

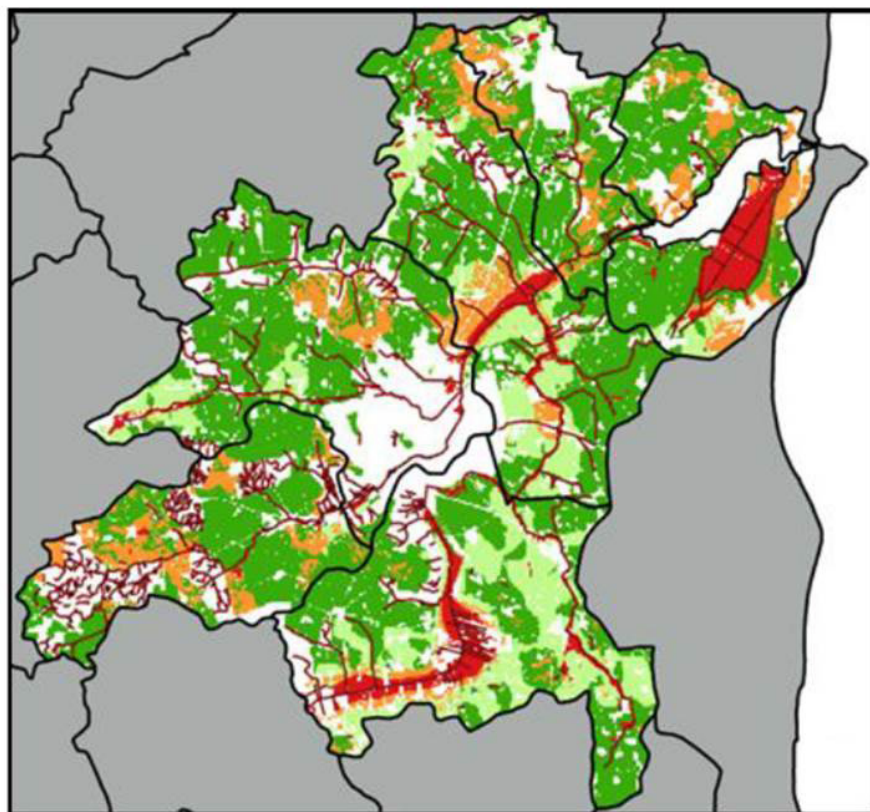
# Filtre i landskabet øger retentionen

Potentialet for at øge retentionen af næringsstoffer i Norsminde Fjord oplandet ved at (gen)etablere landskabsfiltre er meget betydeligt. En kombination af vådområder og minivådområder reducerer kvælstofudledningen til fjorden med 48-74 % afhængig af typen af minivådområde. Tilsvarende er der en meget betydelig årstidsvariation i virkemidlernes kvælstofeffekt afhængigt af typen af minivådområde.

CHARLOTTE KJÆRGAARD,  
CARL CHRISTIAN HOFFMANN &  
BO V. IVERSEN

Udledningen af næringsstoffer til de danske kystvandoplande er højere i dag end i år 1900, hvilket skyldes at dræning og afvanding af vådområder over tid har medført en reduktion i landskabets naturlige kapacitet til at omsætte og tilbageholde næringsstoffer /1/. Dræning bevirker, at næringsstoffer der udvaskes fra rodzonen, kan transporteres direkte til vandmiljøet. Samtidig har afvandingen af vådområder bevirket, at landskabet ikke i samme grad som tidligere har naturlige filtre, der kan omsætte og tilbageholde næringsstoffer fra markerne inden de når kystevande.

Kortlægning af kvælstofretentionen i danske kystvandoplande og ID15-deloplande giver vigtig viden om hvor kvælstofretentionen fortsat er høj, og dermed bidrager til en lav udledning af kvælstof til det konkrete kystvandopland /2/. I oplande hvor kvælstofretentionen er lav bør kommende vandplaners målsætninger for reduktion i næringsstofudledningen rette fokus mod at genskabe landskabets retention af såvel kvælstof (N) og fosfor (P) ved at (gen)etablere filtre i landskabet i form af reetablering af vådområder og konstruerede vådområder, der målrettet reducerer næringsstoffab via dræn. Nærværende artikel er baseret på resultater fra GUDP-projektet iDRÆN (2011-2017), og belyser potentialet for at øge retentionen i Nors-



Figur 1. Kortlægning af Norsminde Fjord oplandet i forhold til arealer egnet/potentielt egnet til minivådområder (egnet og potentielt egnet), samt arealer der afvander via lavbund i ådal (betinget egnet) og arealet af lavbund i ådal (lavbund) indenfor de seks ID15-oplande /4/.

minde Fjord oplandet ved at (gen)etablere landskabsfiltre.

## Norsmindefjord oplandet

Norsminde Fjord er et østjysk kystvandopland på ca. 10.100 ha hvoraf landbrugsarealet er opgjort til 7.418 ha. Oplandet er kuperet mo-

rænelandskab med lerjord som dominerende jordtype på højbund, og med humus samt lerblandet sand på lavbundsarealerne i ådalene. Landbrugsarealet er karakteriseret som intensivt drænet, og kvælstoftransporten til fjorden er domineret af drænttransporten /3/. Oplandets nuværende kvælstofretention er

62%, men varierer mellem de seks deloplande (ID15) fra 56-78 %.

Der er i regi af iDRÆN-projektet udført en kortlægning af potentialet for at etablere minivådområder i tilknytning til dræned højbundslande, samt potentialet for reetablering af vådområder på lavbund i ådalen. Potentialekortlægningen er udført efter samme metode som anvendt i det nationale potentialekort for minivådområder /4/. Ifølge klassificeringen er 63 % af landbrugsarealet egnet til minivådområder, mens 14 % er klassificeret som potentielt, der kræver en nærmere vurdering (Tabel 1). Lavbund i ådale udgør samlet 7 % af arealet, og det direkte opland, der afvandet til lavbund i ådalen, udgør 16 % af landbrugsarealet.

Potentialet for at øge retentionen ved en målrettet indsats med drænvirkemidler i Norsminde Fjord oplandet kan således opnås ved (i) reetablering af vådområder og/eller overrisling af drænvand på lavbund i ådale fra 16 % af landbrugsarealet, og (ii) etablering af konstruerede minivådområder i tilknytning til de 63 % egnede højbundsarealer der forudsættes drænet, mens omfanget af dræning og dræntransport på det potentielt egnede areal (14 %) er mere usikkert.

En differentiering af oplandet imellem ID15 deloplande viser, at potentialet for de målrettede drænvirkemidler varierer betydeligt (Tabel 1). Tre deloplande har et meget begrænset potentiale for at øge retentionen ved reetablering af vådområder (1-5 %), mens potentialet i de øvrige tre deloplande omfatter drænvand fra 11-33 % af landbrugsarealet. Potentialet for at anvende konstruerede minivådområder målrettet dræn er højt (50-73 % af landbrugsarealet) i samtlige ID15-deloplande i dette opland.

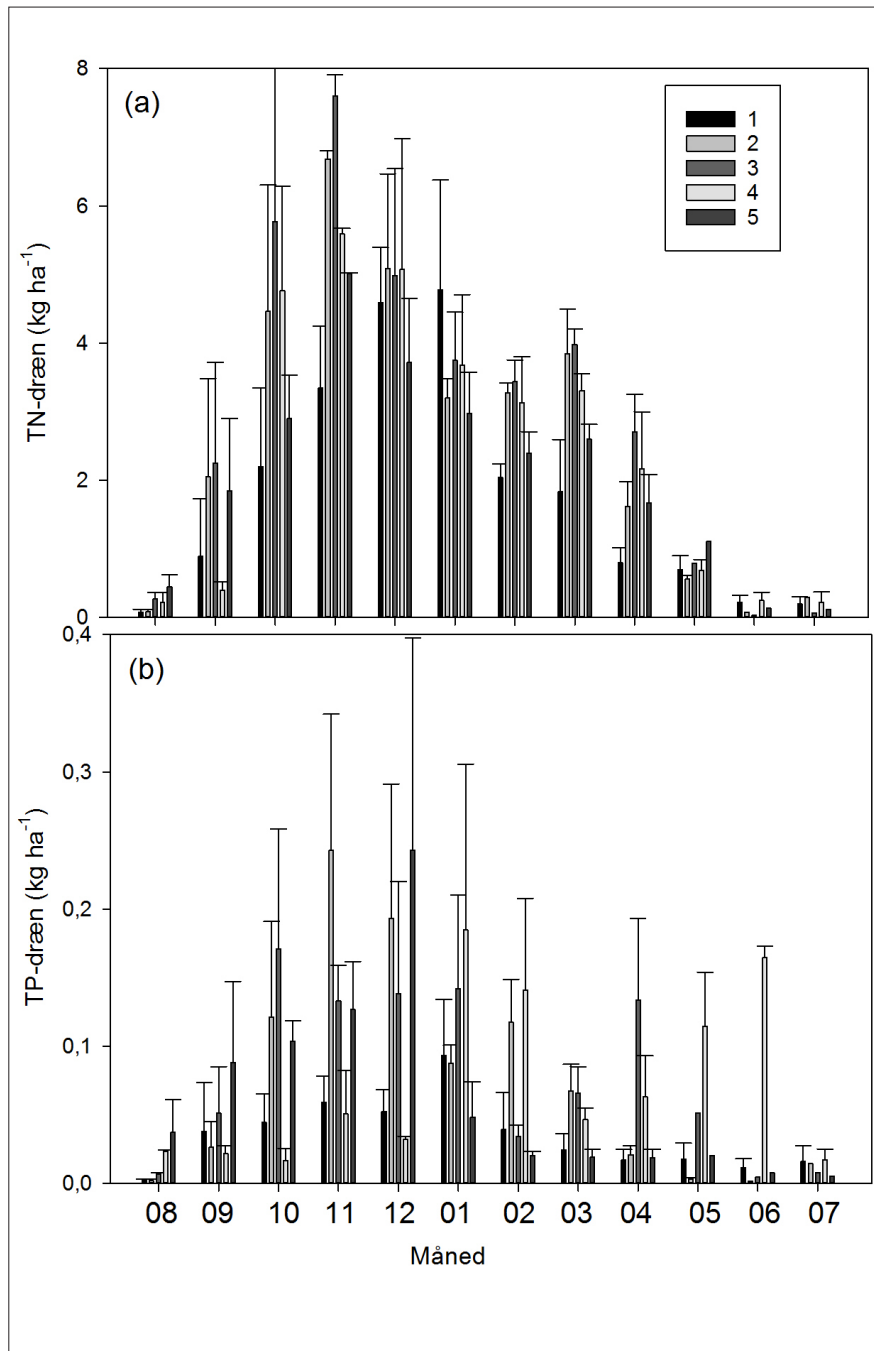
### Næringsstofftab via dræn

Udvaskning af næringsstoffer fra landbrugsarealet i Norsminde Fjord oplandet er domineret af dræntransporten /3/. Drænmålinger foretaget i perioden 2013-2017 for fem marker på højbund med et samlet areal på 140 ha fordelt på tre ID15-deloplande viser samme årstidsvariation i forhold til udvaskning af kvælstof (Fig. 2a), mens variationen i fosfortab er mere udtalt (Fig. 2b).

Det gennemsnitlige næringsstofftab via dræn er i de aktuelle måleår størst i forbindelse med efterårs- og vinterafstrømningen, der samlet bidrager med 78 % af det årlige kvælstoftab og 75 % af fosfortab (Tabel 2). Næringsstofftabet i forårsafstrømningen udgør gennemsnitligt 20 % TN og 18 % TP, mens bidraget i sommerperioden generelt er lavt (Tabel 2). Vandføringsvægtede middel TN- og TP-koncentrationer i drænvandet varierer fra

Tabel 1. Kortlægning af arealer til minivådområder og vådområder i Norsminde Fjord

| ID15         | Egnet til minivådområde ha (%) | Potentielt egnet ha (%) | Opland lavbund ha (%) | Lavbund ådal ha (%) |
|--------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| 43600028     | 691 (61)                       | 219 (19)                | 50 (4,4)              | 181 (16)            |
| 43600041     | 910 (50)                       | 110 (6)                 | 608 (33)              | 205 (11)            |
| 43600042     | 979 (75)                       | 148 (11)                | 139 (11)              | 33 (2,5)            |
| 43600043     | 1.039 (61)                     | 171 (10)                | 382 (22)              | 106 (6,2)           |
| 43600051     | 760 (73)                       | 254 (24)                | 12 (1,1)              | 10 (0,9)            |
| 43602599     | 434 (72)                       | 130 (22)                | 32 (5,4)              | 7 (1,1)             |
| <b>Total</b> | <b>4.815 (63)</b>              | <b>1.031 (14)</b>       | <b>1.224 (16)</b>     | <b>541 (7,1)</b>    |



Figur 2. Årstidsvariationen i gennemsnitlige dræntab af (a) total N (TN) og (b) total P (TP) fra fem drænedde marker fordelt på tre ID15-oplande indenfor Norsminde Fjord oplandet. Reference: Kjærgaard et al. ([www.idraen.dk](http://www.idraen.dk)).

9-10 mg N/L og 0,21-0,29 mg P/L i den primære afstrømningsperiode (Tabel 2). Det årlige gennemsnitlige dræntab for de fem marker udgør hhv. 28,6 kg N/ha og 0,77 kg P/ha.

## Målrettede drænvirkemidler øger retentionen

Virkemidler der kan målrettes reduktion af dræntransporten omfatter reetablering af vådområder på lavbund i ådale samt konstruerede minivådområder og andre typer af drænfiltre. Fælles for alle disse virkemidler er, at de grundlæggende tager afsæt i de samme biogeochemiske processer til reduktion/retention af næringsstoffer i drænvand. Afgørende for valg af lokalt virkemiddel kan være virkemidlets placering, størrelse og effekt herunder også årstidsvariationen for virkemidlets effekt (Tabel 3).

Reetablering af vådområder på lavbund i ådale er allerede et kendt virkemiddel i form af kvælstofvådområder beliggende nedstrøms i vandløbssystemet samt fosfor-ådale. Potentialekortet for minivådområder udpeger dog også, hvor der opstrøms i vandløbssystemer vil kunne opnås en kvælstofeffekt på kystudledningen, hvis vådområder anvendes som målrettet drænvirkemiddel. Vådområders kvælstofeffekt varierer typisk i størrelsesorden fra 50-100% afhængigt af jordtype og lokale strømningsforhold, mens en vurdering af fosforeffekten/risiko for fosforfrigivelse kræver lokale forundersøgelser (Tabel 3).

Konstruerede minivådområder målrettet dræn er nye målrettede drænvirkemidler /5, 6/. Effekten af minivådområder herunder også årstidsvariationen afhænger af typen af minivådområde. Dette er illustreret for lokaliteten Fillerup ved Odder. Det eksisterende minivådområde ved Fillerup er etableret som et åbent minivådområde med overfladestømning /5/. Intensive målinger i perioden januar 2013 til august 2017 giver et klimanormaliseret data-

Tabel 2. Dræntransport af total N (TN) og total P (TP) fordelt på årstid og årlig transport.

|         | TN dræn målt | Andel af årlig TN | TN-konc | TP dræn målt | Andel af årlig | TP-konc |
|---------|--------------|-------------------|---------|--------------|----------------|---------|
| Periode | kg/ha/år     | %                 | mg/L    | kg/ha/år     | %              | mg/L    |
| Efterår | 11,2         | 39                | 9,5     | 0,26         | 34             | 0,29    |
| Vinter  | 11,2         | 39                | 10,0    | 0,31         | 41             | 0,23    |
| Forår   | 5,67         | 20                | 9,1     | 0,14         | 18             | 0,21    |
| Sommer  | 0,54         | 2                 | 5,5     | 0,06         | 8              | 0,46    |
| Årlig   | 28,6         | 100               | 9,6     | 0,77         | 100            | 0,27    |

Tabel 3. Vådområder og minivådområder der kan målrettets reduktion i næringsstoftransporten via dræn

| Virkemiddel                      | Placering      | Arealandel af opland (%) | Kvælstof effekt (%) | Fosfor effekt (%) |
|----------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Vådområder                       | Lavbund i ådal | 10*                      | 50-100              | Risikovurdering   |
| Minivådområder Overfladestømning | Højbund        | 1                        | 20-30               | 30-80             |
| Minivådområder Matrice           | Højbund        | 0,25**                   | 50-70               | Ikke fastlagt     |

\* Vurderes på baggrund af lokale forhold

\*\* Drænaftstrømningskarakteristika svarende til Norsminde Fjord oplandet

grundlag over den 4,5 årige periode (Figur 3). Årstidsvariationen i kvælstofeffekten over denne periode varierer fra 55 % i efteråret over 21-28 % i vinter og forår til 79 % i somerafstrømningen (Tabel 4). Gennemsnitligt reducerer minivådområdet det årlige næringsstofftab via dræn med 33% N og 54 % P /5/.

Hvis der som alternativ til minivådområdet med overfladestømning var etableret et matrice-vådområde af iDR/EN-typen på 0,25 % af oplandsarealet ville der kunne opnås betydeligt højere kvælstofeffekter (Figur 3). Kvælstofreduktionseffektiviteten for et matricevådområde på Fillerup lokaliteten er beregnet med SupremeTech modellen /6/ på baggrund de målte drændata over den 4,5 årige periode. Årstidsvariationen i kvælstofeffekten for et matricevådområde på 0,25 % af oplandsarealet

varierer fra 50-74 % i efterår og vinter til 93-100 % i forår og sommer (Figur 3, Tabel 4). Gennemsnitligt reducerer matricevådområdet det årlige kvælstofstoftab via dræn med 62 %.

I forhold til tidspunktet for kvælstofeffekten har matricevådområdet en markant højere effekt (93 %) end minivådområdet med overfladestømning (28 %) i forårsafstrømningen, hvilket kan have stor betydning for virkemidlets effekt i forhold til at sikre mål opfyldelsen i Norsminde Fjord, der ligesom Karrebæk Fjord er kendetegnet ved en kort hydraulisk opholdstid /7/.

I forhold til virkemidternes effekt på fosfor er der for minivådområder med overfladestømning i Norsminde Fjord fundet en gennemsnitlig P-retentionseffektivitet på 54%, mens effekten for alle danske minivådområ-



Filtre i landskabet i form af (a) våd eng i ådal, (b) minivådområde med overfladestømning og (c) beplantet matricevådområde. Foto: Charlotte Kjærgaard

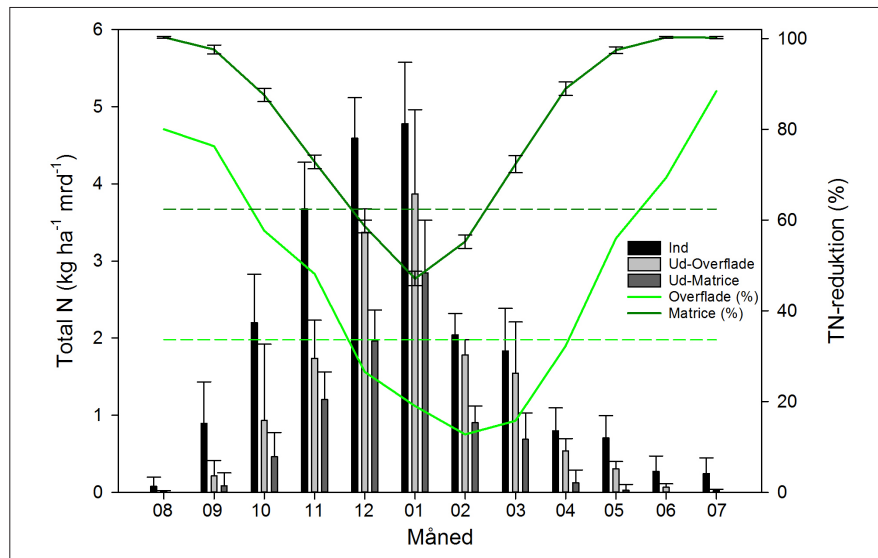
der er 43% /5/. For flis-baserede matricevådområder er P-effekten endnu ikke fastlagt, og i forhold til reetablering af vådområder kræves lokale forundersøgelser mhp at vurdere risikoen for P-frigivelse fra vådbundssedimentet.

### Perspektiver

Antages det at de gennemsnitlige målte TN og TP dræntab fra de fem målte drænoplande er repræsentative for dræntabet fra det samlede egnede og betinget egnede højbundsareal (6.039 ha) i Norsminde Fjord oplandet kan den samlede årlige udvaskning fra rodzonen via dræn beregnes til 173 ton N og 4,7 ton P (Tabel 4). Den potentielle effekt af ca. 122 ha vådområder der renser drænvand fra 1.224 ha med en N-reduktionseffektivitet på 50-100 % giver en samlet reduktion i dræntransporten på 18-35 ton N pr år. Suppleres vådområdeindsatsen med etablering af konstruerede minivådområder i tilknytning til det 4.815 ha egnede areal vil der kunne opnås en potentiel reduktion i dræntransporten på 51 ton N pr år ved 48 ha minivådområder med overfladestrømning, eller på 95 ton N pr år ved ca. 12 ha matricevådområder (Tabel 4). Den gennemsnitlige virkemiddelseffekt for de tre virkemidler i Norsminde Fjord oplandet er således 148-287 kg N/ha for vådområder i ådalene, 1.063 kg N/ha for minivådområder med overfladestrømning og 7.917 kg N/ha for de meget arealeffektive matricevådområder.

Kvælstofretentionen kan således optimeres ved en kombination af 122 ha vådområder i ådalene med 48 ha minivådområder med overfladestrømning, hvilket giver en samlet årlig kvælstofreduktion i drænuvaskningen på 69-86 ton N svarende til en reduktion i den samlede drænuvaskningen på 40-50 %. Samtidig vil de 48 ha minivådområder der tilbageholder P i dræn med en gennemsnitlig P-retentionseffektivitet på 43-54 % medføre en reduktion i P udledningen til Norsminde Fjord fra 4,5 ton P/år til 2,1-2,6 ton P/år.

Erstattes minivådområder med overfladestrømning med matricevådområder kan der i stedet opnås en reduktion på 113-130 ton N/år svarende til en reduktion i den samlede



Figur 3. Målte årstidseffekter af minivådområde med overfladestrømning (Overflade) og modellerede effekter af matricevådområde (Matrice). Stiplede linjer angiver gennemsnitlige årlige effekter. Reference: Kjærgaard et al. (www.idraen.dk)

drænuvaskning på 65-75 %.

Ved estimering af virkemiddelseffekten på kvælstofudledningen til Norsminde Fjord skal udvaskningen via dræn korrigeres for den kvælstofretention der sker naturligt i vandløbssystemet mellem drænudløb og fjord. Overfladevandsretentionen varierer indenfor de seks ID15-deloplande fra 9-26 % af N-transporten /2/, hvilket giver en gennemsnitlig kvælstofudledning til fjorden på 23 kg N/ha før implementering af virkemidler. Efter implementering af vådområder og minivådområder med overfladestrømning reduceres kvælstofudledningen til fjorden til en udledning på 12-14 kg N/ha, mens implementering af vådområder og matricevådområder reducerer den nuværende udledning til en samlet årlig kvælstofudledning på 6-8 kg N/ha.

Resultater fra GUDP-projektet iDRÆN (2011-2017) dokumenterer således, hvordan (gen)etablering af landskabsfiltre i form af vådområder og minivådområder bidrager til at øge retentionen i Norsminde Fjord oplandet, og reducerer udledning af næringsstoffer til Norsminde Fjord. Matricevådområder er de mest arealeffektive kvælstoffiltre, og virker optimalt i forråsafstrømningen, hvilket kan have

væsentlig betydning i forhold til at sikre målopfyldelse.

Kommende vandplaners målsætninger for reduktion i næringsstofudledningen bør således adressere en forbedring af landskabets retention af såvel kvælstof og fosfor ved at (gen)etablere filtre i landskabet i form af vådområder og konstruerede minivådområder,

### Referencer

- /1/ Jensen, P.N. (Ed.) 2017. Estimation of Nitrogen Concentrations from root zone to marine areas around the year 1900. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 126 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 241. <http://dce2.au.dk/pub/SR241.pdf>
- /2/ Højberg, A.L., Windolf, J., Børgesen, C.D., Trolborg, L., Tornbjerg, H., Blicher-Mathiesen, G., Kronvang, B., Thodsen, H., Ernsten, V. 2015. National kvælstof-model, Oplandsmodel til belastning og virkemidler. Metode rapport - Revideret udgave september 2015. GEUS, 111 s.
- /3/ Kjærgaard, C., Thierry, A.M., Vestergaard, C.H., Iversen, B.V. 2015. Måltrettet virkemiddelsplanlægning – en deloplandscase. Vand & Jord, nr. 1, s. 30-33.
- /4/ Kjærgaard, C., Bach, E.O., Greve, M.H., Iversen, B.V., Børgesen, C.D. 2017. Kortlægning af potentielle om-

Tabel 4. Kvælstoftab via dræn samt den totale kvælstofeffekt af vådområder, matricevådområder og minivådområder med overfladestrømning i Norsminde Fjord oplandet.

| Periode | TN-tab dræn | Vådområder ådal |         |         | Minivådområder |        |       | Matrice vådområder |        |       |
|---------|-------------|-----------------|---------|---------|----------------|--------|-------|--------------------|--------|-------|
|         |             | %               | Ton/år  | Kg/ha   | %              | Ton/år | Kg/ha | %                  | Ton/år | Kg/ha |
| Efterår | 68          | 50-100          | 7-14    |         | 55             | 30     |       | 74                 | 40     |       |
| Vinter  | 68          | 50-100          | 7-14    |         | 21             | 11     |       | 50                 | 27     |       |
| Forår   | 34          | 50-100          | 3,5-7   |         | 28             | 7,6    |       | 93                 | 25     |       |
| Sommer  | 3           | 50-100          | 0,3-0,7 |         | 79             | 2,1    |       | 100                | 2,6    |       |
| Årlig   | 173         | 50-100          | 18-35   | 148-287 | 33             | 51     | 1.063 | 62                 | 95     | 7.917 |



Naturligt landskabsfilter i form af lokalt vådområde. Foto: Charlotte Kjærgaard

råder til etablering af konstruerede minivådområder. DCA- Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 15 s, Maj, 2017.

/5/ Kjærgaard, C, Hoffmann, C.C, Gertz, F, Iversen, B.V. 2017. Surface-flow constructed wetlands as targeted measures reducing drainage losses of nutrients from agricultural areas. Submitted Ecological Engineering.

/6/ Hoffmann, C.C., Kjærgaard, C. 2017. Nitrogen removal

in denitrifying bioreactors with variable hydraulic design targeting agricultural drainage water. Submitted Water Research

/7/ Dannisøe, J.G. 2017. Optimisation of the nitrogen loadings to Karrebæk Fjord - Seasonal effects from nitrogen reductions. DHI rapport, s. 93, Juli 2017.

CHARLOTTE KJÆRGAARD er PhD og specialkonsulent ved

SEGES Miljø, tidligere seniorforsker ved Aarhus Universitet. E-mail: [chkj@seges.dk](mailto:chkj@seges.dk)

CARL CHRISTIAN HOFFMANN er seniorforsker ved Inst. for Bioscience, Aarhus Universitet.

BO VANGSØ IVERSEN er PhD og lektor ved Inst. for Agroøkologi, Aarhus Universitet



### Kvælstofudledningen år 1900

En ny rapport fra DCE ved Aarhus Universitet har beregnet estimatet for kvælstofindholdet i det vand, der løb ud til kysten omkring år 1900. Fortiden er interessant, da tiden omkring år 1900 er valgt som reference for målsætningerne i de danske vandområdeplaner.

I rapporten konkluderes, at kvælstofindhol-

det i det vand der nedsivede fra landbrugsarealerne omkring år 1900 i gennemsnit var 12 mg N/l, mens det vægtede gennemsnit for hele landet inklusiv naturarealer var på 9 mg N/l. Størstedelen af det kvælstof der blev tabt fra landbrugsarealerne, blev dog omsat i grundvand, vådområder og overfladevand således, at koncentrationen i det vand der nåede kysten kun var 1-2 mg N/l, mod nuværende kvælstofkoncentrationer på ca. 4 mg N/l.

Resultaterne kan læses i DCE rapporten "Estimation of nitrogen concentrations from root zone to marine areas around the year 1900". <http://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/ny-analyse-af-gammelt-kvaelstof/>

Vand & Jord nr. 4 (2017) bringer én artikel om dette emne.

CHK

