

Minivådområder tilbageholder tungmetaller

De første undersøgelser af sedimenter i åbne minivådområder viser, at fosfor akkumuleres i niveauer, der har potentiel P-gødningsværdi, mens sporstofferne og tungmetallerne arsen, kadmium, barium og molybdæn visse steder ophobes i koncentrationer, som potentielt er sundheds- og/eller miljøfarlige.

IDA-EMILIE FREDBERG NILSSON,
CARL CHRISTIAN HOFFMANN &
SØREN MUNCH KRISTIANSEN

Åbne minivådområder er et relativt nyt drænvirkemiddel i Danmark, der først blev godkendt som kollektivt virkemiddel i 2017 /1/. Det er et effektivt virkemiddel, som reducerer drænvandets kvælstof og fosforindhold, inden det ledes ud i vandløbet /2/. I dag er der anlagt ca. 330 åbne minivådområder i Danmark, og ifølge aftale om Fødevarer- og landbugspakke 22. december 2015 skal åbne minivådområder bidrage med en reduktion af kvælstoftransporten til havet på 900 tons N. Et åbent minivådområde skal som minimum fjerne 300 kg N ha vådområde årligt /3/. Der mangler fortsat at blive opført flere minivådområder for at opfylde målsætningen.

Når et minivådområde anlægges, udformes det efter de lokale forhold. Det placeres således at det afbryder den direkte forbindelse mellem hoveddrænrør og recipient, oftest vandløb. Grundlæggende består anlægget af først et sedimentationsbassin, efterfulgt af en sekvens af dybe bassiner og lavvandede vegetationszoner, samt en iltningstrappe ved udløb /3/.

Naturlige biogeokemiske processer vil, når drænvand løber gennem minivådområdet, enten tilbageholde eller omsætte en række stoffer. Stoffer kan enten omsættes til biomasse,

bindes til jordpartikler, mineraliseres eller sedimenteres. For eksempel sker den primære tilbageholdelse af fosfor (P) gennem sedimentation af partikulært bundet P, men P kan også tilbageholdes gennem biologisk optagelse, adsorption og udfældning på jordpartiklerne. Andre naturlige og miljøfremmede stoffer vil tilsvarende kunne tilbageholdes /4/, og dermed blive en del af minivådområdets sediment. Man ved, at minivådområdets sedimentationsbassin udgør et væsentligt opsamlingssted for P, mens tilbageholdelse af andre naturligt forekommende og miljøfremmede stoffer er dårligere belyst.

Over tid vil sedimentet fylde sedimentationsbassinet op og dermed gradvist forringe bassinets effektivitet. For at opretholde effektiviteten oprenses det derfor. Da minivådområder fortsat er et relativt ungt virkemiddel, er de endnu ikke underlagt nogle bestemte love eller bekendtgørelser ifm. oprensning og håndtering af det opgravede sediment, og derfor heller ikke underlagt bestemte kvalitetskriterier. I dag er praksissen typisk, at lodsejerne spreder det oprensede sediment på omkringliggende marker, for dels at genanvende P.

Denne artikel belyser et pilotprojekt der undersøger indholdet af P og tungmetaller i sedimenterne i en række nyere, åbne minivådområdets sedimentationsbassiner. Formålet er at give indblik i sedimenternes P-gødningsværdi, og undersøge for forhøjede indhold metaller med potentielt miljø- eller sundheds-

farlige effekter. Projektet var et tværfagligt samarbejde mellem Institut for Geoscience, Aarhus Universitet, og Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, og fokus har alene været på uorganiske stoffer.

Testlokaliteter

Sedimentet fra åbne minivådområdets sedimentationsbassin er undersøgt på ti lokaliteter i Jylland, der i artiklen refereres til som M1-M10. Minivådområderne M1-M8 er lokaliseret i Nordjylland, og M9-M10 i Midtjylland. De undersøgte minivådområder er anlagt som testfaciliteter mellem 2010 og 2015, og opfylder dermed ikke alle de i dag gældende designkriterier /3/. De ti minivådområdets konstruktionsår kan ses tabel 1.

Sedimentanalyser

Der er udtaget tre sedimentprøver fra hvert af de undersøgte minivådområdets sedimentationsbassin. Prøverne er analyseret for P og en række metaller, som alle har potentielle negative effekter på miljøet og/eller sundhed. Det gælder bl.a. kobber (Cu), zink (Zn), arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og thallium (Tl), der er blandt de mest prioriterede potentielt miljøbelastende stoffer nationalt, og som gennem en længere årrække har været anerkendt som potentielt problematiske. Prøverne er også analyseret for stofferne sølv (Ag), barium (Ba), molybdæn (Mo), antimon (Sb) og selen (Se), selvom de kun er reguleret i begrænset omfang i dag /5/. Laboratoriemetoden var med kongevandsudtræk og analyse vha. ICP-MS. Metoden følger således tilnærmelsesvist forskriften fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for analyse af metaller i jord og sediment, der ikke er omfattet af national overvågning af miljøet.

Sedimentets P-gødningsværdi er vurderet

Tabel 1. Minivådområdernes (M1-M10) konstruktions år, samt deres gennemsnitlige P-koncentration i mg/kg TS (TS = tørstof).

Minivådområde	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Konstruktionsår	2014	2015	2014	2013	2015	2013	2014	2015	2010	2015
P [mg/kg TS]	1470	903	999	2310	420	5470	5030	2100	1290	1050

ved at sammenligne de målte P-koncentrationer med forskellige P-gødningsmidler, her kaldet potentiel P-gødningsværdi. For at vurdere om forekomsten af tungmetallerne fremtræder i potentielt problematiske koncentrationer, og eventuelt bør betragtes som værende miljø- og/eller sundhedsskadelige, er sedimentets indhold sammenholdt med Miljøstyrelsens- /6/ og Jordflytningsbekendtgørelsens (BEK nr 1452 af 07/12/2015) kvalitetskriterier for jord samt Slambekendtgørelsens (BEK nr 1001 af 27/06/2018) kvalitetskriterier for slam.

Sedimentets fosforpotentiale

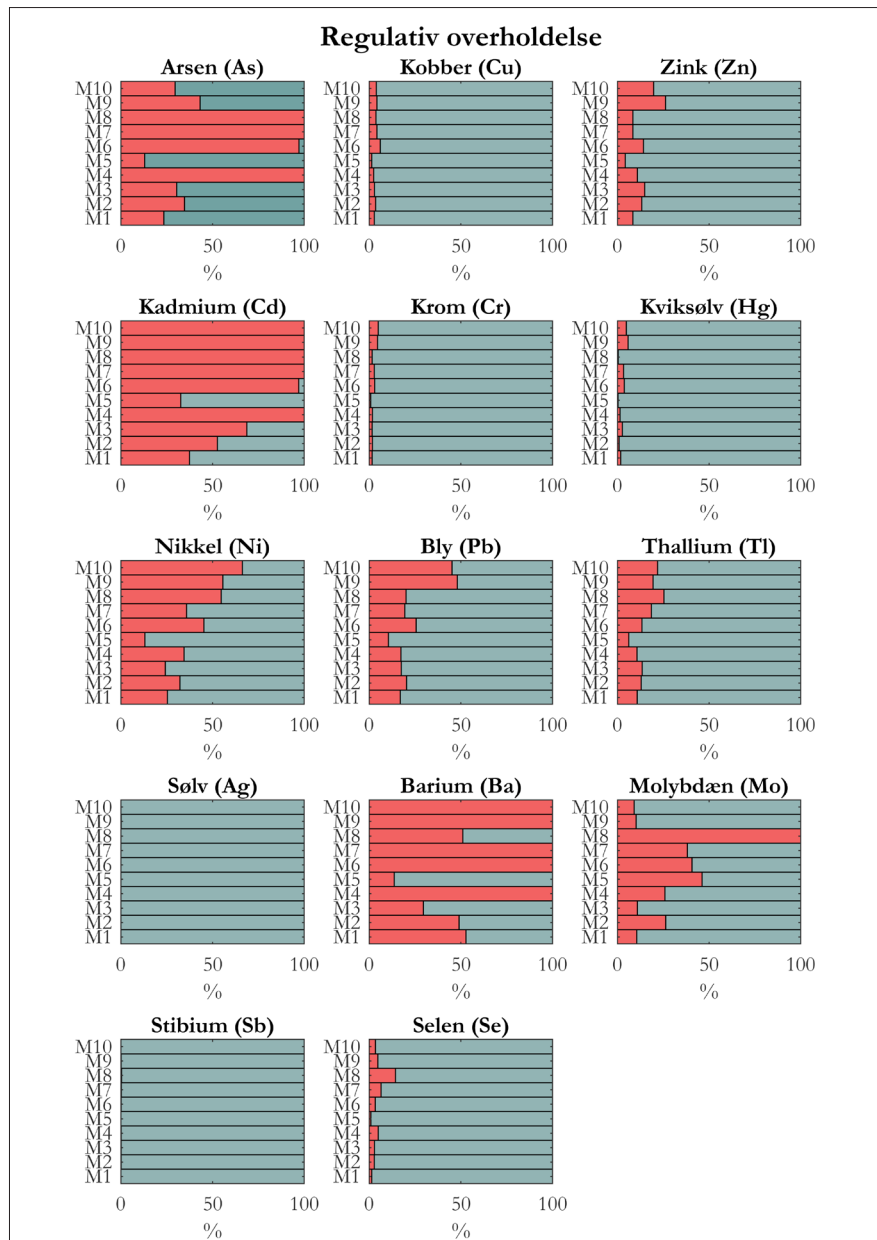
Sedimentets P-koncentration er stærkt varierende, men indeholder i gennemsnitlig 2100 mg P/kg TS (TS = tørstof). De ti minivådområders gennemsnitlige P-koncentration kan ses i tabel 1. Ni af de undersøgte minivådområder har en P-koncentration, der er højere end den gennemsnitlige koncentration i danske jorde (688 mg/kg TS /7/), hvorfor spredning af sedimentet generelt ikke umiddelbart vil forringe dyrkningsjordene. Minivådområderne M6 og M7, der har de højeste sedimentkoncentrationer (hhv. 5470 og 5030 mg P/kg TS), indeholder mere P end en gennemsnitlig kompost (2100 mg P/kg TS /8/), men mindre end det gennemsnitlige P-indhold i kvæggylle (7200 mg P/kg TS /8/).

Det skal understreges, at sedimentets P-indhold ikke kan relateres direkte til en gødningsværdi, da det ikke er undersøgt i hvilke fraktioner sedimentets P er bundet.

Sedimentets indhold af sporstoffer og tungmetaller

Resultaterne viser at ingen af de undersøgte minivådområders sediment overskrider Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier for stofferne Cu, Zn, Hg, Ni, Pb, Tl, Sb og Se. Det samme gælder umiddelbart også for Cr, da det antages at Cr her alene optræder i trivalent form. Specieringen af Cr i sedimenterne, hhv. Cr(III)/Cr(VI), bør dog undersøges yderligere, fordi der er et mere restriktivt krav for Cr i dens reducerede, hexavalente form.

Til gengæld overskrider 30% af minivådområderne Miljøstyrelsens kvalitetskriterium /6/ for As i jord. Yderligere overskrider 50% af minivådområderne kriteriet for Cd, 50% for Ba, og 10% for Mo. Samlet set overskrider 60% af de undersøgte minivådområder et eller flere af kvalitetskriterierne. Fordelingen stoffer i minivådområderne, der overskrider en eller flere af Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier, fremgår af figur 1. Figuren illustrerer spredningen mellem minivådområderne, ved at vise hvor mange procent de undersøgte sporstoffer og tungmetaller udgør af deres res-



Figur 1. Minivådområders (M1-M10) procentvise overholdelse af regulativer af en række tungmetaller efter Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier. Hver af de røde bjælker repræsenterer en gennemsnitskoncentration for et minivådområde. Overskrider et givent stof et kvalitetskriterium vil hele søjlen være rød.

spektive kvalitetskriterium.

Koncentrationer af sporstoffer og tungmetaller i de undersøgte ti minivådområder kan ses i tabel 2. Felternes farve repræsenterer de undersøgte minivådområders procentvise overholdelse af Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier. Den lyserøde farve afspejler koncentrationsniveauer, der enten er tæt på at overskride eller akkurat overskrider kvalitetskriteriet, hvorefter intensiteten af den røde farve afspejler, i hvor høj grad kriteriet er overskredet. Mørkegrå felter afspejler stoffkoncentrationer der udgør <1% af kriteriet.

Kvalitetskriterierne i Jordflytningsbekendtgørelsen svarer til Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier, på nær fraværet af kriterier

for Ni, Tl, Ag, Ba, Mo, Sb og Se. Sammenholdes sedimenternes stoffkoncentrationer med kriterierne i Slambekendtgørelsen, ser problematikken væsentlig anderledes ud, da der kun er én enkelt overskridelse – M8 overskrider kvalitetskriteriet for Cd. Det skal dog bemærkes, at det kun er stofferne Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn der indgår i Slambekendtgørelsen.

Perspektiver og videre undersøgelser

Undersøgelsens størrelse var i dette pilotprojekt begrænset til kun ti lokaliteter med hver kun tre sedimentprøver. Størrelsen på datasættet er derfor en begrænsende faktor i forhold til repræsentativitet. Fremtidige un-

Tabel 2. Minivådområders (M1-M10) gennemsnitlige stofkoncentrationer [mg/kg TS] (TS = tørstof) af en række potentielt miljøbelastende grundstoffer i sedimentet. Felternes farve afspejler koncentrationsforekomsten ift. Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier i procent, hvor 100% svarer til grænseværdien.

Regulativ overholdelse											
[mg/kg TS]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	%
As	4,69	6,96	5,11	24,4	2,04	13,5	171	21,0	8,83	5,97	>250
Cd	0,19	0,28	0,30	0,64	0,14	0,47	0,63	0,98	0,69	0,75	200
Cr	8,87	10,4	8,17	10,1	3,82	13,9	14,4	8,34	23,3	24,9	150
Cu	14,1	19,9	12,4	13,1	5,90	20,5	21,6	19,2	21,9	19,7	100
Hg	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03	0,04	0,01	0,06	0,05	50
Ni	7,61	10,4	6,71	10,7	3,38	12,7	11,1	16,6	16,6	19,8	
Pb	6,87	8,86	8,49	7,19	4,08	9,44	8,08	8,02	19,5	18,1	
Tl	0,11	0,14	0,11	0,11	0,06	0,13	0,18	0,26	0,20	0,22	
Zn	42,7	72,5	63,6	55,5	18,6	46,6	42,4	42,5	132	98,8	
Ag	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04	0,06	0,03	0,07	0,07	
Ba	53,6	53,8	54,2	135	10,3	216	381	51,7	114	138	
Mo	0,52	1,34	0,52	1,31	1,94	2,08	1,83	26,0	0,52	0,46	
Sb	0,09	0,14	0,11	0,16	0,08	0,15	0,24	0,38	0,14	0,10	
Se	0,30	0,60	0,49	1,00	0,14	0,66	1,29	2,89	0,95	0,70	

dersøgelser bør være baseret på et markant større datasæt.

Alligevel understreger fund af særligt As og Cd (der begge er kræftfremkaldende sporstoffer) vigtigheden af, at der laves klare retningslinjer for, hvordan minivådområders sediment fremover skal håndteres, både under og efter oprensning. Det er vigtigt at få fastslået, om sedimentet reelt udgør et miljø- og/eller arbejdsmiljøproblem – her ikke kun i forhold til selve håndteringen af sedimentet, men også ift. hvilken effekt spredning af det oprensede sediment har på dyrkningsjorden og afgrøder på længere sigt.

Arsen er naturligt forekommende og kan naturligt forekomme i stærkt forhøjede koncentrationer hvor jern-hydroxider udfældes fra reduceret grundvand. Der er så at sige en plausibel naturlig forklaring på dens tilstedeværelse i visse minivådområder. Tilstedeværelsen af Cd i forhøjede koncentrationer er derimod overraskende, da man i siden slut-1980-erne har haft faldende grænseværdier for cadmium (Cd) i handelsgødning /9/, og dengang havde stor bevågenhed på at nedbringe

Cd forurening af landbrugsjord /10/. De forhøjede forhold af Cd i sedimenterne i minivådområderne foreslås at skyldes enten 1), at lerpartikler beriget af fortidens gødskning med Cd, og fra dybere lag, fortsat udvaskes via dræne, og nu kan sedimenteres i minivådområderne, eller 2) at der er en årsagssammenhæng til nutidens arealanvendelse eller bedriftstype. Kilden til Cd-indholdet i minivådområder bør derfor undersøges nærmere.

De stoffer, som tilbageholdes og dermed akkumuleres i minivådområdet, stammer fra drænoplandet der føder minivådområdet med drænvand. Når minivådområdet med tiden er blevet fyldt op med sediment og derfor skal oprenses, bør det opgravede sediment spredes på et større areal – i princippet på hele oplandsarealet til minivådområdet – for at grænseværdierne i bekendtgørelserne ikke overskrides og man således ikke skaber et miljøproblem.

Referencer

/1/ Kjærgaard, C. og Hoffmann, C.C. 2017: Retningslinjer for etablering af konstruerede minivådområder med

overfladestømning - Design manual.

/2/ Kjærgaard, C. og Hoffmann, C.C. 2013: Konstruerede vådområder til målrettet reduktion af næringsstoffer i drænvand, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi og DCA – National Center for Fødevarer og Landbrug.

/3/ Landbrugsstyrelsen. 2022: Minivådområdeordningen 2022: Etablering af åbne minivådområder.

/4/ Grauert, M., Larsen, M. og Møllerup, M. 2011: Sedimentanalyser fra 70 regnvandsbassiner - Fokus på miljøfremmede stoffer

/5/ Kjølholt, J., Stuer-Lauridsen, F., Mogensen, A. S. og Havelund, S. 2002: Grundstofferne i 2. geled - et miljøproblem nu eller i fremover?, Miljøprojekt COWI Rådgivende Ingeniører A/S.

/6/ Miljøstyrelsen. 2021: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord, Miljø- og Fødevarerministeriet.

/7/ Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. og O'Connor, P. 2014, Chemistry of Europe's agricultural soils - Part A: Methodology and interpretation of the GEMAN data set

/8/ Holtze, A. og Backlund, A. 2002: Opsamling, opbevaring og udnyttelse af urin fra Museumsgården på Møn, Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning.

/9/ Miljøministeriet. 1989: Bekendtgørelse om indhold af cadmium i fosforholdig gødning, BEK nr. 223 af 05/04/1989.

/10/ Christensen, T.H. og Tjell, J.C. 1991: Cadmium in Danish agricultural soils, Soil research in Denmark, Folia Geographica Danica, Tom. XIX.

IDA-EMILIE FREDBERG NILSSON (idaemiliefn@gmail.com)

er uddannet geolog med speciale i jord, overflade- og grundvand. Nu ansat som akademisk medarbejder ved Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience. Denne artikel er baseret på Ida-Emilies speciale fra Geoscience, Aarhus Universitet.

CARL CHRISTIAN HOFFMANN (cch@ecos.au.dk) er seniorforsker ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet.

SØREN MUNCH KRISTIANSEN (smk@geo.au.dk) er lektor ved Institut for Geoscience, Aarhus Universitet.

Taksigelse

En stor tak til Henrik Stenholt for hjælp til udførelse af feltarbejdet.