

Nedstrøms vandring og opstemninger

KIM AARESTRUP
(kaa@difres.dk)

ANDERS KOED
(ak@difres.dk)

Danmarks Fiskeri-undersøgelser
Afd. for Ferskvandsfiskeri

THORSTEN MØLLER
OLESEN
(tmo@nja.dk)

Nordjyllands Amt
Vandmiljøkontoret

Opstemninger forringer ikke bare dyrelivets muligheder for at vandre opstrøms. Også nedstrøms vandring påvirkes negativt når vandstrømmen ændres eller næsten stoppes. Det sker fx ved vandkraftværker, vandmøller og dambrug. Fordi fiskene ofte er små og overvejende vandrer passivt med strømmen er de meget sårbare over for de ændrede fysiske forhold som opstemninger giver. Denne artikel beskriver de problemer som opstemninger udgør for dyrenes vandring nedstrøms.

.....

Modsat hvad man måske ville forvente, kan et vandløbs fauna også have problemer med at passere opstemninger i nedstrøms retning.

Ofte er forestillingen at dyrene bare kan følge passivt med strømmen i modsætning til opstrøms søgende fisk, som skal bevæge sig aktivt mod strømmen. Men alligevel har fisk og andre dyr ofte store problemer med at komme forbi opstemningerne når de søger ned ad vandløbet.

Man ved at de nedtrækkende dyr overvejende følger med hovedstrømmen. Vandringen er som regel passiv, men dog aktiv for visse arter og på visse tidspunkter. Det betyder at problemerne med hensyn til passage vil være størst hvor vandstrømmen ændres eller næsten stoppes. Det gør den for eksempel ved vandkraftværker, vandmøller og dambrug.

I løbet af de seneste godt ti år har DFU gennemført en lang række undersøgelser ved diverse opstemninger for at vurdere konsekvenserne for den nedstrøms passage.

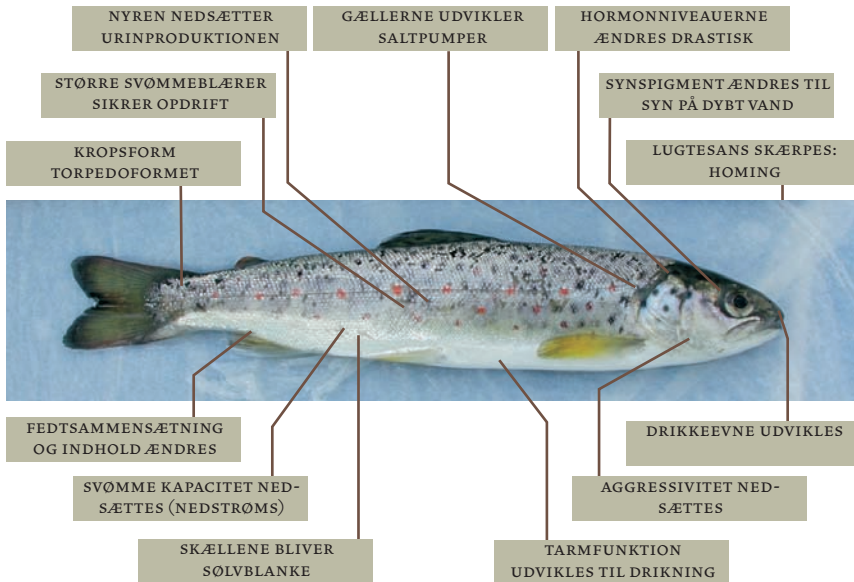
Ligesom for opstrøms passage ved man mest om ørred og laks. Den følgende gen-

nemgang vil derfor koncentrere sig om de nedtrækkende ungfisk af disse arter – de såkaldte smolt. Problemerne vil generelt være de samme for mange andre nedstrøms vandrende arter, fordi de faktorer der påvirker dem er de samme.

Smoltnedvandringen foregår primært på samme måde som for andre arter, nemlig som en passiv nedvandring, men med visse perioder med aktiv nedvandring. Nedvandringens intensitet og hastighed er ofte afhængig vandføring og vandtemperatur.

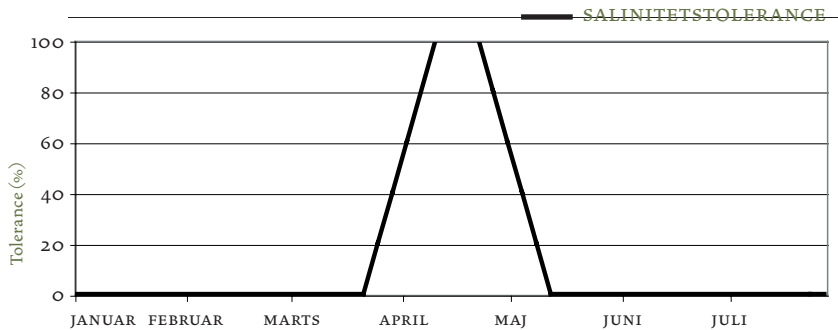
Vi har undersøgt to overordnede problemstillinger omkring opstemningers konsekvenser for nedstrøms passage. Den første er om fiskene overhovedet kan passere, og hvad der sker med individer som ikke formår at komme videre. Det kan f.eks. være fisk der i forbindelse med passagen bliver ædt af rovfisk eller fugle. Det kan også være fisk der dør ved passage af turbiner, eller fisk der trænger igennem afgitringen ind på dambrug og bliver ædt af fiskene dér.

Den anden problemstilling vedrører den forsinkelse fiskene kan blive udsat for. En forsinkelse af vandringen er problematisk



Figur 1
ÆNDRINGER HOS
SMOLT

.....
Figuren viser en række af de ændringer fisken gennemgår under smoltifikationen (efter Nielsen, Aarestrup og Madsen, 2003).



Figur 2
TIDSVINDUET
LUKKER

.....
Teoretisk figur over en individuel smolts saltvands-tolerance (efter Nielsen & Madsen 1998). Hvis smolten bliver forsinket, når den måske ikke havet inden dens evne til at tåle saltvand er forsvundet igen. Fisken bliver så i vandløbet, men overlever kun sjældent til næste år.

fordi ørred- og laksesmolt, inden vandringen starter, gennemgår en lang række morfologiske og fysiologiske ændringer som under ét kaldes smoltificering (se Figur 1).

Alle disse ændringer betyder at fisken vil være i stand til bedre at overleve i de nye omgivelser i havet. En række af ændringerne (f.eks. udviklingen af saltpumper i gællerne, nedsættelse af urinproduktion og udvikling af drikkeevne) foregår speci-

fik for at fisken skal kunne tåle den meget højere salinitet i havet.

I vandløbet på vej mod havet opretholder fisken kun denne evne i få uger (Figur 2), og dermed kan selv en kortvarig forsinkelse medføre at smoltene kan få besvær med at overleve overgangen til det salte miljø. For yderligere gennemgang af smoltens fysiologiske tilpasning se FISK&HAV nr. 56, s. 12-21.

Tabel 1
TAB I OPSTEM-
NINGER

OPSTEMNINGSTYPE	ANTAL OPSTEMNINGER	GENNEMSNIKTAB (%)
Mølledamme	5	30
Dambrug	38	42
Vandkraftværker	7	82

Antallet af og det beregnede gennemsnitlige tab ved en række danske opstemninger fordelt på 3 forskellige kategorier.

Tab af smolt

I Tabel 1 er det gennemsnitlige smolttab vist ved en række danske undersøgelser fordelt på de forskellige kategorier af opstemninger. Tillige er antallet af opstemninger som vi har undersøgt, vist. Undersøgelserne er typisk foretaget ved at udsætte to grupper smolt der er mærket så de kan skelnes, henholdsvis op- og nedstrøms opstemningen. Fiskene genfanges i fælder længere nedstrøms i åen og det relative forhold imellem fangsterne fra de to grupper vil alt andet lige være et udtryk for tabet ved passagen af den pågældende opstemning.

En del af undersøgelserne, især ved vandkraftværker, er foretaget ved hjælp af radiotelemetri. Her indsættes en radiosender i fiskene og de kan herefter følges i vandløbet/søen og deres skæbne kan opgøres. Smolttabene varierer en del, men der er generelt tale om markante og for bestandene alvorlige tab. Smolttabet vil resultere i at opgangen reduceres tilsvarende. Det betyder f.eks. i et vandløb med én opstemning vil en smolttab på 50 % ved opstemningen resultere i en halvering af den efterfølgende opgang af opgangsfisk opstrøms opstemningen.

Vandkraftværker

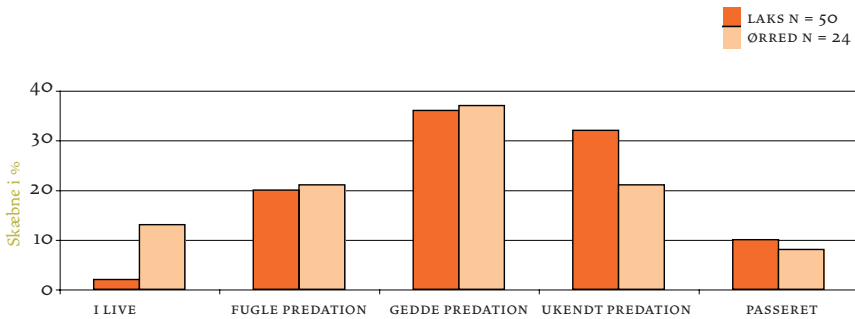
Som det fremgår af Tabel 1, er tabet i forbindelse med vandkraftværker meget stort. I de konkrete tilfælde har de undersøgte vandkraftværker ligget relativt langt nede i store vandløb, hvilket betyder

at det stort set er hele vandløbets bestand af smolt der skal passere kraftværkerne.

Der findes selvfølgelig også vandkraftværker i mindre vandløb. Vi har dog kun få undersøgelser af dem. I Vejle Å ligger der ved Randbøldal tre vandkraftværker lige efter hinanden. Det samlede smolttab ved disse vandkraftværker kunne vi estimere i forbindelse med andre undersøgelser. De tre vandkraftværker gav et tab på 100 % for laks og godt 94 % for ørred. Tabene ved disse vandkraftværker er ikke inkluderet i ovenstående tabel, fordi vi kun havde data for de tre vandkraftværkers samlede effekt. Den samlede vandløbsstrækning som værkerne ligger på er ca. 1 km. På en tilsvarende strækning uden opstemninger vil smolttabet typisk være på 1-2 %. Tallene viser at tabet i forbindelse med turbiner i mindre vandløb formentlig er af samme størrelsesorden som i de større vandløb.

Vi har specifikt undersøgt hvad der sker når fiskene skal passere vandkraftturbiner. Vi ved der sker et vist tab i turbinerne, og at deres omdrejningshastighed er en nøglefaktor. Jo hurtigere turbinen kører rundt, jo større dødelighed hos fiskene. Men også fiskens størrelse har betydning. Jo større fisken er, jo flere vil dø.

Visse steder er der også en stor dødelighed nedstrøms for kraftværket pga. af ophobning af rovfisk i dette område. Ophobningen af rovfisk sker pga. tilgangen til



Figur 3
EN DØDSFÆLDE

Kraftværksøer udgør en dødsfælde for ørred- og laksesmolt fordi det stillestående vand giver gedder, fugle og andre rovdyr nemt spil. Figuren viser skæbnen af smolt mærket med radiosendere og fulgt igennem Tange Sø. N = antal mærkede fisk. Det lykkes kun for omkring 10 % af smoltene at passere Tange Sø.

let tilgængelig føde og dårlige opstrøms passageforhold.

Selv om turbinerne og rovfiskene nedstrøms er et stort problem, er det dog oftest de søer der opstår oven for vandkraftværket som giver ophav til det største smolttab. Den høje dødelighed skyldes at en stor del af fiskene hér bliver ædt af andre dyr.

Som det ses af tallene fra en undersøgelse med radiomærkede smolt i Tange Sø bliver en meget stor del ædt af forskellige fuglearter samt rovfisk (Figur 3). Dette gælder både for ørred og laks. Samlet blev over 80 % af smoltene tabt. Det er ikke radiomærkningen der gør fiskene sårbare, for laksesmolt mærket med en traditionel mærkning (en tatoveret farvekode) gav tab helt i samme størrelse.

Flere undersøgelser har vist at vandrings-hastigheden falder når smolt skal passere igennem søer. F.eks. vandrede laksesmolt 4-5 gange langsommere per km sø end per km vandløb i en undersøgelse i den øvre del af Gudenåen. Dette medfører ikke blot en større risiko for at blive spist af rovfisk og fugle, men også en forsinkelse, hvilket som før nævnt kan betyde at fisken får svært ved at klare overgangen til det salte vand i havet.

Resultaterne af vore undersøgelser af smolttab under nedtræk i vandkraftsøer har ledt opmærksomheden over på et nyere og delvist overset problem. Det drejer sig om de søer der etableres i forbindelse med de såkaldte våde enge-projekter, under Vandmiljøplan II og III. Vore indledende undersøgelser tyder desværre på at tabet i de nye søer kan være højt.

Hvis tabet af smolt er af samme størrelsesorden som i vandkraftsøerne vil disse nye søer – såfremt de bliver permanente og gennemstrømmes af en stor del af vandet fra vandløbet – medføre en meget stor dødelighed hos nedtrækkende smolt. I givet fald kan det true bestandene af vandrefisk i vandløb hvor der etableres sådanne søer.

Dambrug

Vore undersøgelser har vist at vandmængden der forbeholdes fiskepassage, er helt central for at sikre smoltens passage. Dermed er der en interesse-konflikt, for jo mere vand et dambrug kan tage ind, des mere kan det producere.

Ud over denne grundlæggende uoverensstemmelse mellem hvad der er godt for fisk og hvad der er godt for dambrug, er der en række andre årsager til at dam-

brug forårsager et øget tab hos nedstrøms vandrende fisk. Som det fremgår af tabel 1, er det gennemsnitlige smolttab ved nedstrømspassage ved dambrug 42 %. Tabet kan ske direkte på grund af fiskene trænger ind dambruget og efterfølgende bliver ædt af dambrugsfiskene. Det kan også ske som følge af at smolten bliver spist af ude i opstuvningszonen af vandløbet og som nævnt også være en følge af at fisken bliver forsinket og mister vandretangen/lysten og bliver i vandløbet. Undersøgelser har vist at kun få af disse fisk vil overleve til næste år.

At de vandrende fisk trænger ind på dambrug har vi observeret mange steder (Figur 4). For eksempel ved et dambrug i Gudenåsystemet, hvor vi i forbindelse med andre undersøgelser opdagede at fiskene blev ført igennem afgitringen og ind i fødekanalen. På den sidste halvdel af smoltsæsonen fangede vi ved hjælp af elfiskeri over 4.000 vilde smolt i fødekanalen, som er den kanal der føder dambruget med vand fra vandløbet.

De mange smolt var endt i fødekanalen på trods af at afgitringen overholdt de lovpligtige mål på 10 mm gitterafstand. Bl.a. på baggrund af ovennævnte resultater er der siden hen indført nye afgitringsbestemmelser, som fastsætter den mindste lovlige gitterafstand til 6 mm.

Dette vil utvivlsomt hjælpe på problemet med indtrængning af fisk på dambrugene, men det er næppe tilstrækkeligt til at sikre fri passage for smoltene. Dette skyldes at de andre årsager til at smoltene går til ved passagen ikke forsvinder med en tættere afgitring. Således vil fiskene stadig blive forsinket, ligesom smolt stadig vil blive spist ude i åen.

Dambrugsfisk udskiller feromoner, som er signal-stoffer. De er artspecifikke, men virker også på beslægtede arter. Ud over problemerne for opstrøms vandrende fisk (se side 51), viser undersøgelser fra England at laksesmolt der udsættes for udløbsvand fra dambrug, får en lavere saltvandtolerance end dem der går i kontrolvand. Hvor stort problemet er vides endnu ikke, men i lighed med effekten af en forsinkelse, kan det måske give smoltene en reduceret chance for at overleve mødet med havet.

En anden potentiel interessekonflikt skal ses i relation til effektiviteten af passager. Opstrøms passerende fisk er potentielle sygdomspreder. Sygdomskim fra sådanne smittede fisk vil sive ind og kan smitte fisk inde på dambrugene. Dambrug der er fri for visse sygdomme, kan opnå en sikrere afsætning og højere pris på deres fisk. Set fra en dambrugers synspunkt er det således forbundet med en risiko at sikre et stort smoltudtræk og dermed udsætte opdrætsfiskene for smittefare når opgangs-fiskene vender tilbage fra deres ophold i havet. Det kan ganske enkelt koste dambrugeren mange penge. Hvor stor risikoen er er svært at vurdere da der ikke er lavet egentlige undersøgelser af dette.

Forskellig størrelse vandløb

Som det fremgår af Tabel 1, har vi efterhånden gennemført en hel del undersøgelser af smolttabet ved nedstrøms passage af dambrugsopstemninger. Dette har givet os mulighed for at kigge nærmere på om der er forskelle på tabet ved dambrug der ligger i forskellige størrelser af vandløb. Det kunne jo være at der var forskel på tabet af smolt ved dambrug der ligger i henholdsvis små og store vandløb. Man kunne således forvente at der ville være færre problemer i små vandløb fordi antallet af rovfisk er



Figur 4
INDTRÆNGNING

Smolt kan slippe igennem afgitringen hvis der er for stor tremmeafstand. Ved et dambrug i Gudenå-systemet fangede vi med elfiskeri over 4.000 vilde smolt i fødekanalen, som er den kanal der føder dambruget med vand fra vandløbet.

FOTO: KIM AARSTRUP

færre. Hvis der kun var problemer ved en begrænset del af dambrugene kunne man jo koncentrere indsatsen for bedre passage her.

En opdeling af undersøgelserne af dam-

brug i forhold til vandløbets størrelse og fiskenes art ses i Tabel 2. Som det ses af tabellen er der overordnet ikke stor forskel på tabene i de forskellige størrelser af vandløb, ligesom der ikke umiddelbart er forskel på laks og ørred.

Tabel 2

MARKANTE TAB

Tab og forsinkelse ved en række danske dambrug opdelt efter vandløbets størrelse (lille = < 200 l/s; mellem = 200 – 1000 l/s; stor = > 1000 l/s). N = antallet af undersøgelser. Der er ikke den store forskel på tabene i forskellige størrelser af vandløb.

VANDLØBSSTØRRELSE	ART	GNS. FORSINKELSE (DAGE)	GNS. SMOLT TAB (%)
Lille	Ørred	6 (N = 6)	37 (N = 6)
Mellem	Ørred	3 (N = 12)	44 (N = 20)
Stor	Ørred	5 (N = 5)	50 (N = 7)
Lille	Laks	0 (N = 1)	66 (N = 1)
Mellem	Laks	6 (N = 3)	29 (N = 6)
Stor	Laks	3 (N = 2)	47 (N = 2)

I tabellen er også vist de undersøgelser hvor fiskens gennemsnitlige forsinkelse er beregnet. Som det ses er der også her en del variation, men den gennemsnitlige forsinkelse ved alle opstemningerne er fem dage.

Mølledamme

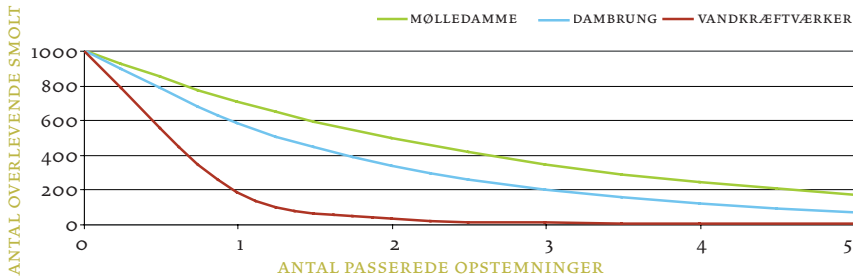
Problematikken ved mølledamme er langt hen ad vejen den samme som ved dambrug, med den forskel at der ikke tages vand ind til dambrugsdrift, men alt vandet afgives til fiskepassage. Alligevel ser man et stort smolttab hér. Problemet er formentlig at en stor del af fiskene bliver ædt af rovfisk som gedder og større ørreder og fugle ved mølledammen.

Forsinkelse og en efterfølgende afsmoltificering og tab af vandretrangen kan være en anden del af årsagen. Den sidste faktor virker samtidig forstærkende på den første: Jo mere forsinket fiskene bliver, jo større chance vil der være for at de bliver ædt af rovdyr. For eksempel blev ørredsmoltene forsinket ni dage ved en mølleopstemning hvor alt vandet blev frigivet til passage. Ved den pågældende opstemning løb stort set alt vandet uden om selve mølledammen, men alligevel var der et beregnet smolttab på næsten 20 %. Det skal dog påpeges at der er lavet relativt få undersøgelser af dette, og resultaterne har ikke været entydige.

Flere opstemninger

Hvis der i samme vandløb er flere opstemninger der skal passeres, er problemerne med smolttab selvfølgelig endnu større. De dramatiske følger for bestanden er vist i Figur 5. I figuren ses overlevelsen af 1000 smolt hvis de skal passere fem opstemninger, med et gennemsnitlig tab som vores undersøgelser har vist for de tre typer af opstemninger (se tabel 1). Figuren viser at hvis der findes fem vandkraftopstemninger i vandløbet, vil der ikke være nogen smolt tilbage efter tre af dem. Tilsvarende ses det at der kun vil være henholdsvis 66 og 168 smolt tilbage af 1000 hvis det var opstemninger ved dambrug og mølledamme, smoltene skulle passere.

Tab i denne størrelsesorden har selvfølgelig store konsekvenser for bestandene i de vandløb hvor der findes mange opstemninger. Modelberegninger af smoltproduktionen i et helt vandløbssystem bekræfter dette. For mere detaljeret gennemgang af produktionen se Olesen & Aarestrup (2006). En eventuel forsinkelse kan også hurtigt blive stor. Hvis vi bruger den fundne gennemsnitlige forsinkelse for dambrug på fem dage ved hver af de fem opstemninger, vil den samlede forsinkelse være 25 dage. Det er væsentligt længere end den periode, hvor smoltene opretholder deres maksimale salttolerance. Derfor er det langt fra



Figur 5
OPSTEMNINGER PÅ STRIBE

Overlevelse af 1000 smolt ved passage af et givet antal opstemninger. Hvis der ikke er nogen opstemninger, vil knap halvdelen af smoltene overleve. Hvis smoltene skal passere 5 mølledamme, vil der være 168 smolt tilbage. Passage af 5 dambrug efterlader 66 smolt tilbage. Vandkraftopstemninger er de værste – efter bare tre er der slet ingen smolt tilbage.

sikkert at de smolt som når ud i havet, vil have en god overlevelse i saltvand.

Desuden bliver bestanden opsplittet og dermed mere sårbar over for udryddelse på de enkelte delstrækninger.

Nedgængerfisk

Når opgangsfiskene har været oppe at gyde, vil en del af dem efterfølgende dø. Den resterende del vil vandre ud mod havet igen. Under denne vandring kaldes de for nedgængere. Specielt for laks overlever kun få til den efterfølgende gydesæson, og generelt er kun ca. 10 % af opgangslaksene gengangere.

For havørrederne ser det anderledes ud. Der er som regel en hel del fisk der overlever gydningen og kan gyde igen. Vi har observeret havørreder der har gydt op til otte gange. Andelen af gengangere kan være ret stor i en bestand af opgangsfisk. I en undersøgelse af opgangsfiskene i Randers Fjord i 1995 var ca. 35 % af de mærkede opgangsfisk gengangere. Det viser at der er en del nedgængere i vandløbene efter gydning. Disse fisk skal ligesom smoltene passere opstemningerne på vej mod havet.

Nedvandringen sker fortrinsvis om vinteren og det tidlige forår, men vi har i fælder fanget nedgængere helt hen i juni måned. Opstemninger vil forsinke eller forhindre

passage. Fiskene er ofte i dårlig stand efter gydningen med sår og svampeangreb til følge. Disse skader heles bedre i saltvand hvor de ikke er udsat for svampeangreb, og en forsinkelse af sådanne fisk i ferskvand kan være fatale for dem. Desuden er de, generelt, ganske enkelt for store til at kunne overleve i længere tid i vandløbet pga. mangel på fødemuligheder og skjul.

Hvis nedgængere trækker ind bag afgitringen til dambrug eller turbiner, vil de med stor sandsynlighed være tabt for bestanden. På dambrugene vil de næppe kunne finde ud igen, og store fisk vil ofte blive skadet ved passage igennem turbiner. Vi ved ikke så meget om problemets omfang, men vi har observeret begge dele nogle steder hvor afgitringen ikke var i orden.

Hvis der – på grund af passageproblemer – er en stor dødelighed på nedgængerne vil en evt. løsning give en meget hurtig forøgelse i bestandsstørrelsen. Man kan næsten tale om en "bonus-bestandsforøgelse", fordi fiskene ikke optager plads eller indtager føde i vandløbet.

Andre fisk

Denne artikel omhandler specielt ørred og laks, og i særdeleshed deres smolt- og gydevandring, fordi de er de fiskearter og -stadier vi har undersøgt. Vi ved at yngel af ørred og laks i et vist omfang har behov for

at vandre, men i hvor stort omfang og hvilken betydning denne vandring har i danske vandløb ved vi mindre om.

Opstemningers konsekvenser for andre fiskearters nedstrøms vandring ved vi kun meget lidt om. Nye undersøgelser hvor der er anvendt telemetri viser for eksempel at indtrængning af ål på dambrug også finder sted, ligesom ål ofte bliver slået ihjel ved pas-

sage gennem turbiner. Men der findes også en lang række andre vandrende fiskearter i vandløb, såsom snæbel, helt, lampretter, aborre osv. Da vi ikke ved nok om omfanget af disse arters vandringer, samt hvordan og hvornår de foregår, er der behov for mere forskning i hvordan, hvornår og i hvilket omfang vandringerne foregår. Forhåbentlig vil det så på længere sigt være muligt at skabe gode passageløsninger for alle arter.

LITTERATUR

Aarestrup, K. 2001. *Factors affecting the migration of anadromous Atlantic salmon (Salmo salar L.) and sea trout (Salmo trutta L.). Ph.d.-afhandling, Aalborg Universitet*

Nielsen, C. & S.S. Madsen, 1998. *Evaluation of smoltification and seawater tolerance in seven stocks of Danish hatchery reared brown trout (Salmo trutta). Rapport fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet*

Nielsen, C., K. Aarestrup & S.S. Madsen, 2003. *Udsætning og fysiologi hos havørredsmolt, Fisk og Hav, nr. 56, s. 12-21*

Olesen & Aarestrup 2006. *Effekter af nedstrøms passageforhold for fisk i vandløb. Vand og Jord nr. (Under trykning)*
