

Fisks vandring forbi opstemninger i vandløb

Undersøgelser har dokumenteret problemer ved fisks nedstrøms vandring forbi opstemninger. "Villestrup Å modellen" belyser konsekvensen når flere opstemninger skal passeres. Modellen forudsiger en alvorlig påvirkning af bestandsstørrelser og fragmentering af bestande.

THORSTEN MØLLER OLESEN
KIM AARESTRUP

Vandringer er en vigtig forudsætning for at fisk kan gennemføre deres livscyklus. Hindring af vandring kan i værste fald føre til udryddelse. Med udgangspunkt i ørreden er konsekvenser af nedstrømspassage forbi flere opstemninger belyst gennem modelbetragtninger. Ørreden (*Salmo trutta* L.) er udbredt i hele Danmark og er en vigtig indikatororganisme der ofte benyttes til at klassificere vandløbenes fysiske tilstand og vandkvalitet. Fiskerimæssigt er ørreden af stor betydning, især for det rekreative fiskeri. Den gyder i ferskvand og har sin opvækst enten i vandløb, søer eller marint miljø. Alt efter opvækstområde kaldes den bækørred, søørred eller havørred. Ørred der vandrer ud i marint miljø (anadrom) gennemgår under vandringen fysiologiske forandringer, der gør den i stand til at overleve i det nye miljø og benævnes smolt.

Undersøgelser har vist et signifikant tab af ørred- og laksesmolt der vandrer forbi dambrug og turbiner på deres nedstrøms vandring mod opvækstpladserne i saltvand (bl.a. Aarestrup & Koed 2003, Larsen 1999). Tabet skyldes at smoltene ædes af rovdyr i vandløbet ved opstemningen eller at smolt passerer ind forbi gitteret opsat i dambrugenes og turbinernes vandindtag. Ydermere forsinkes fiskene ved passagen og dette øger risikoen for at blive spist eller kan føre til at de stopper vandringen.

Den relative vandføring i fiskepassagen og udformningen af det lovpligtige gitter i dambrugenes vandindtag er forhold der har betyd-

ning for smolttabet (Aarestrup & Koed 2003).

I 2004 undersøgte Danmarks Fiskeriundersøgelser smolttabet i Villestrup Å hos mærkede ørred der passerer forbi dambrug (Baktoft et al. 2006). Samtidig blev vandsystemets smoltproduktion og opvandringen af havørred (gydefisk) undersøgt (Olesen 2006).

Med udgangspunkt i Villestrup Å belyses det samlede (kumulative) tab af ørredsmolt,

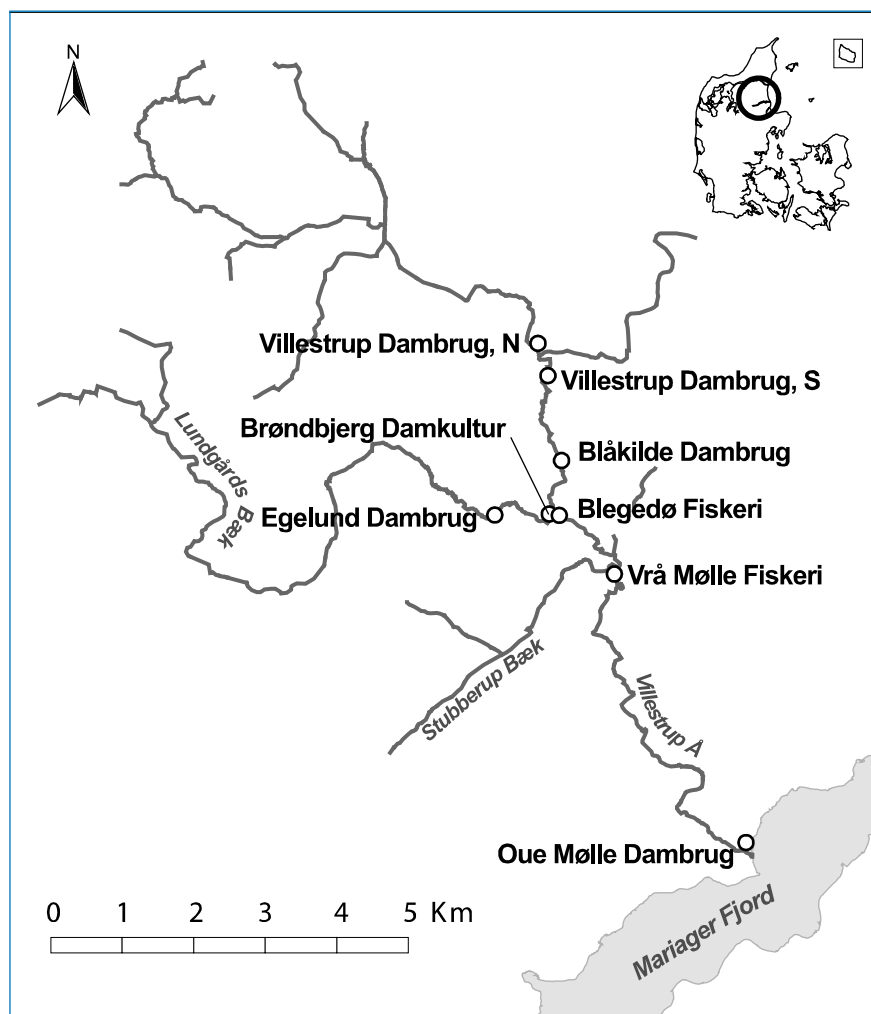
der passerer forbi flere dambrug på vandringen mod saltvand. Smoltproduktionen og gydebestanden af havørred simuleres i en situation uden og med dambrug. Modelberegningerne er sammenlignet med den faktiske smoltproduktion og opvandringen af havørred (gydefisk) i Villestrup Å.

Villestrup Å

Villestrup Å er ca. 20 km lang og har et opland på 126 km². Vandsystemet kendetegnes ved et stort fald, mange egnede gyde- og opvækststrækninger for laksefisk, samt ved at vandføringen er meget stabil grundet en stor grundvandstilstømning. Middelvandføringen er 1109 l/s (Oue Mølle Dambrug).

Ved undersøgelsen var der 8 dambrug i vandsystemet (fig. 1), med et 10 mm gitter i dambrugenes vandindtag, med henblik på at hindre nedvandrende ørredsmolt i at trænge ind på dambrugene. Der foretages ikke udsætninger af ørred i Villestrup Å. Smolttab, fiskepassage og vandfordeling ved det enkelte dambrug ses af tabel 1.

Udførte beregninger og metoder er beskrevet i boks 1.



Figur 1. Dambrug i Villestrup Å.

Resultater

Modelberegningerne når frem til en naturlig smoltproduktion i Villestrup Å uden dambrug på ca. 13.000 smolt og 2.600 gydefisk (fig. 2). Med dambrug reduceres antallet af smolt der når saltvand og dermed også antallet af gydefisk med 75 - 87 %, beregnet hhv. teoretisk og ud fra det faktiske smoltudtræk.

Modelberegningerne viser at smoltproduktionen under de nuværende forhold med dambrug er marginal i de øvre dele af Villestrup Å og den største produktion findes i de nederste dele af vandsystemet (fig. 3). Fordelingen i antallet af gydefisk fanget i Villestrup Å 2004 følger i store træk også dette mønster (fig. 4).

Beregningerne viser også at der induceres et tab på 47 - 92 % hos ørredsmolt i Villestrup Å ved passage af blot 2 dambrug (fig. 5). Passeres 3 dambrug er det tilsvarende tab 71 - 96 %. Som en følge af det kumulative tab ved passage af 6 dambrug vil blot 1 % af smoltene produceret opstrøms det øverste dambrug "Villestrup Dambrug nord" gennemføre vandringen til saltvand.

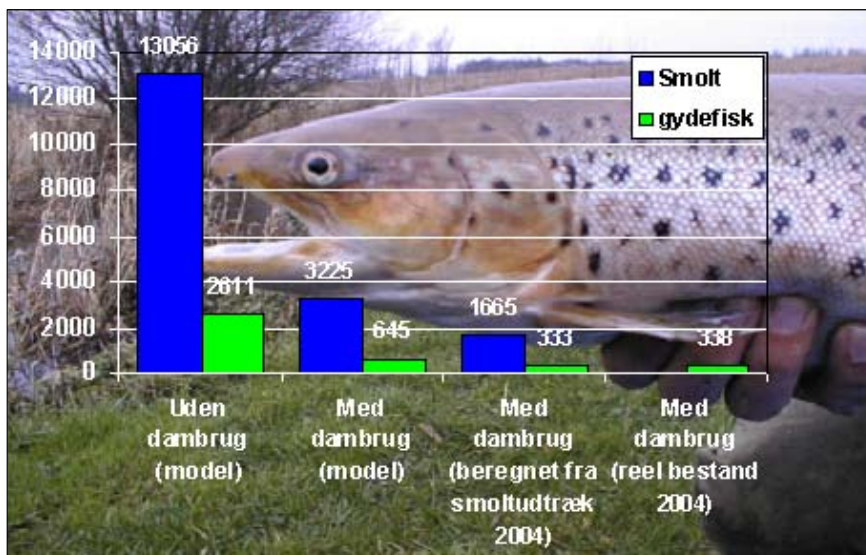
Modellens forudsætninger

Den antagne smoltproduktion på 267 smolt pr. km vandløb er baseret på data fra et sammenligneligt vandløb, Hadsten Lille Å, på strækninger uden dambrug (Aarestrup og Koed 2000). Beregninger baseret på en arealspecifik smoltproduktion giver stort set samme resultat niveau, men vil over- og underestimere smoltproduktionen på de nedre og de øvre vandløbsstrækninger.

Modelberegningerne forudsætter en jævn fordelt smoltproduktion i vandsystemet, hvilket sandsynligvis ikke er tilfældet. Alligevel er modelberegningerne af det samlede smolttab stabile. Sættes smoltproduktionen til 0 opstrøms det øverste dambrug (Villestrup Dambrug N) i stedet for de ca. 3.400 beregnede smolt, ændres det samlede kumulative smolttab for Villestrup Å vandsystem blot fra 75 % til 67 %.

Beregningerne er mere usikre når der fokuseres på enkelt-strækninger af vandløbet. Efter modelberegningen produceres ca. 3.400 smolt opstrøms Villestrup Dambrug N. Reelt er der kun fundet en lille ungfiskeproduktion (Nielsen 1999), hvilket sandsynligvis skyldes dambrugs opstemning.

Middeltabet af smolt på 46 % er benyttet ved 2 dambrug, hvilket kan medføre en fejl-estimering af smolttabet. Ændres smolttabet på det nederste dambrug – Oue Mølle Dambrug – til 37 % (fundet ved Vrå Mølle Dambrug) ændres det kumulerede tab kun fra 75



Figur 2. Smoltproduktionen og antallet af havørred (gydefisk) i Villestrup Å opgjort med og uden dambrug (kumulativ effekt). Fundet havørred bestand (N) \pm 95 % C.L i 2004 er beregnet til 321 - 355

% til 71 %. Også her er modelberegningen stabil.

Kumulativt smolttab

Ved de fleste dambrug i Villestrup Å er der etableret fiskepassage i form af et stryg, hvilket forventeligt skulle sikre en relativ god fiskepassage. Alligevel er der fundet et betydelig kumulativt tab (75-87 %) hos ørredsmolt der passerer forbi dambrugene.

Crozier & Kennedy (1993), Jonsson et al. (1998) fandt, at størrelsen af smoltudvandringen er direkte korreleret til den senere gydefiskebestand. Det stemmer godt med herværende resultater, hvor antallet af gydefisk beregnet ud fra den simulerede smoltproduktion, den faktiske smoltudvandring i foråret 2004, samt det reelle antal gydefisk fundet ved undersøgelse i efteråret 2004 i store træk er på samme niveau.

Tabel 1. Dambrug, etableret fiskepassage, tab af ørredsmolt (r_t), samt middelvandfordeling mellem dambrug og fiskepassage udtrykt som vandindtag til dambrug i % (efter Baktoft et al. 2006). * Middel-smolttab anvendt.

Dambrug	Fiskepassage	r_t (%)	Vandindtag til dambrug (%) relativt til fiskepassage
Villestrup Dambrug N	Nedstrøms via stemmeværk, ej passabel opstrøms	75	95
Villestrup Dambrug S	Stryg/stemmeværk	69	83
Blåkilde Dambrug	Stryg (etabl. 2003)	53	72
Egelund Dambrug	Stryg (etabl. 2001)	46*	100
Brøndbjerg Damkultur	Stryg (etabl. 2004)	25	97
Blegedø Fiskeri	Vandløb (vandindtag uden stemmeværk) og ungfiskesluse i vandindtag	16	49
Vrå Mølle Fiskeri	Stryg (etabl. 2000) og stemmeværk	37	79
Oue Mølle Fiskeri	Stryg (etabl. 1999) og stemmeværk. Nedlagt i 2005	46*	Ingen data

Boks I - Modelberegninger

Den potentielle smoltproduktion i Villestrup Å uden dambrug (initial smoltproduktion) er beregnet på vandløbsstrækningerne opstrøms samtlige dambrug, ud fra en antaget produktion på 267 smolt/km vandløb (Aarestrup & Koed 2000).

Det procentuelle tab (r_t), af ørredsmolt fundet ved de enkelte dambrug (tabel I) er benyttet til, at beregne den kumulerede overlevelse af smolt (S_k) ved passage forbi et eller flere dambrug. Ved to dambrug hvor der ikke er data, er middel-tabet benyttet ved beregningerne.

$$S_k = \sum S_d$$

$$S_d = \sum (S_i \cdot (1 - (r_t / 100)))$$

S_d : smoltoverlevelse, hos smolt på strækningen opstrøms det enkelte dambrug ved passage af samtlige dambrug

S_i : initial smoltproduktion på delstrækning opstrøms dambrug t

r_t : Tab af smolt fundet ved det enkelte dambrug (%)

Bestanden af havørred (gydefisk) er beregnet ud fra den samlede smoltproduktion i Villestrup Å med en antaget tilbagevendelsesrate på 0,20 (Nielsen 1985). Beregningerne er foretaget for den simulerede smoltproduktion dels med og dels uden dambrug, samt på basis af den faktiske smoltudvandring i 2004 fra Villestrup Å (Olesen 2006). Det faktiske antal gydefisk er undersøgt i 2004 (Olesen 2006).

Andre forhold, såsom anvendelige gydepladser, øvrige fiskearter, invertebratfaunaen, belastning m.v., er imidlertid også vigtige faktorer i en konkret vurdering af hvilket dambrug der påvirker vandmiljøet mest.

Med de nuværende passageforhold dvs. afgitring, vandindvinding, opstemninger og pas-sageløsninger, er der beregnet et kumulativt smolttab på 47-96 % ved passage af blot 2 dambrug, hvilket må betegnes som alvorligt for fiskebestandene.

Ved Blegedø Fiskeri afgives ca. 50 % af vandet til passagen og der fundet et relativt lavt smolttab (16 %) ved passage forbi dambruget. Forudsættes et lignende tab ved smoltens passage forbi samtlige dambrug, viser modelberegningerne at tabet for vandsystemet vil være 42 % og dermed stadig væsentlig.

Forskel mellem model og realitet

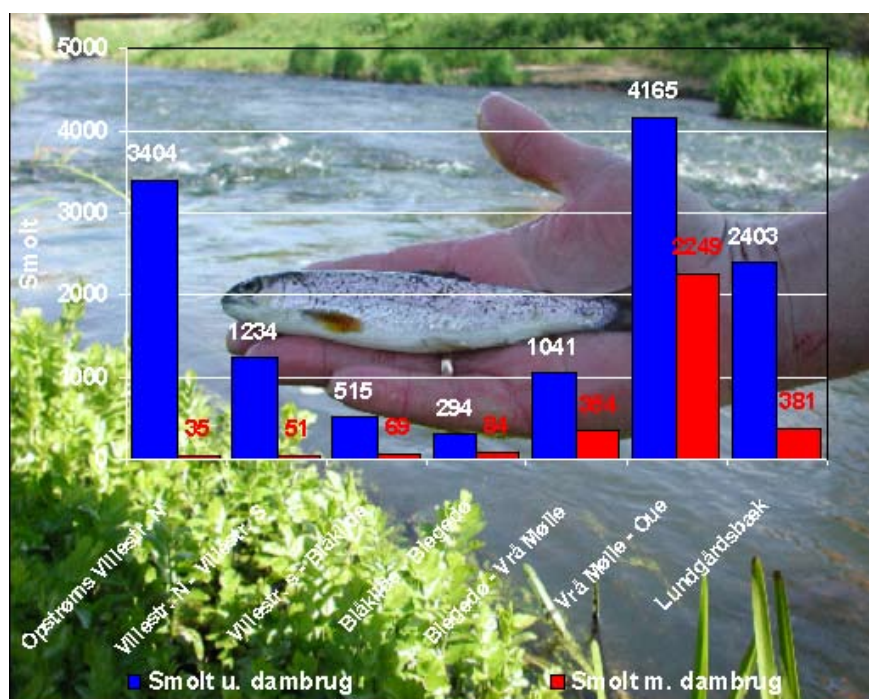
Villestrup Å modellens stabilitet understøttes af, at den fundne smoltudvandring i 2004 (fig. 2) fra åen ligesom modellen viser, at der kun produceres få smolt med den nuværende dambrugsdrift. Stabiliteten bekræftes yderligere ved, at antallet af gydefisk beregnet dels ud fra modellen og dels ud fra den faktiske smoltudvandring i foråret 2004 og gydefisk fundet ved undersøgelse i efteråret 2004 i store træk er på samme niveau.

Selvom niveauet overordnet er ens, er det modelberegnete antal gydefisk højere end fundet ud fra smoltudvandringen og de registrerede gydefisk fundet i 2004. Det skyldes til dels begrænsede muligheder for opstrøms passage (tabel 1 og fig. 4) og den heraf føl-

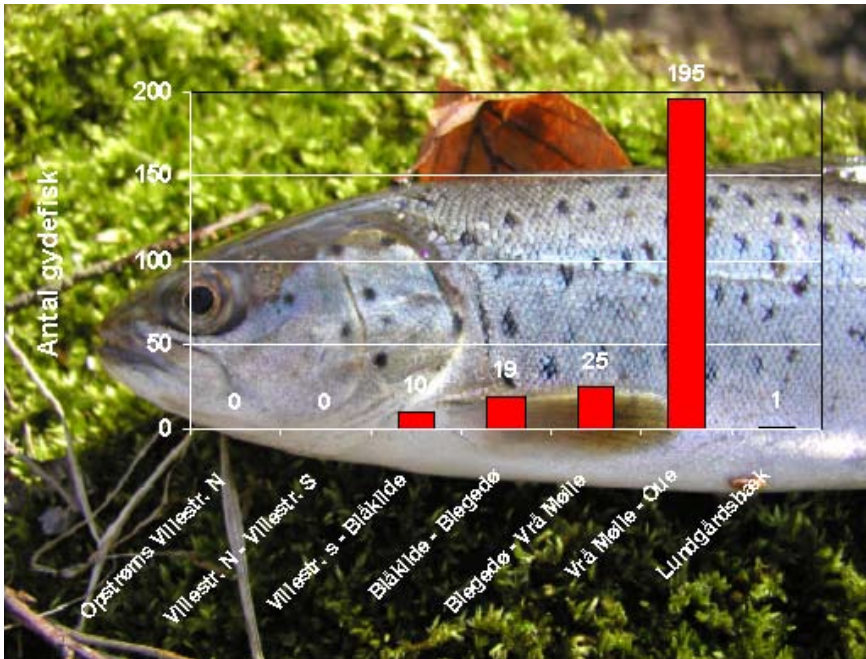
gende mangel på gydning. Ved Villestrup Dambrug N er der total spærret for opstrøms passage, ligesom passagemulighederne under de nuværende forhold også er ringe opstrøms Villestrup Dambrug S og forbi dambrugene i Lundgård Bæk. Endvidere er der først for nylig etableret passage ved flere af dambrugene.

Modelberegningerne tager heller ikke højde for, at en forsinkelse i smoltudvandringen som konkret er fundet i Villestrup Å (Baktoft et al. 2006), kan føre til øget dødelighed i

forbindelse med smoltens udvandring til marint miljø (Hoar 1988, Järvi 1989). Andre forklaringer på det højere modelberegnete antal havørred kan være en årsvariation i smoltproduktionen, reduceret produktion af ørred i opstuvningszonerne ved dambrugenes opstemninger, samt tab af ørred ved vandring på andre tidspunkter end ved smoltudvandringen. Endelig kan den anvendte forudsætning om en returrate på 0,2 havørred pr. udvandret smolt have indflydelse på beregningerne. En lignende værdi er beregnet for



Figur 3. Smoltproduktion med og uden dambrug for delstrækninger af Villestrup Å.



Figur 4. Absolut antal havørred (gydefisk) registreret ved elfiskeri i 2004 fordelt på delstrækninger af Villestrup Å når der er dambrug (efter Olesen 2006).

Randers Fjord (Nielsen 1985), som ligesom Mariager Fjord, er en lang smal fjord begge steder med et udviklet fritidsfiskeri.

I 2004 er der kun fanget enkelte havørred af lystfiskere i Villestrup Å (pers. medd. John Christensen, Hadsund Sportsfiskerforening), hvorfor dette ikke vurderes at have væsentlig indvirkning på gydebestanden af havørred fundet ved elfiskeri i 2004.

Perspektivering

Konkret er fundet en væsentlig påvirkning på ørredbestanden (anadrom) i Villestrup Å, efter passage af flere dambrug. I Danmark er der 364 dambrug og ofte findes der flere i samme vandløb (Kaarup & Olesen 2004). Det indikerer at der på landsplan kan forventes en væsentlig påvirkning af smoltudvandringen. En lignende effekt ved passage forbi vandmøller og turbiner er også dokumenteret (Aarestrup, Koed & Olesen 2006).

Den lovpligtige tremmeafstand på 10 mm i indløb til dambrug er fastsat med henblik på at holde primært smolt og større fisk ude fra vandindtaget. Denne tremmeafstand har vist sig utilstrækkelig (Aarestrup & Koed 2006). Derfor er kravene til tremmeafstanden øget fra 2005, således at der fremover maksimalt må være 6 mm i tremmeafstand.

Foruden anadrom ørred foretager en lang række andre fiskearter også æde-, gyde- eller refugievandringer i forbindelse med gennemførelse af livscyklus (Aarestrup 2001). En kumulativ effekt på overlevelsen er derfor også forventelig hos andre fiskearter, især diadrome arter som ål (*Anguilla anguilla* L.), laks

(*Salmo salar* L.), smelt (*Osmerus eperlanus* L.), snæbel (*Coregonus oxyrhynchus*) og helt (*Coregonus lavaretus* L.). Det samme gælder havlampret (*Petromyzon marinus* L.) og flodlampret (*Lampetra fluviatilis* L.).

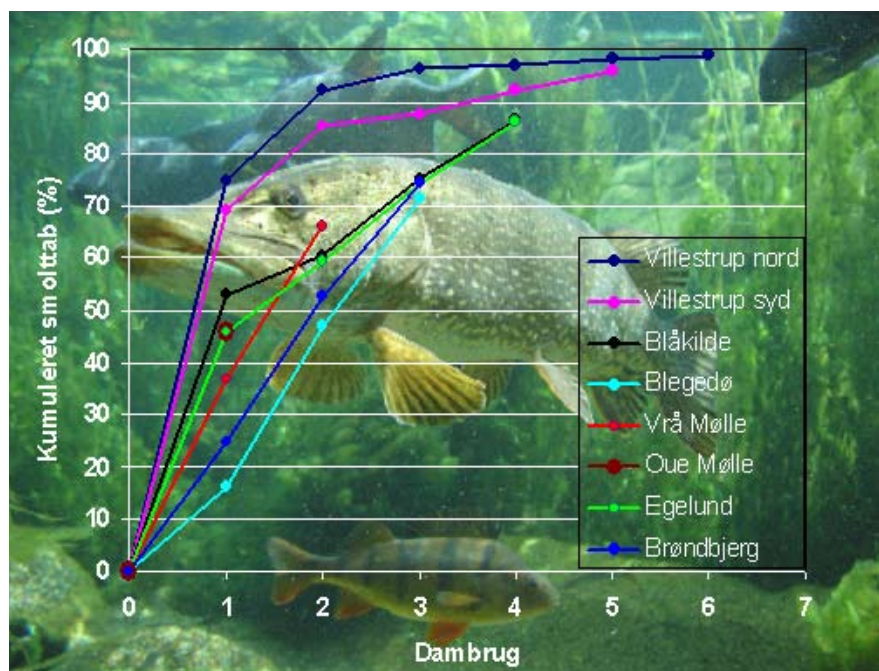
De nye afgitringsregler sikrer mod indtrængning af smolt, men ikke mod øget predation i vandløbet, samt effekter af forsinkelse af smolten, ligesom flere af ovennævnte arter holdes ikke ude af gitteret placeret i dambruggenes vandindtag. En dårligere overlevelse

end den der er set hos ørred er derfor forventelig hos flere arter.

Det kumulative tab af ørredsmolt i vandløb med mange dambrug kan føre til fragmentering af bestande og påvirkning af bestandsstørrelser. Det gælder sandsynligvis også andre arter. Modelberegningerne kan give overblik over de enkelte spærringers påvirkning af især diadrome arter og hermed danne grundlag for en indsats. Ved modelberegningerne er det vigtigt at benytte så lokale oplysninger som muligt, dvs. smolt/km, returrate, kønsmodne havørred, dødelighed ved enkelte spærringer. Forekommer der fiskeudsætninger bør disse indgå i beregningerne.

Med henblik på at sikre sammenhængende fiskebestande og kontinuitet i vandløbene må der sikres effektive passager ved de enkelte spærringer. I vandløb med flere spærringer vil det, for at imødegå det kumulative tab, være nødvendigt at stille yderligere skærpede krav til passagerens effektivitet. Den fysiske passageløsning bør udformes, så den er så naturlig som muligt, dvs. mht. fald, dimensionering m.v. Det indebærer at stemmeværket altid bør søges fjernet. Samtidig bør der indvindes mindst muligt vand fra vandløbet. Indvinding til dambrug hvor vandet indtages diffust fra vandløbet eller via borer, væld og dræn er gode løsninger, hvor direkte indløb fra vandløbet undgås.

Efter undersøgelsen er Oue Mølle Dambrug – som ligger nederst i Villestrup Å - nedlagt og opstemningen fjernet. Hermed kan der allerede nu forventes en større fiskebestand i vandsystemet.



Figur 5. Kumuleret tab (%) af ørredsmolt produceret på vandløbsstrækninger opstrøms navngivne opstemninger ved passage forbi flere opstemninger gennem Villestrup Å.

THORSTEN MØLLER OLESEN, cand scient, Nordjyllands Amt, Vandmilljøkontoret, TMO@nja.dk. Pr. 1. 1. 2007: Miljøministeriet, Miljøcenter Aalborg, Thmol@aal.min.dk

KIM AARESTRUP, Cand scient, Ph. D., Exam. Oecon, Danmarks Fiskeriundersøgelser, afdeling for Ferskvandsfiskeri, kaa@difres.dk.

Referencer

Aarestrup 2001. Factors affecting the migration of Anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Sea trout (*Salmo trutta* L.). Ph.D thesis. University of Aalborg.

Aarestrup, K. & Koed 2000. Laksefisk i vandløbene - produktion og fremtidsperspektiver". Miljø og Vandpleje 26, 2000.

Aarestrup, K. & A. Koed 2003. Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts negotiating weirs in small Danish rivers. Ecology of Freshwater Fish 2003: 12: 169-176.

Aarestrup, K. & Koed 2006. Notat fra Danmarks Fiskeriundersøgelser om sammenhæng mellem vilde ørredsmolts gennemtrængelighed af gitre og smoltlængde. Under udarb.

Aarestrup, K., Koed, A. & Olesen, T.M. (2006). Nedstrøms vandring og opstemninger. Fisk og Hav nr. 60; 54-62.

Baktoft, H.B., Olesen, J., Koed, A., Deacon M., & Aarestrup, K. 2006. Notat vedrørende smolttab og forsinkelse ved passage af opstemninger og søer.

Crozier, W.W. & Kennedy, G.J.A. 1993. Marine survival of wild and hatchery reared salmon (*Salmo salar* L.) from the River Bush, Northern Ireland. In Mills, D.H., eds. Salmon in the sea and the new enhancement strategies. Oxford: Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, pp. 139-162.

Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids. In: Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. Fish physiology, Vol. XIB. London: academic Press Inc., pp 275-343.

Järvi, T. 1989. Synergistic effect on mortality in atlantic salmon, *Salmo salar*, smolt caused by osmotic stress and the presence of predators. Environmental Biology of Fishes 26: 149-152.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. Journal of Animal Ecology 67: 751-762.

Kaarup, P. & T.M Olesen 2004. Delrapport 2 - Status for faunapassagehold i vandløb med dambrug. Rapport udarbejdet af arbejdsgruppe bestående af repræsentanter for Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Vejle Amt, Ringkøbing Amt, Viborg Amt, Århus Amt og Nordjyllands Amt, Dansk Dambrugerforening, Danmarks Fiskeriundersøgelser og Danmarks Sportsfiskerforbund.

Larsen, F. 1999. Migration af ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) omkring dambrug. Specialrapport, Biologisk Institut, afd. For Zoologi og Zoofysiologi, Aarhus Universitet, 64 pp.

Nielsen, J. 1985. Gudenåkomiteen - rapport nr. 3. Rapport udført for Århus, Viborg og Vejle Amtskommune, 105 pp.

Nielsen, J. 1999. Fisk og Vandløb i Villestrup Å-systemet. Rapport til Nordjyllands Amt, 1999.

Olesen, T.M. 2006. Undersøgelse af havørredbestanden i Villestrup Å i 2004. Rapport fra Nordjyllands Amt 2006. Under prep.

Julehilsen til søens folk:

I anledning af, at adskillige vandfolk må tilbringe julen i forskningens tjeneste på havet, bringer vi hermed en aktuel hilsen.

Den er med skam af melde ikke af ny dato, men hentet fra Blæksprutten 1951, der bragte en sidelang hymne til Galimathea 2, som vi låner et par vers fra:

*"Tolv himmelblå matroser stak syd om kap Farvel
Og satte deres bundgarn ved Manilla
Gevinsten var gevaldig. En levende makrel,
En hornfisk og en sild, hvis gat var lilla
sligt bliver en lærd professor ganske vild a "*

Og fra Philipinergraven meldtes:

*" For tænk man fandt en musling – en rigtig en med skal!
Forståeligt at folk blev ellevilde
Syv Sydbavsanemomer forvoldte mandefald,
Og da der kom en flimrende bacille,
Ja da blev selv de tolv matroser stille."*

Og sensationer kom også:

*"Og så, så kom miraklet, det kæmpestore sus:
En tanglus, der var blind (endda en bende).
Da sank en verdens visdom med et totalt i grus,
For tanglus var måske hvad man ku `finde
Men blinde... aldrig, aldrig nogensinde"*

Vi ønsker Galathea 3 god jul samt knæk og bræk i the roaring forties.

Lauge.

