

Kortlægning af risikoarealer for fosfortab i Danmark

# C2, årg. 1, 2006

## Miljøforvaltning i risikoområder



Foto: Karl Hoffmann



Foto: Tadhéus Davidsson

*Før dræn og grøfter udmunder i recipienten kan man anlægge et konstrueret vådområde, der kan reducere fosforudledningen fra marken. En positiv sideeffekt er, at også kvælstofudledningen vil blive reduceret. Ofte vil det konstruerede vådområde få et rigt fugleliv.*

## Konstruerede vådområder

Charlotte Kjærsgaard,  
Afdeling for Jordbrugsproduktion og Miljø, Danmarks JordbrugsForskning  
Carl Christian Hoffmann,  
Afdeling for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser  
Annette Baatrup-Pedersen  
Afdeling for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser  
Per Lyng Jensen  
Afdeling for Systemanalyse, Danmarks Miljøundersøgelser

### Definition

Konstruerede vådområder (constructed wetlands) er vådområder der er designet specifikt til at omsætte og tilbageholde næringsstoffer. Naturlige vådområder forekommer typisk på lavbundsarealer, hvor de udgør grænsefladen mellem højbundslande og vandrecipienterne. Konstruerede vådområder kan etableres på lokaliteter hvor der ikke naturligt ville forekomme vådområder eller hvor der pga. arealanvendelsen ikke er mulighed for at reetablere et naturligt vådområde. Alle typer af vådområder – naturlige eller konstruerede – er karakteriseret ved permanent eller periodisk forekomst af vand over eller tæt ved jordoverfladen.

### Formål

Konstruerede vådområder etableres principielt med samme delformål som ved reetablering af naturlige vådområder, nemlig at reducere næringsstoffetabet (kvælstof og fosfor) i det vand der afstrømmer fra et tilgrænsende landbrugsopland. Landbrugsarealer der via rørdren,

grøfter eller kanaler afvander direkte til en vandrecipient, har en forøget risiko for uhindret transport af fosfor og kvælstof fra marken til recipienten. Etablering af konstruerede vådområder har til formål at bryde denne direkte transportvej og kan således opfattes som en sidste buffer til reduktion af næringsstoffer inden de når recipienten.



Årgang 1, 2006  
Nr. C2, vers. 1



Foto: Carl Christian Hoffmann



Foto: Karl Hoffmann



Redaktion:  
Brian Kronvang  
Carl Christian Hoffmann  
Hans E. Andersen  
Annette Baatrup-Pedersen  
Jesper S. Schou



Gitte Rubæk  
Goswin Heckrath  
Charlotte Kjærsgaard  
Uffe Jørgensen  
Christen Børgesen  
Preben Olsen

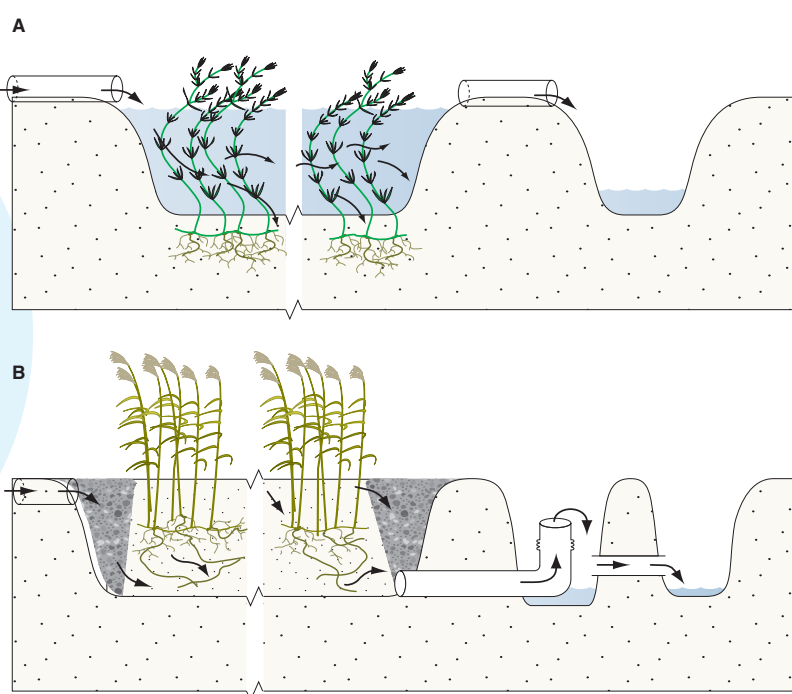
## Virkemåde

Konstruerede vådområder kan etableres og designs efter formål, behov og muligheder. Det traditionelle koncept for konstruerede vådområder omfatter principielt to hovedtyper: (A) Konstruerede vådområder hvor gennemstrømningen foregår over jordoverfladen (Figur 1a og 2) og (B) Konstruerede vådområder designet til horisontal og/eller vertikal gennemstrømning under jordoverfladen (Figur 1b).

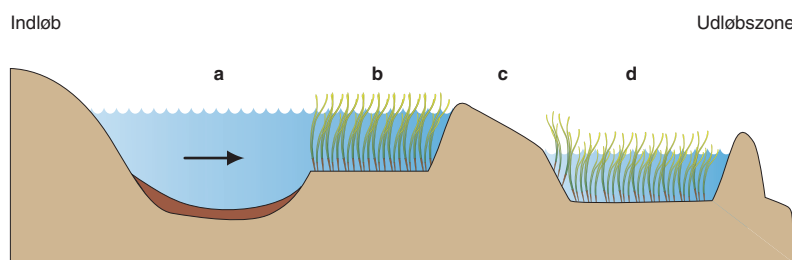
Virkemåden for fosfortilbageholdelse i konstruerede vådområder kan være en kombination af biologiske (optag i biomasse), biogeokemiske

(binding og fældning) og fysiske processer (sedimentation). Partikulært organisk og uorganisk fosfor i det tilstrømmende vand tilbageholdes ved sedimentation. Opløst fosfor kan enten optages i mikrobiel eller plantebiomasse, eller det kan tilbageholdes ved sorption til tilgængelige bindingspladser i jorden.

Såvel virkemåde som fosfortilbageholdelses-effektivitet varierer mellem vådområde-typer og vil være afhængig af på hvilken form (partikulært eller opløst) fosfor tilføres systemet. I konstruerede vådområder med overfladisk gennem-



**Figur 1.** Principskitse af konstrueret vådområde med (a) gennemstrømning over jordoverfladen og (b) horisontal gennemstrømning under jordoverfladen.



**Figur 2.** Principskitse af elementer i konstrueret vådområde med gennemstrømning over jordoverfladen (a) sedimentationsdam, (b) vegetationsfilter, (c) overrislingszone og (d) udløbsdamm.

## Optag i biomasse

Optag i plantebiomasse bør kun betragtes som en korttids-lagring idet størstedelen af fosfor optaget i biomasse ved vækstsæsonens afslutning vil blive re-mineraliseret til opløst uorganisk fosfor. Hvis biomassen høstes vil der dog være en netto-fjernelse af fosfor fra systemet. Optag i plantebiomasse er maksimal i planternes vækstsæson, hvilket bevirker minimalt optag af fosfor i forbindelse med store afstrømningshændelser i det sene efterår, vinter eller tidlige forår.

## Binding af fosfor i jorden

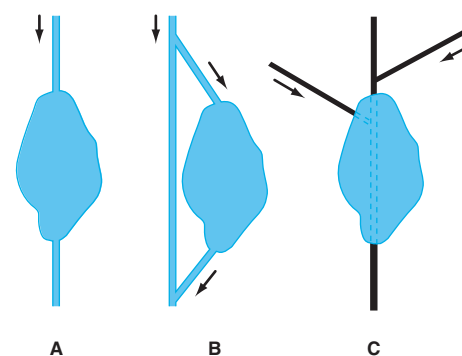
Binding af fosfor i jorden er bestemt af mængden af bindingspladser (jordens bindingskapacitet) samt tilgængeligheden af disse bindingspladser (mætningsgraden). Mængden af bindingspladser er primært relateret til indholdet af jern (Fe) og aluminium (Al). Med tiden vil disse bindingspladser blive mættede med fosfor, tilbageholdelseeffektiviteten vil derfor aftage og koncentrationen af fosfor i jordvandet vil stige. Når systemet er mættet kræves ny/yderligere tilførsel af bindingskapacitet.

strømning er sedimentation af partikulært fosfor den mest betydende tilbageholdelsesmekanisme for fosfor, mens systemet vil være mindre effektivt i forhold til tilbageholdelse af opløst fosfor som følge af en ringe kontakt mellem opløst fosfor i det gennemstrømmende vand og bindingspladser i jorden. Konstruerede vådområder med underjordisk gennemstrømning betragtes som mere effektive, idet vandgennemstrømning under jordoverfladen giver et større aktivt overfladeareal for tilbageholdelse af såvel opløste som partikelbundne fosforformer. Den samme mængde vand kan behandles på et mindre areal ved underjordisk infiltration sammenlignet med overfladegennemstrømning, hvilket muliggør etablering af det konstruerede vådområde på mindre arealer. Derudover vil der ved underjordisk gennemstrømning være en termisk beskyttelse og dermed en højere stofomsætning (fx denitrifikation) i kolde måneder.

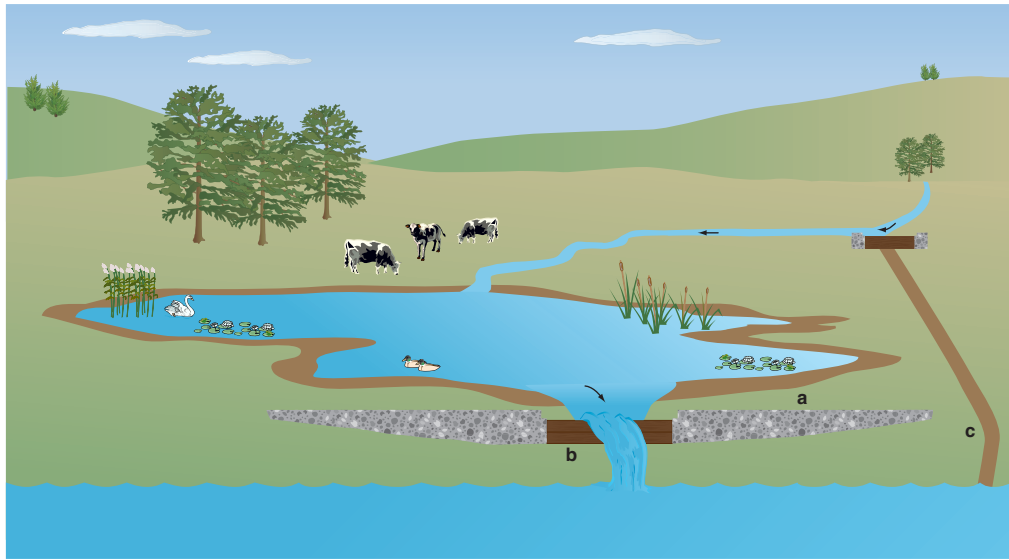
Arealet der anvendes til konstruktion af vådområder inkluderer forskellige kombinationer af materialer som sand, grus, ler og organisk stof. Eventuelt kan der tilsættes alternative fosforbindende materialer. Materialets egenskaber er afgørende for effektiviteten af konstruerede vådområder idet materialets kemiske egenskaber er afgørende for evnen til at binde fosfor, materialets permeabilitet er bestemmende for transporten af vand igennem systemet, og endelig skal materialet kunne fungere som vækstmedie for mikrobiel biomasse og plantebiomasse.

## Hvor kan konstruerede vådområder anvendes?

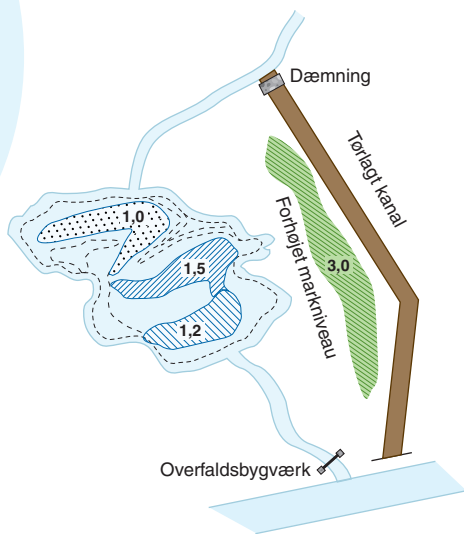
Konstruerede vådområder kan udlægges næsten overalt i landskabet hvor de modtager vand fra enkeltmarker eller mindre afvandede oplande. Konstruerede vådområder kan etableres på lavbundsarealer, i landskabsdepressioner, i forlængelse af afbrudte dræn på såvel højbund som lavbund og i forbindelse med afvandingskanaler/grøfter (Figur 3 og 4). Hydrologien er en væsentlig designfaktor når der skal opbygges konstruerede vådområder. Arealmæssigt



**Figur 3.** Eksempler på forskellige placeringer af konstrueret vådområde i forhold til afvandingskanal/grøft: (a) Konstrueret vådområde placeret ved udvidelse af en afvandingskanal/grøft, (b) Konstrueret vådområde etableret på mark parallelt med afvandingskanal/grøft hvor vandet omdirigeres gennem vådområdet, (c) Konstrueret vådområde etableret ved udvidelse af afvandingskanal/grøft ved/efter samlingspunkt for flere afvandingskanaler.



**Figur 4.** Eksempel på konstrueret vådområde etableret ved omdirigering af afvandingskanal. (a) betondæmning, (b) overfaldsbyggeværk, (c) tørlagt kanal.



**Figur 5.** Eksempel på konstrueret vådområde med varierende dybder.

anbefales at overfladearealet af det konstruerede vådområde med overfladisk gennemstrømning udgør mindst 0,1 % af det tilstødende areal (mark eller opland) hvorfra det modtager vand og næringsstoffer. Konstruerede vådområder med underjordisk gennemstrømning kan fungere effektivt i mindre skala.

## Effekter for fosfor

### Udenlandske erfaringer

Stort set alle erfaringer med konstruerede vådområder som virkemiddel i forhold til at begrænse diffuse fosfortab i landbrugsoplande har været baseret på anvendelsen af vådområder med overfladisk gennemstrømning. Erfaringer med underjordisk horisontal og/eller vertikal gennemstrømning i åbent land er indtil videre begrænset til spildevandsbehandling. Erfaringerne med konstruerede vådområder stammer primært fra forsøg i de nordiske lande (Norge, Sverige, Finland) samt USA. Undersøgelserne har generelt vist positive resultater i forhold til at begrænse fosfortabet. Konstruerede svenske vådområder (ofte kaldet dammar på svensk, men som på engelsk altid kaldes constructed wetlands) er anlagt i stort antal (mere end 900) specielt i Sydsverige. En stor del af disse konstruerede vådområder er blevet intensivt overvåget i mellem 5 og 8 år. Resultaterne fra denne overvågning viser af fosfortilbageholdelsen varierer fra 18 til 48 kg P pr. ha pr. år, med en gennemsnitlig årlig tilbageholdelse på 32 kg P pr. ha pr. år. Generelt viser erfaringer fra konstruerede vådområder etableret i tempereret klimazone store variationer i fosfortilbageholdelseeffektiviteten med gennemsnitlige relative årlige tilbagehol-

delser på 1 til 88 % af total fosfor og på -19 til 89 % af opløst fosfor. Denne variation indikerer betydningen af sted-specifikke faktorer.

### Faktorer der påvirker fosfortilbageholdelseeffektiviteten i konstruerede vådområder

- **Opholdstid:** Store afstrømningshændelser bevirker at vandet har en kortere opholdstid i systemet. Kortere opholdstid reducerer sedimentationen af specielt finpartikulært fosfor, samt muligheden for biomasseoptag eller binding af fosfor i sedimentet.
- **Vanddybde:** Vanddybden i sedimentationsdamme bør optimeres med henblik på at sikre sedimentation af partikulært fosfor imellem afstrømningshændelser og samtidig minimere risikoen for resuspension. Vanddybden i vegetationsdelen bør være lav (0,2-0,5 m) for at tillade tilstrækkelig plantevækst.
- **Vådområdeareal:** Forholdet mellem overfladearealet af vådområdet og oplandsarealet kan have stor betydning afhængigt af type konstrueret vådområde, afstrømningsstørrelse og frekvens samt tilført fosforform. Finske undersøgelser fandt at overfladearealer på hh. 0,05 og 5 % af oplandsarealet resulterede i fosfortilbageholdelse på hhv. 6 og 62 % af tilført P. Norske undersøgelser anbefaler at overfladearealet på konstruerede vådområder bør være større end 0,1 % af oplandsarealet
- **Vegetation:** Beplantede vådområder tilbageholder fosfor mere effektivt end ikke-tilplantede systemer. Vegetationen har især en fysisk betydning idet vegetationen reducerer vandets gennemstrømningshastighed. Hermed fremmes muligheden for sedimentation af suspenderede partikler, og samtidig reduceres risikoen for erosion og re-suspension.
- **Fosfor-indhold:** Erfaringer viser at fosfortilbageholdelseeffektiviteten reduceres ved øget fosfor-indhold i jorden.
- **Redoxpotential:** Undersøgelser har vist, at ved lave koncentrationer af opløst fosfor er tilbageholdelseeffektiviteten uafhængig af redox-potentialet. Ved højere koncentrationer af opløst fosfor bliver tilbageholdelseeffektiviteten reduceret markant under anoxiske (iltfattige) strømningsforhold som følge af reduceret bindingskapacitet.

- **Jordmedie:** Valg af jordmedie har afgørende betydning for effekten af det konstruerede vådområde. Hvis vådområdet anlægges på/med jord der har et stort indhold af fosfor vil der være en stor risiko for at det etablerede vådområde fungerer som fosforkilde. Forskellige porøse medier har forskellige tilbageholdelseegenskaber (affinitet og kapacitet) i forhold til fosfor. Der er dokumenteret tilbageholdelsekapaciteter for fosfor på mellem 36 - 100 % ved anvendelse af forskellige materialetyper. Specielt for konstruerede vådområder med underjordisk gennemstrømning har jordmediet afgørende betydning for en effektiv tilbageholdelse af opløst fosfor. Jordmediet har ligeledes betydning for systemets permeabilitet.

### Danske erfaringer

Der er ingen danske erfaringer med etablering af konstruerede vådområder i forlængelse af afbrudte dræn, afvandingskanaler eller ved omdirigering af afvandingskanaler. Resultaterne fra de udenlandske undersøgelser, der i overvejende grad er etableret ved udvidelse af brinker i 1. og 2. ordens vandsystemer, kan ikke meningsfyldt overføres til danske forhold.

### Tidshorisont for effekt

Effekten på tilbageholdelse af partikulært fosfor vil være umiddelbar under forudsætning af at jorden ikke indeholder fosfor der frigives ved etablering af vådområder. Effekten for vådområder med overfladisk afstrømning vil desuden afhænge af forholdet mellem opløst og partikulært fosfor i det tilstrømmende vand. Tilbageholdelse-effektiviteten vil øges med øget andel af partikulært fosfor i det vand der strømmer til vådområdet.

### Usikkerheder

Når der på tidligere landbrugsjord etableres konstruerede vådområder er der en betydelig risiko for at jorden i en periode (tidshorisont vil være stedspecifik og afhængig af P-indhold) kan fungere som fosforkilde i stedet for fosforfilter. Fosfor bundet til jernfraktionen vil desuden være følsomt overfor ændringer i jordens ilt (redox)-

forhold. Hvis forholdene bliver anoxiske (iltfattig) vil en del af jernet gå i opløsning med risiko for betydelig fosfor-frigivelse til vandmiljøet. Dele af det fosfor der frigives ved opløsning af Fe kan dog re-adsorberes til redox-stabile bindingskomponenter (fx Al eller ikke-opløste Fe-forbindelser). Før etablering af konstruerede vådområder på tidligere landbrugsjord, bør der foretages jordanalyser med henblik på at bestemme fosfor-frigivelsespotentialer.

### Effekter for kvælstof

Ved etablering af konstruerede vådområder på landbrugsjord udtages jord i omdrift og der vil ske en umiddelbar reduktion i udvaskningen af nitrat fra rodzonen. I gennemsnit for alle brugstyper, aflagter og jorder vil den årlige udvaskningsreduktion være i størrelsesorden 50 kg N pr. ha. Den aktuelle udvaskningsreduktion ved det etablerede vådområde vil kunne beregnes. Etablering af konstruerede vådområder vil endvidere effektivt medvirke til fjernelse af nitrat ved denitrifikation som tilfældet er med naturlige vådområder. Omfanget af denitrifikation vil afhænge af type og sted-specifikke betingelser for det konstruerede vådområde. Erfaringer fra 50 svenske konstruerede vådområder har vist en gennemsnitlig kvælstoffjernelse på 900 kg N pr. ha pr. år.

### Natureffekter

Vegetationen i konstruerede vådområder skal være tolerant overfor en kombination af vedvarende høj vandstand og kontinuert tilførsel af næringsrigt vand. Vegetationen i konstruerede vådområder kan enten være tilplantet eller opstået spontant ved indvandring af arter fra andre vådområder enten naturlige eller konstruerede. Tilplantning vil typisk ske enten ved frøspredning, udplantning af rhizomer, udløbere eller hele planter. I førstnævnte type vil artsvalget afspejle at anlægget skal optimeres i forhold til reduktion af mængden af næringsstoffer der transporteres gennem anlægget, hvilket primært forudsætter at der etableres tætte bestande. Derfor vil valget som oftest falde på tagrør, dunhammer, røgræs og kogleaksarter enten som monokulturer eller i blandede bestande. Disse arter er alle karakteriseret ved at være hårdføre, udbredte og lette at bevare i

sunde bestande. I anden nævnte type vil vegetationssammensætningen afspejle hvilke arter der findes i vådområder i nærheden. Hastigheden hvormed indvandringen sker, afhænger af afstanden til vådområderne. Etableres anlægget ved brug af vand fra et vandløb eller vandhul kan tilgroningen ske væsentlig hurtigere. Den endelige sammensætning af arter i anlægget vil, udover at afhænge af hvilke arter der findes i nærheden, afhænge af tilførslen af næringsstoffer. Der vil være mere gunstige betingelser for et større antal af arter i vådområder med spontan indvandring hvis næringsstofftilførslen er lav til moderat. Der vil dog være tale om robuste og udbredte arter og det kan derfor ikke forventes at konstruerede vådområder vil bidrage til at øge mangfoldigheden i vegetationen. Undersøgelser fra bl.a. de nordiske lande, Norge, Sverige og Finland viser modsat vegetationen at faunen kan blive artsrig i konstruerede vådområder. Især i større vådområder vil der kunne findes en række forskellige insekter og fugle.

### Andre sideeffekter

Etablering af konstruerede vådområder der effektivt tilbageholder partikulært materiale vil have en positiv effekt på tilbageholdelse af tungmetaller og stærkt adsorberende pesticider da disse ofte transporteres associeret til partikulært materiale.

Konstruerede vådområder kan også medvirke til fjernelse af lattergas tilført med drænvand. Dog kan emission af  $N_2O$  fra vådområder fremmes under forhold der ikke er optimale for denitrifikation.

### Begrænsninger

Konstruerede vådområder bør designes i forhold til de lokale forhold og især med hensyntagen til at overholde vådområdets arealstørrelse i forhold til det areal og/eller de vandmængder som det skal modtage fra mark/opland, således at systemets kapacitet ikke overskrides. Ved etablering af konstruerede vådområder på/med tidligere landbrugsjord er det væsentligt at være opmærksom på jordens fosformætningsgrad samt indholdet af fosfor bundet til reducerbart jern, da disse faktorer er afgørende for vådområdets effektivitet.

**Tabel 1.** Oversigt over de beregnede omkostninger.

	Budgetøkonomisk omkostning	Velfærdsøkonomisk omkostning
Offeromkostning (Tabt jordrente på de berørte arealer)	900 – 2700 kr/ha/år	4600 – 5600 kr/ha/år
Konstruktionsomkostninger	Intet empirisk grundlag for fastsættelse	–
Høst af biomasse*	0-1.400 kr/ha/år	0-1.200 kr/ha/år
Fjernelse af aflejret sediment	Intet empirisk grundlag for fastsættelse	–
Tilføje nyt bindingsmateriale	Intet empirisk grundlag for fastsættelse	–

\*Det antages at biomassen høstes som hoslæt der benyttes som foder

## Pleje og vedligeholdelse

Da fosfor tilbageholdes og akkumuleres i vådområder er en ultimative fjernelse afhængig af høst af plantebiomasse, fjernelse af aflejret sediment, og opgravning samt udskiftning af jordmaterialet når bindingskapaciteten er mættet.

Store vådområder kan tilbageholde en større total mængde fosfor end små systemer og kræver således mindre vedligeholdelse. Til gengæld reduceres den specifikke tilbageholdelse (tilbageholdelse pr. m<sup>2</sup>) når vådområdearealet øges. Der eksisterer således et cost-benefit optimum for konstruerede vådområder. Dette optimum afhænger af den effekt, der er nødvendig for at beskytte vandrecipienten.

## Omkostninger

Omkostningerne for virkemidler kan opgøres vha. såkaldte budgetkalkuler. I budgetkalkulerne opgøres de omkostninger og indtægter, der er forbundet med virkemidlet. Der er tre omkostningstyper tilknyttet virkemidlet konstruerede vådområder:

- offeromkostninger, i form af mistet jordrente på de berørte arealer,
- etableringsomkostninger og
- vedligeholdelses- og plejeomkostninger

Etableringen af konstruerede vådområder vil betyde, at landbrugsproduktion i udgangssituationen ophører på de berørte arealer. Det økonomiske tab modsvarer dermed jordrenten for den hidtidige landbrugsproduktion. Schou og Abildtrup (2004) har beregnet jordrenter ba-

seret på landbrugsøkonomisk data indsamlet på nationalt niveau.

Der findes ingen danske erfaringer med etablering af konstruerede vådområder, og det er derfor ikke muligt at lave egentlige beregninger på etableringsomkostningerne. Konstruktionen af vådområder vil medføre et ressourceforbrug i form af arbejdskraft, real kapital (maskiner), råvarer (grus, sten og jord) og producerede goder. De samlede omkostninger til etableringen af konstruerede vådområder vil svare til den samlede værdi af ressourceforbruget.

Vedligeholdelsen af de konstruerede vådområder består af høst af biomasse, fjernelse af aflejret sediment samt ny eller yderligere tilførsel af bindingskapacitet. Da der, som omtalt, ikke findes danske erfaringer med konstruerede vådområder, er der ikke noget empirisk grundlag for fastsættelse af vedligeholdelsesomkostningerne. Dog er det muligt at vurdere omkostningerne for høst af biomasse ud fra lignende landbrugsaktiviteter

Derudover kan der også være tabte tilskudsmuligheder forbundet med virkemidlet. Basissatserne for almindelige betalingsrettigheder og betalingsrettigheder for vedvarende græs udgør henholdsvis 2.240 kr pr. ha pr. år og 500 kr pr. år pr. ha. På vedvarende græs kan der derudover være knyttet særlige kvægtillæg, således at den samlede budgetøkonomiske værdi af tilskuddet når op på 2.000 kr pr. ha.

Ud fra tabellen ses det, at der er stor usikkerhed forbundet med estimering af omkostningerne forbundet med virkemidlet.

Udover de ovenover skitserede omkostninger ved etableringen af vådområder er der også

en række ikke markedsomsatte værdier forbundet med virkemidlet konstruerede vådområder. Det skønnes at følgende ikke-markedsomsatte værdier kan være forbundet med konstruerede vådområder:

- Forbedret tilstand i vandløb og søer
- Værdi af forbedret fiskevand
- Landskabsmæssig værdi

### **Andre virkemidler, som kan interagere med dette virkemiddel**

Etablering af konstruerede vådområder kan anvendes alene eller i kombination med agronomiske virkemidler. I tilfælde hvor agronomiske virkemidler kun kan reducere fosfortabet, kan etablering af konstruerede vådområder fungere som sidste buffer inden afstrømningsvandet når recipienten. Samtidig vil vådområdets tilbageholdelseeffektivitet forlænges (vedligeholdelsen minimeres) hvis konstruerede vådområder anvendes i kombination med agronomiske virkemidler.

### **Vigtigste danske og udenlandske referencer**

Braskerud, B.C., 2001: The influence of vegetation on sedimentation and resuspension of soil particles in small constructed wetlands. *J. Environ. Qual.* 30:1447-1457.

Braskerud, B.C., 2002: Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering* 19:41-61.

Braskerud, B.C., Tonderski, K.S., Wedding, B., Bakke, R., Blankenberg, A.-G. B., Ulén, B. & Koskiahio, J., 2005: Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions? *J. Environ. Qual.* 34:2145-2155.

Campbell, C.S. & Ogden, M.H., 1999: *Constructed wetlands in the sustainable landscape.* John Wiley & Sons, Inc. New York, 270 pp.

Davidsson, T., Wedding, B., Krook, J. & Reuterskiöld, D., 2005: Nutrient removal in constructed wetlands in southern Sweden – Results from different investigations. In B.C. Braskerud (Ed.): *Is living water possible in agricultural areas? Proceedings from NJF seminar no. 374, June 20-22, 2005, Norway.*

Dunne, E.J., N. Culleton, Donovan, G. O., Harrington, R. & Daly, K., 2005: Phosphorus retention and sorption by constructed wetland soils in Southeast Ireland. *Water Research* 39:4355-4362.

Fleischer, S., Pansar, J. & Gahnström, G., 1998: Origin of  $N_2$  and  $N_2=$  released from the aquatic environment. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26, 1334-1336.

Hasler, B. & Schou, J.S., 2004: Samfundsøkonomisk analyse af sikringen af naturvenlig drift på §3-arealer og naturskovarealer. Danmarks Miljøundersøgelser. – Arbejdsrapport fra DMU 197: 90 s. (elektronisk).

Findes på: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_arbra ... orter/AR197.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbra...orter/AR197.pdf)

Koskiaho, J., 2005: Use of wetlands, ponds and buffer zones in Finland. In B.C. Braskerud (Ed.): Is living water possible in agricultural areas? Proceedings from NJF seminar no. 374, June 20-22, 2005, Norway.

Liikanen, A., Puustinen, M., Koskiaho, J., Väisänen, T., Martikainen, P. & Hartikainen, H., 2004: Phosphorus removal in a wetland constructed on former arable land. *J. Environ. Qual.* 33:1124-1132.

Pant, H.K., Reddy, K.R. & Lemon, E., 2001: Phosphorus retention capacity of root bed media of sub-surface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* 17:345-355.

Pant, H.K., Reddy, K.R. & Spechler, R.M., 2002: Phosphorus retention in soils from a prospective constructed wetland site: environmental implications. *Soil Science* 167(9):607-615.

Reddy, K.R., Kadlec, R.H., Flaig, E. & Gale, P.M., 1999: Phosphorus retention in streams and wetlands: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 29(1):83-146.

Schou, J.S. & Abildtrup, J., 2004: Miljøøkonomiske analyser af scenarier for landbrugets arealanvendelse. I: Hansen, J.F. (red): Arealanvendelse og landskabsudvikling. Fremtidsperspektiver for natur, jordbrug, miljø og arealforvaltning. Danmarks JordbrugsForskning. – DJF rapport Markbrug 110: 91-96.  
Findes på: <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfm110.pdf>

Davidsson, T., Hammar, J., Holmström, C., Reuterskiöld, D. & Wedding, B., 2003: Biologi och vattenkemi i nya dammar – Undersökningar 2000-2002, slutrapport, Ekologgruppen i Landskrona AB. Uppdragsgivare: Höje å projektet & Kävlingeå-projektet, WWF och Region Skåne.

Uusi-Kämpä, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N. & Uusitalo, R., 2000: Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus. *J. Environ. Qual.* 29:151-158.

Wedding, B., 2003: Dammar som reningsverk – Mätningar av näringsämnesreduktionen i nyanlagda dammar 1993-2002. Ekologgruppen maj 2003.

Weisner, S.E.B., Svensson, J.M., Strand, J. & Svengren, H., 2005: Combating eutrophication in Sweden: Importance of constructed wetlands in agricultural landscapes. In B.C. Braskerud (Ed.): Is living water possible in agricultural areas? Proceedings from NJF seminar no. 374, June 20-22, 2005, Norway.