



Vägledning och verktyg för miljöanpassat underhåll av markavvattningsföretag

Del A. Litteraturgenomgång



Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S





Vägledning och verktyg för miljöanpassat underhåll av markavvattningsföretag

Del A. Litteraturgenomgång

Framtagen för Naturcentrum AB
Kontaktperson Charlotte Lindström

Projektleddare	Ola Nordblom
Kvalitetsansvarig	Markus Petzén
Handläggare	Ola Nordblom

Uppdragsnummer	12804136
Godkänd datum	Koncept
Version	v200825
Klassificering	Öppen



NATURCENTRUM AB



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund	1
2	Syfte och avgränsningar	1
3	Svenska vägledningar och kunskapsunderlag	2
4	Danska vägledningar och kunskapsunderlag	3
4.1	Förvaltningstyper	3
4.2	Uppföljning av rensningsbehov	6
4.3	Val av förvaltningstyp	7
4.4	Effekter av klippning och ändring i bottenprofil	7
5	Övriga internationella vägledningar	8
6	Modeller och beräkningsstöd	9
6.1	Enkla beräkningsstöd	9
6.2	Avancerade beräkningsmodeller	9
7	Sammanfattning och slutsatser	10
8	Referenser	11



1 Bakgrund

Flera medlemsstater inom EU har tagit fram vägledningar om miljöanpassat underhåll av vattendrag och diken med ambitionen att minska de negativa effekterna på miljön kopplade till rensningar. I Storbritannien har miljöinstitutet (Environment Agency) koordinerat forskningsprogram och tagit fram både kunskapsunderlag och praktiska vägledningar om miljöanpassad förvaltning av vattendrag. I Danmark bedrivs sedan 10–15 år tillbaka ett arbete med att modernisera den danska vattendragsförvaltningen m.h.t. nya miljökrav och klimatförändringar. Både vattendirektivet och översvämningdirektivet har varit pådrivande faktorer för denna utveckling. Det finns därför mycket kunskap att inhämta från andra länder. Det finns också metoder och verktyg som har tagits fram till stöd för planering och uppföljning av underhållsåtgärder och som är intressanta att följa upp.

I denna litteraturgenomgång ges en översikt över kunskapsläget inom miljöanpassat underhåll av vattendrag och diken både i Sverige och internationellt. Litteraturgenomgången innehåller också en översikt över tillgängliga modeller och beräkningsmetoder som stöd vid planering av underhållsåtgärder.

Litteraturgenomgången utgör ett delmoment i projektet "Miljöanpassad rensning i Skånes utpekade värdefulla vattendrag". Projektet ingår i det större projektet "Fria vandringsvägar och ökad biologisk mångfald i Skånes utpekade värdefulla vattendrag" som drivs av Länsstyrelsen i Skåne.

2 Syfte och avgränsningar

Syftet med litteraturgenomgången är att fånga upp vilka vägledningar, metoder och verktyg som finns tillgängliga i Sverige och internationellt till stöd för enskilda markägare eller dikningsföretag vid framtagning av underhållsplaner. Syftet är också att sammanfatta vad internationella vägledningar för underhållsplaner generellt sett omfattar.

Fokus i litteraturgenomgången ligger på vägledningar för miljöanpassad rensning i särskilt värdefulla eller naturliga vattendrag som samtidigt utgör anläggningar för markavvattnings. Mindre vikt har lagts på vägledningar och riktlinjer för underhåll av renodlade jordbruks- och skogsdiken, samt på frågor kopplade till avledning av dagvatten.

Vid genomgång av litteraturen har DHI särskilt sökt svar på följande frågor:

- Vad är kunskapsläget när det gäller bedömning av underhållsbehov genom t.ex. mätningar eller modellering?
- Vad är kunskapsläget när det gäller effekter på avbördningskapaciteten av olika typer av underhållsåtgärder?
- Vilka metoder och verktyg finns tillgängliga som stöd för planering och uppföljning av underhållsåtgärder?



3 Svenska vägledningarna och kunskapsunderlag

Det finns ett flertal vägledningarna och kunskapsunderlag från Jordbruksverket som diskuterar underhåll av jordbruksdiken, i första hand med fokus på markavvattningsbehovet (/1/, /2/, /3/). Andra rapporter från Jordbruksverket gällande markavvattning diskuterar effekter av klimatförändringar (/4/), flödesutjämning genom kontrollerade översvåmningsytor (/5/) och funktionen hos s.k. tvåstegsdiken (/6/, /7/). Rapporterna från Jordbruksverket behandlar inte närmare frågan om när det föreligger ett underhållsbehov, utan anger bara att befintliga förhållanden ska jämföras med den fastställda utformningen (/1/). Följande indikationer på att det finns ett underhållsbehov nämns dock i en av rapporterna (/3/):

- Ras i diket och tecken på ytavrinning.
- Instabila slänter och partier där slänterna underskurits. Variationer i diketets bredd.
- Igenväxningsvegetation eller träd nere i själva diket.
- Sedimentansamlingar mer än ca 10–20 cm djupa.

Under senare år har Jordbruksverket tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten tagit fram en serie rapporter inom projektet "Fysisk påverkan i jordbruksvatten" (/8/, /9/, /10/). I dessa rapporter ges bl. a. exempel på miljöåtgärder som förbättrar vattnets ekologiska tillstånd och minskar den negativa påverkan från jordbruket. Många av åtgärderna som tas upp är relevanta även ur ett underhållsperspektiv, exempelvis anpassning av kulvertar (minskar vandringshindren), förbättring av strukturer i vattendraget genom tillförsel av lämpligt material (död ved och större stenar), förbättrad funktion hos kantzoner, minskad oönskad sedimenttillförsel, ökad variation i fårans djup och bredd, återställning av planformen och anläggning av tvåstegsdiken. För samtliga åtgärder diskuteras också vilken potentiell påverkan som åtgärden kan ha på dräneringen.

En annan rapport som tar utgångspunkt i fysiska processer i vattendrag har getts ut av SGI (/11/). Rapportens fokus är erosion och naturliga erosionsskydd i vattendrag i allmänhet, men exemplen i rapporten är relevanta även med tanke på t.ex. anpassning av underhållsåtgärder för minskad erosion. Ytterligare exempel på åtgärder mot erosion i vattendrag ges i en kunskapssammanställning från Länsstyrelsen i Västra Götalands län (/12/). I det här sammanhanget kan också nämnas den nya biotopkarteringsmetoden (/13/) som också innehåller beskrivningar av fysiska processer, inklusive påverkan från t.ex. rensning och rätning.

Svenska vägledningarna med fokus på miljöeffekter kopplade till markavvattning och dikesrensningar har getts ut av Naturvårdsverket (/14/, /15/, /16/). I dessa rapporter diskuteras vilka störningar som kan uppkomma på vattenmiljön vid dikesrensningar och hur man kan rensa mer skonsamt. Exemplen på mer skonsam rensning inkluderar lokala anpassningar av rensningsåtgärder, val av maskiner, alternativa rensningsmetoder (klippning), att lämna kvar stenar och hård botten, val av tidpunkt på året, begränsning av grumling och hantering av rensningsmassor. Det diskuteras även förebyggande åtgärder som t.ex. minskad släntlutning och skyddszoner längs vattendraget för att minska erosionsrisken och tillförseln av näringsämnen och sediment. Motsvarande praktiska råd om hur man förbättrar den ekologiska funktionen och minskar miljöstörningar vid dikesrensningar, delvis baserade på samma underlag, ges i Åmansboken utgiven av Saxån-Braåns Vattenråd (/17/).

Frågan om egenkontroll för verksamhetsutövare och vad den bör omfatta tas upp i en av rapporterna från Naturvårdsverket (/16/). I detta sammanhang nämns även rensningsplaner med redovisning av skyddsåtgärder för att begränsa negativ miljöpåverkan.

Inom projektet "Höje å helhetsperspektiv" har Ekologgruppen på uppdrag av Höje å vattenråd undersökt hur några av de aktiva dikningsföretagen i Höje å arbetar med skötsel och underhåll (/18/). Man har också studerat hydromorfologin i Höje å och dämningens påverkan med stöd av hydrauliska modeller (/18/, /19/, /20/), samt undersökt hur man kan göra lokala anpassningar av



rensningståtgärder baserat på vattendragets avbördningskapacitet och uppskattade kritiska nivåer för markavvattning längs den aktuella sträckan (/21/, /22/). Den använda metoden bygger på s.k. kravkurvor eller Q-H-samband som definierar vattendragets hydrauliska kapacitet. Denna metod tillämpas redan i vissa fall inom den danska vattendragsförvaltningen. Metoden som testades i Höje å bedöms ha potential men tillämpbarheten antas variera beroende på vattendragets fysiska karaktär och tillgången på flödesdata (/21/). En vidareutveckling och anpassning av metoden föreslås i rapporterna.

Ett annat exempel där hydraulisk modellering används som stöd för att bedöma underhållsbehovet och anpassa åtgärder ges av Länsstyrelsen i Skåne för Almaån (/23/). Rapporten sammanfattar också vilka principer som bör följas och vilka åtgärder som kan vidtas i samband med rensningar för att minska miljöpåverkan av underhåll och öka den biologiska mångfalden.

Ytterligare ett exempel där hydraulisk modellering används som metod för att identifiera begränsningar i flödeskapaciteten ges i en studie från SLU (/24/). I denna artikel presenteras även en fältmetod (MADRAS-metoden) för statusbedömning av jordbruksdiken med avseende på bankstabilitet, erosion och deposition.

Sammanfattningsvis visar denna genomgång av rapporter från svenska myndigheter, institut och vattenråd att det finns bra generella vägledningar och kunskapsunderlag när det gäller åtgärder som förbättrar vattendragens ekologiska funktion och minskar miljöstörningen vid dikesrensningar. Samtidigt verkar det saknas praktiska vägledningar som riktar sig särskilt till dikningsföretag och där det beskrivs hur man tar fram en underhållsplan, bedömer behovet av underhåll och följer upp åtgärder och förändringar. Detta gäller både för renodlade jordbruksdiken och mer naturliga vattendrag. Det är därför intressant att studera hur förvaltningen av vattenanläggningar fungerar i andra länder med liknande förhållanden, i första hand Danmark, där förvaltningen av vattendragen delvis sker i kommunal regi.

4 Danska vägledningar och kunskapsunderlag

I den danska vattenlagstiftningen delas vattendragen in i offentliga och privata vattendrag. För de offentliga vattendragen ställs krav på att kommunerna upprättar föreskrifter för skötsel och underhåll, s.k. "vandløbsregulativer", samt finansierar skötseln. Regulativen ska både tillgodose behovet av markavvattning och tillvarata miljömässiga intressen (/26/). Motsvarande krav gäller inte för privata vattendrag där det är markägaren som står för underhållet.

På senare år har det tagits fram förslag till en revidering av vattenlagstiftningen i Danmark för en tydligare avvägning mellan markavvattningsintresset och miljömässiga intressen, samt bättre anpassningar till ett förändrat klimat (/30/). En viktig fråga i detta sammanhang gäller valet av förvaltningstyp (regulativtyp) eftersom det påverkar hur skötsel och underhåll bedrivs och i olika grad tillåter utveckling av naturliga strukturer i vattendraget.

4.1 Förvaltningstyper

De danska föreskrifterna om förvaltning av vattendrag (regulativen) fastställer antingen en viss tvärsnitt och bottenprofil som ska upprätthållas i vattenanläggningen, eller en viss avbördningskapacitet. Regulativtyperna innebär olika principer för den praktiska förvaltningen och olika sätt att göra avvägningar mellan markavvattningsbehovet och miljöintressena.

De tre mest använda regulativtyperna i den nuvarande danska vattenlagstiftningen är (/26/):



- Geometrisk form (Geometrisk skikkelse)
- Teoretisk form (Teoretisk skikkelse)
- Q-H-regulativ (föreskriven avbördningskurva, Q-H-samband)

Nedan följer en beskrivning av de tre regulativtyperna. En sammanfattning ges i Tabell 1.

Geometrisk form (Geometrisk skikkelse)

Geometrisk form är det klassiska regulativet som användes i praktiskt taget alla vattendrag innan vattendraglagen reviderades 1982 (/26/). Regulativ-typen beskriver formen på de enskilda tvärsektionerna (i regel trapetsformade), där bottenbredd, bottenlutning och släntlutning definieras i utvalda stationer längs vattendraget.

Geometrisk form fungerar bäst i vattendrag med liten fysisk variation, i första hand renodlade jordbruksdiken, samt i dämpningspåverkade vattendrag. En fördel är att det är enkelt att kontrollera om regulativet uppfylls genom att jämföra de aktuella sektionerna med de föreskrivna. Det är också enkelt att bedöma omfattningen av rensningsåtgärder vid ett rensningsbehov. Nackdelen är att vattendraget blir låst i en konstgjord form och ges liten möjlighet att utvecklas naturligt. Detta kan i sin tur leda till onödigt stort och kostsamt underhåll, samt göra det svårt att uppfylla miljömålen.

Teoretisk form (Teoretisk skikkelse)

Regulativtypen Teoretisk form beskriver form, bredd och lutning på vattendraget i likhet med Geometrisk form. Skillnaden är att kravet i regulativet kopplas till en beräknad teoretisk avbördningskapacitet för hela vattendraget (eller den aktuella delsträckan) snarare än till en viss fastställd geometrisk form.

Kontroll av om regulativet uppfylls görs genom att mäta in vattendraget, beräkna en teoretisk vattennivåprofil baserad på de uppmätta sektionerna och jämföra med den teoretiska vattennivåprofilen enligt regulativet. Kontrollberäkningarna görs med samma förutsättningar avseende bottenråhet (antaget schablonvärde på Mannings tal) och nedströms randvillkor som i regulativet. Kontrollen görs normalt under den vegetationsfria perioden, d.v.s. under vintern, och beräkningar görs vid minst två olika flöden, t.ex. medelflödet vintertid och medianvärdet av maxflödet vintertid (/26/). Tillämpning av denna regulativtyp kräver programvara och kunskaper om hydrauliska beräkningar. Vanligtvis används endimensionella hydrauliska modellverktyg (se Avsnitt 6.2). Bedömning av omfattningen av rensningsbehovet baseras på skillnaden mellan vattennivåprofilerna, men i viss mån även på skillnaden mellan uppmätta och teoretiska tvärsektioner (/26/).

Den främsta fördelen med denna regulativtyp anses vara att den inte låser fast vattendraget i en bestämd form utan tillåter en mer naturlig formutveckling. I vattendrag med stor lutning och/eller mycket varierande lopp anses det vara särskilt fördelaktigt att låta vattendraget utvecklas mer fritt. Särskilt stort utrymme för formutveckling medges om kontrollen enbart sker med ett fåtal relativt höga flöden. Detta eftersom begränsningar i kapaciteten vid låga flöden p.g.a. naturliga variationer i tvärsektionsformen i regel får mindre betydelse vid höga flöden. Hur stort frihetsutrymme för formutveckling som ska medges i vattendraget kan därmed indirekt styras genom valet av kontrollflöden då regulativet upprättas. Detta innebär i praktiken en avvägning mellan markavvattningsintresset och miljöintresset i den framtida förvaltningen av vattendraget.

Nackdelen med regulativtypen Teoretisk form anses vara att den är förhållandevis kostsam att upprätta och följa upp. En annan nackdel är att den teoretiskt beräknade avbördningskapaciteten inte nödvändigtvis avspeglar verkliga förhållanden eftersom den baseras på fastställda schablonvärden för bottenråheten (Mannings tal). Detta gör att metodens tillförlitlighet när det gäller att säkerställa avbördningskapaciteten i vissa fall har ifrågasatts (/26/).

Exempel på regulativ som tillämpar Teoretisk form har tagits fram för Fredericia kommun (/32/, /33/, /34/).



Q-H-regulativ

Q-H-regulativ beskriver den vattenföring som vattendraget ska kunna avbörda vid ett givet vattenstånd under den vegetationsfria delen av året (vintern). Kravet på avbördningskapacitet fastställs genom s.k. kravkurvor (Q-H-samband) vid utvalda punkter (stationer) i vattendraget. Dessa samband används sedan för att kontrollera om en given sträcka av vattendraget nedströms respektive station uppfyller kapacitetskravet enligt regulativet.

Q-H-regulativet beskriver i varje station normalt två kurvor (Q-H-samband), en grundkurva som svarar mot den kapacitet vattendraget är dimensionerat för, samt en kravkurva som normalt är en parallellförskjutning av grundkurvan och som anger när det föreligger ett rensningsbehov. Grundkurvan kan fastställas antingen utifrån vattenståndsmätningar utförda vid olika uppmätta flöden utanför vegetationsperioden (februari–mars) eller med hjälp av beräkningar gjorda med en kalibrerad hydraulisk modell som baseras på en fysisk inmätning av vattendraget. Kalibreringen av modellen kräver i sin tur uppmätta samhörande värden på flöden och nivåer, lämpligen i samma punkter (stationer) som används för att etablera Q-H-sambanden.

Kontrollen av regulativet görs genom samhörande mätningar av flöden och nivåer i kontrollpunkterna (stationerna) under vinterförhållanden. I de stationer där mätvärdena hamnar över de etablerade kravkurvorna uppfylls inte kravet på avbördningskapacitet enligt regulativet.

De viktigaste fördelarna med Q-H-regulativet är att det medger goda möjligheter till en naturlig formutveckling i vattendraget och att underhåll i princip kan utföras mer skonsamt när man ska förhålla sig till ett kapacitetskrav istället för en viss form och profil. En annan fördel är att kontrollen av regulativet visar den verkliga avbördningskapaciteten och att det går att följa hur kapaciteten förändras med tiden.

En väsentlig nackdel med Q-H-regulativet är att det inte ger information om vad som är orsaken eller hur omfattande åtgärder som krävs när kapacitetskravet inte uppfylls. Då kontrollen sker på vintern när flödena normalt är förhållandevis höga finns också en risk att kontrollen inte ger rätt information om kapaciteten vid låga flöden, vilken kan vara viktig med hänsyn till mark-avvattningsbehovet. Om kontrollmätningar ändå kan genomföras vid låga flöden så kan resultaten vara svårtolkade p.g.a. större osäkerheter i kapacitetsbedömningen vid låga flöden. Q-H-regulativet anses också vara relativt kostsamt att utarbeta.

Till skillnad från Teoretisk form har man för ett vattendrag med Q-H-regulativ endast punktvis information om vattenföringskapaciteten. Stationerna behöver därför ligga tillräckligt tätt för att kunna ge en rättvisande bild av kapaciteten på hela sträckan. Ju större vattendragets lutning är, desto tätare behöver stationerna ligga. Q-H-regulativet kan därför antas vara mindre lämpligt i vattendrag med stor lutning. Även i små vattendrag anses Q-H-regulativet vara mindre lämpligt p.g.a. större osäkerheter vid kontroll av avbördningskapaciteten.

Det har gjorts försök i Danmark med vidareutveckling av Q-H-regulativet till en kontinuerlig (glidande) beskrivning längs hela vattendraget med stöd av ny mätteknik (drönare) för detaljerade inmätningar som underlag till endimensionella hydrauliska modeller (/28/, /29/), eller som screening-metod för att identifiera sträckor i behov av underhåll.



Tabell 1. Sammanställning av regulativtyper i den danska vattendragsförvaltningen (/41/).

Regulativtyp	Metod för uppföljning och kontroll	Fördelar	Nackdelar
Geometrisk form (skikkelse)	Genom inmätning av aktuella sektioner som jämförs med fastställda sektioner	<ul style="list-style-type: none"> Bra till att säkra dränering inklusive dräneringsdjup Enkel kontroll som samtidigt visar behovet av rensning Relativt billigt att utarbeta och kontrollera Sektioner kan enkelt inkluderas i modeller och är allmänhet användbara i myndighetsarbetet. 	<ul style="list-style-type: none"> Ger liten möjlighet till formutveckling och tvingar in vattendraget i en onaturlig geometrisk form. Riskerar att leda till stort rensningsbehov. Ger ingen information om avbördningskapaciteten i vattendraget.
Teoretisk form (skikkelse)	Genom inmätning av sektioner och jämförande vattennivåberäkningar	<ul style="list-style-type: none"> Tillåter viss formutveckling och minskar rensningsbehovet när det gäller geometrisk form. Säkerställer djup och bredd när beräkning görs vid olika flöden. Innehåller geometrisk beskrivning som kan inkluderas i modeller. 	<ul style="list-style-type: none"> Dyrare än geometrisk form, kräver mer detaljerade undersökningar och hydrauliska beräkningar. Visar inte den verkliga avbördningskapaciteten.
Q-H-regulativ	Genom inmätning av nivåer och flöden i fasta punkter (vinterförhållanden), vilka sedan jämförs med uppställda kravkurvor (Q-H-samband).	<ul style="list-style-type: none"> Goda möjligheter för formutveckling. Relativt lätt att förstå. Kontrollen gör det möjligt att följa förändringar i avbördningskapaciteten. Relativt billig kontroll särskilt för större vattendrag (om det inte är ett rensningsbehov). 	<ul style="list-style-type: none"> Passar inte för små vattendrag En överskridelse av kravkurvor visar inte orsaken (avsättningar, minskad bredd, växtlighet) Kontroll (feb / mars) sker ofta inom ett begränsat flödesintervall. Kontrollerna visar inte nödvändigtvis bottenavlagringar. Extra arbete i samband med restaurering och regleringsprojekt (nya QH-kurvor behöver tas fram). Är relativt dyr att utarbeta.

4.2 Uppföljning av rensningsbehov

Som utgångspunkt i de danska regulativen ska kapaciteten för ett vattendrag bibehållas. Regulativen beskriver således minimikrav och i princip görs ingenting om kapaciteten skulle visa sig vara för hög (/41/).

För regulativtypen Geometrisk form har man av tradition ofta satt en toleransgräns på 10 cm innan rensningsåtgärder vidtas, d.v.s. avsättningar på botten ska uppgå till minst 10 cm jämfört med den fastställda sektionen innan åtgärder blir aktuella (/26/).

För Teoretisk form används ofta en maximal avvikelse mellan de teoretiskt beräknade vattennivåprofilerna på 10 cm innan åtgärder vidtas. Detta motsvarar vid höga flöden större avsättningar på botten än 10 cm. Det förekommer dock att man tillämpar ett liknande kriterium som vid Geometrisk form (10 cm avsättning på botten) kopplat till typsektionerna i regulativet (/26/).



I Q-H-regulativ är det den uppmätta avbördningskapaciteten jämfört med kravkurvan som indikerar ett rensningsbehov. Kravkurvan ligger typiskt parallellförskjuten 10–20 cm (motsvarar toleransgränsen ovan) i förhållande till grundkurvan, vilket betyder att man i kontrollpunkterna tillåter en höjning av vattennivåerna med 10–20 cm innan rensningsåtgärder blir aktuella.

4.3 Val av förvaltningstyp

I underlagsrapporterna i förslaget till en ny vattendragsförvaltning i Danmark (/26/) har man studerat olika kriterier för val av regulativtyp. Dessa kriterier inkluderar:

- Natur- och miljöintressen
- Miljöstatus och fysiska förhållanden
- Dräneringsintressen
- Rensningsbehov
- Vattendragstypologi (baserad på bottenbredd)
- Lutning inklusive dämning och översvåmningsrisk
- Hydrologisk regim påverkad av dagvatten från urbana områden
- Vattendrag påverkade av vattenuttag

Förenklat kan man säga att typen Geometrisk form indikeras när avvattningsintresset väger tungt och då det handlar om mindre och/eller dämningpåverkade vattendrag med relativt liten lutning. På motsvarande sätt indikeras Q-H-regulativet när natur- och miljöintresset väger tungt och då det handlar om medelstora till stora vattendrag med medelstor lutning.

4.4 Effekter av klippning och ändring i bottenprofil

Klippning (danska: Grødeskæring) är i många vattendrag i Danmark reglerat i regulativen med avseende på metod, rumslig avgränsning och tidpunkt på året (/36/). Effekterna av klippning kan vara svåra att förutsäga, bl.a. eftersom effekterna beror av vald metod, vattendragets lutning, typen av växtlighet, återväxt mm. Generellt är erfarenheten att effekten av klippning på vattennivåerna är störst i vattendrag med litet fall och relativt stor vattenföring hela året (/36/, /37/). Återväxten innebär att effekten av klippning ofta avtar inom 3–4 veckor (/38/).

Man har också konstaterat att klippning påverkar det ekologiska tillståndet negativt och ökar sedimenttransporten (/38/). I regulativ som har tagits fram på senare år är det ett ökat fokus på att klippning ska ske med hänsyn till miljömålen (/37/).

Få studier finns som visar effekter av profiländringar till följd av rensningar i vattendrag. I en studie från 2016 redovisas dock resultat från välkontrollerade fältförsök med olika typer av profiländringar (stenar, minskad tvärsnitt och höjning av botten). Mätresultaten jämförs med resultat från hydrauliska modellberäkningar före/efter ändringar i profilen (/39/). Den här typen av resultat är svåra att generalisera, men studierna illustrerar nyttan av att använda hydrauliska modeller för att förutsäga effekter av rensningsåtgärder.



5 Övriga internationella vägledningar

Det finns ett flertal vägledningar i den internationella litteraturen som är relevanta för det aktuella projektet. En av de mer omfattande är "Channel Management Handbook" (/42/) från Environment Agency (U.K.). Denna vägledning riktar sig framförallt till myndigheter och tar hänsyn både till översvämning- och markdräneringsfrågor. Vägledningen har ett tydligt fokus på hydromorfologiska processer. Rapportens första del tar upp grundläggande begrepp inom hydrologi, hydraulik och hydromorfologi med länkar till bl.a. "The Fluvial Design Guide" (/43/). Den andra delen av rapporten går igenom 8 steg i ett metodstöd för adaptiv förvaltning av vattendrag, se Tabell 2 nedan. Till metodstödet hör även en checklista (Excel) med ett antal frågor till varje steg som stöd för och dokumentation av beslutsprocessen, inklusive de data och antaganden besluten grundar sig på.

Environment Agency har även gett ut en kortfattad praktisk vägledning för miljöanpassat underhåll (/44/) med ungefär samma råd som i vägledningen från Naturvårdsverket (/14/). Därutöver kan nämnas ytterligare några vägledningar från Storbritannien med fokus på metoder som gynnar biologisk mångfald (/45/, /46/), åtgärder för att uppnå god ekologisk potential enligt vattendirektivet (/47/), naturanpassade (gröna) tekniker för kantförstärkning (/48/), samt tekniker för restaurering av vattendrag, inklusive analyser av hydrauliska effekter (/49/).

Bland övriga internationella publikationer kan nämnas en vägledning från Nya Zeeland (/50/) om miljöanpassade underhållsmetoder med liknande inriktning och stöd för beslutsprocessen som "Channel Management Handbook".

Tabell 2. Översikt över de 8 stegen i metodstödet för adaptiv förvaltning av vattendrag enligt "Channel Management Handbook" (/42/). Efter Steg 8 börjar arbetet om på Steg 1.

Steg	Kommentar / Exempel
0. Inhämta kunskaper om grundläggande förutsättningar vid förvaltning av vattendrag	Omfattar såväl naturvetenskapliga principer på olika skalor som rättsliga grunder.
1. Fastställ/uppdatera vilka funktionella mål som ska uppfyllas genom förvaltningen	De funktionella målen är ofta flera, t.ex. översvämningshantering, markdränering, vattenresurser, naturvärden, rekreation etc.
2. Utveckla detaljerad förståelse av vattendragets funktion och status (skick) på olika skalor	Görs både utifrån ett avrinningsområdesperspektiv och lokala förhållanden i vattendraget. Vid första genomgången tas resultatindikatorer fram, t.ex. en viss hydraulisk kapacitet, som relaterar till uppställda funktionella mål.
3. Beslut om åtgärder (eller inga åtgärder)	Grundas på den förståelse av vattendragets status i relation till de funktionella målen som erhållits i föregående steg. Alternativet "inga åtgärder" betraktas som "default"-alternativ.
4. Identifiera, granska och värdera åtgärdsalternativ för att komma fram till vilket alternativ som är att föredra (eller gör ingenting)	Alternativ väljs bort eller modifieras för att optimera måluppfyllelsen m.h.t. de fastställda funktionella målen. Utveckling och värdering av alternativ baseras på objektiva metoder för t.ex. riskbedömning eller kostnads-nyttanalyser. Grundprincipen är förebyggande åtgärder som främjar naturliga processer och på sikt minskar underhållsbehovet.
5. Utveckla och specificera åtgärder i underhållsplanen (eller gör ingenting)	Utveckla planen i enlighet med gällande tillstånd och direktiv, samt så att risker och negativ påverkan minimeras.
6. Genomför åtgärder	Skär i samverkan med myndigheter.
7. Övervaka och granska resultatet	Utvärdering av fysiska förändringar och ekologiska parametrar efter åtgärder med fokus på fastställda resultatindikatorer.
8. Uppföljning och dokumentation	Inkluderar mätning, dokumentation och kommunikation. Görs oavsett om åtgärder vidtagits eller ej.



6 Modeller och beräkningsstöd

6.1 Enkla beräkningsstöd

Några av kunskapsunderlagen och vägledningarna innehåller beskrivningar av grundläggande hydrauliska samband och enkla formler för uppskattning av t.ex. avbördningskapacitet, dämningpåverkan, flödeseffekt och gränshastigheter för erosion (/11/, /42/). Denna typ av enkla beräkningsstöd kan underlätta förståelsen av vilka parametrar som är styrande och vilka generella effekter olika åtgärder kan leda till. Ett exempel är Mannings ekvation för uppskattning av avbördningskapacitet som funktion av vattendragets tvärsektion, bottenlutning och råhet.

Allmänna beskrivningar av beräkningsmetoder som används inom hydrauliken vid dimensionering av rör och kanaler, inklusive enklare formler och s.k. "handräkningsmetoder", har tagits fram av bl.a. Trafikverket (/51/) och Svenskt Vatten (/52/).

6.2 Avancerade beräkningsmodeller

I kategorin avancerade beräkningsmodeller räknas här in endimensionella (1D) hydrauliska modellverktyg som t.ex. MIKE 11, ISIS och HEC-RAS. Med denna typ av modeller beräknas den längsgående (longitudinella) variationen i vattennivå, vattendjup och flöde i fördefinierade tvärsektioner. Den endimensionella beskrivningen är oftast en rimlig förenkling så länge flödet huvudsakligen sker inom åfåran, vilket antas vara fallet i majoriteten av de tillämpningar som diskuteras här. Även vid högre vattenflöden som leder till att åfåran svämmas över kan 1D-modeller vara tillämpliga, men resultaten kan då innehålla större osäkerheter (/43/).

Ett antal studier av avbördningskapacitet och underhållsbehov med stöd av endimensionella hydrauliska modeller har redan nämnts (/18/, /19/, /20/, /21/, /22/, /23/, /24/). Ytterligare exempel på tillämpningar av 1D-modeller är modellering av tvåstegsdiken (/53/) och modellering av erosion och sedimentation i jordbruksdiken (/54/). 1D-modeller används också, som redan har nämnts, som verktyg vid uppföljning och kontroll av rensningsbehov i den danska vattendragsförvaltningen för regulativtypen Teoretisk form och Q-H-regulativet.

Indata till 1D-modeller utgörs av inmätta tvärsektioner och strukturer (t.ex. vägtrummor), parametrar som beskriver strömningsmotståndet p.g.a. bottenfriktion mm., samt flödet i vattendraget. För noggranna beräkningar krävs också data från samhörande mätningar av flöde och vattennivå i flera punkter längs den aktuella delsträckan, helst vid mer än en flödessituation, för kalibrering av modellens friktionsparameter, vanligen det s.k. Mannings-talet (/28/). Saknas kalibreringsdata kan schablonvärden på Mannings tal användas, men osäkerheten i resultaten blir då betydligt större.

För att minska osäkerheter kopplade till strömningsmotståndet i hydrauliska modeller och generalisera metodiken vid beräkning av avbördningskapacitet startades ett projekt i Storbritannien i början av 2000-talet med syfte att utveckla en ny beräkningsmetodik och ta fram ett nytt verktyg. Den använda metodiken bygger på resultat från forskning under 1980- och 90-talen. Utvecklingen av verktyget som kallas "Conveyance and Afflux Estimation System (CES/AES)" koordinerades av Environment Agency (/55/). Den första komponenten i verktyget (CES) ger stöd för uppskattning av avbördningskapacitet utifrån tvärsektionsform, typ av bottensubstrat, typ och omfattning av vegetation, oregelbundenhet i åfårans kanter och grad av meandring. Den andra komponenten (AES) ger stöd för beräkning av dämningseffekter från broar och kulvertar. I verktyget ingår även en modul för beräkning av dämningpåverkan (bakvatten-effekter). Verktyget ersätter inte fullt ut hydrauliska standardmodeller som t.ex. MIKE 11 eller HEC-RAS utan bör snarare ses som ett komplement och hjälpmedel för uppskattning av avbördningskapacitet utifrån lokala förhållanden. Verktyget är fritt tillgängligt för nedladdning och användning via webb-platsen www.river-conveyance.net.



De fördelar med CES som har lyfts fram jämfört med konventionella metoder (Mannings formel eller motsvarande) för beräkning av strömningsmotstånd är att CES bygger på mer välgrundade fysikaliska beskrivningar av de processer som bidrar till det totala strömningsmotståndet (/55/, /56/). Speciellt ger CES en mer korrekt beskrivning av effekter av variationer i bottenrâhet och djup tvärs vattendraget. Detta minskar osäkerheten vid uppskattning av avbördningskapaciteten samtidigt som CES potentiellt kan användas för att modellera effekter av olika kapacitets-höjande åtgärder, t.ex. klippning av vegetation eller förändring av bottenprofilen. Exempel på denna typ av "What-if scenarios" baserade på beräkningar med CES/AES redovisas i vägledningen till verktyget (/56/), samt i fallstudier (/49/, /55/).

7 Sammanfattning och slutsatser

Litteraturgenomgången har gett flera exempel på vägledningar om miljöanpassat underhåll av vattendrag och diken från den internationella litteraturen. Relevanta kunskapsunderlag och praktiska råd har även kommit fram i publikationer från svenska myndigheter (JBV, NV, HAV och Länsstyrelsen), institut (SGI, SMHI) och vattenråd (Höje å, Saxån–Braån). Denna kunskap är dock inte sammanställd på ett sätt som gör den enkelt tillgänglig och praktiskt användbar för dikningsföretag vid framtagning av underhållsplaner och uppföljning av underhållsåtgärder.

Det som framförallt verkar saknas bland svenska vägledningar är ett metodstöd liknande "Channel Management Handbook" (/42/) som både ger relevant bakgrundskunskap om grundläggande förutsättningar och praktisk vägledning till hur man långsiktigt bedriver en miljöanpassad förvaltning med fokus på planering, genomförande och uppföljning utifrån uppställda funktionella mål. Man bör dock notera att t.ex. "Channel Management Handbook" och liknande vägledningar i första hand riktar sig till myndigheter som arbetar med t.ex. hantering av översvämningsrisker eller markavvattningsfrågor och inte till privata aktörer/markägare.

Vid genomgång av den svenska litteraturen har det framkommit att det saknas metoder och riktlinjer för att bedöma behovet av underhåll ur ett hydrauliskt perspektiv. De danska vägledningarna utgör här viktiga referenser med exempel på alternativa sätt att följa upp underhållsbehov med utgångspunkt från fastställda hydrauliska kriterier. Svårigheten att tillämpa liknande metoder i Sverige handlar dels om hur den svenska vattenlagstiftningen är utformad, att förvaltningen oftast sker i privat regi och att tillstånden ofta är gamla och inte längre representerar vattendragets/dikets nuvarande form, profil och läge.

Slutsatsen från genomgången av modeller och beräkningsstöd är att enkla formler som t.ex. Mannings formel för uppskattning av avbördningskapacitet kan fylla en viktig funktion i en vägledning för att öka förståelsen för hur ett vattendrag fungerar hydrauliskt och visa t.ex. betydelsen av lokala hinder och generella effekter av olika åtgärder. Det är dock inte troligt att den typen av enkla beräkningsformler kan ligga till grund för beslut om åtgärder, utan de bör betraktas mer som hjälpmedel för att förklara och illustrera grundläggande hydrauliska principer.

Litteraturgenomgången har visat flera exempel från både Sverige och Danmark där hydrauliska modeller (1D-modeller) har använts för att beräkna vattennivåprofiler i syfte att identifiera begränsningar i flödeskapaciteten eller simulera effekter av underhållsåtgärder. Intressanta exempel på användning av 1D-modeller ges i utredningarna från Höje å där syftet var att identifiera skillnader i underhållsbehov längs olika delsträckor av ett dikningsföretag. Liknande exempel finns i Danmark i tillämpningar av regulativtypen Teoretisk form och Q-H-regulativet. 1D-modeller kan därför närmast betraktas som standardverktyg i den danska vattendrags-förvaltningen.

För svenska förhållanden begränsas incitamenten att använda hydrauliska modeller möjligen av att tillstånden för markavvattning i princip alltid bygger på fastställda sektioner i likhet med den danska regulativtypen Geometrisk form. Från ett miljöperspektiv, men även av ekonomiska skäl, kan det dock vara väl motiverat att använda hydrauliska modeller för att anpassa och optimera underhållsinsatser och följa upp förändringar i vattendraget oavsett om och hur dessa



förändringar kan kopplas till tillståndet. Vägledningen som tas fram i projektet föreslås därför referera till och visa på möjligheten att använda mer avancerade beräkningsmodeller.

Modellkonceptet CES/AES och framförallt CES-komponenten utgör ett intressant komplement till traditionella hydrauliska modeller för beräkning av avbördningskapacitet i vattendrag. Motivet vid utveckling av CES har varit behovet av en mer generell metodik för beräkning av avbördningskapacitet baserat på platsspecifika data över bottensubstrat, vegetation, samt form och dimension på tvärsektionen. Fördelen med denna modellansats är dels att den inte är beroende av tillgången till kalibreringsdata, dels att den potentiellt kan beskriva effekterna på avbördningskapaciteten av t.ex. förändringar i tvärsektionsform eller typ och omfattning av vegetation i vattendraget. I en vägledning för miljöanpassad rensning kan CES därför med fördel användas för att ta fram exempel på effekter av underhållsåtgärder.

8 Referenser

- /1/ Jordbruksverket och LRF (2019). *Åga och förvalta diken och andra vattenanläggningar i jordbrukslandskapet.*
- /2/ Jordbruksverket (2018). *Underhåll ditt dike för ett rikare odlingslandskap.* Jordbruksinformation 2018-1.
- /3/ Jordbruksverket (2018). *Aktiv förvaltning och underhåll av enskilda och samfällda diken.* Studievägledning för cirkelledare och studiecirkeldeltagare.
- /4/ Jordbruksverket (2013). *Jordbrukets markavvattningsanläggningar i ett nytt klimat.* Vatteningenheten. Rapport 2013:14.
- /5/ Jordbruksverket (2017). *Jordbruksmark och kontrollerade översvåmningsytor.* Rapport 2017:4.
- /6/ Jordbruksverket (2013). *Tvåstegsdiken - ett steg i rätt riktning?* Rapport:2013:15.
- /7/ Jordbruksverket (2016). *Från idé till fungerande tvåstegsdike – en vägledning.* Rapport:2016:15.
- /8/ Jordbruksverket (2019). *Kantzoner längs jordbruksvatten för en bättre vattenmiljö.* Underlagsrapport till Havs och vattenmyndighetens vägledningsarbete. Rapport 2019:6.
- /9/ Jordbruksverket (2019). *Miljöåtgärder i jordbruksvatten.* Rapport 2019:23.
- /10/ Jordbruksverket (2020). *Fysisk påverkan i jordbruksvatten.* Rapport 2020:01.
- /11/ SGI (2016). *Naturanpassade erosionsskydd i vattendrag. En förstudie.* Publikation 28.
- /12/ Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2013). *Konsekvenser på naturvärden av skred-, erosions- och översvåmningsåtgärder. Ett steg mot en ökad naturvårdshänsyn i klimatanpassningsarbetet.* Rapport 2013:49.
- /13/ Länsstyrelsen i Jönköpings län (2017). *Biotopkartering vattendrag. Metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag.* Meddelande nr 2017:09.
- /14/ Naturvårdsverket (2004). *Miljöhänsyn vid dikesrensningar.*
- /15/ Naturvårdsverket (2017). *Miljökonsekvenser av markavvattning och dikesrensning. En kunskapsmanställning.* Rapport 6777, juni 2017, ISBN 978-91-620-6777-9.



- /16/ Naturvårdsverket (2004). *Markavvattning och rensning. Handbok för tillämpningen av bestämmelserna i 11 kap. i miljöbalken*. Handbok 2009:5. Utgåva 1. Augusti 2009.
- /17/ Saxån-Braåns Vattenråd (2017). *Åmansboken. Vård, skötsel och restaurering av åar i jordbruksbygd*. 2:a uppl. rev. 2017.
- /18/ Höje å Vattenråd (2017). *Dikningsföretagens verksamhet. Skötsel och samverkan*. Ekologgruppen 2017-02-28.
- /19/ Höje å Vattenråd (2016). *Analys av dämningpåverkan inom Höje å vid Lund*. Ekologgruppen 2016-11-28.
- /20/ Höje å Vattenråd (2017). *Modellering av vattennivåer. Jämförelse mellan ett markavvattningsföretags fast-ställda bottenprofil och dagens åfåra*. Ekologgruppen 2017-02-17.
- /21/ Svenbro, N. (2016). *Avbördningskapaciteten som verktyg för bedömning av underhållsbehovet i ett vattendrag. Tillämpning på ett dikningsföretag i Höje å*. Master Thesis TVVR 16/5001.
- /22/ Höje å Vattenråd (2017). *Hydromorfologi och dikningsföretag. Slutrapport*. Ekologgruppen 2017-05-15, Rev. 2017-10-03.
- /23/ Länsstyrelsen i Skåne (2012). *Miljöanpassad rensning i Almaån - förutsättningar och metoder*. Sweco Environment. Rapport 2012:10. ISBN 978-91-8653 3-81-6.
- /24/ Joel, A., Wesström, I. & Messing, I. 2015. *A tool for assessing the status of agricultural ditches and the need for measures*. Acta Agric. Scand., Section B – Soil & Plant Science. Vol. 65, No. Supplement 1: 100–109.
- /25/ Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen (2007). *Notat til inspiration for vandløbsmyndigheder: Udarbejdelse af vandløbsregulativer - Erfaringsopsamling og ny viden*. ISBN: 87-7279-781-9.
- /26/ Miljø- og Fødevareministeriet Miljøstyrelsen (2019). *Regulativtyper Ændret vandløbsforvaltning Udredningsprojekt 1*. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 39, 978-87-7038-151-2.
- /27/ Miljø- og Fødevareministeriet Miljøstyrelsen (2019). *Naturvandløb. Faglig udredning om grundlag og fremgangsmåde for identifikation og forvaltning af naturvandløb*. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 38, 978-87-7038-150-5.
- /28/ Orbicon (2017). *Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb*. Projektnummer 3691400149. 2017-10-31.
- /29/ Miljø- og Fødevareministeriet (2017). *Udvikling af ny metode til kontrol af regulativer*. Orbicon A/S. Projektnummer 1321700299.
- /30/ Miljø- og Fødevareministeriet (2017). *Rapport fra ekspertudvalget til ændret vandløbsforvaltning*.
- /31/ Rasmussen, B & Kragh, C. (2013). *Guidelines til opmåling af vandløb – På vej til en ny standard*.
- /32/ Fredericia Kommune (2018). *Plan for revision af vandløbsregulativer 2018-2021*. Forsag.
- /33/ Fredericia Kommune (2019). *Regulativ for Gudsø Bæk*. Vedtaget 17.06.2019.
- /34/ Fredericia Kommune (2019). *Regulativ for Studsdal Bæk*. Vedtaget 17.06.2019.



- /35/ Hedeselskabet (2017). *Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb*. Orbicon A/S. Projektnummer 3691400149.
- /36/ Miljø- og Fødevareministeriet Miljøstyrelsen (2017). *Grødeskæringsvejledning. Vejledning om grønnskæring i danske vandløb*. Vejledning nr. 25. ISBN: 978-87-7175-604-3.
- /37/ Skov- og Naturstyrelsen (2007). *Grødeskæring i vandløb. Erfaringsopsamling af metoder, praksis og effekter*. Orbicon A/S. ISBN: 978-87-7279-794-6.
- /38/ Nationalt Center for Miljø og Energi (2016). *Faglig udredning om grønnskæring i vandløb*. Nr 188. ISBN 78-87-7156-208-8.
- /39/ Hedeselskabet (2016). *Feltforsøg med profilændringer i Kimmerslev Møllebæk november 2015*. Forsøgsrapport bilag 2 til faglig udredning. Orbicon A/S. Projektnummer 3691400149.
- /40/ Silkeborg Kommune (2014). *Overvågning af vandstand og vandføring i Gudenåen i sommeren 2013*. Orbicon A/S. Projektnr. 1391300120-03.
- /41/ Jensen, I.K. & Moeslund, B. (2020). *Miljöanpassad rensning och regulativtyper*.
- /42/ Environment Agency (2015). *Channel Management Handbook*. Report SC110002. ISBN: 978-1-84911-354-0.
- /43/ Environment Agency (2009). *Fluvial Design Guide*. December 2009.
<http://evidence.environment-agency.gov.uk/FCERM/en/FluvialDesignGuide.aspx>
- /44/ Environment Agency (2013). *Environmental Good Practice Guide: Guidance to help you maintain your watercourse in River Maintenance Pilot Areas*. December 2013: Version 2.
- /45/ Buisson, R. S. K., Wade, P. M., Cathcart, R. L., Hemmings, S. M., Manning, C. J. & Mayer, L. (2008). *The Drainage Channel Biodiversity Manual: Integrating Wildlife and Flood Risk Management*. Association of Drainage Authorities and Natural England, Peterborough.
- /46/ ada (2010). *The Middle Level IDB Biodiversity Manual. A guide to the management of drainage channels for biodiversity for the Drainage Boards of the Middle Level Biodiversity Action Plan Partnership*. U.K. <https://www.ada.org.uk/>.
- /47/ Mayer, L., Moodie, I., Carson, C., Vines, K., Nunns, M., Hall, K., Redding, M., Sharman, P. & Bonney, S. (2017). *Good Ecological Potential in Fenland Waterbodies: A Guide to Management Strategies and Mitigation. Measures for achieving Good Ecological Potential in Fenland Waterbodies*. Association of Drainage Authorities & Environment Agency.
- /48/ UK Natural Environment Research Council (2017). *Green approaches in river engineering. Supporting implementation of Green Infrastructure*. HR Wallingford.
- /49/ Janes, M., Fisher, K., Mant, J. & de Smith, L. (2005). *River Rehabilitation Guidance for Eastern England Rivers*. The River Resoration Centre (RRC). November 2005.
- /50/ New Zealand Water Environment Research Foundation (2005). *Sustainable drainage management. Field guide*. Henry R. Hudson, Editor.
- /51/ Trafikverket (2017). *Avvattningsteknisk dimensionering och utformning – MB 310*. TDOK 2014:0051. Version 2.0. 2017-10-12.
- /52/ Ljunggren, O. & Svensson, G. (2015). *Tillämpad hydraulik för VA-ingenjörer*. Svenskt Vatten. Publikation U11. Augusti 2015.
- /53/ Bastviken, S., Bratt, A., Ek Henning, H. och Lindmark, P. (2015). *Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK)*. Länsstyrelsen Östergötland, rapport 2015:22. ISBN: 978-91-7488-394-7.



- /54/ Nordlund, J. (2011). *Erosion och sedimentation i jordbruksdiken modellerade med HEC-RAS*. Examensarbete 30 hp. Institutionen för geovetenskaper, Luft, vatten- och landskapslära, Uppsala universitet. Mars 2011.
- /55/ Mc Gahey, C., Samuels, P.G., Knight, D.W. & O'Hare, M.T. (2008). *Estimating river flow capacity in practice*. Journal of Flood Risk Management, CIWEM, Vol. 1, (2008), pp. 23–33.
- /56/ Knight, D.W., Hazlewood, C., Lamb, R., Samuels, P.G. & Shiono, K. (2018). *Practical Channel Hydraulics – Roughness, Conveyance and Afflux*. 2nd edition. CRC Press. ISBN: 9781138068582.