



ORBICON



Klimarobuste virkemidler i vandplanerne

TEKNISK RAPPORT

Klimarobuste virkemidler i vandplanerne

TEKNISK RAPPORT

Rekvirent	Naturstyrelsen Task Force for Klimatilpasning Haraldsgade 53 2100 København Ø Att.: Marie Brammer Nejrup
Rådgiver	Orbicon A/S, Natur & Plan Jens Juuls Vej 16 8260 Viby J
Projektnummer	1391300148
Projektleder	Henrik Skovgaard. Bidragsydere Bjarne Moeslund, Anne Steensen Blicher, Hauge Larsen og Jacob Jacobsen
Kvalitetssikring	Henrik Vest Sørensen
Revisionsnr.	3
Godkendt af	Henrik Vest Sørensen
Udgivet	06-01-2014

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	7
2. Resumé	8
3. Baggrund	10
3.1. Vandplaner.....	10
3.2. Klimatilpasningsplaner	10
3.3. Klimascenariet	10
4. Forudsætninger for rapportens vurderinger	14
5. Virkemidler i vandplaner	17
5.1. Screening af virkemidler i 1. generations vandplaner.....	17
5.2. Alternative virkemidler i vandplanerne.....	19
6. Faglig analyse af virkemidlernes samspil med klimatilpasning	20
6.1. Landbrugsrelaterede virkemidler	20
6.1.1 Randzoner	20
6.1.2 Fosforvådområder (P-ådale)	22
6.1.3 Vådområder.....	24
6.2. Virkemidler relateret til grundvand	30
6.2.1 Flytning af kildepladser.....	30
6.2.2 Udpumpning af grundvand til overfladevandforekomster.....	31
6.2.3 Udledning af rensset spildevand til vandløb	31
6.3. Virkemidler relateret til punktkilder.....	32
6.3.1 Renseanlæg - Afskæring af udledning af kommunalt spildevand til andet vandområde/andet renseanlæg	32
6.3.2 Regnvandsbetingede overløb - fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin (tilledning til renseanlæg / overløb fra bassin) også kaldet "sparebassin"	34
6.4. Virkemidler relateret til restaurering af vandløb	36
6.4.1 Generelle hydrologiske effekter af klimaforandringer i og omkring vandløb	36
6.4.2 Ændret vandløbsvedligeholdelse	37

6.4.3	Fjernelse af fysiske spærringer	43
6.4.4	Vandløbsrestaurering	47
6.4.5	Genåbning af rørlagte vandløb.....	49
6.4.6	Okkerbegrænsning gennem vandstandshævning	51
7.	Alternative virkemidler	54
7.1.	Virkemidler relateret til restaurering af vandløb	54
7.1.1	Genslyngning.....	54
7.1.2	Genslyngning i kombination med etablering af diger og pumpelag.....	56
7.1.3	Hævning af vandløbsbunden uden genslyngning	58
7.1.4	Etablering af kunstige ådale (miniådale)	60
7.1.5	Etablering af træer langs vandløb	63
7.1.6	Sandfang	67
7.1.7	Restaurering af hele ådale	68
7.2.	Øvrige alternative virkemidler	71
7.2.1	Etablering af dobbeltprofiler	71
7.2.2	Strømrendetilpasning	71
7.2.3	Uddybning af vandløb samt profilbearbejdning med efterfølgende restaureringsindsats.....	71
7.2.4	Reducere den hydrauliske belastning	71
7.2.5	Ændring af oprensingspraksis.....	71
7.3.	Andre virkemidler med potentiale for synergi med klimatilpasning	72
7.3.1	Minivådområder.....	72
7.3.2	Terrænbestemte retentionsbassiner i det åbne land.....	74
7.3.3	Intelligent pumpepraksis i forbindelse med et pumpelag ved Limfjorden	75
7.3.4	Intelligente randzoner	75
7.3.5	Kontrolleret dræning med tømning af jordmatrice	76
8.	Koblede virkemidler	78
9.	Behov for vidensopbygning.....	81
10.	Samlet vurdering	83

11.Referencer.....	84
Bilag 1.....	86
Bilag 2.....	88

BILAGSFORTEGNELSE

1. Nedbør i A1B scenariet i 8 forskellige danske byer.
2. Samleskema med en vurdering af virkemidlerne

1. INDLEDNING

Et af tidens store temaer er klimaforandringer og de forskellige klimascenarier for fremtidig temperatur, vindforhold, nedbør og middelvandstand i havene. FN's klimapanel (IPCC) har forskellige bud på ændringer af klimaet, afhængigt af den reduktion af CO₂-udledningen til atmosfæren, som man kan opnå gennem globale klimaaftaler. Fælles for klimascenarierne er imidlertid, at der i Danmark forventes øget nedbør, både som normal nedbør og hyppigere skybrudshændelser, der vil få betydning for funktionen af kloakkerne og afstrømningen i vandløb. Forventningen er også, at der kan opstå hyppigere perioder om sommeren med tørke. Grundvandsstanden vil påvirkes af både havvandsstigninger og øget nedbør. Hele vandets kredsløb vil blive påvirket, og det betyder ændrede vilkår for dyre- og plantelivet i vandløb, søer og kystvande.

Virkemidlerne i indsatsprogrammet i de statslige vandplaner har til formål at sikre opfyldelse af miljømålsætningerne i EU's vandrammedirektiv. Som udgangspunkt skal al overfladevand have "god tilstand" senest i 2015, men på grund af manglende fagligt grundlag tager 1. generations vandplaner ikke højde for klimaets påvirkning af vandområderne eller synergi med klimatilpasning. Formålet med indeværende projekt er først og fremmest at vurdere, om de allerede vedtagne virkemidler udover den miljømæssige effekt kan bidrage til håndtering af øgede vandmængder i et fremtidigt klimascenarie. Resultatet af projektet vil blive anvendt i udarbejdelsen af de kommende vandplaner og understøtte, at vandplanerne bliver klimarobuste i overensstemmelse med EU-kommissionens vejledning om tilpasning af vandplaner til et ændret klima (Guidance no. 24 "River Basin management in a changing climate").

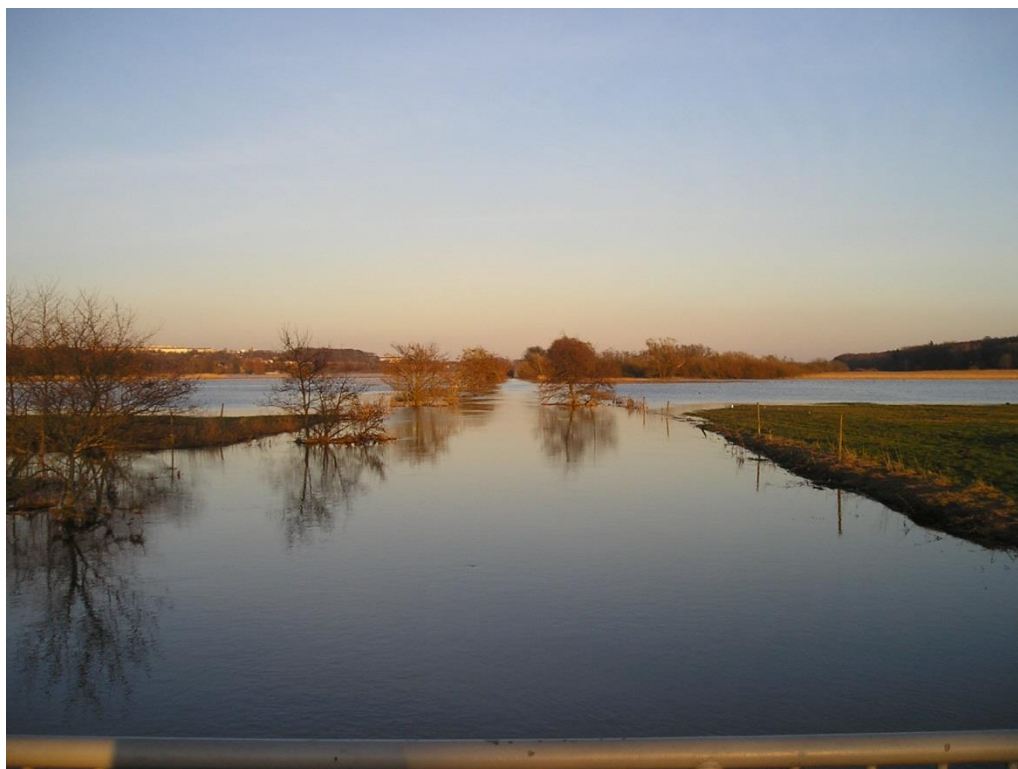


Foto: Oversvømmelse i Aarhus Å i 2007

2. RESUMÉ

På grund af klimaændringerne forventes der i de kommende år mere nedbør og hyppigere skybrudshændelser. Det kan medføre oversvømmelser af værdifulde arealer, både i byerne og det åbne land. Forventningen er også, at der kan opstå perioder om sommeren med tørke. Klimaændringerne vil derfor påvirke hele vandets kredsløb og dermed også tilstanden i grundvand, vandløb, søer og kystvande.

Både by og land står derfor over for udfordringen om at skulle håndtere de øgede vandmængder, der forventes at blive resultatet af de igangværende klimaforandringer. Denne rapport sætter fokus på, hvordan og i hvilken grad eksisterende og eventuelle alternative virkemidler i indsatsprogrammerne, enkeltvis eller flere i forening, kan forventes at spille sammen med behovet for klimatilpasning.

Analysen og vurderingen af de enkelte virkemidler viser for flertallets vedkommende, at det er vanskeligt at tegne et generelt billede af virkemidlernes samspil med klimatilpasning. For nogle af virkemidlernes vedkommende er der dog peget på situationer, hvor det positive samspil med klimatilpasning vil kunne være udtalt i forbindelse med skybrud og langvarige nedbørshændelser.

Det gælder især virkemidler, vis benyttelse kan bevirke forsinkelse afstrømningen til nedstrøms beliggende, oversvømmelsestruede arealer. Det drejer sig først og fremmest om virkemidler til forsinkelse af spildevand og regnvand fra fælleskloakerede områder i byer. Derudover drejer det sig om virkemidler, hvis benyttelse kan påvirke (forsinke) afstrømningen af vand gennem vandløbene i det åbne land.

Men der vil også være situationer, hvor benyttelse af et virkemiddel kan have en negativ effekt i forhold til klimatilpasningen i f.eks. byer. Det kan være tilfældet, hvis benyttelse af virkemidlet bevirker oversvømmelse på arealer nedstrøms en by og derigennem hæmmer afstrømningen fra byen eller støver vand op mod byen. I andre tilfælde vil virkemidlernes effekter i forhold til klimatilpasningen være for ringe til at have nogen praktisk betydning, uanset om effekten i forhold til klimatilpasningen er positiv eller negativ.

En af de væsentlige udfordringer er, at klimaforandringerne i Danmark forventes at medføre stor geografisk variation af fremtidens afstrømninger og afstrømningsmønstre i vandløbene. Desuden udviser vandløbene selv stor geografisk variation med hensyn til vigtige parametre som fald, jordbund, omgivende terræn og beliggenhed i forhold til oversvømmelsesfølsomme arealer.

På trods af problemerne med at foretage generelle kvantificeringer af virkemidlernes samspil med klimatilpasningen kan nærværende rapport give en indikation af mulighederne og begrænsningerne i forhold til valg af virkemidler i den fremtidige vandplanlægning.

De konkrete konsekvenser må kortlægges og kvantificeres i hvert enkelt tilfælde gennem specifikke analyser og beregninger. Heldigvis råder man i dag over både gode analysekoncepter og gode beregningsværktøjer. Det betyder, at jo bedre klimaprognoserne bliver, desto bedre bliver grundlaget for at tænke effekterne af vandplanernes virkemidler ind i klimatilpasningen i byer, sommerhusområder og det åbne land.

Der er således blandt de målrettede virkemidler et potentiale for positive synergier i forhold til klimatilpasningen, især i de tilfælde, hvor indsatsprogrammets virkemidler ikke er bundet af en bestemt geografisk placering og udstrækning, men kan benyttes strategisk for at tilgodese både de miljømæssige og de klimamæssige krav.

Det største potentiale har i sagens natur de virkemidler, der er direkte rettet mod at forsinke afstrømningen fra byer, eksempelvis regnvandsbassiner o.l. Derudover har også virkemidler som vådområder, restaurering af hele ådale, genslyngning af vandløb, forskellige former for restaurering samt ændret vandløbsvedligeholdelse et betydeligt potentiale, dog afhængigt af både indsatsens udformning, placering og udstrækning.

3. BAGGRUND

3.1. Vandplaner

Danmark er opdelt i 23 hovedvandoplande med afstrømning til fjorde eller kystafsnit. For hver af de 23 hovedvandoplande har Naturstyrelsen udarbejdet en vandplan i overensstemmelse med EU's vandrammedirektiv, som er implementeret i dansk lovgivning i Lov om Miljømål (BEK nr. 932 af 24/09/2009). Vandplanen fastsætter konkrete miljømål for de enkelte forekomster af overfladevand og grundvand samt retningslinjer for myndighedernes administration.

Udover miljømål og retningslinjer indeholder vandplanen en overordnet vandområdebeskrivelse og vandområdeafgrænsning samt en beskrivelse af påvirkninger og tilstand af vandområder. Vandplanen fastlægger indsatsbehovene for opfyldelse af miljømålene for vandløb, søer, grundvand og kystvande og angiver det økonomisk mest optimale indsatsprogram, hvis der er flere muligheder for indsats.

3.2. Klimatilpasningsplaner

Regeringen har prioriteret en hurtig implementering af EU's oversvømmelsesdirektiv. Første fase er afsluttet, og der er dermed gennemført en kortlægning af Danmark og udpeget 10 risikoområder, hvor der vurderes at være risiko for betydelig oversvømmelse fra vandløb, søer, havet og fjorde.

Desuden skal landets 98 kommuner inden udgangen af 2013 have lavet en plan for, hvordan de vil håndtere voldsomme regnskyl og et deraf øget pres på kloakkerne. Disse klimatilpasningsplaner skal indarbejdes direkte i kommuneplanerne eller som et tillæg til disse og kan omfatte tiltag med relation til virkemidlerne i vandplanerne. Klimatilpasningsplanerne er underordnet vandplanerne i det lovmæssige planhieraki, og tiltagene må således ikke være i modstrid med mål og retningslinjer i vandplanerne. Klimatilpasningsplanerne indeholder en kortlægning af risikoen for oversvømmelser i kommunerne og prioriterer den forebyggende indsats. Indsatsen kan bestå af tiltag i byer i form af f.eks. separering af regnvand i kloaknettet og etablering af regnvandsbassiner, grønne arealer til midlertidig opmagasinering af vand, LAR (lokal afledning af regnvand), skybrudsledninger, diger, pumper, højvandssluser og tiltag i det åbne land omkring vandløb i form af f.eks. vådområder til beskyttelse af nedstrøms beliggende byområder.

3.3. Klimascenariet

FN's klimapanel, IPCC, bruger scenarier som et fælles grundlag for at vurdere de fremtidige klimændringer. Et scenarie forudsiger det fremtidige drivhusgasudslip ud fra antagelser om udviklingen i bl.a. befolkning, økonomi og teknologi.

FN har opstillet fire hovedscenarier er A1, A2, B1 og B2 af de mulige udviklingsforløb frem til år 2100.

I denne opgave er udgangspunktet A1B scenariet fra FN's klimapanel, som Miljøministeriet bl.a. anbefaler kommunerne at bruge ved modelberegninger af fremtidige oversvømmelser. A1B er et middelscenarie, hvor udledningen af drivhusgasser topper

omkring 2050, og herefter falder. DMI har beregnet A1B scenariet for Danmark for perioden 2021-2050. Så længe man kun ser frem mod 2050 giver A1B og A2 omtrent samme fremskrivning af den globale opvarmning, mens forskellene først viser sig for alvor mod dette århundredes slutning.

Som udgangspunkt for denne rapport anvendes A1B klimascenariet. Flere oplysninger om klimascenarier kan ses på www.klimatilpasning.dk, www.dmi.dk og www.naturstyrelsen.dk.

I tabel 3.3.1 kan man se resultaterne af DMI's beregninger af A1B scenariet for klimaændringer i Danmark i forhold til perioden 1961-1990. Der er fremskrevet til år 2050 og 2100. Forskellige modelkørsler kan give forskellige resultater, og derfor er klimaændringerne angivet som et interval. Klimamodeller er som regel gode til at simulere temperatur, knap så gode til årlig nedbør, lidt dårligere til den sæsonmæssige fordeling af nedbør og endnu dårligere til ekstreme nedbørsforhold. Den generelle tendens er dog, at vi får mildere vintre, varmere somre, højere havvandstand og mere nedbør. I 2050 vil nedbøren således være steget 4-10 % som årgennemsnit og 8-20 % i 2100. Nedbørsmængden vil stige mest i vinterhalvåret.

Klimaændringer i Danmark i forhold til perioden 1961 – 1990	Effekt i 2050 (gennemsnit 2021 – 2050) Intervallet er 68 % sandsynligt			Effekt i 2100 (gennemsnit 2071 – 2100) Intervallet er 68 % sandsynligt			Scenarie
	Sommer	Vinter	Årsmiddel	Sommer	Vinter	Årsmiddel	
Temperatur	0,8 °C til 1,0 °C	1,3 °C til 1,7 °C	1,0 °C til 1,4 °C	2,0 °C til 2,4 °C	3,2 °C til 3,8 °C	2,6 °C til 3,2 °C	A1B
Havniveau	10 – 50 centimeter eksklusiv landhævning			20 - 140 centimeter eksklusiv landhævning			A1B
Nedbør	0 % til + 8 %	+ 8 % til + 14 %	+ 4 % til + 10 %	-3 % til + 13 %	+ 19 % til + 31 %	+ 8 % til + 20 %	A1B
Middelvind (hav + land)	+ 3 % (meget usikkert)			+ 4 % (meget usikkert)			A1B

Tabel 3.3.1. Klimaændringer baseret på A1B scenariet (www.dmi.dk)

Intervallerne dækker også betydelige regionale forskelle i Danmark og i de enkelte måneder i A1B scenariet . Forventede nedbørsmængder på månedsbasis i 8 forskellige danske byer er vist i bilag 1 (baseret på data fra www.klimatilpasning.dk). Nedbøren vil generelt stige overalt i landet i vintermånederne, mens der er noget større regionale forskelle i sommermånederne, hvor der også vil kunne opleves varme perioder

med mindre normal nedbør end i dag men med større sandsynlighed for skybrud (Regeringen, 2012; www.klimatilpasning.dk).

DMI's definition på skybrud er 15 millimeter på 30 minutter over et større område. Ved et større område forstås en halv region. Undtaget er dog København på grund af særlige forhold (www.klimatilpasning.dk). Skybrud kan forekomme i forskellige intensiteter, der har betydning for omfanget af f.eks. oversvømmelser.

Hvis der oftere bliver skybrud eller ekstremregn (målt som døgnedbør) ændres gentagelsesperioden for f.eks. en 10 års hændelse. Gentagelsesperioden eller returværdien udtrykker, hvor lang tid der i gennemsnit går mellem, at regn med samme styrke og varighed optræder. I tabel 3.3.2 er vist DMI's beregnede ændringer med tilhørende estimater af usikkerheden (standardafvigelsen) for døgnedbør i Danmark for de fire årstider for perioden 2021-2050 i forhold til normalperioden 1961-1990 (DMI, 2011). Tabellen viser en tendens til kraftigere nedbørsextremer. Endvidere ses, at de procentvise ændringer i den kraftige nedbør over Danmark er nogenlunde ens for alle gentagelsesperioder, og at usikkerhederne generelt er størst for de mest ekstreme nedbørshændelser.

Returværdi	Vinter (DJF)		Forår (MAM)		Sommer (JJA)		Efterår (SON)	
1 år	10	± 4	2	± 3	5	± 4	9	± 3
2 år	10	± 4	4	± 4	6	± 5	8	± 4
5 år	11	± 5	5	± 6	7	± 7	6	± 5
10 år	11	± 7	6	± 8	8	± 10	8	± 7
30 år	8	± 7	3	± 9	5	± 8	9	± 8

Tabel 3.3.2. Procentvis ændring i døgnedbør (2021-2050 vs. 1961-1990). Beregningerne er procentvise ændringer i x-års returværdier for døgnedbøren i Danmark (DMI, 2011).

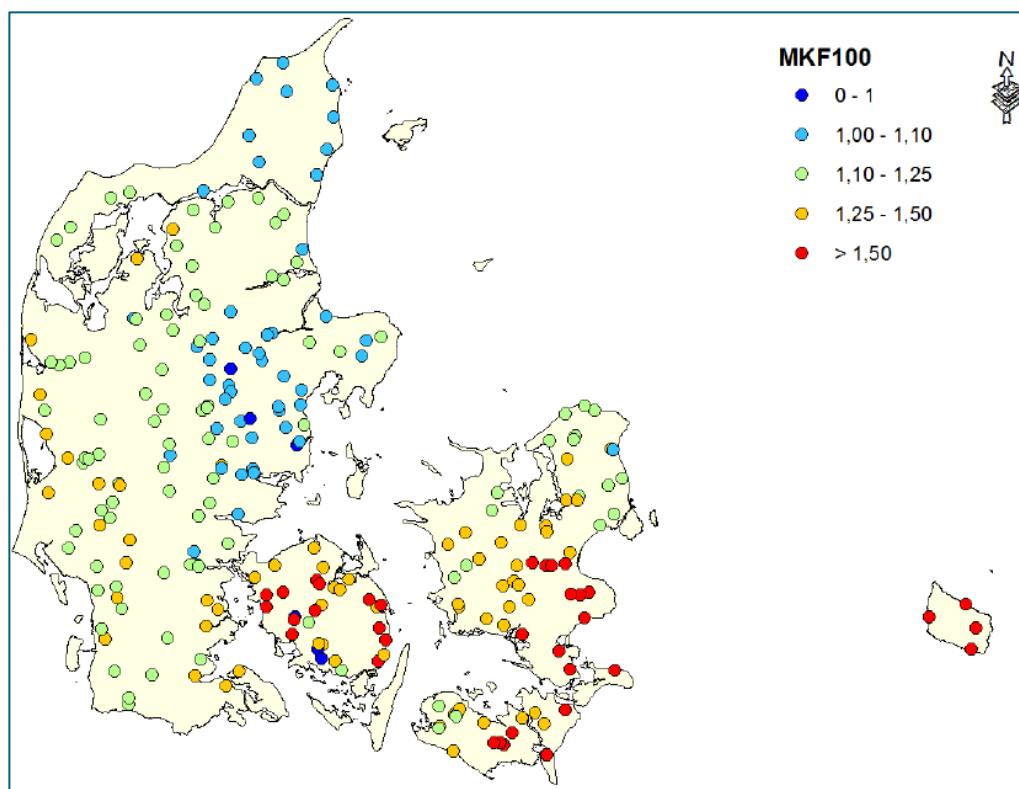
Udover flere skybrud kan der desuden forventes flere hændelser med koblet regn – dvs. kraftige regnskyl over en periode, som forekommer så tæt på hinanden, at vandet ikke når at sive og løbe væk, før næste regnskyl sætter ind. Det kan være flere på hinanden forekommende skybrud eller flere på hinanden følgende langvarige almindelige nedbørshændelser.

De lokale geologiske forhold vil være bestemmende for grundvandsdannelsen og vandføringen i vandløbene i et ændret nedbørsmønster. Både fordampningen og jordtypen har betydning for grundvandsdannelsen. I Vestjylland er der ofte sandjord, og den øgede vinternedbør kan derfor let sive ned til grundvandet, som derved stiger. I Østjylland og især Sjælland er der overvejende lerede jorde, og meget af den ekstra vinternedbør vil derfor strømme til vandløb via dræn og grøfter og i mindre grad ned til grundvandet (GEUS, 2013). Beregninger (A2 og B2 scenariet i 2071-2100) af klimaændringernes effekt på Skjern Å i Vestjylland og Åmose på Sjælland viser, at den øgede vinternedbør vil medføre stigninger i vandføringen i begge vandløb det meste af året og især i vinterhalvåret, mens vandføringen reduceres i sensommeren i begge vandløb. Reduktionen af vandføringen vil være størst i sjællandske vandløb, hvor der i dag ofte er lav sommervandføring på grund af f.eks. vandindvinding (GEUS, 2009).

Ændringerne i grundvandsdannelsen afhænger meget af, om der anvendes en tør, våd eller median klimamodel. Variationen i landet kan ses på www.klimatilpasning.dk.

Øget forekomst af skybrud vil ofte give anledning til kortvarige men voldsomme stigninger i vandføringen i vandløbene. Der er således en forventning om øgede maksimum vandføringer mange steder med risiko for oversvømmelser. GEUS udarbejdede i 2013 en rapport for Naturstyrelsen om klimateffekter på hydrologi og afstrømning i vandløbene (GEUS, 2013). Projektet var at vurdere, hvordan ekstreme vandføringer (høje eller lave) forventes at ændre sig i A1B scenariet for perioden 2021-2050 i hele landet. Figur 3.3.6 viser den beregnede ændring af den maksimale vandføring i vandløbene i Danmark som følge af klimaændringerne.

Det fremgår af figuren, at den sydøstlige del af landet (Bornholm, Sydøstsjælland og dele af Fyn) har relativt store klimafaktorer, typisk omkring 1,50, for en 100 års nedbørshændelse (en klimafaktor på 1,50 betyder, at nedbørsmængden stiger 50 % mens den er uændret ved en klimafaktor på 1,00). Den nordlige del af Sjælland og store dele af Syd og Vestjylland har faktorer mellem 1,10 og 1,50, mens dele af Nord- og Østjylland har klimafaktorer omkring 1,00. Den største stigning i den maksimale vandføring vil således ske på øerne og i Vestjylland og Sønderjylland, mens forholdene i Østjylland og dele af Nordjylland vil være næsten uændrede.



Figur 3.3.6. Middelværdi på klimafaktorer beregnet for 2021-2050 ud fra 1961-1990 ud fra 100 års max vandføring. Klimafaktor på 1 er uændret, mens klimafaktor <1 eller >1 er henholdsvis større eller mindre vandføring (GEUS, 2013)

4. FORUDSÆTNINGER FOR RAPPORTENS VURDERINGER

Denne rapport sætter fokus på de mulige klimamæssige effekter af vandplanens virkemidler, både allerede vedtagne virkemidler fra 1. generations vandplaner og forslag til nye virkemidler i 2. generations vandplaner.

Vandplanens virkemidler er rettet mod bestemte miljømæssige problemer i en række specifikke vandløb, søer og kystvande. Det betyder, at benyttelsen af en række af virkemidlerne i nogen grad er underlagt en stram geografisk binding. Konsekvensen kan være, at det i nogle områder ikke er muligt at benytte vandplanens virkemidler aktivt i klimatilpasningen ved eksempelvis at ændre en indsatslokalitet eller justere brugen og indholdet af virkemidlerne målrettet i forhold til klimatilpasningen.

Man vil i udstrakt grad være tvunget til at leve med virkemidlernes klimamæssige effekter på og omkring indsatsområderne og enten gøre brug af de givne effekter og synergi med klimatilpasningen, eller imødegå dem gennem særlige foranstaltninger, der ikke indebærer geografiske eller indholdsmæssige ændringer af virkemidlerne. Det betyder samlet set, at klimatilpasningen må tilpasses til vandplanlægningen og vandplanindsatserne, og ikke omvendt.

Det udelukker dog ikke, at der i regi af klimatilpasningen benyttes virkemidler, der først og fremmest tjener klimatilpasningens formål, men som kan have afledte positive effekter på natur og miljø, og som kan skabe synergi med vandplanens virkemidler og indsatser. Miljøeffekterne heraf kan indregnes i baseline i basisanalyserne til kommende vandplaner.

En stor del af virkemidlerne er rettet mod at retablere nogle af eller alle de fysiske karakteristika i vandløbene, som gik tabt, først og fremmest da de blev reguleret og uddybet mv., men også i den efterfølgende vedligeholdelse. Det betyder, at virkemidlerne i forskellig grad påvirker vandets strømning og bevirker en hævnning af vandstanden i vandløbene og fugtighedstilstanden omkring dem i retning af det mere naturlige.

Samtidig med, men især i forlængelse af ibrugtagningen af virkemidlerne, forventes den stigende afstrømning i vandløbene også at bevirke højere vandstande i vandløbene og de omgivende jorder.

Det interessante i henseende til klimatilpasningen er, om benyttelsen af virkemidlerne vil forstærke de vandstandsmæssige effekter (vådere jorder og hyppigere oversvømmelser) af øget afstrømning på en måde, der skaber problemer i forhold til klimatilpasningen. Eller om benyttelsen af virkemidlerne vil kunne have positive afledte effekter i henseende til klimatilpasningen og dermed forebygge oversvømmelser.

På baggrund af en gennemgang af de enkelte virkemidler og evt. kombination af virkemidler opsummeres effekterne i ét samlet skema i bilag 2. Virkemidlerne vurderes først og fremmest i forhold til om de kan bidrage til klimatilpasning og i mindre grad om virkemidlernes miljøeffekt er robuste overfor klimaforandringerne. Eventuelle barrierer for gennemførelse af virkemidlet som klimatilpassende foranstaltning vurderes også.

Der er indarbejdet foreløbige bidrag fra arbejdsgrupperne 3 og 4 i Vandløbsforum, som er nedsat af Naturstyrelsen i forbindelse med udarbejdelsen af 2. generations vandplaner. Arbejdsgruppe 3 vedrører vandplanlægningen, som tilrettelægges med henblik på at opnå god økologisk tilstand i vandløb, mens arbejdsgruppe 4 fokuserer på, hvordan de vandløbsrelaterede virkemidler kan benyttes strategisk for samtidig at opnå positive klimaeffekter. Analysen er dog ikke begrænset til kun at omhandle virkemidler i indsatsprogrammer for vandløb men også virkemidler til forbedring af søer og kystvande gennem reduktion af kvælstof og fosfor. Nogle af de nye virkemidler er ikke undersøgt tilstrækkeligt i forhold til deres miljømæssige omkostningseffektivitet, men indgår i denne rapport, fordi de både har et miljømæssigt og klimamæssigt potentiale. Virkemidler, som ikke er knyttet til vandplanerne men andre planer som klimatilpasningsplaner og spildevandsplaner indgår ikke i denne rapport.

I det følgende oplystes rapportens forudsætninger i punktform:

- Det overordnede fokus for projektet er at vurdere om nuværende og fremtidige virkemidler i vandplanerne, udover en positiv effekt for vandområdernes økologiske tilstand, også har en positiv (eller negativ) effekt i forhold til klimatilpasning, dvs. om de kan bidrage til håndtering af øget nedbør (både hverdagsregn og skybrud) i et fremtidigt klimascenarie med udgangspunkt i klimascenarie A1B fra FN's klimapanel. Virkemidler, som fremmer klimatilpasning, men som ikke bidrager til opfyldelse af vandplanernes miljømålsætninger, ligger uden for indeværende projekt, medmindre de kan indsættes i kombination med virkemidler med miljømæssig omkostningseffektiv effekt.
- Virkemidlernes nuværende miljømæssige effekt er vurderet i andre sammenhænge og tages ikke op til revision i dette projekt. Hvis klimaændringerne vurderes at kunne ændre den miljømæssige effekt af virkemidlerne er dette kommenteret kort med angivelse af eventuelle behov for øget vidensopbygning i fremtiden.
- Der er taget udgangspunkt i de vedtagne virkemidler i første generations vandplaner. Virkemidlerne screenes indledningsvist i en vurdering af, om de har væsentlige barrierer eller synergi med klimatilpasning og skal vurderes nærmere i projektet.
- Nye virkemidler til 2. generations vandplaner indgår i det omfang, de vurderes at være miljømæssigt relevante for vandområderne, er omkostningseffektive og har positiv eller negativ effekt i forhold til klimatilpasning. Der er indarbejdet bidrag fra Vandløbsforum arbejdsgruppe 3 (alternative virkemidler), herunder et foreløbigt bidrag fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE, 2013).
- Der fokuseres på, hvordan de enkelte virkemidler kan berøre forskellige geografiske områder, men der foretages ikke en egentlig samfundsmæssig konsekvensanalyse.

- Der vurderes på, om virkemidlet vil blive dyrere, hvis det skal have positiv synergi med klimatilpasning, evt. gennem modifikationer. Der er ikke i dette projekt foretaget beregninger af den direkte omkostningseffektivitet ved nye virkemidler.

5. VIRKEMIDLER I VANDPLANER

Naturstyrelsen har udarbejdet et virkemiddelkatalog med en samling af de virkemidler, der indgår i Miljøministeriets vandplanlægning, og som har været benyttet i en eller flere af de 23 vandplaner med tilhørende indsatsprogrammer, der vil gælde frem til udgangen af 2015 (Naturstyrelsen, 2011).

For en nærmere beskrivelse af virkemidlerne, herunder forudsætninger, effekter, potentialer og økonomi henvises til virkemiddelkataloget, som kan findes på Naturstyrelsens hjemmeside om vandplanerne (www.naturstyrelsen.dk).

5.1. Screening af virkemidler i 1. generations vandplaner.

Alle virkemidlerne i 1. generations vandplaner har til formål at sikre en miljømæssig effekt på de målsatte vandområder og er ikke tidligere vurderet i forhold til samspillet med klimatilpasning.

I dette afsnit screenes alle virkemidler fra Naturstyrelsens virkemiddelkatalog med henblik på en vurdering af relevans i forhold til klimatilpasning. Flere af virkemidlerne vurderes relevante med en af følgende overordnede begrundelser:

- virkemidlet kan have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning
- virkemidlet kan have en negativ effekt i forhold til klimatilpasning

For hvert af de virkemidler, der er vurderet relevant, er der givet en mere specifik begrundelse. Modsat er begrundelsen for at vurdere et virkemiddel "ikke relevant", at virkemidlet ikke hindrer eller fremmer klimatilpasning i form af håndtering af øget nedbør, hverken normal nedbør, koblet regn eller skybrud. De virkemidler, som er vurderet relevante i forhold til klimatilpasning, indgår i rapporten med en detaljeret vurdering.

Virkemiddel	Relevans i forhold til klimatilpasning	Begrundelse
Landbrugsrelaterede virkemidler		
Ændringer af normsystemet	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Forbud mod visse former for jordbearbejdning i efteråret	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Forbud mod pløjning af fodergræsmarker i visse perioder	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Efterafgrøder i stedet for vintergrønne marker	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af

		overfladevand eller grundvand
Randzoner	Relevant	Kan forsinke afstrømningen til vandløb
Fosforvådområder (P-ådale)	Relevant	Områder til oversvømmelse kan forsinke vandet og udjævne vandføringen i vandløbene
Vådområder	Relevant	Områder til oversvømmelse kan forsinke vandet og udjævne vandføringen i vandløbene
Yderligere efterafgrøder	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Punktkilder		
Spredt bebyggelse - forbedret spildevandsrensning	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Renseanlæg – forbedret spildevandsrensning	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre på den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
Renseanlæg – afskæring af udledning af spildevand til andet vandområde/reseanlæg	Relevant	Ændringer i hydrologien i de enkelte vandløb i form af øget eller reduceret tilførsel
Regnbetingede udledninger – fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin	Relevant	Mulighed for hydraulisk nedrosling ved store regnskyl
Dambrug ferskvand - miljøgodkendelse af dambrug	Ikke relevant	Regulerer især udledning af forurenende stoffer og vandindtag
Grundvand		
Flytning af kildepladser	Relevant	Ændringer i hydrologien i de enkelte vandløb i form af øget eller reduceret grundvandstilførsel
Udledning af rensset spildevand i vandløb	Relevant	Tilførsel af vand til grundvandsafhængige overfladevandforekomster kan forøge vandstanden i grundvand og vandløb
Udpumpning af grundvand til overfladevandforekomster	Relevant	Tilførsel af vand til grundvandsafhængige overfladevandforekomster kan forøge vandstanden i grundvand og vandløb

Restaurering af vandløb og søer		
Ændret vandløbsvedligeholdelse	Relevant	Betydning for vandføringsevnen i vandløb
Fjernelse af fysiske spærringer	Relevant	Potentiel betydning for vandstanden i vandløb opstrøms og nedstrøms spærringer
Vandløbsrestaurering	Relevant	Betydning for vandføringsevnen i vandløb
Genåbning af rørlagte vandløb	Relevant	Betydning for vandføringsevnen i vandløb
Ændret vandløbsvedligeholdelse - okkerbe- grænsning	Relevant	Betydning for vandstand i vandløb og vandmætning i ånære jorder
Biomanipulation i søer	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand
P-fældning i søer	Ikke relevant	Virkemidlet vil ikke ændre den hydrauliske belastning af overfladevand eller grundvand.

5.2. Alternative virkemidler i vandplanerne

Fælles for en række af de alternative virkemidler er, at deres effekt og omkostningseffektivitet kun er underbygget teoretisk eller gennem mindre pilotforsøg. For flere af disse alternative virkemidler er der dog igangsat en række forskningsprojekter og forsøg med henblik på at afdække deres potentiale og omkostningseffektivitet. Miljøministeriet deltager i arbejdsgrupper i flere af disse projekter. Det gælder især projekter vedrørende stenrev, minivådområder, men også andre projekter.

Miljøministeriet vil i forbindelse med udarbejdelsen af de kommende vandplaner følge udviklingen af de alternative virkemidler med henblik på at vurdere, om virkemidlerne kan operationaliseres til anvendelse i næste vandplanperioder. Aarhus Universitet, DCE har udarbejdet et notat med en vurdering af vandløbsrelaterede virkemidler i forhold til de biologiske kvalitetselementer (Kristensen m.fl., 2013 under udarbejdelse).

6. FAGLIG ANALYSE AF VIRKEMIDLERNES SAMSPIL MED KLIMATILPASNING

6.1. Landbrugsrelaterede virkemidler

6.1.1 Randzoner

Ifølge Virkemiddelkataloget er virkemidlet "randzoner" et generelt virkemiddel med krav om udlægning af 10 meter randzoner langs alle åbne vandløb og søer >100 m² beliggende i landzone. I randzonerne er der forbud mod sprøjtning, gødsning, dyrkning (bortset fra vedvarende græs) eller anden jordbearbejdning. I alt udlægges ca. 50.000 ha landbrugsareal til randzoner. Virkemidlets funktion er at reducere udvaskningen af kvælstof, fosfor og pesticider ved ophør med gødsning, sprøjtning og dyrkning af de vandløbsnære arealer samt reducere fosforudledningen ved brinkerosion langs vandløbet og overfladisk afstrømning fra bagvedliggende marker. Virkemidlet er først og fremmest rettet mod forbedringer af nedstrøms beliggende søer og fjorde. Af andre positive effekter kan nævnes, at randzonerne vil give mere natur, øget biodiversitet og øge kulstofbindingen i jorden med reduceret udledning af klimagasser til følge. Effekten på kvælstof er sat til 22-66 kg N/ha reduceret udvaskning fra rodzonen mens fosfortabet reduceret 1,4 – 4,8 kg P/ha årligt (Naturstyrelsen, 2011). Der er dog usikkerhed på især fosforeffekten.

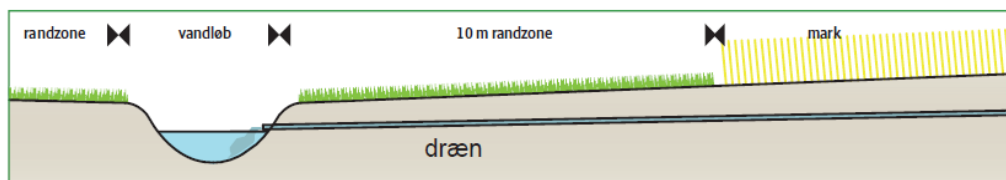
Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Denne generelle miljøeffekt af randzoner i den nuværende udformning vil ikke ændres væsentligt i et fremtidigt afstrømningsscenarie med højere medianminimums- og maksimumsvandføring. I områder med stor overfladeerosion fra marker og vandløbserosion vil virkemidlet muligvis kunne begrænse yderligere tab af partikulært fosfor.

Randzonerne vil ikke i sig selv ændre på vandkvantiteten i vandløbene og vandløbenes kapacitet for bortledning af vand. Randzonerne vil i visse tilfælde kunne forsinke den overfladiske afstrømning fra markerne og dermed mindske afstrømningsskud i vandløbene, når overfladevandet siver diffust igennem randzonen i stedet for gennem et dræn eller overfladenært gennem riller i marken. En græsbevokset randzone kan bidrage til at reducere afstrømningsskud og afstrømningstoppe, idet vandet får en længere vej at strømme. Fiener & Auerswald (2006) fandt, at de græsdede arealer i sommerhalvåret kunne mindske afstrømningsskudene med ca. 30 % og afstrømningstoppe med op til 40 %. Virkningen på afstrømningsskudene var under ugunstige vinterforhold mindre end 5 % og ca. 15 % hvad angår afstrømningstoppe. Fiener og Auerswald (2006) konkluderede, at græsbevoksede vandveje især egnede sig, hvor sommerafstrømning var det store problem (Olesen, P., 2010). Andre undersøgelser peger på, at hvis vand ledes direkte ud over en græsflade vil vandet ved de fleste regnvejr optages af græssets rodlag og i de øverste jordlag. Ved større regnvejr vil vandet strømme videre, hvis det ikke umiddelbart kan sive ned i jorden (Københavns Kommune, 2011). Dermed har jordtypen også betydning, idet nedsvi-ningen vil være større på sandjord end på lerjord.

I drænedede oplande, hvor andelen af nedbør, der afstrømmer fra mark til vandløb eller søer er høj, vil effekten af virkemidlet være begrænset i forhold til klimatilpasning. Me-

re end 50 % (1.5 mio. ha) af det danske landbrugsareal vurderes at være systematisk drænet (Olesen, 2009). Ofte er de lavtliggende arealer langs vandløbene drænet, og hvis drænet går under randzonen og ud i vandløbet, vil randzonen bidrage meget lidt til forsinkelse af vandet i afstrømningen mellem mark og vandløb, jf. figur 6.1.1



Figur 6.1.1. En situation langs vandløb, hvor drænen er ført igennem randzonen og ud i vandløbet. Kilde: "Intelligente randzoner. Et multifunktionelt virkemiddel for at beskytte vandmiljøet og øge landskabets biodiversitet (<http://www.aquarius-nsr.eu/Aquarius.htm>)

Afstrømning via dræn hindrer den naturlige nedsivning til grundvandet og reducerer dermed muligheden for at forsinke vandafstrømningen til recipienterne. Analyser af drænafstrømning viser dog meget store variationer i drænafstrømning mellem 19 undersøgte leroplade. Andelen af vinternedbør der afstrømmer via dræn varierer fra omkring 10 til 90 % (iDRÆN projektet). Drænafstrømning kan således være en dominerende transportvej fra mark til recipient på nogle lokaliteter. Der er nogle få igangværende forskningsprojekter (bla. iDRÆN (2011-2015), Miljøteknologiordningen (2012-2015), GUDP Kontrolleret dræning (2012-2015), som kan levere ny viden om drænafstrømning. Resultaterne fra disse projekter forventes klar i 2014-15 (Norde-mann Jensen m.fl., 2012).

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet kan eventuelt kobles med minivådområder, hvor randzonen giver areal til placering af minivådområder og underførte drænen afbrydes. Også en kombination med afbrydelse af vandløbsnære drænen i brede dyrkningsfrie bræmmer vil kunne bidrage til at forsinke vandet og forebygge oversvømmelser nedstrøms af dyrkede marker og byer.

Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet randzoner er reguleret gennem en særlig bekendtgørelse (BEK nr. 892 af 29/08/2012) med krav om udlægning af 10 meter randzoner langs alle åbne vandløb og søer >100 m² beliggende i landzone.

Randzonerne berører først og fremmest landbruget. Der udtages ca. 50.000 ha landbrugsjord i omdrift udover de lovpligtige 2 meter dyrkningsfrie bræmmer (bræmmeloven) langs vandløb og søer. Ved randzoneloven er der tale om "generel erstatningsfri regulering", og landmændene har derfor ikke krav på erstatning for at udlægge randzoner. Folketinget har dog som tidligere nævnt valgt at give en kompensation til de berørte landmænd. Der er ikke særlige tekniske udfordringer ved virkemidlet.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "randzoner" kan reducere afstrømningsmængder og afstrømningstoppe, når overfladevandet optages af græssets rodlag og siver diffust igennem randzonen i stedet for overfladenært gennem riller i marken. Effekten er størst på sandjord.**
- **Randzoner har størst effekt i forhold til sommerafstrømning (f.eks. under skybrud), hvor afstrømningsmængderne til vandløb, både for almindelige afstrømninger og afstrømningstoppe, kan reduceres.**
- **Virkemidlet har en positiv effekt i forhold til klimatilpasning både i forbindelse med normal nedbør og skybrud om sommeren, mens effekten om vinteren er lavere. Effekten er mindre, hvis randzonen er helt vandmættet efter længere tids nedbør, f.eks. i forbindelse med koblet regn.**
- **Virkemidlet vil være mest effektivt i forhold til klimatilpasning ved placering opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer m.v. Der vurderes ikke at være nogen negativ effekt i forhold til klimatilpasning ved placering nedstrøms de oversvømmelsesfølsomme arealer.**
- **Virkemidlets positive effekt i forhold til klimatilpasning er dog meget begrænset i randzoner med underførte dræn, hvor vandafstrømningen ikke forsinkes ved diffusion gennem randzoner.**

6.1.2 Fosforvådområder (P-ådale)

Virkemidlet sigter mod at skabe god økologisk tilstand i søer gennem begrænsning af fosforbelastningen fra oplandet til søer, hvor målsætningen ikke forventes opfyldt.

I Virkemiddelkataloget er der om virkemidlet skrevet, at effekten kan opnås gennem oversvømmelse af de ånære arealer, hvor en del af det fosfor som transporteres i vandløbene kan deponeres og tilbageholdes (Naturstyrelsen, 2011).

Virkemidlet etableres ved at reducere vandløbets vandføringsevne f.eks. gennem vandløbsrestaurering, hvor vandløbsbunden hæves. Når vandløbets vandføringsevne reduceres for at tvinge vandløbsvandet op på de ånære arealer, vil vandstanden stige og afvandingsforholdene vil blive forringede omkring projektområdet. Forringelsen har risiko for at strække sig opstrøms i vandløbssystemet, afhængigt af vandløbets faldforhold, således at påvirkningen strækker sig længere i vandløb med ringe fald. De afvandingsmæssige konsekvenser undersøges nærmere i tekniske forundersøgelser, jf. "Bekendtgørelse om kriterier for vurdering af kommunale projekter vedrørende fosforvådområder" (BEK nr. 408 af 02/05/2012).

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Virkemidlet har som udgangspunkt en god effekt på fosforfjernelsen (hvis der ikke er en stor mobil fosforpulje i jorden), også i en fremtidig klimasituation. Det skyldes, at

øget nedbør må forventes at medføre større transport af partikulært fosfor og derfor mulighed for større tilbageholdelse i P-ådals området. Virkemidlet kan medføre at vandløbsvandet opvarmes på terræn, så vandløbstemperaturen øges nedstrøms projektområdet. Dette problem kan blive forværret i et fremtidigt klima med temperaturer på 2-5 grader højere end i dag.

Fosforvådområder kan etableres med den effekt, at de kan opmagasinere og forsinke større vandmængder i maksimumsituationer, hvorved de kan udligne vandløbets afstrømningsregime nedstrøms projektområdet. Når vandføringen magasineres i et større område, vil effekten på vandspejlsstigningen reduceres. Virkemidlet har dermed både en effekt i forhold til at reducere maksimum vandføringen og vandstanden, såvel som at øge minimumvandføringen i tilfælde, hvor der forinden denne situation har fundet en maksimumhændelse sted.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet vurderes at kunne kobles med andre virkemidler som ændret vandløbsvedligeholdelse og vandløbsrestaurering, så det får en større effekt i forhold til klimatilpasning ved at skabe yderligere forsinkelser af vandet, især i forbindelse med skybrud.

Lovgivning, økonomi og teknik

Der skal udføres en vandløbsregulering og dispenseres for NBL § 3. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Teknikken er kendt og afprøvet flere steder i Danmark. Hvis dyrket landbrugsareal med meget jernbundet fosfor oversvømmes er der risiko for efterfølgende frigivelse af fosfor til søen nedstrøms P-ådals området. Denne problemstilling vurderes nærmere på baggrund af jordprøver i de tekniske forundersøgelser. Virkemidlet kan have en positiv effekt på hydrologien og biodiversiteten i den vandløbsnære natur, såfremt sårbare naturtyper ikke oversvømmes med næringsrigt åvand. Virkemidlet anvendes næsten udelukkende i det åbne land. Projekterne gennemføres typisk på baggrund af frivillighed blandt lodsejerne efter en ejendomsmæssig forundersøgelse. Virkemidlet placeres altid opstrøms en sø, hvilket gør det geografisk ufleksibelt i forhold til klimatilpasning.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "fosforvådområder" vil kunne reducere vandløbets maksimum vandføring og vandstand nedstrøms og alt andet lige kunne øge vandløbets minimumvandføring ved at udjævne vandføringen.**
- **Afvandingstilstanden kan blive forringet omkring projektområdet og opstrøms afhængigt af vandløbets faldforhold. Ved placering af virkemidlet**

nedstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer m.v. bør det undersøges, om det kan påvirke disse områder i forbindelse med skybrud eller koblet regn. Det afklares typisk i forbindelse med tekniske forundersøgelser.

- Virkemidlet vurderes at have positiv effekt i forhold til klimatilpasning i forbindelse med skybrud og koblet regn, da virkemidlet netop er rettet mod at begrænse fosfortransporten i vandløb i forbindelse med store vandafstrømninger. Ved normal nedbør vil der typisk ikke ske nogen oversvømmelse i fosforvådområdet og dermed påvirkning af vandløbet.
- Virkemidlet vil kun være relevant i forhold til forebyggelse af oversvømmelse i byer i de sjældne tilfælde, hvor byen ligger mellem fosforvådområdet og en målsat sø med et indsatsprogram i vandplanen.

6.1.3 Vådområder

Virkemidlet sigter mod at skabe god økologisk tilstand i kystvande gennem reduktion af udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede arealer. "Vådområder kan primært anvendes til at reducere udvaskningen af nitrat til de nedstrøms beliggende sårbare kystvande. Ved genopretning af vådområderne genskabes en mere naturlige hydrologi på lavbundsarealer. Dette kan ske ved at stoppe drænen og grøfter, stoppe pumper, genslynge eller hæve vandløbsbunde, ændret vandløbsvedligeholdelse, fjerne dæmninger/diger og andre fysiske begrænsninger for vandets frie løb" (Naturstyrelsen, 2011).

Virkemidlet etableres ved at ibrugtage flere elementer:

- Udtagning og ekstensivering af projektarealet i forhold til den nuværende arealanvendelse.
- Infiltration af tilstrømningen fra det direkte opland.
- Oversvømmelse af vandløbsvand i projektområdet.
- Øge vandets opholdstid i permanente søer.

Etablering af virkemidlet vil øge vandstanden i projektområdet og opstrøms i de berørte vandløb (mest i dem med ringe fald), hvilket kan medføre en forringelse af afvandringsforholdene for de tilstødende arealer.

Samspil med klimatilpasning

Vådområder kan etableres med den effekt, at de kan opmagasinere og forsinke større vandmængder i maksimumsituationer, hvorved de kan udligne vandløbets afstrømningsregime nedstrøms projektområdet. Når vandføringen magasineres i et større område, vil vandspejlsstigningen dæmpes. Vådområder vil således både have effekt i forhold til at reducere maksimum vandføringen og vandstanden og minimumvandføringen i tilfælde, hvor der forinden denne situation, har fundet en maksimumhændelse sted. Effekten vurderes at være større end i fosforvådområder, da vandets potentielle opholdstid i vådområdet oftest er planlagt længere (magasinkapaciteten er større). Det

er dog vigtigt at pointere, at vådområdernes evne til at optage og forsinke vand i forbindelse med store afstrømninger afhænger af, om vådområdet har kapacitet for yderligere vandmængder. Virkemidlet kan således medføre øget risiko for oversvømmelser opstrøms projektområdet, afhængigt af vandløbets faldforhold og topografien omkring projektområdet. Det undersøges dog i forbindelse med den tekniske forundersøgelse af projektet, jf. "Bekendtgørelse om kriterier for vurdering af kommunale vådområdeprojekter" (BEK nr. 853 af 30/06/2010).

Når vådområder etableres tæt på kystvande (hvilket tilstræbes for at optimere kvælstoffjernelsen), hvor vandstanden af tidevandspåvirket og vindpåvirket, kan virkemidlet have en gunstig effekt på vandstandsforholdene opstrøms i ådalen, idet vådområdet kan virke som reservoir og magasinere vandløbsvandet i kombinationer med både højvande og høj afstrømning. Når vandet magasineres i større områder giver det mindre vandspejlsstigninger end i mindre områder som fx smalle ådale med lille fald mod kysten.

Vådområder bør vurderes i forhold til de fysiske forhold i et fremtidigt klimascenarie, idet vandstanden oftest skal hæves en del, hvilket vil reducere vandhastigheden i visse vandløb. Det kan også blive et problem i forhold til geniltningen på vandløbsstrækninger, da oversvømmede engområder kan reducere både vandløbsvandet og det indsvivende grundvands iltkoncentrationer. Problemstillingen er kendt og beskrevet for Lindensborg Å (Frier m.fl., 2006). Det kan blive mere udpræget i et varmere klima, ligesom vandløbsvandet kan opvarmes, og vandløbstemperaturen øges nedstrøms projektområdet.

Et eksempel på, hvordan vådområder kan bidrage til klimatilpasning er Egå Engsø ved Aarhus. Egå Engsø blev genskabt i 2006, hvor de gamle ådiger blev fjernet, og ca. halvdelen af landvindingslaget blev oversvømmet.

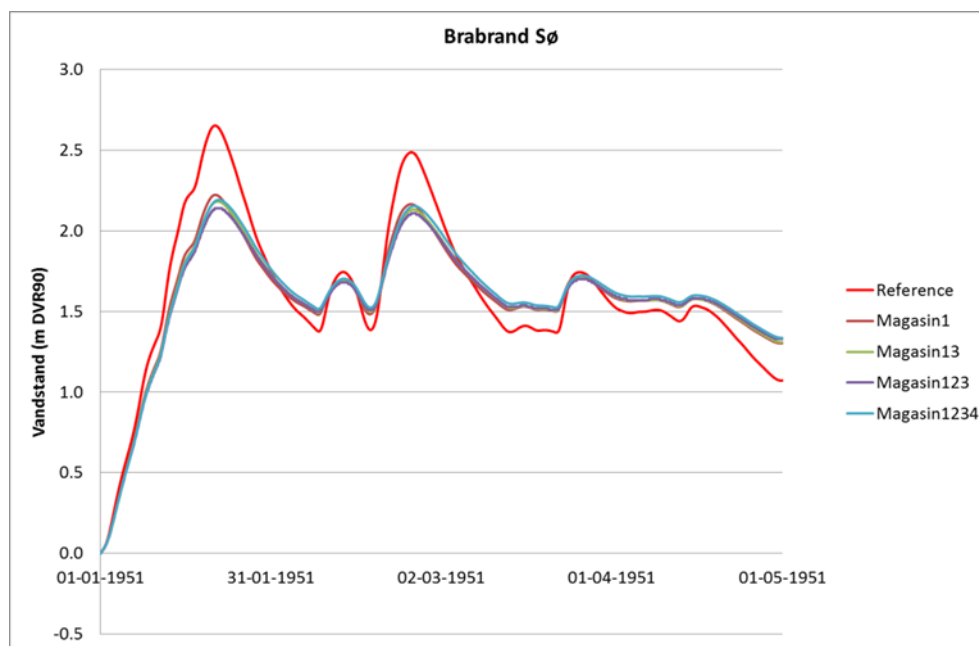
En dynamisk vandløbsmodel udarbejdet for området (Orbicon, 2006), viser, at Engsøen har mindsket oversvømmelsesrisikoen i de tæt bebyggede områder i den nedre del af ådalen og langs Egå. Det skyldes, at søen har en opmagasinerende effekt, og dermed forsinke vandet, når der er kraftige eller langvarige nedbørshændelser. Dermed nedsættes de høje vandstande nedstrøms, men samtidig forlænges perioden med lettere forhøjet vandspejl.

Søens magasinereffekt forringes, hvis vandstanden i søen allerede er forhøjet forud for en kraftig nedbørshændelse. I 2007 var januar, februar og marts meget nedbørsrige og fyldte derfor søer, vandløb og jorden, samtidig med at der i starten af marts var kraftig snesmeltning. Det medførte vandføringer igennem hele perioden, som var kraftigere end en 10-års nedbørshændelse, og Egå var tæt på at gå over sine breder og skabe oversvømmelser i de lavtliggende områder i bunden af Egådalen ved Risskov, hvor der er store beboelsesområder. Der har derfor vist sig behov for flere vådområder i Egådalen for at skabe tilstrækkelig magasinering www.klimatilpasning.dk

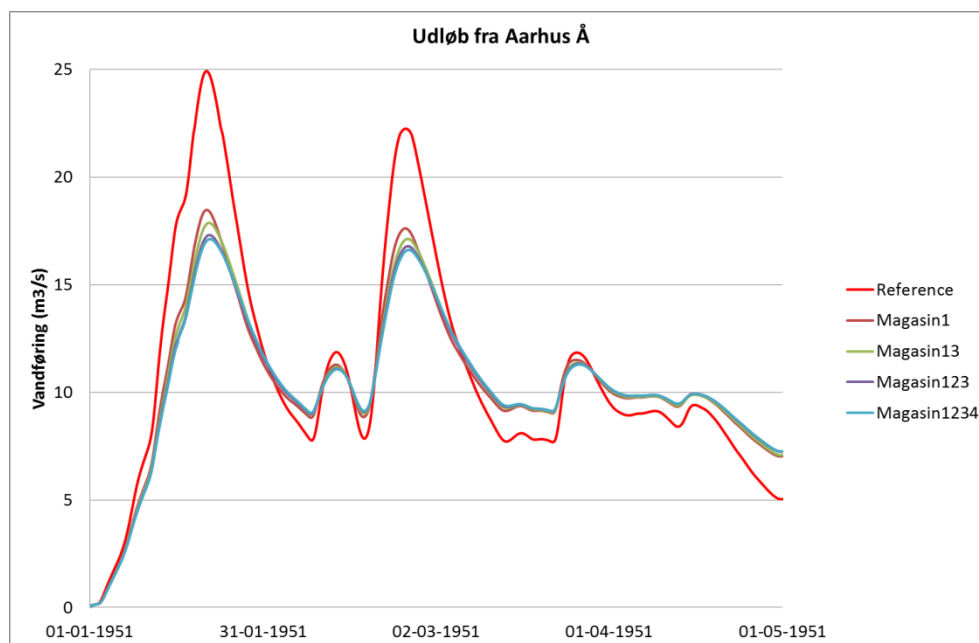
Orbicon udarbejdede i 2012 en konsekvensrapport for Aarhus Kommune om mulighed for klimatilpasning i oplandet til Aarhus Å (og Egå) ved etablering af vandmagasiner i

det åbne land opstrøms byerne. Magasineringen blev vurderet i sammenhæng med Aarslev Engsø (et vådområdeprojekt fra 2003) og Brabrand Sø nedstrøms. Brabrand Sø har afløb via Aarhus Å, som løber gennem Aarhus. Der har i flere tilfælde været oversvømmelse omkring Brabrand Sø og i Aarhus Å, f.eks. i 2007. Magasineringen af vand kan ske ved etablering af naturlige vådområder, enge og marginaljorde, hvor vandet kan tilbageholdes for at forsinke afstrømningen, inden det når ned til Aarhus.

Tilbageholdelsen af vand i magasiner har den effekt, at den maksimale vandføring reduceres, hvorved risikoen for oversvømmelse i byen reduceres. De forskellige scenarieberegninger baseret på en ekstremhændelse i 2012, viser, at magasiner i oplandet i Aarhus Å systemet kunne sænke den maksimale vandstand i Brabrand Sø med 0,5 meter og samtidigt reducere den maksimale vandføring ved udløbet til Aarhus-bugten fra ca. 25 m³/s til ca. 17 m³/s, jf. figur 6.1.3 og 6.1.4. Ved disse foranstaltninger vil der ikke forekomme oversvømmelser ud over de fastsatte maksimale koter (Orbicon, 2012a).



Figur 6.1.3. Beregnet vandstand i Brabrand Sø ved de fire scenarier sammenlignet med referencesituationen i 2012.



Figur 6.1.4. Vandføring i Aarhus Å ved udløbet til Aarhus-bugten ved de fire scenarier sammenlignet med referencesituationen i 2012.

Norske undersøgelser fra Miljøverndepartementet har vist, at vådområder spiller en vigtig rolle i klimatilpasningen, fordi de udover at reducere erosion i vandløbene også reducerer flomhændelser i vandløb og dermed mindsker risikoen for oversvømmelser nedstrøms. Det gælder især vådområder placeret langs vandløbene, som fordeler vandet ud over en stor flade og bremser vandføringen fremfor at transportere det hurtigt videre i vandsystemet til nedstrøms byer og landbrugsområder (www.regjeringen.no).

Også i Sverige omtales vådområdernes evne til at dæmpe eller udjævne flomhændelser i vandløbene, og det anbefales i Naturvårdsverkets vejledning til etablering af vådområdet, at klimatilpasningsaspektet indgår i planlægningen. Naturvårdsverket gør opmærksom på, at nye vådområder ikke i sig selv vil have nogen større dæmpende effekt i forbindelse med ekstremt høje vandføringer i Sverige, men at nye søer og vådområder lokalt kan have en dæmpende effekt på vandføringen og dermed mindske oversvømmelsesfrekvensen nedstrøms (Naturvårdsverket, 2009).

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet vurderes at kunne kobles med andre virkemidler så som ændret vandløbsvedligeholdelse og vandløbsrestaurering, så det får en endnu større effekt i forhold til klimatilpasning ved at forsinke vandet til nedstrøms beliggende oversvømmelsesfølsomme arealer.

Lovgivning, økonomi og teknik

Der skal som minimum udføres en vandløbsregulering og ofte dispenseres for naturbeskyttelseslovens § 3. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bi-

lag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Teknikken er kendt og afprøvet flere steder i Danmark. Tekniske forundersøgelser skal dokumentere en tilstrækkelig effekt inden vådområdeprojekter kan realiseres, og det undersøges, om etablering af vådområder nedstrøms byer vil medføre påvirkninger opstrøms ved maksimal vandafstrømning. Virkemidlet kan have en positiv effekt på hydrologien og biodiversiteten i den vandløbsnære natur, såfremt sårbare naturtyper ikke oversvømmes med næringsrigt åvand. Virkemidlet kan desuden have en sekundær miljøeffekt ved at fjerne fosfor, idet de ånære arealer oversvømmes og fosfor sedimenteres. Men virkemidlet kan også have risiko for at øge fosforfrigivelsen fra de vanddækkede arealer, især hvis vandtemperaturen stiger.

Ved placeringen af virkemidlet bør der tages højde for, at der skal være et opland af en vis størrelse opstrøms magasinet, så der noget vand at opmagasinere. Dermed er der også større sandsynlighed for, at det kvantitative krav til kvælstoffjernelse kan opfyldes. Magasiner helt opstrøms i systemet har ingen eller kun meget ringe klimamæssigeffekt. Placeringen må heller ikke være for langt nedstrøms, idet det herved kræver meget store volumener at tilbageholde vandet. De bedste steder er således midt i systemet, og hvor terrænet samtidig er forholdsvis fladt, så der ikke skal etableres høje dæmninger og volde.

Virkemidlet anvendes næsten udelukkende i det åbne land og ofte så langt nedstrøms i vandsystemerne som muligt for at få størst mulig kvælstoffjernelse. Virkemidlet vil dog også kunne anvendes bynært, f.eks. langs vandløb i naturlige lavninger, men vil så ofte ikke kunne opfylde kravene om en kvælstoffjernelse på mindst 113 kg N/ha årligt.

Projekterne gennemføres typisk på baggrund af frivillighed blandt lodsejerne efter en ejendomsmæssig forundersøgelse. Lodsejerne tilkendes en erstatning afhængigt af den hidtidige arealanvendelse og efter en eventuel jordfordeling. Virkemidlet forventes ikke at blive dyrere for at have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "vådområder" vil kunne reducere vandløbets maksimum vandføring og vandstand nedstrøms og alt andet lige kunne øge vandløbets median minimumvandføring ved at udjævne vandføringen.**
- **Placeringen af virkemidlet er geografisk bundet til større vandoplande, hvilket giver mulighed for at vælge placeringer, der kan tilgodese et behov for klimatilpasning under forudsætning af, at de miljømæssige effekter også kan opnås.**

- **Afvandingstilstanden kan blive forringet omkring projektområdet og opstrøms afhængigt af vandløbets faldforhold. Ved placering af virkemidlet nedstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer m.v. bør det undersøges, om det kan påvirke disse områders afvandingsforhold. Det afklares typisk i forbindelse med tekniske forundersøgelser.**
- **Virkemidlet vurderes at have positiv effekt i forhold til klimatilpasning i forbindelse med især skybrud om sommeren, hvor vådområdet har magasin-kapacitet til den store vandføring i vandløbene. Ved koblet regn kan vådområdet også forsinke vandet og dermed bidrage til at beskytte oversvømmelsesfølsomme arealer nedstrøms, dog under forudsætning af, at magasin-kapaciteten ikke er opbrugt, når den næste store afstrømning kommer. Ved normal nedbør har virkemidlet den funktion, at vandføringen i vandløbene udjævnes, men har ingen nævneværdig effekt i forhold til klimatilpasning.**

6.2. Virkemidler relateret til grundvand

6.2.1 Flytning af kildepladser

Virkemidlet "flytning af kildepladser" (indvindingssteder) skal imødegå u hensigtsmæssig påvirkning af vandløb, søer og grundvandsafhængig natur ved indvinding af grundvand samtidig med, at forsyningsmængderne opretholdes. Miljøeffekterne vil være bestemt af hvor stor vandløbspåvirkningen er og hvor følsom vandløbskvaliteten er overfor reduceret sommervandføring.

Det er erfaringen fra visse steder, hvor vandindvinding er blevet bragt til ophør, f.eks. på grund af forurening af grundvandsforekomsten, at ophør af indvinding kan føre til højere grundvandsspejl og dermed øget fugtighed på arealerne omkring kildepladsen. Samtidig kan vandføringen i vandløbene i oplandet blive øget.

Samspil med klimatilpasning

Klimaændringerne vil medføre øget grundvandsdannelse i en stor del af landet, især på de mere sandede jorde i Vestjylland (GEUS, 2009) men også i områder som Nordøstsjælland. Især på Midt- og Sydsjælland vil der være uændret og i nogle lokalområder en reduceret grundvandsdannelse, som kan reducere median minimumsvandføringen.

De steder, hvor grundvandsdannelsen og vandføringen øges, vil behovet for virkemidlet reduceres. Virkemidlet er dog især tiltænkt anvendelse i områder på Sjælland, hvor især vandindvinding allerede nu medfører risiko for meget lav vandføring eller direkte udtørring af vandløb i hyppigere tørkeperioder om sommeren. Hvis grundvandsdannelsen i disse områder yderligere forringes som følge af klimaændringerne vil behovet for virkemidlet øges.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet vurderes ikke at kunne kobles med andre virkemidler, så det får en større effekt i forhold til klimatilpasning. Det bør dog ses i sammenhæng med de øvrige grundvandsrelaterede virkemidler, i forhold til det fremtidige behov for tilførsel af grundvand til målsatte overfladevandsforekomster.

Lovgivning, økonomi og teknik

Flytning af kildepladser eller reduceret vandindvinding kan være forbundet med store tekniske vanskeligheder og øgede udgifter, idet mulighederne for at finde alternative lokaliteter eller for at finde vand nok mange steder er begrænsede. Det gælder især i området omkring København, hvor indvindingsbehovet til drikkevand og dermed presset på grundvandsressourcen er stort og kan konflikte med vandplanens krav til den maksimalt tilladelige reduktion af median minimums vandføringen i vandløbene.

Hvis øget grundvandsdannelse kan mindske eller helt eliminere behovet for at flytte kildepladser eller reducere indvindingen, vil klimaforandringerne få en række positive samfundsmæssige konsekvenser, herunder økonomiske og forsyningsmæssige.

Samlet vurdering

- **Behovet for virkemidlet "flytning af kildepladser" kan blive reduceret i et fremtidigt klima på grund af øget grundvandsdannelse og deraf øget afstrømning af grundvand til vandområderne. Der vil dog stadig være behov for virkemidlet i udsatte vandløb med særlig stor risiko for sommerudtørring og til sikring af grundvandsafhængige våde naturtyper (f.eks. rigkær i Natura 2000 områder).**
- **Der vurderes ikke at være nogen samlet effekt af virkemidlet i forhold til klimatilpasning, da man må forvente, at virkemidlet anvendes i forhold til behov og på baggrund af en effektvurdering. Samme vurdering gælder for virkemidlerne "Udpumpning af grundvand til overfladevandforekomster og "Udledning af spildevand til vandløb".**

6.2.2 Udpumpning af grundvand til overfladevandforekomster

Virkemidlet vedrører en indsats overfor manglende sommervandføring i vandløb. I områder, hvor en nødvendig vandindvinding reducerer sommervandføringen, kan grundvand oppumpes, iltes og udledes i vandløb for at bringe sommervandføringen op på et niveau, der giver en økologisk acceptabel minimums vandføring. Ifølge virkemiddelkataloget kan det anvendes, når der er grundvand til stede i den rette mængde og kvalitet. Samtidig skal det sikres, at udpumpningen ikke giver u hensigtsmæssig påvirkning af andre vandforekomster og grundvandsafhængig terrestrisk natur som rigkær, så disse ikke kan overholde deres målsætning (Naturstyrelsen, 2011). Virkemidlet er i klimamæssig sammenhæng ligesom virkemidlet "Flytning af kildepladser" og der henvises derfor til dette afsnit.

6.2.3 Udledning af rensset spildevand til vandløb

Ved manglende kvantitativ opfyldelse for grundvandsforekomst kan kompenseres ved udledning af rensset spildevand for at grundvandsafhængig overfladevandsforekomst skal kunne overholde sin målsætning. Dette kræver rensning til meget højt niveau og anvendes typisk for at nå målsætning for vandføring i vandløb (økologisk acceptabel median minimums vandføring). Virkemidlet er i klimamæssig sammenhæng ligesom virkemidlet "Flytning af kildepladser" og der henvises derfor til dette afsnit.

6.3. Virkemidler relateret til punktkilder

Til punktkilder henregnes, spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse, renseanlæg, industrier, regnvandsbetingede overløb samt dambrug.

I Miljøstyrelsens virkemiddelkatalog er der beskrevet otte virkemidler til begrænsning af forureningen fra punktkilder, nemlig:

- Spredt bebyggelse - Forbedret spildevandsrensning SO rensning (sandfilter eller lign.)
- Spredt bebyggelse – Forbedret spildevandsrensning SOP
- Renseanlæg - Forbedret spildevandsrensning Mekanisk-> MBN.
- Renseanlæg - Forbedret spildevandsrensning MBN->MBNDK.
- Renseanlæg - Forbedret spildevandsrensning MBNDK->MBNDK med Efterpole-ring
- Renseanlæg - Afskæring af udledning af kommunalt spildevand til andet vandområde/andet renseanlæg
- Regnvandsbetingede overløb - fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin (tilledning til renseanlæg / overløb fra bassin) også kaldet "sparebassin"

Det er vurderet, at virkemidlerne med forbedret spildevandsrensning ikke er relevante i forhold til klimatilpasning.

I de næste afsnit beskrives de virkemidler, som det er vurderet relevant at medtage i denne forbindelse.

6.3.1 Renseanlæg - Afskæring af udledning af kommunalt spildevand til andet vandområde/andet renseanlæg

Virkemidlet vedrører reduktion af forureningsbelastning, organisk stof, næringsstoffer eller smitstoffer til et vandområde (Naturstyrelsen, 2011).

Eksisterende udledning af spildevand nedlægges og spildevandet transporteres til andet udledningspunkt eller til et andet renseanlæg. Der regnes med anlæg med en kapacitet på 5.000 PE, afskæring af et fællesområde og at ledning og pumpestation kan etableres i ubefæstede arealer. I praksis har det i vandplanerne drejet sig om en indsats for mindre ældre mekaniske anlæg med udledninger til mindre vandløb, der afskæres til centrale renseanlæg, ofte med udledning til større vandløb eller kystvande.

Dette virkemiddel omfatter ikke eventuelle overløbsbygværker, som er etableret opstrøms det tidligere renseanlæg og bevares ved etablering af pumpestation.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Da klimaændringerne medfører større årsnedbør, vil der i fælleskloakerede områder blive afledt mere spildevand til renseanlæg og dermed udledt mere rensset spildevand fra renseanlæggene. Hvis udledningen flyttes eller afskæres til andet renseanlæg vil der skulle overpumpes mere spildevand, og udledningen til den nye recipient vil dermed i princippet blive større end i dag. Ifølge GEUS (2013) vil maksimumvandførin-

gerne kunne øges med 10-50 % på øerne og i Vestjylland og Sønderjylland. Hvis vandløbet i forvejen er hydraulisk overbelastet vil klimaændringerne forværre dette problem. En hydraulisk overbelastning forventes at være størst i områder, hvor spildevandet i forvejen udgør en betydelig del af vandføringen, og hvor befæstelsesgraden i oplandet er stor.

En øget temperatur vil medføre mulighed for forbedret rensning særligt for kvælstof og organisk stof. Den øgede vandmængde fra det nye udledningsspunkt kan derimod forringe vandkvaliteten og de fysiske forhold i vandløb nedstrøms renseanlægget, især i forbindelse med skybrud og øgede maksimumvandføringer. Selvom spildevandet hovedsageligt bliver afskåret til større renseanlæg efter separatkloakering med udledning til større og mere robuste vandområder, vurderes denne øgede påvirkning generelt set at være betydelig for recipienten for så vidt angår udledning af forurenende stoffer.

I mindre vandløb, hvorfra spildevandet afskæres, kan øget vandføring som følge af klimaændringer kompensere for "tabet" af spildevand, især hvis grundvandsbidraget til vandføringen er stort. I områder (særligt østdanske vandløb) med lav vandføring om sommeren er der derimod forøget risiko for udtørring af vandløb i forbindelse med sommertørke, hvis spildevandet fjernes.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet kan forbedres ved kombination med separering af spildevand og LAR, så det får en større positiv effekt i forhold til klimatilpasning.

Lovgivning, økonomi og teknik

Det er forsyningsselskabets ansvar at sikre, at de nye udledninger fra kloaksystemet ikke giver miljømæssige problemer og er i overensstemmelse med udledningstilladelserne i henhold til miljøbeskyttelseslovens § 29. De nye udledninger må ifølge vandplanens retningslinjer ikke forringe tilstanden i nedstrøms beliggende vandområder. Det kan potentielt skærpe renskravene til forurenende stoffer, hvis der udledes til en ny recipient. Desuden er det forsyningsselskabets opgave at klimasikre alle nye anlæg. Dette vil betyde, at kloakker og renseanlæg skal dimensioneres større, hvis reduktionen af forureningen til vandområderne skal klimasikres.

Hvis centralisering af spildevandsrensning ved nedlæggelse af små ineffektive renseanlæg gennemføres sammen med en separatkloakering, bliver der kun behov for at overpumpe egentlig spildevand og ikke en øget vandmængde fra befæstede arealer. Vej- og tagvand kan i stedet håndteres lokalt ved nedsivning eller udledning til regnvandsbassiner og/eller direkte til robuste recipienter.

Virkemidlet har ingen væsentlige samfundsmæssige konsekvenser, idet flytning af udledningsspunkter fra renseanlæg allerede indgår i forsyningernes spildevandsplanlægning f.eks. i forbindelse med nedlægning af små ineffektive renseanlæg og overpumpning af spildevand til nye eller udbyggede centrale renseanlæg. Virkemidlet forventes ikke at blive dyrere for at have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning.

Samlet vurdering

- **Benyttelsen af virkemidlet "Renseanlæg - Afskæring af udledning af kommunalt spildevand til andet vandområde/andet renseanlæg" kan i forbindelse med skybrud og koblet regn medføre forøget hydraulisk belastning af vandløbet nedstrøms det renseanlæg, som modtager mere spildevand.**
- **Effekten vil være nul eller svagt positiv i de vandløb, hvorfra spildevandsudledningen fjernes og nul i hydraulisk robuste vandløbsrecipienter.**
- **Samlet set vurderes virkemidlet at have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning, fordi spildevandet typisk samles ved centralisering af spildevandsrensning og får udledning til større og mere robuste recipienter, hvor spildevandet ofte udgør en meget lille andel af vandføringen.**
- **Virkemidlet kan forbedres ved samtidigt at separatkloakere og forsinke regnvandet i regnvandsbassiner.**

6.3.2 Regnvandsbetingede overløb - fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin (tilløb til renseanlæg / overløb fra bassin) også kaldet "sparebassin"

Virkemidlet vedrører indsats overfor udledninger under regn af opblandet overfladeafstrømning og spildevand fra fælleskloakker, af hensyn til hydraulisk belastning, NPO, miljøfremmede stoffer og smitstofreduktion (Naturstyrelsen, 2010).

Etablering af forsinkelses- og bundfældningsbassin har til formål både at reducere den hydrauliske og forureningsmæssige belastning på det modtagende vandområde. Der tages udgangspunkt i et fælleskloakeret opland uden forsinkelsesbassin. Effekten er opgjort med et afløbstal på 2 l/s/ bef. ha og et bassin på 10 mm (=100 m³/befæstet ha) svarende til at bassinet kan rumme 10 mm nedbør. I vandplanernes retningslinjer regnes med et bassin på 5 mm og et afløbstal på 4,5 l/s/red. ha, svarende til landsmiddel afløbstal. Bassinet skal sikre en 75 % stoffjernelse.

Virkemidlet ændrer på vandkvantiteten i de mindre vandløb, da en større del af det spildevandsopblandede regnvand afledes til renseanlæg og dermed bliver afledt forsinket til en anden del af vandområdet eller eventuelt til et helt andet vandområde.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Hvis det forudsættes, at forsinkelsesbassinet dimensioneres af hensyn til opnåelse af forbedret vandkvalitet i vandområderne, vil klimaændringerne påvirke denne effekt.

Forsinkelsesbassinet vil aflede spildevand og en del af regnvandet til renseanlægget. Hvis klimaændringerne medfører større årsnedbør, vil der blive afledt mere fællesvand til renseanlæg og dermed udledt mere rensset spildevand fra selve renseanlægget.

Forsinkelsesbassinet vil ikke helt fjerne overløb til vandområderne, men reducere antallet af udløbshændelser ved kraftig regn. Da klimaændringerne medfører flere ekstreme regnhændelser i form af skybrud vil antallet af overløb stige og dermed mængde

den af stof (næringsstoffer, organisk stof og miljøfarlige stoffer), som afledes til vandområderne. Det kan dog forebygges ved at udvide bassinkapaciteten eller separatkloakere, så bassinerne kun modtager regnvand fra befæstede arealer og tage.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet vurderes ikke at kunne kobles med andre virkemidler, så det får en større effekt i forhold til klimatilpasning. Det bør dog ses i sammenhæng med de øvrige spildevandsrelaterede virkemidler og især virkemidler relateret til klimatilpasning i byer.

Lovgivning, økonomi og teknik

Selvom virkemidlet har til formål at forbedre miljøtilstanden i vandområderne har forsyningsselskabet i forbindelse med det konkrete projekt for etablering af bassin mulighed for at tage hensyn til øvrige behov for kloakfornyelse og eventuelle behov for ændringer af dimensionering af ledningsnet.

Det er forsyningsselskabets ansvar at sikre, at de regnvandsbetingede udledninger fra kloaksystemet ikke giver miljømæssige problemer og er i overensstemmelse med udledningstilladelserne i henhold til miljøbeskyttelseslovens § 28. Desuden er det forsyningsselskabets opgave at klimasikre alle nye anlæg. Dette vil betyde, at forsinkelsesbassinerne skal dimensioneres større, hvis reduktionen af forureningen til vandområderne skal klimasikres nogle år ud i fremtiden. Virkemidlet kan blive dyrere for at have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning. Det skyldes, at bassinernes kapacitet skal være større for at kunne neddrose den hydrauliske belastning af vandløbene i forbindelse med skybrud. Det afhænger dog af, om bassinerne allerede nu er dimensioneret til A1B scenariet.

Samlet vurdering

- **Virkemidlet har i kraft af sin virkning med hydraulisk neddrosling og forsinkelse af vand en positiv effekt i forhold til klimatilpasning og kan bidrage til sikring af nedstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv.**
- **Effekten vurderes at være størst i forbindelse med skybrud. Ved normal nedbør er bassinerne sjældent i funktion og ved koblet regn kan bassinerne evt. være fyldt op, så der ikke er kapacitet til yderligere forsinkelse.**
- **Hvis effekten både miljømæssigt og i forhold til klimatilpasning skal forbedres er der behov for at dimensionere forsinkelsesbassinerne større, hvilket dog også vil fordyre virkemidlet.**
- **Regnvandsbassiner fjerner N, P og miljøfarlige stoffer, men håndtering af regnvand indgår pt. ikke som vandplanvirkemidler. Regnvandsbassiner vurderes at have et stort potentiale som klimatilpasningsvirkemiddel.**

6.4. Virkemidler relateret til restaurering af vandløb

Når man skal vurdere virkemidlernes vandmæssige egenskaber i forhold til klimaforandringerne, er det vigtigt at være opmærksom på, at klimaforandringerne vil ændre den hydrologiske situation i og omkring vandløbene, uanset om der tages miljøforbedrende virkemidler i brug eller ej: øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster vil påvirke både den hydrologiske tilstand, de hydromorfologiske processer og den biologiske udvikling i og omkring vandløbene. Det betyder, at både vandløbene og deres oplande gradvis skal tilpasse sig de øgede vandmængder og de ændrede nedbørs- og afstrømningsmønstre. Når man tager miljøforbedrende virkemidler i brug i vandløbene, sker det således i områder, der er under påvirkning af et klima i forandring.

Det interessante i henseende til virkemidlerne er derfor, om benyttelsen af virkemidlerne vil forstærke eller mindske de generelle effekter af klimaforandringerne på hydrologien i og omkring vandløbene, og om virkemidlernes påvirkninger af de generelle effekter har positivt eller negativt fortegn i forhold til de menneskelige interesser (bygninger, anlæg og arealer mv.), der er knyttet til eller som kan påvirkes af vandløbene.

6.4.1 Generelle hydrologiske effekter af klimaforandringer i og omkring vandløb

Norddjurs Kommune har med redegørelsen "*Klimatilpasning af vandløb*" (Norddjurs Kommune 2013) lavet en analyse af, hvordan øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster vil påvirke vandstanden i vandløbene og fugtighedstilstanden (afvandingstilstanden) omkring disse, dersom man fortsætter den nuværende vedligeholdelsespraksis og forvaltning af vandløbene.

Vandspejlsberegninger i og omkring 4 eksempel-vandløb viser, at vandstanden i vandløbene vil stige med i størrelsesordenen 15 cm ved den fulde forventede øgning af afstrømningen i år 2100, dersom man viderefører den vedligeholdelse, man praktiserer i dag, forudsat at vandløbene ikke ændrer form og størrelse, og forudsat at grøden ikke ændrer mængde og sammensætning mv.

Beregningerne viser endvidere, at store afstrømninger kan skabe oversvømmelser, hvis afvikling kan være tidsmæssigt afkoblet fra vandstanden i vandløbene, dersom vandløbene er omgivet af terræn, der ligger lavere end vandløbenes overkanter – en situation, der kendes fra mange vandløb i ådale med sætninger, og fra vandløb, der er forlagt fra ådalenes laveste terræn.

Analyserne af de 4 vandløb giver ikke et fuldt dækkende billede af de generelle vandmæssige effekter af klimaforandringerne i og omkring vandløbene, men de viser, at der er grund til at forvente store forskelle vandløb imellem.

Analyserne viser også, at det er vanskeligt at forudsige de hydrologiske effekter af øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster i alle detaljer. Dertil kommer den uforudsigelighed, der følger af, at især vandløbenes form og størrelse tillige med

vandløbsvegetationen må forventes at ændre sig som følge af og i takt med klimaforandringerne. Disse forandringer forventes at ske på måder, som vi i dag har vanskeligt ved at forudse, både tidsligt og rumligt.

Både klimaforandringernes og vandløbenes geografiske variationer og uklarheden om vandløbenes tidslige og rumlige reaktion på klimaforandringerne gør det umuligt at tegne et generelt operationelt billede af, hvordan klimaforandringerne vil påvirke hydrologien i og omkring vandløbene. Det gør det meget vanskeligt at tegne et nuanceret og kvantitativt billede af, hvordan de enkelte virkemidler til forbedring af miljøtilstanden vil komme til at påvirke de klimabetingede effekter af især øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster i og omkring vandløb.

I de følgende afsnit er virkemiddelkatalogets eksisterende virkemidler (Naturstyrelsen 2011) tillige med forslag til supplerende virkemidler (Kristensen et al. 2013) vurderet med fokus på, hvordan benyttelsen af dem vil kunne påvirke de generelle effekter af øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster: vil benyttelsen af virkemidlerne forstærke eller formindske de generelle effekter, eller vil benyttelsen være neutral? Og vil der være forskelle i virkemidlernes effekter, afhængig af, hvor de benyttes. Og endelig: vil måden, hvorpå virkemidlerne benyttes, enkeltvis eller i forening, kunne skabe synergi i forhold til igangværende klimatilpasning?

6.4.2 Ændret vandløbsvedligeholdelse

Ifølge Virkemiddelkataloget (Naturstyrelsen 2011) tager virkemidlet "ændret vandløbsvedligeholdelse" primært sigte på at forbedre de fysiske forhold¹ i vandløb:

"Hvor den nuværende vedligeholdelsespraksis er til hinder for målopfyldelse skal der ske en ændring af denne praksis.

Den ændrede vandløbsvedligeholdelse kan medvirke til, at vandløbet kan udvikle sig mere naturligt med henblik på at forbedre levesteder for dyr og planter. Behovet for at ændre vedligeholdelsen er forskellig fra vandløb til vandløb. Dette vil bero på en konkret vurdering. For nogle vandløb vil der være behov for helt at ophøre med vedligeholdelse, mens for andre vil det være nok at reducere den nuværende praksis. Dette kan f.eks. være mere skånsom vedligeholdelse eller reduktion i antallet af årlige grødeskæringer. Der henvises til vejledning om Grødeskæring i vandløb, http://www.naturstyrelsen.dk/Udgivelser/Aarstal/2008/Vejledning_groedaskaering.htm Der skal således kun ændres ved vedligeholdelsen i det omfang det er nødvendigt mhp. at opfylde miljømålet."

Ændret vedligeholdelse tilsigter således i 1. vandplanperiode primært at forbedre de fysiske forhold, hvor disse i relation til smådyrsfaunaen og DVFI-værdien er negativt påvirket af den nuværende vandløbsvedligeholdelse.

¹ Fysiske forhold i vandløb er en samlebetegnelse for de mange forskellige parametre, der til sammen definerer vandløbet som fysisk habitat. Blandt disse parametre er især faldet (bundhældningen), bundmaterialet (substratet), vandhastigheden og strømningsmønstrene, den bundtopografiske variation samt vandførings størrelse og variation af interesse, når det gælder virkemidler rettet mod vandløbenes fysiske forhold.



Foto: Kanaliseret vandløb med synlige fysiske forandringer som resultat af målrettet ændring af grødeskæringen

Ændret vandløbsvedligeholdelse vurderes ikke at kunne påvirke vandkvantiteten i vandløbene, men vil qua påvirkningen af måden, hvorpå vandet afstrømmer gennem vandløbene og deres ådale, kunne påvirke vandføringens størrelse på bestemte tidspunkter, dog uden at det på årsbasis ændrer den samlede mængde vand, der strømmer gennem vandløbene. Eller sagt med andre ord: ændret vedligeholdelse vil kunne bevirke lokale og afgrænsede påvirkninger af måden, hvorpå vandet strømmer af gennem vandløbene. Det er dette aspekt, der har særlig interesse i relation til klimatilpasning.

Forudsætningen for forbedring af de fysiske forhold for smådyrene er først og fremmest, at der med den ændrede grødeskæring kan skabes højere strømhastigheder og derigennem friskylning af grus og sten i bunden, hvad enten disse substrattyper findes naturligt eller er tilført i forbindelse med vandløbsrestaurering.

Det hænger sammen med, at de arter, der vægter mest i faunaindekset fortrinsvis er knyttet til gruset og stenet bund med frisk strøm. Kun en mindre del af de arter, der vægter mest i faunaindekset, er knyttet til grøden – det vil derfor som oftest ikke være nok blot at ændre vedligeholdelsen på en sådan måde, at der efterlades mere grøde i vandløbene.

Vandløbsvedligeholdelse drejer sig, som forvaltningsmæssigt virkemiddel betragtet, først og fremmest om grødeskæring og oprensning. To former for vedligeholdelse, der begge har til formål at forbedre (grødeskæring) og vedligeholde (oprensning) en bestemt vandføringsevne eller vandløbsskikkelse.

Ændret vandløbsvedligeholdelse drejer sig derfor især om ændret grødeskæringspraksis og/eller ændret oprensningspraksis.

Ændret vandløbsvedligeholdelse vil være en meget variabel størrelse, der kan indebære mindre omfattende vedligeholdelse, færre vedligeholdelsesindgreb, ændrede tidspunkter for vedligeholdelse og ændrede metoder til vedligeholdelse eller en kombination af disse, hvad enten det drejer sig om grødeskæring eller oprensning. Ændret vedligeholdelse er dermed et virkemiddel, der både metodisk, indholdsmæssigt og omfangsmæssigt er så variabelt, at det er umuligt at tegne et generelt billede af virkemidlets effekter i forhold til hydrologien i og omkring vandløb. Dermed er det også umuligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets indflydelse på de forandringer af hydrologien, der vil ske som følge af klimaforandringerne. Dertil kommer, at de strækninger, hvor der skal ændres vedligeholdelse, er indbyrdes meget forskellige med hensyn til vandløbsstørrelse, længde og beliggenhed i vandløbssystemerne, ligesom terræn, jordbund, arealanvendelse og klima varierer meget fra egn til egn. Det betyder, at udgangspunktet for vurderingen af virkemidlets samspil med klimatilpasningen vil være meget forskelligartet, og at "udfaldsrummet" for ændret vedligeholdelse er meget stort, jf. "*Erfaringsopsamling om grødeskæring*" (Skov- og Naturstyrelsen, 2007) og "*Vejledning om grødeskæring i vandløb*" (By- og Landskabsstyrelsen, 2008). Dertil kommer, at mængden af data vedr. de hydrauliske og hydrologiske konsekvenser af ændret vedligeholdelse er ganske ringe. Det gør det meget vanskeligt at kvantificere virkemidlets effekter på grundlag af måledata. Det gør det til en både stor og vanskelig opgave at give ét dækkende billede af virkemidlets hydrologiske effekter i relation til klimaforandringerne.

Selvom ændret vedligeholdelse således vil skulle skabe højere vandhastigheder i vandløbenes strømrønder, vil der ofte ske en (vis/tidvis) hævnning af vandstanden, dvs. en tidvis forringelse af vandføringsevnen. Det er en naturlig følge af, at vedligeholdelse, især grødeskæring, foretages for at sænke vandstanden, og at det derfor a priori må formodes, at grødeskæringen har en betydende effekt på vandstanden. Graden af vandstandshævning vil i sagens natur afhænge af, på hvilken måde grødeskæringen ændres. Der vil være tilfælde, hvor der er tale om en ændring mere af metoden end af omfanget, og der vil være tilfælde, hvor der er tale om omfanget mere end metoden. Ligesom der vil være tilfælde, hvor der er tale om ændring er tidspunkterne for vedligeholdelsen, mere end der er tale om ændring af omfang og metode.

Derudover vil graden af vandstandshævning erfaringsmæssigt afhænge af vandløbenes faldforhold – jo mindre fald, desto større vandspejlshævning ved ændring af vedligeholdelsen, og vice versa.

Det kan synes som et paradoks, at man som sideeffekt af højere vandhastigheder får højere vandstande. Det forholder sig erfaringsmæssigt på den måde, at jo større bundhældning (fald) et vandløb har, desto mindre vandstandshævning får man ved

ændring af vedligeholdelsen. Og omvendt – jo mindre fald, desto vanskeligere er det at opnå højere vandhastigheder og at undgå hævnning af vandstanden. For en nærmere beskrivelse af sammenhængen mellem vandføring, vandstand og grødeskæring henvises eksempelvis til Moeslund & Schlüsen (2010).

Ændret vandløbsvedligeholdelse må i udstrakt grad forventes at gøre ådalene tidvis vådere og derigennem mindske deres kapacitet til at magasinere og forsinke afstrømningen i forbindelse med store nedbørshændelser.

Det gælder, at jo højere vandstande i vandløbene, og jo større vandmætning af de vandløbsnære jorder, desto mindre kapacitet til at magasinere vand og forsinke afstrømning i ådalene. Stigende afstrømning vil alt andet lige føre til hyppigere og mere omfattende oversvømmelser, hvis de ånære jorder bliver vådere, end de er i dag, hvor man dog allerede kender til fænomenet: En given nedbørs- og afstrømningshændelse – selv en ellers ikke-kritisk hændelse - kan have vidt forskellige konsekvenser i henseende til oversvømmelse, afhængig af, om den finder sted i tør eller vandfyldt ådal. Dette fænomen er analyseret og belyst i Orbicon (2012a).

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Den mest udtalte effekt af ændret vandløbsvedligeholdelse på vandføringsevnen må forventes at blive højere vandstande. Det betyder i et fremtidigt afstrømningsscenarie, med større afstrømninger og ændret afstrømningsmønster, at benyttelse af virkemidlet "ændret vandløbsvedligeholdelse" vil kunne bevirke en vandstandsmæssig overbygning på de vandstandsstigninger, der under alle omstændigheder forventes at ske. Denne vandstandsmæssige overbygning kan få betydning i forhold til de afvandingsmæssige interesser, hvad enten disse er knyttet til landbrugsarealer, bygninger, sommerhusområder eller byer mv.

Ændret vandløbsvedligeholdelse vil qua effekten på vandstanden også kunne medvirke til at opretholde en for miljøtilstanden gunstig eller nødvendig vanddybde i den eller de perioder om sommeren, hvor afstrømningen på grund af mindre nedbør bliver mindre end i dag. Det kan være af betydning for både fisk og planter.

Højere vandstande i vandløbene og deraf følgende ændringer af fugtighedsforholdene omkring disse vil betyde, at en større del af både vandløbsprofilerne og jorderne omkring vandløbene bliver opfyldt med vand. Det har den konsekvens, at vandløbene og ikke mindst de omgivende jorder vil få mindre kapacitet til at rumme vand, når afstrømningen stiger.

Svaret på, om virkemidlets generelle effekt i forhold til klimatilpasning af menneskelige interesser og værdier er positiv eller negativ, afhænger således af, med hvilke øjne man ser på den, og af hvor man befinder sig i forhold til indsatsvandløbet/-strækningen.

Der vil givetvis være tilfælde, hvor højere vandstande i vandløbene og deraf følgende øget sandsynlighed for og hyppighed af oversvømmelser af de ånære arealer vil være af positiv betydning i relation til oversvømmelsesrisikoen for følsomme nedstrøms beliggende arealer og bebyggelser. Det kan eksempelvis være tilfældet i/omkring dybt nedskårne vandløb, hvor det at bringe vandspejlet nærmere overkanten kan betyde, at en stor afstrømningshændelse får mulighed for at brede sig ud på (= oversvømme) mindre følsomme arealer i ådalen frem for at strømme koncentreret frem mod eksempelvis en by.

Omvendt vil der også kunne være tilfælde, hvor den samme effekt vil kunne være af negativ betydning. Det kan være, hvis høje vandstande i og omkring vandløbene skaber oversvømmelser, der breder sig ud omkring indsatsstrækningen og stuver bagud mod følsomme arealer og bygninger mv., eller som bevirker oversvømmelse af eller forringet afløb fra følsomme anlæg, eks. nedsivningsanlæg og spildevandsanlæg.

Der vil også kunne være tilfælde, hvor effekten af ændret vedligeholdelse på vandstanden er så lille, at den ikke har hverken positiv eller negativ betydning. Og endelig vil der kunne være tilfælde, hvor ændret vedligeholdelse er af en sådan karakter, at den bevirker en forbedring af vandføringsevnen (= sænkning af vandstanden) i forbindelse med store afstrømninger. Det kan eksempelvis være i tilfælde, hvor ændret vedligeholdelse består af overgang fra slåning af undervandsvegetationen til slåning af brinkvegetationen. Det kan have den betydning, at store afstrømninger får mere frit og uhindret (større Manningtal) løb gennem indsatsstrækningerne. Det kan forhindre oversvømmelser ét sted, men til gengæld bevirke oversvømmelser på nedstrøms beliggende arealer.

Det skal for fuldstændighedens skyld nævnes, at vandløb med tiden vil tilpasse sig størrelsesmæssigt til en øget afstrømning. Situationen er imidlertid den, at de klimabetingede forandringer af afstrømningen i vandløb ikke blot indebærer generelt større afstrømninger, men i visse vandløb også tidsvis mindre afstrømninger om sommeren, hvor der kan forekomme tørkeperioder. Sidstnævnte kan via en kombination af planternes vækst og sedimentaflejringer langs bredderne og på bunden få vandløbene til at snævre ind.

Problemet i situationen er, at den afstrømningsmæssige størrelsestilpasning sker i forbindelse med energirige store afstrømninger, der typisk forekommer med (adskillige) års mellemrum, mens den plantebetingede indsnævring sker hvert år i planternes vækstperiode. Det er på den baggrund forventningen, at udvidelsen af profilstørrelsen altid vil være bagefter profilindsnævringen, og at en ændret vandløbsvedligeholdelse vil kunne forstærke dette modsætningsforhold. Det kan imidlertid også forholde sig omvendt, eksempelvis hvis ændret vedligeholdelse består i at overgå fra skæring i én central strømrønde, der fremmer indsnævring, til skæring i flere strømrønder, der kan modvirke indsnævring.

Det skal nævnes, at ændret vedligeholdelse i en del vandløb vil bestå i at bortskære en mindre del af grøden i det senere efterår som led i det, der ofte betegnes som "vinterklargøring". En sådan ændring vil kunne have stor miljømæssig betydning, men vil

også betyde, at ændret vedligeholdelse kan få øget indflydelse på vandstanden i vinterhalvåret – en effekt der muligvis kan blive forstærket, dersom det ændrede klima betyder længere vækstsæson og bedre vækstvilkår for grøden i vinterhalvåret.

Det skal afslutningsvis pointeres, at ”ændret vedligeholdelse” ikke er en statisk størrelse, men derimod en forvaltningsmæssig ændring, som i princippet kan justeres løbende, så længe justeringerne ikke går ud over det primære sigte; at forbedre miljøtilstanden i vandløb.

Man kan på den baggrund forestille sig, at benyttelse af virkemidlet ”ændret vandløbsvedligeholdelse” i de enkelte vandløb vil kunne have både et foranderligt indhold og foranderlige effekter i relation til de generelle effekter af klimaforandringerne. Det vil eksempelvis kunne være tilfældet, hvor virkemidlet tages i brug i vandløb med meget tæt og hurtigtvoksende vegetation (grøde), og hvor vegetationen som reaktion på den ændrede vedligeholdelse ændrer karakter, kvalitativt såvel som kvantitativt. Hvorfor vedligeholdelsen må justeres i takt med ændringerne af vegetationen (grøden) for at få det fulde miljømæssige udbytte.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Kristensen et al. (2013) har i en redegørelse om eksisterende og alternative virkemidler beskrevet, hvilke virkemidler der kan anvendes sammen og derved forstærke den miljømæssige virkning (synergi). For virkemidlet ”ændret vandløbsvedligeholdelse” er det vurderingen, at kobling med virkemidlet ”miniådale” kan være gunstig, idet miniådale på den ene side skaber ”lys og luft” til dybt nedskårne vandløb, og på den anden side øger kapaciteten til at aflede store afstrømninger.

Sidstnævnte rummer muligheden for ”styring” af de øgede afstrømninger: ved at etablere henholdsvis ikke etablere miniådale, evt. i kombination med ændret vedligeholdelse, kan man regulere vandløbenes vandføringsevne på en måde, så man kan skabe kontrollerede oversvømmelser på forudbestemte arealer henholdsvis undgå oversvømmelser på forudbestemte arealer.

Derudover vil ændret vedligeholdelse med fordel kunne kobles med enhver form for restaurering, hvad enten der er tale om udlægning af gydegrus og sten eller der er tale om fuld genslyngning og restaurering af ådale.

Lovgivning, økonomi og teknik

Såfremt den ændrede vedligeholdelse ligger uden for de regulativmæssige bestemmelser, vil en ændring af vedligeholdelsen kræve en ændring af regulativet, jf. vandløbslovens bestemmelser.

Når det gælder de økonomiske konsekvenser af ændret vedligeholdelse, så kompliceres vurderingerne af, at kompenseringen af de skadelidte landbrugsinteresser skal ske på grundlag af vandløbenes regulativmæssige skikkelse/vandføringsevne og ikke den faktiske skikkelse/vandføringsevne. Eftersom den faktiske skikkelse/vandføringsevne ofte afviger betydeligt fra den regulativbestemte, kan man ikke uden konkrete beregninger i hvert enkelt tilfælde vurdere de arealmæssige og dermed de økonomiske konsekvenser af ændret vedligeholdelse.

Samlet vurdering

- **Både effekternes størrelse og fortegn i forhold til klimatilpasningen afhænger helt af de lokale forhold ved benyttelse af virkemidlet "ændret vandløbsvedligeholdelse". Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen. Men der er potentiale for et positivt samspil med klimatilpasning forudsat, at man kan finde løsninger på det problem, at beskyttelsen af nogle arealer kræver øget adgang til at oversvømme andre arealer.**
- **Virkemidlet vil generelt bidrage til en mere naturlig hydrologi og dynamik og større fysisk variation, men kan i nogle tilfælde også medføre øget risiko for periodiske oversvømmelser af vandløbsnære arealer. Der må forventes stor rumlig og tidlig variation i oversvømmelserne langs de forskellige vandløb.**
- **I forhold til klimatilpasningen vurderes tabet af magasinkapacitet i ådalenes jorder under særlige forhold at kunne få negativ betydning i forbindelse med koblet regn.**
- **Skybrudsregn falder typisk i ellers tørre perioder, og her vil ændret vedligeholdelse kunne give lokale og afgrænsede oversvømmelser og dermed forsinkelse af vandafstrømningen.**
- **Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil effekten af ændret vandløbsvedligeholdelse derigennem kunne have positivt fortegn i forhold til klimatilpasningen.**
- **For indsatsstrækninger nedstrøms byer mv. vil effekten af ændret vedligeholdelse til gengæld kunne have negativt fortegn.**

6.4.3 Fjernelse af fysiske spærringer

I følge Virkemiddelkataloget (Naturstyrelsen 2011) tager virkemidlet "fjernelse af fysiske spærringer" sigte mod "*forbedring af kontinuiteten i vandløbene og dermed forbedring af de fysiske forhold i vandløb.*".

I Virkemiddelkataloget hedder det videre, at "*Spærringer i vandløb indbefatter flere typer af konstruktioner, der har til fælles, at de hindrer eller hæmmer spredningen af fisk og smådyr. Spærringer er typisk anlagt i sammenhæng med forskellige tekniske anlæg. En særlig gruppe af spærringer er opstemningerne ved dambrug. På grund af spærringernes meget varierende karakter, vil fremgangsmåden ved fjernelse være varierende. Fjernelsen af spærringen kan ske enten ved fjernelse selve op-*

stemningen, der giver anledning til spærringen eller ved at lave en faunapassage forbi spærringen. Dette vil afhænge af de konkrete forhold.”

Det må som konsekvens af virkemidlets tilsigtede effekt på den fysiske vandløbskvalitet, herunder især skabelse af ny vandløbshabitat i form af omløb, forventes, at der vil kunne være synergi i relation til vandkvaliteten, i det forbedrede fysiske forhold vil kunne bevirke en forbedring af vandløbenes selvrensningsevne (evne til at omsætte organisk stof). Dertil kommer, at fjernelse af fysiske spærringer i nogle tilfælde indebærer fjernelse af kunstige søer, som har negativ indflydelse på vandkvaliteten (ændrede temperaturer og berigelse af vandet med planteplankton).

Fjernelse af spærringer vurderes ikke at kunne påvirke vandkvantiteten i vandløbene, men vil qua påvirkningen af måden, hvorpå vandet afstrømmer gennem vandløbene (eks. uden forsinkelse og magasinering i møllesøer), kunne påvirke vandføringens størrelse på bestemte tidspunkter. Det betyder dog ikke, at der på årsbasis ændres ved den samlede mængde vand, der strømmer gennem vandløbene.

For fuldstændighedens skyld nævnes, at hvor fjernelse af fysiske spærringer indebærer fjernelse af store mølledamme e.l., vil der kunne være en vis effekt på vandkvantiteten som følge af en mindsket fordampning.

Fjernelse af fysiske spærringer i vandløb spænder som virkemiddel meget vidt i henseende til påvirkning af vandstanden i vandløbene og fugtighedsforholdene omkring disse.

I den ene ende af spekteret finder man løsninger, hvor eksisterende vandstandsforhold skal bibeholdes af hensyn til eksisterende natur og tekniske anlæg.

I den anden ende af spekteret finder man løsninger, der indebærer omfattende vandstandssænkninger, eksempelvis i forbindelse med fuldstændig fjernelse af en opstemning og den bagvedliggende sø. I sådanne tilfælde sker der markante ændringer af vandstandsforholdene omkring den fjernede spærring og på de tilstødende arealer.



Foto: Eksempel på faunapassage uden om en opstemning ved en vandmølle.

Det betyder, at benyttelsen af virkemidlet "fjernelse af fysiske spærringer" kun har en lokal indvirkning på vandstandsforholdene, og hvor omfanget heraf er styret af de bindinger, der gælder for det enkelte projekt.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Fjernelse af fysiske spærringer er for en stor dels vedkommende et spørgsmål om at dimensionere tekniske anlæg, der passer til både stedet, situationen og omstændighederne ved den enkelte spærring, og som passer til den mængde vand, den valgte løsning skal kunne transportere. Fjernelse af fysiske spærringer er derfor ofte behæftet med mange bindinger.

Løsninger til fjernelse af fysiske spærringer vil ofte blive projekteret med sigte på en meget lang levetid og holdbarhed (>100 år). I henseende til et fremtidigt afstrømningsscenarie med højere medianminimums- og maksimumsafstrømninger vil benyttelse af virkemidlet "fjernelse af fysiske spærringer" derfor indebære risiko for afstrømningsmæssige og afstrømningsrelaterede problemer, dersom dimensioneringen og udformningen ikke tager højde for de stigende afstrømninger og de ændrede afstrømningsmønstre.

Det betyder, at man ved fjernelse af fysiske spærringer i dag er nødt til at dimensionere løsningerne med sigte på afstrømningsmæssige hændelser, der først når det forventede maksimum om ca. 100 år, men som kan optræde allerede i dag i form af sky-

brudshændelser. Udfordringen ligger således i at få designet løsninger, der fungerer ved både små og store afstrømninger.

Korrekt dimensionerede og projekterede løsninger til fjernelse af spærringer vil almindeligvis have stor robusthed i forhold til de forventede øgninger af afstrømningens størrelse og ændringer af afstrømningsmønsteret, både funktionsmæssig og holdbarhedsmæssigt. Sidstnævnte er et vigtigt aspekt, idet sammenbrud af de konstruerede løsninger ved store spærringer kan få omfattende praktiske og økonomiske konsekvenser, jf. sammenbruddet af dæmningen ved Brande Elværkssø i november 2013.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Fjernelse af spærringer vil i mange tilfælde stå alene, men der vil også være tilfælde, hvor fjernelse af spærringer kan eller skal kombineres med andre virkemidler så som åbning af rørlagte strækninger eller forbedring af vandkvaliteten. Der findes også eksempler på, at fjernelse af spærringer er en forudsætning for at udlægning af grus og sten kan få den tilsigtede virkning på vandløbskvaliteten, f.eks. ved fjernelse af en stuvningszone opstrøms en spærring.

Lovgivning, økonomi og teknik

Fjernelse af fysiske spærringer er at betragte som vandløbsrestaurering og kræver som sådan godkendelse efter vandløbslovens bestemmelser om vandløbsrestaurering. I vandløb, der er udpeget som § 3-vandløb, er fjernelse af fysiske spærringer at betragte som tilstandsændringer, der kræver dispensation. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser. Nogle fysiske spærringer (vandmøller o.l.) har karakter af kulturarv, hvorfor etablering af faunapassage og hydrologisk kontinuitet kræver Kulturstyrelsens godkendelse.

Fjernelse af fysiske spærringer varierer i omfang fra små og teknisk ukomplicerede projekter uden effekter på omgivelserne (eks. små niveauspring ved vejunderføringer) til store og teknisk komplicerede projekter med store effekter på omgivelserne (eks. omløb ved vandmøller med bevaringsmæssige, naturmæssige og landskabelige bindinger).

Spændvidden i projekternes størrelse og kompleksitet betyder, at der også er stor spændvidde i projekternes økonomiske omfang.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "fjernelse af fysiske spærringer" vil almindeligvis ikke medføre højere vandstande i vandløbene i forbindelse med hverdagsregn, men kan medføre lavere vandstande.**

- I forhold til klimatilpasningen vil ændringen af magasinkapaciteten i ådale-nes jorder almindeligvis være uden betydning i forbindelse med koblet regn.
- Det kan forholde sig anderledes ved skybrudsregn. Spærringer er ofte forbundet med opstrøms beliggende stuvningszoner eller egentlige søer. Fjernes de, eller ledes vandløbene uden om, fjernes også en vis forsinkelseskapacitet. Det kan få negativ betydning for oversvømmelsesrisikoen nedstrøms indsatsstrækningerne.
- Effekten afhænger af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.

6.4.4 Vandløbsrestaurering

I følge Virkemiddelkataloget (Naturstyrelsen 2011) tager virkemidlet "vandløbsrestaurering" sigte på at forbedre den fysiske vandløbskvalitet i "Vandløb med manglende målopfyldelse pga. meget ringe fysisk tilstand."

I Virkemiddelkataloget hedder det videre: "*Forbedringer af tilstanden er allerede opnået i et stort antal vandløb ved restaureringsindgreb uden egentlig genslyngning, men ved at skabe fysisk variation med udlægning af gydegrus og sten, samt evt. bearbejdning af brinker og profil på egnede steder, men uden at vandløbet forlægges til et nyt profil. Disse lettere restaureringsformer vil i de fleste vandløb skabe det fysiske grundlag for målopfyldelse.*"

I særlige tilfælde kan en kunstig genslyngning være nødvendigt, eksempelvis ved fjernelse af en spærring eller ved genåbning af et rørlagt vandløb. I sidstnævnte tilfælde indgår genslyngningen som en del af virkemidlet "Genåbning af rørlagte vandløb"."

Det må som konsekvens af virkemidlets tilsigtede effekt på den fysiske vandløbskvalitet forventes, at der vil kunne være synergi i relation til vandkvaliteten, i det forbedrede fysiske forhold i almindelighed vil kunne bevirke en forbedring af vandløbenes selvrensningsevne (evne til at omsætte organisk stof og i særlige tilfælde også iltning af giftige jernforbindelser (okker).

Idet virkemidlet kun undtagelsesvis indebærer restaurering ud over udlægning af grus og sten, er det vurderingen, at benyttelsen af virkemidlet almindeligvis ikke har nogen betydende effekter på vandkvantiteten eller på afstrømningskarakteristikken.

Benyttelsen af virkemidlet "vandløbsrestaurering" indebærer almindeligvis "kun" udskiftning eller supplering af eksisterende finkornet sediment med grus og sten, og da effekten af virkemidlet mere afhænger af strømhastigheden end af vanddybden, vil vandstandshævninger i forbindelse med benyttelsen af virkemidlet være en sideeffekt.

Det samme vil kunne gøre sig gældende i tilfælde, hvor udlægning af grus og sten bevirker en hævnning af vandløbsbunden op over munden af drænrør; i så fald vil bru-

gen af virkemidlet kunne få mere vidtrækkende konsekvenser for afvandingstilstanden.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Vandløbsrestaurering med grus og sten vil i udgangspunktet kunne påvirke vandføringsevnen (= hæve vandstanden) og forringe afvandingstilstanden. I et fremtidigt afstrømningsscenario med højere afstrømninger vil benyttelse af virkemidlet kunne føre til yderligere forringelser af afvandingstilstanden og øget sandsynlighed for oversvømmelser.

I det omfang restaurering med grus og sten bevirker en hævnning af vandspejlet i vandløbene, og dermed i de omgivende jorder, vil benyttelse af virkemidlet være forbundet med en forringelse af magasin- og forsinkelseskapaciteten på de ånære arealer. Det betyder alt andet lige, at hvis brugen af virkemidlet hæver vandspejlet i vandløbene, så mindskes de ånære arealers kapacitet til at beskytte nedstrøms beliggende arealer og byer mv. mod oversvømmelser ved koblet regn. Men som det er tilfældet for virkemidlet "ændret vandløbsvedligeholdelse", varierer de klimamæssige effekter af restaurering også meget fra vandløb til vandløb, og fra sted til sted. Det er derfor ikke muligt at tegne et enkelt og generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Udlægning af grus og sten benyttes i mange tilfælde som selvstændigt virkemiddel til at forbedre den fysiske vandløbskvalitet på strækninger med mangel på groft bundsubstrat. Udlægning af grus og sten benyttes imidlertid også ofte til at skabe god fysisk vandløbskvalitet i forbindelse med åbning af rørlagte strækninger og i forbindelse med etablering af omløb ved spærringer eller andre former for etablering af faunapassage ved spærringer.

Lovgivning, økonomi og teknik

Restaurering med gydegrus og sten er at betragte som vandløbsrestaurering, og kræver som sådan godkendelse efter vandløbslovens bestemmelser om vandløbsrestaurering. I vandløb, der er udpeget som § 3-vandløb, er restaurering at betragte som tilstandsændring, der kræver dispensation.

Restaurering i form af udlægning af gydegrus og sten er almindeligvis at betragte som små og ukomplicerede indgreb, der kan gennemføres inden for begrænsede økonomiske rammer.

Virkemidlet er almindeligvis også teknisk og praktisk ukompliceret at benytte, om end omgivelserne og hensynet hertil i nogle tilfælde kan vanskeliggøre arbejde med at udlægge grus og sten.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "vandløbsrestaurering" vil i mange tilfælde ikke medføre væsentligt højere vandstande i vandløbene og de vandløbsnære**

jorder ved hverdagsregn, men der må forventes forskelle med hensyn til både omfang og udstrækning.

- I forhold til klimatilpasningen vil ændringen af magasinkapaciteten i ådale-nes jorder derfor være uden betydning i forbindelse med koblet regn.
- Benyttelse af virkemidlet vil i almindelighed ikke ændre på forholdene i og omkring vandløbene ved skybrudsregn.
- Brugen af virkemidlet vurderes på den baggrund at være stort set neutral i forhold til klimatilpasningen.
- Hvis brugen af virkemidlet indebærer hævet vandløbsbund og forhøjede vandstande, vil effekterne i forhold til klimatilpasningen være omtrent de samme, som er beskrevet for "ændret vandløbsvedligeholdelse".

6.4.5 Genåbning af rørlagte vandløb

Ifølge Virkemiddelkataloget (Naturstyrelsen 2011) tager virkemidlet "genåbning af rør- lagte vandløb" primært sigte på "opnåelse af god økologisk tilstand i rørlagte vandløb og opstrøms liggende strækninger."

I virkemiddelkataloget hedder det videre, at "Vandløb, der i dag er rørlagt, genåbnes med henblik på at sikre kontinuitet for åbne målsatte vandløb. I forbindelse med gen- åbning skal det altid sikres, at der bliver tilstrækkeligt varierede fysiske forhold i det nye vandløb. Derfor indgår i genåbningen normalt en udlægning af grus/sten og i vis- se tilfælde også genslyngning."

Det må som konsekvens af virkemidlets omdannelse af betonrør til åbent vandløb for- ventes, at der vil kunne være synergi i relation til vandkvaliteten, idet forbedrede fysi- ske forhold almindeligvis vil kunne bevirke en forbedring af vandløbenes selvrensningsevne (evne til at omsætte organisk stof og i særlige tilfælde tillige iltning af giftige jernforbindelser (okker)).

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

En rørlagt strækning, hvor rørdimensionen er afstemt i forhold til de afstrømningsfor- hold, der var gældende på anlægstidspunktet, vil kunne skabe afløbsproblemer i for- bindelse med stigende afstrømning og ændret afstrømningsmønster, idet afstrømning- en vil kunne overstige rørets kapacitet. Eksisterende rørlægninger vil på den bag- grund kunne udgøre et stigende problem i forhold til vandets frie passage gennem vandløbene.

Genåbning af rørlægninger vil derfor løse eller mindske dette problem, afhængig af måden, hvorpå genåbningen sker, og afhængig af de fysiske og biologiske forhold, der efterfølgende præger den genåbnede strækning. Virkemidlet "Genåbning af rør- lagte vandløb" vil derfor i de fleste tilfælde være "født" med en positiv klimamæssig synergi.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Åbning af rørlagte strækninger sker almindeligvis under samtidig udlægning af grus og sten, hvilket under iagttagelse af de gældende bindinger ikke ændrer de afvandingsmæssige konsekvenser, men til gengæld styrker de økologiske effekter af åbningen.

Hvis genåbning af vandløb sker ved samtidig benyttelse af virkemidlet "miniådale", vil de afvandingsmæssige konsekvenser kunne begrænses, og den åbnede strækning vil fra begyndelse være "klimatilpasset" uden at det har omkostninger i forhold til vandløbskvaliteten. Denne klimatilpasning vil imidlertid kunne indebære øgede omkostninger til vedligeholdelse, dersom miniådalene kræver regelmæssig slåning og friholdelse for opvækst af buske og træer for at bevare den tilsigtede vandføringsevne.

Lovgivning, økonomi og teknik

Åbning af rørlagte strækninger er at betragte som vandløbsrestaurering, og kræver som sådan godkendelse efter vandløbslovens bestemmelser om vandløbsrestaurering. I vandløb, der er udpeget som § 3-vandløb, er åbning af rørlagte strækninger at betragte som tilstandsændring, der kræver dispensation.

Åbning af rørlagte strækninger kan i nogle tilfælde være teknisk, praktisk og i relation til lodsejerne ukomplicerede indsatser at gennemføre, mens indsatserne i andre tilfælde kan være særdeles vanskelige at gennemføre. Det hænger sammen med, at rørlægninger varierer med hensyn til længde og ikke mindst med hensyn til beliggenhed. Mange rørlægninger findes således på steder, hvor de ikke uden videre kan åbnes, eks. under bygninger og større anlæg, og det både komplicerer og fordyrer indsatsen.

Samlet vurdering

- **Såfremt åbning af rørlagte vandløb sker uden bundhævninger, vil åbningen ikke i sig selv medføre væsentligt højere vandstande i vandløbene og de vandløbsnære jorder i forbindelse med hverdagsregn. Omfang og udstrækning vil dog kunne påvirkes af mængden af grøde.**
- **I forhold til klimatilpasningen vil ændringen af magasinkapaciteten i ådalenes jorder derfor i al væsentlighed være uden betydning i forbindelse med koblet regn.**
- **Det kan forholde sig anderledes ved skybrudsregn. Rørlagte strækninger har en given vandføringsevne, og hvis den øges gennem omdannelse til åbent vandløb, fjernes i mange tilfælde også en vis forsinkelseskapacitet. Det kan få negativ betydning for oversvømmelsesrisikoen nedstrøms indsatsstrækningerne. Men det kan omvendt også få positiv betydning i opstrøms retning, hvis der her ligger arealer, der er følsomme over for periodisk forhøjede vandstande.**
- **Både effekternes størrelse og fortegn afhænger i vid udstrækning af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.**

- Hvis brugen af virkemidlet indebærer kraftig tilgroning med vandplanter og deraf følgende forhøjede vandstande, vil effekterne af virkemidlet i forhold til klimatilpasningen være omtrent de samme, som er beskrevet for ”ændret vandløbsvedligeholdelse”.

6.4.6 Okkerbegrænsning gennem vandstandshævning

Virkemidlet sigter mod at skabe god økologisk tilstand i vandløb gennem begrænsning af udvaskningen af okker (jern) fra de ånære arealer.

I Virkemiddelkataloget (Naturstyrelsen 2011) hedder det om virkemidlet:

”For hovedparten af okkerbelastede vandløb vurderes en ændring af vandløbsvedligeholdelse tilstrækkelig til at sikre målopfyldelse. Hvor der er tale om belastninger af en sådan grad, at ændret vedligeholdelse ikke vil være tilstrækkeligt til at sikre målopfyldelse, kan der være behov for en supplerende indsats i form af vandstandshævning gennem restaurering af vandløbet. Virkemidlet vandstandshævning via restaurering anvendes ikke i første planperiode”..

Virkemidlets effekt er således betinget af højere vandstand i de ånære jorder, hvad enten den tilvejebringes gennem ændret vedligeholdelse eller gennem restaurering af vandløbene (med samtidig hævnning af vandløbsbunden).

Det betyder, at virkemidlet er ”født” med en projekteret negativ effekt på afvandingstilstanden.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Virkemidlets negative effekt på afvandingstilstanden betyder alt andet lige, at øget afstrømning i vandløbene vil hæve vandstanden yderligere og derigennem øge effekten af virkemidlet ved at gøre de ånære arealer endnu vådere. Klimaforandringerne vil således, alt andet lige, forstærke effekten af virkemidlet.

De våde og stadig mere våde jorder omkring vandløbene betyder, at ådalenes magasin- og forsinkelseskapacitet som udgangspunkt vil blive reduceret og tilmed yderligere reduceret, i takt med at afstrømningen øges. Det kan have negative konsekvenser i forbindelse med koblet regn. Til gengæld vil benyttelse af virkemidlet i udgangspunktet kunne fremme oversvømmelser i indsatsområdet og derigennem bidrage til at beskytte nedstrøms beliggende, oversvømmelsestruede arealer og byer mv. mod oversvømmelser.

Billedet af virkemidlets samspil med klimatilpasningen er dog mere nuanceret, og som det er tilfældet for ændret vandløbsvedligeholdelse, vil også vandstandshævning til begrænsning af okkerudvaskning kunne have forskellige virkninger i forhold til klimatilpasningen, afhængig af, hvor og hvordan indsatsen gennemføres. Det skal dog nævnes, at mange af indsatsvandløbene er små, hvorfor benyttelsen af virkemidlet vil ha-

ve begrænset effekt i forhold til klimatilpasningen, hvad enten der er tale om positive eller negative effekter.

Hævning af vandstanden som virkemiddel til mindskelse af okkerudvaskning vil få øget effekt i forbindelse med et ændret klima, idet øget afstrømning i sig selv vil få vandstanden til at stige.

For P-tilbageholdelsens vedkommende er det uvist, hvad der vil ske i takt med øget afstrømning og deraf følgende højere vandstande og hyppigere oversvømmelser. Mindsket udvaskning af okker vil ganske vist være ledsaget af en mindsket udvaskning af jernbundet P, men til gengæld vil hyppigere oversvømmelser kunne bevirke lækage af jernbundet P til vandet på de oversvømmede arealer, hvorfra det i tilfælde af tilbageløb til vandløbene vil kunne bevirke øget P-belastning af vandløbene.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Virkemidlet vil i mange tilfælde kunne få den tilsigtede virkning, hvad enten vandstandshævningen sker gennem genslyngning eller gennem ændret vandløbsvedligeholdelse. Der vil imidlertid også være tilfælde, hvor genslyngning ikke er en mulighed, og hvor ændret vedligeholdelse ikke kan give den nødvendige vandstandshævning. I sådanne tilfælde vil en kombination af ændret vedligeholdelse med udlægning af grus og sten til hævnning af bunden kunne give den ønskede effekt. Også anvendelse af virkemidlet sammen med "hævning af vandløbsbunden uden genslyngning" vil i nogle tilfælde kunne være en relevant kombination.

Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet "vandstandshævning" indebærer i tilfælde af genslyngning et indgreb, der er at betragte som en regulering i vandløbslovens forstand. Benyttelse af virkemidlet kan som udgangspunkt kun godkendes efter vandløbslovens bestemmelser, hvis benyttelsen ikke strider mod bestemmelserne i vandløbslovens formålsparagraf. Det vil i praksis sige, at benyttelsen af virkemidlet må ikke stride mod opfyldelsen af vandplanernes målsætninger for vandløbene. Genslyngning af vandløb kræver derudover dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Hævning af vandstanden gennem ændret vedligeholdelse vil være underlagt de samme lovgivningsmæssige reguleringer og økonomiske konsekvenser som virkemidlet "Ændret vandløbsvedligeholdelse".

Rent teknisk er hævnning af vandstanden gennem genslyngning en ofte kompliceret og økonomisk ressourcekrævende foranstaltning.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet ”okkerbegrænsning gennem vandstandshævning” vil i lighed med ”ændret vandløbsvedligeholdelse” og ”genslyngning” medføre højere vandstande i vandløbene og de vandløbsnære jorder ved hverdagsregn.**
- **I forhold til klimatilpasningen vil tabet af magasinkapacitet i ådalenes jorder kunne få negativ betydning i forbindelse med koblet regn.**
- **Det forholder sig anderledes ved skybrudsregn om sommeren. Skybrudsregnen falder typisk i ellers tørre perioder, og her vil ændret vedligeholdelse kunne fremme lokale og afgrænsede oversvømmelser. Hvis brugen af virkemidlet har bevirket meget våde jorder, vil effekten over for skybrudsregn kunne være mindre.**
- **Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil brugen af virkemidlet kunne have positivt fortegn i forhold til klimatilpasningen.**
- **Både effekternes størrelse og fortegn i forhold til klimatilpasningen afhænger helt af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.**
- **Der vil i nogle tilfælde være potentiale for et positivt samspil med klimatilpasningen, om end flertallet af indsatsvandløbene er små vandløb.**

7. ALTERNATIVE VIRKEMIDLER

DCE ved Aarhus Universitet har i samspil med Vandløbsforum for Naturstyrelsen udarbejdet et katalog med forslag til nye virkemidler, der kan benyttes til at forbedre de fysiske forhold i vandløb i kommende vandplanperioder (Kristensen et al. 2013). Disse virkemidler er beskrevet og vurderet i kataloget, som derved danner grundlag for nedenstående beskrivelser og vurderinger af nye virkemidler.

7.1. Virkemidler relateret til restaurering af vandløb

7.1.1 Genslyngning

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Ved genslyngning forstås en tilbagelægning af et kanaliseret vandløb til dets forløb og profil før udretningen eller et tilsvarende naturligt forløb. Ændring af profil betyder, at vandløbets bredde og bundens topografi ændres til at modsvare en mere naturlig tilstand. Ofte sker der en indsnævring af profilet, fordi mange kanaliserede vandløb er gjort overbrede for at øge vandføringsevnen. Derudover hæves vandløb op i terræn og der opnås en mere naturlig sammenhæng mellem vandløbet og dets omgivelser. Genslyngning bør kombineres med udlægning af groft bundmateriale, da det nygravede slyngede løb ofte ikke vil indeholde en naturlig substratsammensætning. Det skal bemærkes, at substratudlægning bør gøres med udgangspunkt i den naturlige substratsammensætning for det pågældende vandløb.*

Genslyngning i den forstand er et virkemiddel, der har været benyttet i adskillige danske vandløb med Skjern Å-genslyngningen som den mest kendte. Virkemidlet er dermed ikke nyt som sådan, men er nyt i relation til vandplanerne. Den mangeårige benyttelse af virkemidlet betyder, at der eksisterer stor viden om virkemidlets miljømæssige virkning, se f. eks. Møller Andersen, red. (2005) og Storstrøms Amt (2006).

Genslyngningen vil almindeligvis forlænge vandets strømningsvej og mindske bundhældningen, og sammen med hævnings af vandløbet op i terræn betyder det et højere liggende vandspejl og mulighed for hyppigere oversvømmelser. Det er de to parametre, der tilbage i tiden begrundede reguleringen af flertallet af de danske vandløb.

Genslyngning af vandløb indebærer derfor en vidtgående retablering af den naturlige hydrologi i de ådale, hvori genslyngningen finder sted.

7.1.1.1. Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Retablering af den naturlige hydrologi gennem genslyngning betyder, at ådalene med ét slag gøres vådere. Det betyder videre, at den klimabetingede øgning af afstrømningen som udgangspunkt vil gøre ådalene endnu vådere og skabe grundlag for hyppigere og mere omfattende oversvømmelser. Det betyder endvidere, at magasin- og forsinkelseskapaleten bliver reduceret, og det vil kunne have negativ betydning i forhold til koblet regn. Til gengæld vil genslyngning kunne bevirke flere og mere omfattende oversvømmelser i indsatsområdet, hvilket kan være af positiv betydning i forhold til klimatilpasningen.

Benyttelsen af virkemidlet kan i forhold til menneskelige interesser og værdier have vidt forskellige konsekvenser, afhængig af, hvor genslyngningen finder sted. I nogle tilfælde vil genslyngning kunne forsinke afstrømningen og dermed beskytte nedstrøms beliggende arealer, huse og byer mod oversvømmelser eller begrænse omfanget heraf ved store afstrømninger. I andre tilfælde vil den generelt højere vandstand kunne give problemer, fordi selv mindre regnhændelser kan føre til oversvømmelser omkring og opstrøms genslyngede strækninger. Det betyder samlet set, at de konkrete klimamæssige konsekvenser af genslyngning kun kan afgøres og kvantificeres gennem en forudgående ådalsanalyse, hvori indgår såvel det genslyngede vandløbs karakteristika som det omgivende terræn.

En genslynget strækning vil alt andet lige have bedre forudsætninger for at tilpasse sig størrelsesmæssigt til øgede afstrømninger, fordi det ligger højere i terræn, og fordi den naturlige erosion foregår i jordprofiler, der ikke er så høje som i dybt nedskårne vandløb.

Til trods herfor vil også størrelsestilpasningen af genslyngede strækninger med stor sandsynlighed foregå i en langsommere takt end stigningstakten for de store, energirige afstrømningshændelser, der kan ændre profilernes størrelse og form.

Det kan på den baggrund virke besnærende at dimensionere en genslyngning med sigte på fremtidens øgede afstrømninger, men det vil med stor sandsynlighed ikke give det ønskede resultat. I virkelighedens verden vil vandløbenes planter i forening med sedimenttransporten bevirke indsnævring af profilbredden til en størrelse, der korresponderer med den til enhver tid aktuelle afstrømnings størrelse og variationsmønster.

7.1.1.2. Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Genslyngning er et meget vidtgående virkemiddel og vil derfor almindeligvis indbefatte mange af de tiltag, som ellers kan opnås gennem brug af individuelle virkemidler så som ændret vandløbsvedligeholdelse og hævnning af vandstanden til begrænsning af okkerudvaskning.

Genslyngning er ikke altid i sig selv i stand til at frembringe groft substrat (grus og sten), og i det omfang at disse substrattyper ellers er naturligt forekommende i indsatsområdet, men er fraværende på grund af kulturpåvirkningen af vandløbet og dets omgivelser, kan genslyngning med fordel benyttes sammen med virkemidlet "udlægning af gydegrus og sten".

Genslyngning kan i yderste fald kobles med virkemidlet "restaurering af hele ådale" og derigennem levere et afgørende bidrag til den optimale vandløbsrestaurering.

7.1.1.3. Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet "genslyngning" indebærer et indgreb, der er at betragte som en regulering i vandløbslovens forstand. Genslyngning af vandløb kræver derudover for de fleste vandløbs vedkommende dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3, idet indsatsen som oftest vil ske i § 3-udpegede vandløb og berøre § 3-beskyttede arealer.

Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Genslyngning er et økonomisk tungt virkemiddel, dels fordi benyttelsen af det indebærer omfattende projekterings- og anlægsarbejder, og dels fordi det i mange tilfælde indebærer store udgifter til erhvervelse af de omgivende arealer, jordfordeling og/eller kompensation af lodsejerne for driftstab.

7.1.1.4. Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "genslyngning" vil medføre højere liggende vandspejl i vandløbene og deres omgivelser ved hverdagsregn.**
- **I forhold til klimatilpasningen vil tabet af magasinkapacitet i ådalenes jorder kunne få negativ betydning i forbindelse med koblet regn.**
- **Det forholder sig anderledes ved skybrudsregn om sommeren. Skybrudsregnen falder typisk i ellers tørre perioder, og her vil genslyngningen kunne fremme lokale og afgrænsede oversvømmelser. Hvis virkemidlet bevirker meget våde jorder, vil effekten over for skybrudsregn være mindre.**
- **Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil effekten af genslyngning kunne have positivt fortegn i forhold til klimatilpasningen.**
- **Effekten i forhold til klimatilpasningen afhænger helt af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.**
- **I mange tilfælde vil der være potentiale for et positivt samspil med klimatilpasningen.**

7.1.2 Genslyngning i kombination med etablering af diger og pumpelag

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Dette virkemiddel er tiltænkt anvendelse i meget flade områder eller brede ådale hvor arealanvendelsen ikke giver mulighed for genslyngning i ådalens fulde bredde. Virkemidlet indbefatter etablering af diger i en afstand af 10-30 meter fra vandløbets kant med henblik på at skabe en korridor, hvori genslyngningen finder sted. Uden for korridoren etableres et offentligt pumpelag, der pumper vandet fra de dyrkede arealer til vandløbet. Inden for korridoren udføres genslyngningen som beskrevet under virkemidlet "genslyngning".*

Genslyngningen mellem diger vil kunne gennemføres på samme måde som genslyngning i øvrigt, men med den meget væsentlige forskel, at virkemidlet ikke skaber naturlig hydrologi i vandløbet og dets omgivelser.

Idet virkemidlet tager sigte mod vandløb i meget flade områder, vil genslyngningens miljømæssige effekter i udstrakt grad være begrænset af faldforholdene og mulighederne for at genskabe vigtige dele af vandløbenes naturlige karakteristika.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Ved normale afstrømninger vil den hydrologiske situation i genslynget vandløb mellem diger være meget lig situationen i genslynget vandløb i den fulde ådal, men ved store afstrømninger vil digerne bevirke en markant anderledes situation.

Ved store afstrømninger vil digerne forhindre oversvømmelse af de ånære arealer. Det inddigede vandløb vil dermed ikke have mulighed for at "aflaste" i samme omfang som det genslyngede vandløb med mulighed for at oversvømme hele ådalen.

Det kan betyde, at en inddiget, genslynget strækning alt andet lige vil påvirke både op- og nedstrøms beliggende arealer på en helt anden måde, end en tilsvarende strækning ville gøre det uden diger.

Digerne tager således oversvømmelses- og forsinkelsesarealer ud af ådalene omkring de genslyngede strækninger, og det vil kunne forstærke de negative effekter af øget afstrømning og ændret afstrømningsmønster i byer, sommerhusområder, værdifulde landbrugsarealer uden diger m.v, både op- og nedstrøms.

Hvordan det påvirker afstrømnings- og oversvømmelsesmønstrene, afhænger af en række faktorer, der er forskellige fra vandløb til vandløb. Tegningen af virkemidlets effekter i forhold til klimatilpasningen kræver derfor egentlige ådalsanalyser på grundlag af de konkrete forhold.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Genslyngning mellem diger er et meget vidtgående virkemiddel for så vidt angår selve vandløbet, men kan ikke desto mindre nødvendiggøre samtidig brug af andre virkemidler så som ændret vandløbsvedligeholdelse. Hvor groft substrat mangler, kan virkemidlet i visse tilfælde benyttes sammen med virkemidlet "udlægning af gydegrus og sten", om end virkemidlets sigte mod vandløb i meget flade landskaber begrænser mulighederne for at opnå de tilsigtede effekter af grus og sten.

Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet "genslyngning i kombination med diger og pumpelag" indebærer et indgreb, der er at betragte som en regulering i vandløbslovens forstand. Genslyngning af vandløb kræver derudover for de fleste vandløbs vedkommende dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3. Derudover kan etableringen af diger og inddragelsen af arealerne mellem diger og vandløbet kræve dispensation i henhold til Naturbeskyttelsesloven. Etablering af offentlige pumpelag til afvanding af privatejet jord bryder med vandlig praksis og kræver sandsynligvis en særlig tilpasning af lov-

givningen. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Genslyngning er et økonomisk tungt virkemiddel, dels fordi benyttelsen af det indebærer omfattende projekterings- og anlægsarbejde, og dels fordi det i mange tilfælde indebærer store udgifter til erhvervelse af de omgivende arealer eller kompensation af lodsejerne for ændret arealanvendelse. Til gengæld beskytter digerne de tilgrænsende arealer mod ændret afvandingstilstand, dels som følge af det miljøforbedrende tiltag "genslyngning", og dels som følge af den klimabetingede øgning af afstrømningen.

Benyttelsen af virkemidlet kan imidlertid have afledte økonomiske konsekvenser for både op- og nedstrøms beliggende arealer, bygninger, anlæg og byer.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "genslyngning mellem diger" vil i lighed med genslyngning uden diger medføre højere beliggende vandspejl i vandløbene og deres nære omgivelser ved hverdagsregn, men vil beskytte jorderne bag digerne mod de forhøjede vandstande, der følger af genslyngningen.**
- **Digerne vil på afgørende vis ændre konsekvenserne af genslyngningen i forhold til klimatilpasning, idet de forhindrer vandløbet i at oversvømme de ånære arealer og udnytte den fulde magasinkapacitet på de omgivende arealer.**
- **Den manglende mulighed for oversvømmelse kan betyde, at koblet regn og skybrudsregn enten tvinges hurtigere igennem eller forsinkes opstrøms indsatsstrækningerne. Det kan øge risikoen for oversvømmelser i områder opstrøms og nedstrøms, som ikke er beskyttede af diger. Virkemidlet vurderes at være neutralt eller svagt negativt.**
- **Der er dog potentiale for et positivt samspil med klimatilpasning, hvis virkemidlet benyttes på lavtliggende kystnære landbrugsarealer, som afstrømmer direkte til havet.**

7.1.3 Hævning af vandløbsbunden uden genslyngning

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Ved hævnning af vandløbsbunden forstås udlægning af materiale (sand, jord eller grus) i kanaliserede vandløb, således at vandløbet kommer til at ligge tættere på terrænet, mens vandløbets kanaliserede forløb bevares.*

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Dette virkemiddel adskiller sig først og fremmest fra "genslyngning" på de miljømæssige effekter. Effekterne på afvandingstilstanden og de deraf følgende virkninger på samspillet med klimatilpasningen vil være stort set de samme, som er beskrevet for virkemidlet "genslyngning".

En strækning med hævet bund vil alt andet lige have bedre forudsætninger for at tilpasse sig størrelsesmæssigt til øgede afstrømninger, end et dybt nedskåret strækning. Men selvom det er tilfældet, vil også størrelsestilpasningen af strækninger med hævet bund med stor sandsynlighed foregå i en langsommere takt end stigningstakten for afstrømningen. Det hænger sammen med, at der er langt mellem de energirige afstrømningshændelser, der kan ændre profilernes størrelse og form.

Det kan virke besnærende at dimensionere profilet på en strækning med hævet bund med sigte på fremtidens øgede afstrømninger, men i virkelighedens verden vil vandløbenes planter i forening med sedimenttransporten bevirke indsnævring af profilbredden til en størrelse, der korresponderer med den aktuelle afstrømnings størrelse og variationsmønster.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Hævning af vandløbsbunden er et forholdsvis vidtgående virkemiddel, og vil derfor almindeligvis supplere eller med fordel kunne gennemføres sammen med andre individuelle virkemidler så som udlægning af gydegrus og sten og ændret vandløbsvedligeholdelse.

Hævning af bunden kan kobles med virkemidlet "restaurering af hele ådale" og derigennem levere et væsentligt bidrag til den vidtgående vandløbsrestaurering, men ikke i samme omfang som hævnning af bunden med samtidig genslyngning.

Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet "hævning af vandløbsbunden uden genslyngning" indebærer et indgreb, der er at betragte som en regulering i vandløbslovens forstand. Genslyngning af vandløb kræver derudover for de fleste vandløbs vedkommende dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes.

Hævning af bunden er et økonomisk relativt tungt virkemiddel, dels fordi benyttelsen af det indebærer et betydeligt projekterings- og anlægsarbejde, og fordi det i mange tilfælde indebærer udgifter til kompensation af lodsejerne for driftstab.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "hævning af vandløbsbunden uden genslyngning" vil medføre højere liggende vandspejl i vandløbene og de vandløbsnære jorder ved hverdagsregn.**

- I forhold til klimatilpasningen vil tabet af magasinkapacitet i ådalenes jorder kunne få negativ betydning i forbindelse med koblet regn.
- Det forholder sig anderledes ved skybrudsregn om sommeren. Skybrudsregnen falder typisk i ellers tørre perioder, og her vil bundhævningen kunne fremme lokale og afgrænsede oversvømmelser. Hvis virkemidlet har bevirket meget våde jorder, vil effekten over for skybrudsregn være mindre.
- Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil effekten af hævet vandløbsbund kunne have positivt fortegn i forhold til klimatilpasningen.
- For indsatsstrækninger nedstrøms byer vil effekten af ændret vedligeholdelse til gengæld kunne have negativt fortegn.
- Både effekternes størrelse og fortegn i forhold til klimatilpasningen afhænger helt af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.
- I mange tilfælde er der potentiale for et positivt samspil med klimatilpasningen.

7.1.4 Etablering af kunstige ådale (miniådale)

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Etablering af kunstige ådale indebærer, at de eksisterende stejle vandløbsbrinker afgraves, så der dannes flade brinker, der minder om en ådal. Vandløbet bevarer således sit eksisterende leje i bunden af den kunstige ådal. I bunden af profilet løber vandløbet i forbindelse med jordoverfladen i profilet. Udføres i kombination med en genslyngning af vandløbet i den kunstige ådal.*

Miniådale har funktionelt og udseendemæssigt stor lighed med de profiler, man ser udviklet i vandløb, der gennem vedligeholdelsen er blevet gjort overbrede, og hvor kantvegetationen og aflejringer af sediment efterfølgende har (fået lov til at) indsnævret profilet med brinkfødde, hvis overside ligger i niveau med vintervandspejlet.

Miniådale har i forhold til afvandingsinteresserne den umiddelbare effekt, at de samtidig med forbedringen af miljøtilstanden øger vandføringsevnen i vandløbene og derigennem begrænser eller forhindrer de forringelser af afvandingsstilstanden hhv. oversvømmelser, der ellers måtte forekomme i forbindelse med store og stigende afstrømninger.

Norddjurs Kommune har i rapporten "Klimatilpasning af vandløb" (Norddjurs Kommune 2013) ladet foretage en beregningsmæssig analyse af, hvilke profiludvidelser der skal til for at neutralisere effekten af øget afstrømning på afvandingsstilstanden.

Denne analyse viser helt overordnet, at det er muligt at regne sig frem til de profiludvidelser, der er nødvendige for at imødegå effekten af en bestemt øgning af afstrømningen. Vurderingerne af virkemidlet i sammenligning med andre måder at klimasikre vandløb på viser endvidere, at miniådale vil kunne være et virkemiddel, der kan begrænse behovet for vedligeholdelse af det basale vandløb eller helt eliminere behovet, ligesom det vil kunne være muligt at foretage vandløbsrestaurering uden konsekvenser for afvandingstilstanden.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Miniådalen kan betragtes som en menneskeskabt pendant til den profiludvidelse, som den øgede afstrømning med tiden naturligt vil forårsage i vandløbene. Men i modsætning til den naturlige profiludvidelse og størrelsestilpasning vil miniådale kunne bringe klimatilpasningen af vandløbene på forkant med udviklingen af afstrømningen og afstrømningsmønsteret, uden at det går ud over miljøtilstanden, og i mange tilfælde tværtimod.

Dimensioneringen af miniådalene kan være med til at bestemme, hvor hurtigt og effektivt vandet ledes gennem de enkelte dele af vandløbene, og det vil formodentlig være muligt at bestemme, hvor oversvømmelser og forsinkelse på de ånære arealer kan eller skal ske.

Miniådalen som virkemiddel til forbedring af miljøtilstanden vil få øget effekt i forbindelse med tilpasningen til et ændret klima. Det hænger sammen med, at virkemidlet gør det muligt ikke at intensivere vedligeholdelsen i forbindelse med øget afstrømning, ligesom miniådalen øger potentialet for aflejring af partikelbundet P på de helt vandløbsnære arealer.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Benyttelsen af virkemidlet "miniådale" indebærer i den beskrevne form genslyngning af vandløbene, hvilket vil kunne bevirke en vidtgående restaurering af vandløbet. I mange tilfælde vil der være behov for at benytte virkemidlet sammen med "udlægning af gydegrus og sten", ligesom det vil være oplagt at supplere med "ændret vandløbsvedligeholdelse".

Lovgivning, økonomi og teknik

Virkemidlet "miniådale" indebærer en udvidelse af vandløbenes eksisterende profiler og er som sådan at betragte som en regulering i vandløbslovens forstand². Benyttelse af virkemidlet kan kun godkendes efter vandløbslovens bestemmelser, hvis benyttelsen ikke strider mod bestemmelserne i vandløbslovens formålsparagraf. Det vil i praksis sige, at benyttelsen af virkemidlet ikke må stride mod opfyldelsen af vandplanernes målsætninger for vandløbene.

² Miniådalen må med gældende praksis ses som et fysisk indgreb, der i vandløbslovens forstand er at betragte som en regulering, og som derfor skal håndteres i overensstemmelse med lovens bestemmelser herom. Hvis virkemidlet i fremtiden tages i brug med sigte på at forbedre miljøtilstanden i eksempelvis dybt nedskårne vandløb, vil det fysiske indgreb få karakter af vandløbsrestaurering. Det kan betyde, at benyttelsen af virkemidlet skal håndteres efter bestemmelserne i vandløbsloven om vandløbsrestaurering,

Virkemidlet "miniådale" indebærer i relation til Naturbeskyttelsesloven en fysisk tilstandsændring, der for vandløb, der er udpeget efter lovens § 3, betyder, at benyttelsen af virkemidlet kræver en dispensation.

Hvis virkemidlet "miniådale" benyttes med sigte på forbedring af miljøtilstanden, er det vurderingen, at de nødvendige fysiske forandringer kan godkendes i forhold til vandløbslovens bestemmelser og opnå dispensation fra § 3-beskyttelsen, forudsat at benyttelsen af virkemidlet ikke er i konflikt med beskyttet natur omkring vandløbene. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis projektet ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Miniådale indebærer en fysisk udvidelse af de eksisterende vandløbsprofiler og er derfor forbundet med opgravning af betydelige mængder jord og behov for arealer til aflægning af den opgravede jord.

Dette gravearbejde vurderes sammen med omkostningerne forbundet hermed at være en af virkemidlets væsentligste svagheder, hvis det skal kunne benyttes i stor udstrækning. En anden væsentlig svaghed er, at det kræver en stor vedligeholdelsesindsats at holde det gravede profil fri for høj vegetation, der med tiden vil kunne reducere virkemidlets effekt i forhold til vandføringsevnen.

Med hensyn til omkostningerne til benyttelsen af virkemidlet, så forholder det sig i dag sådan, at hvis benyttelsen sker med sigte på afvandingsinteresserne, så påhviler omkostningerne de lodsejere, der har nytteværdien af foranstaltningen.

Uanset med hvilket sigte virkemidlet "miniådale" tages i brug, vil miniådalene kræve en regelmæssig vedligeholdelse/pleje for at kunne bevare den skabte forbedring af vandføringsevnen. Det drejer sig først og fremmest om at friholde miniådalene for opvækst af buske og træer³, der kan bremse vandets frie løb, og det drejer sig om slåning af højt voksende græsser og urter. Det kan derudover dreje sig om fjernelse af aflejret sand mv.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet "kunstige ådale" vil muliggøre opretholdelse af stort set uændret vandspejl i vandløbene og de omgivende jorder ved hverdagsregn.**

³ Opvækst af træer i miniådalene kan, hvis de vokser i randen af vandløbet, være til gunst for vandløbsmiljøet, mens de kan være til u hensigtsmæssig hindring af afstrømningen, hvis de vokser i den øvrige del af miniådalen.

- I forhold til klimatilpasningen vil tabet af magasinkapacitet i ådalenes jorder være ubetydeligt, og virkemidlet vil således kunne have betydelig positiv effekt i forbindelse med koblet regn.
- Det kan forholde sig anderledes ved skybrudsregn om sommeren. Miniådalene vil være effektive vandveje, som kan eksportere store mængder vand gennem vandløbene uden at skabe oversvømmelser. Det indebærer en risiko for, at aflastningen (oversvømmelserne) eksporteres til nedstrøms beliggende byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv.
- Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil effekten af virkemidlet derfor kunne have negativt fortegn i forhold til klimatilpasningen.
- For indsatsstrækninger nedstrøms byer vil effekten af ændret vedligeholdelse til gengæld kunne have positivt fortegn.
- Både effekternes størrelse og fortegn i forhold til klimatilpasningen afhænger helt af de lokale forhold. Det er derfor vanskeligt at tegne et enkelt, generelt billede af virkemidlets samspil med klimatilpasningen.
- I mange tilfælde er der potentiale for et positivt samspil med klimatilpasningen, særligt hvis man benytter og dimensionerer miniådalene målrettet i forhold til klimatilpasningen.

7.1.5 Etablering af træer langs vandløb

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Virkemidlet indebærer beplantning med hjemmehørende træarter i umiddelbar nærhed af vandløbet. Beplantningen kan enten foretages på den ene eller på begge sider af vandløbet og der kan med fordel efterlades områder uden tæt beplantning til gavn for lysmængden og dermed vandplanterne i vandløbet. Trævækst langs vandløb kan også ske uden aktiv beplantning gennem passiv opvækst af træer.*

Træplantning langs vandløb har primært 3 formål i relation til forbedring af miljøtilstanden:

- Beskygning med mulighed for reduceret behov for grødeskæring
- Forbedring af fysiske forhold gennem træernes og røddernes skabelse af fysisk habitat og variation i bredzonen
- Forbedring af fysiske forhold gennem tilførsel af dødt ved

Den mest oplagte art til plantning langs vandløb er rødæl (*Alnus glutinosa*), og for denne arts vedkommende gælder, at også træernes blade kan bidrage til miljøkvaliteten ved at tilføre egnet føde til vandløbenes smådyr.

Virkningen af skyggegivende træer langs vandløb blev i årene omkring 1980 undersøgt og dokumenteret grundigt af det daværende Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, og i de senere år er der i stigende grad sat fokus på betydningen af tilstedeværelse af dødt ved (stammer, grene og kviste) for især smådyrsfaunaen.

Træer langs vandløb kan have indflydelse på vandføringsevnen, og dermed på afvandingstilstanden, afhængig af deres placering og tæthed i profilet, og måden, hvorpå deres grene udbreder sig i profilet i forhold til vandspejlet. Dertil kommer, at væltede træer og nedfaldne grene vil kunne være til hinder for vandets frie løb.

Disse mulige negative påvirkninger af vandføringsevnen og afvandingstilstanden skal imidlertid ses i relation til træernes grødebegrænsende virkning, som påvirker vandføringsevnen i modsat retning. Hvorvidt der vil være balance mellem de positive og de negative effekter af træer på afvandingstilstanden, vil givetvis variere fra vandløb til vandløb.

Det forholder sig imidlertid sådan, at det er muligt at påvirke de negative effekter på vandføringsevnen og afvandingstilstanden gennem passende pleje af træerne langs vandløbene, eksempelvis gennem beskæring.



Foto: Vandløb med skyggende træer

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Træernes fiksering af profildimensionerne betyder, at øget afstrømning i træbevoksede vandløb vil få vanskeligt ved at øge profilbredden, det vil sige at tilpasningen vandløbenes størrelse til øget afstrømning vanskeliggøres. Øget afstrømning vil derfor i træfiksede profiler kunne føre til forhøjede vandstande og forringet afvandingstilstand omkring og opstrøms beplantede strækninger. Til gengæld vil ny trævækst gennem beskygningen af vandløbene bevirke en reduktion af grødemængden, og det er sandsynligt, at veludviklede træbevoksninger langs vandløb i mange tilfælde vil kunne opveje effekterne af øget afstrømning på vandstanden. Træerne har derudover den fordel i forhold til den øgede afstrømning, at deres skyggegivende effekt vil øges i nogenlunde samme takt som afstrømningen øges.

Træernes mulige forsinkelse af afstrømningen vil derfor især ske i forbindelse med store afstrømninger, eks. som følge af skybrud, idet vandet så fald vil blive tvunget ud over kanten af de træomkransede profiler og op i nedhængende grene og væltede stammer og der møde en stor hydraulisk modstand. En sådan forsinkelse vil kunne have positive effekter i forhold til nedstrøms beliggende oversvømmelsesfølsomme arealer og byer mv. Omvendt så vil forsinkelse af afstrømningen kunne skabe problemer på opstrøms strækninger og arealer, der er følsomme over for forhøjede vandstande. I lighed med eks. "ændret vandløbsvedligeholdelse" er det derfor vanskeligt at tegne et enkelt billede af de generelle effekter af træplantning i relation til klimatilpasning.

Det er vurderingen, at de forventelige ændringer af klimaet ikke vil påvirke den tilsigtede funktion af plantede træer langs vandløb i negativ retning. Da øgningen af afstrømningen forventes at ske ganske langsomt, er det også vurderingen, at plantede træer, især rødel, vil kunne tilpasse sig forandringerne⁴. Omvendt, så forventes virkemidlet heller ikke at få øget indflydelse på miljøtilstanden som følge af klimaforandringerne.

Plantning af træer langs vandløb vil ideelt set føre til dannelse af profiler, hvis bredder er mere eller mindre fikseret af træernes rødder og stammer. Det betyder, at træer omkring vandløb er med til at definere og fastholde profilernes dimensioner og til dels også formen. Det vil være en miljømæssig gevinst, forudsat at træerne fikserer profilerne i en bredde, der svarer til den for vandløbene naturlige bredde.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Træplantning er et virkemiddel, der med både miljømæssig og klimamæssig synergi vil kunne benyttes sammen med flere af de øvrige virkemidler, eks. udlægning af gydegrus og sten, ændret vandløbsvedligeholdelse, genslyngning og hævet vandløbsbund. Til gengæld vil virkemidlet ikke kunne benyttes i sammenhæng med hævning af vandstanden til begrænsning af okkerudvaskning i de tilfælde, hvor hævet vandstand beror på reduceret grødeskæring.

⁴ Erfaringerne med rødel langs vandløb tyder på, at arten har stor tolerance over for at vokse med rødderne i vand og over for periodisk høje vandstande om vinteren. Derimod er arten følsom over for pludselige vandstandsstigninger om sommeren, sandsynligvis fordi træerne i så fald ikke kan nå at tilpasse sig med dannelse af nye rødder over vandspejlet. Med det resultat at de visner.

Lovgivning, økonomi og teknik

Plantning af træer har i mange år været et virkemiddel, som vandløbsmyndighederne har kunnet tage i anvendelse, eller bevillige tilladelse til at tage i anvendelse som led i vedligeholdelsen (begrænsning af grødevæksten).

Vandløbsmyndighederne (i dag kommunerne) kan ifølge vandløbslovens bestemmelser foretage plantning af træer langs offentlige vandløb som en del af vedligeholdelsen, og kan ved private vandløb bevillige lodsejerne tilladelse til plantning af træer, i begge tilfælde med det formål at begrænse grødevæksten.

Langs større vandløb (de tidligere amtsvandløb) kræver plantning af træer tillige tilladelse efter naturbeskyttelseslovens bestemmelser.

Plantning af træer langs vandløb kan rent teknisk være en vanskelig opgave, fordi mange vandløbsprofiler ikke giver mulighed for den ideelle placering af træerne.

Dybt nedskårne vandløb rummer ofte ikke muligheden for at plante træerne på det naturlige sted i forhold til vandspejlet, og i overbrede vandløb vil træerne ideelt set skulle plantes ude på vandløbsbunden for at undgå, at det resulterende vandløbsprofil forbliver overbredt. Begge disse typer af problemer skal løses for at undgå, at plantningen af træerne løser nogle problemer, men skaber andre. Eller for at man i det hele taget kan få træerne til at vokse. Randers Kommune (upubliceret) har gjort lovende forsøg med at plante rødel ude i profilet i overbrede vandløb.

Nyplantede træer langs vandløb vil i de første år efter plantningen have et betydeligt behov for pleje. Det betyder sammen med de tekniske vanskeligheder med at foretage en ideel plantning, at virkemidlet vil være behæftet med betydelige udgifter i anlægsfasen og de første år herefter, indtil træerne er blevet store nok til at kunne klare sig uden pleje.

Eftersom den fulde virkning af træer langs vandløb først opnås efter en længere årrække, vil benyttelse af virkemidlet afføde en ekstra udgift indtil skygningen bliver kraftig nok til at overflødiggøre anden vedligeholdelse eller mindske behovet herfor. Samtidig kan plantede træer vanskeliggøre vedligeholdelsen i tiden frem til at den er blevet overflødiggjort af træerne.

Den afledte effekt af træer langs vandløb – tilførsel af dødt ved – indtræffer også først efter en årrække, når træerne har nået en vis størrelse.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet ”træplantning” vil qua beskygningen af grøden kunne medføre lavere liggende vandspejl i vandløbene og de vandløbsnære jorder ved hverdagsregn, med mindre væltede stammer og nedfaldne grene og blade bevirker en nedsættelse af vandhastigheden.**

- I forhold til klimatilpasningen vil den svagt øgede magasinkapacitet i ådale-nes jorder kunne have positiv effekt i forbindelse med koblet regn.
- Det kan forholde sig anderledes ved skybrudsregn om sommeren. Træerne vil ved store vandføringer og høje vandstande "stå i vejen" for det strømmende vand og kan derved forsinke afstrømningen og skabe oversvømmelser.
- Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil effekten af virkemidlet derfor kunne have positivt fortegn i forhold til klimatilpasningen.
- For indsatsstrækninger nedstrøms byer vil effekten af træer langs vandløbene til gengæld kunne have negativt fortegn.
- Virkemidlets effekt i forhold til klimatilpasning vurderes samlet set at være lille.

7.1.6 Sandfang

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Tiltag, der reducerer sandtransporten eller sandtilførslen, f.eks. etablering af sandfang i vandløb eller sandfang ved udløb af dræn.*

Virkemidlet er rettet mod et af de store, men ofte ikke særlig synlige problemer i mange vandløb, nemlig den udefra kommende belastning med sand og andet finkornet sediment, der kan ødelægge funktionen af grus og sten i forhold til smådyr og fisk, eller som helt kan begrave disse grove sedimentter.

Sandfang har været brugt i mange år, først og fremmest til at beskytte gydeområder for ørred m.fl. mod ødelæggende sandinfiltrationer og –aflejringer. Erfaringerne med virkemidlet er derfor ganske omfattende, se eks fiskepleje.dk.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Benyttelsen af virkemidlet "sandfang" vurderes ikke at have nogen nævneværdig indflydelse på afstrømningsmønsteret, og spiller derfor ingen rolle i relation til klimatilpasningen af følsomme arealer, bygninger og byer mv., dertil er forsinkelsesvoluminet i almindelighed for lille.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Sandfang vil være et oplagt virkemiddel at benytte sammen med flere af de øvrige virkemidler, i særlig grad "udlægning af gydegrus og sten" og "ændret vandløbsvedligeholdelse". Mindsket sandtransport i eller til vandløbene vil forbedre funktionen af udlagt grus og sten i forhold til smådyr og fisk, men vil derudover nedsætte risikoen for, at der som følge af ændret vandløbsvedligeholdelse sker utilsigtet indsnævring af vandløbenes profiler og/eller aflejringer på vandløbenes bund.

Lovgivning, økonomi og teknik

Etablering af sandfang kræver altid tilladelse efter vandløbsloven og ofte også dispensation efter naturbeskyttelseslovens § 3.

Sandfang er i den traditionelle form et teknisk ukompliceret virkemiddel med begrænset økonomisk omfang, også selvom benyttelsen af virkemidlet indebærer en løbende drift til tømning.

Sandfang ved udløb af dræn er derimod en ny ting, hvis lovgivningsmæssige, tekniske og økonomiske aspekter kræver en særskilt redegørelse.

Samlet vurdering

- **I forhold til klimatilpasningen vurderes virkemidlet ”sandfang” at være uden betydende effekter, hverken positive eller negative.**

7.1.7 Restaurering af hele ådale

I kataloget over nye virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: *Dette virkemiddel indebærer en genskabelse af sammenhængen mellem vandløb og de vandløbsnære arealer gennem en restaurering af vandløbet og dets ådal. Virkemidlet indbefatter mange delelementer og mange forskellige kombinationer af disse, men som udgangspunkt foretages der en genslyngning af vandløbet samt en ekstensivering af landbrugsdriften og dræningen i ådalen. Virkemidlet skal ses som uafhængigt af jordbundstypen, da virkemidlet alene vedrører genskabelse af den naturlige dynamik i vandløbene og i forholdet mellem vandløbene og deres ådale.*

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

Hvis arealerne ned til vandløbet ikke dyrkes, vil der ikke være behov for kraftig grødeskæring eller oprensning, og vandløbet vil kunne komme op i terræn, mæandrer naturligt og sandvandringen kan formindskes betydeligt. Eventuelle dræn til vandløbene kan afbrydes, hvorved grundvandstanden hæves i ådalen. Virkemidlet giver mulighed for, at vandløbene ved store vandføringer kan gå over bredderne og brede sig ud i ådalene afhængigt af disses bredde og terrænforhold..

Dermed opstår der et betydeligt magasin til forsinkelse af vand, der ellers ville kunne belaste nedstrøms sårbare arealer langs vandløbet. Det kunne være byer, værdifulde langbrugsarealer i omdrift eller sommerhusområder. Udover forsinkelsen af vand i forbindelse med koblet regn eller skybrud vil oversvømmelserne øge fordampningen af vand på terræn og nedsivningen til grundvandet. Den vil derigennem udjævne vandføringen i vandløbene. Virkemidlet vil således genskabe den naturlige hydrologi i ådalene til gavn for visse naturtyper (afhængigt af næringsstofpåvirkningen).

Et godt eksempel på restaurering af hele ådale er Sillebro Ådal, et natur- og klimatilpasningsprojekt i Danmark, hvor man kombinerer klimasikring, regnvandshåndtering,

naturgenopretning, vandplaner og rekreative interesser. Arealet på 90 ha ligger i et bynært område som en grøn kile ned til Frederikssunds bykerne. Projektet strækker sig over en tre km lang ådal fra Frederikssund bymidte til Frederikssundsvej. I projektet blev Sillebro Å genslynget, vandmiljøet forbedret, regnvandets afløb til åen forsinket og rensat ved hjælp af naturlige regnvandsbassiner (www.niras.dk).

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

Restaurering af hele ådale er i udgangspunktet et koblet virkemiddel, der i kraft af dets inkludering af de fleste individuelle virkemidler kan betragtes som det mest omfattende og vidtrækkende af samtlige virkemidler.

Lovgivning, økonomi og teknik

Da virkemidlet inkluderer hele ådale vil det kræve tilladelser/dispensationer fra blandt andet vandløbsloven og naturbeskyttelsesloven. Habitatbekendtgørelsens bestemmelser vil skulle vurderes, især hvis ådalen ligger i Natura 2000-område eller er yngle- og rasteområde for bilag IV arter, der vil kunne påvirkes. Også planloven og museumsloven vil kunne komme i spil i forhold til de landskabelige og kulturhistoriske elementer, ligesom der kan være behov for dispensation fra fredningsbestemmelser.

Virkemidlet vil især påvirke landbrug med væsentlige dyrkningsinteresser i ådalene, idet arealerne vil udgå af omdrift. Det vil give et indtægtstab med behov for økonomisk kompensation eller omlægning af støtteordninger. I stedet vil der opstå mulighed og behov for græsning eller høslæt på de tidvist oversvømmede enge i ådalen for at forebygge tilgroning og forringelse af den lysåbne natur.

Samlet vurdering

- **Benyttelse af virkemidlet ”restaurering af hele ådale” vil medføre højere liggende vandspejl i vandløbene og deres omgivelser ved hverdagsregn.**
- **I forbindelse med koblet regn kan de vandløbsnære arealer være vandmættede, hvilket reducerer magasinkapaciteten og dermed muligheden for at forsinke vandet yderligere. Hvis hele ådalens areal kan inddrages til oversvømmelse vil der dog ofte være ledig magasinkapacitet.**
- **Skybrudsregnen falder typisk i ellers tørre perioder, og her vil restaurering af hele ådale kunne fremme lokale og afgrænsede oversvømmelser. Hvis virkemidlet har bevirket meget våde jorder, vil effekten over for skybrudsregn være lidt mindre.**
- **Hvis indsatsstrækningerne ligger opstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv., vil der være en stor positiv effekt i forhold til klimatilpasning.**
- **For indsatsstrækninger nedstrøms byer vil effekten af ådalsrestaurering til gengæld kunne have negativt fortegn, fordi vandet kan stuve opstrøms. Det er imidlertid ikke sandsynligt, at man vil benytte virkemidlet på steder, hvor**

det kan skabe oversvømmelse af byer og andre værdifulde arealer. Det kan klarlægges gennem tekniske forundersøgelser.

7.2. Øvrige alternative virkemidler

I den faglige gennemgang af alternative virkemidler af Kristensen et al., (2013) mangler der entydige beskrivelser af virkemidlets funktion og miljøeffekt af enkelte virkemidler. De kan først vurderes i forhold til klimatilpasning, når disse beskrivelser er afsluttede (forventeligt ultimo 2013).

Det drejer sig om følgende virkemidler:

7.2.1 Etablering af dobbeltprofiler

Virkemidlet er ikke tilstrækkeligt beskrevet

7.2.2 Strømrendetilpasning

I kataloget over alternative virkemidler (Kristensen et al., 2013) hedder det: Vandløbets dimensioner udvides (vandløbet gøres bredere og/eller dybere), så der både er plads til en grødefri strømrende, der er dimensioneret efter den forventede fremtidige afstrømning, samt miljøtiltag (evt. smårestaureringer eller ændret grødeskæring) uden for den grødefri strømrende.

7.2.3 Uddybning af vandløb samt profilbearbejdning med efterfølgende restaureringsindsats

I kataloget over alternative virkemidler hedder det: Her forstås, at vandløbet uddybes, samt at vandløbets profil gøres mere naturligt (mindre stejle brinker) før der foretages restaureringstiltag og/eller ændret grødeskæring. Dette sker mhp. at sænke vandstanden, så den ikke overstiger en bestemt vandspejls højde, der er fastsat i forhold til afvandingsinteresser.

7.2.4 Reducere den hydrauliske belastning

I kataloget over alternative virkemidler hedder det: Ved dette virkemiddel forstås en reducere i den hydrauliske belastning (afløb af overfladevand) fra f.eks. bebyggede områder eller dræn. Derved reduceres de unaturlige udsving i vandføring, som denne belastning kan medføre.

7.2.5 Ændring af oprensingspraksis

I kataloget over alternative virkemidler hedder det: Dette virkemiddel indebærer en ændring i den praksis hvormed vandløbene oprenses (fjernelse af sediment og/eller brinker). Virkemidlet kan som udgangspunkt indeholde mange variationer af ændringer i oprensning, men i denne vurdering er der taget udgangspunkt i, at oprensningen enten helt stoppes eller reduceres i frekvens.

Dette virkemiddel er indeholdt i virkemidlet "ændret vandløbsvedligeholdelse", der jo netop ikke hedder "ændret grødeskæring".

Hvis virkemidlet indebærer stop for oprensning, vil det kunne afføde vidtgående fysiske og formmæssige forandringer, der kan være i konflikt med gældende regulativer.

7.3. Andre virkemidler med potentiale for synergi med klimatilpasning

Foruden de virkemidler, der er indeholdt i det eksisterende virkemiddelkatalog (Naturstyrelsen, 2011), og som der er givet forslag til i Kristensen et al., (2013), er der fra forskellig side formuleret forslag til yderligere virkemidler. Disse er beskrevet i det følgende. Der gøres opmærksom på, at dokumentation for virkemidlernes positive effekt på økologisk tilstand endnu ikke foreligger og at der derfor tages forbehold for denne vurdering.

7.3.1 Minivådområder

Minivådområder tager sigte mod at aflede drænvand fra dyrkede marker til små konstruerede bassiner for primært at reducere udledningen af kvælstof og fosfor via vandløb til søer og indre danske farvande.

Der er arbejdes i øjeblikket med to typer minivådområder.

Den ene type er et minivådområde med infiltrationsmatrice, hvor vandet ledes gennem 3 typer bassiner (sedimentationsbassin, matricebassin og et efterklaringsbassin), og den anden type er minivådområde, hvor vandet passerer et større søvolumen med åbent vandspejl, hvor bund- og vegetationsforhold varierer. De to typer minivådområder adskiller sig der ud over fra hinanden ved arealkravet. Minivådområder med infiltrationsmatrice har et typisk arealkrav på 1-1,5 ‰ af oplandet, mens typen med åbent vandspejl kræver et areal på ca. 10 ‰ af oplandet.

Minivådområdernes styrke er, at de koncentrerer kvælstoffjernelsen og fosfortilbageholdelsen på et lille, afgrænset areal. Det kan lade sig gøre, fordi man gennem de forskellige designs (af begge typer), skaber et stort overfladeareal for de bakterier og processer, der skaber næringsstoffjernelsen. Begge typer minivådområder har den positive sidegevinst, at de kan bidrage med ny natur i landbrugslandskabet, hvor mængden af vandhuller, fugtige lavninger er gået stærkt tilbage det seneste århundrede. Etablering af minivådområder har desuden den miljømæssigt positive effekt, at recipientvandløbene sikres mod tilførsel af store mængder sediment (sand, silt og andre småpartikler), således at materialetransporten i disse vandløb reduceres. Minivådområder har ingen effekt på afvandingsinteresserne i relation til vandløbene, da områderne fungerer som indskudte led mellem markdræn (og grøfter) og vandløb. Minivådområder har i udgangspunktet heller ingen effekt på de dyrkede arealer og arealernes afvandingstilstand, da minivådområder anlægges med det primære sigte, at lede drænvandet passivt til anlægget. Det har imidlertid den konsekvens, at jo mere vand minivådområdet modtager, jo kortere bliver opholdstiden, og jo mindre bliver den procentmæssige fjernelse/ tilbageholdelse af næringsstoffer. Minivådområder har, især de åbne systemer, den effekt, at drænvandet alt andet lige forsinkes, fra vandet løber fra drænet og til det når vandløbet. Forsinkelsen er påvirket af faktorer som anlægstype, vandvolumen, temperatur, oplandsstørrelse, nedbør og afstrømningsmønstre.

Virkemidlets samspil med klimatilpasning

I forhold til de klimamæssige effekter bør hver type minivådområde vurderes selvstændigt:

Minivådområder med infiltrationsmatrice: Denne generelle opbygning af denne type vil i udgangspunktet ikke påvirke et fremtidigt afstrømningsscenarie med højere maksimumsafstrømninger, idet minivådområdets samlede volumen er forholdsvis beskedent i forhold til vandmængden ved store afstrømningshændelser. Beregninger på data fra overvågning af 4 testanlæg for minivådområder viser, at opholdstiden (forsinkelsen af vandet) ved afstrømningmaksimum er nede på 1-2 timer.

I minivådområder med åbent vandspejl vil det kunne forholde sig anderledes, hvis anlægsdesignet tillader stuvning af vand. Ved en stuvning vil det samlede volumen øges betragteligt, og anlægget vil fungere som reservoir - og det vil med det rette design tilgodese, at vandet langsomt kan afledes til vandløbet.

I testområder med stor overfladeerosion fra oplandet har minivådområder vist, at de har kunnet nedsætte udledningen af store mængder partikulært fosfor, der er blevet mobiliseret i forbindelse med kraftige nedbørshændelser.

Ved at kunne opholde drænvand (i enten jordmatrice, grøfter eller minivådområde) og udjævne afløbet, vil vandføringen i vandløbene kunne stabiliseres, også ved ændrede klimabetingede afstrømningmønstre. Ligeledes vil de mere konstante/ stabile vandføringer til minivådområdet sikre, at næringsstoffjernelsen optimeres.

Virkemidlets kobling med andre virkemidler

For at minivådområder med infiltrationsmatrice skal have en større positiv klimatilpasningseffekt arbejdes der på at sammenkoble minivådområder med styret dræning og stuvning af vand i oplandet. Effekten af denne form for styret dræning synes stor, da systemet kan benytte dele af oplandets jordmatrice som vandmagasin, som efterfølgende kan tømmes langsomt efter endt nedbør. Ligeledes er der igangsat forsøg, hvor et intensivt dyrket landbrugsområde med mange grøfter benyttes til at kontrollere stuvning af vand i grøfterne i de perioder hvor nedbøren er stor. Grøfterne tømmes langsomt for vand efter endt nedbør og ledes til et minivådområde.

Lovgivning, økonomi og teknik

Lovgivning retter sig især mod virkemidlets placering i landskabet, herunder om der skal meddeles dispensation fra naturbeskyttelseslovens § 3 og § 16 samt relationer til vandløbsloven.

Teknikken er som tidligere nævnt under udvikling, men med de mange forsøgsanlæg i Danmark og udlandet er der grundlag for at foretage en effektvurdering af de forskellige typer og anlægsteknik (Orbicon, 2012). Omkostningseffektiviteten af virkemidlet er ikke endeligt beregnet.

Samlet vurdering

- **Benyttelsen af virkemidlet ”minivådområder” med infiltrationsmatrice vurderes at være neutralt i forhold til klimatilpasning, da magasinkapaciteten er lille, men der kan formentlig udvikles 1-flere styringsværktøjer, der sammenkoblet til minivådområder, vil øge synergien.**
- **Der er en positiv effekt i forhold til klimatilpasning for de åbne minivådområder (miniwets) i forhold til sikring af nedstrøms byer, sommerhusområder og følsomme landbrugsarealer mv. mod oversvømmelser, da de har væsentlig større magasinkapacitet. Det gælder især i forbindelse med skybrud, og hvor magasinet i vådområdet ikke er fyldt op i forvejen.**
- **I forbindelse med koblet regn vil effekten være lille, hvis magasinkapaciteten allerede er brugt op, inden næste regnskyl kommer.**

7.3.2 Terrænbestemte retentionsbassiner i det åbne land

Som navnet antyder skal landskabets topografi (og evt. kulturhistorie) inddrages i arbejdet med dette foreslåede virkemiddel til vand- og næringsstofhåndtering i det åbne land. Det er idéen at implementere virkemidlet i kuperede terræner, hvori der forekommer overfladisk vandafstrømning i forbindelse med kraftig nedbør/ tørtør. Denne overfladiske afstrømning følger i dag ”strømlinjer” i landskabet, først på land, og sidenhen i vandløbene. Vandet skal i fremtiden opsamles og opholdes i et terrænbestemt område i nederste ende af strømlinjen, inden det når recipienten. I det bassinerne i fremtiden også vil kunne tilbageholde en stor del af den fosfor der i dag transporteres til recipienterne via den overfladiske afstrømning, er det et virkemiddel som potentielt er relevant både i forhold til klimatilpasning i det åbne land i form af oversvømmelsessikring og i form af reduktion af fosfortab fra landbrugsarealer. De terrænbestemte retentionsbassiner er i udgangspunktet fleksible og kan tilpasses lokale forhold.

Der er ingen konkrete projekter endnu, men i et opland til Storåen blev det undersøgt hvorvidt det var muligt at uddybe allerede eksisterende lavninger i landbrugslandskabet til, i perioder med kraftig nedbør/ snesmeltning (T5), at tilbageholde vand. Nogle steder var det oplagt at benytte virkemidlet, mens det i andre områder ingen mening gav.

Resultatet var imidlertid, at med en nøje tilrettelagt terrænanalyse på et godt meteorologisk datagrundlag, samt korrekt design og dimensionering af bassinerne, kunne virkemidlet bidrage til at forsinke vandet, og dermed mindske oversvømmelser nedstrøms områderne (Holstebro), forårsaget af sky- eller tørtør (Orbicon 2013/2014 - data endnu ikke afleveret).

I projektet ”Landmanden som vandforvalter” (www.vandforvalter.dk) undersøges mulighederne for, om landmanden med sin viden om afvandingsforhold og ved at stille jorde til rådighed for kontrollerede oversvømmelser og vandophobning, kan bidrage til

klimatilpasningen. De terrænbestemte retentionsbassiner indgår som en del af undersøgelserne i dette projekt.

7.3.3 Intelligent pumpepraksis i forbindelse med et pumpelag ved Limfjorden

I dag er store dele af oplandet til Limfjorden inddæmmet med diger langs åer og vandløb. Med den nuværende landbrugspraksis afvandes store arealer med dræn, der ofte munder ud i større, åbne grøfter, hvorfra vandet pumpes op i vandløbene.

I det pågældende projekt bliver der udviklet og effektvurderet en metode, hvormed vand og næringsstoffer kan håndteres mere bæredygtigt i forhold til såvel fremtidig klimatilpasning som generel vandmiljøforvaltning ved at inddrage de eksisterende grøfter og ændre pumpepraksis.

Effekten i forhold til klimatilpasning sker i form af forsinkelse og opmagasinerings af vand fra dyrkede og drænede arealer, der i dag pumpes til recipienten. I forhold til vandmiljøet bliver indsatsen på vand, integreret med to typer konstruerede minivådområder. Formålet med etableringen af to typer minivådområder er at teste funktionen af et fuldskala-anlæg med infiltrationsmatrice (areal 1.000 m²) mod et minivådområde med åbent vandspejl (areal 10.000 m²), hvor såvel vandmængde som vandkvalitet er identisk (jf. afsnit 16.2.1). Projektet er et supplement til et nationalt udviklingsprojekt, som siden 2008 har undersøgt minivådområder som virkemiddel til fjernelse af kvælstof og fosfor fra intensivt dyrkede landbrugsarealer.

I praksis gennemføres det beskrevne projekt ved at tillade, at vandstanden i grøfterne stiger væsentligt mere end i dag, og at vandet forbliver i grøften i længere tid. Det vil i praksis sige, at de eksisterende grøfter betragtes som vandreservoir. Ved at tillade dette, kan udpumpningen fra grøfterne til vandløbet nedrosles og foregå konstant til minivådområderne, hvorved energiforbruget falder, og de store peakflows, som er til gene for både recipient og minivådområder, udlignes.

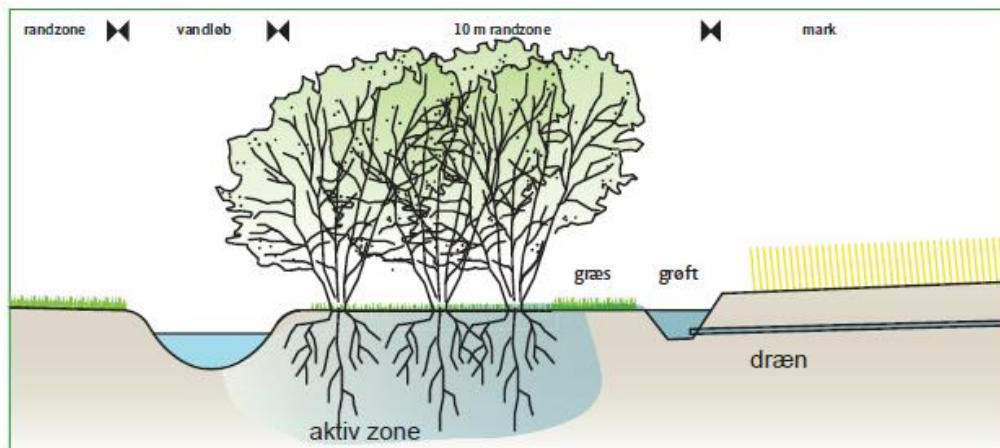
Projektet er finansieret af FødevarerErhverv (det ene minivådområde), foreningen Plan-Danmark (det andet minivådområde) og Naturstyrelsen (som Miljøteknologiske Udviklings- og DemonstrationsProjekt (MUDP)).

7.3.4 Intelligente randzoner

Som nævnt i afsnit 6.1.1 er både miljøeffekten og klimaeffekten af virkemidlet randzoner betinget af, om det afstrømmende vand fra markerne siver diffust igennem randzonen eller om det hurtigt transporteres hurtigt til vandløbet via underførte dræn.

Det kan undersøges, om en tilpasning af virkemidlet, som forsinker afstrømningen fra markerne samlet set er mere omkostningseffektivt både i forhold til miljøeffekt og som virkemiddel i forhold til klimatilpasning. En mulighed er forsinkelse af drænvandet via en fordelingsgrøft, hvor drænvandet langsomt optages og nedsiver gennem en infiltrationszone med bevoksning af f.eks. rødel, figur 7.3.1.. En sådan "intelligent randzone" testes i oplandet til Norsminde Fjord (<http://www.aquarius-nsr.eu/Aquarius>)

og er også afprøvet i Sverige. Der er dog behov for mere viden og dokumentation for effekt og omkostninger af en sådan modifikation af virkemidlet. Der er dog ingen tvivl om, at det vil fordyre virkemidlet "randzoner" alene i anlægsomkostninger.



Figur 7.3.1. Forsøg med tilbageholdelse og infiltration af drænvand i bevokset randzone langs et vandløb (Kilde: "Intelligente randzoner. Et multifunktionelt virkemiddel for at beskytte vandmiljøet og øge landskabets biodiversitet." EU-InterReg projekt Aquarius: <http://www.aquarius-nsr.eu/Aquarius>)

7.3.5 Kontrolleret dræning med tømning af jordmatrice

I samme type opland (fladt og intensivt dyrket) afprøves i øjeblikket en konstruktion af en stuvningsbrønd, placeret i en mindre hovedgrøft. Brøndens opbygning tillader opstuvning af vand i grøften opstrøms brønden, hvorved også de sidedræn, der munder ud i grøften (og dermed jordmatricen), vil påvirkes.

På denne måde bliver både grøften og jordmatricen til et vandreservoir, hvori nedbøren kan opmagasineres. En "tomgangsslidse" i brønden sikrer, at vandet i både grøft og jordmatrice tømmes igen efter endt nedbør, se billedet nedenfor.



Da grøfterne har et stort volumen, og de påvirkede arealer er flade, kan det beskrevne set-up bruges til at reducere risikoen for oversvømmelser i forbindelse med skybrud

ved at tillade, at vandet stuves højt på de "grøft"nære arealer. I perioder, hvor afgrøderne er mest sårbare (forår/ sommer), kan der være kritiske værdier for vandstanden, der imidlertid kan afhjælpes via designet af brøndene.

I forhold til vandmiljøet bliver det undersøgt, om en øget grad af vandmætning i jordmatricen (der dog er periodevis og fluktuerende), vil øge jorden kvælstofiltningen og dermed reducere udvaskningen af kvælstof til vandmiljøet. Grøfterne i sig selv vil fungere som små langstrakte sedimentationsbassiner, hvori dele af det partikulært bundne fosfor vil sedimentere ud.

Projektet, der er finansieret af foreningen Plan-Danmark, indgår i et større Grønt Udviklings- og DemonstrationsProjekt (GUDP) omkring kontrolleret dræning. GUDP er ledet af Videnscenter For Landbrug.

8. KOBLEDE VIRKEMIDLER

En optimering af vandplanernes virkemidler til også at kunne håndtere generelt øget nedbør og ikke mindst mere ekstremregn må forventes at bero på undersøgelser af muligheden for at kombinere flere forskellige virkemidler. Disse virkemidler kan både være virkemidler med den miljømæssige effekt som hovedformål og virkemidler, der først og fremmest er rettet mod klimatilpasning. Sammensætningen af virkemidler vil i høj grad afhænge geografien, herunder om tiltagene skal ske i byer med befæstede arealer og bygninger med en spildevandsproblematik eller i det åbne land, hvor beskyttelse af dyrkede arealer og nedstrøms beliggende byer langs vandløb er i fokus.

Et eksempel på anvendelse af koblede virkemidler i byer, der både har miljømæssig og klimamæssig effekt er Usserød Å projekt i Nordsjælland. Flere hundrede huse blev oversvømmet og skaderne beløb sig til 250 millioner kroner, da Usserød Å i Nordsjælland gik over sine bredder i august 2010 efter et ekstremt regnskyl. Derfor gik de tre kommuner omkring den otte kilometer lange å – Fredensborg, Hørsholm og Rudersdal – sammen om et fælles klimatilpasnings- og miljøprojekt. I projektet foreslås det blandt andet at øge kapaciteten i Usserød Å på udsatte strækninger, etablere regnvandsbassiner, der også fungerer som rensningsanlæg, genåbne rørlagte vandløb og tiltag til dæmning af vandføringen i åen ved store regnskyl (Schmeichel, 2011, www.niras.dk)

Et eksempel på koblede virkemidler i det åbne land er Tude Å projektet. Slagelse Kommune planlægger gennemført et stort naturgenopretningsprojekt, der omfatter både den nedstrøms del af Tude Å og Vejlerne. Området er beliggende syd for Tude Å og er i dag afvandet ved pumpning. Det samlede projekt vil kombinere en øget kvælstoffjernelse i Vejlerne i et nyt vådområde med et væsentligt øget naturindhold i og omkring Tude Å, ligesom vandløbet forlægges til et autentisk forløb (genslyngning), som vil have stor betydning for landskabsoplevelsen i området.

Projektet vil medføre en lille forbedring (fald på ca. 4 cm) af afvandingsforholdene om sommeren omkring Tude Å opstrøms projektområdet, og en mindre forringelse om vinteren (stigning på ca. 2 cm). Vejlerne vil imidlertid virke som bassin for Tude Å, hvilket i ekstremesituationer (høj vandstand i Storebælt og stor afstrømning i Tude Å) vil medføre en noget lavere vandstand (knap 15 cm) i Tude Å opstrøms projektområdet, hvis projektet er gennemført. Bassineffekten vil blive endnu mere markant i fremtiden, hvor der forventes en generel havstigning i 2050 på 30 cm. Projektets gennemførelse vil medføre, at havstigningen i ekstremesituationer langt fra vil slå fuldt igennem. Effekten af højvande i maksimumsituationen er således reduceret med knap 25 cm om vinteren og godt 25 cm om sommeren ved et stigende havvandspejl på 30 cm. Projektets gennemførelse vil, ud over ovennævnte positive effekter, således også medvirke til at reducere effekterne af de forventede klimabaserede havstigninger.

I de kommende år ved udmøntningen af kommunernes klimatilpasningsplaner vil der komme flere eksempler på en kobling af virkemidler, der først og fremmest har til formål at reducere risikoen for oversvømmelser af byer under skybrud men samtidig kan anvende virkemidler fra vandplanerne med betydelig miljøeffekt.

Indsatsen kan bestå af tiltag i byer i form af f.eks. separering af regnvand i kloaknettet og etablering af regnvandsbassiner, grønne arealer til midlertidig opmagasinering af vand, LAR (lokal afledning af regnvand), skybrudsledninger, diger, pumper, højvands-sluser og tiltag i det åbne land omkring vandløb i form af f.eks. vådområder til beskyttelse af nedstrøms beliggende byområder.

I det følgende gives en oversigt over de koblede virkemidler, som både har en miljøeffekt og i kombination vil have en positiv effekt i forhold til klimatilpasning. Der indgår kun virkemidler, som er eller kan forventes at blive en del af indsatsprogrammerne i vandplanerne og ikke virkemidler, som i udgangspunktet kun eller overvejende har et formål i relation til klimatilpasning. Der er dog et behov for at få koordineret indsatsen, så øvrige virkemidler som regnvandsbassiner, grønne tage, grønne arealer til opmagasinering af vand, LAR, skybrudsledninger, diger, pumper, højvands-sluser m.m. vurderes i forhold til deres synergi med vandplanerne, idet de i mange tilfælde kan understøtte målsætninger for vandområderne men også udgør en potentiel risiko for at forringe tilstanden i vandområderne. Her skal det bemærkes, at vandplanerne er højere placeret i planhierakiet end sektorplaner som spildevandsplaner og klimatilpasningsplaner, og dermed ikke må være i modstrid med mål og retningslinjer i vandplanerne. Det er den relevante myndighed, der har ansvaret for ikke at kompromittere vandplanen ved vedtagelse af planer og meddelelse af tillader og dispensationer.

Byer:

- "Hele ådale" eller "vådområder" bynært koblet med virkemidlet "regnvandsbetingede udledninger - fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin (tilledning til renseanlæg / overløb fra bassin) også kaldet "sparebassin" og fjernelse af spærringer i vandløb.
- "Renseanlæg - Afskæring af udledning af kommunalt spildevand til andet vandområde/andet renseanlæg" koblet med virkemidlet "regnvandsbetingede udledninger - fælles kloak - etablering af forsinkelsesbassin (tilledning til renseanlæg / overløb fra bassin) også kaldet "sparebassin" og fjernelse af spærringer i vandløb.

Det åbne land:

- "Ændret vandløbsvedligeholdelse" koblet med virkemidlet "miniådale"
- "Genslyngning af vandløb" koblet med virkemidlet "hele ådale"
- "Genåbning af rørlagte strækninger" koblet med virkemidlet "miniådale".
- "Randzoner" koblet med virkemidlet "træplantning" evt. kombineret med fordelingsgrøfter eller anden vandforsinkelse (intelligente randzoner).

- "Hele ådale" koblet med genslyngning, fjernelse af spærringer og hævning af vandløbsbund ved udlægning af gydegrus.
- "Minivådområder" koblet med potentielle nye virkemidler som retentionsbassiner og kontrolleret dræning.

Den samlede miljøeffekt og klimaeffekt af de koblede virkemidler er ikke beregnet, men i mange tilfælde vil det være vejen mod en mere naturlig hydrologi i og omkring vores vandløb. Koblede virkemidler giver mulighed for at planlægge for en større del af vandets kredsløb og sikre en mere naturlig forbindelse mellem de vandløbsnære arealer og vandløbene. Den største effekt i forhold til klimatilpasningen vil være forsinkelsen af vand i forbindelse med skybrud og i mindre grad i forbindelse med koblet regn, hvor magasinkapaciteten kan være opbrugt inden det næste store regnskyl. Men alt andet lige vil de koblede virkemidler med betydeligt potentiale for klimatilpasning kunne bidrage til at reducere den generelle risiko for oversvømmelser i byer og andre oversvømmelsesfølsomme områder, hvis de placeres målrettet opstrøms.

9. BEHOV FOR VIDENSOPBYGNING

Når det gælder de miljømæssige effekter af virkemidlerne – både de eksisterende og de mulige fremtidige – så tager benyttelsen af virkemidlerne for nogles vedkommende afsæt i en betydelig erfaring og viden, mens den for andres vedkommende tager afsæt i kvalificerede formodninger om, hvilke effekter der kan opnås.

Til trods herfor vil det være ønskeligt med en målrettet og systematisk vidensopbygning om virkemidlernes miljømæssige effekter, dels for at kunne blive klogere på, hvor og i hvilke typer af vandløbene virkemidlerne giver de bedste resultater, og dels for at kunne justere virkemidlernes indhold og udmøntrning, hvis resultaterne af benyttelsen viser et behov herfor.

Når det gælder de hydrauliske og hydrologiske effekter af virkemidlerne, så tager benyttelsen af virkemidlerne afsæt i en mindre omfattende viden og erfaring, hvortil kommer, at man almindeligvis ikke kan kvantificere de hydrauliske og hydrologiske konsekvenser på øjemål, men må foretage beregninger, baseret på et detaljeret kendskab til indsatsen og de rammer (vandløb, terræn og afvandingsinteresser mv.), inden for hvilke indsatsen skal gennemføres.

De afvandingsmæssige interesser omkring vandløbene har i mange tilfælde stor indflydelse på benyttelsen af virkemidlerne og de afledte økonomiske konsekvenser heraf. Det er virkemidlet ”ændret vandløbsvedligeholdelse” et godt eksempel på.

Der eksisterer derfor et stort behov for at få opbygget en bedre viden om, hvordan benyttelsen af de enkelte virkemidler påvirker vandføringsevnen i vandløbene og fugtighedsforholdene (afvandingstilstanden) omkring vandløbene.

Virkemidler som udelukkende er knyttet til klimatilpasningsplaner, f.eks. håndtering af regnvand i byerne, vil i mange tilfælde også have en positiv miljøeffekt på vandområderne. Der er behov for at få undersøgt effekten på f.eks. tilbageholdelse af N, P og miljøfarlige stoffer, så denne (side)effekt kan medregnes i baseline for vandplanernes indsatsprogrammer.

Endelig er der et stort behov for at få opbygget viden om klimaforandringernes generelle indflydelse på forholdene i og omkring vandløbene og om virkemidlernes effekter i forhold til klimatilpasningen.

Det fremgår med stor tydelighed af nærværende rapport, at det er vanskeligt at give kvantitative bud på, i hvilken grad den generelle benyttelse af virkemidlerne vil kunne levere et positivt bidrag til klimatilpasningen af følsomme arealer, bygninger og byer mv., og om benyttelsen af virkemidlerne afføder negative effekter, som må imødegås gennem særlige foranstaltninger i regi af klimatilpasningen.

Vanskelighederne ved at tegne generelle billeder af de enkelte virkemidlers samspil med klimatilpasningen beror først og fremmest på, at billederne skal stykkes sammen

af 1) hydrauliske og hydrologiske effekter af de enkelte virkemidler, som kræver individuelle beregninger, 2) vanskeligt forudseelige effekter af klimaforandringerne på vandløbene, deres biologiske indhold og deres omgivelser samt 3) usikkerheden og den geografiske spredning for forudsigelserne af stigningerne af afstrømningen og ændringerne af afstrømningsmønstret.

Hvis man skal skridtet videre fra nærværende rapports generelle vurderinger af virkemidlernes fremtidige samspil med klimatilpasningen, vil det være nødvendigt med en langsigtet plan for indsamling af data og viden.

På kort sigt vil man kunne komme et væsentligt skridt videre ved at foretage realistiske hydrauliske beregninger på vandløb og ådale, der er interessante i relation til klimatilpasningen af byer mv. Det sker bl.a. i regi af projektet "Landmanden som vandforvalter".

Man har i dag en kvalificeret formodning om, at hvis man gør ådalene vådere gennem hævnning af vandstanden i vandløbene, så mindsker man helt overordnet magasin- og forsinkelseskapaciteten. Men hvad er betydningen af den reducerede magasin- og forsinkelseskapacitet for oversvømmelsesrisikoen i byer og på andre typer af følsomme arealer ved forskellige nedbørs- og afstrømningshændelser, både nu og i fremtiden?

Vi har ikke på nuværende tidspunkt nok viden til at kunne besvare spørgsmålet på en måde, så vi i hvert enkelt tilfælde kan indtænke virkemidlernes klimaeffekter kvantitativt i klimatilpasningen, hvad enten det drejer sig om udnyttelsen af mulige synergier, eller det drejer sig om behovet for at imødegå negative effekter gennem særlige foranstaltninger.

10. SAMLET VURDERING

På baggrund af en gennemgang af de enkelte virkemidler og evt. kombination af virkemidler opsummeres effekterne i ét samlet skema med en klassificering i tre kategorier (---/0/+++). Minus indikerer, at virkemidlet kan modvirke klimatilpasning, mens + indikerer, at virkemidlet kan medvirke til klimatilpasning og 0 indikerer, at der hverken er positive eller negative virkninger. Samleskemaet fremgår af bilag 2, der er vedlagt som separat bilag.

11. REFERENCER

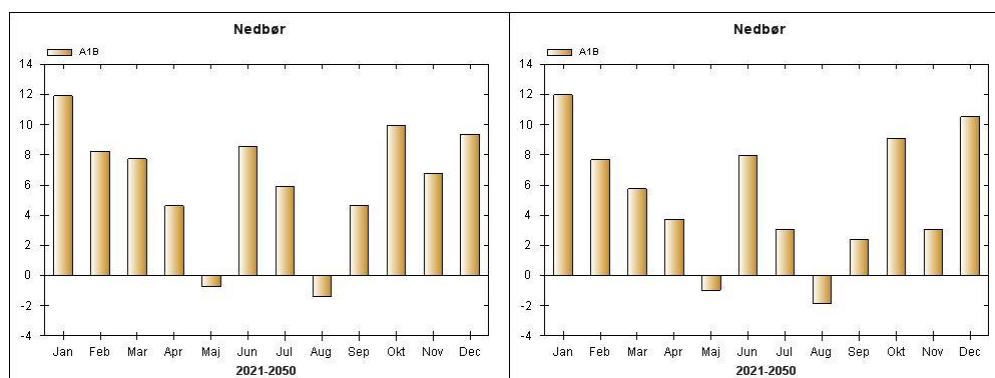
- DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi 2013. "Kvantificering af fosfortab fra N og P vådområder" Notat til Naturstyrelsen.
- DMI (2011): Martin Drews, Fredrik Boberg, John Cappelen, Ole Bøssing Christensen, Jens Hesselbjerg Christensen, Sisse Camilla Lundholm og Martin Olesen. Danmarks Klimacenter rapport 11-03. Fremtidige nedbørsændringer i Danmark En oversigt over den aktuelle viden i sommeren 2011.
- Fiener, P. & Auerswald, K. 2006: Influence of scale and land use pattern on the efficacy of grassed waterways to control runoff. – *Ecological Engineering* 27, 208-218.
- Hoffmann, C. C., B. Kronvang og H. E. Andersen 2013. Kvantificering af fosfortab fra N og P vådområder. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi – til Naturstyrelsen.
- Frier, Jens-Ole; Iversen, Niels; Rasmussen, Michael Robdrup (2006). Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi, Aalborg Universitet. Report - Environmental Engineering Laboratory, Aalborg University, No. 3. Analyse af iltp problemer i Lindenberg Å ved Gravlev.
- GEUS (2009). Torben O. Sonnenborg, T.O., Søgård, H, Friberg, T., Engesgaard, P., Kidmose, J., Klimaændringer. Fremtidens vandressourcer i Danmark. Effekter af fortidige klimaændringer mulige scenarier for fremtiden. *Geviden. Geologi og Geografi* nr. 2.
- GEUS (2013) Henriksen, H.J., Olsen, M. og Trolborg, L. GEUS. Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – klimaekstremvandføring. Rapport til Naturstyrelsen.
- Hedeselskabet (2004). Ger Å og Sønderup Å. Hydrauliske analyser af to nordjyske vandløb og ådale. Rapport udarbejdet til Skov- og Naturstyrelsen, Vandløbsudvalget.
- Kristensen, Astrup E. Jepsen (Aarhus Universitet, DCE); N.; Nielsen J., Koed, A. (Danmarks Tekniske Universitet, DTU-Aqua) (2013). Vurdering af de enkelte virkemidler i forhold til de biologiske kvalitetselementer. Rekvirent: Naturstyrelsen. Udkast til rapport, november 2013.
- Københavns Kommune (2011) Nedsivning på græsarealer Udarbejdet af: Rambøll Danmark A/S, Erling Holm ApS, KU, Skov og Landskab, DTU Miljø, Orbicon A/S.
- Moeslund, B og K. Schlünzen 2010. Koncept for beregning af ændrede fugtighedsforhold omkring vandløb ved ændret grødeskæring. Teknisk redegørelse udarbejdet for Landbrug & Fødevarer af Orbicon A/S.
- Møller Andersen, J. (redaktør) (2005). Restaurering af Skjern Å. Sammenfatning af overvågningsresultater 1999-2003. Faglig rapport fra DMU, nr. 531.
- Naturstyrelsen 2011. Virkemiddelkatalog. Til brug for vandplanernes indsatsprogrammer for: Overfladevand, Grundvand, Sø- og vandløbsrestaurering, Spildevand, Regnvand og Dambrug. Miljøministeriet.
- Naturvårdsverket, 2009. Rätt våtmark på rätt plats- En handledning för planering och organisation av arbetet med att anlägga och restaurera våtmarker i odlingslandskapet. Rapport 5926.
- Norddjurs Kommune 2013. Klimatilpasning af vandløb. Klimaforandringernes betydning for afvandingstilstand og oversvømmelsesrisiko omkring vandløb og mulige virkemidler til klimatilpasning af vandløb. Rapport udarbejdet af Orbicon A/S.

- Nordemann Jensen P. DCE Gitte Blicher Mathiesen, BioScience Jørgen Windolf, BioScience Charlotte Kjærgaard, Agroøkologi Christen Duus Børgesen, Agroøkologi Finn P. Vinther, Agroøkologi (2012) Beskrivelse af det nødvendige vidensgrundlag i forhold til en fremtidig målrettet regulering efter de forskellige områders retentionskapacitet. Rekvirent: Natur- og Landbrugskommissionen
Antal sider: 14.
- Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Bijl, L. van der, Svendsen, L.M., Grant, R., Bøgestrand, J. Jørgensen, T.B., Ellermann, T., Dahl, K., Josefson, A.B., Ejrnæs, R., Søgaard, B., Thorling, L. & Dahlgren, K. 2009: Vandmiljø og Natur 2007. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 118 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 714.
<http://www.dmu.dk/Pub/FR714.pdf>
- Olesen, P. (2010) Vedvarende græs som barriere I landskabet. Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet
Årgang 1, 2010 Nr. A2, vers. 1. Kortlægning af risikoarealer for fosfortab I Danmark.
- Orbicon (2012a). Vandtilbageholdelse i oplandene til Egå og Aarhus Å systemerne. Rapport udarbejdet for Aarhus Kommune.
- Orbicon (2012b). Resultaterne af Hedeselskabets projekt vedrørende etablering og test af minivådområder med Orbicon A/S som projektleder.
- Orbicon (2013). Klimatilpasning af Brande By (igangværende projekt).
Regeringen (2012). Sådan håndterer vi skybrud og regnvand. Handlingsplan for klimasikring af Danmark.
- Schmeichel, K., (2011): Banebrydende samarbejde om klimatilpasning på tværs af tre kommuner. Teknik & Miljø / August 2011
- Schultz, Rikke og Tenna Riis 2006. Vandløbsplanter som bio-entreprenører: Udplantning i ny-restaurerede og forarmede vandløb. Stads- og havneingeniøren 11 · 2006.
- Storstrøms Amt (2006). Vandløbsrestaurering i Danmark – 24 eksempler.
- Vestergaard, K. Metodebeskrivelse for vurdering af konsekvenser for afvandingsdybden i forbindelse med ændret vedligeholdelse af vandløb. Notat til Naturstyrelsen 26. november 2012 fra KV MiljøFormidling.
- Västilä, K. (2011). Environmentally preferable 2-stage channels: results from the Ritobäcken Brook. PowerPoint-præsentation ved konferencen "A greener Agriculture for a Bluer Baltic Sea (GABBS)". August 27.-28.2013, Helsinki.

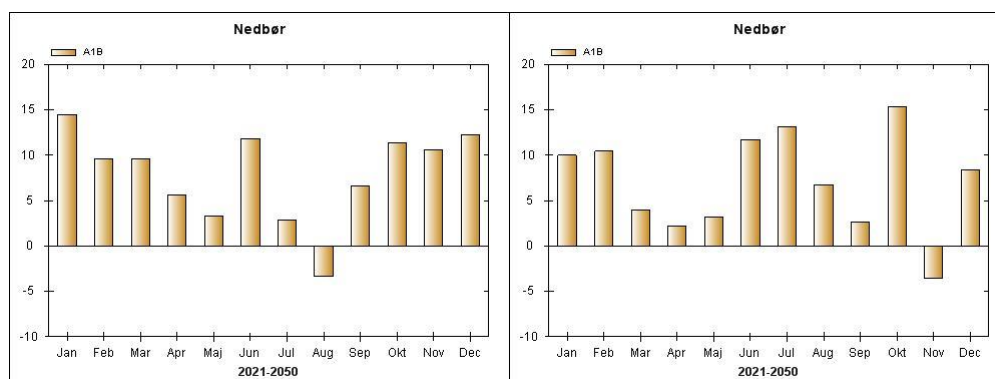
BILAG 1

Forventet månedsnedbør i A1B scenariet i 2050.

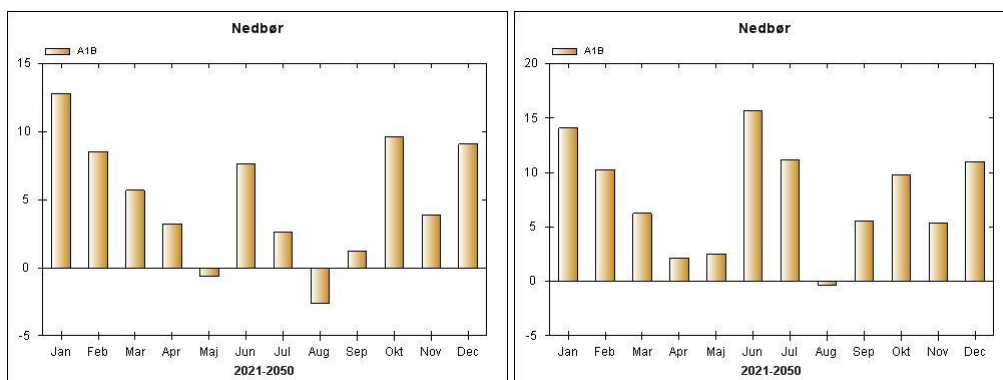
Der vil typisk også ske en stigning i nedbøren i forsommeren, men især august kan blive mere tør end i dag i Jylland og på Fyn, mens Nakskov og især Rønne på Bornholm får betydelig mere nedbør i alle sommermåned. I København forventes især øget nedbør i juni og juli, mens august stort set er uændret i forhold til i dag. Nedbøren om sommeren forventes at falde oftere i form af skybrud, mens der kan være andre perioder med mindre nedbør og højere temperaturer, der medfører tørke.



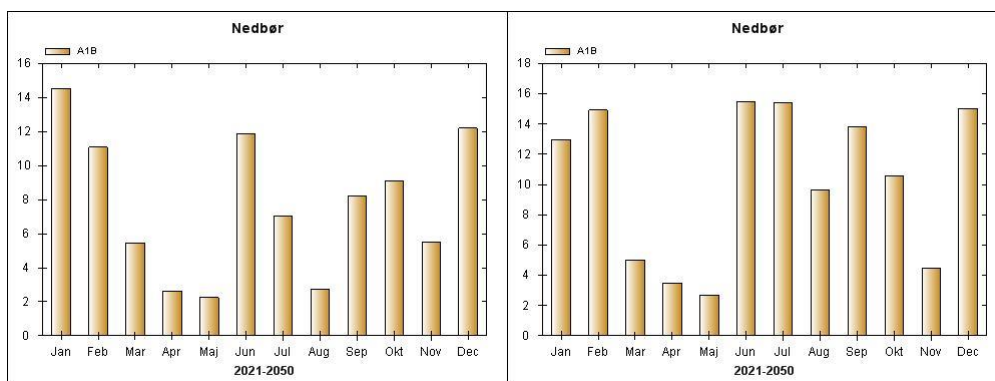
Figur 3.3.2. Relative ændringer i den gennemsnitlige døgnsnedbør i en måned i perioden 2021-2050 i A1B scenariet sammenlignet med perioden 1961-1990. Figuren til venstre er Aalborg og til højre Aarhus.



Figur 3.3.3. Relative ændringer i den gennemsnitlige døgnsnedbør i en måned i perioden 2021-2050 i A1B scenariet sammenlignet med perioden 1961-1990. Figuren til venstre er Ringkøbing og til højre Tønder.



Figur 3.3.4. Relative ændringer i den gennemsnitlige døgngnedbør i en måned i perioden 2021-2050 i A1B scenariet sammenlignet med perioden 1961-1990. Figuren til venstre er Odense og til højre København.



Figur 3.3.5. Relative ændringer i den gennemsnitlige døgngnedbør i en måned i perioden 2021-2050 i A1B scenariet sammenlignet med perioden 1961-1990. Figuren til venstre er Nakskov og til højre Rønne.

BILAG 2

Samleskema med en vurdering af virkemidlerne. Er vedlagt separat som excel regneark.