



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Emner til udbyggede regulativer

Ændret vandløbsforvaltning Udredningsprojekt 2



Orientering fra
Miljøstyrelsen nr. 40

December 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion

Orbicon A/S:

Inger Klint Jensen

Gitte Urhøj

Eva Marcus

Gunnar P. Jensen

Kristina Møberg Jensen

Jesper Madsen

Anders Lund Jensen

Mathias Jepsen

Morten Engholm Larsen

Bjarne Moeslund

Ole Smith

Jan Gregersen

Kvalitetssikring:

Torben Sune Bojsen

Klaus Schlüsen

Grafiker:

Sidsel Genee, Orbicon A/S

Fotos:

Kristina Møberg Jensen; Orbicon A/S

Ole Smith; Orbicon A/S

ISBN: 978-87-7038-152-9

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Indledning	6
2.	Datagrundlag	8
2.1	Oplande	8
2.1.1	Eksisterende datagrundlag	8
2.1.2	Bestemmelse af oplande	8
2.2	Opmåling og skikkelse	8
2.2.1	Eksisterende datagrundlag	8
2.2.2	Procedure for opmåling af vandløb	9
2.2.3	Usikkerhed på opmåling	11
2.2.4	Fremtidens teknologi og metoder	11
2.3	Manningtal	12
2.3.1	Eksisterende datagrundlag	12
2.3.2	Procedure for bestemmelse af Manningtal	13
2.3.3	Usikkerhed på bestemmelse af Manningtal	14
2.3.4	Fremtidens teknologi og metoder	15
2.4	Karakteristiske afstrømninger	15
2.4.1	Eksisterende datagrundlag	16
2.4.2	Procedure for beregning af karakteristiske afstrømninger	18
2.4.2.1	Bestemmelse af maksimumværdier	20
2.4.2.2	Bestemmelse af middelværdien for afstrømningen	23
2.4.3	Usikkerhed på karakteristiske afstrømningsværdier	23
2.4.3.1	Følsomhedsanalyse på afstrømningstal	25
2.4.4	Anvendelse af DK-modellen til bestemmelse af karakteristiske afstrømninger	25
2.5	Klimaændringer	26
2.5.1	Eksisterende datagrundlag	27
2.5.2	Procedure for bestemmelse af klimafaktorer	27
2.5.3	Usikkerhed på bestemmelse af klimafaktorer	28
2.5.4	Fremtidens muligheder	29
2.6	Datagrundlag, sammenfatning og anbefalinger	30
3.	Emner til udbyggede regulativer	31
3.1	Udvælgelse af udbygningsemner	31
4.	Udbygningsemner – Data	34
4.1	Karakteristiske afstrømninger	34
4.2	Oplande	37
4.3	Manningtal	37
5.	Udbygningsemner – Analyse	38
5.1	Længdeprofilplot med beregnede vandspejl	38
5.2	Afvandingskort	39
5.3	Oversvømmelseskort	41
5.4	Hyppigheder af oversvømmelse, med eller uden klimafaktor	43
5.5	Øvrige emner til udbygning	45
5.5.1	Sætningskort	46

5.5.2	Kapacitetsanalyse	47
6.	Minimumskrav til regulativet vist for tre regulativtyper	49
6.1	Fast geometrisk skikkelse	50
6.1.1	Beskrivelse af case område	50
6.1.2	Betegnelse for vandløbet	50
6.1.3	Vandløbets skikkelse	51
6.1.4	Kontrol og oprensning	53
6.1.5	Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser	54
6.2	Teoretisk skikkelse	56
6.2.1	Beskrivelse af case område	56
6.2.2	Minimumskrav - betegnelse for vandløbet	56
6.2.3	Vandløbets vandføringsevne	56
6.2.4	Kontrol og oprensning	61
6.2.5	Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser	62
6.3	QH-regulativ	65
6.3.1	Beskrivelse af case område	65
6.3.2	Betegnelse for vandløbet	65
6.3.3	Vandløbets vandføringsevne	65
6.3.4	Kontrol og oprensning	70
6.3.5	Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser	71
7.	Eksempler på udbygningsemner	73
7.1	Udbygningsemner – Data	73
7.1.1	Vandløbsopland	73
7.1.2	Karakteristiske afstrømninger	74
7.1.3	Manningtal	75
7.2	Udbygningsemner – Analyse	76
7.2.1	Længdeprofil med vandspejlsberegninger.	76
7.2.2	Afvandingskort	76
7.2.3	Oversvømmelseskort og -hyppigheder med og uden klimafaktor	78
7.2.4	Opsummering eksempler på udbyggede emner	82
8.	Fordele og ulemper ved udbygning af regulativer	83
8.1	Opsamling af databehov	83
8.2	Karakteristiske afstrømninger	85
8.2.1	Karakteristiske afstrømningsværdier og regulativtyper	86
8.2.1	Fordele	87
8.2.2	Ulemper	87
8.3	Længdeprofilplots med beregnede vandspejl	88
8.3.1	Længdeprofiler og regulativtyper	88
8.3.2	Fordele	88
8.3.3	Ulemper	88
8.4	Afvandingskort	89
8.4.1	Afvandingskort og regulativtyper	89
8.4.2	Fordele	89
8.4.3	Ulemper	90
8.5	Oversvømmelseskort	91
8.5.1	Oversvømmelseskort og regulativtyper	91
8.5.2	Fordele	91
8.5.3	Ulemper	91
8.6	Hyppigheder af oversvømmelse, med eller uden klimafaktor	92
8.6.1	Klimafremskrivning og regulativtyper	92
8.6.2	Fordele	92

8.6.3	Ulemper	93
9.	Metode for udvælgelse af vandløb til udbyggede regulativer	94
9.1	Karakteristiske afstrømninger	94
9.2	Længdeplot med beregnede vandspejle	94
9.3	Afvandingskort, oversvømmelseskort eller oversvømmelses hyppigheder	95
9.3.1	Afvandingskort	96
9.3.2	Oversvømmelseskort	97
9.3.3	Kort med oversvømmelseshyppigheder og klimafremskrivning	98
9.3.4	Sætningskort	99
9.3.5	Kapacitetsanalyse	100
10.	Økonomioversigt	101
11.	Opsummering af anbefalinger	103
12.	Perspektivering	105
13.	Litteraturliste	106
14.	Bilagsoversigt	107

1. Indledning

Den tidligere regering nedsatte i 2016 et ekspertudvalg, der skulle komme med anbefalinger til en ændret vandløbsforvaltning i Danmark. Udvalget indledte arbejdet i begyndelsen af 2017 og fremlagde i december 2017 rapporten "Rapport fra ekspertudvalget til ændret vandløbsforvaltning".

Miljøstyrelsen har i forlængelse af Ekspertudvalgets arbejde igangsat 2 faglige udredningsprojekter, hvoraf denne rapport (udredningsprojekt 2) omhandler emner, der eventuelt kan indgå i fremtidige udbyggede regulativer. Emnerne har fokus på vandløbenes vandføringsevne og risiko for og hyppighed af oversvømmelse med og uden klimafaktor.

Den rapport skal ses i forlængelse af den første rapport (udredningsprojekt 1¹), som omhandler regulativtyper. Baggrunden for den første rapport er Ekspertudvalgets anbefalinger vedrørende vandløbsregulativer. Baggrunden for denne rapport er Ekspertudvalgets anbefalinger om, at der i alle regulativer skal beskrives en vandføringsevne eller en skikkelse, og at karakteristiske afstrømninger, og den heraf forventede hyppighed af oversvømmelser, medtages i regulativerne samt en vurdering af, hvilke konsekvenser klimaeffekter har på maksimumsvandføringer og vandstande.

Siden Vandløbsloven af 30. juni 1982 skal et vandløbsregulativ indeholde krav til enten en skikkelse eller en vandføringsevne.

De regulativmæssige bestemmelser om krav til skikkelse eller vandføringsevne er fastsat med grundlag i forskellige informationer og data om vandløbet. Der er ikke direkte krav til, at disse data skal fremgå af regulativet, men de bør fremgå af redegørelsen til regulativet, idet redegørelsen jfr. Bekendtgørelse om Regulativer for Offentlige Vandløb af 26. januar 2017, skal redegøre for bl.a. grundlaget af regulativforslaget.

Det er dog ikke altid tilfældet, at de data, der ligger til grund for regulativets bestemmelser om vandføringsevne mv., klart fremgår af redegørelsen. Det kan være u hensigtsmæssigt i relation til fremtidig regulativrevision, men også problematisk, når regulativets bestemmelser skal formidles til borgere og interessenter. Derfor er det vigtigt, at fremtidens regulativer, eller redegørelserne til regulativerne, klart angiver alle de relevante data, som ligger til grund for regulativets bestemmelser.

Der er ikke i dag krav til at regulativet skal beskrive forventet risiko eller hyppighed for oversvømmelse og slet ikke med klimafaktor. Vandløbenes skikkelse- og vandføringsevne har hidtil været beskrevet i en vintersituation. Vandføringsevnen om sommeren afhænger i høj grad af vandløbets grødetype og grødemængde, som ændrer sig ned langs vandløbet, hen over året og fra år til år. Hvis disse emner skal være en del af de fremtidige regulativer, er det en udbygning af de krav til regulativer, som vi kender det i dag.

Datagrundlag og datasikkerhed er helt essentielt at tage stilling til ved udbygning med disse emner, hvis fremtidens regulativer skal være retvisende. Derfor handler første del af rapporten om data. Hvilke data har vi til rådighed? Hvor finder vi data? Hvad er sikkerhedsniveauer for

¹ Miljø- og Fødevarerministeriet, Miljøstyrelsen, Regulativtyper, Ændret vandløbsvedligeholdelse. Udredningsprojekt 1, 2019,

data? Hvordan fremskaffes nye data? Kan vi anvende nye teknologiske metoder til at fremskaffe data? Kan data fremskrives med klimafaktorer og med hvilken sikkerhed?

I anden del af rapporten gennemgås de udbygningsemner, som vi anser for at være relevante at udbygge regulativer med fokus på beskrivelse af vandløbenes vandføringsevne samt risiko og hyppighed af oversvømmelser med og uden klimafaktor. Der gives også et bud på en metode til at udvælge hvilke udbygningsemner, der kan være relevante for den enkelte vandløbstype. Udvælgelsen sker med baggrund i især arealanvendelsen i de ånære områder og de behov, der vurderes at være, for at formidle konsekvenserne af den i regulativet beskrevne skikkelse eller vandføringsevne samt ud fra en omkostningseffektiv betragtning.

For at formidle, hvilke data der anbefales skal angives som grundlag for regulativerne (minimumskrav), er regulativbestemmelser for de tre mest almindelige regulativtyper; fast geometrisk skikkelse, teoretisk skikkelse og QH-regulativ gennemgået.

De udvalgte udbygningsemner beskrives og vises vha. forskellige eksempler gennemført for vandløb med at forskellige karakteristika og fordele og ulemper ved udbygningsemnerne gennemgås.

Til sidst i rapporten gennemgås en proces for udvælgelse af, hvilke udbygningsemner, der kan være relevant at udbygge et regulativ med, for at imødegå de behov, der er i forhold til formidling og forventningsafstemning af regulativets bestemmelser samt de økonomiske omkostninger ved udbygningen.

2. Datagrundlag

I dette kapitel gennemgås det datagrundlag, der ligger til grund for regulativudarbejdelsen. Datagrundlaget er allerede beskrevet i udredningsprojekt 1 om regulativtyper, men metoder for beregning af datagrundlaget beskrives mere detaljeret i dette kapitel.

I nærværende rapport lægges særlig vægt på Manningtal og karakteristiske afstrømninger og de klimaændringer, som Ekspertudvalget nævner, undersøges nærmere. Der redegøres for datasikkerheden bag de oversvømmelsesrisici og hyppigheder, der ønskes vist i evt. fremtidige regulativer.

2.1 Oplande

2.1.1 Eksisterende datagrundlag

Et vandløbsopland er det topografiske opland, der er til en vandløbslokalitet. Fordelingen af oplande ned gennem et vandløb indgår i hydrauliske beregninger. Det er særligt vigtigt at kende oplandsfordelingen, hvor der sker større ændringer, dvs. op- og nedstrøms betydende tilløb til vandløbet.

Nogle vandløbsregulativer indeholder et oplandskort, hvor oplandsarealer fremgår. Andre beskriver oplandsstørrelser i forbindelse med kontrolmetode eller som en del af redegørelsen til regulativet. Mange regulativer indeholder dog ikke oplysninger om oplande.

2.1.2 Bestemmelse af oplande

Traditionelt er oplande blevet bestemt ud fra topografiske kort. Herudover findes der en række GIS temaer f.eks. fra DMU, som kan anvendes.

I dag bruges oftest en digital terrænmodel, som kan håndteres i forskellige GIS programmer (MapInfo, ArcGIS og QGIS m.fl.), og der er flere værktøjer til at udtrække oplandsarealer f.eks. Scalgo². Generelt skal man dog være opmærksom på om menneskeskabte tiltag, som f.eks. dræning og viadukter, kan have ændret afstrømningsvejene i vandløbsoplandets ved at føre vand på tværs af de naturlige hydrauliske skel.

2.2 Opmåling og skikkelse

2.2.1 Eksisterende datagrundlag

I Danmark har man en forholdsvis stor viden om de offentlige vandløb, fordi man i mange år har indsamlet gode opmålingsdata.

I forbindelse med regulativudarbejdelsen er en retvisende opmåling af et vandløb meget vigtig, dels i forhold til at redegøre for konsekvenserne af regulativets bestemmelser i forhold til eksisterende forhold og dels som grundlag for fastsættelse af regulativmæssigt krav til vandføringsevne eller skikkelse på de strækninger, hvor tidligere regulativkrav ikke kan videreføres.

Ved revision af regulativer med fast geometrisk skikkelse og teoretisk skikkelse sammenlignes de opmålte tværprofiler med den gældende regulativskikkelse. Hvis regulativbeskrivelsen ikke giver mening i forhold til de faktiske forhold, eller hvis der ikke findes en regulativmæssig skikkelse, fastlægges den nye skikkelse (bundbredder, anlæg og bundkoter) ud fra opmålingen.

² scalgo.com

Ved QH-regulativer indgår opmålingen som data i forhold til at bestemme Manningtal. Som for de øvrige regulativtyper indgår opmålingen desuden til at fastsætte QH-kravkurverne, såfremt der ikke er en gældende skikkelse, der kan anvendes.

Der har gennem årene været meget stort fokus på hvilket måleudstyr, der skal anvendes til opmålingsarbejdet, og hvordan en korrekt vandløbsopmåling udføres. Dette medførte, at man i 2013 udarbejdede guidelines til opmåling af vandløb³. Guidelines blev udarbejdet i et samarbejde mellem landinspektører, rådgivningsfirmaer, kommuner og landbrugsorganisationer. Disse guidelines anvendes stadig i dag, da en egentlig vejledning aldrig er udarbejdet.

Eksisterende opmålingsdata findes oftest hos kommunerne og til dels også hos rådgivningsfirmaer og landinspektører. Ofte ligger dataene i en database (VASP). Der findes ikke en samlet landsdækkende dataplatform for vandløbs-opmålingsdata.

2.2.2 Procedure for opmåling af vandløb

Opmåling af vandløb udføres i dag med enten med GPS eller Totalstation. GPS'en anvendes på vandløbsstrækninger, der ligger i åbent terræn, mens det er nødvendigt at anvende Totalstation på vandløbsstrækninger, som løber igennem skov eller har tæt bevoksning langs brinkerne.

I dag forventes det, at data kan leveres i et digitalt format, der kan indlæses i kendte vandløbsprogrammer, og at opmålingen er geokodet og indeholder en retvisende vandløbslinje. Det er derfor vigtigt, at opmåleren anvender bestemte koder for de forskellige opmålingspunkter, så opmålingen nemt kan indlæses i hydrauliske programmer såsom VASP eller MIKE11.

Uafhængig af om der anvendes en GPS eller Totalstation, er det vigtigt, at det stadie, der anvendes til at måle koterne i selve vandløbet, er påmonteret en asymmetrisk oval spids kaldet en "andefod" (se figur 1).



FIGUR 1: Foto af "andefod". Kilde: Orbicon A/S

Inden opmålingsarbejdet kan igangsættes, skal opmåleren have retvisende kort over vandløbsstrækningen, der skal opmåles. Det kan også være en fordel at medbringe regulativets oversigtskort med regulativets stationering, enten på papir eller digitalt, samt en oversigt over de bygværker, man forventer, der skal måles op. Herved sikrer man, at opmåleren hele tiden

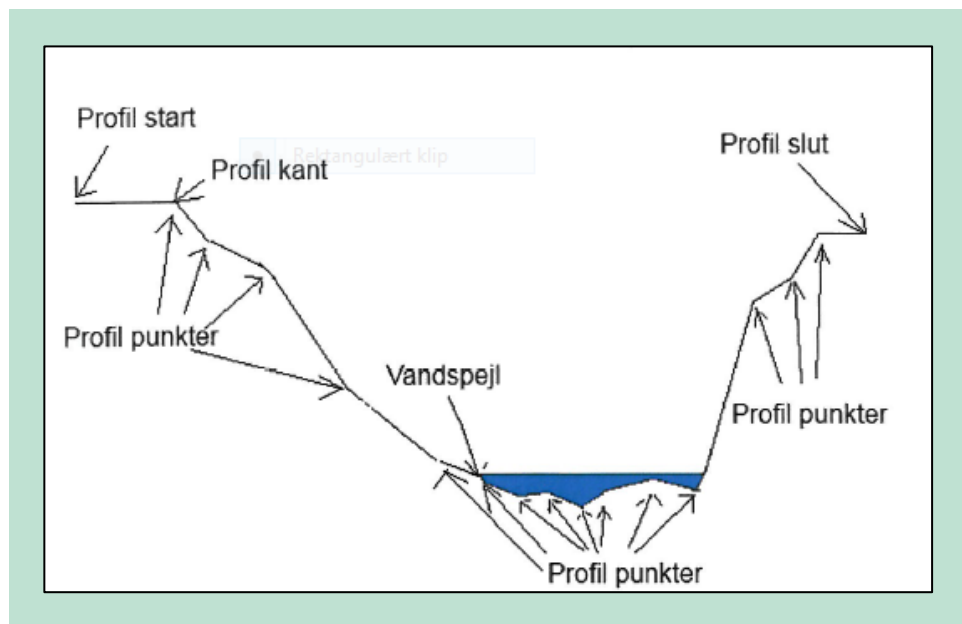
³ "Guidelines til opmåling af vandløb – På vej til en ny standard", Bo Rasmussen & Carsten Kragh I/S, Dansk Landbrug Sydhavsørerne, Danske Vandløb, Gefion, Orbicon, Holbæk Kommune, Næstved Kommune, Slagelse Kommune, Sorø Kommune, Stevn Kommune og Østdansk landbrugsrådgivning, 2013.

kan orientere sig. Hvis kommunen ønsker at opmåle alle rørtilløb, bør disse være markeret af de respektive ledningsejere - det samme gælder for brønde på rørlagte strækninger. Det er ikke et krav, at tilløb skal opmåles, men det kan anbefales, da det er en god service for lods-ejerne, ligesom det kan give nyttig viden om, hvad og hvor der udledes til vandløbet.

I forbindelse med arbejdet skal opmåleren have en tilladelse af vandløbsmyndigheden til færdsel i og langs vandløbene.

Når vandløbet opmåles, er der en lang række krav til, hvad der skal opmåles samt tætheden af de opmålte punkter i vandløb. Dette gennemgås nedenfor. For en mere detaljeret beskrivelse af opmålingsarbejdet henvises til førnævnte "Guidelines til opmåling af vandløb, bilag 3":

- Tværprofiler af vandløbet opmåles generelt pr. 50-200 m afhængig af vandløbets størrelse. I de fleste danske vandløb skal tværprofiler måles i intervallet pr. 50-100 m.
- Derudover skal der måles tværprofiler, når vandløbet skifter karakter f.eks. ved ændring i vandløbsbredde eller anlæg. Stryg og styrt opmåles som minimum ved start og slut.
- Der måles ligeledes et tværprofil ca. 2 m før broindløb og efter broudløb af hensyn til senere vandspejlsberegninger.
- Ved gydebanker opmåles et tværprofil før og efter gydebanken samt på toppen af gydebanken.
- De punkter, der skal måles i tværprofilet, er vist på figur 2. Under vandspejlet skal der som minimum måles tre profilpunkter pr. løbende meter.
- Alle bygværker måles som indløb og udløb og ved rørbroer og længere rørlagte strækninger måles rørdimensionen og evt. sandaflejring i rørene.
- Alle brønde opmåles inkl. sandaflejring.
- Stemmeværk opmåles inkl. et tværprofil før og efter stemmeværket samt en kote på toppen af stemmeværket.
- Derudover opmåles skalapæle, rørtilløb, åbne tilløb og krydsninger.



FIGUR 2: Overblik over punkter der skal opmåles i en tværprofil. Kilde: Orbicon A/S

For at sikre at den vandløbslinje, der leveres sammen med opmålingen, og dermed den senere stationering af opmålingen, er retvisende, er det nødvendigt, at opmåleren måler vandløbets knæpunkter især ved slyngninger. Bundkoter på vandløbets midte kan også med fordel opmåles løbende, men en bundkote erstatter ikke et opmålt tværprofil, da vandspejlsberegninger kun foretages på tværprofiler (og bygværker).

Da opmåleren under arbejdet får en stor viden om de faktiske forhold langs vandløbet anbefales det, at opmålingsarbejdet dokumenteres ved geokodede fotos og evt. ulovligheder, ændringer eller forhindringer i vandløbet, som kan have effekt på vandstanden, noteres og overleveres til vandløbsmyndigheden. Disse oplysninger kan være en hjælp ved den senere regulativrevision ligesom opmålerens iagttagelser i nogle tilfælde kan medføre, at vandløbsmyndigheden skal foretage en handling.

2.2.3 Usikkerhed på opmåling

Kvaliteten af opmålingen er direkte afhængig af, om vandløbsopmåleren har formået at aflæse og opmåle vandløbets variation i bundbredde og bundkoter, herunder høller, stryg, styrt og sandfang. Ligeledes er det vigtigt, at vandløbets bygværker (f.eks. broer og stemmeværk) også er opmålt med korrekte koter og dimensioner, da det kan få stor betydning i vandspejlsberegningerne.

Et godt opmålingsarbejde afhænger derfor meget af, om opmåleren har viden om og erfaring med vandløbshydraulik, og har en fornemmelse af, hvad data skal anvendes til. Vandløbsopmåling er altså i høj grad en specialistopgave.

En vandløbsopmåling vil dog kun være en overordnet beskrivelse af de faktiske forhold på opmålingstidspunktet. Vandløbsopmålingen er, som der måles i dag, ikke en 3D model af vandløbet, men en model med tværsnitsprofiler, opmålt for hver 50 til 200 m. Selvom de væsentlige elementer for vandføringsevnen er opmålt, vil der være forhold og variationer som opmålingsmodellen ikke har med. Usikkerheden på en opmåling, hvor "Guidelines til opmåling" er anvendt, og hvor opmåleren har stor forståelse for de forhold, der er betydende for vandløbets hydraulik, er generelt så lille, at vandspejlsberegninger med grundlag i opmålingen i væsentlig grad afspejler de virkelige fysiske forhold.

Det skal også her næves, at der på selve målingen af en kote er en usikkerhed. For GPS-udstyr med god adgang til satellitter, ligger den på +/- 3 cm, mens det for Totalstation normalt vil være +/- 2 cm.

2.2.4 Fremtidens teknologi og metoder

Der er rivende udvikling i ny teknologi og nye metoder til at måle koter på terræn, vandspejl og bundniveauer under vand. Der er bl.a. fokus på muligheden for at anvende flyvende og sejlene droner, der samtidig kan give en mere detaljeret opmåling.

Dronerne er transportmidlet for selve måleudstyret. Flyvende droner kan f.eks. påføres sonarudstyr til måling af kote-forhold, som beskrevet i Udredningsprojekt 1.

Målesikkerheden under vandspejl er en stor udfordring og er generelt forbundet med stor usikkerhed. Indførelse af sejlene droner viser dog gode resultater under vand., f.eks. kan en såkaldt Akustisk doppler give information om både vandspejl, afstand til bund og vandhastigheder. Der kan også monteres en flerstrålet dybde sensor, som gør det muligt at foretage en god bathymetrisk opmåling - altså en 3D model af topografien under vand. I dag måles traditionelt med ekkolod. En udfordring ved sådanne målinger er dog, at det er svært at skelne, om det er blød bund, hård bund eller eventuel massiv grøde.

En kombination af målinger med flyvende og sejlene droner kan måske, inden for en kortere årrække, være en mere effektiv måde at opmåle især større vandløb på. Det vil formentlig også være en mere korrekt model af virkeligheden, idet man får en 3D model af vandløbet, med mange punkter i forhold til en model med 50 – 200 m mellem hvert opmålt tværprofil, som det er tilfældet i dag.

Sikkerheden på bestemmelse af bundkoter med sensorer under vand vurderes dog på nuværende tidspunkt ikke at være moden til at erstatte nuværende målemetoder, hvor der måles tværprofiler i fuld bredde, med nedstik gennem vegetation mv.

2.3 Manningtal

Kendskab til Manningtallet er nødvendigt for at kunne beregne vandstande (vandspejl) i vandløb.

Som det er redegjort for i "Udredningsprojekt 1, regulativtyper" er Manningtallet et udtryk for vandløbets ruhed og altså den modstand vandstrømmen møder. Manningtallet kan bestemmes ved brug af Manningformlen.

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

Q = vandføringen (m³/s)

A = strømningstværsnitsarealet (m²)

M = Manningtallet (m^{1/3}/s)

R = hydraulisk radius (m) eller modstandsradius (m)

S = fald på vandspejl (dimensionsløs)

Manningformlen kan omformes til

$$M = Q / (A R^{2/3} S^{1/2})$$

For at kunne bestemme Manningtallet skal man bruge skikkelsesdata (opmåling) samt samhørende værdier for vandstand (H) og vandføring (Q). Ud fra skikkelsen og vandstand (H) kan man bestemme formelparametrene A og R.

S bestemmes enten ved iterative beregninger på skikkelsen i et hydraulisk beregningsprogram, f.eks. VASP eller MIKE11, eller ved målinger på lokaliteten.

2.3.1 Eksisterende datagrundlag

De Manningtal der anvendes som grundlag for hydrauliske beregninger er enten erfarings Manningtal (vurderet ud fra vandløbets karakteristika) eller beregnede Manningtal (på baggrund af Q, H og vandløbets skikkelse).

Der findes forskellige rapporter og afhandlinger som giver bud på erfarings Manningtal ud fra vurderinger af vandløbets størrelse, kendskab til grødesammensætning, tilgroningsforhold mv.

Et eksempel findes i tabel 3.1 i "DCE-rapport nr. 49, 2015 Afprøvning af forslag til metode til konsekvensvurdering af ændret vandløbsvedligeholdelse".

Man skal være opmærksom på om Manningtal er angivet med grundlag i hydraulisk radius eller modstandsradius, (se Udredningsprojekt 1). Ofte er Manningtal fra især udenlandske kilder angivet med udgangspunkt i hydraulisk radius.

Der findes ikke databaser i forhold til Manningtal. Viden om Manningtal baserer sig derfor enten på erfaringstal eller på konkrete projekter, hvor Manningtallet er blevet bestemt. Det kan f.eks. fremgå af QH-regulativer, hvor Manningtal i den grødefrie tilstand ofte er bestemt som forarbejde til regulativudarbejdelsen.

Som det er beskrevet i Udredningsprojekt 1, er der i forhold til vandløbsregulativtyper forskel på om der anvendes erfarings Manningtal eller om Manningtal bestemmes ved målinger/beregninger.

For regulativtypen teoretisk skikkelse benyttes Manningtallet til at sammenligne to skikkelers vandføringsevne, hvorfor et skønnet Manningtal er tilstrækkeligt.

For QH-regulativer bliver der udarbejdet kravkurver på baggrund af målte Manningtal.

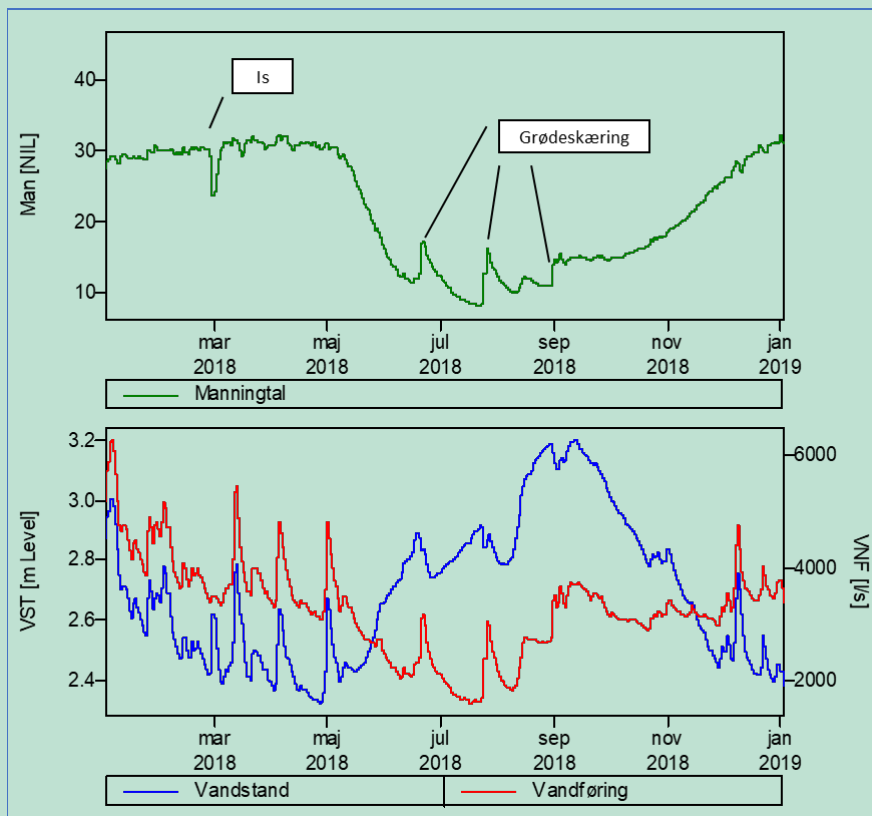
2.3.2 Procedure for bestemmelse af Manningtal

Manningtal for en lokalitet eller strækning, kan beregnes ud fra Manningformlen. Her kræves samhørende informationer om Q og H samt oplysning om vandløbets skikkelse, dvs. bundkote, bundbredde og anlæg for brinkerne. Ved bestemmelse af Manningtal på delstrækninger skal vandføringen (Q) måles på samme tidspunkt som vandstanden (H) måles. Ofte vil man i praksis anvende kendskab til oplandsfordeling for at beregne Q de steder, hvor denne ikke måles.

Som det fremgår af de følgende afsnit, er Manningtallet kun repræsentativt for måledagen, og bør derfor ved QH-regulativer fastsættes på baggrund af flere målerunder.

Manningtal kan også udregnes på baggrund af hydrometriske data. Indenfor hydrometrien arbejder man med QH-kurver, der beskriver vandføringsevnen i det grødefri vandløb. Således kan man hente information om QH-kurven fra hydrometriske målestationer for ca. 700 lokaliteter i Danmark. Disse er imidlertid ikke umiddelbart tilgængelige for offentligheden, fordi de ikke direkte indgår som en del af den traditionelle afrapportering af hydrometriske data.

Ved opsætninger af dynamiske vandløbsmodeller er der behov for at kende udviklingen i Manningtallet hen over året, ved en Manningtals-model. Manningtallet og dets variation over året kan bestemmes ud fra data fra hydrometriske målestationer. Hvis der måles både vandføring og vandstand over året, og vandløbets skikkelse er kendt, kan der bestemmes et Manningtal på baggrund af tidsserier. En sådan tidsserie på Manningtal er vist på figur 3.



FIGUR 3: Eksempel på beregnet manningtal (grøn) ved en hydrometrisk målestation for 2018. Nederst: De målte vandstande (blå) og vandføringer (rød) der ligger til grund for beregningen.

På figur 3 ses, at der er en betydelig sæsonvariation over året ($10 - 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Om sommeren er der ved ovenstående hydrometriske målestation særlig stor variation på Manningtallet og dette ses generelt ved de fleste målestationer. Grøden skæres 3 gange, hvilket får Manningtallet til at stige efter skæringen. Ved de to første grødeskæringer, ses det at Manningtallet hurtigt falder igen på grund af grødens fortsatte vækst. Den tredje grødeskæring har en mere vedvarende effekt, idet det samtidig bliver koldere og grøden henfalder hen over vinteren.

Om vinteren kan der dog også optræde variationer i vandstand og Manningtal, som følge af isdannelse samt overvintrende grøde, og dette kan også variere fra år til år.

Hvis der ikke i forvejen er en hydrometrisk målestation, kan det være forholdsvis bekosteligt at bestemme Manningtal både for en lokalitet, og i endnu højere grad for en strækning, særlig hvis den tidsmæssige dimension også skal bruges.

2.3.3 Usikkerhed på bestemmelse af Manningtal

Erfarings Manningtal er behæftet med stor usikkerhed. Usikkerheden kan reduceres ved at kalibrere Manningtallet ved beregninger på en hydraulisk model således, at der opnås overensstemmelse mellem det anvendte Manningtal, de afledte vandstande og den faktiske arealanvendelse.

Usikkerheden på bestemmelse af Manningtal afhænger af datakvaliteten. Jo mere detaljeret opmålingen er samt sikkerheden på målt vandføring og målte vandstande, jo større sikkerhed.

Usikkerheden er dog ikke alene bestemt af usikkerheden på vandføringen, vandstanden og opmålingen. Strømningsmodstanden, udtrykt ved Manningtallet, er en parameter, der varierer meget i både tid og rum, det vil sige, at det enkelte vandløb kan have stor strækningsmæssig variation, og der kan samtidig være stor variation inden for et år men også mellem de enkelte år. Jo flere målinger man har til rådighed på en lokalitet, jo større viden om den enkelte lokalitets variation i Manningtallet kan der opnås.

Desuden skal nævnes, at bestemmelse af Manningtal generelt er behæftet med større usikkerheder om sommeren (10 – 15 ~ 25% -figur 3) end bestemmelse af Manningtal uden grøde (30 – 35 ~ 10% - figur 3), da Manningtallet kan have stor variation inden for en kort periode, som vist i figur 3 ovenfor, ligesom Manningtallet også ændres efter grødeskæring.

Betydningen af usikkerheden på Manningtallet kan vurderes ved at lave en såkaldt følsomhedsanalyse. Ved en sådan analyse udføres modelberegninger på en fastlagt skikkelse af den resulterende vandstand (H) ved en bestemt afstrømning (Q) og forskellige Manningtal.

Forskelle i de resulterende beregnede vandstande (vandspejl) fortæller noget om, hvor følsomt vandløbet er for eventuelle forskelle i Manningtal. Generelt er vandløb med mindre fald mere følsomme for ændringer i Manningtal end vandløb med større fald. Udføres modelberegninger ved en sommermiddel afstrømning, kan beregnede vandspejl ved forskellige Manningtal bruges til at analysere afvandingstilstanden på de ånære arealer. De beregnede afvandingsscenarier kan sammenholdes med den faktiske arealanvendelse, f.eks. ved hjælp af luftfoto eller satellitfoto, og man kan på den måde kalibrere Manningtallet.

En følsomhedsanalyse kan vise, hvilken betydning en ændring af Manningtallet har på de modelberegnete vandspejle. Samtidig får man et indblik i, hvad usikkerheden på bestemmelsen af Manningtallet betyder.

Hvis det viser sig, at vandløbet er følsomt for valg af Manningtal, kan man overveje, om man i den konkrete opgave skal bestemme det faktiske Manningtal eller alternativt vise opgavens resultater inden for et spænd af sommer- og vinter-Manningtal.

2.3.4 Fremtidens teknologi og metoder

Der er som tidligere omtalt stor udvikling i ny teknologi og nye metoder til måling af koter både over og under vand men også på måling af vandhastigheder med diverse sensorer.

Med en Akustisk doppler kan man f.eks. i dag måle vandhastigheder, vandspejl og bundkoter (under vandoverfladen) og dermed også vandføringer.

Med kendskab til disse parametre kan Manningtallet bestemmes ud fra Manningformlen.

Det er allerede muligt i dag ved at sejle en "dronebåd" ned gennem et vandløb (se Udredningsprojekt 1). En sådan "dronebåd" med det rigtige sensorudstyr, kan også anvendes til kontrol af vandløb, som har regulativtypen QH. Udstyret kan ved kravkurve-stationer måle Q og H. Hvis der f.eks. også er krav til bundkote ved drænuvløb mellem kravkurve-stationerne i det pågældende regulativ, kan dronebåden også kontrollere dette, imens der sejles fra den ene kravkurve-station til den næste.

2.4 Karakteristiske afstrømninger

For at kunne redegøre for konsekvenserne af et regulativforslag er det hensigtsmæssigt at have retvisende viden om vandføringen i vandløbet. Vandføringen udviser imidlertid stor tidlig og stedlig variation.

I regulativsammenhæng angives karakteristiske afstrømninger ofte som specifikke afstrømninger, med enheden l/s/km²: Det vil sige, at afstrømningen skal multipliceres med det topografiske opland (i enheden km²) til en lokalitet for at beregne vandføringen (i enheden l/s) på samme lokalitet i vandløbet.

Karakteristiske afstrømninger har traditionelt været anvendt til at belyse regulativets konsekvenser for afvandingsforholdene. I denne sammenhæng beskrives karakteristiske afstrømninger mere indgående herunder den usikkerhed, der er indeholdt. Der anvises metoder til udarbejdelse af karakteristiske afstrømninger, ligesom det vurderes, hvordan de kan indgå til beregning af forventede hyppigheder af oversvømmelser.

Karakteristiske afstrømninger er statistisk beregnede døgnmiddelværdier, som har grundlag i målinger af vandføringer (Q) og vandstande (H).

I mange nuværende regulativer kan følgende karakteristiske afstrømningsværdier være angivet:

- Middel (sommer og vinter)
- 2-års maksimum, (median maksimum), (sommer og vinter)
- 5-års maksimum (sommer og vinter)
- 10-års maksimum (sommer og vinter)
- Medianminimum

Ekspertudvalgets rapport anbefaler, at man ud over disse karakteristiske afstrømninger, også kan have nytte af at kende følgende karakteristiske afstrømningsværdier:

- Årsmiddel
- 20-års maksimum
- 50-års maksimum
- 100-års maksimum

Det er ikke et krav, at regulativer skal indeholde karakteristiske afstrømningsværdier, men redegørelser til regulativerne bør som minimum indeholde de karakteristiske afstrømningsværdier, som er anvendt i beregningsgrundlaget for bestemmelserne i regulativet. Ofte er andre karakteristiske afstrømningsværdier også angivet i regulativet, primært af formidlingsmæssige årsager, eller fordi de er anvendt til beregninger, der belyser konsekvenserne af regulativet.

Karakteristiske middelværdier bruges til at beskrive de gennemsnitlige vandstande/afvandingsforhold, mens maksimumværdier anvendes til beregning af vandstandsforholdene ved store afstrømningshændelser, hvilket anvendes til at beregne vandløbets kapacitet og eventuelle oversvømmelsesrisici. I regulativtypen teoretisk skikkelse bruges ofte både vintermiddel- og vinter median maksimum afstrømning til kontrol af regulativets krav til vandføringsevne.

Medianminimum anvendes til at analysere f.eks. udtørningsrisiko, fortyndingsproblematikker, indvindingsbegrænsninger og lign., altså emner der ikke direkte ligger under regulativets ansvarsområde.

2.4.1 Eksisterende datagrundlag

Data fra hydrometriske målestationer i form af døgnmiddelvandføring udgør rygraden i beregningen af de karakteristiske afstrømningsværdier. I Danmark er der i alt ca. 1000 lokaliteter, hvor der er kvalitetssikrede data for døgnmiddelvandføringen. I tabel 1 er der en oversigt over de forskellige databaser, der indeholder kvalitetssikrede døgnmiddelvandføringsdata.

Der skelnes mellem to typer af lokaliteter, hvor der foreligger data for vandføring:

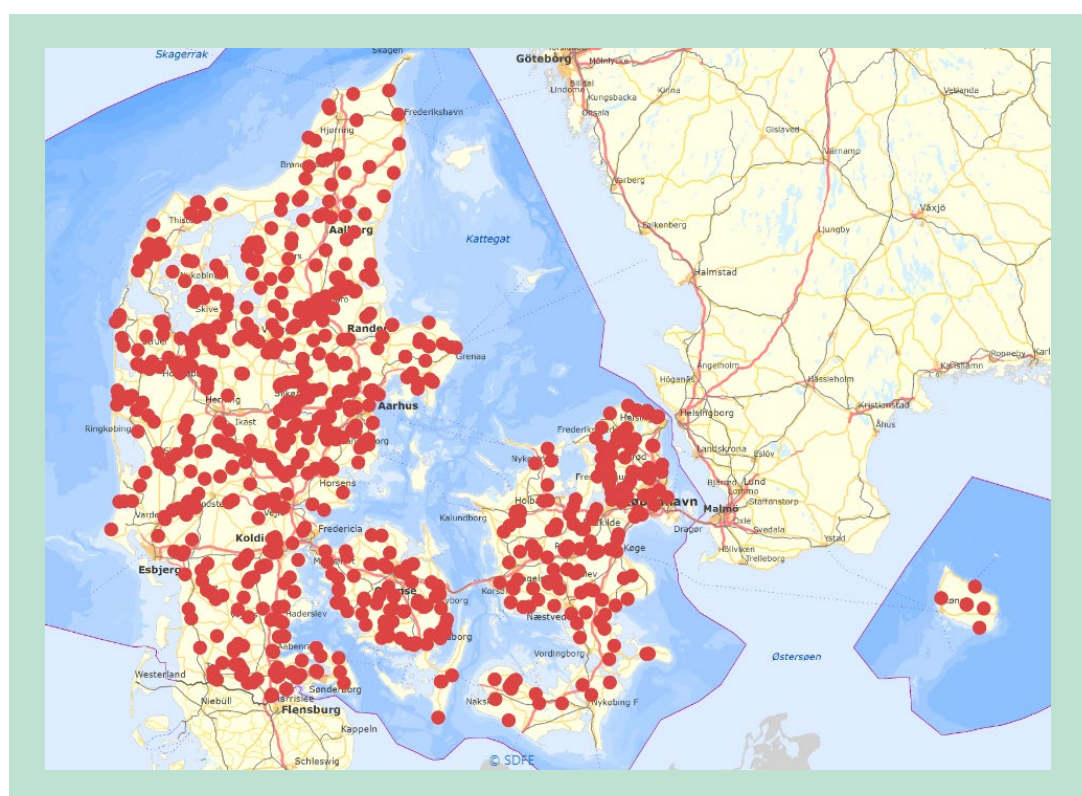
- En hydrometrisk målestation er karakteriseret ved, at der har været en kontinuert registrering af vandstand eller vandhastighed, og dette er bearbejdet til en kontinuert vandførings-tidsserie.
- Et målested er karakteriseret ved, at der er foretaget en måling eller flere målinger af vandføring (enkeltmåling).

TABEL 1. Oversigt af databaser med døgnmiddelvandføring i Danmark.

Systemnavn	Driftsansvarlig	Antal målestationer	Download mulig	Visning på kort
HYMER	DCE	~750	Nej	hydrometri.dk/hyd/
HYMER	Orbicon	~1000	Nej	hydrometri.dk/hyd/
Arealinformation	Miljøportalen	~800	Ja	arealinformation.miljoportal.dk/

Et overblik over målestationer kan findes på <http://www.hydrometri.dk/hyd/> og <https://arealinformation.miljoportal.dk/>.

Figur 4 viser målestationernes placering i Arealinformation.

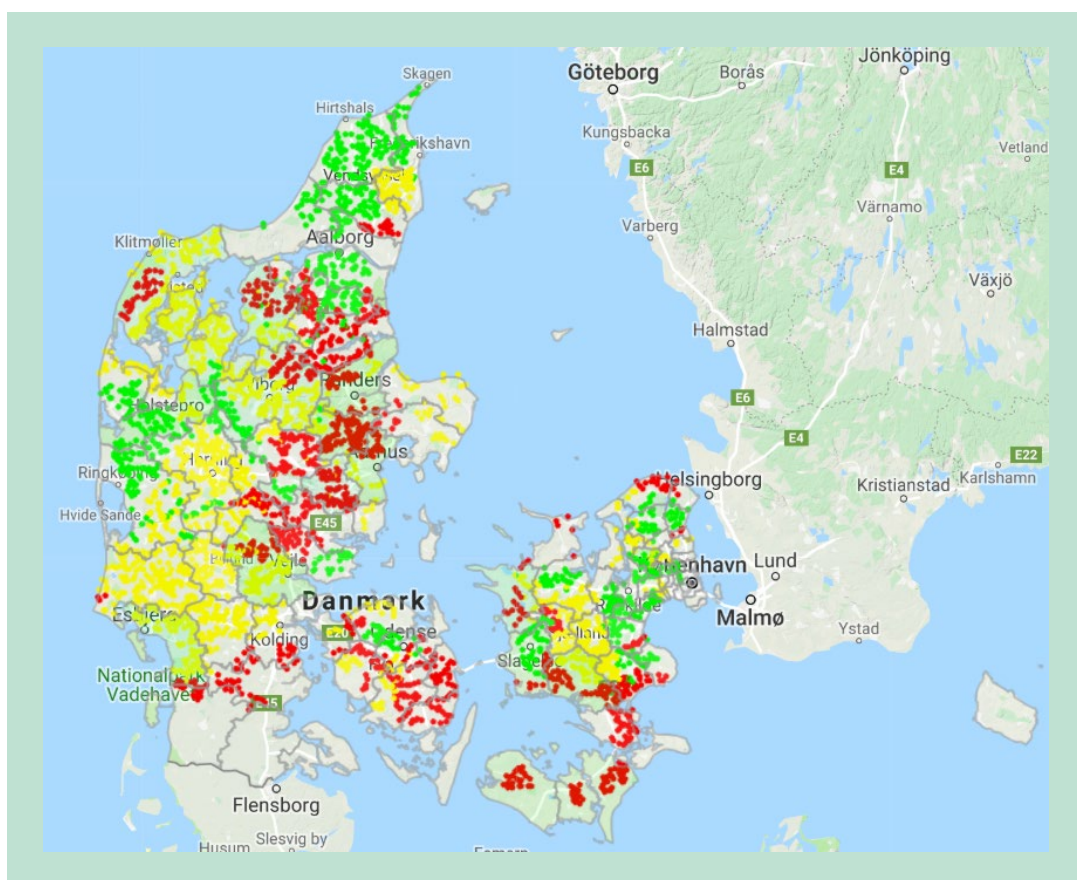


FIGUR 4: Oversigt over målestationer med vandføringsdata i Arealinformation.

Det er som nævnt døgnmidler, der bruges som grundlag for beregning af karakteristiske afstrømninger, da kvalitetssikring af data udføres på døgnmiddelniveau. I nogle opgavetyper, f.eks. til oversvømmelsesstatistik i byområder, kan der være brug for at kende karakteristiske afstrømninger med grundlag i en tættere tidsopløsning f.eks. timemiddelværdier. Stationer med kvalitetssikrede data på så høj en tidsopløsning findes kun på et fåtal af målestationer i Danmark (<20).

Medianminimumvandføring

Medianminimumvandføringen, er defineret som den døgnmiddelvandføring, der i gennemsnit underskrides hvert andet år på en given lokalitet. Medianminimumvandføringen er traditionelt blevet bestemt ved såkaldte synkronmålinger. Da medianminimumvandføringen ofte anvendes i vandløbsadministrationen, er den bestemt med stor stedlig tæthed, ca. 1 for hver 9 km². Resultaterne findes i rapporter udført for amter, kommuner og forsyningsselskaber. Det er fortrinsvis Hedeselskabet/Orbicon, der har udarbejdet bestemmelser af vandførings medianminimum, men også andre rådgivere og de tidligere amter. På hjemmesiden <http://www.hydrometri.dk/hyd/> findes en oversigt over de lokaliteter, hvor Hedeselskabet/Orbicon har udført synkronmålinger. Det skal bemærkes, at de værdier, der er bestemt for medianminimum vandføringen, er bestemt eksklusive spildevand og er derfor uafhængig af de ændringer, der har været i spildevandsstrukturen specielt de seneste år. Nogle af de udførte synkronmålinger er af ældre dato.



FIGUR 5: Oversigtskort over lokaliteter hvor Hedeselskabet/Orbicon har bestemt medianminimumvandføringen (Kilde: hydrometri.dk). Målepunkterne farvekodet efter hvilket år synkronmålingerne fandt sted, hvor de røde er de ældste målinger og de grønne er de nyeste.

2.4.2 Procedure for beregning af karakteristiske afstrømninger

Fremgangsmåden ved beregning af karakteristiske afstrømninger, vil bero på hvilke karakteristiske afstrømningsværdier, man ønsker beregnet, og hvilket datagrundlag, der er til rådighed.

Beskrivelsen i denne rapport er rettet mod anvendelse i regulativsammenhæng.

Gennem tiden har man ved beregning af karakteristiske afstrømninger ikke været konsekvent i forhold til anvendelse af en fast defineret referenceperiode eller fast definition af hhv. sommer- og vinterperioden.

Der er således ingen faste retningslinjer for, hvad der er sommerperiode, og hvad der er vinterperiode, når der skal laves statistik på afstrømningsdata. Enten anvendes 1. maj – 31. oktober som definition af sommerperioden i kombination med 1. november – 30. april som definition af vinterperioden eller 1. maj – 30. september anvendes som definition af sommerperioden i kombination med 1. oktober – 30. april som definition af vinterperioden.

En referenceperiode er den periode, som en statistik er gældende for (refererer til). Inden for meteorologien arbejder man med 30 års normalperioder (1961-1990, 1991-2020). Indenfor hydrometrien har man i Danmark traditionelt anvendt 20-årige referenceperioder, som så er rykket i dekader eller med 5-årige intervaller. I de seneste år, er man imidlertid gået over til også at anvende en 30-årsperiode, ligesom inden for meteorologien. 30 års referenceperioden for karakteristiske afstrømninger skal dog ikke nødvendigvis være identisk med den meteorologiske 30 års periode særligt i betragtning af, at der kan være oparbejdet bedre datagrundlag i en nyere referenceperiode (eks. år 1986 til 2015). Valg af referenceperiode for karakteristiske afstrømninger i vandløb bør således være bedste kompromis mellem at anvende nyeste data, have tilstrækkelig lang tidsserie, der er statistisk stabil, og have tilstrækkelig mange målestationer med en tilstrækkelig lang tidsserie.

Der er også en vis variation i, hvad der i hydrometrisk sammenhæng betragtes som årets start. Oftest anvendes dog kalenderåret, men i tidligere beretninger fra Hydrometriske Undersøgelser⁴ er der anvendt afstrømningsåret (1. juni- 31. maj), mens rapporter udarbejdet af GEUS anvender perioden 1. maj – 30. april⁵. Årsagen til ikke at vælge kalenderåret er primært af hensyn til maksimumstatistikken, hvor den samme afstrømningshændelse kan udgøre maksimum i 2 år, hvis den falder omkring nytår.

For at ensarte proceduren ved udarbejdelse af karakteristiske afstrømninger i regulativer anbefales det, at man anvender følgende perioder:

- Sommerperiode: 1. maj – 30. september
- Vinterperiode: 1. oktober – 30. april
- 30 års referenceperiode, valgt ud fra bedste kompromis mellem at anvende nyeste data, have tilstrækkelig lang tidsserie og have tilstrækkelig mange målestationer med en tilstrækkelig lang tidsserie.
- Hydrometrisk år afgrænset inden for kalenderåret.

Ved beregning af de karakteristiske afstrømninger indgår tidsserier af hhv. middel-, maksimum- og minimumafstrømningsværdierne for hvert år. Ved at regne med 50%, 80% og 90% fraktiler på tidsserierne, kan de tidligere nævnte karakteristiske afstrømninger, som typisk indgår i regulativer, bestemmes.

For serien af maksima (sommer/vinter) er 50% fraktilen således den værdi, der i gennemsnit overskrides hvert andet år, også kaldet en 2-års-maksimum (eller median-maksimum), 80% fraktilen er 5 års maksimum og 90% fraktilen af årlige maksima er den værdi, der i gennemsnit overskrides hvert 10. år.

For serien af minima er 50% fraktilen den værdi, der i gennemsnit underskrides hvert andet år, kaldet 2-årsminimum (eller medianminimum).

⁴ Hedeselskabet 1923-1956, 1.-8. Beretninger om Det Danske Hedeselskab, kulturtekniske afdelings hydrometriske undersøgelser i perioden 1917-1955.

⁵ GEUS 2013, Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – Fase 1 klimaekstremvandføring og GEUS, 2014 Klimaeffekter på ekstremværdi afstrømninger Fase 2 usikkerhedsvurdering

For serien af midler (sommer/vinter) regnes gennemsnit af midler for alle år.

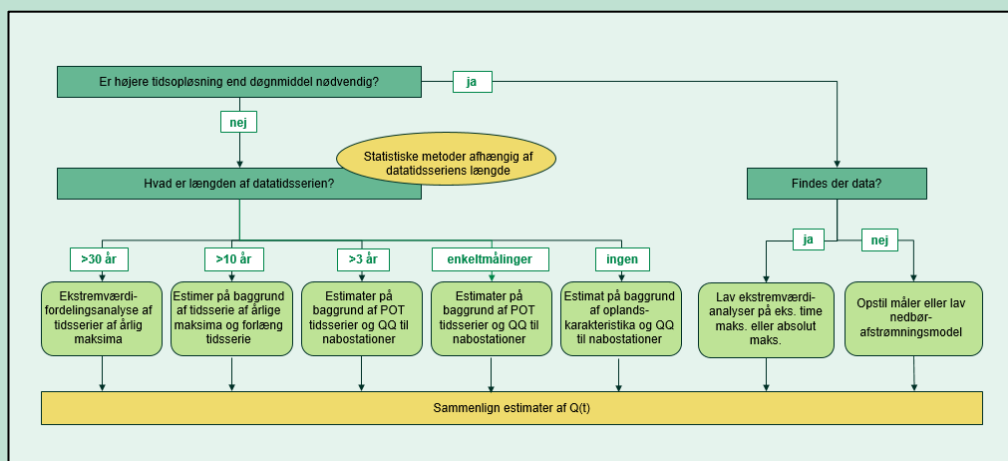
Fremgangsmåde for etablering af karakteristiske afstrømninger i et regulativ.

1. Afgrænsning
 - a. Definition af **vandløb**, der skal udarbejdes regulativ for, og hvor der derfor skal beregnes karakteristiske afstrømninger for afgrænses. Det er som oftest en kommune, der bestiller/gennemføre opgaven.
 - b. Indenfor og umiddelbart nedstrøms for de vandløb, der skal udarbejdes regulativ for, identificeres **hydrologiske vandløbslokaliteter**, der udgøres af lokaliteter med mere end 8 enkeltmålinger af vandføring og/eller en tidserie for vandføring. Disse hydrologiske vandløbslokaliteter udgør en bruttoliste over kandidater til udarbejdelse af karakteristiske afstrømninger. Vurderes grundlaget for tyndt inddrages også nabovandløb.
 - c. **Oplandsarealer** udtages for de udvalgte punkter.
2. Dataindsamling
 - a. Til bestemmelse af **medianminimumvandføring** fremfindes medianminimum rapporter (se afsnit 2.4.1).
 - b. Data for **relevante målestationer indhentes** dvs. indenfor oplandet, indenfor vandløbssystemet eller nærliggende stationer fra Orbicon-Hymer, DCE-Hymer, andre HYMER-databaser og andre hydrometri-systemer (se afsnit 2.4.1).
 - c. **Enkeltmålesteder** med mange enkeltmålinger af vandføringen indsamles fra Orbicon-Hymer og DCE-Hymer (se afsnit 2.4.1).
3. Forarbejde til beregning af data.
 - a. Definer **referenceperiode** og **sommer/vinter perioden**.
 - b. Hvis **medianminimumsbestemmelse** er en del af opgaven, følg Ludvigsen og Bjarnov, 1990⁶.
 - c. Hvis opgaven er eksklusiv medianminimum bestemmelse fremfind relevante **synkronmålingsrapporter (se afsnit 2.4.1)**. Vurder især vandets fordeling i sommer-middel sammen med fordeling af medianminimumafstrømninger.
 - d. Vurder **oplandskaraktetika**. Afstrømningen i vandløb er afhængig af en række faktorer, herunder meteorologiske faktorer som nedbør og fordampning, men også fysiske faktorer som geologien og topografien inden for vandløbets opland. Andelen af befæstede arealer kan også være af betydning. Oplandskaraktetika skal med i vurderingen af, hvorvidt data fra én given målestation kan overføres eller anvendes til optimering af datagrundlag ved en anden given målestation.
4. Metoder til beregning af karakteristiske afstrømningsværdier (beskrives nærmere i kap. 2.4.2.1 og 2.4.2.2 og på figur 6).

2.4.2.1 Bestemmelse af maksimumværdier

Dette afsnit beskriver, hvordan karakteristiske afstrømninger for maksimumværdier, der indgår i regulativer, kan udarbejdes. Figur 6 giver en oversigt over, hvordan de karakteristiske maksimumafstrømninger kan bestemmes afhængig af databehov og datagrundlag. De enkelte metoder uddybes efterfølgende. Figuren er også vist på bilag 1.

⁶ Ludvigsen og Bjarnov, Hedeselskabet. FDC – rapport nr. 3, Medianminimum bestemt på baggrund af synkronmålinger. 1990



FIGUR 6 Metode til estimering af karakteristiske afstrømninger til anvendelse i regulativer (se også bilag 1).

Ekstremværdifordeling på baggrund af lang tidserie.

Har man en lang tidsserie af årsmaksima for afstrømning ved en målestation, der dækker hele referenceperioden, kan man beregne karakteristiske afstrømningsværdier ved at udtage fraktiler, 50% fraktilen vil være medianmaksimumafstrømningen og 80% fraktilen vil være 5-årsmaksimumafstrømningen, og 90 % fraktilen vil være 10 års maksimumafstrømningen.

En anden metode til bestemmelse af de karakteristiske afstrømningsværdier er tilpasning af en sandsynlighedsfordelingsfunktion til de registrerede årsmaksima. Dette kræver et statistisk værktøj, der giver muligheden for at beregne karakteristiske afstrømningsværdier af en større gentagelsesperiode, end længden af måletidsserien. HYMER og diverse statistikpakker har indbygget denne funktionalitet. De mest anvendte fordelingsfunktioner er Pearson Type III, Log Pearson Type III, Normal fordeling og Lognormal fordeling (FSR, 1975). På denne måde kan man bestemme 20-års, 50-års og 100-års afstrømningsniveauerne. Det anbefales at anvende hele den tilgængelige tidsserie fra den anvendte målestation, når det gælder store gentagelsesperioder, for at reducere usikkerheden, se afsnit 2.4.3 om usikkerheder.

Dækker målestationens data kun **delvist referenceperioden** inddrages en eller flere referencemålestationer med en længere tidsserie. Målestationens data forlænges ved at beregne en korrelation mellem de årlige maksima ved målestationen og referencestationen, eller der kan beregnes en korrelation mellem enkeltmålinger af vandføring eller døgnmiddelvandføringer ved målestationen og døgnmiddelvandføringen ved referencestationerne. For medianværdier kan serien evt. forlænges med tørre/våde år. Statistikken kan igen beregnes som fraktiler eller ved brug af en sandsynlighedsfordelingsfunktion.

Der kan anvendes mange typer af regressionsmodeller for at skabe en relation mellem to lokaliteter med målte vandføringsdata. Det mest anvendte er lineær regression mellem den lokalitet, hvor man vil bestemme vandføring, og én eller to andre stationer. Disse regressionsmodeller kan også anvendes til udfyldning af datahuller i tidsserier.

QQ-Lineær
$$Q_{mst}(t) = a * Q_{refst}(t) + b$$

Q-dobbelt-Q
$$Q_{mst}(t) = a * Q_{refst,1}(t) + b * Q_{refst,2}(t) + c$$

$Q_{mst}(t)$: vandføring ved den lokalitet der ønskes simuleret til tiden t

$Q_{refst,1}$, $Q_{refst,2}$: vandføring ved referencestationer til tiden t

a, b og c: konstanter til regressionsmodellen

Der vil normal være mange målinger, og det skal tilstræbes at korrelationskoefficienten(r) er større end 0,85 (Andersen og Høybye, 1990).

I forhold til at vurdere om QQ-Lineær er bedre end Q-dobbelt-Q, kan man sammenligne værdierne for den dimensionsløse test størrelse F. Her gælder, at den simple regression er bedst hvis

$$F_{Q\text{-dobbel-Q}} > 0,5 * F_{QQ\text{-Lineær}}$$

Ellers er Q-dobbelt-Q korrelationen den bedste.

Beregning af maksimum statistik ud fra korte tidsserier af vandføring (3-10 år).

Har man kun en kort tidsserie af vandføringsdata, kan man anvende den ovenfor beskrevne korrelationsmetode til at forlænge sin tidsserie, så den dækker hele referenceperioden, og derefter beregne de karakteristiske afstrømningsværdier ved fraktilberegning eller ved en tilpasset fordelingsfunktion.

Her tilrådes at supplere med en beregning efter "Peak over Threshold (POT)" – metoden.

I metoden vælges en tærskelværdi (Q_0), så der i gennemsnit er 3 til 5 afstrømnings-maksima (peaks) pr. år. Afstrømningsmaksima, der overskrider tærskelværdien, udvælges. Det er her vigtigt, at de enkelte afstrømningsmaksima er uafhængige af hinanden. Et afstrømningsmaksimum skal helst være faldet til 2/3 størrelse, før et nyt maksimum kan indgå i datagrundlaget for en statistisk beregning.

Der foretages en sammenligning mellem de to metoder. Bekræfter beregningerne hinanden, giver det større tillid til resultatet. Hvis der derimod er stor forskel, bør årsagen hertil undersøges.

Beregning af statistik ud fra enkeltmålinger

Beregningen af afstrømningsstatistik ud fra enkeltmålinger beror på at opstille en korrelation mellem enkeltmålingerne ved målelokaliteten og en referencemålestation. Der anvendes samme korrelationsmetoder som beskrevet ovenfor. Når enkeltmålinger anvendes, og der skal laves maksimumstatistik, skal man være opmærksom på, at målingerne helst skal ligge spredt i hele vandføringsspektret og ikke være koncentreret om lave vandføringsmålinger eller kun én høj måling.

Principielt dækker regressionen ikke ud over intervallet for de målte vandføringer. Det er imidlertid ofte det bedste bud på de karakteristiske afstrømningsværdier. Derfor bør der også foretages en sammenligning af de karakteristiske afstrømningsværdier med nærtliggende målestationer, der har lignende oplandskarakteristika.

Beregning af afstrømningsstatistik, hvor der ikke findes data

Har man ingen vandføringsdata for det aktuelle vandløb, er den eneste metode ofte at anvende en statistik fra et nærtliggende vandløb. Manglende data er oftest et problem i mindre vandløb, og da disse samtidig er sensitive i forhold til tilstedeværelsen af søer, faldforhold, jordbundsforhold og grundvandstilstrømning, er afstrømningsstatistikkerne ofte behæftet med stor usikkerhed. Den endelige kontrol af de karakteristiske afstrømningsværdier sker i virkeligheden først, når man laver de hydrauliske konsekvensberegninger på faktiske forhold. Hvis det konstateres, at rør og broer medfører store modelberegnete stuvninger ved en median-maksimumafstrømning, og dette ikke kan konstateres i virkeligheden, er denne værdi sandsynligvis estimeret for høj og bør nedjusteres og vice versa. Et alternativ eller supplement til

alene at bygge afstrømningsstatistikkerne på målte data fra nærliggende vandløb er at anvende modelberegnedede vandføringsdata fra DK-modellen. Dette er beskrevet nærmere i afsnit 2.4.4.

2.4.2.2 Bestemmelse af middelværdien for afstrømningen

Middelafstrømninger for en længere periode, f.eks. et år, kan bestemmes ud fra en vandbalancebetragtning for et opland, hvis der ikke foregår nogen grundvandsudveksling med nabo oplande:

$$Q = N - E$$

Hvor

Q er afstrømningen [mm]

N er nedbøren [mm]

E er fordampningen [mm]

Omregning fra l/s/km² til mm og vice versa sker ved følgende omsætning:

$$1 \text{ l/s/km}^2 = 31,56 \text{ mm pr. år.}$$

Dette kan bruges til at komme med et overslag, hvor øvrige data ikke haves. For oplande i et vandløbssystem, med gode nedslivningsforhold, er der tendens til, at en del af det nedslivende vand krydser grænsen for det topografiske opland, og der vil derfor være en lav middelafstrømning.

Findes der enkeltmålinger, gælder det, ligesom for maksimumstatistikken, om at identificere passende referencestationer og lave en korrelationsanalyse på de målte vandføringer og døgnmiddelvandføringen ved referencestationen.

I de tilfælde, hvor der på en målestation findes en tidsserie over en kortere årrække, kan denne sammenholdes med en målestation, der har en tidsserie over en lang årrække. Forholdet mellem middelværdien for den korte periode og referenceperioden kan bestemmes for referencestationen, og det samme kan gøres for målestationen med den korte tidsserie. Herved kan middelværdien for referenceperioden beregnes.

2.4.3 Usikkerhed på karakteristiske afstrømningsværdier

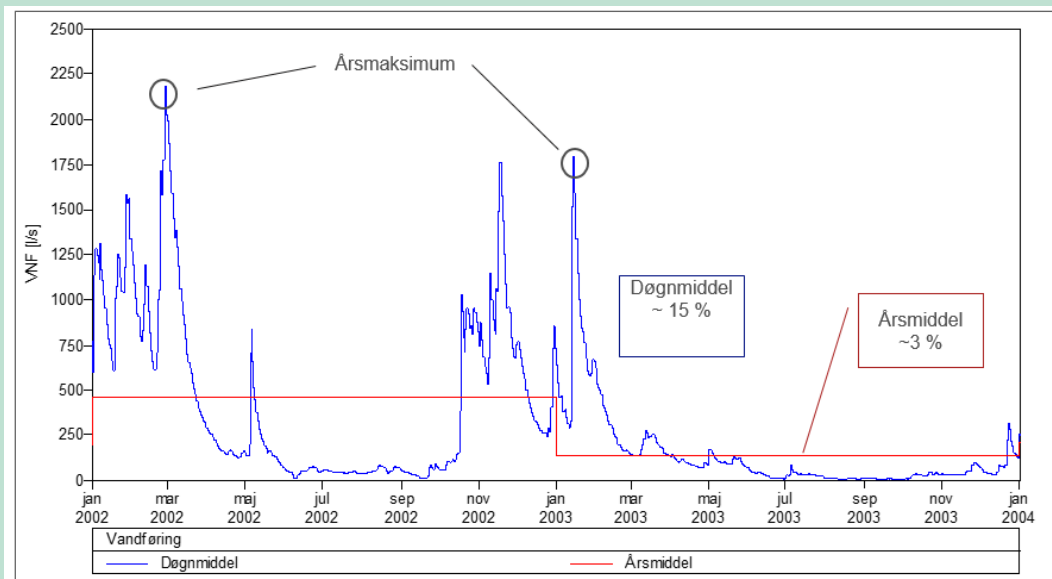
Metoderne til bestemmelse af karakteristiske afstrømninger er tilknyttet en lang række usikkerheder. Ved at beregne en afstrømningsstatistik ved anvendelse af flere forskellige metoder og/eller referencestationer, kan man få større tillid til resultatet ifald de bekræfter hinanden. Omvendt kan det tyde på stor usikkerhed tilknyttet resultatet, hvis forskellige metoder giver store forskelle i de resulterende karakteristiske afstrømningsværdier.

Ikke alle karakteristiske afstrømningsværdier er behæftet med lige stor usikkerhed. På figur 7 vises 2 års døgnmiddelvandføring for en målestation, som anvendes til at beregne karakteristiske afstrømning. Figuren viser en stor variation af vandføring i løbet af året med enkelte meget høje vandføringer. Der ses også en variation årene imellem, hvor året 2002 ser ud til at være vådere end året 2003.

Når man taler om døgnmiddel vandføring, er der en usikkerhed på data og med de målestationer og metoder til hydrometrisk bearbejdning, der er gængs praksis i Danmark, er middelfejlen fundet til at ligge på ca. 15 %⁷ (vist i den blå boks). Døgnmiddel vandføringerne anvendes

⁷ Hedeselskabet. 1987, Metoder til estimering af daglige vandføringer ved hjælp af enkeltmålinger. Hedeselskabets Forskningsvirksomhed, Beretning nr. 34

også til at finde middelvandføringer, f.eks. årsmiddel (eller vintermiddel), og her ses, at usikkerheden er faldet til 3% (rød boks). Så længe vi regner på middelvandføringer er usikkerheden derfor noget mindre.



FIGUR 7: Illustration af variationen datagrundlaget for beregning af karakteristiske afstrømninger. Figuren viser døgnmiddel vandføringen over 2 år. Usikkerheden på døgnmiddel er 15% (blå boks), usikkerheden på årsmiddel er (3%) og på de to år anvendes 1 årsmaksimum pr. år til at beregne maksimumvandføringer.

På figuren er vist de to årsmaksima for vandføringen – det er disse årsmaksima for vandføringer, der sammen med øvrige årsmaksima for tidsserien, anvendes til at beregne karakteristiske maksimumværdier (f.eks. median maksimum). Jo længere tidsserien er, jo mere sikker er bestemmelsen af den karakteristiske maksimumværdi. Usikkerhederne ved at anvende f.eks. vintermiddel og vinter medianmaksimum er noget mindre, end hvis man skal udtale sig om de sjældnere forekommende afstrømningssituationer, her er længden af tidsserien en vigtig faktor for valide data. På figur 8 ses en sammenhæng mellem gentagelsesperiode, længden af vandføringstidsserien og usikkerheden.

Return interval	±10 % error level (years of record)	±25 % error level (years of record)
10-year	90	18
25-year	105	31
50-year	110	39
100-year	115	48

USGS / The COMET Program

FIGUR 8: Retningslinjer for sammenhæng mellem længden af tidsserien og den forventede relative fejl.

Figuren viser, at det kræver en stor yderligere datamængde at reducere en usikkerhed på 25% til en usikkerhed på 10% - fra 18 års data til 90 års data for en 10-års maksimum. Figuren

viser også, at en referenceperiodelængde på 30 år er velvalgt, hvis man ønsker usikkerheden under 25%,

I regulativmæssig sammenhæng må vi på baggrund af figur 8 forvente en usikkerhed på mellem 10% og 25% for de maksimale karakteristiske afstrømninger med en gentagelsesperiode under 25 år og vandføringstidsserie med mere end 30 års data. Er tidsserien kortere eller ved større gentagelsesperioder, må det forventes at usikkerheden er større.

2.4.3.1 Følsomhedsanalyse på afstrømningstal

På samme måde som en følsomhed på Manningtal, kan man gennemføre en følsomhedsanalyse på afstrømningstal. F.eks. kan det være vurderet, at usikkerheden på sommerrmiddel ligger indenfor et interval på 4 - 6 l/s/km². En følsomhedsanalyse på dette interval vil belyse, hvad det betyder i forskel på de beregnede vandspejl.

Det kan anbefales at udføre følsomhedsanalyse på afstrømningstal, hvis usikkerheden på denne parameter vurderes at være høj. Analysen er simpel at udføre, når andre beregningsparametre ligger klar.

2.4.4 Anvendelse af DK-modellen til bestemmelse af karakteristiske afstrømninger

DK-modellen er beskrevet på <http://dk.vandmodel.dk/om-modellen> og uddrag fremgår af boks 1.

Boks 1

DK-modellen er opstillet i modelsystemet MIKE SHE / MIKE11, der er et deterministisk og fysisk baseret fuldt distribueret modelsystem, som beskriver de væsentligste strømningsprocesser i landfasen af det hydrologiske kredsløb. MIKE SHE anvendes til beskrivelse af den overfladiske afstrømning på jordoverfladen (2D), strømning i den umættede (1D) og mættede (3D) del af grundvandssystemet inklusive drænvandsafstrømning (2D). MIKE SHE er koblet til MIKE11, hvor afstrømningen i vandløb beregnes (1D). Modelsystem afvikles i MIKE Zero.

Der er anvendt daglige værdier af nedbør samt temperatur og potentiel fordampning. Data er baseret på 10x10km nedbørsgrid og 20x20km temperatur og fordampnings grid.

Vandløb beskrives med MIKE11. Som led i opdateringen er der indsamlet tidligere MIKE11 opstillinger, som er indbygget i modellen. For øvrige områder har amterne og GEUS foretaget en vurdering af hvilke vandløb, der bør medtages for en tilstrækkelig beskrivelse af kredsløbet på oplandsskala. Tværsnitsbeskrivelser af vandløbene er en vigtig komponent, og hvor der ikke eksisterede tidligere MIKE11 modelopstillinger, er der indsamlet vandløbsopmålinger. På grund af modelafviklingstiden har det ikke været muligt at medtage samtlige vandløbsopmålinger i modellen, men disse er indlagt i en samlet MIKE11 opsætning, der kan danne udgangspunkt for en yderligere detaljering af vandløbsbeskrivelse i forbindelse med detailmodellering.

Under modelopstillingen er det udnyttet, at MIKE SHE giver mulighed for at anvende forskellige diskrediteringer for den geologiske og den numeriske model. For at udnytte opløsningen i de tidligere amters modeller optimalt, er der anvendt en horisontal diskreditering i den geologiske model på 100x100 m. Det er dog ikke praktisk muligt at anvende denne opløsning for den numeriske model, hvorfor der her er anvendt en horisontal diskreditering på 500x500 m, mod de 1x1 km anvendt i den første version af DK-modellen.

GEUS har udviklet en mulighed for, via et web-baseret interface, at tilgå resultater for simuleringer med DK-modellen (VandWeb: <http://dk.vandmodel.dk/>). Dette giver mulighed for, via et

kortbaseret interface, at aflæse karakteristiske vandføringer baseret på simuleringer med DK-modellen for 30.000 vandløbspunkter. Disse karakteristiske værdier indbefatter dog ikke median maksimum værdier og afstrømninger for diverse gentagelsesperioder. Det er imidlertid muligt, via en webservice, at hente hele den bagvedliggende simulerede tidsserie for de enkelte vandløbspunkter og med baggrund i denne selv gennemføre de statistiske analyser med henblik på at bestemme de karakteristiske afstrømninger. Den information, som skal anvendes for at tilgå disse webservices, kan direkte udtrækkes via VandWeb for det enkelte vandløbspunkt.

Man skal være opmærksom på, at nøjagtigheden af simulerede høje afstrømningsværdier kan være ringe. Dette hænger bl.a. sammen med, at denne DK-model er udviklet med det formål at vise konsekvenser for grundvandsindvinding, hvorfor der i kalibreringen af modellen har været fokus på de lave afstrømninger og vandbalancen. Man kunne forestille sig, at en kalibrering af DK-modellen mod høje afstrømninger vil forbedre nøjagtigheden. Dermed ville modellen kunne være et godt supplement til de traditionelle metoder, hvor afstrømninger estimeres alene med baggrund af målte værdier for nærliggende hydrometriske stationer.

2.5 Klimaændringer

Der er bred enighed i forskerkredse om, at klimaet i Danmark vil ændre sig, og at dette også vil påvirke vandløbene, det forventes, at vandføringen generelt vil stige i vandløbene. De mest sandsynlige påvirkninger, som har betydning for vandføringen og vandstanden i vandløb er:

- Mere vinternedbør
- Mindre sommernedbør
- Flere sommerskybrud
- Øgede temperaturer

Effekten af mere vinternedbør er en øget nettonedbør og dermed en øget vandmængde til rådighed for grundvandsdannelse og vandføring i vandløb. I forhold til de karakteristiske afstrømninger i vandløb vil det resultere i en øget middelfastrømning om vinteren, og det er også sandsynligt, at sommermiddel- og medianminimumvandføringen vil stige i de fleste vandløb, som følge af at grundvandsdannelsen stiger, og at grundvandsbidraget til afstrømningen stiger.

Generelt mindre sommernedbør vurderes ikke umiddelbart at have den store indvirkning på vandføringen i vandløbene. Nettonedbøren er under nuværende forhold oftest negativ om sommeren, og om den bliver yderligere negativ, vurderes ikke at have stor effekt på afstrømningen.

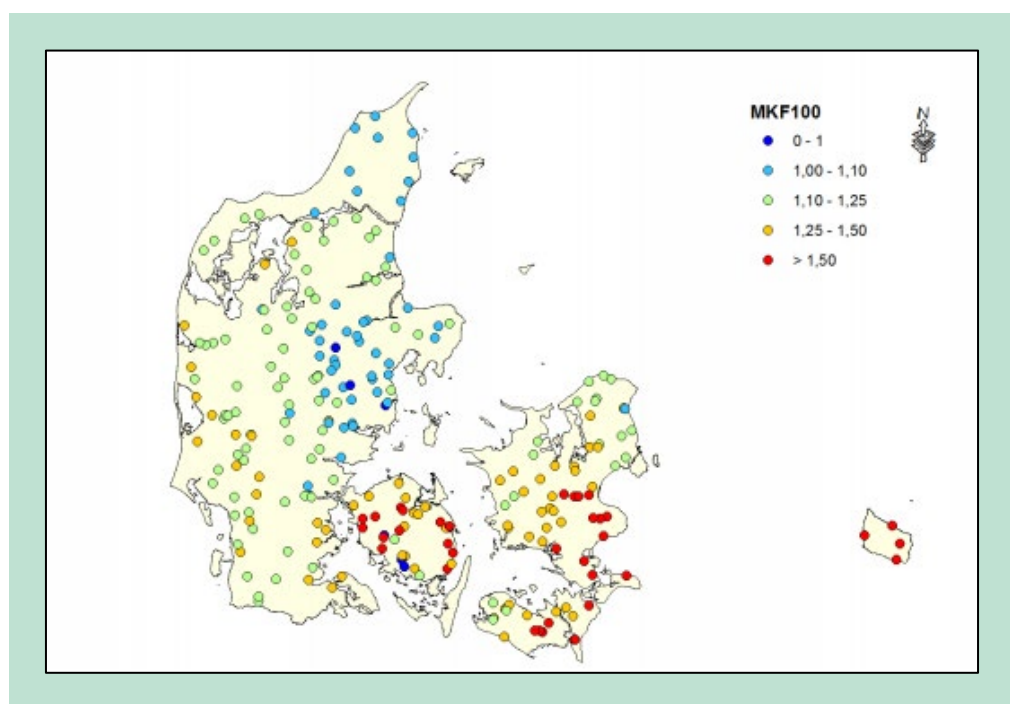
Effekten af flere og kraftigere sommerskybrud vil betyde, at de karakteristiske afstrømninger for sommer-maksimum vil stige for visse vandløb, hvor de maksimale hændelser er karakteriseret ved at være af kort varighed. Det gælder for eksempel vandløb, hvor en stor del af oplandet er befæstet, hvor der er store terrænhældninger, og/eller hvor jorden er meget lerholdig. Ligeledes vil mindre vandløb opleve større ændring i karakteristiske afstrømninger end større vandløb, idet de hændelser, der resulterer i de maksimale afstrømninger, har en kortere varighed for disse vandløb. Denne type kritiske hændelser egner sig bedst til at blive beregnet dynamisk, så der kan tages hensyn til tilløbets og vandløbets dynamik og samspil med ådalen.

En generelt øget temperatur vil øge fordampningen og dermed reducere nettonedbøren og de karakteristiske værdier for middelvandføring og minimumsvandføring, mens de karakteristiske maksimumafstrømninger ikke vurderes at påvirkes i nævneværdig grad.

Det skal bemærkes, at for mange vandløb er de historisk maksimale hændelser indtruffet i forbindelse med snesmeltning. Hvis denne type af afstrømningshændelser udebliver i fremtiden, må det forventes, at størrelsen af de karakteristiske afstrømninger for de største gentagelsesperioder vil blive reduceret.

2.5.1 Eksisterende datagrundlag

GEUS har udarbejdet to rapporter (GEUS, 2013; GEUS, 2014), der belyser de forventede klimaeffekter på ekstremafstrømningen ved forskellige klimascenarier (GEUS, 2013). Rapporterne belyser også de usikkerheder, der er relateret til forudsigelserne (GEUS, 2014). I rapporterne kan der findes klimafaktorer, der angiver forskellen mellem de karakteristiske afstrømninger gældende for normalperioden 1961-1991 og fremskrevet til perioden 2021-2050. Figur 9 viser et eksempel på beregnede klimafaktorer for 100-års hændelsen. Af figuren ses, at der er store forskelle på klimafaktoren i forskellige dele af landet, men også at langt de fleste faktorer er større end 1, det vil sige, at der generelt forventes en større karakteristisk afstrømningsværdi for 100-års gentagelsesperioden.



FIGUR 9: Middelværdi på klimafaktorer beregnet for 2021-2050 ud fra 1961-1990, 100 års maks. vandføring fra våd, median og tør klimamodel (GEUS, 2013).

2.5.2 Procedure for bestemmelse af klimafaktorer

Der findes i øjeblikket ikke et grundlag, hvor man umiddelbart kan fremskrive klimaeffekter på afstrømning til andre perioder end perioden 2021-2050. Der er derfor opstillet følgende procedure:

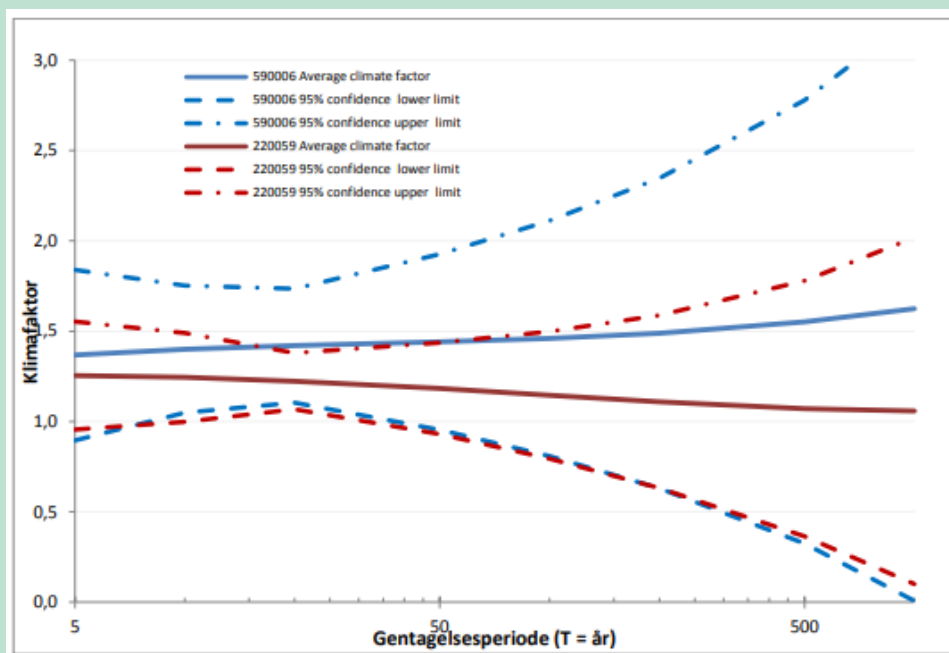
1. Lav karakteristiske afstrømninger for vandløbet.
2. Korreger de karakteristiske afstrømninger, så de er gældende for perioden 1961-1990.
3. Find en målestation i GEUS' rapport (GEUS, 2013) beliggende i eller i nærheden af det vandløb, som statistikken skal laves for, og hvor oplandet har nogenlunde samme karakteristika (størrelse, arealanvendelse, jordtype mv.). Udtag klimafaktorer for de relevante karakteristiske afstrømningsværdier.
4. Faktorerne ganges på de karakteristiske afstrømningsværdier for normalperioden 1961-1990.

Ad 2. Korrektion til perioden 1961-1990 kræver, at man har en målestation, der har data både for referenceperioden og perioden 1961-1990.

Ad 3. Der kan vælges mellem flere klimafaktorer for flere klimascenarier (våd, median, tør). Valget afhænger af, hvad man i den givne sammenhæng ønsker at vise.

2.5.3 Usikkerhed på bestemmelse af klimafaktorer

Proceduren til fastlæggelse af klimafaktorerne, indeholder en potentiel stor usikkerhed, der er vanskelig at kvantificere. Den del af proceduren, der omfatter fastlæggelsen af klimafaktoren på målestationer er kvantificeret af GEUS (GEUS,2014). GEUS's bud på usikkerheden på klimafaktoren er vist i figur 10 for to udvalgte målestationer (590006 og 220059).



FIGUR 10: Ændringer i ekstremvandføringer for den nære fremtid 2021-2050 i forhold til referenceperioden 1961-1990 med tilhørende usikkerhedsintervaller (GEUS, 2014).

95% - konfidensintervallet ligger for de to lokaliteter mellem ca. 1 og 1,5-1,8 for karakteristiske vandføringer med en gentagelseshyppighed under 30 år. For sjældnere gentagelseshyppigheder, er der en meget større usikkerhed knyttet til bestemmelsen af klimafaktoren.

For lokaliteter, der ikke indgår i GEUS's rapport, vil der være en større usikkerhed, idet etablering af karakteristiske afstrømninger på det aktuelle vandløb for perioden 1961-1990 og valg af repræsentativ målestation, må forventes at bidrage yderligere til usikkerheden på bestemmelse af klimafaktoren.

Der er en bred opfattelse af, at klimaændringer betyder hyppigere og mere ekstreme oversvømmelser. Dette er ikke nødvendigvis tilfældet. I tabel 2 er vist medianmaksimumafstrømning på 5 målestationer i Danmark for normalperioden 1961-1990 og for perioden 1991-2020. Her kunne man forvente en stigning i medianmaksimumafstrømning fra perioden 1961-1990 til perioden 1991-2020 (Bemærk at perioden 1991-2020 er angivet som interval, da der stadig mangler to års data for at have et fuldstændigt datagrundlag).

For de viste målestationer er der ingen indikation af, af medianmaksimum er blevet større, bortset fra Odense Å, hvor det kan være tilfældet, hvis både år 2019 og 2020 bliver våde år.

Der er således ikke tegn på, at data bekræfter den forventede udvikling i vandføringen. Det anbefales derfor, at man anvender en adaptiv tilgang til indarbejdelse af klimaeffekter i regulativerne, enten gennem en indarbejdelse når klimaeffekterne understøttes af målte data eller klimamodellerne udviser mindre usikkerhed.

TABEL 2. Sammenligning af medianmaksimumvandføringen i perioden 1961-1990 og 1991-2020 for 5 lokaliteter i Danmark. Perioden 1991-2020 er givet som interval, da der stadig mangler to års data for at have et fuldstændigt datagrundlag.

Lokalitet	Opland [km ²]	Medianmaksimum afstrømning [l/s/km ²]	
		1961-1990	1991-2020
03.01. Uggerby å, Åstedbro	153	53	44 - 45
21.01 Gudenå, Tvillum	1282	30	24 - 25
38.01 Ribe å, Stavnager	676	49	45 - 45
45.01 Odense å, Nr. Broby	302	51	46 - 54
59.01 Trykgevælde å, Ll. Linde	130	64	51 - 55

Ønskes det at indarbejde klimaeffekter, i f.eks. estimeringen af forventede fremtidige oversvømmelsesniveauer og hyppigheder i regulativerne, bør man oplyse, hvilken usikkerhed der er knyttet til de forventede klimaeffekter. En ulempe ved dette er, at det er svært at formidle viden om usikkerhed og specielt usikker viden om usikkerhed.

2.5.4 Fremtidens muligheder

Der arbejdes løbende med henblik på at forbedre klimamodellerne. I regi af FODS 6.1 er GEUS i færd med at udvikle HIP4+, der skal sikre en forbedret adgang til hydrologiske data og beregne klimaeffekter på vandføringen i vandløb frem til år 2100. Systemet er planlagt færdigt i 2020, og validering af funktionalitet igangsættes i 2. halvår af 2019.

Modellen tager udgangspunkt i den 30-årige referenceperioden 1981-2010, hvorfra den beregner klimaeffekter. Modellen Bias korrigeres til perioden 1990-2009. Det kan forventes, at der vil være et punkt i vandløbet med karakteristiske vandføringsdata med en afstand på 1 km, med både aktuelle og klimafremskrevne karakteristiske vandføringsværdier, svarende til den samme tæthed af punkter i vandløb, som der findes på <http://dk.vandmodel.dk/vandweb/>, der er en videreudvikling af DK-modellen. Et af målene med HIP4+ er at opstille en model, der kan simulere vandføringen på døgnmiddel niveau i vandløb i perioden 1990-2100.

Det kan på nuværende stade i projektet ikke vurderes, hvilken usikkerhed, der er knyttet til de modelberegnete statistikker. Men det vil blive et væsentligt supplement til de traditionelle statistikker, der bygger på målte data.

2.6 Datagrundlag, sammenfatning og anbefalinger

Det eksisterende hydrometriske datagrundlag og metoder til beregning af de karakteristiske afstrømninger giver mulighed for at beregne afstrømningsstatistik på en given lokalitet. Statistikken vil have varierende kvalitet afhængig af datagrundlaget. I store og mellemstore vandløb er der normalt et godt datagrundlag, mens det ofte er mangelfuldt i små vandløb. Det giver derfor en større usikkerhed på de resulterende karakteristiske afstrømningsværdier i små vandløb. DK-modellen kan bidrage til at øge dækningsgraden, når der ikke findes målte data, og give en størrelsesorden for de karakteristiske afstrømningsværdier for både aktuelle og klimafremskrevne referenceperioder og supplere metoder, der bygger på målte data.

I nogle vandløb er korte intense afstrømningshændelser kritiske for oversvømmelser. Det gælder vandløb, der tilledes store vandmængder fra befæstede arealer vandløb der er skåret dybt i terræn med store fald samt meget små vandløb. I disse vandløb vil beregninger af oversvømmelsesrisiko baseret på døgnmiddelafstrømningsstatistik ikke give et retvisende billede af den reelle oversvømmelsesrisiko.

I vandløb, hvor de maksimale vandstande opleves om sommeren, som en kombination af høj afstrømning og lav vandføringsevne, er det yderst vanskeligt at belyse risikoen, fordi de maksimale vandstande kan opstå af tilfældige kombinationer af stor nedbør og grødevækst (medtaget i beregninger vha. Manningtal).

Forudsigelse af klimaudviklingen og effekten af denne er behæftet med stor usikkerhed. Fordele ved at indarbejde effekter af klimaudvikling, er at man kan tilpasse arealanvendelsen af de ånære arealer, så disse er afstemt til den fremtidige hyppighed af oversvømmelser, ligesom det også giver mulighed for at udforme tekniske løsninger, der kan forebygge eventuelle fremtidige oversvømmelser.

I henhold til datagrundlaget i de fremtidige vandløbsadministration anbefales:

- At man afsøger hvilket datagrundlag, der findes, og at man anvender flere uafhængige metoder til beregning, når datagrundlaget er usikkert.
- At de karakteristiske afstrømninger, som indgår som grundlag for regulativet, skal beskrives herunder den statistiske usikkerhed på data.
- At de karakteristiske afstrømninger, der beskriver en middel afstrømning (f.eks. vintermiddel) samt maksima (f.eks. vinter medianmaksimum) er forholdsvis sikre at anvende til beregninger i modsætning til de høje karakteristiske afstrømninger (f.eks. 50 og 100-års maksimum), som kræver noget længere tidsserier for at være valide.
- At man er bevidst om at usikkerheden på de høje afstrømningerne bliver endnu større, når der fremskrives med klimafaktorer, der også er behæftet med usikkerheder.
- At man ikke beskriver vandføringsevnen om sommeren i regulativet, da data er behæftet med meget stor usikkerhed, fordi grødevæksten (Manningtallet) kan variere meget over året og fra år til år. Hvis man vil have valide beskrivelser af vandføringsevnen om sommeren, vil det kræve mange og omkostningstunge bestemmelser af Manningtal ved målinger i felten.

3. Emner til udbyggede regulativer

Ekspertudvalget anbefaler, at regulativer fremover skal udbygges med flere emner, der beskriver vandløbenes vandføringsevne samt oversvømmelsesrisiko og hyppighed med og uden klimafaktor ved forskellige gentagelsesperioder.

Dette kapitel omhandler de forskellige emner, som det vurderes at kunne være relevant at udbygge de fremtidige vandløbsregulativer med. Et udvidet indhold af regulativer, skal ses i forhold til de krav, der i dag er til indhold af et vandløbsregulativ, jfr. § 3 i Bekendtgørelse om regulativer for offentlige vandløb.

Udbygningsemnerne er emner, der vurderes at være relevante for andre hensyn i relation til administration af vandløbet. Det kan være hensyn til formidling og forventningsafstemning mellem myndighed og lodsejere, og myndigheder imellem. Det kan også være med henblik på at synliggøre forskellige forhold, der kan være afledt af f.eks. klimaeffekter, sætninger, påvirkninger af regnbetingede udløb mv.

I de følgende kapitler beskrives de enkelte udbygningsemner. I kapitel 6 er de enkelte udbygningsemner visualiseret nogle cases. Fordele og ulemper ved fremover at udvide regulativernes indhold med de enkelte udbygningsemner er behandlet i kapitel 8.

3.1 Udvalgelse af udbygningsemner

I figur 11 fremgår de forskellige overvejelser, som har været omdrejningspunkter for udvælgelsen af udbygningsemnerne i denne rapport.

Et af de primære hensyn er en bedre formidling af betydningen og konsekvenserne af de regulativmæssige bestemmelser, - herunder særligt de regulativmæssige bestemmelser vedr. krav til vandløbets vandføringsevne/skikkelse. Hvad betyder kravet til vandføringsevne for de arealinteresser, der er langs vandløbet, - både nu og i fremtiden? Kan myndigheden med konkrete udbygningsemner få bedre mulighed for at træffe klare og forståelige afgørelser, hvis der i regulativerne indbygges en visualisering af, hvad man kan forvente af de fastsatte krav til skikkelsen/vandføringsevnen.

Vil de omkostninger, der vil være forbundet med de enkelte udbygningsemner, i øvrigt overhovedet stå mål med gevinsten? Med til sådanne overvejelser hører, om emnet tjener til at belyse forhold, der ligger inden for regulativets ansvarsområde, eller om emnets fordel udelukkede, har relation til andre myndigheds- og planlægningsopgaver.

Fastlæggelse af vandløbsstrækninger, hvor regulativet bør udbygges og fastlæggelse af hvilke emner regulativet bør udbygges med.



FIGUR 11: Oversigt over hensyn, der er omdrejningspunkter for udbygning af regulativer.

Regulativer er i dag beskrevet med et forskelligt detaljeringsniveau. Hvad minimumskravet til fremtidige regulativer skal indeholde, kan der være forskellige holdninger til, ligesom der ved ethvert emne kan knytte sig både fordele og ulemper til at tage udvidelsen med. Et eksempel kan være, at regulativer kunne fungere som et opslagsværk for alt kendt viden, der er knyttet til vandløbet på revisionstidspunktet. I kontrast til dette vil være at regulativerne kun skal indeholde et minimum af informationer, da regulativerne ikke revideres så hyppigt, og data derfor kan blive forældede. I kapitel 6 gennemgås de emner, som det anbefales, der som minimum skal medtages i de fremtidige regulativer vist for de tre mest anvendte regulativtyper.

En anden problematik er, at de ekstra informationer et regulativ kan udvides med, skal give en værdi i forhold til den omkostning, der vil være til at tilvejebringe informationerne.

Listen af emner, man kan medtage som en udbygning af et regulativ er i princippet lang. Emnerne kan både omfatte supplerende data eller egentlige supplerende analyser.

I kravspecifikationen til denne opgave er det angivet, at der skal udredes for, hvordan vandføringsevnen, forventet hyppighed af oversvømmelser og karakteristiske afstrømninger kan beskrives i forskellige regulativtyper, herunder hvilke data og beregninger, der er nødvendige herfor.

Med den baggrund er udbygningsemnerne i denne rapport begrænset til at omhandle analyser, der tjener til at formidle afledte konsekvenser af regulativets krav til skikkelse/vandføringsevne, herunder også analyse af forventet oversvømmeshyppighed, samt værdien af at udbygge med forskellige karakteristiske afstrømninger.

Nedenfor er angivet en liste med emner til udbyggede regulativer. Listen er opdelt i to kategorier for henholdsvis data og analyser. Data repræsenterer viden om vandløbet, som kan bruges i forskellige sammenhænge, mens de valgte analyser formidler forskellige konsekvenser afledt af regulativets krav til skikkelse/vandføringsevne.

Alle analyserne formidler forskellige konsekvenser afledt af regulativets krav til skikkelse/vandføringsevne.

Data-udbygningsemner (kapitel 4):

- Karakteristiske afstrømninger

- Oplande
- Manningtal

Analyser-udbygningsemner (kapitel 5):

- Længdeprofilplot med beregnede vandspejl
- Afvandingspotentialekort
- Oversvømmelseskort
- Hyppigheder af oversvømmelse, med eller uden klimafaktor.
- Øvrige analyser (Sætningskort og Kapacitetsanalyser)

4. Udbygningsemner – Data

4.1 Karakteristiske afstrømninger

I dette afsnit gennemgås, hvordan regulativer kan udbygges med karakteristiske afstrømninger.

Karakteristiske afstrømninger kan benyttes i flere sammenhænge, herunder til projektering, udledningstilladler mv. I forhold til regulativer kan de anvendes i regulativtypen teoretisk skikkelse, og kan i QH regulativer anvendes til at definere inden for hvilket afstrømningsniveau kravkurverne skal udarbejdes.

I forhold til de analyser omkring vandføringsevne, der behandles i de følgende kapitler, er afstrømningsstatistikkerne i større eller mindre grad forudsætninger for beregningerne.

De mest anvendte karakteristiske afstrømninger er oplistet her:

- Median minimum
- Sommer middel
- Vintermiddel
- Årsmiddel
- Vinter median maksimum
- Sommer median maksimum
- 5 års maksimum (sommer/vinter)
- 10 års maksimum (sommer/vinter)
- 20 års maksimum (sommer/vinter)
- 50 års maksimum (sommer/vinter)
- 100 års maksimum (sommer/vinter)

En nærmere beskrivelse af de enkelte karakteristiske afstrømninger samt en gennemgang af, hvordan de beregnes, er beskrevet i kapitel 2.4.

Som beskrevet ovenfor er der karakteristiske afstrømninger, der indgår som en del af nogle regulativtyper. Det kan f.eks. være i teoretisk skikkelse, hvor karakteristiske afstrømninger kan indgå som:

- Grundlag for regulativets krav til vandføringsevne.
- Fastsat som en kontrolparameter i regulativet.

Her er en karakteristisk afstrømning en forudsætning for bestemmelserne og illustrationerne i regulativet.

I redegørelsen til et regulativ skal der beskrives konsekvenser af regulativforslaget. Dette gøres i nogle tilfælde ved at lave vandspejlsberegninger. I dette tilfælde kan de karakteristiske afstrømninger beskrives som værende:

- En forudsætning for en mere detaljeret redegørelse.

I disse 3 tilfælde vil karakteristiske afstrømninger kunne betegnes som værende data, der anvendes til analyser inden for regulativets ansvarsområde.

Ekspertudvalget anbefaler, at karakteristiske afstrømninger, og den heraf forventede hyppighed af oversvømmelse, beskrives i regulativerne, samt at det er nødvendigt, at regulativerne for vandløb beskriver vandføringsevnen.

Derudover er der en række opgaver, som vurderes at ligge uden for regulativets ansvarsområde. Det er f.eks. tilfældet, hvis en karakteristisk afstrømning benyttes i forbindelse med fastsættelse af en udledningstilladelse.

I tabel 3 ses en oversigt over sammenhænge, hvor forskellige afstrømningsværdier kan være nyttige i forhold til udbygningsemner i regulativet og opgavetyper, der ligger uden for regulativets ansvarsområde.

Som det fremgår af tabellen, finder de forskellige afstrømningsværdier anvendelse i forskellige opgavetyper.

Det kan f.eks. være, at man ønsker, at informationer i regulativet skal understøtte de beregninger, der skal ligge til grund for en udledningstilladelse til vandløbet. Så vil man ofte anvende medianmaksimum afstrømninger til kapacitetsvurdering af vandløbet.

Hvis man ønsker, at regulativet skal understøtte forvaltning af vandindvindings- og renseforanstaltningsområdet, kan man vælge at regulativet skal indeholde information om minimum afstrømning.

TABEL 3: Angivelse af karakteristiske afstrømningsværdier, der egner sig til, forskellige opgavetyper. Typisk er karakteristiske afstrømningsværdier udarbejdet på grundlag af døgnmidler. (x) ved dimensionering af nye bygværker tilkendegiver projektafhængighed. Ved årsmiddel betyder (x), at det ikke er den karakteristiske årsmiddel afstrømning, der direkte anvendes i analyserne, fordi forskelle i manningstal betyder, at der skal differentieres mellem sommer og vinter. * Maksværdier med kortere midler end døgnmidler er bestemt f.eks. ned til 15 minutter middelinterval eller mindre.

	Grundlag	Kontrol	Udbygning - analyse		Andet					
	Fastsættelse af krav	Kontrol af teoretisk skikkelse	Afvandingskort, sætningskort	Oversvømmelses-Beregninger, -hyppigheder.	Udledningstilladelser	Dimensionering af nye bygværker	Dimensionering af projekter	Indvindingstilladelse	Arealplanlægning: Infrastruktur bebyggelse vandparkering	Stormrådsager
Median minimum					x		x	x		
Sommer middel			x				x			
Vintermiddel	x	x	x				x			
Årsmiddel			(x)							
Vinter median maksimum	x	x	x	x	x	x	x		x	
Sommer median maksimum			x	x			x		x	
5 års maksimum				x		x	x		x	
10 års maksimum				x		x	x		x	
20 års maksimum				x		(x)			x	x
50 års maksimum				x		(x)			x	
100 års maksimum				x		(x)			x	
Maksværdier med kortere midler *				x (i byer)	x					

Afhængig af i hvor høj grad, man ønsker at understøtte datagrundlag for opgavetyper, der ligger uden for regulativets ansvarsområde, kan man som udbygningsemne i regulativet angive de karakteristiske afstrømninger, der er relevant for den pågældende opgavetype.

Eksempler på udbyggede emner, hvor der er anvendt karakteristiske afstrømninger med og uden klimafaktor ses i casene i kap. 7.

Der kan være fordele og ulemper ved at opgive de forskellige afstrømningsværdier i regulativet. Fordele og ulemper ved at udbygge regulativer med karakteristiske afstrømningsværdier beskrives i kapitel 8.

4.2 Oplande

For de regulativtyper, der beskriver en vandføringsevne (f.eks. teoretisk skikkelse), er oplandene et minimumskrav i regulativerne, da det er en forudsætning for at gennemføre vandspejlsberegninger. Vandløbsoplandet indgår som:

- Grundlag for regulativets krav til vandføringsevne.
- Fastsat som en kontrolparameter i regulativet.
- Vandspejlsberegninger i forbindelse med en redegørelse for de afledningsmæssige konsekvenser af regulativet.

Oplandsstørrelser indgår desuden i de beregninger der foretages i forbindelse med fastlæggelse af kravkurverne QH-regulativer.

Ved regulativtypen fast geometrisk skikkelse er der ikke krav til vandspejlsberegninger, og her vil informationer om oplandet derfor være en udbygning af regulativet.

For alle regulativtyper gælder, at et oplandskort ikke er et krav, men det kan ikke desto mindre give et godt overblik over vandløbets opland og hvilken arealanvendelse, der er langs vandløbet. Det er også en forudsætning for, at man i redegørelsen kan beskrive oplandstypen. Et oplandskort vil således være et udbygningsemne.

Eksempler på oplandskort ses i casene i kap. 7, men da det er en forholdsvis uproblematisk udbygning af regulativet, er fordele og ulemper ikke analyseret nærmere.

4.3 Manningtal

Ligesom vandløbsoplandet er Manningtallet nødvendig for at kunne gennemføre vandspejlsberegninger.

Ved QH-regulativer er bestemmelse af Manningtallet en forudsætning for regulativtypen. Ved andre regulativtyper, hvor der gennemføres vandspejlsberegninger (f.eks. teoretisk skikkelse), er en bestemmelse af Manningtallet ikke et krav, da man oftest benytter erfaringstal.

Manningtallet indgår i de udbyggede emner længdeprofiler med beregnede vandspejl, oversvømmelseskort og afvandingspotentialekort og skal derfor ses som en forudsætning for disse udbygninger. En Manningtalsbestemmelse er således ikke i sig selv et udbygningsemne. Hvorvidt man vil gennemføre en Manningtalsbestemmelse eller anvende et erfarings Manningtal ved disse udbygningsemner må bero på en individuel bedømmelse med baggrund i den viden, der er om usikkerheder på Manningtal. Disse usikkerheder er beskrevet i afsnit 2.3.3.

Da en bestemmelse af Manningtal ikke i sig selv er et udbygningsemne, er det ikke beskrevet nærmere i kap. 8 - fordel og ulemper.

5. Udbygningsemner – Analyse

I dette afsnit beskrives forskellige analyser, der alle har til formål at visualisere, hvilken resulterende vandføringsevne regulativet beskriver i forskellige situationer.

Som tidligere nævnt er formålet med analyserne at illustrere forhold vedr. regulativets krav til vandføringsevne, det vil sige, at analyserne ligger inden for regulativets ansvarsområde, idet der i analyserne tages udgangspunkt i regulativets krav til vandføringsevne. Det betyder ikke, at der også kan være afledte gevinster i andre sammenhænge ved at kunne se resultaterne af de enkelte analyser.

Eksempler på de enkelte analyser er vist i kapitel 7, mens fordele og ulemper ved at udvide regulativet med de respektive analyser fremgår af kapitel 8.

5.1 Længdeprofilplot med beregnede vandspejl

Et længdeprofilplot med beregnede vandspejl er et plot, der viser beregnede vandspejle på en skikkelse eller en opmåling ved forskellige afstrømningssituationer.

Nøjagtigheden af det beregnede vandspejl, i forhold til virkeligheden, afhænger af de data, der ligger til grund for beregningerne. Et vigtigt formål med de sammenlignende vandspejlsberegninger er dog ofte at vise, hvad forskellen på vandføringsevnen er ved f.eks. en opmåling og regulativet.

Mange teoretiske skikkelses-regulativer viser længdeprofiler med beregnede vandspejl. De beregnede vandspejl bruges ved kontrollen af regulativet, og kan desuden illustrere eventuelle konsekvenser af regulativets krav til vandføringsevne i relation til det tidligere regulativ og/eller i forhold til de eksisterende forhold (opmålingen).

I faste geometriske skikkelses-regulativer er der oftest ikke sådanne plot med i regulativets redegørelse, fordi regulativet ikke skal beskrive forhold vedr. vandløbets vandføringsevne. I QH-regulativer er der oftest heller ikke sådanne plots, da vandføringsevne er beskrevet ved QH-kurver, som er gældende for den nedstrøms strækning.

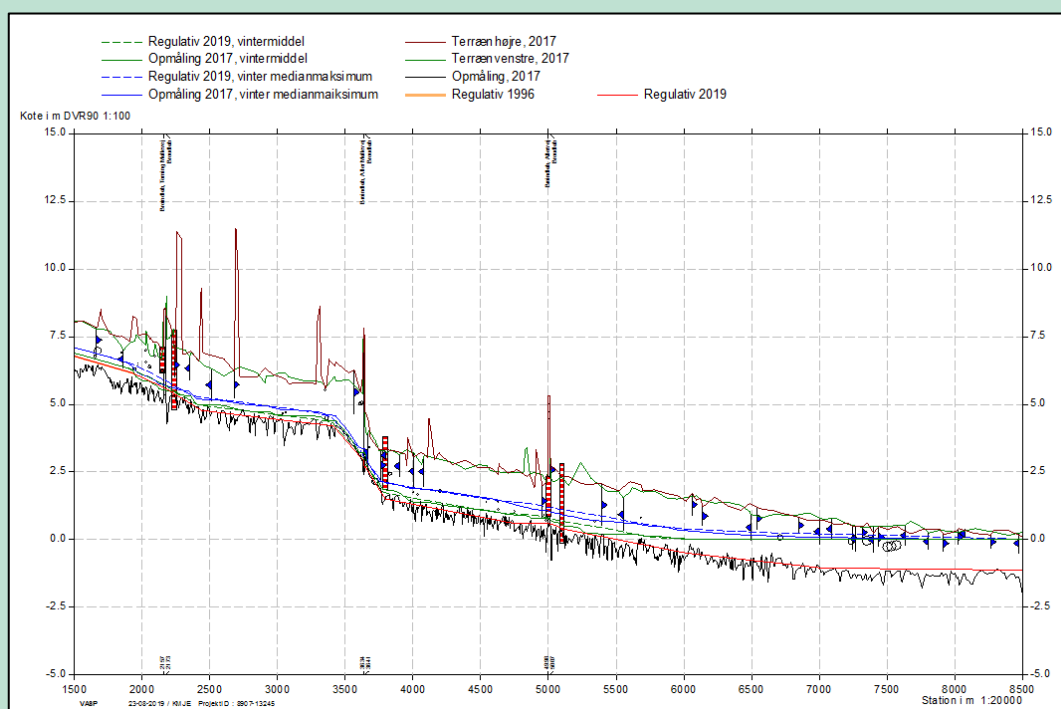
For geometriske regulativer vil der være en skikkelse at regne på. For QH-regulativer derimod skal beregningsprofilen være det profil, der er grundlag for de opstillede QH-kurver, og man skal for vintersituationen regne med samme Manningtal, som der er anvendt som grundlag for QH-kurven.

Hvis QH-kurverne udelukkende er opstillet med baggrund i måling af Q og H, har man ikke umiddelbart et profil, som udtrykker regulativets krav til vandføringsevne. Her må man med baggrund i en anden opmåling og regulativernes grundkurver/eller kravkurver beregne/estimere vandstande, der bedst muligt beskriver regulativets krav til vandføringsevne ved den pågældende afstrømningssituation.

Følgende data og udstyr er nødvendige for at kunne udarbejde længdeprofiler med beregnede vandspejl:

- Vandløbsskikkelse
- Oplandstørrelser
- (Karakteristiske) afstrømningsværdier
- (Skønnede) Manningtal
- Vandspejlsberegningsprogram

Der findes forskellige vandspejlsberegningsprogrammer, hvor man med de nødvendige input-data kan beregne vandspejl ud fra en skikkelse/opmåling. I Danmark er de mest anvendte programmer til dette VASP og MIKE 11. Begge programmer har også plotmuligheder, så det er muligt at udtegne opmåling, regulativmæssig skikkelse og beregnede vandspejl på samme plot. Et eksempel på et længdeprofil med vandspejlsberegninger ses på figur 12, ligesom der er vist eksempler på længdeprofiler under de enkelte cases i kapitel 6.



FIGUR 12 Eksempel på længdeprofilplot

Hvis der udføres vandspejlsberegninger på de gældende dimensioner og de faktiske forhold i form af en opmåling, kan de beregnede vandspejl vise, om regulativet sikrer den bestående vandføringsevne, eller om regulativets afledte vandføringsevne er mindre. Er der f.eks. en forskel på de beregnede vandspejl på 10 cm ved en vintermiddel betyder det, at man som lods-ejer ikke har krav på den nuværende afvandingsstilstand, og at man kan risikere at vintermid-delvandspejlet på sigt vil kunne stige op til 10 cm.

Hvor nøjagtige de beregnede vandspejle angiver de faktiske forhold afhænger af datasikkerheden. Anvendes der erfarings Manningtal, vil beregningerne skulle opfattes som vejledende i forhold til vandspejlskoterne. Derimod vil usikkerheden på forskellen af de beregnede vandspejlsforløb være lille.

5.2 Afvandingskort

Et Afvandingskort viser de ånære arealers afvandingstilstand. Kortet er særlig relevant i forhold til arealanvendelse, idet kortet beskriver de enkelte arealers afvandingstilstand og dermed, hvad jorden kan anvendes til i dyrkningsmæssig sammenhæng.

Kortet tematiseres i forhold til de enkelte arealers afvandingstilstand og opgives ofte med følgende intervaller (se figur 13):

	<0 cm afvandingsdybde = Frit vandspejl på terræn
	0-25 cm afvandingsdybde = Sump
	25-50 cm afvandingsdybde = Våd eng
	50-75 cm afvandingsdybde = Fugtig eng
	75-100 cm afvandingsdybde = Eng
	100-125 cm afvandingsdybde = Tør eng
	>125 cm afvandingsdybde = Arealer uden for det vandløbspåvirkede område

FIGUR 13: Eksempel på tematisering afvandingskort.

Følgende data og udstyr er nødvendige for at kunne udarbejde afvandingskort:

- Vandløbsskikkelse
- Oplandstørrelser
- Karakteristiske afstrømningsværdier (sommermiddel og/eller vintermiddel)
- (Skønnede) Manningtal
- Vandspejlsberegningsprogram
- Terrænmodel
- It-program der kan beregne differencer på grids og tematisere resultaterne

Afvandingskortene skal relatere sig til regulativets krav til skikkelse eller vandføringsevne. For regulativer med fast geometrisk eller teoretisk skikkelse, vil den beskrevne skikkelse således være udgangspunktet. For QH-regulativer derimod skal beregningsprofilen være det profil, der er grundlag for de opstillede QH-kurver, og man skal for vintersituationen regne med samme Manningtal, som der er anvendt som grundlag for QH-kurven.

Hvis QH-kurverne udelukkende er opstillet med baggrund i måling af Q og H, har man ikke umiddelbart et profil, som udtrykker regulativets krav til vandføringsevne. Her må man med baggrund i en anden opmåling og regulativernes grundkurver/eller kravkurver beregne/estimere vandstande, der bedst muligt beskriver regulativets krav til vandføringsevne ved den pågældende afstrømningssituation.

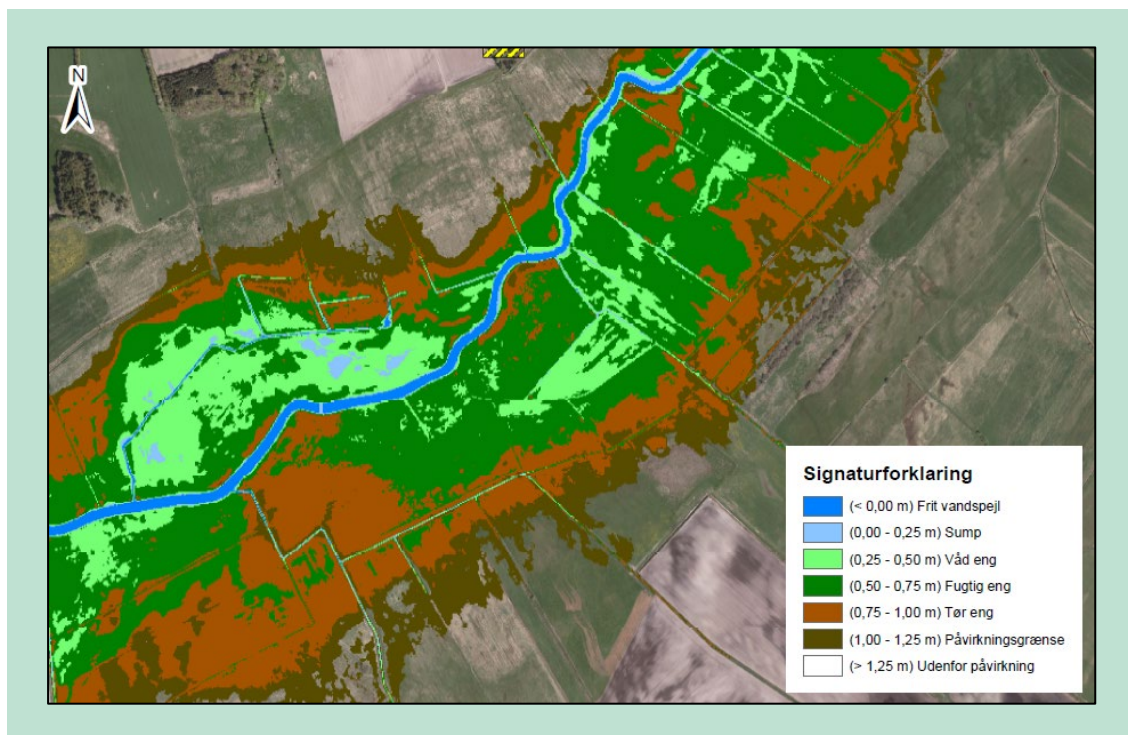
Kortene udarbejdes ved at lave vandspejlsberegninger ved f.eks. vintermiddel afstrømninger. Den indledningsvise beregning af vandspejl kan foretages i vandløbsprogrammer som f.eks. VASP eller MIKE 11. De beregnede vandspejlsforløb projiceres ud i terrænet, for vintermiddel ofte med en gradient på 1-2 promille.

Der laves herefter et differensegrid ved at trække de beregnede vandspejlsforløb fra terrænkortene (som fås fra terrænmodellen). Herefter tematiseres differensegriddet således, at det bliver muligt at se afvandingstilstanden på de enkelte arealer.

Afvandingskortene kan vise hvilken afvandingstilstand man kan forvente sig i forhold til den regulativmæssige skikkelse og/eller vandføringsevne. Således kan lodsejere blive oplyst om,

hvorvidt et givent areal er dyrkningseget. Kortene kan også bruges til at vurdere om den regulativbeskrevne afvandingsstilstand er forenelig med de krav og hensyn, der måtte være i forhold til naturbeskyttede arealer.

På figur 14 er vist et eksempel på et afvandingspotentialekort. Der er desuden vist nogle flere eksempler i kapitel 7.



FIGUR 14: Eksempel på afvandingspotentialekort

5.3 Oversvømmelseskort

Oversvømmelsesberegninger er vandspejlsberegninger ved større afstrømninger, der giver anledning til oversvømmelser. Oversvømmelseskort er her defineret som kort, der viser, hvor der sker oversvømmelse ved større afstrømningssituationer.

Som for afvandingskortet kan oversvømmelseskort være en visualisering af, hvad man som lodsejer kan forvente af oversvømmelser ved en given afstrømningssituation. Hvis der regnes på forskellige scenarier, f.eks. 2, 5, 10 og 20 års maksimum afstrømninger, og disse vises på samme kort, er det desuden muligt at se, hvor hyppigt et areal er i risiko for, at der sker oversvømmelser. At der sker en oversvømmelse, er dog ikke ensbetydende med at regulativets vandføringsevne ikke er overholdt. Vandløbenes vandføringsevne er ikke fastlagt til at kunne håndtere store afstrømninger, der resulterer i kortere perioder af oversvømmelser. De regulerede vandløb, som er størstedelen af vandløbene i Danmark, er oftest dimensioneret til maks. at kunne føre en vinter medianmaksimum, hvilket afspejles i dimensionen af de broer og rørbroer, der findes i vandløbene.

Følgende data og udstyr er nødvendige for at kunne udarbejde oversvømmelseskort:

- Vandløbsskikkelse
- Oplandstørrelser
- Karakteristiske afstrømningsværdier (2, 5, 10, 20, 50 og/eller 100 års)
- Manningtal, eventuelt som tidsserier

- Vandspejlsberegningsprogram, ved større hændelser anvendes ofte dynamiske beregninger
- Terrænmodel
- It-program der kan beregne differencer på grids og tematisere resultaterne

Databehovet ved oversvømmelseskortet er lidt større end ved afvandingskortene, særligt jo større hændelse, der skal regnes på.

Oversvømmelseskortene udarbejdes på samme vis som afvandingskortene, blot for større afstrømningssituationer, så det kan illustreres, hvilke arealer, der forventes at blive oversvømmet ved en given afstrømning. Da der sjældent forekommer større oversvømmelser ved middelafstrømningerne, vil vandspejlet ofte holde sig nede i vandløbsprofil. Når der regnes på store afstrømningsværdier (oftest større end vinter medianmaksimum), vil der ske oversvømmelser. Derfor er det nødvendigt at gøre sig overvejelser om, hvorvidt der kan regnes på regulativet alene, eller om der skal regnes på "brede" profiler, hvor regulativet forlænges til siderne f.eks. med data fra terrænmodellen. Hvis de brede profiler ikke medtages, vil beregningsprogrammet antage, at den regulativmæssige skikkelse fortsætter uendelig højt op, og der vil derfor blive beregnet nogle for høje vandstande. I praksis vil vandstanden stige indtil vandspejlet når brinken, hvorefter vandet vil svømme ud over terrænet, og skabe en oversvømmelse. Hvorvidt det omgivende terræn fungerer som et bredt vandløbsprofil, der fører vand, eller om det snare har karakter af en vandparkeringsplads, som opmagasinerer vandet indtil vandstanden i vandløbet igen falder, vil afhænge af de lokale forhold.

Afstrømningsværdier er som beskrevet tidligere ofte lavet på baggrund af døgnmiddeldata, hvilket samtidig er de data der findes flest af. For byområder, hvor selv kortvarige oversvømmelser kan give anledning til stor skade, anbefales det at beregne karakteristiske afstrømninger med grundlag i en tættere afstrømningsstatistik end døgnmidler. Samtidig er det nødvendigt at have målestationer i selve vandløbet, da afledningen fra byer i høj grad er et resultat af den enkelte bys regnvandsudledninger.

Ved middel afstrømningerne er en statisk beregning, hvor der regnes på en fast afstrømning og et fast Manningtal, ofte forholdsvis retvisende.

Jo større afstrømningshændelse der er tale om, jo mere usikkerhed vil der introduceres ved at regne på oversvømmelser med en stationær beregning. Det skyldes, at det i praksis ved en stor hændelse vil holde op med at regne på et tidspunkt. Udbredelsen af oversvømmelsen vil derfor være et resultat af, hvor meget vand der løber i en given periode. I en stationær beregning holder det "populært sagt" ikke op med at regne, hvorfor udbredelsen af oversvømmelsen kan blive overestimeret i forhold til den virkelige verden. Derfor regnes der ofte med et dynamisk vandspejlsberegningsprogram jo større afstrømningsniveau, der skal simuleres. Dynamiske beregninger har behov for input af tidserier, og er ofte dyrere at gennemføre.

Som det fremgår af kapitel 2.4.3 vil usikkerheden på afstrømningsstatistikken stige, jo højere statistikken bliver. Oversvømmelseskortenes pålidelighed hænger sammen med sikkerheden i det datagrundlag, der er til rådighed. For byområder og mindre oplande stiger usikkerheden yderligere, da tilgængeligheden af retvisende data her er mindre, end den er i større vandløb, hvor der er en målestation med en lang driftsperiode.

Ud over usikkerhed på afstrømningsværdier, vil der også være usikkerheder på Manningtal.

På figur 15 er vist et eksempel på et oversvømmelseskort. Flere eksempler på oversvømmelseskort ses i kapitel 7.



FIGUR 15: Her ses arealer med oversvømmelse ved en 10, 20 og 100 års maksimumafstrømning. Som det ses af det viste eksempel, er det relativt små arealer der er truet af oversvømmelser ved en 10 års maksimum. De påvirkede arealer ved de større hændelser (20 og 100 år) bliver i dette ikke voldsomt større.

5.4 Hyppigheder af oversvømmelse, med eller uden klimafaktor

Hyppigheder af oversvømmelser forstås som, hvor ofte vandstanden overskrider en given værdi og kan beskrives ved at kortlægge oversvømmelsesgrænser ved et antal større karakteristiske afstrømninger på samme kort.

Oversvømmeshyppigheder i et udbygget regulativ kan illustrere, hvor ofte konkrete strækninger må forvente oversvømmelser ud fra de krav, der er fastlagt i regulativet i forhold til vandføringsevne/skikkelse.

Har man en målestation, der har målt vandstand over en længere periode, kan man bestemme hyppigheden af karakteristiske maksimale vandstande ved en analyse af målestations data.

Dette resultat gælder imidlertid kun i selve målepunktet. De målte vandspejl repræsenterer som udgangspunkt ikke regulativets krav til vandføringsevne, da de faktiske fysiske forhold ofte afviger fra regulativgrundlaget.

Derfor anvender man typisk modelberegninger, som beskrevet i det foregående afsnit.

Følgende data og udstyr er nødvendige for at kunne udarbejde klimafremskrevne oversvømmelseskort:

- Vandløbsskikkelse
- Oplandstørrelser
- Karakteristiske afstrømningsværdier (f.eks. 2, 5, 10, 20, 50 og/eller 100 års)

- Manningtal, eventuelt som tidsserier
- Vandspejlsberegningsprogram, ved større hændelser anvendes ofte dynamiske beregninger
- Terrænmodel
- It-program der kan beregne differencer på grids og tematisere resultaterne
- Klimafremskrivninger

Som det er beskrevet i kapitel 2.5, er det kendt, at klimaændringer kan få indflydelse på vandføringen, og dermed også på størrelsen af f.eks. en 10 års maksimum afstrømning. Det betyder, at de arealer, der i dag oversvømmes ved en 10 års maksimumafstrømning, ikke nødvendigvis vil være de samme arealer, der oversvømmes, hvis afstrømningsniveauerne fremskrives. Det betyder, at hyppigheden af oversvømmelse ved et givet afstrømningsniveau på sigt kan ændres.

Som det også fremgår af afsnittet om klimafremskrivning, er det ikke altid, at man forventer, at der vil løbe mere vand i vandløbene. I nogle områder viser klimamodellerne, at det modsatte også kan være tilfældet. Så ændringerne i hyppighed af oversvømmelser kan i princippet gå begge veje.

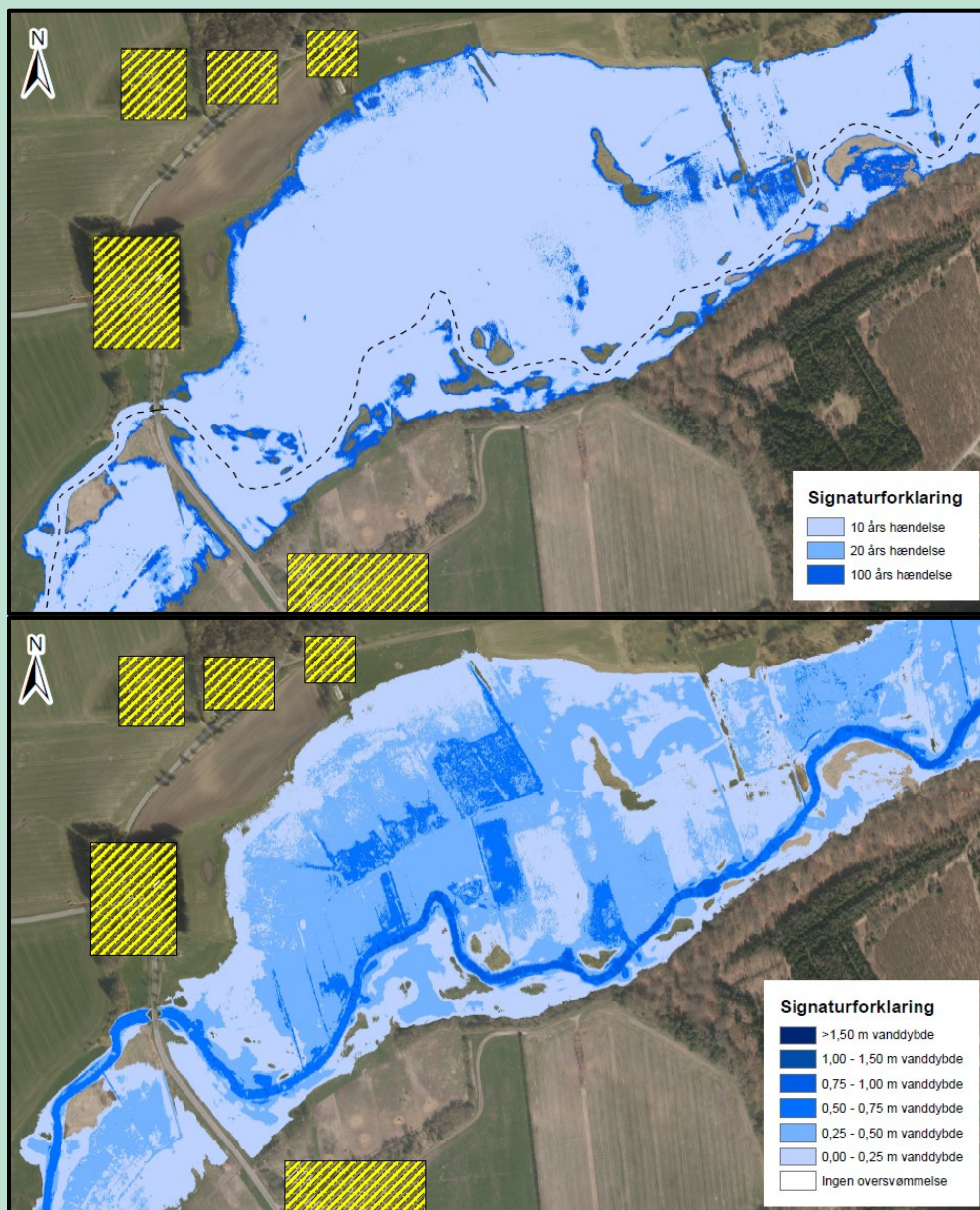
Ved at vise et oversvømmelsesniveau ved en given afstrømning med og uden klimafaktor kan man få en indikation om, hvorvidt oversvømmelser vil forekomme hyppigere fremover.

Som det blev beskrevet i det tidligere afsnit, stiger usikkerheden på datagrundlaget jo større afstrømningsværdien er. Det samme gælder for usikkerheden på klimafremskrivningen. Det betyder, at de klimabetingende oversvømmelseskort er behæftede med større usikkerhed.

Samtidig kan et ændret klima have effekt på andre forhold end selve vandføringen. Således kan mængden af grøde, og dermed Manningtallet, ændres. Vandløbsstrækninger, der er påvirket af stigende vandstand i hav og fjorde, kan alene af denne grund opleve en forøget oversvømmelseshyppighed. Alt i alt betyder det, at klimafremskrevne scenarier med store afstrømningsværdier er behæftet med en betydelig usikkerhed.

For vandløb i byområder kan afstrømningen blive påvirket af korte men intense regnskyl fremover. Hvorvidt der kompenseres for dette i spildevandsplanlægningen, spiller også en vigtig rolle i forhold til, hvorvidt oversvømmelseshyppigheder i byområder på sigt vil forandres.

På figur 16 er vist et eksempel på oversvømmelseskort med og uden klimafremskrivning. I kapitel 7 er der vist yderligere eksempler.



FIGUR 16: Eksempel på et oversvømmelseskort med klimafremskrivning. Kortet viser frit vandspejl på terræn under 10, 20, og 100-års hændelse i 2050. Til sammenligning ses frit vandspejl under en 100-års hændelse uden klimafaktor (nederst).

5.5 Øvrige emner til udbygning

I denne rapport er der fokus på de udbygningsemner der relaterer sig til vandløbenes vandføringsevne og risiko og hyppighed for oversvømmelse.

Men ud over de udbygningsemner, som relaterer sig til vandløbenes vandføringsevne, vurderes det, at der er et par enkelte emner, som også kan være relevante at udbygge regulativerne med nemlig sætningskort og kapacitetsanalyse.

I de næste to afsnit gennemgås disse emner, men de er ikke vist som eksempler i kapitel 7.

5.5.1 Sætningskort

Mange lavbundsområder har gennem tiden sat sig. Der kan være tale om flere meters sætninger, særligt på arealer med stort indhold af tørv (organisk materiale). Sætningerne skyldes, at der er kommet bedre afvandingsforhold pga. dræning. Den forbedrede afvanding medfører, at organiske materialer er omsat ved mikroorganismers aerobe omsætning, hvorfor jorden sætter sig.

Hvis man har adgang til informationer om tidligere terrænniveauer, f.eks. fra det tidspunkt et vandløb blev reguleret, kan disse informationer anvendes til at blive klogere på, hvordan oversvømmelsesrisiko i områder, der har sat sig, har udviklet sig.

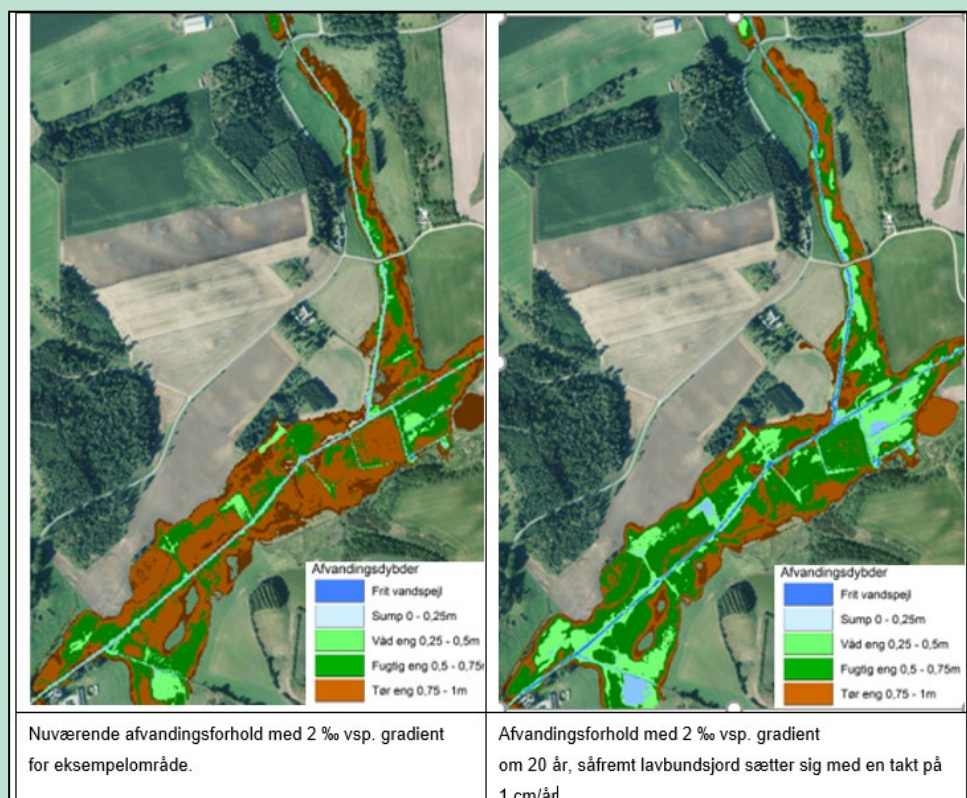
Oplysninger om kote forhold inden regulering og dræning kan i nogle tilfælde findes i Hedeselskabets drænarkiv eller i Rigsarkivet.

Har man terrænkoter fra før regulering, kan man sammenligne disse med terrænmodellen, som beskriver koten på terrænet i dag. Ved at lave et afvandingskort med udgangspunkt i terrænet før og efter, kan den historiske udvikling i afvandingstilstand visualiseres.

Hvis sådanne informationer ikke er til rådighed, kan man gøre brug af erfaringsniveauer for sætninger fra andre tilsvarende lokaliteter. Erfaringsmæssigt kan lavbundslande have sat sig $\frac{1}{2}$ - 1 cm/år. Sætningskortet beregnes ved at hæve/sænke terrænmodel for lavbundsområdet med det forventede niveau. Man kan herefter supplere med at lave afvandingskort, for at illustrere betydningen af de sætninger, der er sket.

Man kan også fremskrive et sætningskort for at visualisere, hvilken afvandingstilstand der kan forventes, hvis sætningerne forventes fortsat at ske.

I figur 17 er vist et eksempel på før og efter scenarier i relation til lavbundsarealer.



FIGUR 17. Afvandingspotentialekort der viser nuværende og fremtidige afvandingsforhold, som følge af sætninger

5.5.2 Kapacitetsanalyse

Kapacitetsanalyse udarbejdes for vandløbsstrækninger ved at regne sig frem til den afstrømning, der giver anledning til oversvømmelse langs konkrete strækninger ved den regulativmæssige fastsatte vandføringsevne. Analysen bør udføres på de fastsatte krav i regulativet til vandføringsevne eller skikkelse. Analysen kan vise, hvor der er flaskehalse i et vandløbssystem og hvilke strækninger, der vil ske en oversvømmelse ved til et givent afstrømningsniveau.

Kapacitetsanalysen kan udføres som en absolut kapacitet, altså en analyse der viser, hvad vandløbet er dimensioneret til. I andre tilfælde anvender man en basisafstrømning i vandløbet, typisk en medianmaksimum afstrømning, hvorefter man beregner, hvor stor en kapacitet vandløbet har i forhold til afledning fra befæstede arealer. Begge analyser kan give en indikation af, hvilken kapacitet regulativet beskriver. Kapacitetsanalysen anvendes ofte som dokumentation i forbindelse med fastsættelse af afløbstal fra befæstede arealer.

Hvis man har overblik over kapaciteten i kommunens vandløb, kan analysen bidrage til at den fremtidige planlægning kan inddrage denne viden i forhold til fremtidig byudvikling. Er et vandløb sårbart i forhold til udledninger kan alternative håndteringer af overfladevand blive nødvendig, ligesom der på et tidligt tidspunkt kan afsættes tilstrækkelige arealer til forsinkelse af fremtidigt overfladevand.

Kapacitetsanalysen kan identificere rørlagte strækninger, der vil være begrænsende, og som kan blive en udfordring i forhold til fremtidige udledninger. Kender man vandløbenes kapacitet, kan en udledning med fordel flyttes længere nedstrøms, eller den rørlagte strækning kan

eventuelt genåbnes, særligt hvis rørene er af ældre dato og derfor måske er i risiko for brud og sammenfald.

En kapacitetsanalyse kan dermed også være bruges som første led i en klimabaseret hedsplanlægning af et vandløbsopland.

6. Minimumskrav til regulativet vist for tre regulativtyper

For at belyse de krav, der som minimum skal indgå i et regulativ i henhold til gældende vandløbslovgivning, er der gennemført tre cases for hver af de mest anvendte regulativtyper; fast geometrisk skikkelse, teoretisk skikkelse og QH-regulativ.

I kapitel 7 vises derefter eksempler på de udbygningsemner, der er peget på i nærværende rapport, og som ligger ud over, hvad der i dag stilles krav til, at et regulativ skal indeholde i den gældende vandløbslov.

Casene omhandler de emner, der relaterer sig til regulativernes beskrivelse af vandløbenes vandføringsevne eller skikkelse herunder kontrol og oprensning samt redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser af regulativet. Andre emner som normalt fremgår af regulativer, som f.eks. grundlaget for regulativet, administrative bestemmelser, bredejerforhold, regler for sejlads samt redegørelse for de miljømæssige konsekvenser af regulativet beskrives ikke.

I forhold til de enkelte regulativtyper med tilhørende redegørelser, knytter der sig et forskelligt datagrundlag, hvor minimumskravene til de 3 regulativtyper er oplistet i tabel 4. At der er forskellige minimumskrav til de enkelte regulativtyper skyldes, at der ved teoretisk skikkelse og QH-regulativer skal foretages vandspejlsberegninger, mens det ikke er et krav ved fast geometrisk skikkelse. For en mere grundig beskrivelse af de tre regulativtyper henvises der til Miljøstyrelsen rapport – "Udredningsprojekt 1, regulativtyper".

TABEL 4: Minimumskrav til datagrundlag og redegørelse for regulativ

Minimumskrav til datagrundlag og redegørelsen	Fast geometrisk skikkelse	Teoretisk skikkelse	QH-regulativ
Længde- og tværprofil plot u. vandspejlsberegninger	x	x	
Længde- og tværprofil plot m. vandspejlsberegninger		x	
Skønnet Manningtal		x	
Beregnet Manningtal			x
Angivelse af Manningtal der ligger til grund for QH-kurverne			x
Afstrømningsniveauer (f.eks. lille og stor afstrømning)		x	
Afstrømningsværdier (karakteristiske afstrømninger)		(x) ⁸	(x) ⁵
QH-kurver (grundkurve og kravkurve) og angivelse af QH-stationer			x
Angivelse af H stationer			x
Angivelse af startvandspejl ved beregninger		x	
Angivelse af om der er anvendt modstands eller hydraulisk radius i vandspejlsberegningerne		x	x

⁸ Hvis vandløbsmyndigheden ønsker det, kan karakteristiske afstrømninger anvendes i vandspejlsberegningerne, men det er ikke et krav.

De tre cases er udvalgt fordi Orbicon har et godt kendskab til vandløbene, og fordi der findes gode beskrivelser af datagrundlag i de gældende regulativer. Case områderne har ikke været igennem en ny regulativrevision i forbindelse med nærværende faglige udredning, men teksten er formuleret som ved et forslag til et nyt regulativ.

Case områderne er anonymiseret, og det er vigtigt at pointere, at datagrundlaget, regulativgrundlaget og beskrivelsen af vandløbene på nogle områder er ændret for at tilpasse beskrivelserne til casenes formål. Resultaterne kan derfor på ingen måde relateres til de gældende vandløbsregulativer.

6.1 Fast geometrisk skikkelse

6.1.1 Beskrivelse af case område

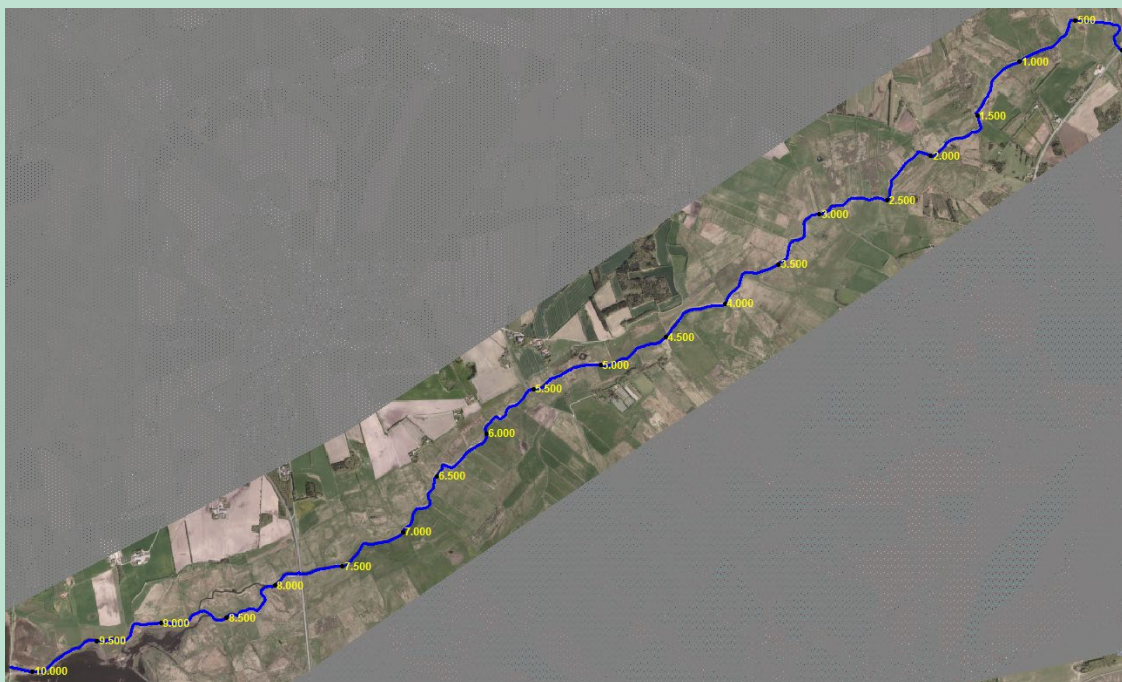
Vandløbet i case området fast geometrisk skikkelse er et vandløb med meget lille fald og vandløbet har karakter af en gravet kanal. Case vandløbet er et forholdsvis stort vandløb. Men oftest anvendes fast geometrisk skikkelse på mindre kanaliserede vandløb, som også kan være pumpet. Dette vandløb er ikke en pumpekanal, og der er ingen diger langs vandløbet, men vandløbet er stuvningspåvirket.

De ånære arealer er fortrinsvis landbrugsområder med en blanding af græsningsarealer, høslæt og dyrkede marker og vandløbet er ikke målsat i vandområdeplanerne. Der er stor fokus på dræning af de vandløbsnære arealer, og der er jævnligt behov for oprensning med undtagelse af den allernederste del, hvor der er gennemført et vådområdeprojekt til fjernelse af kvælstof. Med baggrund i vurdering af, at der ikke er nogen større naturmæssige interesser og at de afvandingsmæssige interesser er i fokus, er vandløbet derfor egnet til at vise regulativtypen fast geometrisk skikkelse.

6.1.2 Betegnelse for vandløbet

Vandløbet i case området fast geometrisk skikkelse starter ved en bro ved en hovedvej og løber sydvest til udløb i en fjord. Vandløbet er 10.152 m langt, åbent og stationeret i medstrøms retning med st. 0 m ved broindløb af hovedvejen.

Vandløbets beliggenhed og stationering ses af nedenstående oversigtskort (se figur 18).



FIGUR 18: Oversigtskort, case område fast geometrisk skikkelse

6.1.3 Vandløbets skikkelse

Vandløbsmyndigheden har besluttet, at vandløbet på strækningen skal vedligeholdes på basis af en fast geometrisk skikkelse (se tabel 5). Det vil sige, at vandløbets udformning (bundbredde, anlæg og bundkote) skal svare til skikkelsen i dimensionsskemaet. I dimensionsskemaet er angivet den regulativbestemte bundkote, bundbredde og anlæg. De anførte dimensioner i skemaet gælder kun for den grødefri periode.

TABEL 5: Eksempel på dimensionsskema fast geometrisk skikkelse. I dette eksempel er bygværker ikke medtaget i dimensionsskemaet andet end i en bemærkning. Hvorvidt man vil have bygværkerne med i tabellen eller ej er op til den enkelte kommune. Der findes mange forskellige udformninger af dimensionsskemaet, men ens for dem alle er, at de som minimum skal indeholde informationer om stationering, bundbredder, bundkoter og anlæg

Fra station [m]	Til station [m]	Fra bundkote [m]	Til bundkote [m]	Bundbredde [m]	Fald [0/00]	Anlæg	Bemærkning
0	12	0,67	0,66	7,0	0,8	1	Bro
12	2142	0,66	0,21	7,0	0,2	1	
2142	3524	0,21	-0,25	7,0	0,3	1	
3524	4524	-0,25	-0,58	7,0	0,3	1	
4524	5366	-0,58	-0,85	7,0	0,3	1	
5366	5368	-0,85	-0,86	7,0	5,0	1	Bro
5368	5535	-0,86	-0,91	7,0	0,3	1	
5535	5542	-0,91	-0,91	7,0	0,0	1	Bro
5542	6704	-0,91	-1,29	7,0	0,3	1	
6704	9224	-1,29	-1,59	9,5	0,1	1	

9224	10146	-1,59	-1,64	11,5	0,1	1	
10146	10152	-1,64	-1,64	11,5	0,0	1	Bro

I forbindelse med regulativopmåling i 2017 er følgende bygværker og tilløb registreret (se tabel 6 og 7). Angivelse af højre og venstre vandløbsside er altid i medstrøms retning.

TABEL 6: Oversigt over bygværker i vandløbet.

Station [m]	Type	Vand- slug [cm]	Bundkote [m DVR90]	Ejerforhold	Navn
0 (indløb) 12 (udløb)	Vejbro	1300 1300	0,48 0,55	Offentlig	Hovedvej
5366 (indløb) 5368 (udløb)	Vejbro	1000 1000	-0,84 -0,96	Privat	Overkørsel
5535 (indløb) 5542 (udløb)	Vejbro	1100 1100	-0,73 -0,71	Offentlig	Landevej
10146 (indløb) 10152 (udløb)	Vejbro	1800 1800	-1,57 -1,65	Offentlig	Landevej

TABEL 7: Oversigt over tilløb i vandløbet. Der er for overblikkets skyld kun vist et udpluk af tilløbene på den allerøverste strækning.

Station [m]	Type	Side	Rørdimension/ Bundbredde [cm]	Udløbsbund- kote [m DVR90]
15	Rør	Højre	Ø 12	1,90
15	Rør	Højre	Ø 12	1,89
16	Rør	Venstre	Ø 20	1,56
16	Rør	Højre	Ø 20	2,10
235	Åbent	Højre	100	1,48
276	Åbent	Højre	75	1,31
299	Åbent	Højre	150	0,46
357	Åbent	Højre	75	0,55
496	Åbent	Venstre	100	1,25
658	Åbent	Højre	50	1,37
718	Åbent	Venstre	50	1,17
830	Åbent	Højre	100	0,79
841	Åbent	Venstre	30	1,47
875	Åbent	Højre	100	0,98
948	Åbent	Venstre	30	1,50
978	Åbent	Højre	75	1,05
1015	Åbent	Højre	50	0,95
1102	Åbent	Højre	50	0,94
1134	Åbent	Venstre	75	1,39
1180	Åbent	Venstre	40	1,10
1200	Åbent	Højre	30	1,31
1247	Åbent	Højre	35	1,35

Der er i forbindelse med en opmåling i 2017 også registreret skalapæle (se tabel 8)⁹.

TABEL 8: Oversigt over skalapæle i vandløbet

Nr.	Station [m]	Side	Skala længde [m]	Skala topkote [m DVR90]	Skala nulkote [m DVR90]
1	149	Venstre	2,0	2,63	0,63
2	581	Venstre	2,0	2,61	0,61
3	980	Venstre	2,0	2,68	0,68
4	1404	Højre	2,0	2,27	0,27
5	1794	Venstre	2,0	2,51	0,51
6	2142	Venstre	2,0	2,24	0,24
7	3101	Venstre	2,0	2,09	0,09
8	3446	Venstre	2,0	1,83	-0,17
9	3864	Venstre	2,0	1,73	-0,27
10	4246	Venstre	2,0	1,62	-0,39
11	4662	Venstre	2,0	1,27	-0,73
12	5086	Venstre	2,0	1,62	-0,38
13	5458	Venstre	2,0	1,07	-0,94
14	5879	Venstre	2,0	0,93	-1,07
15	6280	Venstre	2,5	1,39	-1,11
16	6704	Venstre	2,5	1,32	-1,18
17	6902	Venstre	2,0	0,73	-1,27
18	7516	Venstre	2,0	0,62	-1,38
19	7922	Venstre	2,5	1,09	-1,41
20	8354	Højre	2,0	0,59	-1,41
21	8798	Venstre	2,5	1,03	-1,47

6.1.4 Kontrol og oprensning

Kontrol

Kontrolopmåling udføres hvert 5. år¹⁰. Vandløbsmyndigheden kan iværksætte ekstraordinær kontrol, hvis vandløbsmyndigheden vurderer at aflejringer kan give risiko for store skader.

Kontrolopmålingen/pejlingen sammenholdes med den geometriske skikkelse, som er angivet i dimensionsskemaet under kapitlet vedr. skikkelse og vandføringsevne.

Vandløbsmyndigheden afgør, hvilken type kontrolmåling, der anvendes.

⁹ Der stilles ikke krav til at skalapæle skal fremgå i regulativet, men det er nyttig viden for kommunen og borgerne.

¹⁰ Intervallet for kontrol fastsættes af den enkelte kommune og vil afhænge af en vurdering af oprensningsbehovet i det pågældende vandløb. I henhold til Natur- og Miljøklagenævnets afgørelse vedr. fællesregulativ i Fredensborg (NMK-43-00486) fik kommunen ikke medhold, da der i regulativet ikke var fastlagt klare og tydelige bestemmelser i forhold til tilsyn, oprensning og hyppighed af kontrol. I henhold til regulativet skulle kommunen selv foretage en vurdering af behovet for kontrol.

Oprensning

En oprensning må kun udføres inden for dimensionerne af den fastlagte skikkelse.

Eventuel oprensning foretages så vidt muligt i perioden fra 1. august til 15. oktober af hensyn til fiskebestandene.

Oprensningen må kun omfatte aflejret sand og mudder. Sten, grus, tørv og ler m.m. må ikke opgraves eller omlejres, og overhængende brinker må ikke beskadiges.

Oprensningen begrænses så vidt muligt til vandløbets naturlige (slyngede) strømrønde.

Vandløbsmyndigheden kan vælge at udføre arbejdet etapevis på mindre delstrækninger med en tidsmæssig forskydning.

Opgravningen udføres af arbejdsmiljømæssige hensyn med maskine pga. vandløbets størrelse. Hvor den nødvendige oprensning omfatter større mængder skal der foretages en manuel kantskæring, så maskinføreren tydeligt kan se vandløbet og dets kanter.

Samtidig med at opgravning udføres, gennemgås det opgravede materiale visuelt for lampretter, ørreder, ål og andre fisk, som straks genudsættes i vandløbet. Grus og sten, som utilsigtet er blevet opgravet, føres straks tilbage til vandløbet.

Opgravet sand og mudder henlægges uden for vandløbets 2-meter bræmme.

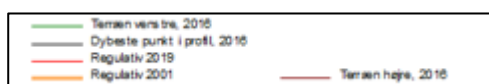
Fjernelse af sne og is, der forårsager stuvninger, undlades.

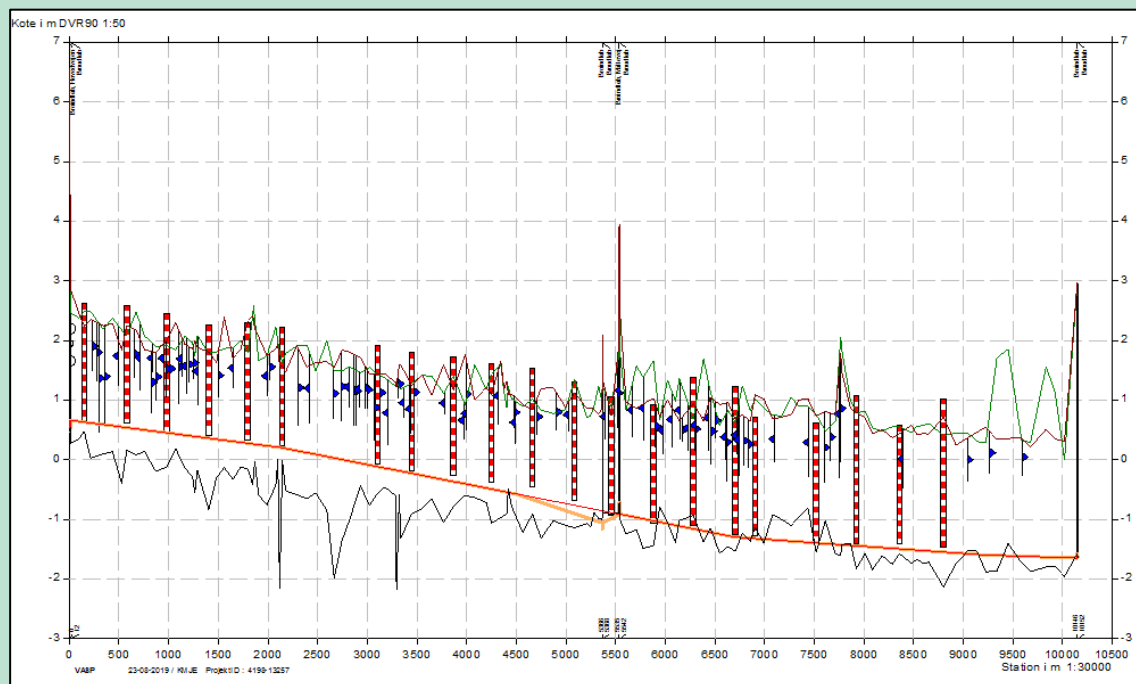
6.1.5 Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser

Det hidtil gældende regulativ for vandløbet er vedtaget i 2001, hvor der ligeledes var stillet krav til en fast geometrisk skikkelse.

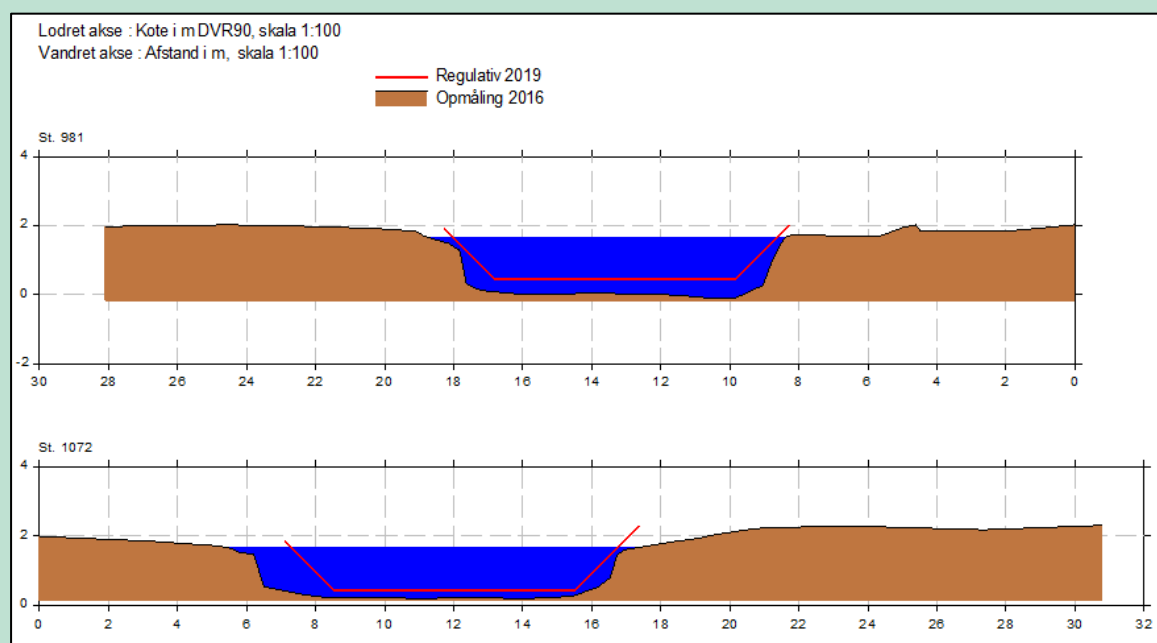
I 2016 blev broen ved overkørsel st. 5366-5368 m udskiftet, da den var i meget dårlig stand. Vandløbsmyndigheden har gennemført en reguleringssag, hvor broen fik samme bredde som før, men broen er hævet ca. 20 cm i forhold til 2001 regulativet. Formålet med dette var at opnå et mere jævnt fald til broen i st. 5535-5542 m. Nærværende regulativs dimensioner tager udgangspunkt i det gældende regulativ fra 2001, som er videreført, dog med indarbejdelse af reguleringsprojektet.

Hele vandløbet er opmålt i 2017 og en sammenligning af tidligere regulativ fra 2001 viser, at vandløbet er 20-30 cm dybere end den faste skikkelse foreskriver på den øvre strækning fra st. 0-4500 m. På strækningen st. 7000-7500 m blev der observeret sandaflejringer på 25-30 cm, og der er i forbindelse med regulativrevisionen gennemført en oprensning. På figur 19 og 20 ses længde- og tværprofil plot af vandløbet.





FIGUR 19: Længdeprofil af vandløb i case område 1, fast geometrisk skikkelse.



FIGUR 20: Eksempel på tværprofiler, opmåling 2016 og regulativ 2019. For overblikkets skyld vises kun et udsnit af tværprofilerne.

Fremover vil hele vandløbet fortsat blive vedligeholdt efter en fast geometrisk skikkelse af hensyn til de afvandingsmæssige forhold.

Afvandingsmæssige konsekvenser

Da tidligere gældende regulativ fra 2001 er videreført, og det godkendte reguleringsprojekt fra 2016 er indarbejdet i nærværende regulativ, er der ingen ændringer i de afvandingsmæssige forhold.

6.2 Teoretisk skikkelse

6.2.1 Beskrivelse af case område

Vandløbet i casen er et type 2 vandløb med skiftende faldforhold med det største fald i den øvre del og forholdsvis lille fald tæt ved udløbet i fjorden.

Langs vandløbet er der både natur- og miljømæssige interesser og langs vandløbet er der §3 beskyttet natur og vandløbet udmunder i et Natura 2000 område. Vandløbet er ligeledes mål-sat til god økologisk tilstand i vandområdeplanerne og målet er opfyldt. Det vurderes derfor, at vandløbet skal have mulighed for formudvikling. Der er dog også landbrugsmæssige interesser langs vandløbet med en del drænuddøb, og der er derfor fokus fra lodsejerne i henhold til drænuddøbsdybde. Til gengæld har der ikke erfaringsmæssigt været behov for jævnlig oprensning. Den nedre del af vandløbet er stuvningspåvirket fra fjorden. Med baggrund i vurdering af henholdsvis natur- og miljømæssige interesser og de afvandingsmæssige interesser er vandløbet derfor egnet til at vise regulativtypen teoretisk skikkelse med kontrol ved to afstrømninger (vintermiddel og vinter medianmaksimum).

6.2.2 Minimumskrav - betegnelse for vandløbet

Vandløbet i case område 2 teoretisk skikkelse starter ved udløb af en landevej og løber mod øst til udløb i en fjord. Vandløbets stationering er i medstrøms retning med st. 0 m ved broudløbet under landevejen. Vandløbet har en samlet længde på 8627 m og er åbent.

Vandløbets beliggenhed og stationering ses af nedenstående oversigtskort (se figur 21).



FIGUR 21: Oversigtskort, case område, teoretisk skikkelse.

6.2.3 Vandløbets vandføringsevne

Vandløbet skal vedligeholdes på grundlag af krav til vandløbets vandføringsevne beskrevet ved en teoretisk skikkelse, som fremgår af nedenstående dimensionsskema (se tabel 9).

Det tilstræbes af hensyn til vandløbets målsætning, at vandløbet henligger i en tilstand med varierende bund- og dybdeforhold. Vandløbet kan således i princippet antage en vilkårlig skikkelse, blot vandføringsevnen svare til vandføringsevnen i et teoretisk vandløb med dimensionerne angivet i skemaet.

De anførte dimensioner gælder kun for den grødefri periode.

I redegørelsen for regulativet er nærmere redegjort for sammenhængen mellem dimensionerne og vandføringsevnen.

TABEL 9: Dimensionsskema for den teoretiske skikkelse.

Fra station [m]	Til station [m]	Fra bund-kote [m]	Til bund-kote [m]	Bund-bredde [m]	Fald [0/00]	Anlæg	Bemærkning
0	200	8,93	8,33	1,5	3,0	1,75	
200	245	8,33	8,28	2,5	1,1	2	
245	262	8,28	8,27	2,5	0,6	2	Bro
262	402	8,27	8,13	2,5	1,0	2	
402	613	8,13	7,93	2,5	0,9	2	
613	855	7,93	7,68	2,5	1,0	2	
855	1208	7,68	7,19	2,5	1,4	2	
1208	1217	7,19	7,18	2,5	1,1	2	
1217	1880	7,18	6,23	2,5	1,4	2	
1880	1900	6,23	6,20	2,5	1,5	2	
1900	1935	6,20	6,15	2,5	1,4	2	
1935	2156	6,15	5,63	2,5	2,4	1	
2156	2174	5,63	5,59	2,5	2,2	1	Bro
2174	2233	5,59	5,40	2,5	3,2	1	
2233	2442	5,40	4,77	2,5	3,0	1	
2442	2500	4,77	4,74	2,5	0,5	1	
2500	2700	4,74	4,62	2,5	0,6	1	
2700	2900	4,62	4,50	2,5	0,6	1	
2900	3100	4,50	4,38	3,0	0,6	1	
3100	3300	4,38	4,27	3,0	0,6	1	
3300	3412	4,27	4,20	3,0	0,6	1	
3412	3634	4,20	2,92	3,0	5,8	1	
3634	3641	2,92	2,71	3,0	30,0	1	Bro
3641	3647	2,71	2,70	3,0	1,7	1	
3647	3767	2,70	1,71	3,0	8,3	1	
3767	3795	1,71	1,50	3,0	7,5	1	
3795	4747	1,50	0,60	2,5	0,9	1,5	
4747	4998	0,60	0,59	2,5	0,0	1,5	
4998	5007	0,59	0,59	2,5	0,0	1,5	Bro

Til ovenstående dimensionsskema knytter sig følgende beregningsforudsætninger:

- Vinter Manningtal er 22 (skønnet).
- Vintermiddel afstrømning 16,1 l/s/km² (beregnet vha. målestation i vandløbet).
- Vintermedian maksimum afstrømning 91,1 l/s/km² (beregnet vha. målestation i vandløbet).
- Startvandspejl i kote 0 m DVR90.
- Vandspejlsberegninger foretaget vha. modstandsradius.

Vandløbets oplandsareal er fundet vha. terrænmodel og fremgår af tabel 10.

TABEL 10: Vandløbets opland

Station	Opland [km ²]	Bemærkning
0	35,5	Ved broudløb
199	35,6	
200	64,3	Åbent tilløb
3764	68,7	
3765	69,3	Åbent tilløb
4952	69,7	
4953	76,5	Åbent tilløb
6138	78,2	
6139	77,2	Åbent tilløb
6495	78,5	
6496	81,1	Åbent tilløb
7090	81,9	
7627	83,76	Udløb i fjord

I forbindelse med regulativopmåling i 2017 er følgende bygværker og tilløb registreret (se tabel 11 og 12). Angivelse af højre og venstre vandløbsside er altid i medstrøms retning.

TABEL 11: Oversigt over bygværker i vandløbet.

Station [m]	Type	Vandslug [cm]	Bundkote [m DVR90]	Ejerforhold	Navn
245 (indløb) 262 (udløb)	Vejbro	690 680	8,32 8,32	Offentlig	Hovedvej
2157 (indløb) 2173 (udløb)	Vejbro	450 440	5,38 5,31	Offentlig	Landevej
3634 (indløb) 3641 (udløb)	Vejbro	500 490	2,41 2,46	Offentlig	Landevej
4998 (indløb) 5007 (udløb)	Vejbro	590 590	0,47 0,59	Offentlig	Landevej

TABEL 12: Oversigt over tilløb i vandløbet. Der er for overblikkets skyld kun vist et udpluk af tilløbene på den allerøverste strækning.

Station [m]	Type	Side	Rørdimension/ Bundbredde [cm]	Udløbsbundkote [m DVR90]
2	Rør	Venstre	Ø 70	9,11
5	Åbent	Højre	40	9,55
38	Rør	Venstre	Ø 15	9,68
154	Rør	Venstre	Ø 17	9,15
200	Åbent	Højre	175	8,30
245	Rør	Venstre	Ø 30	9,24
261	Rør	Venstre	Ø 30	9,22
353	Rør	Højre	Ø 10	8,55
567	Rør	Højre	Ø 7	8,57
633	Rør	Venstre	Ø 15	7,94
738	Rør	Venstre	Ø 40	7,72
802	Rør	Venstre	Ø 10	7,68
854	Åbent	Højre	30	8,15
1029	Rør	Venstre	Ø 18	7,41

Der er i forbindelse med opmålingen i 2017 også registreret skalapæle og krydsninger (se tabel 13 og 14)¹¹.

TABEL 13: Oversigt over skalapæle i vandløbet

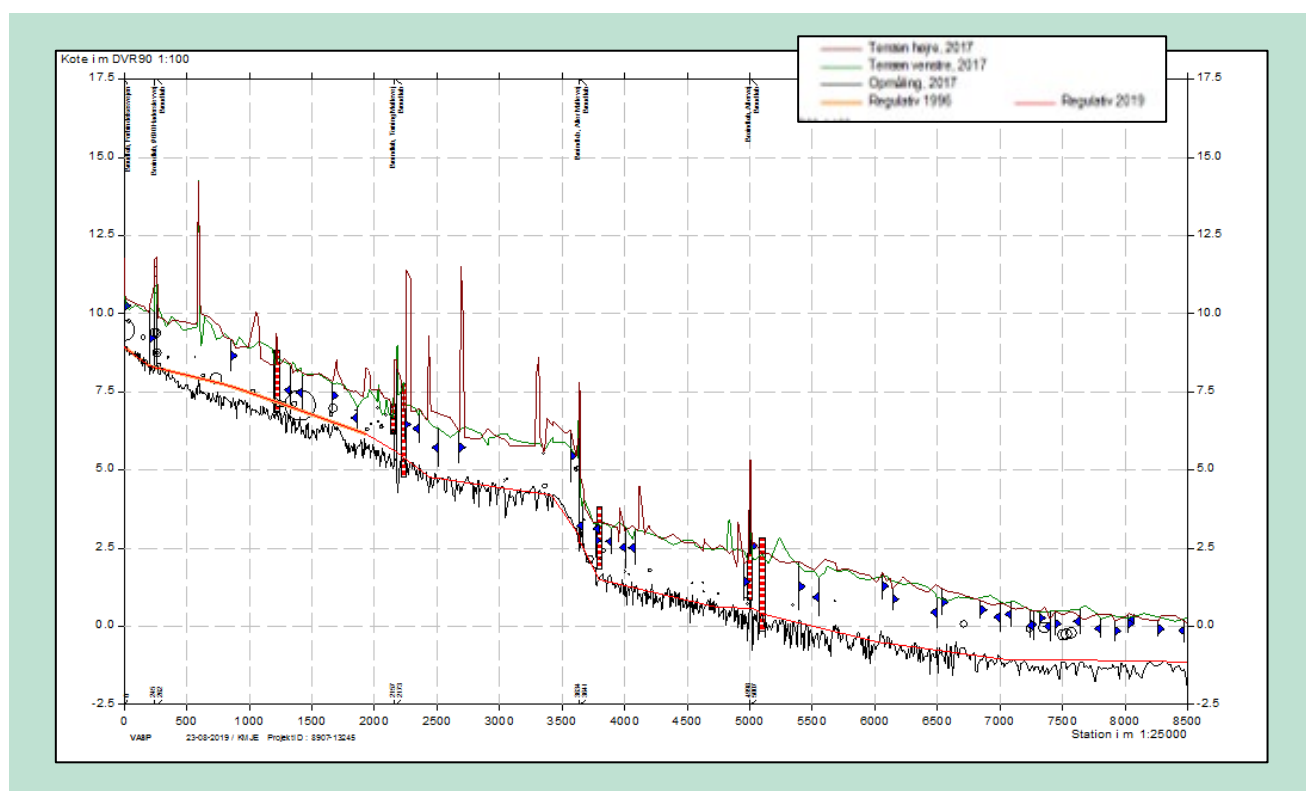
Nr.	Station [m]	Side	Skala længde [m]	Skala topkote [m DVR90]	Skala nul kote [m DVR90]
1	1217	Venstre	2	8,85	6,85
2	1219	Højre	2	8,86	6,86
3	2147	Venstre	1	7,13	6,13
4	2234	Venstre	3	7,77	4,77
5	3796	Venstre	2	3,83	1,83
6	4998	Venstre	1,5	2,34	0,84
7	5100	Højre	3	2,84	-0,16

TABEL 14: Oversigt over krydsninger

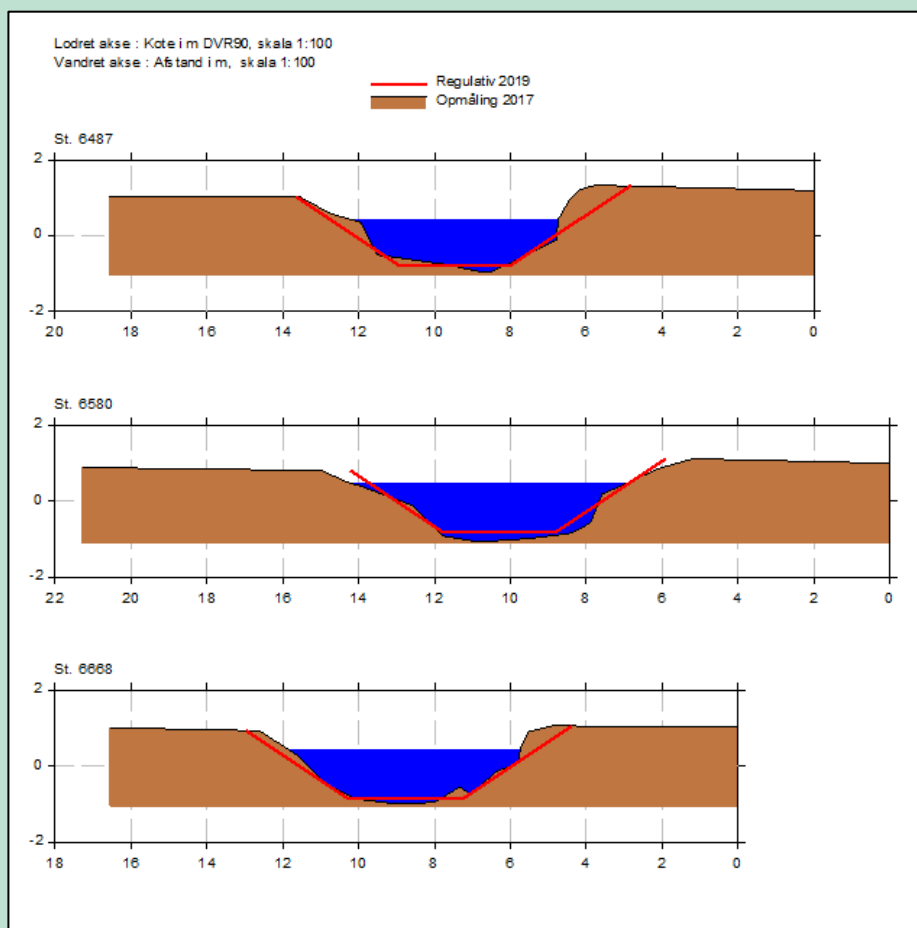
Station [m]	Type
215	Spildevand
239	Gas
354	Spildevand
381	Telefon
399	Spildevand
4975	Gas

¹¹ Der stilles ikke krav til at skalapæle og krydsninger skal fremgå i regulativet, men det er nyttig viden for kommunen og borgerne.

Længdeprofil for regulativ 2019 og opmåling 2017 ses som længde- og tværprofiler på figur 22 og 23.



FIGUR 22: Længdeprofil, regulativ 2019 og opmåling 2017 samt tidligere gældende regulativ fra 1996 som videreføres.



FIGUR 23: Eksempel på tværprofiler, opmåling 2017 og regulativ 2019. For overblikkets skyld vises kun et udsnit af tværprofilerne.

6.2.4 Kontrol og oprensning

Kontrol

Oprrensning må kun ske, hvis vandløbsmyndigheden gennem kontrolopmåling/pejling og vand-spejlsberegninger har fastlagt, at vandløbets skikkelse ikke overholder regulativets bestemmelser, som fremgår af dimensionsskemaet i tabel 2. Vandløbsmyndigheden kontrollerer vandløbet hvert 5 år ved kontrolopmåling/pejling.

Kontrolopmåling kan udføres i perioden efter årets sidste grødeskæring til 1. maj.

Hvis der opstår tvivl om, hvorvidt kravene til vandløbets teoretiske dimensioner/vandførings-evne er opfyldt, kan vandløbsmyndigheden gennemføre en opmåling af den pågældende strækning af vandløbet. Der gennemføres herefter en hydraulisk beregning, hvor vandførings-evnen i det opmålte vandløb og det teoretiske vandløb (teoretiske skikkelse) sammenlignes. De hydrauliske beregninger viser, hvordan vandspejlet vil indstille sig gennem vandløbet ved en bestemt vandføring og ruhed.

Den beregningsmæssige kontrol af vandløbet gennemføres med henblik på at vurdere vandløbets tilstand i to forskellige afstrømningssituationer i den grødefri periode (vinterperiode):

1. Vintermiddel afstrømning: [16,1 l/s/km²]
2. Vintermedian maksimum afstrømning: [91,1 l/s/km²]

De karakteristiske afstrømninger af fastsat ud fra målestation i vandløbet.¹²

Til kontrolberegningen anvendes et teoretisk Manningtal på 22 og et startvandspejl i kote 0 m. Der anvendes modstands radius ved beregninger.

Vandspejlsforløbet for hver af de to afstrømningssituationer beregnes for de opmålte dimensioner og dimensionerne i det teoretiske profil.

En sammenligning af vandføringsevnen i det teoretiske profil og det opmålte vandløb foregår på den måde, at koterne til de beregnede vandspejl findes og afbildes. Kravet til vandløbets vandføring er overholdt, hvis det beregnede vandspejl for det opmålte profil, ligger mindre end 10 cm over det beregnede vandspejl for den teoretiske skikkelse.

Oprensning

Eventuel oprensning foretages så vidt muligt i perioden fra 1. august til 15. oktober af hensyn til fiskebestandene.

Oprensning må højst ske til 10 cm under den teoretisk regulativmæssig bundkote.

Oprensningen må kun omfatte aflejret sand og mudder. Sten, grus, tørv og ler m.m. må ikke opgraves eller omlejres, og overhængende brinker må ikke beskadiges.

Oprensningen begrænses så vidt muligt til vandløbets naturlige (slyngede) strømrønde, og udføres i en bredde, der ikke overstiger den teoretiske bundbredde.

Vandløbsmyndigheden kan vælge at udføre arbejdet etapevis på mindre delstrækninger med en tidsmæssig forskydning.

Opgravningen udføres så skånsomt som muligt for at mindske skader på vandløbet samt undgå overvedligeholdelse. Ved oprensning med maskine kan det være nødvendigt at foretage en kantskæring således, at maskinføreren tydeligt kan se vandløbet og dets kanter.

Samtidig med at oprensning udføres, gennemgås det oprensede materiale visuelt for lampretter, ørreder, ål og andre fisk, som straks genudsættes i vandløbet. Grus og sten, som utilsigtet er blevet opgravet, føres straks tilbage til vandløbet.

Oprensset sand og mudder henlægges uden for vandløbsarealet.

Vandløbsmyndigheden er ikke forpligtet til at fjerne sne og is, der forårsager stuvninger.

6.2.5 Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser

Det hidtil gældende regulativ for vandløbet i case område teoretisk skikkelse er vedtaget i 1996.

I det hidtil gældende regulativ fra 1996 var vedligeholdelsen af vandløbet opstrøms st. 1934 m administreret efter en teoretisk skikkelse. Fra st. 1934 m til udløb i fjorden blev vandløbet vedligeholdt som naturvandløb dvs. uden krav til skikkelse eller vandføringsevne. Der er ikke gennemført restaurerings- og reguleringsprojekter i vandløbet.

¹² Hvis ikke vandløbsmyndigheden har datagrundlaget til at fastlægge de karakteristiske afstrømninger regnes på en stor og lille afstrømning så både den nedre og øvre del af vandløbsprofilen belyses.

Ved udarbejdelse af ny teoretisk skikkelse er regulativet fra 1996 på den øvre strækning sammenlignet med opmålingen fra 2017, og der er udført vandspejlsberegninger. Beregningerne viste, at regulativet fra 1996 er overholdt.

Vandløbets tidligere vedligeholdelse som "naturvandløb" på den nedre del var ikke lovlig, da et regulativ, jfr. vandløbsloven, skal beskrive krav til skikkelse eller vandføringsevne. I nærværende regulativ er der fastsat krav til vandløbets vandføringsevne i overensstemmelse med vandløbslovens § 12.

Kravet er udtrykt som en teoretisk skikkelse, som betyder, at vandløbet må antage en vilkårlig skikkelse, så længe vandløbets vandføringsevne svarer til den vandføringsevne, der kan udtrykkes ved den angivne teoretiske skikkelse.

Fremover vil hele vandløbet således blive vedligeholdt som en teoretisk skikkelse af hensyn til de miljømæssige forhold. Vandløbet har jf. vandområdeplanerne 2015-2021 et miljømål om god økologisk tilstand eller bedre. Vandløbet i case området overholder allerede miljømålet.

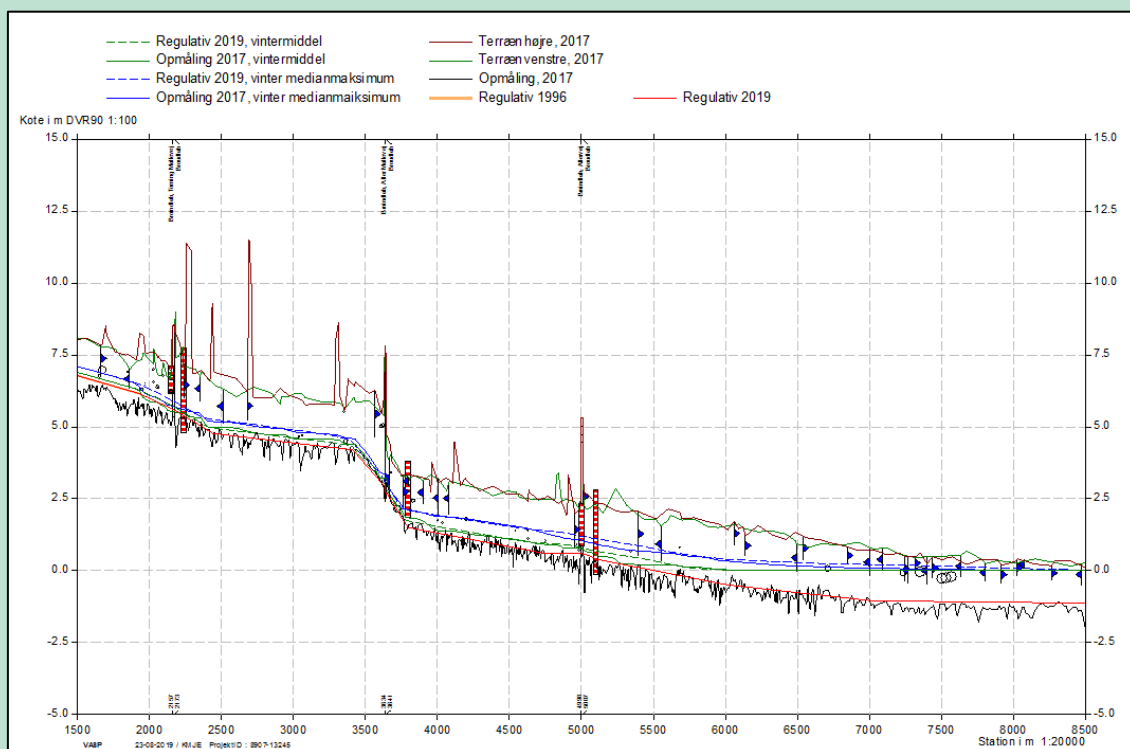
Afvandingsmæssige konsekvenser

Da der ikke tidligere er fastlagt en regulativskikkelse for vandløbet, er opmålingen fra 2017 regulativgrundlaget for den nye teoretiske skikkelse på den nedre del fra st. 1934 m til udløb i fjorden.

Der er således, for at sikre at de afvandingsmæssige forhold for den nye teoretiske skikkelse afspejler de opmålte forhold fra 2017, foretaget vandspejlsberegninger til vurdering af konsekvenserne af regulativet.

Til beregningerne er der anvendt en vinter medianmaksimum afstrømning på 91,1 l/s/km² og en vintermiddel afstrømning på 16,1 l/s/km², et teoretisk Manningtal på 22 (svarende til en vintersituation) samt oplande som angivet i regulativet. (tabel 10).

Resultatet af vandspejlsberegningen ved en vintermiddel og en vintermedian maksimum afstrømning ses på figur 24. Resultatet er ligeledes beskrevet i tabel 15.



FIGUR 24: Længdeprofil, vandspejlsberegninger vintermiddel og vintermedian maksimum afstrømning, opmåling 2017 og regulativ 2019.

TABEL 15: Konsekvensvurdering vandløb i case område 2, teoretisk skikkelse. I tabellen fremgår regulativgrundlaget, samt en beskrivelse af de afvandingsmæssige konsekvenser.

Strækning (m)	Grundlag for den teoretiske skikkelse	Konsekvensvurdering sammenligning af beregnede vandspejl ved en vinter median maksimum og vinter middel afstrømning for regulativ 2019 og opmåling 2017
0-1934	Regulativ 1996	Tidligere gældende regulativdimensioner videreføres og der er ingen konsekvenser for de afvandingsmæssige forhold
1934-8627	Opmåling 2017	Ved sammenligning af det beregnede vandspejl for opmåling 2017 og det beregnede vandspejl for regulativ 2019 ses, at de to vandspejl generelt er sammenfaldene på hele vandløbsstrækningen ved en vintermiddel afstrømning, og der vurderes ikke at være negative konsekvenser for afvandingen. Ved vintermedianmaksimum afstrømningen ligger det beregnede vandspejl for regulativ 2019 ca. 15 cm højere, end det beregnede vandspejl for opmålingen 2017 på strækningen st. 1950-2250 m og st. 4998-5007. Det skyldes, at vandløbet er op til 0,5 m bredere end regulativbundbredden. Vandløbsbunden er målt til at ligge under bundkoten af broen st. 2157-2173 m opstrøms og nedstrøms broen. For at sikre jævnt fald og undgå bagfald er regulativbunden lagt med et jævnt fald gennem broen og regulativbundbredden er tilpasset broen. De mindre vandspejlsforskelle vurderes ikke at have negative konsekvenser for afvandingen, da dræn og bund af de åbne tilløb ligger et godt stykke over regulativbunden. Fra st. 6250-7250 m er der en mindre vandspejlsforskel på 5-8 cm, da vandløbet her på enkelte strækninger er uddybet og har meget lidt fald.

6.3 QH-regulativ

6.3.1 Beskrivelse af case område

Vandløbet i case området er den øvre del af et større vandløb, der løber over flere kommuner og har udløb i en fjord. Der er QH-regulativ på den øvre del af vandløbet og teoretisk skikkelse på den nedre del. Vandløbsstrækningen i case området har QH-regulativ på hele strækningen.

Langs vandløbet er der både natur- og miljømæssige interesser, og langs vandløbet er der §3 beskyttet natur, og de vandløbsnære arealer er udpeget som Natura 2000 område. Vandløbet er målsat til god økologisk tilstand, men på enkelte strækninger er målsætningen kun moderat, og det vurderes, at vandløbet skal have mulighed for en vis grad af formudvikling for at forbedre de fysiske forhold. Der er enkelte landbrugsmæssige interesser, men dog mest i form af græsning. Vandløbet har været QH-regulativ i mange år, og vandløbet vurderes at have en stabil vandføring. Kontrollen af vandløbet, som udføres hvert år, har de sidste ti år ikke vist behov for oprensning. Regulativskikkelsen traditionel QH-regulativ føres derfor videre i det nye regulativ.

6.3.2 Betegnelse for vandløbet

Vandløbet starter ved den tidligere amtsgrænse og løber med vest til udløb i en nedre del af vandløbet, som fortsætter i en anden kommune. Vandløbets stationering er i medstrøms retning med st. 0 m ved den tidligere amtsgrænse og regulativets længde er 13244 m og vandløbet er åbent på hele strækningen.

Vandløbets beliggenhed og stationering ses af nedenstående oversigtskort (se figur 25). På oversigtskortet ses også en markering af, hvor der er skalapæle, som er en QH-station.



FIGUR 25: Oversigtskort vandløb i case område, QH-regulativ. Stationeringen er markeret med gul skrift og stationering for QH-kurve er markeret med hvid skrift.

6.3.3 Vandløbets vandføringsevne

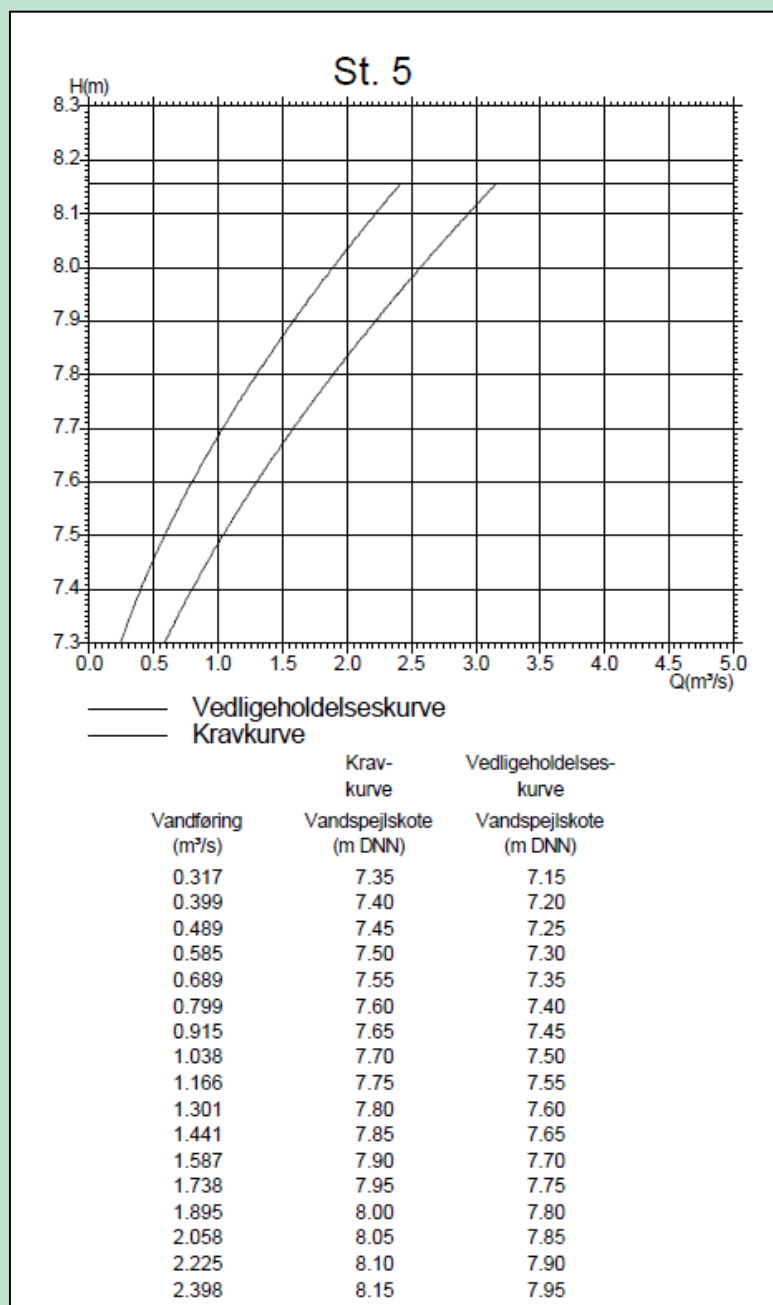
Vandløbsmyndigheden har besluttet, at vedligeholdelse af vandløbet på strækningen skal ske med henblik på at sikre en fastlagt vandføringsevne beskrevet ved hjælp af Q/H kurver.

Ved hver kravkurvestation er der fastlagt to Q/H kurver, hhv. en kravkurve og vedligeholdelseskurve.

Kravkurven angiver den vandføringsevne, der mindst skal være til stede og vedligeholdelseskurven angiver den største vandføringsevne, der må forekomme efter en eventuel vedligeholdelsesforanstaltning, er gennemført. Kurverne er fastlagt for en grødefri tilstand.

Der er fastlagt krav til vandføringsevne på følgende stationer (se også figur 25): 5 m, 1405 m, 3003 m, 4192 m, 5554 m, 6790 m, 8515 m, 10212 m, 11782 m og 13228 m. Et eksempel på en QH-kurve er vist på figur 26.

På strækningerne mellem kravkurvestationerne forudsættes det, at vandspejlet er jævnt faldende. Den til stationerne fastsatte vandføringsevne fremgår af efterfølgende tabeller over vandføringer og vandstande med tilhørende kravkurve.



FIGUR 26: Vedligeholdelseskurve og kravkurve for QH-station i st. 5 m. For overblikkets skyld, er der kun vist et eksempel på en QH-kurve. Alle QH-kurver skal fremgå af regulativet.

I redegørelsen for regulativet er der nærmere redegjort for grundlaget for de fastlagte QH-kurver.

I forbindelse med regulativopmåling i 2014 er følgende bygværker og tilløb registreret (se tabel 16 og 17). Angivelse af højre og venstre vandløbsside er altid i medstrøms retning. Skalapæleses på tabel 18.

TABEL 16: Oversigt over bygværker i vandløbet

Station [m]	Type	Vandslug [cm]	Bundkote [m DVR90]	Ejerforhold	Navn
1392 (indløb) 1396 (udløb)	Overkørsel	700 750	6,56 6,57	Privat	Indkørsel til privat ejendom
4161 (indløb) 4176 (udløb)	Vejbro	700 700	5,51 5,78	Offentlig	Landevej
11772 (indløb) 11782 (udløb)	Vejbro	1050 1000	3,69 3,69	Offentlig	Hovedvej

TABEL 17: Oversigt over tilløb i vandløbet. Der er for overblikkets skyld kun vist et udpluk af tilløbene på den allerøverste strækning.

Station [m]	Type	Side	Rørdimension/ Bundbredde [cm]	Udløbsbundkote [m DVR90]
1	Åbent	Venstre	70	7,46
90	Åbent	Højre	50	7,77
128	Åbent	Venstre	50	7,28
138	Åbent	Højre	50	7,68
303	Åbent	Venstre	110	6,97
353	Åbent	Venstre	100	7,16
387	Åbent	Venstre	80	7,22
550	Åbent	Højre	90	7,44
552	Åbent	Venstre	90	7,41
1016	Åbent	Venstre	450	6,39
1390	Åbent	Højre	80	7,38
1400	Åbent	Højre	80	7,38
1688	Åbent	Venstre	50	7,14
2245	Åbent	Højre	250	6,41

TABEL 18: Oversigt over skalapæle i vandløbet. I modsætning til teoretisk skikkelse og fast geometrisk skikkelses regulativer, skal der i QH-regulativer være en tabel med QH-skalapælene. De ses ligeledes på oversigtskortet på figur 25.

Nr.	Type	Station [m]	Side	Skala længde [m]	Skala topkote [m DVR90]	Skala nulkote [m DVR90]	Bemærkning
1	Skalapæl	5	Højre	1,5	8,97	7,47	QH-station
2	Skalapæl	522	Venstre	1,5	8,46	6,96	
3	Skalapæl	1016	Venstre	1,5	8,47	6,97	
4	Skalapæl	1405	Højre	1,5	8,46	6,96	QH-station

5	Skalapæl	1811	Venstre	1,5	8,45	6,95	
6	Skalapæl	2238	Venstre	1,5	8,45	6,95	
7	Skalapæl	2582	Højre	1,5	7,95	6,45	
8	Skalapæl	3003	Venstre	1,5	7,96	6,46	QH-station
9	Skalapæl	3400	Venstre	1,5	7,94	6,44	
10	Skalapæl	3904	Venstre	1,5	7,94	6,44	
11	Skalapæl	4192	Venstre	1,5	7,44	5,94	QH-station
12	Skalapæl	4312	Venstre	1,5	7,46	5,96	
13	Skalapæl	4753	Venstre	1,5	7,45	5,95	
14	Skalapæl	5080	Højre	1,5	7,45	5,95	
15	Skalapæl	5554	Højre	1	6,94	5,94	QH-station
16	Skalapæl	5941	Højre	1,5	7,44	5,94	
17	Skalapæl	6364	Venstre	1,5	7,45	5,95	
18	Skalapæl	6790	Venstre	1,5	6,93	5,43	QH-station
19	Skalapæl	7211	Venstre	1,5	6,95	5,45	
20	Skalapæl	7628	Højre	1,5	6,95	5,45	
21	Skalapæl	7990	Højre	1,5	6,44	4,94	
22	Skalapæl	8515	Højre	1,5	6,45	4,95	QH-station
23	Skalapæl	8992	Venstre	1,5	6,46	4,96	
24	Skalapæl	9388	Venstre	1,5	6,44	4,94	
25	Skalapæl	9819	Venstre	1,5	6,44	4,94	
26	Skalapæl	10212	Højre	1,5	6,45	4,95	
27	Skalapæl	10616	Venstre	1,5	5,95	4,45	
28	Skalapæl	11042	Venstre	1,5	5,94	4,44	
29	Skalapæl	11526	Venstre	1,5	5,95	4,45	
30	Skalapæl	11782	Højre	1,5	5,45	3,95	QH-station
31	Skalapæl	11970	Venstre	1,5	5,97	4,47	
32	Skalapæl	12386	Venstre	1,5	5,46	3,96	
33	Skalapæl	12808	Venstre	1,5	4,48	2,98	
34	Skalapæl	13228	Venstre	1,5	5,46	3,96	QH-station

Vandløbets oplandsareal er fundet vha. terrænmodel og fremgår af tabel 19.

TABEL 19: Vandløbets opland

Station [m]	Oplands-areal [km ²]	Bemærkninger
0	193	
1	196	Tilløb
1015	197	
1016	315	Tilløb
2244	316	
2245	382	Privat tilløb
4049	385	
4050	386	Tilløb
4182	389	Målestation

5667	390	
5668	395	Tilløb
7394	398	
7395	402	Tilløb
9957	405	
9958	409	Tilløb
11791	410	
13243	412	Tilløb
13244	442	

6.3.4 Kontrol og oprensning

Kontrol

Vandløbet i nærværende regulativ skal vedligeholdes på grundlag af principperne for krav til vandføringsevne beskrevet ved QH-kurver.

De fastlagte QH-kurver fremgår af regulativets beskrivelse af vandløbets vandføringsevne (se figur 26).

Oprensning må kun ske, når vandløbsmyndigheden gennem kontrolmåling af vandføring og vandstand har fastlagt, at vandløbet ikke overholder regulativets bestemmelser.

Kontrolmåling udføres hvert år, og herudover når vandløbsmyndigheden vurderer, der er behov for kontrol.

De fundne værdier for vandføring og vandstand plottes med kravkurvestationens krav- og vedligeholdelseskurver. Hvis punktværdien ligger over kravkurven for den enkelte kravkurvestation, kan oprensning iværksættes.

Kontrolmåling skal udføres i perioden fra 1. marts og frem til 30. april i et grødefrit vandløb.

Oprensning

En oprensning må ikke gennemføres i et omfang, der forbedrer vandføringsevnen mere end beskrevet af vedligeholdelseskurven.

Eventuel oprensning foretages så vidt muligt i perioden fra 1. august til 15. oktober af hensyn til fiskebestandene.

Oprensningen må kun omfatte aflejret sand og mudder. Sten, grus, tørv og ler m.m. må ikke opgraves eller omlejres, og overhængende brinker må ikke beskadiges.

Oprensningen begrænses så vidt muligt til vandløbets naturlige (slyngede) strømrønde, og udføres i en bredde, der ikke overstiger den teoretiske bundbredde.

Vandløbsmyndigheden kan vælge at udføre arbejdet etapevis på mindre delstrækninger med en tidsmæssig forskydning.

Opgravningen udføres manuelt for at mindske skader på vandløbet samt undgå overvedligeholdelse.

Hvor den nødvendige oprensning omfatter større mængder, kan arbejdet helt undtagelsesvist udføres med maskine. I sådanne tilfælde skal der om nødvendigt først foretages en manuel kantskæring, så maskinføreren tydeligt kan se vandløbet og dets kanter.

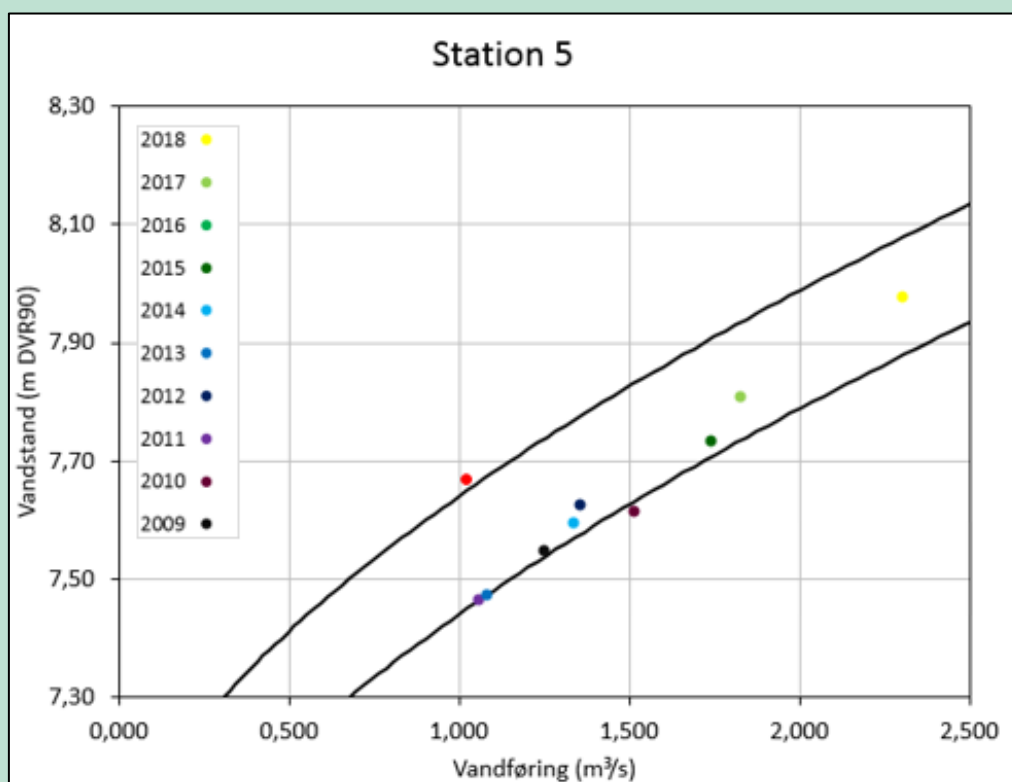
Samtidig med at opgravning udføres, gennemgås det opgravede materiale visuelt for lampretter, ørreder, ål og andre fisk, som straks genudsættes i vandløbet. Grus og sten, som utilsigtet er blevet opgravet, føres straks tilbage til vandløbet.

Opgravet sand og mudder henlægges uden for vandløbets 2-meter bræmme.

Fjernelse af sne og is, der forårsager stuvninger, undlades.

6.3.5 Redegørelse for de afvandingsmæssige konsekvenser

Vandløbet i case område QH-regulativ har tidligere også været administreret som et traditionelt QH-regulativ. I forbindelse med regulativrevisionen er de sidste 9 års kontrol af QH-kurverne gennemgået, og der har ikke været behov for at gennemføre oprensninger (se figur 27).



FIGUR 27: Eksempel på kontrol af vandløbet i case område 3 fra 2009-2017. For overblikket skyld er der kun vist kontrol af én QH-station

Der er foretaget en regulativopmåling i 2014, og en sammenligning med opmåling fra 1999 viste, at vandløbets fysiske udformning har været stabilt, hvilket kontrolldata også viser. Med baggrund i kontrolldata er det vurderet, at QH-kurver fra det tidligere regulativ videreføres i nærværende regulativ.

Grundkurven i nærværende regulativ er en videreførelse af QH-regulativet fra 1999, som er konstrueret i forhold til opmålinger i 1988 og 1999 og regulativdimensioner i 1955 samt beregnede Manningtal. Manningtal er beregnet på grundlag af aflæsning af vandstandsskalaer og målinger af vandføringer på tre lokaliteter i 1999. Resultatet af beregningerne ses på tabel 20.

TABEL 20: Manningtalsbestemmelse, observationsdato: 09-04-1999.

Fra station [m]	Til station [m]	Målt vandspejlskote [cm]	Målt vandføring [l/s]	Manningtal
5	522	784,5	2110	29,4
522	1811	771,5		23,3
1811	2238	738,0		20,0
2238	3003	730,5		19,2
3003	3904	707,0		23,1
3904	4312	686,0		20,8
4192			3680	
4312	4753	674,0		18,2
4753	5554	659,5		25,3
5554	6364	638,8		23,3
6364	7211	619,5		22,0
7211	7628	600,0		19,3
7628	8515	587,5		24,8
8515	8992	569,0		19,5
8992	9819	557,0		21,2
9819	10212	536,0		19,5
10212	11042	525,5		19,0
11042	11526	503,0		15,3
11526	11970	489,0		22,3
11782			4020	

Til fastlæggelse af Q/H-kurvernes udstrækning er der anvendt karakteristiske afstrømninger, som er beregnet på baggrund af en målestation i vandløbet (se tabel 21).

TABEL 21: Karakteristiske afstrømninger.

	Afstrømning [l/s/km ²]
Vintermiddel	10,0
Vinter median maksimum	17,6
5 års maksimum	18,3
10 års maksimum	19,7

Grundkurven er stationernes vedligeholdelseskurver. Efter en evt. oprensning må vandførings-evenen altså ikke være større end den var på opmålingstidspunktet. Kravkurven er lagt 20 cm over vedligeholdelseskurven.

Afvandingsmæssige konsekvenser

Da QH-kurverne i nærværende regulativ videreføres fra 1999 regulativet og da kontrol af QH-kurver de sidste 10 år har vist, at der ikke har været behov for oprensning, vurderes det, at der ikke er negative konsekvenser for de afvandingsmæssige forhold.

7. Eksempler på udbygningsemner

For at illustrere nogle af de udbygningsemner, der beskrives i nærværende rapport, er der gennemført nogle beregningseksempler på forskellige case vandløb og udvalgte eksempler er vist i dette kapitel. Eksemplerne skal visualisere de enkelte forslag til udbygning og samtidig være med til at klarlægge fordele og ulemper ved udbygningerne (se kapitel 8). Cases og behandling af fordele og ulemper indgår dermed som grundlag for at kunne pege på hvilke udbygningsemner, der anbefales i de fremtidige regulativer.

Udbygningsemnerne har fokus på at visualisere vandløbenes vandføringsevne samt oversvømmelsesrisiko og hyppighed i dag og med klimafremskrivninger. Det er emner, som er udvalgt med det formål at lette forståelsen af regulativets bestemmelser for lodsejere, øvrige myndigheder og forsyninger, der har interesse i det pågældende vandløb. Udbygningsemnerne kan vise, hvad man som interessant kan forvente af de fastsatte regulativmæssige krav til skikkelsen eller vandføringsevnen. De kan således i nogle tilfælde sikre en mere klar kommunikation i forhold til vandløbsmyndigheden.

Eksemplerne er beregnet på udvalgte anonymiserede vandløb i Danmark, hvor Orbicon er i besiddelse af et opdateret og omfattende datagrundlag. Miljøstyrelsen har ønsket, at de udbyggede emner vises på vandløb af en vis størrelse, så alle case vandløbene har et oplandsareal på 50 km².

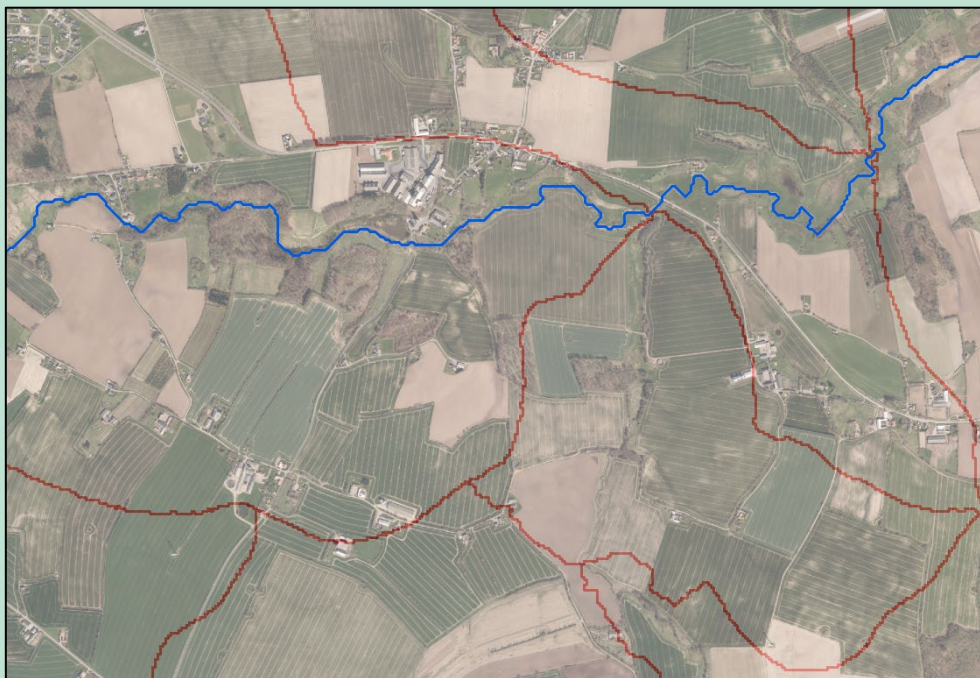
Udbygningsemnerne er uafhængige af regulativtypen og kan derfor i princippet anvendes på alle vandløb. For at vurdere hvilke vandløb, hvor et udbygningsemne kan være særlig relevant, er der, med baggrund i fordel og ulemper, gennemført en proces, der kan være med til at pege på, hvor en udbygning kan give en særlig værdi. Dette gennemgås nærmere i kapitel 9.

7.1 Udbygningsemner – Data

7.1.1 Vandløbsopland

For vandløb med regulativtypen teoretisk skikkelse og QH-regulativ indgår oplandet som en del af regulativgrundlaget, fordi der i begge regulativtyper skal gennemføres vandspejlsberegninger. Dette gør sig ikke gældende i regulativtypen fast geometrisk skikkelse, hvor vandføringsevnen alene beskrives ved en skikkelse.

Selv om oplande indgår i et regulativ, har der ikke for alle vandløbene været tradition for at udarbejde et oplandskort. I de fremtidige regulativer anbefales det, at oplandskort udarbejdes, da det giver et godt overblik over arealanvendelsen langs vandløbet. Et eksempel på et udsnit af et oplandskort ses på figur 28.



FIGUR 28: Eksempel på oplandskort. De blå linjer angiver vandløbssystemet og røde polygoner angiver afgrænsningen af de topografiske afstrømnings oplande

7.1.2 Karakteristiske afstrømninger

Ved en fast geometrisk skikkelse foretages der ikke en beregning af de karakteristiske afstrømninger, da regulativtypen ikke omfatter vandspejlsberegninger, hverken ved udarbejdelse af regulativet eller ved kontrol af regulativet. Ved andre regulativtyper, der beskriver vandføringsevnen, er der i redegørelsen til regulativet og/eller i bestemmelserne om kontrol sandsynligvis allerede bestemt karakteristiske afstrømninger for vintermiddel og vintermedian maksimum. Dog er det ikke et krav ved teoretisk skikkelse, at de karakteristiske afstrømninger skal bestemmes, her kan der også anvendes erfaringstal. I disse regulativer vil beregning af karakteristiske afstrømninger således være en udbygning af regulativet.

Generelt anbefales det, at man beregner de karakteristiske afstrømninger, som anvendes i regulativet og redegørelsen til regulativet.

For alle de vandløb, der regnes på i disse eksempler, gælder det, at der i vandløbene findes en eller flere målestationer med lange tidsserier (mere end 30 år). Det er derfor muligt at beregne de karakteristiske afstrømningsforhold, inkl. de ekstreme afstrømningsværdier op til en 100-årshændelse, ud fra historiske måledata af afstrømningen i vandløbet. For de almindelige karakteristiske afstrømninger anvendes en referenceperioden er 1989 – 2018, men ved analyse af ekstremhændelser i vandløbene er hele den tilgængelige hydrometriske dataserie benyttet, og er således ikke begrænset til den nævnte 30-års referenceperiode. Under oversvømmelseskortlægningerne inddrages klimafremskrivning. I disse eksempler er ekstremhændelsen defineret op til en 100-årshændelse, og der er fremskrevet til referenceperioden 2021-2050.

De beregnede karakteristiske afstrømninger for et af case vandløbene ses i tabel 22.

TABEL 22: Eksempel på Karakteristiske og ekstreme afstrømningsværdier for et af case vandløbene.

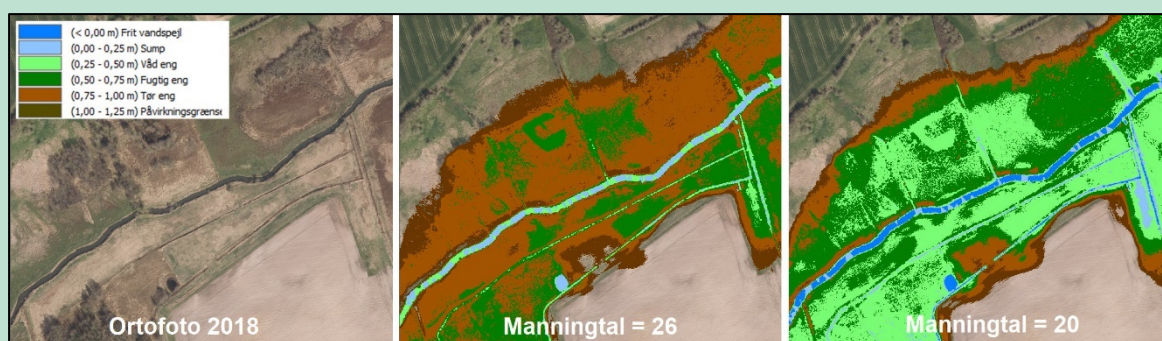
Karakteristik	Afstrømning [l/s/km ²]	Klimafaktor (2021-50)	Klima afstrømning [l/s/km ²]
Sommermiddel	4,5		
Vintermiddel	16		
Sommermedian maks.	27		
Vintermedian maks.	88	1,32	119
5-års maks.	109	1,33	149
10-års maks.	122	1,34	167
20-års maks.	135	1,35	184
50-års maks.	150	1,37	207
100-års maks.	161	1,37	222

7.1.3 Manningtal

Til de udbyggede emner skal der anvendes et Manningtal, der beskriver modstandsforholdene i vandløbet (f.eks. grøde og bundforhold). Niveauet for Manningtallet kan fastlægges på flere måder med varierende grad af nøjagtighed, som oftest afhænger af tilgængeligheden af hydrometriske data i vandløbet.

I det ene af case vandløbene er Manningtallet beregnet med Manningformelen ud fra samhørende informationer om Q og H og tilhørende oplysning om skikkelse (se afsnit 2.3.2).

I et andet case vandløb har man valgt at bestemme Manningtallet ved en følsomhedsanalyse (se afsnit 2.3.3). Følsomhedsanalysen ses på figur 29. Manningtallet er bestemt under en vintermiddel afstrømningshændelse, og et afvandingsklassekort er beregnet for hver analyse. Manningtallet er herefter fastlagt på baggrund af de generelle afvandingsforhold, som kan observeres på seneste og historiske orthofoto, samt GIS-kort der beskriver arealanvendelsen.



FIGUR 29: Vurdering af Manningtallet under en vintermiddel hændelse på baggrund af en analyse af den generelle afvandingsforhold.

Der er ikke beregnet et Manningtal for en sommer situation i nogen af casene, da det ikke anbefales at beregne afvandingskort for en sommermiddel eller sommer medianmaksimum, da usikkerhederne ved at beregne dette Manningtal vurderes at være for stor. Det samme gør sig gældende i oversvømmelseskortene. Usikkerheder på Manningtal er beskrevet i kap. 2.3.3.

7.2 Udbygningsemner – Analyse

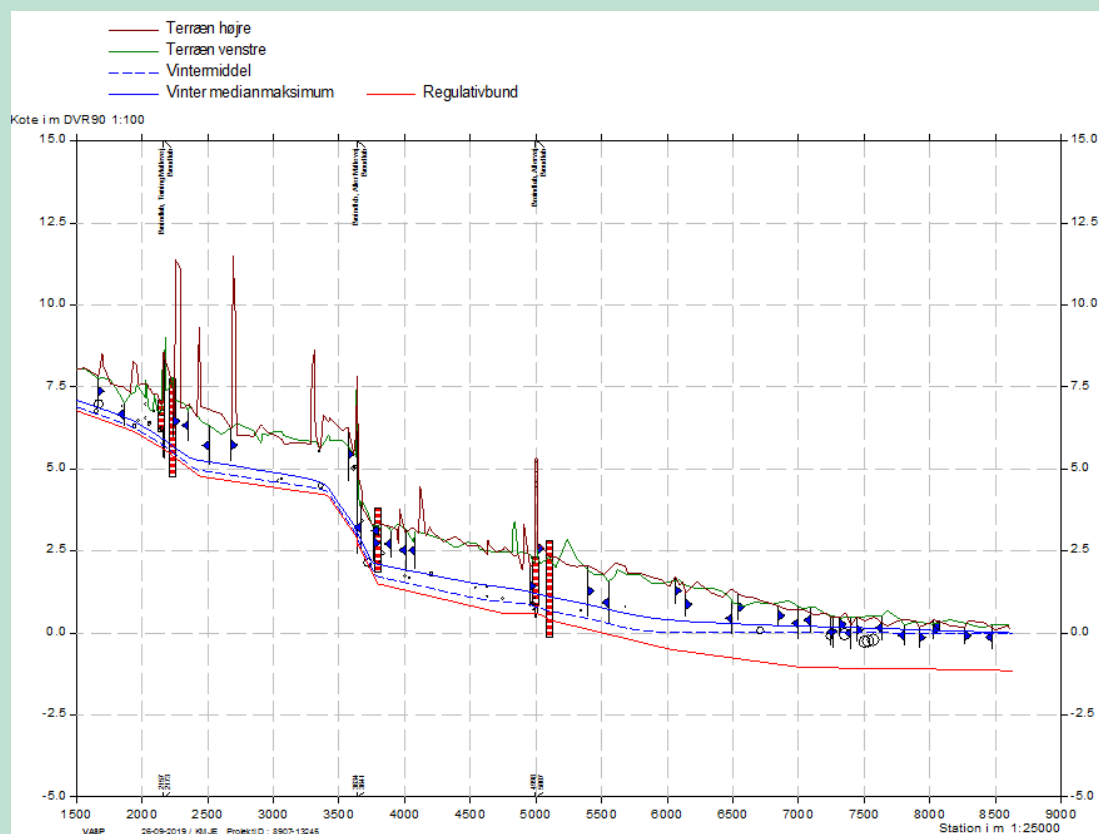
7.2.1 Længdeprofil med vandspejlsberegninger.

For vandløb med regulativtypen fast geometrisk skikkelse foretages der ikke vandspejlsberegninger jf. minimumskrav til regulativtypen. Et længdeprofil med beregnede vandspejl vil derfor være en udbygning.

For regulativtypen teoretisk skikkelse illustreres afvandingstilstanden oftest allerede i redegørelsen til regulativet, hvor vandspejlsberegninger ved vintermiddel og vintermedianmaksimum-afstrømningen allerede vises på længdeprofilplot. Et længdeprofil er således ikke et udbygningsemne i denne regulativtype.

Ved QH-regulativer er et længdeprofil med beregnede vandspejl ikke et minimumskrav. Men længdeprofilet kan udtegnedes, da vandspejlsberegningerne er gennemført på hele profilet

Et eksempel på et længdeprofilplot med vandspejlsberegninger ses på figur 30.



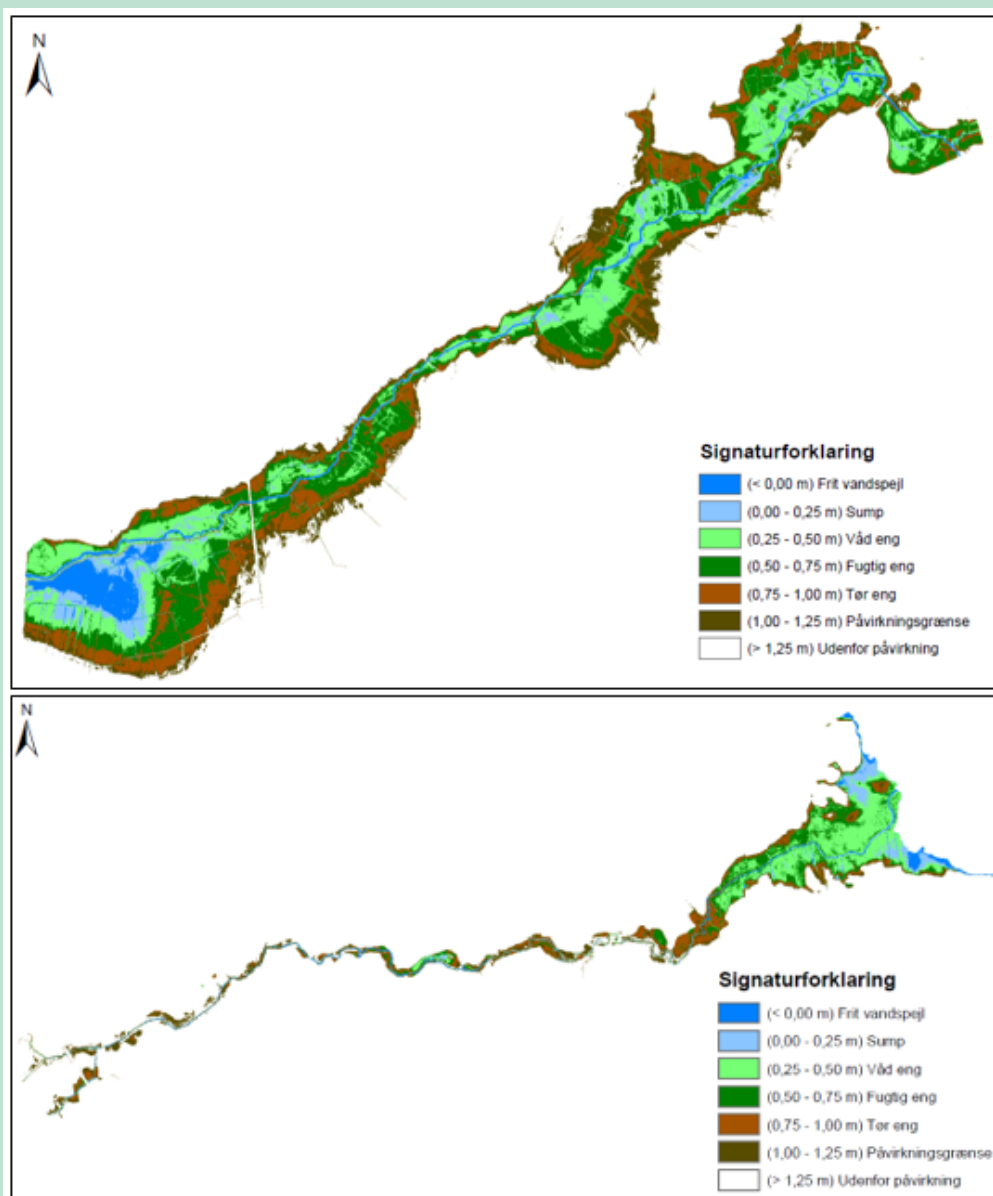
FIGUR 30: Afvandingstilstand under en vintermiddel og vintermedianmaksimum. Vandstand ift. regulativbund og terrænniveau er plottet.

7.2.2 Afvandingskort

En mulig anden udbygning af regulativet, som kan illustrere afvandingstilstanden under en vintermiddel hændelse, er et afvandingskort.

Afvandingskortet kan udarbejdes ved en ekstrapolering af de beregnede regulativmæssige vandstande til det omkringliggende terræn. Der findes flere metoder, som kan benyttes under

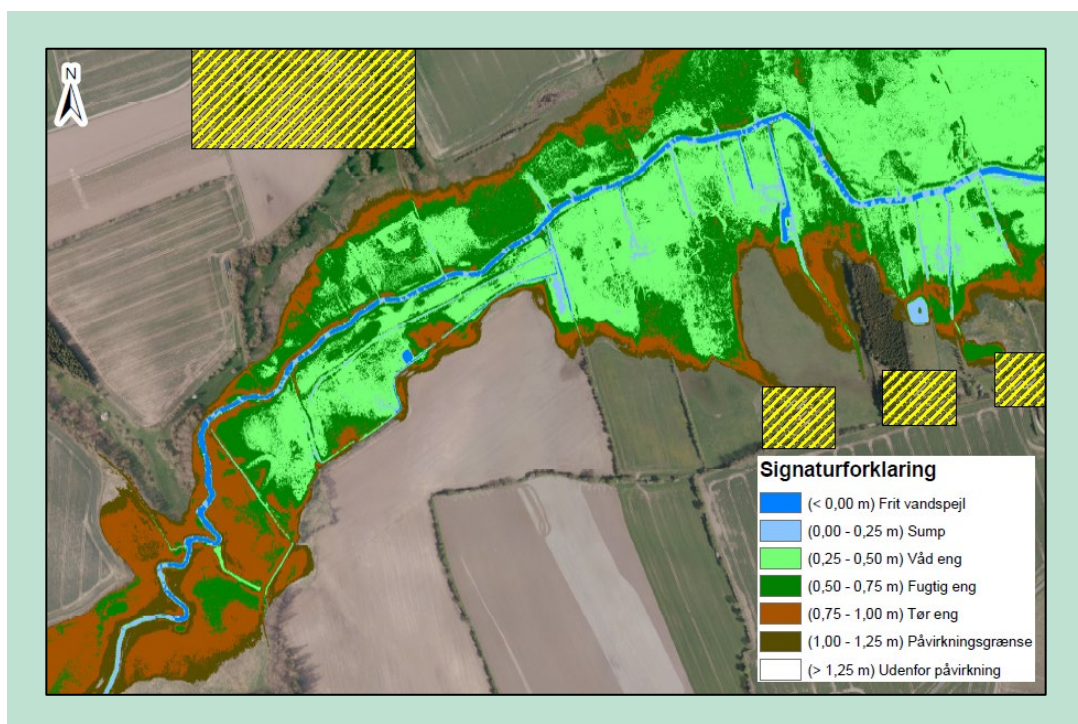
en ekstrapolering af vandspejlet, som ikke belyses i disse eksempler. Det er dog typisk at tillægge vandspejlet en gradient væk fra vandløbet, svarende til det generelle fald som forekommer i ådalens grøfter og dræn. Dette fald vil typisk ligge i intervallet 1 – 3 promille. For case vandløb i figur 31 (øverst) er der dog ikke tillagt en gradient væk fra vandløbet, da der er en god overensstemmelse mellem de beregnede afvandingsdybder og arealanvendelsen uden tillæg for gradient. Dette kontrolleres under beregningerne ved at kigge på orthofotos og andre relevante kort, der beskriver arealanvendelsen. For case vandløbet i figur 31 (nederst) er der tillagt en gradient væk fra vandløbet på 2 promille.



FIGUR 31: Eksempler på to forskellige afvandingskort ved en vintermiddel afstrømning.

Figur 31 viser tydeligt forskellen på, hvordan afvandingskort kan se ud. Det øverste case vandløb har en bred og mere fugtig ådal. Den nedre del af vandløbet (mod vest) er har områder med frit vandspejl, fordi der her er etableret et vådområde. På det nederste case vandløb ses en tydelig smal og veldefineret ådal med forholdsvis gode afvandingsforhold. Jo længere nedstrøms (mod øst) jo mere vådt, fordi vandløbet løber igennem lavtliggende områder før udløb i en fjord.

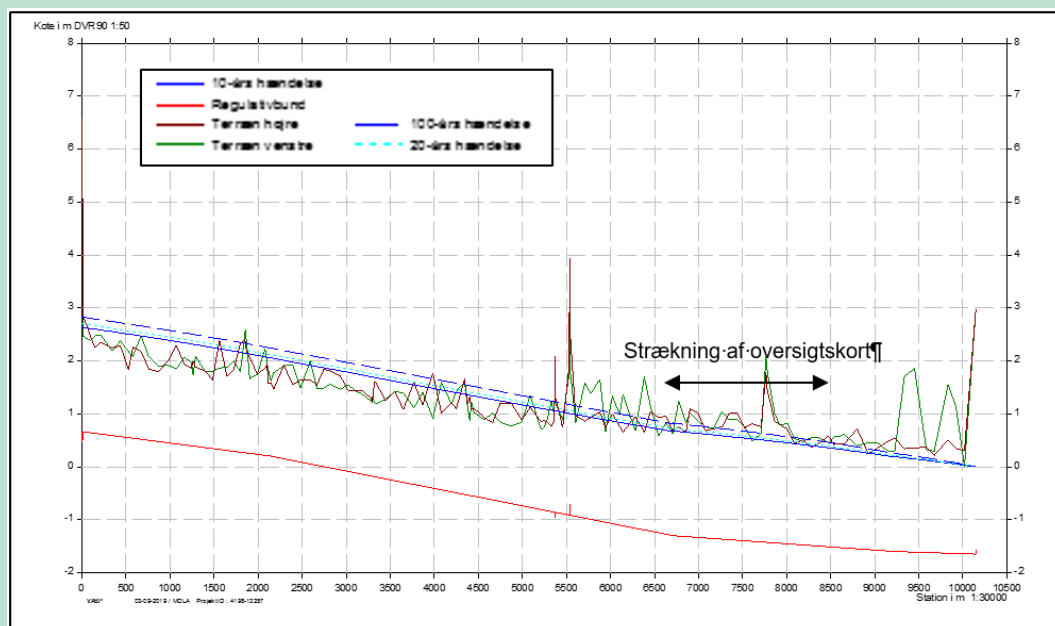
På figur 32 er der zoomet ind på afvandingspotentialekortet for det øverste case vandløb i figur 31 for bedre at kunne se afvandingsklasserne ved en vintermiddel afstrømning.



FIGUR 32: Afvandingspotentialekort over den regulativmæssigt betingede afvandingsstilstand under en vintermiddel afstrømning.

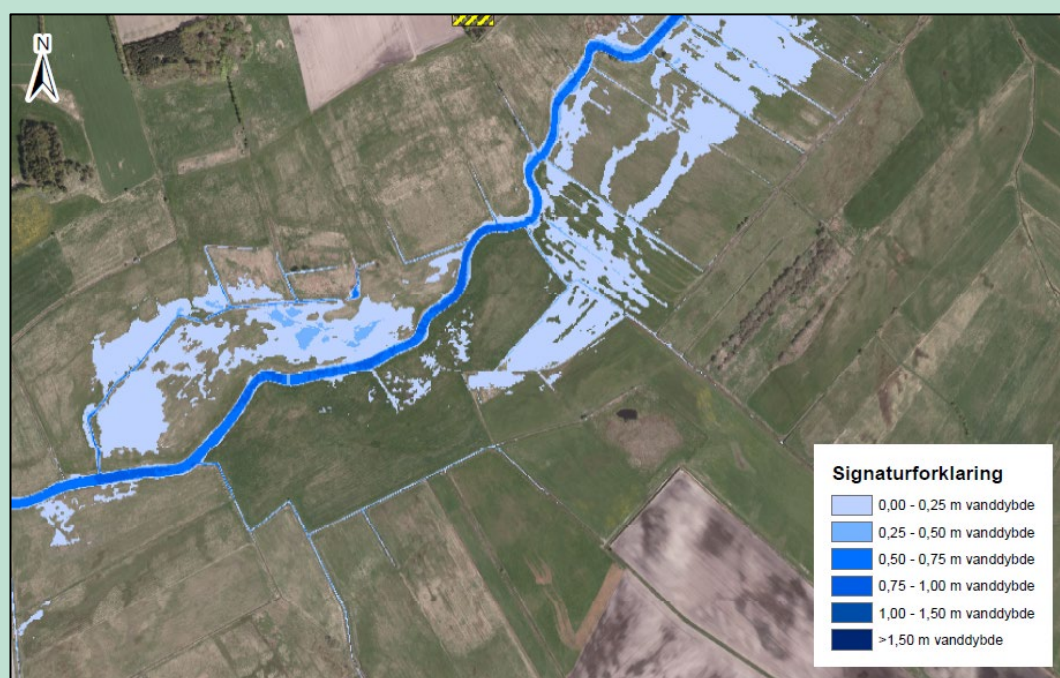
7.2.3 Oversvømmelseskort og -hyppigheder med og uden klimafaktor

Ønskes risikoen for oversvømmelse af ånære arealer under nuværende og klimafremskrevne forhold vist, kan dette gøres både ved et længdeprofil og ved et oversvømmelseskort. På figur 33 er vist et eksempel på et længdeprofil ved 10, 20 og 100-års hændelse.



FIGUR 33: Oversvømmelsesforhold under en 10, 20 og 100-års hændelse. Vandstand ift. regulativbund og terrænniveau er plottet.

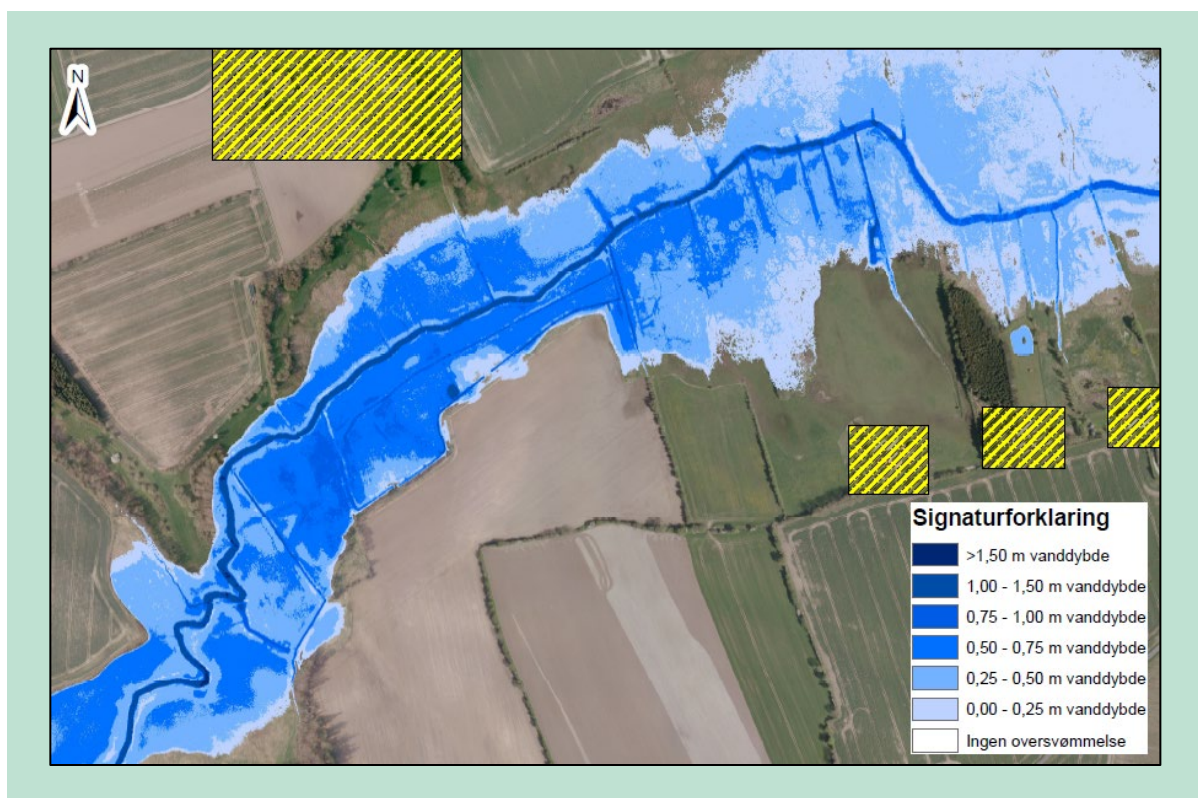
På figur 34 ses den viste strækning på figur 33 som et oversvømmelseskort ved en 100-års hændelse.



FIGUR 34: Frit vandspejl på terræn under en 100-års hændelse, eksempel 1.

På figur 35 ses et andet eksempel på en 100-års hændelse med et større arealer, der oversvømmes. Oversvømmelsesrisikoen er således meget forskellig fra vandløb til vandløb og afhænger af blandt andet, hvor reguleret og dybt nedskåret vandløbet af, hvor lavtliggende de

ånære områder er osv. Ens for kortene er dog, at de kan anvendes til at vurdere, hvilke arealer langs vandløbene, der bliver påvirket ved oversvømmelser.

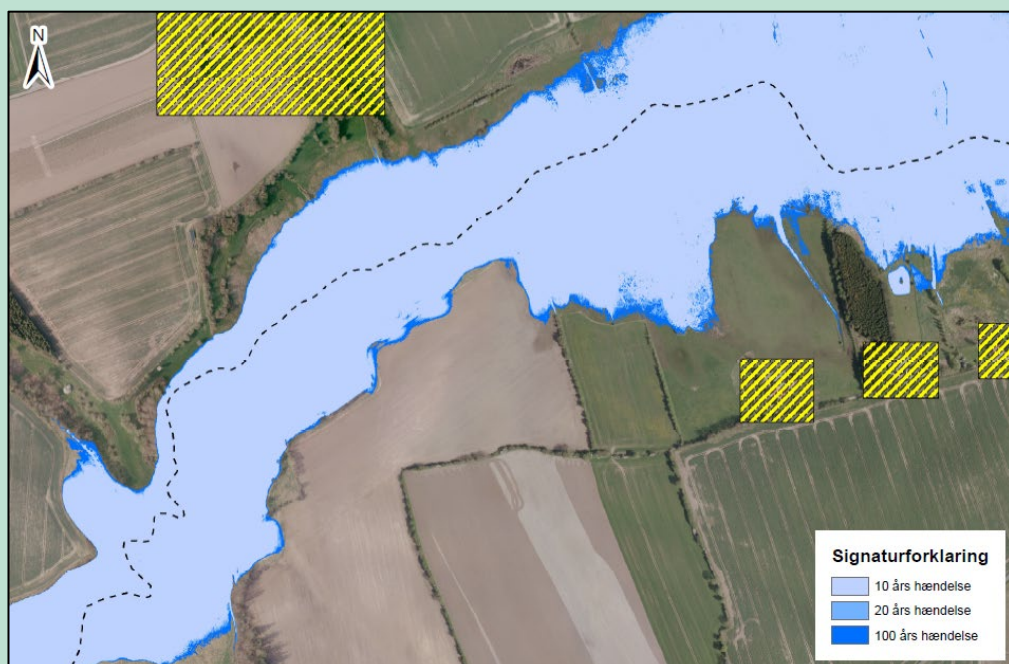


FIGUR 35: Frit vandspejl på terræn under en 100-års hændelse, eksempel 2.

Ønskes hyppigheden af risiko for oversvømmelse af ånære arealer under nuværende og klimafremskrevne forhold vist, kan dette også gøres både ved et længdeprofil og ved et oversvømmelseskort. På figur 36 og 37 ses tilsvarende oversvømmelseskort for de to case vandløb på figur 34 og 35, men beregninger er nu foretaget på 10, 20 og 100 årshændelser med klimafaktor - dvs. for året 2050.



FIGUR 36: Frit vandspejl på terræn under 10, 20 og 100-års hændelse i 2050, eksempel 1.



FIGUR 37: Frit vandspejl på terræn under 10, 20 og 100-års hændelse i 2050, eksempel 2.

Ved sammenligning af 100-årshændelsen uden klimafremskrivning ved eksempel 1 (figur 34) med 100-årshændelsen med klimafremskrivning (figur 36) ses, at der ikke er stor forskel på de to scenarier. Dette case område er således et eksempel på et vandløb, hvor klimaændringer ikke får den store betydning – faktisk bliver det tørre i 2050 - i hvert fald med den klimafaktor, vi har til rådighed i dag. Det modsatte gør sig gældende i eksempel 2 (figur 35 og 37), hvor 100-års hændelsen bliver vådere i 2050.

7.2.4 Opsummering eksempler på udbyggede emner

Som beskrevet i kapitel 6, er der forskel på det datagrundlag, der er stillet krav til i den gældende vandløbslovgivning, alt efter hvilken regulativtype der anvendes. Ved en fast geometrisk skikkelse er der færre krav til data end ved de to andre mest anvendte regulativtyper - teoretisk skikkelse og QH-regulativ.

Oplandsdata er f.eks. et krav ved de regulativtyper, der beskriver en vandføringsevne, og hvor der skal gennemføres vandspejlsberegninger, men det er det ikke ved fast geometrisk skikkelse. Oplandskort vil derfor være en udbygning i et geometrisk regulativ. Generelt giver oplandskortene et godt overblik over arealanvendelsen langs vandløbene.

Hvorvidt regulativerne skal udbygges med karakteristiske afstrømninger og bestemmelse af Manningtal afhænger af, om de er forudsætninger for udbygningsanalyserne. Man skal også være kritisk i forhold til den sikkerhed, der er på de data man anvender. I de viste eksempler er der målestationer i case vandløbene, og man kan derfor bestemme forholdsvis valide karakteristiske afstrømninger - men det vil langt fra altid være tilfældet.

Under arbejdet med casene var der ingen forskel på hvilken regulativtype de enkelte case vandløb havde. Resultatet af beregningerne var mere afhængig af det enkelte vandløbs karakteristika og terrænet langs vandløbet.

Hvorvidt kortene skal udarbejdes for alle vandløb, afhænger af flere faktorer og her er især de økonomiske omkostninger ved udbygningerne vigtige at få med i overvejelserne, ligesom datagrundlaget ikke må være for usikkert, da kortene dermed kan ende med at være misvisende.

I næste kapitel gennemgås fordele og ulemper ved de forskellige udbygningsemner.

8. Fordele og ulemper ved udbygning af regulativer

Som det er beskrevet i kapitel 3, kan en udbygning af regulativernes fremtidige indhold blandt andet vise, hvad man kan forvente at regulativet i forhold til f.eks. dyrkningssikkerhed og oversvømmelsesrisiko. Data og udbygning af emner vedrørende analyser af vandløbsregulativernes vandføringsevne har således et stort formidlingsmæssigt potentiale. Analyserne kan også anvendes i andre sammenhænge og myndighedsopgaver. Det er dog forbundet med store omkostninger generelt at udvide regulativer med en lang række emner. Endelig er der analyser, hvor datasikkerheden ikke er tilstrækkelig stor til at de resultater, der vises, er pålidelige. Det kan skabe unødigt usikkerhed, og den formidling, som var målet, kan i værste tilfælde vise sig at være misvisende.

De enkelte udbygningsemner er gennemgået i kapitel 4 og 5 og eksempler på udbygningsemnerne er vist i kapitel 7. I dette kapitel gennemgås de enkelte udbygninger med henblik på at beskrive, hvilke fordele udbygningen kan have i forhold til formidling af regulativets bestemmelser. Udbygningsemnerne kan herudover have yderlige fordele i forhold til andre myndighedsopgaver.

At udbygge regulativernes indhold i forhold til i dag vil være forbundet med en række ekstra omkostninger. De enkelte analyser er ikke lige relevante i alle områder og værdien vil i høj grad være afhængig af arealanvendelsen. Hertil kommer, at udgifterne til analyserne også skal sammenholdes med den sikkerhed, der er på de data, der skal anvendes. Er sikkerheden på data ikke tilstrækkelig, vil resultaterne af analysen ikke være retvisende. Nogle data bliver forældet, og det kan være en udfordring i forhold til, hvor ofte et regulativ revideres.

Disse fordele og ulemper beskrives for hver af de foreslåede udbygningsemner.

8.1 Opsamling af databehov

I nedenstående tabel 23 er det forsøgt at opstille, hvilke data, der som minimum skal anvendes ved udarbejdelse af de omtalte udbygningsanalyser.

Tabellen er opdelt efter om det er et traditionelt QH-regulativ, hvor der ikke findes en skikkelse til at beskrive vandløbsstrækningen, eller om det er et teoretisk-/fast-skikkelsesregulativ, hvor man har en skikkelse som grundlag for sine beregninger.

Hvis det er et QH-regulativ, er man som udgangspunkt nødt til at udarbejde en beregningsmæssig skikkelse, der beskriver regulativets krav til vandføringsevne. Dette er for at kunne lave analyser, der også beskriver forholdene på strækningerne mellem kravkurvestationerne.

Kryds i parentes (x) angiver, at data ofte er usikkert bestemt, hvorfor pålideligheden af analysen i høj grad er afhængig af datakvaliteten. Hvis datasikkerheden på en 50 års maks. afstrømning for et konkret vandløb er meget usikker, bør det overvejes, hvorvidt analysen skal udføres og indgå som en del af en regulativrevision. Det samme gør sig gældende for data vedrørende klimafaktor. Kryds i parentes kan også angive, at den nødvendige datakvalitet afhænger af behovet for sikkerhed på analysens resultat. Et eksempel kan være, at man vælger at bestemme Manningtallet faktisk med henblik på at få et mere realistisk beregnet vandspejl på et konkret vandløb, som er følsomt overfor usikkerhed på Manningtal.

TABEL 23: Oversigt over data der som minimum skal benyttes ved de omtalte udbygnings-analyser.

Udbygnings-analyse		Data										
		Skikkelse		Op- lande	Manningtal (M)			Karakteristiske afstrømninger				
		Regulativmæssig skikkelse	Udarbejd beregningsskikkelse grundlag i QH-karv	Oplandsfordeling	Erfarings M	Faktisk M, Strækning		Vintermiddel/sommermiddel	Vinter/sommer med. maks.	5 – 20 års maksimum	50- 100 års maksimum	Klima-faktor ganget på afstrømninger
QH-traditionel	Længdeplot med beregnet vandspejl		X	X	X							
	Afvandingspotentialekort		X	X	X	(X)		X	X			
	Oversvømmelseskort		X	X	X				X	X	(X)	(X)
	Oversvømmelseshyppigheder		X	X	X				X	X	(X)	(X)
	Sætningskort		X	X	X			X	X			(X)
	Kapacitetsanalyse		X	X	X	(X)						
Teo./fast skikkelse	Længdeplot med beregnet vandspejl.	X		X	X							
	Afvandingspotentialekort	X		X	X	(X)		X	X			(X)
	Oversvømmelseskort	X		X	X				X	X	(X)	(X)
	Oversvømmelseshyppigheder	X		X	X				X	X	(X)	(X)
	Sætningskort	X		X	X			X	X			(X)
	Kapacitetsanalyse	X		X	X	(X)						

Som det fremgår af tabellen, vil en udvidelse eller analyse, der udbygger regulativets nuværende indhold, være forbundet med omkostninger. Størrelsen af omkostningerne afhænger af den enkelte regulativtype. QH-regulativer har således som udgangspunkt ikke en skikkelse, der kan indgå i forskellige modelberegninger. Omvendt er der som forarbejde til QH regulativer ofte udført Manningtalsbestemmelse, som med fordel kan indgå analyser vedrørende vandføringsevne, så resultaterne for beregningerne relatere sig til målte værdier og ikke skønnede værdier.

8.2 Karakteristiske afstrømninger

Som tidligere beskrevet findes der en lang række karakteristiske afstrømninger, som kan anvendes i forskellige sammenhænge. De forskellige karakteristiske afstrømningsværdier vil have forskellige grader af usikkerhed i forhold til tilgængelighed af data. Hvorvidt det er en god ide at udbygge regulativer med oplysninger om karakteristiske afstrømninger kan derfor både afhænge af de fordele oplysningerne kan give samt af den usikkerhed, der vil være på data i et konkret vandløb.

I tabel 24 er vist forskellige afstrømningsværdier, som er sammenholdt med udvalgte fokusområder. Den første kolonne beskriver den generelle datasikkerhed, der må forventes på en given afstrømningsstatistik, den anden kolonne angiver, om afstrømningsstatistikken er en del af datagrundlaget for regulativet og dermed medvirker til, at der kan træffes klare afgørelser. Den tredje kolonne angiver, hvor omkostningskrævende det er at udarbejde statistikken, mens den sidste kolonne angiver, om afstrømningsstatistikken kan have af fordele i forhold til andre myndighedsopgaver.

TABEL 24: Angivelse af karakteristiske afstrømningsværdier i forhold til 1) datasikkerheden 2) det giver værdi i forhold til at kunne træffe klare afgørelser i relation til regulativet 3) der brug for flere data end regulativets grunddata (data-tung). eller 4) det giver værdi i forhold til øvrige myndighedsopgaver

Kar Q	Datasikkerhed generelt	Træffe klare afgørelser i relation til regulativet	Data-tung i forhold til regulativets grunddata	Fordel for andre myndighedsopgaver omkring vandløb
Median minimum	xx		xxx	xxx
Sommermiddel	xxx		xx	xxx
Vinter middel	xxx	x	x	xxx
Median maks. (sommer)	xx		xx	xxx
Median maks. (vinter)	xx	x	x	xxx
5-20 års maks.	x		xxx	xxx
50 – 100 års maks.			xxxx	x
Statistik, med højere tidsopløsning end døgnmidler	x		xxxx	xx

8.2.1 Karakteristiske afstrømningsværdier og regulativtyper

For teoretisk skikkelse vil det ofte være sådan, at der som forudsætninger indgår beregninger ved karakteristiske afstrømninger. Som oftest anvendes der vintermiddel og vintermedianmaksimum afstrømninger, til kontrol af om regulativet er overholdt. For denne regulativtype vil disse karakteristiske afstrømningsværdier, således være en del af regulativets forudsætninger. Teoretiske skikkelses-regulativer kan også udarbejdes med udgangspunkt i nogle ikke beregnede afstrømningsværdier, f.eks. 10 og 50 l/s/km². I det tilfælde vil vintermiddel og vintermedianmaksimum afstrømninger være en udvidelse af indholdet i det teoretiske skikkelsesregulativ, ligesom det vil være for de øvrige regulativtyper (QH og fast geometrisk skikkelse).

Udbygning med øvrige karakteristiske afstrømninger ligger udover, hvad der er nødvendigt i forhold til udarbejdelsen og kontrollen af regulativerne.

De karakteristiske afstrømninger kan være en forudsætning for nogle af de øvrige udbygnings-emner, ligesom de kan være nyttige oplysninger i andre opgaver. Fordele og ulemper ved at udbygge regulativer med oplysninger om karakteristiske afstrømningsværdier fremgår af de næste afsnit.

8.2.1 Fordele

Karakteristiske afstrømningsværdier er en forudsætning for de øvrige udbygningsemner, der relaterer sig til regulativernes vandføringsevne. Vælger man således at udbygge regulativerne med nogle af de foreslåede analyser, vil det være naturligt, at de beregnede afstrømningsdatastikker også fremgår af regulativerne som datagrundlag og forudsætning for analyserne.

Forskellige karakteristiske afstrømningsværdier kan desuden anvendes i en lang række andre myndighedsopgaver, som det fremgår tabel 3 i kapitel 4.1.

Ved at bestemme karakteristiske afstrømningsværdier i forbindelse med regulativrevisionen bliver det muligt at anvende dem i en lang række sammenhænge, som f.eks. regulerings- og restaureringsprojekter, udledningstilladelser, klimaprojekter, indvindingstilladelser mv. Når værdierne anvendes i overordnede screeningsmæssig sammenhæng, giver det god mening at have regulativet som opslagsværk i forhold til karakteristiske afstrømninger. Hvis man kender oplandet, vil det således give mulighed for at vurdere, hvor meget vand der løber i vandløbet i forskellige situationer.

8.2.2 Ulemper

De væsentligste ulemper ved at udbygge regulativer med afstrømningsværdier, der ikke anvendes direkte til administrationen af regulativet, er at det er en ekstraopgave, som er forbundet med en udgift.

Sikkerheden på afstrømningsstatistikker er god i de store vandløb, hvor der er etableret og drevet målestationer i mange år. Usikkerheden på data stiger, når der enten ikke er en målestation i vandløbet, og/eller når man kommer længere opstrøms i vandløbssystemet i forhold til målestationens placering. Hvis der er bymæssig bebyggelse, vil usikkerheden omkring byen desuden blive forøget. Hertil kommer, at nogle afstrømningsstatistikker, særligt de større hændelser, ofte vil blive bestemt på et mere usikkert grundlag end middelastrømningerne.

Disse forhold og betragtninger omkring usikkerhed kan man i et konkret projekt tage stilling til og i nogle tilfælde kompensere for, når der skal udarbejdes en afstrømningsstatistik, fordi statistikken kan udarbejdes med det for øje. Hvis der står en afstrømningsstatistik i regulativet, vil den ofte blive brugt, og man tvinges dermed ikke til samtidig at tage stilling til datagrundlagets kvalitet. En mulighed for at imødegå dette er, at der til afstrømningsstatistikkerne medfølger en beskrivelse af datagrundlag og forudsætninger. Det anbefales således, at man i regulativet angiver datagrundlaget for beregningen af de karakteristiske afstrømninger, hertil hører angivelse af den anvendte referenceperiode, hvilke lokaliteter der er anvendt til bestemmelse af den karakteristiske afstrømning samt et vurderet kvalitetssikkerhedsniveau. Det bør også klart fremgå, om afstrømningerne er beregnet på døgnmidler (normalt) eller evt. kortere tidsintervaller.

En anden ulempe ved at opføre afstrømningsstatistikker er, at der kan gå lang tid mellem de enkelte regulativrevisioner. Det kan betyde, at statistikkerne med tiden kommer til at bygge på forældet data.

I dag arbejdes der på en bedre dataadgang til hydrometriske data i kraft af offentlige databaser, ligesom DK-modellen udvides i forhold til at kunne udtrække vandføringer i vandløbene.

På denne baggrund kan det synes mere oplagt, at man i fremtiden benytter den øgede adgang til hydrometriske data til at udarbejde opdaterede statistikker, der er udarbejdet med det formål, som de skal bruges til.

8.3 Længdeprofilplots med beregnede vandspejl

Længdeprofiler med beregnede vandspejl viser, hvor vandspejl vil stå ved forskellige karakteristiske afstrømninger. De beregnede vandspejl benyttes både som en del af kravet til vandføringsevne i teoretiske skikkelsesregulativer, men anvendes også til at vise konsekvenser af et regulativforslag.

8.3.1 Længdeprofiler og regulativtyper

For teoretiske regulativtyper vil beregnede vandspejl være en forudsætning for regulativtypen. For de øvrige regulativtyper, vil længdeprofiler med beregnede vandspejl kunne være en del af redegørelsen i forhold til konsekvenser af regulativet.

Længdeprofiler med beregnede vandspejl vil være en udbygning i forhold til minimumskraverne for regulativtyperne geometrisk skikkelse og QH-regulativer og dermed en ekstraudgift.

I forhold til regulativtypen fast geometrisk skikkelse vil omkostningerne til udvidelsen være, at der skal udtages oplande og beregnes karakteristiske afstrømningsværdier. Hertil kommer udgifter til selve beregningerne og de efterfølgende plots.

I forhold til regulativtypen QH vil oplysninger om oplande være tilgængelige, mens der skal udarbejdes karakteristiske afstrømningsværdier. Der er i QH regulativ ikke umiddelbart beskrevet det beregningsgrundlag, der repræsenterer regulativets krav til vandføringsevne mellem QH-stationerne. Dette beregningsgrundlag skal i så fald beskrives. Omvendt vil der i forbindelse med udarbejdelse af QH-regulativerne være udført Manningtalsbestemmelser, som kan benyttes, hvorved de sikkerheder i forhold til de faktiske forhold på de beregnede vinter vandspejl bliver højere, end hvis der benyttes skønnede Manningtal.

8.3.2 Fordele

Længdeplot med beregnede vandspejle kan være gode til at illustrere forhold, som vedrører til vandføringsevne og forventelige vandstands niveauer ved forskellige afstrømningssituationer. De er særligt gode til at vise, hvordan regulativets vandføringsevne er i forhold til de faktiske forhold. På den måde kan man som lodsejer se, om den af regulativet sikrede vandføringssevne svarer til de nuværende forhold, eller om vandføringsevnen er mindre. Der ligger således en formidlingsmæssig gevinst i at vise sammenlignende vandspejlsberegninger.

I forhold til øvrigt myndighedsarbejde, vil beregnede vandspejl kunne give en indikation af forventede vandstande i vandløbet ved forskellige afstrømningssituationer, ligesom de resulterende vanddybder kan ses på længdeprofilerne.

8.3.3 Ulemper

Længdeprofiler med vandspejlsberegninger er i regulativmæssig sammenhæng ofte udført på baggrund af et fast skønnet Manningtal. Dette gøres for at gøre kontrolberegningerne smidige, da fokus på kontrollen er at sammenligne to skikkelsers vandføringsevne. Ulempen er, at der kan opstå usikkerhed om, hvorvidt de viste vandspejl er pålidelige. Hvis et vandløbs vandføring overvejende stammer fra befæstede arealer, vil usikkerheden på de beregnede vandspejl stige.

En ulempe er desuden, at det er forbundet med udgifter at udføre beregningerne, særligt for regulativtyperne fast geometrisk skikkelse og QH.

En anden ulempe i forhold til disse to regulativtyper kan være, at det kan skabe usikkerhed om, hvad der er gældende, og det kan potentielt være sværere at træffe entydige og klare afgørelser.

For fast geometrisk skikkelse kan der potentielt opstå tvivl om, hvorvidt det er den vandføringsevne, som længdeplottet illustrerer, eller om det er den faste skikkelse, som er beskrevet i regulativets skikkelsestabel, der er gældende. Det skal derfor beskrives grundigt.

Den samme problematik gør sig gældende for QH-regulativer, hvor der kan opstå tvivl om, hvorvidt de viste beregnede vandspejl mellem kravkurver vil være en del af den beskrevne vandføringsevne.

8.4 Afvandingskort

Afvandingskort kan vise, hvilken afvandingsstilstand man kan forvente i forhold til den regulativmæssige skikkelse og/eller vandføringsevne. Kortene vil være en udvidelse i forhold til alle regulativtyper og vil være en udvidelse af den forventningsafstemning, der kan uddrages af længdeprofilerne med beregnede vandspejl.

For at udarbejde kortene er det nødvendigt først at udføre vandspejlsberegninger. Hertil kommer udgifter med at lave terrænanalysen og tematisering samt udarbejdelse af kortene. Der er således en relativ stor udgift forbundet med denne udbygning.

8.4.1 Afvandingskort og regulativtyper

Som beskrevet under længdeprofiler, vil det være forbundet med forskellige omkostninger i forhold til de enkelte regulativtyper at udarbejde de indledende vandspejlsberegninger. Udviklingen vil derfor være mindst omkostningstung i forhold til regulativtypen teoretisk skikkelse og mest omkostningstung i forhold til geometrisk skikkelse og QH-regulativer.

I QH-regulativer indgår der en bestemmelse af vinter Manningtal, hvorfor afvandingskort for vintermiddel i QH-regulativer vil have en større sikkerhed i forhold til resultaterne.

8.4.2 Fordele

En væsentlig fordel ved at udbygge et regulativ med afvandingskort, er at det er en mere illustrativ forventningsafstemning mellem myndighed og lodsejere end et længdeprofil med beregnede vandspejl. Lodsejere kan således få synliggjort forventelige muligheder for arealanvendelser ved den gældende regulativmæssige vandføringsevne.

Afvandingskort har en særlig fordel for regulativer, hvor vandløbets eksisterende forhold er overvedligeholdt, dvs. at vandløbet kan føre meget mere vand end kravet i regulativet foreskriver. Det kan f.eks. være, hvis vandløbet er bredere og/eller dybere end den fastlagte regulativmæssige skikkelse. Sammenligning af afvandingskort for hhv. eksisterende - og for regulativmæssige forhold kan være med til at synliggøre, hvilke ændringer lodsejere må forvente, hvis vandløbets vandføringsevne reduceres i overensstemmelse med regulativets krav.

Et afvandingskort, der viser den forventede afvandingsstilstand i forhold til regulativet, kan også være nyttig i vurdering af beskyttede naturarealer, hvis regulativets krav ikke svarer til de faktiske forhold. Et afvandingskort med den regulativmæssige afvandingssevne kan vise, om den eventuelle fremtidige afvandingsstilstand er forenelig med de beskyttede naturinteresser, der måtte være langs vandløbet. På den måde kan der handles proaktivt, hvis der viser sig, at der kan være en konflikt.

8.4.3 Ulemper

En ulempe ved denne udvidelse er, at den er relativ omkostningstung. Dette skal også ses i forhold til, at analysen ikke er relevant for alle områder, og således ikke giver den samme nytteværdi i et byområde, som det gør i dyrkede arealer.

Hvis de dyrkede arealer ligger så højt, at vandstanden i vandløbet ikke er betydende for afvandingstilstanden, vil afvandingspotentialekortene vise, at vandstanden i vandløbet ikke har en betydning, hvilket man som lodsejer ofte allerede ved. Det kan f.eks. være vandløb med stort fald og/eller vandløb, som er dybt nedskåret.

Derfor er afvandingskortene mest relevante for dyrkede arealer, hvor der potentielt kan være konflikter i forhold til arealanvendelsen og vandløbets vedligeholdelse.

Sommermiddelfastrømninger og vintermiddelfastrømning er relativt sikre at bestemme. Det er også forholdsvis let at skønne et vinter Manningtal. Derimod kan det være vanskeligt at bestemme et sommer Manningtal, der som beskrevet tidligere vil forandre sig i længderetning og over tid. Manningtallet afhænger af grødevæksten, som kan være forskellige fra år til år, og af effekten af grødeskæringen. Det er således forbundet med en vis usikkerhed at lave et gennemsnitligt sommer Manningtal.

En anden usikkerhed ved afvandingskortene er, at sådanne kort ikke er fuldt retvisende for de reelle afvandingsforhold under alle former for jordaflledningsevner, f.eks. ved forskellige jordtyper. Hertil kommer, at kortene afspejler en maksimal opnåelig afvandingstilstand på arealerne ved det pågældende vandspejl i åen og et fungerende drænsystem med den gradient der bliver anvendt. Hvis arealerne ikke er drænet, vil forholdene på kortene fremstå bedre end virkeligheden. Det samme gør sig gældende, hvis drænsystemernes udløb ligger under den regulativmæssige bundkote. Så vil udløbene ikke være sikret, og den faktiske afvandingsevne kan være væsentlig ringere på grund af at drænenes placering.

Det resulterende afvandingskort afhænger af de data, som det er beregnet på baggrund af, dvs. sikkerhed på dels opmåling, karakteristiske afstrømninger og anvendte Manningtal.

8.5 Oversvømmelseskort

Oversvømmelseskort kan vise, hvor der må forventes at ske oversvømmelser i forhold til regulativets krav ved de afstrømningsværdier, der foretages beregning for. Hvis der foretages beregninger ved forskellige afstrømningsstørrelser, kan kortene desuden give oplysninger om den forventede hyppighed af oversvømmelser.

Kortene vil være en udvidelse i forhold til alle regulativtyper, og vil ligeledes være en udvidelse af den forventningsafstemning, der kan uddrages af længdeprofilerne med beregnede vandspejl.

For at udarbejde kortene er det nødvendigt først at udføre vandspejlsberegninger. Hertil kommer udgifter med at lave terrænanalysen og tematisering samt udarbejdelse af kortene. I forhold til afvandingskort, kan det, da det jo større hændelse, der regnes på, være relevant at gennemføre dynamiske beregninger i stedet for stationære beregninger.

Det er således en relativ stor udgift forbundet med denne udbygning.

8.5.1 Oversvømmelseskort og regulativtyper

Som beskrevet under længdeprofiler, vil det være forbundet med forskellige omkostninger i forhold til de enkelte regulativtyper at udarbejde de indledende vandspejlsberegninger. Udvidelsen vil derfor være mindst omkostningstung i forhold til regulativtypen teoretisk skikkelse og mest omkostningstung i forhold til fast geometrisk skikkelse og QH-regulativ.

8.5.2 Fordele

En væsentlig fordel ved at udbygge et regulativ med oversvømmelseskort er, at få fokus på de områder, hvor der er særlig oversvømmelsesrisiko, og kortene udgør dermed en illustrativ forventnings afstemning mellem myndighed og lodsejere. Lodsejere/borgere får synliggjort, hvor der forventeligt kan ske oversvømmelser under bestemte afstrømningssituationer. Laves der oversvømmelseskort på baggrund af flere scenarier, vil man også kunne udtrække en forventet hyppighed af oversvømmelsesrisikoen.

Ved beregningerne kan eventuelle flaskehalse i vandløbet identificeres, hvilket kan være en fordel i forhold til planlægningsopgaver vedrørende klimatilpasning og sikring mod oversvømmelser.

Oversvømmelseskortene kan desuden danne grundlag for, at man vælger at fastsætte bestemmelser i regulativet for eventuelle ekstrakontroller af begrænsende bygværker mv.

Kortene kan i planlægningsmæssig sammenhæng sikre mod fremtidige uhensigtsmæssige arealanvendelser af oversvømmelsestruede områder

Oversvømmelsesberegningerne kan desuden udpege, hvilke områder (der mere eller mindre tilsigtet) fungerer som vandparkeringspladser. Disse kort kan derfor danne baggrund for projekter, hvor man udnytter denne viden til at optimere og kontrollere oversvømmelser.

I forhold til beskyttede naturarealer, der er følsomme overfor oversvømmelse, kan oversvømmelseskortene give anledning til, at der kan iværksættes afværgeforanstaltninger i forhold til at beskytte naturen.

8.5.3 Ulemper

En ulempe er, at det er dyrt at udarbejde oversvømmelseskort. Som for afvandingskortene er det ikke lige relevant at udarbejde oversvømmelseskort alle steder.

Oversvømmelse kan være kritisk for landbrugsjord, men kan især være kritisk i byområder og i forhold til tekniske anlæg. Jo mere urban påvirket vandløbet er, jo dyrere bliver analysen, da størrelsen af befæstende arealer og forsinkelsesbassiner bør indgå i beregningerne.

Som det fremgår af kapitel 2.4, vil det være sådan, at jo større hændelser der regnes på, jo mere usikre bliver resultaterne. Det skyldes, at data for særligt de store hændelser i mange vandløb ikke er tilstrækkelige. Formålet med oversvømmelseskortene er at sikre en bedre formidling af regulativets bestemmelser, men hvis resultatet af kortene ikke er retvisende, kan det have den modsatte effekt.

Hvis en afstrømningsstatistik på grund af usikre data bestemmes højere end den reelt er, vil en lodsejer få utilsigtede problemer i forhold til salg af jord, hvis arealer langs vandløbet i regulativet fremstår med en stor risiko for oversvømmelser, der ikke er reel.

Der kan også være afledte uhensigtsmæssigheder ved at udbygge regulativer med oversvømmelseskort. Med et oversvømmelseskort i et regulativ kan en lodsejer få forventning om, at der skal gøres noget ved et potentielt oversvømmelsesproblem, hvilket kan være med til at optrappe konflikter.

Sammenfattende kan det siges, at udbygningen er omkostningstung. Når dette sammenholdes med at datasikkerheden er mindre end for f.eks. afvandingskortene, er det en vigtig parameter i forhold til at udføre analysen, om valide data er til rådighed.

8.6 Hyppigheder af oversvømmelse, med eller uden klimafaktor

Kort, der viser om hyppigheden af oversvømmelser ændres med tiden, kan være vigtige i forhold til planlægningsmæssige tiltag, så der kan tages højde for ændringerne i tide.

I forhold til regulativer kan det have den fordel, at den skikkelse eller vandføringsevne, som regulativet sikrer, ikke forholder sig til eventuelle effekter af klimaændringer. Ved at synliggøre de forventede fremtidsscenarier, kan en diskussion af problemer og udfordringer tages på et oplyst grundlag.

8.6.1 Klimafremskrivning og regulativtyper

Som beskrevet under de øvrige analyser, vil det være forbundet med forskellige omkostninger i forhold til de enkelte regulativtyper at udarbejde de indledende vandspejlsberegninger. Udgiften til udvidelsen i forhold til klimafremskrivning vil ikke i sig selv være afhængig af regulativtypen.

8.6.2 Fordele

Som for oversvømmelseskortene er de klimafremskrevne kort en form for forventnings afstemning i forhold til, hvad regulativet sikrer imod. Kortene vil vise, om en forventet oversvømmelseshyppighed vil stige med tiden.

Klimafremskrivning i forhold til oversvømmelseshyppigheder har den fordel, at det giver lods ejerne mulighed for at se, hvordan udviklingen forventes at blive, så de kan planlægge derefter.

Det giver samtidig myndighederne mulighed for at planlægge foranstaltninger mod oversvømmelse. Endelig kan det i planlægningsmæssig sammenhæng sikre mod uhensigtsmæssige arealanvendelser af potentielt oversvømmelsestruede områder.

Ved at klimafremskrive afstrømninger vil potentielle fremtidige flaskehalse i vandløbene kunne identificeres, så man har mulighed for at ændre på forholdene, inden det bliver et problem. Dette vil særligt være relevant i byområder, hvor oversvømmelser har de største økonomiske konsekvenser.

8.6.3 Ulemper

Der er stor usikkerhed på bestemmelser af afstrømningsstatistikker på store afstrømningsværdier. Klimafremskrivningen af de karakteristiske afstrømninger er meget usikker. Dette medfører en risiko for, at der tages beslutninger om fremtidige arealanvendelser/oversvømmelsesforanstaltninger på et forkert grundlag.

I forhold til klimafremskrivning er det ikke kun afstrømningsværdier, der kan påvirkes, men også øget vandstand i havene, ændringer i grødevækst og andre forhold, der vil medføre en yderligere usikkerhed på de klimafremskrevne kort.

Oversvømmelseskort og klimascenarier kan have en utilsigtet skræmmeeffekt, når usikkerheden på data er for stor.

For at minimere sikkerheden på analyserne, anbefales det, at der laves dynamiske beregninger, der kalibreres og valideres på historiske hændelser. Resultatet af et sådant modelarbejde kan indarbejdes i et regulativ, eller redegørelsen til dette, men det anbefales, at dette arbejde rapporteres særskilt, idet kompleksiteten i arbejdet fordrer en omfattende dokumentation, der kan være svær at formidle.

I forhold til de øvrige analyser, er dette udbygningsemne det dyreste at implementere og samtidig det emne, som er forbundet med de største usikkerheder.

9. Metode for udvælgelse af vandløb til udbyggede regulativer

Som det er beskrevet i kapitel 8, vil der for mange af udbygningsemnerne være en klar tendens til, at der er to vigtige argumenter i forhold til, om udbygningerne står mål med de forbundne omkostninger. Det drejer sig dels om, hvorvidt sikkerheden på de tilgængelige data giver pålidelige resultater, og dels om der er et behov for analysen i forhold til arealanvendelsen.

Særligt for udbygningsemnerne i kapitel 5 vedrørende analyser, er der ikke en direkte sammenhæng mellem valget af regulativtype og fordel ved at udbygge med et emne. Derimod er der mere en sammenhæng mellem vandløbstype og fordel ved at udbygge med et emne. I Udredningsprojekt 1, om vandløbs- og regulativtyper, er det ikke muligt at udpege en entydig vandløbstype, som kan bruges til både udvælgelse af regulativtype. Det samme gør sig gældende i forhold til valg af udbygningsemner, men overvejelserne i forhold til vandløbstype kan dog være nyttige i forhold til at vurdere relevansen af et udbygningsemne.

I dette afsnit beskrives derfor et forslag til en overordnet proces for udvælgelse af de vandløb, hvor man med fordel kan udbygge med et eller flere af de beskrevne emner.

9.1 Karakteristiske afstrømninger

Som det er beskrevet i kapitel 8.2, bør karakteristiske afstrømninger fremgå af teoretiske skikkelsesregulativer, hvis de anvendes i forbindelse med fastlæggelse af regulativets vandføringsevne og kontrol.

Der kan være en stor formidlingsmæssig gevinst i at regulativer udbygges med en redegørelse, hvor regulativets konsekvenser i forhold til de faktiske forhold visualiseres på den ene eller den anden måde. Det kan derfor også anbefales, at de afstrømningsværdier, der måtte benyttes til forskellige visualiseringer af regulativets vandføringsevne, også fremgår af regulativet.

Det er desuden vigtigt, at det klart fremgår, hvordan og på baggrund af hvilke data statistikken er udarbejdet, samt hvor sikre/valide data er.

Da der i dag arbejdes med øget tilgængelighed af hydrometriske data, kan det være en fordel, at der på baggrund af denne lettere adgang til data udarbejdes afstrømningsstatistikker, når der opstår et behov.

9.2 Længdeplot med beregnede vandspejle

Længdeplot med beregnede vandspejle er et godt udgangspunkt for at beskrive betydningen af de regulativmæssige krav til vandføringsevnen i teoretiske skikkelsesregulativer.

Det anbefales derfor, at der ved udarbejdelsen af regulativer med teoretisk skikkelse, også udarbejdes lændeprofilplots, der viser sammenlignelige vandspejlsberegninger mellem dels tidligere gældende forhold og dels eksisterende forhold. Beregningerne behøver ikke at blive udført på karakteristiske afstrømningsværdier.

I forhold til QH-regulativer og fast geometrisk skikkelses-regulativer, vil det være en øget udgift, men formidlingsværdien i forhold til konsekvenserne af regulativet vil være den samme.

9.3 Afvandingskort, oversvømmelseskort eller oversvømmelses hyppigheder

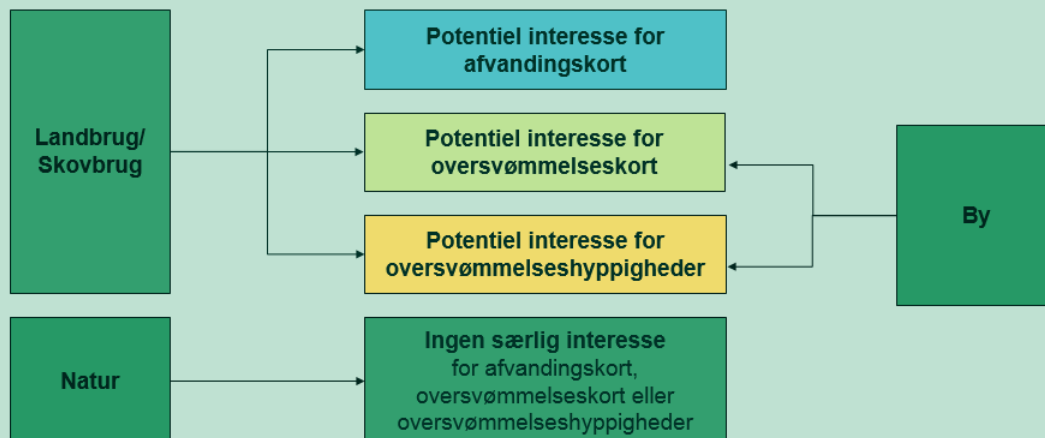
Der er primært interesse for at udbygge regulativer med oversvømmelseskort eller kort med oversvømmelseshyppigheder på vandløbsstrækninger, der løber gennem områder med landbrug, skovbrug eller byområder. Det skyldes, at det er her oversvømmelser kan give anledning til økonomiske tab, og det er her, borgere har størst nytte af en forventningsafstemning og et eventuelt planlægningsgrundlag for oversvømmelsestiltag.

Afvandingskort er primært interessante i områder med landbrug eller skovbrug, fordi det er her, de giver værdi i forhold til en forventningsafstemning om mulige arealanvendelser.

I naturområder er der oftest ingen særlige interesser for at udbygge med hverken afvandingskort, oversvømmelseskort eller kort med oversvømmelseshyppigheder. Det skyldes, at den natur, der er tilstede, afhænger af den afvandingsstilstand som vandløbet allerede har. Da regulativets krav til skikkelse/vandføringsevne, som udgangspunkt udarbejdes med grundlag i tidligere gældende forhold og eksisterende forhold (hvis vandføringsevnen naturligt er reduceret), så vil den natur, som eksisterer, oftest være relateret til regulativets krav til skikkelse/vandføringsevne. Naturen har ingen behov for at forventningsafstemme "at afvandingsforholdene forsætter som hidtil". Kun i de tilfælde, hvor der eksisterer en væsentligt bedre vandføringsevne end regulativet beskriver, kan det for naturområder være relevant af lave en konsekvensvurdering af, hvad det betyder for den eksisterende natur, at afvandingsforholdene forringes. Dette må betragtes som en opgave, der allerede i dag bør indgå som en del af redøgrelsen til et regulativ.

Nedenstående figur 38 viser, hvor der vurderes at være særlige interesser for hhv. afvandingskort, oversvømmelseskort eller kort med oversvømmelses hyppigheder.

Kortlægning af overordnet interesse for emnerne afvandingskort, oversvømmelseskort og oversvømmelseshyppigheder.



FIGUR 38: Kortlægning af overordnet interesse for emnerne afvandingskort, oversvømmelseskort og kort over oversvømmelseshyppigheder.

Hvis vandløbet har en potentiel interesse for et af udbygningskortene, kan det være relevant at undersøge værdien af udbygningsanalysen yderligere.

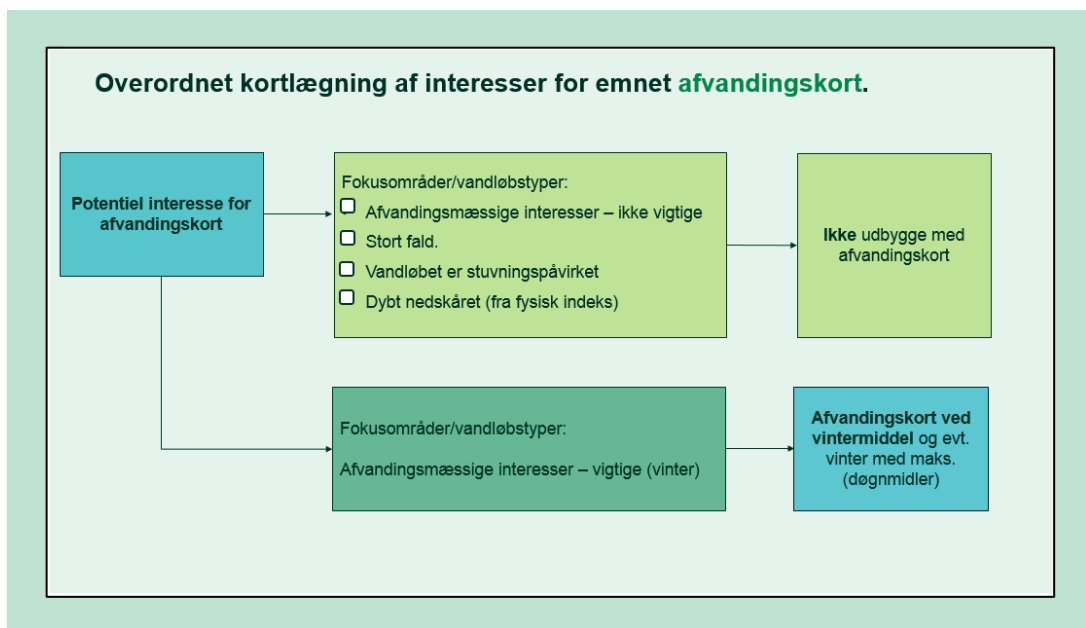
9.3.1 Afvandingskort

Hvis vandløbet f.eks. har strækninger, hvor der er potentiel interesse for afvandingskort, kan det være relevant at vurdere, hvorvidt de pågældende strækninger vurderes at have afvandingsmæssige konflikter i forhold til arealanvendelsen. Hvis vandløbet ikke har potentielle konflikter, vil analysens værdi være mindre. Vandløb, hvor analysen kan være af mindre værdi, kan være vandløb der:

- Har et stort fald.
- Er dybt nedskåret.
- Vandløb, der er stuvningspåvirkede.

Hvis ånære arealer er særligt følsomme for afvandingsforhold i relation til dyrkning/ afgræsning, kan værdien af afvandingskort blive større. Man kan også overveje at inddrage interesser i forhold til udpegningen af relevante vandløb.

På figur 39 er vist et diagram, der kan fungere som støtteværktøj i forhold til at vurdere om afvandingskort er et relevant udbygningsemne.



FIGUR 39: Kortlægning af interesse for emnet afvandingskort.

9.3.2 Oversvømmelseskort

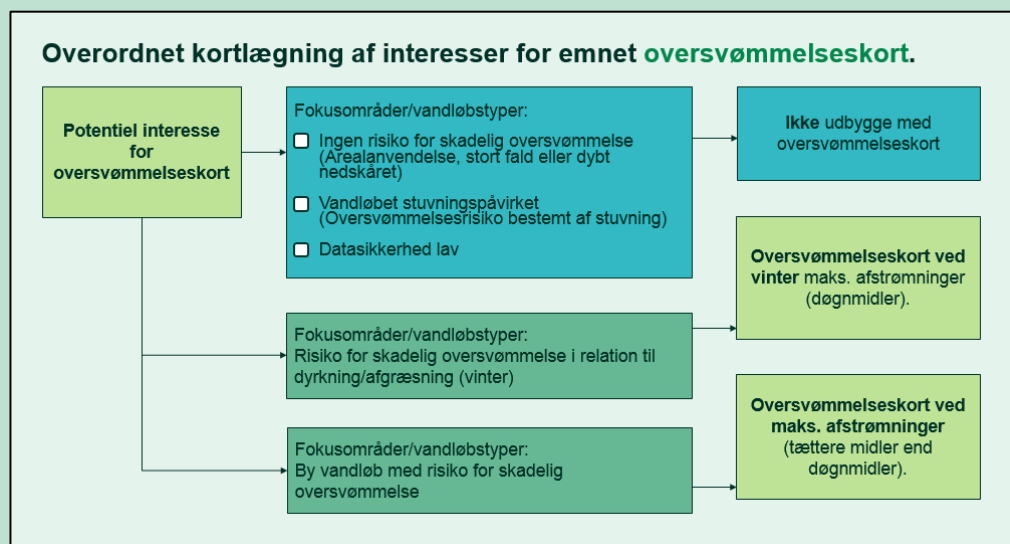
For at vurdere om et vandløb kan have potentiel nytteværdi af et oversvømmelseskort, kan det være en fordel at foretage en indledende vurdering af, hvorvidt vandløbet er i risiko for skadelige oversvømmelser. Vandløb der ikke er i risiko for oversvømmelse, kan være vandløb der:

- Har et stort fald.
- Er dybt nedskåret.
- Hvor arealanvendelsen ikke er følsom over for oversvømmelser

En anden vigtig parameter i forhold til om oversvømmelseskort vil være hensigtsmæssige er, hvilke data der er tilgængelige, og hvor retvisende de vil være i forhold til forskellige scenarier af oversvømmelseshyppighed.

Omvendt vil det gælde, at hvis der er pålidelige data til rådighed, og der samtidig er arealer, som er følsomme over for oversvømmelse i relation til dyrkning/ afgræsning, kan der med fordel udbygges med vinteroversvømmelseskort. Man kan også med fordel inddrage interessenter til udpegning af vandløb, hvor det ville give værdi. Det anbefales, ikke at udbygge med sommerafvandingskort pga. de førnævnte usikkerheder på Manningtallet om sommeren (se kap. 2.3.3).

På figur 40 er vist et diagram, der kan fungere som støtteværktøj i forhold til vurdering af, om oversvømmelseskort er et relevant udbygningsemne.



FIGUR 40: Kortlægning af interesse for emnet oversvømmelseskort.

For vandløb, der løber i eller gennem byområder, kan selv kortvarige oversvømmelse betyde store skader. I de tilfælde, hvor variationen i vandføringen over døgnet er stor for de maksimale afstrømningshændelser, skal datagrundlaget for oversvømmelseskortene være mere detaljeret end "døgnmidler" for at beskrive den reelle oversvømmelsesrisiko. Det vil ofte gøre analyserne dyrere. Det bør overvejes, hvorvidt det er hensigtsmæssigt at udarbejde oversvømmelseskort for by vandløb i forbindelse med en regulativrevision, eller om det vil være mere relevant at udarbejde sådanne kort i forbindelse med spildevandsplanlægning og/eller klimaplanlægning.

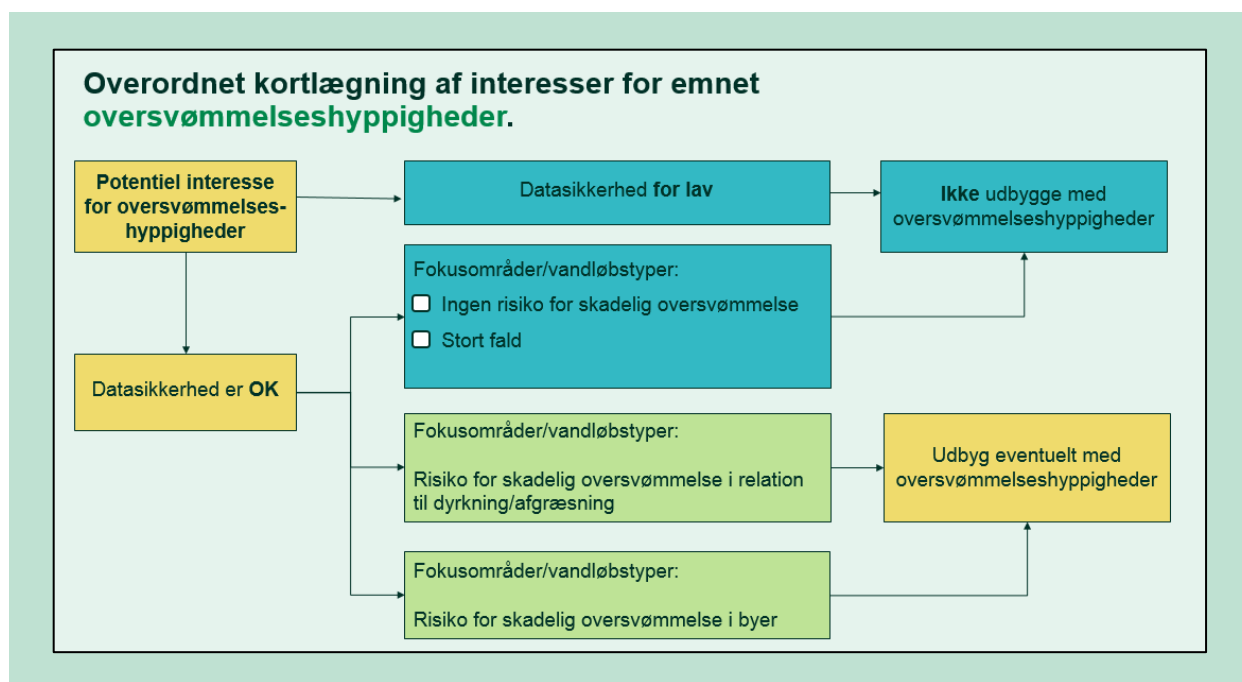
9.3.3 Kort med oversvømmelseshyppigheder og klimafremskrivning

Hvor et oversvømmelseskort kan vise risikoen for oversvømmelse ved en specifik afstrømningsstatistik, så vil flere kort ved forskellige afstrømningsniveauer kunne vise noget om den forventede hyppighed af oversvømmelser.

Det er dyrere at udføre flere scenarieberegninger, ligesom usikkerheden ved beregningerne stiger jo større afstrømningshændelsen er.

Hvis man ønsker samtidig at undersøge klimaeffekter, kan usikkerheden ved disse beregninger være større endnu.

På figur 41 er vist et diagram, der kan fungere som støtteværktøj i forhold til at vurdere om flere oversvømmelseskort, som kan vise noget om forventet hyppighed, er et relevant udbygningsemne. Beslutningsdiagrammet kan også anvendes i forhold til at vurdere, om klimafremskrivning vil være relevant.

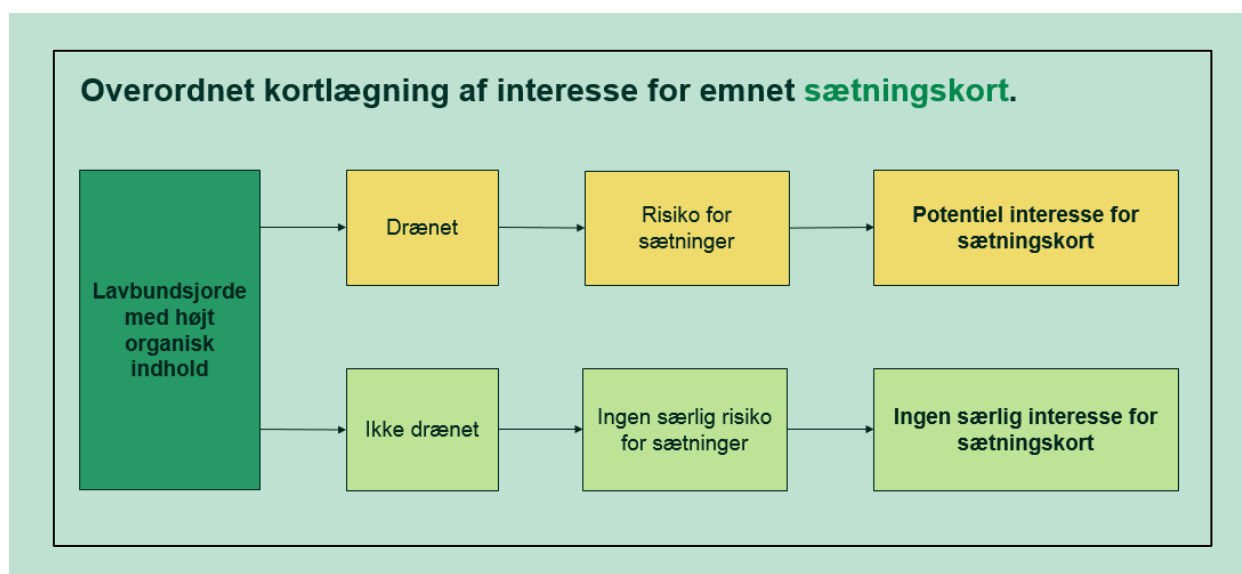


FIGUR 41: Kortlægning af interesse for emnet kort med oversvømmelseshyppigheder

Som det er beskrevet under oversvømmelseskort, vil der for vandløb, der løber i eller gennem byområder, ofte være nødvendigt med data, der er mere detaljerede end "døgnmidler" for at beskrive den reelle oversvømmelsesrisiko. Det vil ofte gøre analyserne dyrere, hvilket bliver mere markant, hvis der skal regnes på mange scenarier, herunder klimafremskrivning. Det bør overvejes, hvorvidt det er hensigtsmæssigt at udarbejde oversvømmelseskort for by vandløb i forbindelse med en regulativrevision, eller om det vil være mere relevant at udarbejde sådanne kort i forbindelse med spildevandsplanlægning og/eller klimaplanlægning.

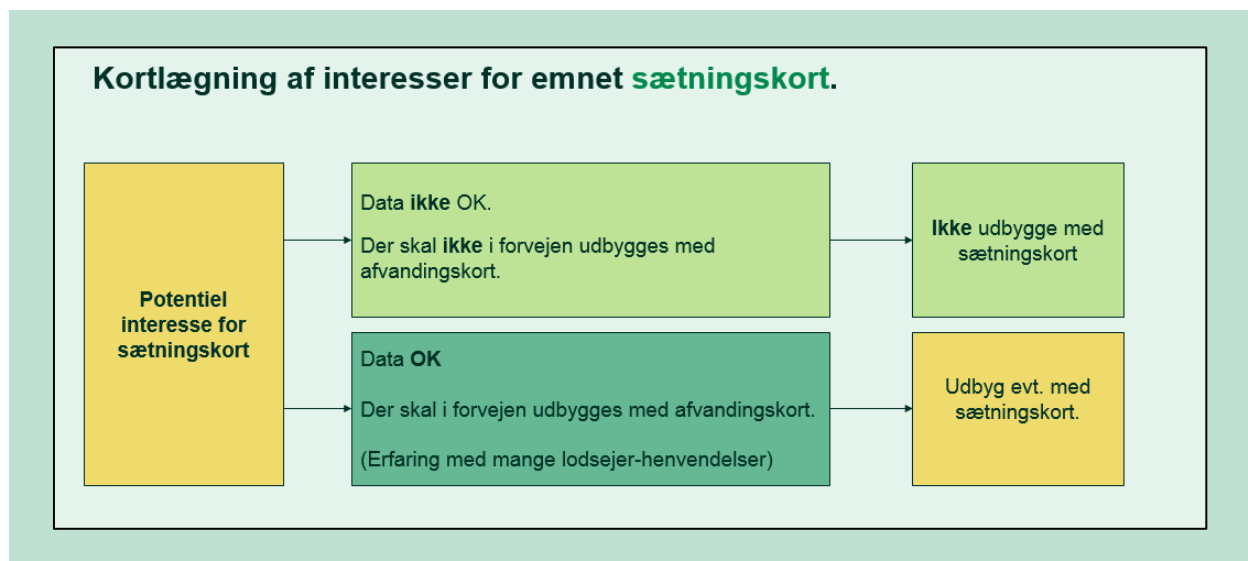
9.3.4 Sætningskort

Det er kun relevant at udbygge med sætningskort på dræned lavbundslande med højt indhold af organisk materiale. Se figur 42.



FIGUR 42: Overordnet kortlægning af interesse for emnet sætningskort

Hvis data for udbygning med sætningskort er i orden, og hvis det i forvejen er bestemt, at strækningen skal udbygges med afvandingskort, er der meget relevant, også at udbygge regulativet med sætningskort (se figur 43).



FIGUR 43: Kortlægning af interesse for sætningskort.

9.3.5 Kapacitetsanalyse

En udbygning med kapacitetsanalyser giver primært værdi inden for andre opgaver, der ligger uden for vandløbsmyndighedens ansvar, f.eks. forsyningsområdet, idet en kapacitetsanalyse hjælper i forhold til f.eks. spildevandsplanlægning og udledningstilladelser. Dette er emner, der ligger uden for et regulativs ansvarsområde.

Af den grund og af omkostningseffektive årsager i forhold til vandløbsmyndigheden ansvarsområde anbefales det ikke, at vandløbsregulativer skal udbygges med en kapacitetsanalyse.

10. Økonomioversigt

I dette afsnit gives overslagspriser på de udbyggede emner, der er gennemgået i nærværende rapport. Overslagspriserne gives i forhold til regulativtyperne geometrisk skikkelse, teoretisk skikkelse og QH-kurver.

I modsætning til overslagspriser for indsamling af data, fastlæggelse af skikkelse og vandføringsevne m.m., der er beskrevet i Udredningsprojekt 1 - regulativtyper, vil forskellen på overslagspriserne inden for de enkelte regulativtyper være knap så stor. Det skyldes, at mange af de data, der anvendes, allerede er frembragt i regulativet. Det kunne f.eks. være en digital opmåling, som ligger til grund for regulativet, samt digitale regulativdata.

Oplysninger om oplande er også frembragt i forbindelse med regulativrevisionen, i hvert fald hvad angår teoretisk skikkelse-regulativ og QH-regulativ, da de er en forudsætning for de vandspejlsberegninger, der er nødvendige for at fastsætte regulativets vandføringsevne. Hvad angår fast geometrisk skikkelse, vil oplande være en udbygning. For alle tre regulativtyper gælder, at et egentligt oplandskort er en udbygning.

Karakteristiske afstrømninger for vintermiddel og vintermedianmaksimum afstrømning indgår som de værdier, der skal foretages vandspejlsberegninger på ved en teoretisk skikkelse. Det er dog ikke et krav, at det skal være karakteristiske afstrømninger, det kan også bare være erfaringsmæssige afstrømningsværdier, der anvendes. I de fleste tilfælde vil det dog være karakteristiske afstrømninger, der anvendes, og i de tilfælde vil disse afstrømningsværdier ikke være en egentlig udbygning af regulativet. Det samme gælder for QH-regulativer, hvor der ofte bestemmes afstrømningsstatistikker for at sikre at kravkurverne udarbejdes for nogle relevante afstrømningsniveauer.

Der foretages som udgangspunkt ikke vandspejlsberegninger i regulativtypen fast geometrisk skikkelse, og beregning af karakteristiske afstrømninger vil være derfor her være en udbygning.

For alle tre regulativtyper gælder, at hvis der ønskes udbygget med oversvømmelseskort, så skal de karakteristiske afstrømninger i de meget store afstrømningssituationer også beregnes (5,10,20,50 og 100 års maks.). Hvis man ønsker at se oversvømmelsesrisici og hyppighed med klimafremskrivning, skal der foretages en vurdering af den klimafaktor, der skal ganges på.

Der gives både en overslagspris på oversvømmelseskort ved anvendelse af en stationær model og en dynamisk model. Ved vandløb, der løber igennem byområder, og hvor der er store værdier, der skal beskyttes, vil en stationær model være alt for usikker (f.eks. VASP), og man vil derfor anvende en dynamisk model (f.eks. Mike-11/Mike-Urban). Overslagsprisen for udarbejdelse af oversvømmelseskort ved hjælp af en dynamisk model er noget dyrere end ved hjælp af en stationær model. Den dynamiske model er en forholdsvis kompliceret model, selv om modellen selvfølgelig vil afhænge af arealanvendelsen langs vandløbet. Ud over afstrømningsværdier skal der også indhentes informationer om nedbør, kloak oplande og udledninger fra byen, ligesom modellen skal kalibreres og valideres.

Tidsforbruget og dermed prisen vil derfor være mere afhængig af det enkelte vandløb og tilgængeligheden af data (f.eks. målestationer). Overslagsprisen gives derfor i intervaller pr. m vandløb. Alle nedenstående priser er erfaringstal fra især klimaprojekter og naturgenopret-

ningsprojekter udført af Orbicon, og skal ses som den pris det koster, hvis en rådgiver foretager beregningerne. Derfor er det ved prissætningen (kr. pr. m vandløb) forudsat, at vandløbet har en længde på 3 km.

En oversigt over overslagspriser ses i tabel 25.

TABEL 25: Oversigt over overslagspriser for indsamling af data (erfaringstal fra Orbicon).

Udbygning af regulativer [kr. pr. m vandløb]			
	Fast geometrisk skikkelse	Teoretisk skikkelse	QH-regulativ
Beregning af vandløbsopland	0,25 - 0,75	-	-
Oplandskort	0,25- 0,75	0,25- 0,75	0,25- 0,75
Karakteristiske afstrømninger (vintermiddel og vinter median maks.)	0,65-1,5	-	-
Karakteristiske afstrømninger (sommermiddel og sommer median maks.)	0,65-1,5	0,65-1,5	0,65-1,5
Udarbejdelse af afvandingspotentialekort	0,25-3,25	0,25-3,25	0,25-3,25
Udarbejdelse af oversvømmelseskort inkl. beregning af høje karakteristiske afstrømninger vurdering og af klimafaktor – <u>Stationær model</u>	0,5-4,5	0,5-4,5	0,5-4,5
Udarbejdelse af oversvømmelseskort inkl. beregning af høje karakteristiske afstrømninger vurdering og af klimafaktor – <u>Dynamisk model</u>	2,25-25,00	2,25-25,00	2,25-25,00

11. Opsummering af anbefalinger

Med baggrund i Ekspertudvalgets rapport om ændret vandløbsforvaltning har Orbicon i denne rapport givet et bud på hvilke emner, der kan være relevante at udbygge de fremtidige regulativer med, herunder en vurdering af fordele og ulemper i forhold til vandløbsadministration, formidling, relation til anden myndighedsbehandling og vurdering af de økonomiske omkostninger. Der er ligeledes gennemført en grundig analyse af de tilgængelige data i dag, såvel som det fremtidige datagrundlag for sådanne udbygninger samt de usikkerheder, der er på data.

Den faglige udredning har resulteret i følgende afbetalinger i forhold til datagrundlaget:

- At man afsøger hvilket datagrundlag, der findes, og at man anvender flere uafhængige metoder til beregning, når datagrundlaget er usikkert.
- At de karakteristiske afstrømninger, som indgår som grundlag for regulativet, skal beskrives herunder den statistiske usikkerhed på data.
- At de karakteristiske afstrømninger, der beskriver en middel afstrømning (f.eks. vintermiddel) samt maksima (f.eks. vinter medianmaksimum) er forholdsvis sikre at anvende til beregninger i modsætning til de høje karakteristiske afstrømninger (f.eks. 50 og 100-års maksimum), som kræver noget længere tidsserier for at være valide.
- At man er bevist om at usikkerheden på de høje afstrømningerne bliver endnu større, når der fremskrives med klimafaktorer, der også er behæftet med usikkerheder.

I forhold til udbygning af fremtidens regulativer anbefales:

- At man ikke beskriver vandføringsevnen om sommeren i regulativet, da data er behæftet med meget stor usikkerhed, fordi grødevæksten (Manningtallet) kan variere meget over året og fra år til år. Hvis man vil have valide beskrivelser af vandføringsevnen om sommeren, vil det kræve mange og omkostningstunge bestemmelser af Manningtal ved målinger i felten.
- At oplandskort bør udarbejdes for alle de fremtidige regulativer.
- At længdeprofilplot med sammenlignende beregninger af regulativ og faktiske forhold (opmåling) gennemføres som del af redegørelsen i forhold til konsekvenser af regulativforslag.
- At afvandingskort især udarbejdes for områder, hvor vandstanden i vandløbet kan være kritisk i forhold til arealanvendelsen.
- At områder, hvor der er risiko for sætninger og hvor det samtidig vurderes hensigtsmæssigt at udarbejde afvandingskort, ligeledes udbygges med sætningskort, hvis der er tilstrækkelige valide data.
- At regulativerne ikke udbygges med kapacitetsanalyse, da det vurderes at ligge uden for vandløbsmyndighedens ansvarsområde og er omkostningstungt at gennemføre. Det kan være relevant at gennemføre i forbindelse med spildevandsplanlægning og/eller klimaplanlægning.
- At oversvømmelseskort og hyppigheder kun udarbejdes for vandløb, hvor risiko for oversvømmelse er reel, og at man overvejende udarbejder kortene på vintermedian maksimum, især hvis datasikkerheden ikke er tilstrækkelig på de høje afstrømninger.
- At oversvømmelseskort og hyppigheder ikke udføres i byområder i forbindelse med regulativrevision. For byområder at det mere relevant at udføre disse analyser i forbindelse med spildevands-og/eller klimaplanlægning.

Om et regulativ skal udbygges med de beskrevne emner eller ej afhænger ikke af regulativtypen, men af vandløbets karakteristika samt af terrænforhold og arealanvendelsen langs vandløbet. Der er derfor udarbejdet en proces, der viser de forskellige overvejelser, der bør gøres, i forhold til udvidelse af regulativer. Processen kan både fungere som en vejledning og som et dialogværktøj, der sikrer, at valg af evt. udvidelser bliver truffet på et oplyst grundlag, med mulighed for at inddrage lokale behov og ønsker i det endelige valg.

12. Perspektivering

Ekspertudvalgets rapport indeholder en række anbefalinger til emner, der i dag ikke er omfattet af kravet til, indholdet af vandløbsregulativer. Anbefalingerne omhandler blandt andet en udbygning i forhold til bestemmelse og anvendelse af flere karakteristiske afstrømninger, i såvel vinter som i en sommersituation, samt beregninger af oversvømmelsesrisici og hyppigheder med og uden klimafremskrivning.

Ved anbefalinger om bestemmelse af flere karakteristiske afstrømninger og dokumentation for vandløbets vandføringsevne, ved f.eks. afvandingskort, samt ønsket om at vise oversvømmelseskort og hyppigheder, stilles der øget krav til sikkerheden af de data, der anvendes til beregningerne. Især hvis i forvejen usikre data klimafremskrives. Derfor er datagrundlaget for udbygningerne grundigt gennemgået i denne rapport, ligesom der er beskrevet metoder til at bestemme de ønskede data.

Udbygningsemnerne, som beskrives i denne rapport, er dels valgt ud fra de førnævnte anbefalinger fra Ekspertudvalget og dels udvalgt på baggrund af en vurdering af, om de er relevante for andre hensyn i relation til administration af vandløbet. Det kan være hensyn til formidling og forventningsafstemning mellem myndighed og lodsejere, og myndigheder imellem. Det kan også være med henblik på at synliggøre forskellige forhold, der kan være afledt af f.eks. klima-effekter, sætninger, påvirkninger af regnbetingede udløb mv.

Efter beskrivelse og valg af udbygningsemner illustreres emnerne i nogle eksempler. Generelt viste case vandløbene, at udbygningsemnerne ikke var afhængig af regulativtypen men mere af vandløbstypen/vandløbenes karakteristika og terræn forhold og arealanvendelse langs vandløbet.

Resultatet af eksemplerne indgik derefter som grundlag for en analyse af fordele og ulemper ved de enkelte udbygningsemner for hver af de tre mest almindelige regulativtyper fast geometrisk skikkelse, teoretisk skikkelse og QH-regulativ, inkl. en vurdering af omkostningerne ved udbygningerne i forhold til den værdi de tilvejebringer. Gennemgangen af fordele og ulemper viste en klar tendens til, at de vigtigste argumenter i forhold til om udbygningerne står mål med de forbundne omkostninger, og er særligt afhængige af sikkerheden af de tilgængelige data og af arealanvendelsen.

I Udredningsprojekt 1 om vandløbs- og regulativtyper, var det ikke muligt at udpege entydige vandløbstyper, som kan anvendes til udvælgelse af regulativ- og kontroltype, idet de hensyn og behov, der er for det enkelte vandløb, består af mange forskellige fokusområder. Det samme gør sig gældende i forhold til valg af udbygningsemner, men overvejelserne i forhold til vandløbstype kan dog være nyttige i forhold til at vurdere relevansen af et udbygningsemne.

Rapporten giver således ikke anbefalinger til udbygningsemner relateret til de enkelte regulativtyper. I stedet er der beskrevet et forslag til en overordnet proces for udvælgelse af de vandløb, hvor man med fordel kan udbygge med et eller flere af de beskrevne emner. Til slut i rapporten gives nogle overordnede erfaringsmæssige overslagspriser på hvad de enkelte udbygningsemner vil koste.

Orbicon har med baggrund i en faglig vurdering af datagrundlaget, gennemførelse af eksempler og en vurdering af fordele og ulemper ved de forskellige udbygningsemner herunder de økonomiske omkostninger, givet en række generelle anbefalinger i forhold til udbygning af fremtidens regulativer.

13. Litteraturliste

Miljø- og Fødevareministeriet. Rapport fra Ekspertudvalget til ændret vandløbsforvaltning. December 2017.

Miljøstyrelsen. Regulativtyper. Ændret vandløbsforvaltning. Udredningsprojekt 1. 2019.

Flood Studies Report (FSR), Wallingford, NERC, 1975.

DCE-rapport nr. 49, 2015 Afprøvning af forslag til metode til konsekvensvurdering af ændret vandløbsvedligeholdelse. 1990.

Ludvigsen og Bjarnov, Hedeselskabet. FDC – rapport nr. 3, Medianminimum bestemt på baggrund af synkronmålinger. 1990.

Larsen T., Manningtallet for vandløb – en udtømmelig kilde til diskussion. Vand & Jord - Nr. 2 - Maj 2017.

Larsen, T. 2017: Manningtallet for vandløb- en udtømmelig kilde til diskussion. Artikel i Vand og Jord, 24. årgang nr. 2, maj 2017.

GEUS 2013, Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – Fase 1 klimaekstremvandføring

GEUS, 2014 Klimaeffekter på ekstremværdi afstrømninger Fase 2 usikkerhedsvurdering

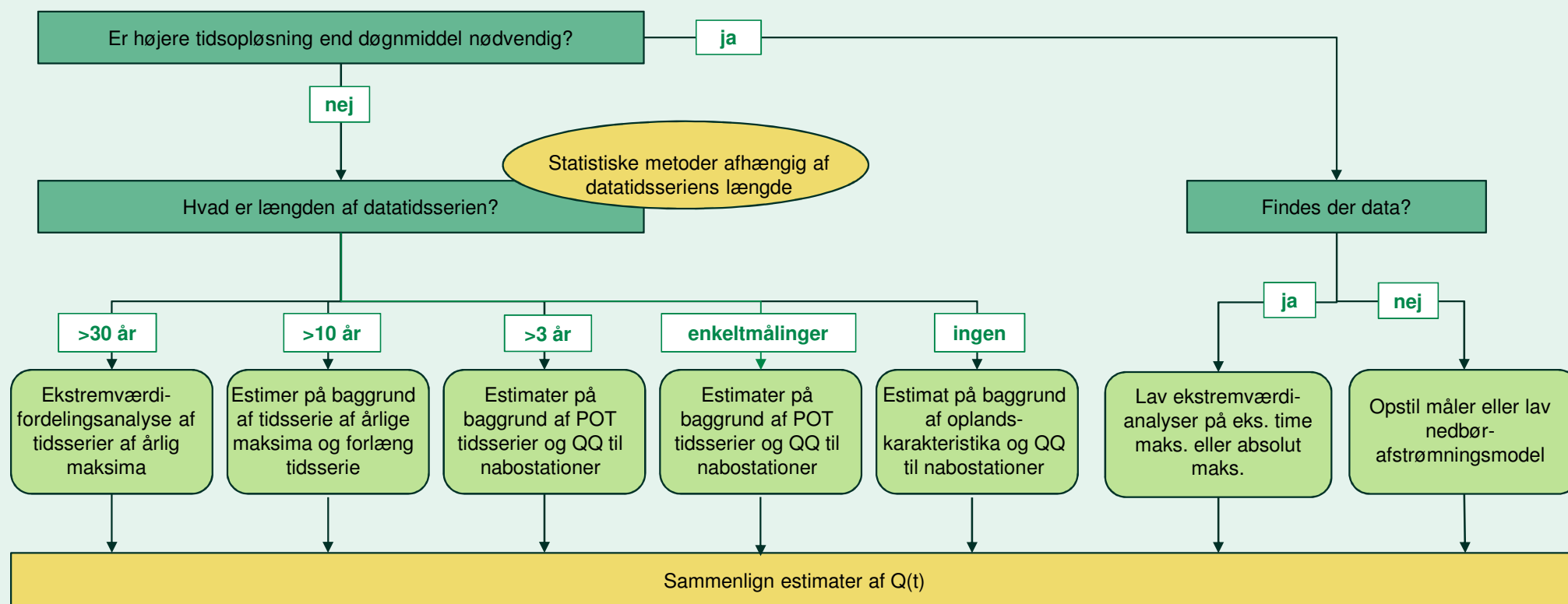
Hedeselskabet 2017: Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb.

Moeslund, B. Schlüsen, K., Jensen, I.K. .2017: Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb. Rapport fra Hedeselskabet 2017.

14. Bilagsoversigt

Bilag 1	Metode til estimering af karakteristiske afstrømninger til anvendelse i regulativer.
----------------	---

Bilag 1. Metode til estimering af karakteristiske afstrømninger til anvendelse i regulativer



Emner til udbyggede regulativer - Ændret vandløbsforvaltning Udredningsprojekt 2

Rapporten beskriver hvordan vandføringsevnen, karakteristiske afstrømninger og forventet hyppighed af oversvømmelser evt. kan beskrives i forskellige regulativtyper, herunder hvilke data og beregninger, der er nødvendige. Desuden foretages en vurdering af klimaeffekter på fremtidige afstrømninger af vand og vandstande og om et regulativ skal udbygges med de beskrevne emner eller ej, bl.a. vandløbets karakteristika samt af terrænforhold og arealanvendelsen langs vandløbet. Der er derfor udarbejdet en proces, der viser de forskellige overvejelser, der bør gøres, ved udvidelse af regulativer. Processen kan både fungere som en vejledning og som et dialogværktøj, der sikrer, at valg af evt. udvidelser bliver truffet på et oplyst grundlag med mulighed for at inddrage lokale behov og ønsker i det endelige valg.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk