

Vejledning til et nyt monitorings-/måleprogram med fokus på at opnå fyldestgørende viden om afledte effekter fra drænvirkemidler i vandløb

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: December 2024 | **67**



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Vejledning til et nyt monitorings-/måleprogram med fokus på at opnå fyldestgørende viden om afledte effekter fra drænvirkemidler i vandløb

Forfattere: Torben L. Lauridsen og Jes Klitten Rasmussen
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Mikkel Boel
Kvalitetssikring, DCE: Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring: Anne Mette Poulsen

Rekvirent: SEGES Innovation

Bedes citeret: Lauridsen, T.L. & Rasmussen, J.K. 2024. Vejledning til et nyt monitorings-/måleprogram med fokus på at opnå fyldestgørende viden om afledte effekter fra drænvirkemidler i vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. Fagligt notat nr. 2024|67

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Baggrund: Dette notat er skrevet på baggrund af en henvendelse fra SEGES, som med udgangspunkt i projektet "Forbedret grundlag for implementering af drænvirkemidler", finansieret af Promilleafgiftsfonden, har bedt Ecoscience v. Aarhus Universitet om udarbejde en vejledning til vurdering af effekter fra drænvirkemidler i vandløb.

Foto forside: Minivådområde ved Rødding, Torben Lauridsen

Sideantal: 17

Indhold

1	Formål, indhold og baggrund	4
	Formål	4
	Indhold	4
	Baggrund	4
2	Drænvirkemidler	5
3	Potentielle indikatorer/parametre	7
4	Kriterier for valg af en målbar parameter	8
	4.1 Respons af biologiske parametre	8
	4.2 Respons af fysisk/kemiske parametre	10
	4.1.1 Hydrologisk regime	10
	4.2.2 Ilt-og temperaturforhold	10
	4.3.3 Kemiske forhold	11
5	Måleprogram, metode og tidspunkt	12
	5.1 Virkemidler ved kilden – kemiske/fysiske variable	12
	5.2 Transportvirkemidler – kemiske/fysiske variable	13
	5.3 Transportvirkemidler – biologiske kvalitetselementer	14
	5.4 Kan nogle parametre vurderes/bedømmes visuelt?	15
6	Referencer	16

1 Formål, indhold og baggrund

Formål

Formålet med dette notat er at udarbejde en kort vejledning til et måleprogram, som har potentiale til at kunne anvendes af oplandskonsulenter og kommuner ved implementering af drænvirkemidler, med henblik på at vurdere effekter af etablerede virkemidler, der er iværksat i et opland for at reducere næringsstoftransporten, ud fra parametre, der har betydning for et vandløbs tilstand.

Indhold

På baggrund af eksisterende viden omfatter notatet: 1) en beskrivelse af biologiske kvalitetselementer og fysisk/kemiske parametre, som med fordel kan anvendes til vurdering af effekter af drænvirkemidler i vandløb, og 2) en beskrivelse af, hvorledes et måleprogram kan sammensættes.

Baggrund

Dette notat er skrevet på baggrund af en henvendelse fra SEGES, som med udgangspunkt i projektet "Forbedret grundlag for implementering af drænvirkemidler", finansieret af Promilleafgiftsfonden, har bedt DCE v. Ecoscience, Aarhus Universitet, om at udarbejde en vejledning til vurdering af effekter fra drænvirkemidler i vandløb.

Jævnfør det Nationale Program for Vand og Natur (NOVANA) vurderes vandkvalitet, vandføring samt fysiske og økologiske forhold i vandløb i dag vha. et antal biologiske kvalitetselementer (indikatorer). Hvert kvalitetselement har tilknyttet et indeks, der gør det muligt at beregne en tilstand på baggrund af en teknisk anvisning (TA). For makroinvertebrater anvendes således TA V07 (Makroinvertebrater i vandløb), vandplanter (TA V17 Vandplanter i vandløb), fisk (TA V18 Fiskeundersøgelser i vandløb) samt fysisk/kemiske forhold (TA V05 Dansk Fysisk Indeks DFI og fx DT06 Vandkemi og feltmålinger i vandløb) eller hydrologisk regime (TA B02 Hydrometriske stationer, TA B03 Vandføringsmåling med vingeinstrument).

Det vil sige, at man som udgangspunkt kan anvende disse eller et relevant udvalg af disse anvisninger til vurdering af effekter af drænvirkemidler i vandløb. Hvorvidt et kvalitetselement eller en parameter er en god indikator til vurdering af et virkemiddel, afhænger dels af virkemidlets effektivitet på den pågældende lokalitet, og dels af indikatorens responstid og sensitivitet i forhold til en afledt effekt af et virkemiddel. Der må således formodes at være forskelligt respons fra de enkelte indikatorer.

2 Drænvirkemidler

Når vi taler om drænvirkemidler, kan disse inddeles i to forskellige kategorier:

Virkemidler ved kilden, som kan være:

- a. Skovrejsning
- b. Efterafgrøder
- c. Tidlig såning af vinterafgrøder
- d. Præcisionsbestemt gødskning
- e. Reduceret jordbearbejdning

Transportvirkemidler

- f. Drænvandsoverrisling
- g. Minivådområder
- h. Matrice minivådområder
- i. Styret dræning
- j. Intelligente bufferzoner
- k. Mættede bufferzoner
- l. Restaurerede ripariske vådområder
- m. Gendannede lavvandede søer

Virkemidler ved kilden handler om omlægning af landbrugsareal til skov/anden form for natur eller ændring i dyrkningspraksis, dvs. ændring i timing, gødskningspraksis eller jordbearbejdning, som alt sammen kan have en effekt på næringsstofkoncentrationen i drænvand. Anvendelse af virkemidlet skovrejsning ved kilden kan have en langsigtet effekt i vandløbet. Responstiden til eventuelt målbare positive ændringer af økologiske tilstandselementer kan dog være relativt lang, dels pga. en forsinkelse fra implementeringen forårsaget af en "hukommelse" i oplandet i form af lagret næringsstof i jorden, og dels fordi effekter af virkemidler på fx hydrologi og sedimenttransport langsomt vil forbedre de hydrologiske og fysiske forhold. De øvrige virkemidler i denne kategori vil primært kunne påvirke næringsstoftransporten til vandløbene med en mulig positiv effekt på vandplantesamfund og bentiske algesamfund.

Transportvirkemidlerne omhandler alle en ændring i drænvandets transportvej fra kilden (marken) til vandløbet, hvor drænvandet undervejs passerer forskellige former for næringsstofreducerende virkemidler. Transportvirkemidlerne kan forventes at have en umiddelbar effekt på vandkvaliteten, da virkemidlerne fungerer som en form for filter mellem kilden og vandløbet, men effekterne af disse virkemidler er centralt afhængige af den rumlige skala, som de implementeres i.

Til dato er de fleste restaureringsprojekter foretaget i ripariske områder langs vandløb, hvor den naturlige hydrologi i ådalen gendannes ved afskæring af dræn og grøfter, etablering af bufferzoner, genslyngning af vandløbets forløb og etablering af vandhuller/søer samt vådområder. I forbindelse med gennemførelsen af vandmiljøplanerne og de tilhørende vandplaner er der indtil 2020 gendannet >2.600 ha søer og >21.000 ha vådområder (Hoffmann m.fl. 2020). Disse projekter hører alle under kategorien transportvirkemidler (jf. ovenfor) og må formodes at kunne have en umiddelbar effekt på et nedstrøms liggende vandløb.

3 Potentielle indikatorer/parametre

Vandkvalitet i vandløb vurderes ud fra en række økologiske og fysik kemiske parametre. De økologiske parametre er:

- Makrofyter
- Fiskefauna
- Makroinvertebrater
- Bentiske alger

Og fysisk/kemiske parametre:

- Hydrologisk regime
- Generelle fysisk/kemiske forhold, fx partikler (suspenderet stof), ilt, temperatur, pH m.fl. og vandkemi

Dette er alle parametre, som forventes at kunne respondere på ændrede forhold i oplandet/vandløbet gennem implementering af virkemidler. Tidshorisonten, hvormed den enkelte parameter responderer, kan imidlertid variere meget.

4 Kriterier for valg af en målbar parameter

I et monitorings-/ måleprogram er det vigtigt, at der anvendes parametre, som må forventes at respondere umiddelbart på effekter af drænvirkemidler. Dette kan eksempelvis være en biologisk parameter, som reagerer på ændringer i fx iltkoncentration og/eller temperatur, eller fysisk-kemiske parametre i sig selv.

4.1 Respons af biologiske parametre

Makrofyter

- Lys – Vandplanter reagerer på ændrede lysforhold. Svækkes eller forbedres lysforholdene, vil planterne hhv. reducere eller øge deres udbredelse, ligesom sammensætningen kan ændres.
- Hydrologi – Ændrede hydrologiske forhold kan have en effekt. En ekstremhændelse (ekstrem nedbør) med direkte afløb til vandløb kan resultere i hurtige og kraftige stigninger i vandføring, som kan resultere i løsrivelse og dermed drift af vandplanter med en efterfølgende negativ effekt på fiskefaunaen og makroinvertebrater. Kan man forhindre ekstremhændelser, vil det alt andet lige forbedre forholdene for vandplanterne.
- Næringsstoffer – Reduktion af næringsstofkoncentrationer vil kunne påvirke plantesamfundene i retning af øget forekomst af plantearter med lavere vækstrate (fx arter af vandaks), hvilket kan forbedre den økologiske tilstand.

Fiskefauna

- Ilt – Fisk reagerer på iltkoncentrationen. Falder iltkoncentrationen under 30 % iltmætning (ca. 2-4 mg ilt/liter, afhængigt af temperaturen), er det kritisk, og de fleste fiskearter flygter eller dør (Smale & Rabeni 1995). Især laksefisk er følsomme over for lave iltkoncentrationer.
- Temperatur – Fisk reagerer også på temperaturændringer. Mange fiskearter, som primært findes i vandløb, foretrækker generelt køligt vand (fx bækørred, laks, stalling og bæklampret). Eksempelvis har flere laksefisk vækstopimum ved 9-18 °C, afhængigt af fødetilgængelighed (Elliot 1975b; Elliott & Elliott 2010), men foretrækker 13-14 °C (Peterson m.fl. 1979). Udsættes laks for temperaturer over 20 °C, begynder deres reproduktionsevne at falde (King m.fl. 2003). Forskellige fiskearter har generelt forskellige krav til temperaturer ift. gydning og overlevelse.
- Fysiske forhold – Fiskeynglen og de ældre stadier kræver egnede opvækstområder. Her er eksempelvis mængden af egnede vinterskjul (større sten), træørdder og variation (fx dødt ved) i vandløbet og standpladser med egnet fødegrundlag vigtige for vinteroverlevelsen (Dehli & Nielsen 2023). Herudover kræver fisk gode gydehabitater, dvs. ofte strækninger med høller og stryg med tilhørende grusbanker til sikring af reproduktionsevnen. Dækkes habitaterne af fine partikler eller sand, skabes en homogen mudder- eller sandbund, som ødelægger levede grundlaget. Forskellige fiskearter har forskellige krav til substratforhold ift. gydning og overlevelse.

Makroinvertebrater

- Ilt – Makroinvertebrater reagerer ligesom fisk på iltkoncentrationen i vandet. Ilt måles ikke nødvendigvis direkte som en del af de nationale vandløbsmåleprogrammer, men BI5 (biologisk iltforbrug ved mikrobiel respiration – angiver iltforbrugende processer som indikator for tilgængelig ilt i vandet) kan anvendes som et alternativ til iltkoncentrationer. Overstiger BI5-koncentrationen ca. 2 mg/liter, forsvinder de mere følsomme og ”gode” indikatorarter som døgnfluer og slørvinger (Sundermann m.fl. 2015). Omvendt, hvis iltkoncentrationen øges, vil der kunne ske en forbedring af den økologiske tilstand gennem indvandring af de ”gode” indikatorarter.
- Fysiske forhold – Makroinvertebrater er ligesom fiskene afhængige af optimale substrat- og sedimentforhold i vandløbet. Forskellige arter har forskellige præferencer og tålegrænser for sammensætningen af substrat. Generelt kan øget diversitet i substratforhold medføre, at flere forskellige arter kan få opfyldt deres krav til levestederne. En ændring fra en mudderdomineret bund til mere diverse substratforhold (mudder, sand, grus og sten) – suppleret med trærodder og dødt ved forbedrer forholdene for de fleste ”gode” arter.
- Hydrologi – Ændrede hydrologiske forhold kan have en effekt på makroinvertebratsamfundet. En ekstremhændelse (ekstrem nedbør) med direkte afløb til vandløb kan resultere i drift af makroinvertebrater. Makroinvertebraterne er dog forventeligt mere følsomme over for ekstremt lave vandføringer, hvor der samtidig også kan opstå kritisk høje temperaturer og kritisk lave iltkoncentrationer. Kan man med drænvirkemidler forhindre både de ekstremt høje og lave vandføringer, vil det bidrage til forbedrede forhold for makroinvertebraterne.

Bentiske alger

- Lys – Bentiske alger responderer på lys ligesom vandplanterne. Der er dog endnu ikke tilstrækkelige erfaringer med de bentiske alger under danske forhold til at komme med et kvalificeret bud på forventet respons fra indikatorarter.
- Fysiske forhold – Bentiske alger vil reagere på en ændring fra mudderbund til sand/grusbund. Som nævnt ovenfor er der stadig ikke tilstrækkeligt kendskab til betydningen af dette for artssammensætningen.
- Hydrologi – Ændrede hydrologiske forhold må også formodes at have en effekt. Men, som nævnt, er der ikke tilstrækkeligt fagligt grundlag til at vurdere betydningen af dette for artssammensætningen.
- Næringsstoffer – Reducerede næringsstofkoncentrationer vil kunne ændre artssammensætningen af de bentiske algesamfund i retning af større dominans af arter med god indikatorværdi (jf. højere økologisk tilstand).

4.2 Respons af fysisk/kemiske parametre

4.2.1 Hydrologisk regime

- Afstrømning – Afstrømningen vil respondere på nedbørshændelser, men responset vil afhænge af virkemidlet. Anvendes et "virkemiddel ved kilden", vil nedbørshændelser ikke nødvendigvis påvirke afstrømningen, hvorimod et "transportvirkemiddel" ofte, men ikke altid, kan forsinke afstrømningen. Dog vil virkemidlet skovrejsning (et "virkemiddel ved kilden") på længere sigt kunne medvirke til at reducere både de ekstremt høje (øget retention af nedbør på arealet) og de ekstremt lave vandføringer (fx vil skygning af vandløbets overflade kunne medføre en lavere fordampning fra vandløbet samt reducere vandtemperaturen).
 - Der vil kunne ske en forsinkelse af vandets transport til vandløbet ved anvendelse af drænvandsoverrisling, matrice mini-vådområde, intelligent bufferzone og mættet bufferzone (pga. et indlagt "filter"). En forsinkelse af vandets transport til vandløbet under ekstreme nedbørshændelser vil kunne medføre, at:
 - den maksimale vandføring reduceres.
 - jorderne i de vandløbsnære arealer vil indeholde mere vand i længere tid, hvilket vil kunne reducere sandsynligheden for kritisk lave vandføringer.
 - Der vil ikke ske en forsinkelse ved anvendelse af mini-vådområder og styret dræning.
- Partikeltransport – Partikeltransport (suspenderet stof) vil respondere på nedbørshændelser, men responset vil også afhænge af virkemidlet.
 - Virkemidler ved kilden, såsom skovrejsning, efterafgrøder og vinterafgrøder, kan reducere partikeltransporten, men ikke præcisionbestemt gødsning.
 - Alle transportvirkemidler vil reducere partikeltransporten til gavn for et vandløb.

4.2.2 Ilt- og temperaturforhold

- Ilt – Ilt kan måske respondere på transportvirkemidler.
 - Mikrobielle processer vil forbruge ilt i vandet, når vådområder oversvømmes. I teorien vil disse mikrobielle processer forløbe hurtigere med stigende næringsstofkoncentrationer og dermed hurtigere forbruge ilten i vandet. Derfor kan det vand, som returneres fra vådområder til vandløb, når vandføringen atter falder, være helt iltfrit og dermed give anledning til kritisk lave iltkoncentrationer i vandløbet. Dette vil sige, at vådområder, etableret på gammel landbrugsjord og dermed med højt indhold af næringsstoffer, kan have negative effekter på vandløbenes økologi. Væsentlige elementer i

denne problematik er størrelsen (vandføringen) i det modtagende vandløb samt hastigheden, hvormed vådområdet afvandes. Disse faktorer har betydning for sandsynligheden for, at det iltfrie vand fra vådområdet kan påvirke iltkoncentrationen i vandløbet i tilstrækkeligt omfang til at skabe negative økologiske effekter. Med undtagelse af matrice vådområder er der generelt ikke observeret reduktioner i iltindhold ved anvendelse af minivådområder, drænvandsoverrisling, intelligent bufferzone og mættet bufferzone (Zacho m.fl. 2022; Hoffmann pers. kom.).

- Virkemidler ved kilden forventes generelt ikke at indvirke på iltkoncentration i vandløbsvandet. Det skal dog nævnes, at skovplantning på arealer, som tages ud af landbrugsdrift, på lang sigt vil kunne reducere næringsstofkoncentrationer og tilførsel af let-omsætteligt organisk materiale (BI5) til vandløb. Dette vil kunne reducere den mikrobielle respiration i vandløbet og dermed også give mulighed for bedre iltforhold.
- Temperatur – Drænvirkemidler kan have en effekt på vandtemperaturen.
 - Minivådområder vil kunne øge temperaturen i drænvandet og påvirke vandløbsrecipienten (Zacho m.fl. 2022). Jo længere opholdstid i et minivådområde og jo mindre vandløbsrecipient, jo større vil effekten være i en recipient. Drænvandsoverrisling kan formentlig også have en effekt på temperaturen, men dette er ikke dokumenteret.
 - Skovrejsning på arealer, der direkte støder op til vandløbet, kan på lang sigt give skygge til vandløbet og dermed reducere temperaturen i vandløbsvandet. Generelt kan temperaturen i vandløbsvandet reduceres op til 5 °C på strækninger med træer i den ripariske zone, afhængigt af trækronernes dækningsgrad (Kristensen m.fl. 2015).
 - Øvrige virkemidler formodes ikke at have en effekt på drænvandstemperaturen.

4.2.3 Kemiske forhold

- Næringsstoffer – Alle virkemidler er udviklet med henblik på at reducere næringsstofkoncentrationen i drænvandet.
 - Virkemidler ved kilden øger næringsstofoptagelsen/tilbageholdelsen i større eller mindre grad, hvorved næringsstofbelastningen til recipienten reduceres.
 - Transportvirkemidler øger også næringsstoftilbageholdelsen, dels ved fosforfældning i form af sedimentation af suspenderet materiale (partikler), dels ved kvælstoftilbageholdelse pga. øget denitrifikation (Hoffmann m.fl. 2020; Kjærgaard m.fl. 2017).

5 Måleprogram, metode og tidspunkt

Afhængigt af det implementerede virkemiddel skal der anvendes et måleprogram, som må formodes at kunne registrere den afledte effekt. Dette vil sige, at ved anvendelse af virkemidler ved kilden er det primært kemiske parametre, der bør måles på (dog flere, hvis der er tale om skovrejsning), mens der ved anvendelse af transportvirkemidler kan måles på enten kemiske parametre og/eller fysiske parametre.

Med de følgende programmer kan det ikke siges, hvorvidt der sker en statistisk sikker forbedring eller forværring af en vandløbstilstand som følge af implementeringen af et drænvirkemiddel. Det kan kun vurderes, om en "eftertilstand" varierer i forhold til en "førtilstand", og denne sammenligning mellem "førtilstand" og "eftertilstand" vil naturligt påvirkes af andre faktorer (fx vejr- og nedbørsforhold), som ikke kan relateres til selve virkemidlet, hvilket introducerer en ekstra usikkerhed i vurderingerne. Til gengæld er måleprogrammerne begrænset i tids- og rumligt omfang, hvilket øger implementerbarheden.

5.1 Virkemidler ved kilden – kemiske/fysiske variable

Program: Der måles på total fosfor (TP), total kvælstof (TN) og partikeltransport (suspenderet stof) eller en delmængde heraf.

Metode: Der anvendes flowproportional prøvetagning til TP, TN og partikler vha. en automatisk vandprøvetager som fx en ISCO. Prøvetagning skal være flowproportional, fordi de største koncentrationer observeres i forbindelse med ekstreme nedbørshændelser. Prøvetagnings- og analysemetoder følger de relevante NOVANA TA'er.

Hvor: Dette er skalaafhængigt. Ved virkemidler skaleret til få drænudløb (én mark) måles 50 m nedstrøms det nederste drænudløb. Ved et større areal med implementerede virkemidler måles 500 m nedstrøms det nederst beliggende udløb.

Hvornår: På den nedstrøms station måles der et år før implementeringen og et år efter implementeringen (med start umiddelbart efter implementeringen). Ønskes en reduceret måleperiode, skal fokus være på perioden med størst sandsynlighed for ekstremhændelser, det vil sige efterår/vinter, herefter hhv. forår og sommer.

Risiko ved metoden: Det er ikke identiske hændelser, der måles på, pga. to forskellige måleår. Målparametrene er stærkt påvirkede af vejrforhold, så der kan eksempelvis opleves en negativ effekt af virkemidlet, hvis der falder markant mere nedbør året efter implementeringen.

Alternativ metode #1: Der måles på to stationer, hhv. en opstrøms og skalaafhængigt på en 50/500 m nedstrøms station, og kun efter implementeringen af et virkemiddel.

Risiko ved metoden: Der måles på forskel mellem opstrøms (bidrag fra det øvrige opland) og nedstrøms (bidrag fra lokalområde med implementeret virkemiddel). Dermed vil det målbare bidrag i form af fx næringsstoffer eller partikler fra det lokale areal med det implementerede virkemiddel være afhængig af bidraget fra oplandet. Derfor vil variation i målparametrene fra oplandet kunne overskygge bidragene fra det lokale areal, så en evt. forskel mellem de to stationer vil blive utydelig.

Alternativ metode #2: Der måles på to stationer, hhv. en opstrøms og skalaafhængigt på en 50/500 m nedstrøms station, både før og efter implementeringen af et virkemiddel. Dermed kan effekten af virkemidlet relateres til før/efter implementering, og resultaterne fortolkes i forhold til variationen, som stammer fra oplandet, eller forskellige vejrforhold.

Risiko ved metoden: Metoden er relativt robust, men den undersøger ikke samstemmende responser på virkemidler på tværs af fx forskellige dyrkningspraksis, geologiske forhold og hydrologiske forhold. Dermed kan målingerne ikke bruges til at generalisere effekter fra et lokalområde til et andet med samme virkemiddel.

5.2 Transportvirkemidler – kemiske/fysiske variable

Program: Der måles på total fosfor (TP), total kvælstof (TN), partikeltransport og afstrømning (hydrologisk regime) samt ilt eller en delmængde af disse parametre.

Metode: Der anvendes flowproportional prøvetagning til TP, TN og partikler vha. en automatisk vandprøvetager som fx en ISCO. Prøvetagningen skal være flowproportional, fordi de største koncentrationer observeres i forbindelse med ekstreme nedbørshændelser. Afstrømning måles som kontinuerlig vandføring eller vha. en Q/H relation. Prøvetagnings- og analysemetoder følger de relevante NOVANA TA'er. Ilt måles ved udlægning af en iltlogger (fx HoBo), som placeres midt i vandsøjlen og midt i vandløbet. Iltloggeren skal logge minimum to gange i døgnet, hhv. kl. 3 og 15.

Hvor: Dette er skalaafhængigt. Ved et enkelt drænudløb (én mark) måles 50 m nedstrøms udløbet. Ved et større areal med implementerede virkemidler måles 500 m nedstrøms det nederst beliggende udløb.

Hvornår: På den nedstrøms station måles der et år før implementeringen og et år efter implementeringen (med start umiddelbart efter implementeringen). Ønskes en reduceret måleperiode, skal fokus være på perioden med størst sandsynlighed for ekstremhændelser, dvs. efterår/vinter, herefter hhv. forår og sommer.

Risiko ved metoden: Det er ikke identiske hændelser, der måles på, pga. to forskellige måleår.

Alternativ metode #1: Der måles på to stationer, hhv. en opstrøms og skalaafhængigt på en 50/500 m nedstrøms station, og kun efter implementeringen af et virkemiddel.

Risiko ved metoden: Samme som for virkemidler ved kilden.

Alternativ metode #2: Der måles på to stationer, hhv. en opstrøms og skalaafhængigt på en 50/500 m nedstrøms station, både før og efter implementeringen af et virkemiddel.

Risiko ved metoden: Samme som for virkemidler ved kilden.

Udvidet måleprogram (biologiske kvalitetselementer)

De mest enkle måleprogrammer for registrering af effekter af drænvirkemidler er nævnt ovenfor. Disse kan udvides med biologiske parametre som makroinvertebrater og fisk.

Fisk og makroinvertebrater responderer som nævnt på ilt og substratmaterialet.

5.3 Transportvirkemidler – biologiske kvalitetselementer

Program: Der måles på fiskebestanden og/eller makroinvertebratsamfundet.

Metode: I forhold til *fiskebestanden* gennemføres en fiskebestandsopgørelse. Prøvetagning- og analyse af resultater gennemføres jf. de relevante NOVANA TA'er.

Hvor: Ved et enkelt drænudløb (én mark) påbegyndes den befiskede strækning 100-200 m nedstrøms udløbet, og der fiskes opstrøms på en 100 m strækning jf. TA'en. Ved et større areal med implementerede virkemidler påbegyndes den befiskede strækning 500 m nedstrøms det nederst beliggende udløb.

Hvornår: Strækningerne befiskes et år før og efter implementeringen af et virkemiddel. Hvad angår tidspunkt på året for befiskningen, anvendes som udgangspunkt tidspunktet, som nævnes i den relevante NOVANA TA, uanset at "efter"-tidspunktet ikke er umiddelbart efter implementeringen.

Risiko ved metoden: Det er to forskellige år, der undersøges. Der er en naturlig år-til-år variation i fiskebestande, og derfor giver det mening at gennemføre undersøgelser over flere år.

Metode: I forhold til *makroinvertebratsamfundet* gennemføres en vandløbsfaunaundersøgelse. Prøvetagning- og analyse af resultater gennemføres jf. de relevante NOVANA TA'er.

Hvor: Ved et enkelt drænudløb (én mark) udføres en sparkeprøve (makroinvertebratundersøgelsen) på en 50 m strækning beliggende umiddelbart nedstrøms udløbet. Ved et større areal med implementerede virkemidler udføres undersøgelsen på en strækning beliggende 500 m nedstrøms det nederst beliggende udløb.

Hvornår: Strækningerne undersøges et år før og efter implementeringen af et virkemiddel. Hvad angår tidspunkt på året for undersøgelsen, anvendes som udgangspunkt tidspunktet, som nævnes i de relevante NOVANA TA'er, uanset at "efter"-tidspunktet ikke er umiddelbart efter en implementering.

Risiko ved metoden: Det er to forskellige år, der undersøges. Der er en naturlig år-til-år variation i makroinvertebratsamfundet, men umiddelbart er makroinvertebratsamfundet forholdsvis stabile fra år til år, forudsat at der ikke

sker fysisk/kemiske ændringer på lokaliteten eller ekstreme hændelser, som kan medføre udskylning af makroinvertebraterne. Som prøvetager skal man således være opmærksom på den slags hændelser.

Undervandsvegetation og *bentiske alger* har en længere responstid end et år i forhold til forbedrede tiltag i et opland og dermed også en længere responstid efter implementering af drænvirkemidler i oplandet. Disse to parametre er derfor ikke medtaget i dette notat.

Tabel 1. Oversigt over program og tilhørende metode, prøvetagningslokalitet og -tidspunkt.

Program	Metode (TA)	Hvor	Hvornår
Næringsstoffer	TA B01	Nedstrøms eller op- og nedstrøms	Minimum året før og året efter
Partikler/suspenderet stof	TA B01 (SS), TA V05 ver. 2.3 (substrat)	Nedstrøms eller op- og nedstrøms	Minimum året før og året efter
Afstrømning	TA B02, TA B03	Nedstrøms eller op- og nedstrøms	Minimum året før og året efter
Ilt/temperatur	TA B01	Nedstrøms eller op- og nedstrøms	Minimum året før og året efter
Fisk	TA V18 ver. 8.2	Nedstrøms og opstrøms drænudløb	Før og efter, men tidspunkt jf. TA V18
Makroinvertebrater	TA V07 ver. 2.6	Nedstrøms drænudløb	Før og efter, men tidspunkt jf. TA V07

5.4 Kan nogle parametre vurderes/bedømmes visuelt?

Som udgangspunkt kan ingen af de nævnte parametre vurderes eller bedømmes visuelt fra fx vandløbsbredden eller ved vadning i vandløbet.

Årsagen er, at de nævnte parametre alle er enten fysisk/kemiske parametre, som kræver standardiseret prøvetagning og analyse, eller økologiske kvalitetselementer, som ligeledes kræver detaljeret artskenndskab og standardiseret prøvetagning, som ikke nødvendigvis kan udføres i felten.

6 Referencer

Dehli B, Nielsen J. 2023. Rod i vandløbene er godt for fiskene. <https://www.fiskepleje.dk/nyheder/nyhed?id=ef9eecda-c368-4912-8da0-250ce488bd0f>

Elliot JM, 1975b. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology* 44: 805-821.

Elliot JM, Elliott JA. 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology* 77: 1793-1817.

Hoffmann CC, Zak D, Kronvang B, Kjærsgaard C, Vodder Carstensen M, Audet J. 2020 Vådområder og drænvirkemidler: Næringsstoffeffekter. *Vand og Jord* 2: 77-80.

Kjærsgaard C, Hoffmann CC, Gertz F, Iversen BV. 2017. Minivådområder – et nyt kollektivt virkemiddel. *Vand og Jord* 3: 84-88..

King HR, Pankhurst NW, Watts M, Pankhurst PM. 2003. Effect of elevated summer temperatures on gonadal steroid production, vitellogenesis and egg quality in female Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 63: 153-167.

Kristensen PB, Kristensen EA, Riis T, Larsen SE, Verdonshot PFM, Baattrup-Pedersen A. 2014. Riparian forest as a management tool for moderating future thermal conditions of lowland temperate streams. *Inland Waters* 5: 27-38.

Peterson, RH, Sutterlin AM, Metcalfe JL. 1979. Temperature preference of several species of Salmon and *Salvelinus* and some of their hybrids. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 1137-1140.

Smale MA, Rabeni CF. 1995. Hypoxia and hyperthermia tolerances of headwater stream fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 124: 698-710.

Sundermann A, Leps M, Leisner S, Haase P. 2015. Taxon-specific physico-chemical change points for stream benthic invertebrates. *Ecological Indicators* 57: 314-323.

TA V06 Fysisk indeks https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/V05FysiskIndeksVersion2_3_20160520.pdf

TA V07 Makroinvertebrater https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/V07_Makroinvertebrater_Ver2_6.pdf

TA V17 Vandplanter https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/V17_Revision2_9.pdf

TA V18 Fisk https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/V18_fisk_version_8_2.pdf

TA B01 Vandkemi https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/13-09-05_B01Vandkemi.pdf

TA B03 Vingemåler https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/TA_B03_vingem_V2.pdf

TA B02 Hydrologi https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Ferskvand/130821_TA_B02_hydstdrift.pdf

Zacho SP, Deichmann MM, Bendixen TB. 2022. Drænvirkemidlers vandkvalitet - ilt og temperatur. Vand og Jord 1: 85-88.