

Udsætning af ørredsmolt i Danmark - en vidensyntese

Kim Aarestrup, Stig Pedersen, Peter Geertz-Hansen, Martin Hage Larsen,
Martin Lykke Kristensen og Jan Nielsen

DTU Aqua-rapport nr. 410-2022





Udsætning af ørredsmolt i Danmark – en vidensyntese

Kim Aarestrup, Stig Pedersen, Peter Geertz-Hansen,
Martin Hage Larsen, Martin Lykke Kristensen og Jan Nielsen

DTU Aqua-rapport nr. 410-2022

Kolofon

Titel:	Udsætning af ørredsmolt i Danmark – en vidensyntese
Forfattere:	Kim Aarestrup, Stig Pedersen, Peter Geertz-Hansen, Martin Hage Larsen, Martin Lykke Kristensen og Jan Nielsen
DTU Aqua-rapport nr.:	410-2022
År:	August 2022
Reference:	Aarestrup, K., Pedersen, S., Geertz-Hansen, P., Larsen, M.H., Kristensen, M.L. & Nielsen, J. (2022). Udsætning af ørredsmolt i Danmark – en vidensyntese. DTU Aqua-rapport nr. 410-2022. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 38 pp.
Kvalitetssikring:	Rapporten er kvalitetssikret af Finn Sivebæk og Anders Koed, DTU Aqua.
Foto:	Forsidefoto: Udsætning af ørredsmolt i et vandløb Fotos: Rene Bernt Voss Grimm og Finn Sivebæk
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Vejlsøvej 39, 8600 Silkeborg
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-338-5

DTU Aqua-rapporter er afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, redegørelser til myndigheder o.l. Med mindre det fremgår af kolofonen, er rapporterne ikke fagfællebedømt (peer reviewed), hvilket betyder, at indholdet ikke er gennemgået af forskere uden for projektgruppen.

Forord

Den naturlige produktion af ørredsmolt i de danske vandløb har i mange år været langt under den oprindelige produktion. Årsagerne er primært menneskeskabte forringelser af ørredens levesteder, hvor spærringer og forringelser af vandløbshabitaterne er hovedårsagerne.

For at imødekomme ønsket fra lystfiskere om flere havørreder ved de danske kyster og i åerne bliver der hvert år udsat mange ørredsmolt. Således blev der i 2021 udsat 1,2 mio. ørredsmolt. Udsætningerne sker både i Fiskeplejeregion og i andre regi, f.eks. Havørred Fyn.

Udsætninger af smolt har en lang historie i Danmark, og praksis har ændret sig en del gennem tiden. Oprindeligt var de udsatte smolt større (og dermed ældre) og stammede ofte fra moderfisk, der havde været mange generationer i dambrug (domesticerede fisk). Smoltene blev udsat både i vandløbsmundinger og direkte på kysten. Som følge af bedre opdrætsmetoder, genetiske anbefalinger og en mere formaliseret samling af udsætningerne sætter Fiskeplejen i dag primært 1-års smolt, der er afkom af vilde fisk (F1), ud i vandløbsmundingerne.

Vi ved, at der kan være en række potentielle negative påvirkninger på de vilde ørredbestande ved at udsætte opdrættede fisk. Fordele og ulemper bør nøje overvejes ved hver type smoltudsætning. Som hovedregel bør mundingsudsætninger af smolt alene iværksættes, hvor det fører til en væsentlig forbedring af fiskeriet, og hvor der er minimal risiko for negative effekter.

Men hvor stor er effekten egentlig af smoltudsætninger, og i hvor stort omfang bidrager de rent faktisk til at forbedre fiskeriet? Dette forsøger denne rapport at give nogle svar på gennem en vidensyntese, der samler op på mange års undersøgelser af smoltudsætninger i Danmark.

Denne rapport og langt de fleste undersøgelser bag opsamlingen er finansieret af Fiskeplejen.

Silkeborg, august 2022

Anders Koed

Professor og sektionsleder

Indholdsfortegnelse

Resume	5
1. Baggrund	7
2. Mundingsudsætningers historie og forvaltning	9
3. Aktuell forvaltning af mundingsudsætninger	11
4. Biologisk grundlag for udsætningerne.....	15
5. Generelle betragtninger vedrørende udsætning i populationsgenetisk perspektiv.....	30
6. Sammenfatning	32
Referencer.....	34

Resume

Denne rapport notat beskriver baggrunden for den nuværende praksis af udsætninger af mundingsudsatte ørredsmolt. Smoltudsætningerne udgør en forholdsvis stor andel af fisketegnmidlerne og samlet bliver der årligt udsat i omegnen af 1,5 mio. smolt i Danmark som mundingsudsætninger, dvs. i de nedre dele af vandløbene. Intentionen med mundingsudsætninger er alene at forbedre fiskeriet og er ikke som sådan biologisk funderet, i modsætning til udsætning af yngel, 1/2- eller 1-års ørreder, der udsættes som bestandsophjælpende tiltag og i forhold til vandløbenes bærekapacitet. Samtidig er det uklart i hvor stort omfang mundingsudsætningerne rent faktisk forbedrer fiskeriet, og i særdeleshed, om det kan betale sig i forhold til alternative og mere langsigtede biologiskbegrundede anvendelse af ressourcerne, som f.eks. vandløbsrestaurering eller fjernelse af spærringer. Hertil kommer en række potentielle negative påvirkninger af de vilde bestande af ørred. Fordele og ulemper bør nøje overvejes ved hver type smoltudsætning. Som hovedregel bør mundingsudsætninger af smolt alene iværksættes, hvor det fører til en væsentlig forbedring af fiskeriet, og hvor der er minimal risiko for negative effekter.

Udsætninger af smolt har en lang historie i Danmark og praksis har ændret sig en del gennem tiden. Oprindeligt var de udsatte smolt større (og dermed ældre) og stammede ofte fra moderfisk, der havde været mange generationer i dambrug (domesticerede fisk). Smoltene blev udsat både i vandløbsmundinger og direkte på kysten. Som følge af bedre opdrætsmetoder, genetiske anbefalinger og en mere formaliseret samling af udsætningerne, sætter fiskeplejen i dag primært 1-års smolt, der er afkom af vilde fisk (F1), ud i vandløbsmundingerne. Antallet, der udsættes, beregnes efter en model for, hvor mange smolt der produceres i vandløbet, set i forhold til hvad der potentielt kunne produceres, hvis forholdene i vandløbene var optimale for ørred. Udover fiskeplejens udsætninger udsættes der enkelte steder fisk, hvor der er et ønske om en større forbedring af fiskeriet, med Havørred Fyn projektet som langt det mest omfangsrige.

Mange eksisterende resultater fra udsætningsforsøg er af ældre dato og som konsekvens heraf foretaget med domesticerede ørreder og med væsentlig større fisk, end de der udsættes i dag. Anvendelsen af disse ældre undersøgelser til vurdering af overlevelse og fangst af de nuværende udsatte fisk har i dag begrænset værdi, da der er sket en del ændringer i fiskeriet (det kystnære erhvervsfiskeri er blevet mindre og lystfiskeriet større), i miljøforhold (f.eks. fiskebestande der har ændret sig som følge af habitat restaurering) samt forhold i opdrætsanlæggene (f.eks. fodertyper, recirkuleringsgrad).

Sammenfattende har udsatte smolt fra opdræt vist meget varierende genfangststal, der afspejler både fiskematerialets egnethed til udsætning og mange andre forhold, herunder fiskens størrelse, alder og oprindelse. Generelt har de fleste forsøg vist, at langt de fleste genfangster er sket i havet, hvor de fleste vilde havørreder også fanges, og mange af de udsatte fisk bliver fanget relativt kort tid efter udsætning og ofte under mindstemålet. Der er kun få direkte sammenlignelige mærkningsforsøg med udsætning af domesticerede ørred, F1-ørred og vilde ørred. Resultaterne antyder generelt, at der er en bedre overlevelse hos vilde ørred, i forhold til både F1-fisk og fisk med dambrugsbaggrund. I mærkningsforsøgene er det generelt fundet, at større og ældre fisk giver relativt højere andel af genfangster end mindre og yngre. Til gengæld er større fisk væsentlig dyrere at opdrætte. Denne afvejning gør det relativt kompliceret og variabelt at udpege den strategi, der giver mest udbytte for pengene.

Vandring ud af udsætningsvandløbet er styret af en lang række faktorer, f.eks. fiskenes fysiologiske udvikling (smoltifikation), udsætningstidspunktet, temperatur, vandføring og evt. forstyrrelse af vandringen som følge af håndtering. Der er relativt få forsøg, hvor nedvandringen af udsatte og vilde smolt er sammenlignet i relation til vandføring og temperatur (og evt. andre variable), men umiddelbart tyder det på, at de er sammenlignelige, omend udsatte fisk overlever væsentlig dårligere end vilde. Udsætningsfiskene bør ikke udsættes senere end det tidspunkt, hvor de når deres optimale tilpasning til vandring og saltvand. Udsætning i god tid før det normale udvandringstidspunkt vil tillade, at fiskene ikke er stressede som følge af håndteringen, kan følge egen rytme og eventuelle vilde smolt ud i havet, men kan omvendt også betyde øget dødelighed inden vandring (f.eks. prædation eller sygdom) samt at vandring finder sted, inden havet er tilstrækkeligt varmt og fødegrundlaget for lavt – et såkaldt *mismatch* scenarie. Flere resultater tyder på, at udsætning bør ske senere i kolde år og tidligere i varme, men generelt viser udsætningsforsøg den bedste overlevelse, hvis udsætningen sker lige før eller i hovedudvandringsperioden.

Der kan være betydelig dødelighed forbundet med ophold og passage gennem vandløbet fra udsætningsstedet til havet, men dette synes at afhænge af tilstedeværelsen af prædatorer og naturligvis af særlige forhindringer som f.eks. indskudte søer, sluseanlæg og opstemninger. Udsætninger af smolt opstrøms disse vil i vidt omfang være spildt og kan generelt ikke anbefales.

Fiskenes vandring i havet synes overordnet at være styret af deres genetik og kan således variere meget fra bestand til bestand. Generelt spreder domesticerede ørreder sig ikke i samme grad væk fra udsætningsområdet i forhold til F1-fisk.

Det anbefales at lave en række opfølgende undersøgelser for at klargøre visse af usikkerhederne, herunder at foretage regelmæssige undersøgelser af smoltenes overlevelse, effekt på fiskeriet samt deres tilbagevending til udsætningsvandløbet og strejfrate. Desuden kan det overvejes at undersøge muligheder for optimering af udbyttet og/eller minimering af negative effekter.

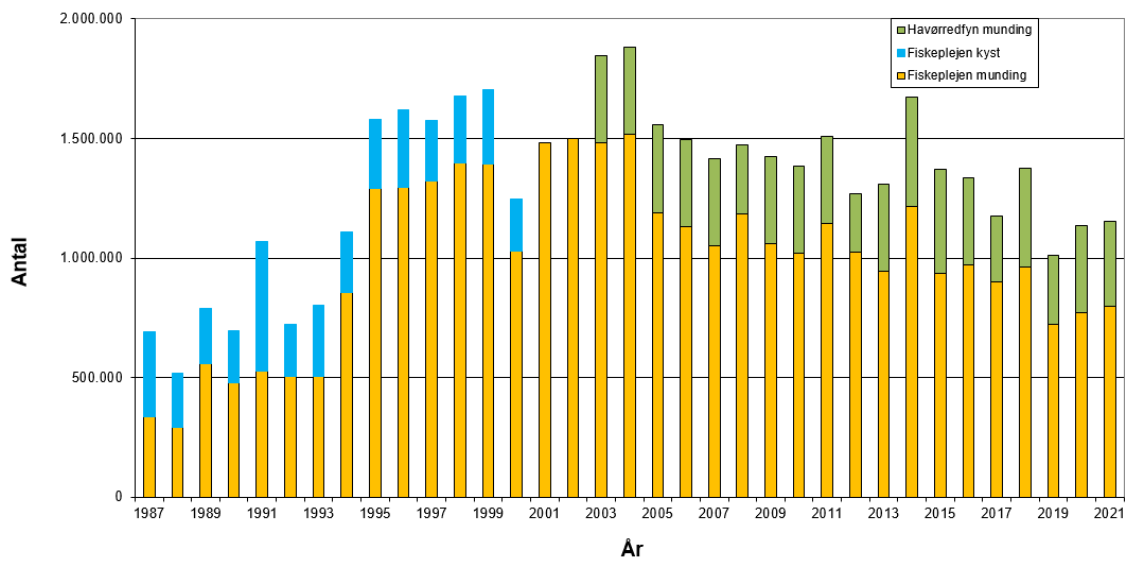
1. Baggrund

Danmark har en lang tradition for udsætning af ørred. I nyere tid (siden 1987) er udsætningerne og undersøgelser af disse foretaget i forbindelse med den offentlige fiskeplejeindsats. Udsætningerne i Danmark består af to dele: 1. en andel, som udsættes som yngel, ½- eller 1-års ørreder, hvor hensigten er at understøtte bestandsophjælpning, og hvor mængden der udsættes, sker i overensstemmelse med det enkelte vandløbs bærekapacitet, dvs. ud fra differencen mellem størrelsen af den aktuelle naturlige ørredbestand i vandløbet og vandløbets produktionspotentiale. 2. udsætninger af ørredsmolt, hvor hensigten er at skabe et bedre fiskeri, og hvor mængden der udsættes, ikke er biologisk funderet som sådan. Smoltudsætningerne siden 1987 fremgår af Figur 1. Ørredsmolt kan udsættes i de nedre dele af vandløbene (mundingsudsætninger). Denne rapport omhandler specifikt mundingsudsætningerne af ørredsmolt. Udsætning af ørredsmolt i åmunding har alene et fiskerimæssigt formål, og er fiskeplejens største enkeltudsætning. Den årlige budgetterede udgift er i størrelsesordenen 3,5 – 4 mio. kr. svarende til ca. 1 mio. stk. ørredsmolt pr. år. Ud over udsætninger finansieret af fiskeplejen, foregår der på Fyn en række yderligere mundingsudsætninger i størrelsesordenen 300.000 – 400.000 stk. pr. år.



Springende ørredsmolt fra et traditionelt udendørs dambrug.

Der har tidligere været foretaget udsætninger af ørredsmolt direkte i saltvand – såkaldte kystudsætninger (Christensen 1967), men disse udsætninger blev stoppet i 2001 med baggrund i Wilhjelmsudvalgets anbefalinger (Wilhjelmsudvalget, 2001), blandt andet i forhold til at undgå mulige negative effekter på vilde populationer i form af genetisk forurening (introgression) af vilde bestande fra udsatte strejfende fisk. Kystudsætningerne af ørred blev herefter flyttet ind i vandløbene som mundingsudsætninger under rationalet, at strejfraterne ville være væsentligt lavere end tilsvarende ved kystudsætninger. En anden konsekvens af de genetiske anbefalinger var, at udsætningerne af såkaldt domesticerede fisk (fisk, der er holdt adskillige generationer i dambrug) over en kort årrække blev erstattet af førstegenerationsafkom fra vildfisk, såkaldte F1-fisk, således at der fra 2006 stort set alene er udsat F1-ørredsmolt.



Figur 1: Fiskeplejens og Havørred Fyns kyst- og mundingsudsætninger af ørredsmolt. Som det ses, blev kystudsætningerne stoppet fra og med 2001.

Fra tid til anden rejses der spørgsmål om, hvilken (positiv) effekt disse mundingsudsætninger har på fiskeriet. Formålet med dette notat er at skabe overblik over en række aspekter omkring udsætningerne, baseret på den tilgængelige viden. Herunder hvorfor udsætningerne foretages, hvordan de foretages og hvad er der af viden om udkomme og risici ved udsætningerne. Notatet giver også med en række anbefalinger omkring fortsatte udsætninger af smolt og forslag til opfølgende undersøgelser.

2. Mundingsudsætningers historie og forvaltning

Mundingsudsætning af ørred (nogle gange også bare kaldet smoltudsætninger) blev, sammen med udsætning af ørred direkte i saltvand (såkaldte kystudsætninger) påbegyndt i 1960'erne (Larsen, K. 1972). Formålet med udsætningerne har normalt været at ophjælpe fiskeriet. Ideen er, at smoltene forholdsvis hurtigt vil vandre til havet efter de er udsat i munden af vandløb og dermed ikke konkurrerer om plads og føde med ørreder, der allerede er i vandløbene. Derfor skulle der i princippet kunne sættes lige så mange smolt ud, som der er økonomi og vilje til, uden at det samtidig påvirker de naturligt forekommende ørreder i vandløbene. I datidens udsætningsplaner blev mundingsudsætninger angivet "efter økonomi", idet de finansierende fiskeriforeninger forventedes at give de dengang ofte ganske store udsætninger af yngel, ½-års og 1-års udsætninger oppe i vandløbene 1. prioritet. Da foreningernes økonomi var begrænsede, ville foreningers mundingsudsætninger typisk aldrig nå et særligt stort omfang.

Med etableringen af fiskeplejen i 1987 og den større og mere stabile tilførsel af midler, blev der imidlertid brug for en fordelingsmodel. Fra 1987 og frem til fisketegnets indførelse i 1992 blev mundingsudsætningerne finansieret efter krone-til-krone princippet. Det vil sige, at staten gik ind og fordoblede foreningernes økonomiske indsats. Det medførte, at mundings- og kystudsætningerne nogle steder i høj grad afspejlede de lokale fiskeriforeningers økonomiske formåen. Områder med høj befolkningstæthed, som f.eks. Sjælland- og Århus-områderne, fik på dette tidspunkt tildelt yderligere kystudsætninger, ligesom også områder med få ørredvandløb blev prioriteret til udsætninger. Ud over udsætning af ørred har der også været lejlighedsvis kystudsætninger af regnbueørred, men disse udsætninger er hverken udført i særligt stort omfang og heller ikke foretaget i de sidste mange år.

Tidligere undersøgelser har vist, at kystudsætningerne giver varierende genfangstresultater. Visse udsætninger af større fisk (2-års smolt) gav genfangster (af mærkede fisk) på op til 10 % eller mere. (F.eks. Christensen 1967, Glüsing og Rasmussen 1996, Pedersen og Rasmussen 1997 m.fl.). Glüsing & Rasmussen (1996) undersøgte både 1-års og 2-års fisk, men fra forskellige stammer. Den højeste genfangstrate var hos en udsætning af 1-års fisk. Til gengæld har en række andre udsætninger givet relativt dårlige genfangstresultater. Det gælder særligt udsætningerne på åbne kyster, sandsynligvis på grund af en større spredning af fiskene (Christensen 1967, Glüsing og Rasmussen 1996).

Oprindeligt blev der alene udsat 2-års ørredsmolt, men efterhånden som opdrætsmetoderne blev optimeret kunne fisk af tilstrækkelig størrelse (17 – 25 cm) opdrættes på et år. Tidligere undersøgelser har vist, at der overordnet set var bedre økonomi i at benytte 1-års end 2-års fisk (Isefjorden, Christensen 1967). Overlevelsen af 1-års fisk var generelt lavere sammenlignet med 2-års fisk (sandsynligvis en størrelseseffekt), men da prisen for 1-års ørreder samtidig var lavere, var det økonomisk mest rentabelt med udsætninger af 1-års fisk. Det har dog ikke været muligt at finde data fra de bagvedliggende forsøg, der understøtter denne konklusion, og det kunne være relevant at undersøge udbyttet af udsætninger i forhold til alder og størrelse. Kystudsætningerne blev normalt foretaget i maj måned og byggede på det faktum, at ørred over en vis størrelse kan tåle udsætning direkte i saltvand. I bl.a. Isefjorden var disse udsætninger i en årrække en stor succes ifølge lystfiskerne i området. Der findes imidlertid ingen undersøgelser, som kan bekræfte dette. Undersøgelser i Roskilde Fjord i begyndelsen af 1990'erne indikerede, at der i praksis ikke umiddelbart var fødemæssige begrænsninger. Her blev smolt udsat i tæt-

heder på op til 7,2 stk./ha. (Søndergaard et al. 1995). Studier af havørredens fødevalg i Limfjorden indikerede også, at der ikke var fødebegrænsning, fordi havørred er i stand til at skifte fra fortrinsvis fisk som føde til dominans af forskellige invertebrater ved fald i antallet og sammensætningen af fiskebestanden i Limfjorden (Ebert 2004).

Langt hovedparten af udsætningsmaterialet har frem til år 2000 bestået af domesticerede fisk, dvs. fisk, der har opholdt sig i dambrug i mange generationer. Siden er der af genetiske hensyn næsten udelukkende blevet udsat afkom af fisk indfanget i de vandløb, hvor udsætningerne bliver foretaget. Herudover bliver der ikke længere foretaget udsætninger direkte i saltvand (kystudsætning), idet manglen på prægning til et enkelt vandløb fører til en større risiko for strejfnings til andre vandløb. Evnen til at finde tilbage til udsætningsområdet (homing) er vigtig af hensyn til at mindske risikoen for negativ genetisk påvirkning af vildfiskebestande ("genetisk forurening") i andre vandløb. Evnen til homing hænger sammen med fiskens prægning, herunder at fiskene bliver præget på karakteristika fra udsætningsvandløbet, mens de er i smoltstadiet.

Mundingsudsætningerne blev således valgt, som et alternativ til kystudsætninger for at reducere strejfraterne, og fiskene blev gerne udsat i vandløb uden egenproduktion, således at den negative effekt på vilde eksisterende bestande minimeres yderligere. I forhold til vandløb uden egenproduktion er det fortsat et uafklaret spørgsmål, om tilbagevendende udsatte fisk søger andre steder hen, når de skal gyde, såfremt de ikke finder egnede gydesteder i udsætningsvandløbet. Samlet er der altså sket ret store ændringer i udsætningspraksis af ørredsmolt siden fiskeplejens indførelse, hvilket samlet har givet ophav til den nuværende forvaltning af smoltudsætningerne.

3. Aktuel forvaltning af mundingsudsætninger

Alle udsætninger af fisk og skaldyr kræver tilladelse efter Fiskeriloven, der administreres af Fiskeristyrelsen, normalt efter rådgivning fra DTU Aqua.

I forhold til ørred er den overvejende del af udsætningerne beskrevet i Planer for fiskepleje (tidligere kaldet udsætningsplaner) der bliver udarbejdet af DTU Aqua. For så vidt angår bestandsophjælpende tiltag i vandløbene (udsætning af yngel, ½-års og 1-års fisk) bør de i planerne angivne antal ikke overskrides, da der kun er plads til et vist antal fisk i vandløbene (en såkaldt bærekapacitet). Udsættes der for mange fisk, vil de påvirke hinanden negativt pga. plads og fødebegrænsning, og man risikerer at introducere en såkaldt "tæthedsafhængig dødelighed". Disse udsætninger har primært et bestandsophjælpnings-, eller -bevaringsperspektiv, men der også, som det meste arbejde, der foregår under Fiskeplejen, et indirekte fiskeriperspektiv i dem.

Formålet med mundingsudsætningerne er udelukkende at ophjælpe fiskeriet. Udsætningerne sker under hensyntagen til, at de ikke påvirker fisk, der allerede er i vandløbene negativt. Udsatte smolt er typisk mere aggressive end vilde smolt. Samtidig kan udsatte smolt være større end de vilde, og dette giver dem muligvis en ekstra fordel i konkurrencen med de vilde smolt. Den vilde produktion af smolt kan altså potentielt blive påvirket negativt af udsatte fisk, særligt hvis de udsatte opholder sig over længere perioder i vandløbet. Derfor forsøges det i videst mulige omfang kun at udsætte fisk, der er smoltificerede, tæt på vandløbsmundingerne (heraf navnet mundingsudsætninger). Da de udsatte smolt forudsættes at vandre ud i havet relativt hurtigt, optager de hverken plads i vandløbene eller konkurrerer med vandløbets vilde fisk om føde. Derfor er det i princippet økonomi samt en genetisk og sygdomsmæssig risikovurdering, der er afgørende for hvor og hvor mange smolt, der kan udsættes.

Med indførelsen af fisketegnet i 1992 indgik det i de forudgående drøftelser, at smoltudsætningerne fremover alene skulle finansieres af fiskeplejen, og der var derfor brug for objektive fordelingsprincipper. Ud fra nogle generelle biologiske retningslinjer har DTU Aqua udviklet en model, hvor både den potentielle og den aktuelle produktion af smolt beregnes for de enkelte vandløb. Differencen mellem de to tal udgør antallet af smolt, der 'mangler' i vandløbet i forhold til bærekapaciteten. Udgangspunktet i modellen er det samlede opvækstareal i vandløbet og en teoretisk naturlig smoltproduktion på 7,5 smolt/100 m², hvis vandløbet ikke var påvirket negativt af mennesket. Dette gælder dog kun for vandløbsområder med en bredde på op til 6,5 m. Dette smolttal er formentlig konservativt sat i forhold til nogle gode danske vandløb, men vurderes at være repræsentativt som gennemsnit på landsplan (Rasmussen og Pedersen 2018).

Vandløbets *aktuelle* egenproduktion af smolt beregnes som 10 % af den vilde bestand af ½-års ørred, der er konstateret ved seneste monitoringsundersøgelse samt smolt, der stammer fra evt. udsætning af opdrættet yngel, ½-års og 1-års ørred. Udsætningsfiskene omregnes til smolt ved at antage en smoltproduktion på 2,5 % fra yngel, 10 % fra ½-års ørred og 25 % fra 1-års ørred. Differencen imellem vandløbets aktuelle egenproduktion af smolt (inklusive udsætning af opdrættet yngel, ½-års og 1-års ørred) og vandløbets beregnede potentielle produktion af smolt, er den beregnede aktuelle mundingsudsætning, der kan finansieres via fiskeplejen i vandløbet.

De beregnede mundingsudsætninger er siden 1993 blevet indskrevet i planerne for fiskepleje, efterhånden som disse revideres og har siden været anvendt som en generel fordelingsnøgle

for de smoltudsætninger, der finansieres af Fiskeplejen. DTU Aquas udsætningsplaner/planer for fiskepleje revideres for nuværende med 9 – 10 års intervaller. Ud fra et naturpolitisk synspunkt er dette en hensigtsmæssig måde at forvalte udsætningerne på, idet forvaltningen tager udgangspunkt i et oprindeligt estimat af smoltproduktionen. Modellen må, som ovenfor nævnt, betragtes som konservativ i visse vandløb, idet smoltoptællinger og beregninger fra en række vandløb (f.eks. Hadsten Lilleå (Aarestrup & Koed 2000) og Krobæk (Henriksen 2012)) angiver en noget større virkelig smoltproduktion end den beregnede. Fiskeplejens model ligger således forholdsvis lavt i forhold til, hvad optimale vandsystemer kan producere, men er som nævnt overfor, sandsynligvis repræsentativt på landsplan.

I fiskeplejeregi skete kystudsætningerne, som tidligere nævnt, i områder, der var fattige på ørredvandløb og/eller områder med høj befolkningstæthed f.eks. Limfjorden, Århusbugten og omkring Sjælland generelt, herunder Isefjorden. Generelle problemstillinger i forbindelse med udsætning af fisk er behandlet flere steder både i udlandet, (f.eks. Cowx 1994 og 2002), og herhjemme (Hansen, M.M. 1996). Sidstnævnte gav en række anbefalinger med hensyn til ophør af udsætninger direkte i saltvand, og ophør af udsætning af domesticerede fisk. Baggrunden var særligt med hensyntagen til oprindelige vildfiskebestande. Disse anbefalinger er efterfølgende implementeret i forvaltningen af de danske ørredbestande og følger derfor Wilhjem-udvalgets anbefalinger (Wilhjemudvalget, 2001).

Som følge heraf blev kystudsætningerne i år 2000 ændret til mundingsudsætninger (tidligere blev begge typer af udsætninger betegnet kystudsætninger) med samme økonomiske ramme. Da mundingsudsatte smolt er mindre (og dermed billigere) end fiskene, der blev brugt til saltvandsudsætninger, betød det, at udsætningerne antalsmæssigt blev øget med knapt 30 % i forbindelse med skiftet. Af hensyn til den geografiske fordeling, herunder de fiskerimæssige forventninger, blev udsætningerne i nogle tilfælde flyttet til vandløb, hvor der ikke tidligere havde været foretaget mundingsudsætninger. Dette kunne være vandløb, der ikke er ørredvandløb eller vandløb med ingen eller lille ørredbestand (f.eks. visse vandløb på Langeland og Ærø). Antallet af smolt i ovennævnte udsætninger er ikke beregnet efter den tidligere nævnte beregningsmodel, der tager udgangspunkt i den oprindelige produktion i vandløbene.

En anden konsekvens af den ændrede praksis er, at domesticerede ørredstammer er blevet udfaset (siden 2006) (Rasmussen og Pedersen 2018). I dag benyttes alene afkom af vildfisk til udsætningerne med en enkelt undtagelse i Harrestrup Å ved København. Det vil i praksis sige, at der i alle større vandsystemer anvendes afkom af åens lokale stamme, hvorimod der i de nærtliggende mindre vandsystemer benyttes udsætningsmateriale fra det nærmeste større vandsystem. I Aarhus Bugt anvendes i dag moderfisk fra Giber Å, men det skyldes, at Aarhus Å ikke har været i stand til at levere moderfisk siden konstruktionen af Årslev Engsø. Afkom af vildfisk fra østjyske vandløb (hovedsageligt Kolding Å og Vejle Å) har i en periode været anvendt som udsætningsmateriale på Fyn og Sjælland, mens domesticerede fisk hér blev udfaset. I dag anvendes der også kun afkom fra lokale stammer på Fyn og Sjælland.

Vilde ørredsmolt i Danmark vandrer typisk ud fra vandløbene fra slutningen af marts til slutningen af maj med maksimal udvandring sidst i april måned. De ældste og dermed største smolt vandrer først, og sidst på smoltsæsonen vandrer de yngste og mindste smolt (Rasmussen 1986, Elliott 1994). Fiskeplejen anbefaler, at smoltudsætningerne sker i uge 13 – 16, lige før eller omkring det samme tidspunkt, hvor hovedparten af de vilde smolt vandrer ud fra vandløbene. Her er tilpasningerne til saltvand normalt størst og timingen forventes at være optimal for

at kunne overleve i havet. Det er desuden vigtigt, at temperaturen i det nærliggende havområde er på mindst 8°C på udsætningstidspunktet (Klemmetsen et al. 2003), især i de tilfælde, hvor udsætningerne sker i mindre vandsystemer, som udmunder direkte på kysten. Det skyldes, at fiskenes evne til at osmoregulere er afhængig af temperaturen (Nielsen & Madsen 1999). Hvis det har været et meget koldt forår, anbefales det, at udsætningerne rykkes til slutningen af ovennævnte periode.

Sker udsætningen senere end uge 16, er der risiko for, at en del af fiskene er afsmoltificeret, da evnen til osmoregulering hos de opdrættede ørred aftager fra uge 14 – 16. Herved risikerer man at fiskene taber vandringstrangen og bliver stående i vandløbet (Nielsen & Madsen 1999). Det er dog vigtigt at gøre sig klart, at udvandringstidspunktet og -perioden vil variere afhængig af vinteren og forårets temperaturforhold.

Fiskeplejen anbefaler desuden, at der anvendes fisk på ca. 37 g (ca. 15 cm). Fiskene skal være fuldt smoltificerede og i øvrigt ligge i størrelsesintervallet 14 – 17 cm. Kravene skal sikre, at så stor en del af fiskene som muligt vandrer ud kort tid efter udsætning og samtidig sikre en god overlevelse, da det er velkendt at der er en størrelsesafhængig sammenhæng mellem vandring og overlevelse af udsatte lakse- og ørredsmolt (Bohlin et al (1996)). Fiskene afregnes til en fast pris (3,57 kr. / stk. (2022-tal)).

Udsætningsmængderne er ikke statiske (fig. 1). I takt med at der gennemføres vandløbsrestaurering (fjernelse af opstemninger, grus udlægning m.v.) og afskæring/forbedret rensning af spildevand, øges vandløbenes naturlige produktion af ørred, og herved reduceres udsætningsbehovet tilsvarende. Når det samlede udsætningsbehov for et vandområde, som en forening leverer rogn til, når ned i en størrelsesorden, der kan dækkes af en rognmængde på 1–2 liter, svarende til 10.000 –20.000 æg, tager DTU Aqua en drøftelse med den pågældende forening med henblik på at stoppe udsætningsarbejdet og i stedet koncentrere sig om vandløbsrestaurering. Argumentet er, at indsatsen, dvs. omkostningerne i form af forstyrrelse m.v. ved elfiskeri for at afstryge en ganske lille rognmængde ikke vurderes at stå mål med udbyttet. Denne udfasning er som regel uproblematisk og er sket i en række vandløb, f.eks. Lindenberg Å, Vejle Å og Karup Å. Desuden er en række udsætninger konverteret til vandløbsrestaureringer efter ønske fra lokale lystfiskere. På Vestkysten er smoltudsætninger i Storå, Skjernå, Sneum Å, Kongeå, Ribe Å, Brede Å og Vidå opgivet som følge af en dialog omkring ringe udbytte med de lokale lystfiskerforeninger.

DTU Aqua har hidtil haft en pragmatisk tilgang til ønsker i relation til mundingsudsætninger ud over de fiskepleje-finansierede. Udsætningerne har altid baggrund i et ønske om at forbedre fiskeriet i kystområder og fjorde. Som tidligere nævnt vurderes de negative effekter af mundingsudsætningerne at være begrænsede, da der hverken er føde- eller pladsmæssige begrænsninger i saltvand i forhold til de udsætningsmængder, der normalt bliver anvendt.

Det har bl.a. medført, at "Havørred Fyn", som er startet af det tidligere Fyns Amt og videreført af de fynske kommuner, hvert år siden 1995 har udsat flere hundrede tusinde ørredsmolt på Fyn, Langeland og Ærø. Den relativt store mængde udsatte smolt har betydet, at mundingsudsætningerne flere steder er øget betragteligt over den af Planer for fiskepleje anviste smoltmængde, ligesom der nogle steder sættes smolt ud i munden af vandløb, der ikke har en ørredbestand. Fiskeplejens udsætninger fordeler sig således: På Fyn og Langeland-Ærø foreskriver Planen for fiskepleje 51.400 mundingsmolt. Hertil kommer yderligere knap 400.000 stk. udsat

og betalt af "Havørred Fyn" (Figur 1). Enkelte vandløb med høj reproduktion, der er vurderet særligt værdifulde på Fyn (eks. Stokkebækken m.fl.), friholdes helt for udsætninger.

Enkelte foreninger har også gennem tiden haft ønske om tilladelse til, for egne midler, at foretage ekstra udsætninger. Dette er der normalt givet tilladelse til, forudsat at fiskene er F1-smolt fra lokale bestand(e).

4. Biologisk grundlag for udsætningerne

I dag anvendes stort set kun F1-fisk til udsætning, mens de fleste tidligere effektundersøgelser af udsætningerne er foretaget på domesticerede ørredstammer. Alene af den grund er det vanskeligt at overføre resultater fra tidligere undersøgelser med domesticerede fisk til de udsætninger, der sker i dag. Generelt afhænger overlevelsen af udsatte smolt af en række faktorer såsom udsætningstidspunkt, udsætningssted, størrelse (og dermed alder) ved udsætning, vandkvalitet og evt. tilpasning til saltvand (Finstad & Jonsson 2001). Derudover er der yderligere en række faktorer, der har betydning for, hvor og hvordan smoltene sættes ud, herunder påvirkningen i vandløbet og strejfrater.

De ideelle fisk til mundingsudsætning er smolt, der hurtigt og i stort omfang udvandrer fra vandløbet, overlever godt i havet og efter at have nået mindstemålet, villigt lader sig fange. Endvidere skal de ørreder, der ikke bliver fanget, vandre tilbage til udsætningsvandløbet. Desværre er dette ikke altid virkeligheden ved mundingsudsætninger. For mundingsudsætninger er de primære interessante aspekter, hvor stor en andel af udsætningen, der udvandrer, hvor hurtigt de udvandrer, hvor godt de overlever i havet samt hvor de vandrer hen. Hvis ørrederne vandrer længere væk geografisk, er det ikke fiskeriet i lokalområdet, der forbedres. Endelig er det interessant, hvor god deres 'prægning' på udsætningsvandløbet er, da det er vigtigt, at ørrederne ikke vandrer ind i andre vandløb (strejfer), hvor de potentielt kan påvirke den genetiske oprindelse og dermed lokale tilpasning af vandløbets egen ørredbestand. Herunder hører også diskussionen om domesticerede *kontra* F1-fisk, og hvor godt de klarer sig i forhold til vilde ørreder, der er opvokset i vandløbet. Disse overvejelser er væsentlige, fordi en alternativ brug af ressourcerne eventuelt kunne give et bedre fiskerimæssigt resultat i form af flere fangster og samtidig forbedre de biologiske forhold i vandløbene. F.eks. kunne midlerne anvendes til vandløbsrestaurering, som dermed kunne skabe en større naturlig produktion (som i modsætning til udsætninger ikke kræver en fortsat årlig udgift) og som heller ikke har problemstillingerne omkring strejfnings.

Størrelse og alder ved udsætning

Ved udsætningsforsøg er det generelt større fisk der har den største overlevelse og genfangst (f.eks. Berg & Berg 1987, Kallio-Nyberg et al. 2007, Finstad og Jonsson 2001). Til en vis grad synes dette at skyldes, at større fisk bedre tåler mærkning end mindre fisk (Berg og Berg 1987). Kallio-Nyberg et al (2007) finder, at overlevelsen ved udsætning i vandløb ikke øges yderligere, når fiskene er over 23 cm. Det samme er fundet af Eriksson (1991) for laks udsat i havet.

Pedersen et al. (1995) fandt en bedre overlevelse hos ældre og større ørred sammenlignet med yngre og mindre ørreder i samtidige udsætninger. Således var der dobbelt så stor overlevelse hos 2-års ørred med gennemsnitslængde 25,1 cm end hos 1-års med længde 19,7 cm udsat direkte i saltvand. Det var dog ikke muligt at adskille effekten af alder og størrelse i undersøgelsen.

For laks har et norsk forsøg vist, at der var højere genfangst (som grilse) af 2-års sammenlignet med 1-års laks (med ens størrelse). Lignende resultater er fundet for ørred, men effekten af alder kan her ikke skilles fra størrelse (Finstad og Jonsson 2001).

F1 vs Domesticerede udsætninger

Sammenligning af genfangster af F1 og domesticerede fisk viser varierende resultater. Glüsing og Rasmussen (1996) finder i fire af syv sammenlignelige forsøg højere genfangst af domesticerede fisk end afkom af vildfisk. Der er dog et vigtigt forbehold. Størrelsen på fiskene afviger i de fleste forsøg ved at de domesticerede er større. Derved vil man, alene ud fra størrelsen, forvente en højere genfangst af de domesticerede. I ét forsøg er der højere genfangst af afkom af vilde og i to forsøg er der ingen forskel. Der er også tale om en række forskellige domesticerede stammer, hvor stammen fra Hårkær dambrug i Vestjylland (som er den primære stamme, som er blevet brugt ved udsætningerne i Danmark) er med i to forsøg, hvor der enten ikke er forskel, eller hvor afkom af vildfisk genfangses i højere grad end Hårkær stammen. I forhold til genfangst kan det derfor konkluderes, at domesticerede ørred er lige så gode, eller bedre, end F1-ørred. Dette resultat skyldes formentlig fiskenes størrelse og tilvæning til damkultur i højere grad end den genetiske baggrund. En anden undersøgelse, hvor fiskene blev opdrættet under ens forhold og mærket med elektroniske mærker ved udsætning viste, at F1-ørreder overlevede lige så godt, eller bedre end, afkom af domesticerede ørreder under passage gennem vandløb, til trods for at F1-ørrederne var mindre ved udsætning (Aarestrup et al. 2000).

F1 vs Vilde fisk

Sammenligning mellem F1 og vilde ørred er tidligere foretaget i Kolding Å og Karup Å. I Kolding Å viste undersøgelsen, baseret på 9.000 Carlin-mærkede F1-smolt udsat over en treårig periode fra 2002-2004 (3.000 stk. hvert år), at der i alt blev indrapporteret genfangst af 3,9 % af fiskene ved lystfiskeri frem til 2008. Den relative andel af smolt, der udvandrede og vendte tilbage til vandløbet var højere for vilde (gennemsnitligt 2,13 %), end for udsatte F1-smolt (gennemsnitligt 0,86 %) (beregnet på basis af elfiskeri af opgangsfisk i vandløbet). Sandsynligheden for, at en vild smolt overlevede opholdet i saltvand og vendte tilbage som gydefisk, var således 2,5 (2,3 – 2,7; 95 % C.L.) gange højere end for udsatte F1-smolt (Ravn et al 2019). Ydermere viste resultaterne, at andelen af vilde ørreder, der senere vendte tilbage til vandløbet som flergangsgydere, var ca. 55% højere sammenlignet med de udsatte F1-smolt. Der blev ikke beregnet en absolut overlevelse, men den gennemsnitlige genfangst fra udsætningerne af smolt var 5,0 % (2,3 – 8,9 %). En stor del af genfangsterne blev gjort nederst i Kolding Å kort tid efter udsætning – frasorteres genfangster de første måneder efter udsætning er den totale genfangst 73 ørred (<1 %), hvoraf blot 10 var over mindstemålet.

I Karup Å findes der direkte sammenlignelige resultater af både F1, domesticerede og vilde smolt fra åen i samme år (Pedersen 2006, Pedersen et al. 2006). Resultaterne viste overordnet, at der ikke var signifikant forskel på andelen, der blev genfanget af de tre typer af smolt (gennemsnitligt ca. 1,3-1,9 %; min 0 % og maks. 3,4 %). Derimod var der klart forskel på, hvornår ørrederne blev genfanget. Således var halvdelen af de vilde smolt fra åen genfanget efter gennemsnitligt 451 dage, mens de tilsvarende tal for ørrederne med dambrugsbaggrund (domesticerede og F1) var hhv. 161 dage og 272 dage, hvilket alt andet lige viser, at vilde fisk var større ved genfangst.

Karup Å forsøgene viste en betydelig forskel mellem de enkelte typer af smolt, i forhold til hvor genfangsterne fandt sted, i vandløbet inden udvandring, i havet eller tilbage i åen som voksne havørred. Knap 30 % af de genfangede vilde ørredsmolt blev fanget i vandløbet som voksne havørred og herudover blev knap 38 % fanget i havet under opvækst. De tilsvarende tal for F1-smolt var knap 10 % genfanget tilbage i vandløbet og knap 32 % under opvækst i havet, mens kun 3,6 % af genfangsterne af de domesticerede ørreder skete som havørreder i åen og herud

over godt 7 % i havet. Samlet betyder det, at genfangstprocenterne som havørred var signifikant forskellige mellem de tre grupper, hvor vilde smolt havde den højeste genfangstprocent (1,1%), efterfulgt af F1 (0,6%) og domesticerede ørred (0,2%).

Dette hænger sammen med andelen af genfangsterne i vandløbet inden udvandring (vilde smolt: 27 %, F1-smolt: 46 %, domesticerede smolt: 64 %). Sammenlignet parvis var der dog kun statistisk signifikant forskel mellem vilde smolt og smolt af dambrugsstamme.

Endelig viste resultaterne, at vilde smolt, der senere blev genfanget som voksne havørred i åen, blev fanget længere oppe i vandløbet (og altså nærmere de vigtigste gydeområder), end ørreder opvokset i dambrug, uanset om det var domesticerede eller F1.

Udsætningstidspunktets betydning

I en række vandløb, hvor DTU Aqua har lavet forsøg med både vilde og udsatte F1-ørred i samme sæson, ses generelt en god overensstemmelse mellem udvandringsadfærden hos vilde og udsatte ørredsmolt, når de opdrættede fisk er udsat i god tid før hovedudvandringsperioden for de vilde smolt. Dette gælder både i forhold til den overordnede timing samt i relation til effekter af vandføring og temperatur (Aarestrup et al 2002; Geertz-Hansen et al 2014; Schwinn 2018). Målet med flere af de tidligere udsætningsforsøg har været at afklare betydningen af udsætningstidspunktet for smoltenes overlevelse. I Gudenåen er der foretaget udsætningsforsøg med ørred i 1980'erne og 1990'erne. Resultaterne fra 1980'erne viser ikke umiddelbart noget klart billede af betydningen af tidspunktet, mens der i 1995 var tendens til at andelen af genfangster (relativt) fra udsætninger i april var lavere sammenlignet med marts måned (Pedersen og Rasmussen 2004). Resultaterne fra Gudenåen tillader dog ikke, at der kan generaliseres eller konkluderes yderligere omkring betydningen af udsætningstidspunktet for smoltenes overlevelse, idet udvandringen ikke er fulgt detaljeret.



Ørredsmolten ændrer udseende og adfærd under smoltificering.

I Geels Å på Fyn blev der gennemført udsætningsforsøg i 2012 og 2013 for at sammenligne udvandringen hos udsatte ørredsmolt (F1) fra forskellige danske opdrætsanlæg i forhold til udsætningstidspunktet (Geertz-Hansen et al. 2014). I 2012 blev 1-års smolt fra Lundby, Hvilested og Elsesminde Dambrug udsat i Geels Å med ca. 14 dages mellemrum fra midt marts til midt maj. Resultaterne viste stor variation i udvandringssraten mellem de udsatte smolt fra de forskellige opdrætsanlæg og i relation til udsætningstidspunktet. Overordnet set havde smoltene fra Lundby den højeste udvandringssrate (47 % af de udsatte smolt vandrede mod havet) i forhold til fiskene fra Hvilested (14 %) og Elsesminde (23 %). Udvandringen af smoltene fra Lundby var afhængig af udsætningstidspunktet: Udsætningen i midt april resulterede i den højeste udvandringssrate (78 %), mens de laveste udvandring blev fundet ved den første (38 %) og sidste (20 %) udsætning i henholdsvis midt marts og midt maj. Derimod var der ikke nogen klar sammenhæng mellem udsætningstidspunktet og udvandringssraten for smoltene fra Elsesminde. For smoltene fra Hvilested var udvandringssraten ved den sidste udsætning i midt maj væsentligt lavere sammenlignet med to tidligere udsætninger i sæsonen.

I 2013 blev domesticerede ørredsmolt fra Vork Dambrug tilføjet til udsætninger, udover smolt fra Lundby, Hvilested og Elsesminde Dambrug. Smoltene blev udelukkende udsat i april med ca. 14 dages mellemrum (dvs. primo, medio og ultimo april). I modsætning til 2012 var udvandringssraten af smoltene fra de forskellige opdrætsanlæg mere ensartet og nogenlunde sammenlignelig mellem udsætningstidspunkterne. Overordnet set udvandrede 42 til 59 % af de udsatte smolt fra de forskellige opdrætsanlæg.

Samlet set viser resultaterne fra undersøgelsen i Geels Å stor år-til-år variation i udvandringssraten, både mellem smoltene fra de forskellige opdrætsanlæg og i forhold til udsætningstidspunktet i sæsonen. I begge undersøgelsesår ophørte udvandringen af de udsatte smolt i første halvdel af maj. Udvandring af de vilde ørredsmolt i Geels Å ophørte ligeledes i begyndelsen af maj og var størst de sidste to uger af april. Det skal også bemærkes, at de udsatte smolts opholdstid i Geels Å før vandringen mod havet var afhængig af udsætningstidspunktet. I både 2012 og 2013 var smoltenes opholdstid i vandløbet kortere desto senere de blev udsat i sæsonen. Udsætningstidspunktet kan derved være særligt vigtig i områder med høj prædationstryk, idet flere undersøgelser har vist en positiv sammenhæng mellem smoltenes opholdstid i vandløbet og risiko for prædation (Finstad & Jonsson 2001). Resultaterne antyder derfor, at det er mest hensigtsmæssigt at udsætte smoltene i vandløbene fra midten til slutningen af april, hvis fiskene skal forlade vandløbet hurtigt. Flere udenlandske undersøgelser viser også, at overlevelsen af udsatte smolt er størst, hvis de udsættes i perioden, hvor den naturlige smoltudvandring sker (Finstad og Jonsson 2001).

Smoltifikationens betydning

Allerede inden udvandringen begynder fiskene deres fysiologiske tilpasning til livet i havet under ét kaldet *smoltificering*. Timingen af smoltifikationen styres overordnet af dagslængden. En indikator for, hvor godt fiskene er smoltificeret er $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$ aktiviteten i gællerne (gælleaktiviteten), hvor niveauet topper under udvandringen. En undersøgelse har vist, at andelen af udsatte ørredsmolt, der udvandrede var var størst, når de blev sat ud i præsmolt fasen (fasen, hvor fiskene endnu ikke er fuldt smoltificeret) eller i selve smoltfasen, mens smolt der blev udsat senere vandrede i mindre grad (Aarestrup et al. 2000).



Ørredsmolt gennemgår en række fysiologiske ændringer, når den smoltificerer.

Smoltifikationsgradens udvikling over tid for forskellige danske ørredstammer i opdræt blev undersøgt af Nielsen & Madsen (1999), der fandt, at fiskenes farve især i slutningen af smoltperioden ikke gav noget godt mål for fiskenes evne til at regulere saltindholdet. Det gjorde derimod $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$ aktiviteten i gællerne og såkaldte *saltvandstests*. Forfatterne viste, at smoltifikationen toppede tidligere end forventet hos både domesticerede og F1-fisk og anbefalede, at udsætning sker senest i slutningen af marts eller starten af april for at ramme den optimale fysiologiske tilpasning hos flest mulig af de udsatte fisk.

Vandringsinitiering

Smoltvandringen hos laks og ørred initieres generelt af stigende vandføring og/eller temperatur (Solomon 1978, Aarestrup et al. 2000). Finstad og Jonsson (2001) konkluderede, at det bedste tidspunkt for udsætning er, når vandløbets vilde smolt vandrer. Undersøgelser viser, at udsatte smolt kan slutte sig til stimer af vilde smolt (og omvendt) og følge hinanden ud i havet. Dette kan eventuelt lede til en højere overlevelse formentlig på grund af prædatormætning (Hvidsten og Johnson 1993). Udsatte laksesmolt ser ud til at udvandre i takt med vilde laks (Jokikokko & Mantyniemi 2003). Det samme er vist for ørred i Hadsten Lilleå udsat før det vilde smoltudtræk skete (Aarestrup et al. 2002). Nedvandringsperioden for smolt af en given bestand er delvist genetisk bestemt og vil således variere mellem populationer (Aarestrup et al. 1999).

Udvandringstid på døgnet

Hansen og Jonsson (1986) sammenlignede udsætninger om dagen og natten, men fandt ikke forskel på overlevelsen (målt som antal gydefisk tilbage i vandløbet) ved de to udsætningsmetoder. Der var heller ikke statistisk signifikant forskel på overlevelsen for akustisk mærkede smolt ørredsmolt udsat henholdsvis dag eller nat i Roskilde Fjord (Maar et al. 2020, Jon Christian Svendsen, personlig kommunikation).

Vandtemperatur

Larsson (1977) konkluderede, at vandtemperaturen er den vigtigste faktor, hvis hurtig udvandring fra udsætningsvandløbet er afgørende for overlevelsen (som i Østersøområdet, hvor dødeligheden er vist at være større i vandløbet end i mundingsområdet og i havet). For laks i Østersøområdet anfører Larsson (1977) dog, at vandtemperaturer i intervallet 7-10 °C giver anledning til den højeste overlevelse. Nogenlunde samme interval er også observeret for ørredsmolt i Danmark (Aarestrup et al. 2002). I kolde eller varme år kan andre faktorer have større betydning end vandtemperaturen. Ved en række undersøgelser af laks i Østersøen er det vist, at overlevelsen i havet er større desto større fiskene er, særligt i kolde år (Kallio-Nyberg et al 2006). De finder, at overlevelsen generelt varierer med temperaturen i havet i maj måned, men at der er et relativt stort temperaturinterval (4 - 16 °C), hvor udsætning kan lykkes. Jonsson & Jonsson (2009) fandt, at overlevelsen af ørredsmolt var negativt korreleret med havtemperaturen i februar måned. Generelt må det forventes, at lokal tilpasning kan påvirke udtrækstidspunktet. I Norge er det vist, at forskellige bestande af laks trækker ved forskellig vandtemperatur i vandløbet, men til gengæld, at de ofte rammer havet ved nogenlunde samme temperatur, pga. forskel i afstand til havet og dermed forskel i tid, det tager at nå havet. Det optimale temperaturområde for udsætninger afhænger derfor sandsynligvis af de enkelte vandløb/stammer og skal muligvis bestemmes empirisk.

Samlet kan det konkluderes, at udsætningstidspunktet og fiskenes smoltifikation har betydning for deres villighed til at vandre ud af vandløbene. Det er givet, at smoltene ikke skal sættes for sent ud, men samtidig er det vanskeligt at ramme det helt optimale tidspunkt. Udsætning i god tid før normal udvandring vil tillade, at fiskene ikke er stressede og kan følge egen rytme og eventuelle vilde smolt ud i havet. Til gengæld kan et længere ophold i vandløbet muligvis give ophav til større tab af fisk i vandløbet før udvandring og muligvis en større konkurrence med vilde ørreder.

Strejfrater

Sammenhængen til homing til oprindelsesvandløbet er et særkende hos laks og ørred, så er det ikke alle individer, der vender tilbage til oprindelsesvandløbet. De, som ikke finder tilbage til oprindelsesvandløbet og vandrer til et "fremmed" vandløb, kaldes typisk for strejfrater. Strejfrate defineres her som andelen af fisk, der vandrer op i et andet vandløb end oprindelsesvandløbet. Andelen af fisk, der strejfer kan variere mellem bestande og udsætninger. Det betyder ikke nødvendigvis, at fiskene har reproduktiv succes i vandløbet de strejfer til (som det kræves for at have en genetisk påvirkning af bestanden i vandløbet), men kan være fisk, der i en kortere eller længere periode opholder sig i vandløbet uden at gyde (Degerman et al. 2012). Derimod er andelen af de overlevende fisk, der ikke vender tilbage til udsætningsvandløbet, en vigtig faktor i forhold til at afgøre, hvor stor risikoen er for genetisk "forurening" af andre bestande. Den reproduktive succes hos udsatte laksefisk er beskrevet som meget reduceret i konkurrencen med vilde fisk (Fleming and Petterson 2001). Det betyder dog ikke, at udsætninger er uden risiko, dels fordi det kan dreje sig om relativt mange opdrætsfisk (pga. udsætningsmængderne), og dels fordi udsætningsfiskenes gener kan blive introduceret, hvis de indgår i støtteopdræt af den vilde bestand, ved at de bliver forvekslet med vilde fisk under elfiskeri og hjemtages til avl.

For at home til udsætningsvandløbet, hvor fiskene sættes ud, skal de være i smoltstadiet ved udsætning. Dette skyldes, at prægningen, der gør, at de vender tilbage, typisk foregår i dette stadium. Graden af homing er generelt fundet at afhænge af bl.a. udsætningsposition og tidspunkt for udsætning (Finstad og Jonsson 2001). Udsætningsforsøg viser varierende strejfrater.

Vilde ørred fra Karup Å havde en bedre homing til vandløbet end domesticerede ørred (Pedersen et al 2006, Pedersen 2006). Resultater fra Polen viser en høj strejfrate hos udsatte ørredsmolt (20 – 100% af genfangsterne fra udsætninger i mindre vandløb gjort i ferskvand). Strejfningsraten skete til forholdsvis nærtliggende vandløb, men langt de fleste af strejferne blev fanget i et enkelt stort vandløb forholdsvis tæt på udsætningsvandløbene, der har stor indvandring af havørred (Vistula) (Debowski og Bartel 1995). Omvendt var der næsten ingen af ørrederne udsat i Vistula, der strejfedes. Varierende strejfrater er også fundet hos laks. I Norge fandt Hvidsten et al. (1994) betydelig strejfningsrate mellem vandløb hos opdrættet laks (14 – 19 %), uafhængigt af udsætningsposition i vandløbet. Et noget lavere niveau for strejfningsrate fandt Isaksson et al. (1997) på Island med ca. 4 % af udsatte laks (sea ranching), der strejfedes, overvejende til nærtliggende vandløb. Det er altså sandsynligt, at der sker en del strejfningsrate fra mundingsudsætningerne. Undersøgelser, hvor der indgår specifikke mærkninger af fiskene kan afgøre graden af strejfningsrate fra udsætningerne.

Op gennem 90'erne er der foretaget en del mærkningsforsøg (Carlin-mærker) i forbindelse med mundingsudsætninger. Hovedparten af disse er foretaget med domesticerede fisk. I Gudenåen blev der foretaget en del forsøg i to perioder mellem 1987-1989 og 1993-1996 (Pedersen og Rasmussen 2004). Genfangsterne i de enkelte delforsøg var mellem 0,1 og 7,2 % af udsætningerne. I disse forsøg indgår sammenlignelige udsætninger nær selve å-mundingen (Randers) og udsætninger ved udmundingen af Randers Fjord (Udbyhøj). En opgørelse med hensyn til genfangstlokalitet for disse to grupper viser i alt 152 genfangede (1,9 %) ud af 8.036 domesticerede ørredsmolt udsat ved Randers (altså som mundingsudsatte smolt), hvoraf 6 af de 152 (4 % af genfangsterne, 0,07 % af de udsatte ørreder) blev genfanget i fremmede vandløb. Ud af genfangsterne i ferskvand blev 9,6 % gjort i andre vandløb end Gudenåen. Tilsvarende blev der genfanget 204 (3,2 %) ud af i alt 6.463 smolt udsat ved Udbyhøj (som i denne forbindelse mest kan betragtes som en kystudsætning). Heraf blev en enkelt fisk genfanget i et fremmed vandløb (0,5 % af genfangsterne og 0,02 % af totaludsætningen).

I 1987-89 var udsætningerne på de forskellige lokaliteter direkte sammenlignelige. Udsætningerne forgik 1. som mundingsudsætning, 2. ved Udbyhøj, hvor fiskene var flådet gennem fjorden og 3. på kysten ved Lystrup Strand ca. 13 km sydøst for udmundingen af fjorden. For alle tre grupper gælder, at næsten alle genfangsterne skete i havet eller i Randers Fjord. Fra udsætningerne i å-mundingen blev 0,26 % genfanget i ferskvand, heraf 89 % i selve Gudenåen, og herudover 0,49 % i Randers Fjord. Fra udsætningerne ved Udbyhøj blev 0,06 % fanget i ferskvand (ingen i Gudenåen), og herudover 1,12 % i Randers Fjord. Fra kystudsætningen var der ingen genfangster i ferskvand, men 0,7 % af de udsatte smolt blev genfanget i Randers Fjord.

Fra udsætningerne i Karup Å blev der ud af 2.973 udsatte domesticerede ørred, kun registreret tre genfangster af havørred i vandløb (to i Karup Å og én i den nærliggende Trend Å). Tallene vurderes at være for spinkle til at kunne generalisere, men indikerer, at antallet af fisk, der vandrer op i fremmede vandløb er begrænset. Da der samtidig var tale om domesticerede smolt, kan undersøgelserne ikke direkte sammenlignes med de nutidige udsætninger af F1-fisk. Vilde smolt har typisk en lavere strejfrate end mundingsudsatte smolt (Bertmar 1979, Berg og Berg 1989, Pedersen et al 2006, Pedersen 2006). Men relativt høje strejfrater er også vist hos vilde ørred. På Bornholm er der f.eks. konstateret en del strejfningsrate mellem vandløbene hos vilde fisk mærket på gydevandring (Larsen 1970) og dette resultat er senere underbygget ved genetiske undersøgelser (Østergaard et al. 2003), som viste begrænset forskel imellem de bornholmske

ørredbestandene. Det samme gør sig gældende i Villestrup Å, hvor ca. 20 % af tilbagevendende fisk blev registreret i den mindre, men nærliggende Kastbjerg Å (Del villar-Guerra 2014).

Inden for vandløb har udsætningspositionen betydning for, hvor tilbagevendende fisk bliver genfanget. Hvidsten et al. (1994) viste, at genfangstpositionen i vandløbet var afhængig af udsætningsstedet, og det samme er observeret hos anadrome regnbueørred (Slaney et al. 1993). Udsætninger af ørred i Karup Å viste, at genfangstpositionen i vandløbet også er afhængig af udsætningsstedet, således at smolt udsat nedstrøms også blev genfanget længere nedstrøms (Glusing og Rasmussen 1996, Pedersen et al 2006). I forhold til "genetisk forurening" kan udsætningerne langt nedstrøms derfor både være en fordel (fordi fiskene umiddelbart ikke trækker så langt op), men muligvis også en ulempe (fordi de alt andet lige ikke præges så meget på vandløbet). Valget kompliceres af, at talrige svenske forsøg viser en betydelig lavere genfangst hos smolt udsat i større vandløb med længere afstand til havet, sammenlignet med smolt udsat ved munden eller i havet (Larsson 1977), sandsynligvis som følge af prædation på smoltene under nedvandring. Til gengæld ved man intet om, hvad ørreder der vender tilbage til et vandløb helt uden gydemuligheder foretager sig. Spørgsmålet er, om tilbagevendende modne havørred vandrer ud i havet igen og eventuelt finder et andet vandløb med bedre gydemuligheder. Et eksempel på relativt nye udsætninger i et vandløb uden gydemuligheder er de knap 7.000 Carlin-mærkede F1-ørred i Syltemade Å i 2010-11 (Thomsen 2013). Der er kun rapporteret to genfangster af de Carlin-mærkede fisk i alt, begge fra saltvand og ingen fra ferskvand. Det kunne indikere, at problemet med strejning er relativt lille. En meget stor del af de udsatte fisk antages i øvrigt at være præderet af skarv (estimeret til minimum 30% fra én skarvkoloni på basis af samtidigt udsatte PIT-mærkede fisk). Denne problemstilling var stort set ikke eksisterende tilbage i tiden og er endnu en faktor, der vanskeliggør brug af tidligere tiders udsætninger til vurdering af udkommet af nuværende udsætninger.

Mundingsudsætningerne foretages normalt nederst i vandsystemerne (typisk ved nederste vejbro). Dette sker ud fra rationale om, at smolten præges til det vandsystem, de udsættes i. Ved kønsmodning vil fiskene fortrinsvis søge tilbage hertil, hvilket reducerer fejlvandringen sammenlignet med udsætninger direkte på kysten (hvor alle ferskvandsfangster i princippet er fejlvandret, fordi de ikke har et "hjemvandløb").



Udsætning af ørredsmolt foregår ofte fra tankvogne og tæt ved vejbroer.

Danske kystudsætningsforsøg af ørredsmolt viser, at det er et begrænset antal af de udsatte fisk, der genfanges i ferskvand. Således blev der ved udsætning af 3.043 mærkede smolt i Aarhus bugten, kun genfanget to i vandløb (ud af 129 genfangster (1,6 %), 0,07 % af antal udsatte) (Glüsing og Rasmussen 1996). Ligeledes var det kun tre af 267 genfangster (1,1 %) fra udsætning af 4.953 (0,01 % af total) mærkede kystudsatte ørreder på Sydfyn, der blev genfanget i vandløb, og disse var alle fra et lokalt vandløb (Pedersen og Rasmussen 1997). To af de tre genfangster kom fra en udsætning i oktober måned. I Limfjorden var ferskvandsfangsterne noget højere. På basis af 19.620 udsatte smolt ved Hvalpsund blev 8,5 % af genfangster gjort i ferskvand (i 18 forskellige vandløb i selve Limfjorden og to udenfor (1,5 % af i alt 19.620 udsatte) (Pedersen et al. 1995).

Fiskeritrykkets betydning

Det er vigtigt at være opmærksom på, at opgørelsen af fejlvandringer er meget afhængig af fisketrykket generelt, herunder fisketrykket i vandløbene. Hvis der ikke sker fiskeri i vandløbene, vil der typisk heller ikke blive indrapporteret fund eller fangst af mærker fra ferskvand, når klassiske mærkningsmetoder som f.eks. Carlin-mærkning bruges. Det samme gælder fiskeriet i havet. Der er klare indikationer på, at havørredfiskeriet og dermed fangsterne har ændret sig. I de ældre forsøg blev en forholdsvis stor andel af ørreder fanget i havet i erhvervs- eller erhvervs-lignende redskaber (f.eks. monofil garn, men ikke fanget af erhvervsfiskere). I en række udsætningsforsøg i 1980'erne og starten af 1990'erne lå andelen af rapporterede genfangster i disse redskaber på 50-80 %. (Glüsing & Rasmussen 1996, Pedersen & Rasmussen 1997, Pedersen et al. 1995). For udsætningsforsøg i Gudenåen fandt Pedersen & Rasmussen (2004), at andelen af genfangster rapporteret fra erhvervsredskaber faldt fra ca. 50 % i starten af 1980'erne til ca. 25 % midt i 1990'erne. Samtidig viste en interviewundersøgelse fra 2011 (Sparrevohn et al 2011), at ca. 80 % af havørred fanges ved lystfiskeri. Medvirkende til faldet er formentlig ændrede regler, herunder 100 m garnfri zone og begrænsninger i antallet af garn for fritidsfiskere. Samlet er det dog uklart, hvordan det ændrede fiskeri vil påvirke andelen af registrerede strejfer og fordelingen mellem fisk fanget i henholdsvis salt- og ferskvand.

Overlevelse, udbytte og fangstandel

Generelt beskriver litteraturen, at overlevelsen er højere for vilde laksefisk end for domesticerede (Finstad & Jonsson 2001). Poole et al. (2003) og Rogan et al. (2002) fandt en 5 gange bedre overlevelse for vilde i forhold til udsatte laks i Burrishole, Irland. Tilsvarende, men lidt lavere tal, er også fundet for laks i Østersøen (Saloniemi et al 2004; Kallio-Nyberg et al 2004). Årsagerne til forskellene angives at være evnen til fødesøgning, evnen til at undgå prædation og forhold omkring udsætningen.

Der er beregnet overlevelse for udsatte domesticerede smolt for udsætninger direkte i Limfjorden ved Hvalpsund 1986-89 (Pedersen et al. 1995). Det beregnede antal fisk, der overlevede frem til en længde ≥ 40 cm varierede mellem 1,7 og 29,7 % med store variationer mellem de enkelte år (tallene er beregnet og altså ikke et udtryk for andelen af genfangster kun, hvor mange der forventes at have overlevet). En del af undersøgelserne bestod i sammenligning mellem direkte udsatte ørreder og saltvandstilpassede ørreder. Saltvandstilpassningen bestod dels i ophold i netbur min. 4 uger forud for udsætning, dels i forudgående fodring med foder med et forhøjet salthold. De forsinkede udsatte ørreder overlevede bedre end de direkte udsatte (26 % højere genfangst), men de var også konsekvent større (Se tidligere afsnit omkring størrelse). Der ikke var nogen signifikant effekt af fodringen med saltholdigt foder.

En anden måde at opgøre værdien af udsætningerne på er ved opgørelse af den fangede vægtmængde (hjemtaget antal fangede kilo fisk) og gerne i forhold til, hvor mange der fanges af lystfiskere (som jo betaler en stor del af udsætningerne). Det gennemsnitlige udbytte af ovennævnte udsætninger i Limfjorden var 116 kg pr 1.000 udsatte fisk (Pedersen et al 1995, 2000), heraf ca. 10 % fanget af lystfiskere (dog ca. 32 % for fisk over mindstemålet). I udsætningsforsøg på Fyn, hvor der er udsat domesticerede ørred og afkom af vilde (F1) (Pedersen & Rasmussen 1997), varierede udbyttet mellem 7,2 kg og 151,8 kg pr. 1.000 udsatte ørreder. Kun ved to af ni udsætninger var den fangede vægtmængde større end den udsatte vægtmængde.

Fra udsætninger i 1980'erne er der regnet på udbyttet en række steder (Glüsing og Rasmussen 1996). I Halleby Å og Suså er der beregnet et udbytte på mellem 5,3 og 76,7 kg pr 1.000 udsatte ørred (ca. halvdelen fanget af lystfiskere), mens det i Århus Bugt gennemsnitligt var 45,9 kg pr. 1.000 udsatte og i Isefjord 104,8 kg pr. 1000 udsatte 2-års ørred og 298,7 kg pr. 1000 udsatte 1-års ørred (begge steder blev ca. 1/3 genfanget af lystfiskere). En række af forsøgene sammenligner udbyttet fra domesticerede og F1-ørred. I hovedparten af forsøgene var der et større udbytte fra de domesticerede stammer (Glüsing og Rasmussen 1996). Således var der i fire af syv forsøg størst udbytte for de domesticerede ørred, i to forsøg var der ubetydelig forskel, mens F1-ørred i ét forsøg gav det største udbytte. Det skal bemærkes, at udbyttet blev beregnet for alle størrelser af fisk og altså ikke alene for havørred over mindstemålet. I adskillige af forsøgene var de gennemsnitlige vægte af ørrederne så små, at de fleste fisk har været langt under mindstemålet ved genfangst. De endelige konklusioner var, at der var en tendens til højere udbytte fra udsætning af de domesticerede fisk, men at dette muligvis skyldes fiskenes størrelse ved udsætning (domesticerede ørred var større i de forsøg, hvor udbyttet var størst), at domesticerede fisk er bedre tilpasset håndtering eller forhold på de enkelte dambrug.

Sammenlignelige undersøgelser af vilde smolt, F1 og domesticerede ørred i Karup Å i 1997-1999 viste ikke betydelige forskelle på andelen, der senere blev genfanget (gennemsnitligt ca. ca. 1,3 – 1,9 %), og der kunne ikke i sig selv påvises nogen forskel på overlevelsen mellem de tre grupper (Pedersen 2006, Pedersen et al. 2006). Den tidsmæssige fordeling af genfangsterne fra de tre grupper viser dog, at vilde ørreder overlever længere end både F1 og domesticerede, da halvdelen af de vilde ørreder var genfanget efter gennemsnitligt 451 dage, F1 efter 272 dage og domesticerede efter 161 dage.

Kombinerede resultater fra en række danske udsætningsforsøg, hvor mindst 80 % af genfangst-rapporteringerne indeholder oplysning om fiskenes størrelse (eller hvor oplysning om tidspunktet for genfangsten gør det muligt at beregne størrelsen), viser stor variation i andelen af genfangede fisk under mindstemålet (Tabel 1). Der er dog generelt en relativt stor andel, der er fanget som undermålsfisk og dermed relativt få genfangster af fisk over mindstemålet.

Tabel 1: Kombinerede resultater for danske udsætningsforsøg, hvor minimum 80 % af genrapporteringerne inkluderer oplysninger om fiskenes størrelse ved genfangsten. Resultater hentet fra Pedersen og Rasmussen 2004; Glüsing og Rasmussen 1996a, Glüsing og Rasmussen 1996b, Pedersen et al. 1995, Pedersen og Rasmussen 1997, Pedersen og Rasmussen 2000, Pedersen 2006, Ravn et al. 2019 & Maigaard 2008.

Udsætningsår	Antal udsatte smolt	Gennemsnitslængde v. udsætning (cm)	Genfangst procent	Andel under 40 cm (%)	Antal fisk fanget over 40 cm
1982	2894	21,6	3,2	86,5	12
1983	2995	20,7	4,6	90,4	13
1984	1994	23,6	5,9	85,3	17
1985	1974	21,3	3,3	32,4	44
1986	5812	17,8	19,8	95,0	57
1987	13964	17,9	9,0	74,0	328
1988	11840	18,8	9,5	77,0	259
1989	7773	20,0	10,3	45,6	434
1995	4588	20,0	0,5	15,4	16
2002	2997	19,2	3,7	54,1	51

I forhold til udbyttet af udsætninger har tidligere undersøgelser af danske udsætninger vist varierende udbytter, og ofte genfanges færre kilo end der sættes ud. Til gengæld skal man være varsom med direkte at overføre resultaterne til udsætningerne i dag, bl.a. på grund af ændringer i udsætningsmaterialet, udøvelse af fiskeriet og i prædationsniveauet (især fra skarv).

En tredje måde (og nyere måde) at undersøge udbyttet på er at opgøre, hvor stor en andel de udsatte fisk udgør af lystfiskeres fangst. Her får man ikke informationer om den samlede fangst, men om den andel af mærkede fisk, lokale lystfiskere fanger (som jo også primært er der, hvor udsætninger skal give et bedre fiskeri). Dette blev undersøgt i Isefjorden, hvor alle udsatte smolt (henholdsvis 96.800 og 95.800 stk.) blev mærket ved klipning af fedtfinnen i en periode på to år (2014-2015). Lokale lystfiskere indrapporterede herefter alle de ørred, de fangede samt om de var over mindstemålet og med eller uden fedtfinne i en årrække frem til 2018. På basis af de samlede indrapporterede og korrigerede fangster udgjorde fedtfinneklippede fisk 18,2 % af de samlede fangster (284 ud af 1.558), hvoraf 36,3 % (103 ud af 284) var over mindstemålet. Resultaterne fra undersøgelsen viste også, at de udsatte fisk, med enkelte undtagelser, indgår i fiskeriet over en periode på ca. to år inden de forsvinder - det første år som undermålsfisk og det næste år som målsfisk over 40 cm. Selvom tallene ikke siger noget om den samlede fangst hos lystfiskerne, viser det dog noget om, hvad man kan forvente at få ud af de udsatte smolt som individuel lystfisker. Isefjorden er et relativt lukket område og derfor hvor udsætninger erfaringsmæssigt skulle give flest genfangster.

Et tilsvarende forsøg blev lavet lokalt omkring Als. Her blev de udsatte fisk også fedtfinneklippet, og de lokale fiskere registrerede efterfølgende andelen af havørreder med og uden fedtfinne. Over de følgende tre år blev der samlet fanget 11 ud af 600 indrapporterede ørreder med manglende fedtfinne svarende til 1,8 % (Morten Ringive, personlig meddelelse).

Endelig skal nævnes et lokalt forsøg i Liver Å. Her fik alle udsatte smolt klippet fedtfinnen i 2007-2009 og igen i 2013-2015. Efterfølgende blev andelen af fedtfinneklippede moderfisk registreret ved elfiskeri efter moderfisk i åen. I 2015 blev der fanget 1-2 fedtfinneklippede moderfisk ud af 100. På intet tidspunkt har andelen af fedtfinneklippede fisk udgjort mere end 5 % af moderfiskene. Der blev dog ind imellem fanget fedtfinneklippede bækkørred i åen, hvilket indikerer, at en del af fiskene ikke forlader vandløbet (Emil Fuglsang, personlig meddelelse).

Forsøgene på Als og i Liver Å har efterfølgende fået lystfiskerne til at opgive mundingsudsætninger af smolt og koncentrere sig om vandløbsrestaurering og vandløbspleje.

Vandring i havet

Fiskenes vandring i havet er traditionelt undersøgt ved mærkning/genfangstforsøg. Dette gøres typisk ved at mærke de udsatte ørreder med Carlin-mærker, der indeholder oplysninger, som opfordrer til at indsende mærket med oplysninger mod at få en dusør. Metoden forudsætter, at mærkerne fra fangede fisk og mærket sendes tilbage med oplysninger om fangststed, tid og helst også længde og vægt. I senere år er der også foretaget undersøgelser med elektroniske mærker, såsom akustiske telemetrimærker, hvor et system af strategisk placerede loggere kan give viden om individuelle fisks adfærd uafhængigt af genfangst. En ny tredje metode er at bestemme oprindelsen genetisk, for eksempel ved at lystfiskere indsender en prøve af fisken, som herefter i et vist omfang kan anvendes til at bestemme det genetiske oprindelsessted, i hvert fald regionalt. Langt de fleste forsøg er lavet med de klassiske mærkning/genfangstforsøg. De er fortsat relevante, fordi de viser, hvor og hvor mange af fiskene, der fanges og samtidig giver de indirekte indblik i fiskenes vandring (ved som minimum at fortælle noget om fiskens nettovandring). Forsøgene siger dog intet om selve vandringsruten til genfangstområdet, ligesom denne form for opgørelse er afhængig af, at der sker et fiskeri (der bliver ikke indrapporteret fangede fisk fra et område, hvor der ikke fiskes). Der findes en del danske undersøgelser med Carlin-mærker, der undersøger vandringen hos udsatte domesticerede ørreder (med forskellig oprindelse) og også nogle resultater fra afkom af vildfisk.

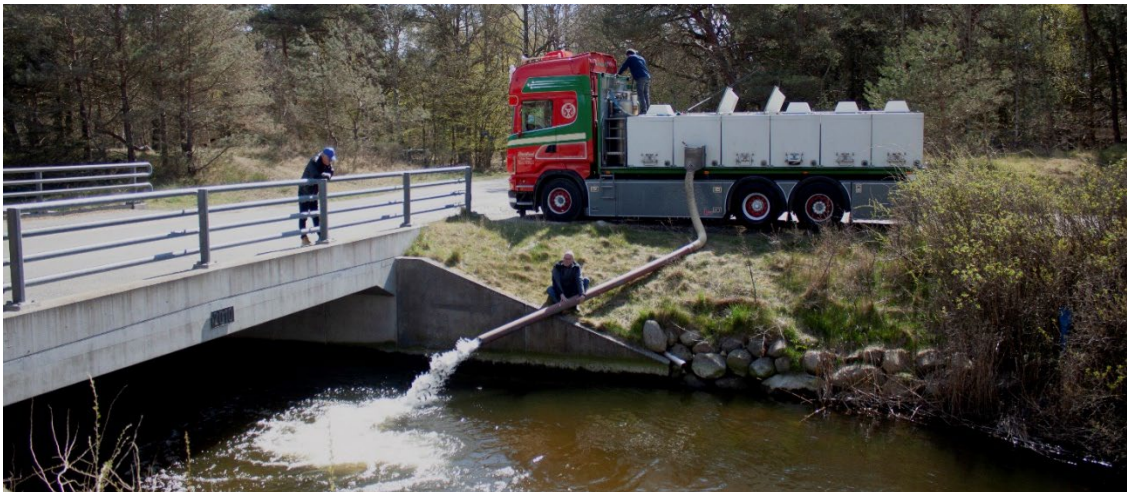
Som nævnt er der tidligere foretaget mange forsøg med udsætning af Carlin-mærkede domesticerede smolt. Generelt bliver domesticerede smolt overvejende fanget i udsætningsområdet (ofte som fisk under mindstemålet) med en mere eller mindre tilfældig spredning fra udsætningsstedet. I relativt lukkede områder, såsom Isefjord, bliver stort set alle fiskene genfanget i lokalområdet (Christensen 1967, Glüsing og Rasmussen 1996, Pedersen & Rasmussen 1997). Dette mønster bekræftes af forskellige mærkningsforsøg i Sverige og Finland. Længere vandrende genfangster af domesticerede ørred fra udsætninger på Jyllands Vestkyst viser, at generelt foregår der en bevægelse mod Skagerrak/Kattegat og en del fisk genfanges i den nordøstlige og østlige del af Skagerrak (i Norge og Sverige). Fra udsætningerne i Limfjorden og Jyllands Østkyst foregår vandringerne primært nordøst og øst op i Skagerrak og det nordlige Kattegat, men også med nogle vandring syd og sydøst mod det sydlige Kattegat og bælteerne (Kristiansen & Rasmussen 1993). Nogle af de tidligste udsætninger af F1-ørred (oprindelse fra Mørrum) udsat i Odense Å og Stavids Å resulterede i samme mønster som nævnt ovenfor med flest genfangster i Odense Fjord og andre genfangster spredt i de indre danske farvande (Pedersen & Rasmussen 1997). Udsætninger i Halleby Å og Suså af F1-ørred gav genfangster fra et mere vidtstrakt område end tilsvarende udsætninger med domesticerede ørred (Glüsing & Rasmussen 1996).

Der er foretaget mærkninger af vilde smolt i en række danske vandløb. Smolt fra østjyske vandløb og vandløb med udløb i Limfjorden (Karup Å, Simested Å, Hadsten Lilleå samt Villestrup Å) ser ud til at vandre nogenlunde ens i samme retning, hvis de forlader fjordene. En stor del vandrer sydover gennem Kattegat til området omkring og syd for øerne med enkelte fisk, der vandrer længere ind i selve Østersøen (Pedersen 2006; Pedersen unpubl.). Telemetriforsøg indikerer, at en andel af smoltene fra Villestrup Å bliver i Mariager fjord i flere måneder, mens ørrederne fra Hadsten Lilleå, Karup Å og Simested Å alle forlader fjordene ud i Kattegat inden for et par måneder efter udtrækket fra vandløbet (Del Villar et al 2014; Kristensen et al. 2018). Mærkninger af voksne ørred i Karup Å, Hadsten Lilleå, Villestrup Å og Rohden Å viser nogenlunde det samme vandringmønster med fisk, der forlader fjordene og vandrer sydover ned gennem de danske farvande. Fangsten af mærkede vilde ørreder fra Kolding Å var størst i nærområdet ved Kolding, men en betydelig del blev fanget hele vejen rundt om Fyn og i de indre farvande generelt, fortrinsvis sydpå ved den tyske nordkyst til og med Rügen samt en enkelt fisk øst for Bornholm. I Kolding Å blev ørreder mærket som smolt generelt fanget længere væk fra vandløbet end voksne mærkede havørreder (Rasmussen og Pedersen 2018, Ravn et al 2019). Resultaterne fra mærkningerne i Limfjorden modsvarer i nogen grad af genetiske analyser af ophav for havørred fanget ved lystfiskeri i Limfjorden. Her blev det konkluderet, at ørreder fra Limfjorden overvejende opholder sig lokalt i fjorden, i hvert fald det første år efter udvandring (Ruzante et al. 2004). Forskellen i resultatet kan dels skyldes forskellige måder at undersøge vandringen på, dels at der er forskel på vandringmønstret mellem forskellige stammer i Limfjorden. Nyere genetiske undersøgelser viser, at fisk fra Limfjorden fanges over et stort område i de indre danske farvande syd for Limfjordens udløb og dermed bekræfter, at en del af havørrederne forlader fjorden (Bekkevold pers. komm.). Hos havørredbestande i de norske fjorde bliver fiskene generelt i fjordene. I det sydlige Sverige viser ældre mærkningsforsøg (Svärdson og Fagerström 1982), at nogle havørredstammer vandrer langt og det samme gælder for polske havørreder fra Vistula (Bartel et al 2001, 2010). Som udgangspunkt er der derfor en del variation mellem forskellige bestande af vilde havørred i hvor langt og hvorhen de vandrer. Det indikerer, at den overordnede vandring er genetisk/epigenetisk betinget.

Optimeringer i opdrættet?

Samlet set har fiskenes oprindelse og hvordan de er opdrættet en betydning for, hvordan de vandrer ud af vandløbet og hvordan de senere klarer sig. Opdrættede fisk afviger typisk på en række punkter fra tilsvarende vilde individer – alene som følge af opdrættet som sådan. Opdræt har generelt en negativ effekt på den senere performance i naturen sammenlignet med vilde fisk (Weber & Fausch 2002; Huntingford 2004). De fleste studier viser, at opdrættede fisk har en højere grad af aggression end vilde fisk (både ørred og laks). Svenske studier har vist, at selve opdræt/sea-ranching processen påvirker adfærd (aggression) og dominans samt reaktionen overfor prædatorer (Dannewitz et al 2003, Johnsson et al 2014, Petersson & Järvi 2006, Sundström et al 2005). Blanchet et al. (2008) fandt, at der hos laks var morfologiske, genetiske og adfærdsmæssige ændringer allerede efter kort opdrættid. Den dårligere overlevelse i forhold til vilde fisk har naturligvis ledt til et ønske om at prøve at optimere udbyttet af udsætningerne. Der er en række faktorer i opdrætsprocessen, som man muligvis kan optimere for at øge udbyttet. Det gælder faktorer som tætheden af fiskene i opdrættet, om der er mulighed for skjul eller strømhastigheden i anlægget, hvor højere strømhastigheder "motionerer og træner" fiskene. Brockmark et al. (2010) fandt, at der var en klar positiv effekt af reduceret opdrættæthed på ørredernes evne til at finde føde og omstille sig til ny føde samt til at undgå prædatorangreb i et halv-naturligt vandløb. Overlevelsen over en 36 dages periode var dobbelt så høj hos

fisk opdrættet ved en tæthed, man finder i naturen i forhold til opdræt ved normal opdrættæthed. Ørrederne opdrættet ved en tæthed, man finder i naturen, voksede også hurtigere, både i opdrættet og efter udsætning, end ørreder opdrættet ved hhv. halvdelen af en normal opdrættæthed og normal opdrættæthed. Til gengæld var der ingen effekt af opdræt under normale vs komplekse/varierede forhold på den efterfølgende overlevelse (Brockmark & Johnsson 2010). Ørreder opdrættet ved lav tæthed udviste højere grad af dominans end ørreder ved normal tæthed. Lignende resultater er fundet hos laks, hvor fiskens vækst (også efter udsætning), kvalitet (finneskader) og overlevelse var påvirket af opdrættæthed (Brockmark et al. 2007, Larsen et al. 2016). Fysisk træning af udsætningsfisk gav ikke forøgede genfangster (Finstad og Jonsson 2001), men Skilbrei og Holm (1998) fandt, at udsatte laks, der havde fået motion under opvæksten, strejfede mindre og returnerede i højere grad til udsætningsstedet. Samlet kan det siges, at det til en vis grad er muligt at ændre forholdene i opdrættet, der fører til ændringer, som forventes at give de udsatte smolt en bedre chance for overlevelse, men samtidig vil dette øge produktionsomkostningerne så meget, at der næppe vil være økonomisk grundlag for at opdrætte udsætningsfisk på den måde. Alle opdrætsforanstaltninger til at forbedre fiskenes overlevelse efter udsætning, leder til en højere produktionspris for den enkelte fisk. I forhold til prisen pr. lystfiskerfangede udsætningsfisk er det således ikke nødvendigvis billigere at producere udsætningsfisk, hvor chancerne for overlevelse efter udsætning er optimeret som beskrevet.



Håndtering og udsætningslokalitet kan have betydning for, om udsætningen bliver en succes.

Håndtering og transportstress er påvist at have negativ indflydelse på overlevelsen hos laksesmolt (Hansen og Jonsson 1988). Laksesmolt vandrede bedre, hvis de efter transport havde en periode til at afstresse, inden de blev udsat, sammenlignet med fisk som blev sat ud direkte efter transport (Strand & Finstad 2007). Finstad og Jonsson (2001) fremfører, at der generelt er en negativ effekt af håndtering og transport, og en meget lang transport blev også påvist at have negativ effekt på overlevelsen. Specielt er der observeret en negativ effekt på fisk, der blev transporteret (Bartel et al 2001). Pedersen & Rasmussen (1997) fandt også forringet overlevelse for ørreder, der blev udsat ved Ærø sammenlignet med ørred udsat ved Svendborg og som altså havde en forlænget transporttid.

Prædationspres og ændringer i dette

Sælbestandene i de danske farvande har været stigende i de seneste årtier, og det er observeret flere steder, at sælerne nu vandrer langt op i vandløbene og jagter ørred. Sælerne er også observeret at samle sig omkring snævre områder, såsom sluser og mundingsområder. Men der

findes ikke nogen undersøgelser, der undersøger sælers eventuelle effekt på mundingsudsatte smolt. De seneste 20 år er det blevet tydeligt, at det store antal skarv i Danmark har større og større betydning for overlevelsen af både lakse- og ørredsmolt, både vilde og udsatte. DTU Aqua har igennem årene udført adskillige undersøgelser, der har dokumenteret dette. En opsummering af disse undersøgelser findes i Jepsen et al. (2019), hvor det fremgår, at skarverne alene æder i gennemsnit 47% af de udvandrende smolt. Undersøgelser af mundingsudsatte F1-smolt i fynske vandløb (Syltemade Å og Geels Å) viste en meget høj skarvprædation på disse fisk. Således blev der i Syltemade Å fundet en meget stor andel af PIT-mærkerne fra udsatte smolt i en nærliggende skarvkoloni (Thomsen et al. 2013). Skarverne jager desuden de overlevende ørreder på kysten i deres første år (indtil fiskene når en længde på ca. 50 cm) og kan også her reducere antallet af ørreder, inden de når mindstemålet. Det har vist sig, at skarverne er dygtige til at opdage, når der er blevet udsat fisk (numerisk respons). Selv en "spredt" udsætning i hele vandløbets længde vil ikke forbedre overlevelsen betydeligt, da skarverne siden de kolde vintre i 2009 og 2010 også fouragerer oppe i selv relativt små vandløb. Det har været foreslået at sprede udsætningerne over et stort areal direkte på kysten, men DTU's seneste undersøgelser (Niels Jepsen, personlig kommunikation) viser, at også ørreder udsat på denne måde i meget stort tal ender i skarvmaver.

5. Generelle betragtninger vedrørende udsætning i populationsgenetisk perspektiv

Anbefalinger med baggrund i populationsgenetiske betragtninger foreslår kun udsætning af opdrættede fisk baseret på afkom fra vandløbets egne vildfisk og kun hvor eksisterende populationer enten er i direkte fare for at forsvinde eller er så små, at der er fare for alvorlige tab af genetisk variation. Som eksempel kan nævnes de vestjyske laks. Disse udsætninger betegnes ofte som *conservation-udsætninger*. Deciderede fiskeri-udsætninger, som for eksempel Havørred Fyn projektet og Fiskeplejens mundingsudsætninger, har historisk set været den dominerende udsætningsform antalsmæssigt. Udsætninger er, som tidligere nævnt, ikke uden problemer. Derfor er den generelle anbefaling, at hvis og når bestande er selvreproducerende, skal de ikke være genstand for støtteopdræt og supplerende udsætninger. Grunden til, at man ikke generelt anbefaler udsætninger, som en metode til at opnå større fiskbare bestande er, at der findes en række potentielle negative konsekvenser af støtteopdræt, primært genetiske. Helt overordnet kan man sige, at jo større del af fiskens liv, der foregår uden for det naturlige miljø, desto større er de potentielle negative konsekvenser. Domesticerede ørreder stammer også oprindeligt fra vilde fisk, men effekten af mange generationer i dambrug har ændret bestandens genetiske sammensætning og derved reduceret deres værdi for "conservation" udsætninger.

Nedenfor er listet de vigtigste direkte negative genetiske konsekvenser af støtteopdræt, set i forhold til de vilde bestande af ørred. Den generelle konklusion fra en række videnskabelige undersøgelser her og i udlandet er, at selvom man forsøger at gøre så lidt skade som muligt, kan negative effekter over tid næppe helt undgås.

Selektive genetiske ændringer af bestandene

Når en ørredbestand udsættes for støtteopdræt, sættes en meget stor del af de naturlige udvælgelses- og tilpasningsmekanismer ud af spil. Det starter allerede ved indsamling af moderfisk, hvor det i praksis er meget vanskeligt at indsamle et repræsentativt udsnit af gydebestanden. F.eks. gyder ørreder i danske vandløb over en lang periode (oktober til februar) og der indgår både havørreder, bækørreder (herunder kønsmodne hanner på 10-15 cm - såkaldte dværg-hanner) i den naturlige gydning. I forbindelse med støtteopdræt vil man typisk samle havørred moderfisk ind ved en enkelt lejlighed, ligesom dværghannerne heller ikke indsamles og derfor opnås ikke et repræsentativt udsnit af gydepopulationen. Hertil kommer, at nogle vildfisk ikke modner under dambrugsforhold og således ikke kan afstryges. Efter afstrygning inkuberes æggene fra forskellige vandløb nogle gange i opdræt ved et temperaturregime, der adskiller sig væsentligt fra det naturlige i vandløbet. Dette kan være problematisk, da ørredbestande generelt er tilpassede deres hjemvandløbs temperaturregime (Jensen et al. 2008). Dette kan være et særligt problem i indendørs anlæg, hvis fiskene ikke tilpasses de årstidsmæssige udsving i temperatur og daglængde. Efter klækning udsættes larver og yngel for et miljø, der adskiller sig fra det naturlige miljø i vandløbet (f.eks. skjul, føde og sygdomspres). Derfor vil det i et vist omfang være forskellige fisk, der overlever og vokser godt i dambruget sammenlignet med i naturen.



Den vilde ørred og ørred opdrættet i dambrug lever i to meget forskellige miljøer.

Samlet set vil opdrætsprocedurer og dambrugsophold resultere i selektive genetiske ændringer af bestandene. Størrelsen af ændringerne og konsekvenserne er vanskelige at forudsige for de enkelte bestande. Men man ved for laksefisk generelt, at selv meget kort tid i dambrug (en generation) kan have alvorlige negative effekter på fiskenes evne til at klare sig i naturen f.eks. reproduktions-evnen (Araki og Schmid 2010).

Tab af genetisk variation

Princippet i støtteopdræt er grundlæggende, at man giver nogle fisk i bestanden en højere reproduktiv succes – mere afkom – end de ellers ville have fået i naturen. Det betyder, at et relativt begrænset antal fisk (de opfiskede moderfisk) kan blive forældre til en meget stor del af den samlede bestand af ungfisk fra de vandløb hvor udsætningerne sker. Dette vil medføre en reduktion i den "genetisk effektive bestandstørrelse" for ørredbestandene (såkaldt Ryman og Laikre effect, 1991), hvilket er bestemmende for graden af indavl og tab af genetisk variation. Den reelle effekt vil i høj grad afhænge af den reproduktive succes af de overlevende fisk fra udsætningerne. En reduktion i den effektive bestandstørrelse vil dog altid forekomme, uanset om de genetiske retningslinjer for støtteopdræt følges eller ej (<http://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/populationsgenetik>). Derfor vil et eventuelt støtteopdræt af ørreder formentlig generelt føre til et tab af genetisk variation og give større risiko for indavl i bestandene.

Genetiske overvejelser er kun nødvendige i det tilfælde, at udsætninger vedrører hjemmehørende arter. Et eksempel på udsætninger, hvor disse overvejelser er unødvendige, er for eksempel ved udsætning af regnbueørred. Det er tidligere forsøgt at udsætte regnbueørred, og det har generelt givet lige så gode eller bedre resultater end tilsvarende udsætninger af ørred. Til gengæld kan der være negative økologiske påvirkninger fra ikke-hjemmehørende arter, som ikke er omtalt her, men som også bør overvejes. En anden mulighed er at udsætte sterile ørred (dette kan typisk opnås ved en varmebehandling af æggene). Hvis fiskene, der udsættes, er sterile, vil de per definition ikke have nogen negative genetiske effekter. Problemer kan opstå, hvis ikke alle fiskene steriliseres ved steriliseringsprocessen og efterfølgende indgår i den naturlige gydning i vandløb.

6. Sammenfatning

Udsætning af ørred har en lang historie i Danmark. Praksis i forbindelse med udsætningerne har ændret sig en del gennem tiden, men alle udsætninger af fisk og skaldyr kræver tilladelse efter Fiskeriloven, der administreres af Fiskeristyrelsen, normalt efter rådgivning fra DTU Aqua. Der er normalt to forskellige typer af udsætninger, dels støtteudsætninger til svage bestande, dels udsætninger med det formål at forbedre fiskeriet. Mundingsudsætninger af smolt hører til den sidste kategori. For nuværende foretages der stort set kun mundingsudsætninger af smolt. Målet med mundingsudsætningerne er at optimere fiskeriudbytte og samtidig minimere eventuelle negative genetiske effekter via uhensigtsmæssig spredning af gener fra udsætningsfisk til vilde bestande. Udsætningerne har bestået af to forskellige typer opdrætsørreder, domesticerede - og F1-fisk. Sammenfattende har udsatte smolt fra opdræt vist meget varierende fangsttal, der afspejler både fiskematerialets egnethed til udsætning og mange andre forhold, herunder størrelse, alder og oprindelse af fiskene. Generelt og i forlængelse af arbejdstesen for fiskeplejen (selvreproducerende bestande, der kan tåle et vist fiskeri) anbefales det primært, at habitat- og miljøforhold generelt optimeres og at adgangen (især passage) til opvækst- og gydeområder sikres. Hvis bestandene er svage, anbefales det, at man regulerer fiskeriet og fiskeriet helt standses, hvis bestandene producerer væsentligt under den potentielle produktion. Udsætninger kan primært anbefales, når der er tale om "conservation-udsætninger" eller hvor der ikke er risiko for at der kan ske nævneværdig negativ påvirkning af de vilde bestande. "Conservation-udsætninger" er normalt udsætninger af så unge livsstadier som muligt. Man anbefaler, at disse finneklippes, så der evt. kan skelnes og fiskes selektivt på udsatte fisk.

Mundingsudsætninger kan således alene anbefales som deciderede fiskeriudsætninger, hvor risikoen for at påvirke de oprindelige vilde bestande er minimal. De steder i Danmark, hvor der er oprindelige vilde ørredbestande, vil mundingsudsætninger således ikke kunne anbefales, medmindre påvirkningen af disse vurderes at være minimal. Et område, hvor forbeholdene mod mundingsudsætninger er begrænsede, er visse steder på Sjælland, hvor der ikke findes vilde ørredbestande. Omkring Fyn, hvor det er dokumenteret, at der findes vilde ørredbestande, skal man være mere varsom med at foretage mundingsudsætninger. Uanset valget bør man i alle tilfælde nøje overveje fordele og ulemper ved udsætningen samt i fald det besluttet at udsætte, overveje hvad der kan gøres for at minimere eventuelle negative påvirkninger af de eksisterende vilde bestande. Gennemgangen af den eksisterende tilgængelige viden på området har vist en række områder, hvor der mangler viden i forhold til de nuværende udsætninger. På baggrund af ovenstående gennemgang følgende anbefales:

- Såfremt man ønsker at udsætte smolt, bør de fedtfinneklippes. Dette kan anvendes til at opgøre, hvor stor en andel de udsatte fisk udgør af fangsterne samt minimere risiko for at udsatte fisk inddrages i avlen. Endvidere giver det lystfiskeren mulighed for at vælge, hvilke ørred (udsatte eller vilde) der hjemtages.
- Generelt bør udsætninger af smolt følges op med regelmæssige undersøgelser af overlevelse og effekt på fiskeriet samt tilbagevending til udsætningsvandløbet og strejfrater.
- For at vurdere eventuelle muligheder for optimering af udbyttet og/eller minimering af negative effekter kan det overvejes at lave en række opfølgende undersøgelser i forbindelse med det nuværende udsætningspraksis:

- Sammenlignende undersøgelser af udbytte af hhv. 1-års og 2-års fisk.
- Sammenligne tidlig udsætning med udsætning foretaget under det vilde smolt-udtræk.
- Sammenlignende udsætning i hhv. relativt lukkede områder (fjorde) og på åben kyst.
- Sammenligne udsætninger i områder med hhv. høj og lav prædation.
- Undersøge forskel i smoltificeringsrate mellem udendørs- og indendørsopdræt.

Derudover kan der under natur- og autensitetmæssige hensyn overvejes at vurdere følgende:

- domesticerede vs F1-udsætninger
- kyst- vs mundingsudsætninger
- udsætning af hhv. ørred vs regnbueørredsmolt
- udsætningspotentiale af sterile ørreder.

I forhold til vandløb uden egenproduktion er det fortsat uafklaret, om tilbagevendende udsatte gydemodne fisk søger andre steder hen, hvis de ikke finder egnede gydesteder i udsætningsvandløbet. Dette bør der også arbejdes på at skabe klarhed over.

Referencer

- Aarestrup, K., C. Nielsen, et al. (2000). "Relationship between gill Na super(+), K super(+)-ATPase activity and downstream movement in domesticated and first-generation offspring of wild anadromous brown trout (*Salmo trutta*)." Canadian journal of fisheries and aquatic sciences Ottawa ON **57**(10): 2086-2095.
- Aarestrup, K. & Koed, A. (2000) Laksefisk i vandløbene - produktion og fremtidsperspektiver. Miljø og Vandpleje 26, 13-15.
- Aarestrup, K., Jepsen, N., Rasmussen, G., & Okland, F. (1999). Movements of two strains of radio tagged Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts through a reservoir. Fisheries Management and Ecology, 6(2), 97-107.
- Aarestrup, K., Nielsen, C. & Koed, A (2002) Net ground speed of downstream migrating radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) smolts in relation to environmental factors. Aquatic Telemetry 95-102.
- Araki, H. & Schmid, C. (2010). Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. Aquaculture 308, 2-11.
- Bartel, R., E. Ikonen, et al. (2001). "Differences in migration pattern and growth of Polish and Finnish sea trout (*Salmo trutta* L.) released in the same areas." Archiwum rybactwa polskiego/Archives of Polish fisheries. Olsztyn [Arch.Pol.Fish./ Arch.Ryb.Pol.]. **9**(1): 105-122.
- Bartel, R., Pachur, M., & Bernas, R. (2010) Distribution, migrations, and growth of tagged sea trout released into the Vistula River. Arch. Pol. Fish., **18**, 225-237.
- Blanchet, S., D. J. Paez, et al. (2008). "An integrated comparison of captive-bred and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*): Implications for supportive breeding programs." Biological Conservation **141**: 1989-1999.
- Bohlin, T., C. Dellefors, et al. (1996). "Date of smelt migration depends on body-size but not age in wild sea-run brown trout." Journal of Fish Biology **49**(1): 157-164.
- Brockmark, S., B. Adriaenssens, et al. (2010). "Less is more: density influences the development of behavioural life skills in trout." Proc. R. Soc. B **277**: 3035-3043.
- Brockmark, S. and J. I. Johnsson (2010). "Reduced hatchery rearing density increases social dominance, postrelease growth, and survival in brown trout (*Salmo trutta*)." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **67**: 288-295.
- Brockmark, S., L. Neregard, et al. (2007). "Effects of rearing density and structural complexity on the pre- and postrelease performance of Atlantic salmon." Transactions of the American Fisheries Society **136**(5): 1453-1462.
- Carey, J. B. and S. D. McCormick (1998). "Atlantic salmon smolts are more responsive to an acute handling and confinement stress than parr." Aquaculture **168**(1-4): 237-253.
- Christensen, O. (1967). 5 års forsøg godtgør, at erhvervsfiskerne har størst fordel af ørredud-sætningerne. Dansk Fiskeritidende. (1967): 4 pp.
- Dannewitz, J., E. Petersson, et al. (2003). "Effects of sea-ranching and family background on fitness traits in brown trout *Salmo trutta* reared under near-natural conditions." Journal of Applied Ecology **40**(2): 241-250.
- Debowski, P. B., R. (1995). "Homing of tagged sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts released into Polish rivers." Archives of Polish Fisheries **3**(1): 107-122.

- Degerman, E., Leonardsson, K., & Lundquist, H. (2012) Coastal migrations, temporary use of neighbouring rivers, and growth of sea trout (*Salmo trutta*) from nine northern Baltic Sea rivers. *Ices Journal of Marine Science*, 69, 971-980.
- Del Villar-Guerra, D. (2014) "The marine life of sea trout (*Salmo trutta*). Aspects of their migratory behaviour and survival" PhD thesis Technical University of Denmark
- Eriksson, T. (1991). "Sea releases of Baltic salmon: Increased survival with a delayed-release technique." *American Fisheries Society Symposium* 10: 562-566.
- Finstad, B. and N. Jonsson (2001). "Factors Influencing the Yield of Smolt Releases in Norway." *Nordic Journal of Freshwater Research [Nord. J. Freshwat. Res.]* 75: 37-55.
- Finstad, B., M. Iversen, et al. (2003). Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in Norway, Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Finstad, B., F. Økland, et al. (2005). "Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system." *J.Fish.Biol.* 67: 919-930.
- Fleming, I. & Petterson, E. (2001). The Ability of Released, Hatchery Salmonids to Breed and Contribute to the Natural Productivity of Wild Populations. *Nordic J. Freshw. Res.* 75: 71-98.
- Geertz-Hansen, P., Koed, A. & Aarestrup, K. (2014) Migration hos opdrættede ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) i forhold til udsætningstidspunkt. Notat DTU-Aqua.
- Glüsing, H. and G. Rasmussen (1996a). Udsætningsforsøg med ørred, (*Salmo trutta* L.) i jyske og sjællandske vandløb. DFU-rapport nr. 21-96. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Glüsing, H., Rasmussen, G. (1996b). Mærkningsforsøg med ørred og regnbueørred i Århus Bugt og Isefjorden. DFU-rapport 13-96. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Hansen, L. P. and B. Jonsson (1986). "Salmon ranching experiments in the river Imsa: Effects of day and night release and of sea-water adaptation on recapture-rates of adults." *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm.* 63: 47-51.
- Hansen, L. P. and B. Jonsson (1988). "Salmon Ranching Experiments in the River Imsa - Effects of Dip-Netting, Transport and Chlorobutanol Anesthesia on Survival." *Aquaculture* 74(3-4): 301-305.
- Henriksen, P.W. 2012. Smoltudvandring fra Krobæk 2012. Næstved Kommune
- Huntingford, F. A. (2004). "Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes." *null* 65(s1): 122-142.
- Hvidsten, N. A. & Johnsen, B. O. (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.
- Hvidsten, N. A., T. G. Heggberget, et al. (1994). Homing and straying of hatchery-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., released in three rivers in Norway.
- ICES (2009). Report of the Study Group on Data Requirements and Assessment Needs for Baltic Sea Trout (SGBALANST): 97 pp.
- ICES (2010). Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST), 24–31 March 2010, St Petersburg, Russia. ICES CM 2010/ACOM:08. 253 pp.
- Jensen L.F, Hansen M.M., Pertoldi C, et al. (2008) Local adaptation in brown trout early life-history traits: implications for climate change adaptability. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 1653, 2859-2868.
- Jepsen, N., K. Aarestrup, et al. (1998). "Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration." *Hydrobiologia* 371-372(1-3): 347-353.
- Jepsen, N., Flávio, H., & Koed, A. (2019). The impact of cormorant predation on Atlantic salmon and sea trout smolt survival. *Fisheries Management and Ecology*, 26(2), 183-186.

- Jepsen, N., M. Christoffersen, et al. (2008). "The level of predation used as an indicator of tagging/handling effects." *Fisheries Management and Ecology* **15**: 365-368.
- Johnsson, J.I., Brockmark, S., and Näslund, J. 2014. Environmental effects on behavioural development consequences for fitness of captive-reared fishes in the wild. *J. Fish Biol.* **85**: 1946–1971.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2009) Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. *J. Fish. Biol.* **74**, 621-638
- Jokikokko, E. and S. Mantyniemi (2003). "The survival of stocked Atlantic salmon smolts during sea run and the timing of migration in the river Simojoki, northern Finland." *Aquaculture [Aquaculture]* **219**: 1-4.
- Kallio-Nyberg, I., J. Eero, et al. (2006). "Survival of reared Atlantic salmon and sea trout in relation to marine conditions of smolt year in the Baltic Sea." *Fisheries Research* **80**: 295-304.
- Kallio-Nyberg, I., E. Jutila, et al. (2004). "Association between environmental factors, smolt size and the survival of wild and reared Atlantic salmon from the Simojoki River in the Baltic Sea." *J.Fish.Biol.* **65**: 122-134.
- Kallio-Nyberg, I., I. Saloniemi, et al. (2007). "Effects of parental and smolt traits on the marine survival of released Atlantic salmon (*Salmo salar*)." *Aquaculture* **272**: 254-266.
- Koed, A., N. Jepsen, et al. (2002). "Initial mortality of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts following release downstream of a hydropower station." *Hydrobiologia* **483**(1-3): 31-37.
- Kristensen, ML., Birnie-Gauvin, K., & Aarestrup, K. (2018). Routes and survival of anadromous brown trout *Salmo trutta* L. post-smolts during early marine migration through a Danish fjord system - Estuarine, Coastal and Shelf Science 209, 102-109
- Kristensen ML, Pedersen MW, Thygesen UH, del Villar-Guerra D, Baktoft H, Aarestrup K. (2019) Migration routes and habitat use of a highly adaptable salmonid (sea trout, *Salmo trutta*) in a complex marine area. *Animal Biotelemetry* **7**:23.
- Kristiansen, H. & Rasmussen, G. (1993). Havørredens vandringsruter. IFF rapport No 23, 64 pp, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Silkeborg.
- Larsen, K. (1970). "Hvor fanges de bornholmske ørreder." *Fiskeriundersøgelser i 1970 ved Danmark, Færøerne og Grønland. Skrifter fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser* **31**: 10-16.
- Larsen, M.H., Johnsson, J.I., Näslund, J., Thomassen, S.T., Aarestrup, K. (2016). Reduced rearing density increases postrelease migration success of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **73**, 804–810
- Larsson, P.-O. (1977). "The importance of time and place of release of salmon and sea trout on the results of stockings." *ICES C.M 1977/M:42*.
- Maar, K., Flávio, H., Hauge, F. H., Aarestrup, K., Christoffersen, M. & Svendsen, J. C. (2020) Klarer ørreder sig bedre, hvis de udsættes om natten? <https://www.fiskepleje.dk/nyheder/2020/04/oerredsmolt-roskilde-fjord?id=04e315e6-f354-4c22-a2eb-d3c23063b345>
- Maigaard, T. (2008). Fiskepleje i Kolding Å – supplerende udsætning af ørred (*Salmo trutta*). *Biologisk projektarbejde*, Århus Universitet.
- McKinnell, S., H. Lundqvist, et al. (1994). *Biological characteristics of the upstream migration of naturally and hatchery-reared Baltic salmon, Salmo salar L.*
- Nielsen, C. and S. S. Madsen (1999). Projekt "Smoltvindue hos havørred", DFU-rapport nr 70-99.
- Pedersen, S. (2006) Vilde og udsatte fisk i Karup Å. *Fisk og Hav*, **61**, 10-19.

- Pedersen, S., G. Rasmussen, et al. (1995). Limfjordens ørredbestande II. Udsætningsforsøg. IFF rapport nr. 45. Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje. Silkeborg.
- Pedersen, S., Christiansen, R. & Glüsing, H. (2006). Ørrederne i Karup Å. *Cardinalen*, 3, 18-22. Lystfiskerforeningen for Skive og Omegn.
- Pedersen, S. S. and G. H. Rasmussen (2000). "Survival of sea-water-adapted trout, *Salmo trutta* L. ranched in a Danish fjord." *Fisheries Management and Ecology* 7(4): 295-303.
- Pedersen, S., R. Christiansen, et al. (2006). Comparison of survival, migration and growth in wild, offspring from wild (F1) and domesticated sea-run trout (*Salmo trutta* L.). *Sea Trout Biology, Conservation & Management, Proceedings of the First International Sea Trout Symposium, Cardiff, July 2004*. G. Harris and N. Milner, Blackwell Publishing: 377-388 (520pp).
- Pedersen, S. and G. Rasmussen (1997). Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L) i fynske vandløb og kystområder. DFU-rapport nr. 48-97. 74 pp. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
- Pedersen, S. and G. Rasmussen (2004). Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta*) i Gudenåen og Randers Fjord. Gennemført 1982-83, 1987-89 og 1994-96. DFU-rapport nr 131-04. 55 pp. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Silkeborg., Danmarks Fiskeriundersøgelser: 55 pp.
- Pedersen, S., G. Rasmussen, et al. (1995). Limfjordens ørredbestande II. Udsætningsforsøg. IFF rapport nr. 45. Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje. Silkeborg.
- Pedersen, S. S. and G. H. Rasmussen (2000). "Survival of sea-water-adapted trout, *Salmo trutta* L. ranched in a Danish fjord." *Fisheries Management and Ecology* 7(4): 295-303.
- Petersson, E. and T. Jarvi (2001). *Effects of sea-ranching on Baltic salmon and sea-trout*. 2205 Commonwealth Boulevard Ann Arbor MI 48105 , [URL [http //iaglr.org/](http://iaglr.org/)], International Association for Great Lakes Research.
- Petersson, E. and T. Jarvi (2006). "Anti-predator response in wild and sea-ranching brown trout and their crosses." *Aquaculture* 253(1-4): 218-228.
- Poole, W. R., D. T. Nolan, et al. (2003). "An ecophysiological comparison of wild and hatchery-raised Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from the Burrishoole system, western Ireland." *AQUACULTURE* 222(1-4): 301-314.
- Ravn, H.D., Sivebæk, F., Pedersen, S., Aarestrup, K., & Koed, A. (2019). Mundingsudsatte smolt i Kolding Å – betydningen for havørredbestand og lystfiskeri. DTU Aqua rapport 349-2019. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, 39 pp. + bilag.
- Rasmussen, G. (1994). "Hvad bliver der af smoltene?" *Årsberetning, Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje*(1994): pp. 23-34.
- Rasmussen, G. & Pedersen S. (2018). Sea trout (*Salmo trutta* L.) in Denmark. Pages 483–521 in J. Lobón-Cerviá and N. Sanz, editors. *Brown Trout: biology, ecology and management*. Wiley, Hoboken, New Jersey.
- Renkawitz, M. D. and T. F. Sheenan (2011). "Feeding ecology of early marine phase Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts." *J.Fish.Biol.* 79: 356–373.
- Ryman N & Laikre, L. (1991) Effects of supportive breeding on the genetically effective population size. *Conservation Biology* 5:325- 329.
- Rogan, G., K. Whelan, et al. (2002). Ranching of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to the rod from a native and non-native system.
- Ruzzante, D. E., M. M. Hansen, et al. (2004). "Stocking impact and migration pattern in an anadromous brown trout (*Salmo trutta*) complex: where have all the stocked spawning sea trout gone?" *Molecular Ecology* 13(6): 1433-1445.

- Schwinn, M. (2018) Effects of artificial lakes on migrating juvenile brown trout (*Salmo trutta*). PhD thesis Technical University of Denmark)
- Salminen, M. and E. Erkamo (1998). "Comparison of coastal and river releases of Atlantic salmon smolts in the River Kokemaenjoki, Baltic Sea." ICES Journal of Marine Science **55**(6): 1071-1081.
- Saloniemi, I., E. Jokikokko, et al. (2004). "Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: size matters more in bad years." ICES Journal of Marine Science **61**: 782-787.
- Siira, A., P. Suuronen, et al. (2006). "Size of wild and hatchery-reared Atlantic salmon populations in the northern Baltic Sea estimated by a stratified mark-recapture method." Ices Journal of Marine Science **63**: 1477-1487.
- Skilbrei, O. T. and M. Holm (1998). "Effects of long-term exercise on survival, homing and straying of released Atlantic salmon smolts." Journal of Fish Biology **52**(5): 1083-1086.
- Slaney, P. A., Berg, L., & Tautz, A. F. (1993). Returns of hatchery steelhead relative to site of release below an upper-river hatchery. North American Journal of Fisheries Management, 13(3), 558-566.
- Solomon, D. J. (1978). "Some Observations on Salmon Smolt Migration in a Chalkstream." Journal of Fish Biology **12**(6): 571-&.
- Sparrevohn, C. R., M. Storr-Poulsen, et al. (2011). Eel, seatrout and cod catches in Danish recreational fishing. DTU Aqua Report No 240-2011.
- Strand, R. and B. Finstad (2007). "Migratory behaviour in relation to smolt development and releasing strategies in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts." Aquaculture **273**(2-3): 277-283.
- Sundell, K., C. Dellefors, et al. (1998). "Wild and hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta*, differ in smolt related characteristics during parr-smolt transformation." Aquaculture **167**(1-2): 53-65.
- Sundström, F., E. Petersson, et al. (2005). "Heart rate responses to predation risk in *Salmo trutta* are affected by the rearing environment." J.Fish.Biol. **67**: 1280–1286.
- Svärdson, G., Fagerström, Å. (1982). "Adaptive differences in the long-distance migration of some trout (*Salmo trutta* L.) stocks." Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm.(60): 51-80.
- Thomsen, D. S., 2013. Migration og overlevelse af smolt i Syltemade og Stor Å. Rambøll. 45 pp.
- Thorstad, B. E., F. Økland, et al. (2006). "Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts." Hydrobiologia **2006**.
- Weber, E. D. and K. D. Fausch (2003). "Interactions between hatchery and wild salmonids in streams: differences in biology and evidence for competition." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **60**: 1018-1036.
- Wilhelmudvalget (2001): En rig natur i et rigt samfund Skov- og Naturstyrelsen, november 2001. <https://www2.skovognatur.dk/udgivelser/2002/87-7279-378-3/pdf/helepubl.pdf>
- Østergaard S, Hansen MM, Loeschcke V, & Nielsen E.E. (2003) Long-term temporal changes of genetic composition in brown trout (*Salmo trutta* L.) populations inhabiting an unstable

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Vejlesøvej 39
8600 Silkeborg

www.aqua.dtu.dk