	30	Faldende	Faldende
Sangsvane	10	Stigende	Stigende
Dværgmåge	0	Faldende	Faldende
Sandterne	0	Faldende	Faldende
Blå kærhøg	0	Forsvundet	Faldende
Hjejle	0	Forsvundet	Faldende

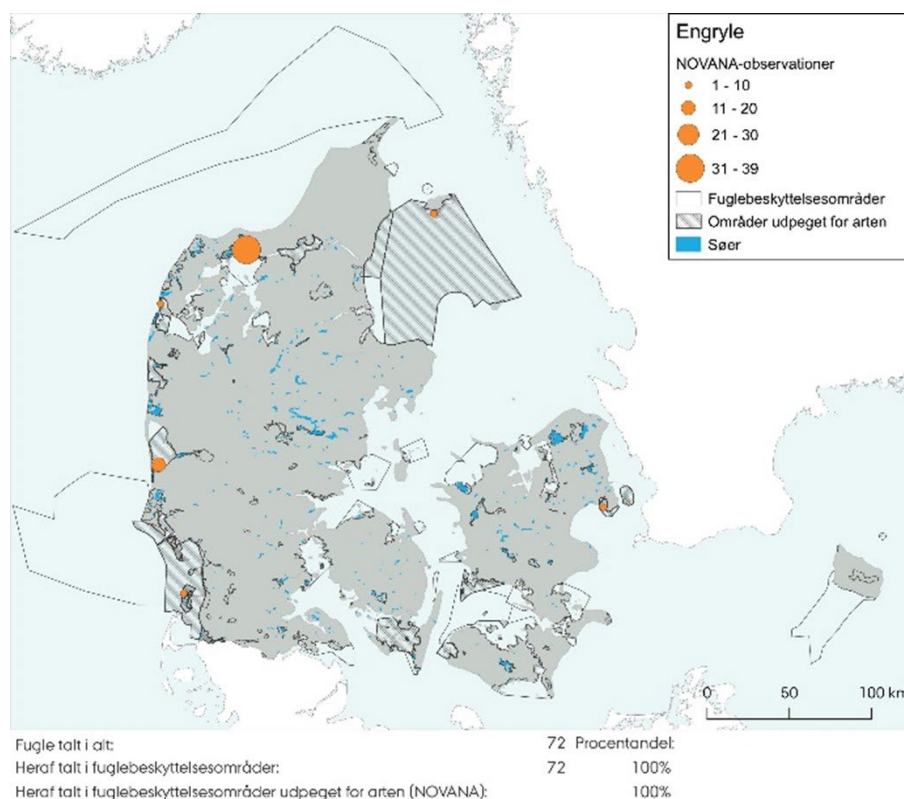
Figur 9.2. Havterne.
(Foto: Creative Commons)



Eksempler på Intensiv 1 arter:

- Havternen (figur 9.2) er Danmarks mest udbredte terneart, og den yngler typisk på små, ubeboede øer og holme spredt langs de danske kyster, undtagen på Bornholm. Arten er en trækfugl og overvintrer omkring Antarktis. NOVANA-overvågningen viser, at den danske ynglebestand af havterne er gået tilbage siden første overvågning i 2006.
- Sortterne yngler i Danmark i kolonier på våde enge med siv- og startuer, samt i søer og moser med rigelig flydebladsvegetation. Arten overvintrer i Vestafrika. Sortterne var tidligere mere almindelig, men er gået stærkt tilbage i 1900-tallet. I disse år forekommer arten kun i ganske få områder i Jylland. I 2021 blev der registreret 81-82 par og udviklingen i perioden siden 2012 er stabil.
- Rovterne yngler på øer og holme langs kysterne og fouragerer i søer og lavvandede kystområder. Arten overvintrer i Vestafrika. Arten genindvandrede som ynglefugl i 2008 efter at have været uddød i en årrække, og er siden registreret hvert år i stigende antal, og senest i 2023 med 112 par.
- Engryle yngler i Danmark på våde, kortgræssede strandenge, og trækker via Vesteuropa til overvintringspladser i Nordafrika. Engryle var tidligere en almindelig, dansk ynglefugl, men i løbet af 1900-tallet gik arten støt tilbage, og forekommer nu blot på med ganske få par på enkelte store strandengsområder i Vestdanmark og på øerne (figur 9.3).

Figur 9.3. Udbredelsen og antal af ynglende engryle i Danmark. Data består af Miljøstyrelsens NOVANA-overvågning fra 2022, som dækker alle kendte forekomster af arten (Nielsen et al., 2024b).



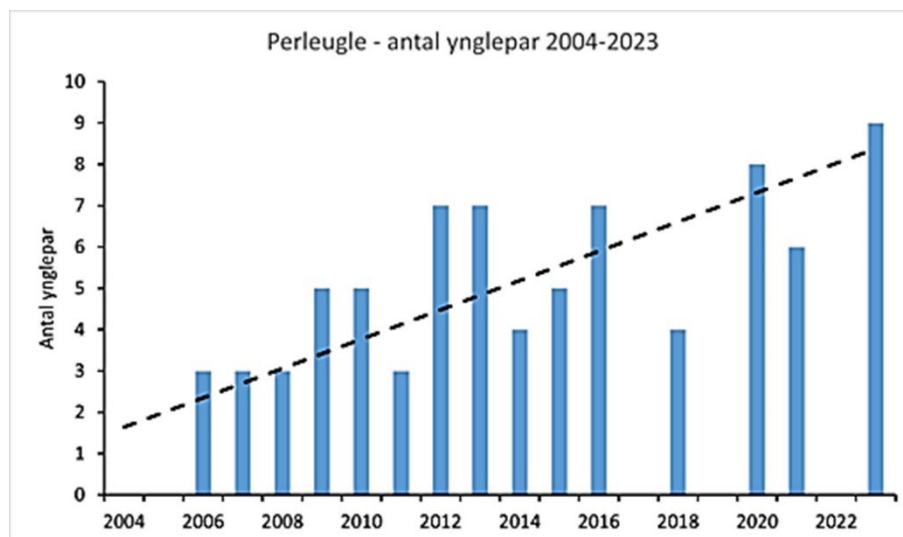
- Brushane yngler i Danmark på kortgræssede strandenge med pander og loer, og lokalt på ferske enge. Arten overvintrer i Vestafrika. Den var tidligere almindelig, undtagen på Bornholm, men er gået meget tilbage i løbet af 1900-tallet på grund af intensivt landbrug. I 2022 blev der registreret 28 ynglepar, hvilket er et fald i forhold til 2018, hvor der blev registreret 41 par.
- Plettet rørvagtel yngler i større sumpområder og ferske enge med naturlige, tidvise oversvømmelser. Arten overvintrer i Østafrika. Plettet rørvagtel var almindelig i 1800-tallet og udbredt over hele landet, men er siden 1900-tallet gået meget tilbage på grund af ødelæggelser af dens ynglehabitater. I NOVANAs 2023-overvågning blev der registreret 52 syngende hanner i de fuglebeskyttelsesområder, hvor arten er på udpegningsgrundlaget.

Tabel 9.2. Intensiv 2 ynglefugle. Bestandsopgørelser og udvikling på kort sigt (2012-23) og på langsig (1980-2023, eller så langt data rækker). Bestandstal er antal ynglepar (Nielsen et al., 2024b).

Ynglefugleart	Bestand Antal ynglepar	Udvikling kort sigt	Udvikling lang sigt
Havørn	151	Stigende	Stigende
Sorthovedet måge	27	Stigende	Stigende
Hedehøg	21	Stabil	Faldende
Vandrefalk	13	Stabil	Stigende
Hvid stork	10	Stigende	Faldende
Fiskeørn	9	Stigende	Stigende
Perleugle	9	Stigende	Stigende
Kongeørn	4	Stigende	Stigende
Mosehornugle	1	Faldende	Faldende
Sort stork	0	Forsvundet	Faldende
Markpiber	0	Forsvundet	Faldende

Intensiv 2 omfatter mere sjældne arter, hvis forekomst ikke kan forudsiges (Tabel 9.2). Miljøstyrelsen opsøger derfor observationer i Dansk Ornitologisk Forenings database (DOFbasen), og verificerer fundene. Af de 11 arter i intensiv 2 overvågningen har én art, mosehornugle vist faldende bestand med kun 1 par senest observeret, og 3 arter med stabil udvikling, herunder hedehøg, vandrefalk og perleugle. Fem arter har vist en stigende bestand, herunder de tre rovfugle havørn, kongeørn og fiskeørn og de to arter hvid stork og sorthovedet måge. To arter, sort stork og markpiber er forsvundet som ynglefugle, idet der ikke er observeret sort stork de seneste 25 år og det sidste par af markpiber ynglede på Anholt i 2017.

Figur 9.4. Bestandsudvikling for perleugle i perioden 2004-2023. Data stammer fra Miljøstyrelsens NOVANA-overvågning suppleret med data fra andre kilder (Nielsen et al., 2024b).



Eksempler på Intensiv 2 arter:

- Perleugle har ynglet regelmæssigt i Danmark siden 2006, typisk i sortspættehuller eller i opsatte redekasser i skovområder i Midtjylland. De perleugler, der etablerede sig i Jylland, var formentlig indvandret fra Tyskland, mens perleuglerne, der slog sig ned på Bornholm, sandsynligvis var indvandret fra Sverige. I 2023 var der 8-10 par i landet (figur 9.4).
- Kongeørn yngler i høje, gamle træer i uforstyrrede områder. Kongeørn genetablerede sig som dansk ynglefugl 1997-1999, og da kom der to unger på vingerne. Efterfølgende har der ynglet op til fem par i Nordjylland.
- Hedehøg yngler i vinterafgrøder og hedemoser med rørsump. Arten overvintrer i Afrika. Hedehøg var tidligere udbredt i Vest- og Nordjylland, men gik fra midten af 1900-tallet stærkt tilbage, og i 2021 blev der registreret 21 par. Arten kræver store engområder som fourageringsareal.
- Mosehornugle yngler på større udyrkede arealer med lav vegetation, som strandenge og ådale, tidligere også i mose- og hedeområder. Arten overvintrer i Vesteuropa, herunder Danmark. Mosehornugle var tidligere almindelig, men er nu en meget sjælden ynglefugl, der siden 2012 kun er registreret med 0-5 par.

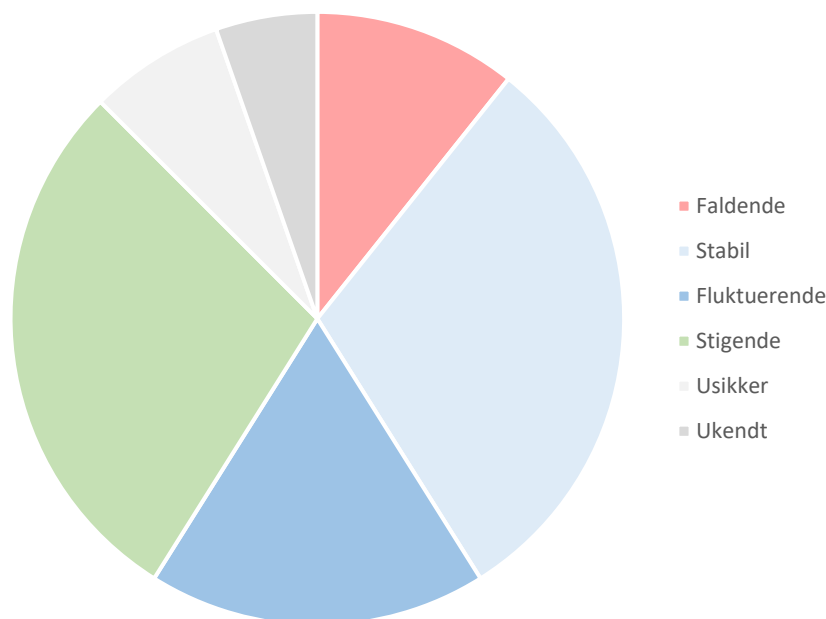
9.2 Trækfugle

I alt 52 arter af trækfugle omtales udførligt i NOVANA-overvågningen 2018-2023, hvor sædgås og knortegås behandles på underartsniveau. Lommer og alkefugle angives kun som artsgrupper, da hovedparten af de observerede fugle ikke kan artsbestemmes fra fly. Yderligere otte arter behandles mere kortfattet.

Hovedparten af de behandlede arter indgår på ét eller flere af fuglebeskyttelsesområdernes udpegningsgrundlag, men herudover er arter medtaget, hvis de indgår i den næste Artikel 12-rapportering i 2025, fx fiskehejre og sortgrå ryle og/eller er jagtbare arter, fx canadagås.

Både i 2020 og 2023 blev der gennemført landsdækkende midvintertællinger i Danmark. I de øvrige år er midvintertællingerne kun foretaget i udvalgte indeksområder. Nogle af arterne overvåges både midvinter og på de årstider, hvor de forekommer i størst antal (fx pibesvane forår og efterår, svømmeænder efterår), og det gælder særligt vadefuglene, der på nær enkelte arter, ikke overvintrer i landet.

Figur 9.5. Udvikling i 56 bestande af trækfugle i perioden 2012-23. Heraf har 7 arter haft faldende bestandsstørrelser. Dernæst har 17 arter haft stabil og 10 arter fluktuerende bestandsstørrelser. Endelig har 15 arter haft stigende bestandsstørrelser og 7 arter har usikre eller ukendte bestandsstørrelser (Nielsen et al., 2024b).



Knap halvdelen, svarende til 27 af de behandlede 56 bestande af trækfugle, har stabile eller fluktuerende bestande (fx knopsvane, hvinand, stor skallesluger), og 15 arter har været i fremgang i perioden 2012-2023, bl.a. sangsvane, næsten alle arter af gæs og flere arter af svømmeænder. Syv arter har haft faldende bestandsstørrelser i perioden.

Tablet 9.3. Bestandsopgørelser og udvikling på kort sigt (2012-23) og på lang sigt (1980-2023, eller så langt data rækker) for trækfuglearter. Bestandstal er antal individer. (Nielsen et al., 2024b).

Art	Bestand	Udvikling kort sigt	Udvikling lang sigt
Edderfugl	377.300	Faldende	Faldende
Pibeand	273.862	Stigende	Stigende
Bramgås	272.486	Stigende	Stigende
Sortand	239.500	Stabil	Usikker
Hjejle	229.515	Usikker	Usikker
Almindelig ryle	224.165	Usikker	Ukendt
Grågås	153.604	Stabil	Stigende
Blishøne	115.668	Stigende	Stabil
Gråand	110.308	Faldende	Faldende
Troldand	108.295	Stabil	Faldende
Krikand	77.142	Stigende	Stigende

Hvinand	61.509	Stabil	Stigende
Sangsvane	58.744	Stabil	Stigende
Knopsvane	58.059	Stigende	Stabil
Fløjlsand	53.900	Stabil	Usikker
Kortnæbbet gås	53.639	Fluktuerende	Stigende
Islandsk ryle	50.005	Fluktuerende	Faldende
Havlit	45.400	Stabil	Usikker
Toppet skallesluger	44.200	Stigende	Stigende
Strandskade	41.647	Fluktuerende	Faldende
Skarv	32.337	Stigende	Stigende
Alkefugle (Alk og Lomvie)	26.800	Fluktuerende	Ukendt
Gravand	26.044	Stigende	Stabil
Spidsand	22.996	Stigende	Stigende
Stor regnspove	21.915	Stigende	Stigende
Lille kobbersneppe	21.698	Usikker	Usikker
Mørkbuget knortegås	19.548	Stabil	Stabil
Mallemuk	17.674	Ukendt	Ukendt
Bjergand	13.466	Fluktuerende	Faldende
Stor skallesluger	13.196	Stabil	Faldende
Blisgås	12.339	Stigende	Stigende
Canadagås	12.095	Faldende	Stigende
Rødben	10.332	Stigende	Stigende
Taffeland	9.641	Faldende	Faldende
Lysbuget knortegås	9.240	Stigende	Stigende
Lommer (Rød- og Sortstrubet lom)	7.800	Stabil	Ukendt
Skeand	7.705	Stabil	Stigende
Klyde	7.377	Stabil	Stabil
Fiskehejre	6.400	Stigende	Faldende
Knarand	6.306	Stigende	Stigende
Sandløber	6.287	Usikker	Ukendt
Hvidklire	5.016	Stabil	Stabil
Tajgasædgås	3.871	Faldende	Faldende
Strandhjejle	3.060	stabil	stabil
Tundrasædgås	3.031	Fluktuerende	Stigende
Trane	2.980	Fluktuerende	Ukendt
Splitterne	2.640	Ukendt	Ukendt
Lille skallesluger	2.353	Fluktuerende	Stigende
Sortklire	1.960	Ukendt	Ukendt
Pibesvane	979	Fluktuerende	Faldende
Skestork	976	Stabil	Stigende
Sølvhejre	882	Stigende	Stigende
Pomeransfugl	457	Fluktuerende	Ukendt
Sortgrå ryle	377	Stabil	Ukendt
Hvidbrystet præstekrave	113	Stabil	Ukendt
Storkjove	7	Faldende	Ukendt

For de fleste arter er det typisk en fortsættelse af den udvikling, der har fundet sted siden overvågningen startede, tilbage til sidst i 1960'erne eller begyndelsen af 1980'erne, afhængigt af artsgruppe.

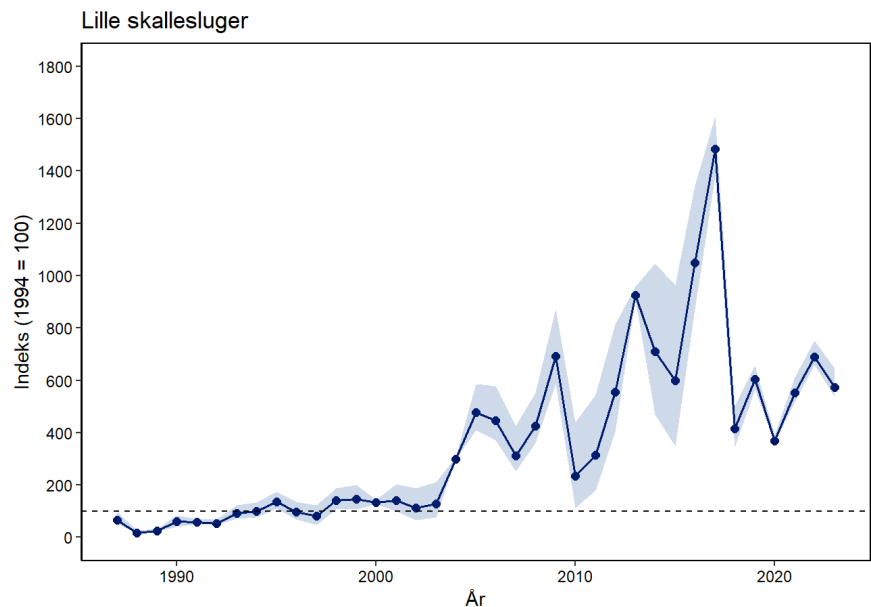
Udbredelseskortene for trækfuglearterne giver et visuelt indtryk af, hvor arten forekommer i landet, og i hvor store antal, herunder arternes antal i fuglebeskyttelsesområderne. En tabel under hvert kort giver samtidigt en statistik over, hvor store andele af bestanden, der er talt i fuglebeskyttelses-

områderne, samt i Natura 2000-områderne samlet. Disse tal indgår direkte i den kommende Artikel 12-rapportering.

Eksempler på trækfuglearter:

- Lille skallesluger yngler i søer og floder i det nordligste Skandinavien og Rusland, men overvintrer almindeligt herhjemme i større søer og vige. Arten er gået fra at være en fåtallig vintergæst, på de første landsdækkende midvintertællinger i slutningen af 1960'erne, til nu at være en vidt udbredt vintergæst, der har en fluktuerende bestand (figur 9.6).

Figur 9.6. Udvikling i bestandsindeks for lille skallesluger ved midvinter fra 1987 til 2023, baseret på optællinger i indeksområderne. Indeks er sat til 100 i 1994. Den mørke kurve og punkterne angiver udviklingen i indeks, det lyseblå blå bånd angiver usikkerhed på den beregnede værdi (95 % konfidensintervaller) (Nielsen et al., 2024b).

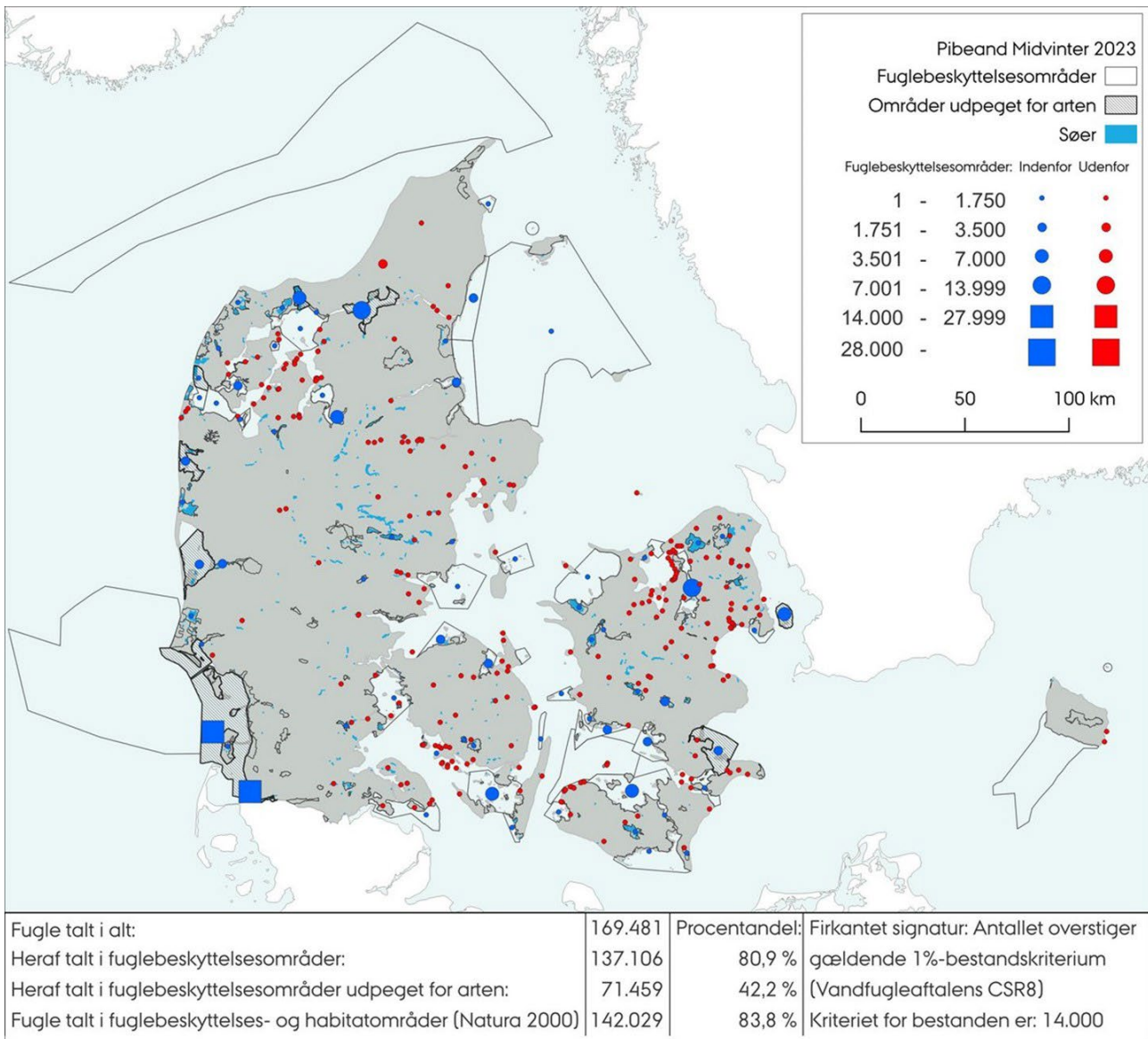


- Bjergand yngler på Island, i Skandinaviens bjergegne og østover i det nordlige Rusland. Antallet af overvintrende bjergænder har været faldende i den lange periode siden 1968, men arten har været forholdsvis stabil på midvintertællingerne udført siden 2004. Arten registreres over hele landet, men med hovedparten i få store flokke på få traditionelle lokaliteter.

Figur 9.7. Pibesvane.
(Foto: Kevin Kuhlmann Clausen)



- Pibesvane (figur 9.7) forekom førhen primært ved lavvandede fjorde, kystlaguner eller søer med udbredt undervandsvegetation, men er i dag, i lighed med sangsvane, i stigende omfang skiftet til at søge føde på agerjorde, hvor de fouragerer på de samme habitater og ofte sammen med sangsvane. I lighed med knopsvane påvirkes pibesvanernes antal negativt i fjordområder, hvor der er observeret eutrofieringsbetingede tilbagegange i udbredelse og tætheder af vandplanter. Der er dog også indikationer på, at svanerne vender tilbage, hvis vegetationen genetableres. Samlet set er pibesvane faldet i antal i efteråret og sandsynligvis også foråret, mens antallene, der overvintrer, er fluktuerende.



Figur 9.8. Fordeling af pibeand optalt ved den landsdækkende midvintertælling i 2023 (Nielsen et al., 2024b).

- Pibeand er en almindelig og vidt udbredt trækfugl. Fuglene lever af plantemateriale, som de finder på lavt vand eller på strandenge. Vadehavet er Danmarks vigtigste rastestedsplads, og andre vigtige lokaliteter i Jylland findes ved de vestjyske fjorde, i Vejlerne og i Limfjorden. På Øerne er Saltholm, Roskilde Fjord og Ulvshale-Nyord de vigtigste områder. Alle svømmeænder i Danmark er jagtbare og følsomme overfor forstyrrelser forårsaget af jagt. Generelt har svømmeænderne derfor responderet positivt på etableringen af de mange nye jagtfrie kerneområder fra 1989 til 2000, og der ses

stadigt flere fugle om efteråret. Som for de øvrige svømmeænder, har mildere vintre bevirket, at stadig flere overvintrer i Danmark.

- Strandskade yngler herhjemme mest langs kysterne i lavvandede fjorde. Uden for yngletiden raster arten primært i Vadehavsområdet, hvor 90 % af bestanden er registreret. Her søger den føde på muslingebanker eller sandbund med hjertemuslinger. Ved den landsdækkende midvintertælling i 2023 blev der talt knap 42.000 strandskader i hele landet, heraf ca. 38.000 i Vadehavet. Set i den lange periode siden 2005 har antallet været faldende i den periode, arten er blevet overvåget under NOVANA.

Til dette års rapportering af fugle er der foretaget en modelberegning af de nationale bestandsstørrelser af overvintrende lommer, udvalgte dykænder (edderfugl, sortand, fløjlsand, havlit, toppet skallesluger) og alkefugle i vintrene 2020 og 2023 – arter som tælles i særligt store antal i områder, der dækkes ved transektmålinger fra fly.

10 Miljøfarlige forurenende stoffer

I forbindelse med etablering af det nuværende NOVANA-program, NOVANA 2023-27, blev bl.a. miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i overfladevand udskilt i sit eget delprogram. MFS har tidligere været en del af delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver udtaget, dvs. vandløb, søer, hav og fjord, punktkilder, luft og grundvand. MFS i luft og grundvand afrapporteres stadig under disse delprogrammer (Nordstrøm et al., 2024, Thorling et al., 2024). MFS-data for overfladevand og luft er samlet i dette kapitel. I forbindelse med MFS i overfladevand fik sit eget delprogram, blev *Fagdatacenter for miljøfarlige forurenende stoffer* etableret i 2024 og data for miljøfarlige forurenende stoffer fra vandløb, søer, marine områder samt punktkilder er nu samlet i en rapport.

I rapportering af MFS i luft er der fokus på pesticider og farmaceutiske stoffer samt metaller. I dette års rapportering af MFS i overfladevand indgår analyseresultater for kontrolovervågningen og den operationelle overvågning for 2023 samt perioden 2018-2023 for de enkelte medier (marint, søer og vandløb samt punktkilder). Desuden indgår resultater fra anden overvågning; screeningsundersøgelser og undersøgelser af stoffer på EU's observationsliste samt visse projekter. Screeninger anvendes til at afdække om nye stoffer udgør et problem i vandmiljøet. Anden overvågning inkluderer også havstrategiovervågning, som er supplerende overvågning til den overvågning, der udføres i regi af vandrammedirektivet. I NOVANA-delrapporten for miljøfarlige forurenende stoffer, gennemgås data for metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er), aromatiske kulbrinter samt organotin på tværs af medier af overfladevand.

En række MFS er på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer. Det er særligt disse stoffer, samt stoffer, der udledes i betydelige mængde, der er fokus på i overvågningen af overfladevand, mens der i overvågningen af grundvand er særligt fokus på pesticider og i overvågningen af luft er fokus på metaller, nitrophenoler, PAH'er og pesticider. En gennemgang af alle stofgrupper analyseret i NOVANA i overfladevand kan findes i kapitel 2 i Lassen et al. (2024).

10.1 Metaller i Vandmiljøet

Metaller findes naturligt i jordens geologiske udgangsmateriale og frigives herfra ved kemiske, fysiske og biologiske nedbrydningsprocesser. Siden midten af det forrige århundrede har menneskets industrielle aktiviteter resulteret i, at metaller bundet i fossile brændstoffer og andre geologiske materialer er frigivet til miljøet.

Metaller i overfladevand måles i marine fisk (kun kviksølv) og muslinger og sediment, i fisk (kun kviksølv) og sediment fra søer, i fisk (kun kviksølv), sediment og vand fra vandløb, samt i punktkilder ved renseanlæg, regnbetinget udledning (RBU) fælles kloak (regnvand+spildevand), RBU separat kloak (kun regnvand) og RBU sediment. Desuden måles luftens og nedbørens indhold af metaller.

Depositioner af metaller fra luft

Luftens og nedbørens indhold af metaller og halvmetallet arsen er undersøgt ved målinger på henholdsvis to (tørdeposition) og seks (våddeposition) stationer.

Der findes i dag 43 års måling af luftens indhold af metaller. Resultaterne af de mange års overvågning viser en tydelig reduktion i såvel luftens indhold som i våddepositionen af metaller. De seneste 15 år er koncentrationer og våddepositioner dog kun aftaget svagt sammenlignet med tidligere, og inden for de sidste få år har de indfundet sig på nogle niveauer, hvor der er små år-til-år fluktuationer, men hvor længerevarende tendenser enten er usikre eller ikke eksisterende. En undtagelse er måske våddepositionen af kobber, der siden 2013 synes at have udvist en generel stigende tendens. For cadmium og bly har luftkoncentrationen siden omkring 2011 ligget konstant og meget lavt.

Målingerne ved de danske målestationer for bly, cadmium og zink og sammenholdt med tilgængelige værdier for metalemissioner fra EU og Danmark (først tilgængelige fra 1990) (EMEP, 2024) viser, at et fald i våddepositionerne og luftkoncentrationerne i Danmark følger ændringerne i emissionerne fra EU-landene. Dette er forventeligt, da metallerne for en stor del langtransporteres til Danmark fra store dele af resten af Europa.

Metaller i søer

Metaller måles i sediment og fiskevæv (kviksølv) i søer. Et overblik over de målte stoffer findes i delrapport for miljøfarlige forurenende stoffer (Lassen et al., 2024). De fleste metaller blev fundet i alle de undersøgte sedimentprøver i 2023. Undtaget er nikkel og vanadium. For begge stoffers vedkommende var der en enkelt sø, hvor stoffet ikke blev fundet.

Kun for få af de målte metaller er der fastsat miljøkvalitetskrav i sediment. Der er i perioden 2018-2023 fundet blyindhold højere end miljøkvalitetskravet i fire af søerne i kontrolovervågningen og i tre af søerne i den operationelle overvågning. Alle disse søer er enten bynære eller næringsfattige og/eller kalkfattige (lavalkaline). For vanadium er der 19 søer i kontrolovervågningen og 14 i den operationelle overvågning, svarende til i alt 22 % af de undersøgte søer, hvor koncentrationerne er højere end miljøkvalitetskravet.

Kviksølv i søer måles i fisk. I perioden 2018-2023 blev 78 søer undersøgt, heraf 13 i 2023 i kontrolovervågningen. Tilsvarende blev 72 henholdsvis 14 søer undersøgt i den operationelle overvågning. Overordnet blev der fundet kviksølv i alle prøver fra 2023. De højeste værdier på 1,17 mg/kg vådvægt, blev fundet i den operationelle overvågning, mod 0,91 mg/kg vådvægt i kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 og 1,17 mod 0,33 i 2023 alene. Miljøkvalitetskravet for kviksølv i ferskvandsbiota er 0,02 mg/kg vådvægt. Mindst halvdelen af alle prøver har kviksølvkonzentrationer over denne værdi. Ser man nærmere på resultaterne for de enkelte søer, viser det sig, at i alle analyserede aborrer fanget i søer i perioden 2018-2023, bortset fra en sø i kontrolovervågningen og to søer i den operationelle overvågning, er kviksølvkonzentrationen højere end miljøkvalitetskravet.

Metaller i vandløb

Metaller i vandløb analyseres i vandprøver og fiskemuskel (kun kviksølv). Et overblik over de målte stoffer findes i delrapport for miljøfarlige forurenende

stoffer (Lassen et al., 2024). De fleste metaller blev fundet med detektionsfrekvenser på 100 %. Barium blev på kontrolovervågningsstationerne fundet i koncentrationer, der var højere end det generelle kvalitetskrav, med en medianværdi på henholdsvis 41 µg/l (2023) og 31 µg/l (2018-2023) efter baggrundskoncentrationen er fratrukket. For de operationelle stationer blev der tilsvarende fundet en medianværdi for barium, som er højere end det generelle kvalitetskrav (46 mg/l) for både 2023 og perioden 2018-2023.

For kobber er der i 2023 seks operationelle stationer og tre kontrolstationer med koncentrationer højere end miljøkvalitetskravets maksimumkoncentration. Desuden havde 80 operationelle stationer en kobberkoncentration højere end det generelle kvalitetskrav. For hele perioden 2018-2023 var de tilsvarende antal overskridelser ved operationel stationer henholdsvis 16 (maksimumkoncentrationer) og 207 (generelle kvalitetskrav).

Zink blev på de operationelle stationer fundet i værdier højere end maksimumkoncentrationen på 101 vandløbsstationer i 2023 og på 265 vandløbsstationer for hele perioden mellem 2018-2023.

På de operationelle stationer var der enkeltværdier for bly, som var højere end maksimumkoncentrationen for stoffet. For kontrolstationerne blev der fundet 15 observationer, hvor koncentrationen af zink var højere end maksimumkoncentrationen.

Metaller i marine områder

Metaller er i marine områder målt i 25 muslingeprøver og kviksølv i 8 fiskeprøver for 2023. Et overblik over de målte stoffer findes i delrapport for miljøfarlige forurenende stoffer (Lassen et al., 2024). Der er fastsat miljøkvalitetskrav i biota for bly, cadmium og kviksølv (Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2023). Koncentrationen af bly og cadmium var højere end miljøkvalitetskravene i biota i henholdsvis 40 % og 16 % af de muslingeprøver, der blev undersøgt i 2023 mod 65 % for bly og 47 % for cadmium for 247 muslingeprøver i hele perioden 2018-2023.

Kviksølvindholdet var højere end miljøkvalitetskravet i 87,5 % af fiskeprøverne undersøgt i 2023, og 90 % i 2018-2023. Ingen prøver fra 2023 viste koncentrationer højere end EU's grænseværdi for fødevarer.

Metaller i punktkilder

Der udtages en prøve per år ved avancerede renseanlæg (ikke alle anlæg prøvetages hver gang), mens der udtages prøver tre gange årligt ved renseanlæg uden særlig industri (mekaniske renseanlæg) og otte gange om året ved regnbetingede udledninger (RBU). For sediment fra RBU, separat kloakering, udtages der en prøve årligt. Et overblik over de målte stoffer findes i delrapport for miljøfarlige forurenende stoffer (Lassen et al., 2024).

Metaller er en af de mest målte stofgrupper i renseanlæg og RBU'er, og findes normalt over detektionsgrænsen i tilløb som de naturligt forekommende stoffer de er. Der måles for 14 forskellige metaller og metalloider.

De gennemsnitlige fundprocenter af metaller varierer for avancerede renseanlæg for 2018-2023 (i gennemsnit 91 % i tilløb, 46 % i udløb), mekaniske renseanlæg (i gennemsnit 70 % i tilløb, 68 % i udløb) og RBU'er (i gennemsnit

75 % i tilløb, 60 % i udløb). For tilløb er det især antimon, der ikke er påvist (23 - 46 %), og for kviksølv 30-43 %.

Metaller på tværs af medier i overfladevand

Mediankoncentrationerne af kviksølv i muslinger samt marine, vandløbs- og søfisk stiger med ovennævnte rækkefølge. Dette skyldes formodentlig trofisk niveaustigning fra musling til fisk, og afstanden til punktkilder og diffus forurening fra land. Desuden har fiskenes størrelse og art samt vandets alkalinitet formentlig en betydning; det er observeret, at fisks optagelse foregår lettere i kalkfattige end i kalkrige søer (Spry og Wiener, 1990). Endelig har den højere opholdstid af vandet i søer sandsynligvis også betydning. Regionalt er der en stor forskel på Hovedstaden og de øvrige landsdele for kviksølv i de marine fisk, sammenholdt med indholdet i sø- og vandløbsfisk. Dette tilskrives højere koncentrationer i tæt befolkede områder som kalvebodsløbet og omkring Københavns Havn.

Spildevandskoncentrationerne, målt ved renseanlægs (mekanisk og avanceret) udløb, er generelt højere end koncentrationerne i vandløbsvand med en faktor 2-10, dog undtagen for arsen som er næsten ens i spildevand og vandløbsvand.

Ved en sammenligning af mediankoncentrationer imellem landsdelene, ses for bly, cadmium og arsen en tendens til højere koncentrationer på Sjælland og ved Hovedstaden sandsynligvis som følge af større befolkning og industripåvirkning. Bortset fra denne tendens ser fordelingen af metaller imellem landsdelene ud til at være rimelig jævn.

For metallerne i marine muslinger er den tidlige udvikling afhængig af områder og metaller. For kobber ses der i marine prøver et fald i de prøver, hvor der er en tidlig udvikling, og for bly få stigninger. Cadmium og kviksølv viser både stigninger og fald. For de tre metaller er der lavet mange indgreb og begrænsninger i anvendelsen, så forventningen var generelt faldende tendenser.

10.2 Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet

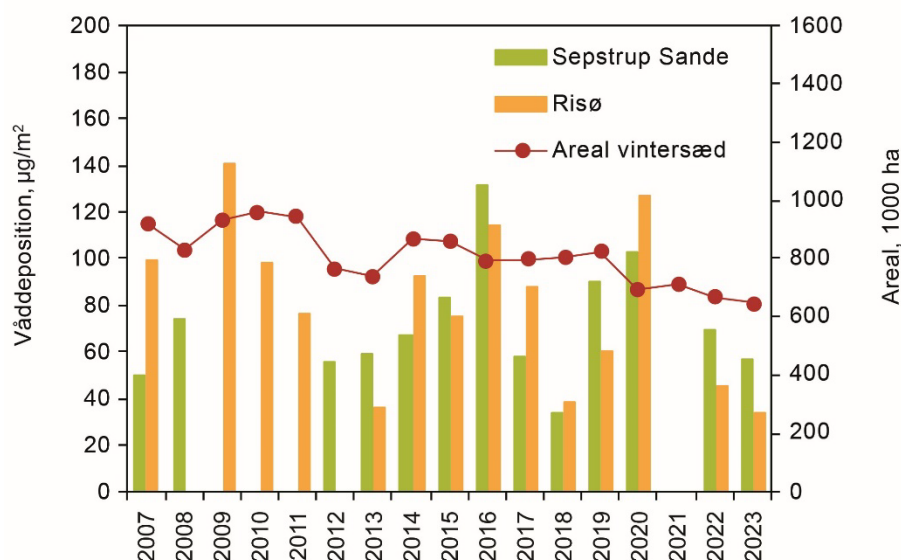
Organiske miljøfarlige forurenende stoffer tilhører samlet set en række forskellige stofgrupper med vidt forskellig anvendelse, og det er derfor også forskelligt, hvad der er den væsentligste kilde til deres forekomst i vandmiljøet. For en række stoffer er spildevand den væsentligste kilde, mens det for andre stoffer er tilførsel med luften eller udvaskning fra overfladen, der er de væsentligste kilder til stoffernes forekomst i vandmiljøet (Boutrup et al., 2021).

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer fra atmosfærisk deposition

I den atmosfæriske deposition måles ved to målestationer (Risø og Sepstrup Sande) for udvalgte pesticider, nitrophenoler og PAH'er.

I 2023 lå den samlede våddeposition af pesticider på henholdsvis 43 og 63 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ for Risø og Sepstrup Sande. De største bidrag til våddeposition af pesticider på begge lokaliteter kommer fra prosulfocarb og pendimethalin, hvoraf prosulfocarb er langt den væsentligste. Mængden af våddeponeret prosulfocarb hænger i høj grad sammen med størrelsen af arealer med vintersæd og nedbørsmængderne i efteråret, men der er også andre faktorer, som spiller en rolle (figur 10.1).

Figur 10.1. Årlig våddeposition ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) af prosulfocarb i Sepstrup Sande og Risø (2007-2023), samt udviklingstendens for areal med vintersæd. Kun de år, hvor der foreligger resultater for prøveopsamlinger i september-oktober samt november-december, er medtaget i figuren. Huller i tidsserien skyldes tekniske problemer med prøveopsamlingen (fx nedbrud på opsamlingsflasker) i perioden fra september til december. (Lassen et al., 2024).



Våddeposition af nitrophenoler i 2023, lå på omkring henholdsvis $1040 \mu\text{g}/\text{m}^2$ og $1516 \mu\text{g}/\text{m}^2$ for Risø og Sepstrup Sande, mens målingen af PAH for 2023 lå samlet på henholdsvis $149 \mu\text{g}/\text{m}^2$ og $33 \mu\text{g}/\text{m}^2$ for Risø og Sepstrup Sande.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i søer

Kontrolovervågningen af MFS i søer i NOVANA-programperioden 2023-2027 omfatter 79 søer med undersøgelse ved hver station ét år i løbet af programperioden. I den operationelle overvågning indgår 71 søer. Der har dog tidligere indgået flere søer i den operationelle overvågning, så der findes historiske MFS-data for ca. 336 søer.

I søer måles for polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, dioxiner/furaner, dioxinlignende PCB'er (WHO PCB), organotinforbindelser, perfluorede forbindelser (PFAS), blødgørere og phenoler.

De fleste PAH'er blev fundet over detektionsgrænsen i størstedelen af de undersøgte søer, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning. Enkelte PAH'er blev generelt fundet i mindre omfang end resten. Ser man på hele overvågningsperioden 2018-2023, blev 2-methylpyren fundet i knap en fjerdedel af søerne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. For tre søer i kontrolovervågningen (Favrholm Sø, Peblingesøen og Sankt Jørgens Sø) og fire søer i den operationelle overvågning (Viborg Sø, Hovlung Sø, Sørup Sø og Birkerød Sø) blev der målt koncentrationer af antracen, højere end miljøkvalitetskravet.

I søer, der blev undersøgt for blødgørere i 2023, var DEHP (di(2-ethylhexyl)phthalat) det eneste stof, der blev fundet over detektionsgrænsen. DEHP blev fundet i en enkelt sø i kontrolovervågningen og tre søer i den operationelle overvågning. Koncentrationerne for DEHP i disse søer ligger på 0,1-0,19 mg/kg TS.

Monobutyltin er den hyppigst fundne organotinforbindelse med en fundprocent på 92 % i 2023. Dibutyltin blev fundet i ca. en tredjedel af søerne i kontrolovervågningen. Fundprocenten for tributyltin er 23 % (svarende til tre søer) i 2023. Triphenyltin blev fundet i 17 % (to søer) i 2023. Koncentrationerne i de to søer i 2023 er relativt høje ($>5 \mu\text{g}/\text{kg TS}$) i forhold til perioden 2018-

2023, hvor medianværdien lå på 0,25 µg/kg TS. Organotinforbindelserne blev kun undersøgt i tre af søerne i den operationelle overvågning, hvor tributyltin og triphenyltin ikke blev fundet i nogen af søerne, mens dibutyltin og monobutyltin blev fundet i henholdsvis to søer og i alle tre søer.

Dimethylnaphthalenerne blev som den eneste af de målte aromatiske kulbrinter fundet i alle prøver, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning. Naphthalen er det næsthøjest koncentreret stof. I 2023 blev det fundet i 69 % af prøverne i kontrolovervågningen og i halvdelen af prøverne i den operationelle overvågning. For 56 søer i kontrolovervågningen og 52 søer i den operationelle overvågning (svarende til 72-73 % af søerne), er der mindst én af metylnaphthalenerne, der i perioden 2018-2023 har koncentrationer, der ligger over miljøkvalitetskravet. Ingen af søerne, hvor der foreligger resultater for glødetabsprocent, har højere koncentration af naphthalen end miljøkvalitetskravet.

Indholdet af PFAS måles i fiskelever. Blandt stofferne i PFAS-gruppen findes der for biota kun miljøkvalitetskrav for PFOS. I både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning har mindst halvdelen af de analyserede prøver PFOS-koncentrationer over miljøkvalitetskravet i 2023 efter omregning fra fiskelever til fiskemuskel.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandløb

Polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, phenoler og organotinforbindelser overvåges i sediment i vandløb, mens pesticider, blødgørere, halogenerede syrer, phenoler (kun Bisphenol A) og farmaceutiske stoffer overvåges i vand fra vandløb.

Overvågningen af pesticider i vandløbsvand omfatter en række herbicider og to nedbrydningsprodukter af glyphosat samt to svampemidler. De hyppigst fundne stoffer er glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA (aminomethylphosphorsyre), samt MCPA (2-methyl-4-chlorophenoxy eddikesyre). Tilsvarende er de højeste gennemsnitskoncentrationer af enkeltstoffer fundet for AMPA og MCPA. Der er ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på hverken kontrolovervågningsstationer eller de operationelle stationer.

Der er ikke fundet koncentrationer af blødgørere i vandløbsvand over kvalitetskravene på hverken kontrol- eller operationelle stationer i 2023. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration større end detektionsgrænsen.

På en delmængde af stationerne i den operationelle overvågning er der blevet undersøgt for forekomst og koncentration af følgende fire farmaceutiske stoffer: Trimethoprim, sulfamethiazol, sulfamethoxazol og sulfadiazin i vandløbsvand. Kun for sulfadiazin og trimethoprim er der fastsat miljøkvalitetskrav, og der blev ikke konstateret koncentrationer over miljøkvalitetskravet for nogen af disse.

For PAH'erne i sediment er der kun udviklet miljøkvalitetskrav for en enkelt PAH (antracen). For dette stof var der 22-24 % af stationerne med højere koncentrationer end miljøkvalitetskravet. For de aromatiske kulbrinter var der kun meget få stationer, hvor der var prøver med koncentrationer over detektionsgrænsen. Blandt disse blev der fundet koncentrationer højere end miljøkvalitetskravet for 28 % af prøverne for naphthalen og 67 % af prøverne for de methylerede naphthalener på kontrolstationerne. For de operationelle

stationer var tallene henholdsvis 0 % for naphthalen og 37 % for de methyle-rede naphthalener for perioden 2028-2023.

Blandt gruppen af phenoler blev phenol, alkylphenoler og bisphenol A målt i vandløbsedimenter. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af de omtalte phenoler, som var større end detektionsgrænsen for det enkelte stof, og i de tilfælde var det med en lav koncentration. Der var ikke observationer med en værdi højere end miljøkvalitetskravet for de phenoler, der blev påvist.

Dioxiner og furaner måles i fiskeprøver fra vandløb. Der blev ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene for denne stofgruppe, hverken på kontrol eller de operationelle overvågningsstationer. PFAS måles ligeledes i fiskeprøver. PFOS blev fundet i alle prøver og i koncentrationer, der var en størrelsesorden højere end de øvrige PFAS-forbindelser. Der er ikke målinger, der har en koncentration, som er højere end miljøkvalitetskravet hverken på kontrol- overvågningsstationerne eller de operationelle stationer. Der er i databehandlingen taget højde for, at PFAS måles i fiskelever, mens MKK gælder for fiskemuskel.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i marine områder

Målinger af organiske miljøfarlige forurenende stoffer omfatter måling af blødgørere og alkylphenoler i sediment ved 30 stationer, PAH på 25 stationer og organotinforbindelser i muslinger på 3 stationer samt dioxiner og furaner, PCB, chlorerede pesticider, bromerede flammehæmmere og perfluorerede forbindelser (PFAS) i fisk ved 8 stationer. Desuden måles biologiske effekter af miljøfarlige forurenende stoffer i marine områder for PAH specifikke effektindikatorer (PAH-metabolitter i fiskegalde og CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever), ålekvabbers reproduktive succes på to stationer, og biologisk effekt af TBT som imposex og intersex i havne (ulige år) og åbne farvande (lige år).

Der blev fundet enkelte koncentrationer over de danske fastsatte miljøkvalitetskrav for PAH, for fluoranthen og benzo(b+j+k)fluoranthen. Niveauet af PAH-metabolitter i galde fra ålekvabber var over Background Assessment Concentration (BAC)-værdien i fisk fra både Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i prøver fra alle år. CYP1A-aktiviteten, der også responderer på PAH-eksponering, var også over BAC-værdien i Kalvebodløbet i prøver fra alle år bortset fra 2022, mens værdierne i Roskilde Fjord lå under BAC.

Ved undersøgelse af PFOS i fisk blev der ikke fundet koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. Målingerne er foretaget på fiskelever, hvor indholdet er ca. ti gange højere end i fiskemuskel. Miljøkvalitetskravet er fastsat i forhold til fisk som fødevarer, dvs. i fiskemuskel.

Hverken de bromerede flammehæmmere, PCB eller de chlorerede pesticider, inklusive nedbrydningsproduktet af DDT (DDE), hexachlorbenzen og gamma-lindan (g-HCH) blev fundet i koncentrationer højere end miljøkvalitetskravet.

Organotin måles både som koncentrationsmåling i muslinger og som biologiske effekter (intersex og imposex) på havsnegle fra både åbne farvande og kystnære områder. Niveauet af TBT i muslinger og imposex i havsnegle fra både åbne farvande og kystnære områder var lavere end baggrundsvur-

deringskriterierne og ofte også under den analytiske detektionsgrænse. Derimod forekommer der stadigvæk væsentligt forhøjede niveauer af TBT inde i havne, hvor niveauerne af både TBT i muslinger og imposex/intersex i havsnegle ofte er højere end miljøvurderingskriterierne Environmental Assessment Criteria (EAC) og biotakvriterierne (BKK) og endda kvalitetskriterie for human konsum (HKK).

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i punktkilder

Følgende organiske stofgrupper indgår i punktkildeovervågningen: Polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, organotinforbindelser, perfluorede forbindelser (PFAS), blødgørere, phenoler, anioniske detergenter, pesticider, ethere, phosphortriester, farmaceutiske stoffer og østrogener. I de følgende afsnit beskrives udvalgte fundprocenter for 2023-data.

Blandt de aromatiske kulbrinter har toluen, som måles på renseanlæg (avanceret og mekanisk) og RBU fælles kloak, gennemgående de højeste fundprocenter og medianværdier både ved ind- og udløb.

Fundprocenterne af PAH'er ved tilløb i RBU separat kloak er generelt lave, mellem 4-35 %. Der ses fjernelse i anlæggene, idet fundprocenten ved udløb ligger endnu lavere (0-2,7 %). For sediment regnvandsbassin er fundprocenterne generelt høje (73-100 %) bortset fra 2-methylpyren, acenaphthen og dibenzothiophen (36-45 %). 2,6-dimethylphenanthren er ikke påvist i prøverne.

Monobutyltin blev detekteret i 96-100 % af prøverne for udløb fra renseanlæg og RBU fælleskloak, mens tributyltin generelt havde lave fundprocenter både for ind- og udløb, mellem 0 og 4 %. Der er stor spredning på fundprocenterne både for til- og udløb af PFAS. Fjernelsen i anlæggene er overordnet ikke god, når til- og udløb for renseanlæg sammenlignes. Blandt pesticiderne blev AMPA og glyphosat fundet med de højeste fundprocenter for både tilløb og udløb (80-96 %).

Blødgørere er målt på alle typer anlæg (renseanlæg avanceret og mekanisk samt RBU) i både spildevand til- og udløb, og sediment i regnvandsbassin. Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP) og diisononylphthalate (DINP) blev fundet i de højeste fundprocenter ved tilløb (92-100 %) og i de højeste mediankoncentrationer for alle anlæg.

Bisphenol A er målt på alle anlægstyper (renseanlæg avanceret og mekanisk samt RBU), og der er høje fundprocenter (73-100 %) for både til- og udløb ved de fleste anlæg, bortset fra RBU separat kloak (19 % ved udløb). I sediment fra regnvandsbassin, er det primært 4-tert-octylphenol (fundprocent 100), der bliver fundet - men i lave mediankoncentrationer.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer på tværs af medier

Blandt de stoffer, som i år er behandlet på tværs af medier og matricer i overfladevand, er PAH'er. PAH'er er en stofgruppe, som stammer naturligt fra olie (petrogene kilder), men PAH'er dannes også ved afbrænding (pyrogene kilder) af træ, kul og olie.

Gennemgående på alle medier af overfladevand, er der nogle få PAH'er, der skiller sig ud med højere koncentrationer end resten: Benzo(b+j+k)fluranthen, pyren og fluoranthen. De PAH'er, der forekommer i de næsthøjeste koncentrationer, er benzo(ghi)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren, phenanthren og i enkelte tilfælde benzo(a)pyren.

Koncentrationerne af PAH'er holder sig rimeligt stabile gennem årene uden faldende eller stigelede tendenser for de fleste medier. Konklusionen på dette er, at PAH'er nok mest stammer fra diffuse pyrogene kilder. Koncentrationerne er dog generelt lave. En undtagelse er marine muslinger. Her ses klart et fald gennem årene, og samtidig viser indholdet af målte PAH'er, at muslinger muligvis er belastet af en anden forureningssammensætning med større bidrag fra olieholdige kilder (petrogene).

11 Referencer

Arildsen 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.

Bak, J. 2023. Reduktionsmål for danske ammoniakemissioner. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 37 s. - Teknisk rapport nr. 278. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR278.pdf

Boutrup, S., Kjær, C., Johansson, L.S., Larsen, M.M., Poulsen, M.B., Bossi, R., Christensen, M.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, 288 s. - Videnskabelig rapport nr. 466. <https://dce2.au.dk/pub/SR466.pdf>

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M. Petersen, R.J., Rolighed, J., Andersen, H.E., Larsen, S.E., Monies, C., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L., 2024. Landovervågningsoplande 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, 291 s. - Videnskabelig rapport nr. 628. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR628.pdf

Cappelen, J., Scharling, M. og Jensen. C.D. 2024. Danmarks Klima 2023 – with English Summary. DMI Rapport 24-01, 78 sider. <https://www.dmi.dk/publikationer>

Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Lansø, A. S. & Poulsen, M. B., 2024. Atmosfærisk deposition 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. – Videnskabelig rapport nr. 626. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR626.pdf

EMEP, 2024: EMEP emissions database. <https://www.ceip.at/webdab-emission-database>.

Esnafl, J.P.P. og Larsen, S.E., 2024. Vandløbsøkologi 2023. Benthiske kiselalger 2023. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport nr. 630. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR630.pdf

EU, 1992: Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter.

EU, 2000: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger.

EU, 2008: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.

Fredshavn, J.R., Holm, T.E., Sterup, J., Pedersen, C.L., Nielsen, R.D., Clausen, P., Eskildsen, D.P. & Flensted, K.N. (2019). Størrelse og udvikling af fuglebestande i Danmark - 2019. Artikel 12-rapportering til Fuglebeskyttelsesdirektivet. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport nr. 363. <http://dce2.au.dk/pub/SR363.pdf>

Hansen J.W., Lønborg, C., & Høgslund S. (red.) 2024. Marine områder 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 201 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 632. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR632.pdf

Holm, T.E., Nielsen, R.D., Clausen, P., Bregnballe, T., Clausen, K.K., Petersen, I.K., Sterup, J., Balsby, T.J.S., Pedersen, C.L., Mikkelsen, P. & Bladt, J. 2021. Fugle 2018-2019. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 350 s. - Videnskabelig rapport nr. 420. novana.au.dk/fugle

Johansson, L.S., Søndergaard, M., & Pacheco, J.P 2024. Søer 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 67 s. - Videnskabelig rapport nr. 631. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR631.pdf

Lassen, P., Larsen, M.M., Kjær, C., Johansson, L.S., Strand, J., Tairova, Z., Sørensen, P.B., Damgaard, C.F. 2024. Miljøfarlige forurenende stoffer 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, 207 s. Videnskabelig rapport nr. 634. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR634.pdf

Nordstrøm, C., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzler, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Jensen, S.S., Nielsen, O-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Sørensen, M.B., Andersen, M.S. & Sigsgaard, T. 2024. Luftkvalitet 2023. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 158 s. - Videnskabelig rapport nr. 627. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR627.pdf

Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2023: Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. Bekendtgørelse nr. 796 af 17. juni 2023.

Miljøstyrelsen, Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet samt GEUS - De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland 2023. NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2023-2027. Miljøstyrelsen, 188 s. [NOVANA 2023-27 \(mst.dk\)](https://novana2023-27.mst.dk).

Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M., 2024a. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2022. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 603 pp. Scientific Report No. 540. [Annual Danish Informative Inventory Report - Emission inventories from the base year of the protocols to year 2022 \(au.dk\)](https://dce.au.dk/annual-danish-informative-inventory-report-emission-inventories-from-the-base-year-of-the-protocols-to-year-2022)

Nielsen, R.D., Holm, T.E., Clausen, P., Sterup, J., Pedersen, C.L., Clausen, K.K., Bregnballe, T., Thomsen, H.M., Balsby, T.J.S., Petersen, I.K., Mikkelsen,

P., Dalby, L. & Møllerup, K.A. (2024). Fugle 2018-2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 633. <https://novana.au.dk/fugle/2018-2023>. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Spry, D. J., Wiener, J. G. (1990): Toxicity to Fish in Low-Alkalinity Lakes: A Critical Review. *Environmental Pollution* 71, 243-304.

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (Frank-Gopolos, T., Christensen, A.E., Skovmark, B., (red)), 2024. Punktkilder 2023. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Holm, H. & Kjeldgaard, A., 2021. 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>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Larsen, S.E., Conradsen, A.R., Muff, E. & Blicher-Mathiesen, G. 2024. Stoftransport 2023. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 71 s. - Videnskabelig rapport nr. 629. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR629.pdf

Thorling, L., Albers, C.N., Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989–2023. Teknisk rapport, GEUS 2024. (link)

WHO, 2021. 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 2023

NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2023 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, havet, habitatarter samt for første gang en sammenstilling af resultater for miljøfarlige forurenende stoffer i søer, vandløb 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, Styrelsen for grøn arealoplægning og vandmiljø og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Styrelsen for Grøn Arealoplægning og Vandmiljø samt Miljøstyrelsen, som har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.