

Sammenfatning vedr. potentielle effekter m.m. af alternative virkemidler

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 16. april 2013

Poul Nordemann Jensen

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Rekvirent:
Naturstyrelsen
Antal sider: 13

Faglig kommentering:
Minivådområder: Charlotte Kjærgaard, Institut for Agroøkologi
Muslinger: Karen Timmerman, Institut for Bioscience
Randzoner: Brian Kronvang, Institut for Bioscience

Kvalitetssikring, centret:
Susanne Boutrup



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Indledning	3
Ad 1: Konstruerede vådområder m.m.	3
Ad 2: Stenrev	6
Ad 3: Ålegræs (Reetablering, udplantning og såning af ålegræs)	7
Ad 4: Intelligente randzoner	8
Ad 5: Muslingeopdræt	11
Ad 6: Algedyrkning	13
Ad 7: Vurdering af virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløbene i 2. planperiode	13
Referencer	13

Indledning

Miljøministeriet (MIM) anmodede i oktober 2012 Aarhus Universitet, DCE, om at udarbejde notater, der på et teoretisk grundlag redegør for de potentielle effekter af de alternative kvælstofvirkemidler, der ofte nævnes i debatten – se nedenstående liste. Projektet skal have særlig fokus på konstruerede vådområder (minivådområder) og stenrev. Der blev i slutningen af november 2013 indgået en kontrakt om projektet, hvor der dog kun indgik egentlige notater om punkterne 1, 4 og 5.

MIM har ønsket følgende vurderet :

1. Konstruerede vådområder
 - Minivådområder
 - Subsurfaceflow minivådområder
 - Drænbrøndsfiltere
2. Stenrev
3. Ålegræs
 - Reetablering af ålegræs
 - Udplantning og såning af ålegræs
4. Intelligente randzoner
5. Muslingeopdræt
6. Algedyrkning.

Følgende ønskes belyst for de enkelte virkemidler:

- Opgørelse af virkemidlernes potentielle kvælstof- og fosforreduktionseffekt
 - Vurdering af virkemidlernes omkostningseffektivitet
 - Status for virkemidlerne og evt. igangværende udviklingsprojekter
 - Skøn for størrelsen på den faglige usikkerhedsmargen, der ville gælde, hvis virkemidlerne skulle tages i anvendelse nu.
7. Endvidere ønskes en vurdering af virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløbene i 2. planperiode.

I det følgende gives der et kort resumé af de udarbejdede notater (vedr. pkt. 1,4 og 5 med udgangspunkt i de stillede ønsker til belysning samt korte kommentarer til de resterende punkter (2,3, 6 og 7).

Ad 1: Konstruerede vådområder m.m.

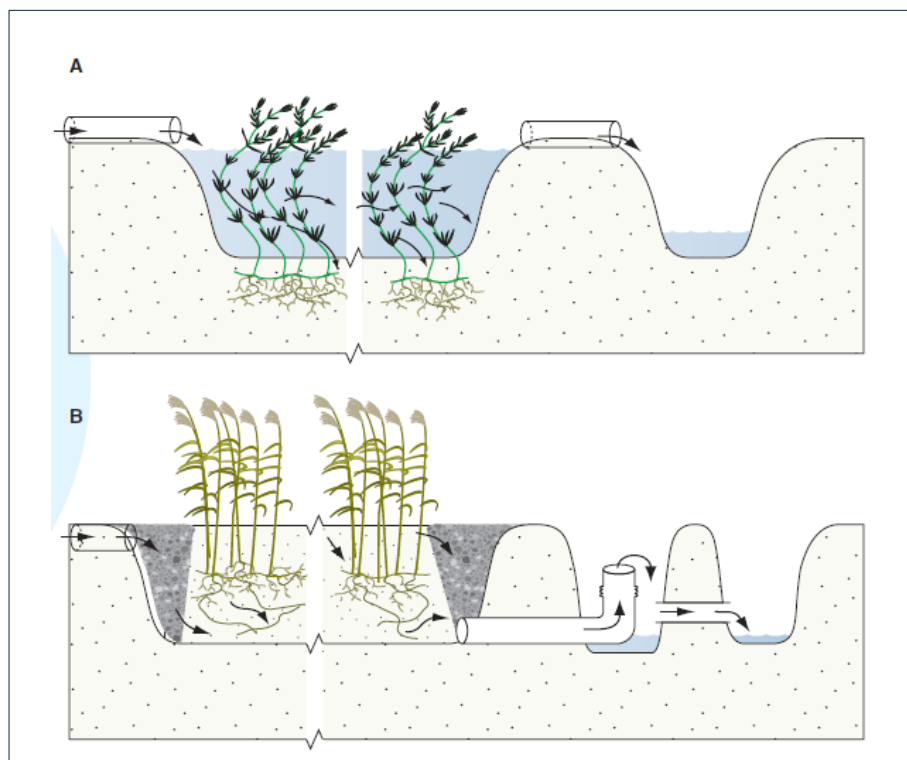
Der er udarbejdet et særskilt notat om virkemidlerne, hvortil der henvises for nærmere information og referencer (Kjærgård og Hoffmann, 2013).

Drænfiltertechnologier benyttes i denne sammenhæng som generel betegnelse for virkemidler, herunder forskellige typer af konstruerede vådområder og brøndfiltere, der er målrettet reduktion af næringsstoffer i drænvand fra landbrugsarealer.

Effekten af drænfiltre etableret i brønde er dog endnu i den meget indledende fase, hvorfor denne variant af drænfiltreløsningen ikke omtales yderligere.

Konstruerede vådområder omfatter principielt to hovedtyper, hhv. (i) vådområder hvor vandstrømningen foregår over jordoverfladen (Figur 1a), og (ii) vådområder hvor vandgennemstrømningen foregår igennem en filtermatrice bestående af mineralsk og/eller organisk materiale (Figur 1b). Konstruerede vådområder med filtermatrice differentieres i forhold til vandgennemstrømning, som konstruerede vådområder med horisontal eller vertikal strømning. For hver hovedtype gælder at vådområdet kan designes på mange forskellige måder afhængigt af de lokale hydrologiske forhold og drænoplandets størrelse.

Figur 1. Principskitser for konstruerede vådområder med (a) overfladestrømning igennem beplantet vådområde, og (b) strømning igennem beplantet filter bestående af mineralsk og/eller organisk materiale (fra Kjaergaard et al., 2006).



Såvel virkemåde som effektivitet afhænger foruden typen af vådområde af en række lokale parametre:

- Placering indenfor afstrømningsoplandet – topografi, jordbundsforhold, dræningsforhold
- Hydraulisk belastning – nettonedbør der tilstrømmer via dræn og årstidsvariationen
- Opholdstid – afstrømningens størrelse i forhold til vådområdets magasin kapacitet
- Næringsstofbelastning og særligt årstidsvariationen
- Temperaturforhold
- Vegetationstype og vegetationsdækkets omfang.

Konstruerede vådområder med overfladestrømning er et internationalt kendt virkemiddel målrettet afstrømning fra landbrugsarealer. Vådområder med filtermatrice kendes især fra spildevandsrensning og har p.t. ikke fundet anvendelse til rensning af drænvand fra landbrugsarealer, men der er fokus på mulighederne. Der er igangsat et omfattende dansk forsknings- og udviklingsarbejde, der omfatter såvel konstruerede vådområder med overfladestrømning som konstruerede vådområder med filtermatrice, og i de

kommende år vil resultater fra disse forsøg sikre dokumentation af virkemiddelseffekter under danske forhold, herunder sammenhæng mellem effekt og hydraulisk belastning/opholdstid for hhv. vinter- og sommerafstrømning.

De første (meget begrænsede) resultater fra begge typer af vådområder viser begge høj N-reduktionseffektivitet på 35-80% i sommerafstrømningen (marts-oktober/november), mens effektiviteten falder til 15-25% i vinterafstrømningen (december - februar/marts). I forhold til beregning af den årlige virkemiddelseffekt er en kvantificering af drænastrømningen (vinter- og sommerafstrømning) afgørende. Afhængig af omfanget af vinterdrænastrømningen antyder de foreløbige estimater på en skønnet årlig N-reduktionseffektivitet i størrelsesorden >20-53%.

De meget foreløbige resultater antyder endvidere, at der kan opnås N-reduktionseffektivitet i samme størrelsesorden for begge typer af konstruerede vådområder. Nye ikke-publicerede forskningsresultater antyder dog, at der kan opnås højere effektivitet i vinterafstrømning i konstruerede vådområder med filtermatrice.

Tabel 1. Estimer for aktuel N-reduktion (kg N og kg N/ha vådområde) som funktion af N-reduktionspotentiale og total-N belastning (N tab fra rodzonen fra 100 ha) ved 1 ha konstrueret vådområde.

TN-konc. i drænvand mg/l	Drænastr. mm/år	N-tab fra rodzonen pr 100 ha Kg N	Scenarier for N-reduktionspotentiale (Kg N fjernet pr. ha vådområde)			
			Min 20%	Middel 24%	Middel 40%	Max. 53%
20	200	4000	800	960	1600	2120
20	400	8000	1600	1920	3200	4240
20	600	12000	2400	2880	4800	6360
10	200	2000	400	480	800	1060
10	400	4000	800	960	1600	2120
10	600	6000	1200	1440	2400	3180
5	200	1000	200	240	400	530
5	400	2000	400	480	800	1060
5	600	3000	600	720	1200	1590

I tabel 1 er opstillet teoretiske estimater for N-reduktion for en række forskellige scenarier. Det fremgår af beregningerne, at den absolutte virkemiddelseffekt kan variere meget betydeligt afhængigt af kvælstofbelastning (N-koncentration x afstrømning) og N-reduktionspotentialet. En fordobling af enten kvælstofkoncentrationen eller drænastrømningen giver tilsvarende en fordobling i den absolutte virkemiddelseffekt, ligesom også en fordobling af N-reduktionspotentialet fordobler effekten.

Estimering af virkemiddelseffekten af konstruerede vådområder forudsætter således lokal viden om/forudsigtelse af drænastrømningen og næringsstoff-tab via dræn. Forudsigtelse af drænastrømningen forudsætter yderligere, at den sammenhængende drænstruktur for drænoilandet er kendt.

Generelt vurderes det på nuværende tidspunkt, at den begrænsende faktor for N-reduktionspotentialet i konstruerede vådområder under danske forhold er denitrifikationsraten i vintermånederne. Det undersøges pt. hvorvidt øget opholdstid i nogen omfang kan kompensere for en lavere denitrifikationsrate i vintermånederne.

Konstruerede vådområder kan udover N-effekten også effektivt bidrage til at reducere sedimenttransport samt tab af partikulært P, hvor effekten vil afhænge af P-form og koncentration i drænvandet. Det forudsættes, at der regelmæssigt fjernes sediment fra sedimentationsbassinet (også en potentiel omkostning). Der arbejdes p.t. på at optimere permeable drænbrøndsfiltere til retention af partikulært og opløst P.

Vådområder med filtermatrice har, i modsætning til konstruerede vådområder med overfladestrømning, en begrænset levetid (og dermed en vedligeholdelsesomkostning) som følge af udpining og tilstopning af filteret, men der findes pt., ikke viden om matricesystemers kapacitet og levetid. Analyse af data indsamlet i de kommende år vil bidrage til mere sikre anbefalinger.

Der er endnu ikke tilstrækkeligt grundlag for at estimere omkostningseffektiviteten tilbundsående, men et simpelt beregningseksempel for 100 ha opland og 1 ha konstrueret vådområde (med overfladestrømning) viser at ved:

- N-reduktion i størrelsesorden 480-3180 kg N/år
- Etableringsomkostninger i størrelsesorden 200.000-650.000 kr. og afskrivning over 15 år

opnås en omkostningseffektivitet i størrelsesorden 4-90 kr./kg N (dog ikke medregnet udtag af areal).

Der mangler p.t. oplysninger for at kunne lave tilsvarende beregning for konstruerede vådområder med filtermatrice, men udgifter til såvel etablering, drift og udskiftning af filtermatricen betyder, at der vil være større omkostninger forbundet med denne løsning.

Igangværende projekter vil sikre, at der i de kommende 1-3 år opnås dokumentation for effekten af virkemidlet under danske forhold og dermed mulighed for tilpasning af de foreløbigt beregnede effekter. Virkemidlet afprøves p.t. i forbindelse med projekter under miljøteknologiordningen samt i forsknings og udviklingsprojekter med henblik på at sikre dokumentationsgrundlag og optimere effekterne. Det anbefales dog, at der igangsættes undersøgelser af drænastrømningens størrelse under repræsentative betingelser.

Ad 2: Stenrev

I forbindelse med beskrivelse af projektet blev det fra DCE fremført, at der grundlæggende ikke var nye informationer, undersøgelser m.m. om stenrev som virkemiddel siden udgivelsen af "Stenrev i Limfjorden" (Møhlenberg et al, 2008). Der foreligger således alene modelbaserede beregninger for den mulige virkning af spredte stenrev i de centrale dele af Limfjorden. For at vurdere stenrevs mulige effekt vil det derfor være nødvendigt med indgående foranalyser mht. placering, udformning osv. Dernæst vil der være nødvendigt med dokumentation via etablering af et testområde, herunder et omfattende overvågningsprogram for at verificere konceptet bag virkemidlet. Overvågningen må formodes at skulle ske over en årrække for at sikre at revet er "modent", evt. år-til år variationer bliver kortlagt etc.

Som virkemiddel vil stenrev formentlig kunne virke i meget få områder, fx Limfjorden og Flensborg Fjord. Det er dermed ikke et virkemiddel, som i givet fald kan implementeres generelt. Der er pt. ved at blive udarbejdet et

'katalog' over, hvilke videnshuller der evt. skal lukkes, før at man kan lave en opdateret beregning mv. af, om spredte stenrev kunne være et supplerende virkemiddel i Limfjorden

Det er pt. vurderingen, at de nødvendige overvågningsresultater – og dermed grundlag for en evt. beslutning om at anvende virkemidlet "Stenrev" – kan foreligge indenfor 5-7 år efter beslutningen om et testanlæg er truffet og finansieringen er på plads.

Ad 3: Ålegræs (Reetablering, udplantning og såning af ålegræs)

Det har som følge af den meget stramme tidsplan for projektet ikke været muligt at foretage en specifik udredning af anvendelsen af ålegræs som evt. virkemiddel i forbindelse med dette projekt. Her fremhæver vi derfor blot nogle overordnede kommentarer om ålegræs som virkemiddel.

Når ålegræs nævnes som alternativt virkemiddel, er det fordi udstrakte ålegræsbestande leverer vigtige økosystemtjenester. Engene huser en mangfoldighed af smådyr og fisk og har dermed en positiv effekt på kystzonens biodiversitet. Desuden stimulerer engene bundfældning af partikler og bidrager dermed til at holde vandet klart, hvilket også er til fordel for deres egen vækst. Samtidig dæmper ålegræsengene bølgeslaget og stabiliserer havbunden og fungerer derved som et naturligt kystværn. Engene tilbageholder også næringsstoffer gennem vækstsæsonen, som ellers ville have været tilgængelige for planktonalger, og havbunden under engene fungerer som et lager for både næringsstoffer og kulstof. Gennem disse funktioner har ålegræssets tilstedeværelse en selvforstærkende positiv effekt på vandmiljøet langs vores kyster. Omvendt opstår der selvforstærkende negative effekter i form af bl.a. mere uklart vand, når ålegræsset forsvinder, og dette kan gøre det vanskeligt at genetablere tabte bestande (se f.eks. februar 2013 nummeret af Vand og Jord, som er et temahæfte om ålegræs. Økosystemfunktionerne nævnes bl.a. i kapitlet af Flindt m. fl. og i kapitlet af Sand-Jensen m. fl.).

De mange økosystemtjenester indebærer, at bevarelse og beskyttelse af eksisterende ålegræsenge bør have højprioritet gennem lovgivning mm. Når først ålegræsset er forsvundet er det vanskeligt og meget ressourcekrævende at få det tilbage igen. Faktisk er der kun ganske få succes-historier indenfor gensåning/plantning af ålegræsenge. Forvaltningsmæssigt er det derfor afgørende først og fremmest at bevare og beskytte de eksisterende ålegræsbestande. Dette er også konklusionen på et nyt studium baseret på internationale erfaringer med restaurering af havgræsenge, som fremgår af følgende citat: 'Efforts should shift to give priority to natural restoration potential, with an emphasis on the fact that restoration should never be considered the first alternative when planning for the mitigation of coastal development projects or to justify mitigation as a compensation measure for economic activities' (Cunha et al. 2012. Changing paradigms in seagrass restoration. Restoration Ecology 20: 427-430).

Danmark har mistet enorme havgræsarealer gennem det seneste århundrede, og på trods af reduktioner i næringsbelastningen siden slutningen af 1980'erne, er ålegræsset endnu ikke i generel fremgang. Derfor er der ønske om at hjælpe genetableringen på vej gennem supplerende tiltag på trods af de store udfordringer, der er forbundet hermed. Et stort forskningsprojekt med basis i Odense Fjord er netop startet bl.a. med det formål at analysere

muligheder og barrierer for kunstigt at etablere områder med ålegræs. Projektet vil inddrage internationale eksperter og bruge deres erfaringer til at fremme sandsynligheden for succesfuld restaurering og ikke gentage fortidens fejl. Af projektets overordnede beskrivelse fremgår bl.a.: "Efter reduktion i næringsstofbelastningen forventedes ålegræsset at reetableres, hvilket ikke er sket. Den manglende reetablering skyldes fysiske og biologiske forstyrrelser ved overgangen fra frø til etablerede frøplanter. Dette forskningsprojekt vil udvikle innovative teknikker til genetablering af ålegræs i kystnære områder. Vore formål er 1) at udvikle nye tekniske redskaber til brug for reetablering, 2) at anvende og evaluere disse redskaber på stor skala, 3) at opstille retningslinjer for ålegræsreetablering, og ved modellering at evaluere klimatiske udfordringer, 4) at udføre en socioøkonomisk analyse af vundne økosystemtjenester ved succesfuld genetablering. Teknikker til høst, oplagring, såning og udplantning af ålegræs udvikles under hensyntagen til miljøforstyrrelser og testes på lille og stor skala. Bæredygtighed på lang sigt modelleres baseret på følsomheden af ålegræs overfor de forventede klimaændringer, og analyseres i forhold til de vundne økosystemtjenester."

Forskningsprojektet er startet i 2013 og løber over 5 år. Selvom det fulde resultat er først klar om 5 år, leverer projektet delresultater hen ad vejen.

Herudover er der behov for en bedre forståelse af sammenhænge mellem ålegræsengens struktur og funktion, og for at identificere hvilken minimum udbredelse der sikrer, at engene er i stand til at generere de positive funktioner og dermed skabe fundamentet for, at ålegræsset kan brede sig. Der er også behov for mere præcis identifikation af hvilke fysiske, kemiske og biologiske forhold, der sikrer en sådan minimum udbredelse.

Ad 4: Intelligente randzoner

Der er udarbejdet et særskilt notat om randzoner, hvor yderligere information og dokumentation kan hentes (Kronvang, 2013).

Randzoner langs vandløb og søer er implementeret via Lov om Randzoner med en 10 m randzone langs alle vandløb og søer større end 100 m². Det har været diskuteret, om en mere målrettet og differentieret anvendelse af randzoner i stedet for en ensartet ville kunne optimere effekten af randzoner i forhold til at reducere tabet af næringsstoffer til vandmiljøet.

Som udgangspunkt kan man opdele randzoner i to typer:

- • Den tørre randzone som oftest etableres ved at ophøre med dyrkning, gødskning og sprøjtning i en stribe af land langs vandløb og søer. Effekten er her en "braklægnings-effekt" ved at ophøre med gødskning samt at tilbageholde og opsamle næringsstoffer, som overfladisk løber til randzonen.
- • Den våde randzone som etableres ved at ændre på hydrologien (grundvandsstanden) i randzonen enten ved at ændre på vandspejlsforholdene i vandløbet langs randzonen (f.eks. ændret vandløbsvedligeholdelse eller vandløbsrestaurering af en eller anden form som i begge tilfælde reducerer vandføringsevnen) eller ved at ændre på vandstandsforhold i tilstødende arealer (f.eks. ved at lade drænvand gennemsive randzonen fra en parallel grøft etableret langs randzonen). Her vil der evt. kunne være en øget effekt på især kvælstoffjernelsen, men også en risiko for en fosforfrigivelse.

Effekten af en randzone (og dermed også designet af en randzone) er således væsentlig forskellig i forhold til hhv. kvælstof og fosfor.

Kvælstof

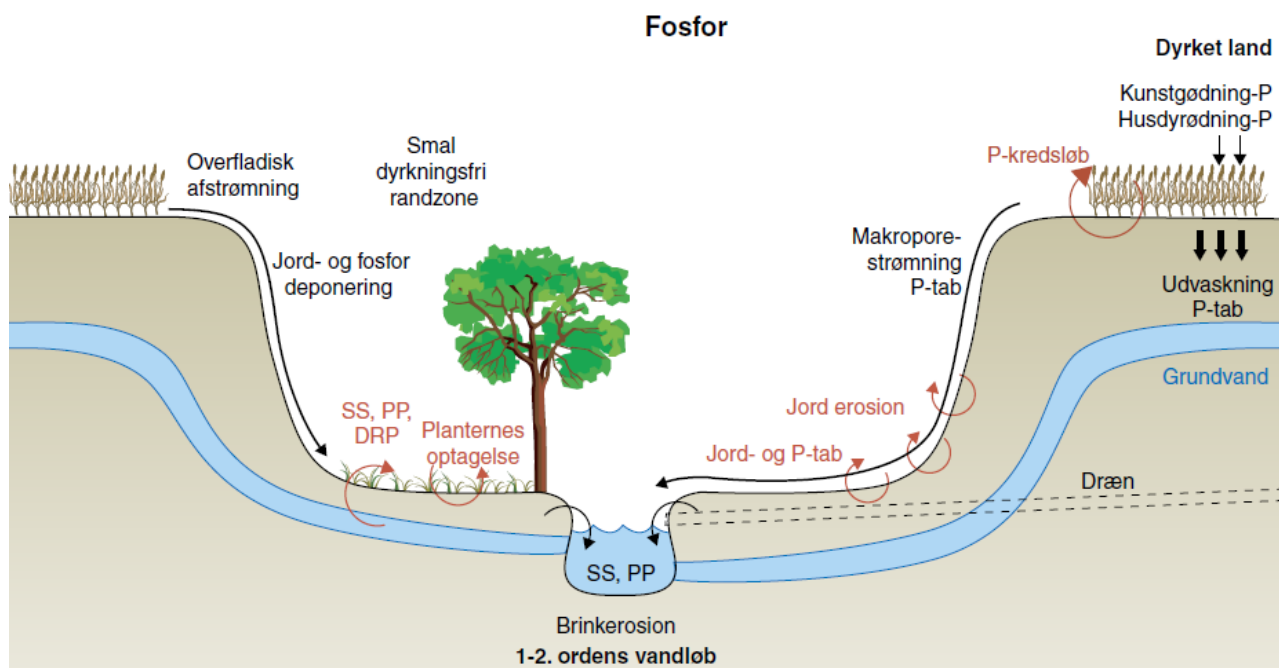
Som tidligere nævnt er et udlæg af en randzone uden yderligere tiltag at sammenligne med en braklægning af omdriftsarealer, hvor effekten i forhold til kvælstof er en reduceret udvaskning som følge af ophørt gødskning. Da mængden af partikelbunden kvælstof er lille vil en tilbageholdelse af overfladisk afstrømmende partikler kun have en helt marginal effekt i forhold til kvælstof. Denne funktion som braklægning vil ikke kunne optimeres væsentligt ved en differentieret randzonebredde.

Effekten af en randzone på kvælstoftabet vil kunne øges, såfremt det kvælstofholdige drænvand kan gennemsive randzonen og dermed omsættes. Det kræver imidlertid, at evt. dræn i afbrydes inden randzonen og at drænvandet f. eks. ledes ud i en grøft. En sådan designet randzone er ikke afprøvet i Danmark og bør, inden den evt. bringes i anvendelse testes under en række forskellige forhold. Der vil dog formentlig være en række begrænsninger i denne anvendelse, f. eks. den mængde drænvand (og dermed der dræned opland), der ledes til eller hældningsforholdene i randzonen. Funktionen af en sådan "våd" randzone er i princippet det samme som mange vådområder. I disse tilfælde vil en differentieret randzonebredde formentlig være hensigtsmæssig for at sikre en stabil gennemstrømning og minimere risikoen for gennembrud i randzonen.

Fosfor

Det vil formentlig i hovedsagen være i forhold til at reducere fosfortabet til vandmiljøet, at en differentieret anvendelse af randzoner kan optimere effekten. I dette studie er der på baggrund af et meget stort datagrundlag udarbejdet nogle modeller til at vurdere en given randzonebreddes effekt overfor at tilbageholde overfladisk afstrømmende fosfor. Det væsentlige i dette er randzonens evne til at tilbageholde partikler og den kritiske faktor i dette er at nedbringe energien i vandet, så der ikke sker gennembrud (erosionsrender i randzonen), men at vandet breder sig jævnt ud i randzonen. Studiet af dette datamateriale viser, at der er god grund til at etablere randzoner med en bredde, som er tilpasset de lokale forhold (f. eks. faldforhold i randzonen eller indhold af lerjord). I den færdige redegørelse vil den opstillede model blive demonstreret i et søopland.

Der vil også være andre forhold end bredden af randzonen, der kan øge effekten i forhold til fosfortilbageholdelse. Høst af plantemateriale i randzonen er vigtig af flere årsager – dels fjernes der fosfor i plantematerialet, dels undgås "udfrysning" af fosfor fra dødt plantemateriale. Endvidere kan beplantning med naturligt hjemmehørende træer langs vandløb øge effektiviteten af randzoner betydeligt ved at stabilisere brinkerne. Det bagvedliggende notat giver en række anbefalinger til et evt. design af en mere optimeret randzoneeffekt.



Figur 2. De forskellige transportveje og mekanismer bag fosfor tab og randzoners effekt.

Jorden i en evt. kommende randzone vil i en række tilfælde indeholde meget store mængder fosfor, som enten kan udvaskes eller via erosion tilføres vandmiljøet. En effektiv måde at reducere denne risiko vil være at fjerne en del af topjorden ud mod vandløbet.

En forudsætning for en optimal anvendelse af de opstillede modeller for fosforeffekt af randzoner vil være, at der findes et opdateret kortmateriale (P-risiko kort), som kan identificere de arealer, hvor risikoen for fosfortab ved overfladisk afstrømning er størst. Der findes pt. en protoudgave af et P-risikokort, som skal opdateres forud for en anvendelse.

Et af de ukendte problemområder for en fosfortilbageholdelse i en randzone er hvorvidt effekten er langtidsholdbar. Langt de fleste undersøgelser af en randzones effekt er over korte tidshorisonter.

Konklusion

Optimering af randzoners virke i landskabet og optimal udnyttelse af deres mange tjenesteydelser for natur og miljø bør ske efter en indgående analyse af de lokale forhold herunder de topografiske forhold på den tilstødende mark og dennes risiko for fosfortab, samt mikro-topografien i randzone og vandløb, jordtypen og de hydrologiske forhold. Herunder skal generel viden om afvandingsforhold samt informationer om dræning lokalt også indhentes.

Etablering af tørre randzoner for at reducere næringsstofbelastningen af overfladevand bør især ske langs mindre vandløb hvor der oftest er mere topografi og hvor marken støder helt op til vandløbet uden ådal. Det er nemlig især placeringen der afgør om effektiviteten ligger mellem 10 og 30% eller 70-100% (Tomer et al., 2009). I meget flade landskaber langs større vandløb kan det være nødvendigt at bruge asymmetriske former for aktive randzoner da overfladeafstrømning sker langsomt og koncentreret langs

meget små højdeforskelle på marken. Det er derfor yderst vigtigt at få analyseret lokaliteten ud fra de lokale forhold. Beplantning med træer er især vigtig langs de tørre randzoner langs mindre vandløb, som støder op til stejle vandløbsbrinker. Her kan de være med til at nedbringe sediment og fosforleveringen til vandløb.

Hvis der er mulighed for at anvende randzonen til infiltration af drænvand er dette forventeligt en effektiv måde til at øge randzonens evne til at omsætte nitrat. Der mangler dog forskning til som kan understøtte og belyse denne anvendelse.

Der bør udvikles et beslutnings støtte system (inkl. et opdateret Parisikokort), som kan anvendes i rådgivningen om udformningen af de lokale randzone bredder og funktioner. Desuden bør konceptet testes i felten under forskellige forhold(jordtype, hældning, dræningsforhold osv.) i en årrække, så testen afspejler forskellige klimatiske forhold(stor afstrømning, langvarig frost m.m.).

Det har ikke været muligt på det foreliggende grundlag at vurdere virkemidlets omkostningseffektivitet.

Ad. 5: Muslingeopdræt

Der er udarbejdet et særskilt notat om muslingeopdræt som virkemiddel ("Miljømuslinger" Kjerulf Petersen 2013).

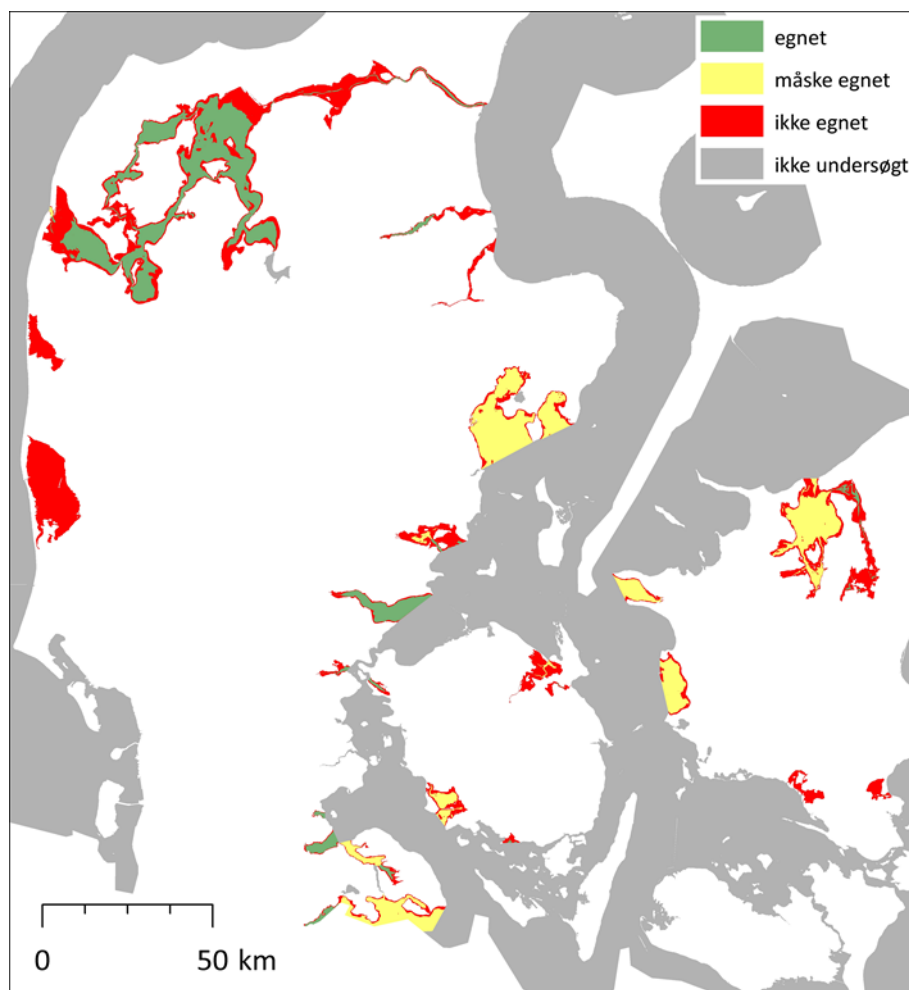
Her beskrives og vurderes mulighederne for at udnytte muslingeopdræt som et omkostningseffektivt supplerende virkemiddel til fjernelse af næringsalte og til forbedring af miljøtilstanden i marine kystnære områder. Princippet i muslinger som virkemiddel er, at næringsalte tabt fra land bliver indbygget i muslingerne og efterfølgende føres tilbage til land, når muslingebiomassen høstes. Muslingeopdræt målrettet næringsstoffjernelse (kompensationsopdræt) er optimeret så biomassen pr. areal bliver størst mulig med minimal arbejdsindsats. Et fuldskala forsøg med kompensationsopdræt i Skive Fjord viste, at kompensationsopdræt på et år kan fjerne 10-16 tons N og 0,5-0,7 tons P svarende til 0,6-0,9 t N ha⁻¹ år⁻¹ og 0,03-0,05 t P ha⁻¹ år⁻¹. Den realiserede fjernelse vil især afhænge af høsttidspunktet og da der i forsøgsanlægget ikke var tegn på fødebegrænsning vurderes det, at arealudnyttelsen og dermed næringsstoffjernelsen kan optimeres yderligere i områder som Skive Fjord. Omkostningsberegninger viste, at udgifterne til fjernelse af kvælstof er på 111-151 kr./kg N på det testede anlæg. Omkostningerne er primært relateret til arbejdsindsatsen i forbindelse med klargøring af anlægget og vedligeholdelse af anlægget i vækstperioden. Den økonomiske analyse, indikerer at der vil være stordriftsfordele ved drift af mere end 4 anlæg, som kan reducere prisen med ca. 17%. Endvidere kan omkostningerne sandsynligvis reduceres, hvis der udvikles nye opdriftssystemer, som kan reducere omkostningerne ved opbøjning på anlægget. Forsøget i Skive Fjord viste, at muslingerne udover den direkte fjernelse af næringsstoffer også har en lokal påvirkning af sigdybden. I store dele af vækstperioden var sigtddybden i anlægget signifikant højere end på kontrol stationerne. Inkluderer effekten af kompensationsopdræt på sigtddybden vil den effektive pris af virkemidlet i forhold til indikatorer som fx ålegræssets dybdegrænse blive reduceret til at være <15 kr. pr kg N. Denne beregning baserer sig dog på preliminaire modelkørsler. Derimod var det vanskeligere at detektere negative miljøeffekter af organisk berigelse fra anlægget på sedimentet. Der

var en forøget sedimentation under anlægget, men ingen eller kun lille forøgelse i sedimentpuljer af organiske stof og næringssalte, iltoptag og næringssaltsfluxe. Den manglede signifikante effekt af anlægget på sedimentets puljer af organisk stof, samt benthiske fluxe af ilt og næringssalte tilskrives vi de store koncentrationer af organisk stof i sedimentet hele Skive Fjord, som gør det vanskeligt at detektere forskelle mellem stationer placeret hhv. under og udenfor anlægget.

Det vurderes, at Miljømuslinger som virkemiddel er teknisk testet til anvendelse på Limfjordsforhold, men at der ved en implementering af virkemidlet i andre områder bør gennemføres analyser af bl.a. fødetilgængelighed, miljøeffekter m.m. samt etableres en efterfølgende overvågning af virkemidlet for at verificere effektiviteten.

I udredningen er der på baggrund af nogle nøgleparametre (fødetilgængelighed, saltholdighed, tæthed af edderfugle og vanddybde) foretaget en overordnet vurdering af fjordes potentielle egnethed til virkemidlet miljømuslinger som vist på kortet. Hensynet til andre faktorer som f. eks. sejlads kan betyde, at potentialet reduceres for dette virkemiddel.

Figur 3. Klassifikation af områder i danske fjorde som vurderes at være hhv. velegnede (grøn), måske egnede (gul) og ikke egnede (rød) til kompensationsopdræt.



Følgende fjorde er vurderet som velegnede til opdræt af miljømuslinger: Limfjorden, Roskilde Fjord, Gødborg fjord samt de østjyske fjorde Vejle, Mariager, Kolding, Augustenborg, Åbenrå og Flensborg Fjord. Derudover er en række andre fjorde m. m. vurderet som måske egnede områder.

Der er i dette ikke taget stilling til de lovgivningsmæssige muligheder/begrænsninger for at etablere miljømuslinger.

Ad 6: Algedyrkning

Der er som følge af den meget stramme tidsplan for projektet ikke foretaget en udredning af virkemidlet "Algedyrkning" i forbindelse med dette projekt. En sådan udredning kan evt. foretages efterfølgende i 2013.

Flere scenarier for samdyrkning af især store brunalger med skaldyr, fisk og rejer er blevet testet, og i mange landbaserede dyrkningssystemer fungerer alger pt. som biofilter for det næringsrige spildevand. Der er stigende opmærksomhed omkring tang som virkemiddel til fjernelse af N og P i kystnære farvande, i takt med stigende grad af eutrofiering. Aktuelt i Danmark undersøger tre nationale forskningsprojekter potentialet for at udnytte store brunalger som virkemiddel til fjernelse af næringsstoffer fra havmiljøet (MacroAlgaeBiorefinery3, Det Strategiske Forskningsråd; Havtang til efterpolering af spildevand, Vandsektorens TeknologiUdviklings fond, og KOMBI, Grønt Udviklings og Demonstrations Program).

En kort status for viden om virkemidlet er:

- Kan sættes i værk relativt hurtigt
- Effekt vil være stærkt afhængig af lokalitet
- Egnede områder – fjorde, Kattegat, Bælthav, vestkyst
- Mere viden er på vej!
- Økonomi kan bedres: Effektivisering af dyrkningsteknologi, biomassens udnyttelse.

Ad 7: Vurdering af virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløbene i 2. planperiode

Der pågår pt. et udredningsarbejde omkring virkemidler til forbedring af de fysiske forhold i vandløb. Resultaterne af dette udredningsarbejde forventes at foreligge i løbet af 2013. Udredningen vil alene vedrøre de fysiske forhold og dermed ikke indeholde et element vedr. evt. effekt af vandløbsvirkemidler på næringsstoffer.

Referencer

Kjærgaard, C. & Hoffmann, C.C., 2013: Konstruerede vådområder til målrettet reduktion af næringsstoffer i drænvand. Notat udarbejdet til Naturstyrelsen.

Kronvang et al, 2013: Etablering af intelligent udlagte randzoner. Notat til Naturstyrelsen. In prep.

Kjerulf Petersen, J, Timmermann, K, Holmer, M, Hasler, Göke, C, Zander- sen, M 2013: Miljømuslinger. Muslinger som marint virkemiddel. Notat udarbejdet til Naturstyrelsen.