



VANDMILJØ OG NATUR 2017

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 309

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



GEUS



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

[Tom side]

VANDMILJØ OG NATUR 2017

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 309

2019

Poul Nordemann Jensen¹
Susanne Boutrup¹
Signe Jung-Madsen¹
Anja Skjoldborg Hansen¹
Jesper R. Fredshavn¹
Vibeke Vestergaard Nielsen¹
Lars M, Svendsen¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Hans Thodsen²
Jens Würgler Hansen²
Thomas Ellermann³
Lærke Thorling⁴
Bo Skovmark⁵

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

² Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

³ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

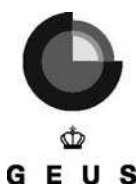
⁴ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

⁵ Miljøstyrelsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 309
Titel:	Vandmiljø og Natur 2017
Undertitel:	NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
Forfattere:	Poul Nordemann Jensen ¹ , Susanne Boutrup ¹ , Signe Jung-Madsen ¹ , Anja Skjoldborg Hansen ¹ , Jesper R. Fredshavn ¹ , Vibeke Vestergaard Nielsen ¹ , Lars M. Svendsen ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ² , Hans Thodsen ² , Jens Würgler Hansen ² , Thomas Ellermann ³ , Lærke Thorling ⁴ & Bo Skovmark ⁵
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, ² Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, 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:	Februar 2019
Redaktion afsluttet:	Februar 2019
Faglig kommentering:	Fagdatacentrene for de enkelte emneområder
Kvalitetssikring, DCE:	Hanne Bach
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Jensen, P.N., Boutrup, S., Jung-Madsen, S., Hansen, A.S., Fredshavn, J.R., Nielsen, V.V., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Hansen, J.W., Ellermann, T., Thorling, L. & Skovmark, B. 2019. Vandmiljø og Natur 2017. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport nr. 309 http://dce2.au.dk/pub/SR309.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2017 af det nationale program for overvågning af 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, naturtyper og arter. 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, naturtyper, arter, fugle, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfremmede stoffer.
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Draved skov v. Løgumkloster. Foto: Jesper Fredshavn
ISBN:	978-87-7156-387-0
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	48
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR309.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både luften, vandig og terrestrisk natur og miljø. Programmet er tilrettelagt med henblik på at imødekomme Danmarks overvågningsforpligtelser i medfør af direktiver og konventioner samt nationale behov inden for programmets emneområder.

Indhold

Indhold	3
Indledning	5
Sammenfatning	7
Næringsstoffer	7
Metaller og organiske miljøfarlige stoffer	8
Luft	8
Grundvand	8
Marine områder	8
Naturtyper og arter	9
Summary	10
Nutrients	10
Metals and organic environmentally hazardous substances	11
Air	11
Groundwater	11
Marine areas	11
Habitats and species	12
1. Kvælstof	13
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land	13
1.2 Resulterende effekter i vandområder	17
2. Fosfor	19
2.1 Tilførsel til overfladevand	19
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand	22
3. Metaller og organiske miljøfarlige stoffer	23
3.1 Kilder til metaller i vandmiljøet	23
3.2 Kilder til organiske miljøfarlige stoffer i vandmiljøet	24
4. Luft	25
4.1 Ingen NO ₂ - og partikeloverskridelser	25
4.2 Ozon og VOC	28
4.3 Øvrige stoffer	28
4.4 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening	28
5. Grundvand	29
5.1 Vandindvinding	29
5.2 Nitrat i grundvand	30
5.3 Uorganiske sporstoffer i grundvand	32
5.4 Pesticider i grundvand	33
5.5 Organiske mikroforureninger i grundvand	35

6. Marine områder	36
6.1 Status og udvikling i kemiske parametre	36
6.2 Udviklingen i biologiske parametre	37
6.3 Større planter	38
6.4 Bundfauna	39
7. Naturtyper og arter	41
7.1 NOVANA kontrolovervågning af skovnaturtyperne	41
8. Vejr og afstrømning i 2017	44
9. Referencer	46

Indledning

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2017 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). 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 f.eks. 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 f. eks. 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 (f. eks. 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 interesseorganisationerne 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 rapporter fra fagdatacentrene. Data stammer primært fra selve overvågningsprogrammet, men er suppleret med data fra kommunernes forsyningsenheder ift. spildevand og indvinding af drikkevand.

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 miljøfremmede stoffer og naturtyper på land integreret i programmet.

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

Overvågningen er overordnet delt i to kategorier:

- 1) Kontrolovervågningen, som skal give et nationalt overblik over tilstand og udvikling i vandområder, luft og natur
- 2) Den operationelle overvågning, som skal 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 2017 omfattede overvågning af tilstand af vandmiljøet, luften (inkl. luftkvalitet i byerne), den terrestrisk natur og en række arter. I vandløb sker overvågning af den økologiske tilstand over en to-årig periode, dvs. 2017 og 2018, således at der indsamles data fra halvdelen af stationerne hvert år. Tilsvarende sker overvågningen af udviklingen i tilstanden i søer, der indgår i kontrolovervågningen, over en to-årig periode. Data fra disse to områder, som er de områder, der normalt bliver resumeret i sammenfatningen, vil blive rapporteret, når der foreligger data fra den to-årige periode, og indgår således ikke i denne rapport. Der henvises til Jensen et al. (2018) for den seneste opgørelse. Øvrige resultater af overvågningen i vandløb og søer i 2017 er beskrevet i Thodsen et.al. (2019) og Johansson et.al. (2019).

Danmark skal sammen med de øvrige EU-lande i 2019 rapportere status og udvikling for naturtyper og arter til EU i medfør af Habitatdirektivets artikel 17 og Fuglebeskyttelsesdirektivets artikel 12. Data fra overvågningen af naturtyper og arter indgår som grundlag for denne rapportering, og bliver rapporteret i en selvstændig rapport.

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

Atmosfærisk deposition 2017	Ellermann et al., 2019
Luftkvalitet 2017	Ellermann et al., 2018
Punktkilder 2017	Miljøstyrelsen 2019
Landovervågningsoplande 2017	Blicher-Mathiesen et al., 2019
Grundvand 2017	Thorling et al., 2019
Vandløb 2017	Thodsen et al., 2019
Søer 2017	Johansson. et al., 2019
Marine områder 2017	Hansen (red.) 2019
Naturtyper 2017	Nygaard et al., 2019

Sammenfatning

Sammenfatningen er af hensyn til overskueligheden gjort meget kort. Det betyder, at datagrundlaget, forbehold i forhold til f.eks. 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 f. eks. en beslutningsproces.

Rapporteringen af data fra 2017 er fortsat præget af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand i 2016 og dele af 2017 (se Larsen et al, 2018). Det betyder, at der kun er rapporteret resultater for total kvælstof (TN) og total fosfor (TP) i vandløb (inkl. stoftransport) for 2017, hvor det har været muligt at genoprette data. For alle andre vandtyper (hav, sø m.m.) har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i analyserne af total N og P fra perioden 2007-14 inkl. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, som danner grundlag for beregning af stoftransporten af N og P i denne rapport. Det forventes, at der kan ske en genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2019.

Næringsstoffer

Der er siden 1990 generelt sket en reduktion på knap 50 % i indhold af kvælstof i overfladevandsmiljøet. Dette hænger overordnet godt sammen med reduktion i kilderne, her angivet som udviklingen i gødningsanvendelsen og i udledning fra rensningsanlæggene. Kvælstofoverskuddet (tilført minus høstet) steg fra 2015 til 2016, men er faldet igen i 2017. Eventuel effekt af ændringer i kvælstofoverskuddet på udvaskningen af kvælstof vil være afhængig af en række faktorer, heriblandt efterafgrøder.

Den samlede kvælstoftilførsel fra land til havet var i 2017 ca. 64.000 ton N – mod 62.000 ton N i 2016. Såfremt der tages højde for nedbør m.m. (normaliseret) var tilførslen i 2017 på ca. 60.000 ton N, som er stort set det samme som i 2016, hvor den var 59.000 ton N.

Det er endnu for tidligt at vurdere den samlede effekt af det øgede forbrug af kvælstof og de kompenserende efterafgrøder, der blev muliggjort med Fødevare- og landbrugspakken i 2015.

Kvælstoftilførslen med nedbør er indregnet i den samlede kvælstoftilførsel fra land og har været på samme niveau de seneste knap 10 år.

For fosfor er sammenhængen noget anderledes. Der har siden 1990 været en markant reduktion i fosforindhold i overfladevandet på 50-60 %, som alene er båret af en forbedret spildevandsrensning – primært på de store rensningsanlæg – frem til ca. år 2000. Den samlede fosfortilførsel til havet var i 2017 ca. 2.500 ton – stort set den samme som i 2016, hvor den var ca. 2.300 ton P.

Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

Overfladevand og jord tilføres væsentlig mere zink med nedbør end nogen af de andre metaller. Kobber er de seneste tre år blevet tilført i næststørst mængde.

Pesticider er blandt de organiske miljøfarlige stoffer i overvågningen. Ligesom de foregående år blev pesticidet prosulfocarb fundet i størst mængde blandt de 19 stoffer, der er målt for i nedbør. Depositionen var størst om efteråret, dvs. lige efter sprøjtesæsonen. I 2017 er der for første gang gennemført kontinuerlig måling af pesticider i luften, heriblandt prosulfocarb. Ligesom i nedbøren blev de højeste koncentrationer i luften fundet om efteråret.

Luft

I 2017 var der ingen overskridelser af grænseværdier for kvælstofdioxid og partikler. AEI-værdien (Average Exposure Indikator) bestemmes som tre års gennemsnit af PM_{2,5}-koncentrationen i bybaggrund. Denne værdi er faldet med omkring 30 % siden 2010. Målværdien (15% reduktion fra 2010 til 2020) er således nået.

Ozonkoncentrationerne i 2017 var på niveau med tidligere år. Tærsklen for information af befolkningen om høje ozonniveauer (180 µg/m³ som timemiddelværdi) blev ikke overskredet i 2017.

Grundvand

Vandmiljøhandlingsplanerne har haft effekt på grundvandets nitratindhold. Det afspejles i en tydelig sammenhæng mellem nitratindholdet i det iltholdige grundvand og overskuddet af kvælstof ved landbrugsproduktionen et givent år. De seneste 10 prøvetagningsår har nitratindholdet i det iltholdige grundvand i gennemsnit varieret omkring kravværdien. I 2017 var den målte gennemsnitsværdi i det iltholdige grundvand på det hidtil laveste niveau i overvågningsperioden.

Der blev i 2017 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 32,5 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kravværdien på 0,1 µg/l var overskredet i 10,5 % af indtagene. Der var i de fleste tilfælde tale om pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf, som det ikke længere er tilladt at anvende. Resultaterne i 2017 adskiller sig fra tidligere resultater, idet der i 2017 også blev undersøgt for nedbrydningsprodukter fra ukrudtsmidlet chloridazon, som det har været forbudt at anvende i Danmark siden 1996, og for nedbrydningsproduktet 1,2,4-triazol, som stammer fra triazol-svampemidler. Begge stofgrupper blev fundet med højere fundhyppigheder end tidligere observeret for andre stoffer.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind var i september 2017 betydeligt mindre end i 2016. Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ti år med den mindste udbredelse i 2010-2012 og den største udbredelse i 2008 og 2016. Vind og temperatur har væsentlig indflydelse på variationen i udbredelsen af iltsvind, men tilførslen af næringsstoffer er en grundlæggende faktor for, at der kan opstå udbredt iltsvind.

Mængden af planktonalger i kystvandene målt som klorofyl a var på næsten samme niveau som i 2016 og dermed højere end de forudgående år. Niveaulet svarede til niveauet i 1990'erne og i 2000'erne. Udbredelsen af planter i havet (ålegræs og tang) er øget væsentligt i løbet af de seneste 10 år i de fleste områder, men den positive udvikling er i flere områder stagneret i de seneste år. Bundfaunaen i de åbne indre farvande har vist fremgang i antallet af arter siden et lavpunkt i 2008, mens der i 2017 fortsat var indikationer på dårlige forhold for bundfaunen i Nordsøen og Skagerrak og en del kystnære områder. Der er således lidt forskelligartede signaler i forhold til udviklingen de seneste ca. 10 år i de marine parametre.

Naturtyper og arter

Beskrivelse af data fra overvågning af terrestriske naturtyper og arter findes på hjemmesiden <http://novana.au.dk/>. Hjemmesiden er i 2017 suppleret med en beskrivelse af overvågningen af 10 skovnaturtyper og deres overvågningsparametre.

Generelt er de danske habitatskovtyper præget af en forstlig drift med få store træer, få træer med hulheder og råd og en lav mængde dødt ved. Der er tegn på at skovtyperne generelt bliver mørkere, og at særligt bøgeskovtyperne bliver mere artsfattige. Geografisk set er der kun mindre regionale forskelle i skovenes tilstand, og der er ingen væsentlige forskelle i tilstanden inden for og uden for habitatområderne.

Summary

This report summarizes the results from the National Danish Monitoring program NOVANA for the year 2017 and the development in a number of parameters for the period 1990-2017. The basis for data, reservations, e.g. in relation to uncertainties on results, or specific conditions in a single year are not included in this report, but can be found in the scientific background reports.

Reporting of data from 2017 is still characterised by the error analyses of total nitrogen and total phosphorus that were made in surface water in 2016 and parts of 2017 (see Larsen et al., 2018). This means that results for total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) in streams are only reported (including nutrient transport) for 2017, where it has been possible to restore data. For all other types of water (marine, lakes, etc.), it has not been possible to report the TN and TP. However, there is no error in the analyses of nitrate and phosphate, which is why these data are included in this year's report, where appropriate.

The same type of error is seen in the analyses of TN and TP from the period 2007-14. Preliminary restoring of these data has been done, which constitutes the basis for calculating nutrient transport of nitrogen and phosphorus in this report. It is expected that in 2019 restoring of data from the period 2007-14 will be completed.

Nutrients

Since 1990, there has been a general reduction of almost 50% in the content of nitrogen in the surface water. This generally correlates well with reduction in sources, listed here as the development in fertiliser use and in emissions from wastewater treatment plants. Nitrogen surplus (added minus harvested) increased from 2015 to 2016, but fell again in 2017. A possible effect of changes in nitrogen surplus on the leaching of nitrogen depends on a number of factors, including catch crops.

In 2017, the total load of nitrogen to marine areas was approximately 64,000 tonnes of N – compared with 62,000 tonnes N in 2016. When taking precipitation etc. into account (normalised), the load in 2017 was approx. 60,000 tonnes of N, which is largely the same as in 2016, when it was 59,000 tonnes N.

It is still too early to assess the overall effect of the increased use of nitrogen fertilizer and the compensatory catch crops, which were made possible by the Food and Agriculture package in 2015.

Nitrogen supply from precipitation has been included in the total load of nitrogen and has been at the same level over the past nearly ten years.

For phosphorus, the relationship is somewhat different. Since 1990, there has been a marked 50-60% reduction in the phosphorus content in the surface water, which is only supported by improved waste water treatment - primarily at the large wastewater treatment plants - until about year 2000. The total load of phosphorus to marine areas was approx. 2,500 tonnes in 2017 - about the same as in 2016, when it was approx. 2,300 tonnes P.

Metals and organic environmentally hazardous substances

Through precipitation, surface water and soil are supplied much more zinc than any of the other metals. Over the past three years, copper has been supplied in the second largest quantity.

Pesticides are among the organic environmentally hazardous substances included in the monitoring. As in previous years, the pesticide prosulfocarb was found in the greatest amount among the 19 substances measured in precipitation. The deposition was greatest in the autumn, i.e. just after the spraying season. In 2017, for the first time continuous measurements of pesticides in the air, including prosulfocarb, were conducted. As for precipitation, the highest concentrations in ambient air were found in the autumn.

Air

In 2017, limit values for nitrogen dioxide and particulate matter were not exceeded. The AEI-value (Average Exposure Indicator) is determined as a three-year average mark of PM_{2.5} concentration in the urban background. This value has dropped approximately 30% since 2010. The target value (15% reduction from 2010 to 2020) has, thus, been achieved.

Ozone concentrations were in 2017 at the same level as previous years. The threshold for information to the public about high ozone levels (180 µg/m³ as the hourly average value) was not exceeded in 2017.

Groundwater

Aquatic environment action plans have impacted the nitrate content in groundwater. This is reflected in a clear correlation between the nitrate content in the oxygen-containing groundwater and the excess nitrogen in agricultural production in a given year. During the past 10 sampling years, nitrate levels in the oxygen-containing groundwater have, on average, varied around the limit value.

In 2017, one or more pesticides or degradation products from pesticides were found in 32.5% of the intake in the groundwater monitoring program. The quality standard of 0.1 µg/l was exceeded in 10.5% of intakes. Most cases involved pesticides or degradation products that are no longer permitted. The results in 2017 differ from previous results, as in 2017 degradation products from the herbicide chloridazon which have been prohibited in Denmark since 1996 were analysed. The decomposition product 1,2,4-triazole, which derives from triazole fungicides, was also studied. Both groups of substances were found more frequently than previously observed for other substances.

Marine areas

The extent of oxygen depletion in September 2017 was significantly less than in 2016. The extent of oxygen depletion in the month of September has varied somewhat in the past ten years, with least in 2010-2012 and most in 2008 and 2016. Wind and temperature significantly influence the variation in the prevalence of oxygen depletion, but the supply of nutrients is a fundamental factor for widespread oxygen depletion.

The amount of planktonic algae in coastal waters, measured as chlorophyll a, was nearly at the same level as in 2016 and, thus, higher than the previous

years. The level corresponded to the levels in the 1990s and 2000s. The prevalence of higher plants in the ocean (eelgrass and seaweed) has increased considerably over the past 10 years in most areas, but the positive development has stagnated in several areas in recent years. Benthic invertebrates in the coastal waters has increased in the number of species since a low point in 2008, while 2017 still indicated poor conditions for the benthic fauna in the North Sea and Skagerrak and several coastal areas. Thus, there are mixed signals in the marine parameters over the past 10 years.

Habitats and species

The description of and data from monitoring of terrestrial habitats and species can be found on the website <http://novana.au.dk/>. In 2017, the website was supplemented by a description of the monitoring results for 10 forest habitat types and their monitoring parameters.

In general, the Danish forest habitat types are characterised by forest management with few large trees, few trees with cavities and decay and a small amount of dead wood. There are indications that forest types are getting darker in general, and that especially the beech forest types are becoming more impoverished. Geographically, there are only minor regional differences in the condition of the forests, and there are no significant differences in conditions within and outside the habitat areas.

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), som har betydning, og i både EU- og national sammenhæng er det nitratindeholdet, der er sat kriterier for. For f. eks. havet eller naturområder på land er det i højere grad mængden (f. eks. 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 afsnit 5.

Rapporteringen af data fra 2017 har i lighed med 2016 været præget af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand gennem hele 2016 og og første kvartal i 2017, se Larsen et al, 2018. Det har været muligt at genoprette data for total N og total P i vandløb (inkl. stoftransport) fra hele 2016 og den del af 2017, hvor der var analysefejl. For alle andre vandtyper (hav, sø m.m.) har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i analyserne af total N og P fra perioden 2007-14. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, som danner grundlag for beregning af stoftransporten af N og P i denne rapport. Det forventes, at der kan ske en ny genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2019.

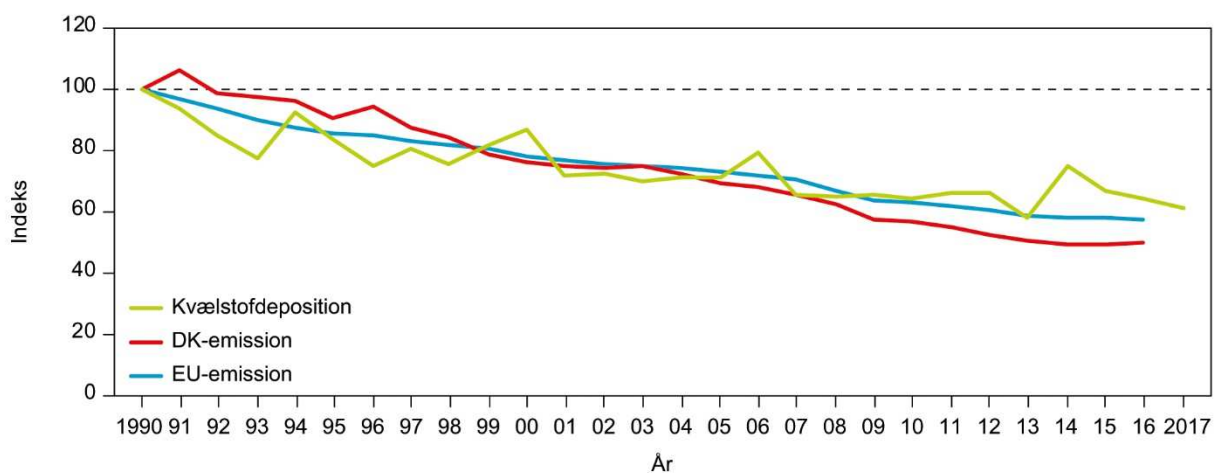
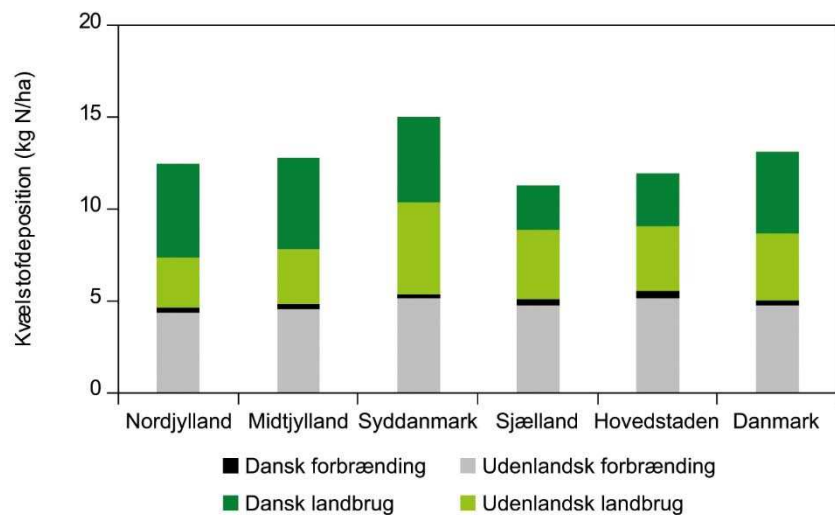
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land

Kvælstofdeposition er det kvælstof, der tilføres landjorden fra luften og som i hovedsagen kommer fra to kilder – forbrænding (både energi og transport) og landbrug (helt overvejende ammoniak fra husdyrproduktion). For begge elementer er der såvel et dansk som et udenlandsk bidrag. Den samlede deposition betragtes som en kilde til kvælstoftilførsel til vandområder og land, herunder naturområder.

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

I figur 1.2 er vist udviklingen i kvælstofdepositionen på landarealerne – sammenlignet med udledningen (emissionen) i hhv. EU og i Danmark. Det ses, at udviklingen i kvælstofdeposition i Danmark overordnet følger udviklingen i udledningen i EU og DK, og at der samlet over perioden er sket et fald i kvælstofdepositionen på ca. 35 %. Stigningen i 2014 skyldes formentlig særlige vejrforhold. Der har været en stagnation i udviklingen i kvælstofdeposition over de seneste knap 10 år.

Figur 1.1. Kvælstofdeposition på landarealer fordelt på kilder samt på landsdele (Ellermann et al. 2019).



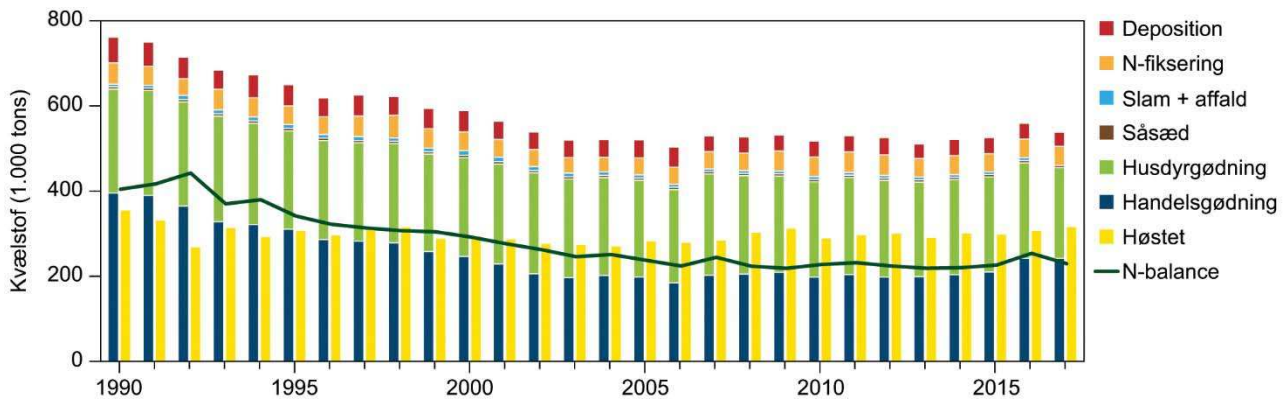
Figur 1.2. Udvikling i kvælstofdeposition på landarealerne. Værdien er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al. 2019).

1.1.1 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.

I figur 1.3 er vist udviklingen i landbrugets anvendelse af kvælstof fordelt på forskellige typer af gødning.

Samlet set er N-markbalancen (kvælstofoverskuddet) i det dyrkede areal faldet med ca. 45 % i perioden 1990-2015 med langt det største fald frem til 2003. Der er flere årsager til dette fald – f. eks. bedre udnyttelse af husdyrgødning og reduceret kvælstoftilførsel til markerne.



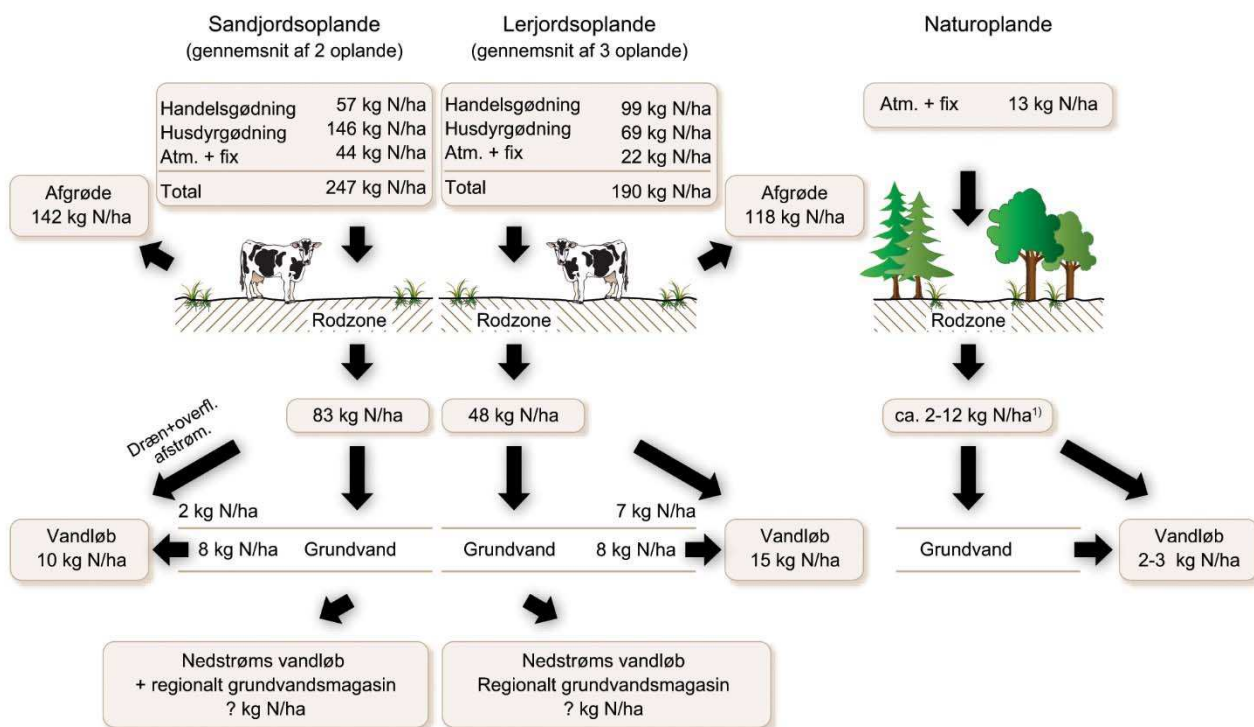
Figur 1.3. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2017 (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

I 2016 steg overskuddet (N-balancen se figur 1.3) som følge af, at de reducerede kvælstofnormer blev delvist ophævet fra 2016 som et led i Fødevarer- og Landbrugspakken. I 2017 blev normreduktionen fuldt ophævet, så landmændene kunne gøde økonomisk optimalt. Til trods for dette blev der i 2017 anvendt mindre handels- og husdyrgødning end i 2016. Det skyldes, at landbruget i 2016 måtte gøde mere grundet en positiv N-prognose. Prognosen er høj i år med lave nitratkoncentrationer i jorden om foråret og lav, når der allerede findes en del nitrat i jorden. Desuden var det i 2016 stadig tilladt at konvertere efterafgrøder til øget N-kvotet. Men i 2017 måtte landbruget gøde mindre grundet en negativ N-prognose og efterafgrøder kunne ikke give øgning i N-kvoten. Den mindre kvælstoftilførsel i 2017 kombineret med et større høstudbytte resulterer i et fald i kvælstofbalancen fra 2016-2017, men samlet en lille stigning fra 2015 til 2017.

I landovervågningsoplandene (LOOP) følges kvælstofkredsløbet i fem små oplande, så der indhentes oplysninger om f. eks. afgrøder, gødningsforbrug m.m. Næringsstoffer måles i jordvandet, det øvre grundvand, dræn og i vandløb. I figur 1.4 er vist tabet af kvælstof i disse fem små oplande via forskellige tabsveje.

Det fremgår af figur 1.4, at der er store forskelle i kvælstofregnskabet på hhv. sand- og lerjorde. Tabet til rodzonen er næsten dobbelt så stort på sandjorde som på ler. Derimod er tabet til overfladevandet (vandløb) i disse oplande næsten 50 % større på lerjord end på sand. Denne sidste forskel skyldes bl.a., at en større mængde af vandet (og dermed kvælstoffet) fra lerjordene føres direkte ud i vandløbene via dræn (på figur 1.4 ses 7kg/ha på lerjord mod 2 kg/ha på sandjord), hvorimod det på sandjorde siver til grundvandet, hvor kvælstoffet i vid udstrækning bliver omsat til luftformigt kvælstof.

Det årlige kvælstofkredsløb (2012/13 – 2016/17)



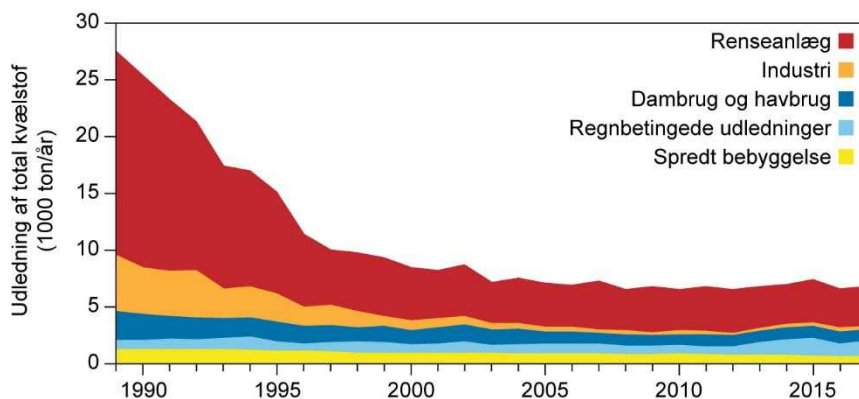
Figur 1.4. Skemativering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

1.1.2 Punktkilder

Punktkilder dækker over en række forskellige udledninger af spildevand både fra husholdninger og industri (figur 1.5). På de egentlige renseanlæg (både kommunale og private) samt akvakultur (dambrug) laves opgørelserne på baggrund af målinger på de enkelte anlæg, mens bidragene fra spredt bebyggelse, regnbetingede udledninger samt havbrug er baseret på dels modeller, dels erfaringstal.

Udledningen af kvælstof fra alle punktkilder er faldet med 75 % over perioden 1990-2017- for renseanlæggene alene er faldet på omkring 80 %.

Figur 1.5. Udvikling i udledning af kvælstof fra forskellige typer punktkilder (Miljøstyrelsen 2019). Nogle af tallene kan være påvirket af analysefejl.

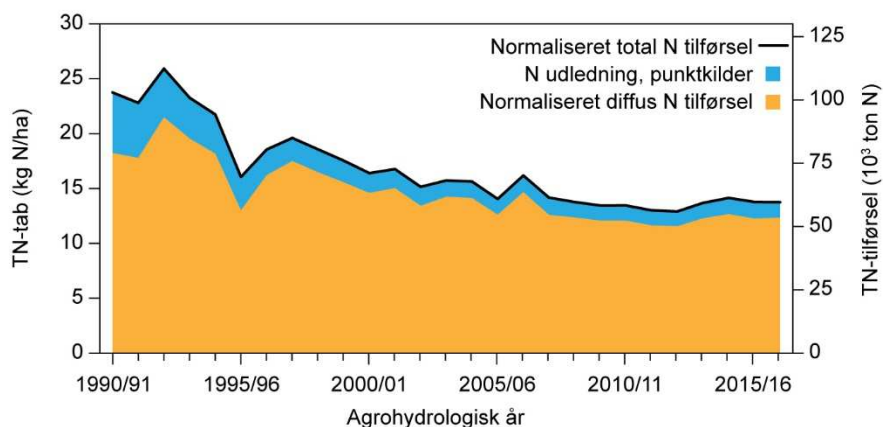


1.1.3 Udledning til havet

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land i Danmark var i 2017 på ca. 64.000 ton N, hvilket er 4 % mere end i 2016.

I figur 1.6 er vist udviklingen i den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land. Opgørelsen er lavet, så forskelle imellem årene som følge af variation i f. eks. nedbør, er forsøgt udlignet så meget som muligt (normaliseret). Figuren viser udviklingen, som om der var de samme vejrforhold i alle årene. Der er dog ikke muligt helt at udligne alle forskellene – f. eks. ses et dyk i 1995/96, hvor det var ekstremt tørt.

Figur 1.6. Udvikling i kvælstoftab (kg N/ha på første y-akse) samt kvælstoftilførsel (ton N på anden y-akse) til havet fra land beregnet for agrohydrologisk år (1. april-31. marts) (Thodsen et al. 2019).



Figuren viser udviklingen i den samlede udledning opdelt i punktkilder og diffus udledning (primært landbrugstab, men også baggrundsbelastning samt spredt bebyggelse). Der er siden 1990 sket en reduktion på knap 50 %. Som det fremgår af figuren, udgør punktkilderne i dag kun ca. 10 % af den samlede udledning.

Figuren viser udviklingen fordelt på såkaldte agrohydrologiske år, som går fra 1. april-31. marts.

For senest opgjorte agrohydrologiske år (2016/17) fås en årlig normaliseret total tilførsel på ca. 59.000 tons N/år.

Såfremt man ser normaliseret kvælstoftilførsel opgjort på kalenderår, var kvælstoftilførsel i 2017 på ca. 60.000 ton N, som er stort set det samme som i 2016, hvor den var 59.000 ton N. For de fem år forud for 2017 (2012-2016) har den normaliserede kvælstoftilførsel været mellem 56.000-61.000. ton N/år med et gennemsnit for perioden på 59.000 ton N/år.

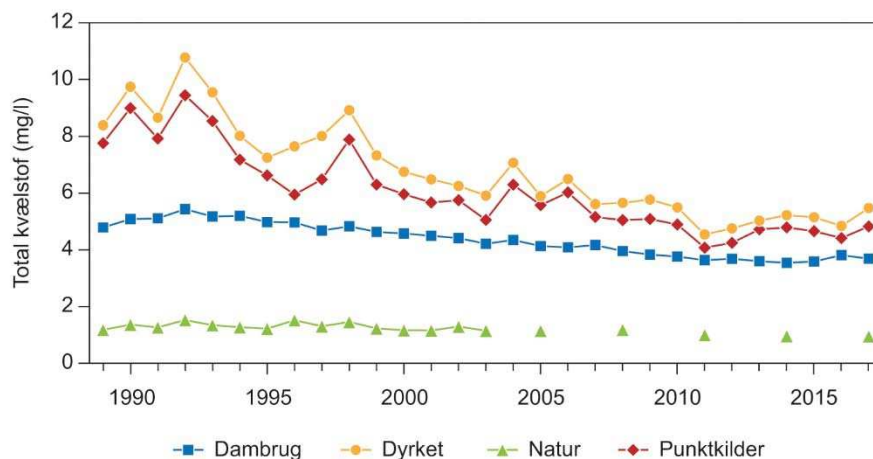
Det er endnu for tidligt at vurdere effekten af det øgede forbrug af kvælstofgødning og de kompenserende tiltag som fx efterafgrøder, der blev muliggjort med Fødevarer- og landbrugspakken i 2015.

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 (figur 1.7) på godt 40 % siden 1989.

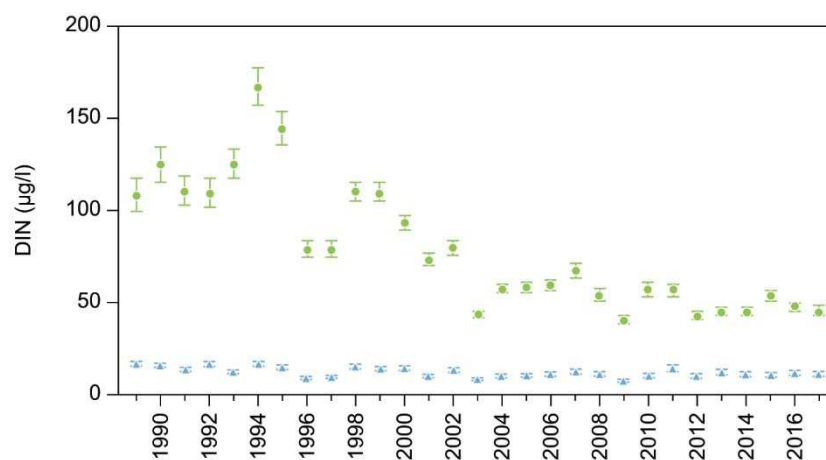
Figur 1.7. Udvikling i kvælstofkoncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Thodsen et al. 2019).



På grund af fejlanalyser er det ikke muligt at vise udviklingen i koncentrationen af total N i havet. I stedet er der vist udviklingen i den opløste uorganiske del af kvælstofindholdet (DIN, se figur 1.8), som imidlertid kun udgør en mindre andel af det totale kvælstofindhold.

Udviklingen i denne andel af kvælstof er dog tydelig, som det fremgår af figur 1.8, idet koncentrationen i fjorde og kystnære områder, hvor de danske tilførsler betyder mest, er faldet fra et niveau på ca. 125 µg/l i de tidlige 1990'ere til et niveau på ca. 50 µg/l i de seneste år. Udviklingen er betydeligt mindre markant i de åbne dele af de danske farvande.

Figur 1.8. Udvikling i koncentrationen af opløst kvælstof i fjorde og kystvande (●) og åbne indre farvande (▲) (Hansen (red.) 2019).



2. Fosfor

Tilførsel af fosfor 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 ved meget lave fosforindhold vil en forøgelse påvirke mængden af alger, der vokser på bunden af vandløb. Forhøjet fosforindhold synes desuden at indvirke på arts sammensætningen af vandplanter. Der er store geologisk betingede forskelle fra sted til sted i fosforindholdet i det grundvand, der strømmer ud til vandområderne.

Rapporteringen af data fra 2017 har i lighed med 2016 været præget af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand gennem hele 2016 og første kvartal 2017. Det har været muligt at genoprette data for total N og total P i vandløb (inkl. stoftransport) fra hele 2016 og den del af 2017, hvor der var analysefejl. For alle andre vandtyper (hav, sø m.m.) har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i analyserne af total N og P fra perioden 2007-14. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, som danner grundlag for beregning af stoftransporten af N og P i denne rapport. Det forventes, at der kan ske en ny genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2019.

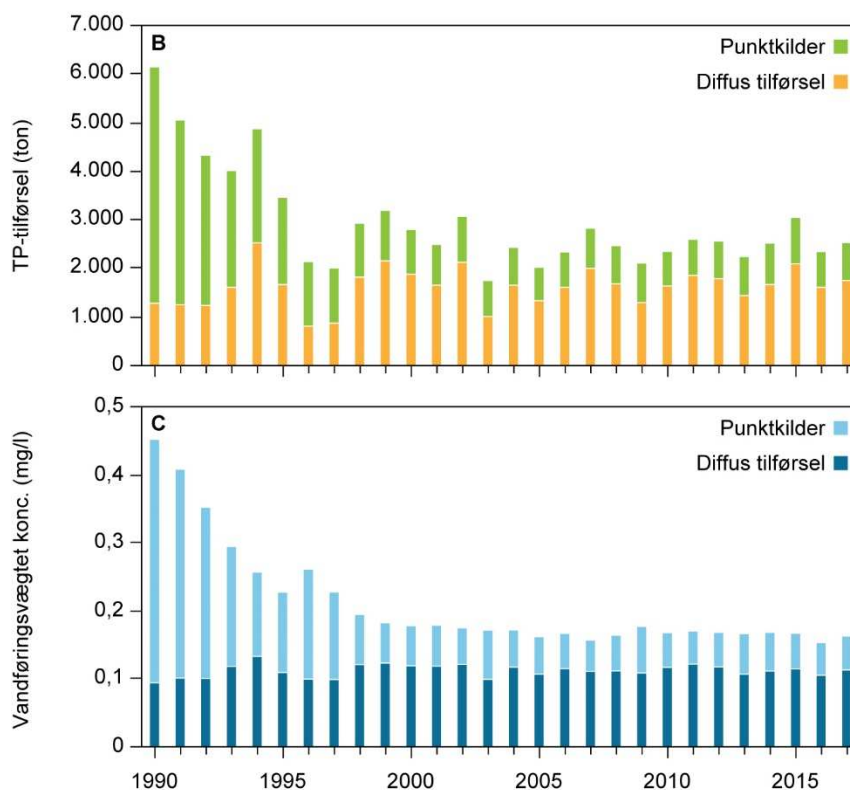
2.1 Tilførsel til overfladevand

Figur 2.1 (øverst) viser den samlede mængde fosfor, som løber til havet omkring Danmark. I 2017 var det i alt ca. 2.500 ton fosfor – ca. det samme som i 2016. Det er en meget stor reduktion i forhold til det første måleår 1990, hvor udledningen til havet var over 6.000 ton fosfor.

I figur 2.1 nederst, er fosfortilførslen udlignet i forhold til forskelle i afstrømning og omregnet til en koncentration. Dermed er det nemmere at se hvilken udvikling, der har været gennem perioden 1990-2017. Det ses, at faldet er sket frem til ca. årtusindeskiftet, og at der derefter ikke har været nogen særlig udvikling.

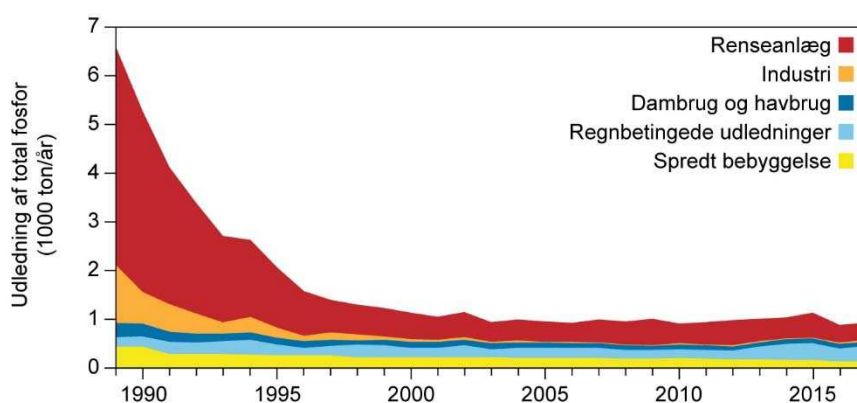
Denne udvikling med den store reduktion frem til ca. år 2000 er båret af en tilsvarende stor reduktion i punktkildebidraget (renseanlæg m.m.), idet punktkilderne omkring 1990 stod for næsten 80 % af den samlede udledning, men nu er reduceret til ca. 30 %. I figur 2.2 er punktkildebidraget delt ud på de forskellige typer af punktkilder. Heraf ses, at den store reduktion i den samlede punktkildeudledning er sket på renseanlæg og fra industri (omkring 95 %), mens den samlede reduktion for alle punktkilder er 86 %. Siden 2004 har reduktionen i udledningen af fosfor fra punktkilder samlet set været stagnerende.

Figur 2.1. Udvikling i samlet tilførsel af fosfor til havet samt vandføringsvægtet koncentration (Thodsen et al. 2019).



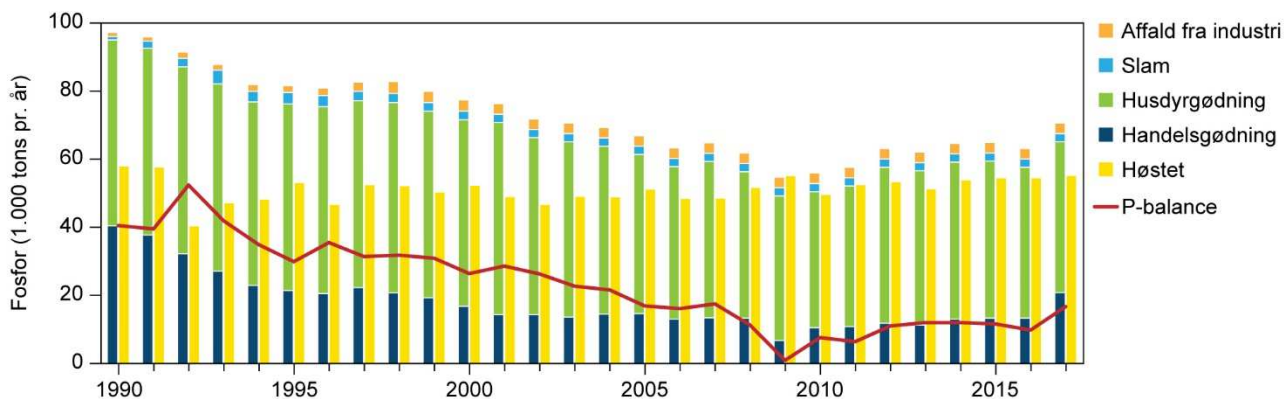
Som det fremgår af figur 2.1, er den diffuse fosfortilførsel i dag betydeligt større end udledningen fra punktkilderne. Den diffuse tilførsel består af flere elementer – et baggrundsbidrag, et bidrag fra spredt bebyggelse og så et bidrag fra dyrkningen af jorden. Der har ikke været en sikker udvikling i det diffuse bidrag i perioden 1989-2017, men en tendens til et faldende niveau i en række områder. Det er imidlertid vanskeligt og usikkert at dele det diffuse bidrag ud på disse tre kilder.

Figur 2.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Miljøstyrelsen 2019). Nogle af tallene kan være påvirket af analysefejl.



Det diffuse bidrag indeholder som nævnt en del, som stammer fra dyrkningen af jorden. Der er overordnet to veje, ad hvilke fosfor kan komme til overfladevand – via dræn (udvaskning og små partikler) og overfladisk afstrømning, f. eks. når det regner kraftigt. Hertil kommer erosion af vandløbsbrinker.

For alle transportveje er jordens indhold af fosfor væsentlig. I figur 2.3 er vist udviklingen i fosforregnskabet for dansk landbrug. Det vigtige er her P-balancen (eller overskuddet), som viser forskellen mellem udbragt fosfor (f. eks. med gødning) og det fjernede via høst m.m. Figur 2.3 viser, at overskuddet (P-balancen i figur 2.3) er faldet mere end 70 % i perioden 1990-2017. Men der er meget store forskelle i overskuddet mellem forskellige produktionstyper i landbruget.

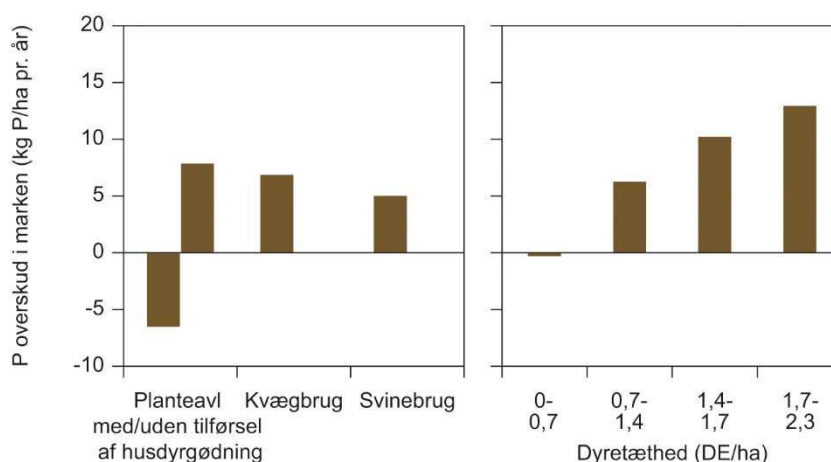


Figur 2.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2017 (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

Det er også værd at bemærke, at fosforoverskuddet de seneste par år har været af samme størrelse som tildelt handelsgødning, dvs. at det helt overordnet set ikke har været nødvendigt at anvende handelsgødning. Det vil dog kræve, at den samlede tilgængelige fosformængde kan fordeles mere ensartet i Danmark.

Figur 2.4 viser overskuddet på forskellige bedriftstyper. Det er her klart, at mens der er et decideret underskud (dvs. der bliver fjernet mere med høstede afgrøder end tilført med gødning) på "rene" planteavlsbrug, er der et overskud på bedrifter med dyrehold. Det betyder også, at der er regionale forskelle i fosforoverskuddet, idet husdyrproduktionen i høj grad er koncentreret vest for Storebælt.

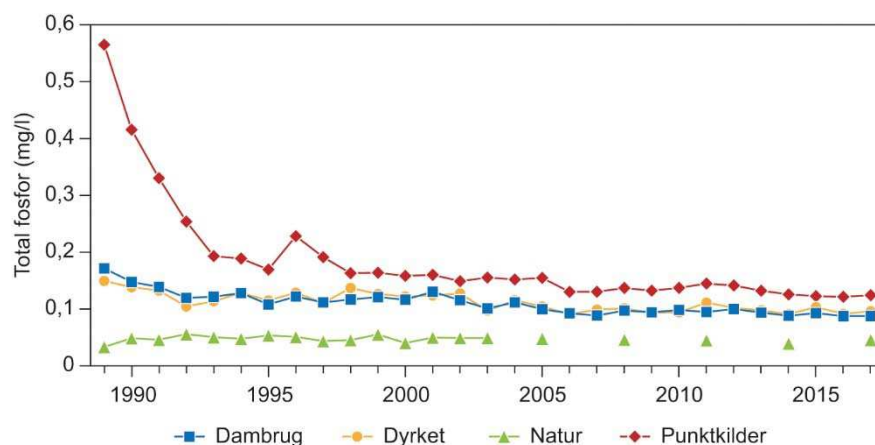
Figur 2.4. Fosforoverskud 2017 i marken i landovervågningsplanerne på ejendomme med forskellig brugstype og husdyrtæthed (Blicher-Mathiesen et al. 2019).



2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand

Figur 2.5 viser den udvikling, der har været i koncentrationen af fosfor i vandløb med forskellige dominerende fosforkilder ("dambrug" angiver vandløb, hvor der er en væsentlig produktion af ørreder). Her er der taget højde for forskellige nedbørsforhold årene imellem. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i mange vandløb uden særlig punktkildebelastning ligger i dag på ca. 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. 2019).

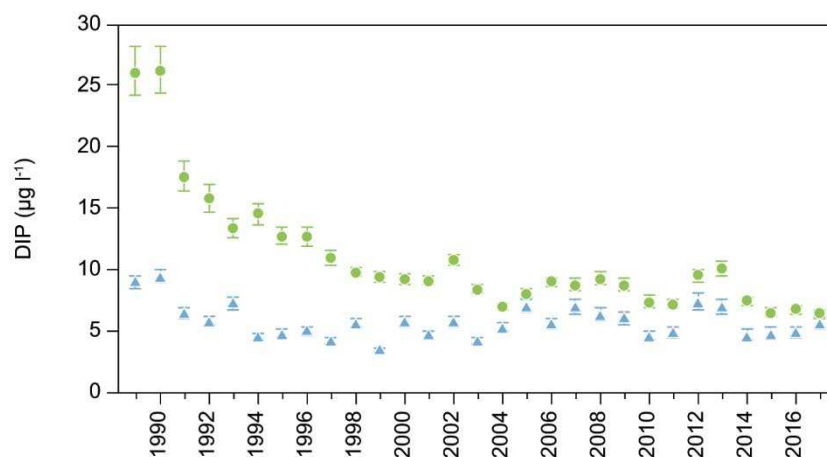


På grund af fejlanalyser er det ikke muligt at vise udviklingen i koncentrationen af total P i kystområder og indre danske farvande. I stedet er der vist udviklingen i den opløste uorganiske del af fosforindholdet (DIP, se figur 2.6), som imidlertid kun udgør en mindre andel af det totale fosforindhold.

Koncentrationen af opløst uorganisk fosfor i fjorde og kystvande er faldet fra et niveau på 20-25 $\mu\text{g/l}$ i de tidlige 1990'ere til omkring 10 $\mu\text{g/l}$ i de seneste år. Der er også sket et mindre markant fald i koncentration i de åbne dele af de danske farvande.

Der var tidligere betydeligt større koncentrationer af opløst uorganisk fosfor i fjorde og kystnære områder i forhold til de åbne farvande, men forskellen er blevet markant mindre. Da påvirkning fra danske landområder er størst i fjordene og de kystnære områder, er det et tegn på, at den danske indsats for at nedbringe udledning af fosfor til havmiljøet med bl.a. spildevandsrensning har båret frugt.

Figur 2.6. Udvikling i koncentrationen af opløst fosfor i fjorde og kystvande (●) og åbne indre danske farvande (▲). (Hansen (red.) 2019).



3. Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

En række metaller og organiske miljøfarlige stoffer er på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer. Det er særligt disse stoffer samt stoffer, der udledes i betydelig mængde, der er fokus på i overvågningen af overfladevand, mens der i overvågning af grundvand er særligt fokus på pesticider. I 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 metallerne er højere end den "naturlige baggrund", både de essentielle og de, som ikke er essentielle, kan de være et problem for levende organismer. Især tungmetallerne bly, cadmium og kviksølv kan være et problem. Metaller har udbredt anvendelse i dagens industrielle samfund, og det betyder, at der ud over den naturlige frigivelse fra jordskorpen også sker anden spredning til miljøet, hvor de kan udgøre et miljømæssigt problem.

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

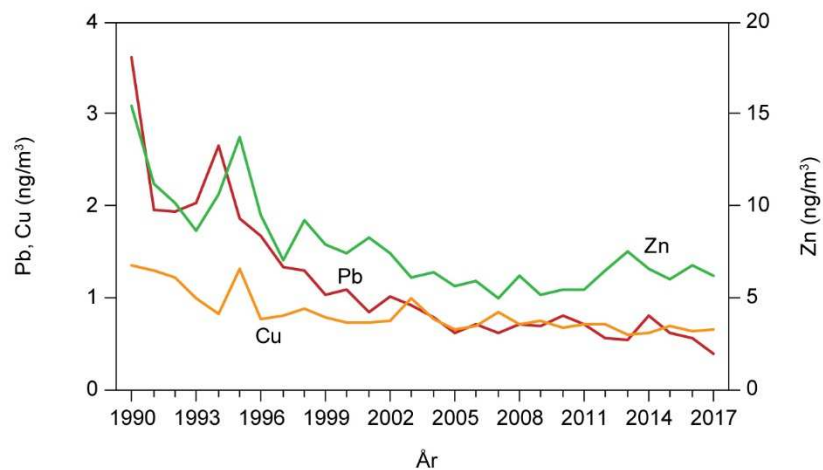
Data fra målinger af metaller og organiske miljøfarlige stoffer i spildevand bliver rapporteret andetsteds, mens data fra målinger i ferskvand og marine områder bliver rapporteret, når der er større datamængde fra indeværende programperiode.

3.1 Kilder til metaller i vandmiljøet

Spildevand og atmosfærisk deposition er væsentlige kilder til metaller i overfladevand i koncentrationer, der er højere end baggrundskoncentrationen af metallerne. Normalt er årsagen til forhøjede koncentrationer af metaller og andre sporstoffer i grundvandet lokalt geologisk betinget, eller det skyldes frigivelse fra jordlagene som følge af grundvandssænkning.

Overfladevand og jord tilføres væsentlig mere zink med nedbør end nogen af de andre metaller. Kobber er de seneste tre år blevet tilført i næststørst mængde, mens det i 2014 var bly. Der er sket en betydelig nedgang i depositionen af metaller, heriblandt især zink og bly, siden 1989 med den største nedgang frem til ca. årtusindeskiftet (figur 3.1). De seneste 10 år er depositionen dog kun aftaget svagt sammenlignet med tidligere, og for visse stoffer ses en tendens til en svag stigning siden 2010.

Figur 3.1. Udvikling i depositionen af bly (Pb), kobber (Cu) og zink (Zn) over en 27-årig periode (Ellermann et al. 2019).



3.2 Kilder til organiske miljøfarlige stoffer i vandmiljøet

De organiske miljøfarlige 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, enten til overfladevand eller til grundvand, der er de væsentligste kilder.

I den atmosfæriske deposition måles en række pesticider. Depositionen af pesticider var størst i maj-juni og september-december, hvilket er sammenfaldende med landbrugets sprøjetidspunkter. Prosulfocarb, terbutylazin og dets nedbrydningsprodukt desethylterbutylazin ydede i 2017 de største bidrag til den samlede deposition af pesticider ved de to målestationer, hvor der opsamles nedbørsprøver. De tre stoffer er blandt de stoffer, der også de seneste foregående år har bidraget mest til depositionen af pesticider. Prosulfocarb har bidraget mest til den samlede deposition med den største deposition om efteråret, dvs. lige efter sprøjtesæsonen. Der ser desuden ud til at være sammenhæng mellem den årlige deposition af prosulfocarb og det samlede areal af vintersæd. Depositionen var i 2017 på niveau med de tidligere år uden at der kan ses en udviklingstendens.

I 2017 er der for første gang gennemført kontinuerlig måling af pesticider i luften, heriblandt prosulfocarb, som blev fundet i højest koncentration. Lige som i nedbøren blev de højeste koncentrationer i luften fundet om efteråret.

4. Luft

Formålet med Overvågningsprogrammet for luftkvalitet i danske byer 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, kvælstofarter (NO_x/NO_2), partikelmasse (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), partikelantal, benzen og toluen, kulilte, ozon (O_3), udvalgte tungmetaller som bly, arsen, cadmium, kviksølv og nikkel, samt tjærestoffer (PAH'er) og flygtige kulbrinter (VOC'er), der kan føre til dannelse af ozon.

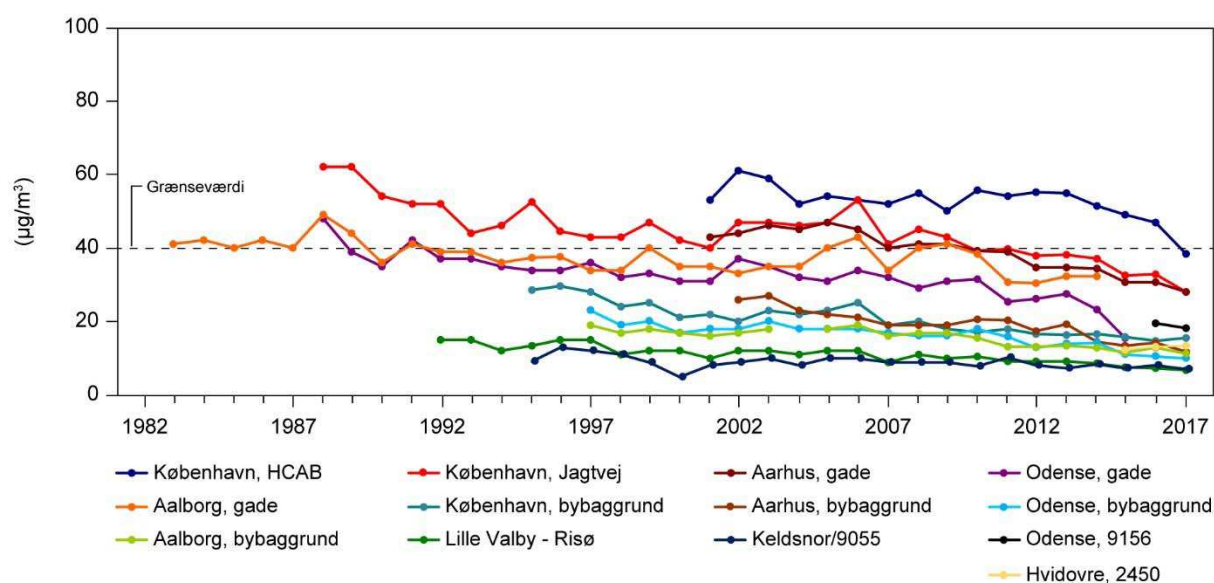
Der anvendes en kombination af målinger og modelberegninger til at vurdere, om EU's grænseværdier for luftkvalitet er overholdt, og udviklingen i koncentrationer over årene følges. Der er fastsat grænse- og målværdier for flere af de målte stoffer.

4.1 Ingen NO_2 - og partikeloverskridelser

4.1.1 NO_2 -målinger

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

I 2017 blev grænseværdien for NO_2 som årsmiddelværdi på gadestationerne ikke overskredet i modsætning til i 2016, hvor grænseværdien for NO_2 som årsmiddelværdi blev overskredet på en gadestation (H.C. Andersens Boulevard i København) (Figur 4.1).



Figur 4.1. Graferne viser tidsserier for årlige gennemsnitsværdier af NO_2 for de forskellige målestationer. Grænseværdien er 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og trådte i kraft i 2010 (Ellermann et al. 2018).

På H. C. Andersens Boulevard (1103) blev der i 2010 indført en permanent ændring af vejbanerne ud for målestationen, hvilket førte til en forøgelse i koncentrationerne på omkring $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ set i forhold til tidligere. Denne forøgelse i koncentrationerne blev målt indtil november 2016, om end koncentrationerne på H.C. Andersens Boulevard igennem de seneste år er faldet parallelt med det generelle fald i koncentrationerne, f.eks. som observeret på Jagtvej (1257). I november 2016 blev placeringen af målestationen justeret, svarende nogenlunde til den tidligere afstand til vejbanen, og der er sket et fald i de målte koncentrationer.

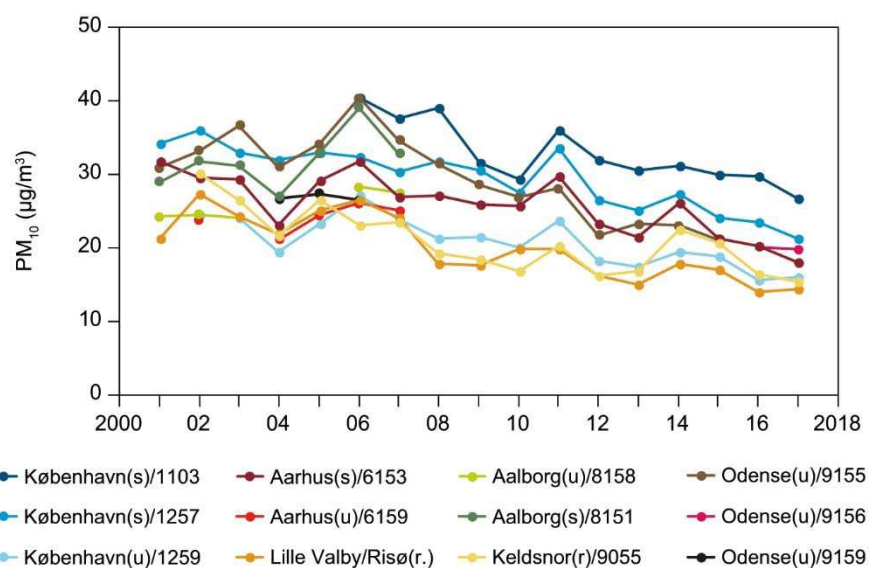
Modelberegninger indikerer, at grænseværdien for NO_2 i 2017 ikke var overskredet på beregnede gadestrækninger i København mod indikationer på 6 overskridelser ud af 98 beregnede gadestrækninger i 2016. Der var ingen overskridelser hverken i 2016 eller 2017 på de udvalgte gadestrækninger i Aalborg.

4.1.2 Partikelmålinger

Partikelforurening består af en kompleks blanding af partikler i forskellige størrelser med forskellig fysiske og kemiske egenskaber, som varierer meget fra en lokalitet til en anden.

Luftens indhold af PM_{10} (partikler med en diameter op til 10 mikrometer) er faldet siden 2001 (figur 4.2). I 2017 var der ingen målestationer i måleprogrammet, hvor det tilladte antal af overskridelser af den daglige middelværdi for PM_{10} blev overskredet. Der var heller ingen overskridelser af grænseværdien for årsmiddelværdien af PM_{10} .

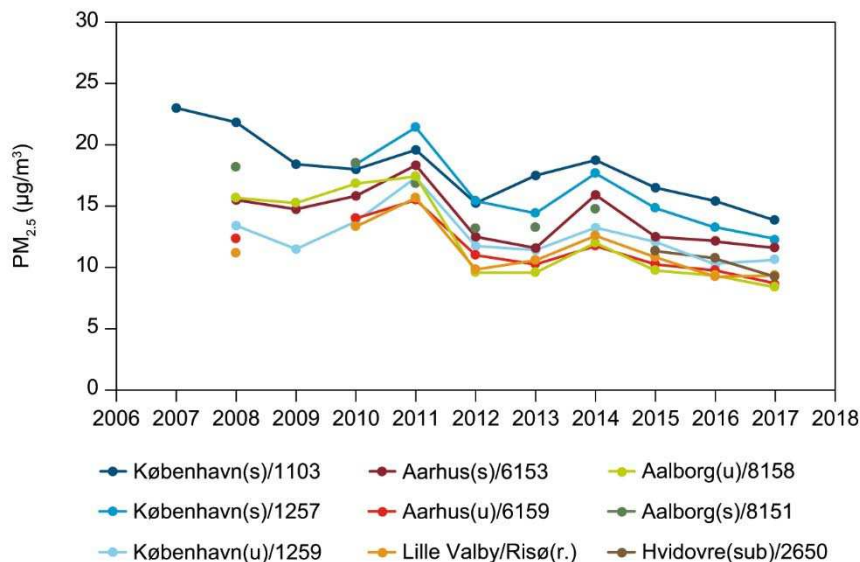
Figur 4.2. Graferne viser tidsserier for årlige gennemsnitsværdier af PM_{10} for de forskellige målestationer (Ellermann et al. 2018).



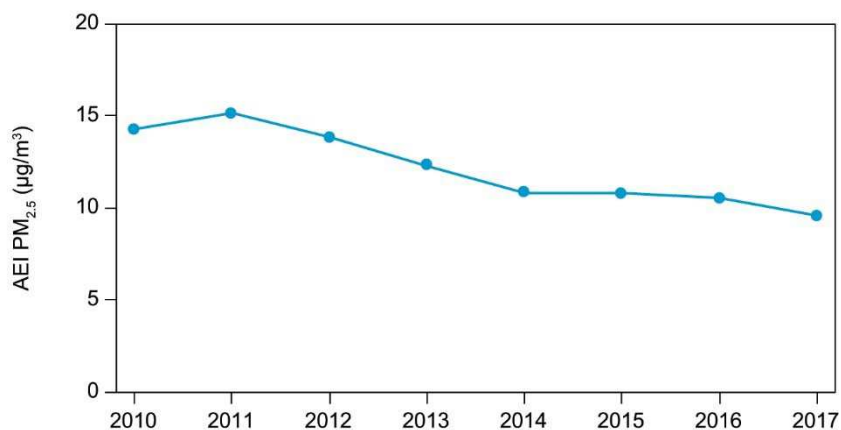
Indholdet i luften af partikler mindre end $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) overskred i 2017 ikke grænseværdien på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddelværdi (Figur 4.3).

AEI-værdien (Average Exposure Indikator) bestemmes som tre års gennemsnit af $\text{PM}_{2,5}$ -koncentration i bybaggrund. Denne værdi er faldet med omkring 30 % siden 2010 (Figur 4.4). Målværdien (15% reduktion) fastlagt i EU-direktivet, som skal være overholdt i 2020, er dermed nået. En målværdi er ikke en egentlig grænseværdi, men et niveau der fastsættes for at undgå, forhindre eller reducere skadelige virkninger på menneskers sundhed og/eller for miljøet som helhed, og som så vidt muligt skal nås i løbet af en given periode.

Figur 4.3. Graferne viser tidsserier for årlige gennemsnitsværdier af $PM_{2,5}$ for de forskellige målestationer. Kun målte årsmiddelværdier, der dækker mere end 2/3 af året, er vist. Dog er den nye station i Hvidovre (2650), som blev sat i drift 17. juni 2015 medtaget samt data fra 1/1-7/9 2014 for en station (8151) i Aalborg (Ellermann et al. 2018).



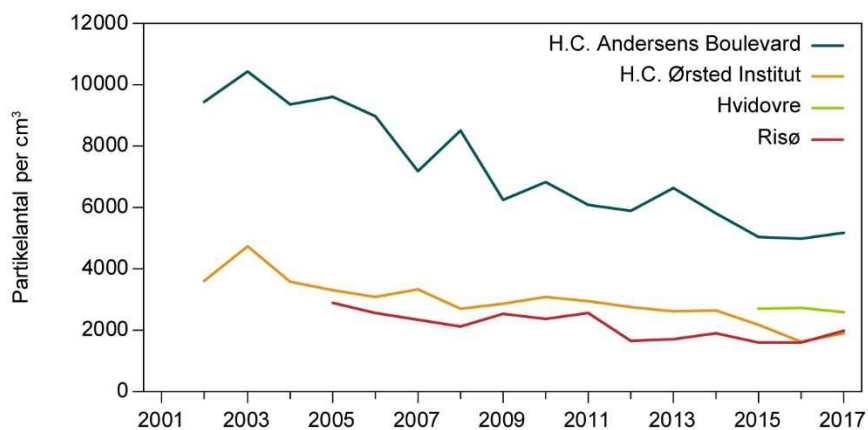
Figur 4.4. Grafen viser AEI-trenden af $PM_{2,5}$ målt i bybaggrund i København (Ellermann et al. 2018).



Ultrafine partikler er partikler med en diameter fra få nanometer (nm) op til 100 nanometer. Fordi de er så små, måles de som antallet pr. cm^3 .

Tekniske vanskeligheder med nyt måleudstyr har betydet, at data for ultrafine partikler for 2017 er foreløbige (Figur 4.5). Det har ikke været muligt at udføre målinger af de små partikler i måleområdet 11-41 nm, og antallet af partikler angives derfor for intervallet 41-550 nm.

Figur 4.5. Graferne viser tidsserier for årlige gennemsnitsværdier af antallet af partikler (41-550 nm). Værdierne er foreløbige (Ellermann et al. 2018).



4.2 Ozon og VOC

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

Ozonkoncentrationerne var i 2017 på niveau med tidligere år. Der er ikke fastsat egentlige grænseværdier for ozon (O_3), men kun målværdier og langsigtede mål (hensigtsværdier). Der var i 2017 ingen overskridelser af målværdierne for beskyttelse af sundhed, mens de langsigtede mål (på $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som endnu ikke er trådt i kraft) blev overskredet på bybaggrundsstationerne i København (H.C. Ørsted Institut), Aarhus (Botanisk Have) og Odense (på taget af rådhuset). Tærsklen for, hvornår befolkningen skal informeres om høje ozonniveauer ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddelværdi), blev ikke overskredet i 2017.

Målinger af 17 udvalgte flygtige organiske kulbrinter (VOC'er) i bybaggrund i København viser koncentrationerne, som spænder fra $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $0,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2017. VOC'erne bidrager til den kemiske dannelse af ozon på europæisk plan og målingerne skal først og fremmest understøtte den generelle forståelse af ozondannelsen i Europa. I Danmark er størstedelen af ozonkoncentrationen langtransport af luftforurening fra centrale og sydlige dele af Europa.

4.3 Øvrige stoffer

De øvrige målte stoffer findes i koncentrationer under grænseværdierne, og for flere stoffer (f.eks. benzen, svovldioxid og bly) er koncentrationerne faldet markant siden 1990.

Målinger af partikelbundne tjærestoffer (PAH) blev foretaget på to målestationer. Middelværdien for benz[a]pyren var henholdsvis $0,18 \text{ ng}/\text{m}^3$ og $0,29 \text{ ng}/\text{m}^3$ på henholdsvis H.C. Andersens Boulevard i København og ved målestationen i Hvidovre, og målværdien på $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ overholdes således.

4.4 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening

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

Modelberegningerne af helbredseffekterne viser, at luftforureningen som gennemsnit for 2015-2017 er skyld i omkring 3.200 for tidlige dødsfald (ca. 400 færre end gennemsnittet for perioden 2014-2016) og en lang række andre negative helbredseffekter. Årsagen til faldet er generelt faldende udledninger kombineret med lave ozonkoncentrationer i 2017 som følge af meteorologiske forhold. Omkring 770 (24 %) af de for tidlige dødsfald skyldes ifølge beregningerne danske kilder, mens resten af de for tidlige dødsfald hovedsageligt skyldes kilder til forurening fra det øvrige Europa. De eksterne omkostninger som følge af luftforureningen beløber sig til omkring 25 milliarder kr. (omkring 3,3 milliarder euro). De negative helbredseffekter og de eksterne omkostninger er faldet med omkring 40% siden 1988-1990.

5. Grundvand

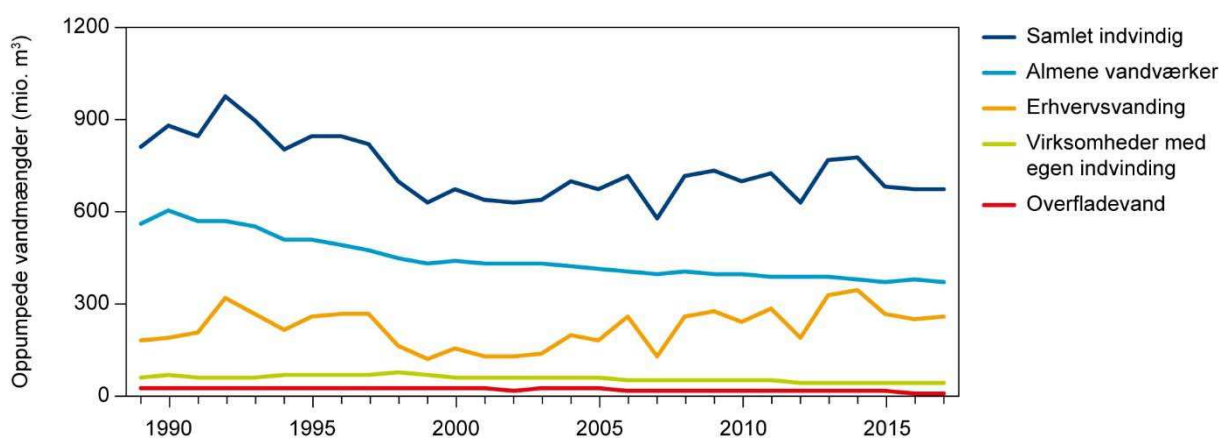
Grundvand er grundlaget for Danmarks drikkevandsforsyning. Det er derfor vigtigt, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet til drikkevand. Grundvand indgår som en vigtig del i vandets kredsløb. Grundvandets mængde og kvalitet har derfor også betydning for naturen, dvs. i kilder, vandløb, søer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

Grundvandsovervågningen er siden starten i 1989 blevet revideret i flere omgange for at imødekomme udviklingen i 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. (2019) redegjort for, hvad de gennemførte revisioner af grundvandsovervågningen har betydet for datagrundlaget til vurdering af udviklingen og tilstanden i grundvandets kemiske tilstand.

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 vejret 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 f.eks. vandløb og grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær negativt.

Den samlede vandindvinding samt fordelingen af indvindingen på forskellige kategorier i perioden 1989 – 2017 er vist i figur 5.1. I løbet af 1990'erne er indvindingen ved almene vandværker faldet fra omkring 600 mio. m³ til omkring 400 mio. m³. Derefter har faldet i forbruget været langsommere og lå forbruget i 2017 på ca. 370 mio. m³. Den samlede indvinding afspejler ud over nedgangen i indvindingen ved almene vandværker også de markante variationer, der er i indvinding til erhvervsvanding, særligt markvanding, der er afhængig af nedbørsmængden.



Figur 5.1. Den samlede vandindvinding, samt indvinding ved almene vandværker, erhvervsvanding, virksomheder med egen indvinding og overfladevand i Danmark i 1989-2017 (Thorling et al. 2019).

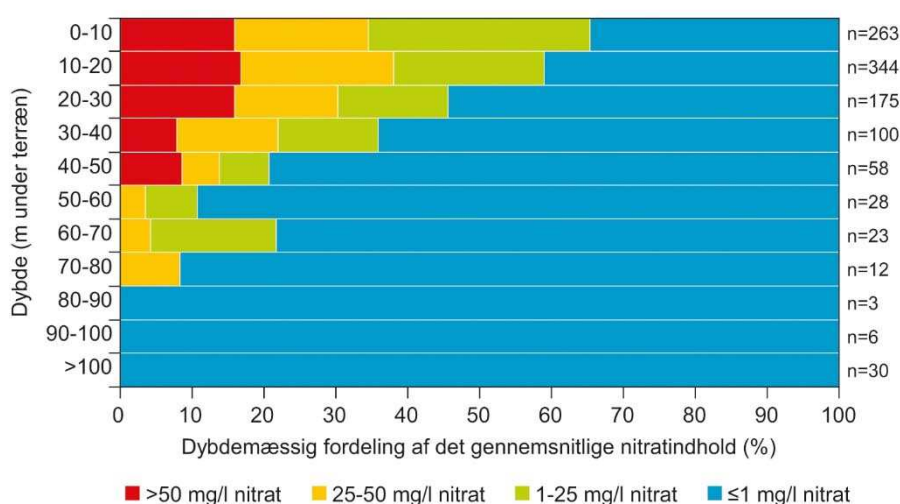
5.2 Nitrat i grundvand

Nitrat i grundvand i høje koncentrationer er uønsket, når vandet anvendes til drikkevand, da høje nitratkoncentrationer kan være sundhedsskadelige.

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.

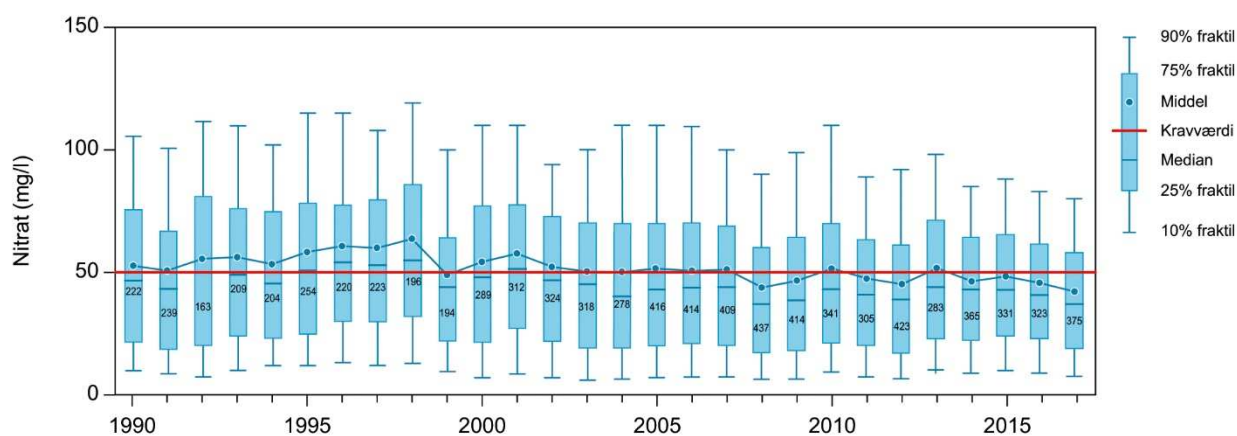
I forbindelse med NOVANA måles grundvandets indhold af nitrat i grundvandsovervågningsprogrammet (GRUMO) og i landovervågningsprogrammet (LOOP). Nitratindholdet var i 2017 højere end kravværdien på 50 mg/l i omkring 17 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Figur 5.2 viser, at nitratkoncentrationer over kravværdien hovedsageligt optræder i de øverste 50 m. Generelt er der lavere koncentrationer af nitrat i vandværksboringerne end i grundvandsovervågningen. Dette kan forklares ved, at vandværkerne forsøger at undgå indvinding fra en del af grundvandet, hvor nitratindholdet overskrider kravværdien på 50 mg/l.

Figur 5.2. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2017 i forhold til top af indtag i m u.t. i 1042 indtag i grundvandsovervågningen. Nitratindholdet er opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (Thorling et al. 2019).

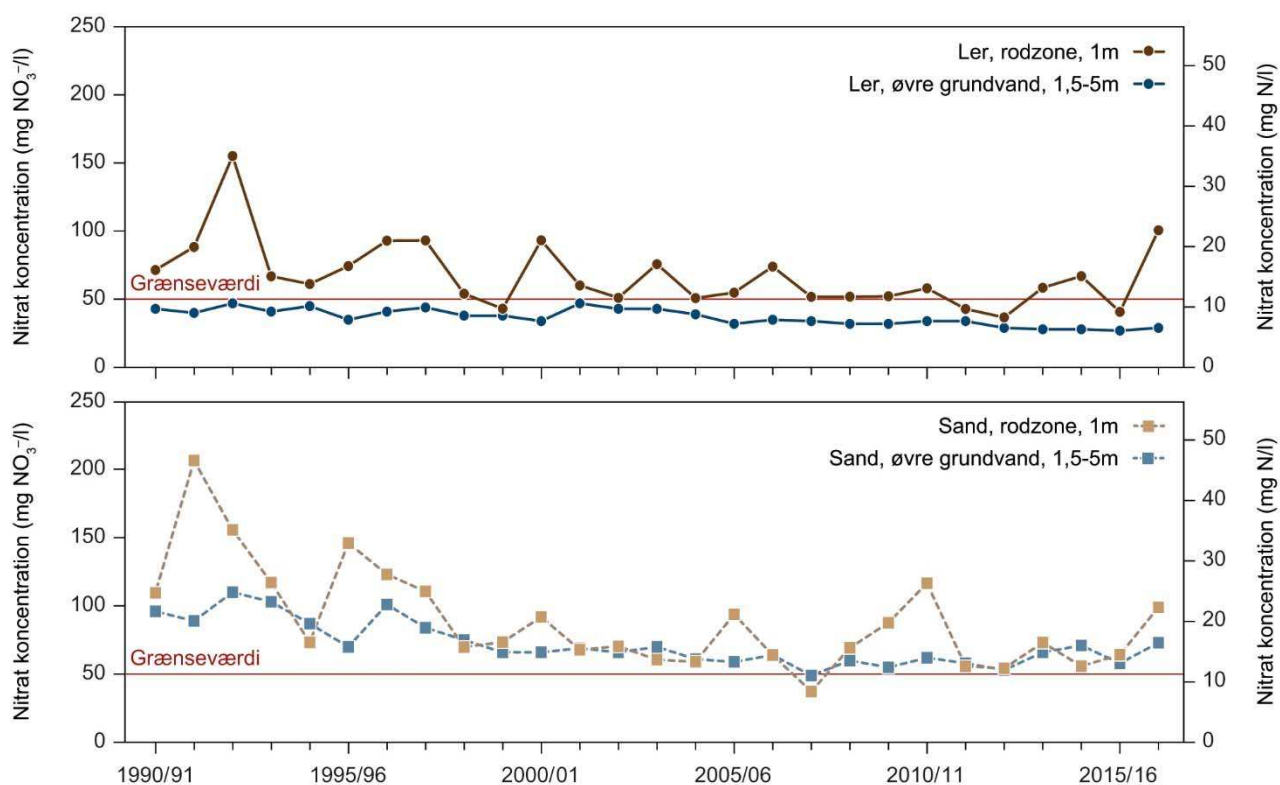


Effekten på grundvandets nitratindhold af de kvælstofreguleringer, som er sket gennem nationale handlingsplaner siden 1985, afspejler sig i det iltholdige grundvand. De seneste 10 prøvetagningsår har nitratindholdet i iltholdigt grundvand i gennemsnit varieret omkring kravværdien på 50 mg/l, dog med flest årlige middelværdier under kravværdien og med en tendens til færre indtag med meget høje koncentrationer (figur 5.3). I 2017 var den målte gennemsnitsværdi i det iltholdige grundvand på det hidtil laveste niveau i overvågningsperioden.

Udviklingen i nitratkoncentrationen i rodzonen og det højtliggende iltede grundvand på ler- og sandjord måles i LOOP. Her er der fundet faldende nitratkoncentrationer med de største fald i koncentrationen i den første del af overvågningsperioden fra 1990 til omkring år 2000 på sandjorde og omkring år 2006 på lerjorde (figur 5.4). I 2017 var nitratindholdet højere end kravværdien i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjorde i henholdsvis ca. 80 % og ca. 4 % af indtagene.



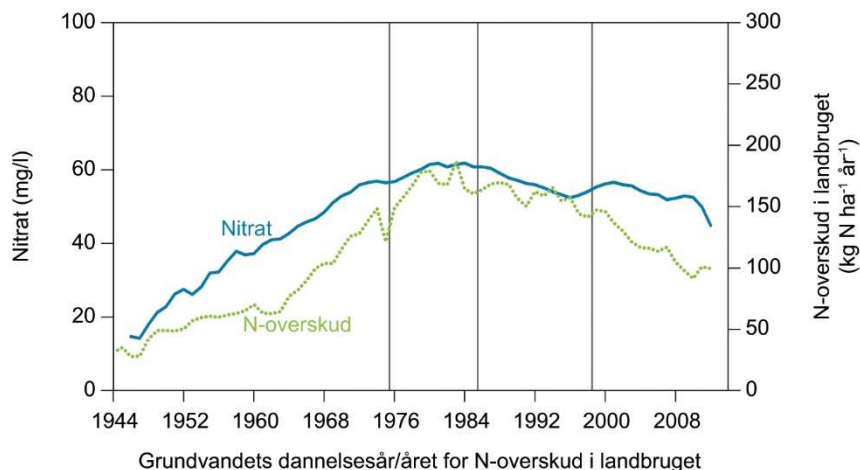
Figur 5.3. Udviklingen i det iltholdige grundvands nitratindhold i grundvandsovervågningen vist for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2017. Beregnet på baggrund af det gennemsnitlige nitratindhold per indtag per år. Antal af indtag er angivet for hvert år (Thorling et al. 2019).



Figur 5.4. Udviklingen i målte nitratkoncentrationer i perioden 1990/91 til 2015/16 i rodzonevand og det øvre grundvand i tre lerjords- og to sandjordsoplande (LOOP). Grænseværdien angiver EU's krav til maksimal nitratkoncentration i grundvand (Blicher et al. 2019).

Figurerne og vurderingerne oven for er baseret på måling af nitratindholdet i grundvandet i de år, hvor prøverne er udtaget. Det er muligt at bestemme grundvandetets alder, det vil sige bestemme, hvornår grundvandet er dannet. Kendskab til grundvandetets alder gør det muligt at bestemme, hvad nitratindholdet var i grundvandet på det tidspunkt, hvor det blev dannet. En potentiel kilde til grundvandetets nitratindhold er overskud af kvælstof fra landbrugsproduktion. Der er fundet statistisk signifikant sammenhæng mellem nitratindholdet i iltet grundvand i et dannelsesår og kvælstofoverskuddet (N-overskud) i dansk landbrug samme år i perioden fra 1960 til 2012 (figur 5.5).

Figur 5.5. Gennemsnitligt nitratindhold som 5-års glidende gennemsnit af i iltet grundvand i forhold til året for grundvandet dannelses og overskud af kvælstof fra landbrugsproduktionen, dvs. den faktuelle nationale kvælstofbalance beregnet for hvert år (Hansen et al. 2017).



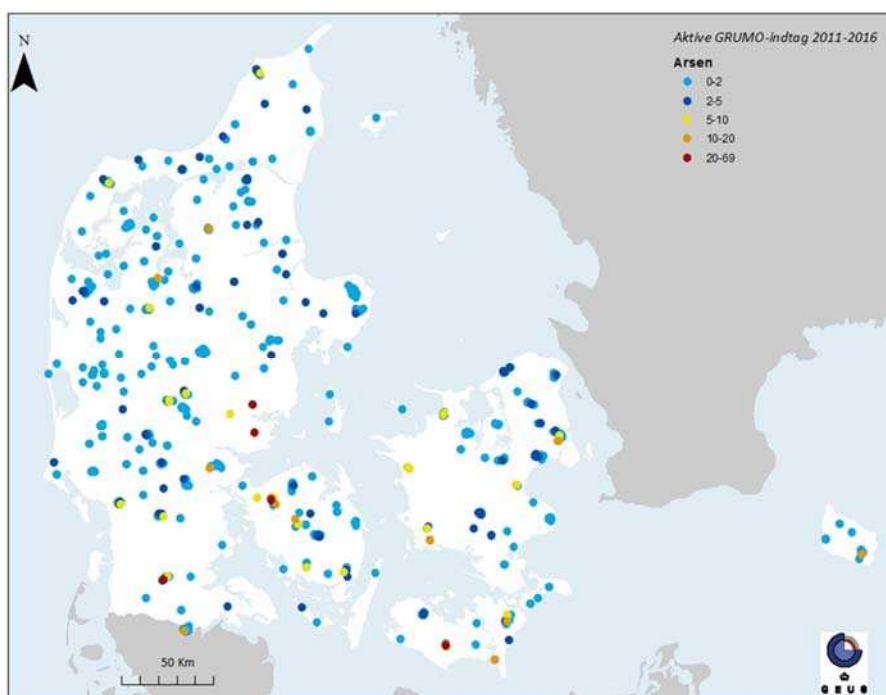
5.3 Uorganiske sporstoffer i grundvand

Grundvandet indhold af uorganiske sporstoffer er dels geologisk betinget og dels en følge af menneskeskabte aktiviteter. I grundvandsovervågningen måles der for 10 forskellige uorganiske sporstoffer. De hyppigste overskridelser af kravværdien blev i 2017 fundet for arsen (9,0 % af de undersøgte indtag), aluminium (5,6 % af de undersøgte indtag) og nikkel (3,2 % af de undersøgte indtag). I enkelte indtag (<1,0 %) blev der fundet overskridelse af kravværdien for bor og bly. Overskridelserne af kravværdierne fordeler sig på 19 % af de i alt 678 undersøgte indtag.

Fordelingen mellem sporstoffer, der blev fundet med størst hyppighed og mindre hyppigt var i perioden 2011-16 den samme som i 2017. I perioden 2011-2016 blev der samlet set fundet overskridelse af kravværdier for uorganiske sporstoffer i 23 % af de i alt 212 indtag, hvor der er undersøgt for sporstoffer.

Arsen, som i 2017 blev fundet med størst hyppighed i koncentrationer over kravværdien på 5 µg/l, forekommer som hovedregel i højere koncentrationer i iltfattigt grundvand. Grundvand med højt arsenindhold ses især i områder, hvor tertiært ler findes i undergrunden nær grundvandsmagasinerne (figur 5.6).

Figur 5.6. Arsen i 911 GRUMO-indtag i perioden 2011-2016.



5.4 Pesticider i grundvand

Et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider blev i 2017 fundet i 32,5 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kravværdien på 0,1 µg/l var overskredet i 10,5 % af indtagene.

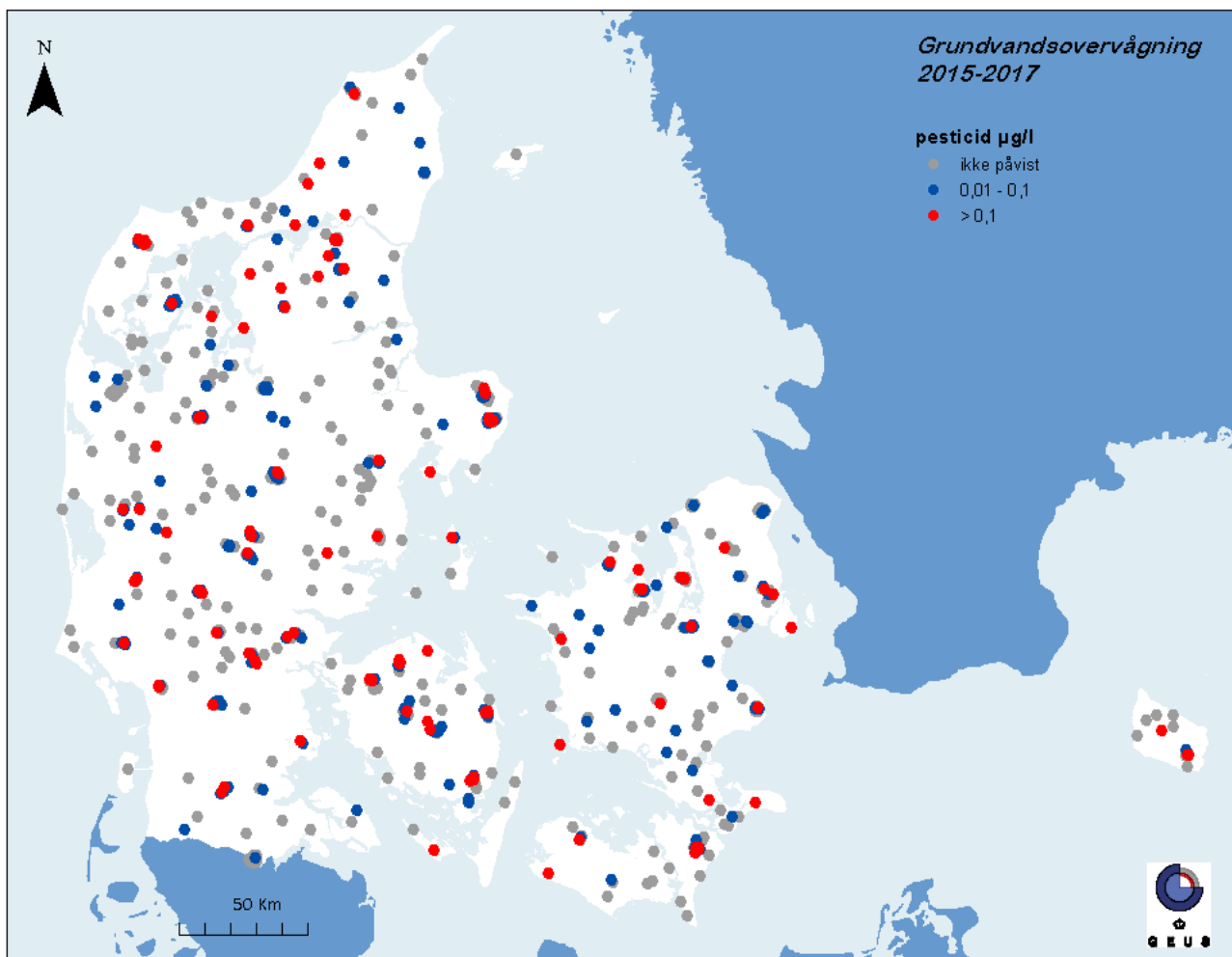
I 2017 blev der i grundvandsovervågningen undersøgt for i alt 37 pesticider eller nedbrydningsprodukter af pesticider, heraf var 34 programlagte stoffer mens tre stoffer blev undersøgt ved en screeningsundersøgelse. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider samt selve stationsnettets udformning er blevet revideret flere gange siden starten af pesticidovervågningen i slutningen af 1990'erne. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter i de forskellige perioder af overvågningen er uddybet i Thorling et al. (2019).

Ni af de 34 programlagte pesticider eller nedbrydningsprodukter af pesticider, der er målt for i 2017, er stoffer, der er godkendte til anvendelse. Syv af de ni stoffer er dog pålagt restriktioner i anvendelsen efter den oprindelige godkendelse. De resterende to stoffer uden restriktioner er glyphosat, som måtte anvendes uden restriktioner i 2017 og dets nedbrydningsprodukt AMPA. Et eller flere af de tilladte stoffer, som omfatter godkendte stoffer med og uden restriktioner i anvendelsen, blev fundet en eller flere gange i 5,9 % af de indtag, der er undersøgt i perioden 2015-2017 (1,6 % af indtagene over kravværdien). Fund af stoffer med restriktioner i anvendelsen kan skyldes en tidligere anvendelse, der ikke længere er godkendt, fx efterårsanvendelse eller en høj dosering. Blandt de stoffer, som det ikke længere er tilladt at anvende, blev der i samme periode fundet et eller flere stoffer en eller flere gang i 27 % af indtagene (7,2 % af indtagene over kravværdien).

Grundvandsovervågningen blev i 2017 i udvalgte indtag suppleret med screening for to nedbrydningsprodukter af chloridazon, desphenylchloridazon (DPC), methyl-desphenylchloridazon (MDPC), og/eller 1,2,4-triazol, som er nedbrydningsprodukt af triazol-svampemidler. Anvendelse af chloridazon har været forbudt i Danmark siden 1996. DPC, MDPC og 1,2,4-triazol blev påvist i henholdsvis 28,7%, 16,7% og 32,7% (16,6%, 4,6% og 1,4% over kravværdien). Fundhyppighederne i screeningsundersøgelsen af disse stoffer er højere end der tidligere observeret for andre pesticider eller nedbrydningsprodukter. Anvendelsen af moderstofferne til 1,2,4-triazol er i 2014 pålagt restriktioner for at beskytte grundvandet.

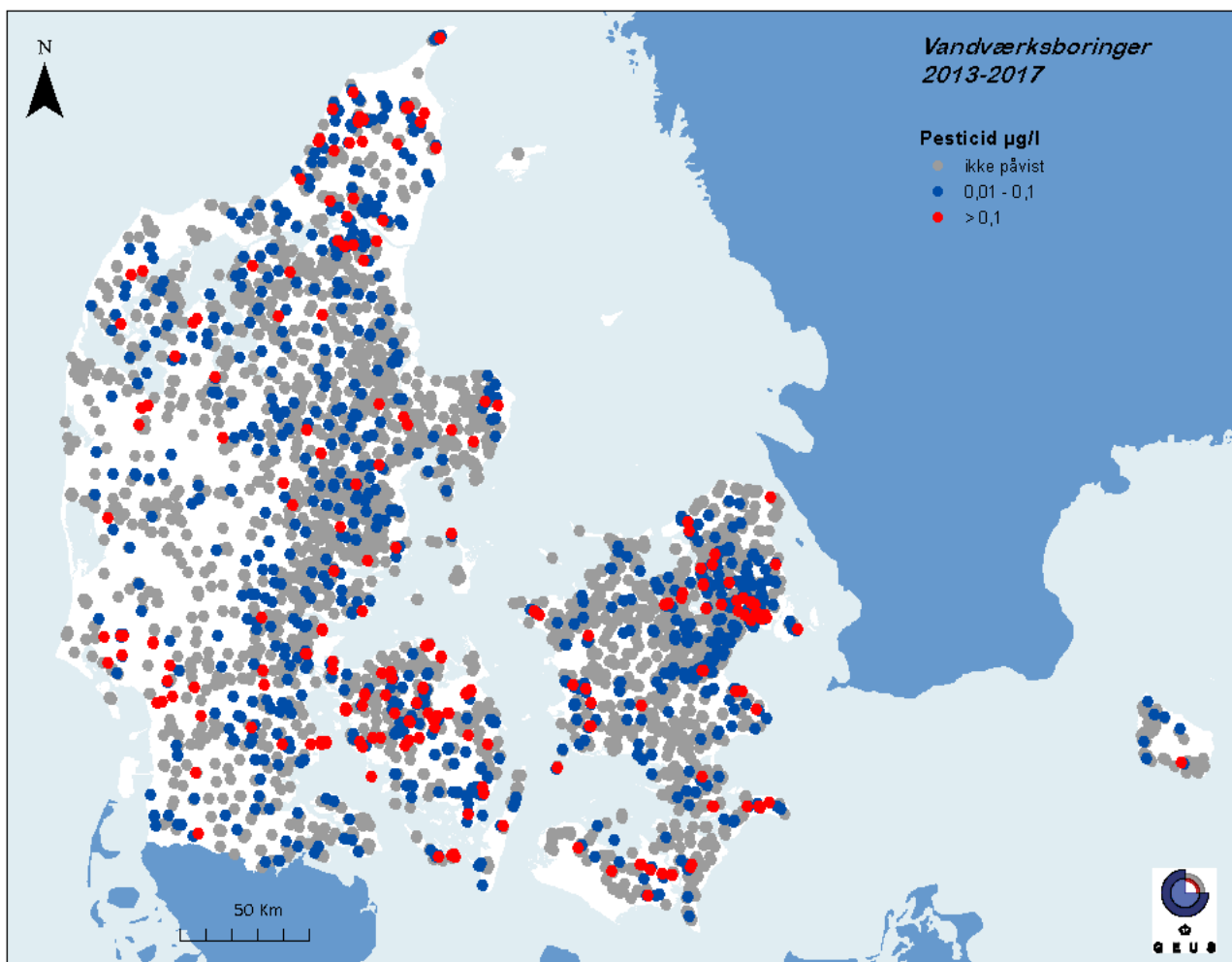
Pesticider og nedbrydningsprodukter er i grundvandsovervågningen (incl. screeningsundersøgelsen) påvist over og under kravværdien i hele landet (figur 5.7).

I vandværkernes indvindingsboringer blev der i 2017 fundet pesticider i 29 % af de undersøgte boringer (7,4 % af boringerne over kravværdien). Begge andele er højere end de foregående år. Det skyldes, at der i 2017 blev fundet nedbrydningsprodukter af chloridazon (DPC og MDPC) i mange af de undersøgte boringer. Andelen af vandværkernes indvindingsboringer, hvor der er fundet pesticider, har i perioden 2006-2016 været på et stabilt niveau mellem 23 og 26 %.



Figur 5.7. Pesticider og nedbrydningsprodukter i GRUMO-indtag prøvetaget i perioden 2015-2017 (1087 indtag) inklusiv screeningstoffer. Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kravværdien (>0,1 µg/l), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kravværdien (0,01-0,1 µg/l), eller pesticider ikke er påvist.

Den geografiske fordeling af forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter over kravværdien i vandværkernes indvindingsboringer har i perioden 2013-2017 været større i det nordligste Jylland, i et bælte tværs over Syddanmark, samt den sydvestlige del af hovedstadsområdet end i den øvrige del af landet (figur 5.8). En forklaring kan være, at en større andel af de aktive indvindingsboringer i disse områder er testet for DPC og MDPC.



Figur 5.8. Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 2013-2017 (5.971 aktive boringer). Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kravværdien (>0,1 µg/l), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kravværdien (0,01-0,1 µg/l), eller pesticider ikke er påvist.

5.5 Organiske mikroforureninger i grundvand

Organiske mikroforureninger er en meget forskelligartet stofgruppe med forskellige kilder til og opførsel i miljøet. Der er særligt fokus på stoffer, der har bred anvendelse i samfundet, og hvor den miljømæssige effekt ved tab fra den tilsigtede anvendelse er uønsket, fordi stofferne er giftige for mennesker eller økosystemer, eller de kan have hormonforstyrrende effekter selv ved lave koncentrationer.

Fælles for de organiske mikroforureninger er, at indholdet ofte ikke kan påvises grundvandet (indholdet er lavere end detektionsgrænsen). I perioden 2011-2016 blev 24 af de i alt 33 målte stoffer påvist i mindre end 1 % af de undersøgte indtag. Blandt de resterende ni var fem stoffer fra gruppen af perfluorerede forbindelser (PFAS). De fem stoffer blev fundet i 1,6 -6,2% af indtagene. Kloroform blev fundet med størst udbredelse og hyppighed af indhold over kravværdien (hhv. 9,8 % og 1,2 % i perioden 2011-2016). Den udbredte forekomst af kloroform skyldes sandsynligvis at stoffet dannes naturligt i skovbunden i nåletræsbevoksning.

6. Marine områder

Marine områder er i denne sammenhæng opdelt i hhv. kystnære områder (inkl. fjorde) og havområder (åbne indre farvande), da de to typer af farvande adskiller sig fra hinanden. I de kystnære områder er påvirkningen fra danske landområder den væsentligste, mens der er i de åbne farvande som Kattegat også er en påvirkning fra andre havområder som f.eks. Østersøen. Denne opdeling er vigtig, idet man må forvente, at en dansk indsats for at nedbringe udledninger fra f.eks. 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 f.eks. 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. Tilførslen af kvælstof har størst betydning, men tilførslen af fosfor (særlig om foråret) har også betydning for tilstanden især i de kystnære områder. Næringsstofferne er afgørende for produktionen af planteplankton, som videre påvirker en række parametre som f.eks. vandets klarhed og iltforbruget.

6.1 Status og udvikling i kemiske parametre

Der måles forskellige fysiske og kemiske parametre i overvågnings-programmet for de marine områder.

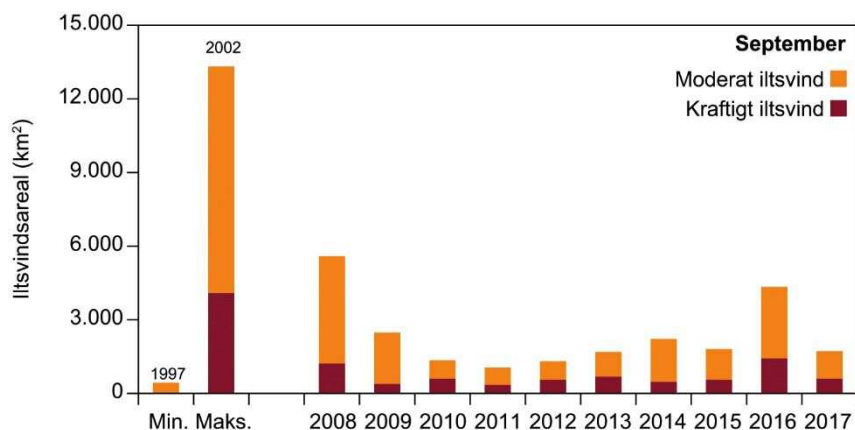
Udviklingen i næringsstofindholdet i marine områder er præsenteret i kapitel 1 og 2 (på grund af analysefejl vedr. totalkvælstof og totalfosfor vises kun indholdet af opløste uorganiske næringsstoffer). Det fremgår tydeligt, at det er i fjordene og kystvande, at næringsstofindholdet målt som opløste uorganiske fraktioner er faldet mest.

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

Iltsvindet i 2017 var kendetegnet ved at starte usædvanlig tidligt, formodentlig som et resultat af høje bundvandstemperaturer i foråret og det udstrakte iltsvind i 2016. Den tidlige start på iltsvindet og perioder med relativt svag vind hen over sommeren betød, at iltsvindet var forholdsvis udbredt og intenst i juli og august. Kraftig blæst fra midt i september bremsede og reducerede iltsvindets udbredelse efterfølgende. Stormen sidst i oktober betød sammen med de faldende bundvandstemperaturer, at der i november kun var sporadiske rester af iltsvind tilbage enkelte steder.

I figur 6.1 er vist udviklingen i iltsvind i de indre danske farvande i perioden 2007-17 sammen med det mindste (1997) og største iltsvind (2002), der er registreret i perioden.

Figur 6.1. 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 2008-2017 samt den største og mindste registrerede arealudbredelse i overvågningsperioden 1989-2017 (Hansen (red) 2019).



Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ca. 10 år (se figur 6.1) med forholdsvis udbredt iltsvind i årene 2008-09, forholdsvis lille/mellem udbredelse i årene 2010-17 afbrudt af et forholdsvis udbredt iltsvind i 2016. En meget væsentlig del af denne variation skyldes meteorologiske forhold (primært vind og temperatur). Tilførslen af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

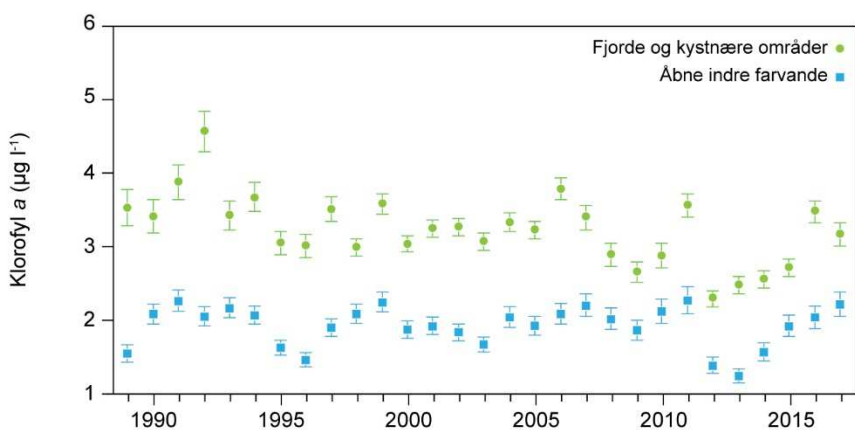
I fjorde og kystvande har iltindholdet i bundvandet varieret inden for et forholdsvis snævert interval siden 1980'erne, men overordnet er der sket et fald i iltindholdet. I de mere åbne dele af de danske farvande har der ikke været nogen særlig udvikling i iltindholdet i bundvandet i perioden 2003-13, mens der de senere år er sket et fald i iltkoncentrationen, som i 2017 var blandt de ti laveste siden 1960'erne.

6.2 Udviklingen i biologiske parametre

6.2.1 Planteplankton

Mængden af planteplankton (encellede alger) er i sig selv en indikator for miljøtilstanden, men også vigtig for en række andre parametre. Mængden af planteplankton måles på flere måder i overvågningsprogrammet. En af de metoder, der har været anvendt igennem rigtig mange år, er måling af mængden af klorofyl – det grønne fotopigment i algerne, som producerer organisk stof ved fotosyntese. Målinger af klorofyl (vist i figur 6.2) siger noget om mængden af alger, men ikke noget om artssammensætningen af algerne.

Figur 6.2. Tidslig udvikling for klorofyl a (Hansen (red), 2019).

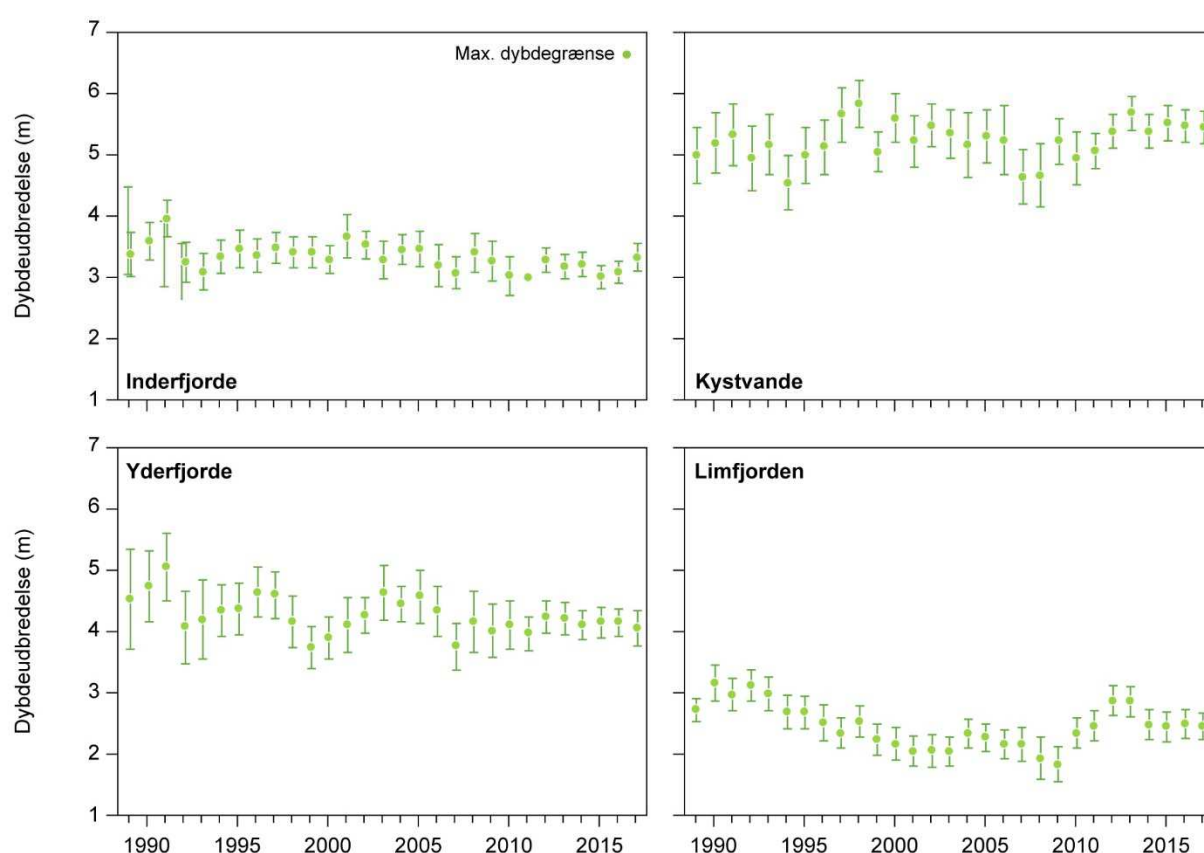


Årsmidlen for koncentrationen af klorofyl i 2017 i fjorde og kystvande var lidt lavere end i 2016, men markant over niveauet for perioden 2012-2015. Det betyder, at 2017 føjer sig ind i rækken af år siden 2012, hvor koncentrationen af klorofyl har været forøget. I de åbne indre farvande var klorofylindholdet højere i 2017 end i 2016, og 2017 var fjerde år i træk med stigende koncentration.

6.3 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.

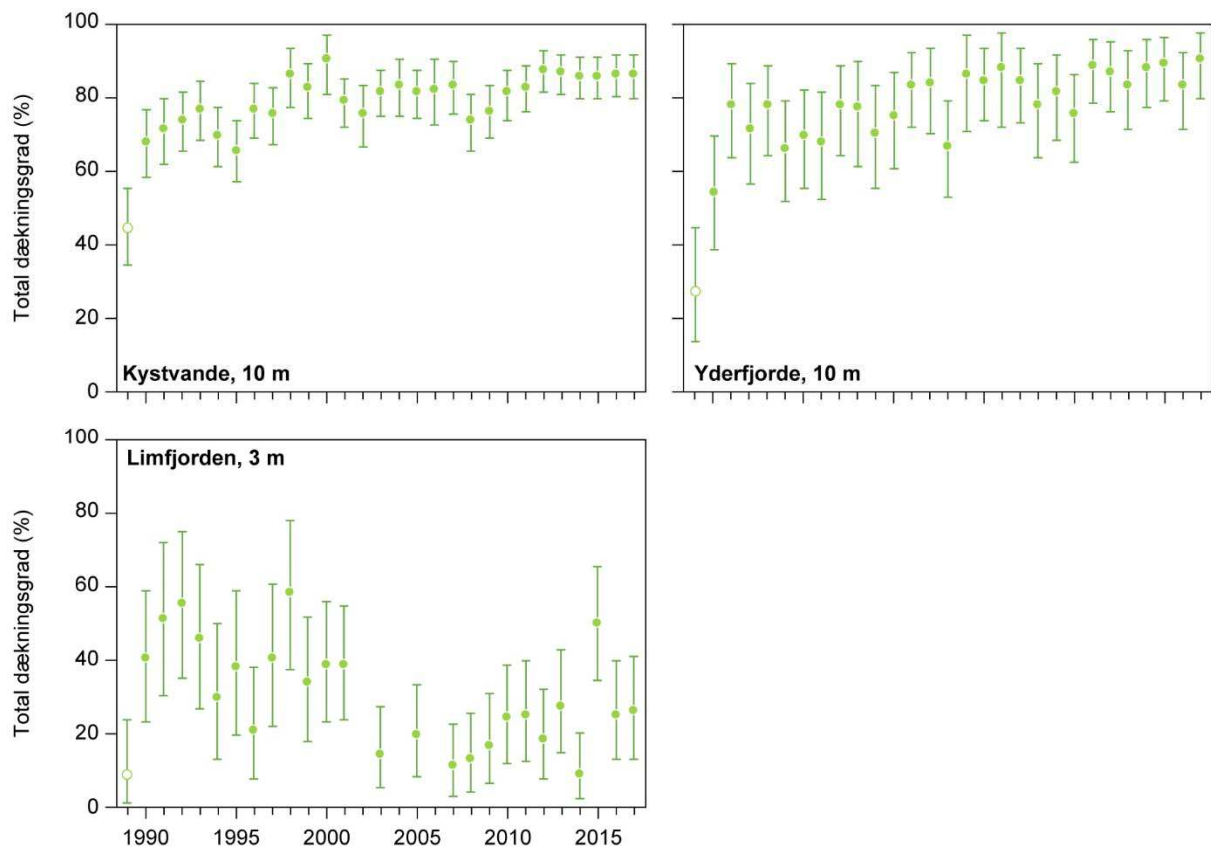
I figur 6.3 er vist udviklingen i ålegræssets udbredelse fordelt på forskellige kysttyper.



Figur 6.3. Ålegræssets dybdegrænse for den maksimale dybdeudbredelse (●) i perioden 1989-2017 for kystvande, yder- og inderfjorde, samt Limfjorden (middel ± 95 % konfidensgrænser) (Hansen (red) 2019).

Der har generelt været en positiv udvikling i ålegræssets udbredelse i de seneste 10 år, hvilket betyder, at den maksimale dybdeudbredelse siden 2008 er forøget med 14 % i kystvande. Lokalt kan der dog være store forskelle i udviklingen fra stilstand/tilbagegang til endnu større fremgang.

Udover ålegræs indgår også målinger af makroalger ("tang") i overvågningsprogrammet. I figur 6.4 er vist udviklingen i dækningsgrad for alger fordelt på tre farvandstyper: kystvande, yderfjorde samt Limfjorden.



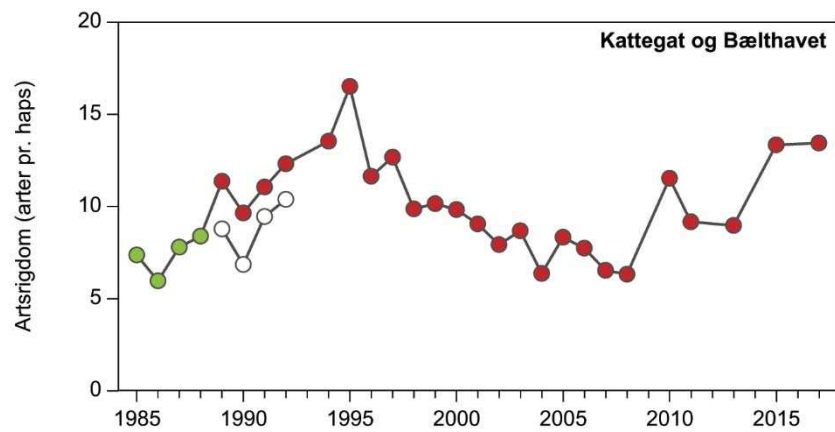
Figur 6.4. Makroalgernes totale dækningsgrad i perioden 1989-2017 (Hansen (red.) 2019).

For perioden 1990-2017 er der en signifikant positiv udviklingstendens i den totale dækningsgrad i samtlige farvandstyper, bortset fra Limfjorden, hvor udviklingstendensen er signifikant negativ. Årsagen til tilbagegangen i Limfjorden kendes ikke. De overordnede udviklingstendenser for perioden 1990-2017 betyder relativt set, at det totale makroalgedække siden 1990 er øget med 21 % i kystvande, 31 % i yderfjorde, 34% på stenrev og 60 % i inderfjorde, mens det er gået tilbage med 58% i Limfjorden. For de seneste 10 år er algernes totale dækning øget signifikant i kystvande og yderfjorde, mens udviklingen i inderfjorde, Limfjorden og på stenrev er stagneret.

6.4 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 f.eks. 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 6.5. Udviklingen i artsrigdom på 17 stationer i Kattegat, Bælthavet og Øresund i perioden 1989-2017 (Hansen (red.) 2019).



Artsrigdommen i de åbne indre farvande 2017 var på samme niveau som i 2015, og data fra disse to år viser dermed den næsthøjeste artsdiversitet siden 1989 med den højeste diversitet registreret i 1995 med ca. 18 arter. Udviklingen i artsrigdommen er ensartet i Kattegat, Bælthavet og Øresund. I en del kystnære områder var bundfaunaens tilstand derimod ringe, formentlig på grund af udbredt iltsvind i de områder i 2016.

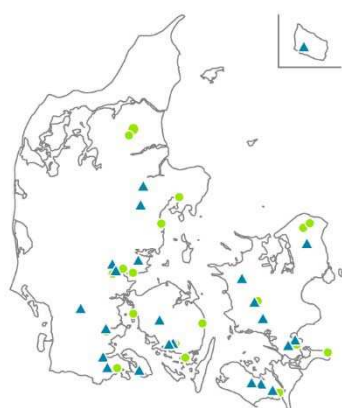
I Nordsøen og Skagerrak var bundfaunaens tilstand generelt uforandret i forhold til 2015 og 2016 med lille biodiversitet i Skagerrak og dele af Nordsøen. Artsrigdommen i Nordsøen var kun ca. det halve af niveauet i Kattegat, og specielt i Skagerrak var der indikationer på dårlige miljøforhold.

7. Naturtyper og arter

Hjemmesiden for terrestriske naturtyper og arter, <http://novana.au.dk/>, er opdateret med en detaljeret beskrivelse af overvågningen af 10 skovnaturtyper og deres overvågningsparametre. På hjemmesiden ligger der tillige beskrivelse af 34 lysåbne naturtyper og deres overvågningsparametre.

Skovnaturtyperne vil desuden sammen med de øvrige habitatnaturtyper og -arter indgå i rapporteringen af status og udvikling for naturtyper og arter til EU i medfør af habitatdirektivets artikel 17 og fuglebeskyttelsesdirektivets artikel 12. Grundlaget for og en gengivelse af denne rapportering bliver efterfølgende rapporteret i selvstændige rapporter.

7.1 NOVANA kontrolovervågning af skovnaturtyperne



Figur 7.1. Stationsnet for bøg på muld (9130). Grønne punkter angiver stationer udlagt i perioden 2007-2010, og blå trekanter angiver stationer udlagt i 2011-2017.

I Danmark findes 10 skovnaturtyper, der er beskyttet af Habitatdirektivet, og de har alle deres hovedudbredelse i den kontinentale region. Skovtyperne omfatter fire bøgeskovstyper, tre egeskovstyper, en skovtype, der dannes langs de eksponerede kyster og to sumpskovstyper, der udvikles på fugtig-våd bund. Skovklit (2180) findes som naturlige skovsamfund i kystkitterne, både som egentlig skov og som krat. I bøgeskove på sur og morbundsdannende bund findes bøg på mor (9110) og bøg på mor med kristtorn (9120), der begge har sparsom bundflora præget af surbundsarter. Bøg på muld (9130) er arealmæssigt den mest udbredte bøgeskovstype med en stor variation i artsindhold, afhængig af jordbundens surhedsgrad og fugtighed. På meget kalkrig bund eller på tertiært plastisk ler findes bøg på kalk (9150) med en rig bundflora af kalkelskende arter. Egeblandskov (9160) er en variabel skovtype med eg og avnbøg på relativt kalkholdig, og ofte lidt vandlidende bund, der hindrer bøgen i at trives og ask i at dominere. Den sjældne skovtype vinter-egeskov (9170) omfatter naturlige egeskove med mere vintereg end stilkeg. Og i egeskove på mager, sur bund med dominans af stilkeg findes stilkegekrat (9190), der ofte har artsrig træsammensætning og et rigt bunddække af bregner og andre nøjsomhedsplanter. Skovbevokset tørvemose (91D0) er domineret af birk, skovfyr eller rødgran, og forekommer på relativt næringsfattig, sur bund med højt grundvandsspejl. Elle- og askeskov (91E0) findes på naturlig næringsrig, kalkholdig og ret fugtig jordbund og er typisk domineret af vådbundstolerante og grundvandselskende træarter såsom el og ask.

7.1.1 Overvågningsdata

Kontrolovervågningen af skovnaturtyperne har foregået i to programperioder siden 2007 som en del af NOVANA. I første programperiode (2007-2010) var udlagt i alt 122 stationer for de 10 skovtyper, alle inden for habitatområderne. Hver station havde i gennemsnit 20 prøvefelter, og hvert prøvefelt i skovtyperne blev overvåget årligt, i alt fire gange. I anden programperiode (2011-2017) blev stationsantallet udvidet til 284, og stationerne ligger både inden for og uden for habitatområderne. Samtidig blev antallet af prøvefelter på stationerne skåret ned til 10 i gennemsnit. I denne 6-årige programperiode blev hvert prøvefelt kun overvåget én gang.

7.1.2 Indikatorer for tilstand og udvikling

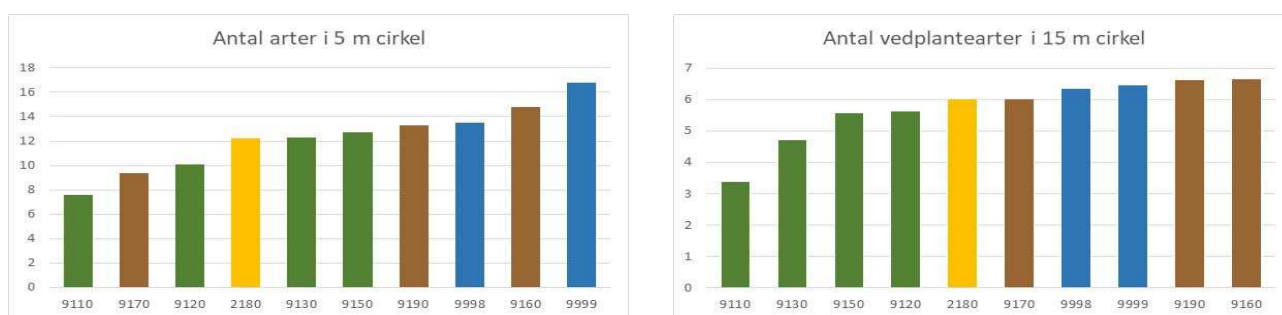
Prøvefelterne i skovovervågningen består af et centralt felt på 0,5 x 0,5 m og to koncentriske cirkler med hhv. 5 m og 15 m radius herom, hvor målinger af artssammensætningen, skovstruktur og næringsstatus registreres. Indikatorer for artssammensætningen omfatter bundflora og vedplanter samt skovindikatorarter i 5 m cirklerne. Her registreres også invasive plantearter. I 15 m cirklerne registreres vedplantearter, herunder naturligt hjemmehørende arter, buske og insektbestøvede vedplanter. Naturtypens tilstand og udvikling er endvidere dokumenteret ved dækningen af dværgbuske samt forekomsten af mosser og laver.

Skovstrukturen er dokumenteret ved antal træer og buske med en diameter over 10 cm i 5 m cirklerne og antal store træer med diameter over 40 cm, antal levende træer med hulheder og råd samt mængden af dødt ved i 15 m cirklerne. Dødt ved er opgjort som hhv. liggende og stående dødt ved i 5 nedbrydningsklasser. Som indikatorer anvendes også den samlede mængde dødt ved og mængden af nedbrudt dødt ved, svarende til nedbrydningsklasse 3, 4 og 5. Naturtypens tilstand og udvikling er endvidere dokumenteret ved dækningen af lave (under 1 m) og høje (over 1 m) vedplanter, kronedækningen måles med densiometer og bundfloraens gennemsnitlige Ellenbergs indikatorværdi for lys benyttes som udtryk for, hvor meget lys der trænger ned gennem kronelaget. Endelig er opgjort det hegnede og befæstede areal i 15 m cirklerne.

Næringsstatus er dokumenteret ved jordbundens pH, basemætning og C/N-forholdet samt Ellenbergs indikatorværdi for næring.

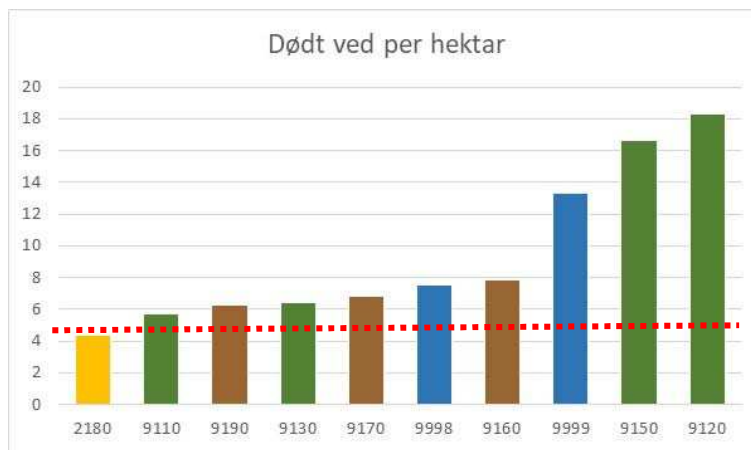
7.1.3 Skovnaturtypernes tilstand og udvikling

Overvågningsdata viser at der naturligt er store forskelle i bundfloraen i de 10 skovnaturtyper. Færrest arter er der i de sure bøgeskove, i vinteregeskov samt i skovklit, og flest arter findes i de kalkrige, de lyse og de våde skovtyper, allerflest i elle- askeskove (Figur 7.2a). Antallet af vedplanter er foruden jordens næringsindhold også styret af lysforholdene, så der er færrest arter i de mørke bøgeskove og flest de lyse egeskove og de våde skovtyper (Figur 7.2b).



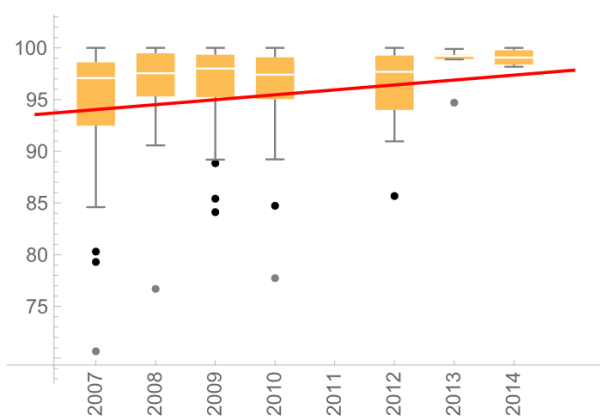
Figur 7.2. Antal arter i 5 m cirklerne i de ti skovnaturtyper (a), og antal vedplantearter i 15 m cirklerne (b). Grønne søjler er de fire bøgeskovstyper, brune søjler er de tre egeskovstyper, blåsøjler er de to sumpskovstyper og den gule søjle er klitskov. Skovtyperne og deres koder er som beskrevet i indledningen.

Figur 7.3. Mængden af dødt ved pr. ha i de ti skovnaturtyper. Den stiplede røde linje angiver den gennemsnitlige mængde dødt ved i alle danske skove opgjort i det nationale skovovervågningsprogram (NFI). Søjlernes farver og koder er som angivet i Fig. 7.2.

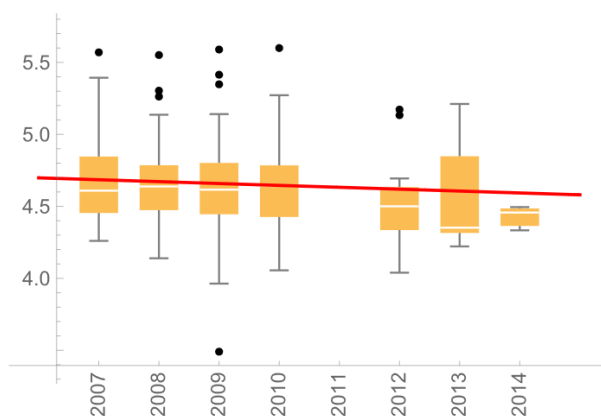


Mængden af dødt ved varierer også mellem skovtyperne. Bøg på mor med kristtorn og bøg på kalk har næsten tre gange så meget dødt ved pr ha, og elle-askeskove har mere end dobbelt så meget dødt ved som de øvrige typer. Generelt har habitatskovtyperne mere dødt ved end danske skove i almindelighed (NFI-data) vist ved den rødt stiplede linje i figur 7.3, men ingen af de danske skovnaturtyper har tilnærmelsesvist så meget dødt ved som naturligt forekommer i urørte skove, der kan have 5-20 gange så meget dødt ved pr ha (Christensen et al, 2005).

Kronedækning (%) i bøg på muld



Ellenbergs indikatorværdi for lys i bøg på muld



Figur 7.4. Udviklingen i perioden 2007-2016 i procent kronedækning og i Ellenbergs indikator for lys for skovtypen bøg på muld (9130). Begge indikatorer viser at skovtypen er blevet signifikant mørkere i perioden.

Hovedparten af indikatorerne har været stabile i 10 års perioden fra 2007-2016, dog har der generelt været en faldende artsrigdom i de fire bøgeskovstyper, der sandsynligvis hænger sammen med en generel øget kronedækning og mindskelse af lysforholdene ved skovbunden for de fleste skovtyper på nær vinter-egeskov.

Generelt er de danske habitatskovtyper præget af en forstlig drift med få store træer, få træer med hullheder og råd og en lav mængde dødt ved. Der er tegn på at skovtyperne generelt bliver mørkere, og at særligt bøgeskovstyperne bliver mere artsfattige. Geografisk set er der kun mindre regionale forskelle i skovenes tilstand, og ingen generelle mønstre, ligesom der ingen væsentlige forskelle er i tilstanden inden for og uden for habitatområderne.

8. Vejr og afstrømning i 2017

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. Meget regn især i efteråret og om vinteren vil f.eks. 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, og 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.

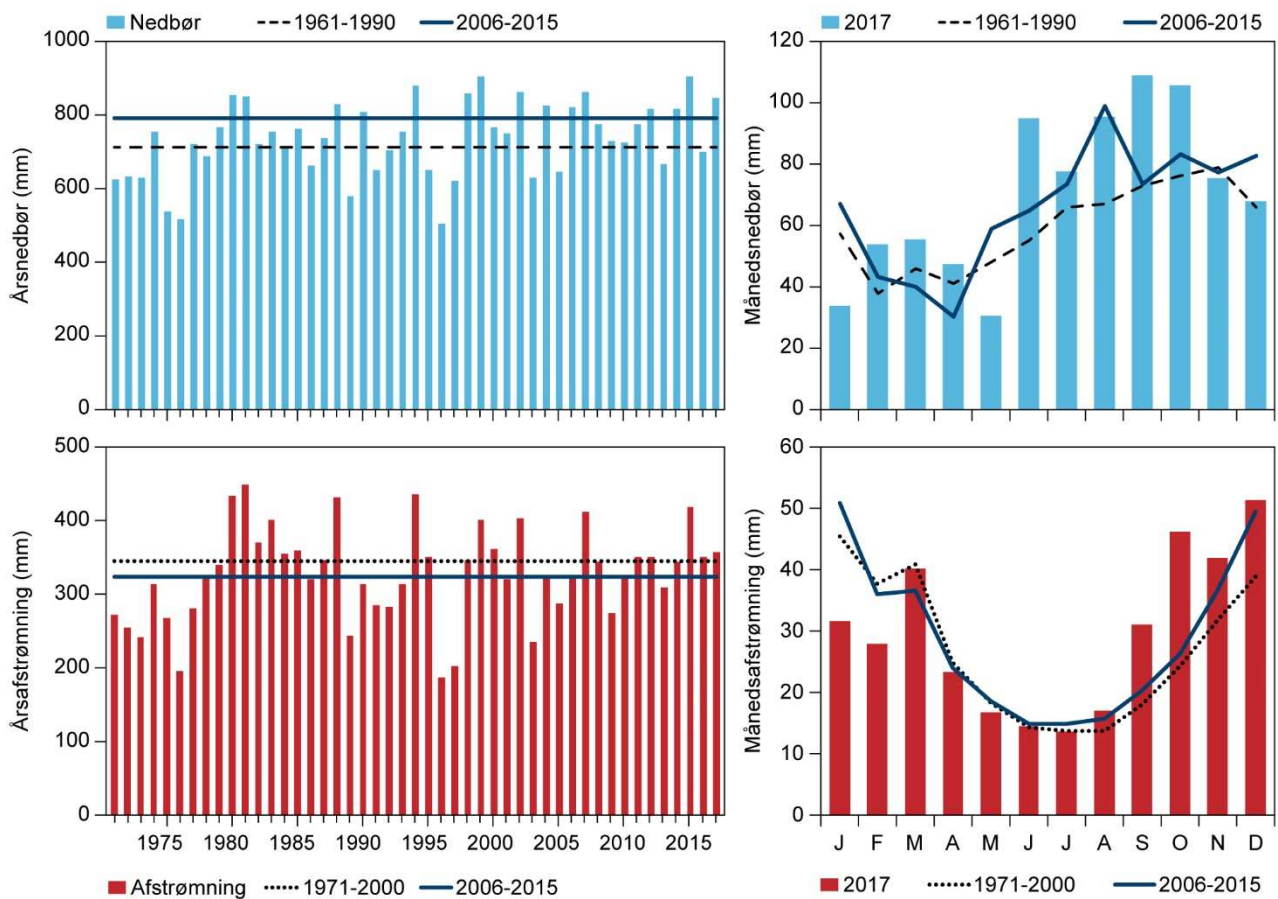
Temperaturen og antallet af solskinstimer er vigtige f.eks. for vækstsæsonens længde, fordampning m.v., mens vindstyrke og -retning f.eks. påvirker omrøring i søer, vandudveksling i fjorde, indstrømning af saltvand mod Østersøen m.v. Den samlede kombination af vejrforholdene vil derfor påvirke vand-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

Årsmiddeltemperaturen var i 2017 8,9 °C eller 1,2 °C varmere end normalgennemsnittet (1961-1990) (figur 8.1). Januar til og med maj samt fra oktober og året ud var noget varmere end normalt, mens juni til og med september var normal eller lidt varmere end normalt. Den højeste temperatur i 2017 (26,8 °C i maj) er den laveste maksimums temperatur målt siden målingerne startede i 1874 og antal af sommerdøgn var også rekordlavt (1,0 mod normalt 7,2).

Nedbøren i 2017 var 849 mm, hele 137 (19 %) mm over normalen på 712 mm, hvilket resulterer i det tiende vådeste år siden 1874. Februar-april og juni-oktober var betydelig vådere end normalen. Juni havde 73% mere nedbør end normalt, mens oktober, februar, august, og september var 40 til 50% vådere. Maj (35%) og januar (40%) var de eneste måneder, der var væsentligt tørrere end normalt (figur 8.1).

Antal soltimer var 1.512 i 2017 eller kun 16 (1 %) timer over normalgennemsnittet. Sammenlignet med 10-årsgennemsnittet 2006-15 var det dog hele 210 timer (12 %) lavere. Der var kun tre blæsevejr på stormlisten i 2017 og middelvinden for året på 4,8 m/s var dermed 17 % under normalen (5,8 m/s) (Cappelen (ed) 2018).

Ferskvandsafstrømningen var i 2017 ca. 15.400 mio. m³ svarende til 358 mm vand fra hele landets areal. Det er knap 11 % over gennemsnittet på 323 mm for referenceperioden 1971-2000 (figur 8.1). Når efteråret har været nedbørsrigt i 2017 vil det påvirke afstrømningen i begyndelsen af 2018.



Figur 8.1. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark (mm/år) for perioden 1971-2017 og pr. måned for 2017. Gennemsnit for 2006-2015 er indsat. For nedbør er også indsat normalen 1961-1990 og for afstrømning 1971-2000 (efter Cappelen (ed), 2018 (nedbør) og Thodsen et al. 2019 (afstrømning)).

9. Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Holm, H., Houlborg, T., Rolighed, J., Andersen, H.E., Carstensen, M.V., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2019. Landovervågningsoplande 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 222 s. - Videnskabelig rapport nr. 305 <http://dce2.au.dk/pub/SR305.pdf>

Cappelen, J (ed), Scharling, M. og Rubæk, F. 2018. Danmarks klima 2017 – with English Summary. DMI rapport 18-01, 86 s.

Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E.P., Ódor, P., Standóvar, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S., Vrska, T. 2005 Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecol Manag* 210:267–282.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzler, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S. 2018. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2017. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 281. <http://dce2.au.dk/pub/SR281.pdf>

Ellermann, T., Bossi, R., Nygaard, J., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L., Geels, C., Nilesen, I. E., & Poulsen, M. B., 2019: Atmosfærisk deposition 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 84s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 304. <http://dce2.au.dk/pub/SR304.pdf>

Hansen, B., Thorling, L., Schullehner, J., Termansen, M. & Dalgaard, T., 2017. Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management. *Scientific Reports*, 7, 8566. DOI: 10.1038/s41598-017-07147-2. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-07147-2.pdf>

Hansen, J.W. (red.) 2019: Marine områder 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 128 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 308. <http://dce2.au.dk/pub/SR308.pdf>

Jensen, P.N., Boutrup, S., Fredshavn, J.R., Nielsen, V.V., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Johansson, L.S., Hansen, J.W., Therkildsen, O.R., Holm, T.E., Ellermann, T., Thorling, L. & Holm, A.G. 2018. Vandmiljø og Natur 2016. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 58 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 274. <http://dce2.au.dk/pub/SR274.pdf>

Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Landkildehus, F. 2019. Søer 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Videnskabelig rapport nr. 307. <http://dce2.au.dk/pub/SR307.pdf>

Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen: Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosforanalyser. Ferskvand. 2018. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 110.

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 2019: Punktkilder 2017. Miljøstyrelsen

Nygaard, B., Damgaard, C., Bladt, J. & Ejrnæs, R. 2019. Skovnaturtyper 2007-2016. NOVANA. www.novana.au.dk. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi - Videnskabelig rapport nr. 310. <http://dce2.au.dk/pub/SR310.pdf>.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Over- sen, N.B., Windolf, J. & Kjeldgaard, A. 2019. Vandløb 2017. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 306. <http://dce2.au.dk/pub/SR306.pdf>

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Ernstsen, E., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Trolborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2017. Tek- nisk rapport, GEUS 2019.

VANDMILJØ OG NATUR 2017

NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2017 af det nationale program for overvågning af 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, naturtyper og arter. 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: 978-87-7156-387-0

ISSN: 2244-9981