

Et vandløbs vandføringsevne sikres ikke af teoretisk skikkelse

Torben Larsen, AAU BUILD, Aalborg Universitet, tlar@buil.aau.dk

Dette diskussionsoplæg er essensen af et mundtligt indlæg med titlen ”Er der logik i regulativtyperne – ret hydrologisk?” ved VANDLØBSKONFERENCEN 2023 i Fredericia, den 22. november 2023 arrangeret af *Bæredygtigt Landbrug* og *Landsforeningen Danske Vandløb*.

Introduktion

Mange vandløbsregulativer er netop nu under revision. Dette indlæg diskuterer de mest benyttede tre regulativtyper betegnet henholdsvis *geometrisk skikkelse*, *teoretisk skikkelse* og *vandføringsevne* ud fra en hydraulisk/hydrologisk logik. Miljø- og naturmæssige forhold er tilsigtet ikke omtalt her. Det er en særskilt diskussion.

Regulativernes baggrund og formål

Omkring 1820 var 24 % af landets areal vådområder (Naturstyrelsen, 2015), og afvandingen af vådområderne fandt sted i perioden 1850 – 1960. Ved afvandingen blev der gravet grøfter, nedlagt dræn og reguleret vandløb for at sænke vandstanden så områderne kunne dyrkes landbrugsmæssigt. I alt blev 95 - 98 % af vandløbene helt eller delvis reguleret. Ved reguleringer blev der gravet nye retlinjede vandløb, der lå lavere i terrænet og tæt på de oprindelige.

Formålet med den hydrauliske del af regulativerne var at sikre at den sænkning af vandspejlet, der var opnået ved reguleringen, kunne opretholdes. Dette skulle opnås ved at bredejererne havde pligt til at vedligeholde vandløbet (oprensning og fjernelse af vegetation mv) således at den beskrivelse (betegnet skikkelse) af vandløbet geometri der var nedfældet i regulativet som et minimum skulle bevares. Dette krav til en minimumsskikkelse var sammen med andre regler samlet i den daværende Vandløbslov.

Hydraulisk dimensionering af regulerede vandløb

Det er almindelig hydraulisk viden at vandføringsevnen af en kanal eller et rør beskrives af Manningformlen (Brorsen og Larsen, 2009). Derfra ved vi at vandføringsevnen (alt andet lige) afhænger af tværsnitsareal og af den hydrauliske ruhed (i fagsprog betegnet *den ækvivalente sandruhed*).

Ved reguleringerne blev de nye, omlagte vandløb dimensioneret som glatte, retlinjede kanaler med trapezformede tværsnit og målet var at opnå den bedst mulig vandføringsevne. Dimensioneringen skete ud fra forskellige empiriske formler der alle gav omtrent samme resultat. (Orbicon, 2017).

For overskuelighedens skyld omtales her kun Manningformlen:

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

hvor

Q er vandføringen

A er strømningstværsnittets areal (funktion af vanddybden)

M er Manningtallet (enheden er $m^{1/3}/s$, kun SI-enheder benyttes)

R er hydraulisk radius (lig A divideret med ”våd” omkreds, funktion af vanddybden)

I er vandløbets fald (vandspejlets fald).

I Manningformlen indeholder Manningtallet M effekten af ruheden således at stor ruhed giver lille Manningtal og lille ruhed giver stort Manningtal. For vandløb spænder Manningtallet mellem 30 – 40 for et nyreguleret (nyhåndgravet) vandløb ned til et meanderende naturvandløb med M lig 15 – 20.

Ved dimensioneringen benyttede man et Manningtal på 30 – 35. Den dimensionsgivende vandføring blev beregnet som arealet af det hydrologiske opland til lokaliteten multipliceret med en valgt *arealspecifik afstrømning* ofte sat til 100 l/s/km² (Feilberg og Feilberg, 1937; Aslyng, 1980). Dette er en høj værdi der betød at oversvømmelse de første årtier sjældent forekom. Efter projektets gennemførelse ophøjede en vandløbsret projektets geometriske beskrivelser til at blive regulativ (dvs. *skikkelsesregulativ*). Først senere (1983) dvs. efter reguleringernes afslutning, blev loven ændret således at regulativerne herefter kunne basere sig på enten skikkelse eller vandføringsevne.

Det historisk forløb af de regulerede vandløbets morfologi og vandføringsevne

Ved reguleringens afslutning stod vandløbene med et nye, glatte og retlinjede forløb som det derefter var bredejernes pligt at vedligeholde, så den skikkelse der var beskrevet i regulativet, blev bevaret. I 1964 overgik vandløbsvedligeholdelsen til det offentlige (dvs. amt eller kommune). I de første adskillige år var oprensningen begrænset, men alligevel var de glatte vandløb ganske langsomt begyndt at danne ripler og banker og dermed at omforme sig i retning tilbage mod et mere varieret forløb. I denne proces voksede ruheden og Manningtallet aftog, men på grund af den faste geometriske skikkelse og vedligeholdelsen kunne uregelmæssighederne kun vokse sådan at tværsnitsarealet voksede. De to modsatte tendenser (aftagende Manningtal og voksende tværsnitsareal) kunne således i større eller mindre grad ophævet hinanden.

Der kan ikke være tvivl om at denne morfologiske omdannelsesproces, hvis den fik lov til at løbe helt ud, ville ende med et vandløb der morfologisk set (men ikke nødvendigvis topografisk set) har samme karakter som det oprindelige naturvandløb med meandering, høl/styg-struktur osv. (Mernild, 2001). En proces der uden indgreb formentlig vil vare måske 50 – 200 år. En medvirkende årsag til denne morfologiske omdannelse trods regulativernes bestemmelser alligevel skrider frem er, at man ved revisionerne af regulativerne (ofte hver 20. år) normalt tog udgangspunkt i den skikkelse vandløbet nu til dato havde opnået. Herved kom vandføringsevnen aldrig tilbage til det oprindelige udgangspunkt. I hydraulisk forstand betød denne udvikling, at Manningtallet må have startet omkring 30 - 40 og derfra gradvist må være sunket ned imod ultimativt 15 – 20, som er niveauet for naturvandløb. (Rapport fra Miljøstyrelsen (2019a) om naturvandløb indeholder desværre ikke omtale af disses vandføringsevne).

En yderligere årsag til de morfologiske ændringer af regulativ-tværsnittene var at vandløbene ved reguleringerne blevet påtvunget et såkaldt *optimalt tværsnit*, som er det trapezformede tværsnit, der har det mindst mulige tværsnitsareal for at føre en given vandføring, (Bretting, 1960). Formålet var at minimere omkostninger ved gravningen. Et vandløb med *optimalt tværsnit* er smalt og dybt i forhold til et naturligt vandløb. Det er derfor forventeligt at strøm og sedimenttransport forsøger at presse dette kunstige tværsnit tilbage mod en mere naturlig form.

Diskussion af regulativtyper

Vandløbslovens §12 foreskriver at regulativet skal indeholde bestemmelser om vandløbets skikkelse eller vandføringsevne. Det forudsættes at hensigten med de to principper er den samme, nemlig at beskytte de vandløbsnære arealer mod oversvømmelse. Fra et hydraulisk/hydrologisk synspunkt må derfor regulativer, som bygger på skikkelse betragtes som værende regulativer der indirekte beskriver vandføringsevne, medens regulativer baseret på vandføringsevne i sagens natur direkte omhandler vandføringsevnen (Q/h-kurven) som den forstås hydraulisk.

Regulativer baseret på vandføringsevne (Q/h-regulativer)

Q/h-regulativer bygger på selve definitionen af vandføringsevne, og et sådant regulativ indeholder et antal Q/h-kurver, der hver især dækker en delstrækning i den grødefri vinterperiode. Disse Q/h-kurver er kravkurver, der principielt set ikke må overskrides, Viser en Q/h-måling at vandføringsevnen er for lille skal der ske en vedligeholdelse der løfter vandføringsevnen. Det kan ske ved forøgelse af tværsnitsarealet (opgravning af vandløbsbunden) og/eller ved at formindske ruheden (fx ved at bortgrave ripler og banker og ved at fjerne af væltede træer).

Regulativer baseret på geometrisk skikkelse

Denne type baserer sig på, at vandløbssengens oprindelige geometriske form som minimum skal bevares. Ud fra en umiddelbar betragtning er princippet klart og let forståeligt. Et regulativ efter dette princip et indeholder normalt en beskrivelse i af et vandløb bestående af et antal retlinede delstrækninger i serie, der hver har et specificeret trapezformet tværsnit.

I forhold til de afstrømningsmæssige forhold har princippet en tydelig svaghed fordi der ikke er en tydig sammenhæng mellem skikkelse og vandføringsevne og dermed mellem skikkelse og risiko for oversvømmelse. Der er mulighed for at vandføringsevnen kan variere med op til en faktor 2 selv om skikkelsen er uændret. Men til gengæld vil vandløbet, hvis det er korrekt vedligeholdt, som tidligere nævnt altid have et større tværsnitsareal end det specificerede minimumstværsnit. Derved kan det påstås at i praksis vil metoden nogenlunde sikre at vandføringsevnen opretholdes.

Det ømme punkt er at dette ekstra strømningsareal, som altså bør betragtes som værende en integreret del af metoden, normalt bliver fjernet ved opdateringen af regulativerne, hvorved vandføringsevnen trinvis reduceres ved hver opdatering. Det er derfor diskutabelt om metoden *geometrisk skikkelse* kan anbefales.

Geometrisk skikkelse ville kunne anvendes, hvis det yderligere i regulativet var anført at vedligeholdelsen skulle sikre at vandløbet forblev retlinjet med glatte sider og bund. Dette kan ligge indenfor betydningen af ordet *skikkelse*.

Regulativ baseret på teoretisk skikkelse

Metoden *teoretisk skikkelse* er bl.a. beskrevet i vejledning fra Miljøministeriet (Miljøministeriet, 2007) på side 32 under afsnittet *Vandføringsevnebestemt skikkelse*. Denne beskrivelse ses her:

Vandføringsevnebestemt skikkelse ⁽²⁸⁾

Metoden forudsætter, at vandløbet er beskrevet som i et traditionelt skikkelsesregulativ med bredde, bundkote og skråningsanlæg. Denne beskrivelse af vandløbets form kaldes ”teoretisk”, idet metoden ikke stiller krav til, at vandløbet konkret skal afspejle en sådan regulær form. Samtidig forudsættes det, at vandløbets faktiske skikkelse er kendt ved, at der foreligger en opmåling af vandløbet. Disse to parvise data lægges ind i et hydraulisk beregningsprogram, der samtidig forsynes med oplysninger om afstrømning (l/s/ha) samt vandløbets ruhed i form af et fast Manningtal (Manningtallet indgår i Manningformlen, der ofte anvendes i forbindelse med hydrauliske beregninger i vandløb). Der foretages herved en sammenligning mellem to teoretiske vandspejl, der er beregnet ud fra de samme forudsætninger, blot med forskellige data for tværsnitsforholdene. Beregningen kan udføres for enhver forekommende afstrømning. I praksis kan der vælges at gennemføre et begrænset antal beregninger, f.eks. baseret på en lille, middel og stor afstrømning. Herved fås et dækkende billede af vandløbets vandføringsevne.

Figur 1 Direkte klip fra "Udarbejdelse af vandløbsregulativer", Miljøministeriet 2007

Som det ses, giver teksten tydeligt udtryk for at vandføringsevnen kun afhænger af tværsnitsforholdene, hvilket som allerede nævnt er i modstrid med almindelig hydraulisk viden hvorefter både tværnsnit og ruhed bidrager. Der eksisterer ingen dokumentation for metodens rigtighed herunder dens videnskabelig baggrund. Metoden beskriver kun den teoretiske indflydelse skikkelsen har på vandføringsevnen, men metoden vurderer ikke vandløbets virkelige vandføringsevne. Den afsluttende konklusion (sidste sætning) er derfor ikke korrekt.

Der skal gøre opmærksom på, at hvis man ændrede den nuværende kontrolmetode tilknyttet *teoretisk skikkelse*, og således medtog de korrekte, virkelige Manningtal i edb-modelleringen ville metoden være i stand til hydraulisk korrekt at bedømme den sande vandføringsevne (inklusive virkningen af ruheden) og dermed de virkelige vandstande. For vandløb uden væsentlige afvandingsproblemer kunne Manningtallene i vandløbet eventuelt blot skønnes (uden målinger) ud fra en visuel bedømmelse, se *US Geological Survey (1989)*. Denne metode kunne fx betegnes *teoretisk skikkelse med Manningtal*.

Oftest specificerer de regulativer, der bygger på teoretisk skikkelse, at de to edb-modelleringer, der udføres, begge benytter Manningtal 30. Problemet er imidlertid, at de længdeprofiler, der vedlægges regulativerne, giver et fejlagtig indtryk af at vandspejlet ved de angivne vandføringer ligger lavere end det i virkeligheden gør. Det kan ikke-fagfolk ikke gennemskue. I mange tilfælde er det virkelige Manningtal kun 20 – 25, hvilket indebærer en højere vandstand.

Ovenfor ses betegnelsen *vandføringsevnebestemt skikkelse* (Miljøministeriet, 2007). Den mest benyttede betegnelse er formentlig blot *teoretisk skikkelse* (Miljøstyrelsen, 2019b). Der ses også mange eksempler i kommunerne på betegnelsen *vandføringsevne bestemt ved teoretisk skikkelse*. Bag denne diversitet af betegnelser kunne ligge en forskellig forståelse af metodens grundlæggende idé. I Vandløbsloven er ordvalget at regulativer skal baseres på *skikkelse eller vandføringsevne* medens der i bekendtgørelse om vandløbsregulativer (BEK nr. 919 af 27/06/2016) står ordene *skikkelse og/eller vandføringsevne*. Begrundelsen for forskellen kendes ikke, men i en diskussion af forståelsen af metoden i *teoretisk skikkelse* kunne forskellen mellem ”eller” og ”og/eller” måske få betydning.

Afslutningsvis for dette afsnit må det konkluderes at *teoretisk skikkelse* ikke kan anses for at være logisk hydraulisk/hydrologisk set,

Konklusion

Det oprindelige spørgsmål var: *Er der logik i regulativtyperne – rent hydrologisk?* og svaret må være, at rent hydrologisk/naturvidenskabelig er logikken nærmest fraværende især når det gælder typen *teoretisk skikkelse*. Ser man imidlertid problemstillingen i historisk perspektiv fremkommer der en tydelig forklaring på hvorfor situationen i dag er som den er, og forklaringen trækker tydelige tråde tilbage til den oprindelige regulering.

Hvilke regulativtyper der er en lovlig må besvares i den juridiske verden. Det svar kan ikke gives her.

For alle parter må den bedste løsning på langt sigt være at standse dyrkningen af de lave områder langs vandløbene. Den proces er godt begyndt, men den får næppe betydning for de regulativer der nu skal revideres. Med udgangspunkt i denne artikels hydrauliske synsvinkel kommer her to fremadrettede løsningsforslag i forhold til regulativtyperne:

1. Inden for den nuværende lov kunne en løsning være at fortolke teksten helt bogstavelig. Kun regulativer baseret på en utvetydig forståelse af *skikkelse* eller *vandføringsevne* skulle være acceptable. Det ville betyde at kun *geometrisk skikkelse* ville være mulig som skikkelses-type. Som vandføringsevne-typer skulle kun *Q/h-regulativer* og regulativer efter *teoretisk skikkelse med Manningtal* kunne benyttes.
2. En logiske og nutidige løsning vil være helt at fjerne krav til *skikkelse* og *vandføringsevne* fra Vandløbsloven og i stedet indføre et statistiske krav for risikoen for oversvømmelse (eller vandføringsevne) for hver delstrækning af vandløbene. Dette gøres ved at fastsætte en gentagelsesperiode (fx antal år) for hvor hyppigt et bestemt fastlagt vandstands niveau må overskrides. Afvejningen af miljø- og afvandingshensyn mod hinanden kan ske ved fastsættelse af den omtalte gentagelsesperiode og det tilhørende vandstands niveau. Dette er et velkendt princip der benyttes fx ved fastsættelse af højden af diger ved havet samt ved dimensioneringen af regnvandssystemerne i byer. (Inden for disse to områder er klimatilpasning også inddraget).

Referencer

- Aslyng H. C. (1980). Forelæsninger over afvanding i landbruget. DSR Forlag København.
- Bretting A. E. (1969). Hydraulik. Polyteknisk Forlag.
- Brorsen M. og Larsen, T. (2009). Lærebog i Hydraulik. Aalborg Universitetsforlag.
- Feilberg, Aa. og Feilberg C. L. (1937). Kortfattet Lærebog i Kulturteknisk Vandbygning. Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. København.
- Mernild, S. H. (2001). Hydrologisk og morfologisk klassifikation af vandløb og vandløbssystemer. Prisopgave i Geografi 2001, Københavns Universitet.
- Miljøministeriet (2007). Udarbejdelse af vandløbsregulativer, Rapport fra Miljøministeriet – Skov og Naturstyrelsen, juni 2007.
- Miljøstyrelsen (2019a): Naturvandløb - Faglig udredning om grundlag og fremgangsmåde for

identifikation og forvaltning af naturvandløb. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 38, december 2019. Udarbejdet af Orbicon/WSP.

Miljøstyrelsen (2019b): Regulativtyper - ændret vandløbsforvaltning - udredningsprojekt 1. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 39, december 2019. Udarbejdet af Orbicon/WSP.

Naturstyrelsen (2015). Vejledning i etablering og pleje af vådområder. Vejledning fra Naturstyrelsen.

Orbicon (2017). Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb. Rapport udgivet af Orbicon.

US Geological Survey (1989). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States Geological Survey - Water-Supply Paper 2339.

= 0 =