



Titel: Hydrometriske stationer, databehandling og beregninger, QH-station			
Dokumenttype: Teknisk anvisning	TA. nr.: B05	Version: 1.0	Oprettet: 1.1.2016
Forfattere: Niels Bering Ovesen & Jane Rosens- tand Poulsen	Gyldig fra: 1.1.2016		
	Sider: 22		
	Sidst ændret:		
TA henvisninger	B02 – B03 – B04 – B06 – B07		

0 Indhold

1 Indledning	1
2 Metode	2
2.1 Fastlæggelse af QH-grundkurve	3
2.2 Interval-delt (sammensat) QH-kurve	5
2.3 Fast QH-kurve	6
2.4 Bundforskydningsmetoden	6
2.5 Proportionalmetoden	7
2.6 Brændpunktmetoden	8
2.7 Måleoverfald	9
3 Databehandling	11
3.1 Vandstandskorrektion	11
3.2 Justering af QH-grundkurve	12
3.3 Valg af interpolationsmetode	12
3.4 Korrektion for grødeskæring og ændring i vandføringsevne	13
3.5 Døgnmiddelberegning	15
3.6 Korrektion for dataudfald	15
4 Kvalitetssikring	17
4.1 Grundkurve, vandføringsmålinger og friktionskurve	17
4.2 Klimadata	17
4.3 Referencestationer	18
4.4 Historiske data	19
5 Referencer	20
6 Bilag	21
6.1 Relaterede TA'er	21
7 Oversigt over versionsændringer	22

1 Indledning

Denne tekniske anvisning omfatter arbejdet med beregninger og behandling af data fra hydrometriske målestationer i vandløb, hvor der kontinuerligt registreres vandstand og måles og beregnes vandføring. Denne type målestation kaldes "QH-station".

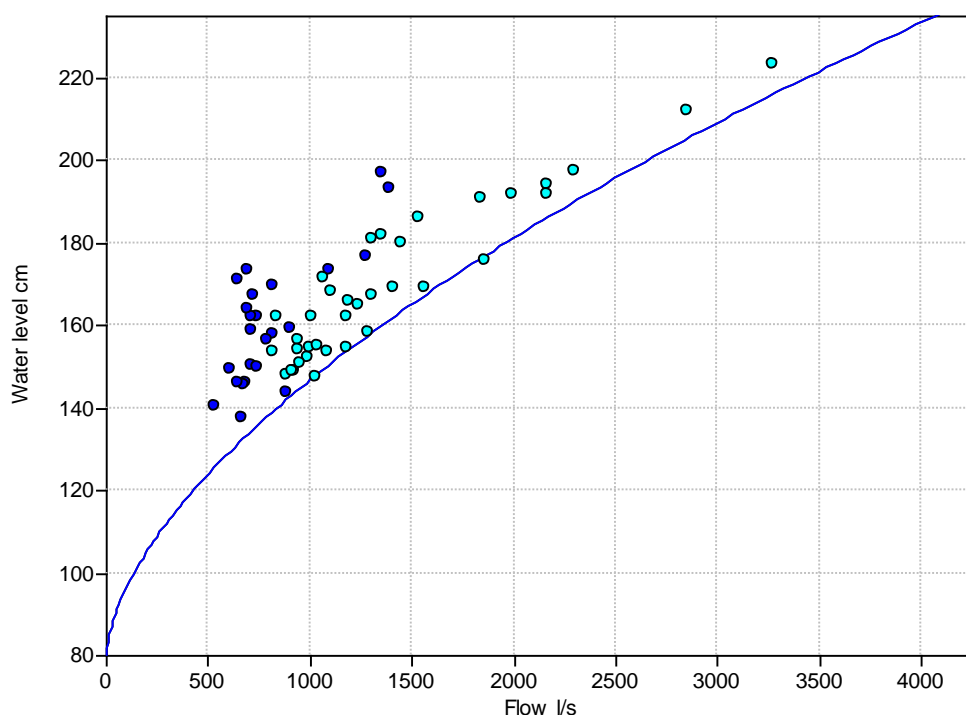
Anvisningen omfatter ikke feltarbejde, idet målinger, praktiske opgaver på stationerne samt etablering af nye stationer er beskrevet i tekniske anvisninger B02, B03 og B04.

Tidligere beskrivelse af databehandling findes i: Vejledning i Bearbejdning af data fra vandføringsstationer, Fagdatacenter for Hydrometriske Data, Raaschou (1991).

2 Metode

På en QH-station danner en kontinuerlig registrering af vandstanden, H og en serie målinger af vandføringen, Q et antal gange årligt grundlaget for beregning af vandføringsserien (hydrografen). Det sker ved at etablere en sammenhæng mellem vandstand og vandføring, normalt kaldet QH-relasjonen eller QH-kurven (figur 1).

I et naturligt vandløb vil QH-relationen ikke være konstant. Der vil normalt være plantevækst (grøde) i vandløbet, og mængden af denne, og dermed den hydrauliske modstand mod vandstrømningen, vil variere i løbet af året. Endvidere vil de dynamiske forhold med erosion og sedimentation i vandløbet løbende medføre ændringer i vandløbets geometri.



Figur 1. Eksempel på QH-grundkurve med resultater fra vandføringsmålinger foretaget i vinter- (lyseblå) og sommer (mørkeblå) halvåret.

For at tage højde for den varierende sammenhæng mellem Q og H foretages der ved beregning af vandføringen en løbende justering af QH-kurven. Det sker ved interpolation af kurvens grundform på basis af de spredte

vandføringsmålinger. Afhængig af hvordan profilvariationer og/eller grødevæksten påvirker sammenhængen, anvendes forskellige interpolationsmetoder. Hvis der er et bygværk med bestemmende tværprofil i vandløbet, anvendes en konstant sammenhæng. De mulige interpolationsmetoder er brændpunkts-proportional- eller bundforskydningsmetoden, og herunder justeres der på en eller flere af konstanterne i kurvens formel under beregningen.

Styreniveauet, svarende til en vandstandskurve for en given konstant vandføring, beskriver de ændringer, der sker i de hydrauliske egenskaber, f.eks. som følge af grødevækst. Styreniveauet er derfor et udtryk for vandføringsevnen, og ved vandføringsberegningen er det ofte nødvendigt at foretage manuelle korrektioner af denne. Det vil f.eks. være nødvendigt i forbindelse med grødeskæringer eller anden vedligeholdelse på strækningen omkring målestationen, hvor der sker et spring i vandføringsevnen.

2.1 Fastlæggelse af QH-grundkurve

QH-kurvens grundformel er en empirisk bestemt funktion, der er beskrevet ved udtrykket:

$$Q = A(H-H_0)^N$$

hvor Q er vandføringen, H er vandstanden, H_0 er vandstand ved $Q=0$ og A og N er konstanter. Funktionen bestemmes ud fra en serie af samhørende værdier af vandstand og vandføring.

I praksis er A og N ikke konstante i et naturligt vandløb, idet de hydrauliske forhold varierer. Det sker på grund af erosion eller aflejring af sedimenter, der ændrer dimensionerne og på grund af varierende grødevækst. Tilsvarende er H_0 heller ikke altid konstant, da vandløbsbundens niveau også kan ændre sig på grund af erosion og aflejring.

Det er de hydrauliske forhold på strækningen nedstrøms for stationen, der bestemmer QH-relationen. Hvor lang en strækning, der er bestemmende, afhænger især af vandløbsgradienten. Jo mindre gradient (fald), des længere strækning, og især i store vandløb kan det være mange kilometer. I mindre vandløb med stort fald kan den være mindre end 100 meter. Som tommelfingerregel kan man antage, at strækningen fra stationen og nedstrøms til det sted i vandløbet, hvor vandspejlskoten er den samme som bundkoten ved stationen, påvirker vandstanden og dermed QH-kurven. Denne strækning (stuvningszonen) til et givent sted i vandløbet vil således også være længere, når vandstanden er høj.

Den QH-kurve, der repræsenterer de optimale, stuvningsfrie forhold i vandløbet, kaldes grundkurven. Den fastlægges normalt af målinger foretaget i vinter- og forårsperioden, hvor mængden af grøde er minimal. Målinger, der er foretaget på tidspunkter med kraftige variationer i vandstand og vandføring, kan normalt ikke anvendes, idet vandspejlsgradienten, og dermed QH-relationen, ikke er stabil under sådanne begivenheder. Hvis der er isdannelser i vandløbet, kan målinger heller ikke anvendes til fastlæggelse af grundkurven.

Til fastlæggelse af grundkurven skal anvendes mindst 5 – 7 grødefrie målinger, der skal dække størstedelen af det interval vandstanden varierer inden for. De høje vandføringsniveauer forekommer ofte kun over kort tid, og man skal derfor være særlig opmærksom på at få lavet målinger under disse begivenheder. Da der normalt skal foretages målinger ca. 1 gang pr. måned, betyder det, at en station skal have været i drift i mindst et år, inden der kan beregnes vandføring med tilfredsstillende resultat. Endvidere må man være forberedt på, at det første års data skal korrigeres lidt det efterfølgende år, hvor datagrundlaget for grundkurven er større.

Et første udkast til grundkurven kan udarbejdes ved hjælp af et regressionsprogram eller ved at optegne en kurve gennem punkterne fra de grødefri vandføringsmålinger, plottet i et QH diagram.

Først fastsættes H_0 , også kaldet den beregningsmæssige vandløbsbund. Det svarer til den vandstand, hvor vandføringen netop er 0. Et første skøn af H_0 fås ved at estimere kurvens skæringspunkt med y-aksen, jf. figur 1. Hvis kalibreringspunkterne ligger meget spredt, kan det være vanskeligt at estimere H_0 . Som støtte kan anvendes bundniveauet, som det fremgår af profildata fra vandføringsmålingerne, men H_0 er ikke nødvendigvis det samme som vandløbsbunden ved stationen. Den kan f.eks. ligge højere, hvis der er en tærskel nedstrøms for stationen. Det kan være nødvendigt senere at justere H_0 i forbindelse med fastlæggelse af konstanten N .

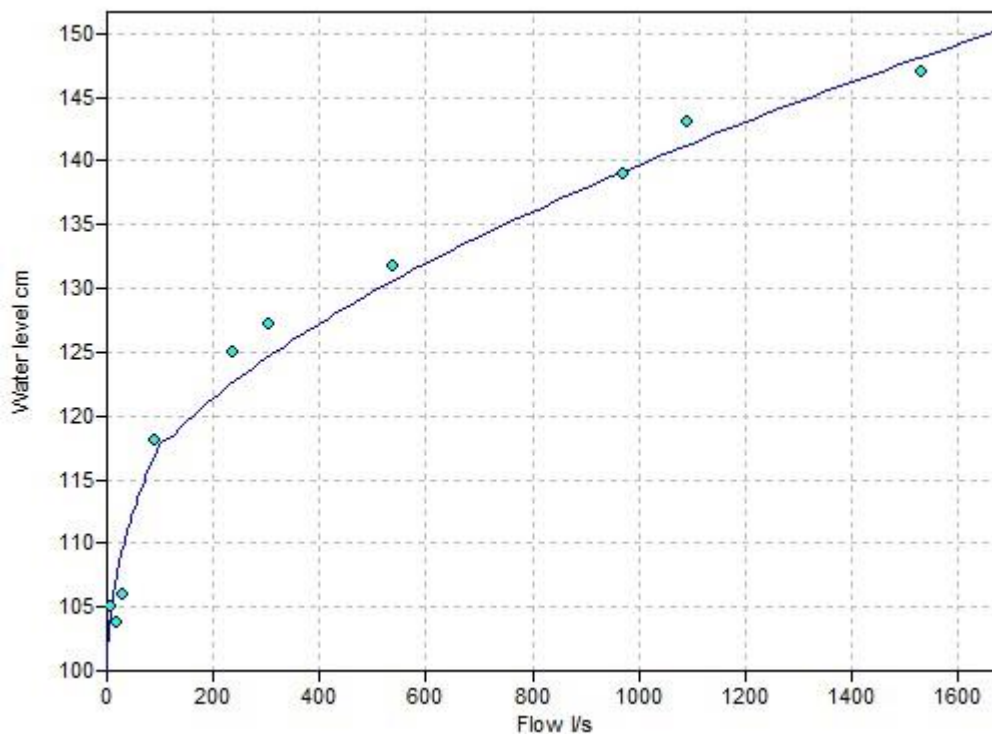
Efter den indledende bestemmelse af H_0 kan konstanterne A og N fastlægges ved hjælp af regressionsanalyse. Analysen kan også foretages manuelt ved at plote målingerne dobbeltlogaritmisk, og N findes som hældningen af den rette linje gennem punkterne. Til sidst findes A , som den sidste ubekendte i formlen.

Efter fastlæggelse ved regressionsanalyse vil det ofte være nødvendigt med en efterfølgende tilpasning af grundkurven. Erfaringsmæssigt bør grundkurven gå gennem den nederste del af punkterne. Herved undgår man f.eks., at der fejlagtigt bliver beregnet en ekstrem høj vandføring for en flom mellem 2 små målinger, der ligger under kurven.

Erfaringsmæssigt vil grundkurvens N-værdi ligge i intervallet 1,5 til 2,0 i naturlige vandløb uden bygværker. I vandløb med rektangulært tværsnit vil N være 1,5, og ved trekantet tværsnit vil den være 2,5.

2.2 Interval-delt (sammensat) QH-kurve

Ved visse målestationer vil de hydrauliske forhold medføre en differentieret QH-sammenhæng afhængig af vandstanden. Det vil være tilfældet, hvis vandløbets tværprofil ændrer forløb (dobbeltprofil), eller hvis vandstanden stiger over brinken. Det kan også skyldes, at vandstanden påvirkes af de hydrauliske forhold på en længere strækning (længere stuvningszone), når vandstanden kommer over et vist niveau. I sådanne tilfælde foretages en opdeling af QH-kurven i 2 eller flere dele med særskilt formel for hvert vandstandsinterval.



Figur 2. Eksempel på delt (og fast) QH-kurve fra station med overfaldsbygværk.

Et målebygværk eller andre overfaldsbygværker vil ofte være konstrueret med et sammensat profil, og her skal også anvendes flere delkurver. Jf. figur 2.

I princippet vil de fleste naturlige vandløb have en form for sammensat QH-kurve, men en opdeling i intervaller skal kun ske, hvis plottet af målingerne udviser et tydeligt "knæk" i sammenhængen. Ved fastlæggelsen af de forskellige intervaller er det vigtigt at sørge for overensstemmelse ved overgangen fra det ene til det andet interval. Hvis der er et spring, vil den resulterende beregning af vandføringen også, fejlagtigt udvise et spring.

2.3 Fast QH-kurve

En fast QH-kurve, hvor ingen af konstanterne varierer over tid, anvendes for målestationer, der er beliggende ved et overfaldsbygværk eller målebygværk (jf. afsnit 2.7). Fast sammenhæng kan også findes på strækninger uden variation i profil og bundtopografi og uden grødevækst, f.eks. ved rør-lagte strækninger.

Ved etablering af et målebygværk opnås et bestemmende tværsnit, der giver en fast sammenhæng mellem vandstand og vandføring. Herved undgår man ulemperne ved de varierende hydrauliske forhold, og dermed behovet for at interpolere QH-kurvevarianter (dynamiske QH-kurver), jf. afsnit 2.1.

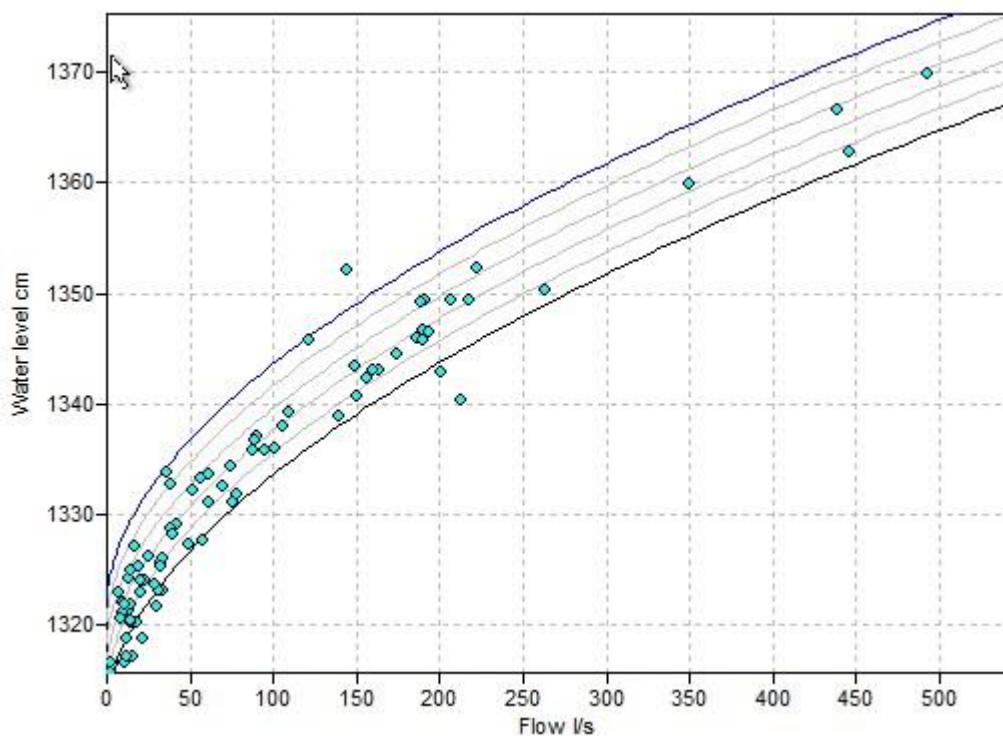
Normalt vil der være behov for at kalibrere et målebygværk efter opførelsen. Det gøres ved at måle vandføringen ved forskellige niveauer, indtil variationsintervallet er dækket. Efter kalibreringen er foretaget, vil der normalt kun være behov for meget få årlige kontrolmålinger.

Ved fast QH-kurve skal kurven lægges i midten af målingerne, og altså ikke i underkanten som ved interpolationsmetoderne. Det skyldes, at vandførberegningen ikke tvinges gennem målingerne ved denne metode, og hvis kurven ikke ligger som middel i forhold til målingerne, vil der ske en systematisk fejlberregning.

2.4 Bundforskydningsmetoden

Denne interpolationsmetode anvendes på stationer, hvor vandløbsbundens niveau varierer. Det vil ofte være tilfældet i vandløb med kraftig sedimenttransport, der kan medføre hævnings og sænkninger. I visse tilfælde kan grødevækst også have en virkning, der svarer til en hævning af bunden. Bundforskydning kan aflæses på plot af QH-kurven ved at målingerne over en periode ændrer niveau i forhold til grundkurven, jf. figur 3. Ændringerne kan ske gradvist i løbet af måneder eller år, og de kan ske i spring, f.eks. i forbindelse med store afstrømningsbegivenheder.

Forskydningen af vandløbsbunden medfører at grundkurvens H_0 ændres, hvorimod N og A er konstante.

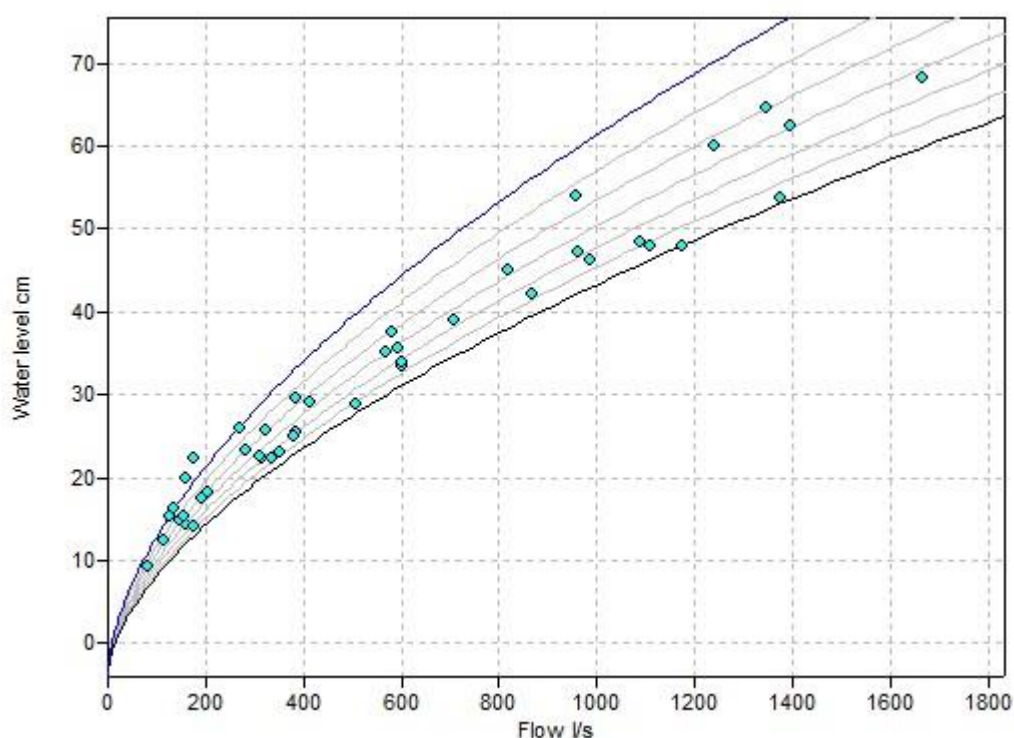


Figur 3. Grundkurve og kurvevarianter ved bundforskydningsmetoden.

2.5 Proportionalmetoden

Denne interpolationsmetode er baseret på en antagelse om, at det er grødevæksten, der har størst betydning for variationerne i QH-relationen og at den påvirker de hydrauliske forhold lige meget, uanset vandstanden i vandløbet. Ved databehandlingen ses dette ved at målingerne ligger længere

over grundkurven i den høje ende (og parallelt med grundkurven ved dobbelt logaritmisk plot), jf. figur 4. Metoden indebærer, at H_0 og N værdierne holdes konstante, og A varierer i interpolationen. Den enkelte kurvevariant går gennem H_0 og den aktuelle måling, og den giver dermed den samme procentvise reduktion af vandføringen ved alle vandstande.



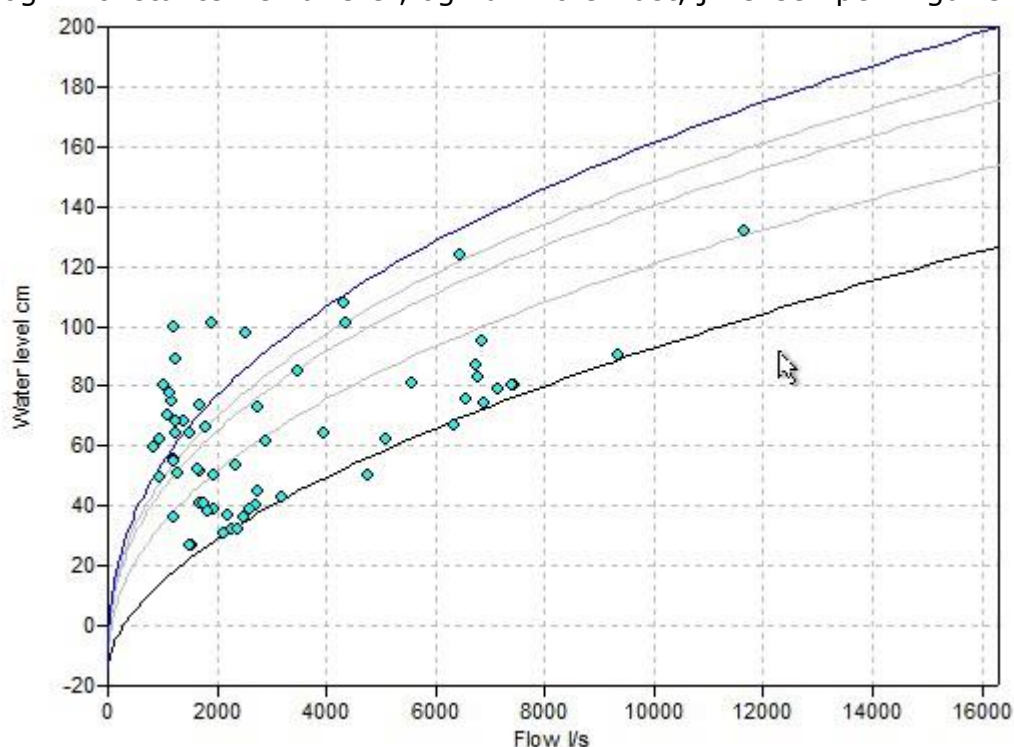
Figur 4. Grundkurve og kurvevarianter ved proportionalmetoden.

2.6 Brændpunktmetoden

Denne interpolationsmetode er baseret på en antagelse om, at grødevækstens påvirkning af de hydrauliske forhold er aftagende med stigende vandstand. Dette ses især i vandløb, hvor grødevæksten er særlig udpræget på vandløbsbunden, men ikke så meget på vandløbssiderne og brinkerne. Metoden tager også i en vis udstrækning højde for, at vandet presser den eftergivende grøde mod bunden ved højere vandstand og den samtidigt større strømhastighed.

Brændpunktet angives som skæringspunktet mellem grundkurven og kurvevarianterne, der danner overgrænsen af målingerne. Der kan ikke angives en eksakt metode for fastsættelse brændpunktet, men det bør altid have en

vandføringsværdi, der er flere gange (typisk 3 – 5 gange) større end den størst forekommende vandføring ved målestationen. Jo højere brændpunktet sættes, des nærmere svarer beregningsmetoden til proportionalmetoden. Ved brændpunktmetoden interpoleres kurvevarianterne ved at både N og A konstanterne varierer, og kun H_0 er fast, jf. eksempel i figur 5.



Figur 5. Grundkurve og kurvevarianter ved brændpunktmetoden.

2.7 Måleoverfald

Et måleoverfald danner et bestemmende tværsnit, hvor QH-kurven er bestemt udelukkende af overfaldets profil. Profilets form kan være trekant, rektangel, trapez eller sammensætninger heraf. Overfaldskanten kan være bred, smal, skarpkantet eller afrundet.

Det er meget vigtigt, at det nedstrøms vandspejl, undervandet, under alle omstændigheder er lavere end underkanten af overfaldet. Hvis ikke det overholdes, vil QH-relasjonen påvirkes væsentligt, og vandføringen vil blive beregnet for stor.

De fleste måleoverfald skal kalibreres ved hjælp af vandføringsmålinger på stedet, og QH-kurven fastlægges på grundlag af samhörrende målinger af vandstand og vandføring svarende til øvrige QH-stationer. Ved visse typer af måleoverfald, kan kalibreringsmålinger udelades, og sammenhængen alene fastlægges ud fra generelle formler (tabelopslag). Det gælder f.eks. for skarpkantede V-overfald, der er konstrueret specifikt i forhold til en given QH-sammenhæng. Det anbefales dog under alle omstændigheder at udføre kalibreringsmålinger på stedet.

Man skal være særlig opmærksom på problemer med fastsiddende grøde i måleprofilet. Det må ikke forekomme, da det umiddelbart sætter QH-kurven ud af funktion. Eventuelle aflejringer af sedimenter både oven og neden for bygværket skal fjernes, så der altid er frit indløb til og frit fald neden for bygværket. Begroninger og andre urenheder på selve overfaldskanten skal også fjernes.

Måleoverfaldets profil skal være tilpasset til det interval, som vandføringen på stationen varierer indenfor. Den størst tænkeligt forekommende vandføring skal kunne rummes inden for måleprofilet. Ved lav vandføring skal vandstanden over måleprofilets underkant helst ikke være lavere end ca. 5 cm, idet usikkerheden stiger kraftigt med aftagende vandstand.

I forhold til vandstandsregistreringen ved et måleoverfald er det vigtigt at kende registreringens (skalaens) nulpunkt i forhold til overfaldskanten med meget stor nøjagtighed (+/- 1 mm). Dette gælder særligt for faste QH-kurver, som anvendes her, idet der ikke sker en løbende tilpasning til vandføringsmålingerne, som ved en normal QH-station.

Vandstanden ved et måleoverfald må ikke aflæses i selve profilet, da der dannes et fald lige omkring gennemløbet. Registreringen skal etableres ovenfor i en afstand på 2 - 4 gange den maksimale dybde i overløbsprofilet, hvor vandspejlet er vandret.

På basis af kalibreringsmålinger konstrueres QH-kurven som ved en almindelig station: $Q = A(H-H_0)^N$, om nødvendigt som en sammensat kurve jf. 2.2. Ved rektangulært tværsnit er $N=1,5$, og ved trekantet tværsnit er $N=2,5$. A afhænger af hhv. bredde eller åbningvinkel. $H-H_0$ svarer til vandstandshøjden over bunden af overløbet.

Formler og tabeller for sammenhængen mellem H og Q for en række forskellige målebygværker findes i mange opslagsværker, f.eks. ISCO-Open Channel Flow Measurement Handbook.

3 Databehandling

3.1 Vandstandskorrektion

Vandstandsdata registreres ved hjælp af forskellige typer vandstandsmålere, jf. teknisk anvisning B02. I dag anvendes normalt en sensor, f.eks. tryksonde eller lod og flyder forbundet til datalogger med registrering hver 10 eller 15 minutter. Tidligere anvendtes mekanisk skriver med diagrampapir, men den type er ikke længere i brug.

Hvis der ikke er overensstemmelse mellem den registrerede vandstand fra dataloggeren og de samtidige aflæsninger af skalavandstanden fra vandføringsmålingerne, skal vandstanden korrigeres. Hvis der ikke er fuld overensstemmelse mellem værdierne, vil det medføre en fejl i vandføringsberegningen. Normalt kan man acceptere en lille forskel (0 til 5 mm), men i små vandløb med lav vanddybde kan selv få mm forskel give en signifikant fejl i vandføringen.

Ved vandstandsregistreringen kan der også forekomme deciderede fejl, der skal korrigeres inden vandføringen kan beregnes.

Der kan ske skred i data, der ikke svarer til de faktiske forhold i vandløbet. Det kan f.eks. ske hvis sensoren flytter sig, hvis der er for dårlig temperaturkompensering i en tryksensor, hvis en wire skrider på et tællehjul eller efter fastfrysning. Fejlen kan konstateres ved sammenligning mellem vandstanden fra skal aflæsningerne ved stationstilsynet og de registrerede værdier. Hvis skredet i data er sket gradvis og jævnt over en periode, justeres data tilsvarende over perioden, og hvis niveauet er forskudt, justeres der tilsvarende over perioden.

Data kan også være fastfrosset på samme værdi en periode. Det kan ske, hvis sensoren eller flyderen rent faktisk er frosset fast i is, eller det kan ske ved en elektronisk fejl i udstyret. I disse tilfælde skal de fejlagtige data slettes, og der skal indsættes et hul i dataserien.

Der kan også optræde åbenlyst forkerte værdier som følge af fejl i elektronik eller software. Det kan f.eks. være enkelte 0-værdier. Disse værdier skal også slettes.

Vandstandsændringer som følge af pludselig opstuvning eller fald, f.eks. hvis et træ af faldet i eller i forbindelse med grødeskæring, er ikke fejl, men

faktiske vandstandsvariationer. I sådanne tilfælde skal vandstanden hverken slettes eller korrigeres.

3.2 Justering af QH-grundkurve

I forbindelse med beregning af vandføringen skal det altid vurderes, om der er behov for en justering eller ændring af QH-grundkurven. Hvis der er sket en forandring af de hydrauliske forhold på strækningen neden for stationen, vil QH-relationen tilsvarende ændres. Det kan f.eks. skyldes indsnævring eller udvidelse af tværprofilet eller en ændring af bundtopografien af mere permanent karakter. Ved en del stationer bør grundkurven justeres i forbindelse med den årlige bearbejdning, men ved de mere stabile, kan der være længere imellem. Hvis man venter for længe med at justere på kurven, vil der være risiko for, at justeringen bliver stor, og springet vil medføre inhomogenitet i tidsserien. I visse tilfælde kan der også være behov for justering i forbindelse med meget store afstrømningsbegivenheder, hvor der evt. sker en betydelig ændring af vandløbets profil.

Ved justeringen kan det være nok at ændre på en enkelt af parametrene, men ofte vil det være en kombination af flere. Ved vurdering af behov for justering er det en fordel at plote målinger for en længere årrække, da en eventuel udvikling herved kan konstateres.

I forbindelse med etablering af nye stationer, vil der normalt være behov for at justere QH-kurven, efterhånden som datagrundlaget i form af antallet af vandføringsmålinger bliver forbedret. Det vil således være nødvendigt at genberegne vandføringen for den første del af stationens driftsperiode, typisk efter de første par år.

3.3 Valg af interpolationsmetode

Fast QH-kurve anvendes altid for stationer med målebygværk. For stationer, der er beliggende oven for stenstryg, og hvor faldet er så stort, at der aldrig sker påvirkning fra strækningen neden for stryget, kan der i nogle tilfælde også anvendes fast kurve. Det kan konstateres ved, at målingerne på plot af QH-relationen ligger meget tæt (inden for få cm) på kurven både ved høje og lave vandføringer. Tilsvarende gælder for stationer i eller oven for lukkede kanaler og rørlagte strækninger.

Bundforskydningsmetoden anvendes for stationer, hvor der sker en variation af QH-kurvens niveau. Det kan konstateres ved, at målingerne på plot

af QH-grundkurven varierer omkring kurven med vandstandsafvigelse i samme størrelsesorden både sommer og vinter. Det gælder ofte på stationer med betydelig sedimenttransport (sandvandring), og hvor grødevæksten ikke har meget stor betydning.

Proportionalmetoden anvendes for stationer, hvor grødevæksten er betydelig, og hvor det antages, at betydningen ikke aftager ved stigende vandføring. Det kan konstateres ved, at målingerne i sommer- og efteråret (grøde-sæsonen) ligger over QH-grundkurven, og metoden anvendes typisk i mindre vandløb, hvor også plantevæksten på brinkerne har stor betydning for vandføringsevnen.

Brændpunktmetoden anvendes for stationer, hvor grødevæksten er betydelig, men hvor det antages, at den relative betydning for strømningsmodstanden aftager med stigende vandføring. Det kan konstateres ved, at målingerne i sommer- og efteråret (grøde-sæsonen) ligger over QH-grundkurven. Metoden anvendes typisk i mellemstore og større vandløb, hvor plantevæksten ved høj vandstand ikke fylder hele tværprofilet, eller hvor en forøget strømhastighed kan presse planterne mod bunden, og dermed reducere indflydelsen på strømningsmodstanden.

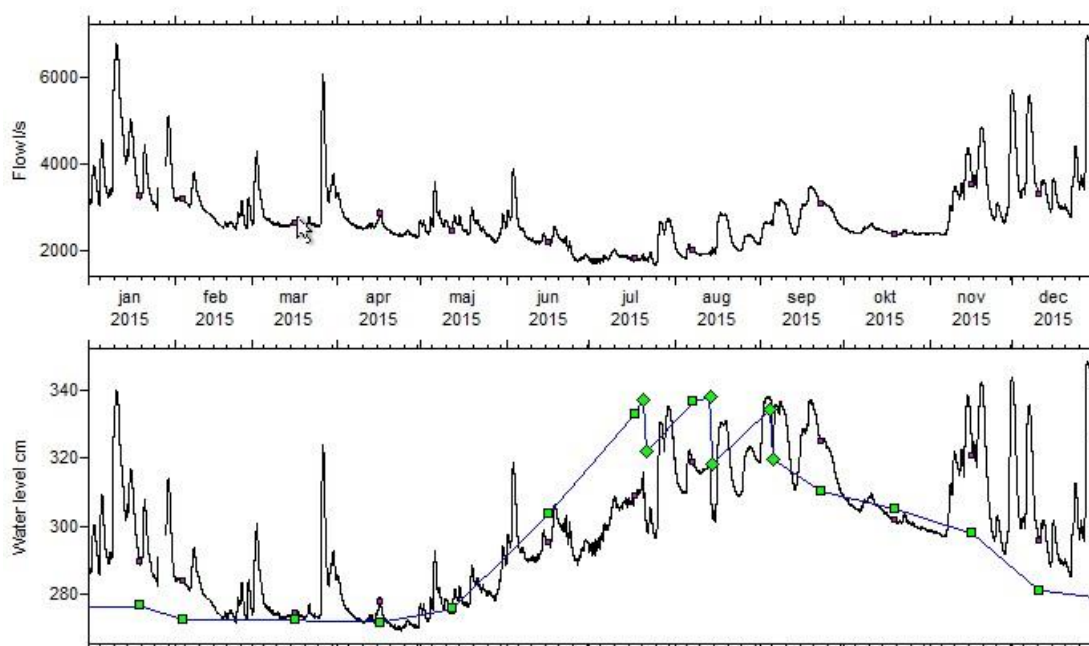
3.4 Korrektion for grødeskæring og ændring i vandføringsevne

Ændringer i de hydrauliske egenskaber i løbet af året, som især skyldes grødevækst, vil fremgå af styreniveauet. Styreniveauet er den vandstandskurve, der vil være ved en antaget konstant vandføring (f.eks. 1000 l/sek. hele året). Styreniveauet giver således en afbildning af grødens vækst over året, hvor stigende grødevækst øger strømningsmodstanden og medfører en stigende vandstand uden en tilsvarende forøgelse af vandføringen, jf. figur 6. Ved stigende styreniveau mindskes vandføringsevnen og øges tilsvarende, når det falder.

Ændringer i vandløbsprofilet vil også medføre ændringer i styreniveauet. Det kan f.eks. være i forbindelse med erosion og aflejring af sediment på vandløbsbunden.

Styreniveauet beregnes på basis af de interpolerede QH-kurvevarianter og en valgt styrevandføring. Styrevandføringen anvendes kun til at visualisere styreniveauet, og det har derfor ikke indflydelse på selve vandføringsberegningerne.

I forbindelse med grødeskæring vil der ske en umiddelbar forøgelse af vandføringsevnen og dermed et fald i vandstanden. Vandføringen falder ikke, men tværtimod kan der ske en lille og kortvarig forøgelse, da der sker en delvis udtømmning af vandet i selve vandløbet og gradienten fra nærliggende arealer og dræn forøges lidt.



Figur 6. Vandstand, styreniveau og beregnet vandføring (øverst) med styrepunkter til korrektioner for 3 grødeskæringer i juli, august og september.

Ved vandføringsberegningerne interpoleres styreniveauet mellem vandføringsmålingerne, og derfor sker der er fejlregning i forbindelse med pludselige ændringer i vandføringsevnen. For at korrigere for dette indlægges et antal styrepunkter, så styreniveauet får et forløb, der svarer til grødeudviklingen. Styrepunkterne svarer til fiktive vandføringsmålinger.

Styrepunkterne skal vælges, så de både før og efter grødeskæringen ligger så de svarer til en naturlig udvikling i forhold til de målte punkter. Der skal lægges et styrepunkt lige inden grødeskæringen, så det svarer til den forventede udvikling i grøden, hvilket normalt vil være højere end det forgående målepunkt. Tilsvarende skal der lægges et styrepunkt lige efter grødeskæringen, så styreniveauet kommer til at ligge i naturlig forlængelse af de efterfølgende målingers niveau. Hvis grødeskæringen er foretaget over et lidt længere tidsrum, kan det være en fordel, at indsætte et eller to ekstra

styrepunkter, men som udgangspunkt er det nok med to punkter til en grødeskæringskorrektion.

I forbindelse med kraftige afstrømningsbegivenheder kan der i visse vandløb ske en hurtig ændring af profilet og dermed tilsvarende af styreniveauet. Det kan f.eks. ske ved, at sediment, der gradvist er aflejret på strækningen neden for stationen, bliver transporteret nedstrøms af flommen. I disse tilfælde kan det være nødvendigt at indsætte styrepunkter på samme måde som ved grødeskæringer.

3.5 Døgnmiddelberegning

Døgnlige middelværdier af vandstand beregnes på basis af den korrigerede vandstandsdataserie.

Vandføringen (øjebliksværdier) beregnes på basis af den korrigerede vandstand, QH-kurve og styreniveau. Døgnmiddel vandføring beregnes herefter ud fra øjebliksserien.

3.6 Korrektion for dataudfald

I forbindelse med udfald i vandstandsregistreringen kan det være nødvendigt at foretage alternativ beregning eller skøn af vandføringen. Det kan også være nødvendigt ved fejlagtig vandstandsregistrering, f.eks. ved fastfrysning af sensor, eller ved ekstraordinære stuvningsfænomener, hvor det vurderes, at vandstandsdata ikke kan anvendes til vandføringsberegningen.

Ved dataudfald udfyldes manglende døgnværdier af vandføringen ved hjælp af data fra en nærliggende referencestation og en fastlagt relation. Valg af referencestation sker ud fra en vurdering af oplandskarakteristika og ved at sammenholde vandføringsforløb fra stationerne. Nærliggende oplande, med nogenlunde samme oplandsareal vil ofte være bedst egnede. Hvis der anvendes referencestation i samme vandløb, men længere ned- eller opstrøms, skal man være opmærksom på, at der kan optræde tidsforskydning på det samme afstrømningsforløb.

Normalt anvendes lineær regression til referencestationen, og det bedste resultat opnås, hvis relationen beregnes på en periode, hvor vandføringen er af samme størrelsesorden, som i den periode, man skal lave beregningen for. Perioden til regressionsberegningen kan være fra få uger op til flere år, og ofte må man lave flere forsøg, og herefter vurdere hvilket resultat, der er bedst.

Ved korte dataudfald (op til omkring en uge) og i perioder uden betydelige variationer, typisk perioder uden nedbør, kan huller udfyldes ved interpolation mellem værdierne umiddelbart før og efter dataudfaldet.

Ved udfald i vandstandsregistreringen skal der under ingen omstændigheder foretages estimering af de manglende data hverken for øjeblikks- eller døgnvandstanden. Der findes ingen metode, der kan estimere vandstanden med tilstrækkelig sikkerhed.

4 Kvalitetssikring

4.1 Grundkurve, vandføringsmålinger og friktionskurve

QH-grundkurven kontrolleres ved at plotte den med vandføringsmålinger for den seneste årrække. Hvis der kan konstateres en udvikling, skal kurven revideres. Er der enkelte vandføringsmålinger, der ligger mistænkeligt, skal de tjekkes for fejl i selve målingen eller i vandstandsregistreringen, jf. TA B03 og B04. Vær særlig opmærksom på målinger, der ligger under grundkurven, da de kan medføre store fejl i vandføringsberegningen (max-værdier bliver for store).

Sammenhold friktions- eller vandstandskurve med den aflæste vandstand fra vandføringsmålinger, og tjek for manglende eller fejlagtige vandstandskorrekationer. Uoverensstemmelse mellem vandstandskurve og vandstand fra vandføringsmåling kan enten skyldes fejl i vandstandskorrektion eller fejl i vandstand fra målingen. Deciderede fejl i vandstandskurven skal slettes eller hul skal indsættes.

Det kontrolleres, at der for alle perioder er korrigeret for ændring i stuvning, hvor det ikke er sket lineært mellem vandføringsmålingerne. Det vil sige for grødeskæring, is, fasthængende grøde, ændring under en flom eller entreprenørmæssige ændringer i vandløbsprofilet.

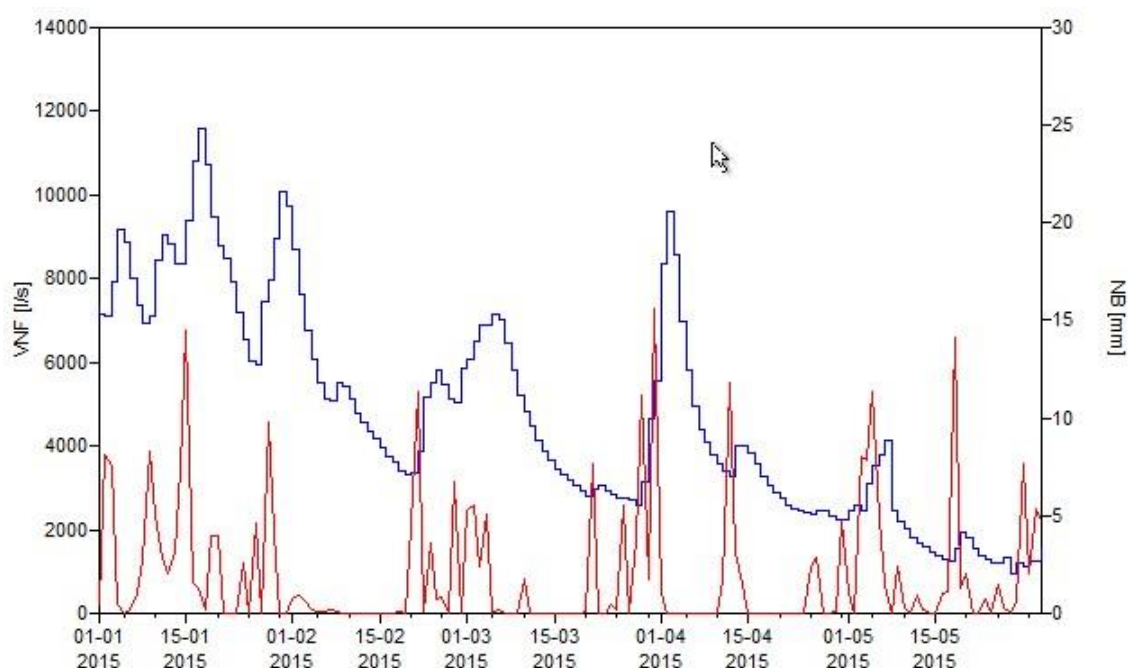
Resultater af vandføringsmålinger skal være sammenfaldende med vandføringskurven. Fejl kan evt. skyldes manglende vandstandskorrektion. Uoverensstemmelser i forbindelse med huludfyldninger/QQ-beregnete data må ikke være for store, og de skal ligge inden for ca. 10 %.

4.2 Klimadata

Den beregnede vandføring kontrolleres i forhold til døgnværdier for nedbøren. Der kan anvendes data fra en nedbørstation i eller nær ved oplandet eller fra griddata fra DMI. Det er en fordel at plotte data sammen, men tabeller kan også bruges.

I perioder uden nedbør skal vandføringen aftage, med mindre der er regulering og /eller store søer i oplandet. Størrelse på max-værdier vurderes i forhold til nedbøren, og eventuelle opstuvninger kan identificeres og korrigeres, hvis der ikke er kommet nedbør i perioden. Der vil altid være tidsfor-

skydning mellem nedbør og afstrømning, og forskydningen er især afhængig af oplandstørrelsen. I forbindelse med kraftige tordenbyger, der er meget lokale, kan der være stor forskel på responsen i vandføringen, og om sommeren, hvor jorden ikke er vandmættet, er responsen generelt meget lavere end om vinteren, figur 7. Man skal være opmærksom på, at data fra nedbørstationer normalt er registreret fra kl 08:00 til 08:00 og således forskudt i forhold til døgnet.



Figur 7. Vandføring (blå) og nedbør (rød)

Vinterperioden kontrolleres i forhold til temperaturdata. I perioder med konstant frost skal vandføringen aftage. Hvis vandstanden er decideret forkert på grund af fastfrosset sensor el. lign. skal vandstandsdata slettes. Hvis der er sket stuvning på grund af is i vandløbet, skal der korrigeres for dette, enten ved at indsætte styrepunkter eller ved estimering/referenceberegning af døgnmiddelvandføringen i perioden.

4.3 Referencestationer

Vandføringen vurderes ved sammenligning med to – tre nærliggende målestationer, der så vidt muligt skal være i vandløb af samme størrelsesorden, gerne i samme vandløbssystem. Stationer, der er påvirket af regulering eller store søer, kan ikke bruges. Normalt skal årets minimum falde på næsten samme tid, og mønstret i vandføringstoppe skal til en vis grad svare til

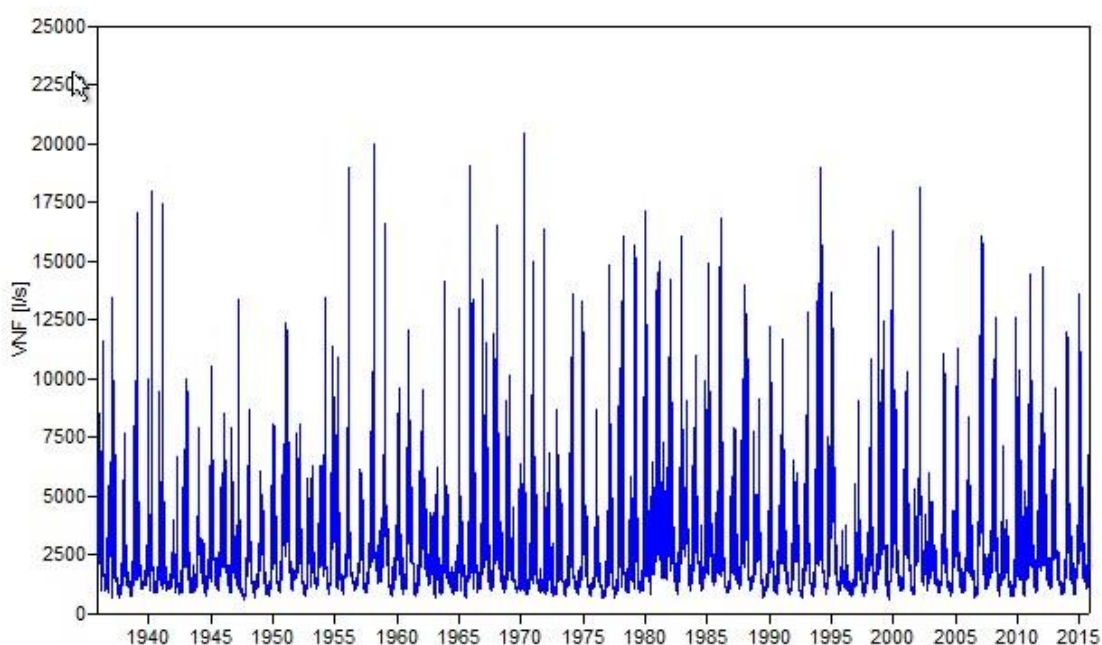
hinanden. Der tjekkes for afvigelser, og der korrigeres og genberegnes ved evt. konstatering af fejl.

4.4 Historiske data

Årsmiddelvandføringen tjekkes på plot eller i tabel. Niveauet i forhold til langtidsmiddel skal svare til de nærliggende referencestationer, hvis ikke der har været specielle betingelser, f.eks. med meget lokal nedbør.

Vandføringens niveau og variationer vurderes i forhold til de foregående to – tre år ved at plotte de daglige værdier. Kontroller at der ikke er fejl som f.eks. spring i forbindelse med ændringer i QH-grundkurven.

Ekstremværdier tjekkes ved at plotte vandføringen i hele tidsseriens længde med fokus på hhv. det lave niveau (minimum) og maksimum-værdierne. Vurder om årets minimum er rimeligt. Niveauet for det enkelte års minimumvandføring i forhold til medianminimum skal være nogenlunde ens for alle stationer. Vurder maksimumværdierne i forhold til nedbørsmængder og evt. tørtud. Under tørtud og i grødesæsonen kan toppen også være stuvningspåvirket. Er der rekordstore værdier, skal rimeligheden vurderes, og evt. fejl skal rettes.



Figur 8 Daglig vandføring, fuld tidsserie til kontrol af ekstremværdier.

5 Referencer

Herschy, R. W. 2009. Streamflow Measurement, Third edition, Routledge Taylor & Francis, 507 pp.

Hymer Manual. Orbicon A/S

Hymer, Hedeselskabets Hydrometrisystem. Teknisk dokumentation. Rev. 2, 2000.

International Standard, ISO 1100-2, Third edition, 2010: Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels — Part 2: Determination of the stage-discharge relationship.

International Standard, ISO 18365, 2013: Hydrometry — Selection, establishment and operation of a gauging station.

International Standard, ISO 1438, 2008: Hydrometry -- Open channel flow measurement using thin-plate weirs.

ISCO - Open Channel Flow Measurement Handbook.

Raaschou, Peter, 1991. Vejledning i Bearbejdning af data fra vandføringsstationer. Publikation nr. 7 fra Fagdatacenter for Hydrometriske Data, Hedeselskabet.

World Meteorological Organization, 2008: Guide to Hydrological Practices, Volume I. Hydrology – From Measurement to Hydrological Information Sixth edition WMO-No. 168.

6 Bilag

6.1 Relaterede TA'er

B02: Hydrometriske stationer, drift og vedligeholdelse

B03: Vandføringsmåling med vingeinstrument

B04: Vandføringsmåling med akustisk Dopplerinstrument (ADCP)

B06: Hydrometriske stationer, databehandling og beregninger, Pumpestationer

B07: Hydrometriske stationer, Vandføringsberegning med referencestation, QQ

7 Oversigt over versionsændringer

Version	Dato	Emne:	Ændring: