



DMU

Danmarks
Miljøundersøgelser

Aarhus Universitet

Forsknings-, Overvågnings-
og Rådgivningssekretariatet
LMS

Sags nr.:

Ref.: LMS

20. september 2008

Udvikling af udlederkontrolsystem

I forbindelse med det første møde i den tekniske arbejdsgruppe "for implementering af den nyeste miljøteknologiske viden på dambrugsområdet i et nyt regelsæt" er der udarbejdet to notater af Miljøstyrelsen:

- Udvikling af udlederkontrolsystem
- Udledning fra dambrug – teoretisk og analysebaseret

I de to notater stilles nogle spørgsmål og der er fremkommet nogle kommentarer:

1. Hvis der indføres udlederkontrol, hvordan håndteres evt. nedsivning over plantelagunerne
2. Der er ikke umiddelbar forståelse for hvordan forurening påvirker recipient/urealistisk at opstille entydig sammenhæng mellem belastningen og påvirkningen af recipienttilstanden – kan der opsættes et system med grænser for udledning
3. Der synes ikke at være styr på vandforbruget i traditionelle dambrug og modeldambrug type 1
4. Hvordan tænkes udledning af medicin og hjælpestoffer ind i et kontrolsystem
5. Der er stor tvivl om hvorvidt den teoretisk beregnede udledning angiver en korrekt værdi [for faktiske udledning]. Kan der klarlægges entydige årsager til, at formlen for teoretisk udledning ikke stemmer overens med de målte udledninger. Findes der en måde hvorved formlen for den teoretiske udledning kan justeres, så den i højere grad afspejler de faktiske forhold
6. Er der basis for igangsættelse af projekt der baseret på faktisk målte udledninger og nogle produktions-/indretningsoplysninger kan bestemme faktiske udledninger. Kan der alternativt undersøges muligheden for at etablere en eller anden matematisk sammenhæng mellem dambrugenes foderforbrug og den faktiske udledning.

DMU vil i dette notat forholde sig til de stillede spørgsmål og den overordnede anbefaling er at der bør arbejdes videre med de rejste problemstillinger og det vil være muligt at lave udlederkontrol også for andre dambrug end modeldambrug type 3.

Indledning

Det er DMU's opfattelse at der godt kan indføres udlederkontrol, dvs. regulering af dambrug baseret på målte udledninger og ikke kun for modeldambrug type 3, men for en lang række andre dambrug. Det vil dog stille nogle krav og der vil være nogle forudsætninger, der skal overholdes. For industrivirksomheder i øvrigt, der reguleres jf. kap. 5 i Miljøbeskyttelsesloven foregår regulering af udledninger ved udlederkontrol.

Der er udviklet det statistiske formelapparat for kontrol af udledninger fra dambrug for både stoffer, der bør kontrolleres på koncentrationsforøgelse



Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 4630 1200
Fax: 4630 1114



Vejlsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 8920 1400
Fax: 8920 1414



Kalø
Grenåvej 14
8410 Rønne
Tlf.: 8920 1700
Fax: 8920 1514

EAN-nr.: 5798000867000

SE/CVR-nr. 10-85-93-87

dmu@dmu.dk

www.dmu.dk

over dambruget (ammonium kvælstof og BI_5) og på stofmængdeforøgelse (nitrat og total kvælstof samt total fosfor) (Larsen & Svendsen, 1998 a og b, Pedersen et al., 2003 og Svendsen og Pedersen, 2004). Det beskrives heri hvor mange prøver, der bør tages og hvordan udlederkontrollen beregnes ved valg af forskellige sikkerhed for recipient og dambrugeren – og hvor der er givet anbefalinger ift. antal prøver og valgt usikkerhed for miljøet. Såfremt man sikrer sig, der er veldefineret indløb (et evt. flere) til og afløb (el evt. flere) fra et dambrug og bestemmer vandmængden (som minimum over de døgn, der udtages vandkemiske prøver til udlederkontrollen) samt udtager puljede døgnprøver med de anbefalede frekvenser kan der foretages beregning af om udlederkravene er overholdt med en given sikkerhed. Det vil gælde både modeldambrug type 1, 2 og 3 og traditionelle dambrug, men forudsat at de omtalte tilløb og afløb er veldefinerede og målbare.

Ved dambrug med større variabilitet i vandindtag og afløb vil der være behov for hyppigere prøvetagning af puljede vandkemiske prøver (fra 26 evt. op 52 afhængigt af den ønskede statistiske sikkerhed) og her bør der være kontinuert registrering af vandmængder gennem hele året (alle dage) i såvel indløb som afløb.

Overholdelse af udlederkravene kan når man har målt et år principielt beregnes rullende hver gang et nyt sæt prøver er modtaget – og kan (dog med større usikkerhed) også beregnes f.eks. allerede efter et $\frac{1}{2}$ års målinger, så det kan vurderes om der er risiko for at udlederkravene ikke vil blive overholdt på årsbasis, således at der skal sikres reducerede udledninger og større stabilitet i disse.

Der anbefales fastholdelse af puljet prøvetagning over et døgn pr. vandprøve. Forslag om anvendelse af kontinuerte målinger for kemiske parametre kræver for de fleste en ret omfattende daglig pasning/rengøring af måleinstrument, hyppige kalibreringer og justeringer og efterfølgende fortolkning af data. For flere kemiske kontrolparametre viser erfaringen at der ikke findes tilstrækkeligt pålidelige instrumenter og de målte data skal anvendes med stor forsigtighed og kan være meget usikre og ikke sammenlignelige med analyser på udtagne vandprøver. Instrumenter kan være meget dyre i anskaffelse og drift og man vil i givet fald under alle omstændigheder også skulle tage døgnprøver for nogle parametre, hvilket i høj grad vil fordyre prøvetagning. Kontinuerte registreringer er gode ift. driften og optimeringen heraf, hvor det ikke nødvendigvis er præcisionen i selve målingerne, der er afgørende, snarere variationer over kortere tid og udvikling i værdierne, der er relevant. For visse parametre er der udviklet egnet kontinuert udstyr som ilt, pH, ammonium kvælstof og evt. turbiditet (som alle kræver dog en del pasning), vandmængder/vandstand samt temperatur.

Ad 1 Nedsivningsproblematikken:

Det blev under måle- og dokumentationsprojektet for modeldambrug over flere af plantelagunerne på de 8 modeldambrug, der blev monitoreret under forsøgsordningen målt, beregnet at der specielt i første måleår var enten en

betydende nettoudsivning ud af bund og sider på plantelagunerne eller i et par tilfælde en større nettoindsivning (Svendsen et al, 2008). For 7 af de 8 plantelagunerne viste målingerne at der i andet måleår var reduceret netto vand ud-/eller indsivning ift. første måleår og kun 2 dambrug havde en nettoudsivning på over ca. 20 % mod 6 i det første måleår. Det antages, at der sker en gradvis tilstopning af de porer som vandet siver ud af/ind igennem samtidig med at evt. utætheder ved faskiner/gamle rør er blevet stoppet.

Ved en nettoudsivning kan der følge opløste stoffer (ammonium, nitrat, opløst fosfor, opløst organisk stof m.fl.) med vandet. Såfremt en andel af dette stof umiddelbart strømmer til vandløbet nedstrøms et dambrug bør det betragtes som en del af udledningen fra dambruget. Men ved recirkulerede anlæg, der anvender dræn og overfladenært grundvand oppumpet nær ved dambruget vil en del af nedsivningsvandet genindvindes. Endvidere vil nitrat i høj grad kunne omsættes i den umættede zone i ådale med sandede jorde indeholdende pyrit-/jernforbindelse). Opløst fosfor vil i høj grad bindes til jordpartiklerne i ådalen og BI_5 vil grundet lang opholdstid omsættes. Noget af det opløste kvælstof og fosfor der når grundvandet vil også henholdsvis kunne omsættes og bindes, mens en andel af stoffet kan nå frem via grundvand til vandløb eller havet. Vi kan dog ikke på nuværende tidspunkt udtale os sikkert om, hvor meget stof der potentielt kan nå vandløb og grundvand. Det vil afhænge af bl.a. strømningsmæssige (hydrauliske)-, jordbundsmæssige- og topografiske forhold og plantelagunerens placering ift. recipienten, men ved en nettoudsivning på under 10 % vil det helt givet være meget lidt stof, der under alle omstændigheder vil nå vandløbet/fjernrecipient, forudsat der ikke er tale om et direkte vandtab fra plantelagunen til vandløbet.

Det er behov for en nærmere undersøgelse nærmere ved nogle udvalgte modeldambrug af stoftab ved nettoudsivning over plantelaguner og hvor stoffet ved modeldambrug type 3 for at kunne muliggøre en hensyntagen hertil ved beregning af de faktiske udledninger.

Er der tale om nettoindsivning sker der reelt en ekstra stoftilførsel til plantelagunen som kommer dambrugeren til ugunst og som ved stor nettoindsivning kan betyde at den målte nettoensegrad over plantelagunen for visse stoffer (f.eks. fosfor) kan være negativ (Svendsen et al, 2008).

For dambrug med lavere recirkuleringsgrad end modeldambrug type 3, som f.eks. modeldambrug type 1 vil nedsivningen, grundet større gennemstrømning gennem plantelagunen, være af relativ mindre betydning (vandbalancen vil passe bedre).

Det kan anbefales at man måler vandbalancen over plantelagunen ved kontinuerte registreringer i ind- og udløb fra plantelaguner på især modeldambrug type 3 for at klarlægge om der er et væsentlig vandtab over plantelagunerne. Ved modeldambrug type 1 kan det evt. estimeres ved under læn-

gerevarende tørre sommerperioder og under stabil drift at lave samtidige vandføringsmålinger i tilløb og afløb fra plantelagunen.

Ad 2 Sammenhæng mellem belastning og påvirkning

I forbindelse med fastlæggelse af målsætninger i vandløb anvendes sammensætningen af smådyrsfaunaen på vandløbsbunden bestemt ved Dansk Vandløbsfaunaindeks (se f.eks. *Skriver et al., 1999*). Smådyrsfaunaen påvirkes såvel af de fysiske forhold herunder substrat (sten, grus, sand, slam m.v.), strøm (hvor hurtigt vandet strømmer), pH, temperatur og ilt m.fl. og variationen heri som de kemiske forhold som f.eks. ammonium, kvælstof, BI_5 samt nogle andre stoffer direkte (f.eks. toksicitet) eller indirekte gennem f.eks. iltforbrug når organisk stof omsættes. Endvidere har også de forskellige arters mulighed/potential for at sprede sig/indvandre betydning. For at kunne fastlægge en målsætning skal der derfor være en viden om, hvilket faunasamfund, der kan forventes med de givne fysiske forhold forudsat en given mængde/sammensætning af kemiske stoffer. Der er således en sammenhæng mellem belastning og påvirkning indenfor de givne fysiske rammer og det er på basis heraf at målsætning kan opstilles f.eks. i relation til vandplaner under vandrammedirektivet.

Belastningen med kemiske stoffer vil typisk stamme fra forskellige kilder i oplandet, dvs. forskellige punktkilder (som afløb fra renseanlæg, industri, regnvandsoverløb, dambrug) og diffuse kilder (landbrug, spredt bebyggelse, naturarealer). I forhold til stoffer der omsættes hurtigt og forbruger ilt, samt ift. toksicitet (eller grundet slamaflejringer) vil det være nære kilder som påvirker mest, mens det i forhold til stoffer hvor det er mængden der kan give uønskede effekter som fosfor og nitrat i fjorde og marine områder er det primært summen af udledningerne, der har betydning.

Det er derfor muligt at lave en vurdering af betydning af forskellige udledninger fra et dambrug for vandløbskvaliteten på en nedstrøms vandløbsstrækning eller nedstrøms sø ift. et dambrug, men præcisionen af vurdering vil afhænge af hvor godt man har styr på andre udledninger, hvor store disse er og variationen heri m.v. Det er derfor fagligt muligt, at lave en vurdering af påvirkning ved at ændre udledninger fra et dambrug, såfremt man får styr på hvordan udledningen fra andre kilder udvikler sig.

Ad 3 Ej styr på vandforbruget

En udlederkontrol forudsætter at der er styr på vandforbruget, dvs. at man måler alt det vand der tages ind til produktionen og alt det der udledes. Det er principielt ikke noget problem, at der er større dag til dag variationer eller hen over året i vandforbruget, som det ses på traditionelle dambrug, blot det bliver registreret. Ved stabilt vandindtag/-afløb kan man i princippet nøjes med at måles på de f.eks. 26 (evt. 12) prøvetagningsdøgn i indløb og afløb, optimalt er dog kontinuert registrering. Hvor vandforbruget varierer meget bør der stilles krav til hyppigere målinger helst kontinuert over hele året i indløb (et eller flere) og afløb (et eller flere). Det vil være hensigtsmæssigt for de fleste dambrug at samle vandindtag til et maksimalt to

steder og tilsvarende for udløb, da prøvetagnings og analyseomkostninger ellers kan blive store.

Ved meget variabilitet i vandindtag (vandafløb) vil det være nødvendigt at der også tages flere årlige prøver til vandkemiske analyser end ved mere stabile forhold for at sikre tilstrækkelig sikkerhed på fastlæggelse af om udlederkravene overholdes.

Et projekt kan give specifikke anvisninger.

Ad 4 Hvordan tænke medicin og hjælpestoffer ind i kontrolsystem

Hvis betingelserne er opfyldt for at lave sikker kontrol af overholdelse af tilladte udledninger af kvælstof, fosfor og organiske stof, er det principielt også muligt at lave udlederkontrol på i hvert fald nogle medicin og hjælpestoffer.

Problemstillingen kompliceres dog dels af at medicin og hjælpestoffer typisk anvendes episodisk, dvs. ved tilsætning i en kort periode, hvor koncentrationen er høj og så længere perioder hvor stoffet ikke er tilstede. Udtages der kun vandkemiske prøver f.eks. 12 eller 26 gange (døgn) pr. år vil sandsynligheden for at fange udledninger ikke være stor, mens nogle dambrugere kan være uheldige at der netop måles de få gange, de har tilsat stoffet og de målinger så repræsenterer hele året. Det vil være meget kostbart at skulle tage meget hyppige prøver. En mulighed er for de stoffer, der ikke når at blive omsat på dambruget via modelberegninger og opholdstidsbetragtninger, at igangsætte udtagning af prøver i en passende periode efter tilsætning af stoffet, når udledninger fra dambrug kan forventes, mens der ikke nødvendigvis skal udtages vandkemiskprøver, når det er sikkerhed for at der ikke er udledninger af medicin- og hjælpestoffer..

Man skal være opmærksom på at nogle stoffer vil forekomme i meget lave koncentrationer, som giver analytiske problemer at måle og visse stoffer er kostbare/vanskelige at analysere for.

Baseret på modelberegninger ud fra tilsatte mængder, vandmængder, recirkulering, opholdstid m.v. kan en teoretisk udledning beregnes, herunder hvornår maksimale koncentrationer når frem i afløb fra et dambrug. Det er således mulig at beregne teoretiske udledninger, men som for næringsstoffer vil der være behov for at validere disse, da driftspraksis, dambrugets indretning, plantelagunernes beskaffenhed m.m.m. vil influere på de reelle udledninger.

I et projekt kan man opstille strategier for de forskellige medicin- og hjælpestoffer til at fastlægge udlederkontrol på - for de stoffer hvor det overhovedet vurderes muligt.

Ad 5 "Teoretiske udledninger" -formel, usikkerheder

Den såkaldte teoretiske udledning som anvendes i dambrugsbekendtgørelsen er en formel, som ikke rettelig kan betegnes som værende baseret på

teori, men udviklet til brug i dambrugsadministrationen. Typisk overestimerer den teoretiske beregnede udledning udledningen der rent faktisk måles (se f.eks. *Larsen, 2008*).

Den teoretiske udledning er baseret på ligningen:

(indløbsbidrag + produktionsbidrag) - (egenomsætning + sedimentation + rensning) = udledning

Ligningen er i sig selv rigtig, problemstillingen opstår ift. fastlæggelsen af de variable, der indgår i ligning. Indløbsbidraget kræver at man ud fra kendskab til indtagne vandmængder og koncentrationen heri kan beregne den med passende sikkerhed. Er det grundvand, der anvendes vil man kunne nøjes med relativt få (f.eks. max. 12 døgnpuljede) prøver til vandkemisk analyse og registrering af vandindtag (typisk med et vandur/flowmåler) evt. kun på prøvetagningsdage). Anvendes indtag fra vandløb varierer såvel vandindtaget samt ikke mindst koncentrationen af de kemiske stoffer, hvorfor en væsentligt hyppige prøvetagning (puljede døgnprøver) vil være nødvendigt - mellem 26 og op til 52 prøver for at få tilstrækkelig sikkerhed. Mængderne beregnes ved at lave lineær interpolation mellem målte koncentrationer (og vandmængder, hvis det ikke er målt kontinuert) så der etableres døgnværdier af koncentration og vandmængder, så kan mængderne umiddelbart beregnes på døgnbasis og summeres til en årsværdi/værdi for en kontrolperiode.

Produktionsbidrag fastlagt efter reglerne i dambrugsbekendtgørelsen giver for høje værdier ift. hvad der kan måles/bestemmes og det er ikke DMU bekendt, hvordan værdierne er fremkommet. Men det er muligt at regne sig frem til et godt estimat på produktionsbidraget. DTU-AQUA har lavet et regneark, der beregner produktionsbidraget for kvælstof, fosfor og organisk stof, såfremt man har de nødvendige informationer (*Pedersen et al., 2003*). Der kræves kendskab til fodersammensætning (protein, fedt, kulhydrat, træstof og fosfor) og den forudsatte eller realiserede foderkvotient. Der skal bruges data for foderets fordøjelighed, enten ved at tage det fra konkrete analyser af det anvendte foder eller ved at bruge gennemsnitstal for normale fodertyper (typiske værdier er 93 % (korrigeret 90 %) for protein, 93 % for fedt (korrigeret 90 %), 69 % for kulhydrat (korrigeret 57 %) og 0 % for træstof) (se *Pedersen et al., 2003* og *Svendson et al., 2008*). Der vil være behov for at justere disse værdier ved udvikling af nye fodertyper og man skal være opmærksom på at foderdeklarationerne har en vis usikkerhed på de angivne værdier.

I formelen for beregning af produktionsbidraget anvendes også værdier for indhold af kvælstof og fosfor i dambrugsfisk, hvor dambrugsbekendtgørelsen opererer med henholdsvis 3 % for kvælstof og 0,5 % for fosfor, men hvor målinger og litteraturstudier viser at for ørred i typisk produktionsstørrelse (300- 800 g) bør værdierne ansættes til 2,75 % kvælstof og 0,43 % fosfor (*Svendson et al., 2008*). Endelig skal der estimeres et foderspild, som er ret individuelt fra dambrug til dambrug, men hvor det indtil videre anbefales at anvende 1 % (*Svendson et al., 2008*). Der er en vis usikkerhed på dette

tal som for de fleste dambrug vil være relativt højt ansat (forsigtighedsbetragtning).

På modeldambrug type 3 er der givet forslag til nettorensgrader over disse som omfatter egenomsætning, rensning og sedimentation under et på henholdsvis 50 % for kvælstof, 76 % for fosfor og 93 % for BI_5 baseret på det omfattende måle- og dokumentationsprogram for modeldambrug (Svendsen *et al.*, 2008). Der er i samme rapport givet anbefalinger til arealspecifikke fjernelser for plantelaguner på henholdsvis $2,7 \text{ g N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, $0,18 \text{ g P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ og $4,4 \text{ g } BI_5 \text{ m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Fjernelsesraterne for plantelagunerne vil kunne anvendes for andre dambrugstyper, da plantelagunerne på modeldambrug type 3 generelt vil være mindre belastet pr. arealenhed end ved andre dambrugstyper.

For modeldambrug type 1 er der behov for at analysere allerede indsamlede egenkontrolldata og supplere med nogle målinger over henholdsvis produktionsenhederne og plantelagunerne for at kunne etablere rensgrader (inkl. egenomsætning, sedimentation) for disse. For traditionelle dambrug er der i dambrugsbekendtgørelsen defineret nogle værdier for egenomsætning, rensning og sedimentation for forskellige stoffer, men de faktiske værdier vil variere meget, da ikke mindst sedimentation/rensning meget påvirkes af kvaliteten af det vand, der indtages fra vandløb. Derfor vil der ved et reduceret vandindtag fra vandløb tilsyneladende i nogle tilfælde kunne ske en reduktion i sedimentationen/rensningen for f.eks. suspenderet stof. Den såkaldte "egenomsætning" bør ikke adskilles fra rensning og sedimentation, men ses samlet som en del af rens/omsætningsprocesser på dambrug. For traditionelle dambrug anbefales, at man foretager en erfaringsopsamling og afklarer mulighederne for at lave en justering af egenomsætning + rensning + sedimentation = samlet rensning.

Der er således gode muligheder for at sikre at den teoretiske beregnede udledning kan komme bedre i overensstemmelse med de faktiske udledninger.

Ad 6 Anvendelse af målinger for faktiske udledninger og mulighed for at etablere formelsammenhæng mellem dambrugenes foderforbrug og den faktiske udledning

Der henvises til selvstændigt notat udarbejdet af DMU (Larsen, 2008), *Statistisk vurdering af den analysebaserede og den teoretisk beregnede udledning af stofferne kvælstof (N), fosfor (P) og BI_5 fra ferskvandsdambrug*.

For ferskvandsdambrug, hvor der er flere års målinger er det muligt at opstille relationer mellem teoretisk beregnet og analysebaseret beregnet udledninger fra ferskvandsdambrug med inddragelse af dambrugstype og rensemetode, men der er en del variation mellem de forskellige relationer. Men for at få sikre relationer kræves mindst 12 prøvesæt og gerne flere pr. dambrug. Det er tydeligt at dambrugstype og rensemetode samt indirekte også foderforbrug har stor betydning for den sammenhæng, der kan opstil-

les mellem teoretisk beregnet og målte udledninger, hvorfor man skal have et godt kendskab til disse. Relationerne kan forbedres efterhånden som der opnås flere prøvesæt med over 12 (26) årlige målinger.

Som der er argumenteret for under punkt 5 er der umiddelbart gode muligheder for at sikre at den teoretiske beregnede udledning kan komme bedre i overensstemmelse med de faktiske udledninger.

Referencer:

Larsen, S.E. (2008): Statistisk vurdering af den analysebaserede og den teoretisk beregnede udledning af stofferne kvælstof (N), fosfor (P) og BI₅ fra ferskvanddambrug. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser, 10 pp.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998 a). Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998 b): Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Pedersen, P.B., Grønberg, O. og Svendsen, L.M. (2003): Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183, 84 pp.

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NOVA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 16.

Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04, 118 p.

Svendsen, L.M., Sortkjær, O., Ovesen, N.B., Skriver, J., Larsen, S.E., Boutrup, S., Pedersen, P.B., Rasmussen, R.S., Dalgaard, A.J.T. og Suhr, K. (2008): Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug". DTU Aqua-rapport nr.: 193-08, 226 pp