

Ekologisk restaurering av vattendrag

Naturvårdsverket & Fiskeriverket



Ekologisk restaurering av vattendrag är indelad i 6 kapitel och avsedd att sitta i en pärm med 6 flikar, en flik per kapitel. Manualen kommer att uppdateras och kompletteras med nytt material.

För nedladdning av uppdateringar och senaste utgåva:

[www.naturvardsverket.se/Bokhandel och bibliotek](http://www.naturvardsverket.se/Bokhandel%20och%20bibliotek)

[www.fiskeriverket.se/service/Varor och tjänster](http://www.fiskeriverket.se/service/Varor%20och%20tjanster)

Alla ändringar och kompletteringar listas vartefter på denna sida.

Naturvårdsverket

Tel: +46 8-698 10 00

Internet: www.naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, 106 48 Stockholm

Fiskeriverket

Tel: +46 8-699 06 00

Internet: www.fiskeriverket.se

Postadress: Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet, 178 93 Drottningholm

Fiskeriverkets huvudkontor: Box 423, 401 26 Göteborg

Omslagsfoton

Framsida: Foto: Erik Degerman. Restaureringsarbete i Storkvarnabäcken i Västerbottens län.

Baksida: Foto: Erik Degerman. Restaureringsarbete i Storån, Västra Götalands län.

Ekologisk restaurering av vattendrag

Redaktör: Erik Degerman



FISKERIVERKET

Förord

Merparten av Sveriges vattendrag har utifrån ekologisk synvinkel påverkats negativt av mänskliga aktiviteter. Inom arbetet med delmål 2, miljö kvalitets-målet Levande sjöar och vattendrag, pågår dock ett arbete med att återställa sådana vattendrag som skadats men alltså hyser höga naturvärden. Syftet med denna manual är att stimulera till, och ge rekommendationer om arbetssätt och metoder vid ekologisk restaurering av vattendrag enligt miljömålet. Men innehållet kan med fördel även nyttjas inom andra områden, exempelvis vattenförvaltningen. Manualen som utarbetats på gemensamt uppdrag av Naturvårdsverket och Fiskeriverket har en bred målgrupp och vänder sig såväl till lokala utförare av åtgärder, exempelvis fiskevårdsföreningar, som till kommuner, länsstyrelser och centrala myndigheter.

Manualen har i huvudsak författats av Erik Degerman, Fiskeriverket, vilken med assistans från Henrik Schreiber, Naturvårdsverket även lett projektet med framtagandet. Till projektet har även knutits en bred referensgrupp med representanter från länsstyrelser, berörda centrala myndigheter och intresseorganisationer. För text- och faktagranskning samt diskussioner har Tobias Haag, Länsstyrelsen i Jönköpings län samt ett stort antal personer (se Erkännanden) bistått. Thomas Nydén har stått för samtliga illustrationer. Till alla som medverkat i arbetet riktas ett stort tack.

Den ekologiska grundsyn och strävan efter naturliga och varaktiga åtgärder som genomsyrar manualen utgör Naturvårdsverkets och Fiskeriverkets generella syn på arbetssättet vid restaurering. För specifika fakta svarar författaren för respektive avsnitt. I och med att fler restaureringsprojekt iscensätts och följs upp kommer kunskapen om effekter och metoder att förbättras. Manualen planeras därför att uppdateras kontinuerligt allteftersom ny kunskap förvärvas. Såväl denna första versionen som kommande uppdateringar kan laddas ned i pdf-format på Naturvårdsverkets och Fiskeriverkets hemsidor.

Manualen utgör ingen policy för verkens syn på hur och i vilken omfattning restaurering ska utföras. Istället ska den ses som en kunskapskälla med rekommendationer för att åstadkomma lyckade restaureringsåtgärder. Eftersom manualen är mycket omfattande har den inte remitterats i sin helhet. Om ni vid läsning upptäcker felaktiga eller opassande formuleringar är vi mycket tacksamma om ni framför dessa synpunkter så vi inför kommande versioner kan åtgärda eventuella brister.

Vår förhoppning är att manualen kommer att stimulera till engagemang, konkreta åtgärder och på sikt leda till ökad biologisk mångfald och förbättrade fiskevatten.

Lycka till!

För Naturvårdsverket

Björn Risinger

För Fiskeriverket

Ingemar Berglund

Innehåll

.....	FÖRORD	
1	BAKGRUND	1
1.1.	Varför en manual?	1
1.2.	Landskapsperspektiv	2
1.3.	Avgränsningar	3
1.4.	Målbilder	3
1.5.	Synergier	4
1.6.	Källor och underlag	4
2	VATTENLANDSKAPET	1
2.1.	Vattnet i landskapet	1
2.2.	Avrinningsområdet	4
2.3.	Vattendragsmorfologi och hydrologi	5
2.4.	Arter, processer och strukturer	8
2.5.	Vikten av intakt konnektivitet – exemplet fisk	10
2.6.	Hur sötvattnen förändrats – kultur och natur i förening	11
2.7.	Källor och underlag	14
3	JURIDISKA FRÅGOR	1
3.1.	Regleringen av vattenverksamhet enligt miljöbalken	1
3.2.	Kulturmiljösektorns juridiska styrmedel	3
3.3.	Fiskerättsliga lagar och förordningar	5
3.4.	Källor och underlag	6
4	GENOMFÖRANDE AV RESTAURERINGSPROJEKT	1
4.1. . . .	Generella förutsättningar för framgångsrika restaureringsprojekt	1
4.2.	Samråd och tillståndsprövning	2
4.3.	Organisation av arbetet	4
4.4.	Förberedande åtgärder	7
4.5.	Hänsyn till kultur- och miljölämningar	9
4.6.	Hantering av motstående intressen	10
4.7.	Naturvårds-/nyttjanderättsavtal	15
4.8.	Detaljplanering	15
4.9.	Upphandling	20
4.10.	Källor och underlag	22

BILAGA 1	23
Exempel på underlag till markägaravtal från Miljöåterställningsprojekt Piteälven-Vindelälven	23
BILAGA 2	26
Exempel på arbetsmiljöplan från Miljöåterställningsprojekt Piteälven-Vindelälven	26
5 ÅTGÄRDER	1
5.1 HYDROLOGISK RESTAURERING AV LANDSKAPET	2
5.1.1 Förändrat landskap	2
5.1.2 Hydrologisk restaurering – flera alternativ	3
5.1.3 Hydrologisk restaurering av avrinningsområdet	3
5.1.4 Hänsyn inom skogs- och jordbruk	7
5.1.5 Källor och underlag	9
5.2 ANLÄGGNING AV VÅTMARK	10
5.2.1 Våtmarkerna i landskapet	10
5.2.2 Återskapande och nyanläggning av våtmarker ur ett landskapsperspektiv	11
5.2.3 Utformning av våtmarker	14
5.2.4 Dämning och vattenreglering	17
5.2.5 Praktisk arbetsgång för våtmarksanläggning	21
5.2.6 Efterbehandling och skötsel av våtmarker	25
5.2.7 Översvåmningsområden	27
5.2.8 Höjning av sänkta sjöar	29
5.2.9 Restaurering av kustvåtmarker	30
5.2.10. Generella kostnader	30
5.2.11. Källor och underlag	31
5.3 EKOLOGISKT FUNKTIONELLA KANTZONER	33
5.3.1 Kantzoner i landskapet	33
5.3.2 Krav på kantzonen för att den skall utgöra en skyddszon	37
5.3.3 Arbetssätt vid avsättning och etablering av kantzoner	40
5.3.4 Utformning av kantzoner	43
5.3.5 Skötsel av befintliga kantzoner	44
5.3.6 Anläggning och etablering av nya kantzoner	46
5.3.7 Källor och underlag	52

5.4	TILLFÖRSEL AV DÖD VED	55
5.4.1	Död ved i landskapet	55
5.4.2	Hur mycket död ved finns det?	57
5.4.3	Var och hur mycket behövs det?	59
5.4.4	Val av trädslag och var hämtar man den döda veden?	60
5.4.5	Plats, utläggningsstrategi och metodik för förankring	61
5.4.6	Problem med utlagd död ved	65
5.4.7	Förväntade och erhållna resultat	66
5.4.8	Varaktighet & kostnader	67
5.4.9	Källor och underlag	67
5.5	UTRIVNING AV DAMMAR	70
5.5.1	Dammar i landskapet	70
5.5.2	Alternativ till dammar	72
5.5.3	Ekologiska konsekvenser av utrivning	72
5.5.4	Förberedelser	74
5.5.5	Beaktande av kulturhistoriska värden	77
5.5.6	Praktisk utrivning av dammar	78
5.5.7	Utrivning av mindre dämmen i sjöutlopp	81
5.5.8	Lyckade exempel	82
5.5.9	Källor och underlag	87
5.6	MILJÖANPASSADE LÅGVATTENFLÖDEN	89
5.6.1	Det reglerade vattenlandskapet	89
5.6.2	Behovet av naturliga flöden och naturlig flödesregim	91
5.6.3	Miljöanpassade flöden	92
5.6.4	Miljöanpassade lågvattenflöden nedom kraftverksanläggningar	94
5.6.5	Miljöanpassade flöden vid bevattningsuttag	97
5.6.6	Källor och underlag	99

5.7	FISKVÄGAR	101
5.7.1	Vandringshinder i landskapet	101
5.7.2	Sim- och hoppförmåga	102
5.7.3	Fiskvägar för uppströmsvandring	104
5.7.4	Utformning av mynning vid uppströmsvandring	122
5.7.5	Underlättande av nedströmspassage	123
5.7.6	Projektering och kostnader	127
5.7.7	Funktionskontroll	130
5.7.8	Källor och underlag	132
5.8	VÄG- OCH JÄRNVÄGSPASSAGER	135
5.8.1	Vägar i landskapet	135
5.8.2	Bedömning av passagemöjligheter	137
5.8.3	Utformning av ekologiskt anpassade vägpassager	138
5.8.4	Arbetsgång vid projektering och genomförande	141
5.8.5	Förbättring av vandringsmöjligheter i befintliga trummor	143
5.8.6	Utbyte av vägtrumma	146
5.8.7	Passager för utter och andra djur	151
5.8.8	Tillsyn och kompletterande åtgärder	153
5.8.9	Källor och underlag	154
5.9	BIOTOPVÅRD I SKOGSVATTENDRAG OCH ÄLVAR	156
5.9.1	Naturlig habitatdiversitet – målbilder	156
5.9.2	Vad har hänt i vattendragen?	161
5.9.3	Generella riktlinjer för restaurering av bottnar	162
5.9.4	Erhållna och förväntade resultat	163
5.9.5	Förberedelser	165
5.9.6	Praktiska åtgärder	166
5.9.7	Exempel på åtgärder	173
5.9.8	Varaktighet och kostnader	176
5.9.9	Källor och underlag	177

5.10	BIOTOPVÅRD I SLÄTTLANDS- OCH JORDBRUKSVATTENDRAG	180
5.10.1.	Naturlig mångfald av livsmiljöer – målbilder	180
5.10.2.	Vad har hänt i vattendragen?	180
5.10.3.	Generella riktlinjer för restaurering av åfåran	183
5.10.4.	Erhållna och förväntade resultat	183
5.10.5.	Förberedelser	184
5.10.6.	Praktiska åtgärder i och utmed befintlig fåra	185
5.10.7.	Konstruktion av helt ny fåra	190
5.10.8.	Varaktighet och kostnader	194
5.10.9.	Källor och underlag	195
5.11	ETABLERING AV LEKOMRÅDEN FÖR STRÖMLEKANDE FISK	197
5.11.1.	Naturlig förekomst och funktion av lekbottnar	197
5.11.2.	Generell metodik	198
5.11.3.	Förberedelser	199
5.11.4.	Lekbottnar för lax och öring	201
5.11.5.	Lekbottnar för andra strömlökande fiskarter	209
5.11.6.	Källor och underlag	213
6	DOKUMENTATION OCH EFFEKTUPPFÖLJNING	1
6.1.	Behovet av dokumentation och effektuppföljning	1
6.2.	Kriterier för bra uppföljning	1
6.3. . . .	Metoder för uppföljning av åtgärds mål (genomförandestatus)	2
6.4.	Metoder för uppföljning av tillståndsmål (ekologisk status)	3
6.5.	Strategier för uppföljning av tillståndsmål	3
6.6.	Åtgärdsdatabas och datavärd	4
6.7.	Källor och underlag	5
.	ERKÄNNANDEN	

1

Bakgrund

Erik Degerman & Henrik Schreiber

1.1 Varför en manual?

Miljökvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag fastställer att "Sjöar och vattendrag skall vara ekologiskt hållbara, och deras variationsrika livsmiljöer skall bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion skall bevaras samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas." Inriktningen är att dessa värden ska uppnås inom en generation. Inom miljökvalitetsmålet finns fem uppsatta delmål som behandlar skydd, restaurering, ytvattentäkter, utsättning av arter och program för hotade arter.

Delmål 2, om restaurering, anger att "Senast år 2005 skall berörda myndigheter ha identifierat och tagit fram åtgärdsprogram för restaurering av Sveriges skyddsvärda vattendrag eller sådana vattendrag som efter åtgärder har förutsättningar att bli skyddsvärda. Senast till år 2010 skall minst 25 % av de värdefulla och potentiellt skyddsvärda vattendragen ha restaurerats." En nationell strategi som motsvarar delmålens formulering om "åtgärdsprogram" har tagits fram av Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och Fiskeriverket (se Källor och underlag). Föreliggande manual för restaurering är en av de viktigaste åtgärderna som tas upp inom strategin och förväntas höja arbetstakten och kvaliteten inom restaureringsarbetet. I enlighet med delmålet har de tre myndigheterna tillsammans med länsstyrelserna identifierat skyddsvärda vattendrag, eller sådana vattendrag som har potential att bli skyddsvärda. Dessa presenteras på Naturvårdsverkets hemsida i databasen "värdefulla vatten" samt tillhörande kartsikt. Antalet vattendrag ur "värdefulla vatten" som enligt länsstyrelserna bedöms ha behov

av restaurering är cirka 680. Enligt delmål 2 ska 25 % av landets skyddsvärda eller potentiellt skyddsvärda vattendrag restaureras till 2010 vilket innebär att vattendrag i ca 170 områden kan behöva restaureras till 2010 för att målet ska nås.

Manualen skall utgöra en samlad idébank till det komplicerade och omfattande arbetet att restaurera våra vattenlandskap. Fokus ligger på rent praktiska åtgärder i och intill vattendrag. Arbetet syftar till fysisk och hydrologisk restaurering, dvs. att sträva efter att naturliga processer, flöden och strukturer finns som på sikt naturligt medför eller ger förutsättningar för en naturlig, eller naturlik, flora och fauna. De typer av åtgärder som behövs inom miljömålet sammanfaller ofta med behoven inom både vattenförvaltningen (ramdirektiv för vatten) och miljökvalitetsmålet Hav i balans samt en levande kust och skärgård. Manualen förväntas därmed komma till stor användning vid den restaurering som behövs inom flera områden.

Inget vatten är det andra likt, men många gemensamma drag finns och många övergripande processer återfinns i alla vatten. Det finns ingen exakt planritning över hur man ingenjörsmässigt restaurerar, men det finns många gemensamma lösningar. Avsikten är här att ge allmänna och gemensamma riktlinjer över hur arbetet bör bedrivas och vilka åtgärder som skall prioriteras.

Manualen vänder sig till dem som arbetar med eller berörs av restaureringsarbetet, såväl lokalt, regionalt som nationellt. Därmed inbegrips alla, från lokala intresseföreningar till fiskevårdsområdesföreningar, kommuner, vattenmyndigheterna och länsstyrelserna. Manualen betonar speciellt vikten av att samarbeta i olika plan, från enskilda markägare till övergripande myndigheter. Dessutom krävs ett tvärspektoriellt

samarbete mellan natur-, fiske- och kulturmiljövård. Även om detta inte är en manual för identifiering, värdering och återställande av kulturmiljöer skall restaurering alltid ske med kulturmiljövärdena i beaktande. I Kapitel 4 ges generella råd för hur denna process underlättas.

Förhoppningen är att manualen skall vara ett levande dokument som successivt uppdateras efter hand som ny kunskap och praxis vuxit fram. Därför har dokumentet lagts ut på Internet på Naturvårdsverkets och Fiskeriverkets hemsidor. Tanken är att man åtminstone skall ladda ned de avsnitt som direkt berör de restaureringsprojekt man avser att arbeta med. Vi rekommenderar dock alla att ladda ned även Kapitel 3 och 4 som en bakgrund till ert arbete.

1.2 Landskapsperspektiv

Mycket av det tidigare restaureringsarbetet i sjöar och vattendrag har varit fokuserat på vattenkvaliteten. Här har gjorts stora och mycket framgångsrika insatser genom t.ex. kalkning och minskning av eutrofierande och syretärande utsläpp. Samtidigt har det funnits ett omfattande arbete med fiskevårdsåtgärder, dvs. restaureringsinsatser fokuserade på att skapa och bevara fiskbestånd och fisketillfällen. All denna tidigare restaurering har strävat åt samma håll eftersom de mångformiga och rena vattnen har den högsta biologiska mångfalden och fiskproduktionen samt de bästa förutsättningarna för det rörliga friluftslivet.

Med ordet *restaurering* förstår många egentligen att man återför ett stört system till det naturliga tillståndet före störning. Något sådant är dock ofta inte möjligt, dels känner vi inte säkert till det ursprungliga tillståndet, dels kan andra samhällsbehov omöjliggöra full restaurering och slutligen är våra sötvatten stadda i ständig utveckling. Något forntida idealt och stabilt tillstånd existerar sällan. Istället syftar restaurering ofta till att uppnå en god ekologisk status för den aktuella vattentypen.

För att restaurera ett vattendrag kan man arbeta med åtgärder direkt i vattnet, t.ex. återskapande av ett varierat bottensubstrat eller utrivning av en damm.



Större vattensalamander (*Triturus cristatus*) (Foto: Claes Andrén/N, Naturfotograferna). Den större vattensalamandern lägger sina ägg i små gölar. Varje hona lägger flera hundra ägg som kläcks efter 3–4 veckor. Ynglen tillbringar 3–4 månader i gölen, ibland kanske de t.o.m. övervintrar. Därefter blir de landlevande och kan vandra hundratals meter från gölen. Den ideala gölen är liten, saknar fisk, och har en blandning av djup med vegetationsfria ytor blandat med vegetationsklädda. Omgivande land bör ha både gräs, träd och buskar. Under stenrösen och stockar/död ved tillbringar ofta de äldre sin vinter. Salamandern är därmed ett djur som på ett unikt sätt knyter samman vatten och land, en indikator på ett mosaikartat landskap med intakta våtmarker och gamla träd. Liksom många andra arter med behov av flera intakta intilliggande habitat har vattensalamandern missgynnats.

Dessa åtgärder kan på kort sikt komma till rätta med problem för arters existens och bevarande av miljöer, men ofta behöver sådana åtgärder kombineras med åtgärder i det omgivande landskapet, såväl det terrestra som det akvatiska. Utan att angripa restaureringen i ett *landskapsperspektiv*, med beaktande av det ständiga samspelet mellan olika vatten och mellan vatten och avrinningsområdet, blir restaureringsarbetet inte framgångsrikt (se Malm Renöfält m.fl. 2006).

Tanken här är att vi måste kombinera de kortsiktiga åtgärderna och de åtgärder som på lång sikt krävs för att komma till rätta med problemen. Det är viktigt att identifiera de ultimata orsakerna till vattnens försämrade status och åtgärda dem. Därför hamnar en del åtgärder utanför vattnen, i kantzonen och i omgivande marker.

1.3 Avgränsningar

Fokus i arbetet ligger på restaurering av vattendrag, i synnerhet då de skyddsvärda vattendragen. Detta kan dock innebära att sjöar, anslutande våtmarker och terrestra system också berörs i större eller mindre utsträckning. Direkta åtgärder för vattenkvaliteten som kalkning, minskning av utsläpp, behandling av punktkällor och kontaminerad mark berörs inte. Likaså finns inga avsnitt som direkt berör för vattendragen negativa verksamheter som vattenkraftutnyttjande eller dikningsverksamheten, men detta berörs dock översiktligt i Avsnitt 5.6 respektive 5.1. Uppdelningen av avsnitt är utifrån typ av åtgärd. Detta gör att åtgärder i jordbrukslandskapets hårt påverkade vattenlandskap behandlas i flera avsnitt, ex. 5.1–5.6 och 5.10. Återställning av landskapets vattenhållande förmåga behandlas i Avsnitt 5.1, 5.2 och 5.6.

Restaurering av byggnader, anläggningar och kulturlämningar i och i anslutning till vattendragen berörs ej i denna manual. Objekt, lämningar och miljöer som illustrerar det historiska nyttjandet av vattnen skall i möjligaste mån bevaras. Generationsmålet för miljö kvalitetsmålet "Levande sjöar och vattendrag" stadgar att både biologiska värden och kulturmiljövärden skall bevaras. Dessa värden omfattas av skydd enligt olika lagar. Fasta fornlämningar skyddas enligt Kulturminneslagen (kap. 2). Man får inte utan tillstånd rubba, ta bort, gräva ut, täcka över eller på andra sätt ändra eller skada en fast fornlämning.

1.4 Målbilder

Målbilden är ofta ett bra sätt att bestämma hur en restaurering kan och bör ske. Genom att studera orörda vatten eller åtminstone orörda avsnitt kan man bilda sig en uppfattning om det egna objektets naturliga tillstånd, dvs. varthän restaureringen bör sträva.

Inom projektet "Levande skogsvatten" har man lanserat begreppet UNK – Ur-vatten, Naturvatten och Kulturvatten (Bergman m.fl. 2006). Urvatten, dvs. av människan opåverkade vatten ur såväl kemisk, biologisk som fysisk aspekt, är extremt sällsynta i landet. Den bedömning som gjordes, i den nämnda rapporten, var att endast 5 % av våra vattendrag är "urvatten", resten är i olika stadium av påverkan. Fysiskt opåverkade vattenavsnitt finns dock ett antal i landet och de kan tjäna som målbilder för restaureringen. I Avsnitt 5.3, 5.9 och 5.10 presenteras ett antal av dessa.

För storskaliga målbilder som inkorporerar hela vattensystem har man oftast vänt blicken österut, till Ryssland och andra delar av det forna Sovjetunionen. I Holland använder man den vitryska floden Pripyat som målbild för nedre Rhen. För svenska förhållanden har älven Varzuga på Kola-halvön pekats ut som ett bra referensvatten för de norrländska laxälvarna (Bergengren m.fl. 2004). Ännu finns dock, som nämnts, relativt fysiskt opåverkade vatten kvar i Sverige. Vi vill starkt understryka vikten av att lära av och använda dessa målbilder. Ingen skriftlig presentation eller fotografier ersätter ett studiebesök i opåverkade vattenavsnitt. Och ett besök är inte nog. Återvänd varje år och lär er att se nya saker, allt med successivt allt mer tränade ögon.

1.5 Synergier

Sjöar och vattendrag existerar och fungerar inte isolerade i landskapet, snarare är de avrinningsområdets spegel – en funktion av alla aktiviteter uppströms. Flera andra miljökvalitetsmål berör och berörs av våra sötvatten, t.ex. miljökvalitetsmålen Myllrande våtmarker, Ett rikt växt- och djurliv, Hav och kust i balans, liksom Levande skogar och Ett rikt odlingslandskap. Arbetet inom vattenförvaltningen kommer i många fall att höja den ekologiska statusen i påverkade vatten i anslutning till områden som prioriteras enligt Levande sjöar och vattendrag. I dessa fall kommer vattenförvaltningen att utgöra ett värdefullt komplement till miljömålsarbetet och öka möjligheterna att uppnå syftena med detta. I andra fall kommer behoven av åtgärder enligt vattenförvaltningen och miljömålet att sammanfalla vilket kan innebära förstärkta incitament till insatser. Åtgärder inom ett område kommer ofta att ge positiv inverkan inom ett annat område. Exempelvis kan ett restaurerat vattenlandskap betydligt minska belastningen av närsalter till kust och hav. Samtidigt vandrar många av kustens fiskar upp i sötvatten för lek. Att återskapa vandringsmöjligheterna i sötvatten kommer därför att ge en artrikare och produktivare kustzon.

I flera nordeuropeiska länder arbetar man med att restaurera vattenlandskapet utmed de stora floderna för ökad biologisk mångfald och minskad översvämningsrisk under mottot ”Mer utrymme för ytvatten”. Om vattnen tillåts breda ut sig inom sina normala områden istället för att vara kanaler kommer risken för översvämnningar nedströms att minska. Att skapa en mer divers och meandrande fåra och med naturliga kantzoner, bromsar vattnet och bidrar till att minska översvämningsrisken. Restaurerade vattensystem minskar radikalt flödes hastigheterna, ökar vattenmagasi-

neringen och dämpar därmed flödestopparna. Vattenlandskapsrestaurering är därmed en mycket viktig del av samhällets arbete i samband med den ökade risken för översvämnningar på grund av det varmare klimatet. De ökade problemen med översvämnningar är till stor del orsakat av negativ påverkan på vattenlandskapet, en påverkan som enkelt kan minimeras.

Slutligen vill vi peka på synergieffekten med kulturmiljövården. Många kulturmiljöer längs vattendrag är inte inventerade eller kända. Genom restaureringsarbetet kommer dessa miljöer att uppmärksammas, beskrivas och beaktas.

Restaurerade sötvatten kommer att ge ett mer diversitetsrikt landskap med fler arter i livskraftiga populationer, renare hav, färre översvämnningar och med tydliggjorda kulturmiljöer. Det är inte frågan om vad detta får kosta, utan frågan är om vi har råd att avstå.

1.6 Källor och underlag

Bergengren, J., Engblom, E., Göthe, L., Henrikson, L., Lingdell, P.-E., Norrgrann, O. & H. Söderberg, 2004. Skogsälven Varzuga ett urvatten på Kolahalvön. Rapport Projekt Levande skogsvatten, WWF, 25 s.

Bergman, P., Bleckert, S., Degerman, E. & L. Henrikson, 2006. UNK- Urvatten, Naturvatten, Kulturvatten. Rapport Projekt Levande skogsvatten, WWF, 25 s.

Malm Renöfält, B., Hjerdt, N. & C. Nilsson, 2006. Restaurering av vattendrag i ett landskapsperspektiv. En syntes från ”Second International Symposium on Riverine Landscapes”, 2004. Naturvårdsverket rapport 5565, 78 s.

Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och Fiskeriverket 2007. Nationell strategi för restaurering av skyddsvärda vattendrag. Naturvårdsverket rapport nr 5746.

2 Vattenlandskapet

Erik Degerman & Erik Törnlund

2.1 Vattnet i landskapet

Av Sveriges yta utgörs hela 20 % av olika typer av sötvattenmiljöer (sjöar, vattendrag och våtmarker). Det råder ofta en begreppsförvirring om våtmarker. En våtmark är en mark där vatten en stor del av året finns nära under, i eller strax över markytan. Vidare bör minst hälften av växtarterna vara hydrofila (fuktälskande). Våtmarker anses därmed internationellt även inbegripa grunda sjöar, vattendrag och stränder, dvs. ett vidare begrepp än det gängse svenska. Här särskiljer vi sjöar, vattendrag och fastmarksstränder från övriga våtmarker.

Begreppet *myr* omfattar våtmarker som är torvbildande, dvs. där döda växter inte förruttnar helt på grund av de syrefria förhållandena i myren. Detta innebär att torv bildas. Myrar kan i sin tur indelas i kärr och mossar. En *mosse* är en våtmark vars vatten kommer enbart från nederbörd på mossen. Mossarna påverkas således inte av omgivande vattenlandskap. Därför är mossarna oftast näringsfattiga och har ett naturligt lågt pH. Torvskiktet ökar vanligen inte med mer än 0,5–1 mm per år. Genom årtusendena har dock flera mossar börjat höja sig över omgivningen på grund av torvbildningen.

Kärr får vatten tillfört från omgivande marker. Beroende på jord- och bergarter i området kan kärren vara näringsfattiga (fattigkärr) till näringsrika (rikkärr). Fattigkärr finns ofta på hårdvittrad berggrund av t.ex. granit eller gnejs. Bottenskiktet i fattigkärr domineras av vitmossor (*Sphagnum*) och man ser ofta tuvull i fältskiktet. I områden med basisk berggrund finns rikkärr. Bottenskiktet domineras av brunmossor (ex. *Scorpidium*) och kalkkrävande orkidéer är vanliga, t.ex. flugbloms-ter. Övergångsformer mellan fattig- och rikkärr är också vanliga, sk. intermediära

Mängden sötvatten i landet

Skattningar i NILS-projektet (Esseen m.fl. 2004) anger att längden vattendrag i Sverige kan vara ca 640 000 km. Därtill kommer sedan ca 890 000 km diken. Dikeslängden är alltså 1,4 gånger vattendragsslängden!

SMHI anger antalet sjöar (dvs. vattensamlingar på minst 1 ha) till 95 700.

kärr. Kärr indelas ibland också efter hur mycket de lutar; topogena kärr (plana eller med lutning lägre än 3 %), soligena kärr (lutar upp till 8 %) samt backkärr (lutar ännu mer).

Blandmyrar är områden med en mosaik av kärr och mossar. De är vanliga i mellersta och norra Sverige.

Strandzonen, *svämzonen*, är området mellan lågvattenståndet upp till högvattenståndet. Stranden är bryggan mellan land och vatten, en artrik och produktiv övergångszon mellan ekosystem, en ekoton, som präglas av balansen mellan torka och översvämning, erosion och sedimentation. Strandzonen kännetecknas av att vara ett mycket föränderligt system, med snabba förändringar över tid med stor naturlig variation. Mänskliga försök att kontrollera flöden i vattendrag resulterar i en minskad utbredning av strandzonen och minskad variation i strandzonen.

Stränderna kan indelas i strandsumpskog, strandäng, mader samt områden med vattenvegetation. *Strandsumpskog* översvämmas regelbundet och vanliga trädslag är al och glasbjörk och viden. Sumpskogar utvecklas ofta utmed oreglerade vattendrag. *Maden* är den våta delen av stranden



Figur 1. Alsumpskog i Stenshuvuds nationalpark, Skåne.

som vanligen är blöt större delen av året. Därmed kan viss torvbildning ske. Här dominerar vegetationen ofta av starr (*Carex*), andra halvgräs och arter som kärrsilja. *Strandängen* ligger högre upp och påverkas normalt endast vid högvatten. Vegetationen är vanligen av högörtstyp (t.ex. smörblomma och tuvtåtel) och olika ris (t.ex. pors eller viden) (Löfroth 1991).

Generellt kan man säga att strandzonen är smalast i de mindre vattendragen. I små skogsvattendrag kan strandzonens omfattning vara svår att se för det otränade ögat, framför allt på näringsfattig mark. Skogen står ofta alldeles inpå vattendraget och strandzonen markeras bara av inslag av viden eller högortsängar. Strandzonens bredd kan vara under en meter. Längs större vattendrag utbildas ofta en tydligare strandzon på grund av återkommande översvämningar. Strandzonen kan vara tiotals upp till hundratals meter. Små sjöar med stort avrinningsområde kan också ha stora variationer i vattennivå, och därmed en bred strandzon.

Frånsett dessa våtmarkstyper förekommer också t.ex. *källor* och *fuktängar*. De senare kräver vanligen någon form av hävd annars växer de igen till sumpskogar. Myrområden med starr har under århundraden används som slåttermark för produktion av kreatursfoder. Sedan medeltiden har man gynnat starrhöproduktionen genom att reglera vattenståndet på myrarna eller

att leda dit extra vatten (s.k. *översilning* eller *ängavattning*). Den goda effekten av översilning beror på en ren bevattningseffekt, gödsling genom vattnets innehåll av närsalter och slam samt genom att det syrerika vattnet syresätter bottnar vilket påskyndar nedbrytningen. De sjöstränder som årligen översvämmades (*raningar*) nyttjades också för slåtter. Vidare nyttjades avsänkta sjöbottnar (*sjöslätter*) samt åmader. När vallodlingen kom igång vid mitten av 1800-talet minskade successivt intresset för denna slåtter.

Sjöar brukar definieras som stilla ytvatten med en yta på minst en hektar (100 × 100 m). Mindre vattensamlingar med stil-lastående vatten benämns här *småvatten* (gölar). De flesta svenska sjöar har bildats genom glaciala processer, men enstaka tektoniskt bildade respektive bildade av meteoritnedslag finns också. Sveriges berggrund domineras av hårt berg med ett tunt moräntäcke. Isrörelser har av detta skapat ett kuperat landskap med mycket sjöar.

Sjöar utgör en framträdande del i vårt unga vattenlandskap och flera processer inom sjöarna påverkar vattensystemet. Den viktigaste processen är kanske att utgöra ett sedimentationsbäcken. Partiklar som förs med tillrinnande vatten sedimenterar och ett klarare vatten lämnar sjön. Samtidigt kan sjöarna även rena vattnet från närsalter. Successivt åldras sjöarna och en del av dem försvinner. Detta beror av att sjöarnas grundas upp av tillförda sediment varpå vegetation breder ut sig. Sjöar är generellt ett stabilare system än vattendrag och hyser därför ofta konkurrensstarka arter. Dessa arter kan påverka faunan i angränsande vattendrag påtagligt.

Sjöar utgör sommartid magasin som samlar på sig värme. Vattendraget nedströms sjön är signifikant varmare än uppströms, samtidigt håller värmen långt in på hösten.

Vattenvegetationen i sjöar styrs främst av ljusklimat och näringstillgång, men givetvis inverkar också bottensubstrat och betning från evertebrater, fågel och till och med enstaka fiskar (sarv, sällsynt mört). Sjöar och mindre vattensamlingar med starkt utvecklad vegetation utgör ett viktigt habitat för många fåglar. Sjöarnas och lugnare vattendrags vegetationsbälten har

ofta en djupzonering från vassar, via flytbladsväxter till undervattensväxter. Dessa skyddade miljöer har en divers fågel- och bottenfauna. Vegetationsbältena kan också utgöra viktiga lekområden för fisk och groddjur (Figur 2).

De flesta vattendrag är små. Mer än 80 % av alla vattendrag är kortare än 10 km. Vattendrag är i sina övre delar ofta branta och vattnets eroderande kraft gör att botten består av grövre material, grus, sten och block. Vattendraget är terrasserat på sin väg nedströms, korta lugnsträckor byter av med forsnackar och strömsträckor. Terrasserna tar hand om den stora lägesenergin i vattnet. Tillsammans med lågt liggande översvåmningsområden och bifåror som kvarhåller vatten vid högflöden utgör vattendraget ett energijämningssystem och ett vattenmagasin som dämpar flödesvariationerna. Därmed minskar också erosionen av vattendragets kanter. Ett naturligt vattendrag är troligen det mest effektiva sättet att dämpa den geomorfologiska energin i vattnet, men samtidigt är det utrymmeskrävande.

Meandringen sker i brantare vattendrag till stor del vertikalt (grunda och djupa områden omväxlar). Efterhand nedströms minskar lutningen vilket minskar vattnets lägesenergi och finare partiklar faller ut och utgör botten. Vattendraget kallas här *alluvialt*, dvs. det för med sig det substrat som bygger upp botten och floddal. Meandringen sker nu även i sidled och skapar ett ringlande vatten. Utmed dessa avsnitt utbildas ett bredare å- eller älvplan. *Åplanet* eller *älvplanet* (floodplain, flodslätten) är det område utmed vattendraget som årligen översvämmas. I regel saknas träd och buskar, istället dominerar gräs och högrörter på torrare ställen och starr i blötare partier. Åplanet har en mängd viktiga funktioner, främst att vara livsmiljö för ett antal arter (groddjur, stork, rödbena, brushane, tofsvipa, storspov, enkelbeckasin med många fler), men också genom förmågan att kvarhålla sediment, organiskt material, närsalter och vatten.

I områden med lägre lutning, lätt eroderbara stränder, stora mängder transporterat grövre material och stora skillnader i vattenföring kan *kvillområden* utbildas. I regel börjar de med att en långsgående grusås anläggs i vattendraget när flödet



Figur 2. Grunda vegetationsrika områden är ytterst väsentliga för rekryteringen av flera arter. Denna gädda är ännu för liten för att våga exponera sig för sina större släktingar utanför den grunda vegetationszonen. Foto: Henrik Schreiber.

sjunker. När respektive ny fåra på detta sätt blir smalare ökar vattenhastigheten och stranderosionen. Då vidgas åter fårorna och ny sedimentation av en grusås kan ske. Mönstret upprepas och till slut finns ett kvillområde.

Delta-områden finns i regel där vattendrag med stora mängder transporterat sediment kommer ut i lugnare miljöer som sjöar. Indalsälven, Umeälven och Klarälven har stora deltan i sina nedre delar, men deltan finns också nedströms mindre älvar som Sandölan i Ännsjön, Jämtland. Deltaområden utgör liksom åplanet och kantzonen ett viktigt habitat och ett filter för närsalter och sediment. Hela 50 % av den mängd suspenderat material som förs med den litauiska floden Nemunas deponeras i mynningsdeltat (Vaikasas & Lamsodis 2003).

Viktiga våtmarker finns också i strandzonen längs våra kuster. Speciellt i Östersjön där landhöjningen gör sig påmind skapas först allt mer isolerade trösklade vikar (*flador*) som successivt blir små kustgölar (*glosjöar*). I många fall finns det igenväxande kanaler/bäckar som förbinder dem med kusten, åtminstone vid högvatten. De utgör då viktiga lek- och uppväxtområden för många sötvattensarter i kustzonen.

Avrinningsområde

På en given plats i ett vattendrag är det ett begränsat område uppströms som tillför vatten, sediment och ämnen till ett gemensamt utlopp. Det kallas för vattendragets avrinningsområde. Ytterst begränsas området av vattendelare, ofta i form av åsar, som fördelar vattnet mellan avrinningsområden.

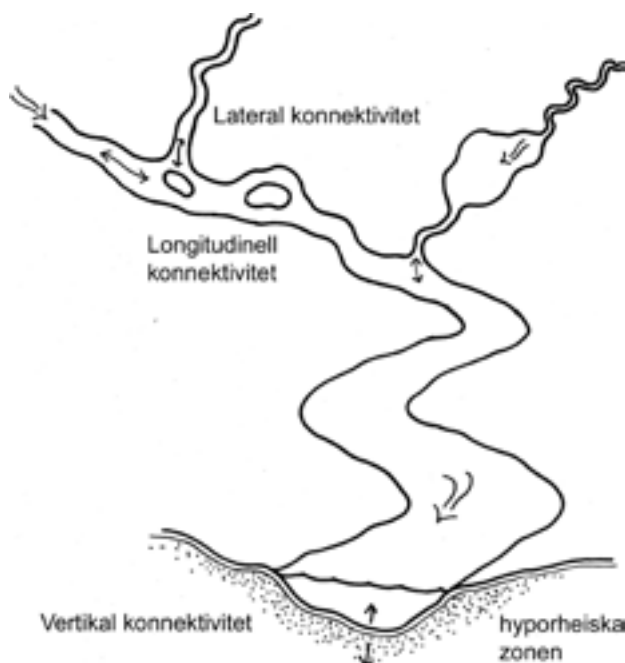
Genom att studera topografin och riktning som vattendrag rinner kan man från karta avgöra det specifika avrinningsområdet.

2.2 Avrinningsområdet

Avrinningsområdet är det centrala begreppet i vattenlandskapet. Överst i avrinningsområdet finns källflödena som efter hand som de flyter samman bildar ett allt större vattendrag. Från källflödena ned till mynningen i havet byter vattendraget successivt skepnad efter hand som det blir bredare och har lägre lutning. Vattendraget är en produkt av avrinningsområdet, som styr såväl ekologiska, hydrologiska som geomorfologiska processer. Vattendraget är avrinningsområdets spegel (Hynes 1975).

Bottnar i vattendrag har en grund zon med ett rikt djurliv, den sk. *hyporheiska zonen* (Figur 3). Strukturer i vattnet som stenar och död ved samt vattnets egen meandring (vertikalt och lateralt) gör att vatten infiltrerar markzonen intill vattendraget och bäckens botten, den hyporheiska zonen. Det krävs god genomströmning i bottenarna för att denna zon ska kunna ha ett rikt liv. Zonen är tydligast utvecklad i sten- och grusbotten med liten sedimentation. Den hyporheiska zonen är bara en av många ekotoner i vattenlandskapet, det är här yt- och grundvatten möts. I denna zon lägger laxfiskar sin rom och här finns en rik bottenfauna.

Inom ett avrinningsområde är det mycket viktigt att konnektiviteten upprätthålls, dvs. möjligheten för flöden, passiv spridning och vandringar mellan områden. Man talar om konnektivitet longitudinellt, lateralt och vertikalt (Figur 3). *Longitudinell konnektivitet* är möjligheten att färdas från mynningen till källorna eller vice versa utan hinder. Detta är mycket viktigt för många fiskars överlevnad, t.ex. lax, samt för strandvegetationens spridning och artrikedom. *Lateral konnektivitet* är möjligheten att röra sig från huvudvattendraget ut i omgivande vattenlandskap, t.ex. gäddors lekvandring till grunda laguner vid sidan av sjön eller vattendraget. *Vertikal konnektivitet* handlar om möjligheten för framför allt ämnen (som syre) och smådjur att kunna röra sig upp och ned i bottenarna. Vertikal konnektivitet i sjöar innebär naturligtvis även förmågan till stora djupledsflyttningar, t.ex. som de pungräka (*Mysis relicta*) genomför under dygnet i djupa sjöar.



Figur 3. Intakta spridningskorridorer (god konnektivitet) behövs i rummets tre dimensioner. Längs med vattensystemet (longitudinell), inom (lateral) och mellan vatten och botten (vertikal).

2.3 Vattendragsmorfologi och hydrologi

De flesta har väl sett de klassiska bilderna över vattnets storskaliga kretslopp, från nederbörd till avrinning ytligt och nere i marken (grundvatten) ned till havet. Cirka hälften av nederbörden avdunstar direkt, en del lagras i grundvattenmagasin och återstoden avrinner. Hela dynamiken drivs av solenergi och gravitation.

Ur grundvattenmagasinen avrinner kontinuerligt en viss mängd vatten som dyker upp som ytvatten på lägre nivåer, i så kallade utströmningsområden. Typiska utströmningsområden är kärr och i vattendrags och sjöars bottnar (den hyporheiska zonen). Detta ständiga utflöde skapar ett *basflöde*, en viss miniminivå av vatten som brukar strömma i vattendragen. Under vegetationsperioden tar växterna hand om en del av nederbörden samtidigt som avdunstningen är större. Mindre vattenvolymer infiltreras och avrinner. Vid perioder med hög infiltration ned till grundvatten kommer extra grundvatten att komma ut i vattendragen. Ovanpå detta kommer sedan ytlig avrinning i de övre markskikten. Denna är störst vid snösmältning och på hösten. Man kan grovt skilja på högflöden som orsakas av snöavsmältning (vårflod), högflöden som drivs av kraftiga regn (stormflöden) och lågflödesperioder då flödet domineras av grundvatten (basflödet). Lågflöden förekommer på senvintern och högsommaren.

Sammantaget bidrar detta till årsdynamiken i vattenföringen. Årets medelvattenföring brukar betecknas MQ, där M står för medel och Q för flöde. Den normala lågvattenföringen betecknas MLQ (MedelLåg-Q) och den normala årliga högvattenföringen MHQ (MedelHög-Q). De lägsta och högsta uppmätta flödena betecknas LLQ (LågstaLåg-Q) resp HHQ (HögstaHög-Q).

Lågvattennivån kan sägas vara den som begränsar den biologiska produktionen. Årligen återkommande lågvattenföringar sätter gränsen för vegetation, smådjur och fisk. Mellan de nivåer som skapas av MLQ och MHQ börjar i regel strandens vegetation, medan träd brukar växa ovanför



Figur 4. Öreälven i vy nedströms från vägbron (riksväg 92) vid Bjurholm, Västerbotten. Även de stora norrlandsälvarna meandrar när de rinner över finare sediment nedom högsta kustlinjen. Älven är här *alluvial*, dvs. för med sig det sediment som bygger upp bottnar och floddal. Plats: 709592-166663, Karta 20 J NV. Foto: Ingemar Näslund.

Sinuositet

Genom att mäta vattendragets längd i mittfåran och jämföra med längden fågelvägen från övre till nedre del kan sinuositeten (meandrings-graden) beräknas.

Värden över 1,5 anses känneteckna meandreringssystem (Gordon m.fl. 2004).

MHQ. Medan lågflödena ofta bestämmer gränserna för vattenlivet så är det stormflödena som för med sig mest närsalter och sediment.

Meandring finns i två ledder, lateralt (tvärs strömriktningen) respektive vertikalt. I brantare avsnitt i moränmark är den laterala meandringen mindre uttalad, dels för att gravitationen bidrar till att skapa en rakare fåra, dels för att grövre substrat är motståndskraftigare mot erosion. Meandringen blir istället sekvenser av grunda strömsträckor och djupare höljor. Speciellt om bottnarna domineras av fraktioner mellan 2–256 mm. Längre ned i vattendraget vidgas det, blir djupare och lutningen minskar. Bottensubstratet blir mer finkornigt och vattendraget kan själv bära med sig de partiklar som utgör det dominerande bottensubstratet (alluviala vattendrag). Här börjar den laterala meandringen bli mer uttalad (Figur 4), t.ex. i jordbrukslandskapet. Alltjämt finns dock en vertikal meandring kvar.

De tre stora geomorfologiska processer i landskapet som styrs av vatten är erosion, sedimenttransport och deposition. Vattendrag kan sägas vara system för transport av vatten, sediment, närsalter och organiskt material nedströms. Det finns ett intimt samband mellan mängden vatten och mängden sediment som transporteras. Förenklat kan det uttryckas som:

$$\text{Sedimentmängd} \times \text{Partikelstorlek} = \text{Vattenflöde} \times \text{Lutning}$$

Ur detta förhållande kan ses att ju finare partiklar, större flöde eller lutning desto mer sediment kan transporteras. Vattendraget kan sägas vara i jämvikt eller stabilt om alla de fyra storheterna är i balans. Sedimenttransporten har ökat med en faktor 100 i norra Europas floder (Ripl & Wolter 2005). Detta innebär att vattendragen fått anpassa balansen mellan sediment och flöde. Om mer sediment kommer in i vattendraget från avrinningsområdet vid en given partikelstorlek och flöde måste lutningen öka, dvs. vattnets eroderande kraft ökar.

Om lutningen ökas genom att vattendraget rätas kommer sedimentmängd och/eller partikelstorlek att öka. Dessa samband blir tydligast i alluviala avlagringar. Vattendrag i moränmarker kan t.ex. inte alltid öka transporten av älveget material.

Vattendrag kan sägas vara stabila i sin form om erosion och deposition av sediment är låg och konstant. Det syns ofta som att erosion av stränderna är ringa, få sedimentbankar finns och de som finns är vegetationsbekladda. Vidare brukar gamla kulvertar och andra strukturer bibehålla sin nivå – inga kulvertar mynnar i luften. I vattendrag med stark erosion brukar åplanet vara terrasserat (övergivna tidigare strandbrinkar), trädrötter i strandbrinken exponerade, träden lutar in mot fåran, fåran är smal och djup, bottnarna är armerade och landväxter saknas nära vattnet. I vattendrag med hög deposition av sediment råder inte heller stabila förhållanden. Kulvertar och andra strukturer begravs i sand, sandbankar växer och flyttas, tillrinnande vattendrags mynnningar begravs i sediment och bottensubstratet är likartat över stora områden. Ge noga akt på dessa tecken på vattendragets stabilitet. Stor försiktighet anbefalles med strukturer i stabila system som har hög diversitet, medan strukturer kan utformas specifikt för att angripa problemen med onaturligt förhöjd erosion respektive deposition.

Förändrade flödesnivåer under året kan ge antingen erosion eller sedimentation på samma plats. Många habitat förändras därför starkt under säsongen. Det naturliga vattendraget är en ständig mosaik av skiftande påverkan, en miljö fjärran från det kanaliserade och strypta vattendraget.

När det gäller alluviala vattendrag, t.ex. i jordbrukslandskapet, så talar man också ofta om att det finns ett återkommande högflöde som formar vattendragets morfologi. Detta högflöde brukar återkomma varje till vart tredje år (läs mer i Avsnitt 5.10).

Det finns många teoretiska modeller över hur hydrologin påverkar hur vattendrag fungerar. I regel bidrar de flesta sådana modeller bara med en del av den komplexa dynamiken. Här presenteras kort två:

”The flood pulse concept” rör främst hur större vattendrag och deras å-/älvplan (flood-plain) utvecklas tillsammans. Åplanet är den mest produktiva och artrika delen tack vara de återkommande översvämningarna. Den hydrologiska regimen styr de stora flodernas biologiska liv.

Den ”naturliga flödesparadigmen” säger att hela skalan av inom- och mellanårsvariation i hydrologiska regimen, med associerade egenskaper som varaktighet, tidpunkt, frekvens och förändringshastighet i flödet, är kritiska för att vidmakthålla den fulla naturliga biologiska mångfalden. (Läs mer i Avsnitt 5.6.)

Mannings ekvation

Mannings ekvation är en enkel modell för att beräkna sambandet mellan flöde, vattenhastighet och djupförhållanden. Den utvecklades för vattendrag med konstant lutning och flöde. Metoden ska därför användas med försiktighet.

Ekvation 1: $V = (R^{2/3} \times S^{1/2})/n$

där V är vattenhastighet i m/s, S är vattendragets lutning i procent (5 % används i ekvationen som 0,05), R är den hydrauliska radien och n är Mannings koefficient. Den beror av hur slät eller ojämn botten är. Den hydrauliska radien är i princip lika med medeldjupet. Den bestäms mer exakt genom att mäta bottenlängden i en tvärsektion av vattendraget. Exempel på tillämpning ges i Avsnitt 5.7.

Föreslagna värden på Mannings n

Stora floder (>30 m breda)	0,02–0,033
Små vattendrag; släta med lite vegetation	0,03–0,035
Små vattendrag, mycket vegetation	0,035–0,05
Små vattendrag, mycket död ved, lite vegetation	0,05–0,07
Små vattendrag, sten och grus få block	0,04–0,05
Små vattendrag, mycket block	0,05–0,07

Vattenhastigheten i naturliga vattendrag överstiger i regel ej 3 m/s, men i fria vattenfall har hastigheter upp till 8,1 m/s uppmätts. Vattenhastigheten på 3 m/s gör det i princip omöjligt att vada över ett grunt vattendrag med knädjupt vatten.

Eftersom vattenhastigheten är en funktion av tvärsnittsarean (A , m^2) och flödet (Q , m^3/s) kan flödet beräknas ur ekvationen:

Ekvation 2: $Q = (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})/n$

Det finns färdiga program att ladda ner för många hydrologiska beräkningar. De flesta program är dock från USA och har inte alltid det metriska systemet (<http://water.usgs.gov/software/surface_water.html respektive <www.spatialhydrology.com/software_hydrostat.html>).

2.4 Arter, processer och strukturer

Behovet av naturlig variation (naturliga störningar)

Vattenlandskapet är ett naturligt dynamiskt och föränderligt system. Liksom brand är en viktig naturlig störning i skogen så är höglöden, isavgång, stormfällan, jordskred och bäverdämmen exempel på omvälvande processer som behövs för att upprätthålla strukturer och arter. Stränderna formas av både översvämningar och isgång, som ger erosion och materialavlagring, annars skulle de växa igen och habitatdiversiteten minska. Återkommande översvämningar skapar dynamik och variation i strandzonens växtsamhällen. "The intermediate disturbance theory" menar att den högsta artdiversiteten i strandzonens vegetation erhålls där det sker en måttlig naturlig störning genom översvämningar (Renöfalt 2004). Samma processer som stör djur och växter tillfälligt upprätthåller mångformigheten i habitatet och ger därmed förutsättningar för hög biologisk mångfald (Lepori & Hjerdt 2006).

Variation och förändring är en integrerad del i vattenlandskapet. Inte ens orört av människan kommer vattenlandskapet att vara stabilt och oföränderligt (Faktaruta & Figur 5). Det kan finnas tillfälliga jämviktstillstånd över korta perioder i naturliga system, men generellt sker förändringar. Många av människan orsakade förändringar av vattenlandskapet har gått ut på att ta bort variation och förhindra förändring. I restaureringsfilosofin bör därför naturlig variation (naturlig störning) och att tillåta förändring vara en del av konceptet. Exempelvis erosion är en naturlig process som behövs för att vitalisera vattenlandskapet.

Onaturliga störningar, dvs. sådana som orsakas av människan, kan dock verka starkt negativt, främst genom en ackumulering av störningar. Sådana kumulativa effekter uppstår genom att:

- störningar kommer så tätt i tiden att återhämtning ej sker
- störningar överlappar varandra i rummet eller i tiden



Bäver – vattenlandskapets ingenjör

Foto: Jan Schützer/N – Naturfotograferna

Bävern utrotades i Sverige år 1871, men har sedan år 1922 framgångsrikt återetablerats. Stammen är idag över 100 000 individer.

Bävern fäller träd (främst asp, sälg, rönn och björk) inom ca 30 m från vattendraget, men undviker al och påverkar därmed strandzonens träd- och ålderssammansättning. Dessutom skapas i mindre vatten (<10 m bredd) bäverdammar, som kan kvarhålla vatten, sediment, närsalter och organiskt material. Damarna byggs i grunda partier med liten lutning (Figur 5).

Genom att omkringliggande land översvämmas skapas våtmarker och goda förutsättningar för tillförsel av död ved. För fiskar kan bäverdammar utgöra spridningshinder och dessutom habitat för rovfiskar (predatorer) som gädda. Antalet fiskarter tenderar att öka vid förekomst av bäver på grund av den ökade habitatdiversiteten, men laxfisk kan missgynnas. Samtidigt kan dammarna utgöra ett viktigt habitat för flera andfåglar och vadare.

- genom samverkan mellan störningar kan kaskadeffekter uppstå, dvs. summan av störningen blir större än de enskilda störningarna var för sig.
- störningarna orsakar en successiv eller abrupt övergång till ett annat jämviktsläge i ekosystemet.

Bergquist (1999) pekar speciellt på risken av att störningar i källflödena, som har den största längden vattendrag i avrinningsområdet, ackumuleras nedströms. Speciellt flödes- och temperaturförändringar kan ackumuleras nedströms.

Resiliens

En störning påverkar ekosystem och populationer i olika utsträckning. Resiliens innefattar både systemens förmåga att stå emot stress eller förändring och att återuppbygga viktiga funktioner efteråt (Stockholm Resilience Center). I regel finns i naturen en anpassning som gör att effekten av störningen blir liten, eller att återhämtningen går snabbt.

Biologisk mångfald

Biologisk mångfald är ett begrepp som kan sammanfattas som "rätt arter, på rätt plats och i normal numerär med intakt genetisk variation i en naturlig livsmiljö". Detta innebär att det är hög biologisk mångfald när det naturligt saknas fisk i isolerade fjällvatten eller i små isolerade våtmarker. Sätter man ut fisk ökar artrikedomen, men den biologiska mångfalden har minskat. På samma sätt blir det lägre biologisk mångfald om man bygger en damm i ett naturligt vattendrag. Det blir fler och andra arter, men inte rätt arter för den naturliga miljön.

Nu ingår inte bara arter i begreppet biologisk mångfald, utan också strukturer och processer.

Denna manual till restaurering handlar främst om att återskapa just naturliga strukturer och processer. Ett exempel är tillförsel av död ved, en process som sker från en funktionell kantzon och som i sin tur skapar nya processer i vattnet (ex. höljebildning). Förhoppningen är att om strukturer (habitat) och processer återskapas så kan den tredje komponenten i biologisk mångfald, arterna, återkolonisera. Ibland blir det också så, ibland inte. Väl belagt är dock att artrikedomen ökar med miljöns mångformighet.

Produktionsförhållanden

Grunden för ekosystemens funktion och produktion är energi från solen. Denna omvandlas i gröna växter till växtmassa (organiskt kol) som sedan används i näringsvävarna. Generellt kan sägas att produktion och faunasamhällen i de små källflödena framför allt regleras av abiotiska faktorer, dvs. icke-biologiska faktorer, som ljus- och vattentillgång samt temperatur. Längre ned i takt med att vattendraget blir större blir det allt stabilare. Detta innebär att alltmer av processer och arter styrs av biotiska faktorer som konkurrens och predation. På samma sätt kan sägas att fauna och flora i små sjöar med kort omsättningstid styrs mer av abiotiska faktorer än i större sjöar. Likaså är generellt sjöarnas ytlager mer abiotiska styrda än de djupare vattenlagren som har stabilare förhållanden.

I "the river continuum concept" beskrivs hur primärproduktionen förändras i takt med att solinstrålningen direkt till vattendraget ökar (se Faktaruta). I de nedre delarna av vattendrag är solinstrålningen hög på vattenytan. Detta innebär att en rik vegetation av kärlväxter och påväxtalger kan utvecklas, systemet kallas *autotroft* (självförsörjande). I sjöar tillkommer också en växtproduktion från mikroskopiska



Figur 5. Skogså i Närke, Kilsbergen, som dämms av en bäverdamm. Översvämningarna har skapat en frodig vegetation samtidigt som större träd dött. Området har blivit en idealisk betesmark för större klövvilt och ett uppväxtområde för andfågel.

växtplankton, dvs. påväxtalgerna riskerar inte längre att spolras ur systemet och kan bli planktoniska. I mindre sjöar med snabb vattenomsättning kan istället humusämnen med bakterier stå för tillskottet av organiskt material eftersom humusämnena inte hinner sedimentera. Detta innebär att energin i huvudsak tillförs från avrinningsområdet, sådana system kallas *heterotrofa*. I mindre och beskuggade vattendrag är ofta egenproduktionen av växtmaterial (främst trådalger, kiselalger och mossor) för liten. Istället beror produktionen av tillskott av växtmaterial från land, s.k. *allokton material*, och systemet betecknas som heterotroft. Löv som ramlar ned i vattnet sönderdelas till mindre delar av natt- och bäcksländor. De små lövbitarna angrips av bakterier eller filtreras bort av nattsländor, alternativt samlas de in från bottnarna av dagsländelarver och andra smådjur. Nu måste det inte vara löv som är födobasen, andra växtdelar går också bra, men död ved verkar inte ätas direkt av något vattendjur och barr håller mycket mindre energi än löv. I de minsta vattendragen, källflödena, kan det alloktona materialet stå för 85–95 % av den tillförda mängden organiskt kol. Huvuddelen av det alloktona materialet (löv, barr, kvistar) kommer från en zon på 10–15 m bredd utmed vattendragen. I ett friskt vattendrag ackumuleras löven på hösten och har i stort sett förbrukats i maj nästa år. Löven hinner i regel inte transporteras mer än 20–100 m i vattendraget innan de konsumerats.

2.5 Vikten av intakt konnektivitet – exemplet fisk

Konnektivitet är för djur möjligheten att fritt kunna utnyttja hela sitt naturliga habitat. Förlust av konnektivitet påverkar direkt fiskfaunan och därmed indirekt övrig akvatisk fauna (ex. stormusslor, vars larver sprids med fisk). När det gäller havsvandrande ekonomiskt viktiga arter som lax, havsöring och ål är detta uppenbart och ofta påvisat. Många inlandsvattendrag hyser dock vad man kallar ”strömstationära” eller ”icke-vandrande” populationer. Både dessa begrepp är felaktiga och stammar ur en syn som sammanfattas i begreppet ”restricted-movement-paradigm”. Det bygger på synen att fisk i rinnande vatten tillbringar huvuddelen av sitt liv i korta sträckor (20–300 m) av ett vattendrag.

Fiskar i vattendrag har ofta en relativt stationär fas och en vandringsfas under året. Det är känt sedan länge att fiskar företar långa vandringar för lek och för att exploatera nya områden sommartid. Sömme (1941) skrev om norska öringars ”fäbodvandringar” upp i Hardangerviddas mindre vattendrag sommartid. Fisk som lever i sjöar kan under sommarens lågvattenperioder söka sig ut i vattendrag för att leta föda. Det är en tydlig tendens att yngre stadier av sjölevande arter söker sig ut i de första kilometrarna av vattendragen (Degerman & Sers 1994). Strömlevande öring har visats vandra 2–23 km inom vat-

”The river continuum concept” handlar om hur vattendraget har en longitudinell zonerings från källorna till havet och hur olika biologiska processer styrs av detta. I de smala övre delarna skuggas vattendraget och tillfört organiskt material från kantzonen är avgörande för produktionen. Längre ned i vattendraget kommer egenproduktion från växter i vattendraget och växtplankton att vara viktigare. Modellen har en stor svaghet i och med att den inte beaktar effekten av sjöar eller störningar i vattenlandskapet.

”The serial discontinuity concept” är en vidareutveckling som också tar hänsyn till de störningar olika mänskliga konstruktioner ger utmed vattendragets lopp. Sådana mänskliga störningar anses ge mer stabila vatten (utan naturlig variation) och med lägre biodiversitet.

tendrag under året för lek och födoexploatering (ex. Bridcut & Giller 1993, Burrell m.fl. 2000, Ovidio m.fl. 1998). Gäddor kan ha kilometerlånga vandringar mellan uppväxt- och lekområden i vattendrag. Bekant är migrationen mellan Dalälven och Limsjön i Leksands kommun. Inför övervintring söker sig många fiskar till lugnare och djupare vatten. Harr har visats vandra upp till 14 km mellan sommar- och vintertillhåll (Nykänen m.fl. 2001) och för öring har liknande migrationer över vintern på 20 km påvisats (Meyers m.fl. 1993). I tyska floder har flera arter visats migrera över 100 km, ex. lake, id, asp (DWA 2005).

Fisk i vattendrag och sjöar rör sig alltså över stora områden under året. De allra yngsta stadierna kan ha en begränsat rörelseområde, men t.ex. en sådan art som abborre som kläcks strandnära söker sig direkt ut till sjöns pelagial, fria vattenmassa, för att minska risken att ätas upp. Inte förrän de tillväxer några cm törs de åter simma in till strandzonen. Nykläckta simpyngel drifrar ofta nedströms en sträcka i vattendrag, inte förrän de nått en storlek av 5 cm kompenseras de för denna passiva drift nedströms genom att vandra tillbaka uppströms, dock i regel bara 100 m (Bless 1990). Fiskar behöver således kunna röra sig för att stanna i eller uppsöka nya habitat för att tillväxa, överleva och bevara sin genetiska variation.

En population är en grupp interagerande individer av samma art inom ett definierat område. I vattenlandskapet har många populationer isolerats, t.ex. genom dammar. Detta gör att tillflödet av nytt genmaterial upphör. För små populationer med liten genetisk variation i en föränderlig miljö kan detta innebära stor risk för utrotning. Ibland kan små isolerade populationer få tillskott av genetiskt material genom migrationer. Populationerna fungerar då inte isolerat utan ingår i en övergripande *meta-population*. I vilken utsträckning funktionen som metapopulation ansvarar för vidmakthållandet av vattenfaunan och -flora är okänt. Aspekten bör dock alltid beaktas vid restaurering, och då i ett landskapsperspektiv.

2.6 Hur sötvattnen förändrats – kultur och natur i förening

I ett globalt och historiskt perspektiv har en mängd olika vattendrag tjänat som civilisationers vagnar. Flodkulturerna efter de stora floderna Nilen, Eufrat och Tigris m.fl. brukar ofta stå som skolbokensexempel på detta. Samhällsbyggande efter vattendrag äger även giltighet för våra svenska förhållanden och löper som en röd tråd genom vår historia. Kulturlämningar i och utmed våra vattendrag är många eftersom människan tidigt sökte sig till älv- och ådalarna. De var vandrings- och transportleder, de gav möjligheter till fiske och strandslätter, men det var också här industrisamhället växte fram genom utnyttjande av vattenkraften och sjö- och myrsmalm. Från sydöstra Sverige kan Emån, som flyter genom Kalmar län, tjäna som bra exempel hur ett vattendrag under årtusenden dragit till sig olika mänskliga verksamheter. Utefter ån finns stora depåfynd av stenyxor som antagligen offrats i de fiskrika strömmarna, liksom betydligt mer sentida kulturspår som kvarnar, flottledskonstruktioner och dikningar (Dederling 2001). Betydligt längre norrut i vårt land ligger den fjällnära Laisälven mellan Norr- och Västerbottens län. Efter denna älvdal återfinns en mosaik av tydliga spår av mänskligt nyttjande av olika naturresurser. Det handlar om äldre forn- och kulturhistoriska lämningar efter jägar- och samlarsamhällen samt samisk verksamhet, liksom de efter kolonisation och bergsbruk från 1700- och 1800-talet. Från tiden kring sekelskiftet 1900 finns lämningar efter skogs- och timmerflottning (Törnlund 2007).

I Nämforsen vid Ångermanälven finns hållristningar av lax och älg som är 4 000 år gamla, kanske en hyllning till jakt- och fiskelycka (Figur 6). Fisket spelade stor roll och i de flesta ådalar anlades fasta fisken, olika typer av fällor för fångst av ål, lax, öring, sik, nejonöga och andra vandrare arter (Figur 7).

Mänsklig påverkan har således genom årtusenden på olika sätt och i skilda delar av vårt land omvandlat naturmiljöer kring

vattendragen till kulturmiljöer. Omvandlingarna och spåren efter dessa utgör samtidigt monument över tidigare generationers kamp för överlevnad och samhällsutveckling. Det är viktigt och en direkt skyldighet att beakta och bevara denna historia för eftervärlden, samtidigt som restaurering sker så långt möjligt. Beaktande av kulturspår och kulturmiljöer i restaureringsarbetet framgår och utvecklas mer ingående i Kapitel 3 (Lagrum) och Kapitel 4 (Genomförande).

Vanliga typer av kulturlämningar i och invid vatten är broar, kvarnar, dammar, diken samt rensningar och rätningar för avvattning, flottning och kraftproduktion. Många spår är dock ofta borta, t.ex. efter den omfattande slåtter som skedde utmed vattendragen. Madängarna hade en rik högrörtvegetation som försörjdes av slam och vatten från ån. Ångslador och hässjor vittnar om ett flitigt brukande. Dederling (2005) anger att man i områden med madslåtter utefter Emån kunde ha den dubbla kreaturstätheten mot riksnittet tack vare höskörden. I norrländska skogs- och fjällbygderna var den höproduktion som rannsbruget efter vattendragen bidrog med av avgörande betydelse för kolonisationen av dessa perifera trakter under 1700- och 1800-talet. Här innebar nämligen det bistra klimatet, den korta barmarksäsongen och avsaknaden av lokal marknad begränsade

möjligheterna till kommersiellt odlingsbruk. Av den anledningen kom boskapskötsel här bli en viktig del i den agrara näringen (Baudou 1996, Törnlund 2007).

Sedan medeltiden hade man strävat efter att dika ut landskapet. Geoffrey Chaucer (år 1340–1400) berättar festligt i *Canterbury Tales* hur bonden har att ploga, tröska, gödsla och dika. Dikning nämns i flera svenska landskapslagar och i Magnus Eriksson landslag från 1430-talet för att kunna odla upp marker. Dikningsverksamhet i samband med nyodlingar var nämligen en förutsättning för kunna möta en växande befolkning och möjliggöra en agrar utveckling. Dikesgrävningarna samordnades och i lagstiftningen reglerades till och med rätten att ansluta diken till större diken. I början av 1800-talet samordnas denna verksamhet av Hushållningssällskapen. Nu kom också mossdikningar och andra åtgärder för att höja skogsproduktionen. År 1879 kom en nationell Dikningslag. I jordbrukslandskapet började man efterhand (från ca 1840) att kulvertera dikena, så kallad täckdikning, för att få större sammanhängande åkerarealer. Idag räknar vi med att 25 % av våtmarkerna försvunnit. Det utdikade landskapet har skapat extrema högflöden och extrema lågvattenflöden sommartid. De kraftiga högflödena eroderar fårorna som gräver sig djupare, och därmed ökar erosionen av bifåror och grundvat-



Figur 6. Hällristningar vid Nämforsen, Ångermanälven. Framför allt älgmotiv dominerar, men också enstaka bilder av vad som förmodligen är lax. Platsen var vid denna tid för 4000 år sedan mynningen av älven i havet.



Figur 7. Nämforsen fortsatte att vara en viktig fångstplats för lax, ål och havsöring i tusentals år. Älfisket upphörde i princip i slutet av 1800-talet och laxfisket efter kraftutbyggnaden på 1950-talet. På bilden syns restaurerade fasta laxfisken i form av en laxtina.

tennivåerna sänks ytterligare. I de djupa och breda fårorna blir sommarens extremt ringa lågvatten förödande för vattenlivet (läs mer i Avsnitt 5.1). Utdikning har även pågått med stor intensitet i den norrländska skogsbygden som ett led i att öka skogsproduktionen och det speciellt från tiden kring sekelskiftet 1900 och framåt (Östlund m.fl. 1997).

Sedan början på medeltiden har man etablerat kvarnar i strömmande vatten. Mängden kvarnar kunde vara stor även i små vattendrag och de utgjorde med kvarndammarna ett hinder för fiskars vandring och växters spridning. Romantikern Frans Michael Franzén skrev 1824 i "Floden och bäcken" om vilken nytta och rikedomar som vattnen skapade. Om den lilla bäcken hette det "och dref ett qvarnhjul, dref väl flera". I den lilla Bastån på Hunnebergs nordöstra sluttning stod på en ca kilometerlång sträcka sex skvaltkvarnar när Pehr Kalm passerade 1742.

Kvarnarna är gamla i landskapet och en del av industrisamhällets framväxt. Först byggde man skvaltkvarnar i de mindre vattendragen. Den enkla skvaltkvarnen kunde placeras i en liten bäck tack vare sitt ligande vattenhjul (Figur 8). Skvaltkvarnen är känd i Sverige sedan 1200-talet och sådana kvarnar kunde ägas av enskilda gårdar. I den äldre Västgötalagen (1200-talet) finns en liten balk om kvarnbygge och vattenrätt. I Dalsland visade Kvarnkommissionens inventering år 1698 att i stort sett varannan gård hade egen kvarn, eller del i kvarn. Främst från 1800-talet började man gå samman och bygga de större hjulkvarnarna och då i större vattendrag. Den branta Röttleån (namnet betyder den rytande ån) ned mot Vättern hade vattenkvarnar redan på 1200-talet (Degerman & Ekman 2004). De omtalas år 1279 i ett pergament vid Nydala kloster. Därpå övertog Linköpings stift kvarnrätten. Sedermera anlades här Smålands första pappersbruk år 1646. I Forsviksån, Vättern, vet vi att nunnorna i Vadstena någon gång åren 1407–1410 ägde en vattenkvarn i Forsvik.

Kvarnarna blev sedan fröet till industrier. År 1447 anlades Sverige äldsta kända sågverk vid Forsviksån. Ungefär samtidigt anlades där också landets troligen första hammarsmedja. Hammarsmedjor innebar



Figur 8. Skvaltkvarnen med sitt horisontellt orienterade hjul kunde användas i små bäckar.

att man kunde hamra fram stångjärn ur osmundjärnet. Osmund- eller tackjärnet var råvaran som måste bearbetas vidare för att kunna användas. Med hjälp av träkol färsades järnet och bearbetades av järnhammare. Vattenkraften drev både hammaren och blåsbalgen till färskningshärden. Stångjärnet exporterades sedan och Sverige blev alltså en råvaruexportör, men kunde i alla fall stå för viss vidareförädling. Stångjärnet betingade det dubbla priset vid försäljning jämfört med tackjärnet, men då till priset av en investering i vattenhammare och stor åtgång av skog till färskningshärden. En industri var född. Utnyttjandet av vattenkraft för att såga virke har även det varit omfattande i vårt land. Förutom mindre bysågar, utvecklades och anlades relativt stora och vattendrivna sågverk i och med sågverksindustrins kraftiga expansion vid 1800-talets mitt.

Flottning av timmer har skett sedan hundratals år i våra vattendrag. Redan vid 1400-talet flottades timmer i samband med bergsbruket. Även virke till skeppsbyggerier har flottats liksom tjärtunnor. Framförallt är timmerflottningen i vårt land förknippat med skogsindustrins stora genombrott under 1800-talet. Den intensivaste perioden var 1870–1960 då som mest 30 000 kilometer vattendrag i mellersta och norra Sverige var flottled (Törnlund och Östlund 2006). Timmerflottning förekom givetvis även efter ett stort antal vattendrag

i södra Sverige under denna tid men inte i samma omfattning som den i Norrland (Ahlbäck och Albertsson 2006). Flottning skedde utefter både huvudvattendrag (älvflottning) och bivattdrag (bäckflottning). För att undvika att timret fastnade och orsakade väldiga timmerbrötar och påskynda utflottningen genomfördes olika flottledsarbeten. Det handlade om att stänga av sidofårar, kanalisera och rensa bottnar på större sten och block samt anlägga enorma stenpirar och träkonstruktioner för att kanalisera och leda timret. I sidovattendragen byggdes också flottningsdammar som gjorde att man kunde samla vatten för att underlätta nedflottningen. Detta var arbeten och förbättringar av virkets transportleder som pågick under hela flottningsepoken (Törnlund och Östlund 2002, Törnlund 2006b). Flottningens effekter på hydrologi och morfologi, fauna och flora finns beskrivet i Nilsson m.fl. (2007)

Efter flottningsepoken vidtog vattenkraftutbyggnaden. Vattenkraften har haft en oerhörd negativ påverkan på vattenlandskapets hydrologi, geomorfologi och ekologi. Processerna visar inte heller på någon återhämtning. Ännu 70 år efter utbyggnad är älvstränderna artfattigare och glesare bevuxna än före utbyggnaden. Fisk som inte längre kan vandra har ersatts med storskaliga utplanteringar, som för varje år ger allt sämre resultat. Återfångsten av odlad och utsatt havsöring från Dalälven har minskat från 20 % till ca 3 % under 50 år (muntligen Jonas Dahl, Fiskeriverket).

Människan har alltså levt intimt invid vattnen och påverkat deras form, funktion, flöden, fauna och flora. Vid bedömningar av vattendrags ekologiska status utgående från faunan (fisk & bottenfauna) har 4–7 % av svenska vattendrag bedömts ha hög ekologisk status (Bergman m.fl. 2006). I Danmark har man på liknande sätt angett att endast 2,2 % av vattendragen har bevarat deras naturliga geomorfologiska former (Brookes 1984, 1988). I England och Wales har endast 4 % av längden av låglandsvattendrag inte modifierats (Brookes & Long 1990).

De förändringar som människans brukande av vattnen främst orsakat är att konnektiviteten (de fria vandrings- och spridningsvägarna), de strömmande vattnen och forsarna, jordbruksåarna samt våtmarkerna med åplanet påverkats mest i vattenlandskapet. Sammantaget berättar det påverkade vattendraget en historia, den tysta forsen och det rensade vattnet är en del av kulturarvet. Så levde man i forna dagar och här växte industrisamhället fram. Liksom våra vatten måste restaureras, måste de kulturhistoriska miljöerna bevaras.

2.7 Källor och underlag

Ahlbäck, A. & R. Albertsson, 2006. Flottning och flottleder i Södra Sverige. CO-print, Eget förlag, 192 s.

Baudou, E (red). 1996. Att leva vid älven. Åtta forskare om människor och resurser i Lule älvdal. Bjästa, CEWE-förlaget, 254 s.

Bergman, P., Bleckert, S., Degerman, E. & L. Henrikson, 2006. UNK- Urvatten, Naturvatten, Kulturvatten. Rapport Projekt Levande skogsvatten, WWF, 25 s.

Bergquist, B., 1999. Påverkan och skyddszoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet. Fiskeriverket Rapport 1999:3, 118 s.

Bless, R. 1990. Die Bedeutung von gewässerbaulichen Hindernissen im Raum-Zeit-System der Groppe (*Cottus gobio* L.). Natur und Landschaft 65:581-585.

Brookes, A., 1984. Recommendations bearing on the sinuosity of Danish stream channels. Teknisk rapport nr 6, Miljöstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 130 s.

Brookes, A., 1988. Channelized rivers: Perspectives for environmental management. Wiley & Sons, Chichester, 326 s.

Brookes, A. & H.J. Long, 1990. Stort catchment morphological survey: Appraisal report and watercourse summaries. National Rivers Authority, Reading.

- Bridcut, E.E. & P.S. Giller, 1993. Movement and site fidelity in young brown trout *Salmo trutta* populations in a southern Irish stream. *J. Fish Biol.* 43(6):889-899.
- Burrell, K.H., Isely, J.J., Bunnell, D.B., van Lear, D.H. & C.A. Dolloff, 2000. Seasonal movement of brown trout in a southern Appalachian river. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129(6):1373-1379.
- Dedering, C., 2001. Kulturhistoria ur dimma – Emåns avrinningsområde. Länsstyrelsen i Kalmar och Länsstyrelsen i Jönköpings län, 316 s.
- Dedering, C., 2005. Projekt typvattendrag. Delstudie: Emåns avrinningsområde inom Kalmar län. PM på uppdrag av Riksantikvarieämbetet, februari 2005, Länsstyrelsen i Kalmar län, 74 s.
- Degerman, E. & T. Ekman, 2004. De stora blå – fisk och miljö i våra fyra största sjöar. Gullers förlag, 143 s.
- Degerman, E. & B. Sers, 1994. The effect of lakes on the stream fish fauna. *Ecology of freshwater fish* 3:116-122.
- DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2005. Fish protection technologies and downstream fishways. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (<www.dwa.de>), 226 s.
- Esseen, P.A., Glimskär, A. & G. Ståhl, 2004. Linjära landskapselement i Sverige: skattningar från 2003 års NILS-data. Inst. för Skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå, 47 s.
- Gordon, N., McMahon, T.A., Finlayson, B.L., Gippel, C.J. & R. J. Nathan, 2004. Stream hydrology. An introduction for ecologists. Second edition, John Wiley & Sons Ltd, 429 s.
- Hynes, H.B.N., 1975. The stream and its valley. *Int. Ver. Theor. Limnol. Ver.* 19:1-15.
- Hägglund, Å. & G. Sjöberg, 1999. Effects of beaver dams on the fish fauna of forest streams. *Forest Ecology and management* 115:259-266.
- Jansson, R., 2000. Effekter av reglering och fragmentering genom dammar på älvstrandfloran i boreala älvar. Doktorsavhandling, Umeå Universitet.
- Lepori, F. & N. Hjerdt, 2006. Disturbance and aquatic biodiversity: reconciling contrasting views. *Bioscience* 56(10):809-818.
- Löfroth, M., 1991. Våtmarkerna och deras betydelse. Naturvårdsverket Rapport 3824, 93 s.
- Malm Renöfält, B., Nilsson, C. & R. Jansson, 2005. Spatial and temporal patterns of species richness in a riparian landscape. *J. Biogeogr.* 32:2025-2037.
- Malm Renöfält, B., Hjerdt, N. & C. Nilsson, 2006. Restaurering av vattendrag i ett landskapsperspektiv. En syntes från "Second International Symposium on Riverine Landscapes", 2004. Naturvårdsverket rapport 5565, 78 s.
- Meyers, L.S., Thuemler, T.F. & G.W. Kornely, 1993. Seasonal movements of brown trout in northeast Wisconsin. *N. Am. J. Fish. Manage.* 12(3):433-441.
- Nilsson, C. (red), 2007. Återställning av älvar som använts för flottning. Naturvårdsverket Rapport 5649, 85 s.
- Nykänen, M., Huusko, A. & A. Mäki-Petäys, 2001. Seasonal changes in the habitat use and movements of adult European grayling in a large subarctic river. *J. Fish Biol.* 58(2):506-519.
- Näslund, I (red) 1999. Fiske, skogsbruk och vattendrag; nyttjandet i ett uthålligt perspektiv. Fiskeriverket.
- Ovidio, M., Baras, E., Goffaux, D., Birtles, C. & J.C. Philippart, 1998. Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiologia*, 371-372 (1-3):263-274.
- Renöfält, B. 2004. Vegetation patterns and processes in riparian landscapes. Doktorsavhandling, Umeå Universitet, 37 s.

Ripl, W. & K.-D. Wolter, 2005. The assault on the quality and value of lakes. Sid:25-61. Ur: The Lakes handbook. Lake restoration and rehabilitation. Eds: P.E. O'Sullivan & C.S. Reynolds. Blackwell Publishing, 560 s.

Stockholm Resilience Centre. <www.stockholmresilience.org>

Sømme, J.D. 1941. Örretboka. Jacob Dybwad Forlag, Oslo, 591 s.

Törnlund, E. & L. Östlund. 2002. Floating Timber in Northern Sweden. The Construction of Floatways and Transformation of Rivers. Environment and History. Vol. 8. Nr. 1: 85-106.

Törnlund, E. & L. Östlund, 2006. Mobility Without Wheels: Economy and Ecology of Timber Floating in Sweden 1850-1980. Journal of Transport History. Volume 27. Issue 1: 48-70.

Törnlund, E., 2006 (a). Flottningslämningar i Västerbottens län – en historisk översikt och kulturhistoriska värdekriterier. Länsstyrelsen i Västerbotten, meddelande 1, 124 s.

Törnlund, E. 2006 (b). Investments and Changing Labour Productivity in Timber floating: the Case of Tributaries in Northern Sweden, 1930-1960. Scandinavian Economic History Review. Volume 54. No: 1: 22-46.

Törnlund, E. 2007. Kulturhistorisk utredning – Flottningsmiljön efter Laisälven. Underlag för kulturresevatsutredning. Länsstyrelserna i Norr- och Västerbotten. Umeå.

Vaikasas, S. & R. Lamsodis, 2003. Study of flow self-purification and sediment control possibilities in Neumas river basin. In: Lowland River Rehabilitation. NCR Publication 22, Holland, 131 s.

Östlund, L., Zachrisson, O. & A.-L. Axelsson, 1997. The history and transformation of a Scandinavian boreal forest landscape since the nineteenth century. Canadian Journal of Forest Research. 27: 1198-1206.