



VANDMILJØ OG NATUR 2021

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 532

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

VANDMILJØ OG NATUR 2021

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 532

2023

Signe Jung-Madsen¹
Iben Boutrup Kongsfelt¹
Jesper Fredshavn¹
Anja Skjoldborg Hansen¹
Vibeke Vestergaard Nielsen¹
Lars M. Svendsen¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Hans Thodsen²
Annette Baattrup-Pedersen²
Jens Würgler Hansen²
Signe Høgslund²
Liselotte Sander Johansson²
Rasmus Due Nielsen²
Thomas Eske Holm²
Christian Kjær²
Thomas Ellermann³
Lærke Thorling⁴
Thomas Frank-Gopolos⁵

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

²Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

³Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

⁴De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

⁵Miljøstyrelsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 532
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	Vandmiljø og Natur 2021
Undertitel:	NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
Forfattere:	Signe Jung-Madsen ¹ , Iben Boutrup Kongsfelt ¹ , Jesper Fredshavn ¹ , Anja Skjoldborg Hansen ¹ , Vibeke Vestergaard Nielsen ¹ , Lars Moeslund Svendsen ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ² , Hans Thodsen ² , Annette Baattrup-Pedersen ² , Jens Würgler Hansen ² , Signe Høgslund ² , Liselotte Sander Johansson ² , Rasmus Due Nielsen ² , Thomas Eske Holm ² , Christian Kjær ² , Thomas Ellermann ³ , Lærke Thorling ⁴ & Thomas Frank-Gopolos ⁵
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, ² Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience, ³ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab, ⁴ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland & ⁵ Miljøstyrelsen
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Marts 2023
Redaktion afsluttet:	Marts 2023
Faglig kommentering:	Fagdatacentrene for de enkelte emneområder
Kvalitetssikring, DCE:	Hanne Bach
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR532_komm.pdf
Finansiell støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Jung-Madsen, S., Boutrup, I.K., Fredshavn, J., Hansen, A.S., Nielsen, V.V., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Baattrup-Pedersen, A.B., Hansen, J.W., Høgslund, S., Johansson, L.S., Nielsen, R.D., Holm, T.E., Kjær, C., Ellermann, T., Thorling, L. & Frank-Gopolos, T. 2023. Vandmiljø og Natur 2021. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 75 s. - Videnskabelig rapport. http://dce2.au.dk/pub/SR532.pdf Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2021 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, samt habitatarter og fugle. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentrene for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
Emneord:	Vandmiljøplanen, vandrammedirektiv, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, arter, fugle, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfarlige forurenende stoffer.
Layout:	Grafisk Værksted, AU Aarhus
Foto forside:	Colourbox.
ISBN:	978-87-7156-748-9
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	75
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR532.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både luften, vandig og terrestrisk natur og miljø. Programmet er tilrettelagt med henblik på at imødekomme Danmarks overvågningsforpligtelser i medfør af direktiver og konventioner samt nationale behov inden for programmets emneområder. Rapporten er i juni 2023 suppleret med resultater fra overvågning af vandløbsøkologi i 2021, indsat som et nyt kapitel 6, samt vandløbsafsnit i sammenfatningen.

Indhold

Datablad	2
Indhold	3
Indledning	5
Sammenfatning	7
Næringsstoffer	7
Metaller og organiske miljøfarlige stoffer	7
Luft	8
Grundvand	8
Vandløb	9
Søer	9
Marine områder	9
Habitatarter og fugle	10
Summary	11
Nutrients	11
Metals and organic environmentally hazardous substances	11
Air	12
Groundwater	12
Streams	13
Lakes	13
Marine areas	13
Habitat species and birds	14
1 Kvælstof	15
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land	15
1.2 Resulterende effekter i vandområder	21
2 Fosfor	23
2.1 Tilførsel til overfladevand	23
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand	26
3 Metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer	28
3.1 Metaller i vandmiljøet	28
3.2 Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet	30
4 Luft	33
4.1 Kilder til luftforureningen i Danmark	33
4.2 Ingen NO ₂ - og partikeloverskridelser	34
4.3 Ozon	36
4.4 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO	37
4.5 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening	38
5 Grundvand	40
5.1 Vandindvinding	40

5.2	Nitrat i grundvand	41
5.3	Pesticider i grundvand	43
5.4	Organiske mikroforureninger i grundvand	45
6	Vandløb	47
6.1	Overvågning af økologisk tilstand	47
6.2	Økologisk tilstand – vurderet på baggrund af data fra operationelle stationer	47
6.3	Påvirkning af økologisk tilstand og udvikling - vurderet på baggrund af data fra landsnetstationer	48
7	Søer	50
7.1	Udvikling i miljøkvalitet; næringsstoffer, Klorofyl a og sigtdybde	50
7.2	Planteplankton	52
7.3	Undervandsplanter	53
7.4	Fisk	54
8	Marine områder	55
8.1	Status og udvikling i kemiske parametre	55
8.2	Udviklingen i biologiske parametre	57
8.3	Større planter	57
8.4	Bundfauna	60
8.5	Havpattedyr	60
9	Habitatarter og fugle	62
9.1	Overvågning af habitatarter	62
9.2	Overvågning af Fugle	64
10	Vejr og afstrømning i 2021	71
11	Referencer	73

Indledning

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2021 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA, Miljøstyrelsen m.fl. 2017). Rapporten indeholder også resultater af overvågningen af luftkvaliteten.

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

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

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

Data stammer primært fra selve overvågningsprogrammet, men er suppleret med data fra kommunernes forsyningsenheder ift. spildevand og vandforsyning. Rapporten er som udgangspunkt en opdatering med data indsamlet i 2021 af foregående års rapporter, hvor den seneste er Vandmiljø og Natur 2020. Miljøstyrelsen har haft mulighed for at kommentere et udkast til rapporten.

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

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

Overvågningen er overordnet delt i to kategorier:

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

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

Overvågningen i 2021 omfattede overvågning af tilstand af vandmiljøet, luften (inkl. luftkvalitet i byerne), habitatarter og fugle. Data indsamles ofte over flere år, og rapporteres først, når der er tilstrækkeligt datagrundlag for rapportering.

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

Atmosfærisk deposition 2021	Ellermann et al., 2023
Luftkvalitet 2021	Ellermann et al., 2023
Punktkilder 2021	Miljøstyrelsen, 2023
Landovervågningsoplande 2021	Blicher-Mathiesen et al., 2023
Grundvand 2021	Thorling et al., 2023
Vandløb 2021 -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer	Thodsen et al., 2023
Vandløb 2021 -Økologisk tilstand	Baatrup-Pedersen et al., 2023
Søer 2021	Johansson et al., 2023
Marine områder 2021	Hansen og Høgslund (red.), 2023
Fugle 2020-2021 (Fugle (au.dk))	Nielsen et al. 2023
Arter 2021 (novana.au.dk)	Kjær et al. 2023

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

Sammenfatning

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

Næringsstoffer

Der er siden 1990 generelt sket en markant reduktion i indhold af kvælstof i overfladevandsmiljøet. Dette hænger overordnet godt sammen med reduktion i kilderne, angivet som udviklingen i gødningsanvendelsen og i udledning fra rensningsanlæggene. Kvælstofoverskuddet (kvælstof tilført marken minus kvælstof fjernet ved høst) var i 2021 lidt lavere end i 2020, primært grundet en mindre tildeling af kvælstof med gødningen. 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 2021 ca. 49.000 ton N. Dette er et fald ift. 2020, hvor kvælstoftilførslen er opgjort til 56.000 ton N. Den lavere kvælstoftilførsel i 2021 skyldes især den lavere vandafstrømning i 2021, men kan også være påvirket af det lavere kvælstofoverskud på markerne i 2021.

Såfremt der tages højde for år-til-år variationer i afstrømningen (normaliseret tilførsel), var tilførslen i 2021 på ca. 55.000 ton N, hvor den i 2020 var 51.000 ton.

Den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsel fra land til havet er reduceret med ca. 42 % siden 1990 men har overordnet set været på samme niveau de seneste ca. 10 år, dog med en forholdsvis lav tilførsel i 2018 efterfulgt af en høj tilførsel i 2019, og en forholdsvis lav tilførsel igen i 2020 - et mønster der vurderes især at kunne tilskrives de specielle vejrforhold i disse tre år og de afledte effekter på landbruget.

Der har siden 1989 været en markant reduktion i fosforindhold i fersk- og kystnært overfladevand, som hovedsageligt er båret af en forbedret spildevandsrensning - primært på de store rensningsanlæg og særskilte industrielle udledere - frem til ca. år 2000. Der ses ikke nogen markant udvikling i tilførslen af fosfor de seneste ca. 20 år. For vandløb er koncentrationen af total P faldet med ca. 33 % i perioden, mens fosfortilførslen til havet er reduceret med omkring 69 % og er i 2021 opgjort til 1.600 ton P.

Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

I dette års rapportering indgår data fra målinger i luft, marine områder, vandløb, sø og grundvand.

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

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

Luft

I 2021 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. For et fåtal af luftforureningskomponenterne er der dog ikke sket et fald, hvilket for eksempel gælder for ozon, men tærsklen, der udløser krav om information af befolkningen om høje ozonniveauer ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddelværdi), blev ikke overskredet.

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

Beregningerne på helbredseffekter af den samlede luftforurening i Danmark viser omkring 3.900 for tidlige dødsfald i 2021. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 63 milliarder kr. i 2021, hvilket er lidt over gennemsnittet for perioden 2019-2021.

Grundvand

Der blev i grundvandsovervågningen 2021 målt et nitratindhold der var højere end kvalitetskravet ($50 \text{ mg}/\text{l}$) i 13 % af de undersøgte indtag. Det svarer til niveauet i den femårige periode 2017-2021, hvor dette var tilfældet i 15 % af de undersøgte indtag.

Ved undersøgelse for pesticider blev der ved overvågningen i 2021 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 59 % af de undersøgte indtag. I 26 % af indtagene var målinger mindst én gang over kvalitetskravet på $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$. I perioden 2019-2021, hvor stort set alle aktive indtag er prøvetaget mindst én gang, blev der påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 65 % af indtagene og målinger over kvalitetskravet mindst én gang i 32 % af indtagene. De tre hyppigst påviste stoffer i 2021 var DPC (desphenyl chloridazon), DMS (dimethylsulfamid) og 1,2,4 triazol.

Ved undersøgelse for organisk mikroforurening i grundvand i perioden 2017-2021 var der fund af en eller flere PFAS-forbindelser i 18 % af undersøgte indtag. På 0,3 % af de undersøgte indtag blev der målt koncentrationer over kravværdien for sum af 12 PFAS-forbindelser, mens der blev målt koncentrationer over kravværdien for sum af 4 PFAS-forbindelser på 6 % af undersøgte indtag.

Vandløb

Dette års vandløbsrapport er baseret på overvågningsdata fra både det operationelle stationsnet og landsnetstationerne og afrapporterer data for vandplanter, smådyr og fisk undersøgt i perioden 2004-2021. Resultaterne viser, at andelen af operationelle vandløbsstationer, der når miljømålet, mindst god økologisk tilstand, varierer alt efter om man ser på planter, smådyr eller fisk. Således er det 31 % af vandløbsstationerne, der når miljømålet vurderet med planteindekset, DVPI, 58 % af vandløbsstationerne, der når miljømålet vurderet med smådyrsindekset, DVFI, mens det kun er 16 % af vandløbsstationerne, der når miljømålet vurderet med ørredindekset, DFFVø og 15 % af stationerne der når miljømålet vurderet med artsindekset, DFFVa.

Søer

Resultaterne af kontrolovervågningen for søernes tilstand viser, at siden 1989 er der sket betydelige forbedringer i en række af de centrale parametre, der viser noget om søernes tilstand. Overordnet set er næringsstofkoncentrationen reduceret markant, klorofyl *a* koncentrationen (et mål for mængden af alger) er reduceret og sigtddybden i søerne steget. Hvis man i stedet for at se på hele perioden fra 1989-2021 sammenligner overvågningsresultaterne fra de seneste to seksårige perioder, kan det derimod konstateres, at niveauet af næringsstoffer og klorofyl generelt er steget mellem disse to perioder, hvilket tyder på, at den positive udvikling i søerne i bedste fald er stagneret.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind midt i september var i 2021 den sjette største siden 2002 og er siden 2008 kun overgået af udbredelsen i 2016 og 2020. Knap halvdelen af iltsvindsarealet var påvirket af kraftigt iltsvind. Udbredelsen af iltsvind i september er steget signifikant siden 2010. En meget væsentlig del af variationen i udbredelsen af iltsvind skyldes vejrmæssige forhold (primært vind og temperatur). Tilførslen af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

Algevæksten var blandt de lavest målte i overvågningsperioden og vandet var klarere end normalt. De gode forhold i 2021 skyldes en lav afstrømning af ferskvand og dermed en lav tilførsel af næringsstoffer fra efteråret 2020 og hen over vinteren. Generelt er miljøtilstanden i vandsøjlen blevet forringet med højere klorofylindhold og mere uklart vand siden 2012.

Observationer af ålegræs i 2021 viste en fremgang i fjordene og status quo i kystvande og Limfjorden sammenlignet med 2020. De seneste 10 år er en ellers positiv udvikling stagneret og for nogle områder vendt til tilbagegang, hvilket også er tilfældet for makroalgerne.

I de åbne indre farvande viser bundfaunaens artssammensætning, at der generelt ikke er problemer med eutrofiering ift. bundfaunaen, men at der i nogle områder er negative påvirkninger af fysisk forstyrrelse. Overvågningen af bundfaunaen i Nordsøen indikerer, at samfundene her også er påvirket af fysisk forstyrrelse. Kritiske ilthold var årsag til dårlig tilstand hos bundfaunaen i nogle af undersøgelsesområderne i fjorde og kystvande.

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

flere marsvin i Skagerrak end i 2020, men der er overordnet set en tilbagegang af marsvin i de indre farvande.

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 langt fra målet om en stabil god miljøtilstand.

Habitatarter og fugle

I 2021 omfattede NOVANA-overvågningen af habitatarter i alt 34 arter af pattedyr, krybdyr og padder, karplanter og mosser samt et enkelt leddyr på Habitatdirektivets Bilag II og IV. Arterne omfatter bæver, 17 flagermusarter, markfirben, 9 paddearter, fire karplantearter, mosarten blank seglmos samt insektet stor kærguldsmed.

Af de 46 ynglefuglearter i NOVANA blev 42 ynglefuglearter overvåget i hhv. Intensiv 1 og Intensiv 2-programmet i 2020-2021. Derudover overvåges Skarv i et særligt program. Intensiv 1 omfatter arter, som forekommer i, eller vender tilbage til, kendte lokaliteter. Af de 34 arter i Intensiv 1-programmet har otte arter vist faldende bestande, 11 arter har været stabile, mens yderligere 13 arter har haft stigende bestande. To arter er forsvundet som ynglefugle i NOVANA-perioden 2004-2021. Intensiv 2 programmet omfatter primært sjældne eller uregelmæssigt ynglende arter. Her har syv ud af 11 arter stigende bestande, to arter har stabile bestande og to arter er forsvundet i NOVANA-perioden 2004-2021.

68 arter af trækfugle er overvåget, heraf 45 arter ved den landsdækkende midvintertælling i 2020. Hovedparten af arterne har stabile eller fluktuerende bestande, eller er i fremgang, både i de seneste 10-12 år og i den lange tidsperiode siden tællingerne begyndte (slut 60'erne eller start 80'erne afhængig af art). Mange overvintrende vandfugle, svømmeænder og vade-fugle optræder i stærkt fluktuerende antal afhængig af vintrenes hårdhed, med lave antal i kolde vintre og høje antal i milde vintre.

Summary

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

Nutrients

Since 1990, there has been a significant reduction in the content of nitrogen in the surface water environment in general. This generally correlates well with a reduction in the sources, listed here as the development in fertiliser use and emissions from wastewater treatment plants. The nitrogen surplus (nitrogen added to the field minus nitrogen removed through harvesting) was in 2021 slightly lower than in 2020, primarily due to a lower allocation of nitrogen with the fertiliser. A possible effect of changes in the nitrogen surplus on the leaching of nitrogen depends on a number of factors, including catch crops.

In 2021, the total nitrogen input from soil to sea was approximately 49,000 tons N. This is a decline compared to 2020, where the nitrogen input was calculated at 56,000 tons N. The lower nitrogen input in 2021 is due in particular to the lower water runoff in 2021, but may also be affected by the lower nitrogen surplus in the fields in 2021.

If the year-to-year variations in the runoff (flow normalised input) are taken into account, the input in 2021 was approx. 55,000 tons N, where it was 51,000 tons in 2020.

Flow normalised nitrogen input from land to sea has been reduced by approx. 42% since 1990, but has overall been at the same level over the past approx. 10 years, albeit with a relatively low input in 2018 followed by a high input in 2019 and a relatively low input again in 2020 - a pattern which has been assessed to be particularly attributable to the special weather conditions in these three years and the derived effects on the agricultural sector.

Since 1989, there has been a significant reduction in the phosphorus content in fresh and coastal surface waters, which is mainly driven by improved wastewater treatment – primarily at the large wastewater treatment plants and separate industrial emitters – approx. up to the year 2000. There has been no significant development in phosphorus input seen over the past approximate 20 years. For watercourses, the concentration of total phosphorus has decreased by almost 33% during the period, while the phosphorus input to the sea has been reduced by about 69% and has been calculated to 1,600 tons phosphorus in 2021.

Metals and organic environmentally hazardous substances

This year's reporting includes data from measurements in air, marine areas, watercourses, lakes and groundwater.

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

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

Air

In 2021, limit and target values were not exceeded for pollutant components covered by the EU's air quality directives. For the vast majority, air concentrations decreased, which is generally consistent with the development in emissions. However, for a few of the air pollution components no decrease was found, e.g. for ozone and copper, but the threshold value requiring that the public be informed about high ozone levels ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the hourly average value) was not exceeded.

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

Calculations on the health effects of the total air pollution in Denmark show about 3,900 premature deaths in 2021. The total external costs related to air pollution in Denmark were estimated at around DKK 63 billion in 2021, which is slightly above the average for the period 2019-2021.

Groundwater

In the groundwater monitoring in 2021, a nitrate content above the quality requirement ($50 \text{ mg}/\text{l}$) was measured in 13% of the intakes studied. This corresponds to the level in the five-year period 2017-2021, when this was the case in 15% of the tested intakes.

In the study of pesticides, monitoring in 2021 found one or more pesticides or degradation products from pesticides in 59% of the studied intake. In 26% of the intakes, concentration measurements were above the quality requirement $0.1 \mu\text{g}/\text{l}$ at least once. In the period 2019-2021, when virtually all active intakes were sampled at least once, pesticides or degradation products were detected in 65% of the intakes and measurements were above the quality requirement at least once in 32% of the intakes. The three most frequently identified substances in 2021 were DPC (Despheryl Chloridazon), DMS (Dimethylsulfamid) and 1, 2, 4 triazole.

When studying organic micro-pollution in groundwater in the period 2017-2021, one or more PFAS compounds were found in 18% of the intakes studied. In 0.3% of the studied intakes, concentrations above the requirement value were measured for the sum of 12 PFAS compounds, while concentrations

above the requirement value for the sum of 4 PFAS compounds were measured in 6% of the studied intakes.

Streams

This year's NOVANA report is based on monitoring data from both the “operational sites” as well as the part of the “surveillance monitoring sites” that are referred to as “the national sites”. Data on aquatic plants, stream fauna and fish examined in the period 2004-2021 are reported. The results show that the proportion of operational sites that reach the environmental target “good ecological status” varies, depending on whether you look at plants, stream fauna or fish. Thus, 31% of the sites reach the environmental target assessed with the plant index, DVPI, 58% of the sites reach the environmental target assessed with the stream fauna index, DVFI, while only 16% of the sites reach the environmental target assessed with the trout index, DFFVØ, and 15 % of the sites reach the environmental target assessed with the fish species index, DFFVa.

Lakes

The results of the monitoring of the condition of the lakes show that since 1989, significant improvements have been made to a number of the key parameters that indicate something about the state of the lake. Overall, the nutrient concentration has been significantly reduced, chlorophyll *a* concentration (a measure of the amount of algae) has been reduced and Secchi depth in the lakes has increased. If, rather than looking at the entire period from 1989-2021, you compare the monitoring results from the past two six-year periods, it can, however, be ascertained that the levels of nutrients and chlorophyll have generally increased between these two periods, which indicates that the positive development in the lakes has, at best, stagnated.

Marine areas

In 2021, the extent of oxygen depletion in mid-September was the sixth largest since 2002, and since 2008 it has only been surpassed in 2016 and 2020. Nearly half of the oxygen-depleted area showed marked oxygen depletion. The extent of oxygen depletion in September has increased significantly since 2010. A significant part of the variation in the extent of oxygen depletion is due to weather conditions (primarily wind and temperature). However, nutrient supply is a fundamental factor in the development of widespread oxygen depletion.

Algae growth was among the lowest measured during the monitoring period and the water was clearer than usual. The good conditions in 2021 are due to low runoff of freshwater and, thus, low nutrient supply from autumn 2020 and over the winter. In general, the state of the environment in the water column has deteriorated, with higher chlorophyll content and more unclear water since 2012.

Observations of eel grass in 2021 showed an improvement in the fjords and status quo in coastal waters and the Limfjord compared to 2020. Over the past ten years, an otherwise positive development has stagnated and, in some areas, has been reversed, which is also the case for macroalgae.

In the open inner waters, the species composition of the bottom fauna shows that generally there are no problems associated with eutrophication in relation to the bottom fauna, but in some areas there are negative effects of physical disturbance. Monitoring of the bottom fauna in the North Sea indicates that the communities here are also affected by physical disturbance. Critical oxygen conditions caused poor conditions for the bottom fauna in some of the study areas in fjords and coastal waters.

For seals, the number of harbour seals has grown to a stable level since their conservation in the 1970s, while grey seals breed to a very limited extent. More porpoises have been counted in the Skagerrak than in 2020, but generally there is a decline in the number of porpoises in the inland waters.

Over the entire period of the monitoring programme, there has been a positive development in the environmental state of the sea as a result of a significant reduction in nutrient inputs. However, this development has stagnated or even declined over the past approx. 10 years for a number of parameters. Overall, the development in recent years has shown that Danish waters are still very vulnerable to pressures and are still far from the goal of a stable good environmental condition.

Habitat species and birds

In 2021, the NOVANA monitoring of habitat species included a total of 34 species of mammals, reptiles and amphibians, vascular plants and mosses, as well as a single arthropod on appendices II and IV of the HABITAT directive. The species include beaver, 17 species of bats, field lizard, nine amphibian species, four species of vascular plants, the moss species slender green feather-moss as well as the insect large white-faced darter.

Of the 46 breeding bird species in NOVANA, 42 species were monitored in the Intensive 1 and Intensive 2 programme, respectively, in 2020-2021. In addition, the cormorant is monitored in a special programme. The Intensive 1 programme includes species that are found in, or return to, known locations. Of the 34 species in the Intensive 1 programme, 8 species have shown declining populations, 11 species have remained stable, while another 13 species have experienced increasing populations. Two species have disappeared as breeding birds in the NOVANA period 2004-2021. The Intensive 2 programme primarily covers rare or irregularly breeding species. Here, seven out of 11 species have increasing populations, two species have stable populations and two species have disappeared in the NOVANA period 2004-2021.

68 species of migratory birds are monitored, including 45 species at the nationwide mid-winter census in 2020. The majority of the species have stable or fluctuating populations or are increasing, both in the past 10-12 years and in the long period since the counts began (in the late 60s or beginning of the 80s, depending on the species). Many wintering waterfowl, swimming ducks and waders appear in highly fluctuating numbers, depending on the severity of the winter, with low numbers in cold winters and high numbers in mild winters.

1 Kvælstof

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

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

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

Det er i de seneste fem NOVANA-rapporter beskrevet, hvordan fejl i laboratorieanalyser af total kvælstof (total N) i en årrække har påvirket koncentrationen af denne. I forbindelse med rapportering af 2019-data blev der korrigeret for denne analysefejl i vandløbsprøverne. I 2020-rapporteringen blev total N-koncentrationerne for sø-prøverne ligeledes korrigeret og i forbindelse med 2021-rapporteringen er der gennemført korrektion af total N-koncentrationer i naturvandløb. De marine prøver er i perioden 2004-2019 ligeledes berørt af analyseproblematikken. Der er for de marine prøver lavet en foreløbig korrektion af total N-værdierne i perioden 2004-2017. For uddybende beskrivelse af problemstillingen henvises til de relevante rapporter for hhv. vandløb, sø og marine områder, samt referencer deri. Ud over problemstillingen omkring analysemetode, er der også en mulig inhomogenitet i nedbørsdatasættet, der kan påvirke stoftilførslerne. I forbindelse med rapporteringen af 2019-data, blev der rettet op på en mindre del af den observerede inhomogenitet. Derudover er konstateret et homogenitetsbrud i vandføringsmålingerne, der skyldes skift i instrumenttyper i overvågningsperioden. Testresultater viser, at vandføringen påvirkes mellem -5,7 og +4,5 % alt efter hvilken instrumenttype og beregningssoftware, der skiftes til. For en uddybende beskrivelse af problemstillingerne se Thodsen et al. 2023 (kap 1.4).

1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land

Deposition fra luften

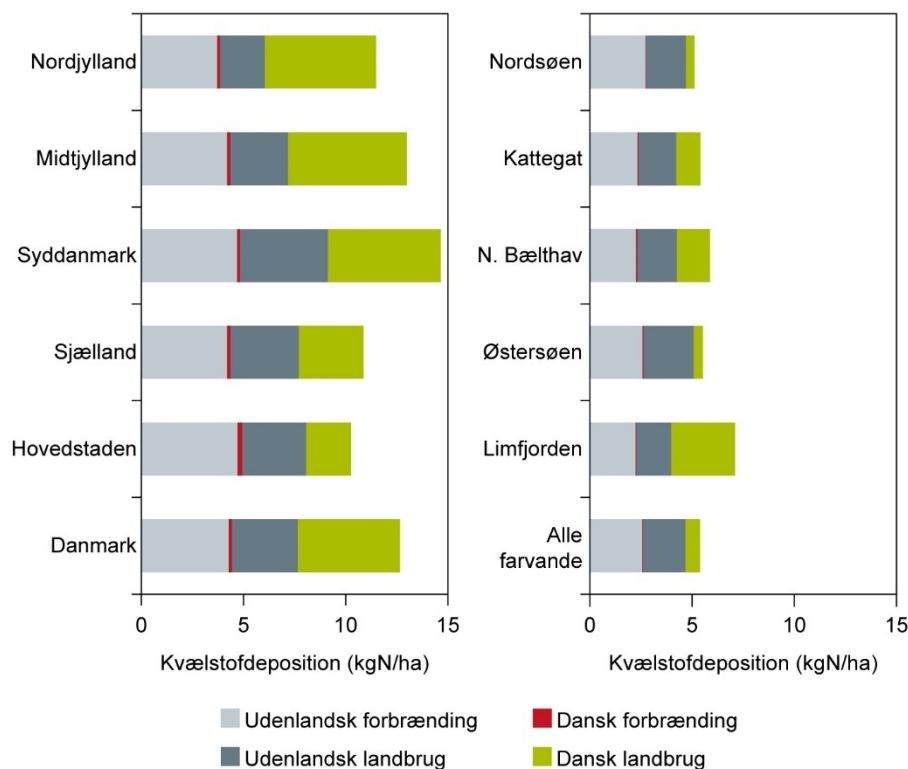
Kvælstofdeposition er det kvælstof, der tilføres landjorden og farvandsområderne fra luften, og som i hovedsagen kommer fra to kilder – forbrænding (både energiproduktion og transport) og landbrug (helt overvejende ammoniak fra husdyrproduktion). For begge elementer er der såvel et dansk som et udenlandsk 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 opdelt på danske og udenlandske bidrag samt på geografiske landområder af Danmark. Forskelle mellem regioner kan i hovedsagen tilskrives forskelle i dansk landbrugsstruktur, idet der i områder med stor husdyrproduktion (som fx Nord- og Midtjylland) også ses den største deposition.

Kvælstofdepositionen til landområderne (areal 43.000 km²) er beregnet til 54.000 ton kvælstof (12 kg N/ha), hvilket ligger omkring 6 % højere end i 2020

(51.000 ton N) og 8 % lavere end depositionen i 2019 (59.000 tons N). Det er hovedsageligt de naturlige variationer i de meteorologiske forhold - og her især primært nedbøren, som er årsag til disse variationer fra år til år. Der er særlig stor usikkerhed på modelberegning af depositionen i maj 2021, hvor den relativt store del af nedbøren falder, hvilket er årsagen til forskellen mellem modelberegninger og målinger set i forhold til ændringerne fra 2020 til 2021.

Figur 1.1. Til venstre ses den gennemsnitlige kvælstofdeposition i 2021 til regionerne og i gennemsnit for hele landet (Danmark) opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion. Til højre ses den gennemsnitlige kvælstofdeposition i 2021 til udvalgte danske farvandsområder og Limfjorden opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion. (modificeret fra Ellermann et al., 2023).

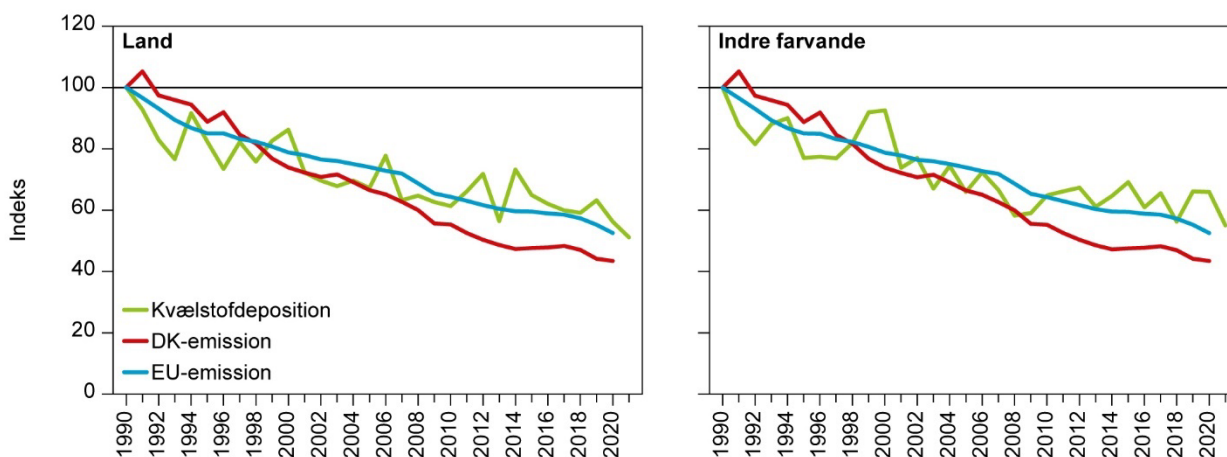


Kvælstofdeposition fra luften til åbne danske farvande skyldes primært tilførsel fra udenlandske kilder. Samlet set blev der i 2021 tilført 57.000 tons kvælstof til åbne danske farvande, hvilket med et samlet farvandsareal på 105.000 km² giver en gennemsnitlig deposition på 5,4 kg N/ha.

Den samlede deposition af kvælstof til de danske farvande i 2021 lå omkring 5 % lavere end i 2020 (60.000 tons N). Den største ændring ses for de danske dele af Nordsøen og Skagerrak med reduktion på omkring 10 %, mens depositionen i Lillebælt, Storebælt og Østersøen lå lidt højere (4-8 %) i 2021 set i forhold til 2020.

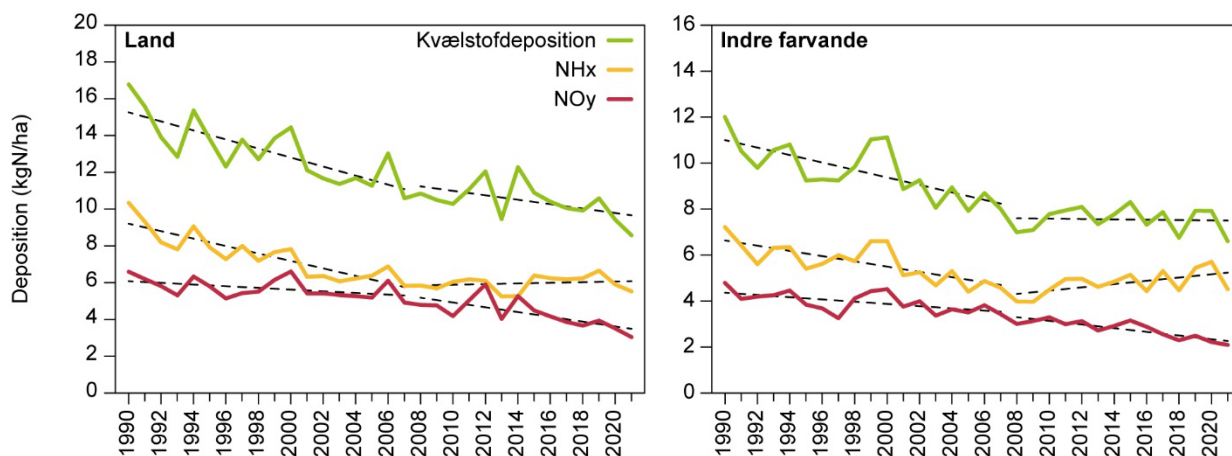
Depositionen varierer næsten med en faktor to mellem de forskellige områder. Størst deposition ses i de kystnære områder og fjorde, hvor afstanden til navnlig landbrugskilderne er lille. Den højeste deposition på 11 kg N/ha er således beregnet for de kystnære områder omkring Als, mens den laveste deposition på omkring 4-5 kg N/ha er beregnet for dele af Nordsøen, Østersøen, Kattegat, og Skagerrak. Endvidere er der 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 farvands- og landarealerne – sammenlignet med udledningen (emissionen) i hhv. EU og Danmark. Det ses, at udviklingen i kvælstofdeposition i Danmark overordnet følger udviklingen i udledningen i EU og DK, og der er sket et fald i emissionen til de danske farvande og landområder på hhv. ca. 38 % og 43 % siden 1990.



Figur 1.2. Udviklingstendenser for den samlede deposition og emission af kvælstof. Figuren til venstre viser tendenser for udviklingen i depositionen til de danske landområder, mens figuren til højre viser tendenser for udviklingen i depositionen i indre danske farvandsområder. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990. (Ellermann et al., 2023).

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

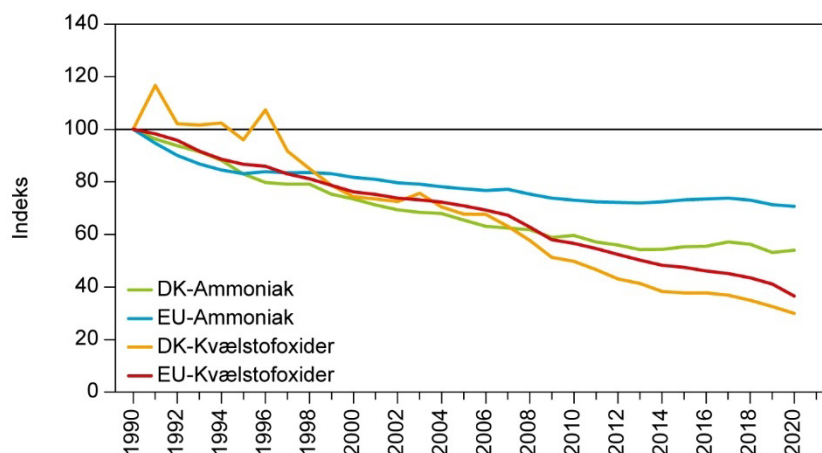


Figur 1.3. Udviklingstendens for deposition af kvælstof til danske land- og farvandsområder. Figureerne viser den samlede deposition, og deposition opdelt på hhv. NHx (ammoniak og ammonium) og NOy (kvælstofdioxid, salpetersyre og nitrat). NHx stammer primært fra landbrug og NOy stammer hovedsageligt fra forbrændingsprocesser. Stiplede linjer er beregnede lineære regressionslinjer opdelt i perioden fra 1990 til 2007 og 2008 til 2021. 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 f.eks. på basis af sammenligning med andre målestationer. Opgørelsen af emissionerne fra Danmark er fra DCE (Nielsen et al., 2022) og fra EU-landene fra EMEP (EMEP, 2023) (Ellermann et al., 2023).

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, herunder kemisk omdannelse. Figur 1.4 viser udviklingstendenserne

for udledning af ammoniak og kvælstofoxider fra henholdsvis Danmark og EU. For alle ses et fald i perioden fra 1990 til 2021, men ammoniak falder væsentligt langsommere end kvælstofoxiderne. De to toppe i begyndelsen af perioden for Danmarks udledning af kvælstofoxider hænger sammen med stor energiekspport fra Danmark i de pågældende år.

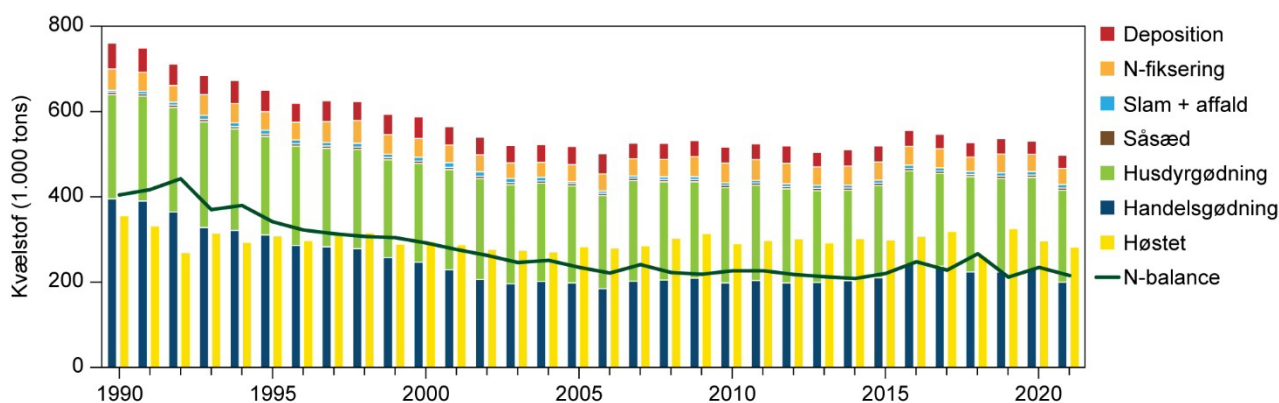
Figur 1.4. Relativ udviklingstendens for årlige udledninger af ammoniak og kvælstofoxider fra Danmark (Nielsen et al., 2022) og EU-27 (CEIP, 2022). Udledningerne er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al., 2023).



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.

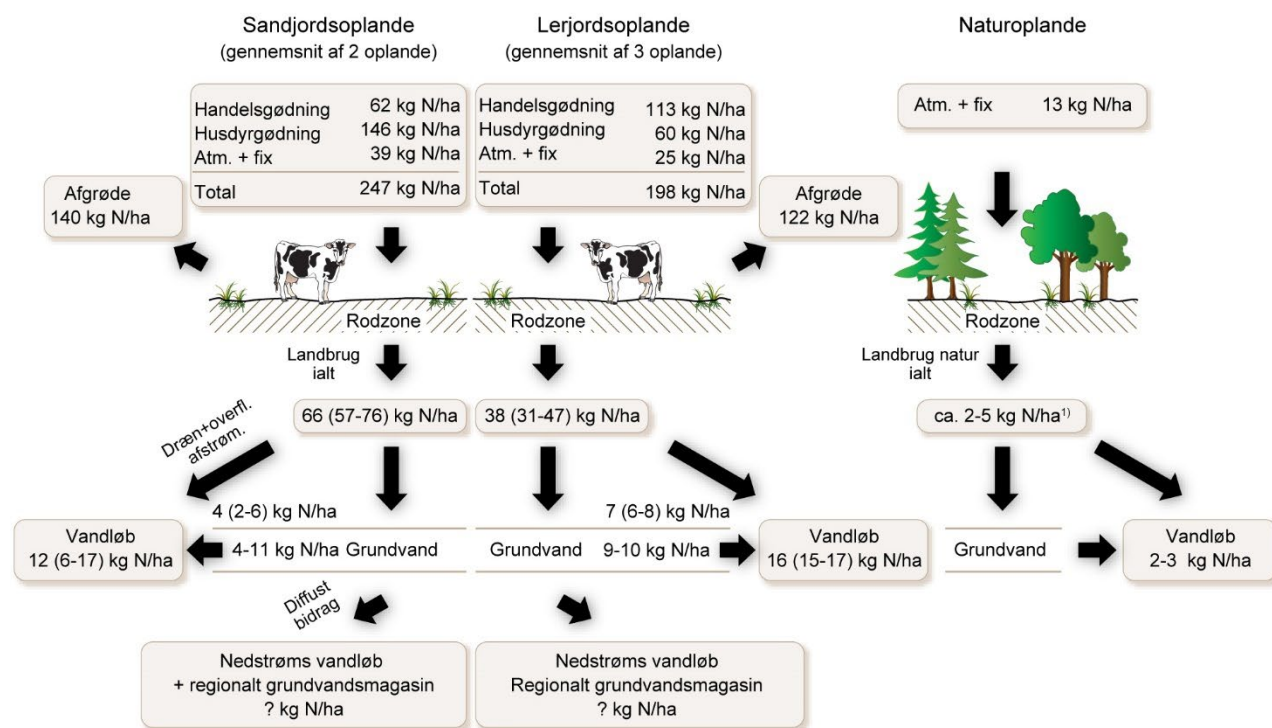
I figur 1.5 er vist udviklingen i landbrugets anvendelse af kvælstof fordelt på forskellige typer af gødning. N-balancen (kvælstofoverskuddet) angiver forskelle mellem kvælstof, der tilføres marken, og kvælstof, der fraføres ved høst af afgrøder. I 2021 er kvælstofoverskuddet opgjort til 215.400 ton N. Samlet set er kvælstofoverskuddet i det dyrkede areal faldet med 189.000 tons (ca. 47 %) i perioden 1990-2021. Af figur 1.5 ses, at kvælstofoverskuddet falder støt frem mod 2006. Der er flere årsager til dette fald – fx bedre udnyttelse af husdyrgødning og reduceret kvælstoftilførsel til markerne. Frem mod 2015 ligger N-balancen nogenlunde stabilt, mens den fra 2016-2021 har varieret en del grundet bl.a. muligheden for at gøde mere, som blev indført i forbindelse med Fødevare- og landbrugspakken, og varierende høstudbytte, der især har været påvirket af vejrfoldene i de enkelte år. Især kan bemærkes det høje kvælstofoverskud i 2018 som følge af tørke og deraf følgende lavt høstudbytte. Således er der i perioden 2016-2021 fire år med forholdsvis høje kvælstofoverskud og to år, hvor kvælstofoverskuddet er noget lavere, herunder i 2021. Den lavere markbalance i 2021 skyldes primært, at der er tildelt mindre kvælstof med gødningen i dette år.



Figur 1.5. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2021. N-balancen opgøres som kvælstof tilført de dyrkede afgrøder minus kvælstof fraført ved høst (Blicher-Mathiesen et al. 2023).

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.

Det årlige kvælstofkredsløb (2016/17 – 2020/21)



Figur 1.6. Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande.¹⁾ Intervallet for naturoplande, 2-5 kg N ha⁻¹, henviser til udvaskningen fra henholdsvis gammel natur og gammel skov (Blicher-Mathiesen et al. 2023).

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. 66 kg/ha mod 38 kg/ha), mens det gennemsnitlige tab af kvælstof til overfladevandet (vandløb) er størst på lerjorde (16 kg/ha mod 12 kg/ha). Dette skyldes bl.a., at en større mængde af vandet (og dermed kvælstoffet) fra lerjordene føres direkte ud i

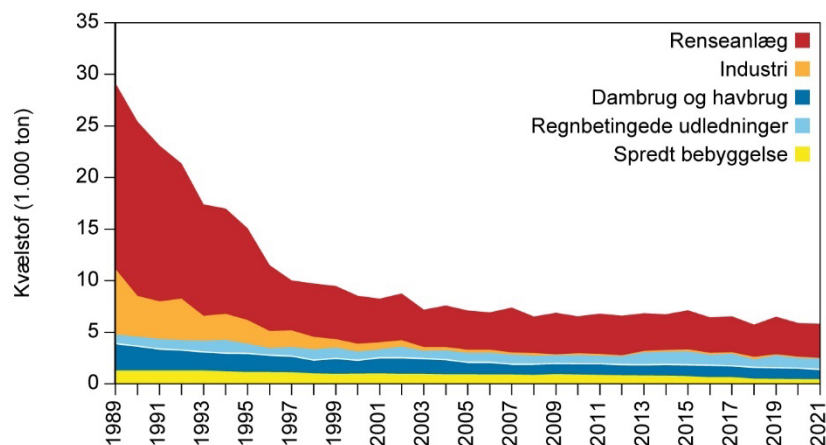
vandløbene via dræn. På sandjorde siver det kvælstofholdige vand til grundvandet, hvor kvælstoffet i vid udstrækning bliver omsat til luftformigt kvælstof og dermed fjernet fra vandet.

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 kommunale og private), industrier samt en række dambrug laves opgørelserne på baggrund af målinger på de enkelte anlæg, mens bidragene fra spredt bebyggelse, regnbetingede udledninger, havbrug samt nogle af dambrugene er baseret på dels modeller, dels erfaringstal.

Udledningen af kvælstof fra punktkilderne under et er faldet med ca. 80 % over perioden 1989-2021. For renseanlæggene alene er faldet ligeledes på godt 80 %, mens faldet for industrier med særskilte udledninger er 97 % og ferskvandsdambrug ca. 76 %.

Figur 1.7. Udvikling i udledning af kvælstof fra forskellige typer punktkilder (Miljøstyrelsen 2023).



Udledning til havet

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land i Danmark er for 2021 beregnet til ca. 49.000 ton N. Det er et fald på ca. 12 % i forhold til 2020 (56.000 ton).

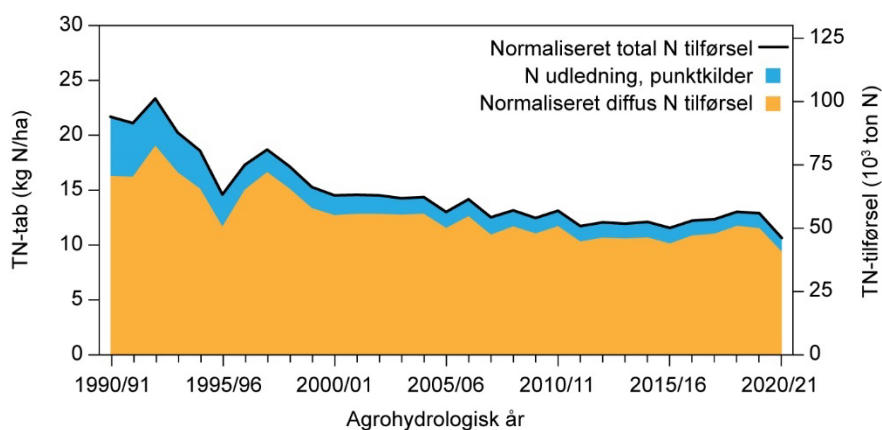
I figur 1.8 er vist udviklingen i den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land. Figuren viser udviklingen fordelt på agrohydrologisk år som går fra 1. april til 31. marts. Opgørelsen er lavet, så forskelle imellem årene som følge af variation i vejrforholdene (fx nedbør) søges udlignet så meget som muligt ved at tage højde for variationen i vandafstrømningen igennem vandløbene (afstrømningsnormaliseret). Det er dog ikke muligt at udligne alle forskellene – fx ses et dyk i 1995/96, hvor det var ekstremt tørt.

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

For senest opgjorte agrohydrologiske år 2020/2021 fås en årlig normaliseret total tilførsel på ca. 50.000 tons N/år, hvor den for 2019/2020, blev opgjort til 60.000 tons, dvs. et fald i kvælstoftilførslen på 10.000 ton. De høje tilførsler opgjort i 2018/2019 og 2019/2020 er især præget af de høje tilførsler af kvælstof, der sås i 2019 som følge af en ophobning af kvælstof i jorden i det tørke-ramte 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 2021 var den normaliserede kvælstoftilførsel på ca. 55.000 ton N, hvor den i 2020 var 51.000 ton N, altså en stigning imellem de to år på ca. 4000 ton. Den normaliserede kvælstoftilførsel i 2021 er dog fortsat på niveau med de seneste år, da tilførslen i perioden 2016-2020 har ligget mellem 51.000-66.000 ton N/år med et gennemsnit på 57.000 ton N/år. Der er siden 1990 sket en reduktion i kvælstoftilførslen på omkring 42 % (beregnet ud fra udviklingen i den afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsel). Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er faldet med omkring 35 % siden 1990.

Figur 1.8. Udvikling i normaliseret diffust totalt kvælstofab 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 (1. april-31.marts) Thodsen et al. 2023.

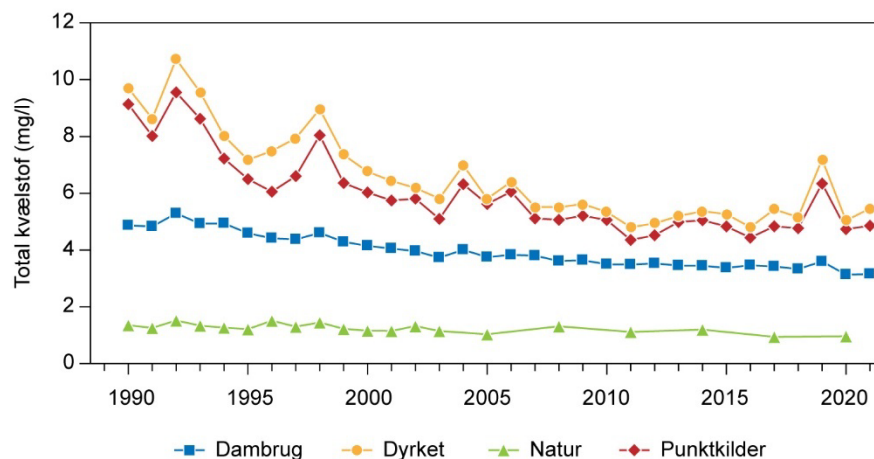


1.2 Resulterende effekter i vandområder

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. 46 % siden 1989. De seneste 5-10 år har indholdet overordnet set været nogenlunde konstant for de fleste vandløb, men i 2019 steg koncentrationen i mange vandløb markant. 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 2020 og 2021 er kvælstofkoncentrationerne på niveau med årene før 2019.

Figur 1.9. Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Thodsen et al. 2023).

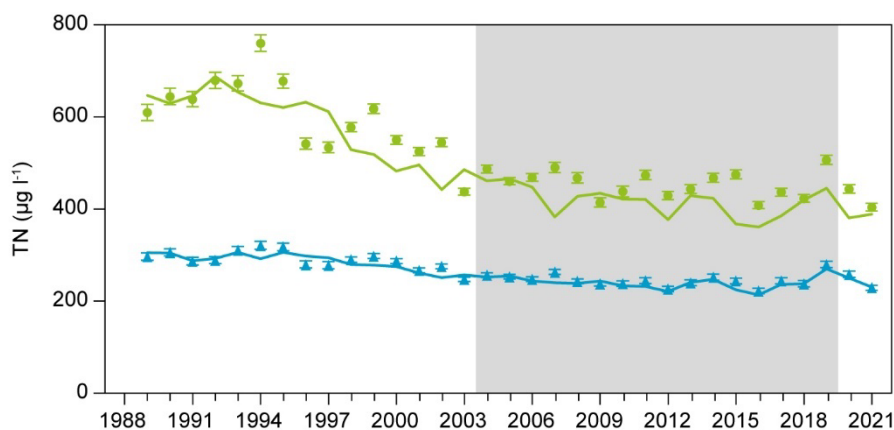


I figur 1.10 er vist udviklingen i total N i fjorde og kystvande. I 2021 var årsmidlen for totalkvælstofkoncentrationen 404 $\mu\text{g/l}$, hvilket er den hidtil laveste.

Udviklingen i total N er tydelig, især i perioden 1994 til 2003, som det fremgår af figur 1.10. Koncentrationen i fjorde og kystvande, hvor de danske tilførsler betyder mest, er faldet fra et niveau på 600-700 $\mu\text{g/l}$ i de tidlige 1990'ere til et niveau på 400-500 $\mu\text{g/l}$ siden 2003. Koncentrationen i 2021 var reduceret med 39 % sammenlignet med middel for 1989-1994.

Årsmiddel af total N i overfladevand i de åbne indre farvande var på niveau med gennemsnittet for årene siden 2000. Koncentrationen er reduceret med 24 % ift. middel i perioden 1989-1994, hvilket er betydelig mindre markant end i fjorde og kystvande.

Figur 1.10. Udvikling i årsmiddelkoncentrationen af total kvælstof i fjorde og kystvande (●) og åbne indre farvande (▲). Linjen angiver den afstrømningsnormaliserede koncentration. Perioden med potentielle systematiske afvigelser grundet analysefejl er markeret med gråt (Hansen og Høgslund (red.), 2023).



2 Fosfor

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

Det er i de seneste fem NOVANA-rapporter beskrevet, hvordan fejl i laboratorieanalyser af total fosfor (total P) i en årrække har påvirket de målte koncentrationer. Der har været foretaget en korrektion af vandløbsprøver i 2016 og 1. kvartal 2017, men det har ikke ligesom for total N (se afsnit 1.1) været muligt at korrigere data tilbage i tid. For vandløbsprøver ser det ikke umiddelbart ud til at have så stor betydning for resultatet (Thodsen et al. 2023, afsnit 1.4). Da indholdet af organisk stof (der er den del af total P, som påvirkes af analysemetoden), er større i de marine prøver og størst i sø-prøverne vil total P-koncentrationerne i disse prøver formentligt være mere påvirket af analysefejlen end vandløbsprøverne. De præsenterede data for total P i perioden 2007-2015 for sø og vandløb samt fra 2004-2019 for marine områder, må derfor betragtes med et vist forbehold, idet der kan være systematisk underestimering af fosforniveauerne i perioden. For uddybende beskrivelse af problemstillingen henvises til de relevante rapporter for hhv. vandløb, sø og marine områder, samt referencer deri.

Fosfortilførslen til havet er i år beregnet med en ny og forbedret model, hvilket betyder, at der kan være afvigelser fra tidligere rapporteringer særligt på regionalt og lokalt niveau. Modelskiftet betyder i gennemsnit omkring 1 % laver fosfortilførsel på landsplan, men med variationer mellem år. For nærmere uddybning se afsnit 1.4 i årets vandløbsrapport (Thodsen et al. 2023) og referencer der i.

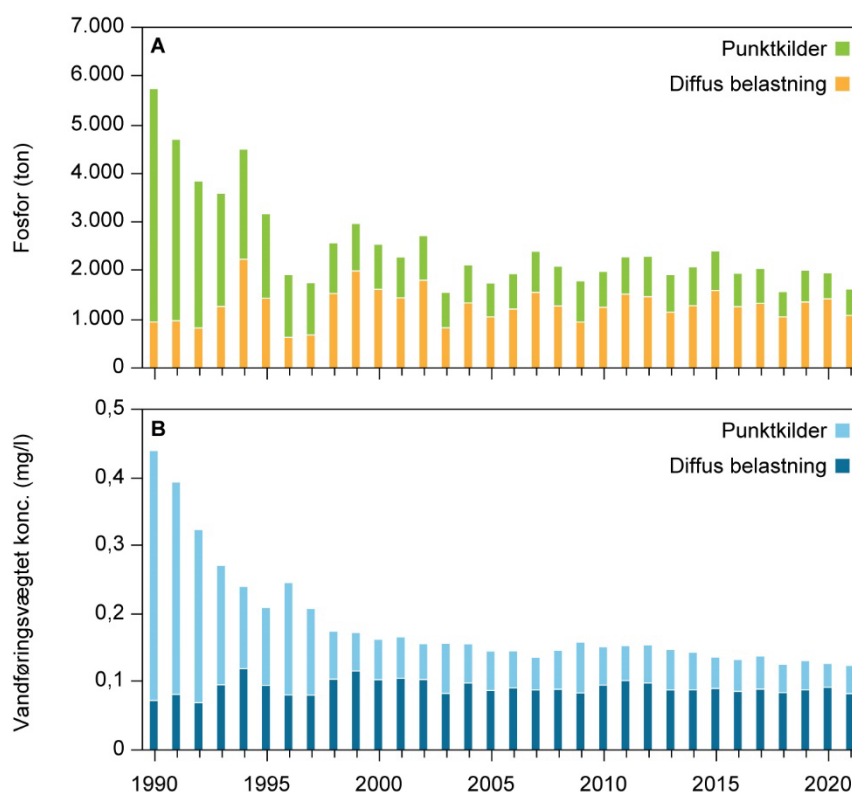
2.1 Tilførsel til overfladevand

Figur 2.1 (øverst) viser den samlede mængde fosfor, som løber til havet omkring Danmark. I 2021 var det i alt ca. 1.600 ton fosfor og dermed 17 % mindre end i 2020. Vandafstrømningen var i 2021 ca. 15 % lavere end året før.

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. 69 % i perioden. De seneste ca. 20 år har der dog ikke været en markant udvikling i tilførslen.

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 1990-2021. Der har været et markant fald frem til omkring årtusindeskiftet, og derefter har der ikke været nogen særlig udvikling - dog er den vandføringsvægtede koncentrationen i 2021 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. 2023).



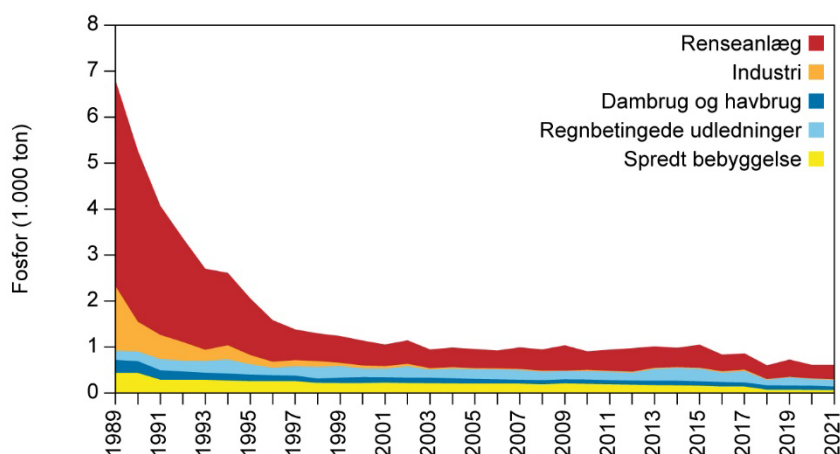
Den store reduktion frem til ca. år 2000 er båret af en tilsvarende stor reduktion i punktkildebidraget (renseanlæg m.m.), idet punktkilderne omkring 1990 stod for omkring 80 % af den samlede udledning, men nu er reduceret til godt 30 %. I figur 2.2 er punktkildebidraget delt ud på de forskellige typer af punktkilder. Den store reduktion i den samlede punktkildeudledning er især sket på renseanlæg (93 %) og fra industri (99 %), mens fosforudledninger fra ferskvandsdambrug er reduceret med ca. 84 %, og den samlede reduktion for alle punktkilder er på ca. 90 % siden 1989 (Miljøstyrelsen 2023). Renseanlæg er fortsat den største fosforpunktkilde. Miljøstyrelsen har ændret opgørelsesmetode for regnbetingede udledninger og fra spredt bebyggelse. Fra 2018 er den estimerede mængde af fosfor, som en person producerer pr. år reduceret, hvilket afspejler sig direkte i udledningerne fra både regnbetingede udløb og fra den spredte bebyggelse (Arildsen og Vezzaro, 2019). Fosforindholdet pr. PE i spildevandet har været faldende over en årrække, men ændringen i opgørelsesmetoden betød et ekstra fald i opgørelserne fra 2018 (Miljøstyrelsen 2023).

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 i 2020 og 2021 ligget på samme niveau.

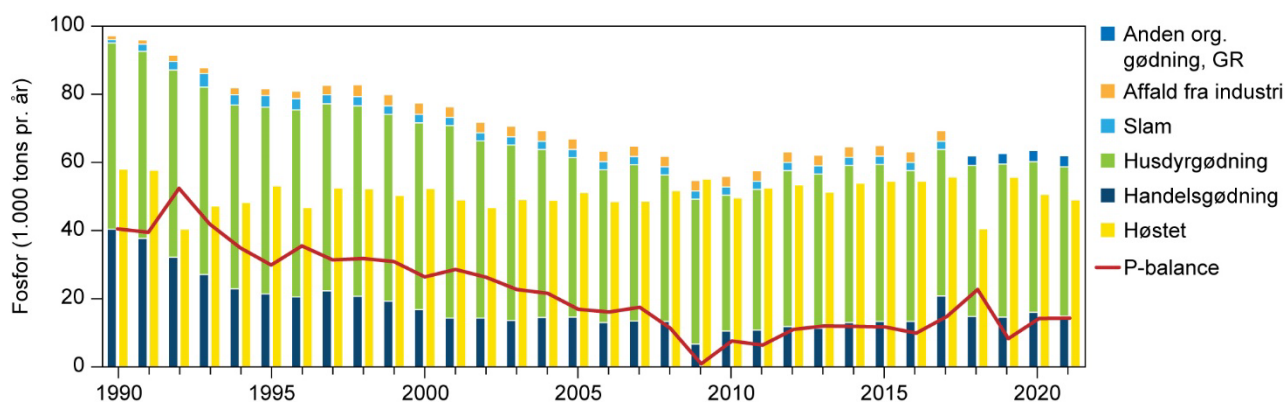
Som det fremgår af figur 2.1, er den diffuse fosfortilførsel i dag betydeligt større end udledningen fra punktkilderne. Den diffuse tilførsel består af bidrag fra flere kilder –et bidrag fra spredt bebyggelse, et bidrag fra dyrkningen af jorden, herunder fra brinkerrosion, samt et baggrundsbidrag, dvs.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

hvilke fosfor fra dyrkning kan komme til overfladevand – via drænen (udvaskning og små partikler) og overfladisk afstrømning, fx når det regner kraftigt. Der har ikke på landsplan været en sikker udvikling i det diffuse bidrag i perioden 1989-2021, mens der findes et sikkert fald i ca. halvdelen af de målte vandløb i dyrkede oplande uden spildevandsudledninger af betydning (se figur 2.5). DCE-Rapporten "Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark" (Andersen & Heckrath, 2020) beskriver den samlede fosforudledning i perioden 2014 – 2018, der er opgjort til ca. 2.000 tons fosfor. En kildeopsplitning viser, at egentlige punktkilder udgør ca. 31 % af den samlede udledning, mens spredt bebyggelse, baggrundsbidrag og landbrugsbidrag tegner sig for hhv. 4 %, 36 % og 29 %.

Figur 2.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Miljøstyrelsen 2023).

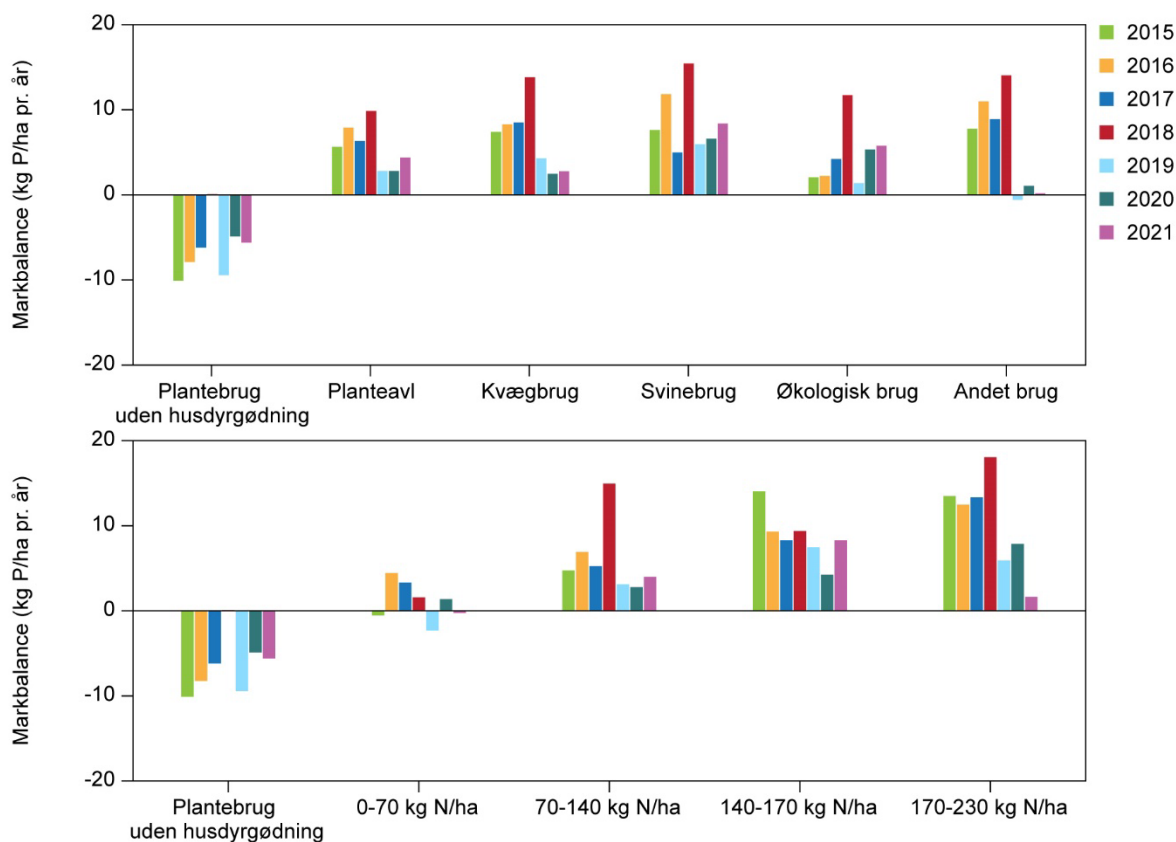


Uanset transportvej er jordens indhold af fosfor væsentlig. I figur 2.3 ses udviklingen i fosforregnskabet for dansk landbrug. En vigtige information er P-balancen (eller P-overskuddet), som viser forskellen mellem udbragt fosfor (fx med gødning) og det, der fjernes via høst. Figuren viser, at fosforoverskuddet (P-balancen i figur 2.3) er faldet fra ca. 40.500 tons P i 1990 til omkring 14.300 tons i 2021. Faldet er størst i starten af perioden og fra 2010-2015 ligger markoverskuddet 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 i høstudbyttet.



Figur 2.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2021. 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. 2023).

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 2015-2021 i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og forbrug af husdyrgødning (Blicher-Mathiesen et al. 2023).

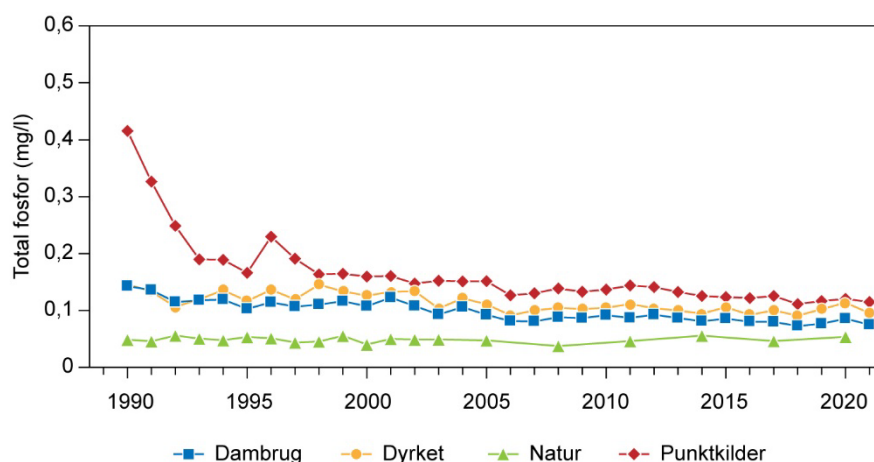
Der er meget store forskelle i fosforoverskuddet mellem forskellige produktions typer i landbruget. Figur 2.4 viser overskuddet på forskellige bedriftstyper. Det ses, at mens der er et decideret underskud (dvs. der bliver fjernet mere P med høstede afgrøder end der tilføres med gødning) på "rene" planteavlsbrug, er der et overskud på bedrifter med dyrehold (forbrug af husdyrgødning svarer overordnet til dyretæthed). Det betyder også, at der er regionale forskelle i fosforoverskuddet, idet husdyrproduktionen i høj grad er koncentreret vest for Storebælt. Derudover ses af figuren et stigende P-overskud med stigende forbrug af husdyrgødning (figur 2.4 nederst) og at fosforoverskuddet siden 2015 er blevet mindre på brug, der anvender husdyrgødning, bl.a. som en konsekvens af de indførte skærpede fosforlofter, der begrænser mængden af fosfor, der må tildeles marken.

2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand

Figur 2.5 viser udviklingen i koncentrationen af fosfor i vandløb med forskellige dominerende fosforkilder ("dambrug" angiver fx vandløb, hvor der var en væsentlig dambrugsproduktion af ørreder i 1991. I nogle af disse vandløb er dambrugsdriften dog ophørt efter 1991). Ved at anvende vandføringsvægtede koncentrationer tages der højde for forskellige afstrømningsforhold årene imellem. For vandløb under et er koncentrationen af total P

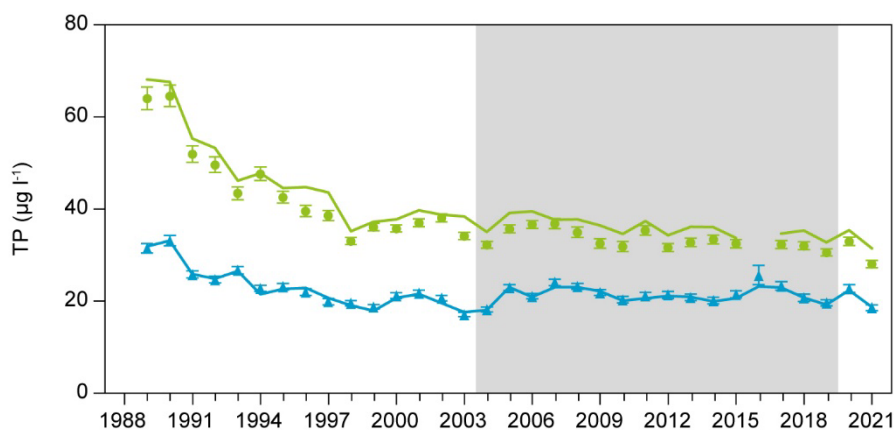
gennemsnitligt faldet med 33 % fra 1989-2021. Koncentrationen er især faldet markant i de punktkildebelastede vandløb samt i vandløb påvirket af dambrug. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i mange vandløb uden særlig punktkildebelastning har de seneste år ligget på godt 0,1 mg P/l.

Figur 2.5. Udvikling i fosforkoncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Thodsen et al. 2023).



I figur 2.6 er der vist 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 $\mu\text{g/l}$ i de senere år. Koncentration i 2021 var den hidtil laveste. Der er også sket et mindre men stadig markant fald i koncentrationen af total P i starten af perioden i de åbne dele af de danske farvande, hvor koncentrationen siden midten af 1990'erne har stabiliseret sig på et niveau omkring 30 $\mu\text{g/l}$. Koncentrationen i 2021 var den tredje laveste målt hidtil.

Figur 2.6. Udvikling i årsmiddelkoncentrationen af total fosfor (TP i fjorde og kystvande (●) og åbne indre danske farvande (▲). Linjen angiver den afstrømningsnormaliserede koncentration. Perioden med potentielle systematiske afvigelser grundet analysefejl er markeret med gråt (Hansen og Høgslund (red.), 2023).



3 Metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer

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

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

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

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

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

3.1 Metaller i vandmiljøet

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

Metaller i ferskvand

Metaller måles i vandfasen i vandløb, desuden måles kviksølv i fisk. De fleste undersøgte metaller er i perioden 2017-2021 fundet med en detektionsfrekvens på 100 %. Barium blev fundet i koncentrationer, der var højere end det generelle kvalitetskrav i hovedparten af prøverne, med en gennemsnitsværdi på 34,5 µg/l efter at baggrundskoncentrationen er fratrasket. Der blev fundet

en observation, hvor zink koncentrationen er over maksimumkoncentrationen og ligeledes en observation, hvor kobber koncentrationen er over maksimumkoncentrationen (tabel. 3.1 –se tal med fed markering). På baggrund af datagrundlaget er det ikke muligt at fastslå hvilke kilder, der er ophav til de målte koncentrationer over maksimumkoncentrationen.

Tabel 3.1. Metaller i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2017-2021. Tabellen præsenterer antal observationer, middelværdi, median samt 10%- og 90%-fraktiler. Detektionsgrænsen er angivet som interval for højeste og laveste detektionsgrænse. Miljøkvalitetskravene (generelt og maksimumkoncentrationen) er vist i kolonnerne yderst til højre. Maksimalværdien angiver den højest målte værdi i en enkelt prøve. Enheden er ug/l.

Stof	Antal	Gennem- snit	Median	10%- fraktil	90%- fraktil	Detektions- grænse	Maksi- mal- værdi	Gen- nemsnit fratræk- ket bag- grund- koncen- trationer	Estime- rede bag- grunds- koncen- trationer	Generelt kvalitetskrav	Maksi- mumkon- centration
Arsen	112	1,36	1,2	0,76	2,5	0,03	5,3	-	-	4,3	43
Barium	112	42,8	39	35	51	0,03-1	110	34,48	15	19	145
Bly	299	0,16	0,115	0,03	0,17	0,025	0,79	-	-	1,2 ³	14
Cadmium	298	0,011	0,009	0,006	0,016	0,003-0,004	0,18	-	-	0,08-0,25 ⁵	<0,45-1,5 ⁵
Chrom	112	0,28	0,23	0,16	0,55	0,01-0,03	1,5	-	-	1,2/0,3 ²	5,4/21 ²
Kobber	112	2,4	1,9	1,6	4,9	0,03-0,04	5	0,69	0,66	1 ^{1,3} /4,9 ⁶	2/4,9 ⁶
Nikkel	299	2,3	1,65	1,1	1,8	0,03	11	1,08	0,82	4 ³	34
Vanadium	111	0,59	0,47	0,3	1,3	0,05-0,2	1,3	0,32	0,11	4,1 ¹	57,8
Zink	112	23,5	2,5	0,78	110	0,3-0,5	110	6,81	1,5	7,8 ^{1,3} /3,1,4	8,4 ¹

¹: Kvalitetskravet er denne koncentration tilføjet den naturlige baggrundskoncentration

²: Kvalitetskrav for CrVI/CrIII

³: Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 1)

⁴: Kvalitetskravet gælder for blødt vand

⁵: Afhænger af vandets hårdhedsgrad

⁶: Øvre koncentration uafhængig af naturlig baggrundskoncentration

Siden sidste overvågningsperiode er koncentrationen af arsen, bly, cadmium, krom, nikkel og zink signifikant ændret. Arsen har en forøget koncentration i vandløbsvandet mens indholdet af de øvrige nævnte metaller er faldet.

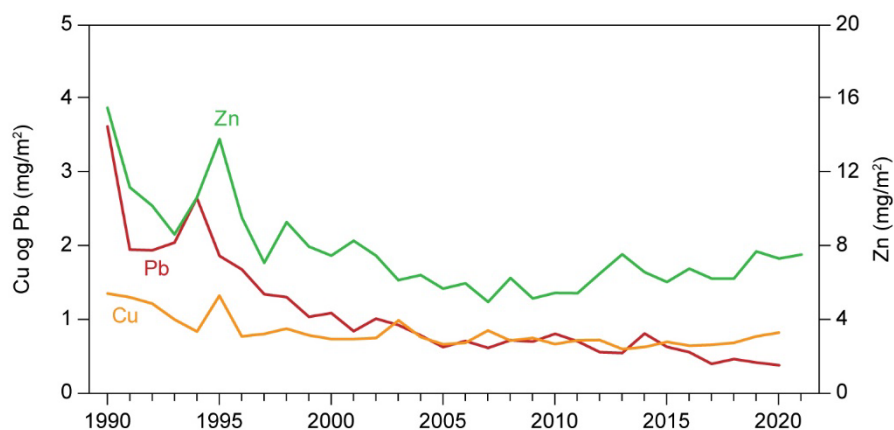
Kviksølvindholdet i fisk var i mere end 90 % af undersøgte fisk over kvalitetskravet for biota.

Metaller fra atmosfærisk deposition

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

Deposition af zink fra luft til overfladevand og jord er væsentlig større end tilførslen af de øvrige metaller. Depositionen er estimeret ud fra målinger på nedbør og partikler i luften. Der er sket en betydelig nedgang i depositionen af metaller siden 1989 med den største nedgang frem til ca. årtusindeskiftet (figur 3.1). De seneste 15 år er depositionen dog kun faldet svagt sammenlignet med tidligere, og for zink ses en svag stigning i indholdet i nedbør mens luftkoncentrationen har været svagt faldende siden 2010.

Figur 3.1. Udvikling i våddepositionen af bly (Pb), kobber (Cu) og zink (Zn) i perioden 1990-2021. Bemærk forskellig skala på figuren (Ellermann et al. 2023).



Metaller i marine områder

Metaller er i marine områder målt i 43 prøver af muslinger og kviksølv er desuden målt i 9 prøver af fisk.

Der er fastsat miljøkvalitetskrav i biota for bly, cadmium og kviksølv (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017). Koncentrationen af bly og cadmium var højere end kvalitetskravene i biota for disse metaller i henholdsvis 70 % og 58 % af de muslingeprøver, der blev undersøgt i 2021. Kviksølvindholdet var højere end kvalitetskravet i biota i samtlige fisk, der blev undersøgt i 2021. Der er for fisk ikke foretaget korrektion i forhold til, at kviksølvmålingerne er foretaget på muskelvæv, mens kvalitetskravene gælder for hele fisken. Kviksølv i hele fisk er i gennemsnit for alle fiskearter en faktor 0,93 lavere end koncentrationerne i muskel. Det betyder, at hvis korrektionen fra muskelvæv til hele fisk var foretaget, ville de resulterende koncentrationer være endnu højere. Da alle prøver målt i muskelvæv havde kviksølvkoncentrationer der var mere end 8 % over kvalitetskravet for biota, ville en korrektion ikke ændre vurderingen. Indholdet af bly, kviksølv og cadmium var i alle tilfælde lavere end grænseværdien for fødevarer.

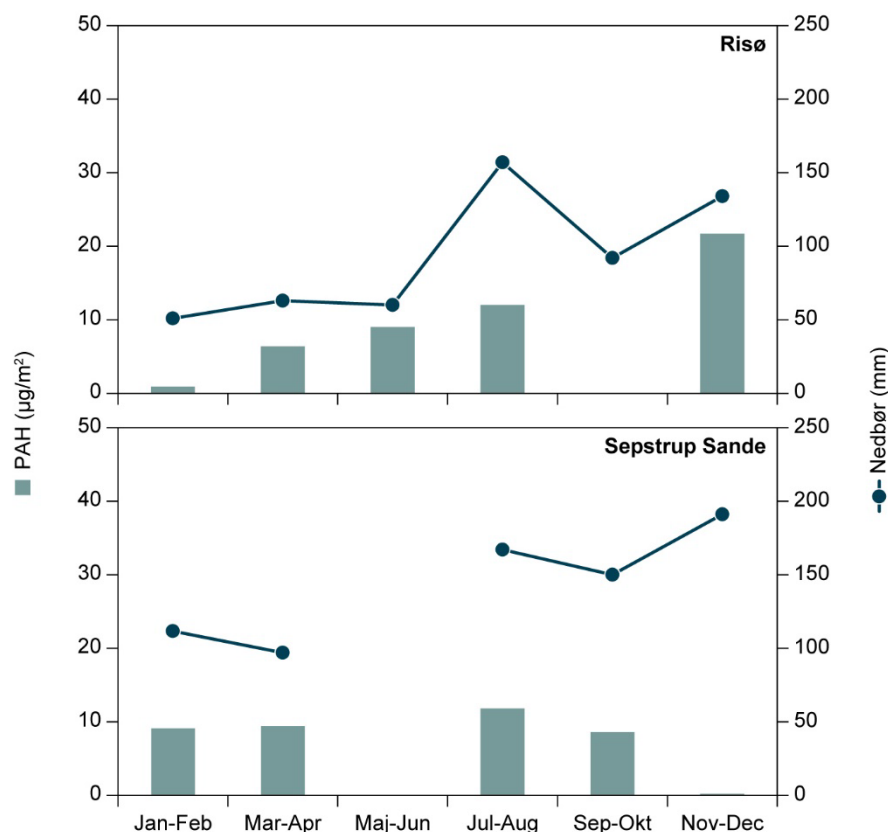
3.2 Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet

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

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer fra atmosfærisk deposition

I den atmosfæriske deposition måles ved to målestationer udvalgte pesticider samt PAH. Målingen af PAH for 2021 lå samlet på henholdsvis 50 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ og 39 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ for Risø og Sepstrup Strand. Våddepositionen er lidt større end målt for 2020.

Figur 3.2. Våddepositionen, $\mu\text{g}/\text{m}^2$, af de fundne PAH i 2021 målt over året på Risø og Sepstrup Sande. Kurven angiver nedbørsmængde i den tilsvarende periode i mm (Ellerman et al. 2023).



I 2019 og 2020 er der ved landbrugsmålestationen ved Risø gennemført døgnmålinger af luftkoncentrationen af prosulfocarb i perioden, hvor prosulfocarb typisk bliver anvendt, dvs. slut september til start november. Der blev i 2021 fundet en gennemsnitskoncentration af prosulfocarb på $8 \text{ ng}/\text{m}^3$ mens gennemsnitskoncentrationen 2020 var $13 \text{ ng}/\text{m}^3$ og i 2019 $5 \text{ ng}/\text{m}^3$. Forskellen mellem de tre år skyldes formentlig år-til-år variationer i de meteorologiske forhold og landbrugspraksis. Den målte prosulfocarb i luften stammer dels fra lokal anvendelse af prosulfocarb og dels fra kilder i udlandet.

Organiske miljøfarlige forurenende stoffer i ferskvand

En række organiske miljøfarlige forurenende stoffer er i perioden 2017-2021 målt i vandløb i biota-, vand- og sedimentprøver afhængig af hvor stofferne mest sandsynligt findes og i hvilken matrice, der er fastsat miljøkvalitetskrav.

Pesticiderne MCPA og glyphosat samt dennes nedbrydningsprodukt AMPA, blev fundet hyppigst i vandløb. I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for enkeltstoffer, er der ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på NOVANA-stationerne. Koncentrationen af pesticid-nedbrydningsproduktet BAM er faldet signifikant fra forrige til denne overvågningsperiode. Det samme gør sig gældende for diuron og mechlorporp (begge herbicidier).

PAH blev fundet over detektionsgrænsen i de fleste vandløb, men ikke i koncentrationer over det generelle kvalitetskrav (der er, af de målte PAH, kun udviklet miljøkvalitetskrav for antracen).

For PFAS er der kun miljøkvalitetskrav for PFOS. Miljøkvalitetskravet er fastsat på baggrund af human eksponering, og derfor er det koncentrationen i biota-muskel, kravet gælder for. Tilstedeværelsen af PFOS er en størrelsesorden højere end de øvrige PFAS-forbindelser, men koncentrationer er hverken

målt over miljøkvalitetskravet eller maksimalkoncentrationen (omregnet fra lever til muskelværdi da grænsen er med henblik på fare ved indtag).

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 og organotinforbindelser i muslinger ved henholdsvis 43 og 14 stationer samt dioxiner og furaner i fisk ved 7 stationer og klorerede pesticider, bromerede flammehæmmere og perfluorerede forbindelser i fisk ved 9 stationer. Desuden måles biologiske effekter af miljøfarlige forurenende stoffer i marine områder ved én station.

Der blev ikke fundet koncentrationer over de danske fastsatte miljøkvalitetskrav for PAH.

Ved undersøgelse af PFOS i fisk blev der ikke fundet koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. De højeste niveauer af PFOS blev fundet i Storebælt ved Agersø (5,5 µg/kg), fulgt af Augustenborg Fjord og Anholt Nord (begge 4,7 µg/kg). 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.

Bromerede flammehæmmere blev fundet i prøver af fiskemuskel ved alle undersøgte stationer. De fundne koncentrationer var højere end miljøkvalitetskravet i alle tilfælde.

4 Luft

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

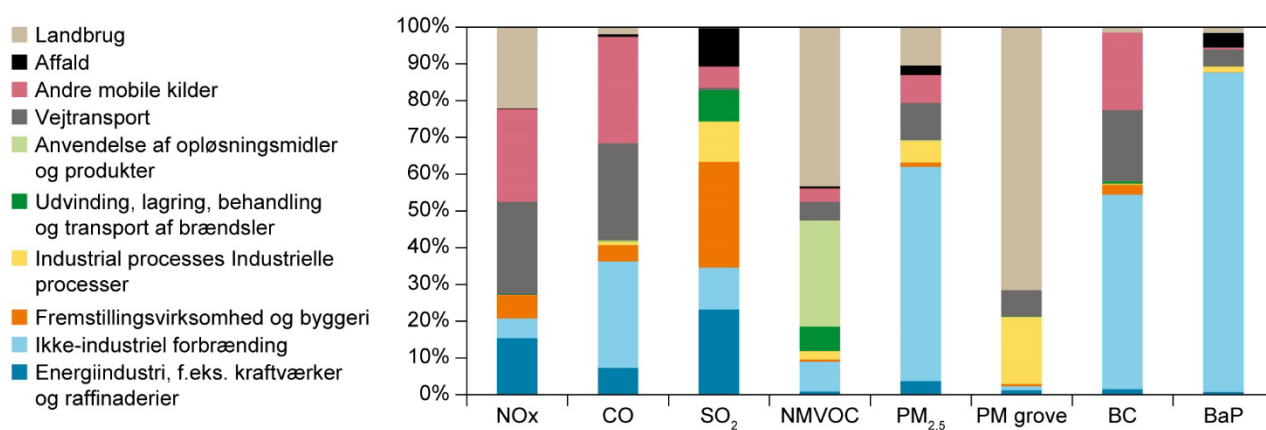
Der måles på koncentrationer af svovldioxid, kvælstofilter (NO_x/NO_2), partikelmasse (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), partikelantal, benzen og toluen, carbonmonoxid, ozon (O_3), elementært og organisk kulstof (EC og OC), udvalgte metaller som bly, arsen, cadmium, kviksølv og nikkel, samt tjærestoffer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

Der anvendes en kombination af målinger og modelberegninger til at vurdere, om EU's grænseværdier for luftkvalitet er overholdt, og udviklingen i koncentrationer over årene følges. Der er fastsat grænse- og målværdier for flere af de målte stoffer. Der blev i 2021 ikke målt nogen overskridelser af EU's grænseværdier og målværdier.

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

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 hovedkategorier, som anvendes i forbindelse med den internationale indrapportering af udledningerne.



Figur 4.1. Udledning af en række vigtige luftforureningskomponenter fra danske kilder i 2020 opdelt i hovedkategorier (Nielsen et al., 2022). Opdelingen i hovedkategorier følger standard for indrapportering til EU. Følgende luftforureningskomponenter indgår: Kvælstofoxider (NO_x), carbonmonoxid (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 af partikler dækker kun de direkte udledte partikler og ikke de partikler, som dannes sekundært via de kemiske reaktioner i luften.

4.2 Ingen NO₂- og partikeloverskridelser

NO₂-målinger

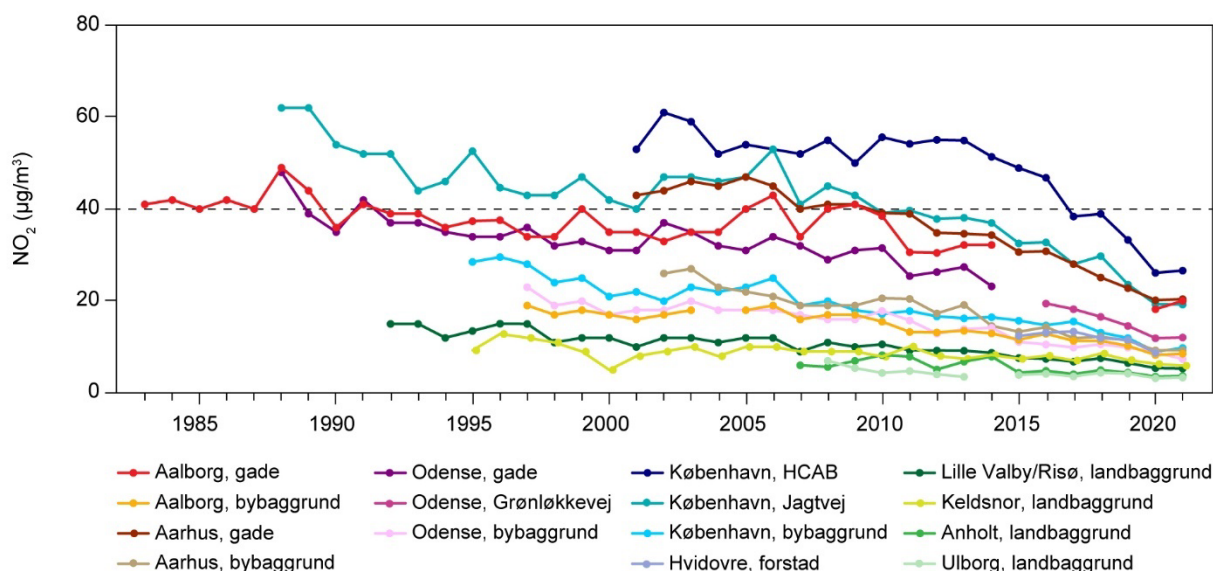
Kvælstofdioxid (NO₂) irriterer luftvejene og har direkte effekt på helbredet. De, der er mest følsomme over for kvælstofdioxid, er folk med luftvejslidelser, ældre mennesker og børn.

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 2021. Årsmiddelmålingerne ligger ved alle målestationer under EU-grænseværdien på 40 µg/m³, der er fastsat af hensyn til langtidseffekter (årsmiddelværdien af kvælstofdioxid, må ikke overskride 40 µg/m³ i et kalenderår (EU, 2008)). Ved den mest forurenede gademålestation (H.C. Andersens Boulevard) var årsmiddelværdien 30 % under grænseværdien.

EU's luftkvalitetsdirektiv fastlægger ligeledes en grænseværdi for korttids-eksponeringen 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 2021.

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



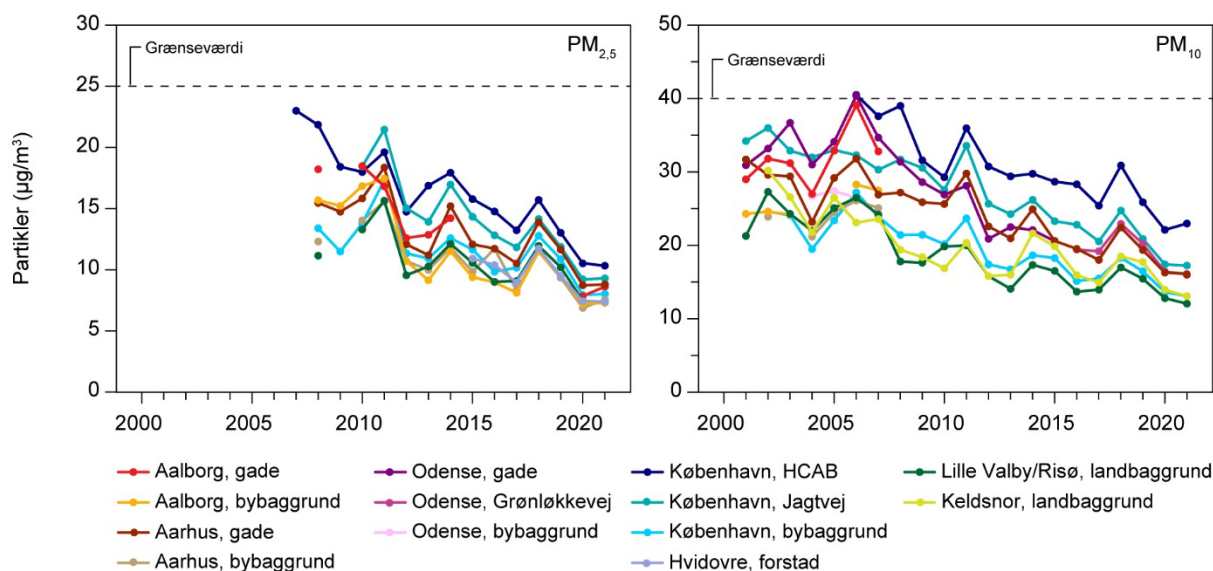
Figur 4.2. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af NO₂. Den stiplede linje angiver EU's grænseværdi (EU, 2008). Det markant anderledes forløb, som ses for H.C. Andersens Boulevard, skyldes omlægning af vejbanerne på H.C. Andersens Boulevard i 2010, som flyttede trafikken tættere på målestationen.

Partikelmålinger og måling af elementært kulstof

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

Af figur 4.3 fremgår, at årsmiddelværdierne for både PM_{2,5} (partikler med mindre diameter end 2,5 µm) og PM₁₀ (partikler med en diameter op til 10 mikrometer) i 2021 er målt til hhv. omkring 35-40 % og 40-60 % under grænseværdierne (grænseværdierne er hhv. på 25 µg/m³ og 40 µg/m³) på gademålestationerne, som er der, hvor de højeste koncentrationer forekommer som følge af trafikken i gaderne. Antallet af dage, hvor døgnmiddelværdien overskrider 50 µg/m³, ligger også betydeligt under grænseværdien (døgnmiddelværdien må overskrides 35 gange på et kalenderår for PM₁₀). Der var dermed ingen overskridelse af grænseværdierne for partikelforureningen i 2021 ved nogen af målestationerne.

Udviklingstendensen for årsmiddelværdien af PM_{2,5} og PM₁₀ har et ensartet forløb ved alle målestationerne. PM_{2,5} er faldet med 40-55 % og PM₁₀ med 40-50 % siden opstart af målingerne i henholdsvis 2007/2008 og 2001.



Figur 4.3. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af PM_{2,5} (venstre) og PM₁₀ (højre). De stiplede linjer angiver grænseværdierne for årsmiddelværdien af PM_{2,5} og PM₁₀ (EU, 2008).

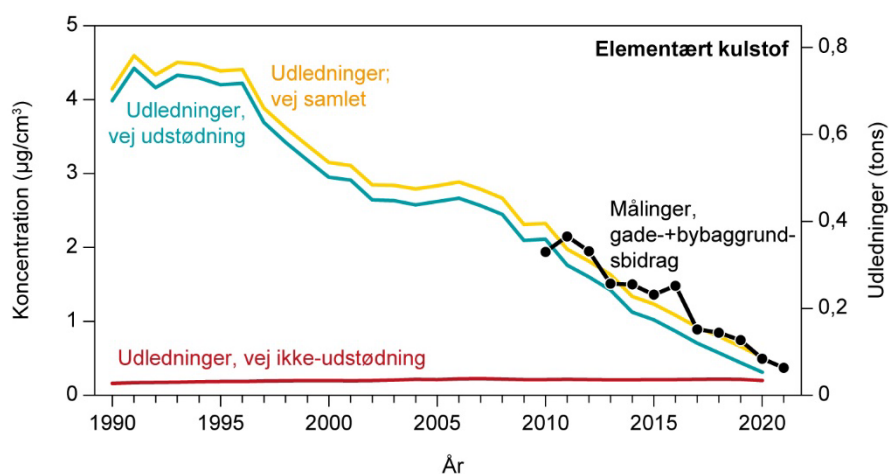
Måleprogrammet omfatter endvidere målinger af partikelantal, som er en parameter, der angiver den luftbårne forurening med partikler i nanostørrelse. Disse partikler er så små, at de har meget lille masse, og derfor måles de ved tælling. Måleresultaterne i 2021 omfatter partikler i størrelsen fra 11 til 478/550 nm og fra 41 til 478/550 nm. Siden 2002 er partikelantallet for begge fraktioner faldet med omkring 70 % og 45 % ved henholdsvis gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen i København. Målinger i landbaggrund ved Risø er først begyndt i 2005, men siden da er partikelantallet faldet med omkring 40 % for fraktionen fra 11 - 478/550 nm og omkring 50 % for partikelfractionen fra 41 - 478/550 nm.

Elementært kulstof (EC) er den del af den luftbårne partikelforurening, som udgøres af kulstof alene. I daglig tale omtales det ofte som sod, da en stor del

af elementært kulstof kommer fra en ufuldstændig forbrænding (for eksempel i udstødning fra køretøjer). Elementært kulstof omtales også som black carbon (BC), fordi elementært carbon er sort. Kemisk set er der stor forskel på de to parametre. Elementært kulstof er et mål for mængden af kulstofatomer i en given prøve (μg elementært kulstof per m^3), hvilket måles med en kemisk analyse af prøven. Black carbon er et mål for, hvor "sort" prøven er, hvilket måles med en absorptionsmåling (kan omregnes til enheden $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Der er et fald i koncentrationerne af elementært kulstof på omkring 75 % siden 2010 ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard. Et mindre markant fald er observeret på landbaggrundsmålestationen ved Risø (omkring 45 %). Ved bybaggrundsmålestationen og målestationen i en forstad ses også tendens til fald, men tidsserierne er korte, så denne tendens er usikker, og der er behov for målinger gennem længere tid for at kunne opnå en sikker vurdering af udviklingstendensen.

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



Figur 4.4. Udviklingen i luftkoncentrationer af partikulært bundet elementært kulstof på gademålestation på H.C. Andersens Boulevard i København (venstre akse) sammenholdt med udviklingen i udledningerne af black carbon fra vejtrafik (højre akse) (Nielsen et al., 2022). De viste luftkoncentrationer er bidraget fra gade og bybaggrund, som er beregnet ud fra forskellen mellem koncentrationerne ved gademålestationen og landbaggrund. Udledningerne af black carbon kommer dels fra udstødning og dels fra ikke-udstødning (slid på bremses, dæk og vej).

4.3 Ozon

Ozon kan absorbere meget af den UV-stråling, som kommer fra Solen, men ozon (O_3) kan ved jordoverfladen have negativ effekt på helbredet og vegetationen.

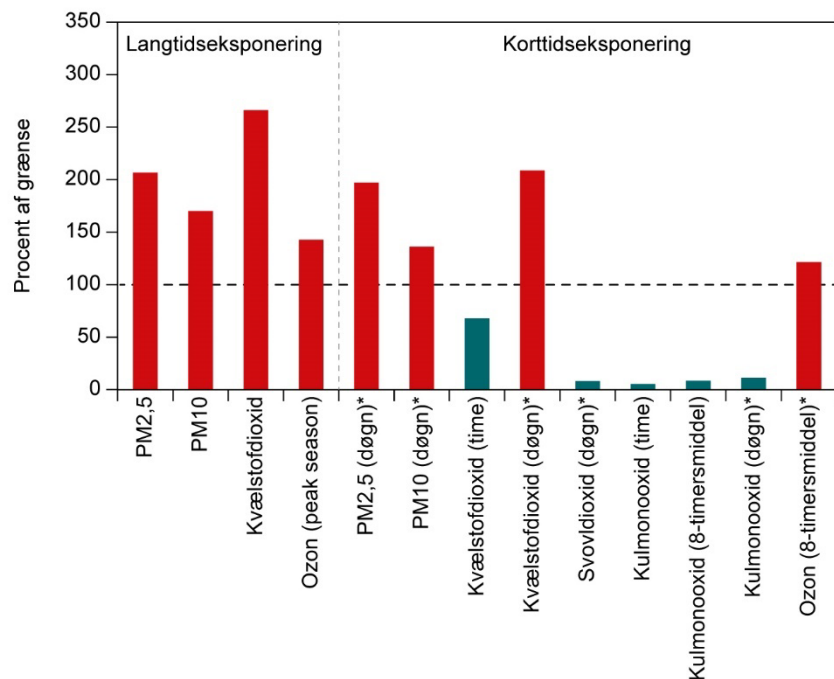
I modsætning til de øvrige luftforureningskomponenter er årsmiddelkoncentrationerne for ozon højest på landet, lidt lavere i bybaggrund og lavest i de trafikerede gader. Årsagen er, at udledningerne af kvælstofoxider fra trafikken nedbryder ozon, så høje koncentrationer af kvælstofoxider modsvarer af 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 korttidsseksponering 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 2021. 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 2021. 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 2021.

4.4 Nye retningslinjer for luftkvalitet fra WHO

I september 2021 offentliggjorde WHO opdaterede retningslinjer for luftkvalitet. Figur 4.5 giver et samlet overblik over, hvordan koncentrationsniveauerne for kvælstofdioxid, carbonmonoxid, svovldioxid, ozon og partikler ($\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}) ligger ved de danske målestationer sammenholdt med de opdaterede retningslinjer fra WHO (2021). De nye WHO-retningslinjer for langtidsseksponering er overskredet for alle luftforureningskomponenter med størst overskridelse for $\text{PM}_{2,5}$ og kvælstofdioxid. For korttidsseksponering ses ligeledes overskridelse af de nye WHO-retningslinjer for $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , kvælstofdioxid og ozon. Til gengæld ligger niveauerne for svovldioxid og kulilte klart under de nye WHO-retningslinjer. De mest helbredsskadelige luftforureningskomponenter (partikler, kvælstofdioxid og ozon) viser størst overskridelse af de nye WHO-retningslinjer. Dette er med til at understrege, at der er behov for at reducere luftforureningen med disse komponenter yderligere, hvis man ønsker at opnå en reduktion af de helbredsskadelige effekter fra luftforureningen.



Figur 4.5. Oversigt over luftkvalitet i Danmark sammenholdt med WHO's nye retningslinjer vedrørende udsættelse for helbredsskadelige luftforureningskomponenter (WHO, 2021a). Figuren er opdelt i retningslinjer vedrørende langtids- og korttidseksponering. Det er de højeste værdier målt ved de danske målestationer, som angives som procent af WHO's retningslinjer, som er indekseret til 100 %. De langsigtede 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.

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 3.900 tilfælde i Danmark i 2021. Beregningerne viser et fald i helbredseffekterne fra omkring 8.100 tilfælde af for tidlig død per år i 1990 svarerende til en reduktion på omkring 52 % i 2021.

De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 63 milliarder kr. i 2021, hvilket er lidt over gennemsnittet for perioden 2019-2021. Den samlede helbredsrelaterede omkostning var omkring 139 milliarder kr. som middel over årene 1988-1990, og den er dermed faldet med omkring 55 %. 1.010 tilfælde af for tidlig død kan tilskrives udledninger fra danske kilder, hvilket svarer til omkring 26 % af det samlede antal for tidlige dødsfald som følge af luftforureningen i Danmark. De resterende omkring 74 % stammer fra udenlandske udledninger, herunder naturlige kilder og international skibstrafik.

Den vigtigste danske kilder til for tidlige dødsfald er ikke-industriel forbrænding (navnlig boligopvarmning med brænde), som er ansvarlig for omkring 370 tilfælde svarende til omkring 36 % af antal tilfælde af for tidlige dødsfald fra danske kilder. Ikke-industriel forbrænding fra danske kilder udgør omkring 8 % af antal tilfælde af for tidlige dødsfald set i forhold til den samlede luftforurening fra danske, internationale og naturlige kilder. Landbrug og vejtransport er de næstvigtigste danske kilder.

5 Grundvand

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

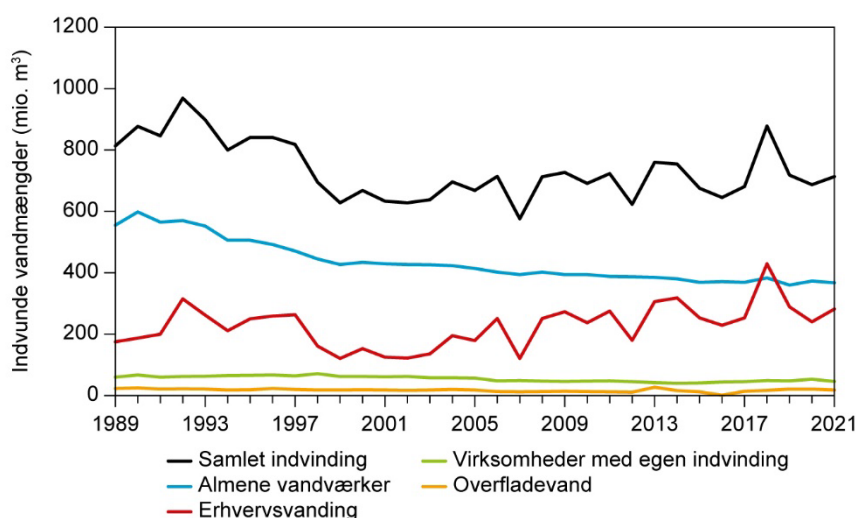
Grundvandsovervågningen (GRUMO) er siden starten i 1989 blevet revideret i flere omgange for at imødekomme udviklingen i de forvaltningsmæssige behov. Programmet for GRUMO er siden 2007 tilpasset – og tilpasses fortsat løbende både på grundlag af større viden og som følge af de varierende forvaltningsmæssige behov, herunder opfyldelse af forpligtelserne til at afrapportere efter EU-direktiver. Der er i Thorling et al. (2023) redegjort for, hvad de gennemførte revisioner af grundvandsovervågningen har betydet for datagrundlaget til vurdering af udviklingen og status for grundvandets kemiske kvalitet.

5.1 Vandindvinding

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

Den samlede vandindvinding samt fordelingen af indvindingen på forskellige kategorier i perioden 1989 – 2021 er vist i figur 5.1. I løbet af 1990'erne er indvindingen ved almene vandforsyninger faldet fra ca. 600 mio. m³ i 1990 til knap 370 mio. m³ i 2021. Den samlede indvinding afspejler ud over nedgangen i indvindingen ved almene vandforsyninger også de markante variationer, der er i indvinding til erhvervsvanding, særligt markvanding, der er afhængig af nedbørmængden. Indvinding til erhvervsvanding er opgjort til i 2021 at have været omkring 280 mio. m³, hvilket ligger noget over den øvre kvartil for perioden 1989-2021.

Figur 5.1. Den samlede vandindvinding, samt indvinding ved almene vandforsyninger, erhvervsvanding inkl. markvanding, virksomheder med egen indvinding og overfladevand i Danmark i 1989-2021 (Thorling et al. 2023).



5.2 Nitrat i grundvand

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

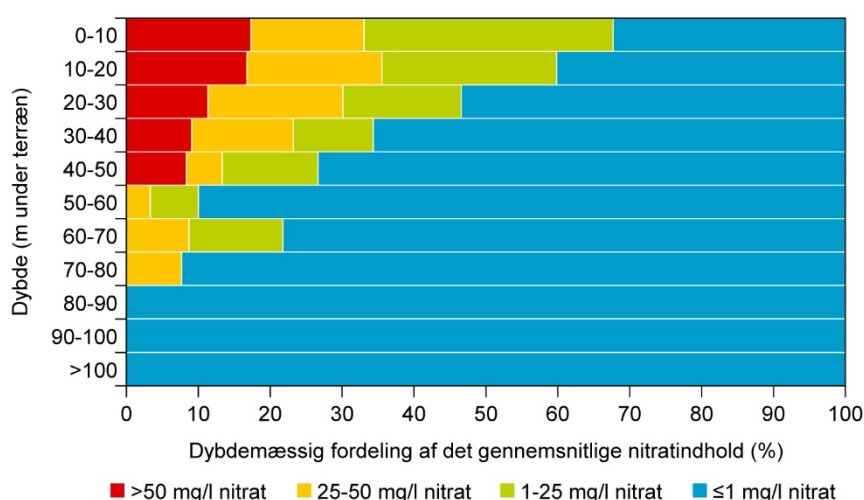
Nitrat, som via grundvand kommer ud i vandløb og søer, kan i sidste ende resultere i problemer med at opfylde målsætningerne i ferskvand eller marine områder. Ligeledes kan høje koncentrationer i grundvand, som er grundlag for grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær, betyde, at tilstanden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

Grundvandets indhold af nitrat måles i GRUMO, ved vandforsyningernes boringskontrol og i landovervågningsprogrammet (LOOP). Nitratindholdet var i 2021 højere end kvalitetskravet på 50 mg/l i 13 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, mens det samme var tilfældet i omkring 1 % af indtagene i vandforsyningsboringer. Andelen af indtag i GRUMO med nitratindhold højere end kvalitetskravet, var i 2021 på samme niveau som i den femårige periode 2017-2021, hvor den var på 14,6 %.

Figur 5.2 viser, at nitratkoncentrationer over kvalitetskravet hovedsageligt optræder i de øverste 50 m i de GRUMO-indtag, der er undersøgt i 2021. Dette skyldes, at nitrat nedbrydes naturligt i grundvandsmagasinerne i et omfang, der afhænger af de lokale geokemiske forhold. Desuden er antallet af indtag under 50 m's dybde begrænset. Hyppigheden af nitratkoncentrationer over kvalitetskravet i indtag i 0-10 m's dybde i de fire klasser i figur 5.2 var på samme niveau i 2021 som i perioden 2017-2021. Fra 50-60 m dybde er der i 2021 ingen indtag med en gennemsnitlig nitratkoncentration over 50 mg/l. Det fandt man imidlertid i perioden 2017-2021 fra 60-70 m dybde.

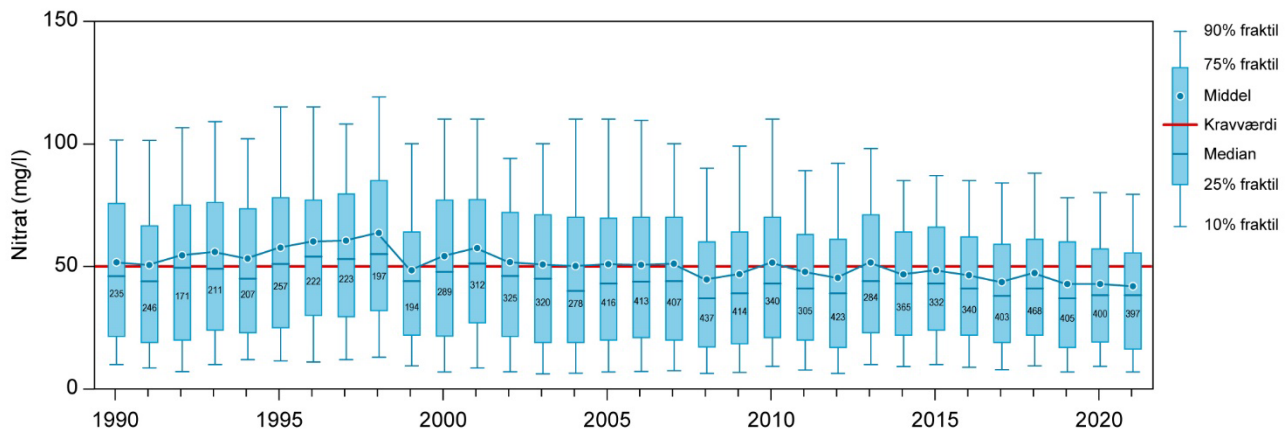
Der er generelt lavere nitratkoncentrationer i vandforsyningsboringerne end i grundvandsovervågningen. Det kan forklares ved, at vandforsyningerne forsøger at undgå indvinding af nitratholdigt grundvand.

Figur 5.2. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2021 i forhold til top af indtag i m u.t. i 1037 indtag i grundvandsovervågningen. Nitratindholdet er opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (Thorling et al. 2023).



Effekten på grundvandets nitratindhold af de kvælstofreguleringer, som er sket gennem nationale handlingsplaner siden 1985, afspejler sig i det iltholdige grundvand. De seneste otte prøvetagningsår har det gennemsnitlige nitratindhold i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l og med en

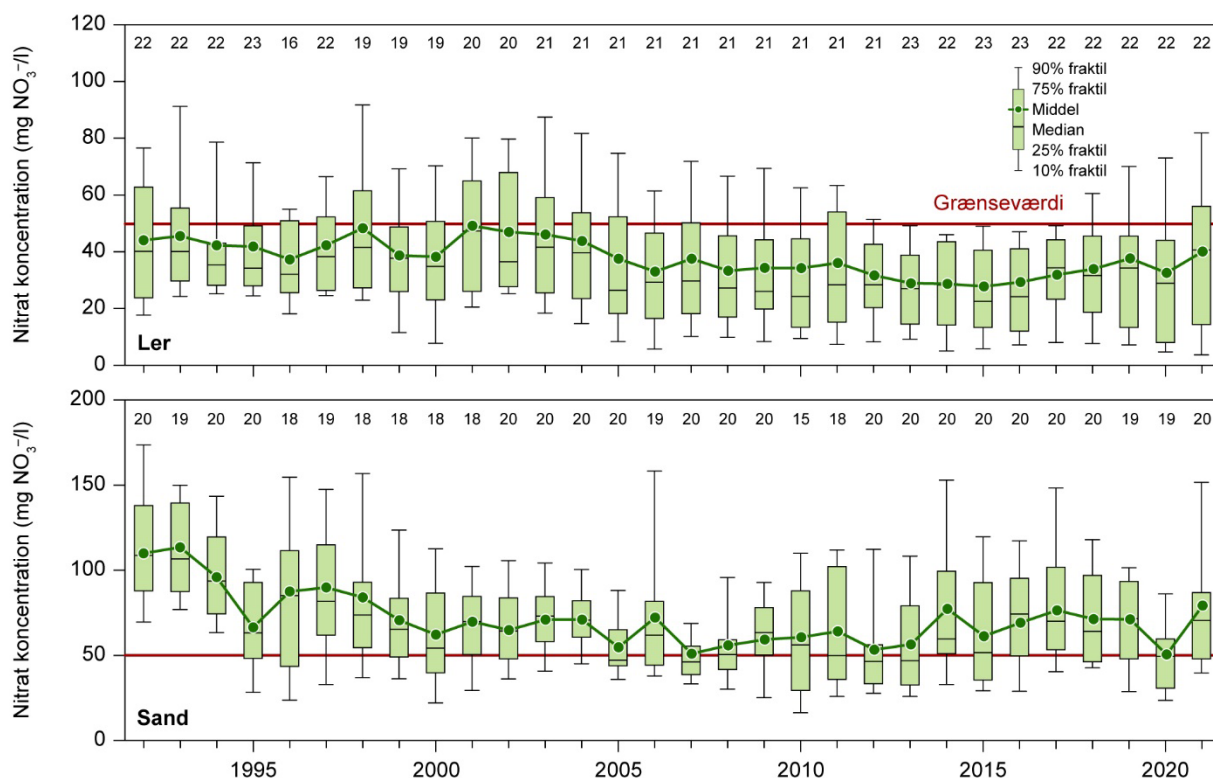
tendens til færre indtag med meget høje koncentrationer (figur 5.3). I 2021 var den målte gennemsnitsværdi i det iltholdige grundvand på ca. 41 mg/l.



Figur 5.3. Udviklingen i det iltholdige grundvands nitratindhold i grundvandsovervågningen vist for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2021. Beregnet på baggrund af det gennemsnitlige nitratindhold per indtag per år. Antal af indtag er angivet for hvert år (Thorling et al. 2023).

Udviklingen i nitratkoncentrationen i rødzone og det højtliggende iltede grundvand på ler- og sandjord undersøges i LOOP i fem små oplande fordelt på to sandjordsoplande og tre lerjordsoplande (figur 5.4). I 2021 var nitratindholdet i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjorde højere end kvalitetskravet i henholdsvis ca. 70 % og ca. 32 % af indtagene. Det gennemsnitlige nitratindhold var på 79 mg/l og 40 mg/l i hhv. sand- og lerjordsoplandene. Det vil sige, at nitratindholdet i det iltede grundvand i gennemsnit var omtrent dobbelt så højt i sandjordsoplandene som i lerjordsoplandene.

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



Figur 5.4. Udviklingen i målte nitratkoncentrationer i hydrologiske år i perioden 1990/91 til 2020/21 i rodzonevand og det øvre grundvand i tre lerjords- og to sandjordsoplande (LOOP). Nitratmålinger i henholdsvis rodzone og øvre grundvand er ikke i alle tilfælde under samme marker. Grænseværdien angiver EU's krav til maksimal nitratkoncentration i grundvand (Blicher-Mathiesen et al. 2023).

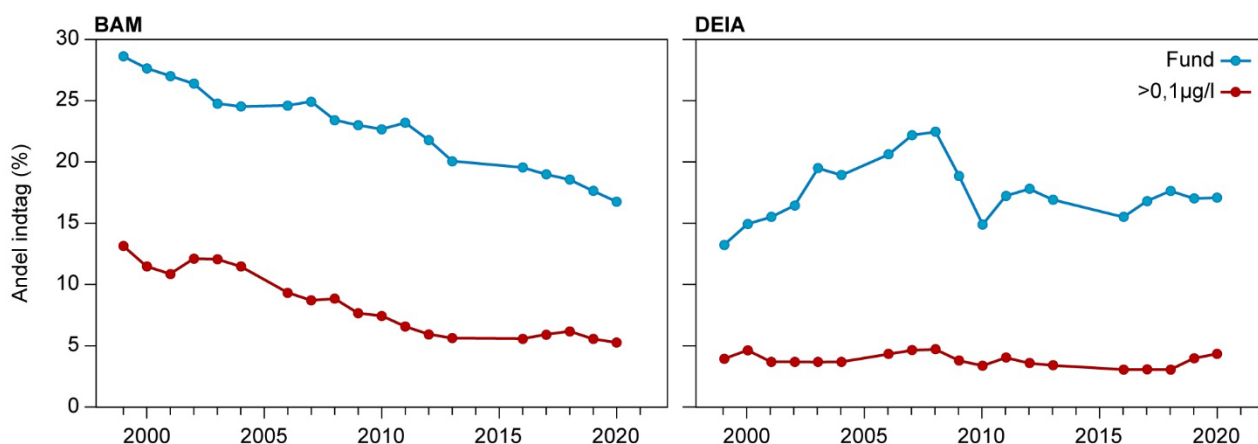
5.3 Pesticider i grundvand

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

Grundvandsovervågningen har gennem årene omfattet et varierende antal pesticider og nedbrydningsprodukter, da nye stoffer er blevet inddraget i grundvandsovervågningen, bl.a. når de er blevet inddraget i drikkevandsovervågningen. Andre stoffer er tilsvarende udgået af overvågningen, hvis de ikke eller kun sjældent er blevet påvist. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter i de forskellige perioder af overvågningen er uddybet i Thorling et al. (2023). I 2021 blev screenet for yderligere 87 stoffer for at vurdere, om de er relevante for fremtidig overvågning.

Ved grundvandsovervågningen i 2021 blev et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider, fundet i 59 % af de undersøgte indtag i overvågningen. Kvalitetskravet på 0,1 µg/l var mindst én gang overskredet i 26 % af indtagene. Kvalitetskravet for summen af målte stoffer på 0,5 µg/l var overskredet i 12 % af indtagene. I perioden 2019-2021, hvor stort set alle aktive indtag er prøvetaget mindst én gang, blev der påvist pesticider eller nedbrydningsprodukter i 65 % af indtagene og overskridelse af kvalitetskravet mindst én gang i 32 % af indtagene. De hyppigst påviste stoffer var i 2021 DPC (desphenyl chloridazon), DMS (dimethylsulfamid) og 1,2,4 triazol.

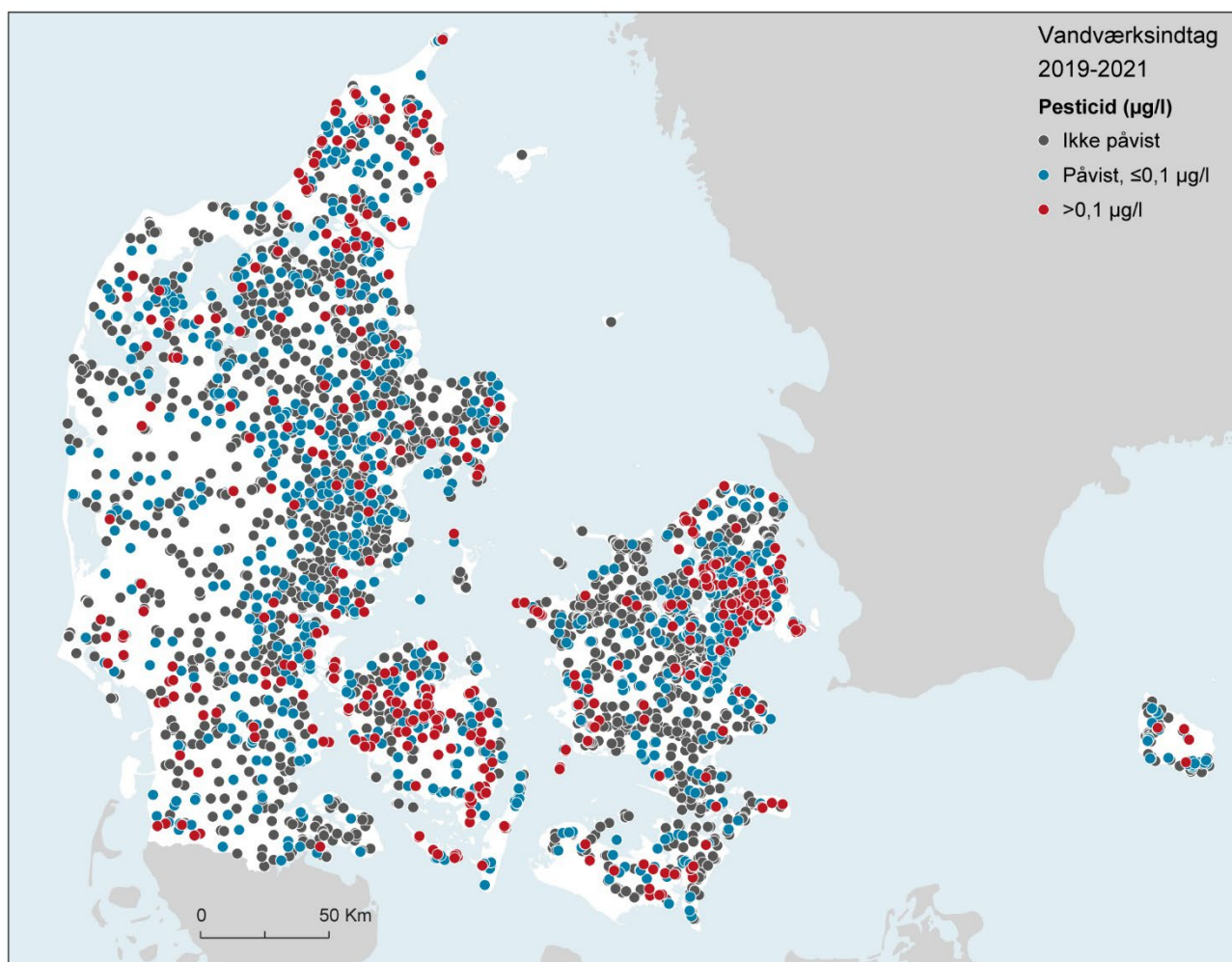
Nogle pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider har været undersøgt i den samme faste gruppe af indtag siden 1998 (i alt 323 indtag). For nogle af disse stoffer ses der en faldende tendens i andelen af indtag med fund. Heriblandt er BAM, som er det hyppigst fundne blandt de udvalgte stoffer.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



Figur 5.5. Tidslig udvikling i fund af BAM og DEIA i "den faste kerne" af indtag i grundvandsovervågningen. Hvert år repræsenterer opgørelser af andelen af indtag, hvor pesticidet er påvist mindst én gang inden for en treårs periode (forudgående, aktuelle og efterfølgende år) (Thorling et al, 2023).

I indtag i vandforsyningernes indvindingsboringer blev der i 2021 fundet mindst ét pesticid i 50 % af de undersøgte indtag (13,4 % af indtagene over kvalitetskravet på 0,1 µg/l). Kvalitetskravet for summen af målte stoffer på 0,5 µg/l var overskredet i 2,3 % af indtagene. Andelen af indtag med overskridelse af kvalitetskravet har siden 2016 været stigende. Stigningen vurderes imidlertid ikke at skyldes væsentlig ændring i grundvandets tilstand i den pågældende periode, men nærmere en erkendelse af grundvandets tilstand efterhånden som indtagene bliver undersøgt for de tre nedbrydningsprodukter DPC, MDPC og DMS. De tre stoffer var sammen med BAM de hyppigst påviste i indtag i vandforsyningernes indvindingsboringer i 2021.

Den geografiske fordeling af forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter i vandforsyningernes indvindingsboringer i perioden 2017-2021 viser, at stofferne forekommer over og under kvalitetskravet i hele landet (figur 5.6), men. Det skal dog bemærkes, at indvindingsboringerne i det vestlige Jylland syd for hovedopholdslinjen generelt er meget dybe, hvilket mindsker risikoen for pesticidpåvirkning.



Figur 5.6. Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandforsyningernes indvindingsboringer i perioden 2017-2021. 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. 2023).

5.4 Organiske mikroforureninger i grundvand

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 2017-2021, er klorerede alifatiske kulbrinter og perfluorerede forbindelser (PFAS).

I perioden 2017-2021 var der fund af alle de 12 PFAS-forbindelser, der blev undersøgt for. Der var fund af en eller flere PFAS-forbindelser i mindst et undersøgt indtag og fund af en eller flere PFAS-forbindelser i 18 % af undersøgte indtag. Dette er en højere fund andel end ved afrapporteringen for 2019, hvilket kan hænge sammen med, at der er anvendt en lavere detektionsgrænser på analyserne i efteråret 2021. Kravværdien for sum af 12 PFAS-forbindelser var overskredet på 0,3 % af undersøgte indtag, mens kravværdien for sum af 4 PFAS-forbindelser var overskredet på 5,8 % af undersøgte indtag. Det skal bemærkes at kravværdien for sum af 12 PFAS-forbindelser er $0,1 \mu\text{g/l}$, mens den for sum af 4 PFAS-forbindelser er $0,002 \mu\text{g/l}$. I 2021 blev analyseret for yderligere 10 PFAS-forbindelser, kun en enkelt af disse forbindelser blev detekteret.

For de halogenerede alifatiske kulbrinter blev kloroform fundet med størst hyppighed, 11 % af undersøgte indtag, i perioden 2017-2021. De fleste fund antages at være forårsaget af naturlig kloroformdannelse.

I vandværkernes indvindingsboringer er der analyseret for en række organiske mikroforureninger. Blandt de stoffer, som er analyseret ved et større antal indvindingsboringer, er PFAS-forbindelser, som er analyseret ved 1304 boringer. Mindst en PFAS-forbindelse blev i perioden 2017-2021 fundet i 7,5 % af de undersøgte boringer. Kravværdien for summen af 12 PFAS-forbindelser blev ikke overskredet, men 2021 kravværdien for summen af 4 PFAS-forbindelser (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) blev overskredet i 4,1 % af undersøgte boringer.

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 og fisk. Desuden indsamles data for bundlevende alger, der dog ikke præsenteres i nærværende rapport. Derudover måles en række andre forhold til karakterisering af den fysiske og kemiske tilstand, ligesom der indsamles oplysninger om oplandet til de enkelte målestationer, samt om karakteren af de vandløbsnære omgivelser. For at opnå målopfyldelse, jf. vandrammedirektivet, skal en given station som minimum leve op til "god" økologisk tilstand for alle de biologiske kvalitetselementer samtidig med, at der skal være "god kemisk tilstand".

Overvågningen af økologisk tilstand gennemføres på forskellige stationstyper i overvågningsprogrammet i vandløb (Miljøstyrelsen, 2017). I dette års afrapportering vil der dels blive afrapporteret resultater fra den økologiske overvågning på de operationelle stationer (6237 stationer), samt på den del af kontrolovervågningsstationerne, der benævnes landsnetstationerne. Stationsnettet der omfatter de operationelle stationer, er ganske stort, og kan antages at være nogenlunde repræsentativt for danske vandløbs størrelsesfordeling, hvorimod landsnetstationerne ikke som udgangspunkt kan antages for at være repræsentative for danske vandløb. Disse kan i stedet anvendes til at undersøge sammenhænge mellem økologisk tilstand og forskellige typer af påvirkninger, samt den langsigtede udvikling i vandområderne. Dermed lever landsnetstationerne sammen med de øvrige stationer i kontrolovervågningen op til vandrammedirektivets krav for kontrolovervågningsstationer.

6.2 Økologisk tilstand – vurderet på baggrund af data fra operationelle stationer

De operationelle stationer i NOVANA-overvågningen er placeret i vandområder, der ikke er dækket af kontrolovervågningsstationer, og derfor dækker disse stationer en gruppe af stationer, der repræsenterer vandområder, som er karakteriseret ved at have forældede data og/eller ukendt tilstand for mindst ét kvalitetselement (Miljøstyrelsen, 2017). Stationsnettet er ganske stort og anses samtidig for at være nogenlunde repræsentativt for danske vandløb både i forhold til vandløbsstørrelse og påvirkningsgrad, og derfor er overvågningsdata fra disse stationer velegnede til at give et overblik over tilstanden i danske vandløb.

Overordnet set inddeles vandløbene i små, mellemstore og store vandløb, som afhænger af størrelsen på vandløbsstationernes oplande, se tabel 1.1.

I tabel 1.1 er vist antal og procentvis fordeling af operationelle vandløbsstationer, der opfylder miljømålet om mindst god økologisk tilstand vurderet med Dansk VandPlante Indeks (DVPI), Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI) og Dansk Fiskeindeks For Vandløb (DFFVø/a). Samlet set er der flest stationer, der opfylder miljømålet for DVFI (58 %) og færrest, der når miljømålet for fisk (hhv. 15 og 16 % for DFFVø og DFFVa). Ift. tilstanden for fisk er datamængden

dog relativt begrænset og bygger udelukkende på data fra NOVANA-overvågningen. Man kan derfor ikke som udgangspunkt antage, at tilstanden er repræsentativ for danske vandløb. Sammenlignes med tilstandsvurderingen for fisk i vandområdeplanerne er den også noget lavere. I vandområdeplanerne angives, at 28 % af vandløbene lever op til miljømålet for fisk samlet set. Denne forskel afspejler, at data fra såvel DTU-Aqua samt kommunale data indgår i den opgørelse vandområdeplanerne bygger på, mens sammenstillingen her udelukkende bygger på data fra det nationale overvågningsprogram NOVANA.

Tabel 1.1. Antal vandløbsstationer, der når miljømålet vurderet med Dansk VandløbsPlante Indeks (DVPI), Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI) og Dansk Fiskeindeks For Vandløb, henholdsvis ørredindekset (DFFVø) og artsindekset (DFFVa) for henholdsvis små, mellemstore og store vandløb samt den procentuelle fordeling af disse.

Vandløbsindeks	Målopfyldelse	Små vandløb (<10 km ²)	Mellemstore vandløb (10-100 km ²)	Store vandløb (>100 km ²)	Samlet
DVPI	Ja	16 (30 %)	225 (31 %)	13 (30 %)	254 (31 %)
	Nej	37 (70 %)	504 (69 %)	30 (70 %)	571 (69 %)
DVFI	Ja	2112 (61 %)	656 (49 %)	45 (58 %)	2813 (58 %)
	Nej	1348 (39 %)	679 (51 %)	33 (42 %)	2060 (42 %)
DFFVø	Ja	14 (17 %)	3	0	17 (16 %)
	Nej	69 (83 %)	21	0	90 (84 %)
DFFVa	Ja	1 (5 %)	19 (17 %)	2 (20 %)	22 (15 %)
	Nej	19 (95 %)	95 (83 %)	8 (80 %)	122 (85 %)

De forholdsvis store forskelle i andelen af stationer, der når miljømålet vurderet med de forskellige økologiske tilstandselementer, kan afspejle, at der ikke har været samme fokus på de tre tilstandselementer i vandløbsforvaltningen gennem tiden. Indsatserne både før og i vandområdeplanerne har således især været rettet mod forbedring af de fysiske forhold med tilførsel af groft materiale til vandløbsbunden, samt rensning af spildevand. Disse indsatser har begge en særdeles veldokumenteret effekt på DVFI-tilstandsvurderingen.

6.3 Påvirkning af økologisk tilstand og udvikling - vurderet på baggrund af data fra landsnetstationer

Landsnetstationerne dækker et bredt udsnit af danske vandløb, men eftersom de ikke som sådan er repræsentative for danske vandløb, kan overvågningsdata fra disse ikke bruges til en vurdering af den generelle udvikling i den økologiske tilstand. Data giver til gengæld en god mulighed for at undersøge den langsigtede udvikling på stationerne og dermed mulige forklaringer på, hvorfor tilstandsvurderingerne ser ud som de gør på de operationelle stationer, og dermed også til at pege på hvilke indsatser, der kan være centrale for at nå miljømålene i vandløbene. Derudover er data fra disse stationer også centrale for en yderst vigtig vidensopbygning, der kan understøtte en bæredygtig forvaltning og beskyttelse af vandløbene, også i et klima under forandring.

I alt ca. 800 stationer indgår som landsnetstationer i NOVANA-overvågningen. Disse stationer blev ved søsætningen af NOVANA-programmet udvalgt strategisk med henblik på at dække en række typiske påvirkninger i danske vandløb og på en sådan måde, at alle relevante påvirkningsgradienter blev dækket i hele deres udstrækning. Det vil sige fra gode fysiske forhold til ringe

fysiske forhold, fra høj grad af påvirkning fra landbrugsdrift helt ned til vandløbet til ringe grad af påvirkning fra landbrugsdrift helt ned til vandløbet og med mere eller mindre grad af påvirkning fra punktkilder.

Tilstanden for planter, dyr og fisk har været undersøgt i tre perioder, periode 1 (2004-2009), periode 2 (2010-2016) og periode 3 (2017-2021) på landsnetstationerne. Det betyder, at der maksimalt kan være tre observationer på hver vandløbsstation i perioden 2004-2021. Imidlertid vurderes det ikke, at tre datapunkter er tilstrækkeligt til at se på udviklingen i den økologiske tilstand på de enkelte vandløbsstationer. Derfor er den tidlige udvikling i stedet for analyseret for alle stationer samlet, samt på stationer indenfor hver af de forskellige påvirkningskategorier.

Disse analyser viser, at den økologiske tilstand, vurderet med DVPI, ændrer sig i negativ retning fra periode 1 til periode 3 på landsnetstationerne. Imidlertid gælder det ikke vandløb indenfor alle påvirkningskategorier. Således er det kun i vandløb med landbrugsdrift helt ned til vandløbet, der kan identificeres en statistisk set signifikant negativ udvikling. For smådyr ses overordnet en positiv udvikling i DVFI fra periode 1 til periode 3, med en højere andel af stationer i de højeste faunaklasser. Igen gælder det ikke vandløb indenfor alle påvirkningskategorier. Således er det kun på vandløbsstationer med ingen eller begrænset landbrugsdrift ned til vandløbet samt på stationer med kun punktkildebelastning fra spredt bebyggelse i det åbne land. Disse forbedringer kan afspejle, at indsatser rettet mod spildevand fra spredt bebyggelse har haft en effekt på tilstanden, muligvis sammen med forbedringer i de fysiske forhold på vandløbsstationer indenfor disse påvirkningskategorier. For så vidt angår fiskene ses en statistisk signifikant positiv udvikling i artsindekset, DFFVa, men igen gælder det ikke indenfor alle påvirkningskategorier. Således er der kun tale om en signifikant forbedring i tilstanden på vandløbsstationer uden landbrugsdrift helt ned til vandløbene samt på vandløbsstationer med påvirkning fra punktkilder, hvilket kan tyde på at gennemførte indsatser rettet mod spildevand siden udpegningen har haft en effekt på tilstanden, muligvis sammen med forbedringer i de fysiske forhold på vandløbsstationer indenfor disse påvirkningskategorier.

Overordnet set viser overvågningsdata fra landsnetstationerne, at der er mange forhold, der spiller ind på tilstandsvurderingerne i vandløb. De gennemførte statistiske analyser viser dog, at det især er ringe fysiske forhold på vandløbsstrækningerne i kombination med for høje niveauer af fosfor og organisk stof i vandløbsvandet, der spiller en rolle for, om vandløbsstationerne når miljømålet. Generelt set er tilstanden bedst på vandløbsstationer beliggende i oplande med begrænset landbrugsdrift og uden påvirkning fra punktkilder, og hvor de fysiske forhold på strækningen samtidig er gode. Imidlertid viser analyserne også, at arealanvendelsen i det nære opland til vandløbsstationerne spiller en rolle i forhold til at nå miljømålet.

7 Søer

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

Fosforfjernelse på renseanlæg og afskæring af byernes spildevand fra søernes opland har mindsket tilførslen af fosfor fra spildevand og derved forureningen i mange søer. Dog er forbedringerne i søerne begrænsede af, at der stadig sker en betydelig tilførsel af næringsstoffer fra dyrkede arealer, med spildevand fra spredt bebyggelse og regnbetingede udløb fra byer. Desuden forsinks forbedringer i tidligere belastede søer generelt, fordi der fra søbunden sker en frigivelse af ophobet fosfor, der stammer fra tidligere tiders tilførsel, herunder spildevandsudledninger. Fra og med rapportering af 2020 data er der blevet korrigeret for analysefejl på totalkvælstof. Korrektionen har bl.a. medført, at kvælstofniveauet i perioden 2007-2017 er hævet, og tallene fra denne periode, vil således ikke være fuldt sammenlignelige med tidligere rapporter. Det er fortsat ikke muligt at korrigere for analysefejl på totalfosfor, hvorfor data fra 2007-2017 må tages med forbehold, da fosforniveauerne sandsynligvis er underestimeret (se afsnit 2 i nærværende rapport samt 1.3 i Johansen et al. 2023 og referencer deri for uddybning).

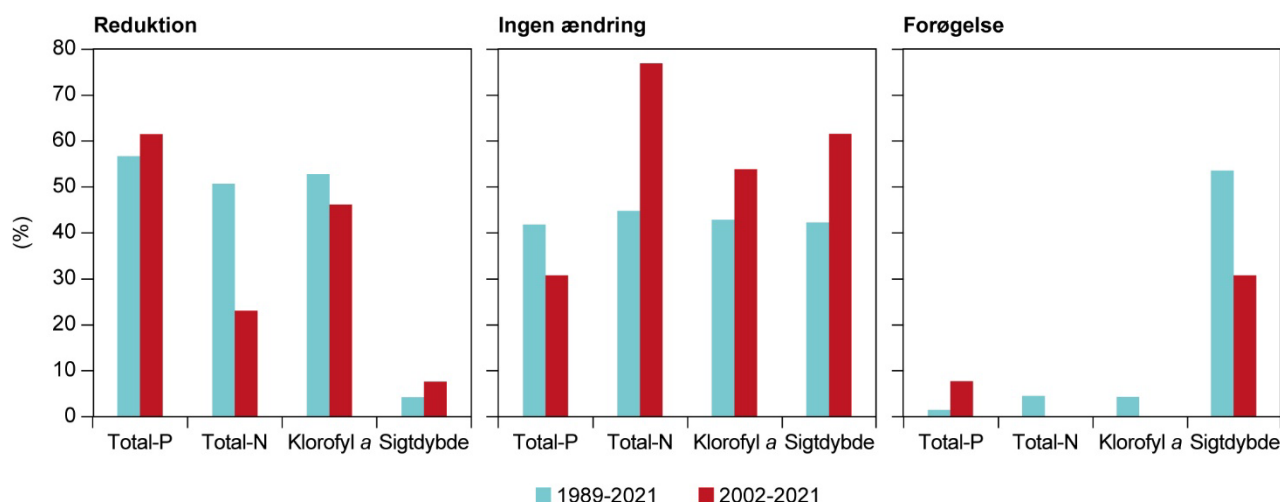
I nærværende rapport fokuseres på resultaterne fra de 180 søer, der indgår i kontrolovervågningen af tilstand (KT-søer). Søerne er siden 2010 undersøgt min. én gang hvert 6. år, og for 71 af søerne, er der siden 1989 indsamlet en mængde data, der muliggør analyse af udviklingen. Der fokuseres på udviklingen i vandkemiske parametre siden 1989, samt udviklingen i fytoplankton, undervandsplanter og fisk. For søerne som helhed sammenlignes værdierne i løbet af de seneste to eller tre seksårige perioder 2004-2009, 2010-2015 og 2016-2021.

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

Udviklingen i de 71 KT-søer, hvor der er data tilbage til 1989, viser en reduktion i næringsstofkoncentrationen, hvor især fosfor har betydning for tilstanden i søerne. Omfanget af reduktionen af fosfor er meget forskellig fra sø til sø, oftest afhængig af fra hvilke kilder, det har været muligt at mindske tilførslen. Ud over fosfor er også kvælstofindhold i søerne mindsket som følge af mindsket udvaskning.

Sammen med den generelle reduktion i næringsstofkoncentrationerne er der også sket et fald i klorofyl *a* koncentrationerne i søerne, og sigtdybden er steget. De største forbedringer er dog sket i begyndelsen af overvågningsperioden. Således ses en signifikant positiv udvikling med faldende koncentration af fosfor, kvælstof og klorofyl, samt stigende sigtdybde i godt halvdelen af søerne, hvis man betragter udviklingen samlet i perioden 1989-2021 (figur 7.1, blå søjler). Ses derimod på udviklingen de seneste 20 år (figur 7.1, brune søjler), er der en større andel af søerne, hvor der ikke kan ses en signifikant ud-

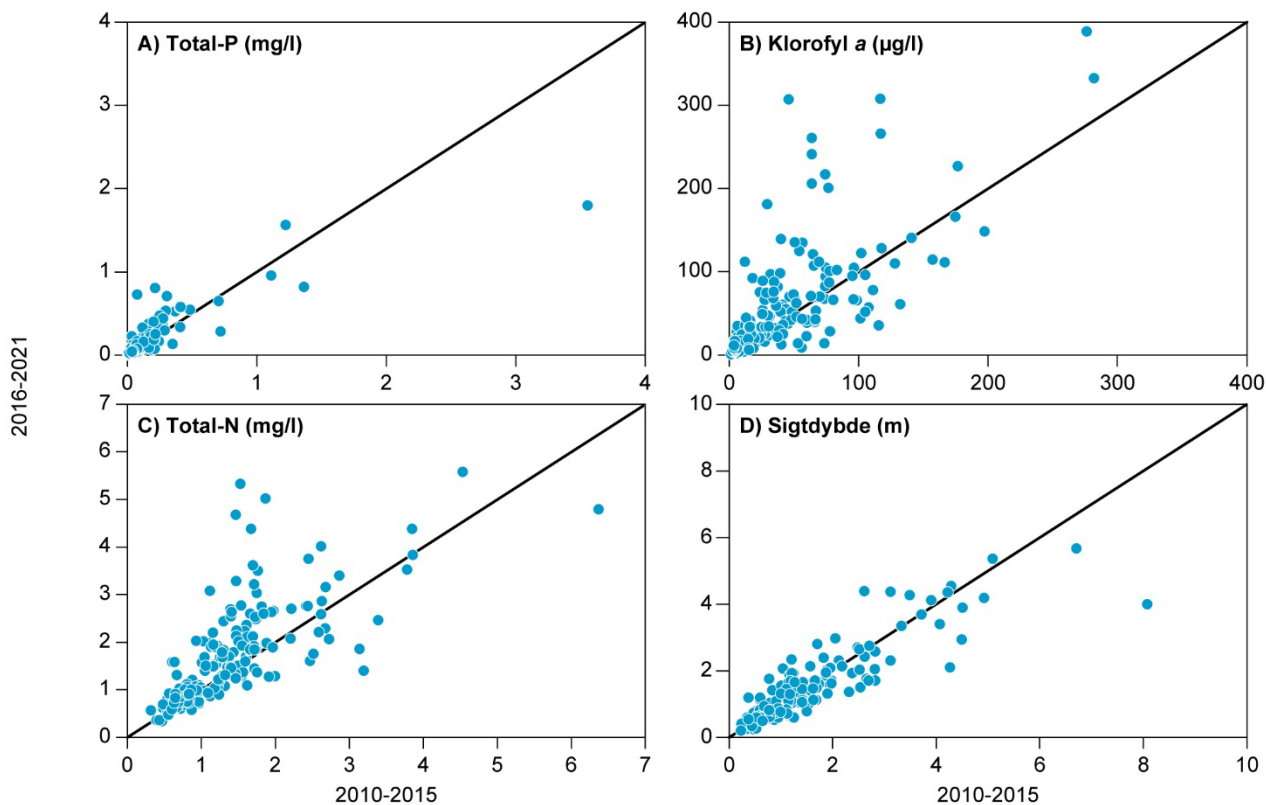
vikling. Det skal bemærkes, at antallet af søer med tilstrækkeligt datagrundlag til en vurdering er væsentligt mindre i perioden for de seneste 20 år 2002-2021 (13 søer) end i den samlede periode 1989-2021 (71 søer).



Figur 7.1. Andel af de KT-søer, som er undersøgt mindst otte gange, hvor koncentration af næringsstoffer, klorofyl *a* og sigtdybden er reduceret, uændret eller øget i perioden 1989-2021 (i alt 71 søer) og 2002-2021 (i alt 13 søer) (Johansson et al. 2023).

Meget tyder således på, at den positive udvikling i søernes miljøkvalitet, der har kunnet observeres siden 1989, for de seneste år i bedste fald er stagneret. En analyse af den generelle udvikling i næringsstof- og klorofyl *a* koncentrationen i KT-søerne mellem de to seneste seksårige perioder; 2010-2015 og 2016-2021, indikerer, at udviklingen de seneste år er gået i den forkerte retning. Således ses på tværs af alle søer en signifikant stigning i koncentrationen af total N, total P og klorofyl *a* mellem de to perioder. Udviklingen er mest tydelig for næringsstoffer, hvor sommergennemsnittet konsekvent ligger højere i den seneste periode (jf. figur 7.2A+C, hvor punkterne ligger over 1:1 linjen), lidt mindre tydelig for klorofyl *a* (figur 7.2B), mens der ikke kan ses en signifikant udvikling i sigtdybden (figur 7.2D).

Der kan være flere årsager til den generelle stigning i næringsstofkoncentrationerne, der er fundet mellem de to seneste seksårige perioder. Disse omfatter bl.a. ændringer i udledningen af næringsstoffer i søens opland samt klimatiske ændringer, som fx øget nedbør, der påvirker næringsstofftilførslen. Derudover kan også ændringer i vekselvirkningerne mellem søens fysisk-kemiske og biologiske forhold påvirke tilstanden, da ændringer i de biologiske forhold kan have stor indvirkning på næringsstofkoncentrationerne. Det virker dog usandsynligt, at dette ville komme til udtryk i en generel tendens for alle søer i perioden. Det kan heller ikke udelukkes, at den observerede stigning i total P mellem de sidste to perioder er påvirket af de analysefejl, der blev konstateret i perioden 2007-2017.

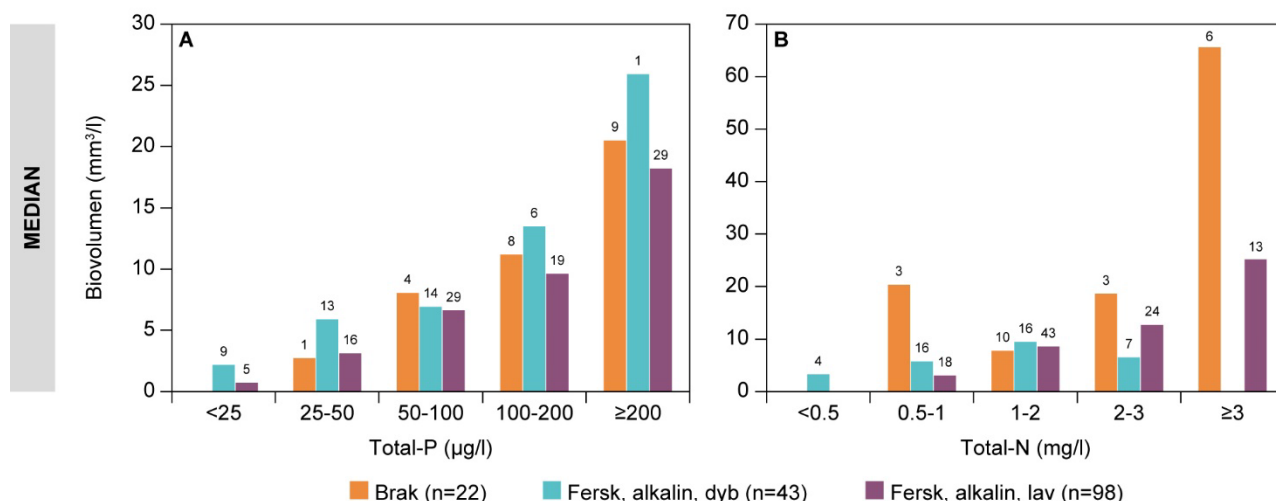


Figur 7.2. Sammenligning mellem sommergennemsnit af total P (totalfosfor), total N (totalkvælstof), klorofyl a samt sigt dybde i de seneste to seksårige perioder. Hvert punkt repræsenterer en sø. Linjen angiver 1:1 linjen, dvs. punkter på denne linje angiver en uændret værdi, mens punkter hhv. over og under linjen viser en ændring i sommergennemsnittet. Modificeret fra Johanson et al. 2023.

7.2 Planteplankton

Mængden og sammensætningen af fytoplankton (planteplankton) i søer, påvirkes af en række forskellige faktorer, herunder alkalinitet, salinitet, vandets farve, dybdeforhold og især næringsstofferne. Meget næringsrige søer vil ofte have en anden artssammensætning og større mængde af alger end de mere rene søer.

Planteplanktonsammensætning og biovolumen (et mål for mængden af planteplankton) er undersøgt og sammenlignet mellem to seksårige perioder 2010-2015 og 2016-2021. 143 søer er undersøgt i begge disse perioder. Sammenligningen viser en signifikant forøgelse i det samlede biovolumen af planteplankton, dog med en stor variation mellem enkelte søer og algegrupper. For den mest almindelige sø-type (lavvandede kalkrige ikke-brunvandede søer) er der bl.a. sket en signifikant forøgelse i biomassen af blågrønalger.



Figur 7.3. Sommergennemsnitlig biovolumen (medianværdier) af planteplankton blandt tre grupperinger af søer i forhold til søernes indhold af totalfosfor og totalkvælstof inddelt i kategorier. Orange= brakke søer, blå = ferske dybe søer og lilla= ferske lave søer. Tallene over hver søjle angiver antallet af søer, som indgår i beregningen (Johansson et al. 2023).

Figur 7.3 viser sammenhængen mellem planteplanktons biovolumen (medianværdier beregnet på sommergennemsnit i de enkelte søer) og næringsstofkoncentrationer for søer opdelt i tre grupper: 1: brakke, kalkrige, lavvandede, ikke-brunvandede og brunvandede søer, 2: ferske, kalkrige, dybe, ikke-brunvandede søer og 3: ferske, kalkrige, lavvandede, ikke-brunvandede og brunvandede søer. Data fra perioden 2016-2021 indgår i analysen. Det generelle billede er som forventet, at biovolumen af planteplankton stiger med stigende koncentrationer af kvælstof og fosfor. I de brakke søer ses en særlig kraftig respons på høje kvælstofkoncentrationer, hvilket tyder på, at kvælstof især kan have betydning for mængden af planteplankton i de brakke søer, hvor der lettere opstår kvælstofbegrænsning.

7.3 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af f.eks. øget algemængde/klorofyllindhold 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 de dækker (dækningsgraden).

Vegetationen er undersøgt i 180 søer i den seneste 6-årige periode 2016-2021. Antallet af søer der indgår i analyse af udviklingen mellem perioder afhænger af hvilke parametre og perioder der sammenlignes. Hvis man sammenligner udviklingen mellem perioden 2004-2009 og den seneste periode for alle søer samlet er der en signifikant forøgelse af dybdegrænse for vegetationen. For de to mest almindelige søtyper i Danmark kan der ligeledes konstateres en positiv udvikling med både et signifikant øget plantedækket areal og en øget dybdegrænse. Derimod kan der ikke påvises en signifikant udvikling mellem de to seneste seksårs perioder (2010-2015 og 2016-2021). Den manglende udvikling falder sammen med en negativ udvikling i de vandkemiske parametre med stigende næringsstof- og klorofyl a koncentrationer (kapitel 7.1).

7.4 Fisk

Fiskesamfundets sammensætning, antal og individvægt er ligeledes en vigtig parameter ift. søernes tilstand, idet de indirekte har indflydelse på vandets klarhed. Generelt set er en stor andel af rovfisk (fx gedder og aborre) ift. karpefisk (fx skaller og brasen) befordrende for at opnå /fastholde en god tilstand i en sø.

Fiskeundersøgelser er udført i 180 søer i den seneste 6-årige periode 2016-2021. Antallet af søer der indgår i analyse af udviklingen mellem perioder afhænger af hvilke parametre og perioder der sammenlignes. En sammenligning af fiskesammensætningen mellem perioden 2004-2009 og perioden 2016-2021 viser, at andelen af karpefisk er faldet signifikant, hvilket er positivt for tilstanden. På den anden side er den gennemsnitlige fiskevægt (individbiomasse) ligeledes faldet, hvilket betragtes som værende negativt for tilstanden. Dette skyldes at små individer kan føre til øget predation på dyreplankton, der således bliver mindre effektive til at nedgræsse planteplankton. Dermed vil sigtdybden i vandet reduceres, hvilket generelt medfører forringelse af forholdene for de øvrige organismer i søen. Reduktionen i individbiomassen skyldes sandsynligvis stigende vandtemperatur, og klimatiske ændringer kan dermed til dels modvirke de positive effekter af tiltagene over for næringsstofftilførslen.

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. Denne opdeling er vigtig, idet man må forvente, at en dansk indsats for at nedbringe udledninger fra fx punktkilder eller landbrug vil slå tydeligst igennem i de vandområder (fjorde m.m.), som ligger tættest på de danske landområder.

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

Det er dog udledningen af næringsstoffer, som har størst betydning for tilstanden i de marine områder. Tilstanden er især påvirket af tilførslen af kvælstof, men tilførslen af fosfor (særlig om foråret) har også betydning 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 parametre

Der måles forskellige fysiske og kemiske parametre i overvågningsprogrammet for de marine områder, som er præsenteret i fagrapporten (Hansen og Høgslund, 2023).

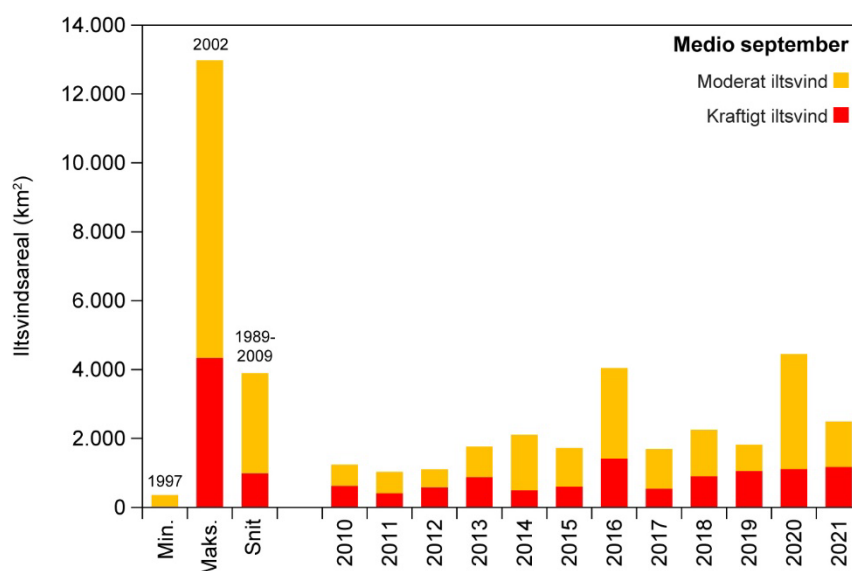
Det fremgår tydeligt af præsentationen af udvikling i næringsstofindholdet, at det er i fjorde og kystvande, at næringsstofindholdet er faldet mest.

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

Kombinationen af flere faktorer bevirkede, at iltsvindet startede senere i 2021 end i 2020. Iltsvindet udviklede sig desuden relativt langsomt de fleste steder grundet det relativt kølige forår og periodisk en del vind. Iltsvindets udbredelse og intensitet blev øget markant fra sidst i august til sidst i september. I de lavvandede områder bevirkede blæst sidst i september og starten af oktober en forbedring af iltforholdene. I de dybere områder blev iltsvindet først mindre markant efter flere dages sammenhængende blæst sidst i oktober og sidst i november, hvor der dog fortsat var udbredte områder med moderat iltsvind.

I figur 8.1 er vist udviklingen i iltsvind i de indre danske farvande i perioden 2010-21 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 2010-2021, gennemsnittet for perioden 1989-2009 samt den største og mindste registrerede arealudbredelse i overvågningsperioden 1989-2021 (Hansen og Høgslund (red) 2023).



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 2021 den sjette største siden 2002 og er siden 2008 kun overgået af udbredelsen i 2016 og 2020. Knap halvdelen af iltsvindsarealet var påvirket af kraftigt iltsvind. I det sydlige Lillebælt er længden af iltsvindssæsonen øget med godt to måneder siden midten af 1980'erne.

Den relativt store udbredelse af iltsvind i 2021, 2020 og 2016 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 2021 markant højere end i 2020 og blandt de højeste værdier i hele overvågningsperioden. I de mere åbne dele af de indre danske farvande har iltindholdet varieret en del og overordnet været faldende siden 1960'erne. I de åbne indre farvande var der også en markant stigning i bundvandets iltkoncentration fra 2020 til 2021 til et niveau lige over gennemsnittet for overvågningsperioden. De markant højere iltkoncentrationer i 2021 end i 2020 skyldes især, at temperaturen i bundvandet var markant lavere (0,9 °C) i 2021 end i rekordåret 2020. Lavere temperatur øger opløseligheden af ilt i vand og reducerer iltforbruget. En del vind i slutningen af juli og midt i august tilførte ilt fra overfladevandet og bidrog til den relativt høje iltkoncentration i bundvandet.

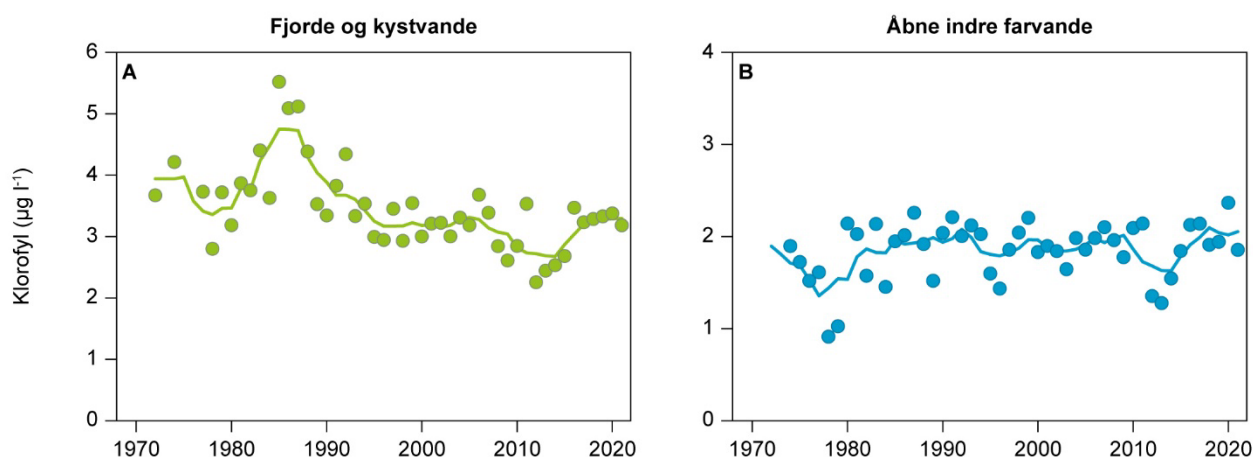
I de senere år er overvågningen af de marine områder suppleret med en landsdækkende hydrodynamisk model, der beregner hydrografien, dvs. vandtransporten over året gennem de danske farvande. Vandtransporten er afgørende for, hvordan livet er fordelt i havet, og har dermed betydning for havmiljøets følsomhed over for påvirkning i de forskellige områder. Modelleringen i 2021 viste bl.a., at den samlede vandtransport gennem de indre danske farvande i 2021 kun var en smule mindre end gennemsnittet for perioden 2000-2021. Der var som i de tidligere år en betydelig netto-opstrømning af bundvand til overfladevandet, der har medført en intern tilførsel af kvælstof, der dermed er blevet tilgængeligt for algernes vækst. Beregninger af opholdstid i de forskellige farvande viser især meget lang opholdstid af bundvandet i det sydlige Lillebælt i planternes vækstsæson fra april til september. Det kan være med til at forklare områdets store følsomhed for at udvikle iltsvind.

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 2021 blandt de lavest målte i overvågningsperioden både i fjorde og kystvande og i de åbne indre farvande. Det skyldes en lav afstrømning af ferskvand, og dermed en lav tilførsel af næringsstoffer fra efteråret 2020 og hen over vinteren. Den samlede tilførsel af næringsstoffer i algernes vækstsæson var dermed den laveste i 2021 siden overvågningen begyndte i 1980'erne.

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 igennem rigtig mange år, er måling af mængden af klorofyl *a* – det grønne fotopigment i algerne, som producerer organisk stof ved fotosyntese. Målinger af klorofyl *a* (vist i figur 8.2) siger noget om mængden af alger, men ikke noget om artssammensætningen af algerne.



Figur 8.2. Koncentration af alger/planteplankton målt som klorofyl *a* i perioden 1989-2021. Linje = syv års glidende gennemsnit (modificeret fra Hansen & Høgslund (red.), 2023).

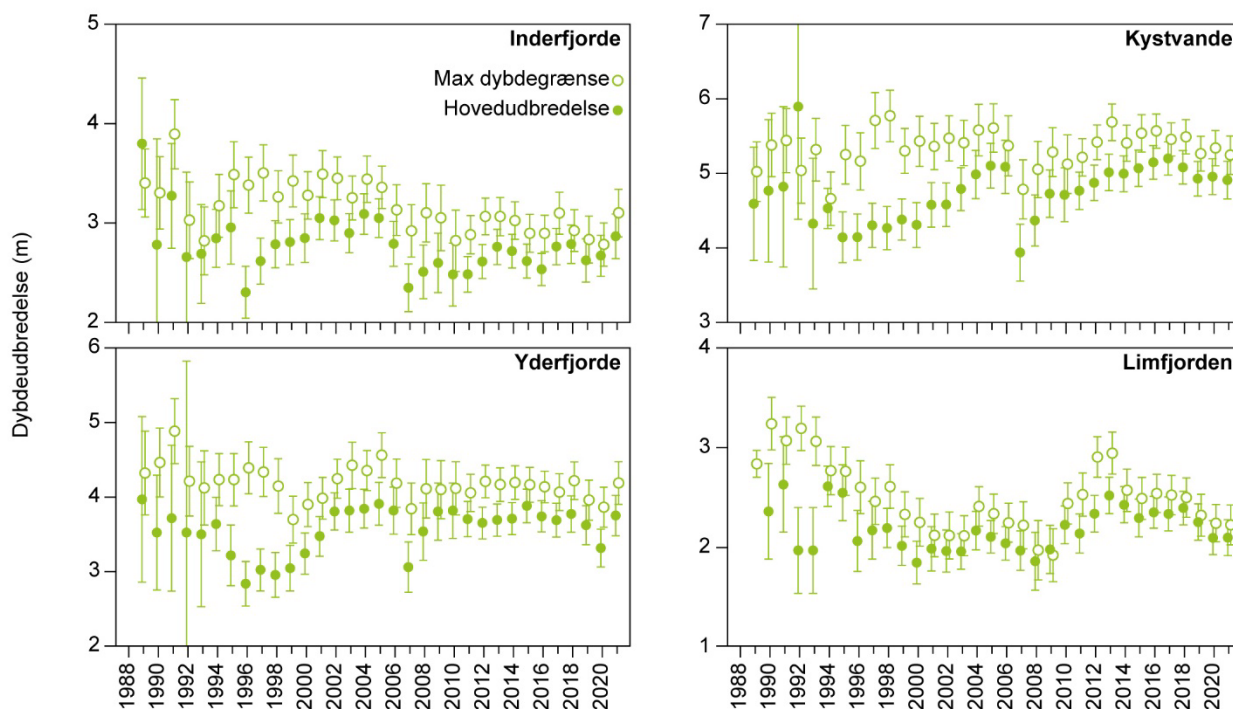
Årsmidlen for koncentrationen af klorofyl *a* i 2021 i fjorde og kystvande var lidt lavere end i 2020. Samlet er klorofylkoncentrationen steget med 42 % siden 2012 og er nu på samme niveau som i 1990'erne og i 2000'erne. I de åbne indre farvande var klorofylkoncentrationen i 2021 lidt lavere end i 2020. Siden 2012 har koncentrationen været signifikant stigende. Set over hele perioden er der ingen udvikling i koncentrationen.

8.3 Større planter

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

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

Over de seneste 10 år (2012-2021) er ålegræssets maksimale dybdegrænse rykket ind på signifikant lavere vanddybde i Limfjorden (23 % reduktion), mens der ikke er nogen signifikant udvikling i inderfjorde og yderfjorde. I kystvandene er den maksimale dybdegrænse reduceret med 5 %. Den positive udvikling i starten af 10'erne er således vendt eller stagneret. Ålegræssets hovedudbredelse er gået tilbage i Limfjorden i de seneste 10 år (13 % reduktion). I de øvrige farvandstyper ses ingen signifikant udvikling i ålegræssets hovedudbredelse gennem de seneste 10 år.

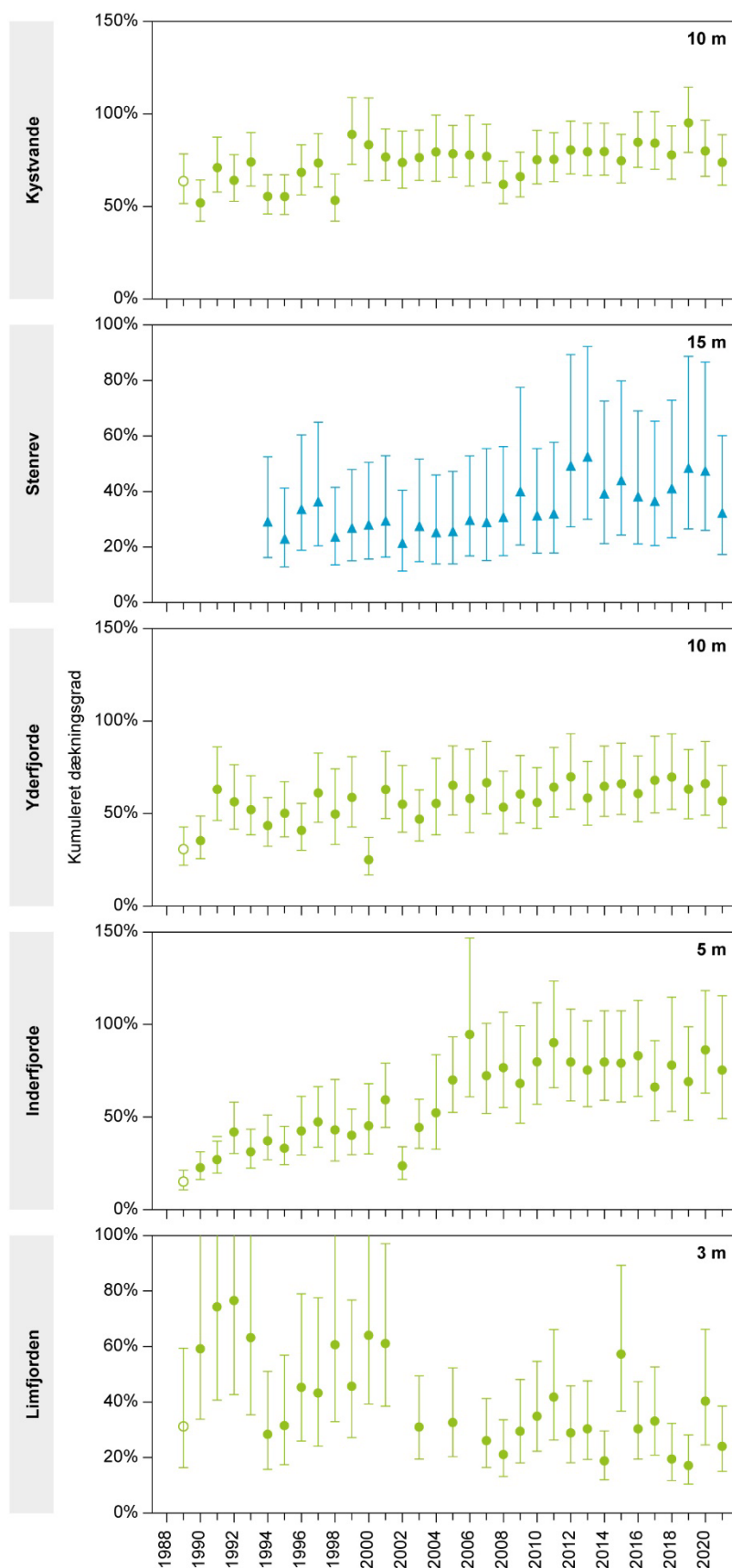


Figur 8.3. Dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse (○) og hovedudbredelse (●) i perioden 1989-2021 for kystvande, yder- og inderfjorde samt Limfjorden (middel ± 95 % konfidensgrænser) (Hansen & Høgslund (red.) 2023).

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

Gennem overvågningsperioden (1989-2021) er der sket en signifikant positiv udvikling i algernes kumulerede dækning i inderfjorde, yderfjorde, kystvande og på stennrev, mens udviklingstendensen er signifikant negativ i Limfjorden. Årsagen til tilbagegangen i Limfjorden er ikke klarlagt. Undersøgelser ved Livø og i Bjørnsholm Bugt i Løgstør bredning dokumenterer dog et meget stort potentielt græsningstryk fra søpindsvin. De overordnede udviklingstendenser 1989-2021 viser, at det kumulerede makroalgedække er øget med 30 % i kystvande, 41 % i yderfjorde, 197 % i inderfjorde og 101 % på stennrev, mens det er reduceret med 61 % i Limfjorden. Gennem de seneste 10 år (2012-2021) er udviklingen stagneret i samtlige farvandstyper og på stennrev. De modellerede dækninger i 2021 for stennrev, fjorde og kystvande var generelt ringere end i 2020.

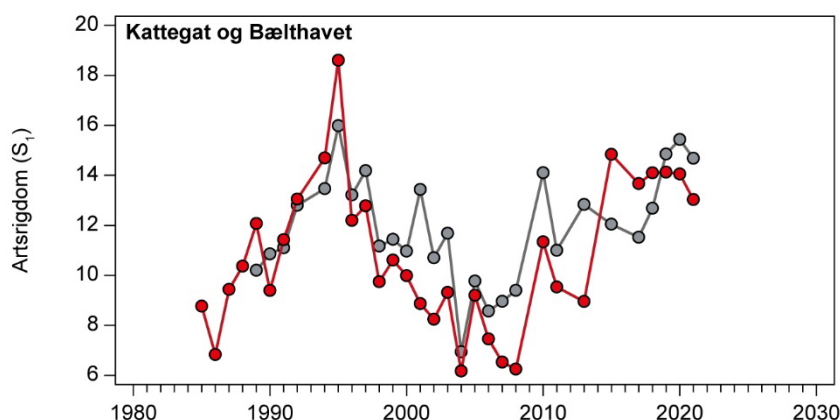
Figur 8.4. Makroalgernes kumulerede dækningsgrad i perioden 1989-2021 for stenrev i åbne farvande og på sten i kystvande, yder- og inderfjorde samt i Limfjorden. Data fra 1989 og for stenrev også fra 1990-1993 er udeladt af trendanalyserne (åbne symboler) (Hansen & Høgslund (red.) 2023).



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 1985-2021. Røde symboler angiver stationer, der ligger på dyb mudderbund, mens grå symboler angiver den gennemsnitlige artsrigdom på de stationer, der ligger på lavere vand med mere sandet bund (Hansen & Høgs-lund (red.) 2023).



I de åbne indre farvande var bundfaunaen i 2021 generelt i god tilstand med artsrigdomme på samme høje niveau som ved de foregående indsamlinger siden 2015, og den har dermed nået det niveau, den havde, da den toppede i midten af 1990'erne (figur 8.5). 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 Nord-søen indikerer, at samfundene her også er påvirket af fysisk forstyrrelse.

I fjorde og kystvande var forholdene i 2021 varierende for bundfaunaen. I tre ud af 35 besøgte områder var forholdene gode, mens forholdene var ringe i seks af områderne. I flere tilfælde hang de ringe forhold sammen med dårlige iltforhold.

8.5 Havpattedyr

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

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

Spættet sæl er den mest almindelige sælart i Danmark og har haft en bestandsfremgang fra ca. 2.000 dyr i 1976 til ca. 13.300 dyr i 2020, hovedsageligt som

følge af jagtfredningen i 1977 samt oprettelsen af en række sælreservater med adgangsforbud (Hansen og Høgslund, 2021). I 2021 taltes ca. 8.600 sæler på hvilepladserne, hvilket ikke inkluderer de sæler, der er til havs under optællingen. Siden 2015 er antallet af spættet sæl i Danmark faldet, og der ses en kraftig tilbagegang i Vadehavet og stagnation i Kattegat. Det tyder på, at bestanden nærmer sig den økologiske bæreevne eller at de presses af andre ukendte faktorer, som f.eks. forstyrrelser eller konkurrence med gråsælen. Spættet sæl har nu bredt sig til Lillebælt og Det Sydfynske Øhav, som er det eneste område, hvor arten har været udryddet i Danmark.

Gråsæl har vist fremgang i de seneste 10 år. I 2021 blev der registreret 104 individer i Kattegat i Østersøpopulationens fældesæson, 182 i Kattegat i Nordsøpopulationens fældesæson, 331 i Vadehavet og 1.311 i Østersøen. Det forventes, at den generelle stigning i antallet af besøgende gråsæler fortsætter i alle områder i de kommende år. I Hansen og Høgslund, 2021 fremgår det, at der i 2020 kun blev observeret syv gråsælunger på to lokaliteter i Østersøregionen inklusiv Kattegat. Dette er en stor tilbagegang ift. de 14 observerede unger i 2017, hvilket er bekymrende for en art i ugunstig bevaringsstatus.

I den sydlige Nordsø blev antallet af marsvin i 2021 estimeret til 4.250 dyr med en tæthed på 0.8 marsvin/km². Dette niveau er stabilt for området siden 2011. I Skagerrak estimeredes 6.325 marsvin i 2021 og en tæthed på 0,5 marsvin/km². Dette er højere end i 2020, men overordnet ses en negativ trend fra 2017 og frem.

9 Habitatarter og fugle

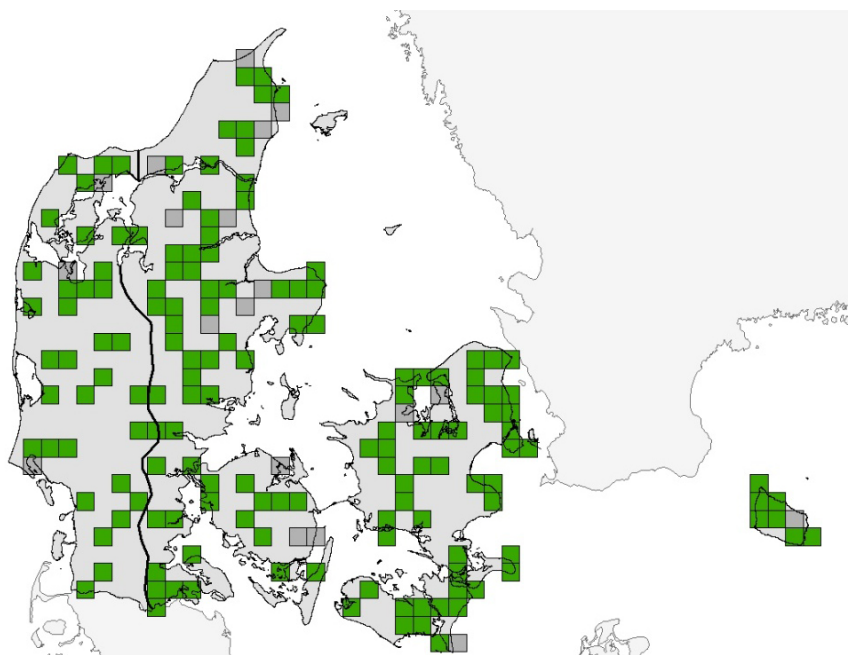
9.1 Overvågning af habitatarter

I 2021 omfattede artsovervågningen i alt 34 arter af pattedyr, krybdyr og padder, karplanter og mosser samt et enkelt leddyr på Habitatdirektivets Bilag II og IV. Arterne omfatter bæver, 17 flagermusarter, markfirben, 9 paddearter, fire karplantearter, mosarten blank seglmos samt insektet stor kærguldsmed. Alt efter art dækker indsamlingerne tidsperioden 2018-2021.

Overvågningen af bæver er ny i NOVANA. Der er registreret aktive **bæver**-territorier på 77 lokaliteter i Jylland fordelt på 30 UTM-kvadrater. Antallet af bæverterritorier stiger fortsat, og vurderes at være bestemt af bæverens naturlige spredningshastighed, da der formentlig fortsat er tilgængelige levesteder i hele Jylland.

Alle 17 flagermusarter blev overvåget ekstensivt på 192 lokaliteter i perioden 2018-2021. Overvågningen registrerer primært arternes udbredelse, ikke bestandsstørrelserne og kun i mindre omfang bestandenes udvikling. 12 arter har øget udbredelsen siden sidste periode, hvilket til dels kan tilskrives en mere effektiv overvågning, fx af **damflagermus** og **frynseflagermus**.

Figur 9.1. Forekomst og udbredelse af troldflagermus i de 171 undersøgte UTM-kvadrater i NOVANA-overvågningen i perioden 2018-2021. Grønne markeringer viser UTM-kvadrat med fund af arten, og de grå kvadrater viser undersøgt UTM-kvadrat uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale biogeografiske region er vist med en sort streg.



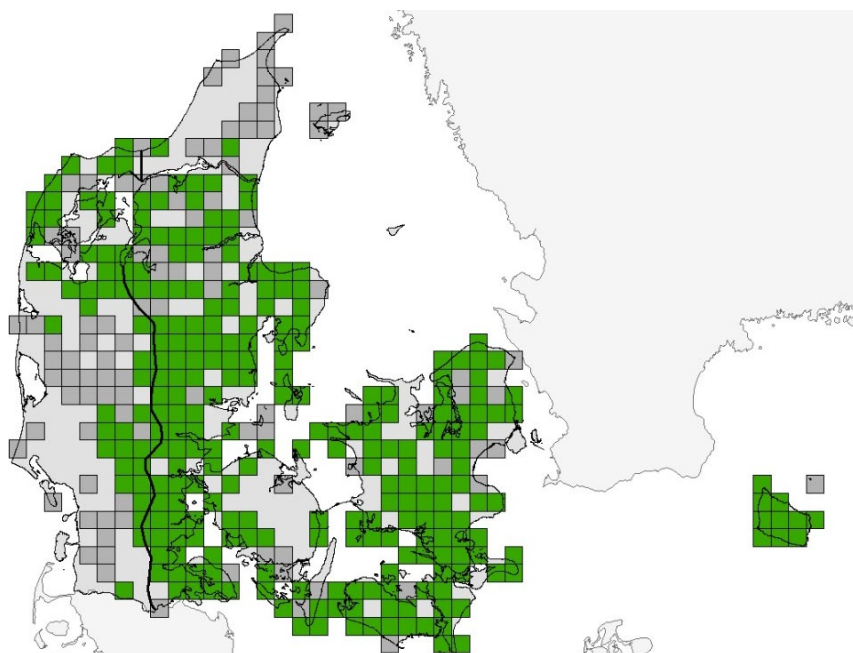
For andre arter, fx **troldflagermus** (se figur 9.1) og **brunflagermus** synes der at være tale om en reel fremgang i udbredelse. **Leislers flagermus** og **nordflagermus** har hidtil kun forekommet meget sporadisk, men synes nu at have etableret egentlige bestande i Danmark. **Sydflagermus** og **vandflagermus** har en udbredt og stabil udbredelse, mens udbredelsen af de sjældne arter **Bechsteins flagermus** og **skægflagermus**, der kun er dokumenterede på Bornholm, formentlig er stabil.

Markfirben er vidt udbredt i begge biogeografiske regioner, men forekomsten er meget klumpet fordelt med mange isolerede bestande på solvendte

skråninger med veldrænende, løse jordtyper og sparsom bevoksning. Overordnet set har der været en mindre fremgang i antallet af lokaliteter og kvadrater.

Ni paddearter er nu overvåget i tre overvågningsperioder siden 2005. Fire af arterne, springfrø, løvfrø, strandtudse og stor vandsalamander har oplevet en fremgang. **Springfrø** findes udbredt og hyppigt forekommende i den kontinentale region i det sydøstlige Danmark. Særligt på Sjælland og Bornholm ses fremgang i både antallet af lokaliteter og kvadrater. **Løvfrø** findes spredt og klumpet fordelt i den kontinentale region i det sydøstlige Danmark. Takket være aktive tiltag er der fortsat mange egnede yngle- og rasteområder. **Strandtudse** findes spredt i det meste af Danmark, fortrinsvis langs kysterne. Samlet set har der været en fremgang siden 2005-2017, hvilket er første positive tendens efter nedgang gennem hele 1900-tallet.

Figur 9.2. Forekomst og udbredelse af stor vandsalamander i kvadrater på 10x10 km ved den nationale overvågning i 2018-2021. Grønne kvadrater viser kvadrater med fund af arten og kvadrater i grå viser undersøgte kvadrater uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale biogeografiske region er vist på kortet med en sort streg.

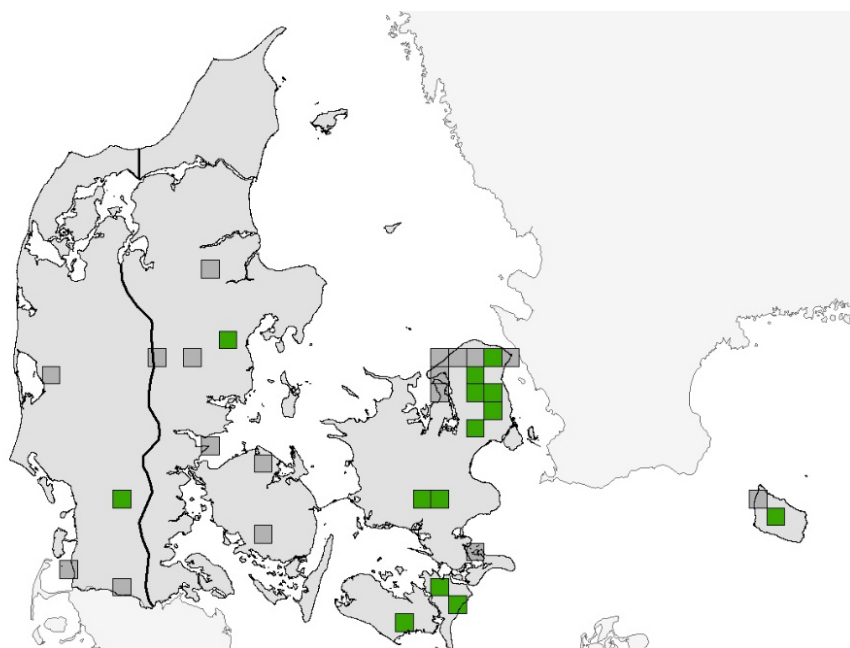


Stor vandsalamander er vidt udbredt i den kontinentale region, bortset fra Nordøstjylland (Figur 9.2). I Nordvestjylland forekommer arten med større sammenhængende bestande, men mangler i store dele af den øvrige atlantiske region. Der er fremgang i både kvadrater og lokaliteter i begge regioner. **Løvfrø** gik markant frem fra første til anden periode, men er siden gået tilbage, særligt i den kontinentale del af Jylland. **Spidssnudet frø** har stabile og levedygtige bestande inden for udbredelsesområdet, som tilsyneladende rummer mange egnede yngle- og rasteområder. Tre arter, butsnudet frø, grønbroget tudse og klokkefrø har haft tilbagegange i udbredelsen, både i lokaliteter og kvadrater. **Butsnudet frø** findes fortsat vidt udbredt i Danmark, og trods tilbagegangen vurderes den at have adskillige levedygtige bestande inden for udbredelsesområdet. **Grønbroget tudse** findes spredt på øerne i den kontinentale region, og har gennem en lang årrække været i tilbagegang, både hvad angår udbredelse og bestandsstørrelse, selvom en række aktive tiltag lokalt har modvirket tilbagegangen. **Klokkefrø** findes på småøer, hvor mængden af eksisterende eller potentielle levesteder er utilstrækkelig. Bestandene vurderes derfor at være i risiko for indavl, og ikke levedygtige på langt sigt.

Gul stenbræk er registreret på dens 10 kendte lokaliteter, med det højeste antal skud siden overvågningens start. Det skyldes især en markant fremgang i

den største bestand ved Rosborg sø. **Enkelt månerude** er overvåget på ni lokaliteter, men ikke fundet i 2021. Ringe højde, nedbidning og tidlig nedvisning gør den nem at overse, men arten har en evne til at overleve en periode under jorden uden at sætte overjordiske skud. **Fruesko** er i 2021 eftersøgt i de to bestande, hvor arten findes i Danmark. Skindbjerg-bestanden, der udgør omtrent 90 % af den nationale bestand, har haft signifikant fremgang siden overvågningen startede i 2004. Den oprindelige Buderupholm-bestand udgør de resterende 10 % af den nationale bestand, og der er en signifikant tilbagegang i både det samlede antal skud, de blomstrende skud og antallet af vegetative skud i perioden 2004 til 2021. **Vandranke** har naturligt en begrænset udbredelse i Danmark, og findes udelukkende i Vestjylland. Artens udbredelse vurderes at være stabil til stigende, men en generel tilbagegang i artsbestanden og levestedsareal. **Blank seglmos** er i 2021/2022 fundet i næsten alle de bestande og på de lokaliteter, hvor arten har været overvåget siden 2006 og er fundet på yderligere 5 nye lokaliteter.

Figur 9.3. Forekomst og udbredelse af stor kærguldsmed i UTM-kvadrater ved den nationale overvågning i 2020-2021. Grønne kvadrater viser kvadrater med fund af arten og kvadrater i grå viser undersøgte kvadrater uden fund. Grænsen mellem den atlantiske og den kontinentale biogeografiske region er vist med en sort streg.



Stor kærguldsmed blev i 2020 registreret på 24 lokaliteter i 13 UTM-kvadrater (figur 9.3). For fire af disse kvadrater er der ikke tidligere i NOVANA-programmet fundet stor kærguldsmed. Det er fund i Jylland, både i den kontinentale og atlantiske zone, på Lolland og på Bornholm. Bestanden øger dermed fortsat sin udbredelse i Danmark.

9.2 Overvågning af Fugle

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 årene 2020-2021. Artsgennemgangen på hjemmesiden novana.au.dk præsenterer arternes status, som den tegnes af det samlede overvågningsmateriale. Da Danmark i 2019 afleverede en database til EU-kommissionen i medfør

af Fuglebeskyttelses-direktivets 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 sammenfattet i let overskuelige tabeller og diagrammer (Fredshavn et al. 2019). Denne information er videreført og opdateret med nye data i denne rapport.

Ynglefugle

Af de 46 ynglefuglearter i NOVANA blev 42 ynglefuglearter monitoreret i perioden 2020-2021. Ynglefuglene overvåges i to intensive 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.

Intensiv 1 omfatter arter, som forekommer i, eller vender tilbage til, kendte lokaliteter. Af de 34 arter i Intensiv 1-programmet har otte arter vist faldende bestande, bl.a. havterne (figur 9.4) og engryle, 11 arter har været stabile, fx sortterne og brushane (figur 9.5), mens yderligere 13 arter, herunder plettet rørvagtel og rovterne har haft stigende bestande.

Figur 9.4. Havterne.
(foto: Creative Commons)



Figur 9.5. Brushane (foto: Thomas Eske Holm).



To arter, blå kærhøg og hjejle, er forsvundet som ynglefugle i NOVANA-perioden 2004-2021. **Havternen** 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 trækfugl og overvintrer omkring Antarktis. NOVANA-overvågningen viser, at den danske ynglebestand af havterner er gået tilbage siden første overvågning i 2006. **Engryle** yngler i Danmark på våde, kortgræssede strandenge, og trækker via Vesteuropa til overvintrings-pladser i Nordafrika. Engryle var tidligere en almindelig, dansk ynglefugl, men i løbet af 1900-tallet er arten gået støt tilbage, og forekommer nu blot på enkelte store strandengsområder i Vestdanmark og små, isolerede forekomster på øerne. **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, og forekommer i dag kun i tre områder i Jylland. I 2021 blev der registreret 71-75 par og udviklingen i perioden siden 2004 er stabil, men fluktuerende.

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 2020 blev der kun registreret 14 ynglepar, hvilket er et kraftigt 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 2021-overvågning blev der registreret 48 syngende hanner i de fuglebeskyttelsesområder, hvor arten er på udpegningsgrundlaget. Det er en svag stigning i forhold til perioden siden 2004. **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 2021 med ca. 60 par.

Intensiv 2 programmet omfatter primært sjældne eller uregelmæssigt ynglende arter samt arter, hvis forekomst ikke kan forudsiges. Her har syv ud af 11 arter stigende bestande, fx perleugle og kongeørn. To arter, hedeheg og mosehornugle (figur 9.6), er stabile og to arter, sort stork og markpiber, må anses for forsvundne i NOVANA-perioden 2004-2021.

Figur 9.6. Mosehornugle (Foto: Creative Commons).



Perleugle har ynglet regelmæssigt i Danmark siden 2006, typisk i sortspættehuller eller opsatte redekasser i skovområder. Perleugle forekommer i Midtjylland, formentlig indvandret fra Tyskland, og på Bornholm, sandsynligvis indvandret fra Sverige. I 2021 var der 6 par i landet. **Kongeørn** yngler i høje, gamle træer i uforstyrrede områder. Kongeørn genetablerede sig som dansk ynglefugl 1997-1999, hvor det lykkedes at få to unger på vingerne. Efterfølgende har der ynglet op til fem par i Nordjylland. **Hedeheg** yngler i vinterafgrøder og hedemoser med rørsump. Arten overvintrer i Afrika. Hedeheg var tidligere udbredt i Vest- og Nordjylland, men gik fra midten af 1900-tallet stærkt tilbage, og i 2021 blev der registreret 22 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 er siden 2004 kun registreret 0-6 par, og siden 2017 er der ikke registreret ynglepar i NOVANA-overvågningen.

Trækfugle

68 arter af trækfugle omtales i NOVANA-overvågningen 2020-2021. To af disse behandles på underartsniveau (sædgås og knortegås), hvorfor i alt 70 taxa indgår i rapporteringen. Lommer (4 arter) og alkefugle (5 arter) behandles kun som artsgrupper, da hovedparten af de observerede fugle ikke kan artsbestemmes fra fly.

Hovedparten af de behandlede arter indgår på ét eller flere af fuglebeskyttelsesområdernes udpegningsgrundlag, men enkelte andre arter er medtaget, enten fordi de skal indgå i den næste Artikel 12-rapportering vedr. fuglebeskyttelsesdirektivet i 2025 og/eller er jagtbare arter, fx blisgås, canadagås og

gråand. Canadagås er endvidere en invasiv art, der indgår i den nationale rapportering til Vandfugleaftalen.

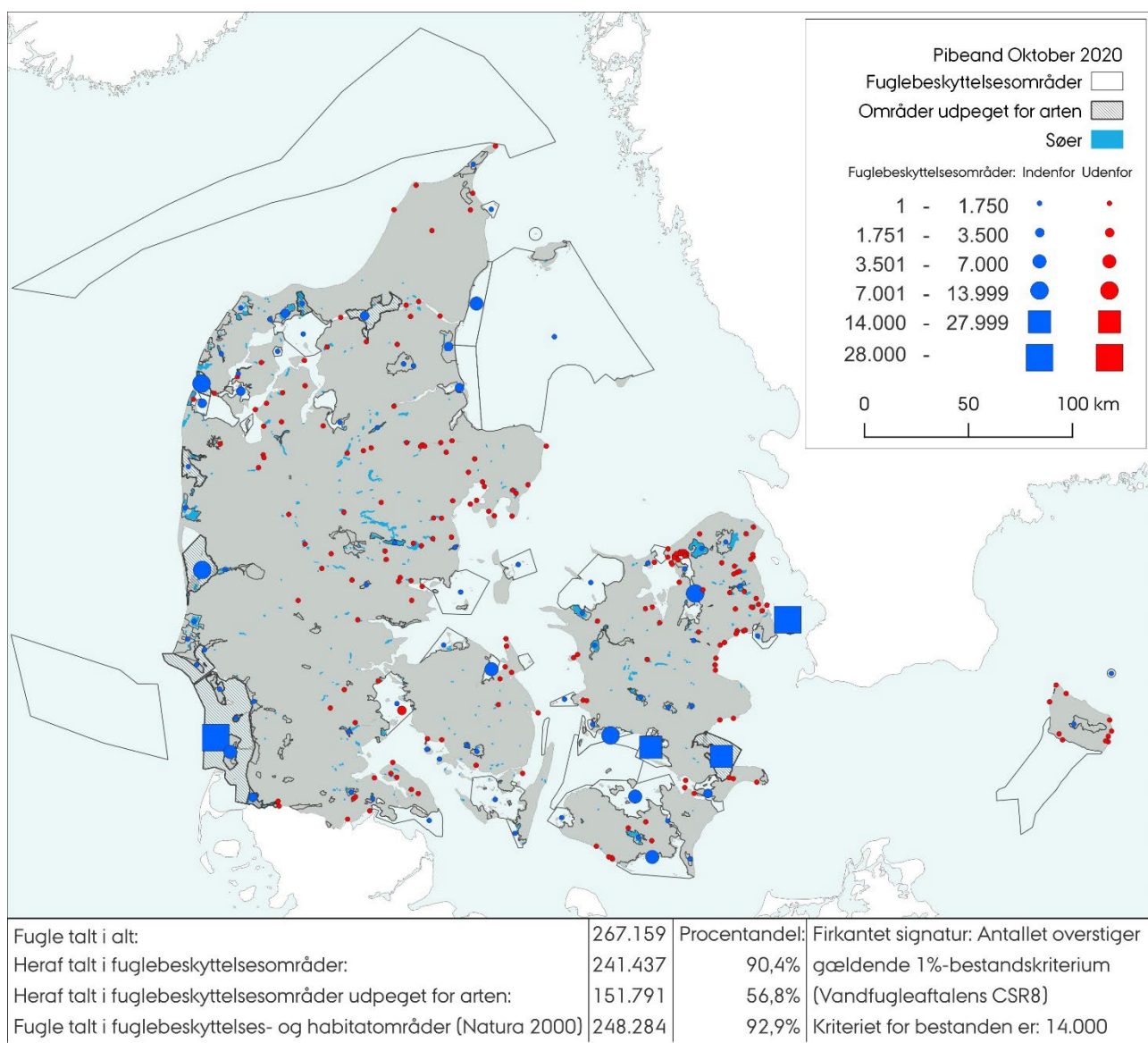
Af de behandlede arter overvåges 45 arter/racer ved midvinter, hvor der i 2020 blev gennemført en landsdækkende og i 2021 en såkaldt reduceret midvintertælling i Danmark. Nogle af disse arter overvåges også på andre årstider, hvor de forekommer i større antal (fx pibesvane forår og efterår, svømmeænder efterår), andre arter overvåges primært på andre årstider, hvor især vadefuglene er i fokus, da denne artsgruppe på nær enkelte arter, ikke overvintrer i landet.

Hovedparten af de behandlede arter har stabile eller fluktuerende bestande (fx **knopsvane**, **hvinand**, **stor skallesluger**) eller er i fremgang (bl.a. **sangsvane**, næsten alle **arter af gæs**, flere arter af **svømmeænder**) – uanset om der ses på en kortere (typisk 10-12 årig) eller længere tidsperiode (tilbage til sidst i 1960'erne eller begyndelsen af 1980'erne – afhængigt af artsgruppe). En art som **lille skallesluger** har været i markant fremgang i den lange periode, men har i de senere år haft en stabil til fluktuerende bestand. For flere af de udpræget marine arter er udviklingen i den lange periode vanskelig at vurdere pga. et gradvist metodeskift, der blev implementeret i 2000'erne.

Enkelte arter har vist faldende bestande, således har **bjergand** været i tilbagegang i hele den lange periode, mens andre arter synes at være i tilbagegang i den kortere tidsperiode, fx **pibesvane**, **tajgasædgås**, **taffelend** og **sortand**.

Mange af de overvintrende arter af vandfugle fluktuerer i antal afhængigt af vinterens hårdhed, hvor der er lave antal i kolde vintre og høje i milde vintre. Det gælder fx **pibesvane** og **blishøne**, hvor sidstnævnte dog synes at være i markant tilbagegang siden begyndelsen af 2000'erne, på trods af et forholdsvis mildt vejrlig i hovedparten af vintrene de seneste 20 år. Bortset fra **gråand** er svømmeændernes antal om vinteren også stærkt afhængigt af vejrliget, og den stadigt hyppigere forekomst af mildere vintre har bevirket, at stadigt flere svømmeænder overvintrer i Danmark – en udvikling der i særlig grad gælder for **pibeand**, **knarand**, **krikand** og **spidsand**, men også **skeand**. Pibeand var i vinteren 2020 med 105.000 talte fugle for første gang den talrigeste svømmeand i Danmark – alle andre 15 vintre med landsdækkende tællinger fra 1968-2016 har det været gråand. De fleste af vadefuglene forekommer i fluktuerende antal, og bedømmelsen af bestandsudviklingen er oftest usikker, men **strandskade** og **islandsk ryle** synes at være i tilbagegang.

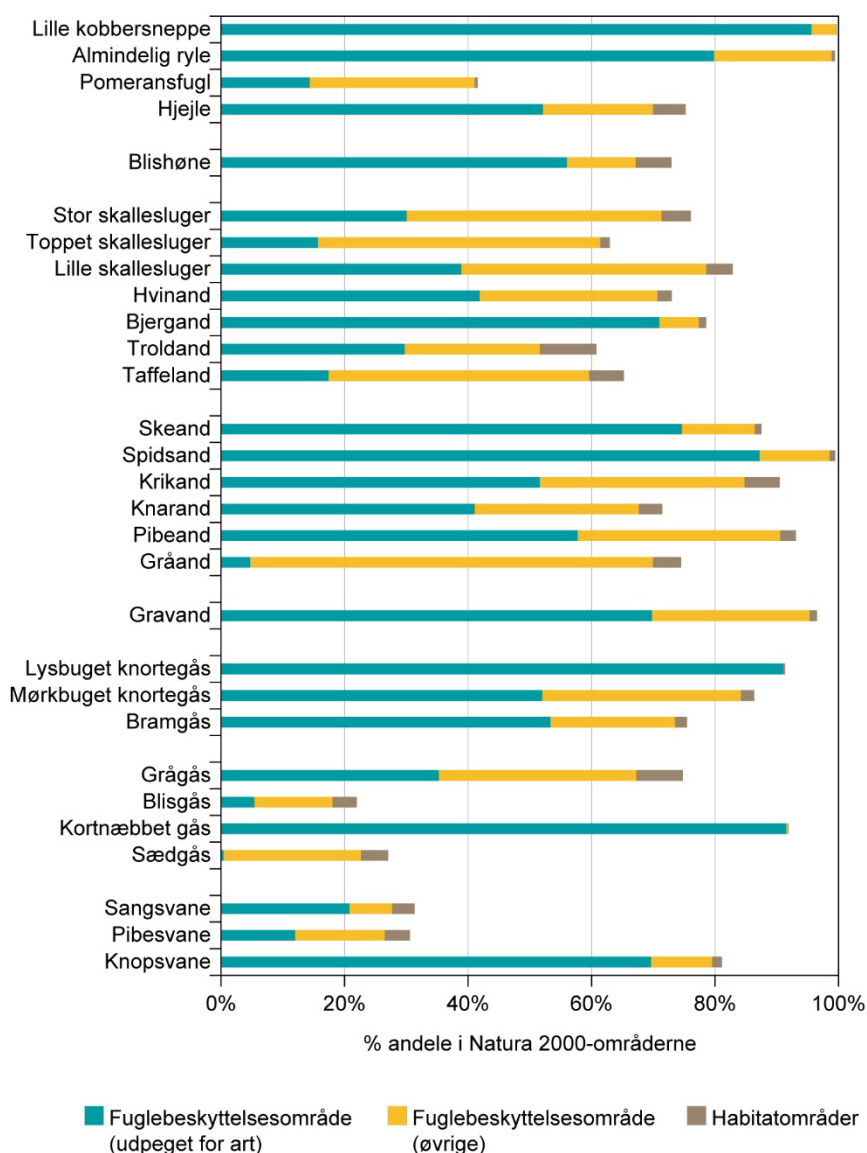
For første gang i en årrække er der til denne rapportering foretaget en modellering af nationale antal af **lommer**, udvalgte dykænder (**ederfugl**, **sortand**, **fløjlsand**, **havlit**, **toppet skallesluger**) og **alkefugle** – arter som tælles i særligt store antal i områder, der dækkes ved transekt-tællinger fra fly. For fløjlsand er det første gang, der har været tilstrækkelige data til at foretage en modellering. For lommerne og de fleste af dykandearterne viser de nye tal, at bestandene er på niveau med sammenlignelige bestandsopgørelser fra 2004 og 2008, dog synes sortand at være i tilbagegang, og antallet af alkefugle er fluktuerende.



Figur 9.7. Eksempel på det nye kortdesign, der viser pibeands fordeling i oktober 2020. Blå signatur viser forekomster optalt indenfor fuglebeskyttelsesområderne (1 prik per område, placeret centralt i området) og røde signaturer er fugle talt udenfor fuglebeskyttelsesområderne. Firkantet signatur viser, at forekomsten overstiger 1 %-kriteriet fra Vandfugleaftalens seneste bestands- og beskyttelsesstatus rapport (AEWA Conservation Status Report 8, Wetlands International 2022), dvs. at forekomsten opfattes som værende af international betydning. Data består af NOVANA-tællingerne, suppleret med kvalitetssikrede data fra DOF-basen fra midten af januar. Det ses at pibeand forekommer i størst antal i kystnære områder, dels i Vadehavsregionen, dels i nogle af landets større reservatområder. Ved denne tælling blev der observeret internationalt betydende antal på fire lokaliteter. Af den samlede forekomst på 267.159 fugle blev 90,4 % talt i fuglebeskyttelsesområderne, og 56,8 % i områder udpeget for arten. Dvs. at 33,6 % blev talt i fuglebeskyttelsesområder, der ikke er udpeget for arten.

NOVANA-rapporteringen 2020-2021 introducerer et nyt kortdesign, se eksempel i figur 9.7. Kortene viser fuglenes fordeling, med signaturer for antallet af observerede fugle, og om antallet er af international betydning (1 %-kriteriet). Med farvemærkning kan skelnes mellem fugle indenfor og udenfor fuglebeskyttelsesområder. En tabel under hvert kort giver samtidigt en statistik over hvor store andele af bestanden, der er talt i fuglebeskyttelsesområderne samt i Natura 2000-områderne samlet. Disse tal kan bruges direkte i den næste Artikel 12-rapportering.

Figur 9.8. Søjlediagram, der for 29 udvalgte trækfuglearter viser, hvor store andele af landsbestanden, der er observeret i Natura 2000-områderne, opdelt i fuglebeskyttelsesområder udpeget for arten, øvrige fuglebeskyttelsesområder, samt habitatområder, der ikke samtidigt er udlagt som fuglebeskyttelsesområde.



Figur 9.8 viser, at langt de fleste arter har en høj grad af beskyttelse, hvor 60 % eller flere af fuglene er talt indenfor fuglebeskyttelsesområderne, og for de fleste arter også at høje andele forekommer i områder, der er udpeget for arterne. De arter, der synes at have den laveste grad af beskyttelse er **sangsvane** og **pibesvane** samt de fleste **arter af gæs**. Det skyldes at disse arter nu til dags i udpræget grad fouragerer på agerjorde og oftest tælles på disse i dagtimerne. Mange af fuglene forekommer desuagtet i randområderne til mange af fuglebeskyttelsesområderne, og benytter disse til overnatning. Det gælder eksempelvis **kortnæbbet gås** fra november 2021, hvor procentandelen af fugle i beskyttelsesområderne er så høj, fordi arten primært er talt ved en koordineret indsats på overnatningspladserne.

Nordisk lappedykker, dværgfalk, vibe, enkeltbekkasin, hvidvinget måge og gråmåge er behandlet kortfattet under gruppen "øvrige arter". De er alle fåtallige overvintrende arter, der skal indgå i den næste Artikel 12-rapportering.

10 Vejr og afstrømning i 2021

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

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

Klimadata i dette kapitel bygger på Rubek et al. (2022) mens afstrømningsdata er baggrundsdata for rapporten af Thodsen et al. (2023). Klimanormaler for den nye normalperiode 1991-2020 er fortsat foreløbige tal og findes endnu ikke for alle parametre, hvorfor der for nogle parametre kun kan sammenlignes med den tidligere normal (1961-1990).

Årsmiddeltemperaturen var i 2021 på 8,7 °C og hermed lig med 30 års klimanormal 1991-2020 (herefter kaldet normalen). Sammenlignet med gennemsnittet af de seneste 10 år (2011-20) var det 0,1 °C koldere. Følgende måneder var blandt de top ti varmeste siden målingerne startede i 1874 (tal i parentes svarer til placering på top ti); juli (9.) og september (9.). Efteråret var med et gennemsnit på 10,6 °C det 5. varmeste (mod normal 9,5 °C). Der var 23,2 døgn med snedække næsten svarende til normalen på 23,8 døgn. Der var i 2021 15,9 isdøgn, hvilket er noget under normalen på 23,0 dage.

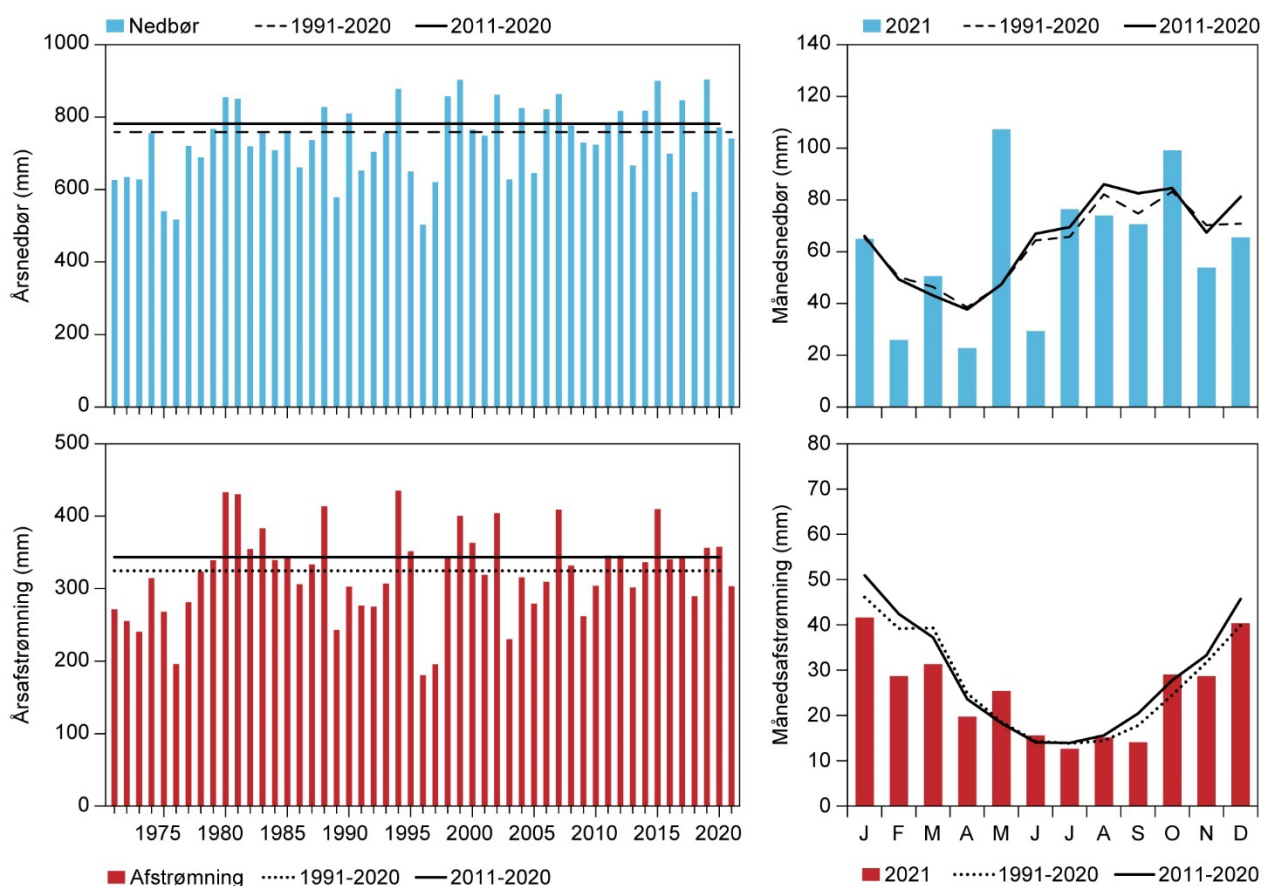
Der faldt 743,9 mm nedbør i 2021, hvilket kun er ca. 15 mm (2 %) under normalen (759,1 mm). Sammenlignet med gennemsnittet for de seneste 10 år (2011-20) faldt der ca. 39 mm mindre nedbør. Maj var den næstmest nedbørsrige siden 1874 med 107,5 mm eller hele 127 % over normalen på 47,3 mm. Følgende måneder afveg mere end 25 % fra normalnedbøren: februar (-48 %), april (-40 %), maj (127 %), juni (54 %). Foråret blev med 181,2 mm det ottende vådeste og 26 % over normalen på 132,2 mm. Der faldt mere nedbør end normalen i marts, maj, juli og oktober og mindre nedbør end den nye normal i januar, april, juni, august, september, november og december (figur 10.1).

Antal soltimer i 2021 er opgjort til 1640 timer eller 2 % under normalen på 1669 timer. Sammenlignet med gennemsnit for de seneste 10 år (2011-2020) er det 78 timer (5 %) lavere. Følgende måneder afveg markant (+/- 25 %) fra normalen: februar (+ 46 %), april (8. solrigeste, +30 %) og maj (4. solfattigste,

-41 %). Ud over maj var januar, juli, august, september og november mere solfattede end normalen.

Der var ingen storme eller blæsevejr på den danske stormliste i 2021 og højeste middelvind over 10 minutter i 2021 var kun på 24,1 m/s (30. november 2021). Middelvinden for året var 4,3 m/s som er 26 % under normalen for 1961-1990 på 5,8 m/s (der er p.t. ikke offentliggjort normaler for vind for 1991-2020). Middelvinden var i samtlige måneder i 2021 under de tilsvarende normaler for 1961-1990.

Ferskvandsafstrømningen var i 2021 ca. 13.100 mio. m³, svarende til 304 mm vand fra hele landets areal. Det er ca. 21 mm eller godt 6 % under normalen på 325 mm (figur 10.1). Sammenlignet med gennemsnittet af de seneste 10 år (2011-2020) på 344 mm var afstrømningen i 2021 knap 12 % lavere. I perioden august-december 2020 faldt der 70 mm (18 %) mindre nedbør end normalen, så selv om januar 2021 havde normal nedbør var afstrømning mere 9 % lavere end normalen. Først med den meget nedbørsrige maj (127 % over normalen) kom der en måned med afstrømning over normalen (+38 %). I perioderne februar-april var afstrømningen mere end 20 % under normalen. I perioden juni-august og i november-december 2021 afveg afstrømning med under +/- 10 % ift. normalen. Oktober (+19 %) og november (-20 %) havde større afvigelser fra normalen. Nedbørs- og afstrømningsforholdene i efteråret 2021 og starten af vinteren 2021/2022 vil påvirke afstrømningen ind i begyndelsen af 2022 uanset nedbørsforholdene.



Figur 10.1. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark (mm/år) for perioden 1971-2021 og pr. måned for 2021. Gennemsnit for 10-årsperioden 2011-2020 og for den nye normalperiode 1991-2020 er indsat for års- og månedsværdier for både nedbør og afstrømning (efter Rubek et. al., 2022 (nedbør) og Thodsen et al. 2023 (afstrømning)).

11 Referencer

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

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.

Baatrup-Pedersen, A.P., Kjær, C., Larsen, S.E., Kjelgaard, A. 2021. Vandløb 2021 -Økologisk Tilstand. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Videnskabelig rapport nr. 561. https://dce.au.dk/file-admin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR561.pdf

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

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

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Houlborg, T., Petersen, R.J., Rolighed, J., Andersen, H.E., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L., 2023. Landovervågningsoplande 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, 284 s. - Videnskabelig rapport nr. 526. <http://dce2.au.dk/pub/SR526.pdf>

CEIP, 2022: <https://www.ceip.at/webdab-emission-database>

Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Lansø, A. S., Geels, C., & Poulsen, M. B., 2023: Atmosfærisk deposition 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 78s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 525. <http://dce2.au.dk/pub/SR525.pdf>

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Jensen, S.S., Nielsen, O-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Monies, C., Sørensen, M.B., Andersen, M.S., og Sigsgaard, T., 2023. Luftkvalitet 2021. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 148 s. - Videnskabelig rapport nr. 533. <http://dce2.au.dk/pub/SR533.pdf> EMEP 2023: EMEP emissions database. [The Emissions Database \(ceip.at\)](https://www.ceip.at/webdab-emission-database)

EU, 2008: Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 on ambient air quality and cleaner air for Europe: Official Journal of the European Union L152/1.

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

Hansen J.W. & Høgslund S. (red.), 2023. Marine områder 20213. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 220 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529. <http://dce2.au.dk/pub/SR529.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., Andersen, P.M. & Sørensen, P.B., 2023. Søer 2021. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 124 s. - Videnskabelig rapport nr. 528. <http://dce2.au.dk/pub/SR528.pdf>

Kjær, C., Elmeros, M., Heldbjerg, H., Brunbjerg, A.K., Mortensen, R.M., Bladt, J., & Mikkelsen, P., 2023. ARTER 2021: NOVANA Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 148s. -Videnskabeligrapport nr. 530. <http://dce2.au.dk/pub/SR530.pdf> og på <https://novana.au.dk/>

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

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

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

Miljøstyrelsen (Frank-Gopolos, T. Nielsen, L., Skovmark, B., (red)), 2023. Punktkilder 2021. Miljøstyrelsen

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., 2022. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE.

Emission inventories from the base year of the protocols to year 2020. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 583 pp. Scientific Report No. 488 <http://dce2.au.dk/pub/SR488.pdf>

Nielsen, R.D., Holm, T.E., Clausen, P., Bregnballe, T., Clausen, K.K., Petersen, I.K., Sterup, J., Balsby, T.J.S., Pedersen, C.L., Dalby, L., Mikkelsen, P., Møllerup, K.A. & Bladt J., 2023. Fugle 2020-2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 531. <http://novana.au.dk/fugle>

Rubek, F., Scharling, M. & Cappelen, J., 2022. Danmarks Klima 2021 – with English Summary. DMI rapport 22-01, 76 sider. <https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2022/DMIRap22-01.pdf>

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

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G., 2023. Vandløb 2021. -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr. 527 <http://dce2.au.dk/pub/SR527.pdf>

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>

Thorling, L., Albers, C.N., Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Trolldborg, L., 2023: Grundvand. Status og udvikling 1989–2021. Teknisk rapport, GEUS 2023.

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

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://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

VANDMILJØ OG NATUR 2021

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2021 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, samt habitatter og fugle. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

ISBN: 978-87-7156-748-9

ISSN: 2244-9981