

Kortere vandring øger ikke smoltoverlevelse

Nye undersøgelser af vandring af laksesmolt gennem Tange Sø viser, at smoltens overlevelse er upåvirket af at afkorte vandringsvejen gennem søen. Fisk, der blev udsat 1 km fra udløbet af søen, var næsten fem dage undervejs til ungfiskeslusen og overlevede lige så dårligt, som fisk der skulle passere gennem hele søen. Resultaterne tyder på en høj initial dødelighed, hvorefter de overlevende fisk lærer at begå sig i de fremmede omgivelser med rovfisk og fiskeædende fugle.

CHRISTIAN DIEPERINK

Baggrund

I 2004 iværksatte Gudenåcentralen en række undersøgelser af fiskepassagen i Gudenåen ved Tange Sø. Formålet var at sikre, at beslutninger om den fremtidige fauna- og fiskepassage forbi opstemningen ved Tangeværket kunne hvile på et komplet og opdateret grundlag.

Et meget afgørende punkt i vurderingen af fiskepassagen ved Tangeværket er betydningen af Tange Sø for de udvandrende ungfisk af ørred og laks (under ét betegnet smolt). Tidligere undersøgelser af radiomærkede smolt har vist, at kun ca. 10 % finder gennem søen $\frac{1}{3}$, $\frac{5}{9}$. Og senest, i 2005, har smolt mærket i Tange Å - og derfor kun behøver vandre 1 km igennem Tange Sø - haft samme høje dødelighed, som fisk der skulle vandre igennem hele søen $\frac{1}{3}$.

Det nye spørgsmål var derfor, om den valgte mærkningsmetode, kirurgisk implantering af radiosender i bughulen, kunne have været afgørende for smoltens passage og overlevelse. Samtidig ønskedes det klarlagt, i hvilken grad dødeligheden var under indflydelse af vandringsafstanden gennem Tange Sø. Der blev derfor planlagt forsøg med mere skånsomme mærkningsmetoder og med forskel-

lige udsætningspositioner i søen, der kunne afspejle vandringsvejens betydning.

Metode

Fra Dansk Center for Vildlaks (DCV) blev laksesmolt leveret ved Kongensbro den 26. april 2006. Laksene kom fra den svenske elv Ätran og var i gennemsnit 17,6 cm lange. Fiskene blev overført til et bassin med iltet vand, og

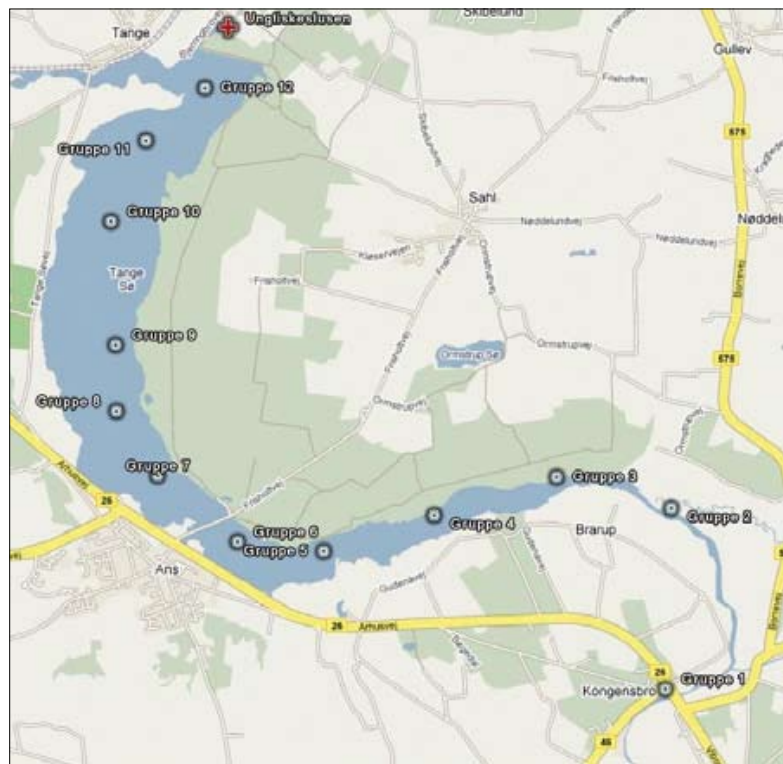
derpå sejlet ned gennem Gudenåen og Tange Sø mens de forskellige grupper blev mærket og udsat undervejs.

Bedøvelsen foregik ved en to-tre minutters neddykning af fiskene i en 30 mg/l opløsning af nellikeyolie $\frac{1}{1}$. Herefter blev fiskene mærket ved farvetatovering med farvestoffet Alcian Blue $\frac{1}{6}$. Ved hjælp af små prikker på højre eller venstre rygside blev der lavet 12 forskellige grupper.

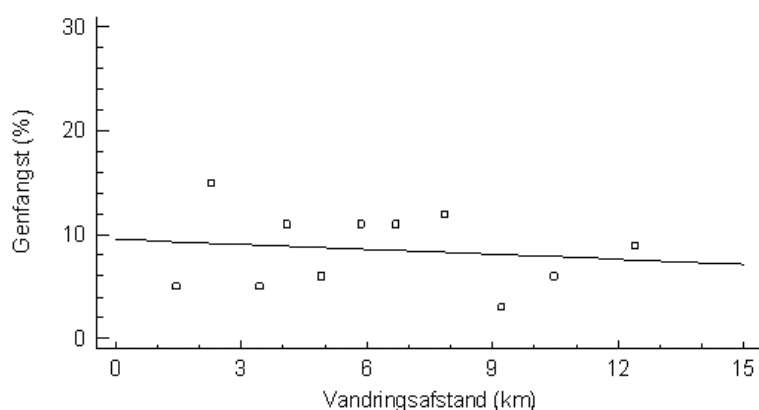
Fiskene blev udsat i varierende afstand til udløbet af Tange Sø, for at kunne sammenligne passagen ved henholdsvis korte og lange vandringsafstande gennem sø og å (figur 1). Udsætningen blev foretaget i tidsrummet kl. 17-20 den 26/4 2006. Der blev imidlertid kun leveret 1110 fisk, så med 100 fisk i hver gruppe var der kun 10 fisk tilbage til den udsætningsgruppe 12, hvorfor resultaterne herfra ikke var sammenlignelige og er set bort fra.

Alle laksesmolt der efter den 26. april 2006 passerede ungfiskeslusen ved Tange blev individuelt undersøgt og de mærkede individer blev derefter registreret med oplysninger om genfangsttidspunkt og udsætnings-gruppe. Smolt der passerede forbi opstemningen ved at benytte fisketrappen eller ved at passere gennem turbinegitrene, er ikke omfattet af undersøgelsen.

Vandringsafstanden blev defineret som den korteste strækning (i vand) mellem udsætningssted og ungfiskesluse, opmålt ved hjælp af GPS.



Figur 1. Udsætningspositioner for laksesmolt i Gudenå og Tange Sø, 2006. Fisk, der fandt gennem søen, blev registreret ved ungfiskeslusen ved udløbet.



Figur 2. Forholdet mellem udsætningsgruppernes vandringsafstand og deres overlevelse gennem sø og å (=genfangst). Regressionslinjen er anført.

Vandringstiden angiver antallet af døgn fra udsætningsdagen til registrering i ungfiskeslusen ved opstemningen. Det afspærrede kammer i ungfiskeslusen blev i gennemsnit for hele perioden tømt hver 3. dag. Vandringstiden er korrigeret for intervallet mellem hver tømning af ungfiskeslusen. Hvis der f.eks. var tre døgn mellem tømning af slusen, er vandringstiden fratrukket 1,5 døgn, som fiskene i gennemsnit har opholdt sig i ungfiskeslusen.

Genfangsten (=overlevelsen) i hver af udsætningsgrupperne blev defineret som antallet af registrerede fisk i ungfiskeslusen i indtil 40 dage efter udsætningen.

Resultater

Genfangsterne af de mærkede smolt startede umiddelbart efter udsætningen, og fortsatte indtil den 27. maj, 33 døgn efter udsætningen. De fleste genfangster skete indenfor de første 10 dage.

I alt blev i ungfiskeslusen registreret 94 mærkede laksesmolt fra udsætningsgrupperne 1-11, svarende til ca. 9 % af de mærkede fisk. Imellem grupperne varierede genfangsten fra 3 til 15 % (tabel 1). Foruden mærkede smolt blev også registreret 1985 vilde ørredsmolt og 99 vilde laksesmolt. Oprindelsen af de vilde laksesmolt er ukendt.

Antallet af genfangster i udsætningsgrupperne kunne antages at komme fra en normal fordeling (Shapiro-Wilk $W = 0,936$; $p = 0,450$) med gennemsnit på 8,5 og varians på 3,8 individer pr. 100 laksesmolt.

Der var ikke statistisk signifikant sammenhæng mellem udsætningsgruppernes vandringsafstand og genfangstrate (One-way ANOVA; $p = 0,66$). Den lineære model

Genfangst = $9,54 - 0,00016 * \text{Vandringsafstand}$

forklarede kun 2,1 % af variationen i genfangsterne ($R^2 = 0,02$; se figur 2).

De udsætningsgrupper, der havde kortest vandringsafstand til søens udløb, var i gennemsnit ca. 5 dage om at finde gennem søen, men dog hurtigere end de grupper der måtte vandre længere strækninger (One-way ANOVA; $p = 0,0141$). Forholdet blev beskrevet med modellen

Gns. vandringstid (døgn) = $5,1 + 0,27 * \text{Vandringsafstand (km)}$,

hvor 52 % af variationen i vandringstid afhæng af afstanden mellem udsætningsposition og søens udløb ($R^2 = 0,52$; se figur 3).

Diskussion

Fejlkilder

Antallet af smolt der succesfuldt passerede Tange Sø kan være svagt undervurderet. I 2005, da smoltenes passage ved Tange blev fulgt med radiotelemetri, var der blandt 11 fisk der passerede opstemningen én der gik

gennem fisketrappen og én der gik gennem turbinerne /3/. Men selv om 10 eller 20 % af de udsatte smolt skulle have fundet forbi opstemningen uden at blive registreret, er det stadig en hovedkonklusion, at overlevelsen af de udvandrede smolt gennem Tange Sø er meget lav.

Effekt af mærkningsmetode

Resultaterne i nærværende undersøgelse stemmer godt overens med tidligere gennemførte forsøg med smoltoverlevelsen i Tange Sø. Alle undersøgelser peger på at smoltens dødelighed under passagen af Tange Sø ligger indenfor $90 \pm 5 \%$, uanset hvordan fiskene er mærket inden udsætningen (tabel 2).

Smoltdødeligheden i søen har tidligere været undersøgt, og skyldes først og fremmest prædatorer som gedder, skarv og fiskehejre /5/.

Uafhængige forsøg, omfattende tre forskellige mærkemethoder, ørred og laks, og vilde og opdrættede fisk, peger samstemmende på at kun ca. 10 procent af fiskene er i stand til at passere gennem søen (tabel 2). Der er derfor ikke tegn på at metoder med finneklipling eller radiosender-implantering i bughule, som er benyttet ved tidligere forsøg /3,5,9/ skulle påvirke overlevelsen af fiskene mere end mærkning ved tatovering. Det skal understreges, at selvom de indhentede resultater stemmer med resultaterne fra tidligere mærkningsforsøg, kan der stadig være en effekt af selve mærkningsprocessen der trods alt omfatter betydelig håndtering af fiskene med bedøvelse, mærkningsindgreb, opvågning og genudsætning.

Effekt af vandringsslængde

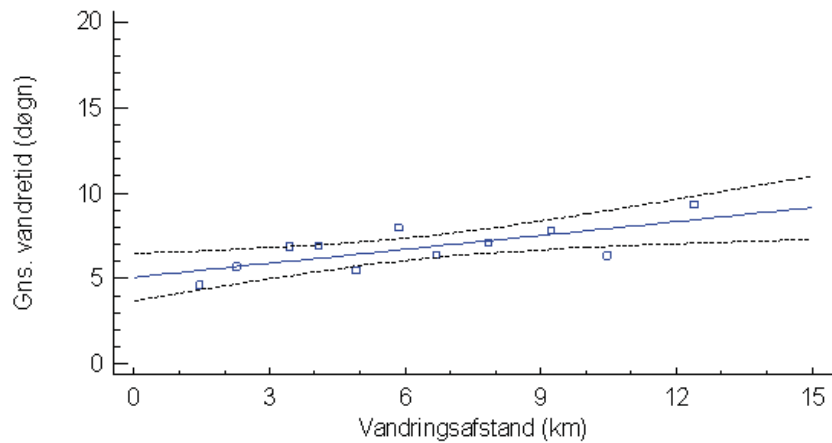
Det mest overraskende resultat var, at overlevelsen ikke varierede mellem udsætningsgrupperne. Der var en ensartet høj

Tabel 1. Laksesmoltenes overlevelse (genfangst i ungfiskesluse ved udløbet) og passage gennem søen. Hver gruppe bestod af 100 individer.

Gruppe	Vandringsafstand til udløb (m)	Samlet genfangst (antal individer)	Gennemsnitlig vandringstid (døgn)
1	12 400	9	9,33
2	10 468	6	6,33
3	9 213	3	7,83
4	7 843	12	7,08
5	6 688	11	6,41
6	5 863	11	7,95
7	4 902	6	5,50
8	4 083	11	6,91
9	3 446	5	6,90
10	2 278	15	5,70
11	1 443	5	4,60

dødelighed i alle udsætningsgrupper, uanset afstand til søens udløb. Hidtil har det været almindeligt antaget, at vandringsafstanden igennem søen har afgørende betydning for smoltens overlevelse. Nogle af de scenarier der er lagt frem for Gudenåens passage af Tange Sø omfatter en reduceret søflade, og i disse har man indbygget forventninger til en bedre smoltoverlevelse /7/.

Men udsætningspositionen havde betydning for den tid det tog for de overlevende smolt at nå frem til søens udløb. Smolt udsat ved Kongensbro var i gennemsnit var 9,3 dage undervejs. Selv de smolt, der blev udsat nærmest ved Tange Sø's udløb, var i gennemsnit 4,6 dage om passagen gennem søen. Sammenholdt med at dødeligheden imellem grupperne var ens, tyder dette på, at smoltens dødelighed i Tange Sø primært sker indenfor de første dage efter udsætningen, og at de overlevende fisk derefter har en bedre overlevelse i det videre forløb gennem søen. Så selv om en smolt overlever den indledende periode i søen, og måske lærer at håndtere eller undgå prædatorer, har den fortsat et problem med at finde vej gennem søen, hvilket ses af, at passagens forsinkelse øges med afstand mellem udsætningslokalitet og sø-udløb



Figur 3. Forholdet mellem udsætningsgruppernes vandringsafstand og den tid de i gennemsnit var om at finde frem til søens udløb. Regressionslinjen er anført med 95 % sikkerhedsgrænser.

(figur 3).

En lignende, kortvarig overdødelighed er observeret ved smoltens første møde med saltvand /4/, og det er formentlig både overgangen til et nyt stillestående vandmiljø uden strøm og skjulepladser, og tilstedeværelsen af nye arter af prædatorer, der spiller ind for smoltens høje dødelighed. Tab af orienteringsevne har også været nævnt i forbindelse

med smoltens passage af Tange Sø, specielt omkring de snævre passager under Ans bro og ved indløbskanalen til vandkraftværket /5/. Denne tolkning svarer til observationer fra tidligere radiomærkningsforsøg, at de smolt der overlever i søen, aldrig blev sporet tæt på bredderne, men altid foretrak de åbne vandflader i midten af søen /5/.

Perspektivering

Resultaterne har bekræftet, at søen dels forsinker smoltens udvandring mod havet dels medfører at en stor del af smoltene dør som følge af prædation. Samtidig peger resultaterne på, at en kortere vandringsvej (ved et delvis omløb og en mindre sø) ikke vil påvirke smoltens dødelighed og kun vil påvirke forsinkelsen marginalt.

I tre af de 9 forslag der er opstillet for en forbedret fremtidig fiskepassage ved Tange, antager man at smoltdødeligheden mindskes i takt med at svømmeafstanden gennem Tange Sø reduceres ved etablering af omløb /7/. Forslagenes konsekvenser kunne derfor med fordel revideres inden der træffes beslutning om etablering af en ny faunapassage forbi Tange.

Referencer

- /1/ Anderson, W.G., McKinley, R.S. & Colavecchia, M. 1997. The use of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. North American Journal of Fisheries Management 17: 301-307.
- /2/ Dieperink C. 2005. Laksen tilbage i Gudenåen. Rapport til Gudenaacentralen. 25 s.
- /3/ Dieperink C. 2005. Smoltens passage forbi Tange, 2005. Rapport til Gudenaacentralen. 19 s.
- /4/ Dieperink C., Bak B.D., Pedersen L.-F., Pedersen M.I., & Pedersen S., 2002. Predation on Atlantic salmon and sea trout during their first days as postsmolts.

Tabel 2. Tidligere undersøgelser af lakse- og ørredsmolts passage af Tange Sø.

Mærkemethode	Art/ oprindelse	Årstal	Vandringslængde (km i å og sø)	Dødelighed	Forsøgsreference
Senderimplant.	Vilde laks	2005	2-8	86 %	/3/
Senderimplant.	Vilde ørred	1996	14	88 %	/5/
Finneklipping	Opdrættet laks	1996	14	86 %	/5/
Senderimplant.	Opdrættet laks	1996	14	90 %	/8/

Boks 1. Problemstillinger ved smoltens nedstrøms passage gennem søer

Der kan opstilles to overordnede problemstillinger i forbindelse med smoltens udvandring. Den ene tager udgangspunkt i det såkaldte smoltvindue, at smoltens individuelle fysiologiske tilpasning til et liv i havet er begrænset til et tidsrum på ca. 14 dage. Forsinkes smoltens ankomst til saltvandet udover dette smoltvindue, så vil den få vanskeligt ved at opretholde en korrekt saltbalance.

Den anden baserer sig på dødeligheden under smoltens udvandring gennem vandløb og søer. I vandløb er dødeligheden generelt lav, men naturlige søer, VMP2-søer, opstemninger til dambrug og vandkraftværker skaber alle habitater der indebærer risici for smoltens navigation og overlevelse. Prædationsrisikoen er her central, og afhænger af tætheden af prædatorer og miljøvariabler såsom strømhastighed, skjulesteder, og vandets gennemsigtighed. Problemstillingen har været indbygget i en havørredmodel for Gudenåens opstrøms Tangeværket, der igen har fundet anvendelse ved vurderingen af de opstillede løsningsforslag for Gudenåens passage forbi Tange /7/.



Foto: Udsætning af de ti grupper af mærkede laksesmolt startede i Gudenåen ved Kongensbro og fortsatte ned gennem Tange Sø

Journal of Fish Biology 61: 848-852.

/5/ Jepsen N., Aarestrup K., Økland F. & Rasmussen G.

1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: 347-353.

/6/ Hart P.J.B & Pitcher T.J. 1969. *Field Trials of Fish*

Marking using a Jet Inoculator. *Journal of Fish Biology* 1(4): 383-385

/7/ Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen & Fødevarerministeriet 2002. *Gudenåens passage ved Tange. Baggrundsrapporter, udgivet på CD-rom, Miljøbutikken.*

/8/ Aarestrup K., Jepsen N., Rasmussen G. & Økland F.

1999. Movements of two strains of tagged Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts through a reservoir. *Fisheries Management and Ecology* 6: 97-107.

CHRISTIAN DIEPERINK, cd@waterframe.dk er fiskeribiolog og indehaver af konsulentfirmaet WaterFrame.

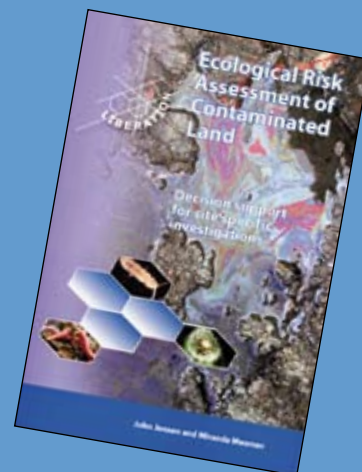


Ny bog om miljøvurdering af forurenede grunde

Hvordan gennemfører man en miljøvurdering af en forurenede grund? Det kan man læse mere om i en ny engelsksproget bog, som præsenterer et nyt beslutningsværktøj til miljøvurdering af forurenede jord. I bogen "Ecological risk assessment of contaminated land – decision support for site specific investigations" viser forskere fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) sammen med kol-

leger fra otte andre europæiske forskningsinstitutioner, hvordan det er muligt at foretage en sådan vurdering på en systematisk måde, uden at omkostningerne behøver at eksplodere. Bogen giver en introduktion til emnet, den gennemgår de nødvendige beslutningsveje samt præsenterer relevante testsystemer. Derudover anvendes bogens teori på en konkret sag fra et forurenede område i Skagen.

Herudover beskriver bogen, hvordan man kan gennemføre en egentlig risikovurdering med indsamling af data som omfatter både kemi, økotoxikologi og økologi. Data bør indsamles trinvis, så man starter med hurtige og billige screeningstests for at vurdere om jorden må karakteriseres som miljøfarlig. Hvis det er tilfældet går næste trin i gang hvor man inddrager mere komplekse analyser for mere detaljeret at kunne vurdere forureningens påvirkning af miljøet. Bogen er redigeret af John Jensen fra DMU og Miranda Mesman fra "National Institute of Public Health and the Environment" (RIVM) i Holland. Den kan hentes



fra DMU's hjemmeside [hurtig link: www.sofar.dk] eller i et vist omfang bestilles gratis hos forfatteren (e-mail: jje@dmu.dk).

SDA