



<b>Titel: Vandføringsmåling med akustisk Doppler profileringsinstrument (ADCP)</b>			
Dokumenttype: Teknisk anvisning	TA. nr.: B04	Version: 2.0	Oprettet: 01.09.2022
Forfatter: Niels Bering Ovesen, Dan Hjøllund	Gyldig fra: 01.09.2022		
	Sider: 19		
	Sidst ændret: 01.09.2022		
TA henvisninger	B02, B03, B05, B09, DB02		

## Indhold

1 Indledning.....	2
2 Metode.....	3
2.1 Tid, sted og periode.....	3
2.1.1 Valg af måleprofil .....	3
2.2 Udstyr .....	4
2.3 Måleopstilling.....	4
2.3.1 Trækwire .....	5
2.3.2 Bromåling .....	6
2.3.3 Vademåling.....	7
2.4 Måleprocedure.....	8
2.4.1 Section by section metode.....	10
2.4.2 Vandstand .....	10
2.4.3 Grøde/plantevækst og isdække .....	10
2.5 Vedligehold af instrumenter .....	11
2.6 Særlige forholdsregler .....	11
2.6.1 Smittespredning .....	12
3 Databehandling .....	13
3.1 Beregninger .....	13
3.2 Data og koder .....	13
4 Kvalitetssikring .....	14
4.1 Kvalitetssikring af metode.....	14
4.2 Kvalitetssikring af data og dataaflevering .....	14
5 Referencer .....	17
6 Bilag.....	18
6.1 Relaterede TA'er .....	18
7 Oversigt over versionsændringer .....	19

# 1 Indledning

Denne tekniske anvisning beskriver fastsættelse af vandføring i vandløb og åbne kanaler ved brug af Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) instrumenter. Anvisningen dækker måleprocedure, databehandling og kvalitetssikring af ADCP vandføringsmålinger.

Anvisningen er udarbejdet i henhold til de gældende internationale standarder på området, men på en række punkter er anvisningen tilpasset og konkretiseret i forhold til standarderne, da anvisningen er specifikt rettet mod målinger i danske vandløb.

ADCP instrumentet er normalt monteret på en lille flåde og fungerer ved, at det føres fra den ene bred af vandløbet til den anden på tværs af vandløbet. ADCP instrumentet udsender lydbølger med frekvenser fra 0.5MHz til 3MHz i forskellige vinkler ned mod bunden, og måler på den baggrund vanddybder og vandhastigheder som instrumentet omregner til en vandføring. Teorien bag ADCP instrumentet kan bl.a. findes i Gordon (1996) og Simpson (2001).

Denne tekniske anvisning er generel, og den angiver ikke særlige forhold vedr. betjening af specifikke ADCP modeller. Der findes flere forskellige producenter af ADCP instrumenter, og denne tekniske anvisning angiver beskrivelser af de forhold, der skal opfyldes ved alle ADCP målinger, uanset instrumentets producent. De specifikke procedurer omkring instrumentanvendelse skal findes i de enkelte instrumenters manualer. Endvidere henvises til Miljøstyrelsens interne vejledning i ADCP måling og kvalitetssikring, Hjøllund (2019).

## 2 Metode

En ADCP registrerer strømhastighedsfordeling, dybdeforhold og vandtemperatur i det aktuelle måleprofil, og beregner vandføringen på basis heraf. Instrumentet kan endvidere være forsynet med internt kompas og evt. GPS.

På nuværende tidspunkt er der ADCP instrumenter på markedet, der kan måle vandføringer på vanddybder ned til ca. 30 cm. Det betyder, at ADCP instrumenter i vid udstrækning kan benyttes i de samme vandløb, som vingeinstrumenter tidligere er blevet benyttet i.

Før det besluttet, om ADCP instrumentet skal anvendes i et givent vandløb, undersøges det, hvad instrumentspecifikationerne angiver i forhold til de minimums og maksimumsdybder samt maksimale vandhastigheder, som instrumentet er designet til at måle i. Derefter vurderes vandløbet i forhold til instrumentspecifikationerne, dvs. der estimeres en middel og maksimumsdybde og en maksimumhastighed i det ønskede måleprofil. Dette udføres ved at måle vandløbets dybde på det henholdsvis dybeste og laveste sted i profilet. En maksimumhastighed kan visuelt skønnes eller estimeres på baggrund af en enkelt registrering centralt i vandløbet.

ADCP instrumenter kan ikke umiddelbart måle over grøde eller i vandløb med stærke hvirvler. Derfor er det normalt en forudsætning for en ADCP måling, at der kan oprettes et måleprofil fri af grøde, og med en ensformig strømning. Der skal normalt testes for bundvandring, og hvis det forekommer, skal der foretages beregningsmæssig korrektion jf. afsnit 4.2. Der er zoner langs bredderne, under vandoverfladen og langs bunden, hvor ADCP-instrumentet ikke kan registrere hastigheden. Det er derfor nødvendigt, at der laves en individuel vurdering af, om datadækningen er tilstrækkelig jf. afsnit 4.2. Hvis vandløbets geometri og vandhastighed samtidig lever op til de instrumentspecifikke krav, kan ADCP-instrumentet benyttes til at udføre vandføringsmålingen med.

### 2.1 Tid, sted og periode

Vandføringsmålinger med ADCP kan foretages hele året. Dog kan metoden ikke umiddelbart anvendes, hvis vandløbet er helt eller delvis dækket af is.

#### 2.1.1 Valg af måleprofil

Der er zoner langs bredderne, under vandoverfladen og langs bunden, hvor ADCP-instrumentet ikke kan registrere hastigheden. Det er derfor nødvendigt, at der laves en individuel vurdering af, om datadækningen er tilstrækkelig. Små vandløb kan således ikke måles med ADCP, og som tommelfingerregel skal der være en middeldybde på minimum 40 cm i måleprofilet.

Som minimum skal 40 % af tværprofilet være dækket af hastighedsregistrering. Kan dette ikke opnås, er datadækningen utilstrækkelig, og vandføringen skal måles ved hjælp af en anden metode.

For at opnå det bedste måleresultat, skal følgende forhold opfyldes bedst muligt:

- Målingen foretages på en lige strækning med ensartede tværprofiler og fald.
- Tværprofilet skal være grødefrit og fri for store sten eller andre ujævnheder.
- Hvis der kun er en kort lige strækning skal 2/3 af strækningen ligge opstrøms måleprofilet og 1/3 nedstrøms.
- Strømningsretningen skal være den samme i hele tværprofilet og vinkelret på måleprofilet.
- Bund og bredder skal være stabile og veldefinerede ved alle vandstande.
- Profiler med hvirvler og modstrøm skal undgås, og der skal være regulær hastighedsfordeling i hele tværprofilet.
- Hvis der måles mere end en gang på samme station, skal det tilstræbes, at vandføringsmålingen så vidt muligt foretages i det samme tværprofil hver gang. (Ofte vil måling under eller umiddelbart nedstrøms en bro være optimalt, da profilet er regulært og grøden er skygget væk under broen).
- Hvis det ved ekstreme vandstande er nødvendigt at måle et andet sted end normalt, må der ikke være betydelige ind- og udstrømninger på den mellemliggende strækning, således at vandføringen er repræsentativ for det sted, hvor der normalt måles. Der må derfor ikke være grøfter eller andre tilløb, og evt. dræn- eller spildevandsudløb må ikke tilføre mere end ca. 1 % af vandføringen.

## 2.2 Udstyr

Der anvendes følgende udstyr til en ADCP vandføringsmåling:

- ADCP instrument og flåde
- Bærbar computer, PDA eller anden enhed til dataopsamling
- Udstyr til at føre instrument på tværs: Wiretræk, spyd/pløkke, stang til bromåling, eller dronebåd
- Målebånd/tommestok/stadie
- Termometer
- Stave til markering af start og slut i tværprofilet
- Skovl/le til fjernelse af grøde
- Redningsvest
- Evt. feltskema til supplerende oplysninger vedr. målingen
- Evt. drivanker til stabilisering af flåden
- Evt. båd
- Evt. sikkerhedslinje

## 2.3 Måleopstilling

Forskellige forhold i vandløbene kan gøre, at der er grunde til at benytte én måleopstilling frem for en anden. Generelt er der dog bedst at benytte et wiretræk, da det er den nemmeste metode til at sikre en jævn træk hastighed og et ret profil, og dermed den mest nøjagtige måling. Samtidig er det muligt med et wiretræk at sikre, at man fra målegang til målegang måler nøjagtigt i det samme profil, fordi trækket kan sættes op helt det samme sted hver gang.

Derfor anbefales det, at wiretræk benyttes i videst muligt omfang, både i større og mindre vandløb.

Ved lav strømhastighed og evt. betydelig vindpåvirkning kan benyttes et drivanker, der bindes til flåden, til stabilisering af instrumentets orientering i profilet. Drivankeret skal placeres i god afstand fra flåden, så hastighedsregistreringen ikke forstyrres.

### 2.3.1 Trækwire

En ADCP vandføringsmåling kan udføres med wiretræk. En måling foretages ved, at der opstilles et wiretræk på tværs af vandløbet, f.eks. som det afbildet i figur 1. Trækket kan også laves ved, at to spyd hver monteres med en blok. En wire føres igennem blokken, så en lukket løkke kan etableres på tværs af vandløbet ved at stikke et spyd i brinken på hver side af vandløbet.

Instrumentet fastgøres til træk-wiren enten ved fiksering i hver side af flåden eller ved en enkelt stang eller kort snor. Fastgøring i et enkelt punkt giver instrumentet mulighed for at orientere sig frit og dermed altid parallelt med strømretningen. Flåden og instrumentets orientering skal være upåvirket af opspændingen (tryk eller skævvridning) under hele trækket på tværs af vandløbets tværsnit.

Instrumentet kan også føres på tværs ved hjælp af et fjernstyret motortræk på en enkelt wire, eller der kan benyttes en dronebåd.



Figur 1. Billedet til venstre viser et eksempel på et ADCP instrument, der er monteret på et wiretræk, opstillet under en bro. Billedet til højre viser blokken der benyttes til wiretrækket.

Ved permanente stationer kan der opstilles et kraftigere wiretræk, som det der er illustreret i figur 2. På hver side af vandløbet spules et metalrør ned i brinken, og på den ene side af vandløbet monteres et håndsving og en wire føres på tværs af vandløbet.

Ved permanente opstillinger skal man være opmærksom på, at opstillingen skal designes, så den ikke er til fare for kanoesjere. Opstillingen i figur 2 er konstrueret sådan, at wiren efter endt måling kan hæves højt over vandoverfladen, ved at opsætningen på stålåret kan løsnes. På den måde kan eventuelle kanoer komme under uden problemer ved alle vandstande.

Tilladelse til etablering af permanent wiretræk indhentes fra lodsejer og om fornødent fra vandløbsmyndigheden.



Figur 2. Billedet til venstre viser en permanent opsætning af et wiretræk. Øverste billede til højre viser håndsvinget og nederste billede til højre viser stabiliseringskonstruktionen på bredden.

### 2.3.2 Bromåling

En ADCP måling fra bro kan enten foretages ved hjælp af en stang eller et tov. Hvis et tov benyttes, monteres det på instrumentet, så instrumentet ligger med sensoren placeret efter producentanbefalingerne i forhold til hovedstrømningsretningen, se. figur 3. Ved anvendelse af tov udføres målingen nedstrøms broen, hvilket betyder, at tovet skal være så langt, at instrumentets placering er fri af turbulens fra bropiller eller brosider.

Foretages målingen med en stang, fastgøres stangen til instrumentet, og målingen foretages fra den side af broen, hvor der er mindst turbulens og profilet er mest regulært.

Ved måling med stang fra bro skal det sikres, at måleflåden ikke presses skævt, da sensoren skal holdes vinkelret på vandspejlet. Flåden må heller ikke presses ned eller løftes op, da sensordybden, og dermed vandføringsberegningen, herved bliver forkert.



*Figur 3. Figuren til venstre viser et eksempel på en bromåling udført med tov. Billedet til højre viser et eksempel på en bromåling udført med stang*

### 2.3.3 Vademåling

I lavvandede vandløb under ca. 1 m er det muligt at vade med ADCP instrumentet på tværs af vandløbet. Instrumentet placeres opstrøms personen, der foretager målingen, og instrumentet føres roligt på tværs af vandløbet så unødvendig forstyrrelse af vandstrømmen undgås, se figur 4.

Da de instrumenter der på nuværende tidspunkt bliver produceret, udsender lydbølger med en vinkel på 20 – 30 grader til vertikal, vil lydbølgernes indbyrdes afstand stige med dybden. Derfor er det vigtigt, at der holdes en tilstrækkelig afstand imellem person og instrument, for at undgå, at lydbølgerne rammer personen. Som minimum skal der være en afstand imellem person og instrumentsensor, der svarer til den vanddybde der måles på.



Figur 4. Vademåling

Det er ved en vademåling afgørende, at personen står lige bag instrumentet under hele målingen, for at minimere chancen for at lydbølgerne rammer personen. Hvis muligt placeres instrumentsensoren i den yderste position, for at få sensoren så langt væk fra personen som muligt.

Der kan evt. benyttes en kort stang ved vademåling for at få instrumentet væk fra sig.

En vademåling kræver stor påpasselighed angående afstand til ADCP instrumentet og rolig bevægelse lige bag instrumentet for ikke at fejlbehæfte ADCP målingen. Derfor er det afgørende, at en vademåling kun benyttes, hvis de nævnte forholdsregler kan overholdes.

## 2.4 Måleprocedure

Vandføringsmålingen skal bestå af mindst 2 transekter, der samlet har en måletid på mindst 720 sekunder (12 minutter). Der skal foretages et lige antal transekter (2, 4, 6, 8,...), og der skal være lige mange fra hver side af vandløbet. Træktiden skal tilnærmelsesvis være den samme ved alle transekter som benyttes til målingen. Træktiden for hvert enkelt transekt må ikke være under 90 sekunder, og det anbefales at have en træktid på 120 sekunder i mindre vandløb, og 180 sekunder i større vandløb. Måletiden er selve dataopsamlingstiden, og tiden mellem transekterne og evt. moving-bed test skal ikke medregnes. Vandføringen fastsættes som middel af alle transekterne.

Hvis et eller flere transekter har et særligt data kvalitets problem, kan det erstattes med et ekstra transekt foretaget i samme retning. Måling med kun 2 transekter kan udelukkende anvendes under specielle forhold i særligt store og langsomt flydende vandløb. De to transekters beregnede vandføring må ikke afvige mere end 4% fra gennemsnittet af de to transekter.

Nedenstående punkter beskriver en overordnet ADCP måleprocedure, der skal følges uafhængigt af instrumenttype.

- Vandstand aflæses før og efter ADCP målingerne



- Grødetallet vurderes (jf. TA B03). Evt. grøde i og umiddelbart opstrøms måleprofilet fjernes. Evt. mindre isdannelser fjernes tilsvarende.
- ADCP-instrumentet samles efter instrumentanvisningerne og monteres på den valgte måleopstilling. Det sikres, at sensorens dybde under vandoverfladen svarer til opsætningen i programmet. Der etableres kontakt til instrumentet via den håndholdte computer.
- Instrumentet skal akklimatiseres inden målingen påbegyndes. Dette gøres ved fiksering i profilet i ca. 5 minutter. Til kontrol af ADCP-instrumentets temperatursensor måles vandtemperaturen med et termometer inden vandføringsmålingen påbegyndes. Der må ikke være afvigelse på mere end 2 grader, og en evt. korrektion indtastes i måleprogrammet.
- Hvis der mindste tvivl om evt. sandvandring i profilet, skal der foretages en ”moving bed test” inden selve målingen påbegyndes. Hvis der er sandtransport, og instrumentet ikke kan korrigerer for dette, kan målingen ikke gennemføres, og der benyttes i stedet en anden type instrument.
- ADCP-instrumentets start/slut placering i måleprofilet findes ud fra de angivelser, der er givet for instrumentet. (Typisk er start/slut angivet som det sted, hvor mindst 2 hastighedsceller kan måles. Disse placeringer findes ved langsomt at trække instrumentet fra kanten og ud, indtil det krævede antal celler kan måles). Som markering af start og slut punkterne sættes der en stav i vandløbsbunden i den fundne afstand fra hver bred.
- Afstanden imellem instrumentets placering og nærmeste vandløbskant opmåles og noteres, både for start og slut positionen. Værdierne skal benyttes til vandføringsberegningen. Hvis der er en zone nær kanten, hvor der er meget lav eller ingen vandhastighed, måles afstanden til bredden som afstanden fra instrumentet til det sted, hvor strømmingen stopper.
- Vandløbets overordnede form i kantzonerne undersøges (f.eks. triangulært, rektangulært eller andet). Ved registrering af kantzoneformen registreres den som den kantzoneform i dataindsamlingsprogrammet, der svarer bedst til virkeligheden.
- ADCP målingen igangsættes ud fra de instrumentspecifikke anvisninger. Instrumentet trækkes langsomt og jævnt på tværs af vandløbet imellem de to start og slut punkter. Vejledende træktider og antal transekter fremgår af tabel 1. Det er vigtigt at start og slutpositionerne er tydeligt markerede, så det er det samme profil der måles for hvert træk.

Tabel 1. Vejledende træktid og antal transekter.

Vandløbsbredde	0 – 10 meter	10 – 25 meter	> 25 meter
Træktid for ét træk (transekt)	>90 sekunder	>120 sekunder	>180 sekunder
Antal transekter	6 - 12	4 - 8	2 - 6

### 2.4.1 Section by section metode

ADCP-instrumentet kan alternativt anvendes stationært og måle hastighedsprofiler ved udvalgte positioner i tværsnittet. Antallet af vertikaler fastlægges som ved traditionelle vandføringsmålinger jf. TA B03 / ISO 748. Denne procedure kan i visse tilfælde anvendes med fordel, f.eks. ved meget lave strømhastigheder eller ved måling gennem huller i isdække. Metoden forudsætter, at instrumentets software understøtter dette.

### 2.4.2 Vandstand

Vandstanden registreres før og efter vandføringsmålingen, med en præcision på 0,5 cm, og gennemsnittet anvendes som "plottevandstand".

Hvis en evt. vandstandsvariation under målingen er større end 5 % af gennemsnitsdybden i måleprofilet, er målingen for usikker og kasseres. I vandløb dybere end 1 meter må variationen ikke overstige 5 cm. Måling må i disse tilfælde udføres på et senere tidspunkt ved mere stabile vandstandsforhold.

### 2.4.3 Grøde/plantevækst og isdække

Evt. grødevækst omkring måleprofilet skal fjernes, således hastighedsfordelingen i profilet bliver regulær. Især grøde lige oven for måleprofilet kan medføre forøget usikkerhed på målingen. Typisk skal grøden fjernes i en afstand op 2 – 4 gange vandløbets middeldybde, men ved tæt grøde kan det være nødvendigt med større afstand.

Vandstanden aflæses inden evt. grødeskæring eller fjernelse af materiale, der kan opstuve. Hvis denne oprensning medfører fald i vandstanden, kan vandføringsmålingen først påbegyndes, når vandstanden er stabiliseret. Dette kontrolleres ved efterfølgende aflæsninger af vandstanden.

Grødemængden i den beskyllede del af vandløbet vurderes og der angives et grødetal på mellem 0 og 10, hvor 0 svarer til et grødefrit vandløb og 10 svarer til at hele vandløbsprofilet er grødefyldt. Vurderingen skal foretages på strækningen umiddelbart nedstrøms og i synlig afstand fra målestedet.

Ved delvis isdække fjernes isen omkring måleprofilet således hastighedsfordelingen i profilet bliver regulær.

## 2.5 Vedligehold af instrumenter

De specifikke anvisninger omkring instrumentvedligehold skal findes i de enkelte instrumenters brugsanvisninger. Generelt, når der er tale om ADCP-instrumenter, skal instrumenterne håndteres med forsigtighed; stød, tab og slag skal undgås.

Det er vigtigt jævnligt at tjekke gummiringe og påsmurte silikonebelægninger i instrumentets samlinger, for at sikre, at vand ikke kan trænge ind i instrumentet. Hvis nødvendigt skiftes gummiringe og nye silikonebelægninger påsmøres. Specifikke anvisninger skal findes i instrumentvejledningerne.

Det skal løbene tjekkes hos instrumentproducenten, om der er kommet softwareopdateringer. Det er afgørende at softwaren holdes opdateret for at sikre en optimal funktion af instrumentet.

## 2.6 Særlige forholdsregler

Når der udføres ADCP vandføringsmålinger i store vandløb, er det vigtigt at sikre, at ADCP instrumentet er grundigt fastmonteret på måleopstillingen, så instrumentet ikke kan blive revet væk af strømmen.

Hvis der benyttes et wiretræk i blæst eller stærk strøm, kan det være en fordel at have en spids vinkel imellem instrumentet og måleopstillingen, se figur 5, for at øge instrumentets stabilitet, og undgå at instrumentet tipper. Tilsvarende anbefales det, at anvende en form for drivanker til stabilisering af flåden

Ved bølger og stærk strøm skal sensoren placeres centralt (in-hole) på måleflåden, idet bevægelserne her er mindre.

Det kan være en fordel at benytte en speciel type instrumentbåd, hvis ADCP instrumentet skal anvendes i større vandløb. F.eks. er der flere producenter, der producerer både, der er konstrueret til at kunne klare bølger og høje vandhastigheder. Typisk er disse både bredere og fladere end f.eks. den, der er afbildet i figur 5.



Figur 5. Figuren viser et ADCP instrument monteret på en wire, og med en spids vinkel imellem instrumentet og stangen der forbinder instrument og wire.

Ved måling med stang fra bro skal det sikres, at måleflåden ikke presses skævt, da sensoren skal holdes vinkelret på vandspejlet.

Ved wiremåling skal det sikres, at der ikke fare for kanofarere og andre der færdes på vandløbet. Advarselsskilt opsættes evt. på nærmeste opstrøms bro, og i kanosæsonen kan det være en fordel at udføre målingerne tidligt på dagen.

### 2.6.1 Smittespredning

For at undgå spredning af evt. smitsomme sygdomme skal måleudstyret desinficeres, hvis det anvendes i flere vandløbssystemer efter hinanden. Måling af flere lokaliteter i samme system skal ske ovenfra og nedstrøms. Desinfektion skal ske efter retningslinjerne i Sikkerhedshåndbog for Miljøstyrelsens udegående funktioner eller anden godkendt kommunal anvisning for desinfektion ved vandløbstilsyn.

## 3 Databehandling

Databehandling og beregning af vandføring foretages enten i leverandørens instrumentspecifikke program eller i anden software, der kan importere rådata fra instrumentet (QRev, USGS).

### 3.1 Beregninger

Fælles for de ADCP instrumenter der findes på markedet på nuværende tidspunkt er, at de alle er i stand til at beregne en vandføring automatisk ved dataindsamlingen. Yderligere databearbejdning/kvalitetstjek kan, ved anvendelse af nogle instrumenter, foretages direkte i det program, der benyttes til dataindsamlingen. I andre tilfælde er det nødvendigt at efterbehandle data i et separat databehandlingsprogram tilhørende instrumentet.

Programmets ekstrapolations rutiner til beregning af hastigheder og vandføring i de ikke-målte dele af profilet langs overflade og bund skal vurderes ved hjælp af plots og/eller særligt evalueringsprogram. På basis heraf vælges de bedst egnede metoder. Valg af ekstrapolationsmetoder kan i nogle tilfælde have relativt stor betydning for resultatet af målingen.

Værdier som maksimal- og middelhastighed, maksimal- og middeldybde, vandløbsbredde osv. beregnes enten automatisk ved dataindsamlingen eller beregnes i det medfølgende databehandlingsprogram, se instrumentvejledningen.

### 3.2 Data og koder

Følgende data indlægges i databasen (HYMER):

- Dato og klokkeslæt, start- og sluttid (Dansk normaltid)
- Vandføring (gennemsnit af måletransekterne)
- Vandstand
- Skala nr.
- Tværsnittets maksimale vanddybde
- Tværsnittets middelhastighed
- Tværsnittets bredde
- Måleprofil nr.
- Grødetal
- Målemetode (ADCP/trækmetode)
- Kvalitetsbemærkning

Yderligere bemærkninger:

Antal transekter (træk) der ligger til grund for den indlæste vandføring. Angivelse af den gennemsnitlige afvigelse for de enkelte transekt-målinger i %.

Dette har ikke pt. separate felter i Hymer, men skrives under "bemærkninger".

## 4 Kvalitetssikring

### 4.1 Kvalitetssikring af metode

Ud over at følge de konkrete anvisninger er det vigtigt at feltpersonalet udviser stor omhyggelighed under målingen.

Det er vigtigt at være grundig med fjernelse af evt. grøde, så der ikke er noget tilbage, der kan forstyrre målingen, og så hastighedsprofilen bliver så regulært som muligt. Grøde og evt. irregulært profil vil medføre en væsentlig forøget usikkerhed på målingen.

Det er vigtigt at udføre målingen med et roligt jævnt træk, så instrumentets sensor har den samme dybde i vandet under hele målingen.

Kantopmålinger skal være præcise, og de skal korrekt indlæses i beregningsprogrammet for at sikre, at estimering af kantvandføringerne bliver så nøjagtige som muligt.

Benyt wiretræk i videst muligt omfang.

### 4.2 Kvalitetssikring af data og dataaflevering

Det er vigtigt at foretage kontrol af vandføringsmålinger inden lagring i database. Hvis det er muligt, bør kontrollen foretages på lokaliteten umiddelbart efter målingen er gennemført, så der ved evt. fejl eller mangler kan korrigeres eller måles om. Kontrollen foretages bedst ved en visuel kontrol af plot af hastighedsfordelingen i de målte transekter som f.eks. fremgår af figur 6 og 7. Hvis der er etableret en QH-kurve for den pågældende station, kontrolleres målingen yderligere ved et plot på den.

Generelt kan det antages, at usikkerheden på en vandføringsmåling, der er foretaget i henhold til anvisningerne, er omkring 5 %. Usikkerheden på vandføringsmålinger er generelt større i mindre vandløb, hvor den målte andel af transektet er mindst, og hvor betydningen af gradienten ved bredderne og bunden er relativt stor. Målinger ved meget lave hastigheder medfører ligeledes forøget usikkerhed.

Når krav til målemetode og mindste måletid på 720 sek. er overholdt, samt at middel af de udførte transekter giver vandføringer, der ligger indenfor 5 %, er det som hovedregel en kvalitetssikring af data. Der er dog specielle situationer, der kræver, at man ydermere tjekker de rå data, dvs. et plot af tværprofilens hastighedsfordeling jf. fig.7.

En yderligere kontrol af målingen bør foretages med et kvalitetssikringsprogram, der evaluerer på samtlige parametre i målingen, f.eks. QRev, USGS.

Hvis flere af de enkelte transekt-målinger ligger mere end 5 % fra middel, skal hastighedsprofilerne kontrolleres. Der må ikke være betydeligt tab (<10 %) af vertikaler (ensembles), og der må ikke være betydelige afvigelser (<10 %) i den beregnede vandløbsbredde. Hvis tab og afvigelser er større, skal hele målingen forkastes.

Der er zoner langs bredderne, under vandoverfladen og langs bunden, hvor ADCP-instrumentet ikke kan registrere hastigheden. Det er derfor nødvendigt, at der laves en individuel vurdering af, om datadækningen er tilstrækkelig. F.eks. kan vertikale datahuller fordelt over hele profilet bedre accepteres, end hvis der ingen data er målt i hele den ene side af tværprofilet.

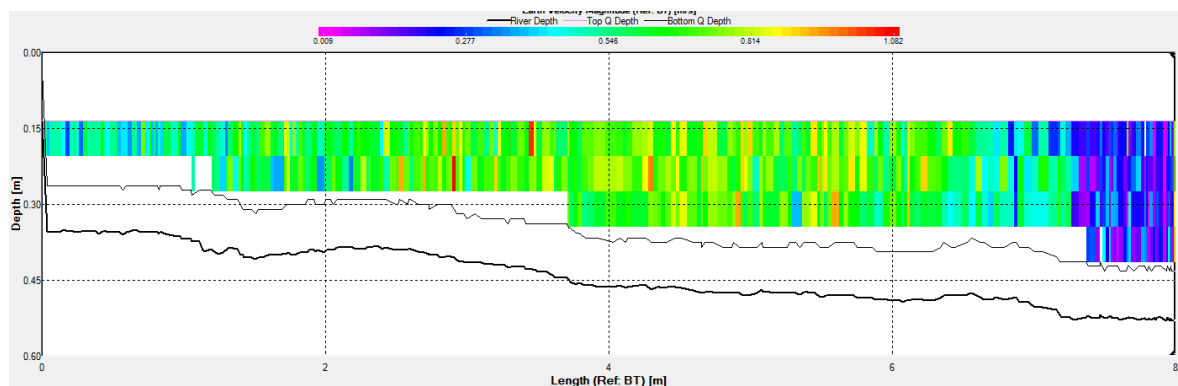
Som minimum skal 40 % af tværprofilet være dækket af hastighedsregistrering. Kan dette ikke opnås, er datadækningen utilstrækkelig, og vandføringen skal måles ved hjælp af en anden metode.

Hastighedsfordelingen af de målte ADCP data skal tjekkes på et plot af tværprofilet når:

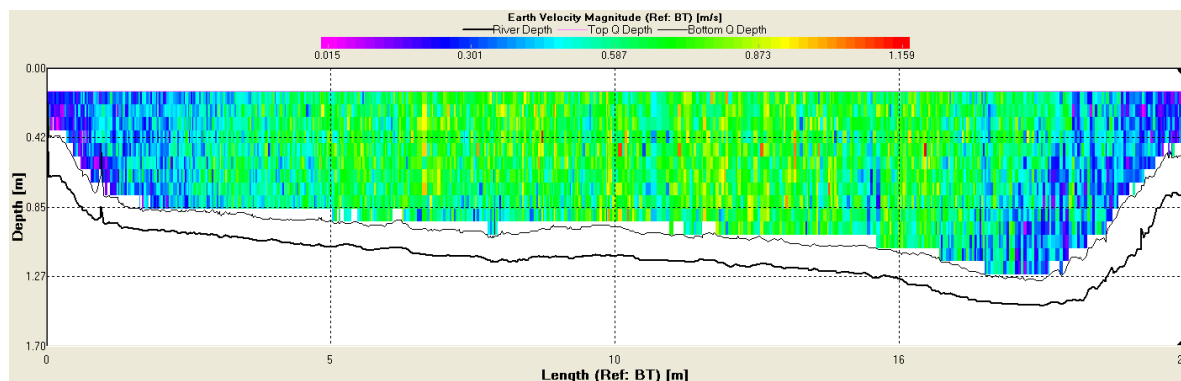
- Et nyt profil benyttes første gang.
- Der måles i mindre vandløb, hvor man er på grænsen af instrumentets anvendelsesområde
- Hvis flere af de enkelte målinger afviger mere end 5 % fra middel.
- Igenem grødesæsonen tjekkes, at grøde er tilstrækkeligt fjernet, så der ikke er grøde på vandløbsbunden, der giver dårlig datadækning. Det optimale er at hastighedsfordelingen bliver tjekket i felten, f.eks. efter første måling.
- Ved ekstreme vandføringer, tjekkes, om der er opstået zoner med dårlig datadækning, f.eks. pga. turbulensstrukturer, eller lavhastighedszoner.
- Vandføringsværdien giver en uventet høj eller lav værdi.

Lavvandede vandløb skal man være særligt opmærksom på, da der pga. ADCP målemetoden her er en forholdsvis stor zone over bunden og under vandoverfladen, der ikke måles. Et eksempel på det er vist i figur 6, hvor den pågældende måling kun giver en datadækning på 40 %. Det betyder, at kun 40 % af den estimerede vandføring er direkte målt, de resterende 60 % er estimeret ved ekstrapolation af de målte data. I et sådant vandløb er det vigtigt at sikre, at der ikke tilmed er områder, hvor datadækningen forringes yderligere pga. af grøde, turbulens eller andet.

Til sammenligning ses figur 7, der viser en måling, hvor 70 % af vandføringen er målt direkte. En sådan måling er ikke så sårbar overfor enkelte områder med dårlig datadækning.



Figur 6. Figuren viser data fra en ADCP måling i et lille vandløb, hvor den målte vandføring kun udgør 40 % af den samlede estimerede vandføring. Det ses at zonen over bunden og under vandoverfladen udgør en relativ stor del af vandvolumenet.



Figur 7. Figuren viser hastighedsdata fra en ADCP måling i et tværprofil i et relativt stort vandløb. Det ses at zonen over bunden og under vandoverfladen er lille sammenlignet med den zone hvor der er målt hastigheder.

I henhold til udkast til ny ISO-standard, ISO/DIS 24578 2019 må parameteren "REU" (relative expanded uncertainty) ikke overstige en MPRU (maximum permissible relative uncertainty) på 4,09 %. Dette krav er ikke implementeret i producenternes software, eller øvrige kvalitetssikrings-programmer, og der skal indtil videre ikke tages højde for dette.



## 5 Referencer

Gordon, R. L. 1996. Acoustic Doppler current profiler—Principles of operation: A practical primer. RD Instruments, San Diego, CA, 41 pp.

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

Hjøllund, D. S. 2019. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) – Vejledning I metode og kvalitetssikring, Miljøstyrelsen, Intern vejledning.

ISO/DIS 24578 2019. Draft International Standard. Hydrometry – Acoustic Doppler profiler – Method and application for measurement of flow in open channels.

ISO/TS 24154 2005. Hydrometry – Measuring river velocity and discharge with acoustic Doppler profilers.

Mueller, D.S., Wagner, C.R., Rehm, M.S., Oberg, K.A., and Rainville, F., 2013. Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat (ver. 2.0, December 2013): U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Section A, Chapter 22, Book 3. <http://dx.doi.org/10.3133/tm3A22>.

QRev. Software fra U.S. Geological Survey.

<https://hydroacoustics.usgs.gov/movingboat/QRev.shtml>

Simpson, M. R. 2001. Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler. United States Geological Survey, Open-File Report 01-1, 122 pp.

Turnipseed, D.P., and Sauer, V.B., 2010, Discharge measurements at gaging stations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods book 3, chap. A8, 87 p. (Also available at <http://pubs.usgs.gov/tm/tm3-a8/>.)

## 6 Bilag

### 6.1 Relaterede TA'er

B02: Hydrometriske stationer, etablering, drift og vedligeholdelse

B03: Vandføringsmåling med vingeinstrument

B05: Hydrometriske stationer, databehandling og beregninger, QH-station

B09: Vandføringsmåling med elektromagnetisk strømmåler

W01: Overvågning af effekten af reetablerede vådområder

## 7 Oversigt over versionsændringer

Version	Dato	Emne	Ændring
2.0	01.09.2020	Måleprocedure	Krav til måletid er tilpasset ny version af ISO/DIS 24578.  Ændrede krav/anbefalinger vedr. antal måletransekter.
2.0	01.09.2020		Mindre justeringer og præciseringer i teksten.