



VANDMILJØ OG NATUR 2012

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 78

2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

[Tom side]

VANDMILJØ OG NATUR 2012

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 78

2013

Poul Nordemann Jensen¹
Susanne Boutrup¹
Lars M. Svendsen¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Peter Wiberg-Larsen²
Rikke Bjerring²
Jens Würgler Hansen²
Thomas Ellermann³
Lærke Thorling⁴
Anna Gade Holm⁵

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

² Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

³Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

⁴De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

⁵Naturstyrelsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 78
- Titel: Vandmiljø og Natur 2012
Undertitel: NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
- Forfattere: Poul Nordemann Jensen¹, Susanne Boutrup¹, Lars M. Svendsen¹, Gitte Blicher-Mathiesen², Peter Wiberg-Larsen², Rikke Bjerring², Jens Würgler Hansen², Thomas Ellermann³, Lærke Thorling⁴ & Anna Gade Holm⁵
- Institutioner: ¹Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, ²Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, ³Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab, ⁴De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og ⁵Naturstyrelsen
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: November 2013
Redaktion afsluttet: Oktober 2013
Faglig kommentering: Fagdatacentrene for de enkelte emneområder
- Finansiel støtte: Miljøministeriet
- Bedes citeret: Jensen, P.N., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R., Hansen, J.W., Ellermann, T., Thorling, L. & Holm, A.G. 2013. Vandmiljø og Natur 2012. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 86 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 78
<http://dce2.au.dk/pub/SR78.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Denne rapport indeholder resultater fra 2012 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 grundvand, vandløb, søer og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentrene for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
- Emneord: Vandmiljøplanen, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, naturtyper, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfremmede stoffer.
- Layout: Grafisk Værksted, AU-Silkeborg
Foto forside: Mossø. Foto: Martin Søndergaard
- ISBN: 978-87-7156-036-7
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 86
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <http://dce2.au.dk/pub/SR78.pdf>
- Supplerende oplysninger: NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Vandmiljø og Natur 2012	5
Resume	6
1 Indledning	9
1.1 Det nationale program for overvågning	9
1.2 Vejr og afstrømning i 2012	10
2 Kvælstof	14
2.1 Kvælstof som forureningskilde	14
2.2 Tilførsel af kvælstof fra luften i 2012	16
2.3 Kilder til tilførsel af kvælstof fra luften	19
2.4 Kvælstof fra spildevand	22
2.5 Kvælstof i landbrug	23
2.6 Kvælstof i vand fra dyrkede arealer	25
2.7 Kvælstoftab fra dyrkede marker	26
3 Fosfor	28
3.1 Fosfor som forureningskilde	28
3.2 Tilførsel af fosfor via luften	29
3.3 Fosfor fra spildevand	30
3.4 Fosfor i landbrug	31
3.5 Fosforkoncentrationer og udvaskede mængder	32
4 Organisk stof som forureningskilde	34
5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	36
5.1 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	36
5.2 Deposition af tungmetaller fra luften	37
5.3 Tungmetaller fra punktkilder	40
5.4 Deposition af miljøfremmede stoffer fra luften	41
5.5 Udledning af miljøfremmede stoffer fra punktkilder	43
6 Grundvand	45
6.1 Grundvand	45
6.2 Status for nitratindhold i grundvand	47
6.3 Udvikling i nitratindhold i grundvand	48
6.4 Fosfor i grundvand	49
6.5 Uorganiske sporstoffer i grundvand	50
6.6 Pesticider i grundvand	51
6.7 Organiske mikroforureninger i grundvand	53
7 Vandløb	54
7.1 Vandløb	54
7.2 Økologisk vandløbskvalitet – smådyr	56
7.3 Kvælstof i vandløb	56
7.4 Fosfor i vandløb	58

8	Søer	61
8.1	Søerne	61
8.2	Fosfor i søer – status og udvikling	62
8.3	Kvælstof i søer – status og udvikling	63
8.4	Klorofyl og sigtdybde	64
8.5	Undervandsplanter	66
9	Marine områder	67
9.1	De marine områder	67
9.2	Kvælstof og fosfor i marine områder	68
9.3	Plantep plankton	70
9.4	Iltforhold i de marine områder	71
9.5	Bundplanter	74
9.6	Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i marine områder	76
9.7	Biologiske effekter af miljøfremmede stoffer	79
10	Referencer	82

Vandmiljø og Natur 2012

Tilstand og udvikling - sammenfatning af undersøgelsesresultater 2012

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2012 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA).

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljøudvalg 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 forvaltningen af vandmiljøet og naturen. Endelig kan offentligheden og interesseorganisationerne få centrale informationer om vandmiljøets og naturens tilstand og udvikling.

Overvågningen i 2012 omfattede overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet, luften, den terrestriske natur og en række arter.

Den årlige nationale rapportering af naturtyper og arter er i 2013 erstattet af EU-rapporteringen til Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet for perioden 2007-2012, og nærværende rapport omfatter derfor ikke naturtyper og arter. Data fra overvågning af naturtyper og arter i 2012 vil indgå i rapporteringen sammen med data fra 2013.

Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet i samarbejde med Naturstyrelsen og GEUS og på baggrund af nedenstående rapporter fra fagdatacentrene. Rapporten er udarbejdet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

Atmosfærisk deposition 2012	<i>Ellermann et al., 2013a</i>
Punktkilder 2012	<i>Naturstyrelsen, 2013</i>
Landovervågningsoplande 2012	<i>Blicher-Mathiesen et al., 2013</i>
Grundvand 2012	<i>Thorling et al., 2013</i>
Vandløb 2012	<i>Wiberg-Larsen et al., 2013</i>
Søer 2012	<i>Bjerring et al., 2013</i>
Marine områder 2012	<i>Hansen (red.), 2013</i>

Den del af luftovervågningen, som foretages af hensyn til menneskers sundhed, er ikke medtaget i rapporten. Denne del af overvågningen er rapporteret selvstændigt (Ellermann et al. 2013b).

Fagdatacentrenes rapporter er primært baseret på data indsamlet af Naturstyrelsen. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet har varetaget indsamling af data vedrørende atmosfæren og Institut for Bioscience, Aarhus Universitet data vedrørende nogle arter og åbne marine områder. Kommunerne har varetaget indsamling af data vedr. spildevand, drikkevand og mængden af oppumpet grundvand.

Resume

Det danske nationale overvågningsprogram NOVANA er et integreret program med en samlet og systematisk overvågning af natur og miljø. Overvågningen dækker væsentlige dele af Danmarks internationale forpligtelser samt nationale overvågningsbehov, herunder dokumenterer effekterne af forskellige planer som eksempelvis vandmiljøplanerne.

Generelle udviklingstendenser for kvælstof og fosfor i overfladevand

Generelt er der sket en betydelig reduktion i tilførslen af kvælstof og fosfor til vandløb, søer og havet siden 1989.

Når der tages højde for klimatiske forhold, er der generelt set ikke sket større ændringer i tilførslen af fosfor fra punktkilder og landbrug til vandmiljøet siden slutningen af 1990'erne. Der har været en svagt faldende udledning af kvælstof de senere år. Det gennemsnitlige indhold af kvælstof i det vand, der løber til havet, har i de seneste 3 år været det laveste siden 1990.

Variationer i nedbør betyder væsentlige år-til-år-svingninger i udledningen fra både punktkilder og landbrug. Eftersom vandafstrømningen i 2012 var næsten den samme som i 2011, var udledningerne af kvælstof og fosfor til havet i 2012 også meget lig udledningerne i 2011.

Særlige forhold i 2012

I det følgende omtales en række forhold, hvor der er set en særlig udvikling over perioden 1989-2012 (evt. via særlige analyser) eller hvor året 2012 har været specielt.

Klima 2012

Vejrmæssigt var 2012 uden klimarekorder. Middelttemperaturen var 0,6 °C højere end normalen på 7,7 °C. I 2012 var sommeren forholdsvis nedbørsrig med 819 mm nedbør mod normalen på 712 mm. Ferskvandsafstrømningen var i 2012 10 % over gennemsnittet for perioden 1990-2011.

Luft

Overvågningen af luften i perioden 1990-2012 har vist, at tilførslen af kvælstof fra luften til natur- og vandområder varierer mellem årene afhængig af de meteorologiske forhold, men tilførslen er faldet set over hele overvågningsperioden 1990-2012. Samlet set er den mængde kvælstof, som tilføres fra luften til natur- og vandområder inkl. havområder, faldet med ca. 30 %. Faldet har baggrund i en reduktion af såvel udenlandske som danske kilder.

Den relative betydning af danske kilder varierer over landet afhængig af husdyrproduktionen, meteorologiske forhold og afstand til udenlandske kilder, således at danske kilder har størst betydning (41-44 %) i Nord- og Midtjylland, og mindst i Hovedstadsområdet (ca. 21 %). Den store betydning af danske kilder gælder for tilførslen til landområder, hvorimod de danske kilder betyder mindre for tilførslen til de åbne farvande (i gennem-

snit ca. 13 %) – dog med stigende betydning jo tættere man kommer på kysten.

Fosfor tilført fra luften er en meget lille kilde til den samlede fosfortilførsel og spiller generelt ingen eller en ubetydelig rolle.

Grundvand

I det yngste iltede grundvand kan der ses effekt af indsatserne efter vedtagelsen af vandmiljøplanerne for at mindske nitratudvaskningen fra dyrkede arealer. Effekten afspejler sig ved, at nitratindholdet i det yngste, iltede grundvand er faldende. I ældre grundvand, som er mere end 25 år gammelt, er der fortsat størst hyppighed af boreriger med stigende nitratindhold. Faldet i nitratindholdet har været større i sandområder end i lerområder.

Der blev i 2012 fundet et eller flere pesticider i ca. 40 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, grænseværdien for pesticider i grundvand var overskredet i 12 % af de undersøgte indtag. Dette svarer til omfanget af pesticidfund i grundvandsovervågningen i de foregående år. En analyse af pesticidfundene indikerer, at pesticidkoncentrationen i udvaskningen fra overfladen er faldende.

Tidsserier af analyser af udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter viser, at der generelt er fundet faldende gennemsnitskoncentrationer af stoffer, som er forbudte eller regulerede. Der er ikke tilstrækkeligt datagrundlag til at drage konklusioner om udviklingen for de undersøgte stoffer, der stadig er tilladte.

Forbudte pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf blev i 2011-2012 fundet i 41 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Fordelingen mellem godkendte, regulerede og forbudte stoffer i pesticidfund har været stort set konstant siden 2007.

Spildevand

Spildevandets indhold af næringsstoffer, kvælstof, fosfor og organisk stof var i 2012 på samme lave niveau som de seneste 5-10 år.

Miljøfremmede organiske stoffer blev i 2012 målt i koncentrationer, der generelt ikke giver indikation på, at udledningerne fra renseanlæg i sig selv har givet anledning til overskridelse af miljøkvalitetskravene i de vandområder, der er udledt til. Det kan dog ikke udelukkes, at der har været tilfælde med overskridelse af miljøkvalitetskravene til enkelte stoffer, heriblandt LAS og tributyltin.

Vandløb og søer

Der er nu over 60 % af vandløbene i kontrolovervågningsprogrammet, som har en faunaklasse ≥ 5 , hvilket er en øgning i forhold til de foregående år.

En særskilt analyse af fosfors betydning for vegetationen i vandløbene viser, at den hidtidige antagelse, at fosfor kun betyder lidt for plantesammensætningen i vandløb bør nuanceres. Dataanalysen indikerer, at der er en række plantearter, der er favoriserede af forhøjede fosforkoncentrationer.

I søerne har der ikke været betydelige ændringer i de centrale parametre i 2012.

Det betyder, at de forbedringer, der gennem NOVANA-perioden er påvist i de intensivt overvågede søer, stadig kan konstateres, herunder

- Markant lavere koncentrationer af kvælstof og fosfor
- Øget sigtdybde
- Planterne forekommer på dybere vand end i begyndelsen af 1990'erne
- Lavere indhold af alger målt som klorofyl *a*.

Der er lavet en særskilt analyse af kvælstofs betydning for tilstanden i søerne. Analyserne peger på, at både fosfor- og kvælstofindholdet spiller en vigtig rolle for søernes tilstand, og at det ofte vil være hensigtsmæssigt at fokusere på begge næringsstoffer i forhold til at opretholde eller skabe en god vandkvalitet.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind var i 2012 på linje med 2010 og 2011 og væsentligt under de forudgående år.

Der er lavet en nærmere analyse af iltsvindets udbredelse igennem perioden 1989-2012. Analysen indikerer, at der er sket en form for strukturskifte i systemet: et skifte i retning mod en genskabelse af en mere iltet havbund som følge af, at en forudgående årrække med aftagende udbredelse af iltsvind er blevet efterfulgt af årene 2010-12 med betydeligt mindre udbredt iltsvind og et ændret forhold mellem udbredelsen af moderat og kraftigt iltsvind.

Desuden er der de seneste 10 år set en positiv udvikling i iltforholdene i langt de fleste marine områder.

De seneste års positive udviklingstendenser for ålegræssets dybdeudbredelse og dækningsgrad i Limfjorden og enkelte øvrige kystområder tyder på, at udviklingen er ved at vende – selvom der også er eksempler på en negativ udvikling. Det usædvanligt klare vand, som karakteriserede de marine områder i 2012 sammen med tendensen til mindre udbredelse af iltsvind gennem de seneste år, støtter en sådan positiv udvikling.

Koncentrationerne af miljøfremmede stoffer i biota er lavere end miljøkvalitetskravene for de fleste af de undersøgte stoffer, som der er fastsat miljøkvalitetskrav for. Undtaget herfra er PFOS, en perfluoreret forbindelse, som blev fundet i muslinger i koncentrationer over miljøkvalitetskravet i lidt over halvdelen af de undersøgte prøver, og benz(a)pyren, som i enkelte tilfælde blev fundet i koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. Miljøkvalitetskravet for kviksølv var overskredet i alle de undersøgte prøver af fisk, mens kravet var overskredet i ca. 60 % af de undersøgte prøver af muslinger.

1 Indledning

1.1 Det nationale program for overvågning

Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA) trådte i kraft 1. januar 2004 (Danmarks Miljøundersøgelser 2004; Bijl et al. (red.) 2007). Programmet blev revideret i 2010, og det reviderede program trådte i kraft 1. januar 2011 (Naturstyrelsen 2011a).

Danmark har siden 1988 haft et nationalt overvågningsprogram for vandområder. Dette program havde sit udspring i Vandmiljøplanen fra 1987, hvor der blev iværksat overvågning af vandmiljøet med hovedvægten på de vandkemiske forhold i havet, kystvande, søer, vandløb og grundvand samt vigtige kilder til forurening, nemlig spildevand, landbrug og via luften. Tungmetaller, pesticider og andre miljøfremmede stoffer har siden programmets start været med i overvågningen af grundvand og siden 1998 også i de øvrige dele af programmet.

NOVANA er et integreret overvågningsprogram for vandmiljøet, luften og den terrestriske natur og udgør en samlet, systematisk overvågning af både akvatisk og terrestrisk natur og miljø. NOVANA er tilrettelagt med henblik på at beskrive den generelle tilstand og udvikling i miljøet samt tilstanden i vandområder, som er i risiko for ikke at opfylde miljømålene i 2015. Nærværende rapport omfatter den del af overvågningen, som beskriver den generelle tilstand og udvikling.

Figur 1.1. Som eksempel stationer for overvågning af den tidslige udvikling af tilstanden i søer i NOVANA i 2012 (Bjerring et al. 2013).



Danmark kan med NOVANA opfylde væsentlige dele af sine internationale overvågnings- og rapporteringsforpligtelser og nationale overvågningsbehov på vandmiljø- og naturområderne.

Overvågningsstationerne er fordelt over hele landet. Figur 1.1 viser eksempelvis placeringen af stationer i søer, hvor den tidlige udvikling af søernes kvalitet måles.

1.2 Vejr og afstrømning i 2012

Nedbørsmængden og fordelingen heraf har sammen med andre klimatiske faktorer væsentlig indflydelse på hvor store mængder vand og næringsstoffer, der tilføres vandmiljøet fra det omliggende opland og via atmosfærisk nedfald. Megen regn især i efteråret og om vinteren vil fx hurtigt tilføre store kvælstof- og fosformængder på opløst og partikulær form til vandløb og søer. Større delmængder heraf når ud i havet, så de er tilgængelige for algeopblomstringer det følgende forår 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 fx for vækstsæsonens længde, fordampning m.v., mens vindstyrke og retning fx påvirker omrøring i søer, vandudveksling i fjorde, indstrømning af saltvand mod Østersøen m.v. Den samlede kombination af vejrforholdene vil derfor påvirke vand- og stoftilførsler fra land og luft til vand, grundvandsdannelsen samt tilstanden i vandmiljøet. Endvidere påvirker det levevilkårene for en række arter.

1.2.1 Vejret i 2012

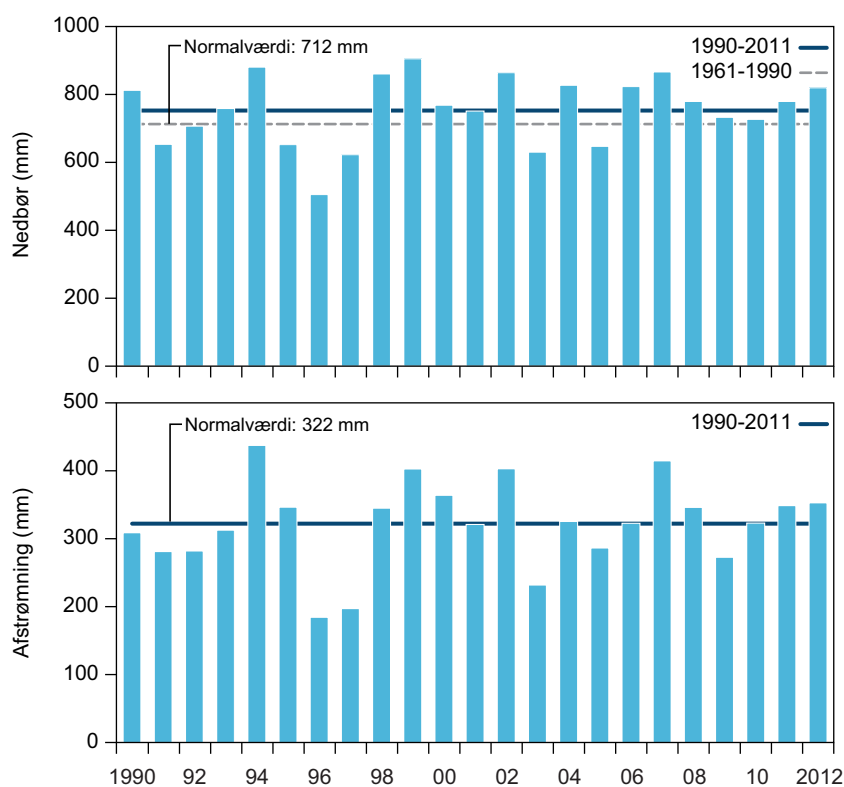
Klimadata stammer fra Danmarks Meteorologiske Institut og *Cappelen (ed)*, 2013. Middeltemperaturen i 2012 var 8,3 °C, hvilket er 0,6 °C over normalen på 7,7 °C (1961-1990), men til gengæld 0,3 °C under gennemsnit for perioden 1990-2011 på 8,6 °C (perioden siden overvågningsprogrammets start). Året var forholdsvis nedbørsrigt med 819 mm mod normalen på 712 mm, og 67 mm mere end i perioden 1990-2011 (figur 1.2). Solen skinnede i 1674 timer i gennemsnit på landsplan, hvilket var 179 timer over normalen på 1495 timer. Året 2012 var uden vejrrekorder.

Året 2012 blev det 22. år ud af de seneste 25 år, som har været varmere end normalen, men ift. overvågningsperioden det 6. koldeste. Otte måneder var varmere end normalen, især marts (3,6 °C over og den 4. varmest nogensinde) og januar (2,3 °C over). Juni og december var relativt kolde, henholdsvis 1,6 °C og 1,4 °C under normalen, mens februar og oktober kun var 0,5 °C og 0,3 °C koldere end normalt. Vinteren 2011/12 (december 2011 til og med marts 2012) var mild med en middeltemperatur på 2,9 °C mod normalt 0,9 °C, hvilket skyldes, at december 2011 og januar og marts 2012 var varme (mellem 2,3 og 3,6 °C over normalen), mens februar var koldere end normalt. I perioden 1990-2011 har middel vinter temperaturen været på 2,1 °C, dvs. vintrene er blevet væsentligt mildere end sammenlignet med normalperioden (1961-1990). Det er perioden januar-april samt juli-september, som primært har bidraget til den højere årsmiddeltemperatur, men alle måneder

på nær juni har i gennemsnit været varmere i perioden 1990-2011 sammenlignet med normalen, mens der i juni var uændret middeltemperatur.

Otte måneder var vådere end normalt i 2012. De nedbørsrigeste måneder var juni og september med 98 mm nedbør hver, samt oktober og juli med henholdsvis 96 mm og 93 mm. De fire måneder var alle væsentligt vådere end normalt, især juni med 43 mm over normalen, mens de tre øvrige måneder lå på 17-25 mm over normalen (figur 1.3). Januar fik 22 mm mere end normalen. Kun marts var væsentlig tørrere end normalt og de 21 mm, der faldt, var 54 % under normalen (46 mm), mens februar, maj og november var tørrere end normalt, henholdsvis 18 %, 25 % og 18 %. I februar faldt en del sne. Vinteren 2011/12 (december til og med marts) var med 231 mm vådere end normalen (24 mm over), men næsten lig med gennemsnittet for 1990-2011 på 229 mm. Hen over Danmark var der store nedbørsforskelle, hvor Midt- og Vestjylland i gennemsnit fik knap 990 mm nedbør mod Vest- og Sydsjælland samt Lolland-Falster, der i gennemsnit kun fik godt 600 mm. Årsnedbøren har i perioden 1990-2011 været 40 mm over normalen (svarende til 6 %), hvilket i høj grad skyldes, at perioden januar-februar, maj-august, samt oktober er blevet vådere. Især august er blevet vådere, idet nedbørsmængden i gennemsnit er steget fra 67 til 92 mm. Siden 1870'erne er årsnedbøren steget med ca. 100 mm eller ca. 16 %.

Figur 1.2. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark. Desuden er langtidsnormalen vist (efter Cappelen 2013 (nedbør) og Wiberg-Larsen et al. 2013 (afstrømning)).

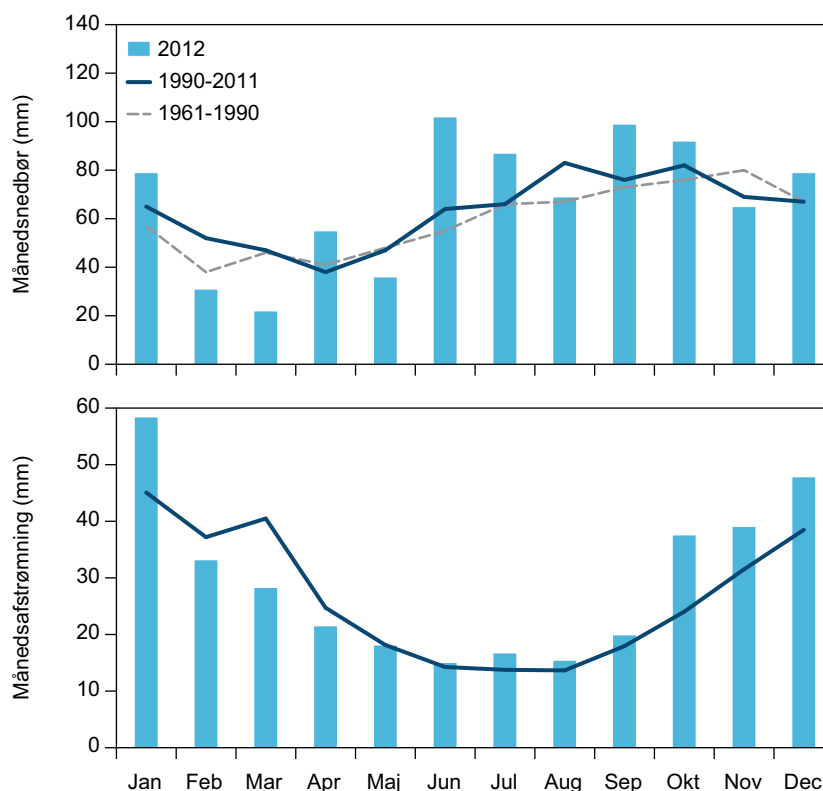


I 2012 havde otte måneder mere solskin end normalt. Januar var den 6. solrigeste og februar den 7. solrigeste, men også marts, maj, juli og august var relativt solrige, henholdsvis 49 %, 21 %, 14 % og 16 % over normalen. Vinteren 2011/2012 var den solrigeste i 49 år. April, juni, september og november havde henholdsvis 2 %, 13 %, 8 % og 17 % færre solskintimer end normalen. Der har været store regionale forskelle i antal solskintimer i 2012, hvor Bornholm fik 1.916 timer, mens Syd- og Sønderjylland kun fik 1.611 timer. Antal solskintimer er i gennemsnit steget med næsten 150 timer fra normalperioden til 1990-2011.

1.2.2 Afstrømning

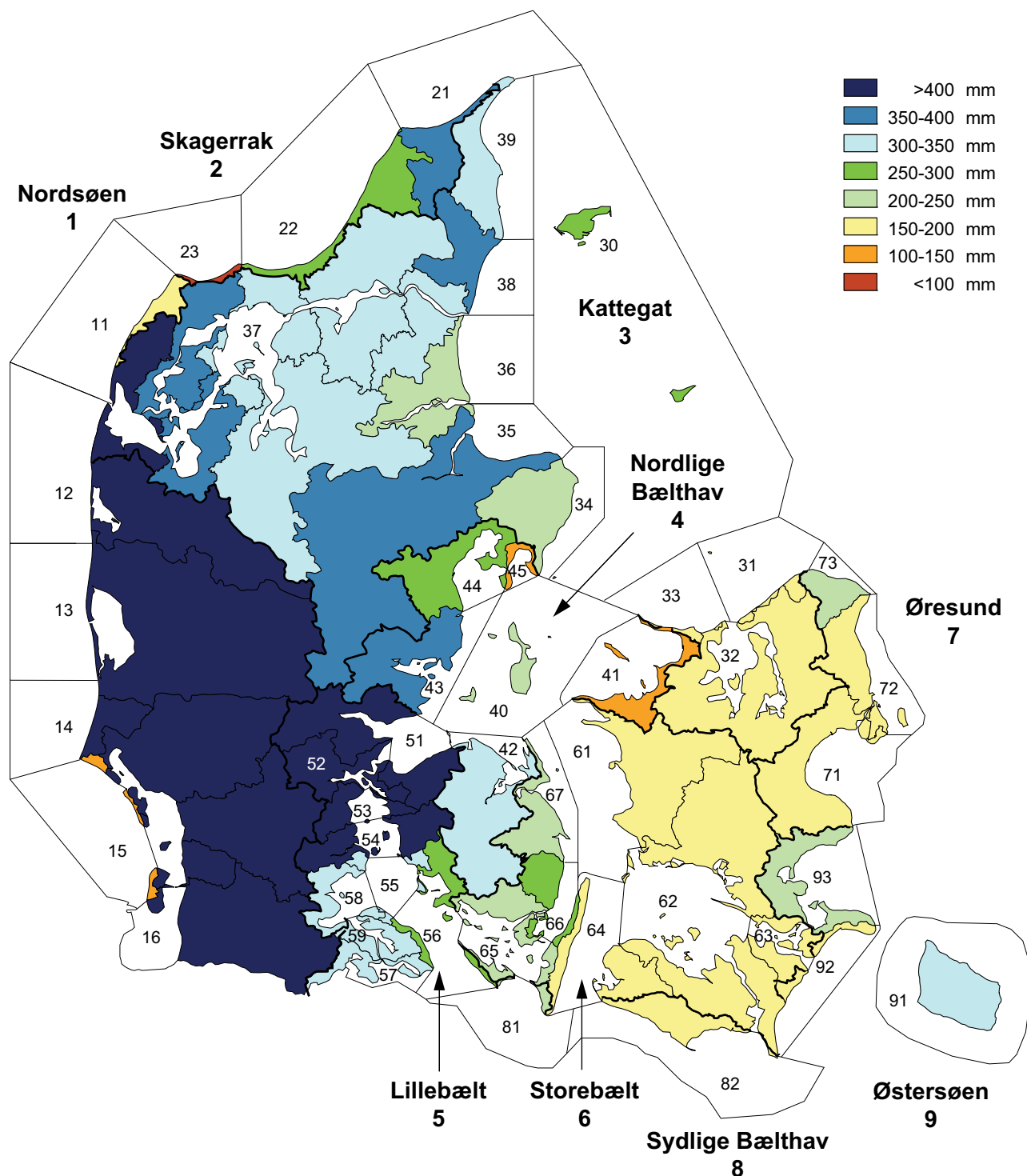
Ferskvandsafstrømningen til de danske farvande er for 2012 opgjort til godt 15.200 mio. m³ eller 352 mm vand fra hele landets areal. Det svarer til 10 % over gennemsnittet på 322 mm for 1990-2011 (figur 1.2). Afstrømningen for 1990 og frem er beregnet med en ny opgørelsesmetode og derfor anvendes denne som reference periode (se kapitel 2 i Wiberg-Larsen et al. 2013). Den nye metode medfører, at den samlede afstrømning fra Danmark opgøres til at være mellem 1 og 7 % og i gennemsnit knapt 5 % lavere end tidligere opgørelser. Afstrømningen var lavere end afstrømningen i reference perioden fra februar til og med maj 2012 og over i januar og fra juni til og med december (figur 1.3). Især marts var afstrømningsfattig med kun knap 29 mm eller 30 % under normalen. Januar (29 %), oktober (56 %), november (24 %) og december (24 %) havde noget større afstrømning end i reference perioden. I de fire afstrømningsrigeste måneder (januar, oktober, november og december) forekom 52 % af årets afstrømning, mens 39 % af årets nedbør faldt i de tilsvarende måneder. I de fire mest afstrømningsfattige måneder (maj-august) afstrømmede 19 % af årets afstrømning, mens 36 % af årsnedbøren faldt i denne periode. Afstrømningen var næsten lige stor i 2011 og 2012 (350 og 353 mm), mens nedbøren var 40 mm større i 2012 (819 mod 779 mm).

Figur 1.3. Månedsmiddelværdier for nedbør og ferskvandsafstrømning i 2012 sammenlignet med tilhørende normalværdier (1961-90) (kun for nedbør) og gennemsnit for referenceperioden 1990-2011 (efter Cappelen (ed) 2013 (nedbør) og Wiberg-Larsen et al. 2013 (afstrømning)).



Den høje afstrømning i januar kom bl.a. fordi december 2011 var meget nedbørsrig (99 mm) og noget af den nedbør først afstrømmer i starten af 2012. Afstrømningen faldt efterfølgende til under normalen i foråret 2012, da der samtidig også faldt mindre nedbør end normalt under et i perioden februar-maj. Selv om sommeren og september var temmelig nedbørsrige, lå afstrømningen kun lidt eller moderat over referenceperiodens men blev så væsentligt højere end referenceperiodens i sidste kvartal af 2012, da de øvre magasiner i jorden var blevet fyldt op og efteråret samtidigt overordnet er ret nedbørsrigt.

Ferskvandsafstrømningen og nedbøren har som normalt udvist en stor geografisk variation (figur 1.4). Ferskvandsafstrømningen er størst fra oplandene til Nordsøen (500-570 mm) og Lillebælt (280-460 mm) og lavest til dele af Nordlig Bælthav, Storebælt og Øresund (150-250 mm). For de resterende farvandsområder var ferskvandsafstrømningen typisk mellem 300-400 mm. Afstrømningen har generelt været lidt over reference periodens afstrømning for de fleste farvandsområder. Der er enkelte små farvandsområder (især 23 og 45) med meget lav afstrømning (henholdsvis 48 og 116 mm), som delvist kan tilskrives modelusikkerhed på opgørelserne.



Figur 1.4. Ferskvandsafstrømningen (i mm) til marine kystafsnit i 2012 (Wiberg-Larsen et al. 2013).

2 Kvælstof

2.1 Kvælstof som forureningskilde

Tilførsel af kvælstof til vandområder og naturarealer som følge af menneskelig aktivitet er en vigtig årsag til forurening. I grundvand gør en overskridelse af grænseværdien for nitrat i drikkevand vandet uegnet som drikkevand. I marine områder og i nogle søer fører tilførsler af kvælstof til øget algevækst. De økologiske forhold i vandløb afhænger derimod ikke af kvælstofindholdet, med mindre det tilføres i form af ammoniak, der kan have giftvirkning og mindske iltindholdet. På naturarealer kan tilførsel af kvælstofforbindelser via atmosfæren føre til ændring af naturarealets vegetation.

2.1.1 Målsætninger

Ifølge Vandmiljøplan I fra 1987 skal udledningerne til vandmiljøet være mindsket til højst 50 % af niveauet midt i 1980'erne. Denne målsætning blev fastholdt i Vandmiljøplan II, og en række nye virkemidler blev implementeret. Med Vandmiljøplan III blev der i 2004 besluttet en yderligere reduktion på minimum 13 % af kvælstofudvaskningen (svarende til ca. 21.000 ton N pr. år) frem til 2015 i forhold til 2003, dvs. efter at effekten af Vandmiljøplan II er slået igennem.

Indsatsbehovet er i Grøn Vækst opgjort til 19.000 ton kvælstof som reduceret udledning til havet. Indsatsbehovet er fastsat i den nederste del af det beregnede interval for at eliminere risiko for overimplementering. I de aktuelle forslag til vandplaner er der fastlagt en konkret kvælstofindsats på ca. 9.000 ton (målt som tilledning til havet) frem mod 2015 fordelt på generelle og målrettede virkemidler. Vurdering af virkemidler til at gennemføre kvælstofreduktionen på yderligere 10.000 ton kvælstof er behandlet i rapporten fra Natur- og Landbrugskommission bl.a. i form af supplerende virkemidler og mere målrettet indsats (Natur- og Landbrugskommissionen 2013).

2.1.2 Opfyldelse af målsætningerne

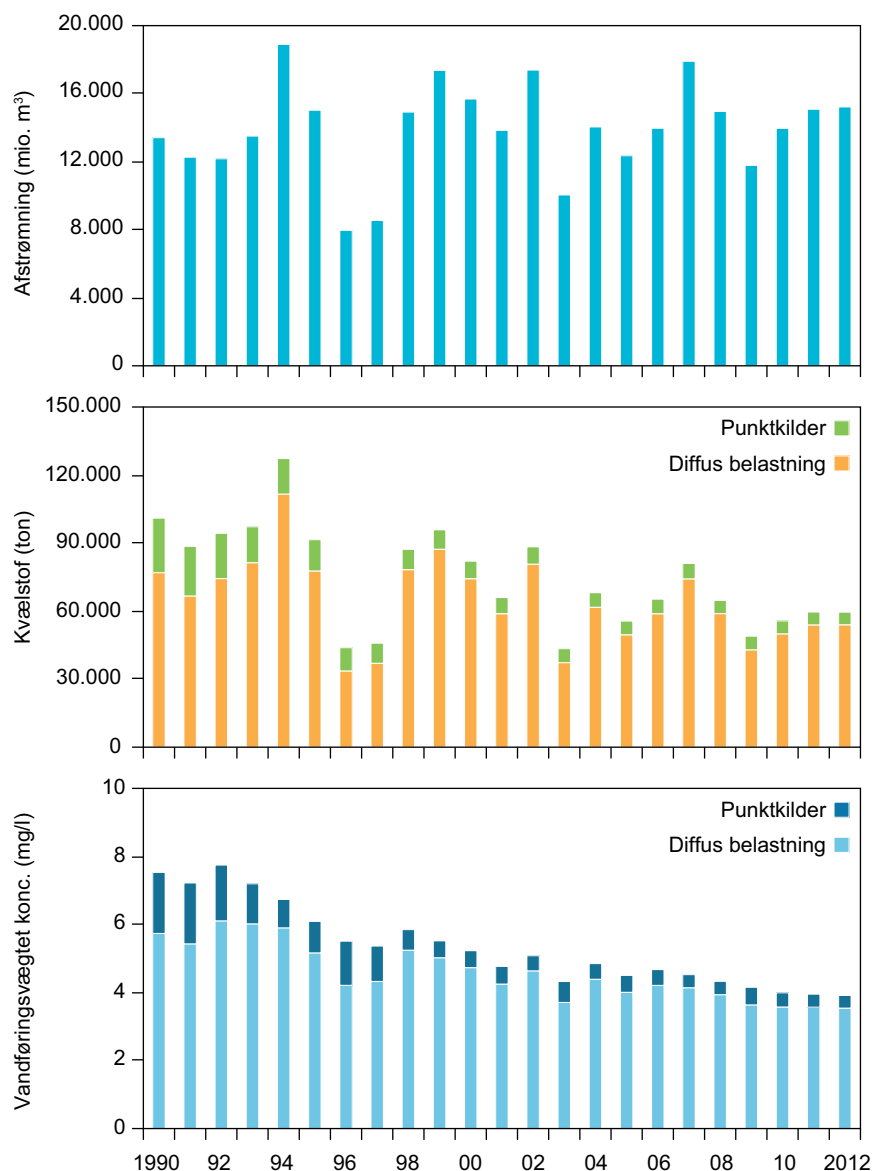
Konklusionen ved evalueringen af Vandmiljøplan II var, at landbrugets udledninger af kvælstof opfyldte målet for reduktion i udvaskningen. Ved midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III i 2008 var det i forhold til målet om yderligere 13 % reduktion i forhold til 2003 imidlertid ikke muligt at påvise et signifikant fald i kvælstofudvaskningen fra 2003 til 2007.

I 2012 var det endnu ikke muligt at se en effekt af de virkemidler i de aktuelle vandplanforslag, som er blevet implementeret.

2.1.3 Udvikling i kvælstoftilførsel fra land

I 2012 blev der i alt tilført knap 60.000 ton N til havområderne omkring Danmark. Det er det samme som i 2011, idet såvel vandafstrømning (figur 2.1 øverst) som den vandføringsvægtede gennemsnitskoncentration var den samme i 2011 og 2012.

Figur 2.1. Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst) 1990-2012. Kvælstoftilførslen er fordelt på diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og spildevand fra punktkilder (Wiberg-Larsen et al. 2013).

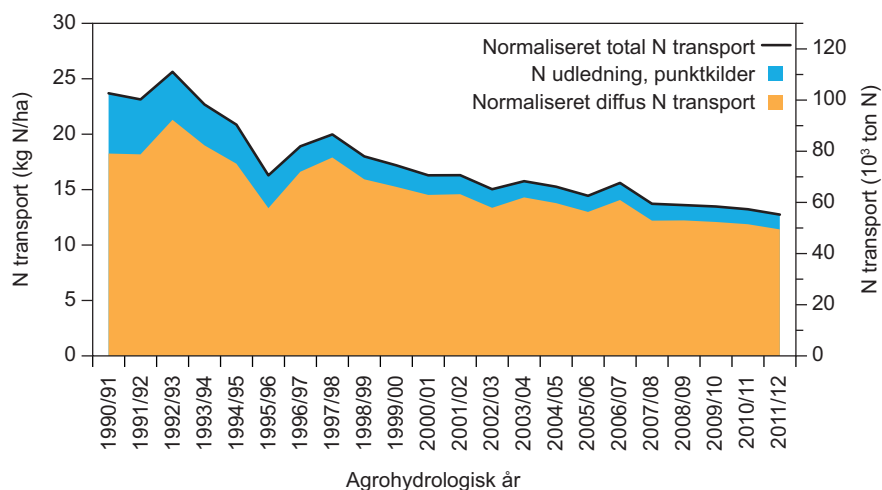


I figur 2.1 er der endvidere vist udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration af kvælstof, hvorved betydningen af år-til-år variationer i afstrømning er reduceret. Som det fremgår af figur 2.1 er koncentrationen i gennemsnit faldet fra 7-8 mg/l i starten af 1990'erne til i de seneste 3 år at være omkring 4 mg/l – de lavest målte i overvågningsperioden.

I figur 2.2 er vist den samlede udledning i ton N til havet gennem årene, hvor der i lighed med koncentrationen i figur 2.1 er taget højde for forskelle i vandafstrømningen. Der er i perioden 1990-2012 sket en reduktion i tilførslen af kvælstof til havet fra over 100.000 ton N i starten af perioden til 55-60.000 ton N/år de seneste 5 år. Heraf udgør spildevandsudledninger 5-6.000 ton N.

En statistisk analyse af udviklingen i kvælstofkoncentrationen viser, at der er sket et signifikant fald siden 1990. Det samlede fald er estimeret til ca. 50 %. For de diffuse udledninger er der beregnet et fald på ca. 44 %.

Figur 2.2. Udviklingen i den samlede normaliserede (vandfø-ringsvægtede) udledning af kvælstof til havet (Wiberg-Larsen et al. 2013).



Spildevandsudledninger (punktkilder i figur 2.1 og 2.2) udgør nu kun ca. 10 % af de samlede kvælstoftilførsler til havet.

2.2 Tilførsel af kvælstof fra luften i 2012

Tilførsel af kvælstof fra luften spiller en væsentlig rolle for den samlede belastning af de åbne danske farvande og af naturarealer på land, fx heder og højmoser. Tilførslen er størst over land og aftager med afstanden til forureningskilderne, som både er udenlandske og danske. Kilderne er især for-dampning af ammoniak fra landbrug og udslip af kvælstofoxider fra for-brændingsprocesser, fx i forbindelse med transport og energiproduktion.

Et af hovedformålene for luftprogrammet i NOVANA er derfor at bestemme den årlige deposition af kvælstof og den geografiske fordeling af tilførslen samt udviklingstendenserne for kvælstofdepositionen.

2.2.1 Målte kvælstofdepositioner i 2012

Ved de danske hovedstationer blev der i 2012 målt en årlig deposition af kvælstof på 8-13 kg N/ha til landområder (figur 2.3). På baggrund af målinger er depositionen på farvandsområder ved Anholt beregnet til ca. 7 kg N/ha.

Der er kun små forskelle i depositionsstørrelsen mellem stationerne, når man ser bort fra stationen ved Tange. Depositionen til landområderne ved målestationerne var i 2012 i gennemsnit stort set på niveau med depositions-tionen i 2011. Depositionen til vandområdet ved Anholt var ca. 20 % højere i forhold til 2011.



Figur 2.3. Kvælstofdeposition (kgN/ha) og nedbørsmængde (mm) ved målestationerne i 2012. Figuren angiver deposition til den gennemsnitlige landoverflade omkring målestationerne (Ellermann et al. 2013a).

2.2.2 Modelberegne kvælstofdepositioner på hav for 2012

Den samlede deposition af kvælstof til de danske farvande er modelberegnet til 81.000 ton N i 2012 (tabel 2.1). Det svarer til en gennemsnitlig deposition på ca. 7,7 kg N/ha og er på linje med 2011.

Tabel 2.1. Kvælstofdepositioner fra atmosfæren til farvande og landområder i 2012 (tal fra Ellermann et al. 2013a).

	Tørdeposition (ton N)	Våddeposition (ton N)	Total deposition (ton N)	Deposition (kg N/ha)	Areal (km ²)
Farvandsområder	16.000	65.000	81.000	7,7	105.000
Landområder	27.000	33.000	60.000	14	43.000

Den modelberegne deposition varierer med en faktor to mellem de forskellige områder (figur 2.4). Størst deposition ses i de kystnære områder og fjorde, hvor afstanden til landbrugskilderne er lille. Den højeste deposition i 2012 på 13 kg N/ha er således beregnet for de kystnære områder omkring

Als, mens den laveste deposition på 6 kg N/ha er beregnet for fx Skagerrak og Øresund. Endvidere ses en gradient med de højeste depositioner mod syd og lavere depositioner mod nord. Dette skyldes indflydelse fra områder med høje emissioner af kvælstof i landene syd for Danmark.

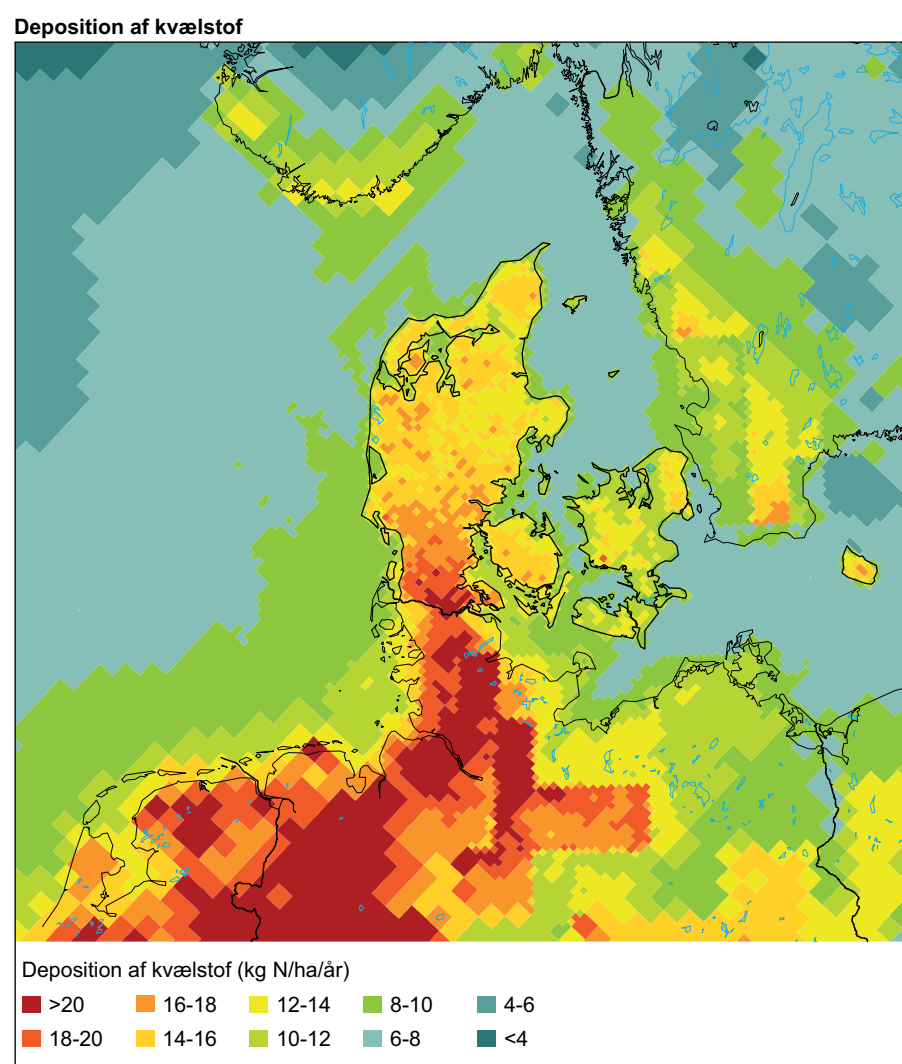
2.2.3 Modelberegnete depositioner på land

Den samlede deposition af kvælstof til de danske landområder blev i 2012 modelberegnet til ca. 60.000 ton N (tabel 2.1) – samme størrelse som i 2011.

Den gennemsnitlige deposition ligger derfor uændret på ca. 14 kg N/ha, hvilket ligger på niveau med eller over tålegrænserne for mange af de følsomme danske naturtyper, fx heder og højmoser.

Den modelberegnete deposition varierer mellem 9 kg N/ha og 20 kg N/ha (figur 2.4). Årsagen til den store geografiske variation er navnlig, at depositionens størrelse afhænger af den lokale landbrugsaktivitet, fordi ammoniak deponeres tæt på kilderne. På lokal skala kan der derfor ses betydeligt større variationer end beregnet som gennemsnit for modellens felter på 6 km x 6 km. Endvidere spiller nedbørsmængderne en vigtig rolle for depositionens størrelse. Den største deposition er beregnet til den sydlige del af Jylland, hvor husdyrproduktionen er høj, og hvor nedbørsmængderne er store. Lavest modelberegnet deposition ses i Nordsjælland og på nogle af de små øer.

Figur 2.4. Den samlede deposition af kvælstofforbindelser beregnet for 2012. Depositionen angiver en middelværdi for felterne. Depositionen er givet i kg N/ha (Ellermann et al. 2013a).



2.2.4 Samlet deposition

I tabel 2.1 er angivet tal for den samlede deposition på de danske farvande og de danske landarealer.

Tabellen viser, at tørdepositionen pr. km² var større på landarealer end på havet. Det skyldes bl.a., at ammoniakkoncentrationen er højere over land end over vand pga. den kortere afstand til kilderne, og at tørafsætning af kvælstof ved en given koncentration er større på et bevokset landareal end på vand.

2.3 Kilder til tilførsel af kvælstof fra luften

Kvælstofdepositionen i Danmark stammer fra en lang række danske og udenlandske kilder. For at kunne vurdere effekten af danske og internationale handlingsplaner, som har som formål at reducere emissionerne, er det nødvendigt at kvantificere størrelsen af de forskellige kilder samt vurdere hvor store bidrag, der stammer fra henholdsvis danske og udenlandske kilder.

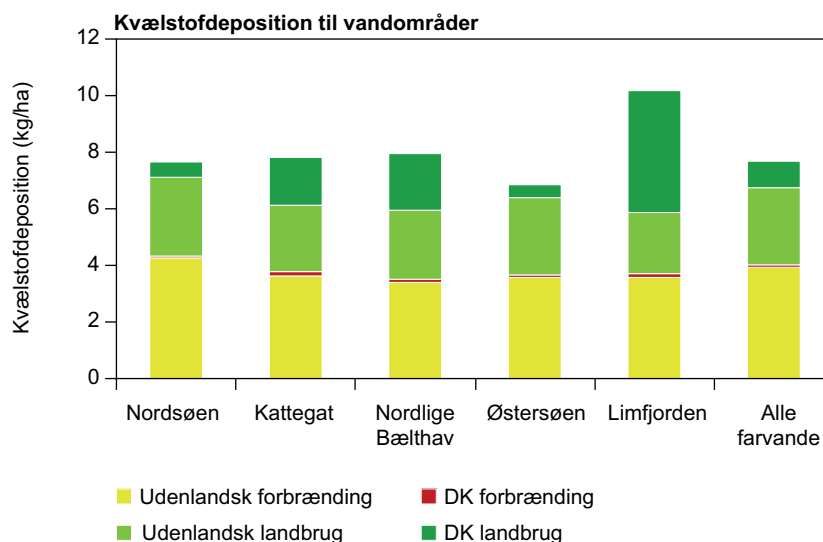
2.3.1 Kvælstofkilder

Ved hjælp af modelberegninger er det muligt at estimere, hvor stor en del af depositionen i Danmark, der stammer fra henholdsvis danske og udenlandske kilder. Det er også muligt at skelne mellem deposition, som kan henføres til udslip fra de to væsentligste kildetyper: kvælstofilter fra forbrændingsprocesser (transport, energiproduktion, forbrændingsanlæg og industriproduktion) og ammoniak fra landbrugsproduktion.

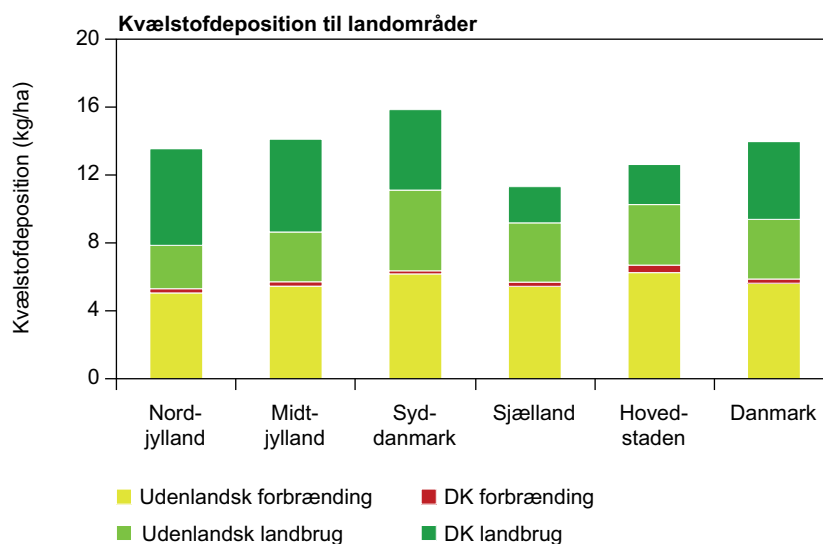
Langt hovedparten af depositionen til de danske farvandsområder stammer fra udenlandske kilder. Den danske andel af depositionen til de åbne danske farvande er estimeret til i gennemsnit at være på ca. 13 % i 2012; den største danske andel forekom i Lillebælt og det Nordlige Bælthav med ca. 25 - 27 % og den mindste andel i Nordsøen (8 %). I lukkede fjorde, vige og bugter kan den danske andel være betydeligt større, hvilket skyldes den korte afstand til de danske kilder (som fx Limfjorden i figur 2.5).

Figur 2.5 og 2.6 viser endvidere, at de danske bidrag hovedsageligt stammer fra emissioner fra landbrugsproduktionen, samt at forskellene mellem områderne i det store og hele kan forklares ved forskelle i landbrugsbidraget.

Figur 2.5. Kvælstofdeposition i 2012 til udvalgte danske farvandsområder og Limfjorden opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al. 2013a).



Figur 2.6. Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2012 til de danske regioner og i gennemsnit for hele landet (Danmark) opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al. 2013a).



For de danske landområder er den danske andel af kvælstofdepositionen (figur 2.6) generelt større end for farvandsområderne. For landområderne er den danske andel i gennemsnit estimeret til ca. 35 % i 2012. Den relative betydning af danske kilder varierer over landet afhængig af husdyrproduktionen, meteorologiske forhold og afstand til udenlandske kilder, således at danske kilder har størst betydning (41-44 %) i Nord- og Midtjylland, og mindst i Hovedstadsområdet (ca. 21 %).

2.3.2 Udvikling i kvælstofdeposition

Den gennemsnitlige deposition af kvælstof på de indre farvande og de danske landområder er faldet med henholdsvis ca. 34 % og 31 % siden 1989 (figur 2.7).

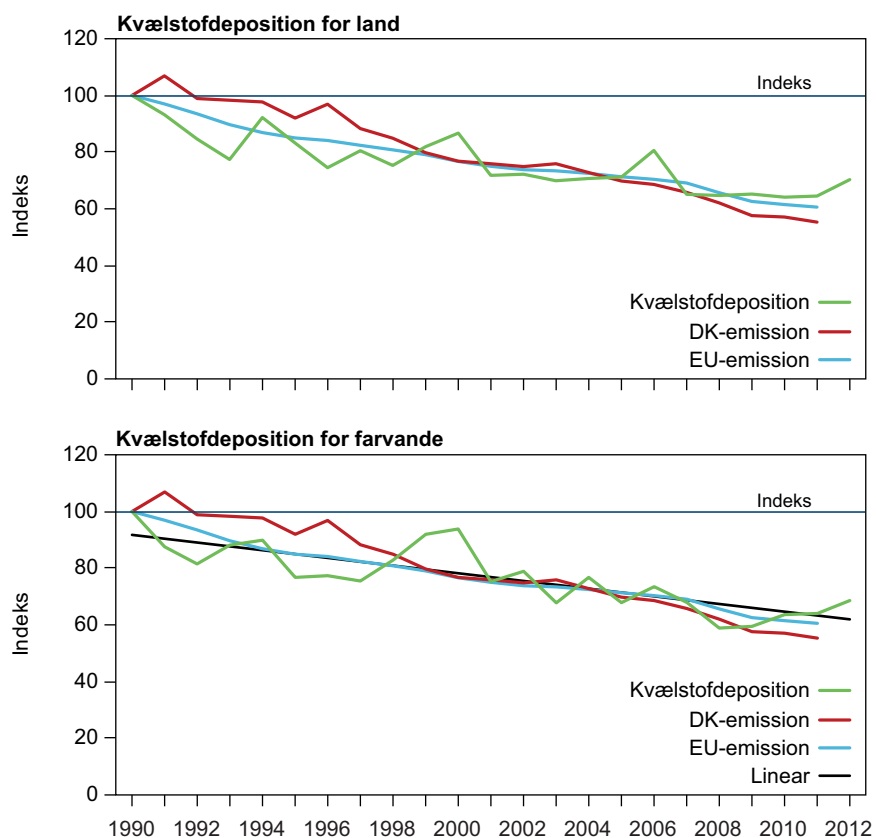
Den atmosfæriske kvælstofdeposition følger ændringerne i emissionerne af kvælstof i Danmark og de øvrige europæiske lande (figur 2.7). Reduktionerne i de udenlandske kilder er årsag til den største del af reduktionen målt som ton N. Faldet i emissionen fra de danske kilder bidrager dog også til faldet i kvælstofdepositionen, navnlig i de dele af Jylland, hvor ca. 40 % af kvælstofdepositionen stammer fra danske kilder.

2.3.3 Tilførsel af ammoniak fra luften til naturarealer

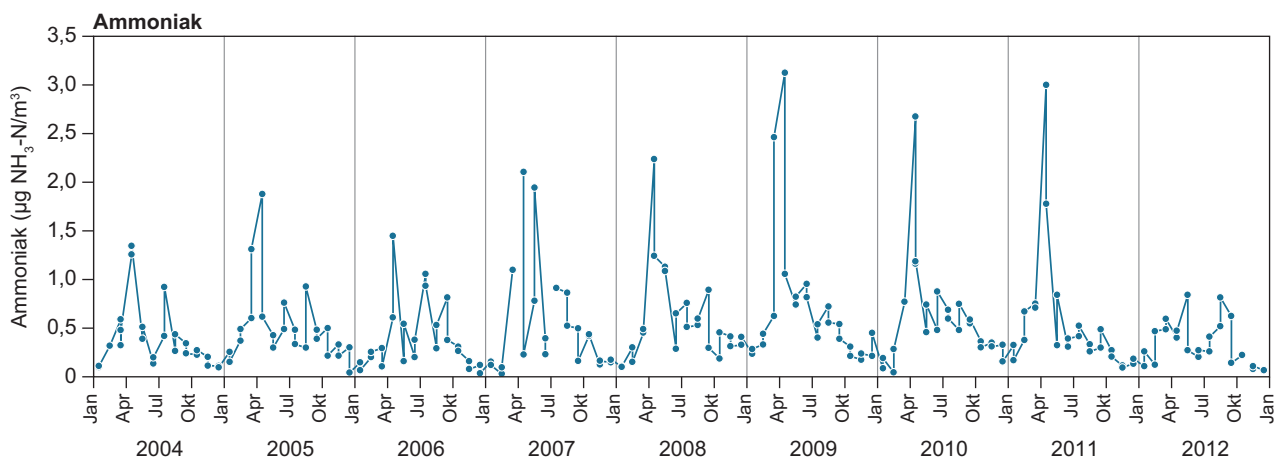
Natur- og halvkulturrealer på land, der ikke gødes, påvirkes af tilførsel af kvælstof fra luften. Det er uønsket, at tilførslen fra luften bliver så høj, at artssammensætningen på naturarealer ændres, dvs. at tålegrænsen for kvælstof overskrides for de pågældende naturtyper.

For bedre at kunne vurdere sammenhænge mellem kvælstoftilførsel og den økologiske tilstand i naturområderne har ammoniak og partikulært ammonium siden 2004 været målt i luften på en række lokaliteter.

Figur 2.7. Udviklingstendenser for den samlede deposition og emission af kvælstof. Figuren øverst viser tendenser for udviklingen i depositionen til danske landområder, mens figuren nederst viser tendenser for udviklingen i depositionen til de indre danske farvande. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al. 2013a).



I figur 2.8 er som eksempel vist ammoniakmålinger fra en af stationerne, Ulborg, i perioden 2004-2012. Det fremgår af figuren, at tidspunkterne for hhv. forårs- og eftersommertoppene kan variere en smule ligesom højde og varighed af toppene kan være forskellig årene imellem. Tidspunkt og størrelse af toppene hænger givet sammen med forskelle i udbringning af husdyrgødning og de naturlige variationer i de meteorologiske forhold i forbindelse med udbringning af husdyrgødningen. Dette sidste er givet årsagen til, at forårstoppen i 2012 var markant lavere ved denne målestation end tidligere år.



Figur 2.8. Koncentrationer af ammoniak målt på Ulborg i perioden 2004-2012 (Ellermann et al 2013a).

Der er generelt også variationer i koncentrationerne gennem året, men især i eftersommeren ses et varieret mønster. Den mindste koncentration finder man om vinteren.

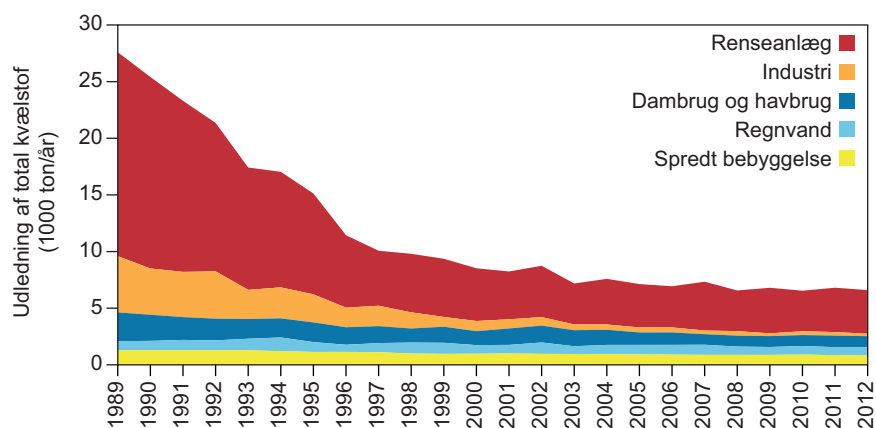
2.4 Kvælstof fra spildevand

2.4.1 Renseanlæg

Der er etableret kvælstoffjernelse på alle renselanlæg omfattet af Vandmiljøplan I (anlæg >5.000 PE) for at opfylde vandmiljøplanens udlederkrav på 8 mg N/l. I 2012 rensede de 300 største renselanlæg med krav om kvælstoffjernelse 90 % af den samlede spildevandsmængde. I alt blev der fra alle anlæg i 2012 udledt ca. 3.800 ton N, svarende til i gennemsnit ca. 5,4 mg N/l.

Udviklingen i de udledte mængder af kvælstof fra punktkilder siden 1989 er vist i figur 2.9. Siden 1995 har udledningen været mindre end målet i Vandmiljøplan I. Udledningen af kvælstof fra alle punktkilder er siden 1989 mindsket med samlet set 76 %. På renselanlæg er udledningen af kvælstof reduceret med 81 %.

Figur 2.9. Udviklingen i de årligt udledte mængder af kvælstof opdelt på forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2013).



2.4.2 Industri med egen udledning

Direkte udledninger fra industri til vandområder er af meget mindre omfang end udledningerne fra renselanlæg, idet der i 2012 blev udledt ca. 220 ton N svarende til ca. 5 mg N/l som gennemsnitskoncentration.

Målet i Vandmiljøplan I var 2.000 ton/år. Den meget markante reduktion skyldes, at mange virksomheder gennem årene er blevet tilsluttet kommunale renselanlæg eller har indført en renere teknologi og forbedrede rensemetoder. I alt er de direkte kvælstofudledninger fra industri reduceret med 97 % siden 1989 (figur 2.9).

2.4.3 Akvakultur

Den samlede udledning af kvælstof fra produktion af fisk i ferskvandsdambrug i 2011 og 2012 er opgjort på baggrund af analysedata for anlæg, hvor der foreligger 12 eller flere analyser fra egenkontrol. I de tilfælde hvor der foreligger færre end 12 analyser fra egenkontrol, er der foretaget en teoretisk beregning af udledningen. Beregningen er baseret på anlæggenes faktiske foderforbrug suppleret med en teoretisk rensegrad. Ved saltvandsbaseret fiskeopdræt, havbrug og saltvandsdambrug, er opgørelserne af udledningen

af kvælstof baseret på teoretiske beregninger. Før 2011 var opgørelserne alene baseret på teoretiske beregninger ved såvel ferskvandsdambrug som saltvandsbaseret fiskeopdræt.

Kvælstofudledningen fra ferskvandsdambrug i 2012 er opgjort til ca. 640 ton N. Dette svarer til en reduktion på ca. 70 % siden 1989, mens produktionen til sammenligning kun er reduceret med 24 %. Fra saltvandsbaseret fiskeopdræt er kvælstofudledningen opgjort til ca. 330 ton N. Der er i begge tilfælde tale om kvælstofmængder på niveau med mængden i 2011.

2.4.4 Andre kilder

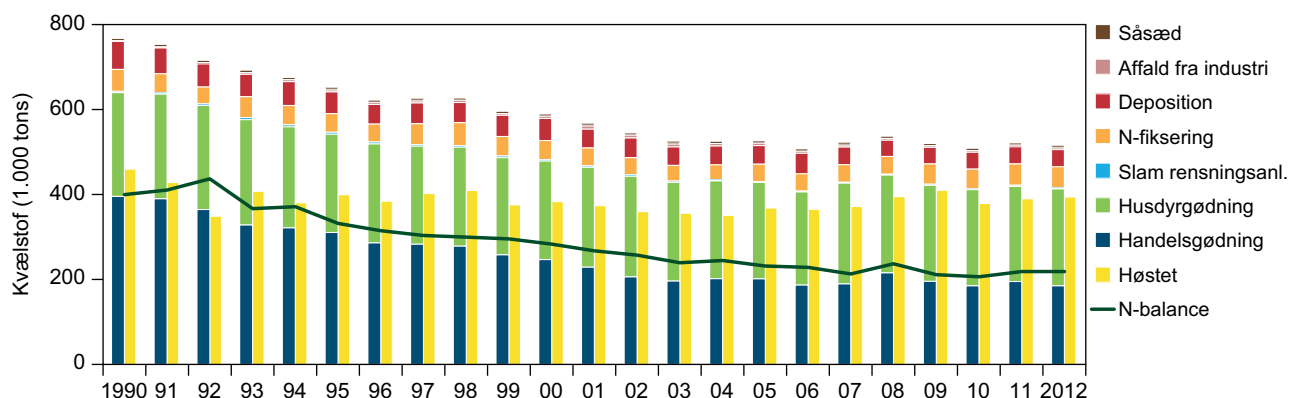
I figur 2.9 er der endvidere medtaget kvælstofudledningen fra to andre punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Kvælstofbidraget fra spredt bebyggelse er beregnet til godt 800 ton N og fra regnbetingede udledninger til godt 700 ton N.

2.5 Kvælstof i landbrug

2.5.1 Gødningsforbrug

Handelsgødningsforbruget af kvælstof for hele landet er faldet fra 394.000 ton N i 1990 til 185.000 ton N i 2012. Det største fald ses i begyndelsen af perioden

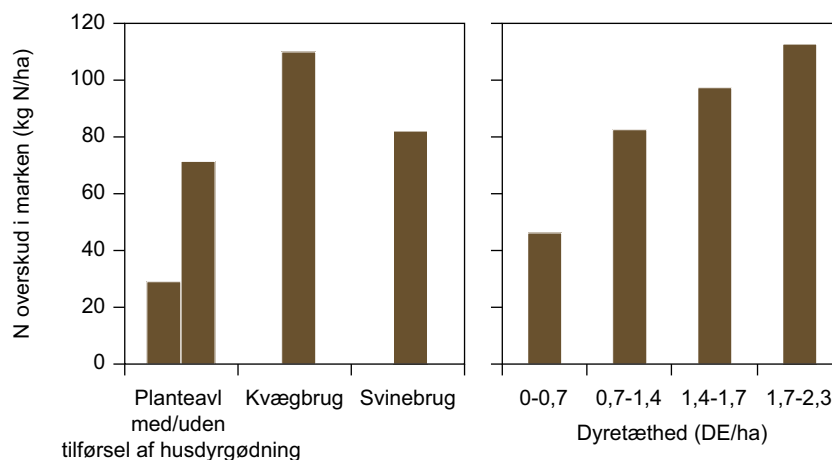
Kvælstoftilførslen med husdyrgødning er faldet svagt fra ca. 244.000 ton N i 1990 til 228.000 ton N i 2011. Det årlige overskud i markbalancen er faldet fra ca. 410.000 ton N i 1990 til ca. 230.000 ton N i 2012, svarende til en reduktion på ca. 45 % (figur 2.10). Fra 2003 ses et fald i markbalancen på 22.000 - 36.000 ton N.



Figur 2.10. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

Overskuddet af kvælstof er mindst for planteavl/brug, noget større for svinebrug og størst for kvægbrug. Overskuddet stiger med stigende husdyrtæthed (figur 2.11).

Figur 2.11. N-overskud i marken for forskellige brugstyper samt for brug grupperet med stigende husdyrtæthed, data fra 2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).



Der har siden 1990 været en markant forbedring i udnyttelsen af husdyrgødningen som følge af bindende kvælstofnormer, samt af at opbevaringskapaciteten er øget, at en stigende andel af gødningen udbringes om foråret og sommeren, og at der er taget forbedrede udbringningsteknikker i anvendelse.

2.5.2 Kvælstofkredsløbet

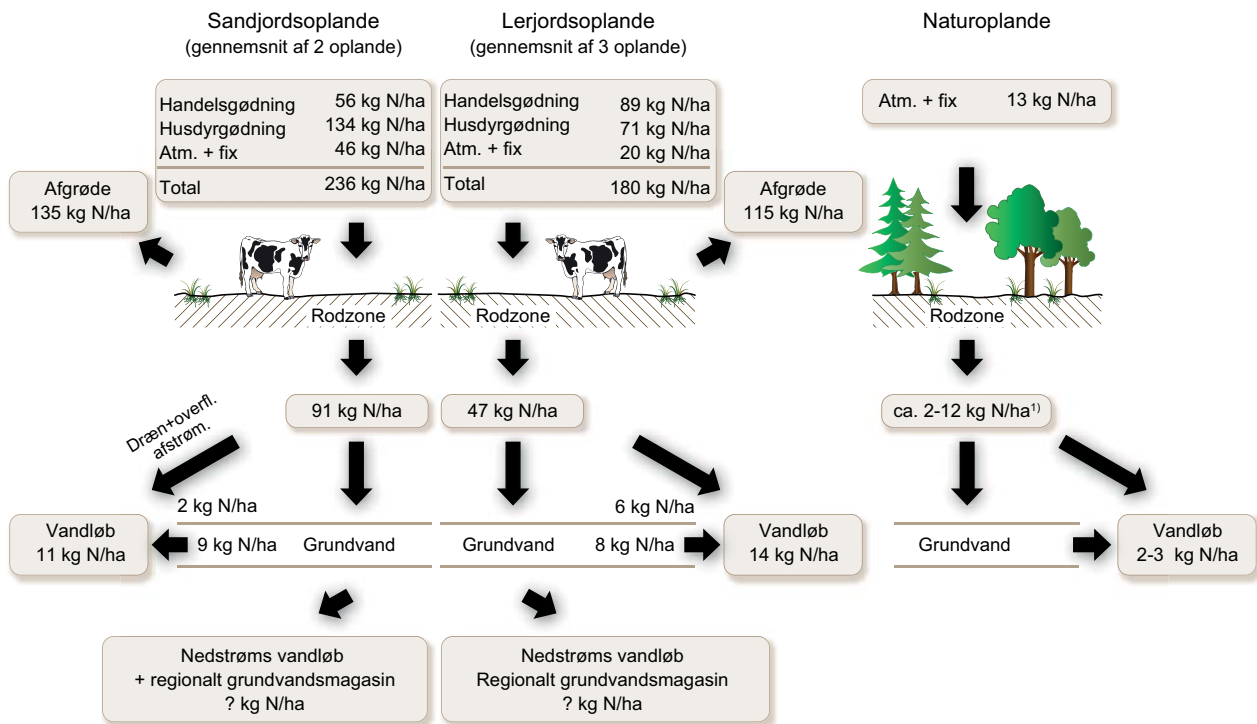
Af figur 2.12 fremgår, at der i landovervågningsoplandene (LOOP) i 2007/08 – 2011/12 blev udvasket 91 og 47 kg N/ha/år fra henholdsvis sandjorde og lerjorde. Det svarer til 39 % og 26 % af de totalt tilførte kvælstofmængder. Selv om udvaskningen er størst fra sandjorde, strømmer der alligevel mere kvælstof til vandløb i lerområder. Det skyldes, at vandet fra sandområderne generelt siver ned til det dybere liggende grundvand, hvor en stor del af det omsættes til atmosfærisk kvælstof ved denitrifikation. I LOOP-oplandene når kun ca. 12 % af det udvaskede kvælstof frem til vandløb i sandområder mod ca. 30 % i lerområder.

Afstrømningen til vandløb i LOOP-oplandene giver ikke nødvendigvis et generelt billede af forholdene på landsplan. Dette skyldes

- denitrifikationen i de øvre jordlag kan være betydelig højere i landovervågningsoplandene end på landsplan
- det afstrømmende vand repræsenterer landbrugspraksis af ældre dato
- der sker også en afstrømning fra LOOP-oplandene til vandløbsstrækninger nedstrøms målestationen.

Fra udyrkede arealer (naturoplande) udvaskes typisk 2-12 kg N/ha. Spændet angiver forskellen mellem udvaskningen fra arealer, der altid har ligget som natur (den lave ende) og arealer, som er udlagt som natur (primært skov) på tidligere landbrugsjord (den høje ende). Hvis landbrugsarealerne aldrig havde været opdyrkede, ville udvaskningen formentlig have været på det samme niveau som i naturoplandene.

Det årlige kvælstofkredsløb (2007/08 – 2011/12)



Figur 2.12. Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande for de hydrologiske år 2007/08-2011/12 (og tilhørende landbrugspraksis 2006-2010). Tilførsel og fraførsel af kvælstof er baseret på data fra interviewundersøgelsen og udvaskningen er modelberegnet med N-LES4 for alle marker i oplandet. NB! Vandløbs-transport i landbrugsoplandene er korrigeret for naturarealer og spildevandsudledning, dvs. transporten repræsenterer det dyrkede areal inklusiv spredt bebyggelse (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

¹⁾ Intervallet for naturarealer, 2-12 kg N ha⁻¹, henviser til udvaskningen fra henholdsvis fra gammel natur og landbrugsjord om-lagt til natur.

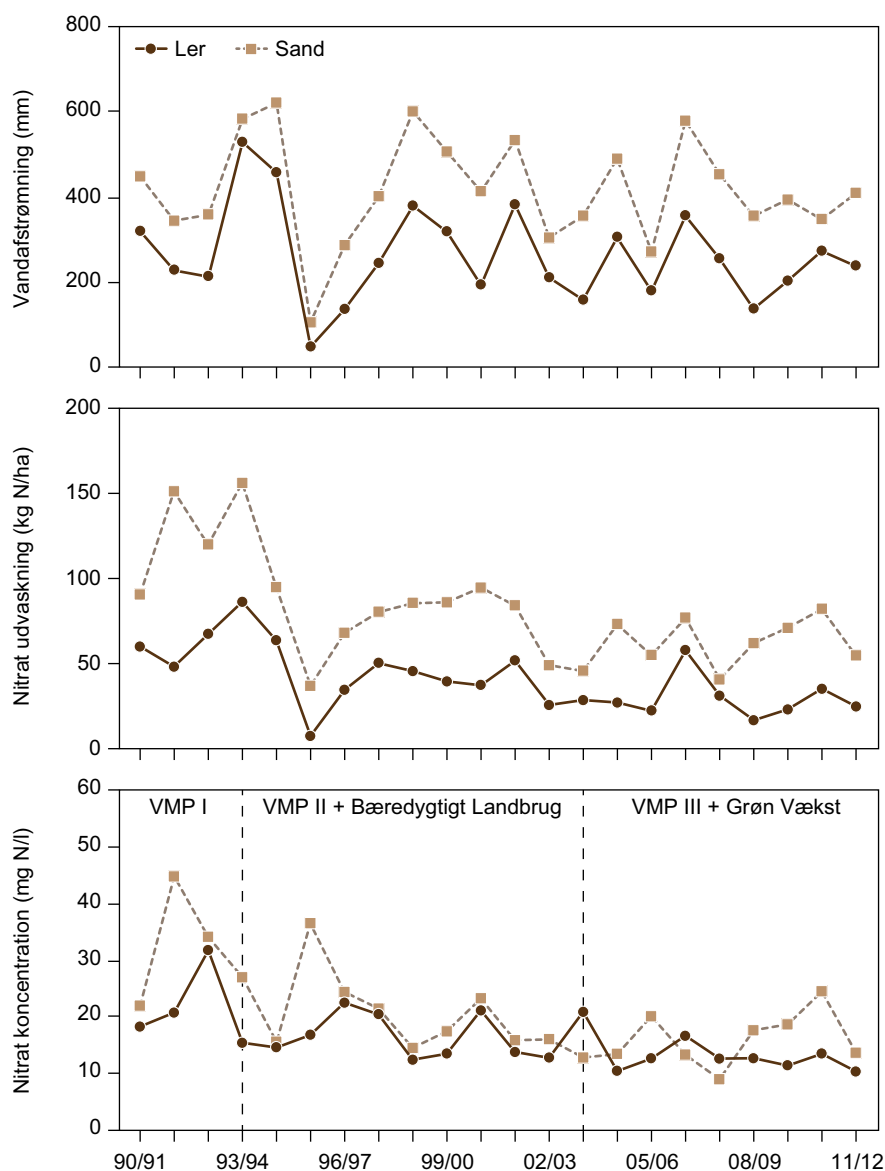
2.6 Kvælstof i vand fra dyrkede arealer

2.6.1 Kvælstofkoncentrationer

De målte koncentrationer af nitrat i det vand, der siver ned fra rodzonen under de dyrkede marker i LOOP områderne, er siden starten af 1990'erne mindsket med hhv. ca. 23 % for lerjordene og ca. 48 % for sandjordene, dog med meget stor spredning på tallene.

Der er sket et statistisk sikkert fald i kvælstofkoncentrationerne i både ler- og sandoplande i perioden 1990/91 til 2003/04, hvorimod der ikke har kunnet påvises nogen sikker udvikling i perioden 2004/05 til 2011/12.

Figur 2.13. Udvikling i vandafstrømning, nitrat-N udvaskning og nitrat-N koncentration i rodzonevand i ler- og sandjordsområder i 1990/91 – 2011/12 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

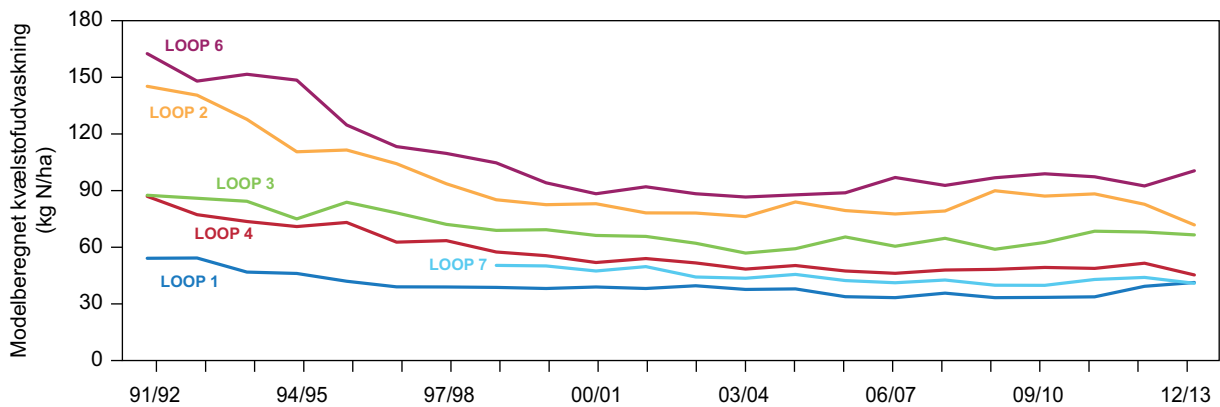


2.7 Kvælstoftab fra dyrkede marker

2.7.1 Tab fra rodzonen

Mængden af kvælstof, der er udvasket fra rodzonen i landovervågningsoplandene, er modelberegnet for hvert år ud fra klimadata og oplysninger om driftsforhold på arealerne. De udvaskede mængder afhænger stærkt af nedbørsforholdene. For at vise udviklingen i udvaskningen under normale klimaforhold er udvaskningen beregnet for gennemsnitlige nedbørsforhold. Resultaterne i figur 2.14 er således den udvaskning, der ville have været under gennemsnitlige nedbørsforhold og er dermed umiddelbart sammenlignelige.

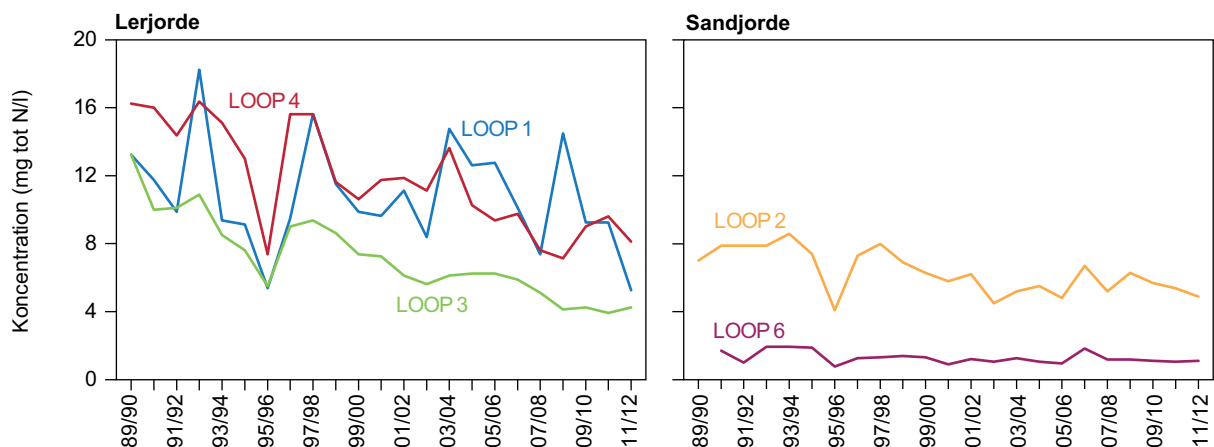
Den modelberegnete rodzoneudvaskning er fra 1990/1991 til 2012/13 faldet fra 154 til 86 kg N/ha pr. år i sandjordsoplandene (LOOP 2+6) og fra 76 til 51 kg N/ha pr. år i lerjordsoplandene. Ved vægtning af jordtyperne i forhold til hele landet blev der for perioden 1991-2003 opgjort et gennemsnitligt fald i udvaskningen på ca. 43 %. Den modelberegnete udvaskning faldt markant fra 1991 frem til ca. 2003 både for ler- og sandjorde og har været mere eller mindre konstant siden.



Figur 2.14. Modelberegnet kvælstofudvaskning (nitrat-N) ved gennemsnitsklima for de 6 overvågningsoplande for høstårene 1991 – 2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

2.7.2 Transport gennem vandløb ud af LOOP-oplandene

Kvælstoftabet til vandløb fra de dyrkede arealer var i 2010/11 og 2011/12 noget højere i de tre lerede oplande end i sandjordsoplandene på grund af den høje vandafstrømning på lerjordene (figur 2.15). I de forudgående par år var det gennemsnitlige kvælstoftab nogenlunde ens på sand og ler.



Figur 2.15. Tabet af total kvælstof fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsvandløb i det hydrologiske år for perioden 1989/90 til 2011/2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

3 Fosfor

3.1 Fosfor som forureningskilde

Tilførsel af fosfor til vandområder og naturarealer som følge af menneskelig aktivitet er en vigtig årsag til forurening. Især søer og fjorde og i nogen grad mere åbne havområder er forurenede 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 artsammensætningen af vandplanter. Der er store geologisk betingede forskelle fra sted til sted i fosforindholdet i det grundvand, der strømmer ud til vandområderne.

3.1.1 Målsætninger

I Vandmiljøplan I fra 1987 var målsætningen at mindske fosforudledningerne fra spildevand og landbrug med 80 % ved at rense spildevand for fosfor og for landbrugets vedkommende ved at standse ulovlige gårdbidrag. I Vandmiljøplan III indgår der desuden som mål en reduktion af fosforoverskuddet på dyrkede arealer samt etablering af randzoner langs vandløb og søer. I Grøn Vækst (som erstatter og følger op på Vandmiljøplan III) er der opsat et mål om en reduktion af den landbrugsbetingede fosfortilførsel til vandløb og søer på i alt 210 ton pr. år. Det fremgår af Grøn Vækst, at målet skal nås ved udlægning af ca. 50.000 ha randzoner, begrænsning af jordbehandling i efterår og vinter samt ved anlæggelse af oversvømmede ådale.

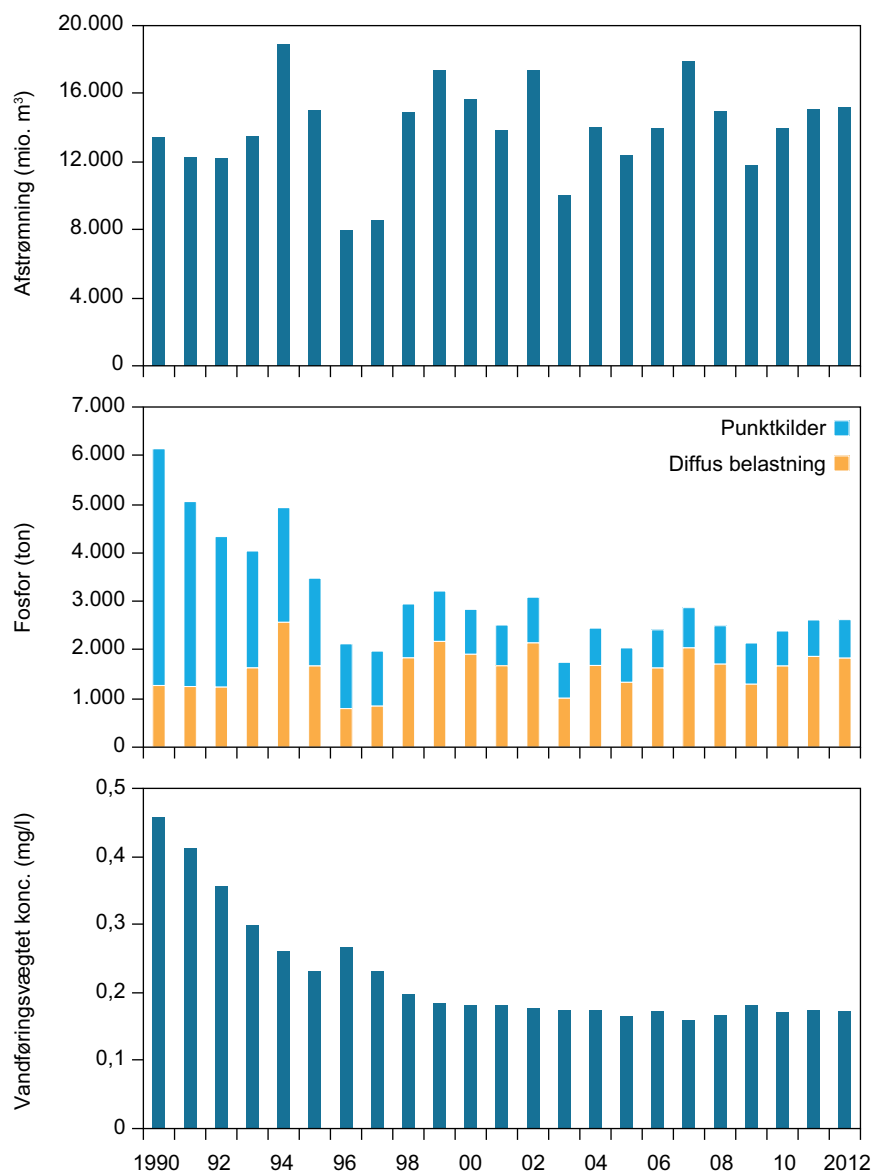
3.1.2 Udviklingen i fosfortilførsel fra land

Den årlige fosfortilførsel fra land til de marine områder er siden 1990 mindsket fra ca. 5.500 t/år til omkring 2.600 ton i 2012 (figur 3.1), det samme som i 2011.

Reduktionen over hele perioden skyldes etablering af fosforfjernelse på renseanlæg. Det skal understreges, at der også forud for overvågningsprogrammets start i 1989 var sket en væsentlig reduktion i fosforudledningen fra renseanlæg som følge af regional indsats. Efter at fosforfjernelsen stort set var etableret midt i 1990'erne, har der været en sammenhæng mellem vandafstrømningen fra land og fosfortilførslen. Det skyldes, at de diffuse kilder, især fosfortilførslen fra dyrkede arealer, er størst i år med stor nedbør og afstrømning.

Den samlede fosforudledning til havet er reduceret med godt 56 % i perioden 1990-2012. Jf. ovenfor skyldes det fald i udledningen fra renseanlæg, idet der ikke er set nogen udvikling i den diffuse tilførsel, dvs. baggrunds- og landbrugsbidraget.

Figur 3.1. Ferskvandsafstrømning, samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og vandføringsvægtet fosfor koncentration for 1990 til 2012 (Wiberg-Larsen et al. 2013)



3.2 Tilførsel af fosfor via luften

Atmosfærisk fosfor er hovedsageligt bundet til partikler og transporteres i luften med disse. Denne fosfor stammer fra både menneskeskabte og naturlige kilder, bl.a. afbrænding af kul og halm og jordfugning. Deposition af fosfor til de indre danske farvande og landområder er som tidligere år vurderet til ca. 0,04 kg P/ha. Depositionen på de indre danske farvande (areal 31.500 km²) kan herudfra estimeres til ca. 130 ton P og på de danske landområder (areal 43.000 km²) til ca. 170 ton P.

3.2.1 Opfyldelse af målsætning

De generelle, nationale mål i Vandmiljøplan I for reduktioner i udledning af fosfor er opfyldt. De nationale krav i Vandmiljøplan I vedrørende spildevandsudledninger har været opfyldt siden 1995, og Vandmiljøplan I-kravene til landbruget antages at være opfyldt med ophør af de direkte udledninger fra gårdene omkring 1990. Delmålsætningen i Vandmiljøplan III om en 25 % reduktion i fosforoverskuddet i 2009 er så rigeligt nået. Det vurderes i midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III, at målet om yderligere

50.000 ha dyrkningsfrie randzoner langt fra vil blive opfyldt (Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet et al. 2008). Vandmiljøplan III er nu afløst af Grøn Vækst, hvor målet er en reduktion af den landbrugsbetingede fosfortilførsel til vandløb og søer på 210 ton bl.a. ved at indføre randzoner.

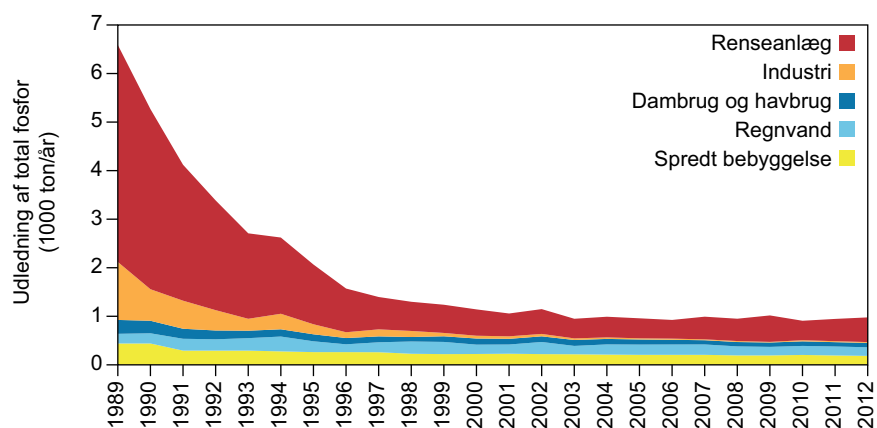
3.3 Fosfor fra spildevand

3.3.1 Renseanlæg

Der er etableret fosforfjernelse på alle renselanlæg. Udlederkravet er mange steder skærpet for at beskytte søer og fjorde, og i mange sø- og fjordoplande sker der fosforfjernelse på alle renselanlæg uanset størrelse. Renseanlæggene udledte i 2012 i alt ca. 510 ton P svarende til en gennemsnitskoncentration i udløbet på ca. 0,7 mg P/l.

Udviklingen i de udledte mængder af fosfor fra punktkilder siden 1989 er vist i figur 3.2. Siden 1995 har udledningen været mindre end målet i Vandmiljøplan I. Udledningen fra alle punktkilder er siden 1989 mindsket med samlet set 85 %. På renselanlæg er udledningen reduceret med 92 %.

Figur 3.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2013).



3.3.2 Industri med egen udledning

Direkte udledninger fra industri til vandområder er betydeligt mindre end udledningerne fra kommunale renselanlæg. I 2012 blev der udledt 18 ton P svarende til ca. 0,4 mg P/l som gennemsnitskoncentration.

Udledningen er mindsket fra ca. 1.400 ton i 1980'erne til langt under målet på 600 t/år i Vandmiljøplan I fra 1987.

Reduktionen skyldes, at mange virksomheder gennem årene er blevet tilsluttet kommunale renselanlæg eller har etableret en renere teknologi og forbedrede rensemetoder. I alt er fosforudledningerne direkte fra industrier reduceret med 99 % siden 1989.

3.3.3 Akvakultur

De samlede udledninger af fosfor fra produktion af fisk i ferskvandsdambrug er i 2011 og 2012 opgjort på baggrund af analysedata for anlæg, hvor der foreligger 12 eller flere analyser fra egenkontrol. I de tilfælde hvor der foreligger færre end 12 analyser fra egenkontrol, er der foretaget en teoretisk beregning af udledningen. Beregningen er baseret på dambrugenes faktisk

anvendte fodermængder suppleret med teoretisk rensegrad. Ved saltvandsbaseret fiskeopdræt, havbrug og saltvandsdambrug er opgørelserne af udledningen af fosfor baseret på teoretiske beregninger. Før 2011 var opgørelserne alene baseret på teoretiske beregninger ved såvel ferskvandsdambrug som saltvandsbaseret fiskeopdræt.

Fosforudledningen fra ferskvandsdambrug i 2012 er opgjort til 53 ton P og fra saltvandsbaseret fiskeopdræt til 36 ton P. Der er i begge tilfælde tale om mængder på niveau med mængderne i 2011.

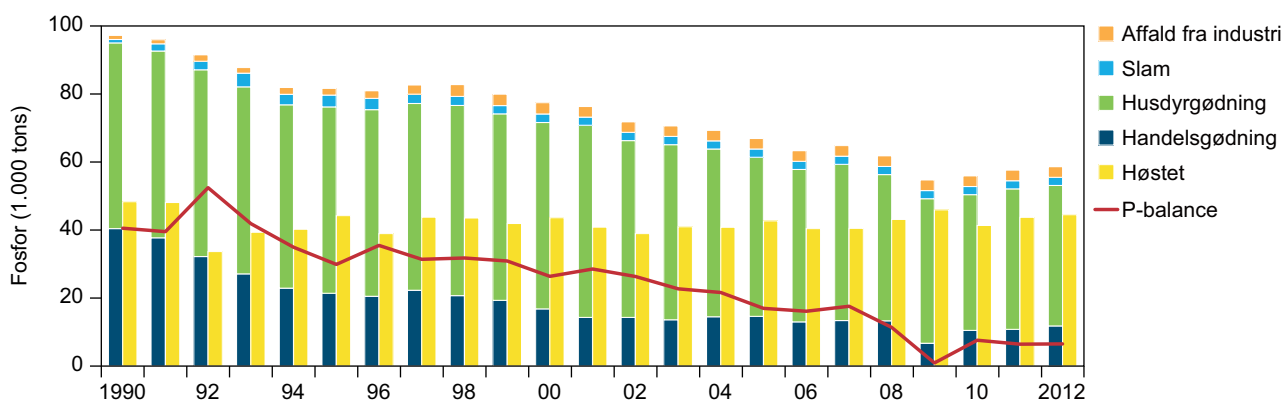
3.3.4 Andre kilder

I figur 3.2 er der endvidere medtaget fosforudledningen fra to andre betydende punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Disse kilders fosforbidrag er hver for sig beregnet til knap 200 ton P. Samlet set er det på niveau med udledningen fra renseanlæg.

3.4 Fosfor i landbrug

3.4.1 Gødningsforbrug

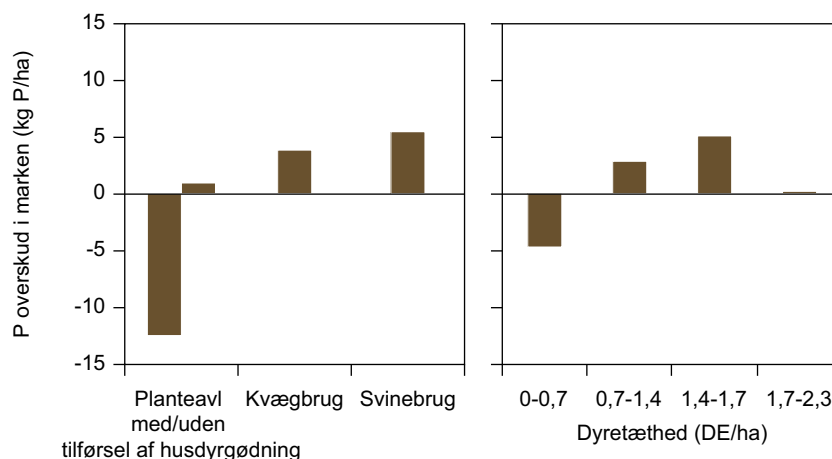
Forbruget af fosfor i handelsgødning er på landsplan reduceret markant i perioden 1990-2012, mens reduktionen i fosfortilførsel med husdyrgødning har været mindre. Nettotilførslen (også benævnt markoverskuddet) var i 2012 ca. 6.500 ton P (figur 3.3). I gennemsnit er fosforoverskuddet reduceret fra ca. 14 kg P/ha i 1990 til ca. 2,5 kg/ha i 2012.



Figur 3.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

Der er stor forskel på markoverskuddet af fosfor afhængig af brugstype og husdyrtæthed. I LOOP-oplandene blev der på planteavlbrug uden tilførsel af husdyrgødning i 2012 tilført betydeligt mindre fosfor (ca. 12 kg P/ha) end der blev fjernet med afgrøden, mens der var overskud af fosfor på husdyrbrugene (figur 3.4). Overskuddet er størst ved de højeste husdyrtætheder bortset fra bedrifter med op til 2,3 DE, hvor særlige dyrkningsforhold gjorde sig gældende i 2012.

Figur 3.4. Fosforoverskud i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og husdyrtæthed, 2012 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).



3.5 Fosforkoncentrationer og udvaskede mængder

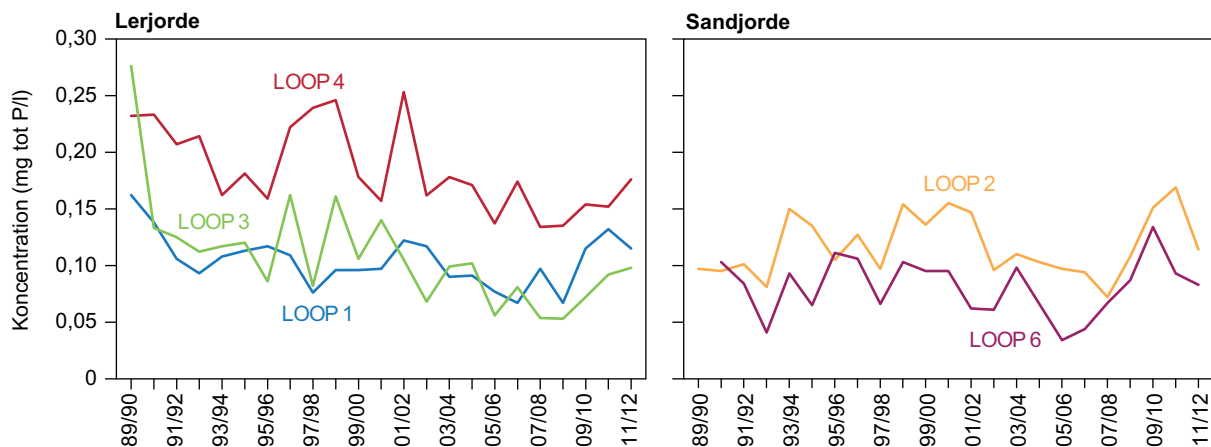
3.5.1 Måleprogram

I overvågningsprogrammet for LOOP bestemmes udvaskning af fosfor fra rodzonen ved 31 jordvandsstationer og i omkring 20 borer i det øvre grundvand 1,5 til 5 meter under terræn fordelt over 5 oplande. Transport af fosfor til overfladevand via dræn måles ved 7 stationer og i de vandløb, der afvander oplandene.

3.5.2 Fosforkoncentrationer i vandet

25 % af jordvandsstationerne ligger på jorde med stor fosformobilitet, og vandet har derfor betydeligt højere fosforindhold (op til ca. 0,5 mg P/l) end det sædvanlige lave niveau på omkring 0,025 mg P/l. Den store fosformobilitet resulterer også i høje fosforindhold i rodzonevand og dræn, der afvander disse jorde. Ingen af vandløbene i LOOP-oplandene afvander alene jorde med stor fosformobilitet, hvorfor de resulterende koncentrationer i vandløbene fremkommer ved en blanding af vand med forskelligt fosforindhold.

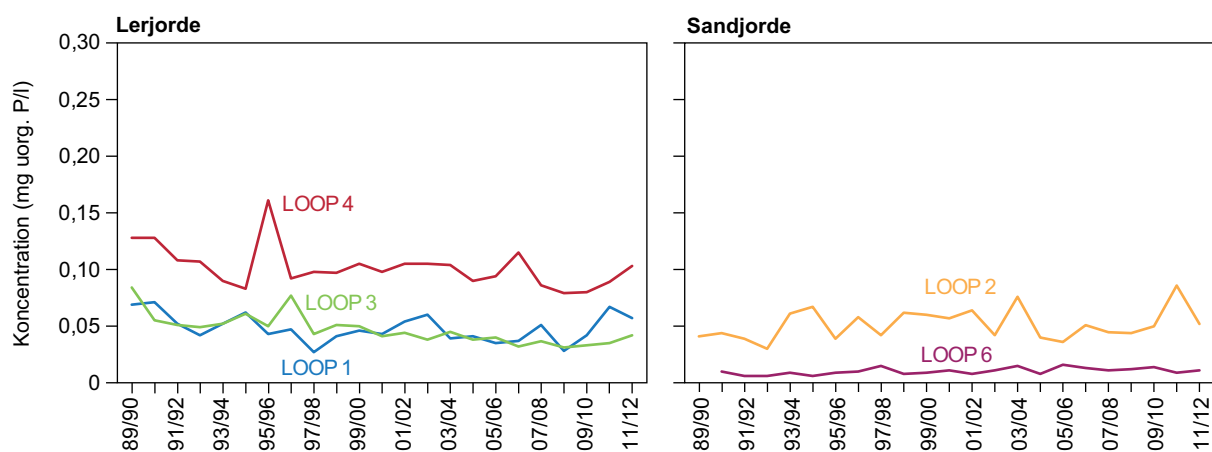
Der er store forskelle på fosforindholdet i det vand, der forlader LOOP-oplandene gennem vandløb (figur 3.5) med generelt højest indhold i Lillebæk på Fyn (LOOP 4).



Figur 3.5. Vandføringsvægtet koncentration af total fosfor i de fem landovervågningsvandløb i perioden 1990/91-2011/12 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

Tabet af fosfor fra landbrugsarealer til vandløbene er beregnet ved fra transporten af fosfor i vandløbene at fratække udledninger fra punktkilder og tabet fra naturarealer. Der er ingen systematisk forskel på tabet af fosfor fra sandede og lerede oplande (figur 3.6).

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer i LOOP-omlandene ligger i størrelsen 0,2-0,5 kg P/ha med det største tab til Lillebæk (LOOP 4). Tabet af fosfor er meget afhængig af nedbørsmængder, hvilket er årsagen til, at fosforafstrømningen svinger meget mellem årene. Til sammenligning er der estimeret et tab fra udyrkede naturarealer på knap 0,1 kg P/ha.



Figur 3.6. Tabet af total fosfor fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsvandløb i perioden 1990/91-2011/12 (Blicher-Mathiesen et al. 2013).

4 Organisk stof som forureningskilde

Udledning af nedbrydeligt organisk stof var tidligere en vigtig kilde til forurening af vandområder. Udledningerne gav slamaflejringer i vandløb og i nærområder omkring store spildevandsudledninger til marine områder, og iltforbruget ved nedbrydning af det organiske stof forringede iltforholdene i vandområdet. Rensning af spildevand har afgørende mindsket forureningen med organisk stof.

4.1.1 Kilder til forurening med organisk stof

Forureningen med nedbrydeligt organisk stof måles normalt som iltforbruget ved nedbrydning af det organiske stof i løbet af 5 døgn. Dette betegnes BI_5 . Uden forurening er der et lille naturligt indhold af BI_5 i det vand, der strømmer fra et opland ud i vandområder, normalt omkring eller under 1 mg/l. Der kommer stadig et betydeligt bidrag med spildevandsudledninger, mens dyrkning af jorden normalt ikke medfører en væsentlig forøgelse af indholdet af organisk stof i vandet fra markerne.

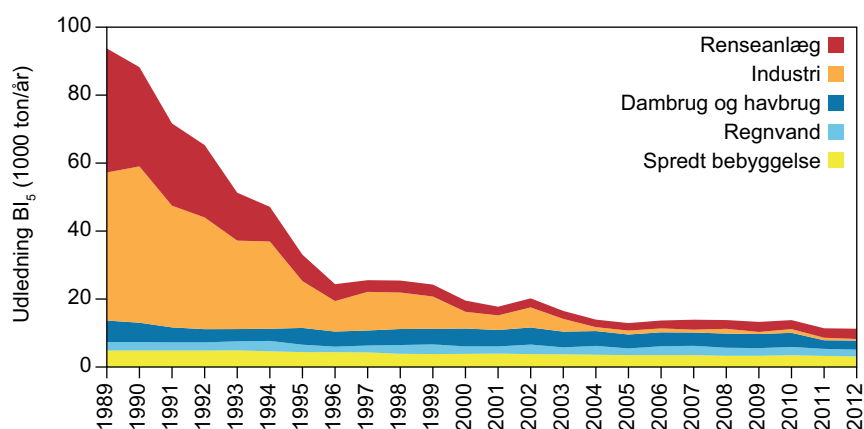
4.1.2 Udledning fra renseanlæg

Fra renseanlæg blev der i 2012 udledt ca. 3.035 ton organisk stof (BI_5). I gennemsnit svarer det til et indhold på 4,2 mg/l for alle anlæg incl. anlæg større end 5000 PE, hvilket er langt under det generelle udlederkrav i Vandmiljøplan I på 15 mg/l for anlæg for mere end 5.000 personer.

4.1.3 Udledning fra industri med egen udledning

Udledningerne af organisk stof fra industri med egen udledning er mindsket især frem til midt i 1990'erne, men der er også siden sket betydelige reduktioner, og den sidste store industri med betydelig udledning af organisk stof fik etableret biologisk rensning i slutningen af 2003 (figur 4.1). Der blev i 2012 udledt 455 ton organisk stof (BI_5) eller i gennemsnit et indhold på ca. 10 mg/l.

Figur 4.1. Udvikling i udledte mængder af organisk stof fra forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2013).



4.1.4 Akvakultur

De samlede udledninger af organisk stof fra produktion af fisk i ferskvandsdambrug er i 2011 og 2012 opgjort på baggrund af dambrugenes faktisk anvendte fodermængder suppleret med teoretisk rensegrad. For anlæg, hvor der foreligger 12 eller flere analyser fra egenkontrol, er data fra disse anvendt. Udledningerne af organisk stof fra saltvandsbaseret fiskeopdræt, havbrug og saltvandsdambrug er baseret på teoretiske beregninger. Før 2011 var opgørelserne alene baseret på teoretisk beregninger ved såvel ferskvandsdambrug som saltvandsbaseret fiskeopdræt.

Udledningen af organisk stof fra ferskvandsdambrug i 2012 er opgjort til ca. 1.600 ton organisk stof og fra saltvandsbaseret fiskeopdræt til ca. 1.100 ton organisk stof.

4.1.5 Andre kilder

I figur 4.1 er der endvidere medtaget udledningen af organisk stof fra to andre betydende punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Udledningen fra den spredte bebyggelse er estimeret til ca. 3.100 ton BI₅ - eller samlet mere end udledningen fra renseanlæg. Endelig er udledningen fra de regnbetingede udledninger estimeret til ca. 2.000 ton BI₅.

4.1.6 Samlet vurdering af forurening med organisk stof

Udledningerne af organisk stof er mindsket så meget, at de kun giver en væsentlig forurening lokalt omkring udledningen. Især små vandløb kan være forurenede med organisk stof fra udledninger fra spredt bebyggelse eller regnbetingede udledninger fra byer, og der kan ske forurening med organisk stof nedstrøms dambrug eller lokalt omkring havbrug.

5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

5.1 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Tungmetaller er naturligt forekommende i miljøet. Metallerne har forskellig betydning for mennesker og dyr, nogle er essentielle, nogle er toksiske og andre har mindre betydning. De essentielle kan være toksiske i høje koncentrationer.

Metaller kan blive frigjort fra deres oprindelige miljø som følge af menneskelig aktivitet, fx ved en grundvandssænkning. Grundvandssænkningen kan medføre iltning af jordlagene og dermed frigivelse af en række metaller til grundvandet. Metaller har udbredt anvendelse i vores dagligdag, og en væsentlig kilde til deres spredning er derfor også spildevand. Metallerne kan endvidere spredes via luften. Endelig indeholder handelsgødning og gylle tungmetaller, som ved udspreddning af gødningen på markerne bliver tilført jorden, hvorfra de kan videreføres til vandmiljøet.

Gruppen af organiske miljøfremmede stoffer omfatter primært stoffer, som er fremstillet med henblik på at udnytte de egenskaber, som stofferne har. Eksempelvis udnyttes phthalaternes egenskaber som blødgørere i plastprodukter. PAH (PolyAromatiskeHydrocarboner) indgår også blandt de organiske miljøfremmede stoffer. PAH dannes ved ufuldstændig forbrænding af organiske produkter og findes derfor også naturligt i miljøet om end med en meget lille baggrundskoncentration. Pesticider anvendes i landbrug, skovbrug, gartnerier m.v. til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyrsangreb og ukrudt m.v.

Følgende stofgrupper indgår i overvågningen af organiske miljøfremmede stoffer (i parentes det programsatte antal af enkeltstoffer):

- Pesticider (60)
- Aromatiske kulbrinter (13)
- Phenoler (8)
- Halogenerede alifatiske kulbrinter (11)
- PCB (Polychlorerede biphenyler) (10)
- Chlorphenoler (1)
- PAH (PolyAromatiskeHydrocarboner) (22)
- P-triesterer (Fosfor-triesterer) (4)
- Blødgørere (7)
- Anioniske detergenter (1)
- Dioxiner og furaner (17)
- Organotinforbindelser (4)
- Bromerede flammehæmmere (10)
- PFAS (Perfluorerede forbindelser) (7)
- Humane antibiotika (3)
- Andre humane lægemidler (6)
- Østrogener (3).

Overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer omfattede i 2012 overvågning af luft ved 6 stationer, punktkilder ved 31 renseanlæg, grundvand i ca. 600 indtag samt marine områder med målinger i sediment, muslinger og fisk. Desuden er der foretaget målinger ved regnbetingede udled-

ninger, dambrug samt vandløb og søer. Resultaterne heraf er ikke omtalt i nærværende rapport. Det er forskelligt hvilke stoffer, der indgår i overvågningen i de enkelte delprogrammer. Ligeledes måles ikke nødvendigvis de samme stoffer ved alle stationer indenfor samme delprogram.

5.1.1 Screeningsundersøgelser

Sideløbende med den programsatte rutinemæssige overvågning af tungmetaller og miljøfremmede stoffer gennemføres der orienterende screeningsundersøgelser af "nye" stoffer. Undersøgelserne bliver lavet med henblik på at skabe grundlag for en stillingtagen til, om nye stoffer skal inddrages i overvågningen eller ej.

Der er gennemført screeningsundersøgelse af:

- Fenoler i biota (Lassen 2013)
- Afklaring af mulig forekomst af PFOS, PFOA og lignende PFC forbindelser i grundvand (Enevoldsen & Juhler 2010)
- Screening for kloroalkaner i sediment (Larsen et al. 2010)
- Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand (Juhler et al. 2010)
- Kviksølvforbindelser, HCBd og HCCPD i det danske vandmiljø (Strand et al. 2010)
- Screening for udvalgte pesticider i vandløb og grundvand (Bossi et al. 2009a)
- Muskstoffer i punktkilder og i det akvatiske miljø (Bossi et al. 2009b)
- Lægemidler og triclosan i punktkilder og vandmiljøet (Mogensen et al. 2007)
- PFAS (Perfluorerede forbindelser) og organotinforbindelser i spildevand, ferskvand samt sediment og biota fra vandløb og søer (Strand et al. 2007)
- Beryllium i ungt grundvand (Larsen 2006).

Desuden er der gennemført screeningsundersøgelser, der endnu ikke er rapporterede:

- Udvaskning af veterinære lægemidler til dræn og grundvand
- Udvalgte miljøfremmede stoffer (udvalgte af vandrammedirektivets prioriterede stoffer) i havvand, ferskvand og sediment
- Lægemidler i spildevand og sediment.

5.2 Deposition af tungmetaller fra luften

Den luftbårne deposition af tungmetaller er gennem en årrække blevet målt på seks til syv stationer fordelt ud over landet, mens luftens indhold af partikelbundne tungmetaller er målt ved to stationer.

5.2.1 Målsætning

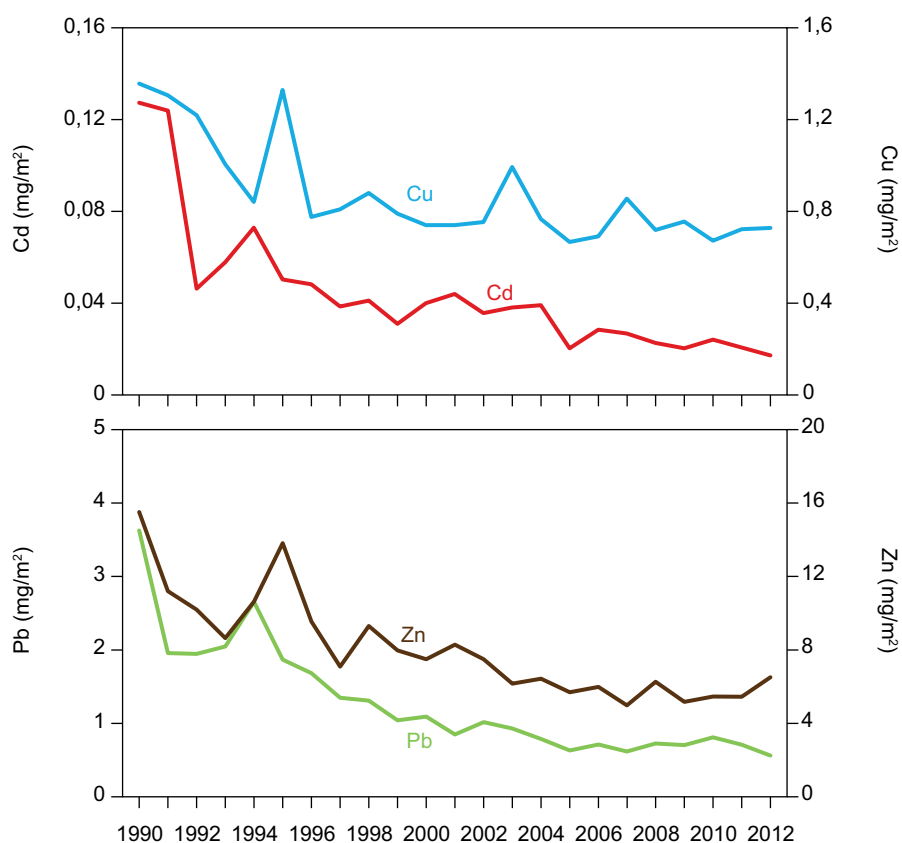
I Danmark og på europæisk plan er det en målsætning, at naturen via luften ikke må modtage mere forurening med tungmetaller, end den kan tåle. Med det 4. datterdirektiv om bl.a. tungmetaller (Europaparlamentet og Rådet 2004) er det bl.a. formålet at forhindre eller reducere den mulige skadevirkning af bl.a. arsen, cadmium og nikkel. Med henblik på at opfylde direktivets formål pålægges medlemslandene at måle koncentrationerne i luften og depositionen af stofferne i direktivet.

5.2.2 Deposition af tungmetaller i 2012

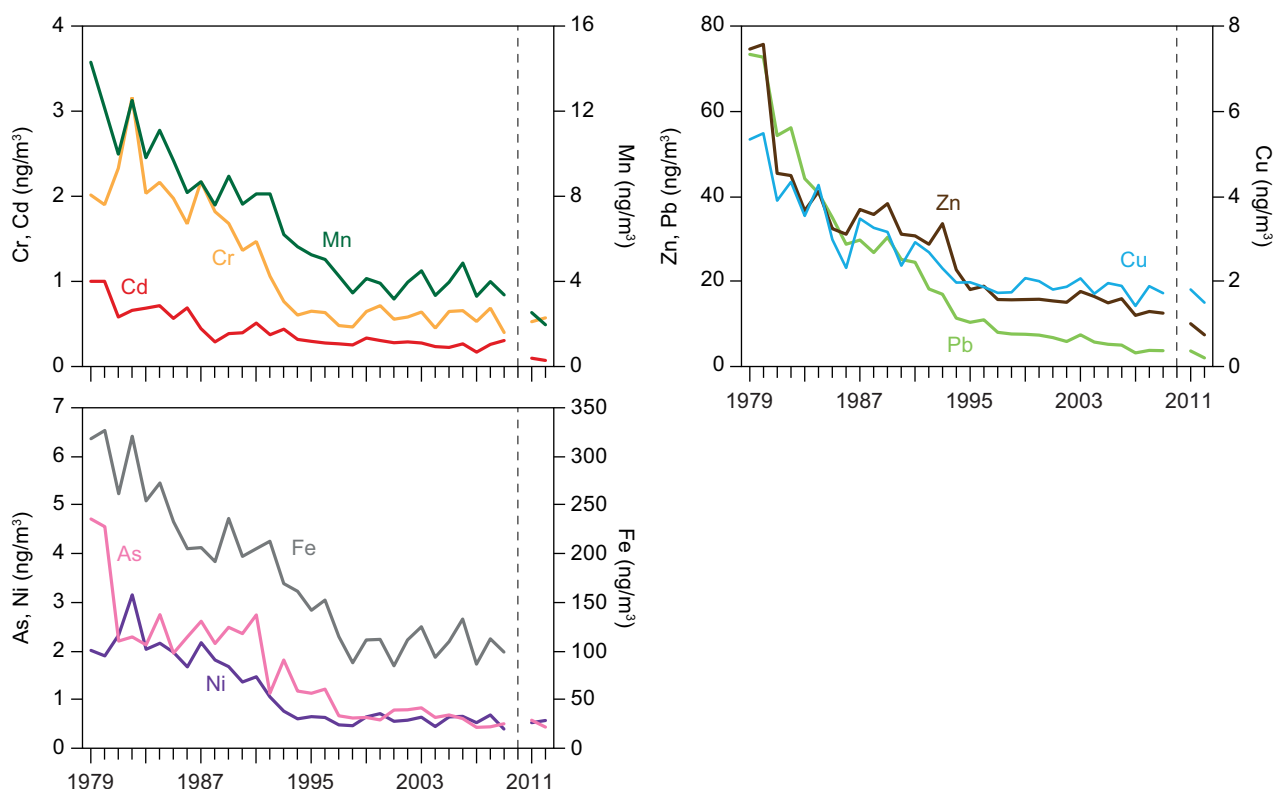
Deposition af tungmetaller spiller en væsentlig rolle for den samlede belastning af de danske farvande og landområder med disse stoffer. I mange tilfælde er den atmosfæriske deposition af tungmetaller til vandmiljøet betydelig i forhold til andre kilder.

Der har siden 1989 været en tydelig nedgang i våddepositionen af tungmetaller (figur 5.1). Niveaueet for våddepositionen adskilte sig i 2012 ikke fra niveauet de foregående år.

Figur 5.1. Udvikling af zink (Zn) og bly (Pb) samt kobber (Cu) og cadmium (Cd) i depositionen i 1989-2012 (Ellermann et al. 2013a).



Tilsvarende viser mere end 30 års målinger af koncentrationen af luftens indhold af tungmetaller en betydelig reduktion siden slutningen af 70'erne (figur 5.2).



Figur 5.2. Udvikling i koncentrationen i luften af en række tungmetaller i perioden 1979-2012. Kurverne repræsenterer gennemsnit af målinger ved Keldsno og Tange i perioden før 2010 og gennemsnit af målinger ved Risø og Anholt i 2011 og 2012. Den stiplede linje indikerer skiftet i målestationer (Ellermann et al. 2013a).

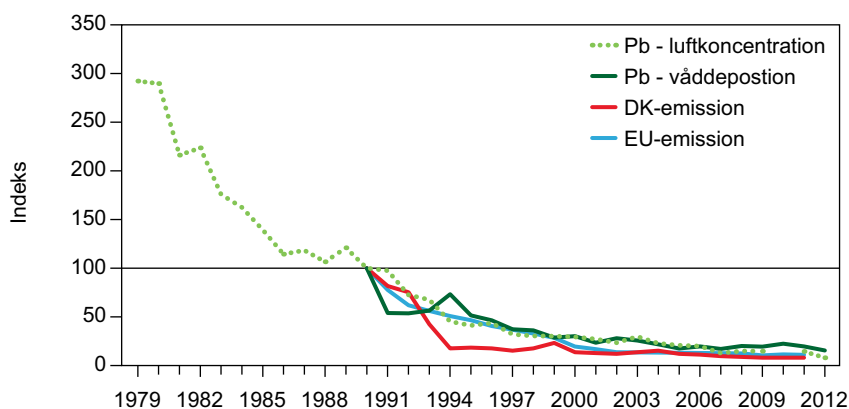
En stor del af de tungmetaller, der findes i atmosfæren over Danmark, kommer fra kilder udenfor Danmark. På trods af en usikkerhed på estimerterne på + 30-50 % viser en sammenligning af de estimerede depositioner til de indre danske farvande og danske landområder med de danske emissioner af tungmetaller, at de danske emissioner for alle de målte tungmetaller undtagen kobber er væsentlig mindre end depositionerne (tabel 5.1).

Tabel 5.1. Årlig deposition estimeret fra målinger på seks stationer samt emission af tungmetaller til atmosfæren fra danske kilder i 2012. (Ellermann et al. 2013a).

Deposition	Deposition til land $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Deposition til vand $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Estimeret deposition		Emission
			Landområder (43.000 km ²) ton/år	Indre farvande (31.500 km ²) ton/år	Danske kilder ton/år
Cr, chrom	170	160	7	5	0,9
Ni, nikkel	210	180	9	6	4,6
Cu, kobber	780	750	34	24	45
Zn, zink	6.800	6.600	290	210	37
As, arsen	90	80	4	3	0,3
Cd, cadmium	20	18	1	1	0,2
Pb, bly	640	590	27	19	11

En sammenligning af udviklingen i emissioner i Europe og Danmark med udviklingen i deposition og koncentration viser, at der er god sammenhæng i udviklingstendenserne. Et eksempel herpå er vist i figur 5.3.

Figur 5.3. Målinger af bly i våd-depositionen og partikkelkoncentration i luften sammenlignet med emissioner fra Danmark og EU-lande (Ellermann et al. 2013a).



Foruden emissioner har også klimatiske forhold en væsentlig betydning for den variation, der ses mellem målingerne fra år til år af primært depositionen. Mængden af nedbør, antallet af byger, nedbørsintensiteten samt i hvilket omfang transport af luftmasser falder sammen med regnhændelser er faktorer, som påvirker depositionens størrelse.

5.3 Tungmetaller fra punktkilder

Tungmetaller i spildevand vil ved udledningen af spildevandet blive tilført overfladevand. I 2012 blev udledningen af 16 tungmetaller og sporstoffer målt ved 31 renselanlæg. De 31 renselanlæg repræsenterer samlet set knap 30 % af den samlede spildevandsmængde fra renselanlæg.

Antallet af undersøgte renselanlæg var det samme i 2011. Det er et større antal end før 2011, hvor der samlet set blev undersøgt ca. 10 renselanlæg hvert år. De renselanlæg, der blev undersøgt i 2011 og 2012, repræsenterer såvel renselanlæg med avanceret rensning som renselanlæg med mindre avanceret rensning, mens de renselanlæg, der blev undersøgt før 2011, primært var større avancerede renselanlæg.

Indholdet af tungmetaller er målt i udledningen fra renselanlæg siden 1998. I 2010 blev der på baggrund af målingerne i perioden 1998-2009 opstillet nøgletal for metaller/uorganiske sporstoffer i renselanlæggenes indløb og udløb. Nøgletallene anses for at være et bedste bud på den årlige middelværdi og er angivet som 75 %-fraktilen af målinger (Naturstyrelsen, 2011b).

5.3.1 Målsætning

Udledningen af tungmetaller skal begrænses, så fastsatte miljøkvalitetskrav kan overholdes. Der er i bekendtgørelsen om miljøkvalitetskrav til overfladevand fastsat krav til 12 af de 16 metaller, der er undersøgt for, heriblandt bl.a. bly, krom, kobber, nikkel og zink (Miljøministeriet 2010).

5.3.2 Udledning af tungmetaller fra renselanlæg

Middel-, median- og maksimumkoncentration samt fundhyppigheden i 2012 af de 16 undersøgte metaller er vist i tabel 5.2.

Tabel 5.2. Koncentration af metaller i udledning fra 31 renseanlæg i 2012 angivet som middel-, median- og maksimumværdi samt fundhyppighed (Naturstyrelsen 2013).

	Middel	Median	Maksimum	Fundhyppighed
Aluminium ($\mu\text{g/l}$)	561	57	6.300	63 %
Antimon ($\mu\text{g/l}$)	i.b.	<1	2	3,8 %
Arsen ($\mu\text{g/l}$)	1,2	1,1	3,8	69 %
Barium ($\mu\text{g/l}$)	33	21	190	98 %
Bly ($\mu\text{g/l}$)	1,1	0,5.	10	51 %
Bor ($\mu\text{g/l}$)	291	200	2.500	100 %
Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	0,02	<0,05	0,3	20 %
Krom ($\mu\text{g/l}$)	0,57	<0,5	4,1	40 %
Kobber ($\mu\text{g/l}$)	8,4	2,3	65	60 %
Kviksølv ($\mu\text{g/l}$)	0,05	<0,002	1,1	52 %
Molybdæn ($\mu\text{g/l}$)	2,0	1,4	19	75 %
Nikkel ($\mu\text{g/l}$)	4,4	2,8	29	87 %
Selen ($\mu\text{g/l}$)	i.b.	<1	4,7	9,6 %
Tin ($\mu\text{g/l}$)	2,6	<1	33	46 %
Vanadium ($\mu\text{g/l}$)	0,56	<1	2,5	38 %
Zink ($\mu\text{g/l}$)	45	30	300	97 %

i.b.: ikke beregnet

Indholdet af tungmetaller i udledninger fra renseanlæg kan ikke vurderes direkte i forhold til miljøkvalitetskravene for overfladevand, da spildevandet vil blive fortyndet ved udledning til overfladevand. Graden af fortyndingen er afhængig af de lokale forhold i vandområdet. Desuden skal der tages højde for, at det generelle kvalitetskrav gælder for et gennemsnit af 12 målinger indenfor et år, samt at miljøkvalitetskravene er gældende for den opløste fraktion af metallerne. I spildevand er det totale indhold målt, dvs. både den opløste og den partikelbundne fraktion. Endelig er miljøkvalitetskravene for metaller udtryk for den tilladte koncentration ud over baggrundskoncentrationen.

5.4 Deposition af miljøfremmede stoffer fra luften

Deposition af miljøfremmede stoffer er i 2012 overvåget ved måling af pesticider, nitrophenoler og PAH i regnvandsprøver fra to stationer ved Risø nær Roskilde og Sepstrup Sande sydvest for Silkeborg.

De pesticider og nitrophenoler, der indgår i måleprogrammet, har alle en vis evne til at fordampe. Der måles i alt 19 pesticider og nedbrydningsprodukter. Pesticiderne omfatter stoffer, hvoraf en del fortsat anvendes i Danmark eller i vore nabolande, samt deres nedbrydningsprodukter. Nitrophenoler dannes i luften ved reaktion mellem kvælstofilter og aromatiske kulbrinter. PAH dannes ved forbrænding af fossile og naturlige brændsler, fx i biler og ved energiproduktion. PAH transporteres med luften fra kilderne til bl.a. naturområder.

5.4.1 Målsætning

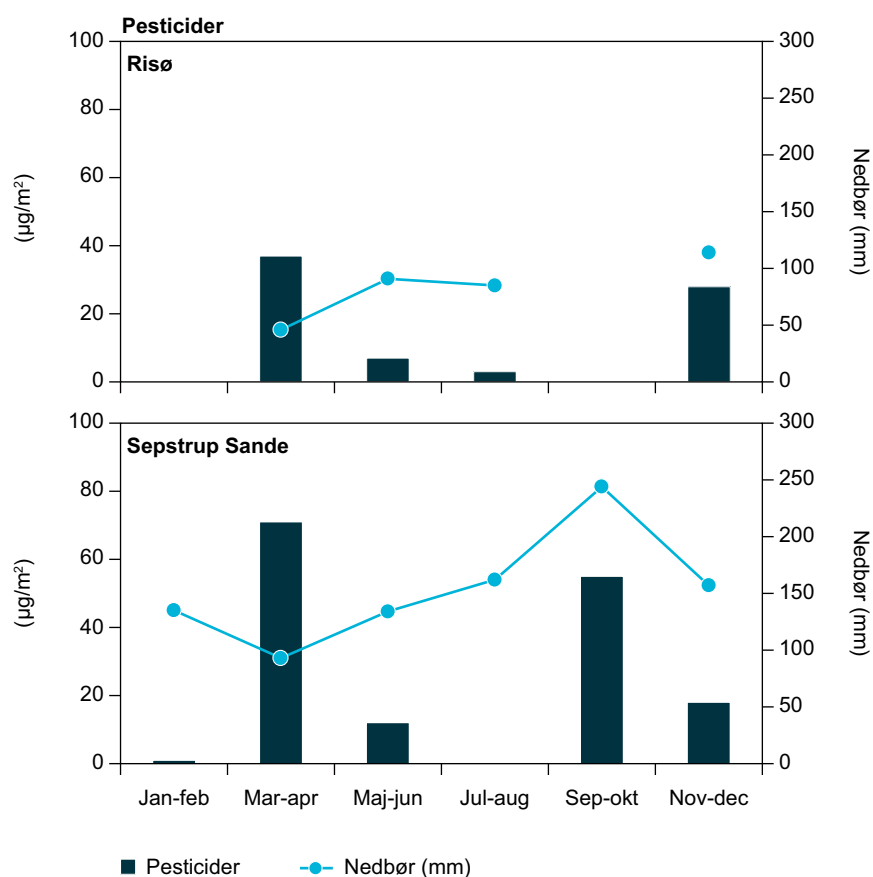
I Danmark og på europæisk plan er det en målsætning, at naturen ikke må modtage mere luftforurening, end den kan tåle. Der er ingen specifik målsætning om størrelsen af depositionen af miljøfremmede stoffer. Målingerne bidrager til beskrivelse af tilførslen til vand- og naturområder via luften med de undersøgte stoffer.

5.4.2 Deposition af pesticider

De største bidrag til deposition af pesticider kom i 2012 ved begge målestationer fra MCPA, prosulfocarb og pendimethalin, hvor MCPA og prosulfocarb bidrog med omkring 80 % af den samlede deposition. Depositionen af de to pesticider var størst i marts-april og september-oktober, hvilket er sammenfaldende med landbrugets sprøjtetidspunkter (figur 5.4). Generelt er mængden af pesticider i våddeposition lav og antages derfor ikke for at have akut virkning på planter.

Blandt de 19 målte pesticider og nedbrydningsprodukter var der i 2012 fire stoffer, hvor indholdet svarede til en deposition på mere end 2 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i en eller flere prøver (tabel 5.4).

Figur 5.4. Våddeposition af 14 almindeligt anvendte pesticider og 5 nedbrydningsprodukter i 2012 målt over 2-måneders perioder ved Risø og Sepstrup Sande. Der var ingen opsamling ved Risø i januar-februar og september-oktober. Kurven angiver nedbørsmængde i den tilsvarende periode (Ellermann et al. 2013a).



Tabel 5.4. Våddeposition i 2012 af de pesticider og nedbrydningsprodukter, der blandt 14 pesticider almindeligt anvendte i EU samt 5 nedbrydningsprodukter af pesticider blev målt på Risø og Sepstrup Sande (S.S.), i mængder større end 2 µg/m² i en eller flere prøver. Summen omfatter alle målte stoffer. nd angiver at koncentrationen af det pågældende stof ligger under detektionsgrænsen. Der var ingen opsamling ved Risø i januar-februar og september-oktober (Ellermann et al. 2013a).

	Jan-Feb		Mar-Apr		Maj-Jun		Jul-Aug		Sept-Okt		Nov-Dec	
	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Ris-ø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.
Desethylterbuthylazin	-	Nd	0,37	0,19	2,9	6,7	0,51	nd	-	nd	nd	nd
MCPA	-	Nd	34	69	1,3	1,1	0,43	nd	-	nd	0,46	nd
Pendimethalin	-	0,41	0,37	nd	0,27	nd	1,7	nd	-	2,0	4,2	16
Prosulfocarb	-	0,41	0,32	1,9	0,82	1,1	nd	nd	-	51	23	1,7
Sum (alle målte stoffer)	-	1,2	37	71	6,7	12	3,5	nd	-	55	28	18

Prosulfocarb og pendimethalin anvendes til ukrudtsbekæmpelse i vintersæd, og MCPA anvendes til ukrudtsbekæmpelse bl.a. i vårsæd, hvilket passer med tidspunktet for stor pesticiddeposition. Terbuthylazin har været anvendt som ukrudtsmiddel, men har fra 2009 ikke længere været tilladt. Forekomsten af desethylterbuthylazin i nedbør kan skyldes transport fra Polen og Tyskland, hvor anvendelse af terbutylazin fortsat er tilladt. Prosulfocarb, pendimethalin og MCPA var i 2011, efter glyphosat, blandt de fire mængdemæssigt mest solgte aktivstoffer i ukrudtsmidler til landbrugsformål ligesom i de foregående år (Miljøstyrelsen 2012).

5.5 Udledning af miljøfremmede stoffer fra punktkilder

En række miljøfremmede stoffer bliver tilført overfladevand ved udledning med spildevand. I 2011 og 2012 blev udledningen af miljøfremmede stoffer målt sammen med tungmetaller ved 31 renseanlæg, jf. afsnit 5.3. Ligesom for metallerne blev der i 2011 udarbejdet nøgletal for miljøfremmede stoffer.

Målingerne omfattede i 2011 og 2012 bl.a. humane antibiotika, andre lægemidler, østrogener og etheren triclosan. Disse stoffer har ikke tidligere været med i overvågningen.

5.5.1 Målsætning

Udledningen af miljøfremmede stoffer skal begrænses, så fastsatte miljøkvalitetskrav kan overholdes. Der er i bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav fastsat krav til en række miljøfremmede stoffer, heriblandt blødgøreren DEHP, bisphenol A og nogle fosfor-triester (Miljøministeriet 2010).

5.5.2 Udledning af miljøfremmede stoffer fra renseanlæg

Der er målt for følgende stofgrupper af miljøfremmede stoffer i udledninger fra renseanlæg (i parentes det programsatte antal enkeltstoffer):

- PAH (22)
- Aromatiske kulbrinter (14)
- Phenoler (6)
- Halogenerede alifatiske kulbrinter (3)
- P-triester (4)
- Blødgørere (7)
- Organotinforbindelser (3)
- Bromerede flammehæmmere (3)
- Anioniske detergenter (1)

- Ethere (2)
- Humane antibiotika og andre lægemidler (9)
- Østrogener (3)
- Perfluorerede forbindelser (7).

For alle de undersøgte stofgrupper blev der i 2012 påvist et eller flere stoffer. Humane antibiotika, perfluorerede forbindelser og P-triesterer er ligesom i 2011 de stofgrupper, der i 2012 samlet set blev fundet med størst hyppighed. Blødgøreren DEHP, bisphenol A og monobutyltin blev ligeledes fundet relativt hyppigt.

Tablet 5.5. Koncentration af miljøfremmede stoffer, som i 2012 blev fundet i mere end 75% af de undersøgte prøver fra udledning fra renseanlæg, angivet som middel-, median- og maksimumværdi samt fundhyppighed (tal fra Naturstyrelsen 2013).

	Middel	Median	Maksimum	Hyppighed
DEHP (µg/l)	2,9	0,93	13	79 %
Bisphenol A (µg/l)	0,48	0,14	3,6	91 %
Tetrachlorethylen	0,75	0,06	0,23	85 %
Trichlormethan (Chloroform)	0,15	0,04	1,2	90 %
Tributylphosphat (µg/l)	0,06	0,04	0,4	86 %
TCPP (µg/l)	1,1	1,0	3,1	98 %
Monobutyltin-forbindelser	0,03	0,02	0,11	96 %
Perfluoroktansyre (PFOA) (ng/l)	17	13	92	92 %
Sulfamethiazol (µg/l)	1,44	0,70	15	92 %
Trimetoprim (µg/l)	0,04	0,03	0,25	83 %
Furosemid (µg/l)	5,1	3,2	26	100 %
2-hydroxy-ibuprofen (µg/l)	10	0,75	81	94 %

Indholdet af organiske miljøfremmede stoffer i udledninger fra renseanlæg kan ikke vurderes direkte i forhold til miljøkvalitetskravene for overfladevand, da spildevandet vil blive fortyndet ved udledning til overfladevand. Graden af fortyndingen er afhængig af de lokale forhold i vandområdet. Ved udledning til ferskvand antages det normalt, at der sker en fortynding med en faktor 10, mens der ved udledning til marine områder vil der være en væsentlig større fortynding. Ved en vurdering skal der desuden tages højde for, at det generelle kvalitetskrav gælder for et gennemsnit af 12 målinger indenfor et år.

Med denne antagelse om fortynding finder man ved vurdering af de målte koncentrationer i forhold til miljøkvalitetskravene, i det omfang disse er fastsat, at kravene sandsynligvis vil være overholdt for de undersøgte stoffer. Der er enkelte undtagelser, heriblandt LAS og tributyltin.

6 Grundvand

6.1 Grundvand

Grundvand er grundlaget for Danmarks drikkevandsforsyning. Det er derfor vigtigt, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet til drikkevand. En stor del af vandet i vandløb, søer og fjorde er kommet fra grundvandet i oplandet. Forurening af grundvandet vil derfor også kunne påvirke disse vandområder.

6.1.1 Grundvandsovervågning

Formålet med overvågningen af grundvandet er at følge udviklingen i kvaliteten og størrelsen af ressourcen samt at følge effekten af vandmiljøplanerne, hvor den første blev vedtaget i 1987.

Overvågningen foregår fortrinsvis gennem NOVANA med prøvetagning fra borer i et fast stationsnet. Stationsnettet blev revideret i 2011 således, at nogle indtag i dybere grundvandsforekomster med lille eller ingen påvirkning af nitrat, pesticider eller andre miljøfremmede stoffer foreløbig ikke længere er med. Til gengæld er der inddraget indtag i grundvandsforekomster, som ifølge de foreliggende udkast til vandplaner er i risiko for manglende målopfyldelse, eller hvor der ikke tidligere har været overvågning eller overvågningen ikke har været tilstrækkelig. Stationsnettet bliver udbygget i en løbende proces.

I 2012 omfattede grundvandsovervågningen vandprøver fra i alt 822 indtag i 65 GRUMO områder samt 81 indtag fra det "nye" stationsnet (figur 6.1). Endvidere er der analyser fra 91 indtag i LOOP. Siden 2007 har grundvandets kvantitative tilstand været overvåget gennem et nationalt program med pejlinger af grundvandsstanden.

Hovedelementerne i grundvandsovervågningen er grundvandsressourcens størrelse, indholdet af naturlige hovedbestanddele, samt ikke mindst indhold og udvikling i indhold af forurenende stoffer som nitrat, tungmetaller, pesticider og andre miljøfremmede stoffer.

Vandværkernes kontrol af grundvandet samt indberetninger af indvundne mængder indgår som et element i overvågningen. Vandværkernes boringskontrol fokuserer på det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Grundvands- og landovervågningsområde

- Grundvandsovervågningsområde
- Ikke aktivt Grundvandsovervågningsområde
- Landovervågningsopland



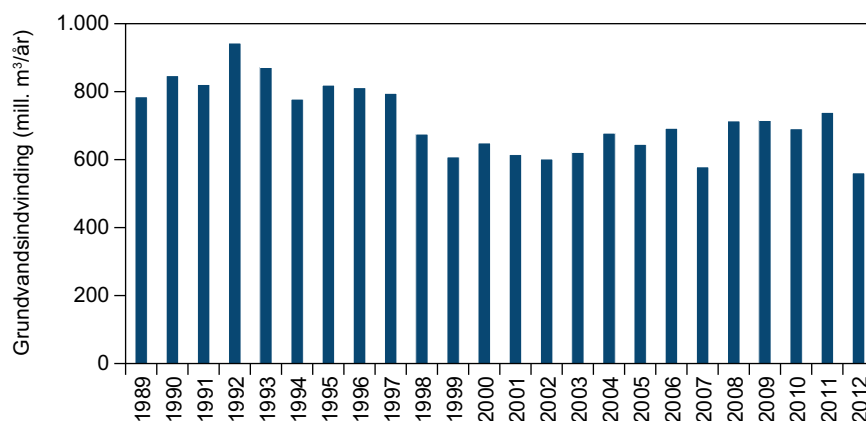
Figur 6.1. Stationsnettet for vandanalyser til grundvandsovervågningen i 2012. (Thorling et al. 2013).

6.1.2 Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark omfatter indvinding til såvel drikkevand som erhvervsformål, herunder markvanding. Markvandingen er stærkt varierende og påvirket af klimaet, og det er af stor betydning for den samlede vandindvinding, om vandingsbehovet det pågældende år er stort eller lille.

Den samlede grundvandsindvinding i perioden 1989 – 2012 er vist i figur 6.2. Fra begyndelsen af 1990'erne har der været en markant faldende tendens frem til 2006, hvorefter niveauet siden årtusindeskiftet har været relativt stabilt omkring 600-700 mio. m³ pr. år. Fraregnes indvindingen til markvanding har indvindingen siden omkring årtusindeskiftet ligget på et stabilt niveau på ca. 500-550 mio. m³/år.

Figur 6.2. Den samlede grundvandsindvinding i Danmark i 1989-2012. Data fra 2012 foreløbig på grund af ufuldstændig indberetning (Thorling et al. 2013).



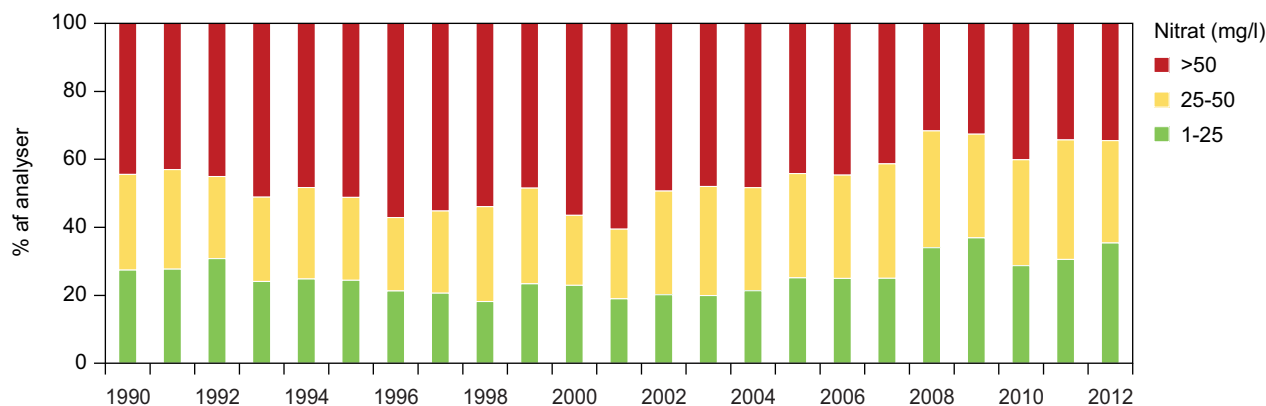
6.2 Status for nitratindehold i grundvand

Nitrat i grundvand i høje koncentrationer gør vandet uanvendeligt til drikkevand, da høje nitratkoncentrationer kan være sundhedsskadelige, bl.a. på grund af hæmning af ilttransporten med blodet. Desuden vil grundvand med et højt nitratindehold kunne være en væsentlig forureningskilde for vandområder, som grundvandet strømmer til.

6.2.1 Målopfyldelse

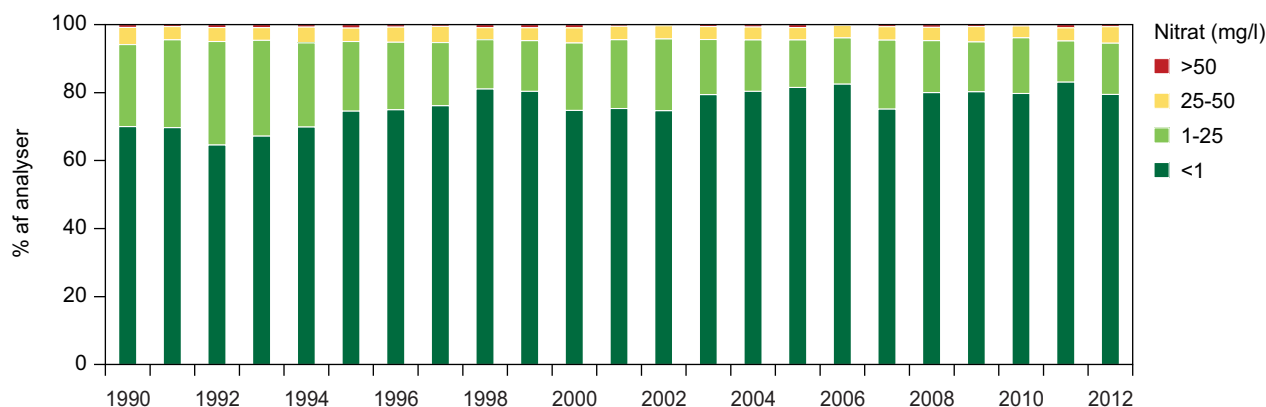
Grænseværdien for nitrat i drikkevand og i grundvand er ifølge både Drikkevandsdirektivet og Grundvandsdirektivet 50 mg nitrat/l. I vandplanforslagene er grundvandets tærskelværdi ikke sat i forhold til vandløb, søer, kystvande og terrestriske naturtyper.

Grundvandets nitratindehold bliver ikke nedbrudt i "iltzonen", hvor vandet indeholder ilt (> 1 mg ilt/l). Nitratindeholdet i grundvandet i iltzonen svarer derfor til nitratindeholdet i det vand, der udvaskes fra rodzonen. De senere år har andelen af indtag med nitratindehold over grænseværdien i det iltede grundvand været på 30-40%, mens den i midten af 1990'erne lå på 50-60% (figur 6.3).



Figur 6.3. Fordeling af nitratindehold i perioden 1990-2012 i grundvand i iltzonen (med ilt > 1 mg/l). Den enkelte søjle repræsenterer grundvand fra flere indtag med vidt forskellige aldre (Thorling et al. 2013).

Kun få af vandværkernes indvindingsboringer har et nitratindehold, der er højere end grænseværdien i drikkevand på 50 mg/l (figur 6.4). Dette kan bl.a. skyldes, at indvindingsboringer med for højt nitratindehold tages ud af drift og erstattes af dybere boringer med lavere nitratindehold.

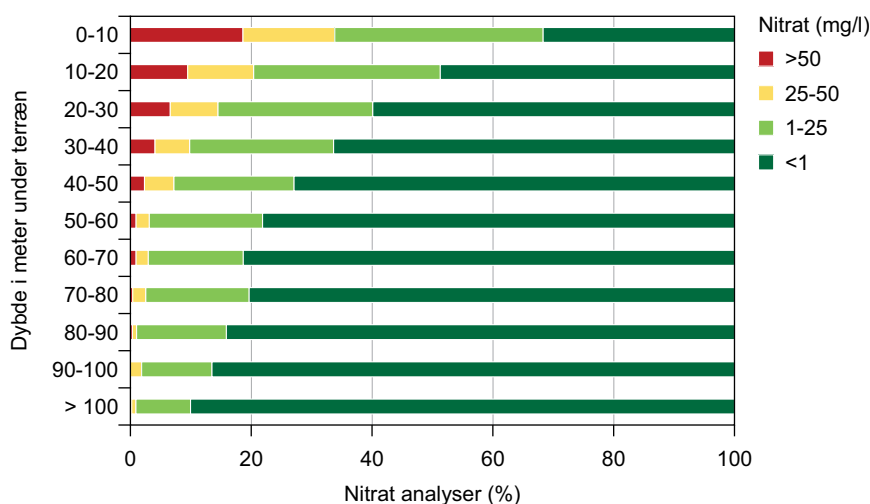


Figur 6.4. Fordelingen af det årlige antal nitratanalyser i vandforsyningsboringer i perioden 1990-2012 fordelt i koncentrationsklasser (Thorling et al. 2013).

6.2.2 Dybdemæssig fordeling af nitrat

Den største del af analyserne med forhøjet indhold af nitrat kom i perioden 1990-2012 fra indtag, der ligger ned til 50 meter under terræn, og de højeste nitratindehold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordlagene (figur 6.5).

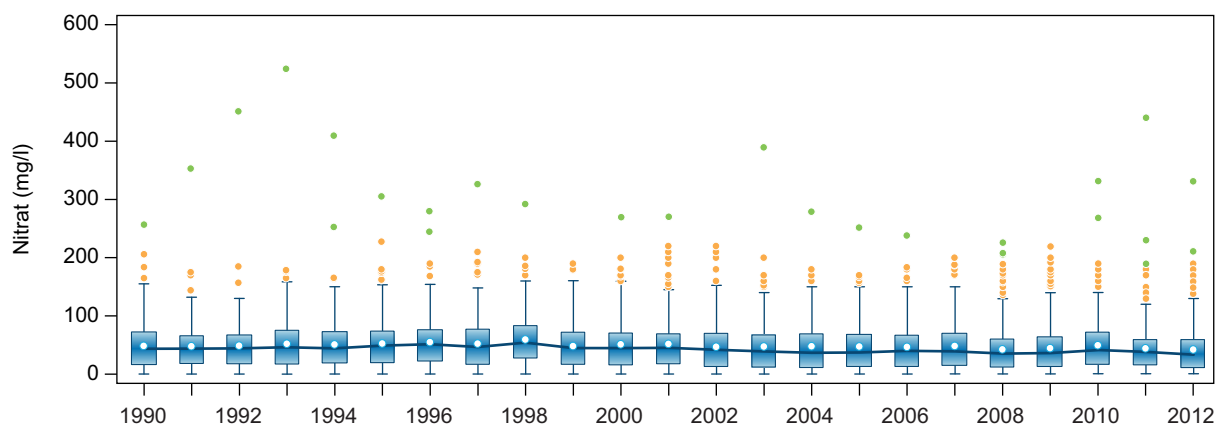
Figur 6.5. Fordeling af nitratindeholdet i 1990-2012 efter indtagsdybde under terræn i land- og grundvandsovervågning, boringskontrol i vandværkernes indvindingsboringer og 'Andre boringer' (undersøgelsesboringer, pejleboringer, private boringer og brønde, afværgeboringer, lukkede vandværker m.v.) (Thorling et al. 2013).



6.3 Udvikling i nitratindehold i grundvand

Udviklingen i nitratindehold i det iltede grundvand (> 1 mg ilt/l) i perioden 1990-2012 i grundvandsovervågningen er vist i figur 6.6. Gennemsnitsværdierne af de målte nitratkonzentrationer for perioden 1990-2012 viser et fald fra den højeste værdi på ca. 60 mg/l i 1998 til ca. 41 mg/l i 2012.

I landovervågningsoplandene (LOOP) er der fundet stor spredning på de målte nitratkonzentrationer i det overfladenære grundvand i både sand- og lerområderne. Nitratindeholdet i sandområderne er generelt højere end i lerområderne. I sandområderne har der i perioden 1990-2012 været et fald i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindehold fra ca. 100 til ca. 45 mg nitrat/l (svarende til et fald fra ca. 22 til ca. 10 mg N/l). I lerområderne har det ligget på omkring 30-50 mg/l (svarende til omkring 7-11 mg N/l), og ikke vist et tydeligt fald som i sandområderne. Dette gælder, når der alene ses på indtag med nitratindehold over 1 mg/l.



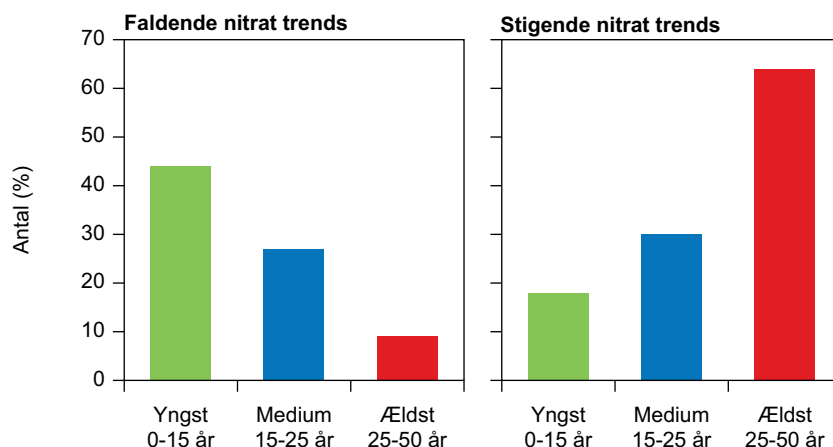
Figur 6.6. Udviklingen i nitratindhold i iltzonen i grundvand i perioden 1990-2012. Kurven i boksen forbinder medianværdierne. Desuden er vist 75 % og 25 % fraktiler i minimums og maksimumsværdier af analyseresultater det enkelte år, samt grænseværdien for nitrat i drikkevand og grundvand på 50 mg/l. Grønne prikker viser målinger større end 75 % fraktil + 3(75 % fraktil - 25 % fraktil). Orange prikker viser større end 75 % fraktil + 1,5(75 % fraktil - 25 % fraktil) (Thorling et al. 2013).

6.3.1 Virkning af indsats på nitratindhold

Nitratindholdet i iltet grundvand, som er dannet efter vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987, er en indikator på vandmiljøplanernes effekt på grundvandet.

En analyse af data for nitratindholdet i iltet grundvand i forhold til grundvandets alder har vist, at andelen af overvågningsboringer i det yngste iltede grundvand med signifikant faldende nitratindhold er større end i det ældre iltede grundvand (figur 6.7). Der findes imidlertid også stadig boringer i det yngste iltede grundvand, hvor nitratindholdet er signifikant stigende.

Figur 6.7. Andel af overvågningsboringer med iltet grundvand, med henholdsvis signifikant faldende og signifikant stigende nitratindhold inddelt i forhold til grundvandets alder (Thorling et al. 2013).



Det faldende nitratindhold i det unge iltede grundvand er sammenfaldende med faldende kvælstofoverskud i landbruget (figur 2.10). Dette indikerer en positiv effekt af indsatsen for at begrænse kvælstofoverskuddet.

6.4 Fosfor i grundvand

Fosfor i grundvand bidrager til fosfortilførslen til de vandløb og søer, som grundvandet strømmer til. Kilden til grundvandets fosforindhold vurderes hovedsagelig at være de jordlag, grundvandet indvindes fra.

Grundvandets fosforindhold har i 2011 og 2012 været målt som henholdsvis total-fosfor og orto-fosfat i lighed med målingerne i ferskvand. Tidligere er der i grundvand kun målt total-fosfor. Total-fosfor udgør summen af alle fosfor-forbindelser, dvs. orto-fosfat og andre fosfor-forbindelser.

6.4.1 Målsætning

Grænseværdien for fosfor i drikkevand er ifølge Drikkevandsdirektivet 0,15 mg/l. Grænseværdien er begrundet i, at højt fosforindhold kan være indikator for spildevandspåvirkning, og ikke fordi fosfor er sundhedsskadeligt.

6.4.2 Status for fosforindhold i grundvand

Grundvandets indhold af orto-fosfat er tilsyneladende uafhængig af såvel dybden som iltforholdene i grundvandet. Variationerne i grundvandets fosforindhold tilskrives de resterende "andre" fosfor-forbindelser, som formodentlig er organisk bundet fosfor.

Der er ikke fundet nogen tydelig geografisk fordeling af hverken organisk fosfor eller total-fosfor i grundvandet.

6.5 Uorganiske sporstoffer i grundvand

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet. Overfladenært grundvand kan være præget af sporstoffer, som stammer fra den lokale arealanvendelse, mens dybereliggende grundvand er præget af sporstoffer, som stammer fra de geologiske aflejringer, som vandet passerer.

I alt 25 uorganiske sporstoffer har været med i overvågningen i perioden 1993-2012 i kortere eller længere tid. Heriblandt er aluminium, bor, nikkel og arsen, som også er med i vandværkernes kontrol af deres indvindingsboringer.

6.5.1 Målsætning

Der er fastsat kvalitetskrav for drikkevand til 22 uorganiske sporstoffer. Eksempelvis er kvalitetskravet for nikkel på 20 µg/l og for arsen på 5 µg/l ved indgang til ejendom (Miljøministeriet, 2011). Både nikkel og arsen kan til en vis grad fjernes i vandværkernes traditionelle sandfiltre og tilbageholdes i okkerslammet.

6.5.2 Uorganiske sporstoffer i grundvand i 2012

Uorganiske sporstoffer blev i 2012 fundet i koncentrationer, der var højere end kvalitetskravet for drikkevand i 34 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Tilsvarende var der overskridelse i 14 % af indtagene i vandværkernes boringskontrol. Især arsen og nikkel, men også aluminium og bor var årsag til overskridelserne.

De uorganiske sporstoffer kan til en vis grad fjernes ved vandværkernes traditionelle vandbehandling eller undgås i det vand, der oppumpes på vandværkerne ved at indrette pumpestrategien i forhold til det.

6.6 Pesticider i grundvand

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter i grundvand kan stamme fra anvendelse i landbrug, skovbrug, udyrkede arealer og haver i byområder samt spild og punktkilder som fx vaskepladser. Nogle af stofferne bliver i et vist omfang tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på danske vandværker, mens der for en del stoffer ikke sker nogen nedbrydning ved traditionel vandbehandling.

6.6.1 Målsætning

Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer. De enkelte stoffer er pesticider og nedbrydningsprodukter heraf. Forekommer der flere stoffer, må den samlede sum ikke overstige 0,5 µg/l. Grænseværdierne er fastsat i bl.a. EU's drikkevandsdirektiv (Europaparlamentet og Rådet, 1998) og omsat til dansk ret i Drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2011) samt i EU's grundvandsdirektiv (Europaparlamentet og Rådet, 2006) ud fra et forsigtighedsprincip. Grænseværdierne på 0,1 og 0,5 µg/l er ikke fastsat ud fra en sundhedsmæssig vurdering.

6.6.2 Pesticider i grundvand i 2012

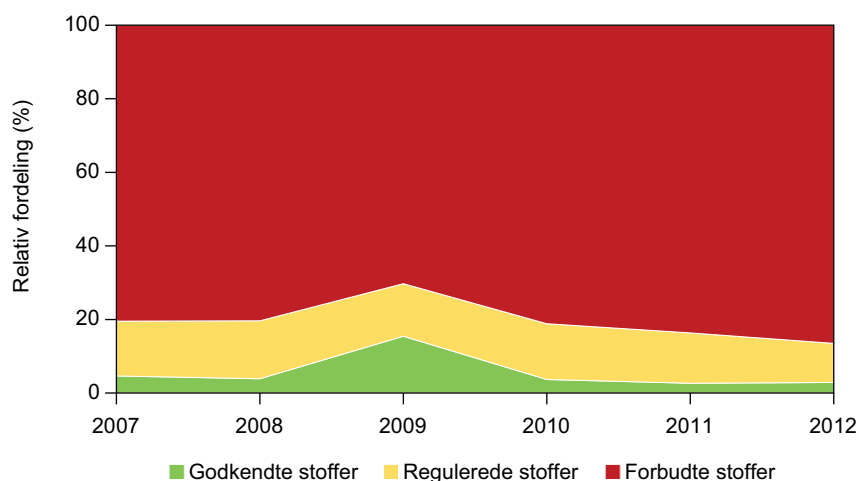
Der blev i 2012 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter af pesticider i 42 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Grænseværdien var overskredet i 12 % af indtagene. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til at være yngre end fra ca. 1950, og der er inddraget nye stoffer, primært nedbrydningsprodukter i løbet af programperioderne.

Hyppigheden af pesticidfund er lavere i vandværkernes indvindingsboringer end ved grundvandsovervågningen. Dette kan bl.a. skyldes, at vandværkerne i nogle tilfælde tager boringer med pesticidfund ud af drift. I vandværkernes indvindingsboringer blev der i 2012 fundet pesticider i 24 % af de undersøgte boringer med overskridelse af grænseværdien for pesticider i grundvand i 4 % af boringerne, hvilket er samme niveau som de foregående år siden 2004.

De undersøgte pesticider og nedbrydningsprodukter kan opdeles i godkendte stoffer, regulerede stoffer og forbudte stoffer. Til de "godkendte" henregnes pesticider, som er godkendt til anvendelse uden at der efterfølgende er sket reguleringer, samt deres nedbrydningsprodukter. Til de "regulerede" henregnes pesticider, som er godkendte, men hvor der efter den oprindelige godkendelse er sket en regulering i deres anvendelse for at nedsætte risikoen for nedsivning til grundvandet.

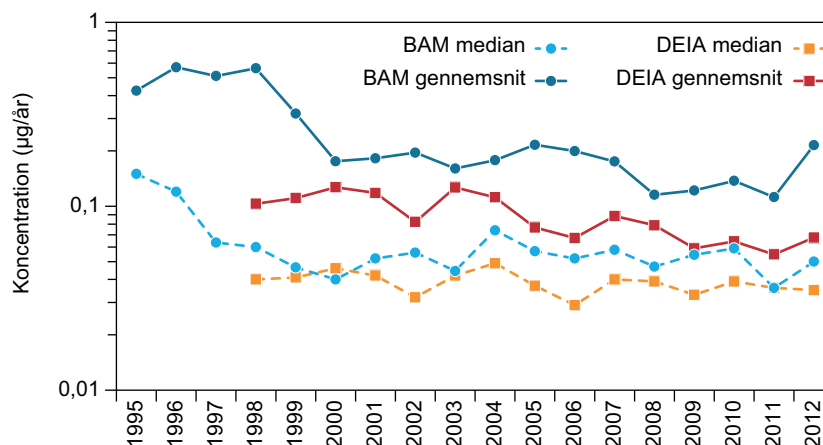
I 2011-12 blev der fundet godkendte pesticider eller nedbrydningsprodukter i 1,6 % af de undersøgte indtag, regulerede pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf i 6 % af de undersøgte indtag og forbudte pesticider eller nedbrydningsprodukter i 41 % af de undersøgte indtag. Fundene af de forbudte og regulerede pesticider stammer formodentlig fra stoffernes anvendelse før de blev forbudte eller regulerede. Fordelingen mellem godkendte, regulerede og forbudte stoffer har været stort set konstant siden 2007 (figur 6.8). For de godkendte stoffer er der tale om et beskedent datamateriale med meget få fund – en enkelt boring, der vurderes at være påvirket af en punktkilde, har siden 2009 givet et uforholdsmæssigt stort bidrag til det samlede antal fund.

Figur 6.8. Relativ fordeling af godkendte, regulerede og forbudte pesticider og nedbrydningsprodukter i pesticidfund ved grundvandsovervågningen i 2007-2012 (Thorling et al. 2013).



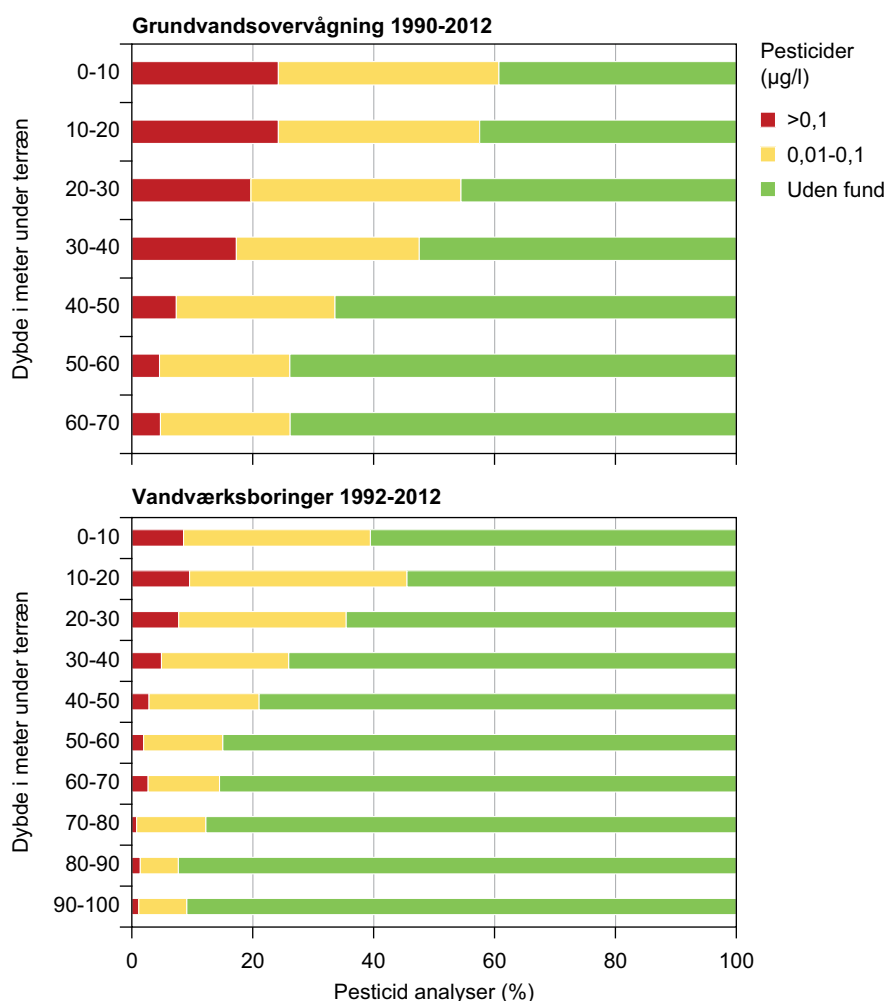
Ved analyse af udvalgte stoffer er der fundet faldende gennemsnitskoncentrationer af BAM, siden dichlobenil blev forbudt i 1996. BAM er nedbrydningsprodukt af dichlobenil. Tilsvarende er der fundet faldende gennemsnitskoncentration af et nedbrydningsprodukt af stoffer, der er forbudte, deethyldeisopropylhydroxyatrazin (DEIA). DEIA er bl.a. nedbrydningsprodukt af terbutylazin, som blev reguleret i 2003 og forbudt i 2009 (figur 6.9). Der er ikke tilstrækkeligt datagrundlag til at drage konklusioner om udviklingen for de undersøgte stoffer, der stadig er tilladte.

Figur 6.9. Gennemsnits- og mediankoncentrationer for BAM (nedbrydningsprodukt af dichlobenil) og deethyldeisopropylhydroxyatrazin (DEIA) i perioden 1995-2012. De viste koncentrationer er beregnet på baggrund af fund ved grundvandsovervågningen (Thorling et al. 2013).



Pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter er samlet set i hele overvågningsperioden fundet hyppigst i de højtliggende grundvandsmagasiner. Det gælder både ved grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol (figur 6.10). En analyse af udviklingen i fundhyppighed og hyppighed af overskridelse af grænseværdien i forskellige dybder i grundvandet indikerer, at pesticidkoncentrationen i udvaskningen fra overfladen er faldende.

Figur 6.10. Dybdemæssig fordeling af hyppigheder af pesticidfund i grundvandsovervågningen i 1990-2012 og ved vandværkernes boringskontrol i 1992-2012. Antallet af boringer er størst i de øvre grundvandsmagasiner, 359 indtag i 0-10 m's dybde med 42 i 60-70 m's dybde i grundvandsovervågningen, og tilsvarende 152 og 88 vandværksboringer (Thorling et al. 2013).



6.7 Organiske mikroforureninger i grundvand

Nogle af fundene af organiske mikroforureninger i grundvand skyldes triklorethylen og vinylklorid, som hører til gruppen af de såkaldte "rensersoffer" (triklorethylen og tetraklorethylen og deres nedbrydningsprodukter). Rensersofferne udgjorde en stor del af analyserne i 2012, og stofferne har vist sig også at udgøre et problem for en række vandværker.

Organiske mikroforureninger omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Grundvandsovervågningen omfatter 19 udvalgte stoffer indenfor bl.a. klorerede opløsningsmidler, nonylphenoler og detergenter. Målingerne ved vandværkernes boringskontrol er i et vist omfang baseret på erkendte risici for forurening af grundvandet indenfor det enkelte vandværks indvindingsopland.

Fundene af organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen er ofte på niveau med eller kun lidt højere end detektionsgrænsen, og det har ofte ikke været muligt at finde stofferne i nye prøver.

I 2012 var der fund af organiske mikroforureninger i ca. 18 % af ca. 130 undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. I ca. 6 % var kvalitetskravet til drikkevand overskredet. Ca. halvdelen af fundene af organiske mikroforureninger var i nye boringer fra 2011/2012. Samlet set har der været fund i 9 % af de nye boringer.

7 Vandløb

7.1 Vandløb

De vigtigste miljøproblemer i danske vandløb er, at kvaliteten af levestederne for planter og dyr er forringet som en følge af vandløbsreguleringer, spærringer og vandløbsvedligeholdelse, og at vandløb forurenes af nedbrydeligt organisk stof, der udledes med spildevand. Herudover mindsker vandindvinding i oplandet vandføringen i nogle vandløb, især omkring de store byer, og i områder med jernholdige lavbundsarealer fører dræning til forurening med okker.

Forurening med organisk stof er i vidt omfang afhjulpet ved biologisk rensning af spildevand, og virkningen af denne indsats har vist sig relativt hurtigt i vandløbene. Derimod vil et reguleret og kanaliseret vandløb kun langsomt af sig selv kunne genskabe sit naturlige fysiske forløb og dermed levestederne for dyr og planter.

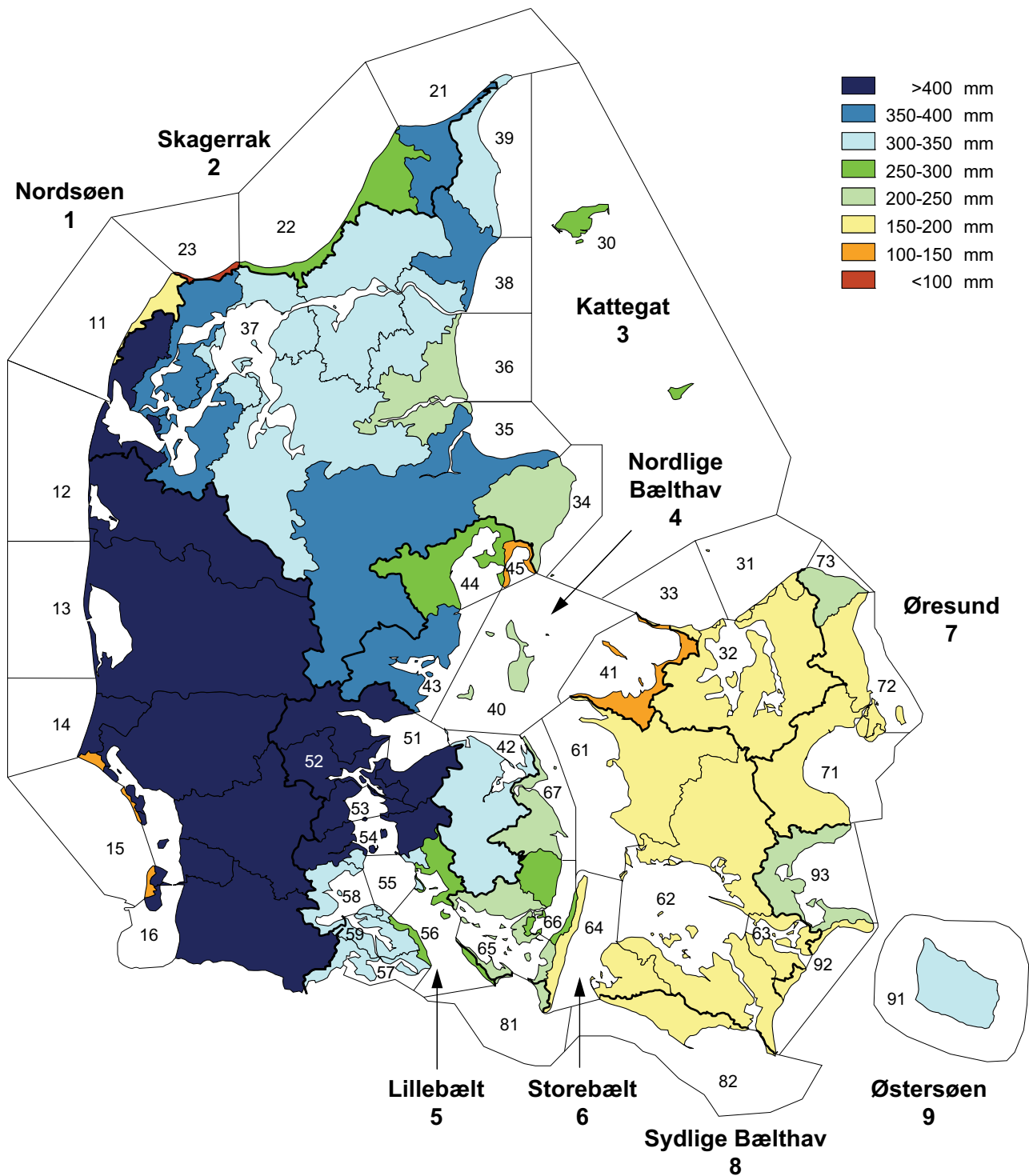
7.1.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningsprogrammet var fra og med 2011 sammensat således, at måleresultaterne giver oplysning om tre vigtige forhold:

- *Den økologiske tilstand på et repræsentativt stationsnet.* Årlige undersøgelser af smådyrsfaunaen på ca. 250 stationer, et ekstensivt program på 800 stationer samt 35 stationer med årlige målinger til brug i vurderingen af påvirkning fra klimaændringer. Endelig indgår der et stort antal stationer i et operationelt program, som ikke indgår i afrapporteringen.
- *Koncentrationer af næringsstoffer i vandløb med forskellige typer af belastning.* Målinger i vandløb i naturoplande giver indikationer af, hvordan næringsstoffsaltniveauerne ville have været helt uden forurening, og ved sammenligning med målingerne fra vandløb i landbrugsoplande kan niveauet af dyrkningsbidraget beregnes.
- *Transport af næringsstoffer med vandløb til marine områder og nogle søer.* Denne transport bestemmes bl.a. ud fra daglige opgørelser af vandføring og måling af indhold af næringsstoffer, organisk stof m.v. 12-24 gange om året.

7.1.2 Klima og afstrømning i 2012

Den gennemsnitlige ferskvandsafstrømning var på 352 mm, hvilket svarer til ca. 15.000 mio. m³ og dermed af samme størrelse som i 2011. Afstrømningen i 2012 var ca. 10 % højere end gennemsnittet for 1990-2011. Forskellen i afstrømningen mellem årene har væsentlig betydning for bl.a. stoftilførslen til søer og havområder, som det er omtalt i afsnit 2.1 hhv. 3.1. På grund af geografiske forskelle i nedbørsmængden er der store forskelle i vandløbsafstrømningen mellem landsdelene (figur 7.1).



Figur 7.1. Ferskvandsafstrømningen (i mm) til marine kystafsnit 2012 (Wiberg-Larsen et al. 2013).

Oplandene til det sydlige Bælthav, Storebælt, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger, typisk omkring eller under 200 mm. De største afstrømninger forekom som normalt i Vestjylland med et niveau generelt over 400 mm.

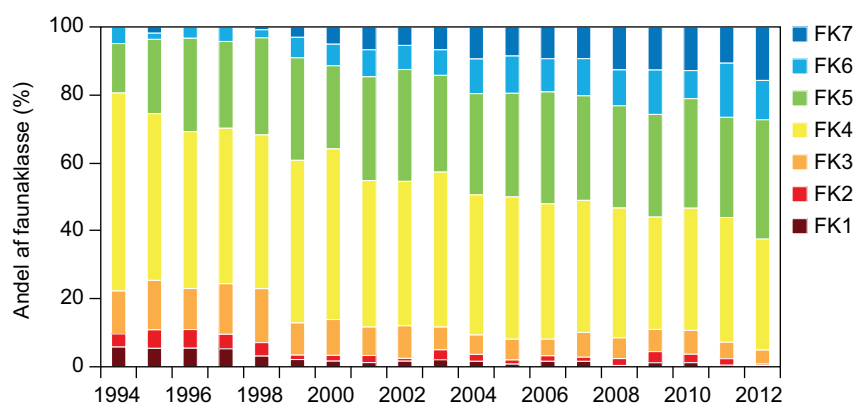
7.2 Økologisk vandløbskvalitet – smådyr

7.2.1 Udvikling i økologisk tilstand.

Den økologiske tilstand i vandløb fastlægges ud fra hvilke smådyr der findes i vandløbene. Vandløbene inddeles i faunaklasser på en skala fra et til syv ud fra hvilke smådyr der findes, hvor faunaklassen er højere jo bedre økologisk tilstand. Faunaklasse 5 og derover betegnes generelt som god økologisk tilstand.

Der er ikke anvendt samme undersøgelsesmetode og vandløbsstationer gennem hele overvågningsperioden siden 1989. Kun data fra 1994 har derfor kunnet indgå i beskrivelse af udviklingen.

Figur 7.2. Udvikling i fordeling i faunaklasser i vandløb (Dansk Vandløbs Fauna Indeks) undersøgt igennem perioden 1994-2012 (Wiberg-Larsen et al. 2013).



Der er en meget klar positiv udvikling i tilstanden i de ca. 250 vandløb, som indgår i denne del af programmet. Udviklingen synes dog aftagende de seneste 4-5 år, men med en yderligere positiv udvikling i 2012, så andelen af stationer med faunaklasse ≥ 5 nu er over 60 %.

Af Jensen et al. (2012) fremgår, at det primært er i perioden frem til ca. 1995, der er sket et markant fald i indholdet af organisk stof – eller ca. det tidspunkt, hvor beskrivelsen af den positive tidlige udvikling i vandløbenes økologiske tilstand starter (figur 7.2). Der synes derfor at være en tidsforskydning i effekten af en forbedret spildevandsrensning. Der er sandsynligvis tale om en tidsmæssig forskydning, idet det kan tage tid for nogle af dyrene at komme fra rene vandløb til de vandløb, hvor vandkvaliteten er forbedret.

Det skal understreges, at vandets indhold af organisk stof er én stressparameter for vandløb, men der findes også andre, herunder især de fysiske forhold. Det har ikke været muligt at "isolere" effekten af en enkelt faktor, fx ændret vedligeholdelse af vandløbet i datamaterialet.

7.3 Kvælstof i vandløb

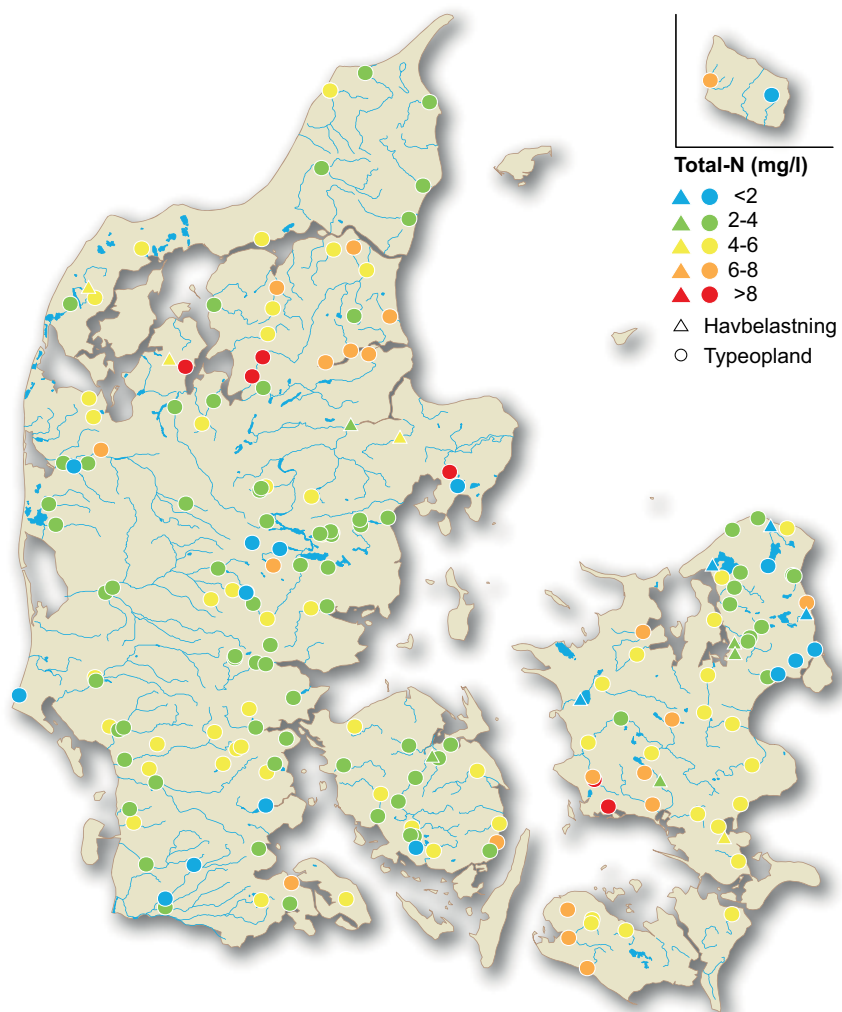
Kvælstofindholdet i vandløb har generelt begrænset betydning for den biologiske kvalitet i vandløb, men det er alligevel vigtigt, fordi kvælstof via vandløbene transporteres til søer og marine områder. Størstedelen af kvælstofindholdet i danske vandløb stammer fra udvaskning fra dyrkede marker, mens den naturbetingede baggrunds-tilførsel og de forskellige former for spildevand giver mindre bidrag.

7.3.1 Kvælstofkoncentrationer i 2012

Vandløb i Vestjylland har generelt en lavere koncentration af kvælstof end vandløb øst for israndslinien (figur 7.3). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem reducerende (iltfrie) grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløb. Undervejs bliver nitrat omsat ved biologisk eller kemisk denitrifikation til luftformig kvælstof. I østdanske vandløb strømmer en stor del af nedbøren med sit kvælstofindhold gennem øvre grundvandsmagasiner eller dræn uden at passere iltfrie zoner. Derfor bliver der ikke fjernet så meget nitrat fra vandet, inden det når frem til vandløb. Lave kvælstofindhold findes også i afløb fra søer, fordi der også i søer fjernes betydelige mængder kvælstof ved denitrifikation. De laveste kvælstofindhold findes i vandløb, der afvander naturarealer og skov.

Kvælstofniveauet afhænger af arealanvendelsen i vandløbsoplandet. I vandløb i de dyrkede oplande er kvælstofkoncentrationen i de senere år ca. 4 gange højere end i naturoplandene, mens vandløb med spildevandstilførsel generelt har et lidt lavere kvælstofniveau (figur 7.4). Der er store forskelle inden for samme belastningstype, som skyldes forskelle i geologi og dyrkningspraksis i de forskellige oplande.

Figur 7.3. Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2012. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier (Wiberg-Larsen et al. 2013).

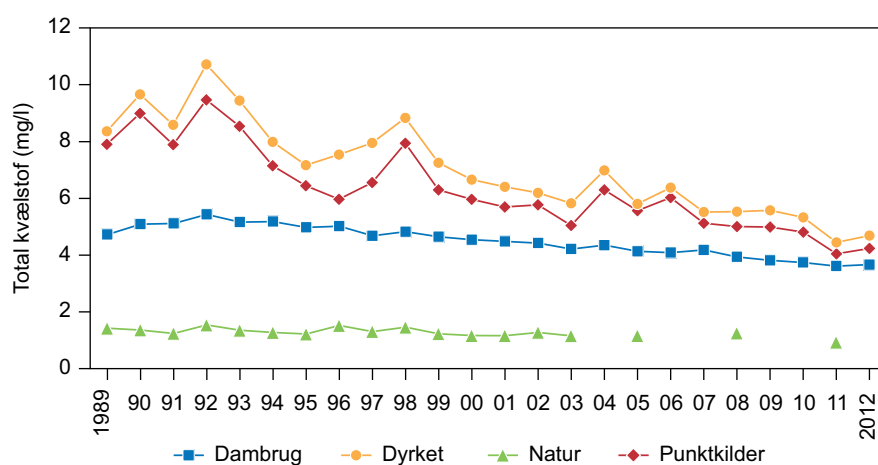


7.3.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene er generelt faldende, bortset fra naturvandløbene, hvor den stort set er uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der er klassificeret som beliggende i dyrkede oplande, eller som modtager betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 7.4). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, primært fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i egne, hvor nitratinholdet i grundvandet er lavt.

Der ses et markant fald i kvælstofindholdet fra 2010 til 2011 og 2012. Som det fremgår af figur 7.4 har der været andre år, hvor kurven er "knækket" et enkelte år – både i opad- og nedadgående retning – så det er for tidligt at tolke på en evt. udvikling.

Figur 7.4. Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991 (Wiberg-Larsen et al. 2013).



7.4 Fosfor i vandløb

Traditionelt har det været anført, at fosforindholdet i vandløb har kun begrænset betydning for den biologiske kvalitet i vandløb.

En nærmere gennemgang af datamaterialet fra NOVANA i Wiberg-Larsen et al, 2013 viser, at denne traditionelle opfattelse bør nuanceres. Dataanalysen indikerer, at der er en række plantearter, der er favoriserede af forhøjede fosforkoncentrationer. Omvendt har det for andre ikke været muligt at etablere denne relation (indikerende at der er en anden årsag som f. eks. fysiske forhold eller vedligeholdelse). En videre bearbejdning af datamaterialet kan medvirke til en mere præcis påvisning af årsagen til en evt. manglende målopfyldelse og dermed til en mere præcis indsats.

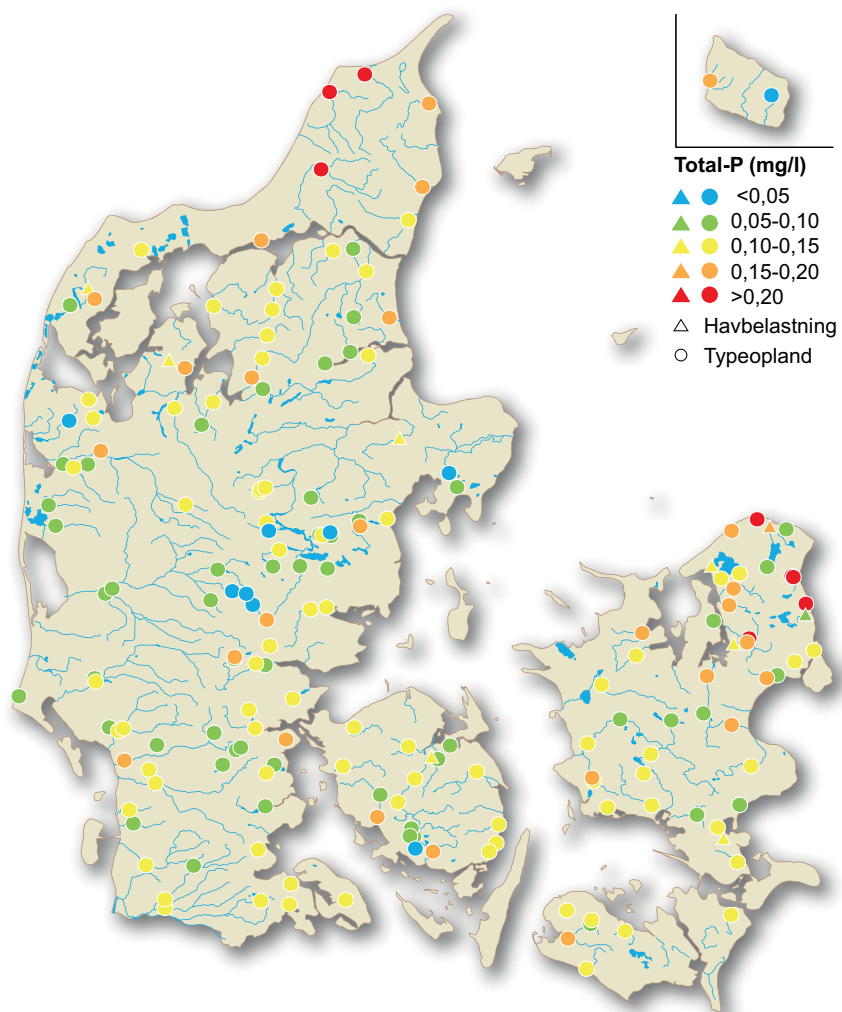
Fosforindholdet er ydermere vigtigt, fordi fosfor transporteres via vandløb til nedstrøms liggende søer og marine områder. Fosforindholdet i danske vandløb kommer fra tre hovedkilder: naturbetinget baggrundsbidrag, dyrkede marker og diverse spildevandskilder. Størrelsen af disse kilder varierer stærkt fra vandløb til vandløb afhængig af spildevandsudledninger, arealudnyttelsen og de geologiske forhold.

7.4.1 Total fosfor i vandløb 2012

Høje fosforkoncentrationer findes især i tæt befolkede områder som fx Nordsjælland, se figur 7.5. Her er der kun en lille fortyndning af det spildevand, der udledes til vandløb, herunder spildevand fra spredt bebyggelse.

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande, eller hvor der er væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2012 gennemsnitligt 2-3 gange højere end niveauet målt i naturvandløb (figur 7.6). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse udenfor kloakering, og vandløb som også belastes med spildevand fra byer, idet de højeste indhold af fosfor er fundet i vandløb, som modtager byspildevand.

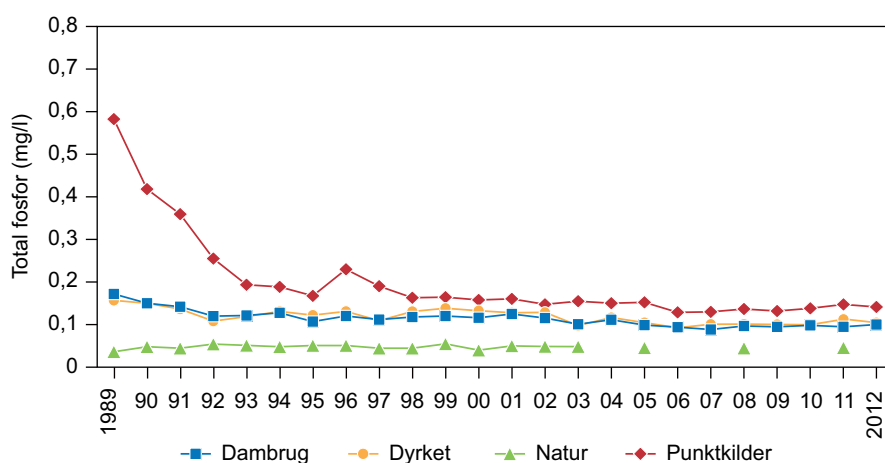
Figur 7.5. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2012. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier (Wiberg-Larsen et al. 2013).



7.4.2 Udvikling siden 1989

Koncentrationen af total fosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 7.6). Faldet skyldes udbygningen af renseanlæg med fosforfjernelse, også ofte på små anlæg for at beskytte lokale vandområder, typisk søer. Faldet først i 1990'erne er en fortsættelse af fald som følge af tidligere iværksat fosforfjernelse og stop for udledning af møddingsvand m.v. I dambrugspåvirkede vandløb er fosforkoncentrationen også faldet som følge af formindskede udledninger fra dambrug. I naturvandløb er der ingen signifikant ændring, og i vandløb i dyrkede områder er der forskelligt rettede ændringer, men med en klar overvægt af vandløb med fald i koncentrationen. Fald i fosfor her kan både skyldes reduktion i udledning af spildevand fra spredt bebyggelse og ændrede driftsformer i landbruget.

Figur 7.6. Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb klassificeret ud fra forskellige påvirkninger. Klassificeringen er ud fra forholdene i 1991 (Wiberg-Larsen et al. 2013).



8 Søer

8.1 Søerne

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

Fosforfjernelse på renseanlæg og afskæring af byernes spildevand fra søernes opland har afgørende mindsket tilførslen af fosfor fra spildevand. Det har mindsket forureningen i mange søer, men forbedringerne i søerne er begrænsede af, at der stadig sker en betydelig tilførsel af fosfor fra dyrkede arealer, med spildevand fra spredt bebyggelse og regnvandsafstrømning fra byer. Desuden sker forbedringer i belastede søer generelt meget langsomt, fordi der fra søbunden sker en frigivelse af ophobet fosfor, der stammer fra tidligere tiders spildevandsudledninger.

8.1.1 Overvågningsprogrammet

Tabel 8.1. Kontrolovervågning – antal søer

Kontrolovervågning	Antal søer pr. år	Antal søer i perioden 2011 - 2015
Økologisk og kemisk tilstand		
Tilstand (søer > 5ha)	30	150
Udvikling (søer > 5ha)	18	18
Naturtyper		
Vandhuller og småsøer (0,01-1 ha)	35	175
Søer mellem 1 og 5 ha	35	175

Tabel 8.1 indeholder en oversigt over den del af overvågningen, som kaldes kontrolovervågningen. Derudover findes der et operationelt overvågningsprogram.

8.1.2 Målsætning for søer

Målsætningen i de aktuelle vandplanforslag er fastsat ud fra ensartede kriterier i henhold til EU's vandrammedirektiv. Den eneste parameter, der er anvendt ved fastsættelse af mål for søerne, er indholdet af klorofyl *a*.

Der er ikke foretaget en vurdering af målopfyldelse i forhold til de aktuelle vandplanforslag for søerne i 2012.

8.1.3 Udvikling i miljøkvalitet

Resultaterne for søerne i kontrolovervågningen viser, at der siden 1989 er sket en forbedring i miljøtilstanden som følge af en reduktion i fosfortilførslen. Omfanget af reduktionen er meget forskellig fra sø til sø afhængig af hvilke kilder, det har været muligt at mindske. Også kvælstoftilførsel og kvælstofindhold i søerne er mindsket som følge af mindsket nitratudvaskning. Især sigtdybden viser forbedringer næsten på linje med forbedringerne

i næringsstofindhold (tabel 8.2), hvorimod udviklingen i indholdet af klorofyl *a* er mere uklar.

Kontrolovervågningsprogrammet for søerne indeholder ud over den overvågning, som skal beskrive udvikling også et delprogram, som skal give en bredere status for søernes tilstand. Der undersøges 30 søer om året, dvs. i alt 150 søer i programperioden. I tabel 8.3 er medtaget resultater fra denne overvågning i 2012, men det samlede overblik over tilstanden i disse søer kan først vurderes ved programmets afslutning i 2015.

For de søer, der indgik i programmet i 2012 (og 2011 for tilstand) afviger sigtdybden væsentligt mellem søerne i kontrolovervågning af udvikling og søerne i tilstandsprogrammet (tabel 8.3).

Tabel 8.2. Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit) i miljøtilstanden i 15 intensivt overvågede søer siden 1989 (Bjerring et al. 2013).

Parameter	Forbedret	Forværret	Uændret
P-søkoncentration	11	1	3
N-søkoncentration	13	0	2
Sigtdybde	8	2	5
Klorofyl <i>a</i>	6	2	7

Tabel 8.3. Miljøtilstanden i søer med kontrolovervågning af udvikling hhv. tilstand, der var med i overvågningen i 2012 (og 2011 for tilstand), illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Der er angivet medianværdier for sommerperioden (Bjerring et al. 2013).

Parameter	Udvikling	Tilstand
	2012	2011+12
Antal søer	18	58
P-søkoncentration (mg P/l)	0,056	0,064
N-søkoncentration (mg N/l)	0,96	0,89
Sigtdybde (m)	1,7	1,1
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	33	37

8.2 Fosfor i søer – status og udvikling

8.2.1 Fosfortilførsel til søer

Fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret betragteligt i løbet af overvågningsperioden, idet koncentrationen i gennemsnit var ca. 0,17 mg P/l i perioden 1990-1994, mens den i 2012 var 0,1 mg P/l. Den gennemsnitlige koncentration har ikke ændret sig de seneste ca. 10 år. Til sammenligning var gennemsnitskoncentrationen i vandløb i landbrugsområder uden punktkilder ca. det samme (se kap. 7). Tilførsel af fosfor fra atmosfæren spiller ikke nogen nævneværdig rolle, jf. kap 3.

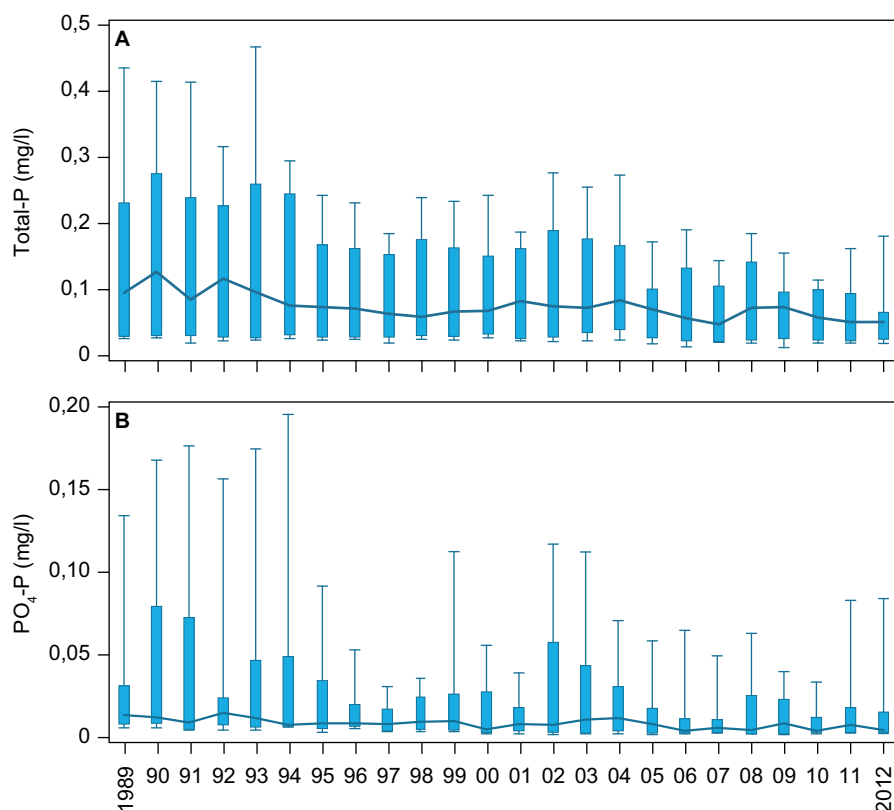
8.2.2 Fosforindhold i søvandet

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

Fosfortilførslerne er især mindsket i 1980'erne og 1990'erne som følge af spildevandsrensning, afskæring af spildevand og stop for ulovlige landbrugsudledninger.

Fosforindholdet i søer (kontrolovervågning, udvikling) er mindsket, fortrinsvis i de søer, der tidligere modtog store spildevandsbidrag (figur 8.1). Årsgennemsnittet (fremgår ikke af fig. 8.1) for total fosfor i søvandet i de 15 søer, der alle er undersøgt i perioden 1989-2012, er mere end halveret fra ca. 0,15 mg/l i 1989-94 til 0,06 mg/l 2012 og det samme gælder for uorganisk, opløst fosfat, hvor årsgennemsnittet er faldet fra 0,054 til 0,021 mg/l i 2012. I 11 af de 15 søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i sommerperioden (tabel 8.2), mest markant for de søer, der i starten af perioden var mest belastede. Kun for én sø er der konstateret en stigning i fosforindholdet.

Figur 8.1. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalfosfor (Total-P) og B: orthofosfat (PO₄-P) (mg P/l) i 15 af de søer i kontrolovervågningen af udvikling, der har været undersøgt siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2013).



8.3 Kvælstof i søer – status og udvikling

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

8.3.1 Kvælstoftilførsel til søer

Kvælstoftilførslen til de fleste søer domineres af dyrkningsbidraget fra søoplandet. Enkelte søer tilføres også betydende mængder fra luften. Det stam-

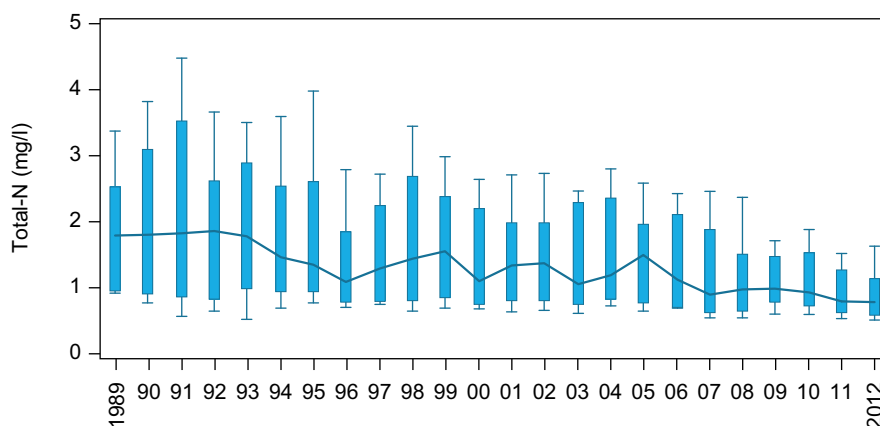
mer hovedsageligt fra forbrændingsprocesser og fra ammoniakfordampning fra landbrug (se kapitel 2).

For kvælstof vil der sammenlignet med fosfor ske hurtigere ændringer i indholdet i søvandet, når tilførslerne ændres, fordi mudderbunden ikke i samme omfang som for fosfor har et stort indhold, som kan udveksles med vandfasen.

8.3.2 Kvælstofindhold i søvandet

Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i søerne, der indgår i kontrolovervågning (udvikling) såvel på års- som på sommerniveau. Sommermedianen af totalkvælstof lå i perioden 1989-1993 på omkring 1,8 mg/l. Frem til 1996 skete der et konstant fald i koncentrationen til 1,1 mg/l. I de følgende 10 år varierede totalkvælstofkoncentrationerne mellem 1 og 1,5 mg/l, mens de fra 2007 konstant har ligget under 1 mg/l (Figur 8.2). Medianen af sommerkoncentrationen af totalkvælstof var i 2012 sammen med 2011 den laveste i overvågningsperioden.

Figur 8.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af totalkvælstof (Total-N) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2013).



8.3.3 Analyse af kvælstofs betydning for tilstanden i søer.

Kvælstofs rolle i de danske søer er analyseret med henblik på nærmere at kunne vurdere, hvornår kvælstof henholdsvis fosfor er mest betydende for søers vandkvalitet. På grund af den høje grad af sammenhæng mellem de to næringsstoffer kan dette vanskeligt afgøres ud fra empiriske sammenhænge. Analyserne peger dog på, at både fosfor- og kvælstofindholdet spiller en vigtig rolle for søernes tilstand, og at det ofte vil være hensigtsmæssigt at fokusere på begge næringsstoffer i forhold til at opretholde eller skabe en god vandkvalitet. Forholdene er meget lig forholdene i de indre dele af fjordene, idet fosfor hyppigst vil være begrænsende for primærproduktionen i foråret og forsommeren, mens kvælstof i mange søer kan være begrænsende senere på året. Kvælstofindholdet har også stor betydning for undervandsplanternes vækstvilkår, bl.a. via epifytternes kobling til højt kvælstofindhold.

8.4 Klorofyl og sigtddybde

Øgede mængder af alger i vandet i søerne er den primære konsekvens af øgede næringssalttilførsler. Som et mål for mængden af alger bestemmes indholdet af klorofyl *a* (det grønne farvestof, der muliggør fotosyntese i planter). Klorofyl *a* er den eneste kvalitetsparameter i de aktuelle vandplanforslag for tilstanden i søer. Sigtddybden, som er den dybde, hvor en hvid

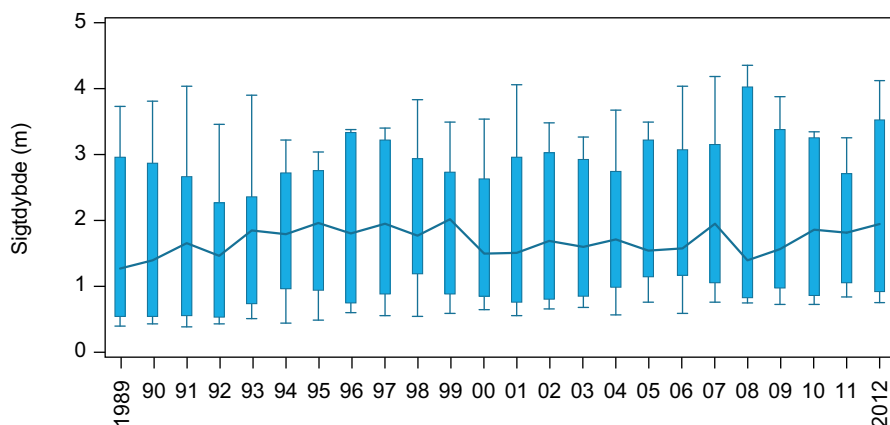
skive netop kan skimtes, giver også ofte et godt mål for algemængden og dermed for vandkvaliteten.

8.4.1 Algemængde og sigtde i 2012

Medianen for sigtde for sommeren 2012 var for søer i kontrolovervågning (udvikling) 1,7 m.

Sigtde i de 15 søer i kontrolovervågningen har vist en generel stigende tendens siden 1989. De største ændringer skete i de første 10 år, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,3 m til 2 m (sommerværdier). I perioden 2000-2006 lå værdierne ret ensartet – mellem 1,5 og 1,7 m. Efter en stigning i 2007 (til 1,9 m) faldt sigtde i de søer atter, men har generelt udvist stigende tendens siden 2008 (Figur 8.3).

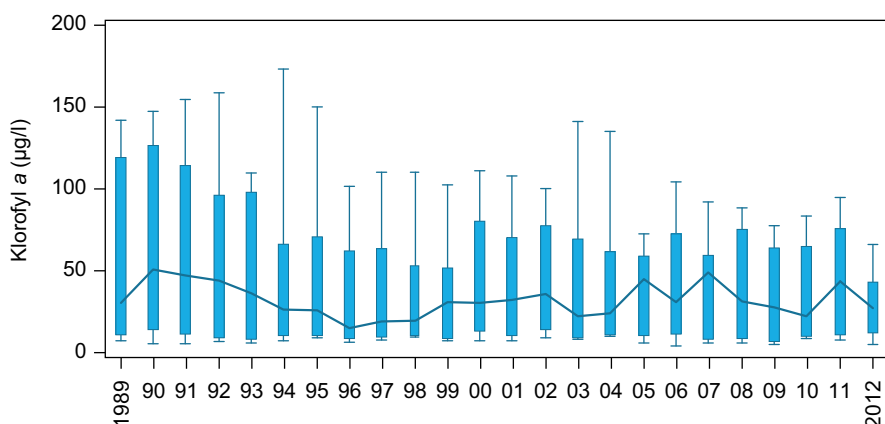
Figur 8.3. Udviklingen i sigtde (sommergennemsnit) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2013).



8.4.2 Udvikling i søernes algemængde

Siden 1989 er indholdet af klorofyl *a* mindsket i de mest forurened søer, mens medianværdien af målingerne i de 15 søer, der har været undersøgt siden 1989, udviser store år-til-år variationer og ikke nogen generel tendens (figur 8.4). Dette giver et uklart billede af udviklingen, idet der i 6 ud af de 15 søer har været en signifikant reduktion i sommermiddelkoncentrationerne, mens den er uændret for 6 søer.

Figur 8.4. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2013).

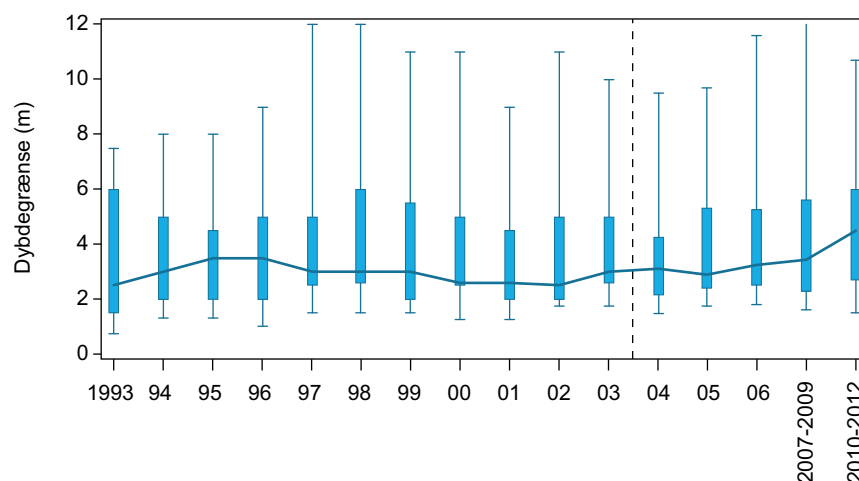


8.5 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af fx reduceret sigtddybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

Den gennemsnitlige dybdegrænse for planternes forekomst er øget frem til 2006 til ca. 3,5 m, og er i perioden 2007-2012 steget svagt til ca. 4 m.

Figur 8.5. Udvikling i vandplanternes dybdeudbredelse. Den stiplede linje angiver skift i metode (Bjerring et al. 2013).



9 Marine områder

9.1 De marine områder

Den vigtigste forureningspåvirkning af de danske marine områder er den eutrofiering (næringsberigelse), der sker som følge af, at tilførslerne af kvælstof og fosfor fra land, via luften og med havstrømme er højere end de naturbetingede niveauer. De mest forurenede marine områder er fjorde med stor tilførsel af næringssalte fra land. Også de åbne dele af de indre danske farvande er påvirkede af de forhøjede næringssalttilførsler. Påvirkningerne forstærkes af, at vandet i de danske farvande ofte er lagdelt, hvilket øger risikoen for dårlige iltforhold ved bunden.

Der er sket en generel reduktion af næringssaltindholdet i de fleste marine områder siden begyndelsen af 90'erne. Denne forbedring har endnu ikke ført til markante generelle forbedringer i plante- og dyrelivet, men der er tegn på, at udviklingen inden for nogle områder er begyndt at gå i den rigtige retning.

Miljøtilstanden påvirkes ikke kun af eutrofiering. I mange danske områder findes miljøfremmede stoffer i koncentrationer, der kan have skadelige effekter, eller der kan være fysiske påvirkninger som f. eks. trawlfiskeri.

9.1.1 Overvågningsprogrammet

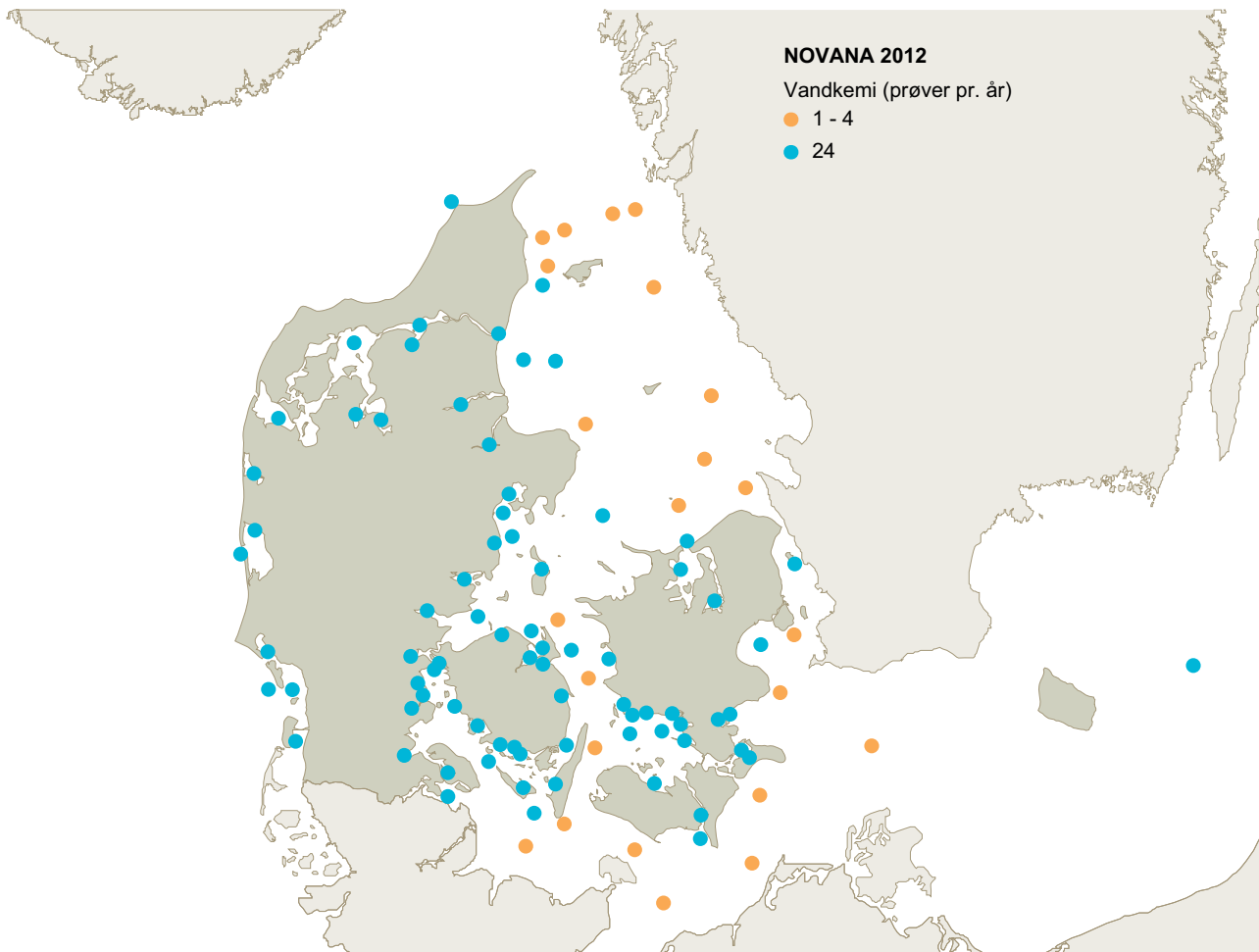
Overvågningsprogrammet NOVANA for de marine områder omfatter i perioden 2011-2015 følgende overordnede elementer:

- Undersøgelser af fysiske/kemiske forhold i vandfasen samt undersøgelser af plankton.
- Biologiske forhold på bunden (dyreliv, planter osv)
- Biodiversitet og naturtyper.
- Miljøfarlige stoffer og biologisk effektmonitoring.

Som et eksempel på stationernes placering er der i figur 9.1 vist, hvor der tages prøver til vandkemiske analyser i de frie vandmasser.

9.1.2 Klima i 2012

De aktuelle miljøforhold i marine områder er meget afhængige af vejret. Næringssalttilførslerne øges i nedbørsrige perioder, mens blæst øger omrøringen og udskiftningen af vandmasserne og dermed mindsker iltsvind. En stigning i temperaturen vil øge den biologiske omsætning, hvilket medfører øget iltforbrug og forøget styrke af vandsøjlets lagdeling, og dermed behov for større vindenergi for at nedblande ilt fra havoverfladen. En væsentlig faktor for tilstanden i de marine områder er vandets temperatur og specielt, at temperaturen generelt er steget med ca. 1 °C i løbet af de seneste 40 år. Havvandet var i 2012 koldere end de forudgående 10-15 år.



Figur 9.1. Prøvetagningsstationer og -frekvens for målinger af vandkemi, salinitet, temperatur, sigtdybde, klorofyl og fluorescens i 2012 (Hansen (red.) 2013).

9.1.3 Målsætninger og målsætningsopfyldelse

De aktuelle vandplanforslag indeholder miljømål fastsat ud fra ensartede kriterier i henhold til EU's vandrammedirektiv. Eneste parameter, der er anvendt for marine områder i første generation af vandplanerne, er ålegræssets udbredelse.

Der er ikke i denne rapport for fjordene og kystområderne foretaget en vurdering af målopfyldelse i forhold til målsætningerne i vandplanerne.

9.2 Kvælstof og fosfor i marine områder

Indholdet af næringssalte i vandet er størst i marine områder med stor tilførsel af ferskvand, fordi indholdet af kvælstof og fosfor oftest er langt højere i det afstrømmende ferskvand end i havvand. Fjordene er derfor generelt de mest næringsstofbelastede marine områder, idet langt hovedparten af ferskvandsafstrømningen i Danmark løber til fjorde. Det betyder samtidig, at fjordene også er de marine områder, hvor man tydeligst kan se virkningen på næringssaltkoncentrationerne af at mindske tilførslerne fra land. Beskrivelsen af udviklingen i indhold af kvælstof og fosfor er derfor i det følgende opdelt i to grupper: de åbne indre farvande og fjorde/kystvande. Den generelle udvikling i afstrømningen af kvælstof og fosfor til de marine områder fremgår af afsnit 2.1 og 3.1.

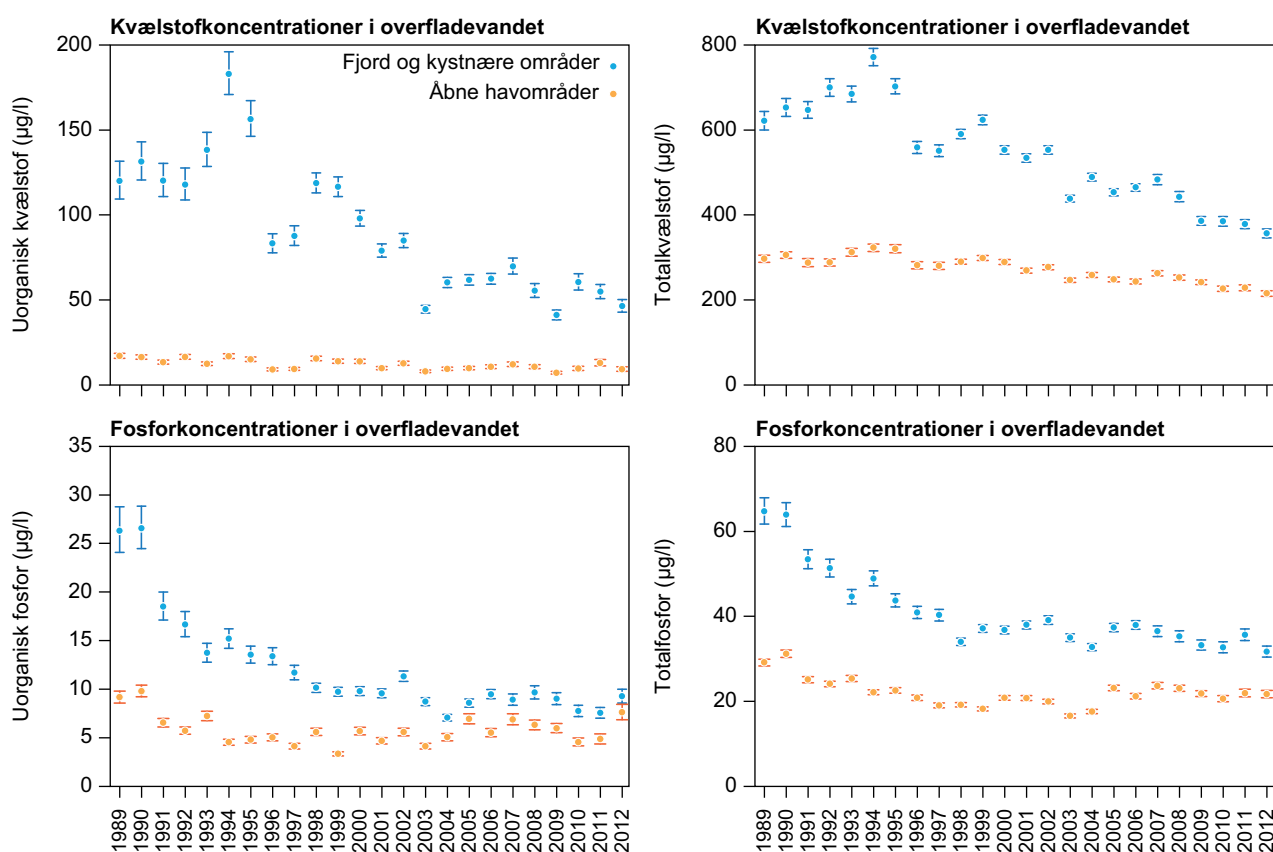
9.2.1 Udvikling i næringsalte i overfladevandet

Kvælstofkoncentrationerne var i 2012 meget lave for fjorde, kyster og åbne indre farvande med de hidtil laveste niveauer for organisk kvælstof og total kvælstof.

Fosforkoncentrationerne i 2012 var på niveau med de senere år, men dog væsentlig lavere end i starten af 1990'erne for fjorde og kystnære områder.

Reduktionen i kvælstofindholdet er især sket fra midten af 1990'erne til begyndelsen af 2000'erne (figur 9.2). Reduktionen skyldes primært, at udvaskningen fra dyrkede arealer og den atmosfæriske deposition er mindsket.

Fosforindholdet i især fjordene mindskedes især i begyndelsen af 1990'erne (figur 9.2) som følge af fosforfjernelse fra spildevand. Der er sket markante reduktioner, idet det uorganiske, plantetilgængelige fosforindhold er mindsket fra ca. 25 µg/l til ca. 10 µg/l fra 1990 til 2012. Også indholdet af totalfosfor er næsten halveret. Fosforkoncentrationen i fjordene begynder dermed at nærme sig koncentrationsniveauet i de åbne farvande.



Figur 9.2. Udvikling i koncentrationer af kvælstof og fosfor i fjorde og kystområder (blå) og i åbne farvande (orange) (Hansen (red.) 2013).

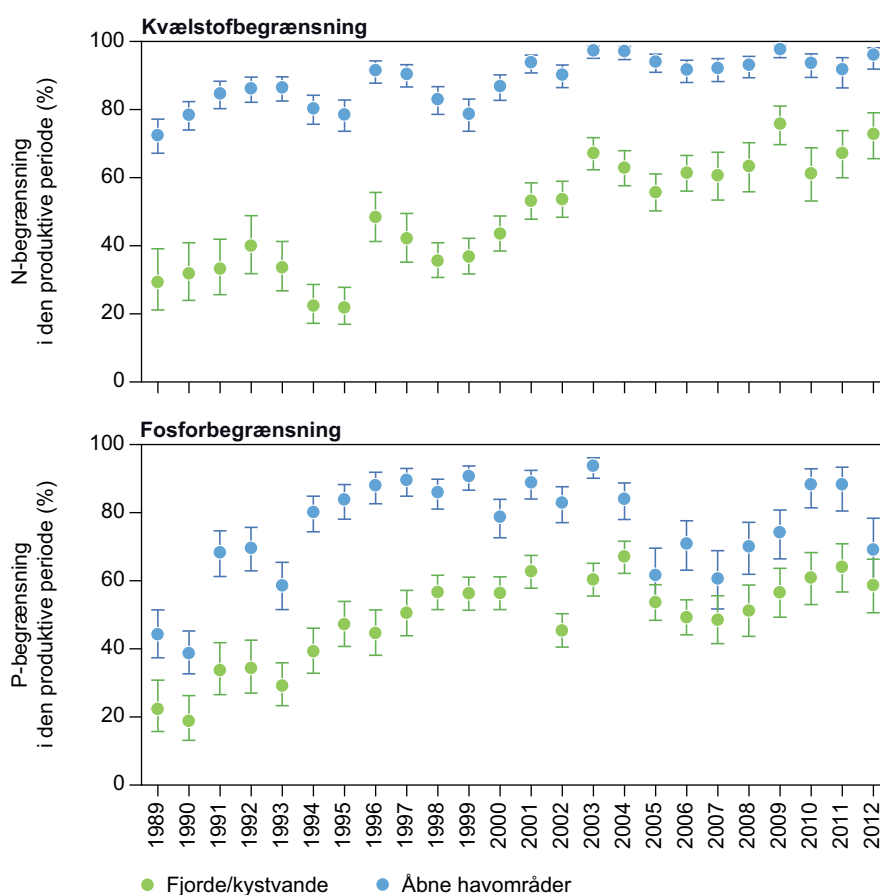
9.2.2 Næringssaltbegrænsning af algevæksten

Det lavere næringssaltindhold i vandet i marine områder har ført til, at algevæksten nu i højere grad end tidligere er potentielt begrænset af mangel på kvælstof og/eller fosfor. Meget markant er den øgede potentielle fosforbegrænsning i fjorde, hvor fosfor i gennemsnit kan være begrænsende i 50-60 % af vækstsæsonen (med tendens til stigning de senere år) mod kun ca. 20 %

omkring 1990 (figur 9.3). I de åbne områder er fosforbegrænsningen øget fra ca. 40 % af tiden i 1990 til over 80 % i perioden 1994-2004. I 2012 var fosforbegrænsningen lavere end i 2011 og på linje med årene 2005-2009. Omfanget af potentiel kvælstofbegrænsning i fjorde er ligeledes øget fra ca. 30 % omkring 1990 til nu 60-70 % af den produktive periode.

Måleresultaterne indikerer, at algemængderne i fjorde/kystvande kan mindskes både ved at mindske kvælstoftilførsel og ved at mindske fosfortilførsel. I de åben farvande kan der være områder, hvor en yderligere reduktion af fosfor vil være nødvendig (f. eks. Østersøen), mens der i andre områder ikke vil være behov for yderligere reduktion af fosfor. Selv når nærings-saltkoncentrationerne er så lave, at de indikerer en vækstbegrænsning, er det dog ikke sikkert, at de begrænser væksten, da vurderingen er baseret på måling af koncentrationer og ikke på den hastighed, hvormed næringsstofferne omsættes og bliver tilgængelige for planktonalgerne.

Figur 9.3. Potentiell begrænsning af kvælstof og fosfor i fjorde og kystnære områder og åbne indre farvande udregnet som sandsynligheden for, at målinger i overfladevandet (0-10 m) i den produktive periode (marts-september) lå under værdierne for potentielt begrænset primærproduktion. Middelværdierne er afbildet med angivelse af 95 % konfidensgrænser (Hansen (red.) 2013).

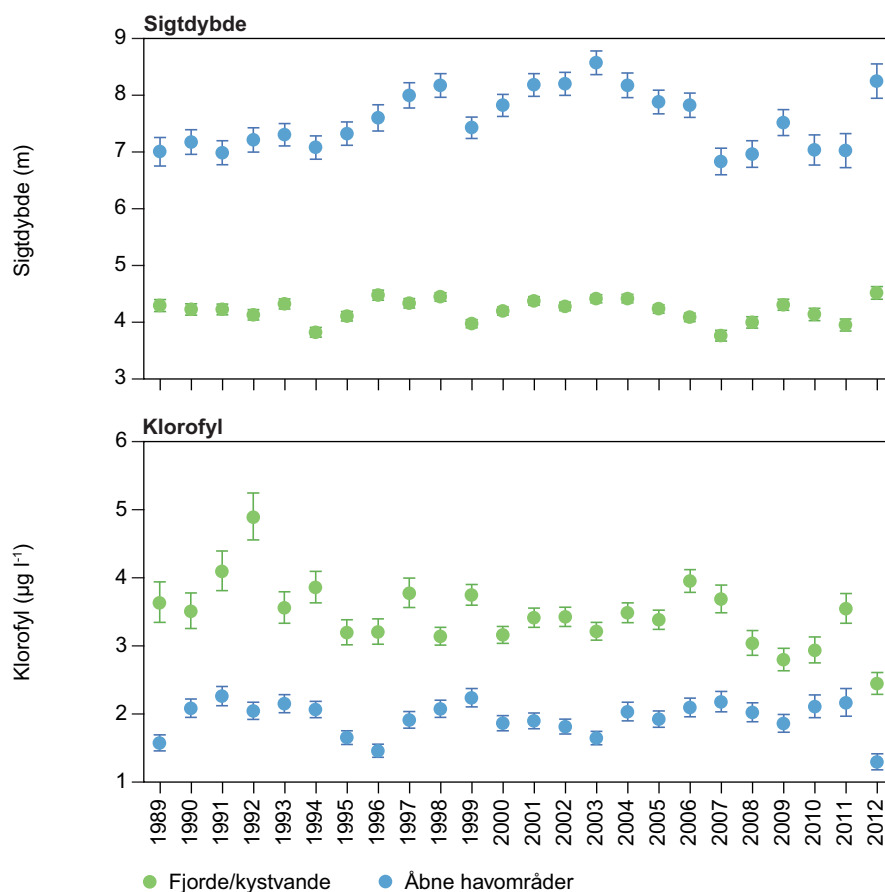


9.3 Plantep plankton

9.3.1 Udvikling i sigtddybde og klorofyl

Den gennemsnitlige sigtddybde i fjordene var i 2012 4,5 m og dermed den højst målte i perioden 1989-2012. Tilsvarende var den gennemsnitlige sigtddybde for de åbne farvande på 8,3 m blandt de højst målte i perioden. I figur 9.4 er vist udviklingen i de gennemsnitlige værdier for hhv. sigtddybde og klorofylmængde for fjorde og åbne indre farvande i årene 1989-2012.

Figur 9.4. Udviklingen af årlige gennemsnitlige værdier for de åbne indre farvande og for fjorde/kystvande for sigtdybde og klorofylkoncentration (Hansen (red.) 2013).



Sigt dybden i de åbne indre farvande steg signifikant i perioden 1985 – 2005, men aftog efterfølgende indtil den markante stigning i 2012. I fjordene har der ikke været nogen udvikling i perioden 1989-2002.

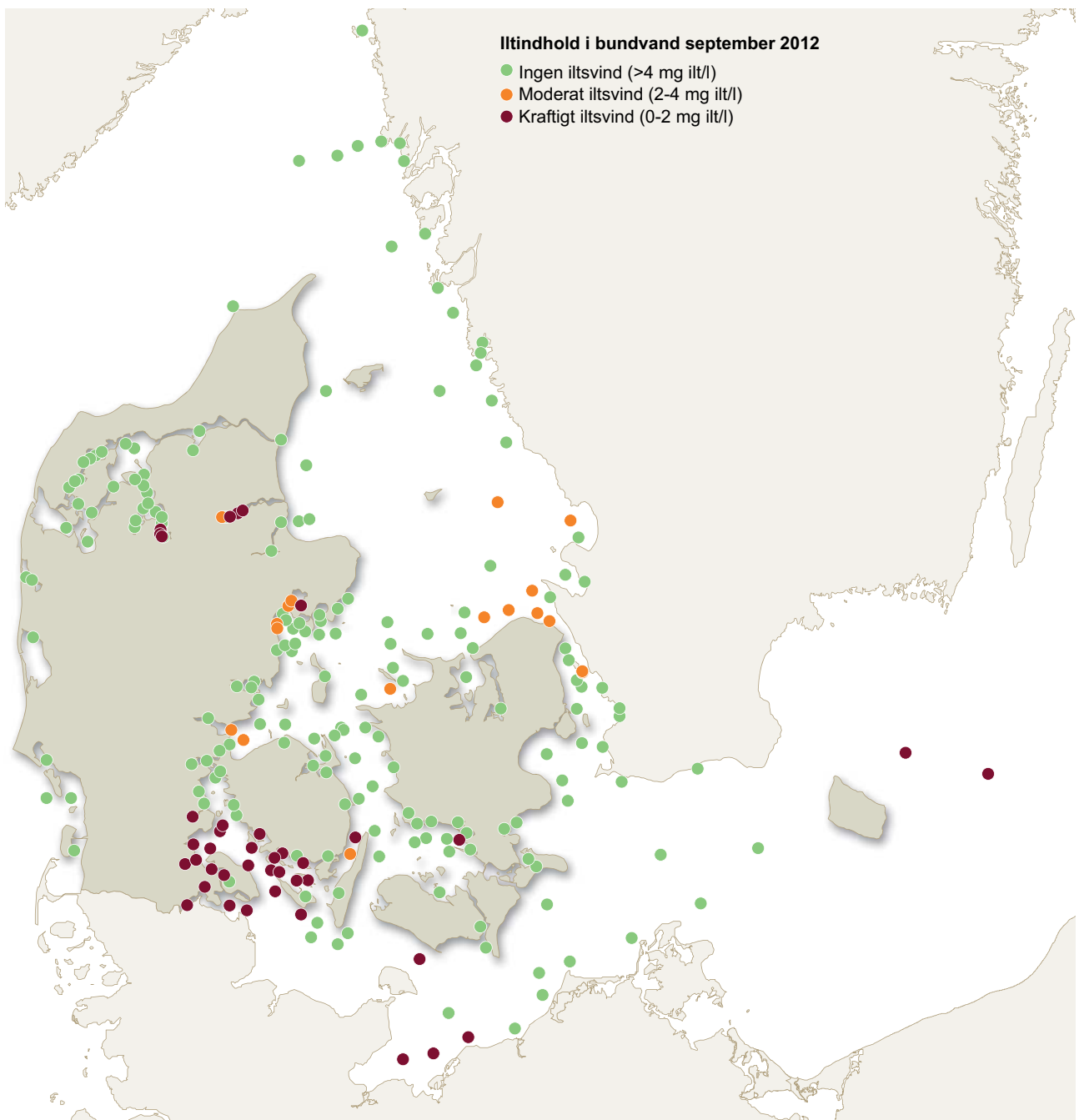
Klorofylindholdet i fjordene er faldet signifikant fra 1989 til 2012, mens der i de åbne indre farvande har været en signifikant stigning i perioden 2000-2011. Både for fjorde og de åbne indre farvande var klorofylindholdet i 2012 det hidtil lavest registrerede.

9.4 Ilthforhold i de marine områder

9.4.1 Året 2012

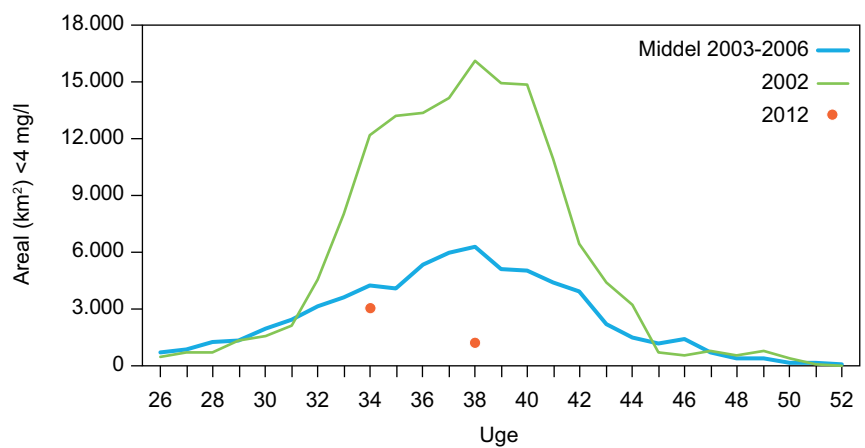
Iltsvind var mindre udbredt i 2012 end i perioden 2003-2006 og i 2009 bl.a. pga. jævnlig periodevis blæsende vejr i de typiske iltsvindsmåneder juli-november.

Udbredelsen af iltsvind skifter årene imellem afhængig af bl.a. vindforholdene. I figur 9.6 er vist udbredelsen af iltsvind dels som gennemsnit over årene 2003-2006, dels i 2002 hvor det mest udbredte iltsvind fandt sted og endelig i august (uge 34) og i september (uge 38) de seneste tre år.



Figur 9.5. Det samlede areal berørt af iltvind i september 2012 (Hansen (red) 2013).

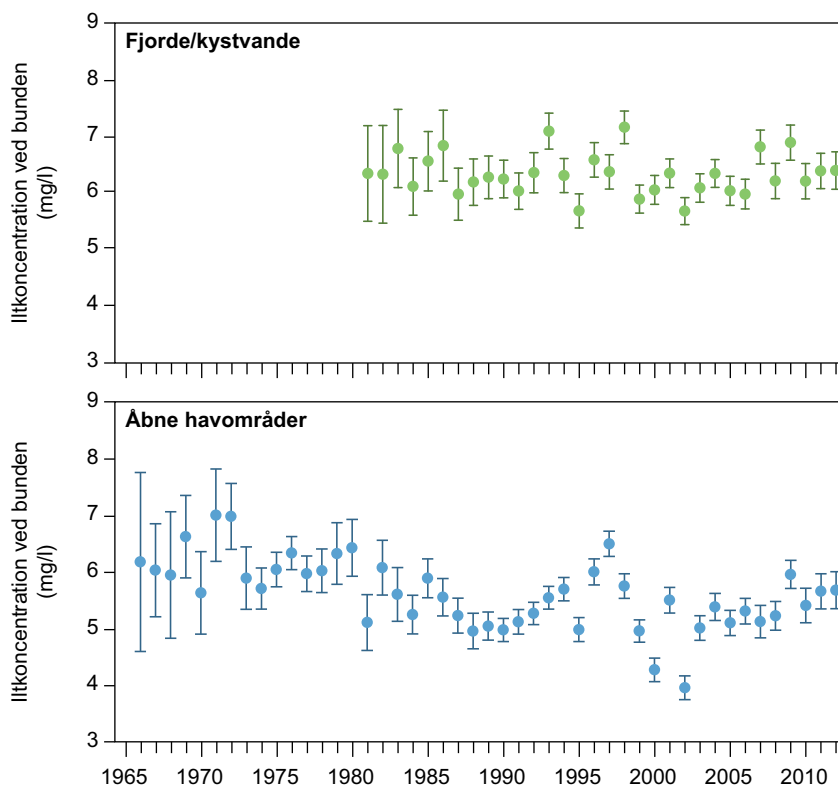
Figur 9.6. Areal ramt af iltvind (< 4 mg/l) i 2002 (uge for uge i sidste halvdel af året), 2003-2006 (middel for samme periode som vist for 2002), og 2012 (midt i august og september) (Hansen (red.) 2013).



9.4.2 Udvikling i iltforhold

Iltforholdene i bundvandet for de åbne farvande, som er målt siden midten af 1960'erne (figur 9.7), viser overordnet en negativ udvikling. Omkring 1990 var middel-iltkoncentrationen i juli-november lav i de åbne farvande. Gennem første halvdel af 1990'erne steg iltkoncentrationen generelt til 1970'erniveau i de tørre år 1996-97, for derefter generelt at falde igen. Iltkoncentrationen lå i 2012 på linje med de forudgående ca. 10 år.

Figur 9.7. Gennemsnitlig iltkoncentration i bundvandet for overvågningsstationer i fjorde og kystnære områder og åbne farvande og. Beregnet på baggrund af prøvetagninger over bunden i juli-november (Hansen (red.) 2013).



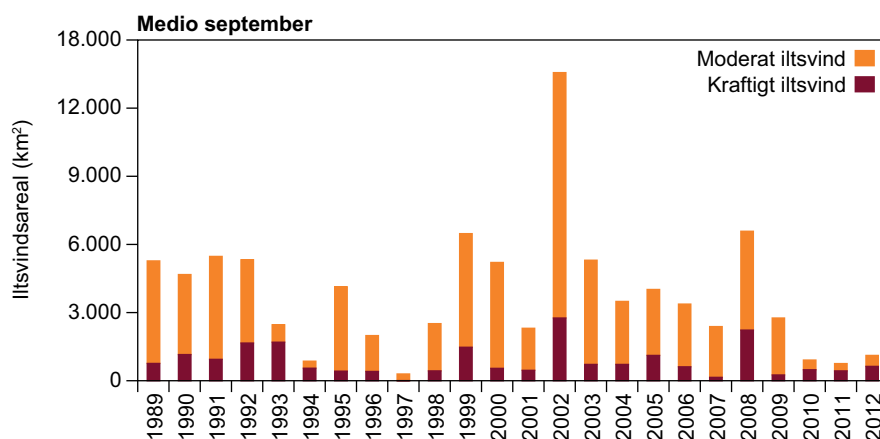
Der er ingen tydelig udvikling i iltindhold i fjorde og kystnære områder i perioden 1981-2012 (figur 9.7 øverst). Middelværdien for 2012 lå på niveau med de tidligere år.

Dataanalyser viser en sammenhæng mellem iltkoncentrationen under lagdelte forhold i juli-november og tilførsel af kvælstof i det forudgående år (juli-juni). For fjorde og kystområder er vindstyrken i juli-september samme år ligeledes en væsentlig faktor. I de åbne indre farvande er der desuden sammenhæng med indstrømningen af bundvand i maj-september og med temperaturen af det indstrømmende vand fra Skagerrak i januar-april.

En analyse i den marine NOVANA rapport 2012 (Hansen (red), 2013) af de seneste 10 års iltsvindshændelser viser, at der i de fleste regionale områder er sket en positiv udvikling for ilt-forholdene i bundvandet i den typiske iltsvindsperiode juli-november. Det gælder især for de mere åbne områder, mens udviklingen har været negativ i Lillebælt/Femern Bælt og Østersøen.

I figur 9.8 er vist areal med iltsvind i perioden 1989-2012. Iltsvindsarealet har varieret meget fra år til år, og en stor del af variationen kan forklares ud fra meteorologiske forhold. F. eks. kan det meget lille samlede iltsvindsareal i 1997 forklares ud fra bl.a. en meget lav tilførsel af næringsstoffer (både 1996 og 1997 var tørre år), kraftig vind i september og at 1997 efterfølger et år med begrænset iltsvind.

Figur 9.8. Udviklingen i arealet af moderat iltsvind og kraftigt iltsvind medio september i de indre danske farvande (Hansen (red.) 2013).

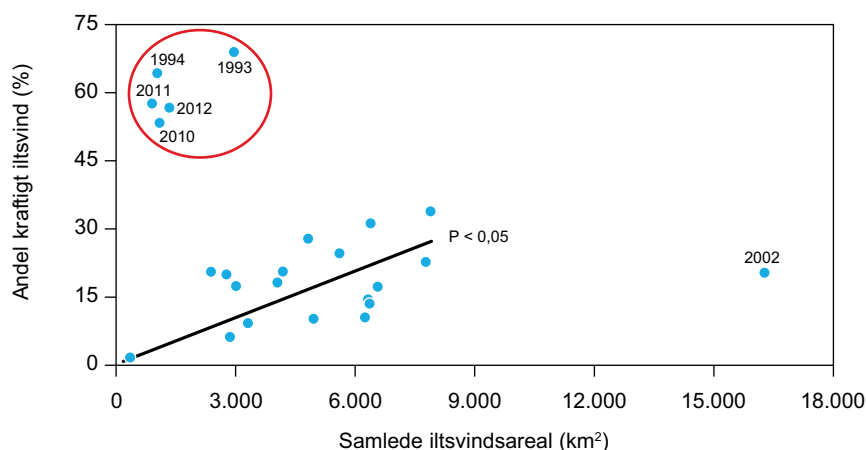


Perioden 2010-2012 skiller sig imidlertid ud ved en relativ lille udbredelse af iltsvind sammenlignet med de forudgående år (figur 9.8). Det til trods for, at de forskellige klimatiske parametre (sommervind, temperatur og afstrømning) ligger på et middelniveau. Dette kunne indikere, at der er sket en form for strukturskifte i systemet: - et skifte i retning mod en reetablering af systemets bufferkapacitet (mere iltet havbund) som følge af en lang årrække efter 2002 med overvejende aftagende iltsvind.

Det bør dog tilføjes, at et sammenfald af uheldige meteorologiske forhold (stor afstrømning forud for sommeren, høje vandtemperaturer og svage vinde i august/september) igen kan give et år med betydeligt iltsvind.

Figur 9.9 viser forholdet mellem det totale iltsvindsareal og områder med kraftigt iltsvind. En række år skiller sig ud, herunder de seneste 3 år. Det kan forklares med, at iltsvindet i 2010-2012 var kendetegnet ved overvejende at berøre de såkaldte sårbare områder (f. eks. Mariager Fjord og dele af Lillebælt), hvor de hydrografiske forhold befordrer iltsvind. I disse områder, som omfatter de naturlige iltsvindsområder, er der en øget risiko for, at moderat iltsvind udvikler sig til kraftigt iltsvind.

Figur 9.9. Andel af kraftigt iltsvind ($0-2 \text{ mg l}^{-1}$) i forhold til det samlede iltsvindsareal ($0-4 \text{ mg l}^{-1}$) medio september i de indre danske farvande. Den røde cirkel indrammer år, som falder uden for sammenhængen for de øvrige år (sort linje, $P < 0,05$).



9.5 Bundplanter

Bundplanterne i havet omkring Danmark er dels frøplanter som ålegræs og havgræs, dels store alger som fx blæretang og sukkertang, der vokser fasthæftede på sten. Nogle store alger flyder frit i vandet, fx søsalat.

Bundplanterne er vigtige indikatorer for miljøtilstanden, fordi de påvirkes af eutrofiering. Dybdeudbredelsen af planterne er således en indikator for vandkvaliteten (ålegræs er anvendt som indikator i vandplanerne).

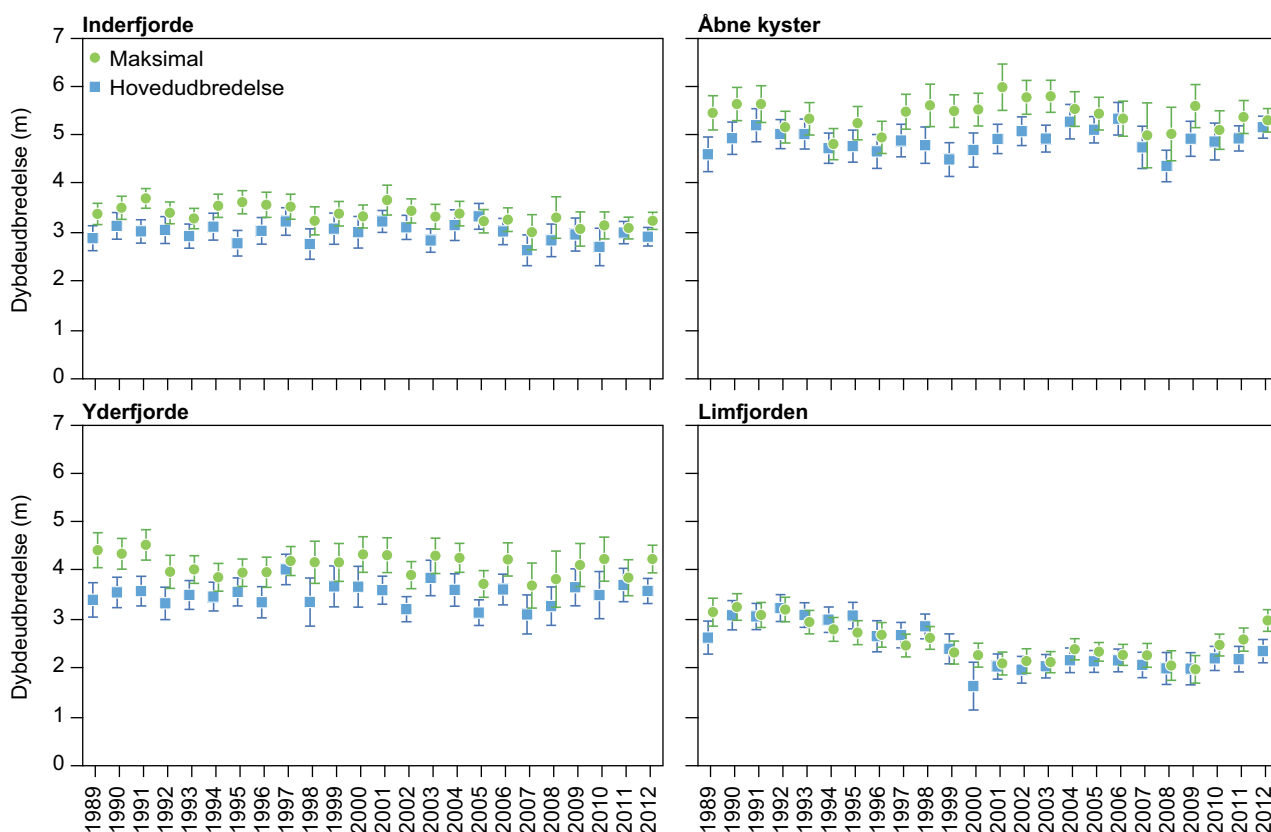
Et fald i tilførslen af næringssalte forventes med tiden at føre til forbedrede lysforhold, og til at vegetationen derved vil få større dybdeudbredelse og større dækningsgrad.

9.5.1 Ålegræs

Ålegræssets maksimale dybdegrænse er generelt størst langs de åbne kyster (4,8-6,0 m), lidt mindre i yderfjordene (3,7-4,5 m) og mindst i inderfjordene (3,0-3,7 m) set over perioden 1989-2012.

I figur 9.10 er vist udviklingen for ålegræssets dybdegrænse (både maksimal og hovedudbredelse) som gennemsnit for disse tre typer af kystvande. Der har været en del variation i dybdegrænserne for ålegræs gennem perioden.

En analyse af det samlede datamateriale for perioden 1989-2012 viser, at der generelt ikke har været en signifikant udvikling i ålegræssets maksimale udbredelse eller hovedudbredelse.



Figur 9.10. Udvikling i dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse og hovedudbredelse (\pm 95 % konfidensintervaller) gennem perioden 1989-2012. Udviklingen er vist for åbne kyster, samt yder- og inderfjorde (Hansen (red.) 2013).

De seneste års positive udviklingstendens for ålegræssets dybdeudbredelse og dækningsgrad i Limfjorden (figur 9.10) og enkelte øvrige kystområder (Hansen (red.) 2012, kap. 12) tyder dog på, at udviklingen er ved at vende – selvom der også er eksempler på en negativ udvikling. Det usædvanligt klare vand, som karakteriserede de marine områder i 2012, sammen med tendensen til mindre udbredelse af iltsvind gennem de seneste år støtter en sådan positiv udvikling.

9.5.2 Makroalger på stenrev i åbne farvande

Undersøgelserne af stenrev har vist, at vegetationen på stenrevene i de indre åbne farvande består af en flerlaget rød- og brunalgevegetation, der dækker den faste bund fuldstændigt ned til 10-12 m's dybde. På større dybder end 12-14 m aftager algerne samlede dækning til et enkelt lag oprette alger, der ikke dækker hele revet. De oprette algers dækning aftager med stigende dybde, hvorimod skorpeformede algebelægninger fortsat træffes med stor dækning på 24 m's dybde. Overvågningen har vist en væsentlig indflydelse fra søpindsvins græsning på tangskovene på en række rev.

Den samlede algedækning på de undersøgte stenrev fra Skagerrak til Bælt-havet var generelt god i 2012, hvilket er i overensstemmelse med den forøgede sigtddybde i de åbne indre danske farvande i forårshalvåret 2012.

9.5.3 Bundfauna

Der er i 2012 i overensstemmelse med programbeskrivelsen ikke taget faunaprøver i de åbne farvande, hvorfor information vedr. udvikling m.m. frem til og med 2011 kan findes i Jensen et al. (2012).

I 2012 er der indledt et nyt program med fokus på Habitatdirektivet (NATURA 2000 områder), som ikke indgår i denne rapportering. Resultater m.m. kan ses i Hansen (red) (2013).

9.6 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i marine områder

Tungmetaller forekommer naturligt i havmiljøet, mens forekomst af miljøfremmede stoffer normalt skyldes spildevandsudledning, marine installationer, skibe eller tilførsel via atmosfæren. Det samme gør sig gældende for koncentrationer af tungmetaller, der er højere end baggrundsniveauet.

Målingerne af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i marine områder omfatter stoffer, som er udvalgt på baggrund af deres forekomst og skadelige effekt i det marine miljø. Metalmålingerne omfatter zink, kobber, nikkel, bly, cadmium, kviksølv og sølv. Målingerne af miljøfremmede stoffer i muslinger og sediment omfatter tributyltin (TBT) og tjærestoffer (PAH). I fisk måles der PCB, klorerede pesticider, bromerede flammehæmmere (BDE), perfluorerede forbindelser (PFAS) og TBT.

Overvågningen omfattede i 2012 målinger på muslinger, fisk og sediment. Muslinger anvendes som generel indikator for havmiljøets belastning med tungmetaller og miljøfremmede stoffer, da de koncentrerer stofferne i forhold til de koncentrationer, der findes i havvandet. Koncentrationen i muslinger repræsenterer niveauet af stofferne de seneste dage til måneder afhængig af, hvilket stof der måles. Fisk undersøges for at følge den tidlige udvikling i indholdet af bio-tilgængelige stoffer. Målinger i sediment sker på

materialer, der er sedimenteret gennem de seneste 5-10 år, og de giver således et mål for den gennemsnitlige belastning i denne periode.

Målingerne i sediment og nogle af målingerne af muslinger omfattede stationer i områder, der var udvalgt til operationel overvågning på baggrund af vurderingerne foretaget i forbindelse med den første vandplan.

9.6.1 Målsætning

Tungmetaller og en række miljøfremmede stoffer i det marine miljø er omfattet af vandrammedirektivet samt internationale marine konventioner, bl.a. HELCOM og OSPAR.

I direktivet om prioriterede stoffer (EU 2013) er der fastsat miljøkvalitetskrav for bl.a. kviksølv, hexachlorbenzen og hexachlorbutadien i biota muslinger og fisk. En række af disse krav er implementeret i miljøkvalitetsbekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2010). Da direktivet netop er blevet revideret er det endnu ikke alle de fastsatte miljøkvalitetskrav, der er implementeret i den danske miljøkvalitetsbekendtgørelse. Der er fastsat miljøkvalitetskrav for methylnaphthalener i sediment i miljøkvalitetsbekendtgørelsen. Derudover findes der ikke miljøkvalitetskrav for de målte stoffer i sediment.

OSPAR har i forbindelse med en status for kvaliteten i Nordsøen i 2010 udarbejdet økotoxikologiske vurderingskriterier, "Ecotoxicological Assessment Criteria" (EACs) samt et baggrundsniveau for tungmetaller (BAC) (OSPAR 2009). For de metaller, hvor der ikke foreligger BAC, er der foretaget en sammenligning med norske vurderingskriterier, hvor der skelnes mellem fire kvalitetsklasser med klasse 1 svarende til "meget god" tilstand.

EU har fastsat grænseværdier for indholdet af bly, cadmium og kviksølv samt PAH, dioxiner og PCB i fisk og muslinger samt andre fødevarer (EU-kommissionen 2001). Disse grænseværdier er alene fastsat af hensyn til påvirkning af mennesker.

9.6.2 Tungmetaller i muslinger, fisk og sediment

Indholdet af de fleste af de undersøgte metaller var i størsteparten af de undersøgte prøver af muslinger i den norske kvalitetsklasse svarende til "meget god" status. I sediment var indholdet af metaller lavere end det af OSPAR fastsatte baggrundsniveau i halvdelen eller mere af prøverne.

Kviksølvindholdet i muslinger var lavere end miljøkvalitetskravet i muslinger på 20 µg/kg i ca. 40 % af de undersøgte muslingeprøver. I skrubbefilet var kviksølvindholdet i alle de undersøgte prøver højere end miljøkvalitetskravet, og det var også tilfældet i lever- og muskelprøver fra ålekvabbe fra 11 ud af 12 kystnære stationer. Det af OSPAR fastsatte baggrundsniveau for kviksølv i muslinger var overskredet i ca. to tredjedele af muslingeprøverne (tabel 9.1).

Indholdet af bly og cadmium i muslinger var i 2012 højere end det af OSPAR fastsatte baggrundsniveau i henholdsvis ca. en tredjedel og ca. halvdelen af prøverne (tabel 9.1). I sediment var indholdet af bly højere end baggrundsniveauet i ca. halvdelen af prøverne og indholdet af cadmium i ca. to tredjedele af prøverne.

Tabel 9.1. Vurdering af koncentration af metaller i muslinger og sediment (normaliseret til <63 µm) i forhold til OSPAR's vurderingskriterium BAC (Background Assessment Criteria), (Hansen (red.) 2013).

	Bly	Cadmium	Kviksølv
Muslinger			
% under BAC	69	48	33
Sediment			
% under BAC	48	32	41

EU's grænseværdier for fødevarer for cadmium og kviksølv og bly var ikke overskredet i nogen af de undersøgte prøver af muslinger eller fisk, mens der blev fundet en enkelt overskridelse i muslinger af grænseværdien for bly.

9.6.3 Miljøfremmede stoffer i muslinger, fisk og sediment

Tributyltin (TBT) blev i 2012 fundet i ca. 60 % af de undersøgte muslinger i koncentrationer, som ved vurdering ud fra OSPAR's kriterier var højere end det niveau, hvor der er risiko for økotoksikologisk effekt. Dette er på niveau med tidligere år, hvor hyppigheden af høje koncentrationer har været markant lavere end niveauet i 2003. I sediment blev der i ca. en sjettedel af prøverne fundet TBT-koncentrationer, som ved vurdering ud fra norske vurderingskriterier betegnes som markant eller stærkt forurenede. Siden 2003 har der været restriktioner på brugen af TBT, og i 2008 blev det forbudt at anvende stoffet i bundmaling til skibe.

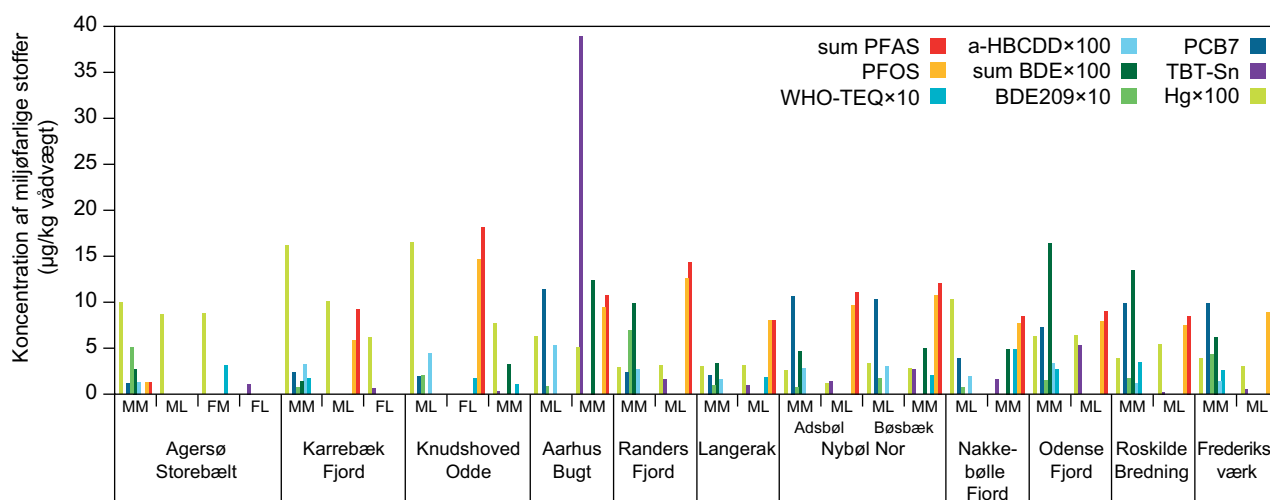
PAH blev i alle de undersøgte prøver af muslinger fundet i koncentrationer, der var lavere end det niveau, hvor der er ifølge OSPARs vurderingskriterier er risiko for en effekt (EAC) (tabel 9.2). Indholdet af fluoranthen var i alle de undersøgte prøver af muslinger lavere end miljøkvalitetskravet i direktivet for prioriterede stoffer (EU 2013), mens der blev fundet enkelte overskridelser af miljøkvalitetskravet for benz(a)pyren. I sediment var indholdet af de fleste PAH i størstedelen af prøverne lavere end det af OSPAR fastsatte baggrundsniveau.

Tabel 9.2. Vurdering af koncentration af PAH i muslinger og sediment (normaliseret til 2,5 % TOC) i forhold til OSPAR's vurderingskriterium BAC (Background Assessment Criteria) (Hansen (red.) 2013).

	Muslinger		Sediment
	% < BAC	% < EAC	% < BAC
Naphthalen	i.d.	100	75
Phenanthren	21	100	82
Antracen	i.d.	100	46
Fluoranthen	19	100	69
Pyren	12	100	49
Benz(a)antracen	54	100	75
Crysen/triphenylen	73	i.d.	73
Benz(a)pyren	2	100	82
Indeno(1.2.3-cd)pyren	38	i.d.	94
Benzo(ghi)perylen	29	100	96

PCB består af en række stoffer. Indholdet af de fleste af de undersøgte PCB-forbindelser og chlorerede pesticider var over baggrundsniveauet i stort set alle de undersøgte prøver af fisk. Enkelte af PCB-forbindelserne blev fundet i koncentrationer over EAC, hvilket betyder at det ikke kan udelukkes, at der er en effekt af disse stoffer ved de pågældende stationer. Indholdet af en af PCB-forbindelserne, PCB#118 var højere end EAC i en tredjedel af de undersøgte prøver af skrubbefilet og ålekvabbe.

Ud over de ovenfor omtalte stoffer blev ålekvabberne og skrubber undersøgt for dioxiner, perflourerede forbindelser (PFAS) og bromerede flammehæmmere (figur 9.11). Det nyligt reviderede direktiv for prioriterede stoffer omfatter miljøkvalitetskrav for disse stoffer. Indholdet af dioxin var i alle de undersøgte fisk lavere end miljøkvalitetskravet for dioxin, mens indholdet af bromerede flammehæmmere var højere end miljøkvalitetskravet for bromerede flammehæmmere. Indholdet PFOS (en perfloureret forbindelse) var højere end miljøkvalitetskravet i lidt over halvdelen af de undersøgte ålekvabber.



Figur 9.11. Målinger af udvalgte stoffer i ålekvabber. Bemærk at der er ganget med en faktor 0,1, 10 eller 100 for at få samme skala. Enhed for WHO-TEQ: ng toxekvivalent kg^{-1} . MM = han muskel, ML=han lever, FM = hun muskel, FL = hun lever. (Hansen (red.) 2013).

9.7 Biologiske effekter af miljøfremmede stoffer

Biologiske effekter af miljøfremmede stoffer er undersøgt i fisk og muslinger fra marine områder med henblik på at vurdere, om miljøfarlige stoffer udgør en risiko for dyrelivet i havet (forklaring i box). Aktiviteten af afgiftningenszymer er målt i fisk som markør for effekter af påvirkninger, der kan relateres til bl.a. PAH og dioxinlignende stoffer. Ålekvabbens yngel er undersøgt for fejludviklinger, og lysosomal stabilitet er målt hos muslinger. Disse effekter anses for at være generelle stressmarkører for den samlede påvirkning af forskellige typer af miljøfremmede stoffer.

Biologiske effekter	
Undersøgelse af ålekvabbers yngel Ålekvabbers yngel undersøges for deformiteter i form af misdannelser af indvolde, skelet (knæk og spiral), hoved, øjne og siamesiske tvillinger.	Aktivitet af afgiftningsezymer I voksne ålekvabber måles aktiviteten af afgiftningsezymer (CYP1A, målt som EROD). Øget aktivitet betyder, at fiskens metaboliske afgiftningssystem er trådt i kraft. Høj enzymaktivitet er indikation på, at fiskene er påvirkede.
Lysosomal stabilitet Den lysosomale stabilitet undersøges ved at måle tiden for destabilisering af membraner på celler i hæmolymfen (blodvæsken hos dyr med åbent kredsløb). Lav lysosomal membranstabilitet er indikation på, at muslingerne er påvirkede.	

9.7.1 Undersøgelse af ålekvabbers yngel

Ålekvabben anvendes til undersøgelse af biologiske effekter da:

- den er stationær
- den findes udbredt i kystnære områder
- den føder levende unger, op til 200 pr. kuld.

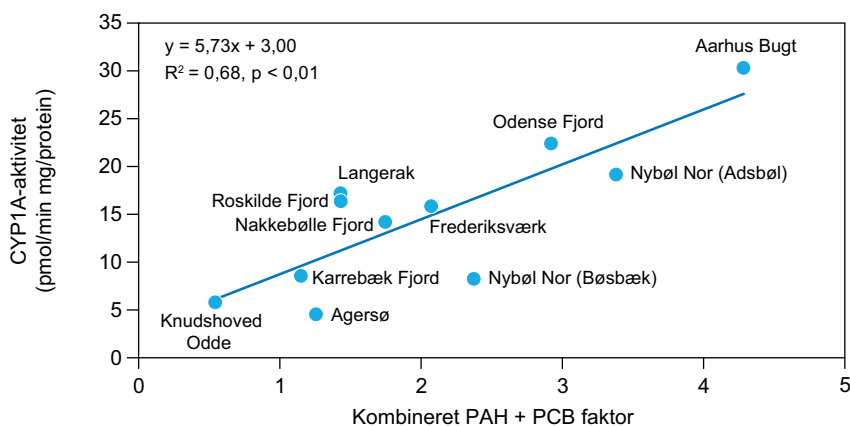
De fleste af de områder, hvor der i 2012 blev fundet forekomst af fejludviklede unger af ålekvabber, var som i foregående år kystnære områder med lille vandudskiftning og med menneskelig påvirkning fra byer og industri. Det er derfor sandsynligt, at disse effekter skyldes påvirkning af miljøfarlige stoffer, herunder dioxin, PAH eller tungmetaller. Der kunne dog ikke konstateres tydelig sammenhæng mellem de miljøfarlige stoffer, der blev målt i 2012, og forekomsten af fejludvikling af unger hos ålekvabber.

9.7.2 Aktivitet af afgiftningsezym i ålekvabber

Aktivitet af afgiftningsezymer (CYP1A) hos voksne ålekvabber blev ligesom hyppigheden af misdannelser hos ålekvabbe-yngel fundet med betydelige geografiske variationer.

Der blev ligesom i de foregående år i 2012 fundet sammenhæng mellem aktiviteten af afgiftningsezymer og nedbrydningsprodukter af PAH i fiskenes galde i kombination med PCB-niveauer i muskel hos fiskene (figur 9.12).

Figur 9.12. Aktivitet af afgiftningsezymer CYP1A i lever fra ålekvabbe-hunner i forhold til indhold af PAH-metabolitter i galde og PCB i muskel fra ålekvabber i 11 undersøgte områder i 2012 (Hansen (red.) 2013).

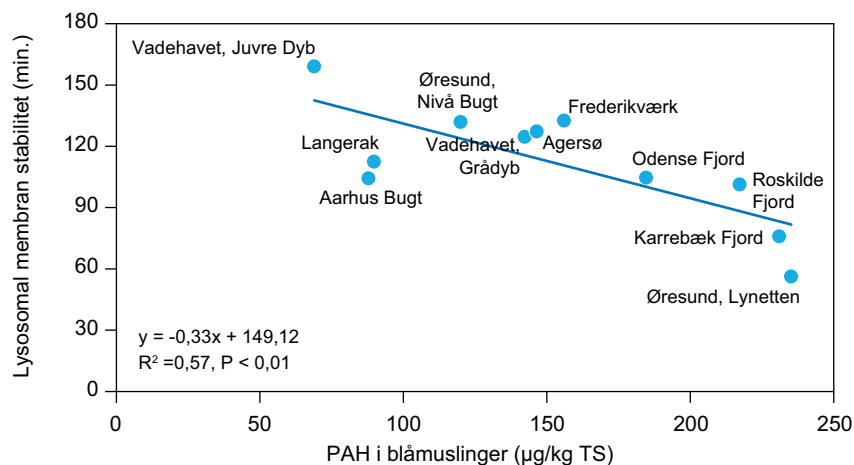


9.7.3 Lysosomal membranstabilitet i muslinger

Lysosomal membranstabilitet er en generel stressmarkør, der kan være forårsaget af forskellige typer af miljøfremmede stoffer.

I hovedparten af de i 2012 undersøgte kystnære områder blev der hos blåmuslinger fundet lysosomal membranstabilitet på et niveau, der tyder på, at muslingerne var påvirkede af miljøfremmede stoffer ved vurdering ud fra vurderingskriterier foreslået af OSPAR og HELCOM (membranstabiliserings-
ringstid < 120 minutter). Der blev som ved nogle af de tidligere års undersøgelser fundet sammenhæng mellem lysosomal membranstabilitet og PAH-indholdet i muslingerne (figur 9.13).

Figur 9.13. Biomarkøren lysosomal membranstabilitet i blåmuslinger fra forskellige kystnære stationer i forhold til indholdet af PAH i muslingerne. (Hansen (red.) 2013).



10 Referencer

Aftale om Vandmiljøplan III 2005-2015 mellem regeringen, Dansk Folkeparti og Kristendemokraterne, 2004.

Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Jensen, P.N. (red) 2007: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009 - del 2. Danmarks Miljøundersøgelser. 120 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 615. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. 2013: Søer 2012. NOVANA Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 76. <http://dce2.au.dk/pub/SR76.pdf>

Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Grant, R., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2013: Landovervågningsoplande 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 151 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 74. <http://dce2.au.dk/pub/SR74.pdf>

Bossi, R., Sortkjær, O. & Juhler, R.K. 2009a: Screening for udvalgte pesticider i vandløb og grundvand. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 22 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 252. <http://www2.dmu.dk/Pub/AR252.pdf>

Bossi, R., Mogensen, B.B. & Johansen, E. 2009b: Muskstoffer i punktkilder og i det akvatiske miljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 31 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 255. <http://www2.dmu.dk/Pub/AR255mf.pdf>

Cappelen, J. 2013: Danmarks klima 2012 med Tórshavn, Færøerne og Nuuk, Grønland. Teknisk rapport 13-01. Danmarks Meteorologiske Institut, 68 pp.

Danmarks Miljøundersøgelser 2004: Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse - del 1. Danmarks Miljøundersøgelser. 48 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 495. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR495.pdf>

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og DMU, Aarhus Universitet 2008: Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. 36 s.

Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L. & Geels, C. 2013a: Atmosfærisk deposition 2012: NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 73. <http://dce2.au.dk/pub/SR73.pdf>

Ellermann, T., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketznel, M. & Jensen, S.S. 2013b: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2012. DCE - National Environmental Research Institute, Aarhus University nr. 67. <http://dce2.au.dk/pub/SR67.pdf>

Enevoldsen, R. & Juhler, R.K. (2010) Afklaring af mulig forekomst af PFOS, PFOA og lignende PFC forbindelser i grundvand. Notat. Geokemisk afdeling, GEUS

Europaparlamentets og Rådets direktiv 98/83/EF af 3. november om kvaliteten af drikkevand. EFT L 330 af 5.12.1998 (Drikkevandsdirektivet).

Europaparlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000 (Vandrammedirektivet).

EU-kommissionens forordning 2001/466/EF af 8. marts 2001 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i levnedsmidler.

Europaparlamentet og rådets direktiv 2004/107/EF af 15. december 2004 om arsen, cadmium, kviksølv, nikkel og polycykliske aromatiske kulbrinter i luften.

Europaparlamentets og Rådets direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse (Grundvandsdirektivet).

EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/105/EF af 16. december 2008 om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken, om ændring og senere ophævelse af Rådets direktiv 82/176/EØF, 83/513/EØF, 84/156/EØF, 84/491/EØF og 86/280/EØF og om ændring af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF.

Europaparlamentets og Rådets direktiv 2013/39/EF af 12. august 2013 om ændring af direktiv 2000/60/EF og 2008/105/EF for så vidt angår prioriterede stoffer inden for vandpolitikken.

Hansen, J.W. (red.) 2012: Marine områder 2011. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 34
<http://www.dmu.dk/Pub/SR34.pdf>

Hansen, J.W. (red) 2013: Marine områder 2012. NOVANA. Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 77. <http://dce2.au.dk/pub/SR77.pdf>

Hansen, J.W. 2013b: Hansen, J.W., Manscher, O. & Balsby, T.J.S. 2013: Iltsvind i de danske farvande august - september 2013. 19 s. – Fagligt notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
http://dce.au.dk/fileadmin/bioscience/Fagdatacentre/MarintFagdatacenter/Publikationer/Iltsvindsrapport_august_september_2013.pdf

Jensen, P.N., Boutrup, S., Fredshavn, J.R., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R., Hansen, J.W., Nielsen, K.E., Ellermann, T., Thorling, L. & Holm, A.G. 2012. Vandmiljø og Natur 2011. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 102 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 36
<http://www.dmu.dk/Pub/SR36.pdf>

Juhler, R.K., Sortkjær, O., Gudmundsson, L. & Johnsen, A. 2010: Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1350, 2012.

<http://www.mst.dk/Publikationer/Publikationer/2012/Maj/978-87-92708-54-0.htm>

Larsen, C.L., 2006: Screening af beryllium i dansk grundvand. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport nr. 2006/67.

http://www.blst.dk/NR/rdonlyres/39DFEB08-BAB2-47F9-A2E0-0A88B268850F/0/proj14_Slutrapport2.pdf

Larsen, M.M., Hjorth, M. & Sortkjær, O. 2010: Screening for kloroalkaner i sediment. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 22 s. Faglig rapport fra DMU nr. 782.

Lassen, P. 2013. Screening af phenoler i marint biota. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 24 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 54.

<http://www.dmu.dk/Pub/SR54.pdf>

Miljøministeriet 2010: Bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.

Miljøstyrelsen 2012: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2011. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 5.

Miljøministeriet 2011: Bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.

Mogensen, B.M., Bossi, R., Kjær, J., Juhler, R. & Boutrup, S. 2007: NOVANA-screeningsundersøgelse af lægemidler og triclosan i punktkilder og det akvatiske miljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 74 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 638. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR638.pdf>

Natur- og Landbrugskommissionen 2013: Natur og Landbrug – en ny start. April 2013.

Naturstyrelsen 2013: Punktkilder 2012.

Naturstyrelsen 2011: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2011-2015. Programbeskrivelse 2. del i samarbejde med DMU og GEUS.

OSPAR 2009: CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. – OSPAR publication number 390/2009. Monitoring and Assessment Series. 80 pp.

http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00390_2009%20%20CEMP%20assessment%20report.pdf

Regeringen 2009: Grøn Vækst. April 2009:6.

http://www.mim.dk/NR/rdonlyres/D5E4FC9A-B3AC-4C9A-B819-C42300F23CCA/0/GROENVAEKST_2904rapporten.pdf

Strand, J., Bossi, R., Sortkjær, O. & Larsen, M.M. 2007: PFAS og organotinforbindelser i punktkilder og det akvatiske miljø. Faglig rapport fra DMU nr. 608, 2007. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR608.pdf>

Strand, J., Larsen, M.M., Reichenberg, F., Vorkamp, K., Lassen, P., Elmeros, M. & Dietz, R. 2010: Kviksølvforbindelser, HCB og HCCPD i det danske vandmiljø. 36 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 794

Thorling, L., Brüsch, W., Hansen, B., Langtofte, C., Mielby, S., Troldborg, L. og Sørensen, B.L. 2013: Grundvand. Status og udvikling 1989-2012. Teknisk rapport, GEUS. www.geus.dk.

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Baatrup-Pedersen, A., Larsen, S.E., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Bjerring, R., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. 2013: Vandløb 2012. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. – Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 75. <http://dce2.au.dk/pub/SR75.pdf>

VANDMILJØ OG NATUR 2012

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2012 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 grundvand, vandløb, søer og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

ISBN: 978-87-7156-036-7

ISSN: 2244-9981