

21-03-2021/TL

UDKAST version 1

Notat om fremgangsmåde for

Kontrol af vandføringsevne for vandløb med regulativer baseret på teoretisk skikkelse

I dette notat gives en kortfattet skitse til hvorledes det kan kontrolleres at en vandløbsstrækning har en vandføringsevne som den er formuleret i regulativet for vandløbet, når regulativet baserer sig på princippet om *teoretisk skikkelse*.

En diskussion om hvorvidt en vandløbsstrækning har den fornødne vandføringsevne har ofte udgangspunkt i en formodning om at opmålingen af vandløbet har været utilstrækkelig og ikke har kortlagt indsnævringer og/eller aflejringer korrekt. I en sådan diskussion om vandstanden på en given vandløbsstrækning er vigtig at gøre sig klart at der kan være to årsager til forhøjet vandstand. For det første kan vandføringen være usædvanlig høj fx på grund af meget nedbør på det opstrøms vandløbsopland. Den anden mulige årsag kan være, at vandføringsevnen nedstrøms for den aktuelle strækning er reduceret fx på grund af aflejringer eller indsnævringer. Geometriske forhold i vandløbet opstrøms kan ikke være årsag til forhøjet vandstand.

Princippet bag teoretisk skikkelse

Teoretisk skikkelse bygger på en sammenligning mellem beregnede længdeprofiler af vandspejlets beliggenhed for henholdsvis det aktuelt opmålte vandløb og et teoretisk referencevandløb beskrevet i regulativet. Beregningerne foretages under forudsætning af, at vandføring og Manningtal er ens for de to vandløb. Såfremt det beregningsmæssige vandspejl i det aktuelt opmålte vandløb ligger lavere i forhold til vandspejlet i referencevandløbet kan det konkluderes at det aktuelle vandløb har en højere vandføringsevne end referencevandløbet.

Beregningsmetode

Strømningen i de danske vandløb sker stort set altid ved såkaldt *strømmende bevægelse*, hvor en ændring (fx en bølge) bevæger sig hurtigere strømhastigheden og derfor kan bevæge sig opad mod strømmen. Derfor må beregningen starte nedstrøms og ske skridtvis op imod strømmen. Beregningen betegnes ofte at være en såkaldt stuvningsberegning og den bygger på hydraulikkens kontinuitetsligning og energiligning for stationær strømning. Metoden er velkendt og afprøvet og ses i de fleste lærebøger. (se fx afsnit 10.4.3 *Beregning af stuvnings og sænkingskurver* i *Lærebog i Hydraulik* af M. Brorsen og T. Larsen, Aalborg Universitetsforlag).

Beregningen må som sagt starte nedstrøm for den aktuelle vandløbsstrækning. I startpunktet skønnes en startværdi for vandstanden og normalt må startpunktet for beregningen ligge så langt nedstrøms, at der er visshed for at en usikkerhed på vandstanden i startpunktet er klinget af i beregningen, når denne er nået op til den aktuelle vandløbsstrækning. Fordi vandløbene er forskellige i forhold til *tværsnit, vandføring, Manningtal og fald på vandspejlet* kan generelle retningslinjer for hvor langt nedstrøms startpunktet må ligge ikke gives, men det anbefales, at man prøver sig frem.

Opmåling af vandløb

En diskussion om hvorvidt en vandløbsstrækning har den fornødne vandføringsevne har ofte udgangspunkt i en formodning om at opmålingen af vandløbet har været utilstrækkelig og ikke har kortlagt indsnævringer og/eller aflejringer korrekt.

Beregningen af længdeprofilet af vandspejlet i vandløbet sker på basis af et antal opmålte tværprofiler langs vandløbet. I princippet skal afstanden mellem profilerne være så lille at vandløbssejlets geometri er fuldt beskrevet (set i hydraulisk perspektiv). I praksis benyttes en afstand mellem profilerne på 50 til 100 m.

Profilerne opmåles både under og over vandspejlet op til den maksimale vandspejlshøjde, der kan forekomme. Tværprofilerne placeres vinkelret på strømretningen og her måles højden til vandløbsbunden i et antal punkter således at vandløbets samlede bredde (inklusive punkter over vandspejlet) er dækket. Antallet af punkter vil ofte være 10 – 30.

Opmåling af tværprofiler med GPS

Som nævnt opmåles tværnittet i et antal punkter både over og under aktuelt vandspejl. Det er her væsentligt at punkterne bedst muligt ligger i samme plan som igen ligger vinkelret på strømretningen.

Manuel opmåling med nedstik

Ved manuel opmåling udspændes successivt i hvert tværnit indledningsvis en stram line over vandløbet vinkelret på strømretningen dækkende hele bredden så også punkter over vandspejlet opmåles. Linen placeres så vidt muligt vandret, dog ikke nødvendigvis. Langs linen trækkes et målebånd til måling af vandret afstand. I hvert målepunkt måles lodret afstand fra line til vandspejl og til vandløbsbund samt vandret afstand.

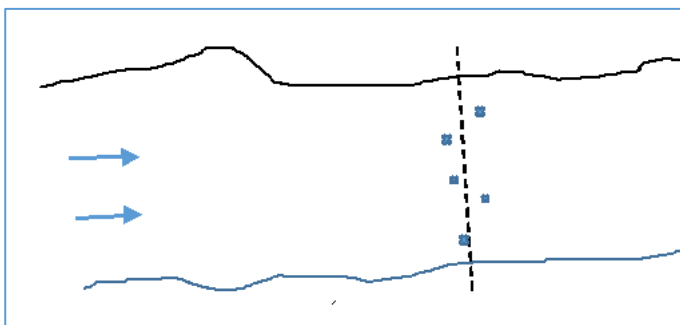
Vandspejlets kote i hvert tværnit bestemmes ved nivellement eller GPS.

Forbehandling af data for vandspejlsberegninger

For at kunne foretage sammenlignende beregninger mellem det virkelige og det teoretiske vandløb må det indledningsvis sikres at data for begge vandløb i det vertikale plan henfører til samme kote system fx DVR90 (Dansk Vertikal Reference 1990). I det horisontale plan må det tilsvarende sikres at de langsgående stationeringer for de to vandløb er ens. I visse tilfælde må der foretages tilpasninger af data for at opfylde disse to betingelser. Erfaringen viser at dette til tider kan være en omstændig opgave. Detaljer herom beskrives senere.

Overførsel af GPS data til tværprofil

GPS data vil normalt foreligge som UTM-koordinater og disse skal overføres til et koordinatsystem, som har y-aksen vinkelret på vandløbet. Dette må i den indledende fase foretages manuelt ved plotning på millimeterpapir (se Figur 1).

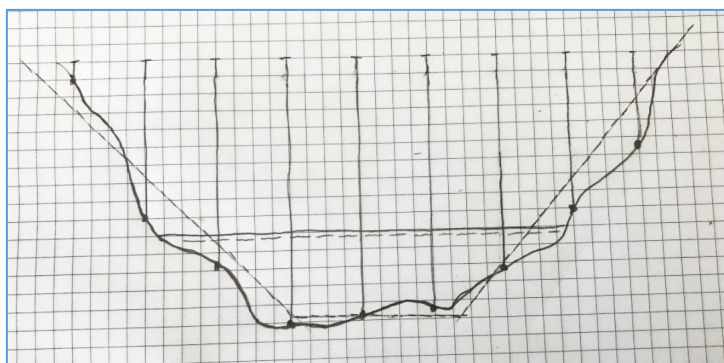


Figur 1 Princip af overførsel af GPS data til tværprofil

Dette vil eventuelt senere kunne delvis automatiseres yderligere.

Overførsel af opmålt tværnsnit til data for trapezformet tværnsnit

Det opmålte tværnsnit må plottes, som skitseret på Figur 2, og herefter må et skønsmæssigt trapezformet tværnsnit indlægges så bundkote, bundbredde og skråningsanlæg kan fastlægges.



Figur 2 Princip for overførsel af tværnsnitsopmåling til data for trapezformet tværnsnit (foreløbig figur)

Overførsel af data fra målte tværprofiler til tværprofiler benyttet i beregningerne

I de fleste tilfælde vil de tværnsnit der har været benyttet ved opmålingen også benyttes i beregningerne, men principielt set er dette ikke en nødvendighed. Hvis fx at opmålingen er sket med stor afstand mellem profilerne kan det af hensyn til beregningsnøjagtigheden være nødvendigt at indskyde mellempunkter, hvor data må fastlægges ved interpolation mellem nærliggende opmålte profiler.

Data for beregningsprofiler i referencevandløb

Af hensyn til at kunne sammenligne beregningerne af det aktuelle vandløb med referencevandløbet må der ud fra regulativets oplysninger opstilles data for de profiler der skal benytte i beregningerne. Disse profiler bør være placeret i samme stationering som de profiler der benyttes for det aktuelle vandløb.

Data om vandføring og Manningtal til kontrolberegning

I regulativerne er normalt ikke anført direkte hvilken vandføring der skal benyttes ved kontrolberegningen. Derimod anføres at kontrolberegningen skal udføres ved 3 forskellige specificerede værdier for den arealspecifikke afstrømning uden at det er beskrevet hvilket oplandsareal, der er knyttet til afstrømningsværdierne. Dette er formelt set en mangel ved regulativerne, fordi fastlæggelsen af vandskel og oplandsarealer ikke er fuldstændig entydig og har varieret efterhånden som de digitale terrænmodeller har vundet indpas. Så vidt vides må oplysninger om oplandsarealer fremskaffes fra kommunerne, som formentlig igen må hente dem fra de konsulentfirmaer som har medvirket ved regulativernes udarbejdelse. Det må forventes at GIS-kort med oplysning om vandløbsoplande og disses arealer i fremtiden bliver frit tilgængelige.

Ved kontrolberegningerne er det mindre vigtigt, at det er de helt korrekte og præcise vandføringer der benyttes, fordi det centrale er, at det er de samme værdier der benyttes for beregning af henholdsvis det aktuelle vandløb og referencevandløbet.

Regulativerne indeholder normalt oplysning om hvilken værdi at Manningtallet, der skal benyttes ved kontrolberegningen. Der er de senere år sket et skifte i formuleringen af Manningformlen idet hydraulisk radius ofte i praksis bliver udskiftet med den såkaldte modstandsradius ved brugen af de kommercielle edb programmer. Dette skifte indebærer imidlertid at Manningtallet må ændres med ca. 10 – 15 % for at kompensere ændringen, hvilket sjældent fremgår af regulativerne og kontrolberegningerne. Ved nye kontrolberegninger må det afklares om enten hydraulisk radius eller modstandsradius benyttes inklusiv det tilhørende korrekte Manningtal. De fleste eksisterende regulativer blev udarbejdet på et tidspunkt hvor modstandsradius ikke blev benyttet.

= 0 =