

Faunapassageudvalget

Fiskenes krav til passageløsninger i vandløb med dambrug



Delrapport 1

Februar 2004

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, de jyske amter, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Danmarks Sportsfiskerforbund

Titel: Delrapport 1 - Fiskenes krav til passageløsninger i vandløb med dambrug

Udgiver: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, de jyske amter, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Danmarks Sportsfiskerforbund

Udarbejdet af: Arbejdsgruppe bestående af repræsentanter for; Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Vejle Amt, Ringkjøbing Amt, Viborg Amt, Århus Amt og Nordjyllands Amt, Dansk Dambrugerforening, Danmarks Fiskeriundersøgelser og Danmarks Sportsfiskerforbund.

Forfatter: Jan Nielsen

Foto: Er angivet under de enkelte fotos.

Emneord: Danmark, dambrug, status fiskepassage, habitatområder, fiskeudbredelse, rød- og gullistede smådyr og fisk, opstuvning, reduceret vandføring, passagebehov, afgitringer, effektivitet af op- og nedstrøms faunapassage, jura, anbefalinger, juridiske forhold, vandforbrug ved dambrug, vandindvindingstilladelse, regionplan.

Faunapassageudvalgets øvrige publikationer:

- Samlerapport - Sammenfatning af delrapport 1 til 4.
- Delrapport 2 - Status for faunapassageforhold i vandløb ved dambrug
- Delrapport 3 - Vandforbrug ved dambrugsdrift og lovgrundlag ved fornyelse af vandindvindingstilladelser
- Delrapport 4 - Tekniske løsninger for faunapassager, vandindtag og afgitringer ved dambrug

Grafik og layout: De jyske amter

Tryk: Ribe Amt

Udgivelsesår: 2004

ISBN: 87-7941-473-7

ISBN internet: 87-7941-475-5

Forsidefoto: *Det store billede viser 3 springende havørreder i opstemningen ved Løjstrup Dambrug (indsat foto), hvor mange fisk ikke kunne passere. For at forbedre fiskenes passagemuligheder blev opstemningen fjernet i 2001 og erstattet af et stryg samtidig med, at dambruget stadig tager vand ind fra Hadsten Lilleå. (store billede Per Jørgensen og indsat billede Jan Nielsen)*

Faunapassageudvalget

Fiskenes krav til passageløsninger i vandløb med dambrug

Delrapport 1

Et udredningsarbejde foretaget af de jyske amter, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Danmarks Sportsfiskerforbund

Faunapassageudvalget nedsat i 2002 af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, med det formål at systematisere og udbygge den foreliggende viden om afgitring og faunapassageløsninger, samt vurdere dambrugenes frivandsafgivelse og behov for vand til produktion.

Februar 2004

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, de jyske amter, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Danmarks Sportsfiskerforbund

Indholdsfortegnelse 1

Forord 2

1. Indledning 3

2. Betydningen af effektive fiskepassager 6

3. Fiskenes vandringsmønster 10

3.1 Fiskenes årstidsbetingede vandringer 10

3.2 Vandføringens betydning for opstrøms vandringer 14

3.3 Konkret vurdering af vandindvindingens betydning i to typer danske vandløb 16

3.4 Vandføringens betydning for nedstrøms vandringer 22

3.5 Vandringer gennem mørklagte strækninger 25

3.6 Konklusion 25

4. Fiskenes springevner 27

5. Fiskenes svømmevner 32

6. Vandløbsmålsætninger og fiskenes krav til de fysiske forhold 36

7. Fiskenes krav til opstrøms fiskepassage 39

7.1 Stryg og glat strøm 40

7.2 Omløb 44

7.3 Ålepas 49

7.4 Modstrøms fisketrapper 50

7.5 Bassin fisketrapper 52

7.6 Andre typer 55

7.7 Afgitring til sikring af opstrøms passage 56

7.8 Samlet vurdering af vandføringens betydning 59

7.9 Konklusioner vedr. opstrøms fiskepassager 63

8. Fiskenes krav til nedstrøms passage 64

8.1 Lovgivningsbestemmelser til sikring af nedstrøms fiskevandringer 65

8.2 Indretning af vandindtag til dambrug 66

8.3 Danske undersøgelser af nedstrøms fiskevandringer ved opstemningsanlæg 67

8.4 Forslag til fremtidige afgitringsforhold m.m. ved vandindtag 71

9. Sammendrag og konklusioner 76

Litteratur 81

Bilag 1: Bekendtgørelse om ålepas, ungfiskesluser samt afgittringer i ferske vande 91

Bilag 2: Invertebraternes krav til faunapassage. Notat af Nicolai Friberg, DMU 94



Farre Fiskeri ved Omme Å. Den oprindelige å med reduceret vandføring mellem dambrugets vandindtag og udløb løber uden om dambruget umiddelbart til højre for dambruget. Foto Jan Nielsen.

Forord

De danske dambrugs tilladelser til vandindvinding udløber den 1. april 2005, hvorefter dambrugene skal have en ny tilladelse til fortsat drift. Ved behandlingen af ansøgningerne herom skal der bl.a. tages hensyn til EU's Vandrammedirektiv, som kræver, at vandløbene når en god økologisk tilstand senest i 2015. Derfor er der ved sagsbehandlingen behov for at vurdere, hvordan en fortsat dambrugsdrift kan forenes med at sikre fri passage for fiskene og den øvrige vandløbsfauna.

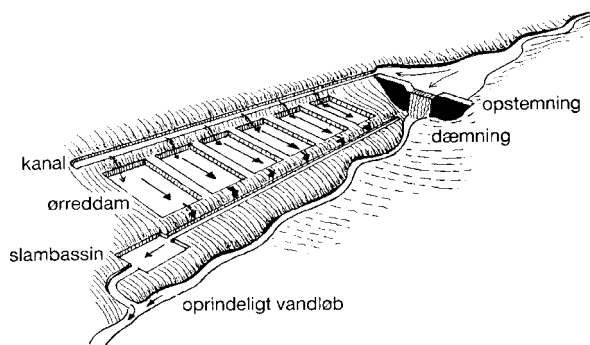
Dambrugsudvalget (også kaldet Hjortnæsudvalget) anbefalede i marts 2002, at der blev nedsat en arbejdsgruppe (Faunapassageudvalget), der bl.a. skulle indsamle den eksisterende viden om faunapassageløsninger, afgitringer og tilsvarende spærringer.

Faunapassageudvalget har herefter fået udarbejdet denne faglige rapport, hvor en lang række biologiske erfaringer er samlet fra Danmark og udlandet. Inkluderet i rapporten er en vurdering af, hvordan den faglige viden kan bruges i en overordnet sammenhæng ved den fremtidige sagsbehandling omkring de danske dambrugs fremtidige indretning og drift.

Rapportens oplysninger kan også bruges ved planlægningen af faunapassager andre steder med dårlige passageforhold for fisk og fauna, fx ved mølleopstemninger, turbineanlæg og styrt.

Figur 1.1

Principskitse af dambrug, hvor vandet ledes ind på dambruget via en egentlig opstemning af vandløbet. Herved opstår passageproblemer for de fisk, der vandrer op- eller nedstrøms i vandløbet, idet en del fisk kan have problemer med at finde forbi dambruget (figur efter Nielsen 1994b).



1. Indledning

En tredjedel af Europas ferskvandsfisk er truede af menneskelige aktiviteter, og ca. halvdelen af problemerne skyldes dårlige passageforhold ved dæmninger o. lign. i vandløb (Lelek 1987, Northcote 1998). Noget tilsvarende gælder i Danmark, hvor mange af vores ferskvandsfisk er afhængige af at kunne vandre frit rundt i vandløbene for at kunne opretholde naturlige bestande. Nu er tidligere tiders forurening kraftigt på retur, men der er mange fiskespærringer ved gamle vandmøller, turbineanlæg, dambrug, vejunderføringer m.m.. Eksempelvis var der 830 spærringer alene i Århus amts vandløb i 1997 (Kaarup 1997a). Danske undersøgelser har fx også vist, at spærringerne for stallingens opstrøms vandringer i Skjern Å-systemet har ændret på bestandens genetiske variation (Meldgaard 2001, Meldgaard m.fl. 2003).

Bortset fra på Bornholm er problemerne med fiskespærringer i danske vandløb menneskeskabte, idet vi pga. det flade landskab og mangel på klipper ikke har naturlige vandfald og styrt, der kan forhindre fiskenes frie vandringer. Derfor ser man da også, at fiskene spreder sig vidt omkring i vandløb uden opstemninger, styrt o.lign.. Her følger fiskene ganske simpelt vandstrømmen på deres op- eller nedstrøms vandringer og møder ikke styrt eller vandhastigheder, der kan forhindre dem i at gennemføre deres vandringer.

De danske myndigheder har siden slutningen af 1980'erne etableret fiskepassager ved mange spærringer og restaureret mange vandløb, så der fx frem til 1998 var gennemført mere end 1.000 projekter (Hansen 1996a&b, Hansen & Baattrup-Pedersen 2000, Skov- og Naturstyrelsen 2001). Undersøgelser har imidlertid vist, at mange af de tidligst etablerede projekter ikke virkede godt nok, idet bl.a. vandføringen gennem passagerne var for lille. Derfor har flere amter allerede lavet mange af de tidligste projekter om, bl.a. ved at opkøbe opstemninger ved dambrug og turbineanlæg og nedlægge dem. Desuden har det vist sig, at fisketrapper (den typiske passageløsning ved mange dambrug) ikke fungerer ret godt, hvorfor mange af dem nu er blevet eller ønskes erstattet af naturlignende løsninger som stryg og omløb.

Samtidig er vandløbene efter indførelsen af miljøvenlig vedligeholdelse og en bedre rensning af spildevandet i de senere år blevet langt bedre levesteder for et varieret dyre- og planteliv.

Alle disse miljøforbedrende tiltag har forårsaget en fremgang for de naturlige ørredbestande og de mere rentvandskrævende arter af smådyr, selv om opfyldelsen af vandløbenes biologiske målsætninger mht. faunaklasser stadig er så lav som 48 % og ringere mht. fisk (Nielsen 1997b, Skriver & Nielsen 2000). Fremgangen ses også i et klart nedsat behov for udsætning af ørreder i mange af de vandløb, hvor der er eller bliver skabt fiskepassage og gode miljøforhold – ørrederne kan ofte selv, hvis de blot kan komme op i de små gydevandløb på vandringerne fra havet eller de større vandløb (Wiberg-Larsen m.fl. 1994, Nielsen 1994b&d, Frandsen 1998 samt diverse udsætningsplaner fra Danmarks Fiskeriundersøgelser, fx Rohden Å, Vejle Å, Kolding Å m.fl.).

De mange positive resultater viser, at arbejdet med at skabe fiskepassage ved spærringerne i vandløbene bør fortsætte. Og her kommer dambrugene bl.a. ind i billedet, idet en del af de større spærringer ligger ved de dambrug, der udnytter opstemningsanlæg med en vis faldhøjde til at lede vandet væk fra vandløbet (figur 1.1). Samtidig ligger de fleste dambrug ved vandløb, der fra naturens hånd er levested for naturlige fiskebestande, hvilket skaber et behov for sikring af de naturmæssige interesser ved driften af dambrugene. Der er etableret fisketrapper ved en del af dambrugene - men fisketrapperne virker generelt ikke godt nok, selv om de i sin tid blev designet og godkendt af diverse fagfolk (de blev etableret på et tidspunkt, hvor man ikke kendte ret meget til fiskenes krav til fiskepassager og ikke vidste, at fisketrapper har mange begrænsninger). Desuden ligger dambrugene ofte ved strækninger af vandløb, hvor der var hurtigtstrømmende vand og gode gydeforhold for laksefisk inden etableringen af opstemningerne. Nu er der en opstemningseffekt med langsomt flydende vand, som bl.a. også har forringet gydemulighederne for laksefisk og levestederne for vandløbsinsekterne.

Iflg. lov om vandforsyning (LBK nr. 130 af 26. februar 1999) udløber dambrugenes tilladelser til vandindvinding fra vandløb den 1. april 2005, hvorefter dambrugene skal have en ny tilladelse til fortsat drift. Ved behandlingen af dambrugernes evt. ansøgninger herom er der bl.a. behov for at vurdere, hvordan en fortsat dambrugsdrift kan forenes med at sikre fri passage for fiskene og den øvrige vandløbsfauna. Derfor anbefalede Dambrugsudvalget (også kaldet Hjortnæsudvalget) i marts 2002, at der blev nedsat en amtslig arbejdsgruppe, der bl.a. skulle indsamle den eksisterende viden om faunapassageløsninger, afgittringer og tilsvarende spærringer (foreligger nu i denne rapport).

Der er dårlige passageforhold ved en del dambrug, og det må forventes, at de fleste af dambrugenes fiskepassager ikke virker godt nok. Desuden har en del undersøgelser ved danske opstemningsanlæg (herunder dambrug) i de senere år vist, at mange fisk på nedstrøms vandring forbi opstemningerne forsinkes eller slet ikke finder forbi. Fx er det gennemsnitlige tab af ørred- og laksesmolt (ungfisk på vandring mod havet) beregnet til mindst 40 % ved hvert dambrug.



En fisketrappe af modstrømsstypen ved Årup Mølle Dambrug, Rohden Å (t.v.) virkede ikke. Derfor blev den i 1992 erstattet af et omløb, som er dimensioneret til alt det frivand, der ikke udnyttes til dambrugsdrift. Herefter passede alle havørreder uden problemer (Nielsen 1999). I vinteren 1999/2000 blev vandføringen i omløbet af forsøgshensyn neddroset til 80 % af medianminimum, hvorefter kun ca. en fjerdedel af havørrederne passede omløbet (Hansen & Aarestrup 2000). Fotos Jan Nielsen.

Problemet med dårligt fungerende fiskepassager gælder dog ikke kun ved de danske dambrug. I en omfattende generel håndbog om fiskepassager konkluderer Clay (1995), at der har været lavet fiskepassager ved spærringer i flere hundrede år med de største fremskridt i udviklingen de sidste 50 år - men også, at selv i denne sidste periode har fremskridtene være små pga. en manglende viden om fiskenes biologiske krav. Her kommer den nyeste teknologi til hjælp, idet indførslen af radiosendere og andre mærkningsformer til fisk har og vil udvide vores kendskab til fiskenes vandringer betydeligt, også omkring opstemningsanlæg og fiskepassager (Lucas & Baras 2001).

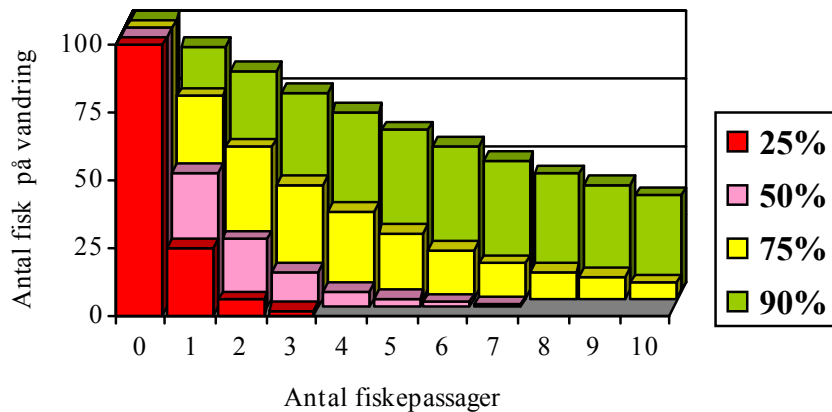
Der er en indbygget konflikt i at udnytte vandet til flere formål på en gang, idet der altid opstår passageproblemer, når man leder betydelige mængder vand væk fra vandløb. Så kan fiskene fare vild ved at følge en forkert vandstrøm i stedet for en vandstrøm gennem en fiskepassage. Efter en stor international konference om fiskepassage i 1996 konkluderede Northcote (1998),

- at mange fiskepassager virker rimeligt godt for de fisk, der finder ind i dem - men at problemet ofte er, at for få fisk finder derind pga. en dårlig lokkevirkning fra passagen.
- at vi stadig mangler essentiel information om vandringsmønster- og evne for mange arter
- at vi ikke tilstrækkeligt har udviklet fiskepassager, der både kan tilgodese op- og nedstrøms passage på samme tid.
- at vi ud over at skabe fri fiskepassage også skal huske at sikre gode levesteder for fiskene i de områder, de vandrer imellem (gyde-, fødesøgnings- eller overlevelsesområder)

Tilsvarende konkluderes det i internationale håndbøger om fiskevandring og genskabelse af vandløb for fisk (Cowx & Welcomme 1998, Lucas & Baras 2001), at den bedste løsning for fiskepassage ved en spærring er at fjerne spærringen og bedst muligt genskabe egenskaberne af det naturlige vandområde. Herunder ved at stoppe med at bortlede vand fra vandløbene, idet vandrende fisk primært fordeler sig efter vandføringen og forsinkes, forvirres, stoppes eller ledes med vandet ind i dambrug o.lign., hvis der bortledes vand fra vandløbet. Det må også formodes at gælde for den øvrige vandløbsfauna (insekter m.fl.), hvoraf mange drifter (Friberg 2003, se bilag 2).

I situationer, hvor man imidlertid ønsker, at noget af vandet fra vandløbene udnyttes til dambrugsdrift o.lign., må man i hver enkelt situation vurdere, hvordan man samtidig kan tilgodese de naturmæssige interesser (den erhvervsmæssige udnyttelse af vandet iflg. kravene i amternes regionplaner og EU's vandrammedirektiv må ikke hindre, at vandløbets målsætning som fiskevand bliver opfyldt). Her stiller Cowx & Welcomme (1998) følgende krav til fiskepassagen:

- Den bedste løsning for fiskepassage ved en spærring er at fjerne spærringen og bedst muligt genskabe egenskaberne af det naturlige vandområde
- Passagen skal dimensioneres relativt i forhold til vandløbets størrelse og vandføring
- Passagen skal være designet, så den tillader passage af de langsomt svømmende fiskearter i alle livsstadier
- Passagen skal altid være i funktion og skal fungere ved alle vandføringer i vandløbet
- Indgangen til passagen skal være let at finde for vandrende fisk



Figur 2.1

Teoretisk beregning af den andel af 100 fisk, der når frem til gydevandløbene, hvis de først skal passere gennem et antal fiskepassager, som hver især kun bringer 25 %, 50 %, 75 % eller 90 % af fiskene forbi de enkelte opstemninger.

2. Betydningen af effektive fiskepassager.

Det er afgørende for vildfiskebestandene, at fiskepassagerne er effektive og umiddelbart findes/bruges af en stor del af de fisk, der er på vandring (uden nævneværdige forsinkelser). Det gælder specielt i de større vandsystemer, hvor fiskene skal svømme gennem flere passager for at nå frem til gydevandløbene. Og det gælder i såvel opstrøms som nedstrøms retning. Eksempelvis er ungfiskene af ørred og laks (smoltene) kun fysiologisk tilpasset til at tåle saltvand i en kort periode på ganske få uger om foråret (kaldet smoltvinduet) og skal derfor nå havet i denne måned (Nielsen m.fl. 2000). Ellers mister de evnen igen.

Problemstillingen ses bedst ved at studere figur 2.1, der simulerer situationer med fiskepassager, der sorterer i fiskene (ikke fuldstændig fri passage). Figuren viser, hvor mange af 100 gydemodne fisk, der når frem til gydevandløbene, hvis de først skal passere opstrøms gennem et antal passager (men kan lige så godt bruges til at vise tabet ved nedstrøms passage). Et eksempel: Hvor mange fisk når overhovedet frem til gydevandløbene, hvis fiskene f.eks. først skal passere 5 opstemninger med fiskepassager? Svaret er, at

- hvis kun 25 % af fiskene finder vej ved hver passage, når ingen af de 100 fisk frem til gydevandløbene. Faktisk kommer der ikke engang fisk forbi den fjerde passage.
- ved 50 % effektivitet af hver passage når kun 3 fisk igennem fem passager (3 %).
- ved 75 % effektivitet når 24 fisk frem (under en fjerdedel), og
- ved 90 % effektivitet når 59 fisk frem (lidt over halvdelen)

Der sorteres altså mange fisk fra, hvis passagerne ikke er særdeles effektive. Man skal op på en effektivitet på næsten 100 % ved hver passage, hvis en rimelig andel af fiskene skal kunne passere flere passager. Selv ved 75 % effektivitet når under en fjerdedel af fiskene frem til gydevandløbene, hvis de først skal passere 5 fiskepassager. Og i dette regnestykke er effekten af evt. forsinkelser ikke medtaget, hvor forsinkelsen i sig selv kan betyde, at fiskene aldrig når helt frem.

Man kunne håbe, at fiskepassagerne generelt virker godt. Men desværre viser erfaringen, at mange danske fiskepassager enten ikke fungerer eller fungerer meget dårligt som følge af fejlkonstruktion,

for lille vandføring i passagen eller manglende vedligeholdelse (Ansbæk 1980, Ansbæk & Markmann 1980a,1980b, Dahl 1982, Markmann 1984, Nielsen 1985,1986,1987,1994b,1994c, 1994d,1997a,1999, Ejbye-Ernst m.fl. 1989,1990, Ejbye-Ernst & Nielsen 1997, Jensen & Sivebæk 1997). Det gælder også i udlandet:

- I den sydøstlige del af Sverige virker kun 40 % af 65 fiskepassager, som hovedsagelig er fisketrapper (Sandell m.fl. 1994). Så nu vil man lige som i Danmark og andre steder i udlandet satse på at bygge stryg og omløb samt fjerne dæmninger i stedet for at bygge fisketrapper, idet man også vil sikre passage for andre fiskearter end laks og ørred (Larsson & Johlander 2002).
- I Norge fungerer halvdelen af landets 400 fisketrapper ikke pga. manglende vedligeholdelse, udmundingsproblemer og bestandsmæssige forhold (Jensen & Aas 1991). I et delområde af det norske vandsystem Glomma vandrer kun 0,2 % af de større ørreder og stillinger gennem fisketrapperne, og her er hovedproblemet, at fiskene ikke kan finde ind i trapperne pga. dårlig lokkevirkning (Qvenild & Linløkken 1989).
- I Østrig virker bassin-fisketrapperne så dårligt, at man stoppede med at bygge dem for mange år siden. Nu satser man på omløb, der ligner naturlige vandløb, så alle fisk kan passere, også dårlige svømmere (Eberstaller m.fl. 1998).
- Selv i Australien, hvor forholdene er meget anderledes, er der store problemer med fisketrapper, idet 79 % ikke fungerer (Harris 1984). Derfor er man nu begyndt at bygge stryg i stedet, som er billigere end tekniske fiskepassager og kan skabe passage for alle arter og størrelser af fisk (Harris m.fl. 1998).



Norsk fisketrappe af bassintypen i Eidelven. Det må formodes, at mange fisk på opstrøms vandring lokkes af frivandet ved styrtet i stedet for at finde fisketrappen, som kun får tilført en mindre vandmængde. Desuden kan en del fiskearter- og størrelser ikke passere fisketrapper pga. den brudte bund og de høje vandhastigheder. Foto Jan Nielsen.

Den franske fisketrappeekspert Larinier (1998) fremhæver, at pasnings- og vedligeholdelsesproblemer er klart undervurderede og skyld i, at en del passager ikke fungerer. Ved en besigtigelse af 135 fiskepassager i Vejle Amt i 1996 blev det tilsvarende vurderet, at der var anlægstekniske problemer (fejlkonstruktion m.m.) ved 30 % af passagerne (hovedsagelig fisketrapperne) og pasningsproblemer ved 19 % (fisketrapper og omløb). Nogle steder var der både anlægstekniske- og pasningsproblemer (Nielsen 1997a). Hvis dette er et generelt problem (hvilket ud fra erfaringer andre steder er særdeles sandsynligt, bl.a. set ved en undersøgelse i Ringkøbing Amt), betyder det i praksis, at mange fisk alene af denne årsag ikke når ret langt op i vandsystemerne. Problemet kan minimeres, hvis det er muligt at fjerne spærringerne eller at sikre en optimal drift af eksisterende fiskepassager (kræver generelt en ombygning og mere vandtilførsel).

Flere danske amter har taget konsekvensen af, at små fiskepassager ikke virker ret godt, og prioriterer nu en fuldstændig fjernelse af forhindringerne eller etablering af stryg og omløb med en stor vandføring meget højt. Som eksempler kan nævnes:

- Fyns Amt anbefalede allerede i 1992, at hvor det overhovedet er teknisk muligt, bør der anlægges omløbsstryg ved blivende spærringer eller stryg i forbindelse med fjernelse af spærringer, og at det uanset valg af løsning som hovedregel bør sikres, at hovedparten af vandløbets vandføring ledes gennem den pågældende fiske-/faunapassage (Fyns Amt 1992). Herefter har amtet etableret en lang række projekter, hvoraf flere har kostet flercifrede millionbeløb. Nu er der fri passage op til 430 km af de 575 km fynske amtsvandløb (Hansen 1996a&b, Rugaard 2002a&b, amtets hjemmeside samt Wiberg-Larsen (oplysning).
- Århus Amt har fjernet en del opstemninger og bygget stryg i stedet, bl.a. i Århus Å, Hadsten Lilleå m.fl. (Kaarup 1997b, 1998 samt amtets hjemmeside)
- Ringkøbing Amt har lige som Århus Amt opkøbt en del dambrugsopstemninger og nedlagt dem (Glüsing 1999).
- Vejle Amt har i de senere år fjernet mange stemmeværker, hvoraf nogle havde dårligt fungerende fiskepassager (bl.a. en del, amtet selv etablerede for 10-15 år siden) og genskabt de naturlige forhold med fuld vandføring (se fx Nielsen 1994a&b, Frandsen 1998)
- Århus-, Viborg- og Vejle amter har ombygget eksisterende opstemninger ved store dambrug i Hadsten Lilleå, Karup Å og Vejle Å til stryg direkte i vandløbet, så dambrugsdriften kunne fortsætte ved vandindtag fra åen uden en egentlig opstemning. Sådanne løsninger kan ikke laves alle steder ved produktionsanlæg, der er i drift, men bør altid overvejes.

Ved udarbejdelsen af denne rapport har det lidt overraskende vist sig, at der blandt mange udenlandske artikler og bøger om fiskepassager kun er publiceret ganske få resultater over selve effektiviteten af fiskepassagerne (Clay 1995, Lucas & Baras 2001). Man har ofte registreret de fisk, der svømmer gennem en fiskepassage, enten ved fældefangster, fisketællere etc. Men man kender sjældent fiskebestandens størrelse i vandløbet og ved derfor ikke, om passagen er effektiv nok. Derfor må det mange steder tages med forbehold, om passagerne virker godt, også selv om forfatteren selv skriver det.

Eksempelvis er der lavet omfattende undersøgelser af en fisketrappe i den finske elv Kemijoki, som er 200 m bred og har et afstrømningsområde på 51.000 km² (større end Danmarks 43.000 km²). Opstemningen ligger tre km fra udløbet i den Botniske Bugt, og der ledes ca. 1 m³ gennem fisketrappen (under 1 o/oo af den samlede vandføring). Fire års undersøgelser i fisketrappen gav bl.a. fangst af 145-186 havørreder årligt (gennemsnitsfangster på 1,2-1,6 havørreder pr. dag), og forfatterne til artiklen konstaterer, at *havørrederne ikke syntes at have nogen særlige problemer med at finde og svømme op gennem fisketrappen* (Laine m.fl. 2002). Men set i lyset af, at man i gode danske ørredbække på 1-2 meters bredde kan finde en årlig opgang på flere hundrede havørreder,

kan det undre, at man ikke i artiklen forholder sig mere kritisk til, om det er tilfredsstillende med en årlig opgang på under 200 havørreder i fisketrappen i Kemijoki.

Jf. drøftelserne af fig.2.1 er det vigtigt at vide, hvor stor en del af bestanden, der finder gennem de enkelte passager. Derfor er der ved vurderingen af de forskellige typer fiskepassage i denne rapport lagt mest vægt på de undersøgelser, hvor man har bestemt effektiviteten af passagerne. Det forudsætter imidlertid, at man kender bestanden af fisk i vandløbet og sammenholder det med antallet af de fisk, der finder gennem passagen, og det er sjældent tilfældet.

Der skal gøres opmærksom på, at mange fisk også har problemer med at finde nedstrøms på deres vandringer fra vandløbene til havet. Derfor indeholder denne rapport også et afsnit om nedstrøms passage ved opstemningsanlæg.

I kapitel 7 og 8 er der givet en gennemgang af fordele og ulemper ved forskellige typer af fiskepassager, idet der samtidig er henvist til yderligere litteratur om emnet.

I 1992 anlagde Vejle Amt et omløb med indbyggede gydebanks for ørred uden om en gammel mølleruin ved Kvak Møllebæk. Det meste af bækens vandføring løber altid i omløbet, og ud over at skabe fri fiskepassage har gydebankskerne nu i over 10 år forsynet bækken med så meget ørredyngel, at der altid er 2-6 ørreder pr. meter vandløb i omløbet. Før 1992 blev der hvert år udsat ørredyngel flere steder i bækken, men selv med udsætningerne var bestanden langt mindre end i dag, hvor havørrederne klarer det selv ved gydning overalt i bækken.

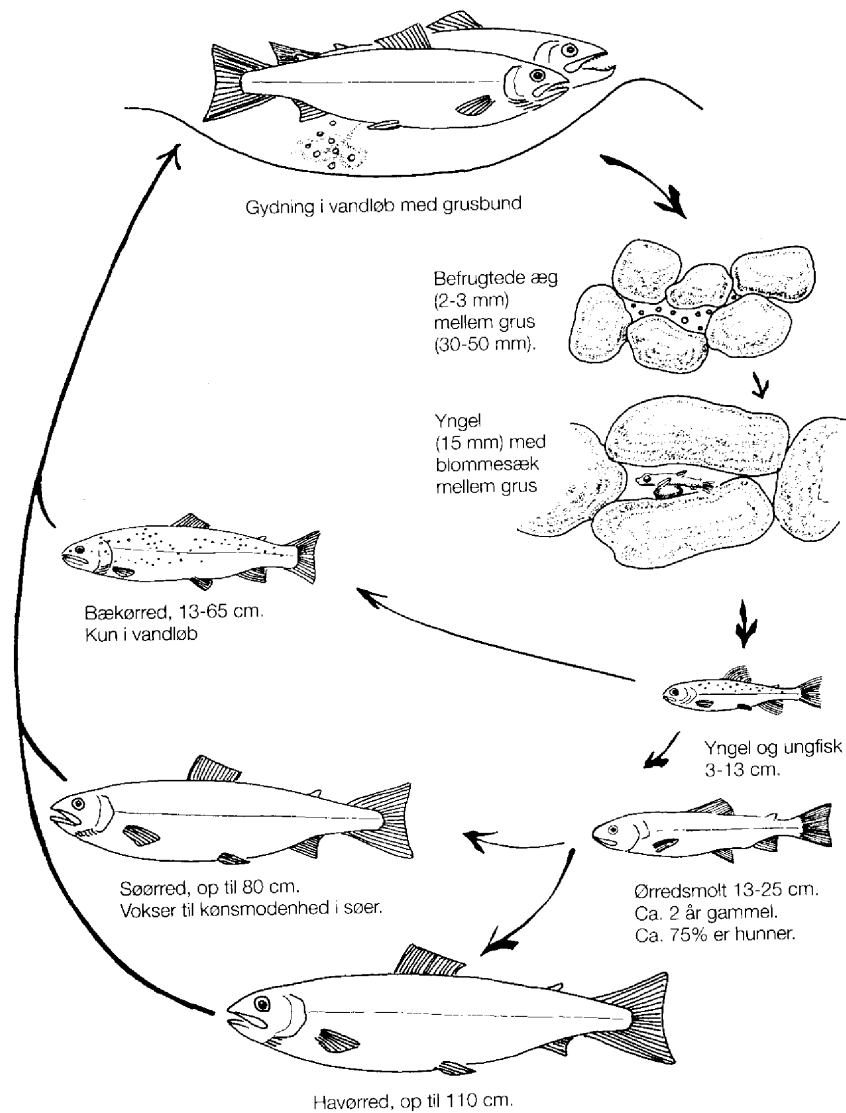
Fotos Jan Nielsen.



3. Fiskenes vandringsmønster

3.1 Fiskenes årstidsbetingede vandring

Nogle fisk vandrer mere rundt i vandløbene og er mere afhængige af at gennemføre vandringerne end andre. Derfor har man traditionelt inddelt fiskene i egentlige vandrefisk og mere stationære fisk. Vandrefisken er f.eks. hav- og flodlampret, rimte, stavsild, majsild og de fleste laksefisk, som gyder i ferskvand, og hvor ynglen eller ungfisken senere drifter eller vandrer ud til de åbne vandmasser i sø, fjord eller havområder. Se f.eks. figur 3.1, der viser ørredens livscyklus. Andre vandrefisk som ål og skrubbe gyder i saltvand, men bruger vandløb og andre ferskvandsområder som opvækstområder.



Figur 3.1

Ørredens livscyklus. Laksens har næsten samme livscyklus, dog regner man med, at alle danske laks udvandrer til saltvand. Figur fra Nielsen (1994b).



Knuden (øverst) kaldes også ferskvandskvabbe og er i familie med torsken. Ørredsmolt (t.v.) og laksesmolt (t.h.) er blanke og har kun vandretrang i ganske få uger om foråret. Hvis de ikke når saltvand i denne periode, mister de evnen til at tåle saltvand og stopper vandringerne (Nielsen m.fl. 2000). Derfor tåler de ikke nævneværdige forsinkelser ved opstemningsanlæg o.lign. . Fotos Jan Nielsen.

Ud over de egentlige vandrefisk bevæger en del af de mere upåagtede fisk sig sandsynligvis mere rundt i vandløbene, end man hidtil har antaget (Peter 1998, Lucas 2003). Eksempelvis vandrede mærkede knuder op til 68 km nedstrøms henh. 84 km opstrøms ved en undersøgelse i Alaska, hvor en enkelt knude (som vandrede både op- og nedstrøms) vandrede i alt 125 km (tabel 3.1)

Tabel 3.1

Registrerede maksimale vandringsslængder i vandløb hos et antal fiskearter, der findes i Danmark, og som normalt ikke opfattes som vandrefisk. En del resultater stammer fra udenlandske undersøgelser.

Fiskeart	Vandring (km)	Reference
Brasen	75	Peter (1998)
Elritse	1	Lucas (2003)
Karpe	11	Peter (1998)
Pigsmerling	10	Lucas (2003)
Hvidfinnet ferskvandsulk	0,048	Peter (1998)
Finnestribet ferskvandsulk	0,7	Lærke & Petersen (2002)
Gedde	56	Andersen & Balleby (2000)
Knude	125	Breeser m.fl. (1988).
Skalle	72	Peter (1998)
Rudskalle	66	Peter (1998)
Strømskalle	24	Pedersen & Poulsen (1989)
Suder	126	Peter (1998)
Sandart	45	Andersen & Balleby (2000)
Stalling	14	Lucas (2003)
Bækklampret	3	Lucas (2003)

Danske undersøgelser over forskellige fiskearter har tilsvarende vist,

- at laksefisken stalling vandrer meget rundt, dels ved drift af den nyklækkede yngel over kilometerlange strækninger, dels ved aktive vandringer af ungfisk og voksne fisk det meste af året (Ejbye-Ernst & Nielsen 1981, Nielsen 1994e & 1995c)
- at tusindvis af sandartyngel i juni måned driftede nedstrøms i afløbet fra Skanderborgsøerne (Nielsen 1994b).
- at der ved fældefangst af opstrøms vandrende fisk i et omløb ved Holstebro Vandkraftværk fra juni til december blev fanget stort set alle de fiskearter, der findes i Storåen nedstrøms vandkraftværket (flodlampret, havlampret, laks, bækørred, havørred, regnbueørred, helt, stalling, ål, skrubbe, gedde, aborre, hork, skalle, brasen, grundling, strømskalle, suder). De arter, der ikke blev fanget i fælden (bæklampret, elritse, 3- og 9-pigget hundestejle), var for små til at blive tilbageholdt (Jørgensen 1992 & 1993).
- at der ved fældefangst fra marts til oktober blev fanget 13 fiskearter på opstrøms vandring i et omløb i Gudenåen ved Vestbirk Vandkraftværk (ørred, stalling, regnbueørred, ål, knude, gedde, aborre, hork, skalle, brasen, elritse, grundling og suder)(Munk & Thomsen 1995).
- at der ved fældefangst hele året i fisketrappen ved Tangeværket blev fanget 15 fiskearter på opstrøms vandring i Gudenåen (ørred, laks, helt, ål, knude, gedde, aborre, hork, sandart, skalle, brasen, flire, løje, rudskalle og 3-pigget hundestejle)(Koed m.fl. 1996).
- at kønsmodne brakvandsaborrer ved Lolland vandrer op i Flintinge Å-systemet fra september til april og vandrer tilbage umiddelbart efter gydningen i april. Store mængder yngel drifter nedstrøms til brakvand kort efter klækningen ca. 20 dage efter gydningen. Ynglen drifter nedstrøms de første ca. 10 dage efter første registrerede klækning, hvorefter ynglen aktivt danner stimer i bredzonen (Olsen 2002).

Man skal altså tage hensyn til nedstrøms drift af fiskelarver, spæd yngel eller små fisk i almindelighed, eksempelvis også af helt-, snæbel- og stallingyngel. Ved disse arter drifter den nyklækkede fiskeyngel hurtigt langt nedstrøms fra gydepladserne kort tid efter klækningen, dvs. februar-april for helt (oplysning fra Jakob Larsen, Ringkjøbing Amt), februar-maj for snæbel (Jensen m.fl. 2003) og maj-juni for stalling (egne undersøgelser). Pga. den lille størrelse og passive drift vil de uvægerligt blive ført med vandet ind på dambrug o.lign., hvor de må formodes at gå til.

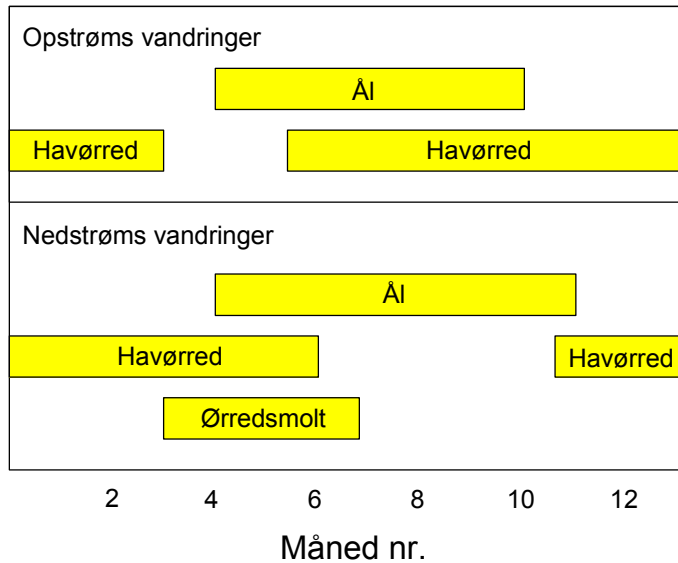
De små og mere stationære arter som f.eks. bæklampret og elritse bevæger sig sandsynligvis også en del rundt i vandløbene, specielt omkring gydetiden, og kan derfor forville sig ind i vandindtag ved dambrug og turbineanlæg m.m.. Eksempelvis udgjorde fangsten af elritse og bæklampret 40 % henh. 18 % af de 188 fisk, der i foråret 2000 passerede ind gennem de lovbefalede 10 mm riste ved vandindtaget til Karup Mølle Dambrug (Nielsen 2000a). Derfor bør vandindtagene til dambrug o.a. indrettes, så fiskene ikke suges med ind (kapitel 8).



Bæklampretten er på Skov- & Naturstyrelsens gulliste som særligt opmærksomhedskrævende og er også udpeget som en EU-habitatart, hvor der skal tages særlige hensyn til den. Foto Jan Nielsen.

Figur 3.2.

Oversigt over ålens og havørredens vandringsperioder i danske vandløb. Ud over smolttrækket om foråret kan der også være et nedtræk af ørredungfisk (såkaldte presmolt) om efteråret, men hyppigheden af dette er relativt ukendt.



Nielsen (1995b) bragte en oversigt over de danske fiskearters vandringsperioder, hvoraf det fremgik, at der altid er fisk på vandring rundt i vandløbene. Her skal blot henvises til to almindeligt kendte danske vandløbsfisk, der findes i alle størrelser vandløb og samtidig har stor økonomisk og rekreativ værdi (figur 3.2):

- Ålen vandrer meget op- og nedstrøms i vandløbene i perioden april-november. Men ålen er som art på en så kraftig tilbagegang, at der i løbet af få år kan forventes kraftige reguleringer af ålefiskeriet fra EU (oplysninger fra Kim Aarestrup, DFU).
- Havørreden starter sine gydevandring fra havet til vandløbene i forsommeren og slutter først med at vandre op i vandløbene sidst på vinteren, hvor gydningen er overstået. Arten gennemfører også nedstrøms vandring i perioden fra gydningens start i oktober-november til midt i juni, hvor såvel udgydte fisk som ungfisk på træk mod havet (smolt) har fundet vej ud i havet. Herved er årscirklen sluttet, alene for en enkelt art, der findes i næsten alle vandsystemer.

Det skal pointeres, at ud over ål og de mest kendte laksefisk er kendskabet til andre arters bevægelsesmønster i vandløbene året igennem ret begrænset, både i Danmark og udlandet (Lucas 2003). Men den generelle konklusion er klar - der er altid fisk på op- eller nedstrøms vandring i de vandløb, der er egnede for fisk.

Kravene i amternes regionplaner om fri fiskepassage til og fra alle fiskevandsmålsatte vandløb (dvs. i både op- og nedstrøms retning) skal derfor opfyldes året rundt. Det betyder, at fiskepassagerne altid skal være i drift i modsætning til hidtil, hvor mange fisketrapper og enkelte omløb kun har fået vand i en begrænset periode omkring laksens og ørredens gydeperiode i efterårs- og vintermånederne. Desuden er vandføringen i mange eksisterende passager alt for ringe.

Laks fra Skjern Å. I gydetiden kendes hannen nemt på den store kæbekrog og den flotte farvedragt. Foto Jan Nielsen.



3.2 Vandføringens betydning for opstrøms vandringer

Vandføringen i vandløb er den parameter, der mest entydigt styrer laksens og ørredens vandringer. Enhver lystfisker ved, at havørreden stiger op i vandløbene efter store regnskyl, hvor vandløbene svulmer op, som det f.eks. er beskrevet i en engelsk lystfiskerbog fra starten af 1900'tallet (Grey of Fallodon, dansk udgave 1967): ”- *Den periode, hvori disse fisk går op i størst tal, er månederne juli og august. Gennem begge måneder samler de sig i stadig større mængde ved mundingerne til små floder og bække, mens de bevæger sig frem og tilbage med tidevandet og venter på, at der skal komme flom. Med enhver pludselig oversvømmelse bevæger store mængder af fisk sig op i floden...*”

Nielsen (1999) og Aarestrup (2001) har gennemgået vandføringens betydning for optrækket af laks og ørred, hvorfra en del af det følgende er hentet vedr. de to arter:

Laksens og ørredens generelle vandringsmønster i relation til vandføringen ret ens, så de fleste laks og ørreder vandrer op i vandløbene ved stigende vandstand eller faldende vandstand efter en periode med høj vandstand (Stuart 1957, Banks 1969, Alabaster 1970, Arnold 1974, Campbell 1977, Winstone m.fl. 1985, Jensen m.fl. 1986, Baglinière m.fl. 1987, Jensen 1988, Milner 1990, Alabaster m.fl. 1991, Kristiansen 1991, Gosset m.fl. 1992, Trépanier m.fl. 1996, Cowx & Welcomme 1998).

Fiskene vandrer altså ikke ved de højeste (ekstreme) vandføringer, men i perioden lige før eller lige efter, hvilket nogle steder skyldes, at det kan være vanskeligt at vandre ved for høje vandhastigheder. Vandringerne kan stoppe eller blive meget begrænsede, når vandføringen er under en vis minimumsværdi (Banks 1969, Campbell 1977, Cragg-Hine 1985, Winstone m.fl. 1985, Jonsson 1991, Jensen & Aas 1991, 1995, Alabaster m.fl. 1991, Gosset m.fl. 1992, Qvenild 1994). Eksempelvis fandt Kristiansen (1991) ud af, at vandkraftværket Harte-værket ved Kolding var den primære årsag til et meget lille gydeoptræk af havørred til Vester Nebel Å, da vandet fra den øverste del af åen ledes væk, så der kun er en meget lille og stabil vandføring. Herved var der ingen flomsituation til at sætte gang i fiskenes opstrøms vandringer.

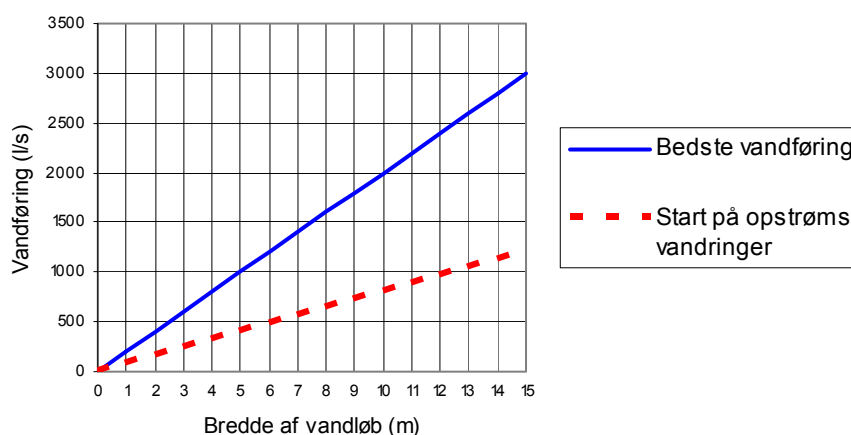
Vandføringen forud for vandringernes start har stor betydning. Stigende vandstand har stor betydning for optrækket af laks til den skotske flod Aberdeenshire Dee efter en periode med lav vandstand (typisk om sommeren), mens det ikke betyder noget efter en periode med højere vandstand end normalt (Smith m.fl. 1994). Tilsvarende blev optrækket af havørred til Kolding Å forsinket i efteråret 1989, hvor vandføringen var langt under normal. Hovedtrækket kom først efter en kortvarig flom i december. I 1990 var afstrømningen noget større i juni–september og det relative optræk af havørreder langt større i denne periode (Kristiansen 1991).

Det er vigtigt at kende de vandføringer, hvor fiskene (herunder laks og ørred) vandrer opstrøms i vandløbene på gydevandring. Et godt kendskab hertil er nødvendigt for at vurdere eller beregne, hvor meget vand man evt. kan tillade sig at fjerne fra de enkelte vandløb (til turbiner, dambrug, drikkevand m.m.) uden at ødelægge det naturlige optræk af fisk (Cragg-Hine 1985, Winstone m.fl. 1985). Sammenhænge er beskrevet i engelsk litteratur i forbindelse med vandindvinding til industrielle formål m.m. og er særdeles relevante ved danske dambrug og turbineanlæg m.m..

Cragg-Hine (1985) og Crisp (1993) beskrev en generel sammenhæng til bestemmelse af, hvornår laks og ørred trækker opstrøms i vandløb, og sammenhængen er for nylig gengivet i en rapport fra organisationen FAO (Food and Agricultural Organisation) i Rom (Cowx & Welcomme 1998). De vandføringer, der udløser laksens og ørredens opstrøms vandringer i naturlige vandløb uden

Figur 3.2

Den mest intensive opstrøms vandring af laks og ørred finder sted ved en vandføring, der svarer til 200 l/s/m vandløbsbredde, og der kan ikke forventes egentlige opstrøms vandringer ved vandføringer under 80 l/s/m vandløbsbredde. Fiskene vandrer også opstrøms ved vandføringer over 200 l/s/m, men optrækket er da aftagende med stigende vandføring. Figuren er lavet på basis af oplysninger og anbefalinger i Cragg-Hine (1985), Crisp (1993) og Cowx & Welcomme (1998).



vandindvinding (voksne, kønsmodne fisk), defineres kort og godt som vandføring pr. m vandløbsbredde (figur 3.2). Fiskenes opstrøms vandringer begynder primært, når vandføringen stiger til 80 l/s/m, kulminerer ved 200 l/s/m og reduceres ved større vandføringer, hvor der dog også foregår et optræk, bortset fra ved de mest ekstreme vandføringer. Det skal bemærkes, at der er tale om en generel sammenhæng. Derfor kan der altid findes lokale undtagelser som f.eks., at der også kan ses optrækkende fisk ved lavere vandføringer – men hovedtrækket sker ved større vandføringer som beskrevet på figur 3.2, og der er i det hele taget kun fundet velfungerende danske fiskepassager, hvis en stor del af vandføringen løber gennem passagerne (se afsnit 7.8).

Den nævnte FAO-rapport er udarbejdet af en rådgivende Europæisk arbejdsgruppe, som skulle beskrive effekten på fiskebestandene pga. fysiske ændringer af det akvatiske miljø. Arbejdsgruppen (*European Inland Fisheries Advisory Commission on the Effects of Physical Modifications of Aquatic Habitat on Fish Populations*) bestod af 37 biologer o.lign. fra 10 europæiske lande (Norge, Finland, Polen, Tyskland, England, Irland, Holland, Belgien, Schweiz og Frankrig). Den brede sammensætning af gruppen skulle sikre, at rapportens konklusioner kan bruges generelt i Europa. Men for at være helt sikker på, at sammenhængen også kan bruges i Danmark, har jeg spurgt en af rapportens redaktører, om FAO's sammenhæng (figur 3.2) kan bruges for laks og ørred i danske vandløb.

Redaktøren Ian Cowx (der foruden en meget stor produktion af fiskefaglige bøger og artikler også er institutleder på Hull International Fisheries Institute i England og redaktør af det videnskabelige tidsskrift *Fisheries Management and Ecology*) svarede hertil i december 2003, at ”de oplysninger, der bruges fra FAO-håndbogen er så gode, som man kan uddrage af et generelt system. Man skal dog være opmærksom på, at større vandføringer er nødvendige for at få fisk til at passere spærringer (naturlige og kunstige), og fiskene skal også have opholds-høller og dybt vand for at passere dæmninger etc.”

Således bekræftet i, at FAO-sammenhængen fra figur 3.2 også kan bruges i danske vandløb, er det valgt at bruge sammenhængen til en generel vurdering af, hvordan vandindvinding fra danske vandløb vil kunne påvirke det naturlige optræk af laks og ørred. Det er her vurderet, hvor meget vand, der evt. kan bortledes fra den enkelte vandløbsstrækning, uden at det påvirker laksens og ørredens naturlige optræk væsentligt (beskrevet i afsnit 3.3).

Kendskabet til andre arters afhængighed af vandføringen er mere begrænset (Lucas & Baras 2001). Men der er bl.a. fundet en nøje sammenhæng mellem vandføringen og optrækket af flodlampretter,

så der trækker mange flodlampretter op i vandløbene ved høje vandføringer (Aronsoo m.fl. 2002). Det må formodes, at tilsvarende gør sig gældende for mange andre fisk, da det er nemmere for fisk at passere forhindringer (styrt o.lign) ved store vandføringer, og det samtidig er nemmere for fiskene at skjule sig for rovfisk, fugle o.a. fjender.

Det er afgørende, at fiskene har fri passagemulighed på deres opstrøms vandringer. Det betyder, at der ved udnyttelse af vand fra vandløbet til eksempelvis dambrugs- eller turbinedrift kun bør indtages en fast, mindre vandmængde, og at alt andet vand bør afgives samlet gennem passager, der kan fungere ved alle vandføringer. Disse passager bør være udformet som naturlige vandløb med dimensionerer så vidt muligt svarer til de naturlige vandløbsforhold på lokaliteten.

3.3 Konkret vurdering af vandindvindingens betydning i to typer danske vandløb

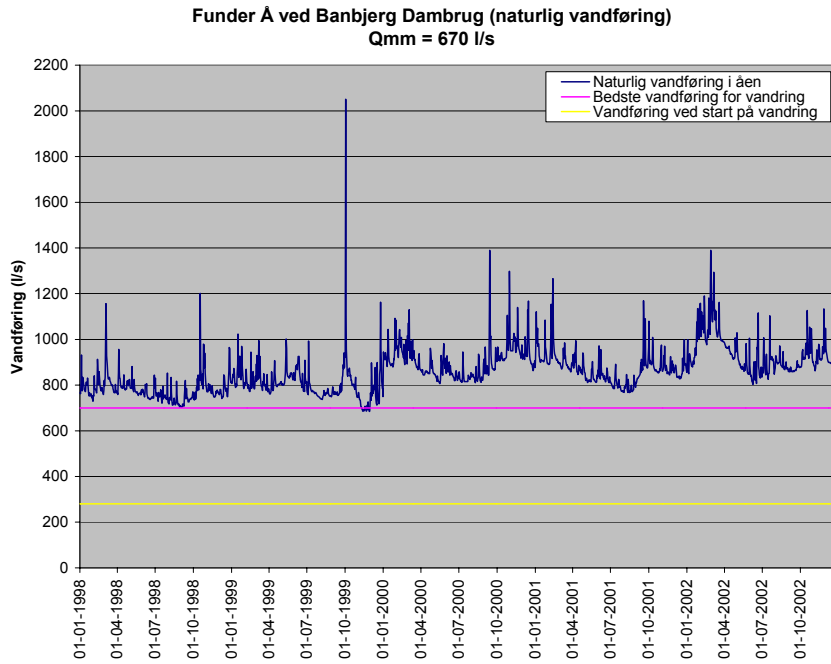
Med udgangspunkt i FAO's sammenhæng for de vandmængder, der udløser laksens og ørredens opstrøms vandringer i vandløb (figur 3.2), er der lavet en vurdering heraf ved to typer danske vandløb. Århus Amt har stillet data til rådighed for den daglige vandføring i Funder Å og Hadsten Lilleå i en femårs periode 1998-2002. Funder Å får det meste vand fra grundvandet og har derfor en ret stabil vandføring året rundt, mens Hadsten Lilleå får meget af sit vand fra en mere overfladisk afstrømning og har store udsving i vandføringen. Der ligger dambrug ved begge vandløb.

Vurderingen belyser den forventede reaktion hos de laks og ørreder, der møder en strækning af et vandløb med reduceret vandføring på deres opstrøms vandringer (som fx når der bortledes vand fra vandløbet til dambrugsdrift). Med andre ord, hvor meget vand kan der ledes væk fra vandløbet, uden at fiskene forventes at stoppe op eller bliver nævneværdigt forsinket under deres vandringer ?

I denne vurdering indgår der ingen bedømmelse af, hvordan en evt. fiskepassage ved et dambrug virker. Vurderingen gælder udelukkende, hvordan vandføringen i vandløbet påvirker laksens og ørredens naturlige opstrøms vandretning, mens man andre steder i rapporten kan finde beskrivelser og vurderinger af, hvordan en passage bør indrettes. Men det skal pointeres, at en fiskepassage bør indrettes så naturlignende som muligt, så fiskene ikke mærker nogen nævneværdig forskel, når de møder den på deres vandringer. Passagen bør optimalt set indrettes som et naturligt vandløb med dimensioner som det vandløb, fiskene i forvejen vandrer i eller naturligt vil kunne finde i vandløbet (bredde, dybde, fald, vandføring m.m.). Hvis fiskene således svømmer op gennem et 10 m bredt vandløb med "bedste" vandføring for optræk på 2000 l/s (200 l/s/m), kan man ikke forvente, at de vil svømme gennem en 2 m bred fiskepassage, hvor der også løber 200 l/s/m, svarende til 400 l/s.

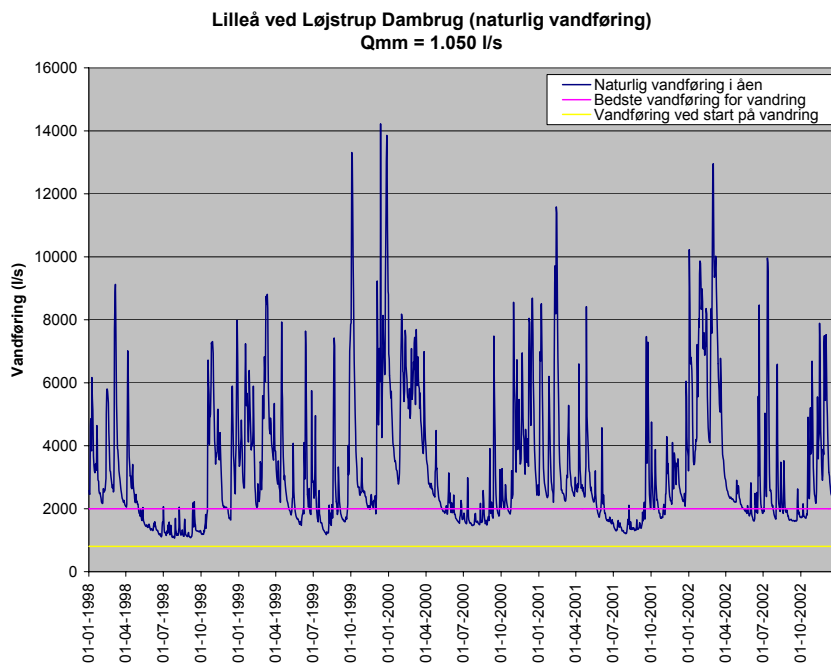
Figur 3.3 og 3.4 viser de naturlige vandføringer i Funder Å og Hadsten Lilleå (uden vandindtag) sammen med en indtegnet linie for den vandmængde, hvor der iflg. FAO er den mest intense opvandring af laks og ørred. Det skal bemærkes, at der også sker opvandring ved større vandmængder end "bedste" vandføring, men da med faldende intensitet, når vandføringen stiger.

Figurerne viser, at vandføringsforholdene er meget forskellige i de to vandløb, og at Hadsten Lilleå har langt større variation i vandføringen end Funder Å. Ser man på FAO's tal for, hvornår laks og ørred begynder med at trække opstrøms (ved 80 l/s/m, svarende til 280 l/ i Funder Å og 800 l/s i Hadsten Lilleå), viser figur 3.3 og 3.4, at disse vandføringer findes naturligt i begge vandløb året rundt. I Funder Å løber FAO 's "bedste" vandmængde naturligt i åen i 99 % af tiden, mens vandføringen i Hadsten Lilleå kun er stor nok til et optimalt optræk af laks og ørred i 67 % af tiden (hvor der løber 2.000 l/s eller mere). Dette er dog naturligt og ikke noget problem for bestanden.



Figur 3.3

Den naturlige vandføring 1998-2002 i Funder Å ved Banbjerg Dambrug, hvor Funder Å er ca. 3,5 m bred og iflg. FAO giver de bedste betingelser for opstrøms vandring af laks og ørred ved 700 l/s. Figuren viser vandføringen i åen, før der er taget vand ind til dambruget.



Figur 3.4

Den naturlige vandføring 1998-2002 i Hadsten Lilleå ved Løjstrup Dambrug, hvor Hadsten Lilleå er ca. 10 m bred og iflg. FAO giver de bedste betingelser for opstrøms vandring af laks og ørred ved 2.000 l/s. Figuren viser vandføringen i åen, før der er taget vand ind til dambruget.

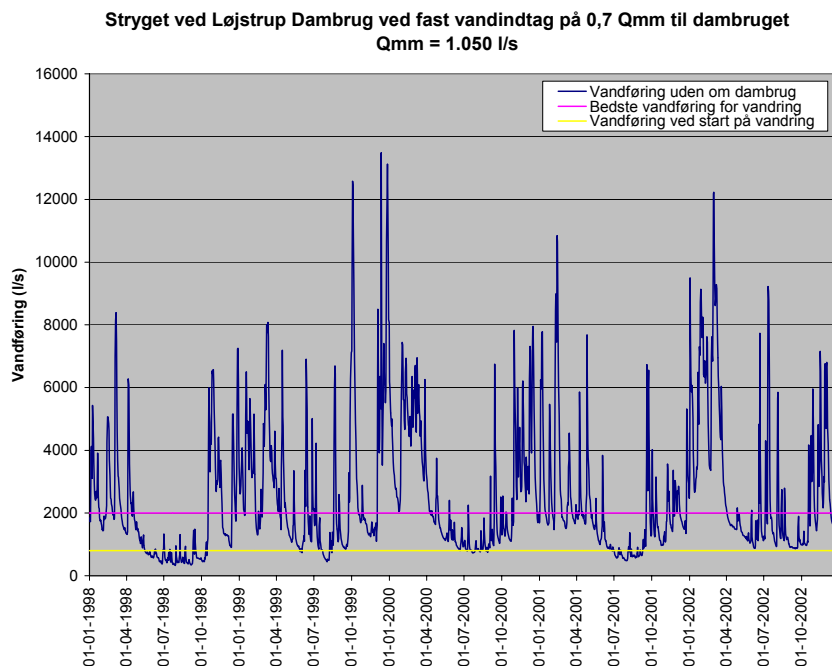
Situationen i Hadsten Lilleå, hvor vandføringen i tørre perioder er mindre end FAO's "bedste" vandføring, svarer godt til erfaringerne fra Hadsten Lilleå, hvor det egentlige optræk af laks og havørred som regel observeres i perioder med nedbør og en relativt stor vandføring i åen. Det ses ligeledes, at der i visse år naturligt er månedlange perioder, hvor vandføringen i Hadsten Lilleå er så lille, at der ikke er optimale betingelser for opstrøms vandringer. Fx i somrene 1998 og 2001 (samt også 2003, men vandføringen i 2003 er ikke med på figuren). Det skal her bemærkes, at det i disse situationer reducerer vandringerne ekstra, hvis der bortledes vand fra vandløbet til dambrugsdrift, hvilket er normalt (diskuteres senere i dette afsnit).

I juni 2001 fjernede Århus Amt opstemningen ved Løjstrup Dambrug og anlagde et stryg direkte i åen, som principielt forventes at være fuldt passabelt for laks og havørred på opstrøms vandringer. Indtaget af vand til dambruget er normalt ca. 0,7 Qmm¹ (ca. 735 l/s), og alt overskydende vand løber uden om dambruget og gennem stryget. Herefter undersøgte amtet optrækket af laks og havørred i 2001 og konkluderede, at stryget var passabelt bortset fra i perioder med en lille vandføring, hvor der som følge af en ringe lokkevirkning fra stryget skete en ophobning af gydefisk nedstrøms dambruget. Tilsvarende situationer med dårlig fiskepassage i stryg og omløb med en relativt lille vandføring er også set ved en del andre danske fiskepassager (afsnit 7.8).

Figur 3.5 viser grafisk, hvordan vandføringen er i stryget og åen uden om Løjstrup Dambrug, hvis dambruget indtager 0,7 Qmm. Det ses da, at der i de tørreste perioder ikke er vand nok i åen uden om dambruget til, at FAO's mindstekrav er opfyldt (der løber da under 80 l/s/m). Det sker dog ret sjældent, og i 42 % af tiden er der stadig vand nok til at sikre "bedste opvandring" (200 l/s/m). I 2001, hvor Århus Amt fandt en ophobning af gydefisk nedstrøms dambruget i en periode med lille vandføring, var der dog så lidt vand i en ca. tre måneder lang periode om sommeren, at FAO's "bedste" vandmængde aldrig løb uden om dambruget, og at FAO's "mindste" vandmængde også blev underskredet i de tørreste perioder. Der vurderes således at være en fin overensstemmelse mellem undersøgelsens resultat og FAO's generelle sammenhæng. Der kan her også henvises til afsnit 7.7, hvoraf det fremgår, at der efter en tør sommer og et regnfattigt efterår i 2003 ikke blev fanget ret mange havørreder ved elektrofiskeri i Hadsten Lilleå opstrøms Løjstrup Dambrug, mens der til gengæld var vandret mange havørreder ind på selve dambruget (formentlig pga. en relativt kraftig lokkestrøm fra dambrugets udløb, sammenlignet med vandføringen fra stryget).

Det skal bemærkes, at dambrugets ejer har observeret, at fra de første havørreder ankommer omkring Grundlovsdag vælter det op med havørreder på alle tider af dagen ved alle former for vandstande, og at alle laksefisk hele året går op og ned gennem stryget, ganske som de lyster (Kjeldsen, personlig oplysning dec. 2003). Dette kan umiddelbart opfattes som værende i strid med konklusionen i Århus Amts undersøgelse og FAO's generelle sammenhæng mellem optræk og betydende vandføring. Men også kun umiddelbart, for der er ingen tvivl om, at stryget er en af de bedste danske faunapassager, at der vandrer mange havørreder gennem stryget, og at der også trækker fisk op ved små vandføringer (også set i andre vandløb) – men alle undersøgelser viser, at hovedoptrækket af laks og ørreder i vandløb sker i perioder med meget vand, og det er dette, der bliver vurderet i dette afsnit.

¹ Qmm kaldes også Medianminimum og er et beregnet medianudtryk (en slags gennemsnit) for den mindste sommervandføring over en årrække, hvor halvdelen af de målte mindstevandføringer er mindre end Qmm og halvdelen over.



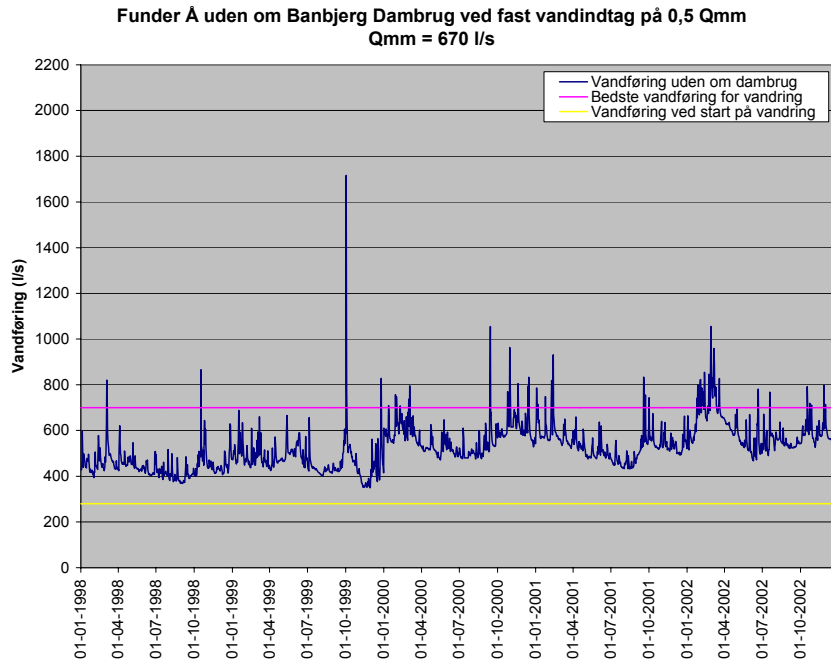
Figur 3.5

Den beregnede vandføring i stryget ved Løjstrup Dambrug, hvis dambruget indtager 0,7 af Qmm. Stryget blev etableret i juni 2001, så de beregnede vandføringer for dette tidspunkt viser blot, hvordan vandføringen ville have været uden om dambruget, hvis vandindtaget havde været det samme.

Med henblik på at vurdere hvilken vandmængde, der kan bortledes fra vandløbene til dambrugsdrift o.lign. uden at forringe passagemulighederne væsentligt, er der lavet to figurer, hvor et vandindtag på 0,5 Qmm er vurderet (figur 3.6 og 3.7). Der er anvendt to figurer, idet der som tidligere nævnt er stor forskel på vandføringen i vandløb, der får det meste vand fra grundvand (Funder Å) eller overfladevand (Hadsten Lilleå).

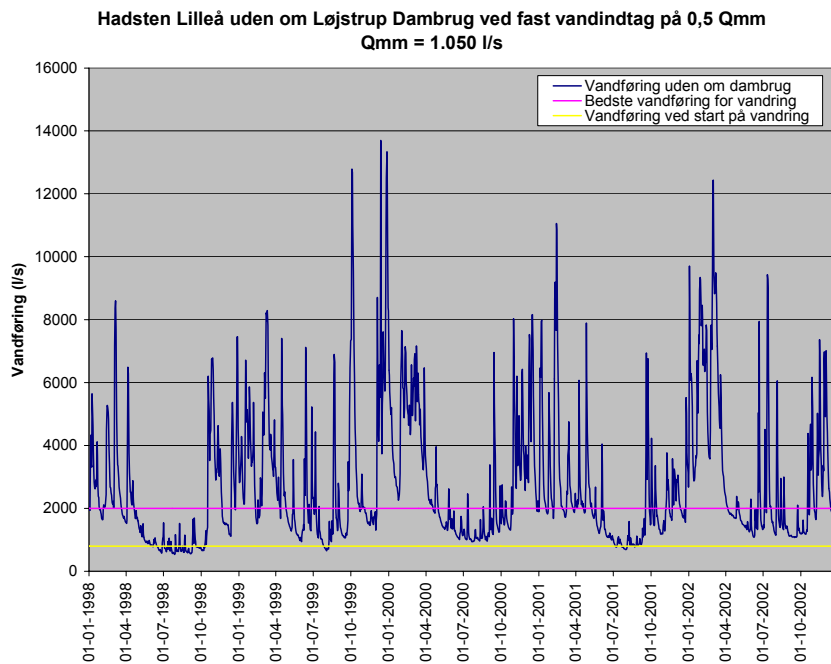
Selv om et vandindtag på halvdelen af medianminimum ikke anses for at være noget særligt stort indtag (hvis man ser på, hvad mange dambrug indtager i dag), ses et sådant indtag tydeligt at have en meget stor effekt på den grundvandsfødte Funder Å. Fra at opfylde FAO's krav til bedste vandføring i 99 % af tiden uden vandindvinding (figur 3.3), falder vandmængden uden om dambruget så meget, at FAO's krav om bedste vandføring kun er opfyldt 4 % af tiden (figur 3.6). Sådan er situationen i dag, hvor dambruget iflg. Århus Amt gennemsnitligt indtager ca. 350 l/s (52 % af Qmm). Ved dette vandindtag løber der så meget vand uden om dambruget, at FAO's krav om mindste vandføring for optræk altid er opfyldt. Men FAO's krav om bedste vandføring er som nævnt kun opfyldt 4 % af tiden.

Effekten af et vandindtag på 0,5 Qmm er ikke nær så stor i Hadsten Lilleå, der uden vandindtag opfylder FAO's krav til bedste vandføring i 67 % af tiden (figur 3.4). Hvis dambruget indtager 0,5 Qmm opfyldes FAO's krav til bedste vandføring dog stadig i 48 % af tiden (figur 3.7), og FAO's krav om mindste vandføring for optræk er stort set altid opfyldt. Der vil være lange perioder om sommeren, hvor vandføringen uden om dambruget er under det optimale - men det ville også være tilfældet uden vandindvinding, blot i mindre grad. Det vurderes derfor, at et vandindtag på 0,5 Qmm ikke vil påvirke optrækket af ørred og laks i Hadsten Lilleå væsentligt.



Figur 3.6

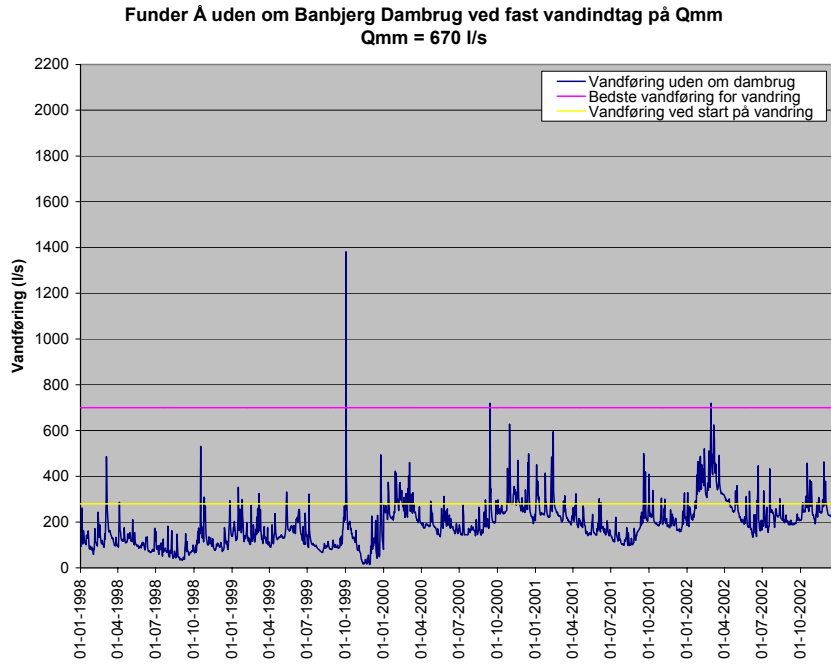
Beregnet vandføring 1998-2002 i Funder Å uden om Banbjerg Dambrug, hvis dambruget indtager 0,5 Qmm.



Figur 3.7

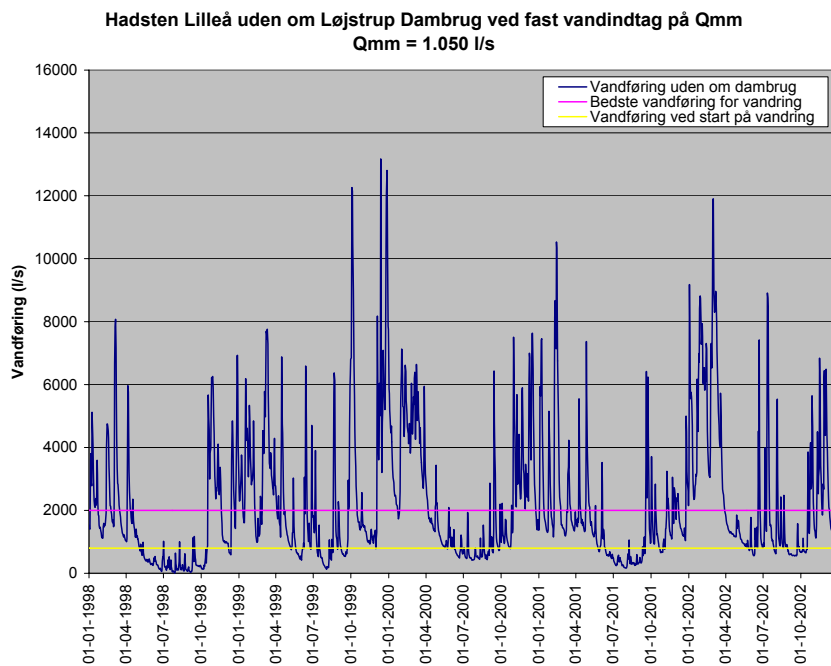
Beregnet vandføring 1998-2002 i Hadsten Lilleå uden om Løjstrup Dambrug, hvis dambruget indtager 0,5 Qmm.

Hvis en tilsvarende vurdering laves for de to vandløb ved et forøget vandindtag til dambrugene på Qmm (figur 3.8 og 3.9), ses der en særdeles tydelig negativ effekt:



Figur 3.8

Beregnet vandføring 1998-2002 i Funder Å uden om Banbjerg Dambrug, hvis dambruget indtager Qmm.



Figur 3.9

Beregnet vandføring 1998-2002 i Hadsten Lilleå uden om Løjstrup Dambrug, hvis dambruget indtager Qmm.

Passageforholdene vil stort set blive ødelagt i Funder Å, hvor selv FAO's minimumskrav til mindste vandføring kun sjældent vil blive opfyldt.

I Hadsten Lilleå vil der også være perioder, hvor FAO's minimumskrav til mindste vandføring kun sjældent er opfyldt, og der vil kun være "bedste" vandføring eller mere i 36 % af tiden. Passageforholdene vil være forringede det meste af tiden hvert år fra ca. 1. april til 1. oktober. Dette vil være meget uheldigt, idet laksen starter sine vandringer op i vandløbene i april og havørreden i maj. Og da gydningen finder sted fra oktober (laks) og november (ørred), vil et vandindtag på Qmm forringe gydemulighederne for de to arter.

Det kan sammenfattende konkluderes,

- at laks og ørreder hovedsagelig vandrer opstrøms i perioder med stor vandføring, selv om der også kan findes et mindre træk af fisk ved mindre vandføringer.
- at der naturligt må forventes en forsinkelse eller reducere i antallet af ørreder og laks på opstrøms vandring i vandløb i perioder med lille vandføring. Bortledning af vand fra vandløbet kan forlænge perioden og reducere antallet af forbipasserende fisk, idet fiskene da skal passere gennem en vandløbsstrækning med en unaturligt lille vandføring.
- at man nøje bør vurdere vandføringsforholdene i det enkelte vandløb, før der træffes afgørelse om den vandmængde, der kan bortledes fra vandløbet (er vandløbet hovedsagelig grundvandsfødt eller ej, hvilke arter hører naturligt hjemme i vandløbet ?)
- at den tilladte indvinding af overfladevand i grundvandsfødte vandløb med en relativt stabil vandføring året rundt principielt bør være væsentligt mindre end indvindingen fra vandløb, der har større udsving i vandføringen.
- det vurderes, at indvindingen af overfladevand fra vandløb med ørred- eller laksebestande ikke bør overstige halvdelen af medianminimum på enkeltlokaliteter, hvis en optimal faunapassage skal tilgodeses (hvis flere dambrug tager vand ind samme sted, bør den samlede indvinding ikke overstige $\frac{1}{2}$ Qmm).

3.4 Vandføringens betydning for nedstrøms vandringer

Nielsen (1997c & 1998) lavede et litteratursammendrag over smoltvandringer hos laks og ørred, hvorfra en del af nedenstående er bragt:

De fleste smolt starter vandringerne alene, men slutter sig efterhånden sammen i grupper på få fisk eller egentlige stimer. Det sker specielt, når smolten når de dybe dele af vandløbet eller strækninger, hvor der er rovfisk m.m. (Bakshtanskiy m.fl. 1980 & 1988). Stimeadfærden er en beskyttelse for den enkelte fisk, som er langt mere udsat for at blive ædt, hvis den svømmer alene. Hvis der er fare på færde, synes vandringerne at blive "forvirrede" og kan evt. stoppe helt.

Laksesmoltene kan bevæge sig på flere måder under sit træk mod saltvand - dels passivt, hvor den følger med hovedstrømmen (Hesthagen & Garnås 1986), dels aktivt ved nedstrøms svømning eller ved at holde sin position mod strømmen, så den ikke flytter sig (Fried m.fl. 1978). Laksesmolt i stimer vandrer som regel i overfladen i det åbne vand og kan bevæge sig hurtigt nedstrøms, når betingelserne er gode (Bakshtanskiy m.fl. 1980 & 1988, Hvidsten & Johnsen 1993). Gode betingelser defineres som situationer, hvor rovfisk m.m. har dårlige jagtbetingelser som f.eks. ved stor vandføring, uklart vand, i mørke nætter eller kraftigt solskin, som blænder rovfiskene og får de sølvblanke smolt til at falde i med omgivelserne.

Lige som ved laksens og ørredens opstrøms gydevandringer i vandløb er vandføringen en af de vigtigste faktorer for intensiteten af smolttrækket hos laks og ørred (selv om vandtemperaturen også har stor betydning). Antallet af vandrende smolt stiger normalt ved stigende vandføring, som giver gode vandhastigheder, uklart vand og bedre muligheder for smoltene overlevelse (Thorpe & Morgan 1978, Bertmar 1979, Hansen & Jonsson 1985, Hesthagen & Garnås 1986, Hvidsten & Hansen 1988, Dieperink 1988, Berg & Berg 1989, Hansen 1990, Kennedy m.fl. 1991, Greenstreet 1992a, Bohlin m.fl. 1993, Hvidsten & Johnsen 1993, Jonsson m.fl. 1993, Rottiers & Redell 1993, Carl & Larsen 1994, Thorpe 1994, Munk & Thomsen 1995, Jørgensen m.fl. 1996, Aarestrup 2001, Curran 2002).

Man må som udgangspunkt formode, at nedtrækkende smolt og andre fisk på nedstrøms vandring fordeler sig efter vandføringen, så eksempelvis 75 % af smoltene vil vandre i den retning, hvor 75 % af vandet løber (Koed 2003). Problemstillingen er undersøgt af Plesner (1994) i Gudenåen omkring Vestbirk Vandkraftværk, hvor et omløb fik ca. 15 % af vandet (50 % af medianminimum), mens resten blev ledt ned til kraftværket, hvor der var en fiskesluse umiddelbart foran en skrånstillet 10 mm rist foran turbinerne. Der var opsat 100 % effektive fælder i omløbet og i fiskeslusen, så en sammenligning af fangsten i de to fælder fortæller noget om, hvordan vandrefiskene fra Gudenåsystemet opstrøms fælderne fordelte sig efter vandføringen. Resultaterne viste følgende forhold mellem fangsten i omløbet i forhold til den samlede fangst i de to fælder:

Udsatte smolt:

- Ca. 30 % af de 592 genfangne (udsatte) laksesmolt fandt omløbet
- Ca. 15 % af de 811 genfangne (udsatte) ørredsmolt fandt omløbet.

Vildfisk:

- Ca. 4 % af den samlede fangst på 1.188 vilde ørredsmolt var fra omløbet.
- Ca. 3 % af den samlede fangst på 1.384 gulål var fra omløbet
- Ca. 0,1 % af den samlede fangst på 2.461 blankål og halvblanke ål var fra omløbet

Det var således kun en lille del af ålene og smoltene, der fandt omløbet, og de vilde smolt havde langt sværere ved at finde det end de udsatte smolt. Bedømt ud fra den relative vandføring blev der således fanget et lille antal vilde ørredsmolt og ål i omløbet i forhold til det forventede. Plesner forklarer dette med, at de udsatte fisk må have haft en anden adfærd end de vilde. Men overordnet set var det meget tydeligt, at omløbet kun tiltrak en meget lille andel af de nedstrøms trækkende fisk, selv om der løb 15 % af vandet i omløbet (svarende til 50 % af medianminimum).

Andre smoltundersøgelser, hvor der er afgivet varierende mængder frivand til fiskepassage uden om opstemningsanlæg, har givet smolttab på 18-71 % ved de enkelte anlæg (tabel 3.2). Der ser som forventet ud til at være det mindste smolttab ved stigende frivandsafgivelse – men selv ved den største afgivelse af frivand på 138 % af medianminimum var tabet på 18 %. Desuden bliver smoltene forsinket ved opstemningerne, og de har jo kun nogle få uger til at nå ud til havet. Man skal her også tænke på, at fiskene som regel skal passere flere opstemninger på trækket til havet. Derfor kan det være meget kritisk for bestanden, hvis der forsvinder 18 % eller mere ved hver opstemning, og fiskene samtidig forsinkes flere dage hvert sted.

En anden laksefisk, snæblen, fortjener en særlig omtale. Den betegnes som den sjældneste laksefisk i verden, idet den er uddød i Tyskland og Holland og nu kun findes i Danmark med en meget lille bestand i den danske del af Vadehavsområdet (Jensen m.fl. 2003). Hvidt & Christensen (1990) undersøgte snæblens biologi, som på mange måder forventes at ligne heltens samt til en vis grad stallingens, hvad angår driften af den spæde yngel. De beskriver, at små larver i heltfamilien kun

Tabel 3.2

Smolttabet og forsinkelsen af fiskenes vandringer ved forskellige opstemninger. Forsinkelsen er defineret som det antal dage, der gik, indtil halvdelen af fiskene var kommet forbi opstemningen. Data fra Munkbro Dambrug er fra Balleby (2002), mens øvrige data er fra Aarestrup m.fl. (2000).

Opstemning	Art	Smolttab (%)	Forsinkelse (dage)	Medianminimum (l/s)	Vandføring til fiskepassage (% af medianminimum)
Mattrup Mølle	Ørred	18	9	463	138
Breinholm Mølle Dambrug	Ørred	31	0	550	68
Breinholm Mølle Dambrug	Laks	53	7	550	66
Lystrup Dambrug	Ørred	25-30	3	240	56
Vellingskov Dambrug	Ørred	56-71	4	940	25
Munkbro Dambrug	Ørred Laks	53 5	7-14 1-2	350	89

kan modstå vandhastigheder på 7-8 cm/s, hvorefter de bliver revet med ned ad vandløbet, hvis de ikke kan finde strømlæ langs bredderne. Derfor er det da også i en national forvaltningsplan for snæblen (Jensen m.fl. 2003) fremhævet, at indsatsen for at hjælpe snæblen i første omgang bør koncentreres om de mest åbenlyse problemer som spærringer ved stemmeværkerne og forbedring af passagemulighederne for yngel på nedstrøms vandringer (drift).

Danske undersøgelser i Brede Å og Gudenåen viste, at vandføring og månefase var de faktorer, der bedst kunne beskrive nedtrækket af blankål i Gudenåen, hvor stigende vandføring var den vigtigste i Gudenåen (Tveskov 1999) og bl.a. udløste et stort træk af blankål i Brede Å på et tidspunkt, hvor månefasen ikke var gunstig (Nielsen 1981). I Norge steg antallet af blankål i elven Imsa ligeledes ved stigende vandføring (Vøllestad m.fl. 1986), og vandrehastigheden var størst ved store vandføringer (Vøllestad m.fl. 1994). Det må formodes, at vandføringen har en tilsvarende betydning for nedtrækket af udgydte laks og ørreder samt den spæde yngel af helt, stalling og mange karpefisk, der er meget dårlige svømmere (omtalt mere detaljeret i kapitel 5).

Nedstrøms vandringer hos de fleste fiskearter foregår sandsynligvis mest passivt, hvor fiskene blot følger hovedstrømmen. Fx nævner Kelly & King (2001), at passiv nedstrøms vandring er en vigtig faktor i fordelingen af lampretlarver efter klækningen. Derfor vil mange fisk passere med vandet ind på dambrug og i turbineanlæg eller blive forsinket, hvis der ikke træffes særlige foranstaltninger for at undgå det (som f.eks. ved kun at tage mindre vandmængder ind fra vandløbet og kombinere det med etablering af effektive afskærmninger foran vandindtagene).



Helten er en laksefisk, der gyder i vandløb, men ikke kan springe som laksen og ørreden. Desuden er der eksempler på, at den undgår mørklagte strækninger ved vejunderføringer i vandløb. Foto Heine Glüsing.

3.5 Vandringer gennem mørklagte strækninger

Det bliver ofte diskuteret, om fisk på opstrøms vandring undgår at svømme gennem mørklagte strækninger af vandløb som f.eks. på rørklagte eller overdækkede strækninger. Der er ikke gennemført egentlige systematiske undersøgelser heraf, men den generelle opfattelse i flere lande er, at mørket ikke betyder noget for vandrelysten hos bl.a. havvandrende regnbueørred, kongelaks og søvlaks, selv om det nogle steder menes at være en fordel at oplyse den mørklagte strækning

(Sandell m.fl. 1994). I Norge mener man heller ikke, at oplysning af mørklagte strækninger betyder noget over for laks og havørred (Grande 2002), og i Danmark er der flere eksempler på, at havørred på gydevandring vandrer opstrøms uden problemer gennem helt mørklagte og flere hundrede meter lange strækninger af ørredvandløb (Nielsen 1994b). Omvendt er der også eksempler på, at helten undgår snævre og mørke passager ved vejunderføringer (Berg 1988a).

3.6 Konklusion

Det kan konkluderes, at der altid er fisk på vandring rundt i vandløbene, hvis vandløbene ellers er egnede for fisk. Hvis der skal sikres selvreproducerende fiskebestande i disse vandløb, må der derfor ikke være spærringer i vandløbene, som kan forhindre eller forsinke fiskenes vandringer.

Vandføringen er generelt den vigtigste parameter for fiskenes vandringer, idet de fleste fisk vandrer i forbindelse med de største vandføringer og indstiller vandringerne ved lave vandføringer. Fiskene vandrer opstrøms ved aktiv svømning, hvor fiskene som regel søger efter hovedvandføringen, særligt i flomsituationer. Nedstrøms vandringer er ofte passive, og fiskene må derfor ledes uden om evt. opstemningsanlæg uden at blive suget med evt. vand ind på dambrug, turbineanlæg m.m.

Indvindingen af overfladevand fra vandløb med ørred- eller laksebestande bør generelt ikke overstige halvdelen af medianminimum på enkeltlokaliteter (hvis flere dambrug tager vand ind samme sted bør den samlede indvinding ikke overstige $\frac{1}{2}$ Qmm). Men man bør nøje vurdere vandføringsforholdene i det enkelte vandløb, før der træffes afgørelse om den vandmængde, der kan bortledes fra vandløbet (er vandløbet hovedsagelig grundvandsfødt eller ej, hvilke arter hører naturligt hjemme i vandløbet ?). Den tilladte indvinding af overfladevand i grundvandsfødte vandløb med en relativt stabil vandføring året rundt bør principielt være væsentligt mindre end indvindingen fra vandløb, der har større udsving i vandføringen.

Kapitel 7 og 8 giver en nærmere gennemgang af, hvordan man kan skabe fiskepassage i op- og nedstrøms retning uden om evt. opstemningsanlæg. En vigtig faktor er her, at der skal afgives væsentlige mængder vand med en naturlig variation uden om opstemningsanlægget, samtidig med at vandindtaget til opstemningsanlægget holdes relativt konstant. Desuden skal der etableres effektive afskærmninger foran vandindtagene.



Springende havørreder ved opstemningen til Løjstrup Dambrug i Hadsten Lilleå, hvor mange af fiskene ikke kunne finde fisketrappen. Nu er opstemningen fjernet og erstattet af et stryg, samtidig med, at der fortsat er dambrugsdrift. Foto Per Jørgensen.

4. Fiskenes springevner.

De fleste mennesker har set TV-udsendelser, hvor laksen springer meterhøjt for at passere vandfald o.lign. på sine gydevandring op i vandløbene. Laksen er den bedste springer blandt ferskvandsfiskene, og det ser imponerende ud – men man skal være klar over, at selv laksen har sine begrænsninger. Crisp (1993) og Cowx & Welcomme (1998) nævner højden 3,7 m som det maksimale, en laks kan springe under gunstige omstændigheder (dybt vand). Derfor mislykkes det ofte for laksene at passere styrtene, og mange fisk bliver skadet ved at ramme klipper og beton under deres spring. Desuden springer fiskene ofte de forkerte steder ved stemmewærker o.lign., hvor der måske ikke er mulighed for at passere, også i Danmark (Olesen 2002a&b, 2003b).

I Danmark har vi ud over laksen kun ørreden (bæk- sø- og havørred) med en god springevne. Alle vores andre hjemmehørende arter er dårlige springere, der generelt ikke kan springe over forhindringer. Men selv havørreden kan have problemer med at passere styrt. Fx i Hadsten Lilleå ved Løjstrup Dambrug, hvor fisk under 40 cm stort set ikke kunne passere gennem en bundtrukket opstemning (Nielsen 1985), og i Grejs Å ved Vejle, hvor et styrt på ca. 1 m forhindrede fisk under 40 cm i at passere (Nielsen 1994b).

Et andet og velkendt eksempel på småstyrtets betydning som ”fiskestopper” er fra Skjern Å, hvor laksefisken helt i årevis var afskåret fra sine naturlige gydepladser opstrøms Kodbøl. Et tredelt menneskeskabt styrt med små fald på ca. 30 cm kunne passeres af laks og havørred, men ikke af



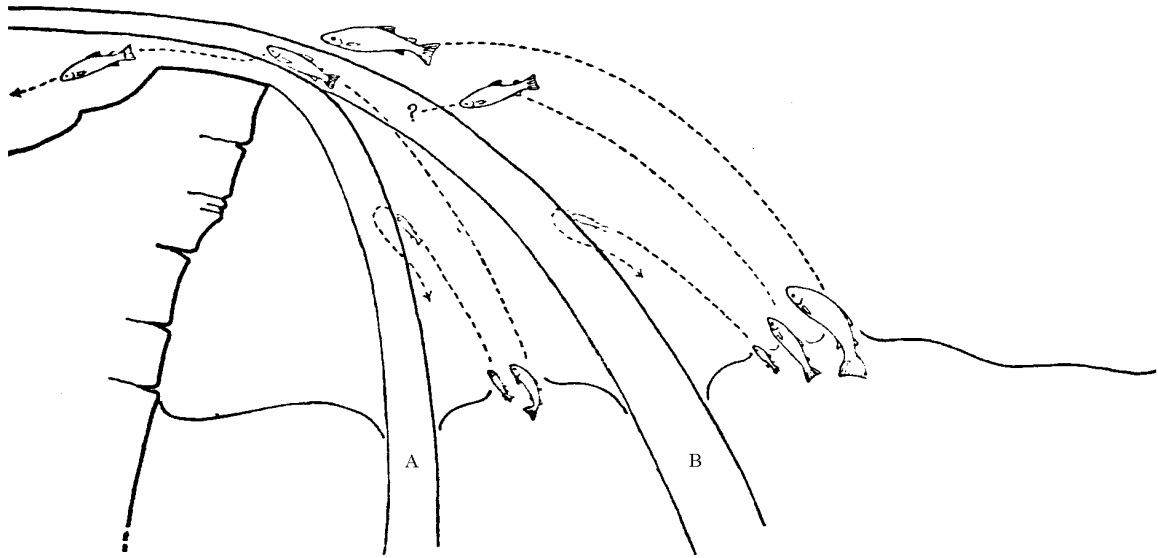
Det tredelte Kodbøl-styrt i Skjern Å, der nu er fjernet, og som stoppede helten på gydevandringerne op i Skjern Å.
Foto Heine Glüsing.

helt (Vandkvalitetsinstituttet 1979), bortset fra ved store vandføringer, hvor enkelte helt kunne passere styrtet (Glüsing, oplysning 2003). I forbindelse med genslyngningen af Skjern Å blev styrtet dog fjernet, og elektrofiskeri i efteråret 2002 og 2003 viste, at der nu trækker i tusindvis af helt langt op i systemet til opstemningen ved sammenløbet med Rind Å (Vinge 2003a samt oplysning fra biolog Heine Glüsing, Ringkjøbing Amt). Der er ingen tvivl om, at styrtene ved Kodbøl også har afskåret andre fiskearter end helt fra opstrøms vandring, det har blot ikke været undersøgt.

Man skal være opmærksom på, at fiskene kun springer, hvis de er tvunget til det. De foretrækker at svømme og springer kun, hvis de ikke kan svømme over evt. forhindringer. Hvis de skal springe, er det bl.a. meget vigtigt med dybt vand, så fiskene kan få ”tilløb”. I et klassisk studie af laksens og ørredens springadfærd ved forhindringer beskriver Stuart (1962), hvordan laksen og ørreden søger hen til den stående bølge ved evt. forhindringer (figur 4.1 og 4.2).

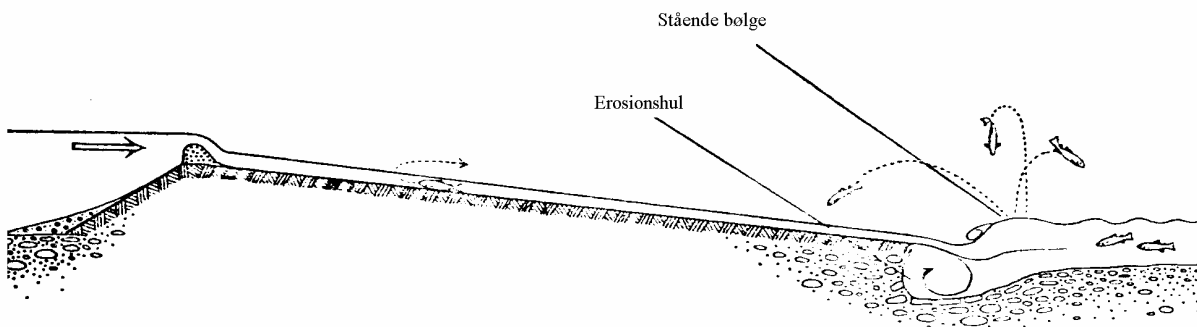
Afstanden fra den stående bølge til en evt. forhindring influerer meget på, om det lykkes for fiskene at springe over. Eksempelvis mislykkes springet ofte, hvis der er tale om en skrånende styrtbund, så den stående bølge er langt fra selve forhindringen. Fiskene bruger synet, når de skal springe og kan i sådanne situationer ikke se forhindringen, når de starter springet. Problemet forstærkes i mørke, så fiskene springer kun ved gode lysforhold. Dette er senere i rapporten brugt til at anbefale skrånende styrtbunde i situationer, hvor fiskene skal ledes hen til udløbet af fiskepassager, som f.eks. ved en fisketrappe i Gudenåen ved Kloster Mølle (Nielsen, 1994a og unpubl.). Styrtbunden er selvrensende, kræver ingen pasning og virker tilsyneladende efter hensigten, da der ofte passerer søorreder fra Mossø gennem fisketrappen.

Fiskene har lettest ved at passere styrt, hvor vandet falder lodret, og hvor vanddybden under styrtet er tæt på 1,25 gange faldhøjden over styrtet. I denne situation tiltrækker den stående bølge fra det faldende vand fiskene helt hen til forhindringen og samtidig er det den mest simple og effektive måde at nedsætte vandhastigheden. Stuart nævner, at forholdet 1:1,25 (styrthøjde:vanddybde) svarer til forholdene ved naturlige vandfald og erosionshuller i naturlige vandløb og anbefaler at skabe hydrauliske forhold i evt. fiskepassager, så de ligner de vandløb, fiskene er tilpassede.



Figur 4.1

Springende havørreder, bækørreder, laks og lakseungfisk ved styrt under lav (A) og medium (B) afstrømning (delvis efter Stuart 1962).



Figur 4.2

Eksempel på skrånende styrtbund, som laksefiskene ikke kan passere (delvis efter Stuart 1962).

I udenlandske vandløb, hvor man også prioriterer laks og havørred meget højt, anbefales det generelt, at fiskene skal kunne svømme over forhindringer i stedet for at springe, da fiskene kan blive skadet ved mislykkede spring og er lettere ofre for tyvfiskere (Beach 1984). Det samme gælder i Danmark. Ved undersøgelser i Sæby Å observerede Olesen (2002a, se fotoside), at en del havørreder sprang op i en ”falsk” lokkestrøm ved Sæby Vandmøllens opstemning, og at de i flere tilfælde ramte direkte ind i stemmeværkets cementkant. 13 % af 164 havørreder havde ”stemmeværksskader”, hvoraf nogle kunne være opstået ved passage gennem den smalle modstrømstrappe ved vandmøllen. Der er også fundet stemmeværksskader i Bramming Å og Ribe Å (Danmarks Fiskeriundersøgelser 1997), Hadsten Lilleå (Aarestrup & Jepsen 1998), Binderup Å (Olesen 2002b) og Elling Å (Olesen 2003b). Tilsvarende kan sikkert findes i mange andre danske vandløb, men der er ikke lavet ret mange undersøgelser af problemstillingen.

Sammenfattende kan det konkluderes, at de fleste fisk har meget svært ved at springe, og at spærringerne i vandløb derfor bør fjernes. På steder, hvor det ikke er muligt at fjerne opstemningerne, bør fiskepassager udformes som naturlignende stryg eller omløb (egentlige vandløb) uden styrt og med strømlæ ved bunden, så alle fiskearter- og størrelser (samt invertebrater) kan passere uden at springe. Faldet bør ligne det naturlige fald for vandløbet, og vandhastighederne skal være tilpas lave. Samtidig skal fiskepassagerne umiddelbart kunne findes af de fisk og smådyr, der er på vandring (der skal være en god lokkevirkning til passagens ind- og udløb). Herved kan kravene i amternes regionplaner om fri faunapassage (alle arter og størrelser, der naturligt forekommer i vandsystemet) til og fra alle højt målsatte vandløb blive opfyldt.



Fisketrappe af bassintypen ved Mariendal Mølle, Elling Å. Fisketrapper anbefales ikke, da de ”sorterer” i fiskene. Foto Jan Nielsen.



Eksempler på fejlvandringer hos havørred ved Sæby Vandmølle, Sæby Å. Ørrederne tiltrækkes af frivandet få meter fra fisketrappen og forsøger at springe gennem frislusen i stedet for at svømme op gennem fisketrappen. Billedet øverst t.v. viser Nordjyllands Amts elektrofiskeri i forbindelse med kontrol af fisketrappen (Olesen 2002a).

De nederste fotos viser havørreder med ”stemmeværksskader”, hvor fiskene er blevet skadet af at ramme betonen, dels fra Sæby Å (t.v.), dels fra Elling Å (Olesen 2003b).

Alle fotos er taget af Thorsten Møller Olesen.



5. Fiskenes svømmeevner.

Fiskene kan generelt inddeles i gode og dårlige (langsomme) svømmere. De gode svømmere er fisk som laks og ørred, der generelt i længere tid kan svømme med hastigheder på mindst 2-3 kropslængder pr. sekund (Beach 1984, Cowx & Welcomme 1998). Men selv laks og ørred kan have problemer med at svømme opstrøms i rørlagte vandløb, hvor der ikke er strømlæ og hvilepladser. Her er der flere eksempler på, at selv store havørreder ikke kan passere rørlagte vejunderføringer på 50-100 m, hvis vandstanden er lav og/eller vandhastigheden høj (ofte over 2 m/s). Eksempelvis i Lammebæk og Truds Bæk i Vejle Amt, før vandstanden i rørene blev hævet og vandhastigheden sænket, hvorefter havørrederne passerede uden problemer (Nielsen 1994a).

En stor fisk kan svømme hurtigere end en mindre artsfælle, og for den enkelte art er der en generel sammenhæng mellem kropslængden og svømmeevnen. Derfor udtrykker man ofte artens svømmeevne som kropslængde pr. sekund. Som en tommelfingerregel regner Winstone m.fl. (1985) med, at laks og havørred kan svømme med en maksimal hastighed på 10 kropslængder pr. sekund (dog kun i kort tid, typisk få sekunder). En laks eller havørred på 50 cm kan altså kortvarigt svømme med en maksimal hastighed på ca. 5 m/s.

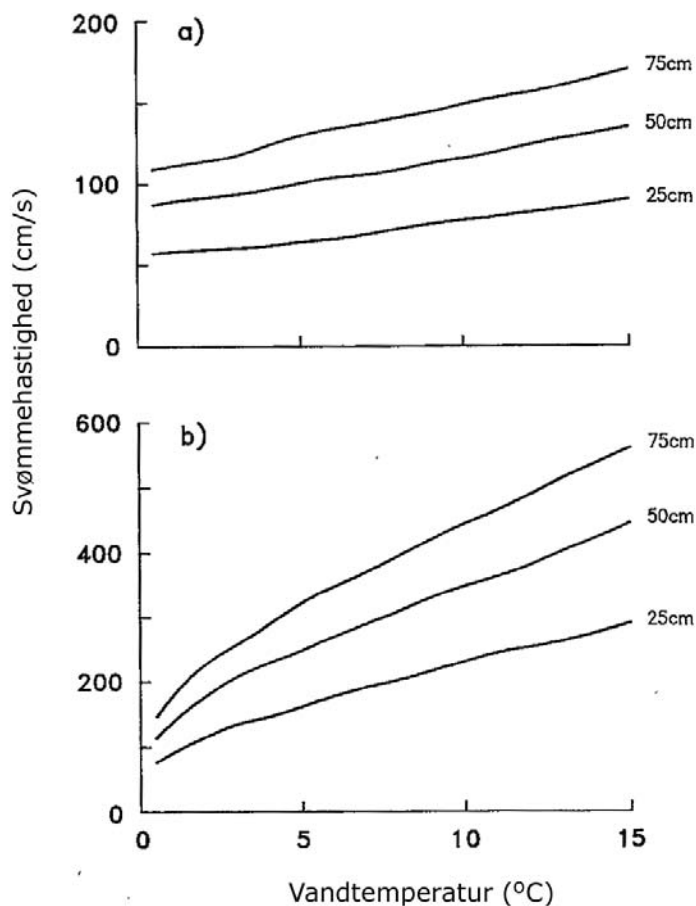
Fisk er dog vekselvarme dyr lige som krybdyr, så deres stofskifte og svømmeevne er meget afhængigt af vandtemperaturen. Fiskene dør, hvis vandet bliver for varmt og bliver inaktive, hvis vandet bliver for koldt. Eksempelvis stopper laksen med at vandre ved vandtemperaturer over ca. 22° C og begrænser sine vandringer ved vandtemperaturer under 5° C. Tilsvarende gælder sikkert for ørred, men sandsynligvis med lavere øvre og nedre temperaturtærskler (Milner 1990, Cowx & Welcomme 1998).

Crisp (1993) bringer en generel figur over laksens og ørredens svømmeevner, hvor svømmeevnen angives i forhold til vandtemperaturen (figur 5.1). Den vedvarende svømmeevne er under 1 m/s for mindre fisk og under 2 m/s for store fisk. Samtidig kan fiskene svømme hurtigere ved 15° C end i koldere vand.

Figur 5.1

Sammenhængen mellem
a) den varige svømmehastighed og vandtemperaturen, samt
b) den maksimale svømmehastighed og vandtemperaturen for laks og ørred af tre forskellige kropslængder.

Omtegnet efter Crisp (1993).



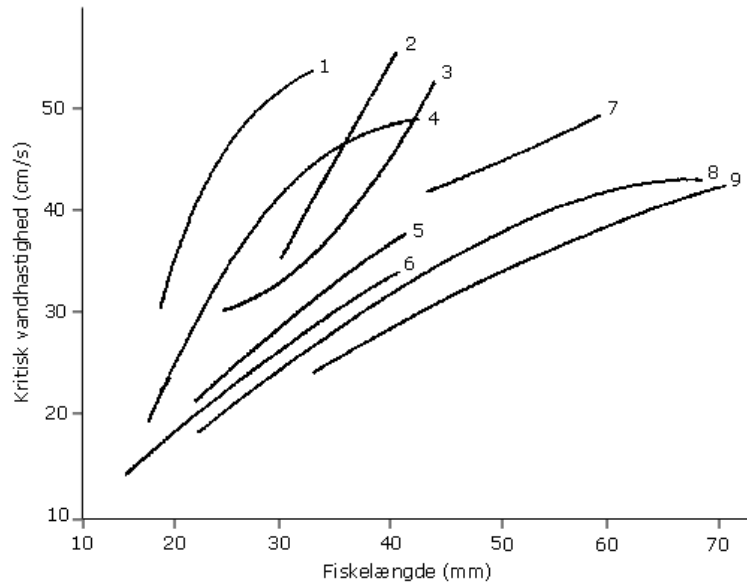
De fleste danske ferskvandsfisk er dårlige svømmere, hvor selv de største fisk sjældent kan svømme hurtigere end 0,2-0,5 m/s længere tid ad gangen og de mindre endnu langsommere (figur 5.2 og 5.3). Det gælder også laksefisk som stalling og helt (Northcote 1998). Helten foretrækker f.eks. hvilepladser i vandløb, hvor vandhastigheden er 0,5-1 kropslængder/s, svarende til 0,3-0,4 m/s (Sandell m.fl. 1994). Samtidig er de dårlige svømmere sjældent i stand til at passere selv små forhindringer i vandløb, idet de ikke kan springe.

Figur 5.2

Kritiske vandhastigheder for forskellige arter og størrelser af fiskeyngel/ungfisk:

1. Løje
2. Regnløje
3. Skalle
4. Karusse
5. Smerling
6. Hvidfinnet ferskvandsulk
7. Aborre
8. Suder
9. Pigsmerling

Omtegnet efter Pavlov (1989).

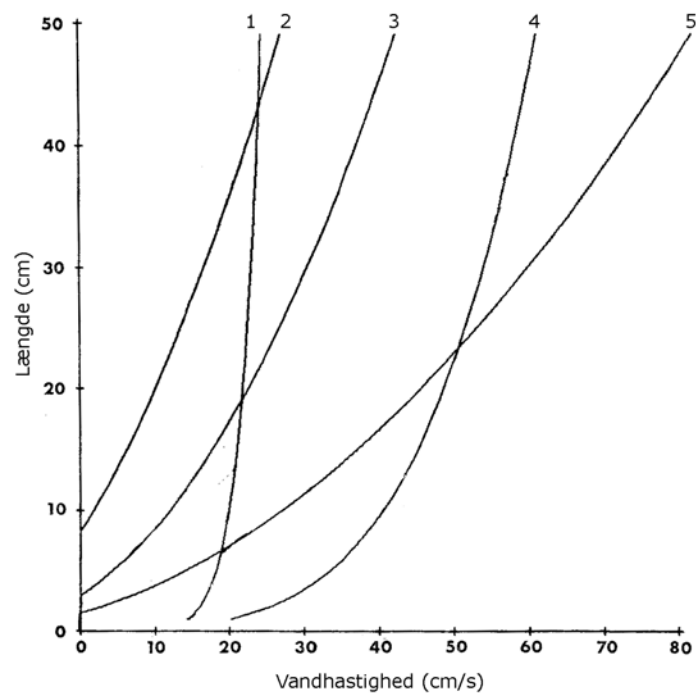


Figur 5.3

Sammenhængen mellem fiskens længde og dens evne til at bevæge sig 100 m opstrøms på 10 minutter:

1. Knude
2. Gedde
3. Amerikansk helt
4. Arktisk stalling
5. Amerikansk sandart

Omtegnet efter Jones m.fl. (1974).



Ud over at svømme dårligt er fiskeyngel også mindre udholdende end voksne fisk (tabel 5.1) og kræver strømlæ, specielt langs bredderne, for at klare sig. En lang række europæiske eksperter i fisk har samlet deres biologiske anbefalinger til vandløbsrestaurering i en bog ”Rehabilitation of Rivers for Fish” (Cowx & Welcomme 1998). Herfra skal citeres udvalgte afsnit (vist med kursivtekst):

- *De unge stadier repræsenterer den kritiske periode i karpefiskenes livscyklus. Værdier for kritiske vandhastigheder, hvor halvdelen af de nyklækkede larver bliver ført væk efter 3 minutter, er blevet udviklet som en brugbar måde til at beskrive deres tolerance. Det skal pointeres, at de fleste larver vælger habitater, hvor vandhastigheden er et stykke under det kritiske niveau. For eksempel samles nyklækkede larver af skalle og strømskalle ofte i bredhabitaterne, hvor vandhastigheden er under 2 cm/s.*

Tabel 5.1

Samlet oversigt over fisks krav til vandhastigheden, hvor den kritiske vandhastighed iflg. Garner (1997) er godt og vel 9 kropslængder/s. *Ved den kritiske vandhastighed spredes 50 % af fiskene nedstrøms på tre minutter. **Foretrukket/anbefalet vandhastighed er her samlet under et som den hastighed, der foretrækkes af fiskene eller anbefales af forfatterne efter konkrete undersøgelser.

	Art	Lgd. (cm)	Max. svømmeevne m/s	Kritisk* vandhast. m/s	Foretrukket/anbefalet** gns. vandhastighed m/s	Reference
Små fisk	Ørred (yngel)	3,4			0,20	Søholm & Jensen (2003)
	Helt og snæbel (larver)			0,07 0,10		Hvidt & Christensen (1990) Vandkvalitetsinstituttet (1979)
	Grundling	2,8 5,0 11,6	0,60	0,55	0,15 0,26 0,40	Cowx & Welcomme (1998) Cowx & Welcomme (1998) Stahlberg & Peckmann (1987)
	Regnløje	5,0	0,39	0,39	0,40	Stahlberg & Peckmann (1987)
	Skalle	0,6 0,9 1,5	0,20	0,07 0,09 0,16	0,02 0,02 0,04	Mann & Bass (1997) Mann & Bass (1997) Mann & Bass (1997)
	Smerling	10,2	0,67	0,56	0,40	Stahlberg & Peckmann (1987)
	Strømskalle	0,9 1,5 1,7 2,5 4,5 8,0		0,09 0,20 0,22 0,26 0,46 0,82	0,06 0,02 0,02 0,16 0,28 0,51	Mann & Bass (1997) Mann & Bass (1997) Mann & Bass (1997) Cowx & Welcomme (1998) Cowx & Welcomme (1998) Cowx & Welcomme (1998)
	Hvidf. Ferskv.ulk			1,00		Eberstaller m.fl. (1998)
	3-p. hundestejle	5,3	0,40	0,35	0,40	Stahlberg & Peckmann (1987)
	Store fisk	Sandart	59		0,71	
Aborre			0,45-0,60			Lonnebjerg (1980)
Brasen			0,55-0,65			Lonnebjerg (1980)
Løje			0,60			Lonnebjerg (1980)
Suder			0,45-0,50			Lonnebjerg (1980)
Gedde			0,45			Lonnebjerg (1980)
Karpe			0,40			Lonnebjerg (1980)
Ål		32	0,72			Sprengel & Luchtenberg (1991)



Aborren (t.v.) og grundlingen er dårlige svømmere, der ikke kan svømme mere end ca. ½ m/s længere tid ad gangen. Fotos Jan Nielsen.

Det kan måske være overraskende, men den spæde yngel af stalling og ørred samler sig også langs bredderne i den første periode efter klækningen. Mangel på egnet bredareal kan være et stort problem, specielt i de større vandløb (Nielsen 1995b&c, 1997b,1998b, Bangsgaard 1995, Bangsgaard & Sivebæk 1996, Giles & Summers 1996, Søholm & Jensen 2003).

Det kan altså konkluderes, at de dårlige svømmere og yngel af de fleste fisk (herunder ørredyngel) ikke kan klare sig eller passere opstrøms i hurtigtstrømmende vand, hvis der ikke er strømlæ med vandhastigheder på 0,2-0,5 m/s (som f.eks. på rørlagte strækninger eller områder med betonbund). Det er specielt vigtigt med strømlæ ved bunden og lavt vand langs bredderne, da ynglen af de fleste fisk holder til her, og da de dårlige svømmere og visse fisk, der vandrer om natten, specielt bevæger sig opstrøms langs bredderne (Pavlov 1989).

Det er interessant at sammenligne fiskenes svømmeevne med vandhastigheden i de stryg og omløb, der anlægges til at skabe fiskepassage ved spærringerne i de danske vandløb. I et omløb med 10 o/oo fald ved Holstebro Vandkraftværk var den mindste vandhastighed i et typisk tværprofil 0,02-0,28 m/s ved vandføringer på 328-979 l/s, mens den maksimale vandhastighed var 1,16 m/s (tabel 5.2). Målingerne viser således, at vandhastigheden ikke kan forventes at give problemer for opstrøms passage af lidt større individer af vores ferskvandsfisk, hvilket da også blev bekræftet af de grundige undersøgelser, der er gennemført i omløbet (Davidsen & Mathiesen 1992, Jørgensen 1992 & 1993). Nogle fisk kan rent hydraulisk svømme opstrøms gennem omløbet, selv om den beregnede middelvandhastighed er større, end de dårlige svømmere normalt kan klare, selv ved forceret svømning (Davidsen & Mathiesen 1992). Men undersøgelserne har ikke klarlagt, hvor stor en del af bestandene, der finder omløbet og svømmer op gennem det.

I modsætning til undersøgelserne ved Holstebro har Mader (2002) vist, at en øgning af vandføringen i et omløb mod forventning ikke øgede antallet af vandrende fisk i omløbet, idet der ved stor vandføring opstod kritiske forhold på de strækninger, der ligger mellem hvilebassinene (for høj vandhastighed). Det viser, at stryg og omløb skal være dimensioneret til at rumme de vandmængder, der afgives gennem dem. Dvs. at der ved dimensionering af faldet og udformningen

Tabel 5.2

Samhørende værdier for vandføring, målt minimums- og maksimums- samt beregnet middelvandhastighed, beregnet middeldybde og målt maksimumsdybde i et typisk tværprofil i omløbet ved Holstebro Vandkraftværk (Jørgensen 1993).

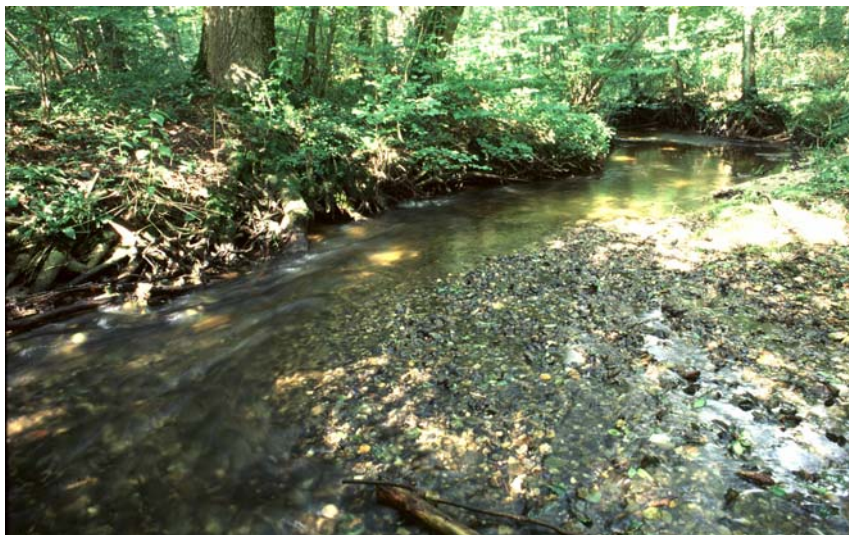
Vandføring (l/s)	Vandhastighed (m/s)			Vandybde (m)	
	Min.	Middel	Max.	Middel	Max.
328	0,28	0,53	0,88	0,21	0,30
772	0,02	0,65	1,03	0,36	0,50
979	0,02	0,74	1,16	0,37	0,61

af omløbet skal være taget hensyn til de til enhver tid forekommende vandmængder, så vandhastigheden ikke bliver for høj ved stor afstrømning (mange fisk kan ikke svømme mere end 0,2-0,5 m/s længere tid ad gangen).

Man kan sammenfattende konkludere, at alle passageproblemer ved opstrøms passage opstår i de situationer, hvor fiskene møder en opstemning og skal finde en fiskepassage med en unaturligt lille vandføring:

- Den lille vandføring giver en ringe lokkevirkning, hvorfor Pavlov (1989) anbefaler en stor vandhastighed ved udløbet. Men en hurtig vandhastighed kan herved sortere i fiskene, så kun de stærkeste fisk kan komme op i passagen. Problemet med en ringe lokkevirkning bør i stedet løses ved at tilføre fiskepassagen det meste vand, så fiskene naturligt søger over i passagen. Hvis passagen ikke fungerer rent hydraulisk i denne situation, må den bygges om eller erstattes af en egnet passage.
- Opstemningen og opstemningshøjden betyder, at fiskene skal svømme gennem en fiskepassage, hvor faldet (hældningen) som regel er langt større end i vandløbet. Det giver langt højere strømhastigheder i passagen end i vandløbet og forårsager herved en sortering i fiskene. Problemet kan løses ved at fjerne opstemningen, sænke opstemningshøjden og/eller etablere en naturlignende fiskepassage i form af et vandløb med et naturligt fald for vandløbet det pågældende sted.

Højen Bæk ved Vejle er A-målsat pga. flotte fysiske forhold og et enestående liv af smådyr. Men efter at en række fiskespærringer blev fjernet har bækken også fået en overordentlig stor bestand af ørreder, der klarer sig selv uden udsætninger (Nielsen 1994d). Foto Jan Nielsen.



6. Vandløbsmålsætninger og fiskenes krav til de fysiske forhold

De forskellige fiskearter stiller hver deres krav til levesteder, og desuden er der stor forskel på de krav, fiskearterne stiller i de forskellige livsstadier. Ynglen af de fleste fisk er ikke ret gode til at svømme og skal typisk have strømlæg langs bredderne for at kunne klare sig i vandløbene. Derfor kan man mest præcist sige, at jo mere variation, der er i et vandløb, jo bedre er det for fiskene. Manglen på en bestemt type levested kan f.eks. via en stor dødelighed for en bestemt aldersgruppe virke som en flaskehals, der begrænser en eller flere arters bestande væsentligt, selv om der er masser af alle andre nødvendige levesteder. Eksempelvis er der en meget stor dødelighed på ørredyngel i større vandløb, hvis ynglen ikke om foråret kan finde egnede områder langs bredderne med vanddybder under 30 cm (Nielsen 1995b, Bangsgaard 1995, Bangsgaard & Sivebæk 1996, Giles & Summers 1996, Søholm & Jensen 2003).

Det gælder generelt, at laksefiskene som laks, ørred, stalling, helt m.fl. gyder i vandløb med godt fald, grusbund og hurtigtstrømmende vand (faldet er typisk over 1 promille i større vandløb og ofte noget højere i mindre vandløb), mens en del andre fisk foretrækker mere stillestående vand i vandløb med mindre fald. Dette afspejles i de målsætninger, der er fastsat i amternes regionplaner som f.eks.

- A (særligt naturvidenskabeligt interesseområde, kan være egnet for fisk, men ikke altid)
- B0 (egnet for smådyr, ikke fisk)
- B1 (gyde- og yngelopvækstområder for laksefisk)
- B2 (opvækstområder for laksefisk)
- B3 (karpefiskvand, også egnet for ål, gedde m.fl.).

Tabel 6.1 viser en oversigt over de vandløbstyper, hvor fiskene normalt findes. Det skal hertil bemærkes, at laksefiskenes gydeområder i mange vandløb er ødelagt eller forringet på de strækninger, der er påvirket af opstemningernes opstuvningseffekt, hvilket typisk gælder for mange vandløb med dambrug. Opstemningerne har omdannet gydestrækningerne til opstuvningszoner med rolig strøm, og de oprindelige vandløb med reduceret vandføring uden om dambrugene er også ofte stærkt forringede som gyde- og opvækstområder. Desuden virker disse som fiskespærringer, idet

vandrende fisk ofte stopper op ved dambrugenes udløb i stedet for at passere gennem strækningerne med reducerede vandmængder.

Miljøstyrelsen udsendte i 1995 et sammendrag af eksisterende viden om fiskenes krav til de fysiske forhold i vandløb. Der henvises til denne rapport for en mere detaljeret omtale af de enkelte arters krav (Nielsen 1995b).

Tabel 6.1

Oversigt over de danske ferskvandsfisk. Fiskene er inddelt i grupper som i Larsen (1975a). Fiskearter, der er indført fra udlandet, er nævnt i parentes. Vandløbstypen svarer til de målsætninger, vandløbene har fået i amternes regionplaner (tabel fra Nielsen 1995b).

Gruppe	Navn	Foretrukne vandløbstype
Vandrefisk	Laks	A B1 B2
	Havørred	A B1 B2
	Søørred	A B1 B2
	Bækørred	A B1 B2
	Helt	A B1 B2
	Snæbel	A B1 B2
	Smelt	A B1 B2
	Rimte	A B1 B2
	Ål	A B1 B2 B3
	Skrubbe	B2 B3
	Majsild	A B1 B2
	Stavsild (Regnbueørred)	A B1 B2
Eksklusive vandløbsfisk	Stalling	A B1 B2
	Elritse	A B1 B2
	Smerling	A B1 B2
	Finnestribet	A B1 B2
	ferskvandsulk	A B1 B2
	Hvidfinnet ferskvandsulk (Kildeørred)	A B1 B2
	Overvejende vandløbsfisk	Strømskalle
Pigsmerling		B2 B3
Grundling		A B1 B2
Fællesarter (både søer og vandløb)	Gedde	B2 B3
	Skalle	B2 B3
	Løje	B2 B3
	Knude	B2 B3
	Aborre	B2 B3
	3-pigget hundestejle	B2 B3
	9-pigget hundestejle (Sandart)	B2 B3
Egentlige søfisk (sjældent i vandløb)	Heltling	?
	Regnløje	B3
	Rudskalle	B3
	Suder	B3
	Karusse	B3
	Dyndsmerring	B3
	Hork (Græskarpe)	B3
	(Karpe)	B3

7. Fiskenes krav til opstrøms fiskepassage

Som nævnt i indledningen konkluderes det i en international FAO-håndbog om genskabelse af vandløb for fisk (Cowx & Welcomme 1998), at den bedste løsning for at skabe fiskepassage ved en spærring er at fjerne spærringen og bedst muligt genskabe egenskaberne af det naturlige vandområde. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, bør man stille følgende krav til passagen:

- Fiskepassagen skal dimensioneres relativt i forhold til vandløbets størrelse
- Fiskepassagen skal være designet, så den tillader passage af de langsomst svømmende fiskearter (individer) på alle livsstadier
- Passagen skal altid være i funktion og skal fungere ved alle vandføringer i vandløbet
- Indgangen til fiskepassagen skal være let at finde for vandrende fisk

Desværre viser erfaringen, at det er vanskeligt at opfylde disse fire krav, hvis en væsentlig del af vandet samtidig udnyttes til andet formål (også selv om der er etableret gitterriste m.m. ved vandindtag og udløb fra dambrug m.m.).

Langt de fleste danske projekter for fiskepassage (fisketrapper m.m.), der er etableret før 1990, må formodes at virke dårligt alene pga. manglende lokkevirkning fra fiskepassagen (for lille vandføring i passagen sammenlignet med det vand, der løber udenom). Fiskene vil naturligt følge hovedvandstrømmen på deres vandringer. Derfor er det afgørende ved etableringen af fiskepassager ved opstemningsanlæg, at lokkevirkningen fra passagen skal være god. Ellers farer fiskene vild og passagen virker ikke godt nok, uanset hvilken type passage, der er tale om, og om det drejer sig om op- eller nedstrøms passage.

Desuden er det ikke alle fisk, der vil vandre gennem fisketrapper, hvorfor man alene af denne årsag bør satse på naturlige eller naturlignende løsninger (stryg og omløb), der kan gennemsvømmes af alle fiskearter- og størrelser (Katopodis 2002). De danske myndigheder har erkendt dette for en del år siden og har i de senere år prioriteret stryg og omløb højt frem for fisketrapper. En opgørelse for perioden 1996-2000 (Skov- og Naturstyrelsen 2001) viste således, at tilskuddene efter vandløbslovens § 37a var fordelt på

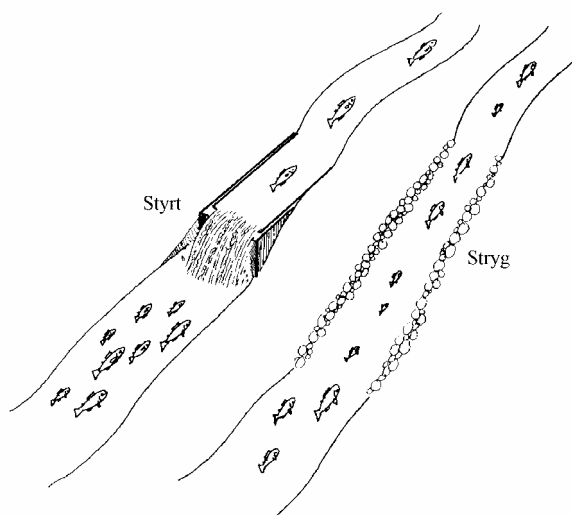
- 33 projekter for nedlæggelse af stemmeværker, herunder etablering af stryg
- 33 projekter for omløb
- 2 projekter for fisketrapper

Der er også i udlandet enighed om, at stryg og omløb med et passende fald og indbyggede strømlæ giver alle fiskearter de bedste muligheder for at passere, selv de dårlige svømmere. Men det har været og er fortsat et diskussionsemne, hvor meget vand, der skal ledes gennem stryg og omløb, for at fiskene kan finde og gennemsvømme fiskepassagen. Desuden skal der sikres passende lave vandhastigheder i fiskepassagerne. Derfor er der i denne rapport fokuseret specielt på vandføringens og vandhastighedernes betydning for at sikre effektiv fiskepassage.

Dette kapitel handler om forskellige løsninger til at sikre opstrøms fiskepassage og afsluttes med generelle konklusioner. Kapitel 8 handler tilsvarende om sikring af nedstrøms passage. Opdelingen på to kapitler er rent redaktionel for mest overskueligt at kunne gennemgå de forskellige løsningsmuligheder. Den bedste løsning for sikring af fri fiskepassage er nemlig at lave én løsning, der tilgodeser både op- og nedstrøms vandrende fisk (Northcote 1998).

7.1 Stryg og glat strøm

Et stryg er en strækning af et vandløb, hvor vandløbsbunden ligger med en stejlere hældning end den øvrige vandløbsbund, og hvor vandhastigheden derfor er større. Stryget findes naturligt på delstrækninger af vandløb, men stryg kan også være en menneskeskabt strækning til udligning af et fald, fx fra et tidligere styrt eller opstemningsanlæg. I sidstnævnte tilfælde er stryget ofte anlagt med større fald end i et naturligt vandløb.



I denne rapport er et stryg defineret som vist på tegningen. Stryget anlægges direkte i det eksisterende vandløb i modsætning til et omløb, der er en kunstigt gravet vandløbsstrækning uden om fiskespærringen. Omløbet er principielt også et stryg og kaldes derfor ofte for omløbsstryg, strygomløb eller blot stryg, men tildeles som regel en mindre del af den samlede vandføring end det stryg, der ligger direkte i vandløbet.

Jo stejlere hældningen er på stryget, jo større bliver vandhastigheden. Det kan give passageproblemer for dårlige svømmere. Samtidig skal der bruges sten til sikring af bunden og siderne, så materialet ikke skyller væk. Stenene nedsætter samtidig vandhastigheden og giver strømlæ ved bunden og bredderne. Det skaber gode levesteder for fisk og smådyr og giver dem mulighed for at svømme opstrøms i roligt vand, selv om den gennemsnitlige vandhastighed kan være ret høj. Specielt hvis man anlægger stryget med dobbeltprofil, så den største vandmængde afvikles i en dyb strømrende samtidig med, at der etableres mere lavvandede strækninger med lavere vandhastigheder langs bredden.



Stryg med dobbeltprofil til sikring af god fiskepassage samt gode levesteder for fisk og smådyr med lavt vand og lave vandhastigheder langs bredden. Det lave vand og stenene kan dog forårsage ophobning af drivende grøde m.m. efter grødeskæring med mindre man etablerer afværgeforanstaltninger til opsamling af grøden (Vingsted Dambrug, Vejle Å, juli 2002).

Foto fra Vejle Amt.

Hvis man fjerner spærringen eller bygger stryg med hele vandløbets vandføring, får man normalt fuldstændig fri passage for fisk og smådyr m.m., idet vandet kun løber et sted, nemlig i stryget. Dog under forudsætning af, at man tager hensyn til fiskenes svømmeevne og ikke anlægger strygene med for kraftig hældning. De fleste danske stryg og omløb anlægges med et fald på 10-15 o/oo (i sjældne tilfælde op til 40 o/oo), hvor passagerens stenbund og sider sikrer strømlæ og passagemulighed for de dårlige svømmere (tabel 7.1 og kapitel 5). Det vil dog være bedre, hvis man i stedet etablerer strygene med et mere naturlignende fald for de pågældende vandløbsstrækninger, så faldet oftest burde være mindre. I Sverige, Tyskland, Østrig og Frankrig (hvor vandløbene som regel har et større fald end i Danmark) regner man med et maksimalt fald på 50 o/oo og forventer, at etableringen af stryg og omløb vil blive meget mere udbredt i nær fremtid som erstatning for fisketrapper o.lign. i de områder, hvor det af landskabelige grunde er muligt at bygge stryg og omløb (Gebler 1998, Eberstaller m.fl. 1998, Larinier 1998, Larsson & Johlander 2002).

Strygene kan anlægges, så de principielt er vedligeholdelsesfri, og man skaber gode levesteder for fisk og smådyr. Det gælder også på en strækning umiddelbart opstrøms stryget, hvor vandhastigheden øges. En direkte fjernelse af spærringen giver således det bedste vandløbsmiljø. Hvis opstemningen i stede bevares og der etableres omløb som faunapassage, bevares den opstuede zone, hvilket giver en ringere vandløbskvalitet end ved fjernelsen af opstemningen og etableringen af stryg.

Gode eksempler på effekten af at skabe fri fiskepassage med stryg (hvor alt vandet løber over strygene og ikke udnyttes til andre formål) er f.eks. nævnt i danske publikationer som Bangsgaard (1993,1994), Nielsen (1994a,b&d), Madsen (1995), Hansen (1996a) og Frandsen (1998). Eksempelvis er flere turbineanlæg i Grejs Å og Vejle Å blevet opkøbt og nedlagt og opstemningerne ombygget til stryg direkte i vandløbet, hvor alt vandet løber. Flere års elektrofiskeundersøgelser har vist, at der vandrer mange havørreder forbi de tidligere spærringer, og at ørredbestanden i den øvre del af Grejs Å er blevet flerdoblet som følge af havørredens gydning (Frandsen 1998). Desuden er strygene ofte langt bedre levesteder for ørred, ål og andre fisk end i resten af vandløbet (Bangsgaard 1993&1994).

Da der imidlertid ofte er et ønske om at udnytte en del af vandet til dambrugs- eller turbinedrift samtidig med, at der skabes fiskepassage, er det vigtigt at beskrive, hvordan der samtidig kan skabes god fiskepassage.

Enkelte danske dambrug er allerede ved anlæggelsen blevet etableret med vandindtag direkte fra vandløbet uden et egentligt opstemningsanlæg (vandindtag på såkaldt ”glat strøm”). Der er en minimal opstemningseffekt på den opstrøms beliggende vandløbsstrækning og naturlignende faldforhold i vandløbet, så vandløbet ændrer stort set ikke karakter omkring vandindtaget (bevarer sine naturlige dimensioner etc.). Derfor må det formodes, at denne løsning giver en optimal form for fiskepassage. Der er dog et væsentlig minus ved at indtage vand på glat strøm, nemlig at der som regel opstår en lang vandløbsstrækning med reduceret vandføring (strækningen fra vandindtaget til dambruget og til udløbet).

Undersøgelser ved traditionelle dambrug med stemmeværksanlæg og fisketrapper har vist, at passageforholdene ofte er utilfredsstillende med et stort tab af vildfisk på såvel opstrøms som nedstrøms vandring. Så må passageforholdene forbedres. I visse tilfælde kan dambrugets vandindtag ændres, så stemmeværket fjernes og ombygges til stryg, og vandindtaget sker på glat strøm eller på anden vis. Fx er stemmeværker med dårligt fungerende fisketrapper ved Løjstrup Dambrug og Vingsted Dambrug i 2001-2002 blevet ombygget til stryg direkte i vandløbet og i hele

vandløbets bredde, hvor selve opstemningen er blevet fjernet (Helgren 2002 samt Vejle Amt upubl.). Se fotosiderne de næste par sider.

Dambrugene drives fortsat med indtag af en relativt fast vandmængde fra vandløbet (knap ½ medianminimum ved Vingsted, 70 % af medianminimum ved Løjstrup). Tidligere var der opstemninger med fisketrapper, som kun kunne rumme en mindre del af det frivand, der blev ledt gennem opstemningerne i situationer med meget vand (hvor havørred og laks vandrer). Frivandet lokkede ofte fiskene væk fra fisketrapperne og hen til frislusen, hvor de sprang forgæves i forsøget på at passere. Nu bliver alt frivand og al variation i vandføringen principielt udnyttet til at lokke fiskene gennem fiskepassagen (stryget). Derfor formodes der ikke i situationer med meget frivand at være væsentlige problemer med forkert lokkevirkning, selv om der stadig kan spores en ophobning af havørreder nedstrøms opstemningen ved små vandføringer (Kaarup 2003). Denne løsning formodes også at give bedre betingelser for nedstrøms vandrende fisk som f.eks. ørred- og laksesmolt (Helgren 2002) og opfylder hermed bedre ønsket om at etablere naturlignende passager, der virker for såvel opstrøms som nedstrøms vandrende fisk (Northcote 1998, Cowx & Welcomme 1998, Katopodis 2002). Samtidig er det en elegant løsning, idet fiskepassagerne herved udnytter alt det vand, der alligevel ikke bruges til dambrugsdrift.

Fotos fra Løjstrup Dambrug, Hadsten Lilleå. Øverst ses opstemningen med fisketrappe, inden den i juni 2001 blev fjernet og ombygget til et stryg (nederste to fotos). Fotos Jan Nielsen og Århus Amt.





Fotos fra Vingsted Dambrug, Vejle Å.

Øverst ses opstemningen med fisketrappe, inden den i februar 2002 blev fjernet og ombygget til et stryg (øverst t.h.). Nederste fotos fra maj 2002 (t.v.) og juli 2002 (t.h.). Fotos fra Vejle Amt.

Passageforholdene ved Løjstrup Dambrug er undersøgt flere gange:

- I 1984 fandt kun 7 % af havørrederne fisketrappen, mens 25 % sprang gennem opstemningen og passerede udenom fisketrappen (Nielsen 1985). Herefter blev den eksisterende bassin-fisketrappe suppleret med en modstrømstrappe med udmunding tættere på frislusen.
- I 1995 svømmede 12 havørreder, der var mærket med radiosendere, op til opstemningen og fisketrapperne, men ingen kom forbi opstemningen (Aarestrup & Jepsen 1998).
- I 1998 og 2001 blev bestanden af havørreder undersøgt op- og nedstrøms Løjstrup Dambrug (Kaarup 2003). Begge år passerede hovedparten af havørrederne ved dambruget, idet 70-80 % af bestanden befandt sig på gydepladserne opstrøms dambruget. Bestanden var over dobbelt så stor i 2001 som i 1998, så et betydeligt større antal havørreder havde passeret stryget i 2001 i forhold til det antal, der passerede fisketrapperne i 1998. Men tætheden af havørreder (målt pr. km vandløb) var begge år størst nedstrøms dambruget og forholdsmæssig størst i 2001.

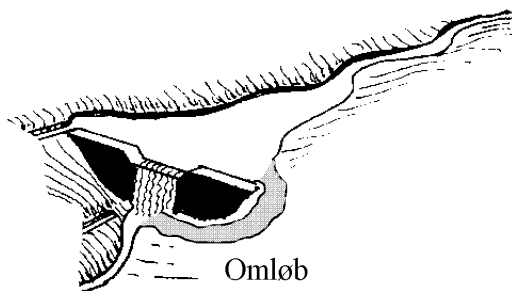
Det var forventet, at det nye stryg ville have givet fuldstændig fri passage i 2001 (Helgren 2002). Men en del havørreder i Hadsten Lilleå passerede ikke stryget. Derfor konkluderer Kaarup (2003), at passagen stadig påvirkes ved Løjstrup Dambrug. Årsagen kan være, at fiskene bliver forsinket af lokkestrømme fra dambrugets udløb, eller de bliver i perioder med lille vandføring forvirrede af den

mindskede vandføring i åen på strækningen forbi dambruget. En medvirkende årsag kan være, at der kun var en dag med stor vandføring (over 4.000 l/s) i 2001, hvor der var 8 dage i 1998. Det kan være med til at forklare den større koncentration af fisk nedenfor dambruget i 2001 i forhold til 1998, idet det er velkendt, at fiskene vandrer ved store vandføringer.

Passageforholdene ved Vingsted Dambrug er ikke undersøgt systematisk som ved Løjstrup Dambrug. Men lystfiskerfangsterne og Vejle Sportsfiskerforenings elektrofiskeri efter havørredmoderfisk har vist, at der nu vandrer mange havørreder langt op i Vejle Å-systemet, hvor der tidligere var en klar ophobning af havørreder nedstrøms fisketrappen ved Vingsted Dambrug. Der passerer også mange fisk forbi et stryg længere opstrøms ved Haraldskær Fabrik, hvor en opstemning med en dårligt fungerende modstrømstrappe blev nedlagt et par år før og ombygget til et stryg med hele åens vandføring. Effekten på andre arter er ikke undersøgt.

7.2 Omløb

Omløb er nye vandløb af strygagtig karakter, der anlægges som fiskepassager uden om eksisterende opstemninger o.lign., men som også kan fungere som værdifulde gyde- og opvækstområder for fisk.



Hvis man overordnet ser på de danske stryg og omløb, er mange af dem anlagt med stenbund og et ensartet tværsnitsprofil, hvor vanddybden og dermed strømhastigheden er ret ens overalt. Stenbunden skal bl.a. sikre passende lave vandhastigheder ved bunden og siderne, så fisk med dårlige svømmeegenskaber kan passere opstrøms eller finde gode levesteder, også for yngel (eksempelvis skalle, aborre m.fl.). Men mange af fiskene vil klare sig bedre, hvis man etablerer strygene og omløbene med dobbeltprofil, så man kan afvikle en stor vandføring i en dyb strømrende samtidig med, at man sikrer lavvandede områder med roligt vand langs en eller begge bredder.



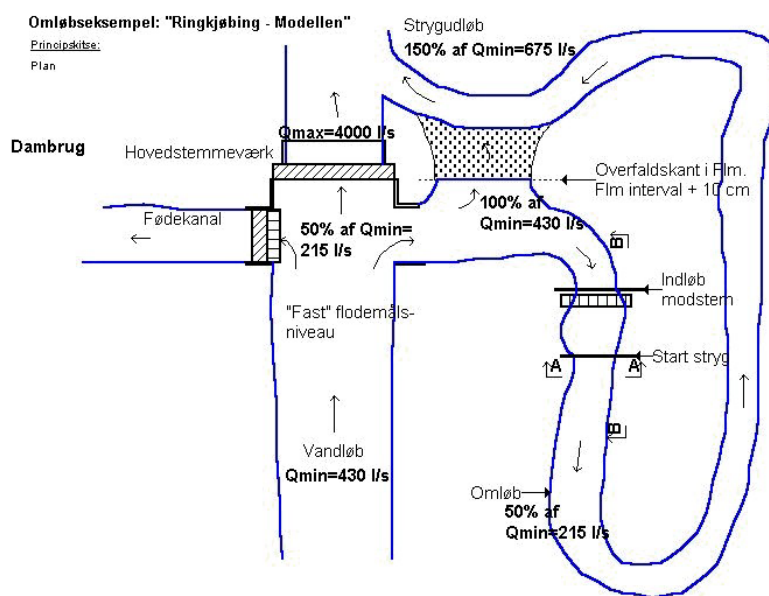
Omløb med dobbeltprofil og roligt vand langs bredden (Bygholm Sø ved Horsens, foto Jan Nielsen).

Vandføringen i omløbene bør generelt være så stor som mulig af hensyn til en god lokkevirkning, men samtidig skal der sikres passende lave vandhastigheder og strømlæ overalt. Samtidig bør der laves vedligeholdelsesfrie løsninger, hvor vandet automatisk løber i omløbet uden menneskelig indgriben. Det kan f.eks. ske i form af en såkaldt overløbskant (så der løber mere vand i omløbet ved stigende vandstand i åen opstrøms omløbet), eller hvis der er regulerbare stigborde ved indløbet (automatiske). Man skal dog være opmærksom på, at selv små styrt ved overløbskanter, ind- og udløb etc. kan virke som en totalspærring for dårlige svømmere, herunder vandløbsinsekter o.lign., idet disse kræver en sammenhængende bund og lave vandhastigheder for at kunne passere opstrøms.

Omløbene er dimensioneret efter to forskellige principper:

- De fleste omløb har nogenlunde samme vandføring og fysisk udformning i hele forløbet fra indløb til udløb. Vandføringen kan evt. variere, idet frivand ledes i omløbet ved vandindtaget (det bedste). Reguleringen af vandføringen foregår altså ved vandindtaget.
- Andre omløb har forskellig vandføring på forskellige delstrækninger. Vandføringen er relativt konstant og lille på strækningen umiddelbart nedstrøms vandindtaget. Frivand ledes ud på omløbets nedre del, så opstrøms trækkende fisk mærker samme lokkevirkning fra udløbet, som hvis frivandet havde løbet hele vejen ned gennem omløbet (figur 7.1).

Sidstnævnte type, hvor frivandet løber ud på omløbets nedre del i stedet for at løbe hele vejen igennem omløbet, er brugt nogle steder i Ringkjøbing Amt (som dog også har lavet en del omløb af den første type med en overfaldskant ved indløbet til stryget) og kaldes derfor Ringkjøbing-modellen. Princippet er, at fisk på opstrøms vandring lokkes hen til og op i udløbet af omløbet, hvorefter de formodes at passere hele vejen op gennem omløbet. Fordelen ved denne løsning er lavere anlægsudgifter, en mere stabil vandløbshydraulik og lavere strømhastigheder ved indløbet. Desuden kræver de smalle omløb ikke så meget plads som de omløb, der har en større vandføring på hele forløbet. Bagdelen er, at hovedparten af vandløbets vandføring i flomsituationer afgives over opstemningen/overfaldskanten i den nederste del af omløbet, så nogle af de opstrøms vandrende fisk måske vil ane uråd og vende om, når de kommer op i den del af omløbet, hvor der ikke løber så meget vand. Ringkjøbing Amt har lavet en del undersøgelser af omløbene og har fundet opvandring af forskellige fiskearter som f.eks. havørred, helt, strømskalle, aborre, skrubbe



Figur 7.1

Principskitse over omløbet ved Krogsdal Dambrug, Vegem Å. Omløbet er dimensioneret til en maksimal fast vandmængde svarende til halvdelen af medianminimum (215 l/s), men der kan afgives yderligere 430 l/s over en overfaldskant på omløbets nedre del (+ 100 l/s ekstra, når flodemålet overstiges med 10 cm). Overskydende frivand afgives som frivand gennem hovedstemmeværket (figur fra Ringkjøbing Amt/Balleby 2002a).



Overløbskant ved vandindtaget til et omløb ved Bygholm Sø, Vejle Amt (t.v., foto Jan Nielsen) samt overløbskant på den nedre del af et omløb i Ringkjøbing Amt (foto Per Søby Jensen).

m.fl., hvoraf flere arter ikke fandtes opstrøms tidligere (Balleby 2002a). Men selv om undersøgelserne hermed viser, at arterne kan svømme hele vejen op gennem omløbene, er der ingen registrering af, hvor stor en procentdel af fiskene, der er vandret hele vejen op gennem omløbene. Derfor kan det ikke afgøres, hvor effektive omløbene er. Og da vandføringen og dimensionerne på en del af omløbet er unaturligt lille for de fisk, der er på vandring, kan man som nævnt frygte, at nogle af dem kan finde på at vende om undervejs i omløbet (se mere herom senere i afsnittet). Pga. denne usikkerhed kan typen ikke anbefales på nuværende tidspunkt.

Af danske undersøgelser af omløb kan f.eks. nævnes Jørgensen (1992&1993), Michelsen (1992), Davidsen & Mathiesen (1992), Bangsgaard (1993,1994), Nielsen (1994a,b), Madsen (1995), Munk & Thomsen (1995), Hansen (1996a), Nielsen (1999) og Balleby (2002a&b). Der er også eksempler på undersøgelser i udlandet (f.eks. Steiner 1991, Schmutz m.fl. 1994, Jungwirth 1996, Mader m.fl. 1998, Eberstaller m.fl. 1998 og Mader 2002).

Alle de nævnte undersøgelser viser, at alle fiskearter- og størrelser i rent hydraulisk henseende kan svømme opstrøms gennem stryg og omløb med passende fald, strømlæ og vandhastigheder (tabel 7.1 og kapitel 5). Bl.a. er det interessant, at der svømmer i tusindvis af helt op i omløbet ved Holstebro Vandkraftværk, idet helt normalt undgår traditionelle fisketrapper.

Man skal imidlertid være meget opmærksom på, at selv om der lever og svømmer mange fisk i omløbene, fortæller det ikke noget om, hvorvidt omløbene er tilstrækkeligt effektive som fiskepassager. Som vist på figur 2.1 virker de kun godt nok, hvis en stor del af fiskene finder og bruger dem på deres vandringer. Men lige som det er tilfældet med andre typer fiskepassager, er der stort set ikke lavet undersøgelser over omløbs egentlige effektivitet som fiskepassager.

Ved en af de få undersøgelser, hvor der er bestemt en konkret effektivitet på et omløb (og det endda kun på en enkelt art, nemlig stalling), registrerede Jungwirth (1996) 3.658 fisk på opstrøms vandring gennem to omløb i floden Mur i Østrig. Heraf var der ca. 2.300 kønsmodne stallinger – et imponerende tal, men det svarede ”kun” til 17 % af de kønsmodne stallinger på en 5,5 km strækning nedstrøms spærringen. Eberstaller m.fl. (1998) vurderer, at det er tilstrækkeligt, at 17 % af stallingerne vandrer gennem omløbet, hvilket kan undre set ud fra et naturmæssigt synspunkt. Man kan selvfølgelig ikke vide, om alle stallingerne fra floden var på vandring. Men en effektivitet på 17 % vil normalt være alt for dårlig for en bestand af vandrefisk.

Tabel 7.1

Fangst af fiskearter og krebs i danske og østrigske omløb, hvor der har været opsat fælder til fangst af opstrøms vandrende fisk.

Fiskearter	Lokalitet	Fald (o/oo)	Reference
Aborre, brasen, flodlampret, gedde, grundling, havørred, havlampret, helt, hork, laks, regnbueørred, skalle, skrubbe, stalling, havgående regnbueørred, strømskalle, suder, ørred, ål	Holstebro Vandkraftværk, Storå	10	Jørgensen (1992 & 1993) Davidsen & Mathiesen (1992)
Aborre, brasen, bækørred, elritse, gedde, grundling, hork, knude, krebs, regnbueørred, skalle, stalling, suder, ål	Vestbirk Vandkraftværk, Gudenå	13	Munk & Thomsen (1995)
Aborre, brasen, regnbueørred, skalle, strømskalle, ål	M:E.S., Brande Å	13	Michelsen (1992)
Aborre, brasen, regnbueørred, skalle, strømskalle, ål	Brande Elværk	13	Michelsen (1992)
Aborre, gedde, regnbueørred, skalle, strømskalle, ørred	Rind Å v. Skjern Å Nørrekanal	3-5	Michelsen (1992)
Alle fiskearter- og størrelser fra floden blev fanget i omløbet bortset fra voksne Donaulaks. 80 % var stallinger	Floden Mur ved Unzmarkt	42	Eberstaller m.fl. (1998)
Alle fiskearter- og størrelser fra floden blev fanget i omløbet bortset fra voksne Donaulaks. 98 % var stallinger	Floden Mur ved Fishing	34	Eberstaller m.fl. (1998)
180.000 individer af 39 forskellige arter, bl.a. brasen, flire, løje, ål, pigsmørling, karpe, gedde, grundling, 3-p. hundestejle, regnløje, strømskalle, knude, aborre, skalle, bækørred, rudskalle, sandart og suder	To omløb ved Marchfeldkanalen i Østrig	5 og 9	Mader m.fl. (1998) Mader (2002)

Der er tilsvarende lavet to undersøgelser af danske omløb, hvor havørreder på gydevandring blev mærket med PIT-mærker og deres adfærd registreret i en automatisk lyttestation (Hansen & Aarestrup 2000, Aarestrup m.fl. 2003). Begge omløb er dimensioneret til stort set at kunne rumme hele vandløbets vandføring og er tidligere vurderet til at virke tilfredsstillende pga. en god lokkevirkning ved normal drift, hvor langt den største vandmængde løber i omløbene ved store afstrømninger (Nielsen 1999). Men ved de nye undersøgelser blev vandføringen i begge omløb droslet ned i forhold til normalt, da formålet var at undersøge effektiviteten af omløb med en relativt lille vandføring. Derfor fik omløbet i Tirsbæk ”kun” tildelt ca. 300 % af medianminimumsvandføringen, som er på 15 l/s, mens omløbet i Rohden Å fik 60-80 % af medianminimumsvandføringen, som er på 270 l/s. Resultaterne viste, at

- I Tirsbæk vandrede 83-98 % af havørrederne op i omløbet, men kun 46 % passerede hele vejen igennem.
- I Rohden Å vandrede 46-56 % af havørrederne op i omløbet, men kun 24-29 % passerede selve opstemningen.

Begge resultater viste således en utilfredsstillende effektivitet af omløbene ved den pågældende vandføring - lokkevirkningen var ikke god nok i omløbet i Rohden Å, og halvdelen af havørrederne i begge omløb vendte om på vandringen op gennem omløbet. Et tilsvarende resultat er set i en skotsk fisketrappe af bassintypen ved Pitlochry Dam, hvor fiskene lokkes ind i trappen ved tilførslen af ekstra lokkevand på det nederste forløb. Her svømmede kun fem af 11 laks (45 %) helt gennem trappen, og fiskene blev desuden forsinket op til 43 døgn ved dæmningen, inden de svømmede ind i fisketrappen (omtalt mere detaljeret i afsnit 7.5). Ligeledes vendte en del fisk om under passagen gennem en engelsk fisketrappe af modstrømsstypen, så kun 4 % af alle forsøg lykkedes (Lucas & Baras 2001). Tilsvarende er set i Norge, hvor det diskuteres, om det skyldes en

for lille relativ vandføring i passagen i forhold til selve vandløbet (Thorstad m.fl. (submitted)). Spørgsmålet er tilsvarende, om fiskene i de to danske omløb og de nævnte fisketrapper vendte om, fordi vandføringen i fiskepassagen var for lille i forhold til det vandløb, de lige var vandret op igennem. Det ved man ikke, men forholdet bør undersøges nærmere, bl.a. set i lyset af, at en del danske omløb har en ret lille vandføring på hele eller dele af forløbet.

Det er ikke lykkedes at finde andre konkrete undersøgelser af effektiviteter på omløb. Derimod er der lavet andre undersøgelser, der fortæller noget om vandføringens betydning:

- Omløbet ved Holstebro Vandkraftværk er dimensioneret til 1.000 l/s og i den undersøgte periode varierede vandføringen i åen mellem 10 og 27 m³ /s (Davidsen & Mathiesen 1992, Jørgensen 1992,1993). Omløbets vandføring svingede mellem 400 og 1.000 l/s, og en statistisk analyse af sammenhængen mellem vandføringen og antal fisk i fælden er vist i tabel 7.2. Resultatet viste, at omløbet generelt virkede bedst ved den største vandføring, selv om et par arter foretrak en lavere vandføring og flere arter var upåvirkede af vandføringen. Det skal fremhæves, at fiskebestandens størrelse i Storåen var ukendt, så omløbets effektivitet for de forskellige fiskearter kunne ikke beregnes. Det må dog formodes, at et større omløb med et mere naturligt fald og udformning ville have fungeret bedre pga. en bedre lokkevirkning og fordi dårlige svømmere som grundling og skalle da ville have mere roligt vand at svømme i.

Tabel 7.2.

Vandføringens betydning for optrækket af fisk gennem omløbet ved Holstebro Vandkraftværk.

Optimal vandføring i omløbet (dimensioneret til 1.000 l/s)		
400 l/s	1.000 l/s	Vandføring ikke afgørende
Grundling Skalle	Aborre Gedde Havørred Laks Steelhead	Brasen Helt Hork Skrubbe Stalling Strømskalle Ål

- Fynske undersøgelser med elektroniske fisketællere i Stokkebækken og et omløb ved Kongshøj Mølle, Kongshøj Å, har vist en tydelig sammenhæng mellem optrækket af havørred og vandføringen, så optrækket var mindst ved små vandføringer (Rugaard 2002a&b og mundtlige oplysninger 2003). Opgangen fulgte i det store hele variationerne i vandføringerne i begge vandløb. I omløbet ved Kongshøj Mølle blev opgangen dog ind imellem mindsket, når mølleejeren i situationer med store afstrømninger trak nogle af stemmeværkets stigborde. Så løb der frivand over stemmeværket, hvilket bevirkede, at vandføringen i omløbet blev nedsat. Disse hændelser med afgivelse af frivand ved stemmeværket og nedsat vandføring i omløbet er desværre ikke registreret - men sammenhængen var tydelig og er således med til at vise vandføringens betydning for effektiv fiskepassage.



Dobbelt ålepass ved gammelt stemmeværk (t.v.). Ålene forventes at kravle gennem rørene, som er fyldt med et trådnet kaldet Enkamat. T.h. ålepass med Enkamat til montering i udskæringen til en fisketrappe af bassintypen.
Fotos Jan Nielsen.

7.3 Ålepass

Der har i mange år været krav om ålepass ved de forhindringer i vandløb, der kan stoppe ålens opstrøms vandringer. Bekendtgørelsen om ålepass, ungfiskesluser samt afgitringer i ferske vande (BEK nr.1018 af 12/12/2002) siger således bl.a.:

- Ved stemmeværker, styrt, møller, engvandingsanlæg, industrielle anlæg, herunder anlæg, hvor der er anbragt turbiner eller lignende anlæg i ferske vande, skal der i tiden 1. april til 31. oktober være anbragt ålepass for ejerens bekostning. Ålepassets vedligeholdelse påhviler ligeledes stemmeværkets ejer.
- Et ålepass skal bestå af et for ål og vand let passabelt godkendt plastmateriale, der er lagt i et rør med en diameter på mindst 100 mm eller en trækasse med dimensionerne 20 x 20 cm. Fyldmaterialet skal udgøre en sammenhængende forbindelse mellem vandløbsbunden i bagvandet og overvandet og skal være let passabelt for ål. Ålepasset skal være forsynet med vand i hele sin længde.
- I vandløb med en bredde ved stemmeværket mv. på op til 3 m skal der anbringes mindst et ålepass. I vandløb med en større bredde end 3 m ved stemmeværket mv. kan det stedlige fiskeriinspektorat påbyde anbragt flere ålepass i anlægget.

Opgangen af ål gennem ålepass er registreret flere steder i Danmark i en årrække, men der har ikke været lavet egentlige undersøgelser af, hvor effektive de er (oplysning fra biolog Michael Ingemann Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser 2003). Da vandstrømmen gennem et ålepass er ret lille, må det dog ud fra erfaringer med andre fisk formodes, at kun en mindre del af ålene finder og passerer opstrøms gennem ålepassene sammenlignet med en situation uden en fiskespærring, også selv om der måske er etableret to ålepass i brede vandløb. Da mindre ål generelt ikke vandrer gennem fisketrappes (med mindre der er etableret ålepass i selve trappen), må ålopgangen derfor forventes at blive betydeligt forbedret, hvis evt. fiskespærringer fjernes/ombygges til stryg eller der etableres omløb.

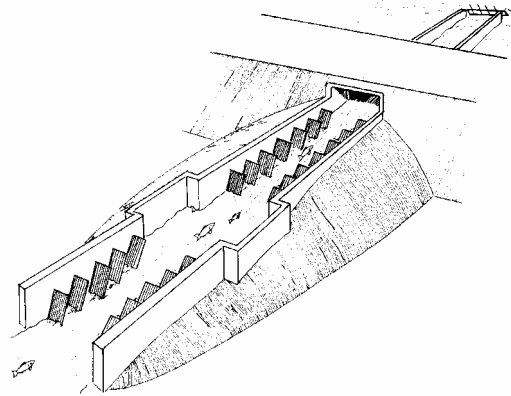


Fiske-trappe af modstrømsstypen ved Åkærdal Mølle, Åkær Å, ved lille henh. stor vandføring. Undersøgelser viste, at der stor set ikke vandrede havørreder i vandløbet i perioder med lille vandføring, hvor det meste vand løb gennem fiske-trappen. Havørrederne vandrede specielt i perioder med meget vand men kunne så ikke finde fiske-trappen. Nu er opstemningen fjernet, og der er i stedet bygget et stryg, som fører hele åens vandføring (Nielsen 1999).

7.4 Modstrøms fiske-trapper

Modstrøms-trappen blev opfundet i 1908 og er en strømrørende, hvor indbyggede lameller sikrer vandbevægelser, der hjælper fiskene opstrøms (Lonnebjerg 1980, Clay 1995).

Fordelen ved modstrøms-trappen er, at den kan stå med en stejl hældning og er billig at etablere, hvis der ikke etableres hvilebassiner som f.eks. ved Gudenåcentralen. Bagdelen er, at den kræver en ret stabil vandføring, er svær at vedligeholde (Clay 1995), og at der er mange eksempler på, at modstrøms-trapper ikke virker tilfredsstillende.



En fransk ekspert i fiske-trapper, Michel Larinier (1998), konkluderer i en generel gennemgang af forskellige typer fiskepassager,

- at modstrøms-trapper er ret selektive og er kun egnede for vandløbslevende fisk med tilstrækkelig udholdenhed og evne til at svømme hurtigt.
- at modstrøms-trapperne ikke egner sig for små fisk under 25-30 cm eller for fisk som gedde og sandart.
- at små fisk er set svømme gennem modstrøms-trapper med utilstrækkelig vandføring, hvor strømningens mønster er anderledes, og hvor fiske-trapperne virker som meget små bassin-trapper.

Ejbye-Ernst & Nielsen (1981) viste, at der vandrede stallinger gennem en modstrøms fiske-trappe i Gudenåen ved Hammer Mølle, men ikke hvor stor en del af bestanden, der benyttede trappen. Tilsvarende er der observeret opvandring af stallinger gennem en modstrøms-trappe ved Hellevad Mølle Dambrug i Surbækken, Vidå-systemet, hvor der dog heller ikke er kendskab til trappens egentlige effektivitet (oplysning fra dambruger Jens Fürst, 2003). Mange års undersøgelser af en modstrøms fiske-trappe i Gudenåen ved Gudenåcentralen har vist, at den hydraulisk set fungerede tilfredsstillende for de fleste fiskearter som f.eks. laks, havørred, store ål, aborre, skalle, rudskalle, brasen, flire, hork og gedde (Koed m.fl. 1996). Hvis disse fisk finder ind i trappen, er de også i stand til at svømme gennem den, selv små fisk (der er dog ikke kendskab til, hvor stor en

procentdel, der gør det i praksis). Andre fisk benytter dog generelt ikke trappen - der svømmede kun få helt hele vejen op gennem trappen, selv om en del helt blev observeret i det nederste hvilebassin. Desuden benytter de mindre ål under 30 cm sandsynligvis primært de ålepas, der er indbygget i fisketrappen. Endelig har sandarten tilsyneladende svært ved at finde trappen og/eller ved at passere den, idet der normalt kun passerer få sandarter gennem trappen på et år, selv om en undersøgelse i maj 1999 f. eks. viste, at der stod 884 sandarter samlet lige nedstrøms Gudenåcentralen (Andersen & Balleby 2000).

Ved en undersøgelse i 1994 af laks, der var mærkede med radiosendere, blev der ikke registreret mærkede laks i eller i nærheden af fisketrappen ved Gudenåcentralen (Aarestrup & Jepsen 1995). Men generelt steg effektiviteten af modstrømstrappen fra et niveau på 3-10 % til ca. 25 % (laks og havørred) efter etableringen af et 20 mm gitter nedstrøms turbinerne i 1993 (Koed m.fl. 1996), hvilket dog stadig ikke er tilfredsstillende jf. figur 2.1 Der blev ved undersøgelserne konstateret en klar sammenhæng mellem opvandringen af laks og havørred i fisketrappen og vandføringen i Gudenåen, så opgangen i fisketrappen hovedsagelig skete ved lav vandføring i Gudenåen. Da laks og havørred hovedsagelig vandrer opstrøms i perioder med stor vandføring, viser dette, at såvel laks som havørred havde svært ved at finde udløbet af fisketrappen pga. en for ringe relativ vandføring (lokkestrøm) gennem trappen, specielt ved høje vandføringer (Koed m.fl. 1996).

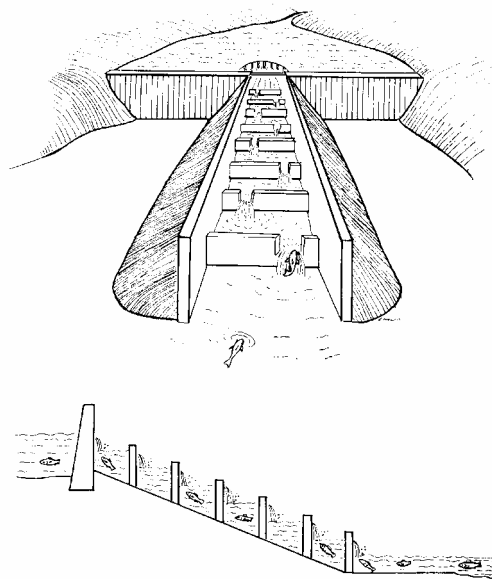
I Sverige har man undersøgt fire ens fisketrapper, der hver især består af en modstrømstrappe i den nedstrøms ende og en bassintrappe i den opstrøms ende. Ved stor vandføring gennem trapperne virker de bedst for ørred og dårlig for helt, mens det omvendte er tilfældet ved små vandføringer gennem trapperne. Det er ikke muligt at få trapperne til at virke godt for begge arter på samme tid (Nilsson & Karlström 1999). I Finland har man aldrig observeret helt og kun få flodlampretter i en modstrøms fisketrappe i elven Kemijoki, selv om der er mange helt og lampretter i elven, og flodlampretterne benytter en nærtliggende fisketrappe af bassintypen (Laine m.fl. 1998).

I 1980'erne blev der etableret mange modstrømstrapper i Danmark (bl.a. ved Gudenåcentralen), indtil en række undersøgelser viste, at de ikke virkede godt nok. Pga. den stabile vandføring i trapperne kunne ørrederne ikke finde dem, da ørrederne hovedsagelig vandrer i perioder med meget vand i vandløbene (Nielsen 1994b & 1999, Olesen 2002a). Desuden blev fisketrapperne ofte helt tilstoppede med grene o.a. drivende materiale. Derfor er mange af trapperne fjernet igen og erstattet af bedre løsninger som f.eks. fjernelse af opstemningen eller etablering af stryg eller omløb med større vandføring, mindre vedligeholdelsesbehov og bedre muligheder for at alle fiskearter- og størrelser kan svømme op- og nedstrøms.

Konklusionen omkring modstrømstrapperne er derfor, at de ikke bør etableres i danske vandløb.

7.5 Bassin fisketrapper

Bassin- eller kammertrappen efterligner de naturlige forhold i mindre vandløb med væltede træer o.lign, hvor der opstår små bassiner og styrt, når vandet staves op og løber hen over eller gennem de væltede træer. Vandet løber gennem en eller flere udskæringer i bassinvæggen, enten under vandoverfladen (neddykket), i overkanten eller i en kombination (Lonnebjerg 1980, Sandell m.fl. 1994, Clay 1995, Cowx & Welcomme 1998). Desuden kan trappen konstrueres, så vandet også kan løbe hen over bassinvæggene ved store vandføringer, hvilket dog kræver store bassiner. Herved kan fisketrappen bedst muligt udnytte svingende vandføringer og skabe den bedste lokkestrøm for fiskene ved trappens ind- og udløb.



Bassintrappe (tegning fra Nielsen 1994b).

Mange bassintrapper er følsomme over for store udsving i vandløbets vandstand (Kamula & Katopodis 2002). Larinier (1998) nævner desuden, at dykkede åbninger ikke bruges i franske bassintrapper, da de nemt stopper til med drivende materiale, hvilket også er set i danske trapper med dykkede åbninger.

Hastigheden i vandstrålen bør være så lav, at de lokale fiskearter kan passere opstrøms (se kapitel 5). Mange fisk kan ikke svømme mere end max. 1 m/s ved forceret svømning, og derfor må vandhastigheden i udskæringerne vurderes nøje i hver enkelt situation. Laksen tiltrækkes tilsyneladende af høje vandhastigheder i bassintrapper (Laine m.fl. 2002), som kan stoppe andre fisk som f.eks. majsild (Larinier 1998).

Bassinerne skal være så store, at vandets energi og turbulens absorberes bedst muligt. Ellers mister fiskene orienteringen og trættes unødigt ved at skulle svømme omkring og lede efter passagemulighed (Lonnebjerg 1980).

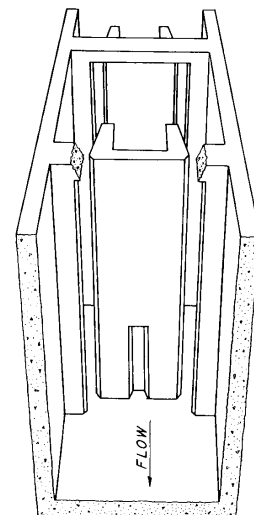
Højdeforskellen mellem vandspejlet i bassinerne er hyppigst 15-45 cm og bør være så lille som mulig, da en del fisk ikke kan springe (se kapitel 4). En belgisk bassintrappe med små fald på 13-15 cm mellem bassinerne blev årligt benyttet af tusindvis af fisk af 23 arter, hvoraf mange var dårlige svømmere (Prignon m.fl. 1998). Vandføringen i denne trappe var dog så lille i forhold til flodens vandføring (240 l/s henh. 165.000 l/s som årsgennemsnit), at trappens egentlige effektivitet må have været meget begrænset pga. en ringe lokkevirkning.

Larinier (1998) anbefaler følgende faldhøjder mellem bassinerne:

- Fra 0,30 til 0,60 m (helst 0,30-0,40 m) til laks og havørred
- Fra 0,30 til 0,45 m (helst 0,30 m) til bækørred
- Fra 0,20 til 0,30 m til majsild (meget sjælden i Danmark)
- Fra 0,15 til 0,30 m til ikke-vandrefisk afhængigt af art og størrelse på de lokale fisk

Det skal dog fremhæves, at selv små fald stopper de små fisk og vandløbsinsekterne på deres opstrøms vandringer. For at lette ålenes opgang gennem bassintrapperne har det derfor i de nyere danske trapper ofte været brugt at indbygge ålepas i udskæringerne (Nielsen 1994b).

I udlandet er en bassintype ofte anvendt, der så vidt vides ikke er brugt i Danmark. Det er den såkaldte ”vertical slot”-fisketrappe (”lodret udkæring”), hvor vandet passerer gennem en eller to lodrette udkæringer i hele trappens højde (Lonnebjerg 1980, Sandell m.fl. 1994, Clay 1995, Cowx & Welcomme 1998, Larinier 1998). Herved skabes der et strømningsmønster, som hjælper fisken opstrøms. En forudsætning for trappens succes er, at variationerne i vandspejlet op- og nedstrøms trappens udløb er ens. Trappen er meget succesfuld over for bl.a. Stillehavslaks i Fraser River ved Hell’s Gate, hvor der vandrer op til 500 fisk igennem pr. minut (20.000 fisk i timen), og hvor den fungerer ved meget varierende vandføringer (op til 15 meters højdeforskel) (Clay 1995).



Principskitse af Vertical Slot-fisketrappe (Clay 1995).

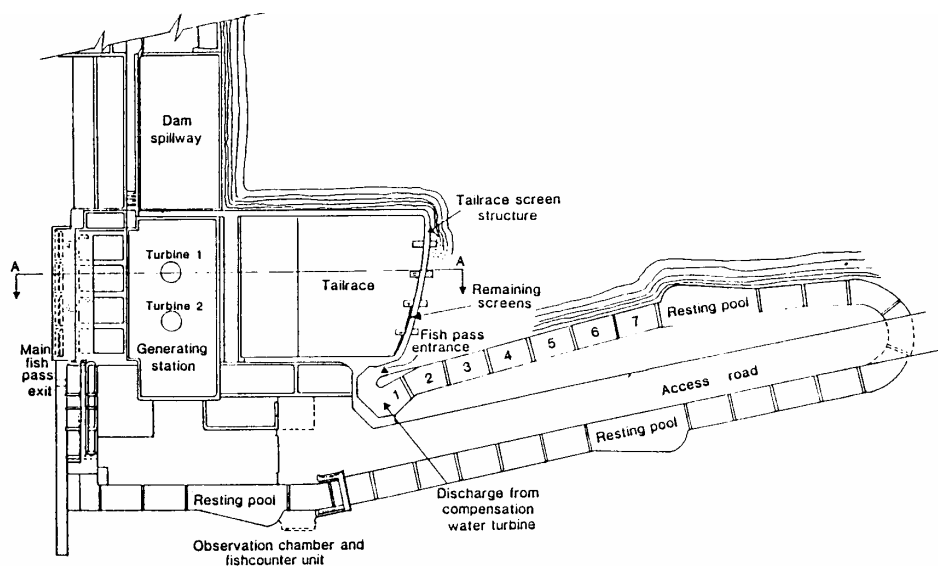
Vertical Slot-fisketrapper er netop udviklet til brug ved naturlige fiskespærringer, hvor vandstanden/vandføringen varierer meget, og hvor der ikke er muligheder for daglig pasning og vedligeholdelse. Her har de i forskellige størrelser vist sig at fungere godt over for Stillehavslaks og ørred - men Clay pointerer, at små trapper af denne type (med små udkæringer) bestemt begrænser størrelsen på de fisk, der kan passere. Sandell m.fl. (1994) nævner, at Vertical Slot-trapper kan passeres af et stort antal fiskearter, bl.a. af små aborrer. Men også, at de små udkæringer kan virke som en flaskehals, hvis de ikke er tilpasset de lokale fiskearter.

Desuden kræver trappen meget vand, hvis den skal virke over for store vandrefisk som f.eks. laks, så de 10 franske Vertical Slot fisketrapper er dimensioneret til 700-3.000 l/s (Larinier 1998).

I udlandet mener flere forfattere, at bassintrapper generelt virker tilfredsstillende over for de fleste europæiske fiskearter, når trapperne er veldesignede mht. de forskellige hydrauliske kriterier, når deres udløb ligger det rigtige sted, og når deres tiltrækningskraft er tilstrækkelig (Larinier 1998, Cowx & Welcomme 1998). Forfatterne angiver dog ikke nogen konkrete eksempler på undersøgelser, hvor man har bestemt effektiviteten på fisketrapperne. Omvendt giver mange udenlandske forfattere mange eksempler på dårligt fungerende bassintrapper. Der er også lavet flere danske undersøgelser med bestemmelse af fisketrappers effektivitet (omtalt senere, afsnit 7.8), og der er stort set ingen eksempler på velfungerende danske fisketrapper. Årsagen er bl.a., at der kun løber en mindre del af den naturlige vandføring gennem fisketrapperne, så fiskene ikke kan finde dem.

En spændende undersøgelse fra Skotland er tidligere omtalt af Nielsen (1999) og nævnes her igen, da den fortæller en del om laksens opførsel omkring og i fisketrapper. Undersøgelserne blev lavet ved et skotsk kraftværk ved Pitlochry Dam, River Tummel, hvor 11 laks var mærket med radiosendere (figur 7.2). Kraftværket har to Kaplan-turbiner, som kan fungere enkeltvis eller sammen, afhængigt af vandføringen, der normalt aldrig er under 18,3 m³/s. Fisketrappen får aldrig mere end 10 % af den samlede vandføring. Nedstrøms afløbet fra turbinen og nærmest fisketrappen er der et gitter med 4,1 cm tremmeafstand, men resten af afløbet er ikke afgitret (figur 7.2).

Laksene holdt sig væk fra hovedvandstrømmen, når dobbeltturbinen var i drift ved større vandføringer (35-40 m³/s). Seks laks svømmede i alt 11 gange ind i turbineafløbet, når der kun var en turbine i drift ved mindre vandføringer.



Figur 7.2.

Skitsetegning af turbineanlæg og fisketrappe ved Pitlochry Dam. Fisketrappen fører 1.360 l/s + ekstra 600 l/s, som lukkes ud i det nederste kammer fra en lille turbine, dvs. at fiskene lokkes hen til trappen med en samlet vandstrøm på 1.960 l/s. Trappen er 311 m lang og består af 34 betonbassiner, hvoraf de fleste er 7,9m * 4,3 m og har en dybde på 2,1 m (figur fra Webb 1990).

11 laks svømmede ind i fisketrappen, men kun fem laks passede hele vejen gennem trappen. Tre af de fem laks havde tidligere været inde i afløbet fra enkeltturbinen. Der var ingen sammenhæng mellem indvandringen og vandføringen ved kraftværket. Fiskene blev som gennemsnit forsinket 23,7 døgn i floden, før de svømmede ind i trappen, svingende fra 0,6 døgn til 43 døgn.

Det kan umiddelbart lyde som et godt resultat, at alle 11 laks fandt ind i trappen, som aldrig fik mere end 10 % af den samlede vandføring. Men kun fem laks (45 %) svømmede helt gennem trappen, og desuden blev fiskene forsinket op til 43 døgn ved dæmningen, inden de svømmede ind i fisketrappen. Hvis laksene skal passere flere tilsvarende opstemninger, vil der stort set ikke komme fisk op til de øverste dele af vandsystemet (se f.eks. figur 2.1).

Ved valget af passageløsning kan det konkluderes, at det er vigtigt at kende de lokale fiskearter, så man kan designe fiskepassagen ud fra deres behov. F.eks. kan man ikke forvente, at helt og snæbel samt små fisk (og vandløbsinsekter) kan passere opstrøms gennem en bassintrappe, da de ikke kan springe eller svømme særlig hurtigt (se kapitel 4 og 5). De kan kun forventes at passere opstrøms gennem fiskepassager, der er udformet som egentlige vandløb (stryg og omløb).

Som en generel konklusion må det konstateres, at bassintrapper ikke bør etableres i situationer, hvor det er muligt i stedet at etablere vandløbslignende løsninger uden styrt (stryg og omløb). Der vil dog være situationer i mindre vandløb med stærkt fald, hvor der naturligt ikke findes andre fiskearter end ørred og ål, og hvor det pga. en stor faldhøjde og landskabelige forhold kan være vanskeligt at få plads til stryg eller omløb. Her kan man blive nødt til at etablere en fisketrappe af bassintypen med indbygget ålepass, som det f.eks. er gjort ved Boller Mølle i Klokkedal Å ved Horsens (Nielsen 1994a&b). Denne trappe virker godt over for havørred, hvilket bl.a. også skyldes, at det meste af åens vandføring løber gennem den, så fiskene naturligt søger derhen. Effekten på ål er ikke undersøgt, men formodes tilsvarende at være god, da ålepasset sidder direkte i udskæringen, hvor ålene formentlig søger hen.

Bassintrappe i Klokkedal Å ved Boller Mølle. Foto Jan Nielsen.



7.6 Andre typer

I udlandet er visse andre typer af alternative fiskepassager også i brug, eksempelvis fiskeelevatorer og såkaldte ”fish locks” (Clay 1995, Larinier 1998). Begge typer kan klare sig med et relativt lille vandforbrug, men er ret tekniske og kræver en del vedligeholdelse og pasning. De anlægges hovedsagelig ved høje dæmninger (over 15 m, somme tider op til 100 m).

En fiskeelevator er defineret som enhver mekanisk måde at transportere fisk opstrøms forbi en dæmning, f.eks. i bassiner på skinner, lastbiler, på et kabel etc. Fiskene lokkes ind i åbne bassiner ved udløbet af turbiner etc., hvorefter bassinerne lukkes og transporteres opstrøms dæmningen, hvor vandet og fiskene lukkes ud. Larinier (1998) beskriver fiskeelevatorer som dyre i drift, reparation og vedligeholdelse, og de går meget oftere i stykker end almindelige fiskepassager. Herved er de ikke altid tilgængelige for fisk. Desuden er effektiviteten over for mindre arter som f.eks. ål generelt lille, idet tilstrækkeligt fintmaskede ledegittere ikke kan bruges til at lede fiskene over i elevatoren (gitrene stopper til).

Fish locks (ikke noget dansk navn, men kan oversættes til ”fiskesluser”) er lodrette rør, som i funktion minder om de sluser, skibe og både bruger til at komme forbi dæmninger. Fiskene lokkes ind i røret nedstrøms dæmningen ved hjælp af en vandstrøm gennem røret. Så lukkes bunden af røret, som fyldes op med vand. Til slut åbnes indløbsåbningen af røret (opstrøms dæmningen), og de fisk, der er steget op i vandsøjlen, kan svømme ud. I fish locks i USA og Skotland har der f.eks. været problemer med at få fisk i røret til at svømme ud opstrøms dæmningen, inden røret igen bliver tømt for at lokke nye fisk op. I Skotland blev nogle af fiskene direkte skadet i røret. Clay (1995) nævner, at man tilsyneladende ikke har forsøgt at finde ud af hvor effektivt, de europæiske fish locks virker. Men Larinier (1998) skriver direkte, at det synes vanskeligt, måske umuligt, at få fish

locks til at virke over for flere arter på en gang. Derfor bygger man ikke flere fish locks i Frankrig, hvor der ellers blev etableret et antal i 1960-1975.

Fiskeelevatore og fish locks er ikke beskrevet yderligere i denne rapport, da det ikke anses for realistisk at etablere sådanne løsninger ved de danske vandløb.

En alternativ type, zig-zag-passagen er etableret af Århus Amt ved Søbyvad Mølle, Gjern Å (Kaarup 2000) og er så vidt vides ikke etableret andre steder, heller ikke i udlandet. Den har fået navn efter den måde, vandet bevæger sig på i passagen. Lige som ved modstrømstrappen er der tale om en strømrende, men her er en række kiler i passagen placeret med den lave ende vendt mod centrum, hvilket får vandet til at løbe fra side til side. Forsøg med skalle, ørred og ål, der blev udsat i passagens hvilebassin, viste at fiskene og en række af de hyppigst forekommende smådyr kan anvende passagen. Kaarup understreger, at undersøgelserne ikke viser, i hvilket omfang dyrene evner at lokalisere passagens åbninger, og at de kendte problemer omkring lokkevand (meget lille vandføring i trappen m.v.) formodentlig heller ikke undgås i denne passagetype. Indtil videre må zig-zag passagen derfor sidestilles med fisketrapperne, så der fortsat bør etableres naturlignende stryg eller omløb som fiskepassager frem for mere tekniske løsninger som fisketrapper og zig-zag passager.

7.7 Afgitring til sikring af opstrøms passage

Hvis der er risiko for, at fiskene kan have svært ved at finde en fiskepassage (pga. en lille vandføring i passagen i forhold til afløbet fra turbiner, dambrug o.a.), etablerer man ofte gitre o.a. for at lede fiskene i den rigtige retning (Clay 1995). Men gitrene virker ikke altid efter hensigten, bl.a. fordi

- små fisk ofte kan trænge gennem gitrene (fx glasål) eller store fisk kan springe over dem.
- vandføringen i fiskepassagen kan være så lille, at kun få fisk vil svømme op i passagen, uanset om der er gitter til at lede fiskene over i passagen eller ej. Der kan være praktiske driftsproblemer forbundet med gitre direkte i vandløb som f.eks. ved turbineanlæg, idet gitrene nemt stopper til med drivende materiale.
- Der er også eksempler på, at lovbestemte gitter enten mangler helt eller delvist, har større afstand mellem stængerne end foreskrevet i loven eller er u hensigtsmæssigt placeret, typisk ved udløb fra dambrug (Nielsen 2000b, Olesen 2002b).

Den gældende bekendtgørelse om ålepas, ungfiskesluser samt afgittringer i ferske vande foreskriver bl.a., at der skal være

- højst 20 mm afgitring ved udløbet fra turbiner, hvor der er etableret en fiskepassage
- højst 30 mm afgitring ved udløbet fra dambrug

idet det stedlige fiskeriinspektat dog lokalt kan træffe afgørelse om andre løsninger (BEK nr. 1018 af 12. dec. 2002, gengivet i bilag 1). Bekendtgørelsen forventes revideret i 2004, når Faunapassageudvalget har afsluttet sit arbejde.



Afgittringerne nedstrøms udløbet af turbinerne ved Gudenåcentralen (t.v.) og Sæby Mølle er begge placeret tæt på udløbet af fisketrapperne. Alligevel vurderes det, at lokkevirkningen fra fisketrapperne er for ringe pga. en lille vandføring gennem fisketrapperne (Koed m.fl. 1996, Olesen 2002a). Fotos Jan Nielsen.

Der har ikke været gennemført ret mange undersøgelser over effekten af afgittringer ved udløbet af dambrug og turbineanlæg til sikring af opstrøms fiskepassage, men enkelte kan nævnes:

- Effektiviteten af en modstrøms fisketrappe i Gudenåen ved Gudenåcentralen steg fra et niveau på 3-10 % til ca. 25 % (laks og havørred), efter at man i 1993 etablerede et 20 mm gitter på tværs af Gudenåen nedstrøms turbinerne (Koed m.fl. 1996). Det er en væsentlig stigning, men stadig ikke tilfredsstillende. Der blev også konstateret et beskedent opræk af helt, hvilket aldrig før var set. Derimod var der ingen forskel i antallet af oprækkende ål, aborre, skalle, rudskalle, brasen, flire, hork, gedde, sandart og øvrige arter, så risteværket havde ingen effekt på oprækket af disse arter (mange af dem kan passere gennem et 20 mm gitter). Desuden har flere undersøgelser vist, at der ofte står mange store sandarter opstrøms (indenfor) gitteret (Andersen & Balleby 2000). Det formodes, at disse svømmer opstrøms, når gitteret ind imellem skal renses. Der løber 150 l/s i fisketrappen, middelvandføringen er 21.000 l/s og medianminimum er 9.300 l/s (Koed m.fl. 1996, Nielsen 1999).
- Undersøgelser af et omløb ved Holstebro Vandkraftværk, hvor et 20 mm gitter på tværs af Storåen nedstrøms turbineudløbet i en periode blev fjernet, viste at der i perioden uden gitter ikke blev fanget laks, havørred og steelhead (havgående regnbueørred) i omløbet, og antallet af laksefisken helt blev også mindsket markant. Samtidig blev der elfisket en havørred i området indenfor risten. Derfor blev det konkluderet, at lederisten er vigtig, og at det selv med en optimal placering af omløbets udløb så tæt på turbineudløbet som muligt generelt må anbefales, at der etableres lederiste (Jørgensen 1993). I den undersøgte periode varierede vandføringen i Storåen mellem 10 og 27 m³/s, og vandføringen i omløbet svingede generelt mellem 400 og 1.000 l/s (ydepunkter 96 l/s og 1.368 l/s).

Desuden har det ved tilfældige undersøgelser de sidste par år altid vist sig, at der er vandret betydelige mængder vildfisk ind på dambrugene under fiskenes opstrøms vandringer. Det forventes derfor, at dette kan være meget alvorligt og hidtil overset problem.:

- Ved undersøgelser i Varde Å blev det i 2002 konstateret, at mere end 50 laks på gydevandring op i Varde Å var passeret ind på Sig Dambrug og opholdt sig i bundfældningsanlægget (Jepsen m.fl. 2003, Vinge 2003b). Bestanden af den rødlistede laks er meget lille i Varde Å, så det var en ret stor del af bestanden, der var vandret ind på dambruget. Da der var en fuldt lovlig 30 mm afgittring ved udløbet, må det formodes, at laksene havde passeret gitteret ved at springe over ved høj vandstand. I denne situation virkede gitteret altså ikke godt nok.

- DFU har også konstateret et indtræk af en række fiskearter til slambassinet i Jedsted Mølle dambrug i Kongeåen på trods af en lovlige afgitring (Aarestrup & Deacon upubl.).
- Karup Elværksdambrug brugte indtil 2003 en så stor del af vandføringen i Karup Å (årsmiddelvandføring i Karup Å 2.800 l/s, medianminimum 1.700 l/s), at havørrederne vandrede direkte op i lokkestrømmen fra dambrugets udløb i stedet for at finde gennem et omløb med en vandføring på 150-300 l/s. Her fandt mange havørreder vej gennem det lovbefalede gitter, som ved flere lejligheder havde været i en dårlig forfatning. Karup Å-sammenslutningen (en kreds af sportsfiskerforeninger) har derfor i samarbejde med Fiskerikontrollen elektrofisket i afløbskanalen og fanget mange havørreder inde på dambruget (oplysninger fra Karup Å S sammenslutningens hjemmeside www.karupaa.dk).
- Biologer fra Nordjyllands Amt elektrofiskede inde på en del af Højris Mølle Dambrug, Sønderup Å, i september 2003 og fangede syv arter af vildfisk, bl.a. 83 havørreder og 20 skrubber (Olesen 2003a). Fangsten udgjorde kun en del af det samlede antal vildfisk på dambruget, idet der kun blev fisket på en del af det område, hvor vildfiskene kunne opholde sig. Afgitringen i afløbet var godkendt af Fiskerikontrollen, men det kunne beregnes, at der er risiko for fiskepassage ind på dambruget (ved høj vandstand i åen) 6-99 dage om året. Hertil kommer de dage, hvor vildfisk evt. kan springe over afgitringen, inden den oversvømmes.
- Den 22. november 2003 blev der ved elektrofiskeri på en 3 km lang strækning af Hadsten Lilleå opstrøms Løjstrup Dambrug kun fanget 45 havørreder og to laks, idet en del andre fisk dog også undslap. Det var et forventet resultat, da man pga. en tør sommer og et regnfattigt efterår ikke havde forventet en større opgang uden om dambruget og gennem stryget. Der blev samtidig tilfældigvis observeret nogle store havørreder i dambrugets bagkanaler, og derfor blev der dagen efter elektrofisket i den ene bagkanal med tilhørende slambassiner. Her blev der fanget 176 havørreder, og der var stadig mange havørreder tilbage. Det skal bemærkes, at afgitringen ved dambrugets udløb blev udformet og opsat af Århus Amt i forbindelse med ombygningen af stemmeværket til et stryg, og at havørrederne tilsyneladende ”så let som ingenting” kan hoppe over afgitringen (oplysninger fra Hadsten Lystfiskeriforenings hjemmeside www.Lilleaaen.dk).

Logisk set må en effektiv afgitring, der rent fysisk ikke kan passeres af fisk, kunne stoppe fisk fra at passere med vandet. Man har da også i mange år regnet med, at fiskene blev holdt ude fra dambrug o.a., hvis de lovbefalede riste var opsat ved ind- og udløb til dambrug og turbineanlæg. Tilfældige undersøgelser som de ovenfor nævnte har dog vist, at der ofte er væsentlige problemer med passage af fisk forbi gitrene, bl.a. fordi gitrene kan blive oversvømmet, eller fiskene springer over og/eller finder gennem huller i gitrene. Det viser vigtigheden af, at afgitringerne også er dimensioneret til at holde fiskene ude i flomsituationer, så fiskene hverken kan svømme eller springe over gitrene. Det har heller ikke været undersøgt, om den lovbefalede tremmeafstand rent faktisk har kunnet tilbageholde fiskene. Der kan her henvises til, at undersøgelser i foråret 2003 har vist, at en meget stor del af ørredsmoltene kan passere en afgitring med 10 mm tremmeafstand (nuværende lovkrav) ved vandindtag til dambrug, og at afgitringen i stedet bør være 6 mm eller mindre, hvis smoltene skal forhindres i at passere (Aarestrup & Koed 2003). Logisk set burde der ikke være problemer med at have samme afskærmning ved udløbet som ved indløbet, da udløbsvandet fra dambruget ikke indeholder blade eller andet, som øger risikoen for tilstopning.

Konklusionen er derfor, at den bedste løsning til at forhindre uønsket lokkevirkning fra ind- og udløb samt fiskepassage fra vandløbet og ind på dambrugene skabes ved

- hvis muligt, så undgå at indtage vand direkte fra vandløbet. Hvis dette er umuligt, så reducere vandindtaget fra vandløbene til et absolut minimum, så der altid løber betydeligt

mere vand uden om dambruget end ind på dambruget (mindske lokkestrømmen ind på dambruget)

- at sikre mere effektive afskærmninger ved vandindtag og udløb, f.eks. i form af dræn, Johnsonskærme etc., så fisk og vandløbsinsekter, der er mindre end smolt, også holdes ude. De nuværende lovkrav om afgitring er ikke hensigtsmæssige.
- at sikre, at fiskene aldrig kan svømme eller springe over evt. afskærmninger, og at afskærmningerne er placeret helt ude ved selve vandløbet, så fiskene ikke kan lokkes ind i en blindgyde.

7.8 Samlet vurdering af vandføringens betydning for opstrøms passage

Alle undersøgelser i Danmark og udlandet viser, at man skaber den bedste fiskepassage for alle arter ved at fjerne evt. spærringer og genskabe naturlignende løsninger med den naturlige vandføring, naturligt fald, strømhastigheder og strømlæ. I de senere år er der gennemført en række danske projekter af denne type, hvor opstemninger er blevet nedlagt og de naturlige forhold genskabt, herunder med den fulde vandføring til fiskepassage (se f.eks. Frandsen 1998). Sådanne projekter formodes at virke for alle fiskearter- og størrelser og omtales derfor ikke yderligere her (tages dog op senere, da det er den bedste løsning).

I stedet er der i dette afsnit fokuseret på en vurdering af projekter, hvor kun en del af vandstrømmen ledes gennem en fiskepassage for således at kunne vurdere hvor meget vand, der bør ledes gennem passagerne for at sikre en god lokkevirkning.

Som omtalt i afsnit 3.2, 3.3 og senere er vandføringen den parameter, der mest entydigt styrer en række vandrefisks opstrøms vandringer i vandløb, bl.a. laks, ørred, flodlampret m.fl. De vandrer hovedsagelig opstrøms i perioder med stor vandføring i vandløbene og har derfor meget svært ved at finde fiskepassager med en ringe lokkestrøm (uanset hvilken type fiskepassage, der er anlagt, og om der er etableret en afgitring ved fiskepassagen). Desuden har danske, skotske og norske undersøgelser vist, at en del laks og havørreder kan finde på at vende om undervejs i fiskepassagerne. Årsagen hertil er uklar men må umiddelbart skyldes, at fiskene aner uråd, fordi passagen afviger for meget fra det vandløb, fiskene lige er kommet fra. Det kan f.eks. skyldes passagens udformning og længde, men også passagens vandføring, hvis den er mindre end den naturlige vandføring i selve vandløbet (Hansen & Aarestrup 2000, Aarestrup m.fl. 2003, Thorstad m.fl. submitted).

Det må dog også konstateres, at der er et ringe kendskab til mange andre fiskearters krav til bl.a. vandføringen (Northcote 1998, Lucas & Baras 2001). Det er typisk de arter, man ikke betegner som vandrefisk og som har dårligere svømmeegenskaber end vandrefiskene. En årsag til det dårlige kendskab er bl.a., at man for en del af disse arter ikke kan vide, om de overhovedet er på vandring. Hvis de ikke er det, og man f.eks. finder 17 % af bestanden i en fiskepassage, kan det jo godt være et udtryk for, at passagen virker godt. Men man kan ikke vide det.

Indtil der evt. foreligger en detaljeret viden om alle arter (det tager nok mange år), må man forsøge at skabe så naturlige forhold i og omkring fiskepassagerne som muligt, både med hensyn til udformningen (bedst med fjernelse af spærringerne, næstbedst med naturlignende løsninger som stryg og omløb) og vandføringen (bør følge de naturlige variationer i vandløbet og være så stor som muligt, så fiskene ikke oplever nogen forskel). Det er her væsentligt at sikre stor variation, strømlæ

og passende strømhastigheder i strygene og omløbene, så fiskene kan svømme igennem eller opholde sig i passagen uden problemer.

Da man ikke kan sikre en god lokkevirkning af en fiskepassage uden en væsentlig vandføring gennem passagen, er der i dette afsnit lavet en overordnet gennemgang af en række danske fiskepassager af forskellig type, hvor der samtidig foreligger en vurdering af vandføringen og passagens effektivitet over for laksefisk (intet kendskab til effektiviteten over for andre arter).

I tabel 7.3 er der først vist en oversigt over fiskepassager, der ikke fungerer tilfredsstillende, hvorefter der i tabel 7.4 er lavet en tilsvarende sammenstilling over passager, der vurderes at virke godt.

Hvis man ser overordnet på de to tabeller og sammenligner med litteraturen, er det tydeligt, at vandføringen har en afgørende betydning. De fiskepassager, der virker godt for laks og havørred, har alle en stor vandføring og er stort set alle udformet, så de kan rumme store vandmængder. Det koster mere i etableringsudgifter, men vandet bliver så brugt til at lokke fiskene gennem fiskepassagen i stedet for væk fra fiskepassagen. Samtidig munder passagerne ud tæt på det sted, hvor evt. frivand bliver afgivet. Derfor har fiskene ingen problemer med at finde dem.

Den opmærksomme læser vil have opdaget, at omløbene ved Tirsbæk Slot og Årup Mølle Dambrug er med i begge tabeller. Omløbene er dimensioneret til en meget stor vandføring, så det meste eller alt frivand løber gennem omløbene ved normal drift. Ved denne driftspraksis har Vejle Amt vurderet, at de virker godt. Men de virkede dårligt ved en neddrøsling af vandføringen, hvor halvdelen af havørrederne vendte om på vandringen op gennem omløbene. Desuden fandt kun halvdelen af havørrederne ind i omløbet ved Årup Mølle, som derfor kun havde en samlet effektivitet på 24-29 % ved en fast vandføring på 80 % af medianminimum.

Der skal til slut også henvises til afsnit 3.3, hvor det efter en gennemgang af vandføringsforholdene i to danske vandløbstyper konkluderes, at indvindingen af overfladevand fra vandløb med ørred- eller laksebestande ikke bør overstige halvdelen af medianminimum, og at den tilladte indvinding af overfladevand i grundvandsfødte vandløb med en relativt stabil vandføring året rundt principielt bør være væsentligt mindre end indvindingen fra vandløb med større udsving i vandføringen.

Endelig bør passagerne anlægges, så de virker for både op- og nedstrøms trækkende fisk (Northcote 1998). Det betyder, at vandet til fiskepassage bør samles i en enkelt vandstrøm, og at passagens ind- og udløb tilsvarende skal have en optimal placering i forhold til andre vandstrømme, spærregitre etc. Hvis vandet deles i flere strømme, risikerer man, at fiskene ikke finder vej forbi spærringen. Problematikken med nedstrøms trækkende fisk er nærmere omtalt i kapitel 8 og i den samlede konklusion (kapitel 10).

Delrapport 1 – Fiskenes krav til passageløsninger ved dambrug

Table 7.3

Overview of investigations of poorly functioning fish passages at weirs with an evaluation of the effectiveness of the passages for upstream migrating salmon. It should be noted that there is no knowledge of the effectiveness of the passages for other species, but that they are expected to be poor or mediocre. Data for passage is provided by the local authorities, unless otherwise stated in the references. Some data in the table is from earlier studies in Nielsen (1999).

Vandløb	Lokalitet	Ca. års-middelvandf. l/s	Median minimum l/s	Vandføring i fiskepas l/s	Vandføring i fiskepas, % af med.min	Fiskeart	Effektivitet af fiskepas i % eller vurderet	Bemærkninger	Reference
Sæby Å	Sæby Vandmølle	1.250	400	75 - 105	20 - 25	Havørred	Dårlig	Modstrømstrappe med hvilebassin midtvejs	Olesen (2002a)
Dalby Møllebæk	Dalby Mølle	210	35	70 - 100	200 - 286	Havørred	0	25 m lang modstrømstrappe med hvilebassin midtvejs	Nielsen (1999)
Åkær Å	Åkærdal Mølle	650	100	70 - 120	70 - 120	Havørred	0	Modstrømstrappe, undersøgt i to år, nu erstattet af stryg	Kristiansen (1991) Nielsen (1994a)
Gudenå	Gudenåcentralen	21.000	9.300	150	1,6	Havørred	10	Modstrømstrappe uden ledegitter og uden elektrospærring	Nielsen (1985)
Gudenå	Gudenåcentralen	21.000	9.300	150	1,6	Havørred	3	Modstrømstrappe uden ledegitter, men med elspærring	Nielsen (1987)
Gudenå	Gudenåcentralen	21.000	9.300	150	1,6	Havørred	6	Modstrømstrappe uden ledegitter	Dieperink (1992)
Gudenå	Gudenåcentralen	21.000	9.300	150	1,6	Havørred Laks	25 25	Modstrømstrappe med ledegitter	Koed m.fl. (1996)
Hadsten Lilleå	Løjstrup Dambrug	2.870	1.050	130	12	Havørred	7	Bassintrappe, udmunding ca. 15 m nedstrøms frisluse	Nielsen (1985) + Ejbye-Ernst m.fl. (1990)
Hadsten Lilleå	Løjstrup Dambrug	2.870	1.050	130	12	Havørred	0	Modstrømstrappe (erstatning for bassintrappe)	Aarestrup & Jepsen (1998)
Elling Å	Mariendal Mølle	1.303	498	97-174	20 - 35	Havørred	Moderat dårlig	Størrelsesselektiv bassintrappe, ophobning af gydefisk nedstrøms mange med skader	Olesen (2003b)
Rohden Å	Svends Mølle	1.100	285	70 - 300	25 - 105	Havørred	Dårlig	Fiskestrappe af bassintypen, kun 33 % af radiomærkede havørreder kunne finde den.	DFU upubl. (H.-J. Christensen)
Rohden Å	Årup Mølle Dambrug 1988-1991	1.200	270	175	65	Havørred	Dårlig	Modstrømstrappe, undersøgt i fire sæsoner, nu erstattet af omløb med stor vandføring	Ejbye-Ernst m.fl. (1990) Vejle Amt, upubliceret Nielsen (1994a, 1994b)
Rohden Å	Årup Mølle Dambrug 1999-2000	1.200	270	162 - 216	60 - 80	Havørred	24 - 29	Omløb, nedsat vandføring i forhold til undersøgelsen i 1992 (tabel 7.2)	Hansen & Aarestrup (2000)
Tirsbæk	Tirsbæk Slot	90	15	46	307	Havørred	46	Omløb, nedsat vandføring i forhold til normalt (tabel 7.2)	Hansen & Aarestrup (2000), Aarestrup m.fl. (2003)
Karup Å	Karup Elværksdambrug	2.800	1.700	300	18	Havørred	Dårlig	Omløb	Jensen (1996)
Storå	Holstebro Vandkraftværk	8.190	3.888	400-1.000	10 - 26	Havørred Laks Steelhead Helt	Ringe opvandring uden spærregitter	Omløb med udløb nedstrøms ledegitter, men gitteret var midlertidigt fjernet. Kun få laks og havørred i Storåen	Jørgensen (1992&1993), Davidsen & Mathiesen (1992)

Delrapport 1 – Fiskenes krav til passageløsninger ved dambrug

Tabel 7.4

Oversigt over undersøgelser af godt fungerende fiskepassager ved opstemninger med en vurdering af passagerens effektivitet over for optrækkende laksefisk. Der er kun lavet egentlige bestandsanalyser i Hadsten Lilleå, så vurderingen af de øvrige passager er baseret på et skøn. Det skal bemærkes, at der ikke er kendskab til passagerens effektivitet over for andre arter, men at den forventes at være ringere eller højst lige så god. Data for vandføring (årsmiddel og medianminimum) er leveret af de lokale amter, hvis oplysningerne ikke er nævnt i referencerne. En del data i tabellen er tidligere vist i Nielsen (1999).

Vandløb	Lokalitet	Ca. års-middel vandf. l/s	Median-minimum l/s	Vandføring i fiskepas l/s	Vandføring i fiskepas, % af med.min	Fiskeart	Effektivitet af fiskepas i % eller vurderet	Bemærkninger	Reference
Tirsbæk	Tirsbæk Slot	90	15	10 - 550	67 – 3.667	Havørred	God	Omløb, vurderes at virke godt ved normale driftsbetingelser (fuld vandføring) og dårligt ved lille vandføring gennem omløbet (se tabel 7..3).	Hedeselskabet (1990) Vejle Amt, upubl.
Klokkedal Å	Boller Mølle	121	25	50 - 300	200 – 1.200	Havørred	God	Fisketrappe af bassintypen, får normalt det meste vand.	Nielsen (1994a, 1999)
Kvak Møllebæk	Kvak Mølle	72	36	Op til 150	90 - 400	Havørred	God	Omløb, som altid får ca. 90 % af vandet.	Bygballe & Nielsen (1996)
Kongshøj Å	Kongshøj Mølle	504	90	Op til 1.200	Op til 1.333	Havørred	God	Omløb med en opgang på 550-650 gydemodne havørreder i 2001. Omløbet får normalt alt vandet.	Rugaard (2002a&b) og mundtlige oplysninger
Rohden Å	Årup Mølle Dambrug 1992	1.200	270	135 - 4.000	50 – 1.481	Havørred	God	Omløb med dobbeltprofil. Vurderes at virke godt ved stor vandføring og meget frivand udenom dambruget og dårligt ved lille vandføring gennem omløbet (se tabel 7..3).	Nielsen (1994a, 1994b, 1999)
Hadsten Lilleå	Løjstrup Dambrug	2.829	1.084	300-14.500	28 -1. 338	Havørred og laks	(God)	Stryg uden egentlig opstemning, som kan rumme alt frivand i perioder med meget vand. Stryget vurderes at virke begrænsende ved små vandføringer.	Helgren (2002) Aarhus Amt (2003)

7.9 Konklusioner vedr. opstrøms fiskepassager

Der kan allerede nu drages nogle klare konklusioner om, hvordan man skaber den bedste fiskepassage for opstrøms trækkende fisk. Konklusionerne er et resultat af danske undersøgelser gennem en årrække, som er på et meget højt internationalt niveau og de anbefalinger, der er angivet i en række internationale publikationer (Clay 1995, Northcote 1998, Cowx & Welcomme 1998, Lucas & Baras 2001 samt denne rapports forfatter):

- Den bedste fiskepassage skabes ved at fjerne spærringen og genskabe de naturlige forhold med fuld vandføring gennem vandløbet og ubrudt bund, så passagen samtidig sikrer såvel op- som nedstrøms passage. Alle undersøgelser viser, at nogle fisk ledes bort fra vandløbet, hvis man bortleder noget af vandet fra vandløbene - jo større vandmængder, det drejer sig om, jo større problemer. Desuden er der ofte tale om en negativ effekt af selve spærringen for både opstrøms og nedstrøms vandrende fisk, også selv om der ikke bortledes vand.

Hvis det ikke kan lade sig gøre at fjerne spærringen og genskabe de naturlige forhold ved dambrug o.lign. pga. vandindtag fra vandløbet, gælder følgende:

- Det bør altid overvejes, om stemmehøjden kan reduceres som ved Vingsted Dambrug, og der bør da samtidig skabes passage ved etablering af naturlignende stryg med lavt fald.
- Bortledningen af vand fra vandløbet bør være en fast, mindre vandmængde, så alle naturlige udsving i vandføringen føres gennem fiskepassagen, og der altid løber betydeligt mere vand uden om produktionsanlægget, end der bortledes fra vandløbet.
- Der bør sikres en effektiv afskærmning af alle vandindtag- og udløb, så fiskene og vandløbsfaunaen ikke ledes bort fra vandløbet.



Vandindtagene til Vingsted Dambrug, Vejle Å (t.v.) og Munkbro Dambrug, Vegem Å, er forsynet med afgitringer, som skal forhindre fisk i at følge med vandet ind på dambrugene. Ved Vingsted er der som ved de fleste dambrug opsat en 10 mm rist, mens der ved Munkbro Dambrug er opsat en 3 mm mikrosigte/biotromle og en 6 mm rist (Balleby 2002b).

8. Fiskenes krav til nedstrøms passage

De sidste 15 år er der brugt flercifrede millionbeløb på at etablere opstrøms fiskepassager i de danske vandløb. Men lige som man har fundet ud af, at en del af disse ikke virker godt nok (fx pga. en for ringe vandføring gennem passagerne) har man ikke tænkt så meget på at skabe tilsvarende gode forhold for nedstrøms vandrende fisk. De seneste års undersøgelser i danske vandløb har dog tydeligt vist, at mange fisk forsvinder eller dør under nedstrøms vandringer i vandløb, når de møder søer og opstemningsanlæg ved dambrug og turbiner. Visse steder er problemet så stort, at det alene kan være årsag til, at vandløbenes målsætninger ikke kan opfyldes.

Som det blev vist i kapitel 7, er det vanskeligt at bygge en effektiv fiskepassage for opstrøms vandrende fisk, hvis vandet ledes i flere retninger ved et opstemningsanlæg. Det samme gælder for nedstrøms vandrende fisk, men i endnu højere grad. Cowx & Welcomme (1998) konkluderer således, at trods mange års undersøgelser er teknikkerne hertil mindre udviklede end for etablering af opstrøms passagemulighed, og at der i dag ikke findes et enkelt system, som er biologisk effektivt, pålideligt i brug og økonomisk rimeligt. Det skal her endnu en gang fremhæves, at problemerne opstår, når man bortleder noget af vandet fra vandløbene, hvilket forvirrer fiskene og den øvrige fauna og kan forårsage, at de også ledes bort fra vandløbet.

Alle undersøgelser viser, at nedstrøms vandrende fisk følger hovedstrømmen i vandløb, ganske som det er tilfældet ved opstrøms vandrende fisk. Desuden foregår nedstrøms vandringer som regel ved passiv drift, og mange nedstrøms vandrende fisk er meget små (fx små karpfisk, ål eller yngel af helt, snæbel og stalling). Det gør det meget sværere at sikre nedstrøms passagemulighed uden om spærringer end for opstrøms vandrende fisk, der jo svømmer aktivt og ikke umiddelbart skyller ind i

produktionsanlæg som fx dambrug og turbineanlæg. Desuden er opstrøms vandrende fisk ofte meget større end fisk på nedstrøms vandring.

Hvis fisk på nedstrøms vandring først er kommet ind i en blindgyde, kan de formentlig ikke finde tilbage, da de så skal foretage en opstrøms vandring. Det må der tages højde for ved den kommende revision af lovbestemmelser, indretning af dambrug m.m., så vandindtaget direkte fra vandløbet reduceres, og der samtidig etableres fintmaskede afskærmningsmuligheder i form af dræn etc.

8.1 Lovgivningsbestemmelser til sikring af nedstrøms fiskevandring

Den danske lovgivning til sikring af nedstrøms fiskepassage er relativt forældet, idet den principielt kun tager sigte på at beskytte nedtrækkende ål, ørred og laks, herunder smolt en del af året (tabel 8.1). De øvrige fisk omtales ikke, selv om det i mange år har været et krav i amternes regionplaner, at der skal være fri fiskepassage i vandløbene for alle fiskearter- og størrelser.

Formålet med bekendtgørelsens bestemmelser er at forhindre fiskene i at passere med vandet ind på dambrug og turbineanlæg og at lede fiskene udenom anlæggene. Derfor er der bl.a. krav om max. 10 mm afgitring ved vandindtaget og afgivelse af mindst 10 l/s udenom anlægget, så fiskene kan finde vej forbi. Men som det vil fremgå af dette kapitel, er en 10 mm afgitring ikke tilstrækkelig til at holde smolt ude, og 10 l/s er alt for lidt til, at fiskene kan finde den sluse, der skal føre dem udenom anlægget. Desuden er der eksempler på, at andre arter som f.eks. ål, elritse og bæklampret skyller med vandet ind på dambrug, hvor de formodes at blive ædt.

Endelig må det fremhæves, at det absolut ikke er tilfredsstillende, at der kun skal afgives vand til nedstrøms passage i månederne marts, april og maj, og det endda kun 10 l/s i alle størrelser vandløb, selv i store vandløb som Gudenåen og Skjern Å. Curran (2002) viste, at dette er fuldstændig utilstrækkeligt, selv i ret små vandløb, idet der slet ikke vandrede smolt ned i en ungfiskesluse med denne vandføring (nærmere omtalt i afsnit 8.3). Selv med 80 l/s var det kun få af smoltene, der fandt ungfiskeslusen.

Tabel 8.1

Uddrag af Bekendtgørelse om ålepas, ungfiskesluser samt afgittringer i ferske vande (BEK nr. 1018 af 12/12/2002). Bekendtgørelsen er bragt i sin fulde ordlyd i bilag 1.

Vandløbsmyndigheden kan påbyde stemmeværksejere at etablere ungfiskesluse, når anlægget udgør en hindring for nedtrækkende laksefisk

Slusen skal enten udformes som en dykket udskæring, en sliske eller et rør, og skal altid skal være fuldt vandførende i månederne marts, april og maj. Ungfiskeslusen skal mindst føre 10 l/s.

Der skal altid være et gitter ved indløbet til turbiner, hvor åbningerne i gitteret højst må være 10 mm. Gitteret anbringes så vidt muligt ved turbinens tilledningskanal. Gitteret placeres, så nedtrækkende fisk bedst muligt ledes til omløbet.

Ved dambrug, der forsynes med vand fra et vandløb direkte eller gennem fødekanaler, skal der i ethvert indløb og udløb være anbragt gitter eller rist, så frivandsfisks frie passage forbi dambruget så vidt muligt sikres. Åbningerne i gitteret eller risten ved indløbene må højst være 10 mm og ved udløbene højst 30 mm. Det stedlige fiskeriinspektorat skal godkende nye afgittringer, så fiskepassagen forbi dambruget sikres. Det stedlige fiskeriinspektorat kan også træffe afgørelse efter de lokale forhold om en anden afgitring end den nævnte, hvis der efter vandløbslovgivningen gives passage på anden måde, fx ved indretning af åle-, ungfisk- og nedfaldsfiskesluser.

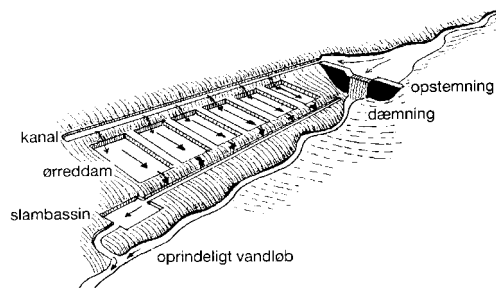
Fødevareministeriet har længe været klar over, at bekendtgørelsen er forældet og har allerede i 2003 planlagt at revidere bekendtgørelsen, når resultatet af Faunapassageudvalgets arbejde foreligger i starten af 2004 (bl.a. med denne rapport).

8.2 Indretning af vandindtag til dambrug

For overskuelighedens skyld er figur 1.1 gengivet igen, da den giver et godt overblik over dambrugenes typiske indretning.

De fleste dambrug tager vand ind fra vandløb, og det er disse dambrug, der er relevante at omtale i denne rapport. Vandet ledes fra vandløbet gennem en fødekanal, der forsyner de enkelte damme med vand.

Efter at have været brugt i dammene løber vandet ud i den såkaldte bagkanal og gennem et bundfældningsanlæg (på tegningen kaldet slambassin), hvor foderrester og fiskeekskremer bundfælder sig, inden vandet til slut løber ud i vandløbet igen. Strækningen af den oprindelige å fra vandindtaget til udløbet fra dambruget kaldes ofte for en død å-strækning, da den mange steder har en meget ringe vandføring om sommeren og under alle omstændigheder har en reduceret vandføring i forhold til det naturlige.



Nogle dambrug bruger vandet flere gange vha. en såkaldt returpumpning, hvor vand fra bagkanalen pumpes op i fødekanalen.

Bestemmelserne om afgitring siger, at der i ethvert indløb og udløb skal være anbragt gitter eller rist, så frivandsfisks frie passage forbi dambruget så vidt muligt sikres. Åbningerne i gitteret eller risten ved indløbene må højst være 10 mm og ved udløbene højst 30 mm. Det stedlige fiskeriinspektorat skal godkende nye afgittringer, så fiskepassagen forbi dambruget sikres. Det stedlige fiskeriinspektorat kan også træffe afgørelse efter de lokale forhold om en anden afgittring end den nævnte, hvis der efter vandløbslovgivningen gives passage på anden måde, fx ved indretning af åle-, ungfisk- og nedfaldsfiskesluser.

I nogle dele af landet (typisk i Vestjylland) har vandløbene et så ringe fald, at fødekanalen er flere km lang, og den oprindelige å uden om dambrugene er her tilsvarende lang. Her dispenserer Fiskeriinspektoraterne ofte fra kravet om, at der skal være en 10 mm rist ved vandindtaget (fødekanalens start) kombineret med en ungfiskesluse, der kan lede nedstrøms trækkende fisk ned i den oprindelige å-strækning. Det kan der være to årsager til. Dels stopper risten nemt til med drivende materiale (kræver hyppig vedligeholdelse), dels kan der være så lidt vand i den oprindelige å, at fiskene måske ikke kan finde vej videre nedstrøms. I disse situationer påbydes der i stedet en 10 mm rist ved hvert vandindtag til dammene samt en ungfiskesluse nederst i fødekanalen.

Det er imidlertid ikke godt for vildfisk på nedstrøms vandring at komme ned i fødekanalen. Det er der flere årsager til:

- Fiskene kan blive ædt
- Vandstrømmen aftager undervejs i fødekanalen som følge af vandindtaget til de enkelte damme
- Ungfiskeslusen kan være meget svær at finde i bunden af fødekanalen, hvor vandstrømmen er ringe

- Hvis der foregår returpumpning fra bagkanalen op i fødekanalen, kan det medføre ændringer i fødekanalens strømningsmønster, så vildfiskene skal svømme modstrøms for at finde ungfiskeslusen. Det er meget usandsynligt, at fisk på nedstrøms vandring vil gøre dette.

Med baggrund i, at alle dambrug fra 1. april 2005 skal afgive en vandmængde på mindst halvdelen af medianminimum til den oprindelige å, bør det herefter ud fra et passagemæssigt synspunkt ikke tillades, at fisk fra vandløbet kommer ind i dambrugenes fødekanaler.

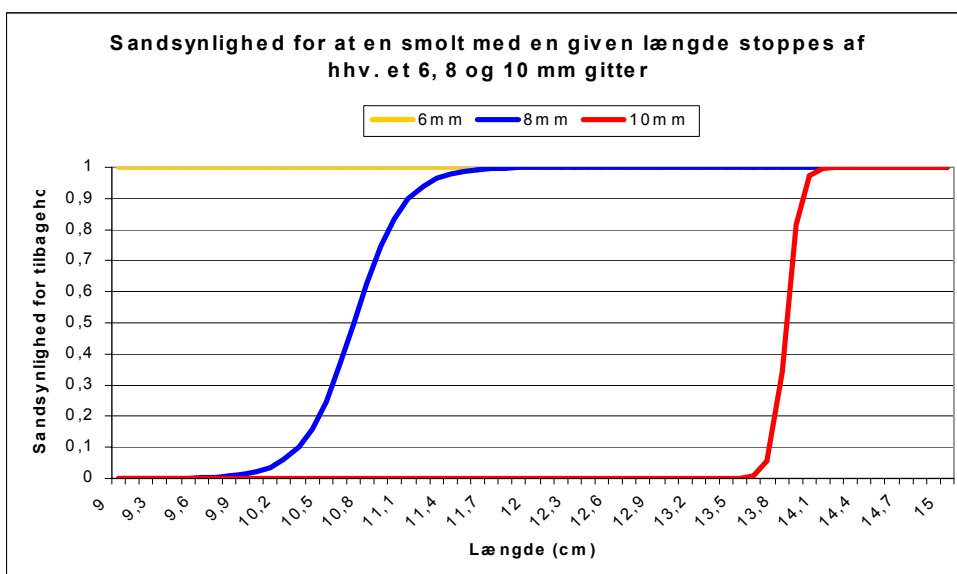
8.3 Danske undersøgelser af nedstrøms fiskevandring ved opstemningsanlæg

I de senere år har der været gennemført en del undersøgelser af nedstrøms fiskevandring ved opstemningsanlæg. De fleste har koncentreret sig om at registrere et evt. tab af ørred- og laksesmolt, men enkelte har registreret tabet af andre fisk.

To undersøgelser har vha. rusefangst inde på dambrugene vist, hvad der passerer med vandet ind på dambrugene:

- En undersøgelse ved Karup Mølle Dambrug i Åresvad Å gav fangst af 188 mindre fisk i de ruser, der i april-maj var placeret bag de lovbestemte 10 mm riste (Nielsen 2000a). Stangafstanden var gennemsnitligt 9,3 henh. 10,1 mm, og halvdelen af målingerne var over de lovbestemte 10 mm (op til 13 mm). 17 af fiskene var ørreder i størrelsen 8-13 cm, mens der var 33 bæklampretter, 4 ål, 76 elritser, 57 stk. 3-pigget og en enkelt 9-pigget hundestejle. Det lille antal fangne ørreder forventes ikke at være kritisk for vandløbets fiskebestand - men det er tankevækkende, at der blev fanget så mange elritser og bæklampretter. De er begge udpeget som opmærksomheds-krævende på Skov- og Naturstyrelsens gulliste, og bæklampretten er en såkaldt EU-habitatart, hvor der skal tages særlige hensyn til deres levesteder. Ved revisionen af de gældende lovbestemmelser for afgitring m.m. ved vandindtag til dambrug og turbineanlæg skal det overvejes, hvordan man kan undgå, at små fisk kommer med evt. vand fra vandløb ind på dambrug o.lign.
- Ved en anden tilsvarende undersøgelse blev der fisket med ruser efter de fisk, der passerede med vandet ind på Munkbro Dambrug (Balleby 2002b). Ruserne var opsat bag de to vandindtag, hvor vandet skal passere en 6 mm rist eller en 3 mm roterende mikrosigte/biotromle (se foto side 52). Der var en lille utæthed på ca. 1 cm i rammen omkring rammen ved mikrosigten/biotromlen, som sandsynligvis var stor nok til, at mindre fisk som elritser kunne komme igennem. Desuden har der muligvis været utætheder under selve risten, idet der blev fanget enkelte fisk, som ikke fysisk kunne komme gennem risten. Der blev dog kun fanget 9 fisk bag mikrosigten samt 24 fisk bag risten, og konklusionen var, at systemet ser ud til at være i stand til at holde alle smolt og formentlig større individer af en lang række andre fiskearter ude fra dambruget.

Aarestrup & Koed (upubl.) undersøgte i foråret 2003 om vilde smolt fra Hadsten Lilleå kunne passere tremmegittere med en tremmeafstand på 6, 8 og 10 mm. Fiskene var 9 - 14,7 cm lange med en gennemsnitslængde på 11,3 cm. Forfatterne nævner, at gennemsnitslængden for smolt i små vandløb normalt er under 15 cm, og at den fx. er under 13 cm henh. 14,5 cm i Brandstrup Bæk og Hadsten Lilleå. Som det ses af figur 8.1 var der en klar sammenhæng mellem fiskenes længde og sandsynligheden for at kunne passere igennem et gitter. Ingen af fiskene kunne passere et 6 mm gitter, mens næste alle kunne passere et 10 mm gitter. Det blev konkluderet, at med en afgitring på 10 mm ville en meget stor del af smoltene kunne trænge igennem gitteret og således ende inde på dambruget/turbine osv..



Figur 8.1

Sandsynligheden for, at en ørredsmolt med en given længde stoppes af gittere med 6, 8 og 10 mm tremmeafstand (Aarestrup & Koed 2003, upubl.).

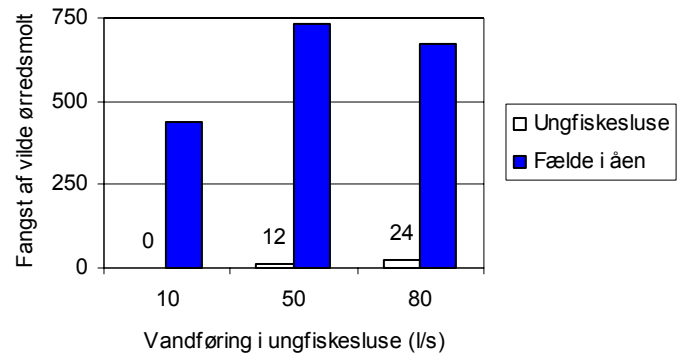
Forfatterne anbefaler herefter, at der anvendes en 6 mm afgitring eller mindre, hvis formålet udelukkende er at holde smolt og større fisk ude fra vandindtaget. Denne tremmeafstand sikrer imidlertid ikke nedtrækkende mindre fisk såsom yngel og halvårs fisk af ørred og laks, samt mindre fisk af andre arter, såsom snæbel og helt, ligesom det må forventes, at alle vandløbsinsekter passerer med vandet ind gennem gitteret.

Curran (2002) undersøgte smolttrækket forbi fire opstemninger i Rohden Å (heraf to dambrugsoptemninger) og fandt som gennemsnit ikke noget tab af ørredsmolt. Ved en enkelt opstemning (Svends Mølle) genfangede han oven i købet lidt flere af de smolt, der var udsat opstrøms opstemningen. Men han havde generelt en lille genfangst af de udsatte fisk, da hans fælde pga. ekstremt store afstrømninger i foråret 1999 hyppigt blev oversvømmet, og derfor skal resultaterne tages med et vist forbehold. Han fangede alligevel 1.831 vilde smolt i fælden nedstrøms den nederste opstemning, og hans resultater viser, at der ikke formodes at være væsentlige passageproblemer for nedstrøms trækkende smolt i år med store afstrømninger og store mængder frivand uden om opstemningerne.

Curran (2002) undersøgte også, hvor mange smolt, der benyttede en ungfiskesluse ved Årup Mølle Dambrug og eksperimenterede med tre forskellige vandføringer gennem slusen (10, 50 og 80 l/s), hvor lovens krav som tidligere nævnt er 10 l/s. Han registrerede samtidig, hvor mange fisk der passerede uden om dambruget, idet han også havde en fælde stående i åen nedstrøms dambruget (figur 8.2). Denne fælde fangede ikke alle vandrende fisk, idet der var hyppige oversvømmelser pga. en ekstremt stor afstrømning. Derfor blev der også afgivet store mængder frivand uden om ungfiskeslusen, så smoltene kunne svømme uden om (vandføringen i åen svingede mellem 800 og 4.700 l/s i undersøgelsesperioden). Men fældefangsterne i åen giver et skøn over, hvor effektivt ungfiskeslusen har virket ved de tre vandføringer

Figur 8.2

Fangsten af vilde havørredsmolt i ungfiskeslusen ved Årup Mølle Dambrug henh. i en fælde i Rohden Å nedstrøms dambruget. Fælden i ungfiskeslusen var 100 % effektiv, mens fælden i åen kun fangede en del af smoltene pga. hyppige oversvømmelser. (data fra Curran 2002).



Der blev slet ikke fanget vilde havørredsmolt i ungfiskeslusen ved den lovbefalede vandføring på 10 l/s, og der blev kun fanget 12 henh. 24 smolt ved 50 og 80 l/s. Det er kun 0 - 3,6 % af fangsten i åen, hvor fælden oven i købet ikke fangede alt.

Der har efterhånden været lavet en del danske smoltundersøgelser i vandløb, hvor tabet af smolt på vandring forbi forskellige opstemningsanlæg er registreret (tabel 8.2).

Selv om der er store udsving i tabellens resultater, kan det konstateres

- at der generelt er registreret betydelige smolttab ved de fleste undersøgte opstemninger, både ved dambrug og mølleopstemninger
- at der som tommelfingerregel forsvinder ca. 41 % af ørredsmoltene ved hver dambrugsopstemning, mens tabet af laksesmolt er ca. 53 % (beregnet som medianværdier af alle undersøgelsesresultater ved dambrug)
- at der tilsvarende mistes ca. 16 % af ørredsmoltene ved hver mølleopstemning (kun en enkelt undersøgelse af laks, hvor ca. 23 % forsvandt)

Ser man overordnet på de to arter under et, må man forvente, at ca. halvdelen af smoltene forsvinder ved hver opstemning, så der kun er ca. en fjerdedel af smoltene tilbage efter to opstemninger (figur 8.3). Dette endda under forudsætning af, at de forbigående smoltene ikke forsinkes så meget, at de mister vandretrangen, inden de når havet. De kan også risikere en overdødelighed, hvis de når havet på et tidspunkt, hvor de ikke er så godt tilpasset til at kunne leve i saltvand.

Det store smolttab bestyrkes af en undersøgelse, der ikke er medtaget i tabel 8.2. Undersøgelsen blev lige som Aarestrups (2003, upubl.) undersøgelser i tabel 8.2 lavet i den øvre del af Vejle Å, og resultaterne er venligst stillet til rådighed til denne vidensopsamling. Der blev udsat en del mærkede ørred- og laksesmolt, som skulle vandre nedstrøms forbi to opstemninger ved dambrug og tre opstemninger ved turbineanlæg i den øvre del af Vejle Å, før de blev fanget i en smoltfælde. Tabet ved de enkelte opstemninger kan ikke beregnes, da alle laksesmoltene og 94 % af ørredsmoltene forsvandt (det vides blot ikke, hvor og hvordan fiskene forsvandt). Det kan blot konstateres, at fiskene forsvandt.

Det er meget skadeligt for bestandene med så massive smolttab ved opstemningsanlæg, da mange af fiskene ellers ville komme tilbage på gydevandring efter ½ - 1½ år i havet.

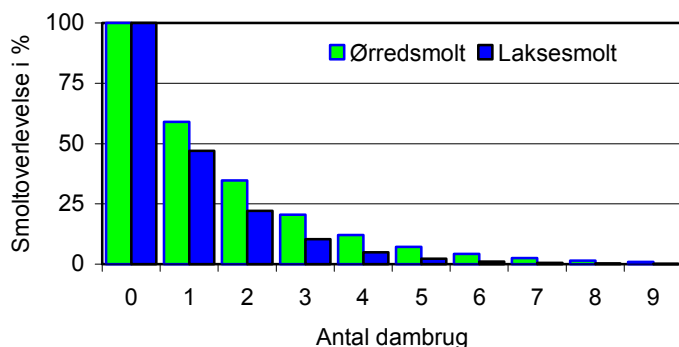
De nævnte smoltundersøgelser viser, at den nuværende dambrugsdrift (samt sandsynligvis også turbinedrift) giver så høje smolttab, at det må opfattes som værende i strid med kravene i amternes regionplaner om fri fiskepassage og selvreproducerende fiskebestande i vandløbene. Og der mistes formentlig også mange fisk af andre arter, der har blot ikke været undersøgt.

Tabel 8.2

Det relative smolttab ved passage af forskellige opstemninger i vandløb. Der var små turbiner ved de opstemninger, der er markeret med en *, men det forventes ikke at de har kørt i væsentligt omfang i undersøgelsesperioden. Currans tal ** er usikre pga. en lille genfangstprocent af udsatte fisk.

	Opstemning	Art	Smolttab (%)	Reference	
Dambrug	Endrup Mølle Dambrug	Ørred	56-62	Jensen & Sivebæk (1997)	
	Bramming Fiskeri	Ørred	29-34	Jensen & Sivebæk (1997)	
	Rens Dambrug	Ørred	10	Jensen & Sivebæk (1997)	
	Ringive Dambrug	Ørred	10	Larsen (1999)	
	Ringive Dambrug	Ørred	71	Larsen (1999)	
	St. Karlskov Dambrug	Ørred	22	Larsen (1999)	
	St. Karlskov Dambrug	Ørred	50	Larsen (1999)	
	Breinholt Mølle Dambrug	Ørred Laks	31 53	Aarestrup m.fl. (2000)	
	Lystrup Dambrug	Ørred	25-30	Aarestrup m.fl. (2000)	
	Vellingskov Dambrug	Ørred	56-71	Aarestrup m.fl. (2000)	
	Katrinedal Dambrug	Ørred	38-52	Aarestrup m.fl. (2000)	
	Munkbro Dambrug	Ørred Laks	53 5	Balleby (2002b)	
	Ørum Dambrug	Ørred	28**	Curran (2002)	
	Årup Mølle Dambrug	Ørred	6**	Curran (2002)	
	Randdal Dambrug/St. Lihme Fiskeri	Ørred	52	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Thingkærvad/Kobberbæk Dambrug	Ørred	55	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Engholm Dambrug	Ørred	20	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Randbøldal Dambrug	Ørred	36	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Bindeballe Mølle Dambrug	Ørred	54	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Slotsbjerg Fiskeri	Ørred	45	Aarestrup (2003, upubl.)	
	G. Potkær Fiskeri	Ørred Laks	25 66	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Ny Potkær Fiskeri	Ørred	45	Aarestrup (2003, upubl.)	
	Medianværdi for tab ved de undersøgte dambrug (%)	Ørred Laks	41 53	Alle	
	Gennemsnitstab ved de undersøgte dambrug (%)	Ørred Laks	38 41	Alle	
	Mølleopstemninger	Matstrup Mølle	Ørred	18	Aarestrup m.fl. (2000)
		Lild Mølle*	Ørred	97	Curran (1999)
		Brå Mølle*	Ørred	14**	Curran (2002)
		Svends Mølle*	Ørred Laks	0** 23**	Curran (2002)
Medianværdi for tab ved de undersøgte mølleopstemninger (%)		Ørred Laks	16 23	Alle	
Gennemsnitstab ved de undersøgte mølleopstemninger (%)		Ørred Laks	32 23	Alle	

Hvis passageforholdene for nedstrøms trækkende fisk ikke forbedres, vil vandløbsmålsætningerne ikke kunne opfyldes i mange vandløb, selv om samfundet ellers på mange områder yder en stor indsats for at sikre rent vand og gode fiskebestande i de danske vandløb. Gode vandløb producerer mange smolt og dermed mange havørreder og/eller laks, der kan sikre betydelige naturværdier, rekreative værdier for lyst- og fritidsfiskere samt økonomiske værdier for fiskeri og turisme.



Figur 8.3

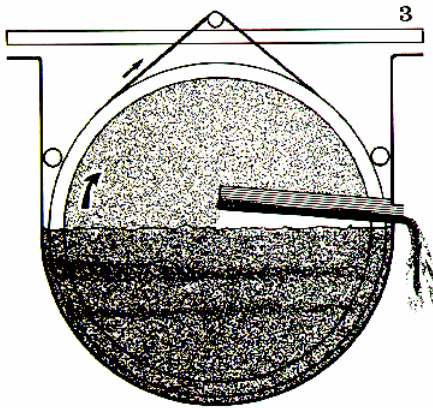
Teoretisk overlevelse af smolt, der skal passere et antal dambrug, hvor der hvert sted forsvinder 41 % af ørredsmoltene og 53 % af laksesmoltene (medianværdi for tabet ved 14 danske undersøgelser, se tabel 8.2).

Et tab af fiskene umiddelbart før de når opvækstområderne i saltvand, er meningsløst, både biologisk, rekreativt og økonomisk. Der er fx regnet på det samfundsøkonomiske overskud af lystfiskeriet ved Ringkjøbing Fjord og Skjern Å (i praksis fiskeri efter laks i Skjern Å), og dette giver for øjeblikket et årligt samfundsøkonomisk overskud på 3,6 mio. kr. (Glüsing, oplysning 2003). I 2002, hvor der var et rekordstort udtræk af laksesmolt, trak der 26.000 laksesmolt ud, hvilket giver et overskud på 140 kr. pr laksesmolt. I et almindeligt år trækker der måske kun 5-15.000 laksesmolt ud, hvilket giver en værdi pr. smolt på 240-720 kr. Men kapitalværdien, dvs. værdien af alt det, der er tilknyttet udøvelsen af lystfiskeriet (varekøb, overnatning m.m.) er beregnet til ca. 71 mio. kr. årligt. Det skal fremhæves, at disse tal alene dækker værdien af lystfiskeriet efter laks i Skjern Å, og at der tilsvarende foregår et betydeligt fiskeri efter havørreder i mange danske vandløb og kystnære områder.

8.4 Forslag til fremtidige afgitringsforhold m.m. ved vandindtag

Det er fatalt for fisk at komme ind i dambrugsanlæg, hvor fiskene må formodes at blive ædt eller på anden måde forsvinde fra vandløbet. Det samme gælder for turbineanlæg, hvor fiskene ofte skæres i småstykker eller bliver skadet. Problemet er både kendt i udlandet og i Danmark (Berg 1988b, Nielsen 1994b, Clay 1995, Tielman & Jolander 2002).

Man kan generelt konstatere, at behovet for en effektiv afgitring øges med stigende vandindtag, idet nedstrøms vandrende fisk ofte føler passivt med vandet og derfor får øget risiko for at blive ledt bort fra vandløbet. Derfor har man også i mange år forsøgt at udvikle diverse ledeanordninger for at lede fiskene uden om turbineanlæg etc., specielt i udlandet. Her er der lavet mange forsøg med at lede nedstrøms vandrende ørred- og laksesmolt ned til fiskepassager ved hjælp af lyskæder, luftbobler, lydsignaler o.lign. (Clay 1995, Cowx & Welcomme 1998, Larsson 1999, Tielman & Jolander 2002 m.fl.) men foreløbig uden særligt godt resultat. Det er også forsøgt med lysspærringer i Danmark (ved Gudenåcentralen og i Nørreåen) men uden effekt pga. det uklare vand (Nielsen 1994b). Derfor er disse typer af ledeanordninger ikke omtalt yderligere. I stedet er der drøftet forskellige muligheder for mekaniske spærringer som f.eks. dræningdtag, spærregittere, mikrosigter etc., idet mekaniske spærringer virker bedre end lyskæder, luftbobler o.lign. (Pavlov 1989, Clay 1995, Cowx & Welcomme 1998, Tielman & Jolander 2002).



Figur 8.4

Faunasigten, som Danmarks Fiskeriundersøgelser har planer om at undersøge.

Danmarks Fiskeriundersøgelser har lavet en del undersøgelser ved dambrug, hvor man flere steder har fanget mange smolt inde på dambrug bag et lovbealet 10 mm gitter (Aarestrup m.fl. 2000 samt Aarestrup, oplysning). Der skal et 6 mm gitter til for at holde smoltene ude (Aarestrup & Koed 2003), men det vil ikke forhindre smådyrene og en del mindre fisk som f.eks. elritse, små ål, bæklampret m.fl. i at komme ind på dambrugene. Danmarks Fiskeriundersøgelser har planlagt at undersøge en faunasigte, som er under konstruktion (Aarestrup, oplysning, se figur 8.4), idet det er tydeligt, at der er behov for en revision af de gældende lovbestemmelser på området.

Andre gode løsninger er omtalt af Cowx & Welcomme (1998) og er refereret her, da de effektivt vil kunne hindre selv små fisk i at trænge ind på dambrug o.lign.:

- Drænindtag fra vandløb, hvor en geomembran ligger i vandløbet i et lag grus med forskellig lagsammensætning. Med jævne mellemrum skal man returskylle gruset for at løsne aflejringer, ganske som ved gammeldags renseanlæg. Denne løsning giver særdeles rent vand.
- Den såkaldte Johnson skærm, hvor vandet indtages passivt (figur 8.5), anføres at være en betydelig forbedring i forhold til de traditionelle faste riste, idet der sker langt færre kontakter med fisk på og gennem risten. Metoden er allerede i brug i Danmark til indvinding af grundvand, og rørene findes i mange dimensioner og hulstørrelser (oplysning fra Paul Landsfeldt, Vejle Amt).

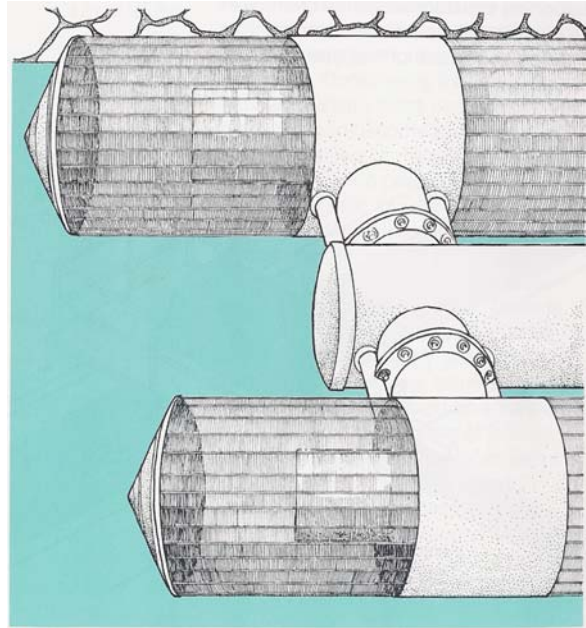
I starten af dette kapitel er der vist billeder af vandindtagene til Vingsted- og Munkbro dambrug. De er begge forsynet med afgitringer, som skal forhindre fisk i at følge med ind på dambrugene. Ved Vingsted er der som ved de fleste dambrug opsat en 10 mm rist (hvor mange fisk og vandløbsinsekter vil passere igennem), mens der ved Munkbro Dambrug er opsat en 3 mm mikrosigte/biotromle ved det ene vandindtag og en 6 mm rist ved det andet.

Begge typer ved Munkbro syntes at fungere godt og kan holde mange vildfisk ude, specielt mikrosigten (Balleby 2002b). Derfor kunne et alternativ til den traditionelle afgitring med en rist være en roterende 3 mm mikrosigte som ved Munkbro Dambrug. Man skal dog være klar over, at mikrosigter er en mekanisk konstruktion, som ofte synes at bryde ned og ofte svigter i frostvejr (oplyst af Jakob Larsen, Ringkjøbing Amt og Kaare Michelsen, Dansk Dambrugerforening). Friberg (2003, se bilag 2) anbefaler en hulstørrelse på 1 mm for at holde voksne vandløbssmådyr ude og ½ mm for larverne), hvilket sikkert også gælder for fiskeyngel- og larver. Men det vides ikke, om fiskeyngel/små fisk/vandløbsinsekter kan tåle passagen gennem en mikrosigte. Disse forhold bør afklares, før mikrosigten evt. anvendes ved de danske dambrug. Derfor bør man indtil videre tilstræbe at bruge lavteknologiske løsninger uden nævneværdig pasning og vedligeholdelse.

Figur 8.5

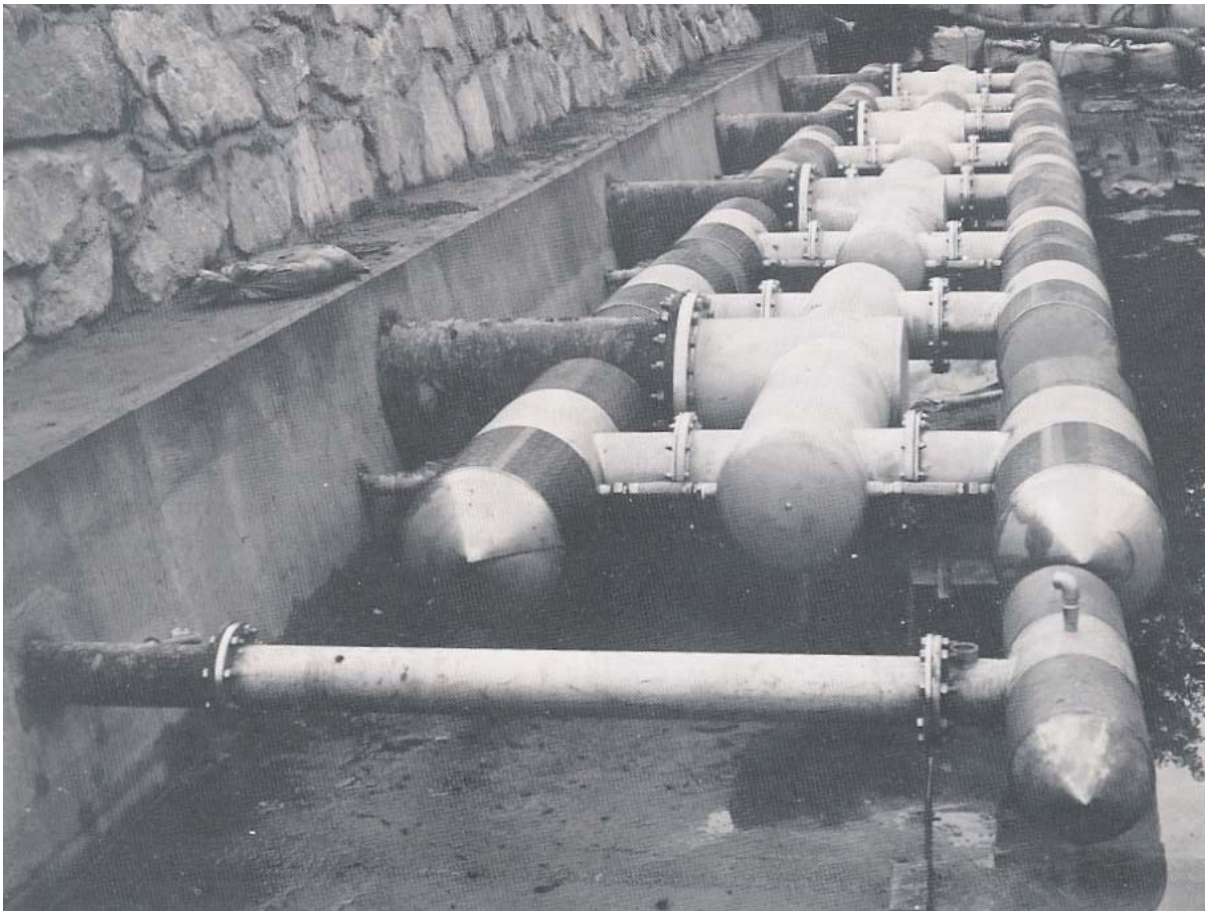
Den såkaldte Johnson skærm, hvor vandet indtages passivt, er cylindrisk og forsynet med et net med små masker (fås i flere størrelser). Skærmen installeres i åbent vand, ikke i en sidekanal. Vigtige forhold set fra fiskenes smådyrenes side er:

- Små åbninger i nettet, som holder de fleste fisk ude
- Den lave vandhastighed overalt nær skærmen (typisk 15 cm/s) er passende for de fleste fiskearter incl. spæd yngel af karpefisk, så de ikke kommer nær skærmen og trænger ind.
- En meget glat ekstern overflade, som minimerer skaderne på fisk, der kommer i kontakt med den.
- Kan laves i mange versioner af forskellig størrelse og dermed opfylde ethvert formål.
- Det kan være nødvendigt at rense skærmen for sand og aflejringer, men det kan klares med vandskylninger.



og

Figurer og tekst fra Cowx & Welcomme (1998).



Det kan generelt konstateres, at hvis man ønsker at holde alle fisk og større vandløbssmådyr ude fra dambrugene, må man afskærme vandindtag og udløb med sigter o.lign. med en hulstørrelse på 1 mm. Hvis man kun vil hindre uønsket passage af lakse- og ørredsmolt (og acceptere passage af mindre fisk og alle smådyr ind på dambruget), kan man etablere tremmeriste med 6 mm mellem tremmerne.

En alternativ løsning kan være brug af biobløkke, som kan ilte vandet og hindre fisk i at passere ind på dambrugene (figur 8.6). Denne løsning er specielt velegnet, hvis der er fald ved udløbet fra dambruget, så vandet kan løbe ud over biobløkkene.



Figur 8.6

Bioblok, som f.eks. skal anvendes til ved udløbsvandet på Abildtrup Dambrug, Ringkøbing Amt. Udløbsvandet skal løbe ud over bioblokke over vandløbets vandspejl.



Vandindtaget til ørredslagteriet Danforel ved Højen Bæk, hvor virksomheden nu pumper sit vand ind i stedet for at lede det ind på virksomheden via en opstemning. Der er etableret et tæt gitter med 10 mm tremmeafstand foran vandindtaget (ved de lodrette rør), og returvandet løber ud igen umiddelbart nedstrøms vandindtaget. Foto Jan Nielsen.

Endelig kan en løsning fra ørredslagteriet Danforel ved Højen Bæk, Vejle Amt, måske inspirere til et alternativt vandindtag ved dambrug. Danforel havde i mange år taget vand ind via en opstemning i Højen Bæk, men indvilligede sidst i 1980'erne i at etablere en modstrøms fisketrappe til sikring af fri fiskepassage. Der viste sig dog at være mange problemer forbundet med driften af fisketrappen. Derfor indgik amtet og virksomheden en aftale om, at amtet fjernede stemmeværket og fisketrappen, hvorefter Danforel kunne pumpe det nødvendige vand ind fra bækken. Udløbet fra virksomheden er placeret ca. 1 m nedstrøms vandindtaget, og der løber lige så meget vand ud, som der pumpes ind. Derfor er der ingen synlig påvirkning af bækken, og havørrederne vandrer nu op i stort antal. Der er ingen tvivl om, at mange af ørredsmoltene tidligere blev stoppet ved opstemningen, lige som mange gydemodne havørreder blev stoppet på sine opstrøms vandringer. Nu er der ingen problemer.

9. Sammendrag og konklusioner.

De danske dambrug mister deres tilladelser til vandindvinding den 1. april 2005 og skal derefter have tilladelserne fornyet, hvis de fortsat ønsker at drive dambrug. Samtidig er der krav om fri fiskepassage til og fra de fiskevandsmålsatte vandløb i alle amternes regionplaner, og EU's Vandrammedirektiv stiller krav om, at alle de af direktivet omfattede vande inden 2015 har nået en "god økologisk tilstand" (en af mennesket meget lidt påvirket tilstand). Amterne skal derfor ved en evt. fornyelse af vandindvindingstilladelser tage højde for, at fiskevandsmålsætningerne skal være opfyldt senest i 2015, hvor de fiskevandsmålsatte vandløb bl.a. skal have selvreproducerende fiskebestande.

Den hidtidige bortledning af vand fra vandløbene til dambrugsdrift har skabt en række problemer for fiskepassage m.m. forbi dambrugene, idet mange fisk vandrer rundt i vandløbene og ikke kan finde forbi dambrugene, hvis en væsentlig del af vandet ledes væk fra vandløbet. Derfor er det i denne rapport forsøgt at beskrive den viden, man har om fiskenes vandringsmønster, så den kan bruges til at skabe det faglige grundlag for den nødvendige sagsbehandling ved dambrugenes ansøgninger om fornyelse af tilladelsen til vandindvinding.

Det har gentagne gange i rapporten været nævnt, at man kan løse alle problemer med fiskepassage etc. ved opstemningsanlæg ved at nedlægge opstemningerne og genskabe de naturlige forhold i vandløbet incl. et stop for bortledningen af vand fra vandløbet. Uden opstemninger og med et genskabt vandløb vil fiskene og de øvrige dyr (vandløbsinsekter etc.) hurtigt drage fordel af de forbedrede naturforhold med en deraf følgende øgning af bestandene i de enkelte vandsystemer. Problemerne findes altså kun i de situationer, hvor man ændrer vandets naturlige forløb ved etablering af opstemninger, bortledning af vand etc.

Alene forekomsten af opstemninger i vandløb giver ofte store tab af vandrefisk, også selv om vandet ikke bruges til noget. Der mistes generelt ca. 20 % af de nedstrøms trækkende smolt ved mølleopstemninger, og tabet øges, hvis en del af vandet ledes bort fra vandløbene for at blive brugt i dambrug, turbineanlæg m.m.. Man kan fx generelt regne med at miste 40-50 % af de nedstrøms trækkende ørred- og laksesmolt ved hvert traditionelt drevet dambrug, og disse fisk skal ofte passere flere dambrug på trækket mod havet. Det betyder, at de fleste smolt fra vandsystemer med mange dambrug må formodes at forsvinde i løbet af de få uger, smoltene trækker mod havet. Gennemsnitligt vil kun ca. 25 % af smoltene kunne passere to dambrug og kun ca. 13 % passere tre dambrug. Desuden bliver smoltene ofte forsinket ved opstemningerne og risikerer alene af denne grund at få en overdødelighed, hvis de ikke når havet i tide eller har fået forringede evner til at tåle saltvand, når de når havet.

De nævnte smoltundersøgelser viser, at den nuværende dambrugsdrift (samt sandsynligvis også turbinedrift) giver så høje smolttab, at det må opfattes som værende i strid med kravene i amternes regionplaner om fri fiskepassage og selvreproducerende fiskebestande i vandløbene. Og der mistes formentlig også mange fisk af andre arter, der har blot ikke været undersøgt.

De nuværende lovkrav om ungfiskesluser med en vandtilførsel på 10 l/s samt 10 mm afgittringer ved vandindtag til dambrug og turbineanlæg er helt utilstrækkelige, idet fiskene ikke finder ungfiskesluserne og mange mindre fisk passerer med vandet gennem gitrene. Bl.a. har Danmarks Fiskeriundersøgelser påvist, at der skal 6 mm gitre til for at holde alle ørredsmoltene ude. Men 6 mm gitre vil fx ikke hindre fiskeyngel i at passere, bl.a. af den sjældne snæbel, som på verdensplan kun findes med små bestande i Danmark og derfor er udpeget som national ansvarsart.

Det kan generelt konstateres, at hvis man ønsker at holde alle fisk og større vandløbssmådyr ude fra dambrugene, må man afskærme vandindtag og udløb med sigter o.lign. med en hulstørrelse på 1 mm. Hvis man kun vil hindre passage af lakse- og ørredsmolt (og acceptere passage af mindre fisk og alle smådyr ind på dambruget), kan man etablere riste med 6 mm mellem tremmerne.

Det har også flere steder vist sig, at der svømmer eller springer mange vildfisk ind på dambrugene, når fiskene tiltrækkes af udløbsvandet og kan passere gennem eller over afgitringen. Derfor må der også her (som ved vandindtagene) etableres mere effektive afskærmninger, hvilket der skal tages hensyn til ved den kommende revision af lovgivningen. Det vil være oplagt at stille samme krav til afskærmningen som ved vandindtagene, idet udløbsvandet ikke indeholder partikler, der kan tilstoppe fine riste etc.

Tilsvarende er der en lang række eksempler på fiskepassager, der ikke fungerer for opstrøms vandrende fisk. Konklusionen er ganske klar, nemlig at fisketrapper ikke giver tilstrækkeligt gode passageforhold for alle fiskearter- og størrelser. Og det er i det hele taget uhyre sjældent at finde velfungerende og effektive fiskepassager (uanset type) i situationer, hvor en større del af vandet bliver ledt bort fra vandløbene. Så finder mange fisk ikke passagerne.

Langt de fleste danske projekter for fiskepassage (fisketrapper m.m.), der er etableret før 1990, må formodes at virke dårligt alene pga. manglende lokkevirkning fra fiskepassagen (for lille vandføring i passagen sammenlignet med det vand, der løber udenom).

Sidst i 1980'erne begyndte de danske vandløbsmyndigheder at bygge naturlignende fiskepassager i form af stryg og omløb, efter at undersøgelser havde vist, at traditionelle fisketrapper ikke virker godt nok. Nu er udlandet fulgt med og satser tilsvarende på at bygge naturlignende stryg og omløb i stedet for fisketrapper, selv om man også som i Danmark anbefaler først og fremmest at fjerne spærringerne, hvis det er muligt. Passagerne bør have et fald på max. 10-15 promille og så vidt muligt have et naturligt fald for de pågældende vandløbsstrækninger, så de lokale fiskearter (og smådyr) kan passere uhindret. I visse små vandløb er der dog et naturligt fald på over 10-15 promille, og sådanne steder kan man øge faldet i passagen til naturlignende forhold. Samtidig bør der være stor variation i dybde, bundforhold, strømhastighed m.m., så fiskene overalt undervejs i passagen kan finde strømlæ og vandhastigheder under $\frac{1}{2}$ m/s. Der bør om muligt indbygges gydepladser for laksefisk og skabes egnede opvækstområder for ynglen med vanddybder på max. 20-30 cm og vandhastigheder på max. 0,3 m/s.

Men selv naturlignende passager som stryg og omløb virker ikke godt nok, hvis de kun får tildelt en lille del af den samlede vandmængde. Fyns Amt besluttede allerede i 1992, at hvor det overhovedet er teknisk muligt, bør der anlægges omløbsstryg ved blivende spærringer eller stryg i forbindelse med fjernelse af spærringer, og at hovedparten af vandløbets vandføring bør ledes gennem passagen. Flere amter har ligeledes i de senere år opkøbt opstemningsrettighederne ved en del dambrug og turbineanlæg og nedlagt opstemningerne, så de naturlige vandløbsforhold er genskabt. Eksempelvis i Grejs Å (Vejle Amt), hvor ørredbestanden er blevet mangedoblet, efter at havørrederne fra Vejle Fjord nu kan gyde næsten overalt i Grejs Å-systemet.

Andre steder som f.eks. ved Karup Elværksdambrug (Viborg Amt), Vingsted Dambrug (Vejle Amt) og Løjstrup Dambrug (Århus Amt) er dambrugene fortsat i drift, men opstemningerne er erstattet af stryg og dambrugene har fået tildelt en fast, mindre vandmængde (lidt under $\frac{1}{2}$ medianminimum ved Vingsted Dambrug, $\frac{1}{2}$ medianminimum ved Karup Elværksdambrug og op til ca. 70 % af medianminimum ved Løjstrup Dambrug). Alt andet vand (det meste) løber nu gennem strygene det meste af året og skaber gode passageforhold for fisk og smådyr - selv om Århus Amt dog har

vurderet, at der sker en ophobning af havørreder ved Løjstrup Dambrug ved små sommervandføringer, hvor der løber mere vand ind på dambruget end gennem stryget. Men efter 1. april 2005 skal der altid ledes mindst ½ medianminimum udenom dambrugene, og så må dambrugene reducere vandindtaget i perioder med lille vandføring.

Med vedtagelsen af bekendtgørelsen om modeldambrug i 2002 skabte man samtidig grundlaget for at sikre gode passageforhold m.m. i vandløbene ved de dambrug, der ombygges til modeldambrug. Disse dambrug recirkulerer vandet mindst 70 - 95 % og reducerer vandindtaget til max. 15 – 125 l/s/100 tons årligt foderforbrug. Det vurderes, at dette begrænsede vandindtag vil sikre gode passageforhold i vandløbene, hvis opstemningerne samtidig nedlægges, og vandindtaget enten sker via boringer (grundvand) eller fra vandløbet gennem dræn, Johnson-skærme el. lign., evt. ved oppumpning gennem effektive afskærmninger. Samtidig vil nedlæggelsen af opstemningerne genskabe naturlige faldforhold i vandløbene, et godt dyre- og planteliv samt fri faunapassage.

Som eksempel på et dambrug, der er vedtaget bygget om, kan nævnes Abildtrup Dambrug i Ringkjøbing Amt (tabel 10.1). Det skal bemærkes, at der ikke forventes at være brug for vandindtag fra vandløbet, og at foderforbruget fordobles, selv om vandforbruget reduceres med 86 %.

Tabel 10.1.

Data for Abildtrup Dambrug før og efter ombygning til modeldambrug III.

Data fra Jakob Larsen, Ringkjøbing Amt.

	Traditionel drift (før ombygning)	Modeldambrug type III (efter ombygning)
Foderforbrug	205 tons/år	410 tons/år
Vandindtag	450 l/s	61,5 l/s
vandløbstræk med reduceret vandføring	3.000 m	0 m
Længde af fødekanal	1.560 m	0 m
Afgitring i indløb	30 mm	intet behov (pga. borings- og drænvand)
Afgitring i udløb	30 mm	udløb over bioblokke over vandløbets vandspejl
Ungfiskesluse	ja	ikke behov
Mulighed for indtrækkende fisk i fødekanal	ja	nej
Passageløsning	Stenstuvning i vandløb – internt stryg indenfor vandløbsprofilet	naturligt vandløb uden opstuvning
Stuvningspåvirket vandløbsstræk	1.000 m	0 m
Samlet faunapassage	uvis, men især kritisk for nedvandrende fisk – kan fanges i fødekanal.	100 %

Konklusioner

Med udgangspunkt i,

- at laks og ørreder samt evt. andre arter hovedsagelig vandrer opstrøms i perioder med stor vandføring.
- at der naturligt må forventes en forsinkelse eller reducere i antallet af ørreder og laks på opstrøms vandring i vandløb i perioder med lille vandføring, samt at bortledning af vand fra vandløbet kan forlænge perioden og reducere antallet af forbipasserende fisk (idet fiskene da skal passere gennem en vandløbsstrækning med en unaturligt lille vandføring).
- at dambrugene efter 1.april 2005 altid skal afgive mindst halvdelen af medianminimum til vandløbet.
- at der bør være krav om faunapassage, hvis der er A- eller B målsatte vandløb i vandsystemet opstrøms opstemningen, og
- at vandløbenes målsætninger iflg. Vandrammedirektivet alle steder skal være opfyldt senest i 2015 (der skal være opnået en god økologisk tilstand)

bør følgende løsningsforslag overvejes til sikring af gode faunapassageforhold ved bygværker som f.eks. opstemninger:

- Den bedste fiskepassage skabes ved at fjerne spærringen og genskabe de naturlige forhold med fuld vandføring gennem vandløbet og ubrudt bund, så passagen samtidig sikrer såvel op- som nedstrøms passage. Alle undersøgelser viser, at nogle fisk ledes bort fra vandløbet, hvis man bortleder noget af vandet fra vandløbene - jo større vandmængder, det drejer sig om, jo større problemer. Desuden er der ofte tale om en negativ effekt af selve spærringen for både opstrøms og nedstrøms vandrende fisk, også selv om der ikke bortledes vand.
- Hvis spærringen ikke kan fjernes, bør det altid overvejes, om stemmehøjden kan reduceres som ved Vingsted Dambrug, og der bør da samtidig skabes passage ved etablering af naturlignende stryg med ringe fald og lave vandhastigheder.
- Bortledningen af vand fra vandløbet bør være så lille som muligt og være en fast, mindre vandmængde, så alle naturlige udsving i vandføringen føres gennem fiskepassagen, og der altid løber betydeligt mere vand uden om produktionsanlægget, end der bortledes fra vandløbet. Vandet bør løbe ud samme sted, som det indtages, så man undgår en strækning med reduceret vandføring.
- Indvindingen af overfladevand fra vandløb med ørred- eller laksebestande bør ikke overstige halvdelen af medianminimum på enkeltlokaliteter (hvis flere dambrug tager vand ind samme sted, bør den samlede indvinding ikke overstige $\frac{1}{2}$ Qmm).
- Man bør nøje vurdere vandføringsforholdene i det enkelte vandløb, før der træffes afgørelse om den vandmængde, der kan bortledes fra vandløbet (er vandløbet hovedsagelig grundvandsfødt eller ej, hvilke arter hører naturligt hjemme i vandløbet ?)
- Den tilladte indvinding af overfladevand i grundvandsfødte vandløb med en relativt stabil vandføring året rundt bør principielt være væsentligt mindre end indvindingen fra vandløb, der har større udsving i vandføringen.
- De bedste passageløsninger formodes at kunne etableres ved modeldambrug, hvor vandindtaget ved det enkelte dambrug begrænses til max. 15-125 l/s/100 tons årligt foderforbrug.
- Alle vandindtag fra vandløbet og udløb fra produktionsanlægget bør ske gennem effektiv afskærmning for fisk, vandløbsinsekter m.m., f.eks. gennem dræn, bioblokke, Johnson-skærme el. lign. Hvis man ønsker at holde alle fisk og større vandløbssmådyr ude fra dambrugene, må man afskærme vandindtag og udløb med sigter o.lign. med en hulstørrelse

på 1 mm. Hvis man kun vil hindre uønsket passage af lakse- og ørredsmolt (og acceptere passage af mindre fisk og alle smådyr ind på dambruget), kan man etablere tremmeriste med 6 mm mellem tremmerne.

- Da vandrefisk (laks, ørred m.fl.) hovedsagelig vandrer op- og nedstrøms i perioder med meget vand, bør passagerne dimensioneres, så de kan rumme det til enhver tid forekommende frivand. Det er dog vigtigt at fremhæve, at vandhastigheder o.lign. ikke må blive for høje i situationer med meget vand.
- Passagerne skal altid være i funktion og bør anlægges, så de virker for både op- og nedstrøms trækkende fisk.
- Passagerne bør anlægges som naturlignende vandløb (stryg og omløb) med et naturligt (lavt) fald for den pågældende vandløbsstrækning.
- Passagerne skal overalt i forløbet have et varieret forløb med mange strømlæ og hvilepladser, hvor de dårlige svømmere og fiskeynglen kan finde opholdsområder og vandhastigheder under $\frac{1}{2}$ m/s. En passende lav vandhastighed og lave vanddybder under 20-30 cm kan fx sikres ved at etablere et dobbeltprofil med en dyb og meget vandførende strømrende kombineret med lavvandede og mere stillestående områder langs bredden.
- Hvis det er muligt, bør der etableres gydeområder for de lokale fiskearter i omløbene, eksempelvis for laksefisk. Hvis der anvendes sten til sikring af bund og sider, skal de have en varierende størrelse, så man også hermed sikrer størst mulig variation.
- Fiskepassagerne skal anlægges, så de er vedligeholdelsesfri og selvjusterende mht. vandføring uden at dette skaber små styrt o. lign. (det er vigtigt at sikre en sammenhængende bund, så dårlige svømmere og smådyr kan passere opstrøms).

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, ISBN 87-90033-29-9.
- Aarestrup, K. & N. Jepsen (1995): Aspekter af adfærden hos atlantisk laks (*Salmo salar* L.) under opvandring i Gudenåen, undersøgt ved hjælp af radiotelemetri. Specialrapport, Biologisk Institut, Afdeling for Zoologi, Aarhus Universitet.
- Aarestrup, K. & N. Jepsen (1998): Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* (L.)) in a Danish river. *Hydrobiologia* 371/372, 275-281. I Lagardère, J.P., M.-L. Bégout Anras & G. Claireaux (eds): *Advances in Invertebrates and Fish Telemetry*, Kluwer Academic Publishers, Belgien.
- Aarestrup, K., & A. Koed (2003): Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts negotiating weirs in small Danish rivers. *Biology of Freshwater Fish* 12: 169-176.
- Aarestrup, K., A. Koed & C. Nielsen (2000): Smoltpassage forbi dambrug. Artikel i Danmarks Sportsfiskerforbunds blad Miljø- og Vandpleje nr. 26, side 9-12.
- Aarestrup, K., M.C. Lucas & J.A. Hansen (2003): Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Biology of Freshwater Fish* 12: 160-168.
- Aarhus Amt. (2003): Miljøtilstanden i Lilleåens vandsystem. Vist på Århus Amts hjemmeside www.aaa.dk.
- Alabaster, J.S. (1970): River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. *Journal of Fish Biology* 2, 1-13.
- Alabaster, J.S., P.J. Gough & W.J. Brooker (1991): The environmental requirements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their passage through the Thames Estuary, 1982-1989. *Journal of Fish Biology* 38, 741-762.
- Andersen, J.M. (2003): EU vandrammedirektivet kommer til Danmark. Miljø- & Vandpleje, Danmarks Sportsfiskerforbund, s. 4-7.
- Andersen, P.M. & K. Balleby (2000): En undersøgelse af sandartens (*Stizostedion lucioperca*) migrationsmønster og vækst på det nederste af Gudenåen & En undersøgelse af geddens (*Esox lucius*) bevægelsesmønster og gydning i Gudenåen ved Randers. Specialrapport Biologisk Institut, Afdelingen for Zoologi, Århus Universitet 93 sider.
- Ansæk, J. (1980): Ørreders og åls passage ved dambrug. *Ferskvandsfiskeribladet* nr. 9, 5 sider.
- Ansæk, J. & P.N. Markmann (1980a): Spærringer i vandløb. *Sportsfiskeren* nr. 9, s. 6-7.
- Ansæk, J. & P.N. Markmann (1980b): Spærringer i vandløb. *Stads- og Havneingeniøren* nr. 9, s. 333-344.
- Arnold, G.P. (1974): Rheotropism in fishes. *Biol. Rev.* 49, 515-576.
- Aronsuu, K., E.Ojutkangas & T.J.Marjomäki (2002): Several environmental factors affecting the timing of river lampreys (*Lampetra fluviatilis*) spawning migrations. Side 111-113 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development*, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Baglinière, J.-L., G. Maise, P.-Y. Lebaill & E.Prévoist (1987): Dynamique de la population de truite commune (*Salmo trutta* L.) d'un ruisseau breton (France). II – Les geniteurs migrants. *Ecol. Applic.* 8 (3), 201-215.
- Bakhtanskiy, E.L., V.D.Nesterov & M.N.Neklyudov (1980): The Behaviour of Young Atlantic Salmon, *Salmo salar*, during Downstream Migration. *J.Ichthyol.* 20 (4), 93-100.
- Bakhtanskiy, E.L., V.D.Nesterov & M.N.Neklyudov (1988): Development of Schooling Behaviour in Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar*, during Seaward Migration. *J.Ichthyol.* 28 (3), 91-101.

- Balleby, K. (2002a): Effektundersøgelse af 12 fiskepassager i Ringkøbing Amt udført november-december 2001. Notat, Ringkøbing Amt, Teknik og Miljø, 60 sider.
- Balleby, K. (2002b): Undersøgelse af smoltpassage forbi Munkbro Dambrug i Vegen Å, et tilløb til Storåen. Notat, Ringkøbing Amt, Teknik og Miljø, 21 sider.
- Bangsgaard, L. (1993): Fisketæthed på 14 stryg og omløb i Vejle Amt. Rapport udgivet af Vejle Amt, Teknik og Miljø, 41 sider.
- Bangsgaard, L. (1994): Fiskepassage i vandløb. *Vand & Jord* 1 (1), 36-38.
- Bangsgaard, L. (1995): Habitatvalg hos ørredyngel (*Salmo trutta* L.) på kunstige og naturlige gydebanker. Specialrapport, Biologisk Institut, Odense Universitet, 99 sider.
- Bangsgaard, L. & F. Sivebæk (1996): Hvilke levesteder foretrækker ørredyngel. *Vand og Jord* 3 (1), s. 8-11.
- Banks, J.W. (1969): A Review of the Literature on the Upstream Migration of Adult Salmonids. *Journal of Fish Biology* vol. 1, 85-136.
- Beach, M.H. (1984): Fish pass design – criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. Fisheries Research Technical Report No. 78, 46 sider. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.
- Berg, S. (1988a): Heltbestanden i Ringkøbing og Stadil Fjorde. Opgangen nov.-dec. 1987. Rapport udgivet af Ringkøbing Amtskommune.
- Berg, S. (1988b): Fiskenes passage gennem turbineanlæg i Gudenåen. Gudenåkomiteen, rapport nr. 15.
- Berg, O.K. & M. Berg (1989): The duration of sea and freshwater residence of the sea trout, *Salmo trutta* L., from the Vardnes River in northern Norway. *Environmental Biology of Fishes* 24 (1), 23-32.
- Bertmar, G. (1979): Home Range, Migrations and Orientation Mechanisms of the River Indalsälven Trout, *Salmo trutta* L.. Rep. Inst. Freshwater Research Drottningholm 58, 5-26.
- Bohlin, T., C. Dellefors & U. Faremo (1993): Timing of Sea-Run Brown Trout (*Salmo trutta*) Smolt Migration: Effects of Climatic Variation. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 50, 1132-1136.
- Breaser, S.W, F.D. Stearns, M.W. Smith, R.L. West & J.B. Reynolds (1988): Observations of Movements and Habitat Preferences of Burbot in an Alaskan Glacial River System. *Transactions of the American Fisheries Society* 117, 506-509.
- Bygballe, T. & J. Nielsen (1996): Kvak Møllebæk Brook at Skibet. Side 41-42 i Hansen, H.-O. (ed.): River Restoration – Danish experience and examples. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 99 sider.
- Campbell, J.S. (1977): Spawning characteristics of brown trout and sea trout *Salmo trutta* L. in Kirk Burn, River Tweed, Scotland. *J. Fish. Biol.* 11, 217-229.
- Carl, J. & M. Larsen (1994): Betydningen af gedde (*Esox lucius* L.) og sandart (*Stizostedion lucioperca* (L.)), som predatorer på havørred (*Salmo trutta* L.) smolt under udtrækket fra Bygholm Å og Sø, 1992. Specialrapport, Biologisk Institut, Afdeling for Zoologi, Aarhus Universitet.
- Clay, C.H. (1995): Design of Fishways and Other Fish Facilities. CRC Press, Florida, ISBN 1-56670-111-2, 248 sider.
- Cowx, I.G. & R.L. Welcomme (1998) eds.: Rehabilitation of rivers for fish. FAO håndbog, udgivet af Fishing News Books, 260 sider (ISBN 0-85238-247-2).
- Cragg-Hine, D. (1985): The assessment of the flow requirements for upstream migration of salmonids in some rivers of North-West England. I (ed. J.S. Alabaster): *Habitat Modification and Freshwater Fisheries, Proceedings of EIFAC Symposium, Aarhus 1984*, s. 209-215, Butterworths.

- Crisp, D.T. (1993): The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. *Freshwat. Forum.* 3(3), s. 176-202.
- Curran, S.J. (1999): Migration of Sea Trout (*Salmo trutta*) smolts past Lild Mølle weir and millpond in County Vejle, Denmark. The independent study Project, Biologisk Institut, Afdelingen for Zoologi, Århus Universitet, 26 sider.
- Curran, S.J. (2002): Attributes and the effect associated with the seaward migration of Sea Trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) smolts past small weirs and associated weir pools. Specialerapport, Biologisk Institut, Afdelingen for Zoologi, Århus Universitet, 67 sider.
- Dahl, J. (1982): Rapport om kontrol af Tangetrappen i forsøgsperioden 1980-82. Rapport fra Ferskvandsfiskerilaboratoriet til Gudenåkomiteen og Danmarks Sportsfiskerforbund.
- Danmarks Fiskeriundersøgelser (1997): Laksefiskene og fiskeriet i Vadehavsområdet – Teknisk rapport. DFU-rapport nr. 40-97.
- Davidson, S. & J.P. Mathiesen (1992): Fiskeundersøgelse af stryg i Ringkjøbing Amt. *Vækst* 2, 7-8.
- Dieperink, N.C. (1988): Havørred i Tved Å. Specialerapport, Zoologisk Institut, Århus Universitet, 33 sider.
- Dieperink, C. (1992): Opvandring af ørred og laks i Gudenåen. IFF-rapport nr. 7, Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje, Silkeborg, 20 sider + bilag (ISSN 0907-1164).
- Eberstaller, J., M.Hinterhofer, & P.Parasiewicz (1998): The Effectiveness of Two Nature-like Bypass Channels in an Upland Austrian River. Side 363-383 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford.
- Ejbye-Ernst, M. & J. Nielsen (1981): Populationsdynamiske undersøgelser over stalling (*Thymallus thymallus* (L.)) i øvre Gudenå. Specialeprojekt ved Århus Universitet, Zoologisk Institut, 159 sider.
- Ejbye-Ernst, M., L.K. Larsen & J. Nielsen (1989): Kontrol af fisketrapper. *Vand & Miljø* 8, 351-354.
- Ejbye-Ernst, M., L.K. Larsen & J. Nielsen (1990): Undersøgelser af danske fisketrapper. *Vand & Miljø* 1, 27-29.
- Ejbye-Ernst, M. & H.T. Nielsen (1997): Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet. Resumerapport fra Ribe Amt, Sønderjyllands Amt og Danmarks Fiskeriundersøgelser, ISBN 87-7342-841-8, 41 sider.
- Frandsen, S. B. (1998): Flere ørreder i Grejs Å. *Vand og Jord* 5 (4), 140-143.
- Fried, S.M., J.D. McCleave and G.W. LaBar (1978): Seaward Migration of Hatchery-Reared Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Smolts in the Penobscot River Estuary, Maine: Riverine Movements. *J.Fish.Res.Board Can.* 35, 76-87.
- Fyns Amt (1992): Undersøgelser af havørredopgang, passageproblemer ved spærringer samt effektiviteten af etablerede fiskepassager i fynske vandløb 1980-1991. Teknik- og Miljøforvaltningen, Natur- og Vandmiljøafdelingen, Ferskvandsbiologisektionen,
- Gebler, R.-J. (1998): Examples of Near-natural Fish Passes in Germany: Drop Structure Conversions, Fish Ramps and Bypass Channels. Side 403-419 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford.
- Giles, N. & D. Summers (1996): *Helping Fish in Lowland Streams*. Game Conservancy Ltd., Hampshire, ISBN 0950013099, 36 sider.
- Glüsing, H. (1999): Effektundersøgelse af vandløbsrestaureringsprojekter der har fået støtte efter vandløbslovens § 37a. Notat fra Ringkjøbing Amt, Vandmiljøafdelingen, 21 sider + bilag.
- Gosset, C., F. Travade & C. Garaicoechea (1992): Influence d'un Écran Électrique en aval d'une Usine Hydroélectrique sur le Comportement de Remontée du Saumon Atlantique (*Salmo salar*). *Bull.Fr.Pêche Piscic.* 324, 2-25.

- Grande, R. (2002): Ten different fishways in Norway. Side 21-38 i Kamula, R. & A. Laine (red.): Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Greenstreet, S.P.R. (1992): Migration of hatchery reared juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts down a release ladder. 1. Environmental effects on migratory activity. *Journal of Fish Biology* 40, 655-666.
- Grey of Fallodon, V. (1967): Fluefiskeri. Dansk udgave ved Michael Tejn og Preben Torp Jacobsen, Forlaget Spektrum, 290 sider.
- Hansen, H.-O. (1996a) red.: Vandløbsrestaurering – eksempler og erfaringer fra Danmark. Danmarks Miljøundersøgelser 136 s. Faglig rapport fra DMU nr. 151.
- Hansen, H.-O. (1996b) ed.: River restoration – Danish experience and examples. Rapport fra European Centre for River Restoration, Danmarks Miljøundersøgelser, Silkeborg, 99 sider (ISBN 87-7772-279-5).
- Hansen, H.-O. & A. Baattrup-Pedersen (2000): Den nye udvikling: Vandløbenes restaurering. Side 49-60 i Sand-Jensen & Friberg (red.): De strømmende vande. Gads Forlag, ISBN 87-12-03728-1.
- Hansen, J.A. & K. Aarestrup (2000): Vandføringens betydning for opvandrende havørreder ved passage af opstemninger, undersøgt i vinteren 1999/2000. Rapport til Skov- og Naturstyrelsen, 29 sider + bilag.
- Hansen, L.P. & B. Jonsson (1985): Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa, Norway. *Aquaculture* 45, 237-248.
- Hansen, L.P. (1990): Salmon ranching experiments: Migration and survival of Atlantic Salmon smolts. Dr. Philos Thesis, University of Oslo, 25 sider + bilag (10 videnskabelige artikler).
- Harris, J.H. (1984): A survey of Fishways in Streams of Coastal South-eastern Australia. *Austr.Zool.* 21 (3), 219-233.
- Harris, J., G. Thorncraft & P. Wem (1998): Evaluation of Rock-ramp Fishways in Australia. Side 331-347 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford.
- Hedeselskabet (1990): Tirsbæk faunapassage ved Tirsbæk Gods. Projektbeskrivelse, 6 sider + bilag, Hedeselskabet, Silkeborg.
- Helgren, O. (2002): Development and construction of a self-regulating fauna-passage with special attention to downstream migration. Side 98-100 i Kamula, R. & A. Laine (red.): Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Hesthagen, T. & E. Garnås (1986): Migration of Atlantic Salmon Smolts in River Orkla of Central Norway in Relation to Management of a Hydroelectric Station. *North American Journal of Fisheries Management* 6, 376-382.
- Hvidsten, N.A. & L.P. Hansen (1988): Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. *Journal of Fish Biology* 32, 153-154.
- Hvidsten, N.A. & B.O. Johnsen (1993): Increased Recapture Rate of Adult Atlantic Salmon Released as Smolts into Large Shoals of Wild Smolts in the River Orkla, Norway. *North American Journal of Fisheries Management* 13, 272-276.
- Hvidt, C. & I. Christensen (1990): Træk af nordsøsnæblens (*Coregonus oxyrhynchus* L.) biologi i Vidå-systemet. Specialrapport fra Zoologisk Laboratorium, Aarhus Universitet, 112 sider.
- Jensen, A. (1988): Havørreden i Tved Å, Ribe å vandsystem, 1986-1987. Speciale rapport, Århus Universitet, 61 sider.
- Jensen, A.J., T.G. Heggberget & B. O. Johnsen (1986): Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. *J. Fish. Biol.* 29, 459-465.

- Jensen, A.J. & P. Aass (1991): Oppgang av ørret i fisketrappa i Hunderfossen 1983-1990 i forhold til vannføring og vanntemperatur. NINA forskningsrapport nr. 19, Norsk Institutt for Naturforskning, 27 sider.
- Jensen, A.J. & P. Aas (1995): Migration of a fast-growing population of brown trout (*Salmo trutta* L.) through a fish ladder in relation to water flow and water temperature. *Regulated Rivers Research and Management* 10, 217-228.
- Jensen, A.R. & F. Sivebæk (1997): Smoltfangst med fælder og passageforhold forbi spærringer. Del 2 (31 sider) i Danmarks Fiskeriundersøgelser (1997): Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet, teknisk rapport. DFU-rapport nr. 40b-97,
- Jensen, A.R., H.T. Nielsen & M. Ejbye-Ernst (2003): National forvaltningsplan for snæbel. Rapport, 35 sider, udgivet af Ribe Amt, Sønderjyllands Amt og Miljøministeriet.
- Jensen, H.-E. (1996): Fiskeundersøgelser i Karup å 1995/96. Notat fra Viborg Amt, Recipientkontoret, 8 sider.
- Jepsen, N., M. Deacon & M. Ejbye-Ernst (2003): Laksens gydevandring i Varde Å-systemet. Radiotelemetriundersøgelse. DFU-rapport 125-03, 38 sider.
- Jones, D.R., J.W. Kiceniuk & O.S. Bamford (1974): Evaluation of the Swimming Performance of Several Fish Species from the Mackenzie River. *J.Fish.Res.Board Can.* 31: 1641-1647.
- Jonsson, N. (1991): Influence of Water Flow, Water Temperature and Light on Fish Migration in Rivers. *Nordic J. Freshw. Res.* 66, 20-35.
- Jonsson, N., L.P.Hansen & B.Jonsson (1993): Migratory behaviour and growth of hatchery-reared post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 42, 435-443.
- Jungwirth, M. (1996): Bypass channels at weirs as appropriate aids for fish migration in Rhithral rivers. *Regulated Rivers Research & Management* 12, 483-492.
- Jørgensen, J. (1992): Fiskepassage ved Holstebro Vandkraftværk. Rapport udgivet af Ringkjøbing Amtskommune, Teknik og Miljøforvaltningen, 21 sider + 6 sider bilag.
- Jørgensen, J. (1993): Fiskepassage ved Holstebro Vandkraftværk. *Vand & Miljø* 10 (1), 13-17.
- Jørgensen, J., J. Bisgaard, G. Holdensgaard & G. Rasmussen (1996): Foreløbig rapportering: Nedstrøms smoltpassage gennem Holstebro Vandkraftsø 1992 og 1993. Teknisk notat. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsfiskeri; Ringkjøbing Amt; FOS-Laks Laksehallen.
- Kamula, R. & C. Katopodis (2002): Hydraulic considerations for pool-and-weir fishways. Side 94-97 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development*, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Katopodis C. (2002): Nature-mimicking fishways: Concepts and practical applications. Side 87-93 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development*, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Kaarup, P. (1997a): Ørredbestand og spærringer i vandløbene i Århus Amt. Rapport fra Århus Amt, Natur og Miljø, 4 sider + kortbilag.
- Kaarup, P. (1997b): Notat vedr. effektivitet af projekter gennemført med støtte efter vandløbslovens § 37a. Århus Amt, Natur og Miljø, Å og Eng, 8 sider.
- Kaarup, P. (1998): Notat vedr. effektivitet af projekter gennemført med støtte efter vandløbslovens § 37a. Århus Amt, Natur og Miljø, Å og Eng, 6 sider.
- Kaarup, P. (2000): Biologiske undersøgelser af ny faunapassage. *Vækst* nr. 1, s. 19-21.

- Kelly, F.L. & J.J. King (2001): A review of the ecology and distribution of three lamprey species, *Lampetra fluviatilis* (L.), *Lampetra planeri* (Bloch) and *Petromyzon marinus* (L.): A context for conservation and biodiversity considerations in Ireland. *Biology and the Environment, Proceedings of the Royal Irish Academy*, Vol. 101B, No. 3, 165-185.
- Kennedy, G.J.A., C.D. Strange, & P.M. Johnston (1991): Evaluation of Carlin tagging as a mark-recapture technique for estimating total river runs of salmon smolts, *Salmo salar* L. *Aquaculture and Fisheries Management* 22, 365-368.
- Koed, A. (2003): Notat til Vejle Amt med en vurdering af et VMPII-projekt ved Vejle Å nær Skibet, 27.maj 2003.
- Koed, A., G. Rasmussen, G. Holdensgård & C. Pedersen (1996): Tangetrappen 1994-95. DFU-rapport nr. 8-96, Landbrugs og Fiskeriministeriet, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Silkeborg, 44 sider + bilag (ISSN 1395-8216).
- Kristiansen, H. (1991): Havørred i Kolding Å vandsystem 1989-91. DFH rapport nr. 427, Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, 97 sider (ISSN 0109-4432).
- Laine, A, T. Jokivirta & C. Katapodis (2002): Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated northern river – fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. *Fisheries Management and Ecology* 9, 65-77.
- Larinier, M. (1998): Upstream and Downstream Fish Passage Experience in France. Side 127-145 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford.
- Larsen, F. (1999): Migration af ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) omkring dambrug. Specialrapport, Biologisk Institut, Afd. For Zoologi, Aarhus Universitet, 64 sider.
- Larsen, K. (1975): “Fiskene i de rindende vande” og “Fiskene i søerne”. Side 119-162 henh. s. 377-418 i Nørrevang, A. & T.J. Meyer (red.): *Danmarks Natur*, bind 5, Politikens Forlag, 492 sider.
- Larsson, M. (1999): Guiding downstream migrating fish at waterpower plants. Side 111-118 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *DN-Notat 1999-1: Foredrag fra Nordisk Symposium om fiskepassasjer*. Konference i Oslo 9.-11. september 1998. Trondheim, Norge, ISBN 82-7072-316-9.
- Larsson, M. & A. Johlander (2002): Fishways in Sweden. Side 39-42 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development*, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Lonnebjerg, N. (1980): Fiskepas af modstrømsstypen. Meddelelser fra Ferskvandsfiskerilaboratoriet 1/80, Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser.
- Lucas, M., & E. Baras (2001): *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science, ISBN 0-632-05754-8.
- Lucas, M (2003): Review of Migration of Danish Freshwater Fish Species. Notat til Danmarks Fiskeriundersøgelser, 43 sider.
- Lærke, H.M. & C. Petersen (2002): Populationsdynamik og økologisk niche hos finnestribet ferskvandsulk (*Cottus poecilopus* Heckel, 1836) i Von Å. Specialrapport ved afdeling for Marin Økologi, Biologisk Institut, Aarhus Universitet, 88 sider + bilag.
- Mader, H., G. Unfer & S. Schmutz (1998): The effectiveness of Nature-like bypass channels in a lowland river, the Marchfeldkanal. Side 384-402 i i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): *Fish Migration and Fish Bypasses*, Fishing News Books, Oxford.
- Mader, H. (2002): Monitoring analyses of attraction flow and fish migration observations in nature like bypass-channels in Austria. Side 70-79 i Kamula, R. & A. Laine (red.): *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development*, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Madsen, B.L. (1995): Vandløbene – ti år med den nye vandløbslov. *Miljønyt* nr. 13, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, 216 sider.

- Mann, R.H.K. & J.A.B.Bass (1997): The critical water velocities of larval roach (*Rutilus rutilus*) and dace (*Leuciscus leuciscus*) and implications for river management. *Regulated rivers research & management* 13, 295-301.
- Markmann, P.N. (1984): Spærringer og faunapassage i vandløb. *Vand & Miljø* 2, 21-26.
- Meldgaard, T. (2001): Opstemningers effekt på den genetiske struktur i en dansk population af stalling (*Thymallus thymallus*). Specialrapport, afd. for genetik og økologi, Århus Universitet, 63 sider.
- Meldgaard, T., E.E. Nielsen & V. Loeschcke (2003): Fragmentation by weirs in a riverine system: A study of genetic variation in time and space among populations of European grayling (*Thymallus thymallus*) in a Danish river system. *Conservation Genetics* 4: 735-747.
- Michelsen, K. (1992): Undersøgelse af fiskepassage på 4 lokaliteter i Skjern Å-systemet. Rapport fra Ringkjøbing Amtskommune, Teknik- og Miljøforvaltningen, 34 sider + bilag.
- Miljøministeriet 2002: Bekendtgørelse om modeldambrug. Bek. nr. 923 af 8. november 2002.
- Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, & Fødevareministeriet (2002): Gudenåens passage ved Tangeværket – Sammenfatning af skitseprojekt. 48 sider + bilag.
- Milner, N. J. 1990 (ed.): First movement in relation to freshwater flow and quality. Workshop proceedings fra workshop på Universitetet i Bristol, England, 4.-6. april 1989, afholdt af Atlantic salmon trust/Wessex water. 51 sider + 4 sider bilag. ISBN 1 870875 10 9.
- Munk, K. & J.L. Thomsen (1995): Udtræk af blankål, *Anguilla anguilla* (L.), udsatte laksesmolt, *Salmo salar*, L., opstrøms passage af fisk ved Vestbirk Vandkraftanlæg, samt aspekter af rovfiskebestanden i øvre Gudenå. Specialrapport, Biologisk Institut, Afdeling for Zoologi, Aarhus Universitet, 127 sider.
- Nielsen, G. (1981): Brede Å-vandsystemet. Blankålproduktion 1981. Rapport fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, Ferskvandsfiskerilaboratoriet, 30 sider.
- Nielsen, J. (1985): Havørreden i Gudenåen. Gudenåkomiteen, rapport nr. 3, 105 sider.
- Nielsen, J. (1986): Laksefiskene og fiskeriet i Randers Fjord. Gudenåkomiteen, rapport nr. 4, 50 sider.
- Nielsen, J. (1987): Status over fisketrappen ved Tange 1980-85. *Sportsfiskeren* nr. 8, 4-6.
- Nielsen, J. (1994a): Restaurering af vandløb i Vejle Amt 1983-93. Rapport fra Vejle Amt, Teknik og Miljø, 76 sider.
- Nielsen, J. (1994b): Vandløbsfiskenes Verden – med biologen på arbejde. G.E.C. Gads Forlag, København, 202 sider.
- Nielsen, J. (1994c): Sådan laver man en god fiskepassage. *Sportsfiskeren* 9, 24-26.
- Nielsen, J. (1994d): Højen Bæk vandt. *Vand & Jord* 1 (2), 84-87.
- Nielsen, J. (1994e): Fiskene i Vejle amts vandløb. Rapport fra Vejle Amt, Teknik og Miljø, 109 sider.
- Nielsen, J. (1995a): Vandringsmønstret mellem fersk- og saltvand hos laks *Salmo salar* og havørred *Salmo trutta* med henblik på en vurdering af passage over lavvandede områder. Rapport fra Ringkjøbing Amtskommune, Vandmiljøafdelingen, 39 sider.
- Nielsen, J. (1995b): Fiskenes krav til vandløbenes fysiske forhold. Miljøprojekt nr. 293 fra Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, 129 sider.
- Nielsen, J. (1995c): Laksefiskene og kanosejladsen i Gudenåen opstrøms Mossø. Rapport fra Vejle Amt, Teknik og Miljø, 37 sider.
- Nielsen, J. (1997a): Nogle fiskepassager virker dårligt. *Vand & Jord* 4 (4), 145-149.
- Nielsen, J. (1997b): Ørreden som miljøindikator. *Miljønyt* nr. 24 fra Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, 53 sider.

- Nielsen, J. (1997c): Smoltvandring hos laks (*Salmo salar*) og havørred (*Salmo trutta*) i vandløb og søer. Rapport til COWI som arbejdsgrundlag for Skjern å naturprojektet, 39 sider.
- Nielsen, J. (1998a): Smoltens vandring i vandløb og søer. Sportsfiskeren 4, 30-31.
- Nielsen, J. (1998b): Gudenåens hovedløb som gyde- og yngelopvækstområde for laks og havørred. Gudenåkomiteen, rapport nr. 19, 32 sider.
- Nielsen, J. (1999): Vandføringens betydning for opstrøms passage af laks og ørred ved opstemninger i vandløb. Litteraturstudie og statusrapport til Skov- og Naturstyrelsen. 48 sider.
- Nielsen, J. (2000a): Smoltundersøgelser ved Karup Mølle Dambrug, Åresvad Å, foråret 2000. Rapport til Viborg Amt, 18 sider.
- Nielsen, J. (2000b): Fisk og vandløb i Villestrup Å-systemet. Rapport fra Nordjyllands Amt, Natur og Miljø, 69 sider.
- Nielsen, C., K. Aarestrup & S. Madsen (2000). Udsætning af havørredsmolt. Miljø- & Vandpleje, Danmarks Sportsfiskerforbund, s. 3-6.
- Nilsson, K.-E. & Ö. Karlström (1999): Sik och öring i en fisktrappa: Olika vattenföringar för respektive art. Side 87-93 i Kamula, R. & A. Laine (red.): DN-Notat 1999-1: Foredrag fra Nordisk Symposium om fiskepassager. Konference i Oslo 9.-11. september 1998. Trondheim, Norge, ISBN 82-7072-316-9.
- Northcote, T. (1998): Migratory Behaviour of Fish and its Significance to Movement through Riverine Fish Passage Facilities. Side 3-18 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): Fish Migration and Fish Bypasses, Fishing News Books, Oxford.
- Olesen, T.M. (2002a): Fiskepassagen ved Sæby Vandmølle. Status. Rapport fra Nordjyllands Amt, Teknik og Miljøområdet, 50 sider.
- Olesen, T.M. (2002b): Fiskebestand og fiskepassage i Binderup Å. Status og forbedringer. Rapport fra Nordjyllands Amt, Teknik og Miljøområdet, 54 sider.
- Olesen, T.M. (2002c): Test af fisketæller i Sæby Å. Rapport fra Nordjyllands Amt, Natur og Miljø, 17 sider.
- Olesen, T.M. (2003a): Notat om fiskeundersøgelser ved dambrug i Sønderup Å. Notat af 25. oktober 2003 fra Nordjyllands Amt, Vandmiljøkontoret, 9 sider, j.nr. 8-56-0012-03.
- Olesen, T.M. (2003b): Fiskepassage i Elling Å ved Mariendal Mølle. Rapport fra Nordjyllands Amt, Teknik og Miljø, 60 sider.
- Olsen, J. S. (2002): Vækst, migration og reproduktion hos en dansk population af brakvandsaborre (*Perca fluviatilis* L.). Ferskvandsbiologisk Laboratorium Zoologisk Institut, Københavns Universitet, 89 sider.
- Pavlov, D.S. (1989): Structures assisting the migration of non-salmonid fish: USSR. FAO Fisheries Technical Paper 308. Rom, FAO, 97 sider.
- Pedersen, S. & N. Poulsen (1989): Biology of the Dace *Leuciscus leuciscus* (L.) in a Danish lowland stream. DFH-rapport nr. 364, Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser.
- Pedersen, P.B., O. Grønborg & L.M. Svendsen (2003): Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra en faglig arbejdsgruppe. Arbejdsrapport fra DMU nr. 183, Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet.
- Peter, A. (1998): Interruption of the River Continuum by Barriers and the Consequences for Migratory Fish. Side 99-112 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): Fish Migration and Fish Bypasses, Fishing News Books, Oxford.
- Plesner, T. (1994): Udtræk af ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) og nedstrøms passage af fisk ved Vestbirk Vandkraftanlæg på Gudenåen. Specialrapport, Biologisk Institut, Afdeling for Zoologi, Aarhus Universitet, 60 sider.

- Prignon, C., J.C. Micha & A. Gillet (1998): Biological and Environmental Characteristics of Fish Passage at the Tailfer Dam on the Meuse River, Belgium. Side 69-84 i Jungwirth, M., S. Schmutz og S. Weiss (red.): Fish Migration and Fish Bypasses, Fishing News Books, Oxford.
- Qvenild, T. & A. Linløkken 1989: Glomma – fisk og reguleringer. Sluttrapport fra Glommaprojektet, Hamar, Norge, 62 sider (ISBN 82-7555-000-9).
- Qvenild, T. (1994): Ørret og ørretfiske. Aschehoug & Co. (W. Nygaard), Oslo, ISBN 82-03-22063-0.
- Rottiers, D.V. & L.A. Redell (1993): Volitional Migration of Atlantic Salmon from Seasonal Holding Ponds. North American Journal of Fisheries Management 13, 238-252.
- Rugaard, T. (2002a): Statusrapport. Undersøgelse af havørredopgangen i Stokkebækken, Kongshøj Å, Odense Å og Brende Å i 2001. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, Sø og Å sektionen, 6 sider.
- Rugaard, T. (2002b): Havørreder i mandtal. Vand & Jord 9 (3), 95-98.
- Sandell, G., L. Pettersson & I. Abrahamsson (1994): Fiskvägar – en litteraturoversikt. Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm, Sverige, nr. 1, 83 sider.
- Schmutz, S., S. Matheisz, A. Pohn, J. Rathgeb & G. Unfer (1994): Erstbesiedelung des Marchfeldkanals aus fischökologischer Sicht. Österreichs Fischerei 47, 158-178.
- Skov- og Naturstyrelsen (2001): Redegørelse om status for effekten af vandløbslovens § 37a om sikring af vand i døde å-strækninger og faunapassage forbi opstemningsanlæg. Rapport fra Skov- og Naturstyrelsen til Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg, 21 sider.
- Skriver, J. & H.T. Nielsen (2000): Går det mod bedre tider for smådyrene i vandløbene ? Side 38-47 i Sand-Jensen & Friberg (red.): De strømmende vande. Gads Forlag, ISBN 87-12-03728-1.
- Smith, G.W., I.P. Smith & S.M. Armstrong (1994): The relationship between the river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 45, 953-960.
- Stahlberg, S. & P. Peckmann (1987): The critical swimming speed of small Teleost fish species in a flume. Arch. Hydrobiol. 110 (2), 179-193.
- Steiner, H.A. (1991): Messungen an der Fischaufstiegshilfe von der Drau in die Kellerberger Schleife. Österreichs Fischerei 44, 87-100.
- Stuart, T.A. (1957): The Migrations and Homing Behaviour of Brown Trout (*Salmo trutta* L.). Freshwater and Salmon Fisheries Research 18, 1-27.
- Søholm, M.K. & B.H. Jensen (2003): Ørredens (*Salmo trutta* L.) krav til de fysiske forhold i store vandløb med specielt vægt på yngelstadiet. Specialrapport, Biologisk Institut, Odense Universitet (SDU), 170 sider.
- Thorpe, J.E. (1994): Salmonid Fishes and the Estuarine Environment. Estuaries 17 (1A), 76-93.
- Thorpe, J.E. & R.I.G. Morgan (1978): Periodicity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt migration. J. Fish. Biol. 12, 541-548.
- Tielman, J. & A. Johlander (2002): Guiding Migrating Salmon and Sea trout smolt at Hydro Power Stations in the River Mörrum. Side 107-110 i Kamula, R. & A. Laine (red.): Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage, Evaluation and Development, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001. University of Oulu. ISBN 951-42-6918-7.
- Thorstad, E.B., P. Fiske, K. Aarestrup, N.A. Hvidsten, K. Hårsaker, T. Heggberget & F. Økland (submitted): Upstream migration of Atlantic Salmon in rivers regulated for hydropower purposes.
- Trépanier, S., M.A. Rodriguez & P. Magnan (1996): Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. Journal of Fish Biology 48, 925-936.

Tveskov, E. (1999): Populationsdynamik hos udsatte og vilde ål (*Anguilla anguilla* L.) i øvre Gudenå. Specialrapport, Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

Vandkvalitetsinstituttet (1979): Undersøgelser af heltbestanden i Ringkøbing Fjord, Skjern Å-systemet. Ringkøbing Amtsråd, 61 sider.

Vandrammedirektivet: Direktiv 2000/60/EF om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. Er bl.a. beskrevet på Miljøstyrelsens hjemmeside mst.dk og i et temanummer af Danmarks Sportsfiskerforbunds blad, Miljø- & Vandpleje nr. 28, 2003.

Vinge, T. (2003a): Helt vildt mange helt. Sportsfiskeren 78. årgang nr. 3, side 94.

Vinge, T. (2003b): Laksens labyrint. Sportsfiskeren 78. årgang nr. 10, side 6-7.

Vøllestad, L.A., B. Jonsson, N.A. Hvidsten, T.F. Næsje, Ø. Haraldstad & J. Ruud-Hansen (1986): Can.J.Fish.Aquat.Sci. 43, 1909-1916.

Vøllestad, L.A., B. Jonsson, N.A. Hvidsten & T.F. Næsje (1994): Experimental test of environmental factors influencing the seaward migration of European silver eels. J.Fish.Biology 45, 641-651.

Webb J. (1990): The Behaviour of Adult Atlantic Salmon Ascending the Rivers Tay and Tummel to Pitlochry Dam. Scottish Fisheries Research Report 48, 25 sider.

Wiberg-Larsen, P., S.E. Petersen, T. Rugaard & P. Geertz-Hansen (1994): Bedre vandløbspleje giver flere fisk. Vand & Jord 1 (6), 263-265.

Winstone, A.J., A.S. Gee & P.V. Varallo (1985): The assessment of flow characteristics at certain weirs in relation to the upstream movement of migratory salmonids. J.Fish.Biology. 27 (Supplement A), 75-83.

Bilag 1: Bekendtgørelse om ålepas, ungfiskesluser samt afgittringer i ferske vande

BEK nr. 1018 af 12/12/2002 (Gældende)

Lovgivning som forskriften vedrører				
LOV	Nr.	281	af	12/05/1999
LBK	Nr.	623	af	25/07/2002

Senere ændringer til forskriften

Oversigt (indholdsfortegnelse)

[Forskriftens fulde tekst](#)

Bekendtgørelse om ålepas, ungfiskesluser samt afgittringer i ferske vande

I medfør af § 44, stk. 2, §§ 45-46, § 49, § 110, stk. 2 og § 130, stk. 2, jf. § 43, stk. 1 i fiskeriloven, jf. lov nr. 281 af 12. maj 1999, og § 60 i lov om vandløb, jf. lovbekendtgørelse nr. 632 af 23. juni 2001 og efter bemyndigelse, fastsættes:

Ålepas

§ 1. Ved stemmeværker, styrt, møller, engvandingsanlæg, industrielle anlæg, herunder anlæg, hvor der er anbragt turbiner eller lignende anlæg i ferske vande, skal der i tiden 1. april til 31. oktober være anbragt ålepas for ejerens bekostning. Ålepassets vedligeholdelse påhviler ligeledes stemmeværkets ejer.

Stk. 2. Et ålepas skal bestå af et for ål og vand let passabelt godkendt plastmateriale, der er lagt i et rør med en diameter på mindst 100 mm eller en trækasse med dimensionerne 20 x 20 cm. Fylmaterialet skal udgøre en sammenhængende forbindelse mellem vandløbsbunden i bagvandet og overvandet og skal være let passabelt for ål. Ålepasset skal være forsynet med vand i hele sin længde.

Stk. 3. I vandløb med en bredde ved stemmeværket mv. på op til 3 m skal der anbringes mindst et ålepas. I vandløb med en større bredde end 3 m ved stemmeværket mv. kan det stedlige fiskeriinspektorat påbyde anbragt flere ålepas i anlægget.

Stk. 4. Ålepassets fylmateriale skal kunne kontrolleres udefra gennem inspektionsluger e.l.

§ 2. Ålepassets udformning, fyldning, anbringelse og antallet af ålepas skal godkendes af Fiskeridirektoratet ved det stedlige fiskeriinspektorat, der også kan give særlige påbud om passets nærmere udformning og stopning, herunder størrelse og placering af inspektionsluger.

Stk. 2. Det stedlige fiskeriinspektorat kan i særlige tilfælde tillade, at opsætning af ålepas undlades, eller at ålepasset erstattes af en fangstfælde. Det stedlige fiskeriinspektorat kan endvidere påbyde opsætning af supplerende ålepas, hvor forholdene gør det påkrævet.

Ungfiskesluser

§ 3. Vandløbsmyndigheden kan påbyde ejeren af anlæg nævnt i § 1, stk. 1, på egen bekostning, at etablere ungfiskesluse, når anlægget udgør en hindring for nedtrækkende laksefisk, og anlægget er etableret efter den 19. juli 1898, eller der efter denne dato er foretaget ændringer i ældre anlægs indretning, konstruktion og benyttelse.

Stk. 2. Det kan ikke pålægges ejeren af det i stk. 1 nævnte anlæg at etablere en ungfiskesluse, såfremt omkostningerne og ulemperne ved etableringen ikke står i et rimeligt forhold til det tilsigtede formål.

§ 4. Ungfiskeslusen, som nævnt i § 3, stk. 1, skal være en for nedtrækkende laksefisk let passabel indretning øverst i opstemningen. Slusen skal enten udføres som en dykket udskæring, en sliske eller et rør, og skal altid være fuldt vandførende i månederne marts, april og maj. Ungfiskeslusen skal mindst føre 10 l/sek. Røret eller slikken skal være i forbindelse med vandløbet med en ikke under 20 cm dyb og vandførende kanal.

Turbiner

§ 5. En turbine, der er anbragt ved et anlæg som nævnt i § 1, stk. 1, skal være forsynet med et gitter ved indløbet. Indløbsgitteret skal være anbragt, så alt vandet til turbinen passerer det. Åbningerne i gitteret må højst være 10 mm. Gitteret anbringes så vidt muligt ved turbinens tilledningskanal. Gitteret placeres i øvrigt således, at nedtrækkende fisk bedst muligt ledes til omløbet.

Stk. 2. Ved opstemninger, hvor der er etableret en fiskepassage, skal der være anbragt et gitter med åbninger på højst 20 mm ved en turbines udløb eller udløbskanal eller en konstruktion, der forhindrer optrækkende fisks gang ind i turbinens udløb.

Stk. 3. Ved nyanlæg og ændring skal det stedlige fiskeriinspektorat godkende gitterets mv. konstruktion og anbringelse.

Stk. 4. Det stedlige fiskeriinspektorat kan efter samråd med Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsfiskeri, godkende gitteråbninger på indtil 50 mm i særlige tilfælde i både ind- og udløb.

Dambrug

§ 6. Ved dambrug, der forsynes med vand fra et vandløb direkte eller gennem fødekanaler, skal der i ethvert indløb og udløb være anbragt gitter eller rist, så frivandsfisks frie passage forbi dambruget så vidt muligt sikres. Åbningerne i gitteret eller risten ved indløbene må højst være 10 mm og ved udløbene højst 30 mm.

Stk. 2. Det stedlige fiskeriinspektorat skal godkende nye afgittringer efter stk. 1, således at fiskepassagen forbi dambruget sikres.

Stk. 3. Det stedlige fiskeriinspektorat kan træffe afgørelse efter de lokale forhold om en anden afgittring end den i stk. 1 nævnte, hvis der efter vandløbslovgivningen gives passage på anden måde, fx ved indretning af åle-, ungfisk- og nedfaldsfiskesluser.

Stk. 4. Ringkjøbing Amt kan for dambrug beliggende i dette amt træffe afgørelse efter de lokale forhold om en anden afgittring end den i stk. 1 nævnte, jf. stk. 3.

Klageadgang

§ 7. Klage over afgørelser truffet af Fiskeridirektoratet i medfør af denne bekendtgørelse skal indgives til Fiskeridirektoratet og stiles til Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, departementet, inden 4 uger efter, at den pågældende har modtaget meddelelse om afgørelsen.

Stk. 2. Klage over afgørelser truffet af Ringkjøbing Amt i henhold til § 6, stk. 4, skal indgives til Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, inden 4 uger efter, at den pågældende har modtaget meddelelse om afgørelsen.

Tilsyn, straf og ikrafttræden

§ 8. Det stedlige fiskeriinspektorat fører tilsyn med overholdelsen af afgørelser om fiskepassager efter denne bekendtgørelse, vandløbsloven og tidligere love om ferskvandsfiskeri.

§ 9. Med bøde straffes den, der

- 1) overtræder eller forsøger at overtræde § 1, § 2, stk. 1, §§ 4-5 og § 6, stk. 1,
- 2) undlader at overholde påbud efter § 2, stk. 1 og § 3, jf. § 120 i fiskeriloven, eller
- 3) tilsidesætter eller forsøger at tilsidesætte vilkår, der er fastsat i afgørelser efter bekendtgørelsen, jf. § 130, stk. 1, nr. 2, i fiskeriloven.

§ 10. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. januar 2003.

Fiskeridirektoratet, den 12. december 2002

Jørgen Fredsted

/Lene Jensen Scheel-Bech

Bilag 2: Betydningen af opstemninger for makroinvertebratsamfund i vandløb

Nikolai Friberg, Afd. for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser, nfr@dmu.dk

Spærringer ved dambrug påvirker vandløbsøkosystemet og kan have negative konsekvenser for makroinvertebratsamfundet, både lokalt og på større strækninger pga. nedsatte spredningsmuligheder og forringede levevilkår (habitatudbud). I dag kendes konsekvenser af dambrugsrelaterede spærringer for makroinvertebratsamfundet i danske vandløb ikke, da dette forhold ikke er blevet undersøgt. Der er imidlertid i 2003 igangsat et projekt under Dansk Dambrugerforening med støtte fra Strukturdirektoratet med henblik på at belyse denne problemstilling. Det er dog muligt ud fra et generelt kendskab til dambrug, samt andre typer spærringer og makroinvertebraternes økologi, at vurdere hvilket konsekvenser dambrugsrelaterede spærringer kan have på makroinvertebratsamfundene.

Lokale ændringer

Ændringer af vandløbet i umiddelbar tilknytning til dambrug giver ophav til en række lokale påvirkninger af makroinvertebratsamfundet. Disse påvirkninger skyldes primært ændrede fysiske forhold, og dermed habitatudbud, opstrøms for spærringen, på den døde å strækning og nedstrøms udløbet fra dambruget.

Undersøgelser har vist, at en opstemning ændrer habitatsammensætningen opstrøms for spærringen, og dette vil have konsekvenser for makroinvertebratsamfundet (fx Armitage & Pardo, 1995). Makroinvertebraternes fordeling er overordnet bestemt af fordelingen af substrat, strømhastigheder etc. (fx Minshall, 1984). En ændring i disse forhold vil derfor ændre både struktur og funktion af makroinvertebratsamfundet. Opstrøms spærringen vil vandhastigheden typisk falde og vanddybden stige. Der vil ske en forøget deposition af fint materiale. Disse ændringer vil tilgode visse arter af makroinvertebrater, men artsantallet vil totalt set falde.

Strækningen mellem indløb og udløb fra dambruget ("den døde å") vil især i sommerperioden være karakteriseret af reduceret vandføring. Den reducerede vandføring vil betyde at de fysiske forhold ændres ved at det vandførende areal bliver mindre, dybde og strømhastighed reduceres og depositionen af organisk stof vil blive øget. Selvom dette ikke nødvendigvis medfører meget store ændringer i artsammensætningen, og dermed faunaklassen ifølge Dansk Vandløbsfaunaindeks (Skriver et al., 2001), vil det kunne have negative konsekvenser for tæthed, biomasse og produktion. Derudover kan visse arter der kræver gode strømforhold og et rent substrat uden aflejringer af organisk stof have svært ved at opretholde en population på denne strækning.

Aflejringer af organisk stof har vist sig at være den væsentligste variabel til at forklare makroinvertebratsamfundet i danske vandløb, og vandløb med en høj sommer deposition har de mest forarmede samfund (Pedersen, 2003). Både antal, biomasse og produktion er overordnet afhængigt af vandløbets areal og de vil derfor falde når arealet reduceres (fx Benke, 1984). Dette kan have betydning for højere trofiske niveauer som de naturlige fiskebestande, eftersom deres produktion er afhængigt af makroinvertebratsamfundets biomasse (fx Andersen et al., 1992).

Strækningen umiddelbart efter udløbet kan ligeledes i nogle tilfælde være modificeret, eller udsat for gentagne oprensninger, for at sikre afledningen af vand fra dambruget, hvilket kan påvirke makroinvertebratsamfundet negativt. Påvirkningerne vil som ovenfor nævnt primært gå via et reduceret habitatudbud, især hvis vedligeholdelsen af denne strækning involvere fjernelse af grøde

for at sænke vandstanden. Flere undersøgelser har vist at grødeskæring kan påvirke makroinvertebratsamfundet negativt (fx Baattrup-Pedersen et al. 2003).

Ud over de fysiske ændringer vil der lokalt være et tab af makroinvertebrater igennem dambruget. Makroinvertebrater i vandløb er bundlevende, men findes drivende i strømmen ("drift") især i nattetimerne pga. øget fødesøgningsaktivitet (fx Brittain & Eikeland, 1988). Makroinvertebraterne vil primært følge hovedstrømmen, selvom der kan være betydelig variation i drifttæthed når der måles med flere driftnet over et vandløbsprofil (Jessen, 2002). Hovedparten af disse makroinvertebrater må forventes at gå til i dambruget enten pga. af prædation fra fiskene eller utilstrækkelige fysiske forhold. Såfremt dambruget har et gitter vil dette formentlig reducere tabet af makroinvertebrater afhængigt af gitterstørrelsen, men dette aspekt er ikke undersøgt.

Definitionen på makroinvertebrater er de invertebrater der tilbageholdes i 0,5 mm net. Imidlertid vil det primært være de større, reproduktive individer der skal beskyttes mod tab gennem dambrug, hvorfor et 1 mm gitter formentlig vil være tilstrækkeligt. Tabet vil desuden være afhængigt af strømhastigheden og gitterets udformning. Høje strømhastigheder vil gøre det umuligt for mange makroinvertebrater at fjerne sig fra gitteret og gitteret skal være udformet som et net for at tilbageholde makroinvertebraterne.

Udover tabet gennem driften kan der måske være en øget prædation fra fisk i de mere langsomtflydende partier opstrøms opdæmningen.

Påvirkninger af makroinvertebratsamfundet på større skala

Effekter på større skala, dvs. for større dele af vandløbet end i dambrugets umiddelbare nærhed, knytter sig primært til makroinvertebraternes spredning.

Driftende makroinvertebrater vil enten gå ind i dambruget eller ledes til den døde å. I begge tilfælde må der forventes en større dødelighed end for et naturligt vandløb. Makroinvertebrater drifter typisk kort (1-2 m) og den maksimale driftlængde er ca. 20-30 m (Brittain & Eikeland, 1988). Derfor må det forventes at de forsøger at etablere sig på den døde å strækning. Hvilke konsekvenser dette har for deres overlevelse kendes ikke, men muligvis fungerer den døde å strækning som en spredningsbarriere, da dødeligheden formentlig er højere end i naturligt vandløb.

De fleste makroinvertebrater udviser positiv rheotaxi, dvs. at de bevæger sig mod strømmen, formentlig for at kompensere for drift (Mackay, 1992). Den del af makroinvertebratsamfundet, der ikke er insekter er fuldkommen afhængige af opstrøms migration for at kunne kolonisere opstrøms liggende strækninger. Ferskvandstangloppen *Gammarus pulex* er eksempel på dette og den er meget følsom for selv små spærringer som rørunderføringer ved veje etc. (Kjeldsen, 1991). Det må forventes at flere makroinvertebrater ikke kan passere spærringer ved dambrug, og at de derfor ikke kan rekolonisere opstrøms strækninger, såfremt disse af en eller årsag har mistet den pågældende art.

Alle akvatiske insekter har et voksenstadium, der kan sprede sig i det terrestriske økosystem. Dette gør dem langt mindre følsomme over spærringer for fri passage gennem vandfasen. Imidlertid har undersøgelser vist at flyvende akvatiske insekter er følsomme for spærringer i landskabet (Kjeldsen, 1991) og flere er desuden dårlige flyvere, hvorfor de kun spredes langsomt over længere strækninger (fx Petersen et al., 1999). Dambrug kan derfor muligvis også virke som en barriere for opstrøms flyvende insekter.

Dambrug er ofte langt i områder med optimale faldforhold og disse strækninger har haft en vital betydning for habitatudbuddet på strækningsniveau. Opstemninger er ofte placeret på vandløbsstrækninger med stort fald, hvorved de habitater der var knyttet til denne højenergi-zone er forsvundet fra strækningen. At disse strækninger ikke længere er tilgængelige kan have haft overordnet negativ betydning for makroinvertebratsamfundets sammensætning. Disse forhold kan imidlertid først belyses ved en sammenligning med lignende vandløb uden dambrug (reference vandløb).

Referencer

- Andersen, T. H., Hansen, H. O., Iversen, T. M., Jacobsen, D., Krøjgaard, L. & Poulsen, N. (1992) Growth and feeding of 0+ brown trout (*Salmo trutta* L.) introduced to two small Danish streams. *Arch. Hydrobiol.* 125: 339-346.
- Armitage, P. D. & Pardo, I. (1995) Impact assessment of regulation at the reach level using macroinvertebrate information from mesohabitats. *Regulated Rivers*, 10: 147-158.
- Baatrup-Pedersen, A., Friberg, N., Pedersen, M. L. & Heckmann, L-H. (2003) Grødeskæring og vandløbskvalitet. *Ferskvandsfiskeri bladet*, marts 2003: 52-54.
- Benke, A. (1984) Secondary production of aquatic insects. In: *The ecology of aquatic insects* (eds. V.H. Resh & D. M. Rosenberg), Praeger Scientific, New York: 289-322.
- Brittain, J. E. & Eikeland, T. J. (1988) Invertebrate drift – A review. *Hydrobiologia*, 166: 77-93.
- Jessen, B. H. (2002) Vejsalts effekt på invertebratsamfund i mindre østjyske vandløb. *Specialrapport*, Århus Universitet, 63 pp. + bilag
- Mackay, R.J. (1992) Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 617-628.
- Minshall, G. W. (1984) Aquatic insect-substratum relationships. In: *The ecology of aquatic insects* (eds. V.H. Resh & D. M. Rosenberg), Praeger Scientific, New York: 358-400.
- Pedersen, M. L. (2003) Physical habitat structure in lowland stream and effects of disturbance. *Ph.D. rapport*, Københavns Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, i trykken.
- Petersen, I., Winterbottom, J.H., Orton, S., Friberg, N. & Hildrew, A.G. (1999) Emergence and dispersal of adult insects. *Freshwat. Biol.* 42, 401-416.
- Skriver, J., Iversen, H. L., Fjordback, C., Ovesen, N. B. & Quist, P. (2001) Reduceret vandføring ved dambrug. *Arbejdsrapport fra DMU*, nr. 147.