



Kontrol af vore vandløbs vandafledningsevne. Værktøjer og muligheder for lodsejere til måling af vandføring, dimension og vandafledningsevne.

Indledning: For alle offentlige vandløb skal der foreligge et af byrådet vedtaget regulativ, som bl.a. beskriver vandløbets dimension og/eller vandføringsevne. Vandløbsmyndigheden (kommunen) vil med jævne mellemrum- eller ved klagesager, kontrollere om vandløbet lever op til bestemmelserne i regulativet. Afhængig af regulativtypen vil kontrollen kunne omfatte aflæsning af skalapæle, bundpejlinger, registrering af vandstand, opmåling af enkelte tværprofiler til fuld opmåling af en længere vandløbsstrækning, beregning af tværsnitsarealer, måling af vandføring, beregning af vandføringsevne og vandspejlsberegninger ved hjælp af computermodeller. I forbindelse med grødeskæring vil en kontrol af f.eks. strømrøndebredder efter skæringen kunne være relevant for vandløbsmyndigheden.

I et vist omfang vil vandløbsmyndigheden selv være i stand til at foretage målingerne/kontrollen, med ved de mere omfattende og mere avancerede kontrolmetoder anvendes ofte konsulenter til hele eller dele af kontrollen. Dette skyldes bl.a. kravene til besiddelse og anvendelsen af målegrej og beregningsmodeller.

Dette forhold vil jo i endnu større grad være af betydning for lodsejere og andre interessenter, som vil kunne være interesseret i selv af kunne vurdere om regulativernes bestemmelser er opfyldt. En sådan viden vil kunne føre til en mere kvalificeret dialog med f.eks. vandløbsmyndigheden. Lodsejere vil naturligvis også kunne hyre konsulenter, men dels kan dette være omkostningstungt, dels kan der være tale om en tidsfaktor, da konsulenten kun sjældent vil kunne rykke ud her og nu og f.eks. registrere forholdene under kortvarige afstrømningsforløb.

Det kunne derfor være relevant for lodsejerne at besidde visse fundamentale færdigheder indenfor vandløbsmålinger, hvilket i øvrigt også ville give et bedre grundlag for at kunne forholde sig til vandløbsmyndighedens kontrolmålinger. Nu er det så heller ikke meningen, at lodsejere skal uddannes til vandløbsteknikere, men der er faktisk visse enkle målinger/registreringer, som en lodsejer vil kunne foretage, uden at det kræver stor ekspertise og avanceret udstyr. Selv simple målinger/registreringer vil kunne opkvalificere dialogen og vil givet fald kunne være af betydning i forbindelse med afgørelser af f.eks. erstatningssager. Ved erstatningssager skal man dog være opmærksom på, at der skal kunne fremlægges dokumentation for målingernes ægthed, hvilket f.eks. kunne være i form af fotodokumentation.

Men hvilke målinger/registreringer vil lodsejere kunne foretage? Dette afhænger selvfølgelig af mange forhold, men nedenfor redegøres der kortfattet for en række registreringer, målinger og beregninger, som det kunne være relevant for en lodsejer – eller måske et vandløbslaug, at kunne forestå. En uddybning af eller supplement til de forskellige elementer vil kunne findes i de slides, som anvendes under de tilsvarende indlæg på Danske Vandløbs seminarer i marts 2015.

Aflæsning af vandstandsskalaer: I en del vandløb er der opsat vandstandsskalaer. Regelmæssig aflæsning af skalaen vil kunne give en viden om vandstandsvariationen og "normal"-vandstande på forskellige tidspunkter af året. Men husk at der kan være meget store variationer fra år til år. Hvis der ikke findes vandstandsskalaer vil en registrering af vandspejlets beliggenhed ved broer (i forhold til broen) og andre faste punkter kunne bruges på tilsvarende vis.

Vandstandsskalaer er kotesat (indnivelleret i forhold til kotesystemet DNN eller DVR90), og nulpunktet for skalaen bør fremgå af regulativet, således at en aflæsning af skalaen vil kunne omregnes til en vandspejlskote. Hvis man aflæser vandspejlskoten på to vandstandsskalaer vil forskellen mellem disse delt med afstanden mellem skalaerne (fremgår af regulativet) give det gennemsnitlige vandspejlsfald mellem de to skalaer. Også her vil afvigelser fra "normaltilstanden" kunne bruges som advarselsslampe.

Bundpejlinger: Ved at måle vanddybden (pejle bunden fra vandoverfladen) ned gennem en strækning vil man kunne erkende lokale sandbanker, men generelt skal man være varsom med måling af vanddybder. Målingen er sådan set nem at foretage, men hvor i tværsnittet skal man måle? I nogle vandløb med flad bund er det ikke noget problem, men i andre vandløb kan bunden variere betydeligt, og så er det vanskeligt at lave en entydig måling.

Opmåling af vandløbets profil: I regulativer af typen "Geometrisk skikkelse" er vandløbets regulativmæssige profil typisk beskrevet ved hjælp af en bundkote, en bundbredde og et skråningsanlæg. Ved en "rigtig" profilopmåling måles koten (i DVR90) til et antal bundpunkter på tværs af vandløbet fortsættende op over vandspejlet til mindst kronekanten. Herefter optegnes profilet og det sammenlignes med det regulativmæssige profil.

Medmindre der er tale om profiler ved vandstandsskaler eller andre kotefaste punkter langs vandløbet (f.eks. broer), kan det være vanskeligt for en lodsejer selv at foretage sådanne kotefastsatte målinger, medmindre man har rådighed over en professionel GPS, totalstation eller til nød et nivelleringsinstrument.

Men man kan sagtens foretage en ikke-kotefastsat profilopmåling – hertil kræves sådan set bare en tommestok og en snor man kan spænde hen over vandløbet i et vandret plan (kan rettes ind i forhold til vandspejlet, som med god tilnærmelse er vandret på tværs af vandløbet). Snoren anvendes som nulpunkt for målingen, og bund/brinkkoter måles så ved at måle den lodrette afstand til snoren og punktets beliggende i forhold til f.eks. snorens start. Ved at måle en række punkter på tværs af profilet kan man efterfølgende optegne profilet og sammenligne formen med det regulativmæssige profil, idet man dog ikke kender placeringen af den målte bund rent kotemæssigt. Men man kan se om bundbredden og skråningsanlægget er i overensstemmelse med regulativets bestemmelser.

Beregning af tværsnitsareal: I visse regulativer stilles der krav til vandløbets tværsnitsareal under forskellige vandspejlskoter (arealkote/dynamisk skikkelse). Også her kommer man til kort, såfremt man ikke

kan måle koter eller flytte koter ved hjælp af f.eks. et nivelleringsinstrument. Men ved vandstandsskalaer og andre kotefaste punkter vil man selv kunne foretage kontrollen.

Profilet opmåles som beskrevet ovenfor. Herefter optegnes profilet og et af kravvandspejlene tegnes ind. Opgaven går nu ud på at få beregnet arealet mellem bund/brinkforløbet og det indtegnede vandspejl. Lavpraktisk kan dette gøres ved at tegne på ternet papir og så tælle tern og omsætte dette til et areal. Lidt mere avanceret kan arealet inddeles i trekanter og firkanter, hvis arealer beregnes og summeres (det er faktisk sådan det sker i myndighedens kontrol – bare ved hjælp af et computerprogram).

Måling af vandføring i vandløbstværsnit: I regulativer af "Q-h kravkurve" typen sker kontrollen ved at måle en sammenhørende værdi af vandspejlskoten og vandføringen i en fastsat kontrolstation, og så sammenligne denne med Q-h kravkurven i regulativet. Normalt vil der i kontrolstationerne være opsat kotefastsatte vandstandsskalaer, så vandspejlskoten kan lodsejeren således selv aflæse. Imidlertid er det vanskeligt at måle vandføring medmindre man er i besiddelse af relativt avanceret måleudstyr og besidder den nødvendige ekspertise til at anvende dette.

Men vandføring kan sådan set godt måles ved mere simple metoder – dog koster dette på nøjagtigheden, men størrelsesordenen kan man godt pejle sig ind på. Der findes en såkaldt "æble-metode" (svømmermåling), som vil kunne anvendes, såfremt kontrolstationen ligger på en vandløbsstrækning, hvor forløbet er nogenlunde regelmæssigt (dvs lige og med ensartet tværsnit) på en mindst 10-20 meter lang strækning. Der bør heller ikke være forekomst af grøde og/eller større forhindringer som store sten på strækningen.

Kort beskrevet går metoden ud på at opmåle tværsnittet ved hjælp af metoden beskrevet ovenfor og beregne tværsnitsarealet i m^2 under det aktuelle vandspejl. Herefter afmærkes f.eks. en 10 meter lang strækning og strækningens start- og slutlinie på tværs af vandløbet markeres. Ca. midt i vandløbet udlægges nu et æble (eller en anden flydende genstand – gerne en der dykker noget ned i vandet, så vinden ikke påvirker genstanden) opstrøms startlinien. Når æblet flyder fordi startlinien startes et stopur og der tages tid indtil æblet passerer slutlinien. Den gennemsnitlige strømningshastighed kan nu findes ved at dividere den afsatte strækning i meter (f.eks. 10 meter) med den målte tid i sekunder.

Ved at gange den målte hastighed med det målte tværsnitsareal beregnes en vandføring i m^3/sek . Imidlertid forudsætter denne vandføring, at strømningshastigheden er den samme over hele tværsnittet, og dette er ingenlunde tilfældet. Målingen er foretaget øverst og midt i profilet, hvor strømningshastigheden typisk er den største i tværsnittet. Ud mod brinkerne og ned mod bunden er strømningshastigheden typisk (betydeligt) mindre.

Man skal således reducere den beregnede vandføring med en eller anden faktor, som vil afhænge af hvor stor en hastighedsvariation der forekommer over tværsnittet. Dette beror på et skøn, og netop dette skøn er blevet beskrevet af Hedeselskabet i en gammel undersøgelse. Men et udgangspunkt kunne være en korrektionsfaktor på 0,7-0,8, hvis man ellers har målt på en rimelig ensartet strækning. Man ganger således den beregnede vandføring med korrektionsfaktoren, og dette er så det bedste skøn på den faktiske vandføring. Det siger sig selv at usikkerheden på en sådan måling er betragtelig, men typisk vil en usikker

måling være bedre end ingen måling – men glem ikke usikkerheden, hvis målingen sidenhen benyttes i en eller anden sammenhæng.

Måling af vandføring under broer eller gennem rørunderføring: Da vandføringen normalt kun stiger langsomt ned gennem vandløbet – medmindre der er tale om større sidetilløb, så kan vandføringen godt måles i nogen afstand fra en Q-h kravkurve station.

Hvis der findes broer med et ensartet gennemløbstværsnit eller rørunderføringer, da kan en måling af vandføringen med fordel gennemføres her. I sådanne veldefinerede tværsnit er der sjældent tale om så store hastighedsvariationer som i egentlige vandløbstværsnit, hvorfor usikkerheden omkring fastlæggelsen af den overfor omtalte korrektionsfaktor kan reduceres. Endvidere giver bredden af broen eller længden af rørunderføringen automatisk en veldefineret længde, som kan bruges til tidsmålingen. Ellers udføres målingen på samme måde som beskrevet overfor under "æble-metoden".

I røret måles tværsnitsarealet ved at måle rørets diameter og vanddybden ved indløb og udløb. Heraf beregnes gennemsnitsvanddybden i røret og ved hjælp af en geometrisk beregning kan det gennemsnitslige tværsnitsareal bestemmes. Korrektionsfaktoren for hastighedsforskellene skal herefter skønnes, men det vil typisk være en værdi noget tættere på 1 i forhold til ovenfor nævnte vandløbstværsnit. Pas på at "æblet" ikke hænger fast på/glider langs med rørets sider under målingen, da dette vil medføre en for lavt målt hastighed.

Under broen kan man eventuelt gennemføre flere hastighedsmålinger på tværs af tværsnittet, hvorved man kan måle sig til noget af hastighedsvariationen. Bruges herefter en gennemsnitsværdi skal korrektionsfaktoren således kun korrigerer for hastighedsreduktionen ned mod bunden, og så skal faktoren måske kun være 0,9. Men det skal pointeres at valget af faktor skal begrundes i det aktuelle målested og at dette er et skøn, som i høj grad bygger på erfaring.

Vandspejlsberegninger: I regulativtypen "Vandføringsevnebestemt skikkelse", også kaldet "Teoretisk skikkelse" sker kontrollen af vandføringsevnen ved at der beregnes og sammenlignes vandspejlsforløb over en længere vandløbsstrækning, såvel for opmålte profildata som for de regulativmæssige dimensioner. For nuværende er det formentligt urealistisk at lodsejere selv vil kunne foretage sådanne beregninger, da det bl.a. fordrer besiddelse af og ekspertise til at anvende computermodeller, som f.eks. VASP eller MIKE11.

Man kan imidlertid godt foretage nogle mere simple vandspejlsberegninger, som kan anvendes som en form for overslag. Somme tider vil denne overslagberegning være meget tæt på resultatet fra en mere avanceret beregning, men andre gange vil der være en betragtelig forskel. Dette afhænger af om der forekommer stuvningsfænomener på den strækning man udfører beregninger for.

Hvis man har en nogenlunde ensartet strækning, hvor der heller ikke over en kortere eller længere strækning nedstrøms (udstrækningen heraf afhænger bl.a. af faldet) forekommer væsentlige tværsnitsændringer, da kan man godt foretage en overslagsmæssig beregning af vandføringen ved forskellige vandspejlsplaceringer. Dette kan ske ved hjælp af Manningformlen. Man skal kende

tværsnitsprofilen, således at man for en vandspejlsplacering kan bestemme tværsnitsarealet A (beskrevet ovenfor), samt parameteren "hydraulisk radius", kaldet R. Ved at beregne længden af bunden/brinken under vandspejlet – kaldet den "våde perimenter", kan hydraulisk radius beregnes som tværsnitsarealet delt med den våde perimenter. Derudover skal man kende vandspejlsfaldet, som på ensartede strækninger tilnærmelsesvis er det samme som det gennemsnitslige bundliniefald I – fremgår eventuelt af regulativet.

Sidst, men ikke mindst skal man skønne et Manningtal M, som er et udtryk for den aktuelle gennemsnitslige strømningsmodstand. Dette er i høj grad baseret på erfaring, men man kan rent faktisk godt gå ud og måle Manningtallet. Det vil her føre for vidt at komme nærmere ind på valg og måling af Manningtal, men valget er naturligvis vigtigt for resultatet af beregningen. Forslag til valg af Manningtal kan findes i diverse publikationer, men der ikke en egentlig vejledning i valg heraf.

Når disse værdier er fastlagt beregnes vandføringen Q ved følgende udtryk (Manningformlen):

$$Q = M R^{2/3} A I^{1/2}$$

Husk at indsætte R i enheden "meter", A i enheden "kvadratmeter" og I uden enhed, dvs at f.eks. 2 promille skal indsættes som 2/1000. Så vil vandføringen Q komme ud i enheden m³/sek. Omregning til liter/sekund sker ved at gange med 1000.

Vandføringsevne: Det kunne være nyttigt at kende udviklingen i vandføringsevne over en længere årrække. Sådanne målinger kan man i praksis ikke selv foretage, men i mange vandløbssystemer findes der en hydrometrisk målestation, hvorfra der for hver eneste dag foreligger en gennemsnitslig vandspejlskote og en gennemsnitlig vandføring. Husk at disse data – specielt vandføring, er behæftet med nogen procents usikkerhed. Der er dog typisk kun en enkelt eller to hydrometriske målestationer i et vandløbssystem, og i mindre vandløbssystemer er der måske ingen. Endvidere ligger stationerne ofte forholdsvis langt nede i systemet og er typisk placeret ved broer med nem tilgængelighed.

Det er faktisk muligt at få fat i disse data og ved hjælp af lidt gymnastik i f.eks. et regneark, at få viden om udviklingen i vandføringsevnen snævert om og nedstrøms denne station. Orbicon tilbyder et gratis add-on modul til Google Earth, så man kan se placeringen af mange af disse stationer og hvilke data der er til rådighed. Der er dog ikke adgang til data. Disse vil man kunne forsøge at rekvirere gennem vandløbsmyndigheden, og hvis dette ikke viser sig gangbart, vil man kunne "købe" data via Orbicon.

Afslutning: Ovenstående er kortfattet redegjort for de muligheder, som pt. foreligger for lodsejere i forbindelse med selv at foretage registreringer, målinger og beregninger af forskellige størrelser/parametre, som bl.a. bruges i forbindelse med kontrol af vandløbs vandafledningsevne, typisk formuleret i regulativerne. Notatet skal ses som et supplement til den slideserie, som anvendes under det tilsvarende indlæg på Danske Vandløbs seminarer i marts 2015. Denne slideserie vil sandsynligvis kunne downloades fra Danske Vandløbs hjemmeside, www.danskevandloeb.dk