

Kursusnotat fra kursus om ”Naturlige og Regulerede Vandløb” ved ERFA-gruppemøde afholdt hos AgroNord, Skalborggård, Aalborg den 4. juni 2013.

Naturlige og regulerede vandløb - debat om blødbundsvandløb

af
Torben Larsen
Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet

Indledning

Herværende debatoplæg opstod som følge af diskussioner om fastsættelse miljømål jf. Miljømålsloven for flade vandløb med ringe fald og blød vandløbsbund på ovennævnte kursus. Det oprindelige notat fra juni er hermed blevet opdateret.

Alle kommentarer er fortsat velkomne. Benyt gerne e-mail tl@civil.aau.dk

Sammenfatning

Påstanden i dette indlæg er, at indsatskravene i vandplanerene omhandlende *ændret vandløbsvedligeholdelse* og *vandløbsreguleringer* oftest vil være utilstrækkelige til at kunne føre til opfyldelse af de ønskede miljømål for de langsomt løbende blødbundsvandløb. Hovedproblemet er, at mål og virkemidler ikke passer sammen, idet det der skaber den bløde bund, er den lave strømningshastighed som igen er en følge af et lavt fald. Selv om en ændret grødeskæring kan medføre en vis forbedret miljøkvalitet, kan dette ikke kompensere for den lave strømhastighed. Ved en reduktion af grødeskæringen vil bundsubstratet fortsat være blødt og mudret.

Vandløb, som er upåvirkede af menneskelig indgriben, har ikke blød bund. Hvis terrænets naturlige fald er meget lille medfører afstrømningen, at der opstår vådområde, moser eller søer. Kun hvor der lokalt forekommer et større fald, vil der dannes en vandløbsseng med en tydelig afgrænsning til omgivelserne. Vandløb med blød bund er opstået ved menneskelig indgriben, hvor de oprindelige morfologiske strukturer (bestående af vådområder forbundet med reelle vandløbsstrækninger) gennem reguleringer og kanaliseringer er omdannet til ensartede retlinede vandløb med lille fald.

En reel forbedring af den økologiske kvalitet i blødbundsvandløbene kan opnås ved en langsigtet og gradvis tilbagevenden til ovennævnte morfologisk struktur.

Den formelle definition

Under *Miljømålsloven* er den formelle baggrund for den miljømæssige målsætning for vandløb fastlagt i *Bekendtgørelsen om fastsættelse af miljømål for vandløb, søer, kystvande overgangsvande og grundvande*. Heri er følgende er defineret:

Blødbundsvandløb er mindre og naturlige vandløb, der på den overvejende del af sin længde har et naturligt ringe fald ($< 0,1 - 0,5$ % afhængig af vandløbsstørrelsen), ringe vandhastighed, og hvor bundsubstratet naturligt er blødt og overvejende organisk.

Denne definition er formelt set klar og entydig, men har alligevel givet anledning til en del misforståelse omkring begrebet ”naturlig” idet det ikke er selve vandløbet, som fysisk element i landska-

bet der er ”naturligt”. Betegnelsen ”naturlig” anvendes her, fordi den af naturen skabte afstrømninger i det hydrologiske opland følger vandløbet. Med andre ord: Vandløbet er defineret naturligt, fordi det fører en naturskabt afstrømning.

Vandplanerne

Kun en mindre delmængde af de danske vandløb er efter Naturstyrelsens forslag omfattet af en vandplan. Af disse er igen kun en delmængde blødbundsvandløb med blød og mudret bund. For de blødbundsvandløb, der skal henhøre under en Vandplan, gælder, at miljøkvaliteten skal svare til, at DVFI (Dansk Vandløbs Fauna Indeks) skal være mindst 4. Såfremt dette ikke er opfyldt, formuleres indsatskrav, til indgreb som skal føre til målets opfyldelse. De virkemidler, der skal anvendes som indsatskrav for opnåelse af miljømålene, er primært henholdsvis *ændret vandløbsvedligeholdelse* og *vandløbsrestaurering*.

Spørgsmålet om hvorvidt blødbundsvandløb i det hele taget bør omfattes af Miljømålslovens generelle krav om god økologisk kvalitet har allerede været diskuteret en del i seneste tid om i forskellig sammenhæng herunder bl.a.:

Blødbundsvandløb har været debatteret af biolog Bent Lauge Madsen (tidligere tilknyttet Miljøministeriet) med Folketingets Miljøudvalg. Der har været stillet spørgsmål fra folketingsmedlem Henrik Høegh (V) til Miljøministeren. Medlem af EU-parlamentet, Jens Rohde, har stillet spørgsmål til EU-kommissionen om klassifikationen af blødbundsvandløb. Cand. Agro Jan Hjeds har udarbejdet et resposum til Folketingets Miljøudvalg vedrørende Miljøministeriets vandløbsklassifikation (<http://www.ft.dk/samling/20101/almdele/mpu/bilag/471/975407.pdf>). Vandløbsforums arbejdsgrupper (Naturstyrelsen) har ivrigt diskuteret punktet. Listen er sikkert langt fra komplet.

Debatten er imidlertid standset øjensynligt uafsluttet med Naturstyrelsens uændrede udsendelse af de vandplaner, der først blev afvist på grund af for kort høringsfrist. Høringsrunden sluttede ultimo december 2013.

Strømningshastighed, bundforskydningsspænding og fald

Den drivende kraft for strømmingen og sedimenttransporten i vandløbene er tyngdekraften. Den kraft som vandet påvirkes med på langs af vandløbet er proportional med vandspejlets fald (som normalt er lig bundens fald). Derfor er vandløbets fald den vigtigste faktor, der styrer strømningshastigheden og sedimenttransporten, og er dermed også den vigtigste fysiske faktor i relation til de miljømæssige forhold.

Bundforskydningsspændingen, dvs. den forskydningskraft pr. arealenhed som vandet påvirker bunden med, er lig med tyngdekraften på vandet pr. rumfangsenhed multipliceret med vandybden og faldet. Da strømmingen er turbulent er strømningshastigheden nogenlunde proportional med kvadratroden af vandløbets fald. Det er bundforskydningsspændingen, der er bestemmende for sedimenttransporten.

Sedimenttransport – den kritiske forskydningsspænding

Sedimenttransport er en kompliceret videnskabelig disciplin, så her kommer kun nogle hovedpunkter.

Sedimenter kan opdeles i grovkornede friktionsmaterialer (sand og grus) og i finkornede kohæsive materialer (mudder, dynd, silt og ler). For begge typer materialer gælder, at de først kommer i bevægelse, når den *kritiske forskydningsspænding* for erosion overskrides. For sandmaterialer svarer det til en kritisk vandhastighed på 20 – 25 cm/s i vandløbene, medens værdien for de kohæsive materialer varierer meget bredt.

Hvis strømningshastigheden i vandløb med sandbund kommer under disse omtalte 20 – 25 cm/s standser sandkornene med at rulle hen over bunden, og der vil skabes bakterie- og algebelægninger på og imellem sandkornene. Der vil gradvist opbygges organisk stof og bunden bliver efterhånden sort og dyndet. Umiddelbart under bunden er porevandet iltfrit.

De finkornede materialer er mere komplicerede. Deres kritiske forskydningsspænding (erosionsstyrke) er ikke konstant, den afhænger blandt af hvor længe sedimentet har ligget i aflejringen og om det har været konsolideret af ovenliggende sedimenter. Styrken mod erosion kan derfor både være større eller mindre end styrken af sandmaterialer. Modsat sandmaterialerne er aflejningsprocessen helt anderledes, idet den kritiske hastighed for aflejring er mindre end den kritiske hastighed for erosion. Hvis de finkornede materialer først eroderes og kommer i suspension vil de ofte transporteres langt nedstrøms eventuelt helt ud til havet. Naturlige vandløb, der løber i morænelandskaber (moræne er en blanding af ler og sand) har sandbund fordi ler-fraktionen er skyllet bort.

Den tekniske synsvinkel

Disse sammenhænge er velkendte for teknikere, der arbejder med afvanding af byer og veje. Kanaler og rørledninger må for at være selvrensende og lægges med tilstrækkeligt fald, således at sedimentaflejringer føres bort af strømmingen, så ledningerne ikke stopper til. Mindste tilladelige hældning for større kanaler og rør, hvor der løber en varierende vandføring (for eksempel regnafstrømning), ligger på omkring 3 promille (svarende til strømhastigheder på 0,8 – 1,0 m/s). Kanaler og rør der ligger med så lave fald som 0,1 – 0,3 promilles fald skal vedligeholdes (oprensnes) regelmæssigt, hvis deres vandføringsevne skal opretholdes. I særlige tilfælde arrangeres skyllesystemer til renholdning af ledninger og forsinkelsesbassiner.

Derfor sker regnafstrømningen fra byer markant hurtigere end afstrømningen i det åbne land. Det betyder at afstrømningen fra byerne må bremses i forsinkelsesbassiner før de udledes til vandløbene for ikke at skabe erosion og oversvømmelse.

Aluviale vandløb

På grund af de danske landskabers geologi med bløde overflade sedimenter kan vores vandløb betegnes at være såkaldte *alluviale vandløb*, dvs. vandløb, som populært sagt løber i sine egne sedimenter. De danske vandløbs oprindelse kan føres tilbage til tiden efter den sidste istids afslutning for 10 – 12.000 år siden. I et forsimplet billede kan man sige at vandløbene er opstået, fordi jordens hydrauliske ledningsevne er for lille til, at den nettonedbør, der trænger ned i jorden, kan strømme retur til havet gennem grundvandet. Derfor kommer grundvandet op til jordoverfladen i terrænets lave punkter og strømmer herfra af på overfladen, idet det følger terrænets hældning. Det er vandets strømning, der herefter ved erosion skaber selve vandløbssengen, hvori vandet strømmer. Den erosion sedimenttransporten skaber er således en forudsætning for vandløbets eksistens på den aktuelle lokalitet.

Vandløb er ikke noget som ”er”, men må opfattes som et dynamisk element i landskabet, som skabes af naturen, når visse forudsætninger er opfyldt. Når klimaændringerne senere skal til debat bliver dette et interessant aspekt.

Det skal indskydes, at vi ret ofte afhjælper jordlagenes utilstrækkelige hydrauliske ledningsevne med etablering af drænsystemer, hvilket derfor medvirker til at fjerne naturlige vådområder og mindre vandløb. Drænsystemerne medfører i sagens natur en hurtigere afstrømning, hvilket fremmer den almindelige svage erosion de fleste vandløb er underlagt og forøger risikoen for oversvømmelse længere nedstrøms.

Det naturlige (upåvirkede) vandløbs tværsnitsareal svarer til vandføringen. Bliver tværsnittet for stort går hastigheden ned under den kritiske hastighed, og der sker aflejring, som gør tværsnittet mindre

hvorved hastigheden igen går op. Er tværsnittet for lille sker det modsatte. På grund af årstidsvariation af både afstrømning og vegetation har disse processer en tilsvarende variation, som er lidt mere kompliceret, og som ikke skal beskrives nærmere.

Som bekendt meandrerer (slynger) naturlige vandløb i længderetningen. På grund af erosion og aflejring vandrer meandrerne langsomt i vandløbets hovedretning med en hastighed på i størrelsesordenen 1 m pr. år. I det meandrerende vandløb forekommer desuden en betydelig langsgående variation i tværsnittet (høl og stryg).

På grund af denne kombination af sedimenttransport og meandring kan man konkludere, at egentlige naturlige vandløb nødvendigvis kun kan eksisterer, hvis hastigheden er stor nok til, at der forekommer en svag sandtransport født af den erosion der stammer fra meandringen.

Dette må ikke forveksles med den større og skadelige sandvandring, der ofte kan ses når materialer fra jorderosionen fra ubeskyttede (ubevoksede), tilstødende arealer skylles ned i vandløbene.

Vådområde eller vandløb

Som tidligere omtalt sker erosion af sand først sker når strømningshastigheden overskrider 20 – 25 cm/s (i den korte simple version) og derfor har naturlige vandløb som nævnt altid en sandbund med fremadvandrende banker og ripler uden større mængder finkornede materialer (undtagen hvad der ofte findes i høllerne, hvilket er uvæsenligt i denne sammenhæng). De fineste partikler fra erosionen bringes blot i suspension og transporteres opslemmet nogenlunde med vandets strømhastighed, hvilket er en størrelsesorden hurtige end sandtransporten på bunden.

Men spørgsmålet er herefter, hvad der så sker dér, hvor hældningen på terrænet er så lille, at sedimentet ikke eroderes og vandløbssengen ikke skabes, vandet skal jo videre. Når strømningshastigheden således er mindre end den kritiske hastighed, skabes der et vådområde eller en sø, hvor vandet breder sig ud og strømmer markant langsommere end i vandløbene. I disse vådområder er faldet meget lille og vandspejlet er derfor næsten vandret, modsat de egentlige vandløb. Hvis vi ser på gamle kort, ser man, at vådområder i det danske landskab tidligere var langt mere almindelige end de er i dag. Selv om disse vådområder øjensynligt har stillestående vandflader, var de alligevel en vigtig del af det samlede transportsystem, der førte afstrømningen tilbage mod havet.

I vådområder og søer bliver der som bekendt aflejret bløde finkornede sedimenter. Da man så i tidligere tider begyndte at afvande vådområderne via reguleringer med kanaliserede vandsystemerne, er det klart, at der herved kunne opstå kanaliserede vandløb med blød bund igennem de tidligere vådområder.

Hvis et vandløbssystem således oprindeligt har bestået af skiftevis af hvad man vil betegne som almindelige vandløb og vådområder, så bør man huske på, at vandspejlet i vådområderne stort set er vandret. Hvis det samlede system herefter blev kanaliseres til et langt ensartet vandløb (og det er måske sket gradvist over en lang årrække), hvor vådområderne med de vandrette vandspejl er forsvundet, så har man derved reduceret en stor del af det fald der oprindeligt var til rådighed for de ”almindelige” delstrækninger. Denne reduktion af faldet har derefter betydet lavere strømningshastigheder og dannelse af blød bund. Hvis man således ændre faldet på vandløbstrækning er det ikke længere rimeligt i almindeligt sprogbrug, at betegne det som et *naturligt* vandløb i fysisk forstand uanset, at der måske ikke har været direkte gravet i den aktuelle delstrækning.

Et længere retlinet blødbundsvandløb vil ikke være langtidsstabil medmindre det løbende styres og vedligeholdes. Da sedimenttransporten og erosionen er lille er behovet for vedligeholdelse relativt lille, men alligevel afgørende for at det ensartede forløb kan opretholdes. Uden en sådan styring vil vandløbet gradvist søge tilbage mod noget der ligner den oprindelige struktur.

Skyggende vegetation

Danske vandløb har et unaturlig højt indhold af grøde, fordi den naturlige vegetation omkring er fjernet eller reduceret igennem århundreders udvikling af kulturlandskabet. Hermed er den naturlige skygning, der ville have holdt grødevæksten på et lavt niveau i de fleste tilfælde ikke eksisterende. Da den officielle (formelle) opfattelse af hvad der kan betragtes som et naturlig upåvirket vandløb ikke omfatter den skyggeskabende vegetation, har man derved indirekte fjernet det formentlig vigtigste og mest effektive virkemiddel til at tilbageføre vandløbene i mod en bedre økologisk tilstand. Det forunderlige er, at denne misforståede officielle opfattelse er opstået på trods af, at der i Danmark for 30 – 40 siden blev udført en omfattende forskning på dette punkt, der dokumenterer og anbefaler skygning som det mest effektive virkemiddel i forhold til den unaturlige kraftige grødevækst (Kern Hansen et al. 1980) i de danske vandløb. (Det er i parentes bemærket interessant at bemærke, at der nu er forskningsinstitutioner, der foreslår forskning inde for dette område med udgangspunkt i, at det skulle være en nyhed).

Det betragtes af mange som en kvalitet at vandløb er *lysåbne* dvs. fri for højere vegetation tæt ved vandløbet. Endvidere vil sportsfiskere af indlysende grunde foretrække at være fri for generende vegetation. Disse er naturligvis legale synspunkter, men der er ingen tvivl om at ønsket om lysåbne vandløb står i direkte modsat forhold til den ønskede økologiske kvalitet. Af yderligere gunstige aspekter kan nævnes, at skyggende vegetation er nyttig i relation til vandtemperaturen i vandløbene, samt at vandløbsfaunaen (herunder fiskebestandenes) må forventes at have de bedste betingelser under skygge, da faunaens evolutionære tilpasning til forholdene i vandløbene er sket over årtusinder med tilstedeværelsen af en høj grad af beskygning.

Ændret grødeskæring

Grødeskæring i smalle strømrrender, der forhøjer vandstanden, vil være gunstig, fordi bundforskydningsspændingen som omtalt afhænger af både fald og vanddybde. Herved vil det i mange tilfælde være muligt at få sandbunden tilbage i strømrrender omend i dennes begrænsede bredde. Laboratorie- og feltmålinger (Larsen et al., 1990) har tidligere vist, at virkningen af grøden på forhøjelsen af vandstanden i grødefyldte vandløb med strømrrender er noget overdrevet, når det gælder de store vandføringer efter regn, fordi strømtrykket til en vis grad lægger grøden ned mod bunden. Det fortælles i øvrigt at smalle strømrrender er gunstige fordi strømrrenderens bund beskyttes i en vis grad. I forhold til oversvømmelser kan stabile strømrrender medvirke til at større (og ekstreme) sommeroversvømmelser får en kortere varighed.

Som tidligere nævnt vil en reduceret grødeskæring betyde en højere vandstand i vandløbene om sommeren, og særligt i blødbundsvandløbene kan det betyde, at der opstår oversvømmelser. I forbindelse med oversvømmelser vil der ofte ske en omlejring af de langsgående faldforhold. På de oversvømmede strækninger bliver strømningsmodstanden mindre og faldet på vandoverfladen bliver mindre. Derfor vil der være mere fald til rådighed på de områder, hvor topografien kun tillader et egentligt og smallere strømløb, hvor hastigheden så til gengæld går op og blødbundskarakteren måske forsvinder. Hermed har man så opnået, at der opstået en start på en ny morfologisk struktur, som med tiden kan føre til en forbedret økologisk kvalitet. Dette er naturligvis kun en teoretisk udvikling som vil kræve mange årtier før den er tilendebragt, og som kun vil ske, hvis der ikke gribes styrende ind.

En langsigtet forudsigelse af hvad der vil ske for det konkrete afstrømningssystem vil være muligt med en avanceret hydraulisk/hydrologisk langtidsmøllering, der tager udgangspunkt i de nye nøjagtige læseropmålinger og afledte digitale højdekort. Der er ikke behov for udvikling af nye modeller, de har eksisteret snart i årtier. Der er behov for, at der foretages et forsknings- og udviklingsarbejde direkte på problemstillingen.

Kystnære vandløb med blød bund

En del vandløb har deres udspring og første forløb i højtliggende morænelandskaber, hvorefter de til sidst løber gennem flade områder med bløde sedimenter aflejret i tidligere geologiske perioder, da havets vandstand var højere. Som eksempel kan nævnes de store lavbundsområder omkring den østlige Limfjord, der blev skabt af stenaldershavet for 6 – 8000 år siden. Igennem disse flade landskaber passere et antal relativt større vandløb i deres sidste forløb inden de når havet.

Til trods for at disse vandløb på de øvre strækninger har tilfredsstillende både faldforhold og sedimenttransport, har de ofte ikke fald nok til at være "selvrensende" på de nedre dele derfor breder de sig ud og aflejrer materialet på varierende måde, der endog kan have deltakarakter. På grund af opdyrkning og for at undgå oversvømmelser er disse strækninger i de fleste tilfælde regulerede og må oprenses regelmæssigt

Alle vandløb, der strømmer frit og udmunder i havet, er påvirket af de naturlige vandstandsvariationer, der forekommer i havet på grund af tidevand og vindinducerede vandstands ændringer. For eksempel varierer strømningshastigheden i Gudenåen i roligt vejr umiddelbart øst for Randers mellem nul og det dobbelt af middelværdien over en tidevandsperiode på 12,4 time. Det betyder at bundforskydningsspændingen i udadgående retning to gange i døgnet er fire gange så stor som den middelværdi der ville have været, hvis tidevandet ikke havde eksisteret. I Ry Å vest for Aalborg kan tidevandsvariationerne tydelig mærkes op til ca. 30 km fra åens udmunding i Limfjorden, hvor tidevandsvariationen kun er omkring 0,3 m.

Da disse vandspejlsvariationer således inducerer tydelige variationer i hastigheder og bundforskydningsspændinger må sedimenttransportevnen på disse strækninger ligge væsentligt over hvad den ville have været hvis drivkraften kun havde været vandløbet gennemsnitlige fald. Derfor ses ofte hård sandbund på kystnære vandløbsstrækninger. Tommelfingerreglen om forekomsten af blød bund i relation til faldforholdene gælder derfor ikke her. (Bekendtgørelsens klassificering ligeså).

Disse særlige forhold gælder ikke mindst for de sønderjyske vandløb, der udmunder mod Vadehavet, hvor tidevandet er ca. 1,5 m i Ho bugt og ca. 2,0 m ved grænsen til Tyskland. Her er alle udmundinger mellem Blåvandshuk og Højer (undtagen Varde Å) forsynet med sluser (højvandslukker) hvilket i nogen grad (men langt fra helt) dæmper den skyllevirkning tidevandet i havet har på vandløbsbundens kvalitet. Disse sønderjyske vandløb er interessante og komplicerede, fordi marsken har været under opdyrkning og omdannelse i mange århundrede. Det er formentlig det sted i Danmark, hvor vi på godt og ondt ligger længst fra hvad man kan betegne upåvirket og naturligt.

Teoretisk set kunne der være mulighed for aktivt at udnytte tidevandet bedre til at forbedre kvaliteten af bundsubstratet i nederste 10 – 20 km af de kystnære strækninger ved en anden funktion af sluserne.

Virkemidler der kan modvirke den negative effekt blød bund i vandløb

Den pessimistiske konstatering må i de fleste tilfælde være, at på grund af fortidens direkte eller indirekte indgreb, er ingen reel mulighed for at opnå god økologisk kvalitet i mange blødbundsvandløb. Tørlægning af søer samt sætninger af lavbundsjordene i ådalene forårsaget af vandløbsreguleringerne, har for evigt fjernet så stor en del af vandløbenes fald, så en tilbagevenden til tidligere tiders gode tilstand ikke er mulig. Reducering eller ophør af grødeskæring giver mindre forbedringer i vandløbskvaliteten, men kan ikke kompensere et manglende fald i et vandløb.

Endvidere må man gøre sig klar at de velkendte metoder til vandløbsrestaurering næsten alle har den negative effekt at de fjerner noget faldet. Etablering af slyngninger i sådanne vandløb vil kun yderligere forværre forholdene, fordi strømningshastigheden formindskes yderligere. Udlægning af større sten vil forøge strømningshastigheden direkte omkring stenen, men reducere hastigheden på strækningerne mellem stenene.

Mange eksempler i praksis har vist, at udlægning af grus i blødbundsvandløb uden at de strømningsmæssige (bundforskydningsmæssige) forhold har været overvejet har været nytteløse. Ved nedlæggelse af styrt og spærringer bør man tilstræbe at udnytte den frigivne faldhøjde til så stor en vandløbsstrækning som muligt for at få bundsubstratet forbedret bedst muligt. Det er spild af kostbar potentiel energi (faldhøjde) at udløse energien over en kort strækning. Det handler ikke kun om at skabe passage for fisk.

Blød bund i vandløb kan kun fjernes hvis bundforskydningsspændingen forøges, hvilket primært må ske ved en forøgelse af vandløbets fald. Dette er kun helt eller delvist muligt, hvis man lader naturen gennemføre de omtalte morfologiske ændringer, hvor et fladt reguleret vandløb ændres til et system med vandløbsstrækning med godt fald og vådområder uden fald følgende efter hinanden skiftevis i et serielt forløb.

Etablering af dobbeltprofiler, hvor den daglige vandføringer løber i en dybere smal kanal og de store vandføringer løber i et større bredt tværsnit, kan medvirke til at give en højere daglig bundforskydningsspænding og dermed forbedret vandløbskvalitet. Tilsvarende vil grødeskæring i smalle strømrender virker principielt på samme måde som de omtalte dobbeltprofiler og være nyttige i mange tilfælde.

Referencer

- Kern Hansen U., Holm T. F., Madsen B. L., Thyssen N. og Mikkelsen J. (1980). Miljøprojekt nr. 30 - Vedligeholdelse af vandløb. Miljøministeriet, København.
- Larsen, T., Frier J-O. og Vestergaard K. (1990). Discharge/Stage Relations in Vegetated Danish Streams. Int. Conf. on River Flood Hydraulics, Wallingford, UK. 17-20 September 1990.