

Nr 4: 2013

Undersökningar av öringsmoltproduktion



VÄTTERNFAKTA utgörs av en digital publikations-
serie innehållande fakta som berör Vättern



Vätternvårdsförbundet

VÄTTERN - FAKTA

FAKTA från Vätternvårdsförbundet

Nr 4:2013

Fakta-serien från Vätternvårdsförbundet instiftades 2012 och utgörs av dokument med beröring till sjön som förtjänat att tillgängliggöras för en bredare krets. Ofta berör innehållet begränsad fråga. Faktaserien kompletterar därmed Rapportserien och ges endast ut digitalt.

Nr	4:2013
Framsida	Öringsmolt
Utgivare	Måns Lindell (red), 2013.
Kontaktperson	Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings län. Telefon 036-395000,
e-post:	ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.vattern.org
Författare	Niklas Nilsson, Jönköpings Fiskeribiologi

Innehåll

Del 1:

Validering av smoltproduktionsmodell för öring (*Salmo trutta*) i två av Vätterns tillflöden.

Niklas Nilsson

Sidan 4

Del 2:

Utvärdering av resultat från 2008 års valideringsförsök av smoltproduktionsmodell för öring i Vätterns tillflöden.

Niklas Nilsson

Sidan 47

Del 3:

Validering av modell för beräkning av öringsmoltproduktion i Kävlingeån, 1999-2005, och Åvaån, 2010.

Niklas Nilsson, Erik Degerman, Anders Eklöv, Henrik C. Andersson & Anton Halldén

Sidan 67

Förord

Många både mindre och större vattendrag används om reproduktionsområden för vandrande öring och lax. Efter ett eller flera år lämnar laxfisken vattendraget som smolt för att vandra ut och tillväxa i havet eller en större sjö. Fisken vandrar sedan som vuxen tillbaka till vattendraget där den föddes för att leka. Ofta är tillgången på lämpliga uppväxtområden begränsande för bestånden av de aktuella arterna. Inte minst idag då miljöerna i många vattendrag påverkats negativt av mänskliga aktiviteter vilket försämrat laxfiskens lek- och uppväxtmiljöer. Trots att det finns många användningsområden för uppgifter om hur mycket uppväxande fisk som produceras och lämnar vattendragen finns idag ingen bra vedertagen metod för att göra sådana beräkningar. Uppgifter om smoltproduktionen kan bland annat användas för att...

...avgöra vilka fiskevårdsåtgärder som gör bäst nytta.

...följa upp effekten av olika åtgärder.

...göra skattningar av beståndet.

...klassa de olika vattendragens värde både för fisket och ur naturvårdssynpunkt.

...beräkna skadan av olika exploateringsåtgärder.

Tillsammans med främst Erik Degerman på SLU sötvattenslaboratoriet samt Per Sjöstrand och Niklas Nilsson på företaget Jönköpings fiskeribiologi AB har Länsstyrelsen i Jönköping utarbetat en modell för att beräkna smoltproduktionen i vattendrag. Modellen togs första gången fram för att beräkna produktionen av sjövandrande öring (vätteröring) i Vätterns tillflöden (Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande 2005:33). Modellen har sedan även använts i Emåns avrinningsområde. I den här rapporten ingår flera olika studier för att verifiera och utveckla modellen så att den på ett så bra sätt som möjligt beräknar den faktiska smoltproduktionen. Verifieringsstudierna visar att modellen absolut är på rätt väg och är användbar. Samtidigt konstateras att de finns behov av ytterligare verifieringsstudier och justeringar för att öka precisionen. Det är därför vår ambition att detta arbete kan gå vidare i en eller annan form. Målsättningen är att modellen slutligen ska kunna användas på bred front i många olika sammanhang.



Anton Halldén

Länsfiskekonsulent, Länsstyrelsen i Jönköping

Del 1: Validering av smoltproduktionsmodell för öring (*Salmo trutta*) i två av Vätterns tillflöden

Niklas Nilsson

Examensarbete, biologi: 30 högskolepoäng för Filosofie Magisterexamen, Högskolan i Kalmar, Naturvetenskapliga institutionen

Intern Handledare: Catherine Legrand, Docent, Högskolan i Kalmar
Extern Handledare: Anton Halldén, Länsfiskekonsulent, Länsstyrelsen i Jönköpings län
Examinator: Per Larsson, Professor, Högskolan i Kalmar

Abstract

The goal of this study was to test an existing trout (*Salmo trutta*) smolt production model developed by the County Administrative Board of Jönköping and Erik Degerman at the Swedish National Board of Fisheries. A comparison between predictions and field data was conducted in the tributaries of the lake Vättern (Sweden) during spring 2007. Two of the western tributaries, Knipån and Rödån, were investigated during the time period 16 April – 1 June. The model's predictions for smolt production, migration mortality and age structure of the migrating smolts were compared against field data. Migrating smolts were trapped and tagged with “floy-tags” to quantify smolt production and to determine migration mortality. Scale samples were taken to quantify the age structure of the migrating smolts. Physical parameters, environmental data and individual data were gathered for the analysis of the results.

Only 37 % of the predicted smolts were captured in both tributaries. These results suggest that the model overestimated the smolt production and highlight inadequacies that should be considered. The fixed values used in the model for assessing winter survival, the degree of smoltification and migration mortality were not calibrated for the habitat conditions in the tributaries of the lake Vättern. The existing data set (i.e. electro fishing and biotope surveys) used for the calculations of smolt production in the model is too small or not of sufficient quality. The differences between predictions and measurements of migration mortality suggested that the model underestimates smolt mortality in both lotic and semi lentic habitats. Two hypotheses are that (1) predation (e.g. birds) in the more rapid parts of the tributaries and (2) the effects of water flow are not included in the model calculations. The majority of the smolts captured were two year olds (57-77 %), which the model predicts. However the number of tree year old smolts (20-36 %) were higher than expected (3-10 %) and the number of one year old smolts (3-7 %) were lower than expected (12-16 %). The duration of the project was not long enough to conclude whether these discrepancies between predicted and measured smolt production and age structure of migrating smolt were due to an early start (< 16 April) of the smolt migration or fishing gear/nets aspects (e.g. mesh size) related to catch efficiency. This comparison highlighted inadequacies between model and field data and indicated a need of more high quality background data to increase the smolt production model accuracy. Further investigations of trout winter survival, degree of smoltification and migration mortality in the tributaries of the lake Vättern are parameters that also might reduce discrepancies. The material and methods used in this project were satisfactory and therefore can be used in other water bodies where the smolt production model may be used to assess the production of trout smolts but also other smolts such as salmon (*Salmo salar*).

Sammanfattning

Våren 2007 genomfördes en validering av den smoltproduktionsmodell för öring i Vätterns tillflöden som tagits fram i samarbete mellan Länsstyrelsen i Jönköpings län och Fiskeriverket. Två av Vätterns västra tillflöden, Knipån och Rödån, undersöktes. Under perioden 16 april – 1 juni fångades öringsmolt med fällor och märktes med ”floy-tags” för att kvantifiera smoltproduktion och undersöka migrationsmortalitet. De utvandrande smoltens ålderstruktur kvantifierades genom åldersanalyser av fjäll. Kompletterande information såsom fysikaliska parametrar, klimat- och individdata insamlades för att belägga resultaten.

Endast 37 % av den modellerade smoltproduktionen i de båda vattendragen fångades. Resultaten tyder på att modellen överskattar smoltproduktionen, vilket troligen beror på en kombination av flertalet faktorer. De i modellen antagna schablonvärdena för öringungarnas överlevnad och smoltifieringsgrad överensstämmer inte med förhållandena i vattendragen, underlaget till modellberäkningarna är för litet eller bristfälligt och att migrationsmortaliteten är underskattad. Resultaten från undersökningen av migrationsmortaliteten visar att de i modellen antagna värdena för migrationsmortaliteten i olika typer av lugnflytande habitat är underskattade och att migrationsmortalitet föreligger även i mer strömmande habitat, vilket inte inkluderats i modellen. Detta kan bero på att det i modellen inte tagits hänsyn till predation från fågel och däggdjur, samt effekten av vattenflödet. Majoriteten av smolten var 2-åriga (57-77 %) som modellen förutsäger. Däremot var andelen 3-åriga smolt (20-36 %) högre än förväntat (3-10 %) samtidigt som andelen 1-åriga smolt (3-7 %) var lägre än förväntat (12-16 %). Det är dock inte möjligt att definitivt bedöma modellens tillförlitlighet avseende total smoltproduktion och ålderstruktur för de utvandrande öringsmolten. Detta eftersom fällornas fångsteffektivitet för smolt i olika storlekar varierade och smoltutvandringen redan startat då undersökningarna inleddes.

En upprepad kvantifiering av den totala smoltproduktionen under kommande år borde kunna ge svar på om årets resultat till största delen berodde på den tidiga smoltutvandringen. Om så inte skulle vara fallet borde det vara aktuellt att undersöka möjligheterna att öka tillförlitligheten i modellen genom att utföra fler elfisken, gärna fördelade i och inom olika habitattyper. Även kompletterande undersökningar av öringungarnas överlevnad och smoltifieringsgrad, samt migrationsmortalitet förefaller angelägna att genomföra. Den utrustning och de metoder som användes fungerade tillfredsställande. Sålunda är det möjligt att använda sig av dessa vid undersökningar i andra vattendrag för att förvalta och övervaka bestånd av både öring och lax med hjälp av smoltproduktionsmodellen.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	8
1.1	VÄTTERN, ÖRINGEN OCH VÄTTERBÄCKARNA	8
1.2	MÅL OCH SYFTE	10
2	TEORETISK BAKGRUND	10
2.1	BERÄKNING AV ÖRINGSMOLTPRODUKTIONEN I VÄTTERBÄCKARNA.....	11
2.1.1	<i>Beräkning av ålderstrukturen i Vätterbäckarnas öringpopulationer</i>	11
2.1.2	<i>Skattning av den relativa tätheten i olika habitat</i>	11
2.1.3	<i>Beräkning av medeltätheten per habitat i respektive vattendrag</i>	12
2.1.4	<i>Skattning av andelen öring 0+, 1+ och 2+ som förväntas bli smolt</i>	13
2.1.5	<i>Skattning av migrationsmortaliteten i lugnflytande habitat</i>	13
2.1.6	<i>Beräkning av smoltmängden som lämnar vattendraget</i>	13
2.2	ÖRINGENS LIVSCYKEL	14
3	MATERIAL & METODIK	17
3.1	BESKRIVNING AV PROJEKTVATTENDRAG OCH URVALSKRITERIER	17
3.2	PROVTAGNINGSPARAMETRAR, KARTPRODUKTION OCH STATISTISKA ANALYSER	17
3.3	BESKRIVNING AV FÄLLOR OCH UTSÄTTNINGSPLATSER, SAMT DERAS PLACERING	19
3.4	UNDERSÖKNING AV FÄLLORNAS FÅNGSTEFFEKTIVITET	20
3.5	KVANTIFIERING AV DE UTVANDRANDE ÖRINGSMOLTENS ÅLDERSSTRUKTUR	21
3.6	MIGRATIONS-MORTALITETSSTUDIE	21
3.7	KVANTIFIERING AV DEN TOTALA SMOLTPRODUKTIONEN	22
4	RESULTAT	22
4.1	FYSIKALISKA PARAMETRAR OCH KLIMATDATA	22
4.2	FÄLLORNAS FÅNGSTEFFEKTIVITET	23
4.3	DE UTVANDRANDE ÖRINGSMOLTENS ÅLDERSSTRUKTUR.....	23
4.4	MIGRATIONS-MORTALITETEN I DE OLIKA HABITATEN	25
4.5	TOTAL ANDEL AV SMOLTPRODUKTIONEN SOM NÄR VÄTTERN	26
5	DISKUSSION	28
5.1	UNDERSÖKNING AV FÄLLORNAS FÅNGSTEFFEKTIVITET.....	28
5.2	KVANTIFIERING AV DE UTVANDRANDE ÖRINGSMOLTENS ÅLDERSSTRUKTUR.....	29
5.3	MIGRATIONS-MORTALITETSSTUDIE I OLIKA HABITAT	30
5.4	KVANTIFIERING AV DEN TOTALA SMOLTPRODUKTIONEN	32
5.5	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	34
6	ERKÄNNANDEN	36
7	REFERENSER	37
7.1	LITTERATURREFERENSER	37
7.2	INTERNETREFERENSER	39
7.3	MUNTLIGA REFERENSER.....	39
BILAGOR		40
	BILAGA 1: PROTOKOLL FÄLLFÅNGST	
	BILAGA 2: PROTOKOLL MÄRKNING	
	BILAGA 3: PROTOKOLL ÅLDERSPROVTAGNING	
	BILAGA 4: FREKVENSPROTOKOLL	
	BILAGA 5: TEORI OCH METODIK FÖR ÅLDERSANALYSER AV FJÄLL	
	BILAGA 6: TILLSTÅND DJURSKYDDSMYNDIGHETEN	
	BILAGA 7: TILLSTÅND DJURETISKA NÄMNDEN	
	BILAGA 8: TILLSTÅND ELFISKE	
	BILAGA 9: TILLSTÅND FÄLLFÅNGST	

1 Inledning

En modell är en förenkling av en naturlig företeelse och grundar sig på ett antal uppmätta parametrar samt, ett oftast stort antal antaganden och uppskattningar. Den är sålunda inte en kopia av verkligheten! Vidare är tillförlitligheten i de resultat som en modell levererar i mycket stor utsträckning beroende av kvaliteten på det rådata som den förses med. Användandet av modeller för att kunna ”skåda in i framtiden” är ingen ny företeelse inom naturvetenskapen. Hur fiskbestånd påverkas av klimatet och växthuseffekten, såsom Rothschild m.fl. (2005) har studerat, är ett exempel på detta. Även inom fiskeribiologin används modeller. Det internationella havsforskningsrådet producerar årligen rapporter såsom ICES (2005), baserade på modelleringar för att utvärdera bl.a. yrkesfiskets påverkan. Således är användandet av modeller ett viktigt verktyg för biologerna i deras arbete, oavsett om det gäller forskning eller övervakning och förvaltning av resurser i vår natur.

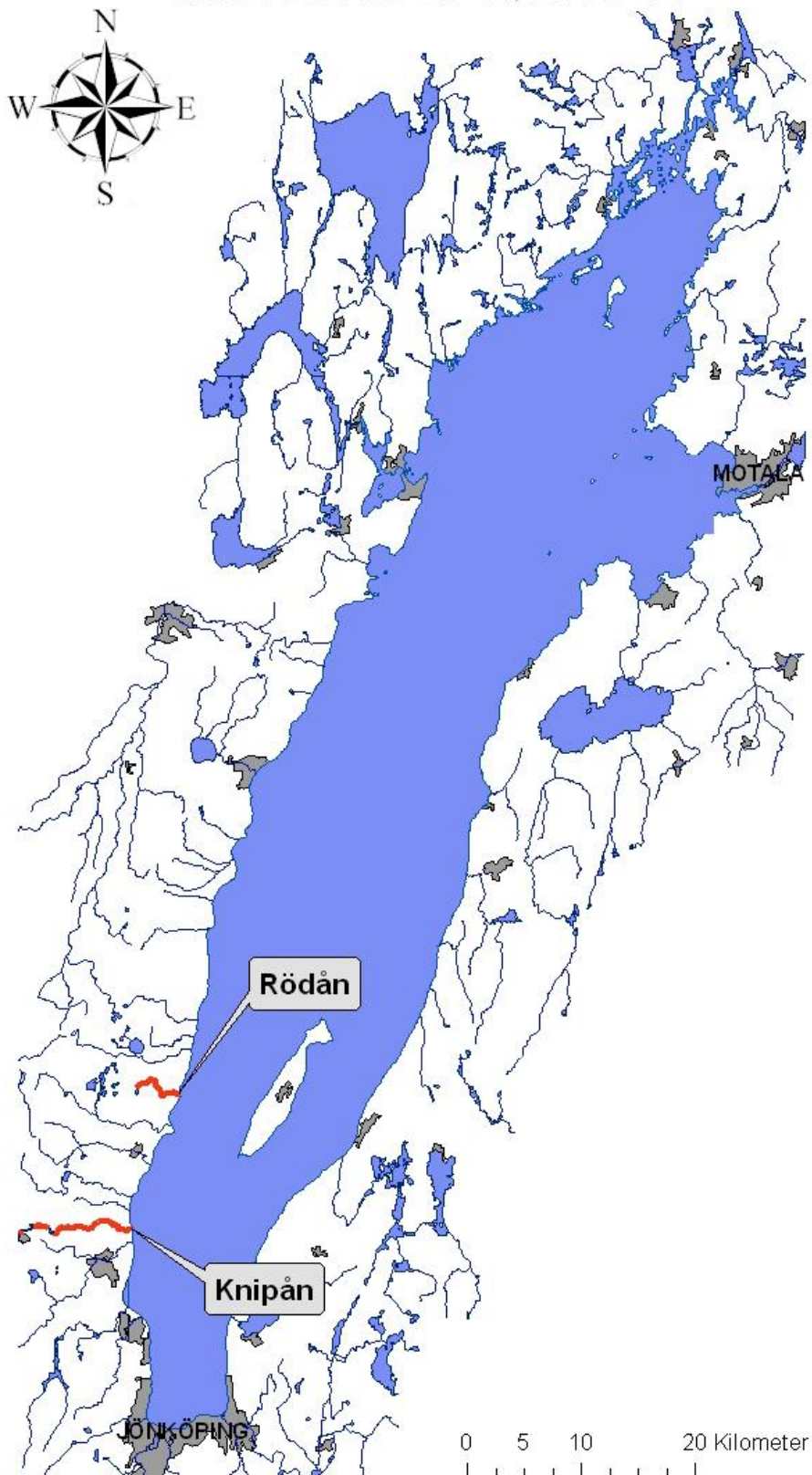
1.1 Vättern, öringen och Vätterbäckarna

Vättern (figur 1) vars namn betyder just ”vattnet” (Degerman, 2004) är till ytan Sveriges näst största sjö. Det är en s.k. förkastningssjö eller gravsänka (135 km lång, 13,7 km i medelbredd och maxdjup 128 m, Vätternvårdsförbundet) som tros ha bildats ur den mellansvenska sänkan och fick sin slutgiltiga form för cirka 50 miljoner år sedan (Degerman, 2004). Vätterns historia och dess morfologi har bidragit till de speciella förhållanden som råder i sjön och den unika artsammansättningen. Fiskfaunan är rik och det förekommer troligen 33 olika fiskarter i Vättern idag (Lindell & Halldén, 2003). Av dessa klassas tre arter, storröding (*Salvelinus umbla*), hornsimpa (*Myoxocephalus quadricornis*) och nors (*Osmerus eperlanus*), som glaciala relikter. Vidare är två av Vätterns fiskarter rödlistade, flodnejonöga (*Lampetra fluviatilis*) som missgynnad och storröding som starkt hotad (Artdatabanken).

Öringen (*Salmo trutta*) i Vättern har påverkats kraftigt under det senaste århundradet. Fram till början av 1900-talet fanns det en öringstam som lekte i utloppet i Motala ström, ”Motalaöringen”. Denna öringstam av världsrekordformat, med vikter upptill 23 kg, kunde år 1919 inte längre nå sina lekplatser i Motala ström på grund av att Motala kraftverk stod färdigt (Degerman, 2004). Värt att notera är att under åren 1915-1918 var fångsterna av denna öringstam i medeltal 15,6 ton samtidigt som det i medeltal fångades 1,7 ton öring från Vätterns inloppsbackar (Degerman, 2004). Från denna tidpunkt och fram till mitten av 1980-talet sjönk fångsterna samtidigt som öringen försvann från många av de tillrinnande vattendragen runt sjön. Dels berodde det på föroreningar och fysiska ingrepp såsom vattenkraftsutbyggnad (Halldén, 2007), dels på fisketrycket och den ökande försurningen från 1960-talet och framåt (Degerman, 2004). Det är främst under de senaste 20 åren som öringen i Vättern har börjat återhämta sig, mycket beroende på anläggandet av reningsverk, kalkningsverksamheten i Vätterbäckarna och fiskevårdsåtgärder i dessa. Vätterbäckarna och i synnerhet de som mynnar på Vätterns västra sida har idag stor betydelse för rekryteringen till Vätterns öringbestånd (Norrgård m.fl. 2005).

Vättern har totalt 148 tillrinnande vattendrag, fördelat på fyra län, Jönköpings-, Västra Götalands-, Örebro- och Östergötlands-. Vätterbäckarna är generellt sett små och korta vattendrag (medelbredd 3,9 m och medianlängd 2,9 km) med en hög medellutning (2,7 %), vilket återspeglar sig i andelen strömmande och försande vatten (26 %). Vattendragens närmiljö består nästan till hälften av skogsmark (48 %), resterande delar av närmiljön består framförallt av våtmark, åkermark och öppen mark i jämn fördelning. Fysisk påverkan på vattendragen såsom rensning, omgrävning, indämning och kulvertering betecknas som måttlig till hög. Totalt har 469 vandringshinder för fisk dokumenterats i Vätterbäckarna och av dessa anses 165 vara naturliga. (Halldén m.fl. 2005)

VÄTTERN (58° 18' N, 14° 28' E)



Kilsson, 2007

Figur 1. Översiktskarta Vättern.

År 2001 drog Länsstyrelsen i Jönköpings Län igång ett omfattande projekt som sommaren 2005 resulterade i rapporten Biotopkartering Vätterbäckar (Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande nr 2005:34). Syftet med detta projekt var att dokumentera och kvantifiera sammansättning och omfattning av olika biotoper samt att beskriva påverkan i och i anslutning till vattendragen, dvs. förutsättningarna för höga naturvärden. I samband med denna inventering togs även en modell fram för att beräkna produktionen av öringsmolt i Vätterbäckarna. Modellen som i skrivande stund saknar ett namn har till stor del skapats av Erik Degerman på Fiskeriverket. Baserat på denna modell produceras det årligen cirka 24 000 öringsmolt i de 60 vattendrag med konstaterad öringlek av de totalt 91 biotopkarterade vattendragen som mynnar i Vättern (Halldén m.fl. 2005). Vidare menar Halldén m.fl. (2005) att antalet öringsmolt som årligen produceras, baserat på modellberäkningar, skulle kunna öka till närmare 51 000 om samtliga vattendrag återställdes. Modellen har dock inte validerats ännu. Genomförandet av detta är av stor vikt sett ur både förvaltnings- och utnyttjandesynpunkt, eftersom detta kommer att möjliggöra att riktlinjer och förvaltningsplaner kan tas fram för en långsiktigt hållbar skötsel av Vätterbäckarna och Vätterns öringbestånd.

1.2 Mål och syfte

Projektets syfte är att undersöka om den modellering av Vätteröringens rekrytering som används är tillförlitlig. Detta kommer att ske genom validering av den modell som tagits fram under ledning av Länsstyrelsen i Jönköpings län i samarbete med Erik Degerman på Fiskeriverket, för att beräkna produktionen av öringsmolt (*Salmo trutta*) i de vattendrag som mynnar ut i Vättern. Valideringen av modellen sker i två vattendrag (Knipån och Rödån) och arbetshypotesen är att:

- Modellen skattar den relativa mängden öringsmolt i olika åldersklasser korrekt.
- Den i modellen antagna migrationsmortaliteten i olika typer av lugnflytande habitat är rimligt skattad.
- Modellen förutsäger den totala produktionen av öringsmolt på ett tillfredställande sätt.

Projektet har stor betydelse för kunskapen om och förvaltningen av öringen i Vättern och dess tillflöden. Att kunna använda sig av tillförlitliga modeller i övervakningen av Vätteröringens rekrytering är av stort intresse. Detta för att ur ett långsiktigt perspektiv kunna förstärka och bibehålla ett livskraftigt öringbestånd, vilket är önskvärt både när det gäller naturvård och fiske. Projektet bidrar även med en metodik för validering av modellen för specifika vattendrag, vilket gör densamma tillämpbar i andra vattensystem. Sålunda kommer modellen att kunna utgöra ett viktigt verktyg i övervakningen och förvaltningen inte bara av Vätterns öringbestånd.

2 Teoretisk bakgrund

Följande avsnitt (2.1.1 - 2.1.7) är en sammanfattande beskrivning av hur modelleringen av öringsmoltproduktionen i Vätterbäckarna är uppbyggd från Halldén m.fl. (2005). Sålunda avses denna rapport i nämnda stycken då ingen annan referens anges. För härledning av formler och mer ingående studier av modellen hänvisas till nämnda rapport. Det underlag som använts för att skapa modellen är dels elfiskeresultat inrapporterade till Fiskeriverkets elfiskeregister, dels data från biotopkarteringen av Vätterns tillflöden.

Avsnittet 2.2 är en kortfattad beskrivning av örings livscykel. Detta med avsikt att ge den läsare som inte är insatt i örings liv en kortfattad överblick, samt en introduktion av vissa begrepp som är vanligt förekommande då man talar om öring och andra laxartade fiskar.

2.1 Beräkning av öring-smoltproduktionen i Vätterbäckarna

Med en viss generalisering kan man säga att modellen är en begränsad Virtual Population Analysis (VPA). Detta eftersom öringungarna enbart följs från första hösten som 0+, då de skattas med elfiske för första gången, tills det att de lämnar vattendraget som smolt.

2.1.1 Beräkning av ålderstrukturen i Vätterbäckarnas öringpopulationer

En av grundförutsättningarna för att modellen skall kunna förutsäga smoltproduktionen korrekt är att öringungarna kan avgränsas i åldersgrupperna 0+, 1+ och >1+ vid elfisket på hösten, eftersom det är dessa som antas bli smolt nästkommande vår, då som 1-åriga, 2-åriga och 3-åriga smolt. Då det gäller öringar 0+ och öringar >0+ visade Ljung (2003) att det i stort sett inte förekom något överlapp och att 0+ kan skiljas ut visuellt redan vid fångst. För att skilja 1+ från >1+ krävs det dock inte enbart att man känner medellängden för 1+ utan även maxlängden för 1+. Utifrån elfiskematerialet från Vätterbäckarna där längden för längsta 1+ bedömdes vid 90 elfisketillfällen, baserat på längdfördelning, och utifrån åldersbestämningar från Ljung (2003) visade det sig att de fanns ett starkt samband mellan längden på 0+ och 1+. Detta anses som naturligt och förklaras med att födotillgången och temperaturen inte borde variera så mycket mellan närliggande år. Sambandet uttrycks:

Ekvation 1.

$$\text{längsta } 0+ = 1,048 \cdot (\text{medellängd } 0+) + 11,763$$

(Längder i mm, $p < 0,001$, $r^2 = 0,775$, Halldén m.fl. 2005)

Ekvation 2.

$$\text{längsta } 1+ = 96,2 \cdot \ln(\text{längsta } 0+) - 264$$

(Längder i mm, $p < 0,001$, $r^2 = 0,711$, df 89, Halldén m.fl. 2005)

Utifrån detta beräknar modellen hur stor andel av >0+ som utgörs av 1+, vilket görs för varje lokal. I modellen har man i detta skede gjort antagandet att överlappet i längd mellan åldersklasserna 1+ och äldre är försumbart, eller åtminstone liksidigt så att lika många 1+ blir klassade som >1+ som vice versa. Således åldersindelas öringungarna i 0+, 1+ och >1+. För de fiskar som utgör gruppen >1+ antas att de är i åldersintervallet 2+ till 4+. Proportionerna i täthet mellan dessa antas vara de samma som Ljung (2003) erhöll (ekvation 3). Tätheterna beräknas utifrån antagandet att fångsteffektiviteten vid elfiske är likartad för alla åldersgrupper >0+.

Ekvation 3.

$$\text{täthet } >1+ = (0,46 \cdot \text{täthet } 2+) + (0,37 \cdot \text{täthet } 3+) + (0,17 \cdot \text{täthet } >3+)$$

(Formel för beräkning av täthetsproportioner för öringungar >1+, Ljung, 2003)

2.1.2 Skattning av den relativa tätheten i olika habitat

I ett vattendrag finns det naturliga skillnader med avseende på tätheten mellan olika åldersgrupper i olika habitat. Äldre fisk har en tendens att uppehålla sig på djupare habitat i förhållande till yngre fisk (Halldén m.fl. 2005). Enligt den standardiserade elfiskemetodiken beskrivs lokalens lämplighet för öringungar subjektivt i tre klasser (tabell 1, Degerman m.fl. 2002b). Då elfisken genomförs sker dessa ofta på grunda lokaler, vilket innebär att de flesta vattendrag nästan bara har fiskats på en eller två olika lokalklasser. Dessutom har det visat sig att elfiskelokalerna oftast förlängs till lokalklass 2 eftersom det är här man förväntar sig att finna goda tätheter av öringungar (Halldén m.fl. 2005). Inom biotopkarteringsmetodiken avgränsas delsträckor där syftet är att få så homogena biotoper som möjligt inom respektive delsträcka. Även i denna metodik klassas habitatets/delsträckans lämplighet för öringungar

subjektivt, dock i 4 klasser (tabell 2, Länsstyrelsen i Jönköpings Län, 2002). Den senare bedömningen grundar sig i första hand på bottenstruktur och strömförhållanden och i andra hand på skuggning och närmiljö.

Tabell 1. Subjektiv bedömning och bedömningsgrunder av elfiskelokalens lämplighet för laxfiskungar 0+, 1+ och 2+ sommartid (enligt den standardiserade elfiskemetodiken (Degerman m.fl. 2002b)).

<i>Lokalvärde</i>	<i>Lokalens värde som uppväxtbiotop för laxfiskungar 0+ - 2+ sommartid</i>
0	Olämplig lokal (<i>Avsaknad av grus/sten i lämplig storlek, avsaknad av ståndplatser, samt låg/hög vattenhastighet</i>).
1	Intermediär lokal
2	Lämplig lokal (<i>Lämpligt bottenssubstrat, flera ståndplatser, samt vattenhastighet 0,2-1,0 m/s</i>)

Tabell 2. Subjektiv bedömning av habitatets lämplighet som uppväxtplats för öringungar (enligt biotopkarteringsmetodiken, Länsstyrelsen i Jönköpings Län, 2002). Avser förutsättningarna för årsungar och fjolårsungar.

<i>Habitatklass</i>	<i>Habitatets lämplighet som uppväxtplats för öringungar</i>
0	Inte lämpligt uppväxtområde
1	Möjligt, men inte bra uppväxtområde
2	Tämligen bra uppväxtområde
3	Bra – mycket bra uppväxtområde

Då man undersökte hur väl de två metodikernas bedömning av lokalernas/habitatets lämplighet för öring överensstämde, fann man att det fanns vissa skillnader. Halldén m.fl. (2005) lyfter fram ett antal möjliga orsaker och felkällor till detta, vilket var känt redan vid projektets början. Kompletterande elfisken genomfördes därför på samtliga habitatklasser i biotopkarteringsmetodiken (tabell 2) i två referensvattendrag. Dessa habitat klassades även utifrån elfiskemetodikens lokalvärdesbedömning (tabell 1). Genom att koppla samman dessa bedömningar fick Halldén m.fl. (2005) fram en modell för att överföra resultaten från övriga elfisken till de olika habitatklasserna i biotopkarteringen. Därmed kunde medeltätheter av olika åldersgrupper i olika habitat för samtliga Vätterbäckar beräknas. Då man jämförde detta utfall med utfallet från enbart referensvattendragen fann man dock att skattningarna inte matchade varandra. Då det vid modellens skapande inte gick att avgöra vilket av dessa utfall som bäst representerade den generella fördelningen av öringungar i olika habitat för Vätterbäckarna gjordes en så objektiv bedömning som möjligt. Denna baserades på en sammanjämkning av medelvärdena på de procentuella fördelningarna från de ovan nämnda utfallen, tabell 3. Halldén m.fl. (2005) konstaterar således att det krävs ytterliggare undersökningar av öringtätheten i olika habitat från fler vattendrag för att kunna avgöra vilket av utfallen som för Vätterbäckarna generellt, bäst representerar fördelningen mellan olika habitat.

Tabell 3. Medeltäthet av öring per 100 m² i de olika habitatkvalitetsklasserna, i jämförelse med habitatklass 3 som norm, enligt Halldén m.fl. (2005).

<i>Habitat</i>	<i>Öring 0+</i>	<i>Öring 1+</i>	<i>Öring 2+</i>	<i>Öring >2+</i>
0	0 %	0 %	0 %	0 %
1	57 %	28 %	24 %	24 %
2	93 %	58 %	56 %	56 %
3	100 %	100 %	100 %	100 %

2.1.3 Beräkning av medeltätheten per habitat i respektive vattendrag

För varje vattendrag beräknas därefter i modellen medeltätheten av öringungar i de olika habitatkvalitetsklasserna. För de habitatklasser som inte har undersökts i det specifika vattendraget beräknas tätheterna utifrån högsta undersökta habitatklass genom applicering av

tabell 3. Detta betyder att om ett vattendrag endast undersökts med avseende på en habitatklass kan värden för övriga habitatklasser ändå skattas.

2.1.4 Skattning av andelen öring 0+, 1+ och 2+ som förväntas bli smolt

Skattningar görs dels på hur många öringungar som överlever vintern, dels på hur många av dessa som förväntas bli smolt nästkommande vår. Dessa skattningar är baserade på Degerman m.fl. (2001), tabell 4. De skattningar som erhålls för Vätterbäckarna med modellen är väl överensstämmande med vattendrag på västkusten. Dock är smoltproduktionen högt skattad i förhållande till svenska insjööringbestånd från Härjedalen, men Halldén m.fl. (2005) menar att förhållandena i Vättern är närmare att likna med havsöringbestånden på västkusten.

Tabell 4. Förväntad överlevnad och andel smolt av överlevande, för öring i Vätterbäckarna. Baserat på modell från Degerman m.fl. (2001).

Höststadium	Stadium följande vår	Överlevnad	Smoltandel av överlevande på våren
0+	1+ alt. 1 årigt smolt	50 %	10 %
1+	2+ alt. 2 årigt smolt	60 %	90 %
2+	3+ alt. 3 årigt smolt	60 %	90 %

Utifrån ovanstående beräkningar och skattningar av medeltäthet per habitat (stycke 2.1.3) och överlevnad samt smoltifieringsgrad (stycke 2.1.4), beräknar modellen en förväntad smoltproduktion per habitatklass och vattendrag.

2.1.5 Skattning av migrationsmortaliteten i lugnflytande habitat

Eftersom de smolt som producerats i vattendraget måste vandra från uppväxtplatserna till Vättern kommer antalet smolt som slutligen når Vättern att ha reducerats genom predation. Denna predation sker framförallt i lugnflytande habitat såsom sjöar, dammar och lugnflytande delar av vattendraget. Predatorerna utgörs främst av piscivora fiskar såsom gädda (*Esox lucius*), gös (*Stizostedion lucioperca*) och lake (*Lota lota*). Det är dock svårt att hitta relevanta data som är applicerbara för hur stor denna migrationsmortalitet egentligen är (Halldén m.fl. 2005). De data som finns härrör från vattendrag vars karaktär skiljer sig markant från Vätterbäckarnas. Därför har man i modellen antagit värden för migrationsmortaliteten som anses rimliga för Vätterbäckarna, tabell 5.

Tabell 5. Skattad migrationsmortalitet för öringsmolt i Vätterbäckarna (Halldén m.fl. 2005).

Habitattyp	Mortalitet/1000 m
Strömmande-forsande bäckhabitat	0 %
Lugnflytande bäckhabitat	1 %
Korta dammar i vattendrag	10 %
Sjöar och stora åars sel	50 %

2.1.6 Beräkning av smoltmängden som lämnar vattendraget

Som nämnts i föregående stycke reduceras antalet smolt som producerats i vattendraget på sin vandring till Vättern. Med den beräknade smoltproduktionen per habitat och migrationsmortaliteten, samt data från biotopkarteringen som underlag beräknas mängden smolt som lämnar respektive vattendrag och når Vättern. De data som använts från biotopkarteringen är de olika delsträckornas areal, längd och habitatkvalitetsklass. Denna funktion är byggd i Microsoft Access och resultaten från funktionen har för varje vattendrag delats in i delområden där ett delområde utgör samtliga delsträckor mellan två definitiva vandringshinder för öring. Dessa delområden är numrerade nerifrån och upp dvs. från mynningen och uppströms. Således utgörs delområde 1 av delsträckorna från mynningen och upp till det första definitiva vandringshindret för öring. Anledningen till denna uppdelning är att man skall kunna se vilken effekt eventuella fiskevårdsåtgärder på de olika delområdena

kan leda till då det gäller produktionen av öringsmolt som når Vättern. Beräkningen av antalet smolt som årligen produceras i respektive vattendrag sker stegvis. Antalet producerade smolt från den översta delsträckan beräknas utifrån ekvation 4.

Ekvation 4.

delsträckans areal · beräknad specifik produktion för habitatstypen

(Formel för beräkning av antalet smolt som produceras på en specifik delsträcka, Halldén m.fl. 2005)

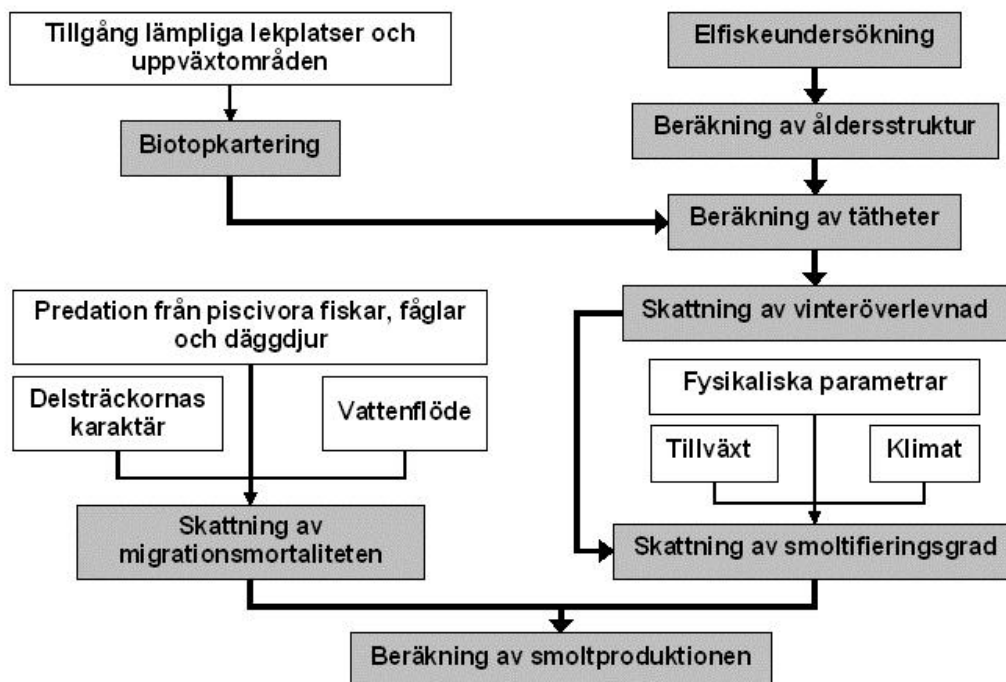
Det erhållna värdet adderas med antalet producerade smolt på följande delsträcka, osv. för samtliga delsträckor ut till mynningen i Vättern. För de delsträckor som klassats som habitatkvalitetsklass 0 eller som angivits som dammar beräknas inte antalet producerade smolt utan istället hur många av de smolt som producerats uppströms som inte förväntas överleva passagen, ekvation 5.

Ekvation 5.

antal producerade smolt uppströms · delsträckans längd · specifik mortalitet per km

(Formel för beräkning av antalet smolt som inte förväntas överleva passagen genom en specifik delsträcka, Halldén m.fl. 2005)

Då det gäller sjöar kan dock inte modellen automatiskt beräkna mortaliteten eftersom dessa inte definierats som egna delsträckor i biotopkarteringen. Därför får antalet smolt som förväntas avlida vid passagen av dessa beräknas separat.



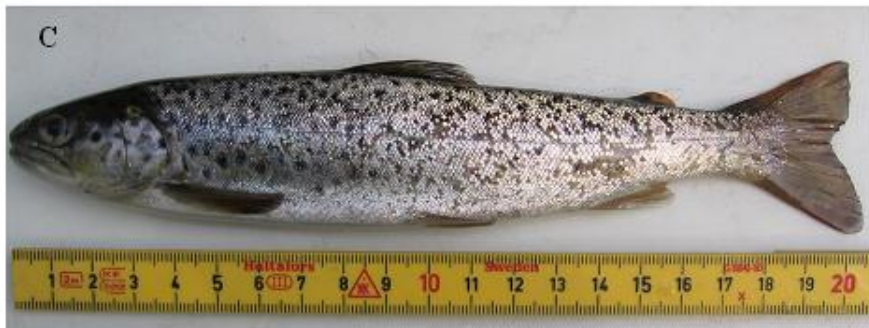
Figur 2. Översiktlig beskrivning av smoltproduktionsmodellens konstruktion. Grå boxar symboliserar de olika undersöknings- och beräkningsstegen i modellen, vita boxar faktorer som påverkar utfallet av beräkningarna.

2.2 Öringens livscykel

Öringen, *Salmo trutta*, är en vida spridd fisk. Ursprungligen hör den hemma i Europa och nordatlanten, men människan har bidragit till dess spridning över världen och idag återfinns den på alla kontinenter (Pethon & Svedberg, 1998). Trots att öring är en enda art brukar man skilja på tre olika varianter eller underarter beroende på levnadssätt (Muus & Dahlström,

1968). Gemensamt för alla dessa är dock att de leker i rinnande vatten och lever de första åren av sitt liv i detsamma. De underarter som man skiljer på är havsöring (*Salmo trutta trutta*) som efter sina första år i sötvatten lämnar detta och vandrar till sina tillväxtområden i havet. Insjööringen (*Salmo trutta lacustris*) vandrar inte till havs efter sina första uppväxtår utan till en insjö för att där växa till sig. Bäcköringen eller den stationära öringen (*Salmo trutta fario*) lämnar aldrig uppväxtvattnet utan lever hela sitt liv i rinnande vatten, (Muus & Dahlström, 1968). Vanligtvis har avkomman samma levnadssätt som dess föräldrar hade. De gånger avkommans levnadssätt skiljer sig ifrån föräldrarnas kan bero på ett flertal orsaker såsom ökad fitness på grund av hög migrationsmortalitet eller isolering till följd av förändringar i naturen, både naturliga såsom landhöjning och onaturliga såsom anläggandet av vattenkraftverk (Moyle & Cech, 2004). Även sexuell selektion kan ge upphov till ett förändrat levnadssätt. I detta fall är det oftast hanfiskar som stannar kvar i vattendraget och blir så kallade bäckhannar eller sneakers (figur 3D). Dessa är betydligt mindre i storlek än de öringar som vandrar till sina tillväxtområden (Jonsson & Jonsson, 1993). Bäckhannarnas strategi är att blanda sig i leken mellan sina större artfränder och smyga sig i mellan dessa och på så sätt befrukta en andel av rommen med sin mjölke (Degerman m.fl. 2001). Andelen bäckhannar i Vätterbäckarna är dock låg (Ljung, 2003).

Öringen leker under senhösten, oftast från slutet av oktober till början av december, i rinnande vatten och gärna i små bäckar. En bra lekplats karaktäriseras av ett stabilt vattenflöde, 20-40 cm s⁻¹, som inte stör lekplatsen vid höga respektive låga vattenflöden, samt har ett bottensubstrat som medger god syretransport till rommen och som det samtidigt går att gräva ner rommen i (Degerman m.fl. 2001). Leken sker på relativt grunda områden, 15-80 cm där bottensubstratet utgörs av grus i storlekarna 10-50 mm i diameter (Järvi m.fl. 1997). Vanligtvis ligger lekplatsen i slutet av en hölja eller pool där denna grundar upp och övergår i ett mer strömmande parti, vilket medger god genomströmning och syresättning av bottensubstratet. Efter det att honan lagt rommen och hanen befruktat denna med sin mjölke täcks lekropen igen och rommen ligger skyddad i gruset fram till våren då äggen kläcks. Öringens ägg kläcks normalt sett i mars månad efter cirka 360-480 dygnsgrader (Degerman m.fl. 2001). Den första tiden, gulesäckstadiet, lever ynglet kvar nere i gruset och livnär sig på gulesäcken. Då denna absorberats kryper ynglen upp ur gruset och söker sig in på grunt vatten för att hitta skyddade ståndplatser. Under de första levnadsmånaderna är mortaliteten stor bland ynglen, upptill 99 % dör under denna tid (Järvi m.fl. 1997). Ynglen som kallas 0+, livnär sig på insekter och kräftdjur som kommer drivande. I slutet av sommaren är ynglen, som även benämns som stirr, cirka 6-9 cm i medeltal. Variationerna i längd är dock stora beroende på ett flertal faktorer såsom initial romstorlek, vattendragets läge och karaktär, samt konkurrens (Degerman m.fl. 2001). Efter ett antal år i vattendraget, 1-5 år, sker smoltifieringen som innebär en anpassning av öringunarnas morfologi, fysiologi och beteende till ett liv på tillväxtområdena i havet eller i insjön (Järvi m.fl. 1997). Öringungar som smoltifieras redan sitt andra levnadsår, kallas 1-åriga smolt osv. (figur 3A-C). När smolten lämnar vattendraget på våren är de 10-35 cm långa och karaktäriseras av sina silverfärgade sidor med svarta prickar och vita buk (Degerman m.fl. 2001). Öringen tillbringas 1-5 år på tillväxtplatserna där den livnär sig på framförallt fisk och kräftdjur. Då öringen blivit könsmogen, vanligen vid 3-7 års ålder, återvänder den till det vattendrag den en gång kläcktes i för att leka och ge upphov till en ny generation öringar (Muus & Dahlström, 1968). Efter avslutad lek dör en del av lekfisken, men flertalet överlever (Degerman m.fl. 2001). De fiskar som överlever leken återvänder till sina tillväxtområden för att efter ett antal år på nytt söka sig till sina uppväxtvatten för att leka igen.



Figur 3. Öringar fångade i Knipån och Rödån under tiden 16 april – 1 juni, 2007. (A) 1-årigt smolt, (B) 2-årigt smolt med floy-tag, (C) 3-årigt smolt och (D) stationär öring. (Nilsson, 2007)

3 Material & metodik

3.1 Beskrivning av projektvattendrag och urvalskriterier

Ett antal kriterier som ansågs vara viktigast vid valet av vattendrag sattes upp.

- Vattendraget skulle ligga inom Jönköpings Län.
- Den beräknade smoltproduktionen skulle överstiga 500 smolt/år för att undvika alltför stor påverkan på populationen vid åldersprovtagningen.
- Vattendraget skulle ha lämpliga sträckor, dvs. homogena sträckor med både lugnflytande och strömmande vatten.
- Det skulle finnas bakgrundsdata, dvs. data från både biotopkartering och elfisken.
- Inga fiskevårdsåtgärder skulle ha genomförts efter biotopkarteringen, vilket kunde ha lett till förändrade förutsättningar vid produktionsberäkningarna.
- Vattendraget skulle inte vara reglerat eller påverkat av andra störningar under det senaste året, vilket också kunde ha påverkat produktionsberäkningarna.
- Biflöden med öringproduktion skulle helst inte förekomma, eftersom även detta kunde ha påverkat produktionsberäkningarna.
- Vattendraget skulle inte ligga alltför centralt eftersom risken för störningar/skadegörelse skulle ha ökat markant med detta.

Två av vattendragen ansågs uppfylla dessa kriterier, Knipån (X: 642519 Y: 140034) och Rödån (X: 643698 Y: 140448), se figur 1 och 4 för läge och detaljinformation. Knipån valdes ut som primärt vattendrag. Detta beroende på att det planeras att utföra fiskevårdsåtgärder i vattendraget (Halldén, 2007), vilket gör en upprepning av försöket efter genomförda åtgärder mycket intressant. I Rödån genomfördes enbart kvantifiering av smoltens åldersstruktur och smoltproduktionen för att få ytterligare underlag till de statistiska analyserna av dessa.

Dessa båda vattendrag är representativa för de västra Vätterbäckarna generellt eftersom deras karaktär överensstämmer bra med övriga vattendrag i området. Knipåns avrinningsområde är 53 km², varav 3 % utgörs av sjöar. I Rödåns avrinningsområde som är 12 km² finns endast en sjö, vilken utgör 2 % av den totala arean. De karaktäriseras av att de är relativt små både då det gäller medelbredd (1,6–3,8 m), medeldjup (0,3–0,4 m) och längd (6,2–15,5 km), men med en hög medellutning (1,1–2,25 %). Vidare är deras vatten kallt och näringsfattigt (Halldén m.fl. 2005).

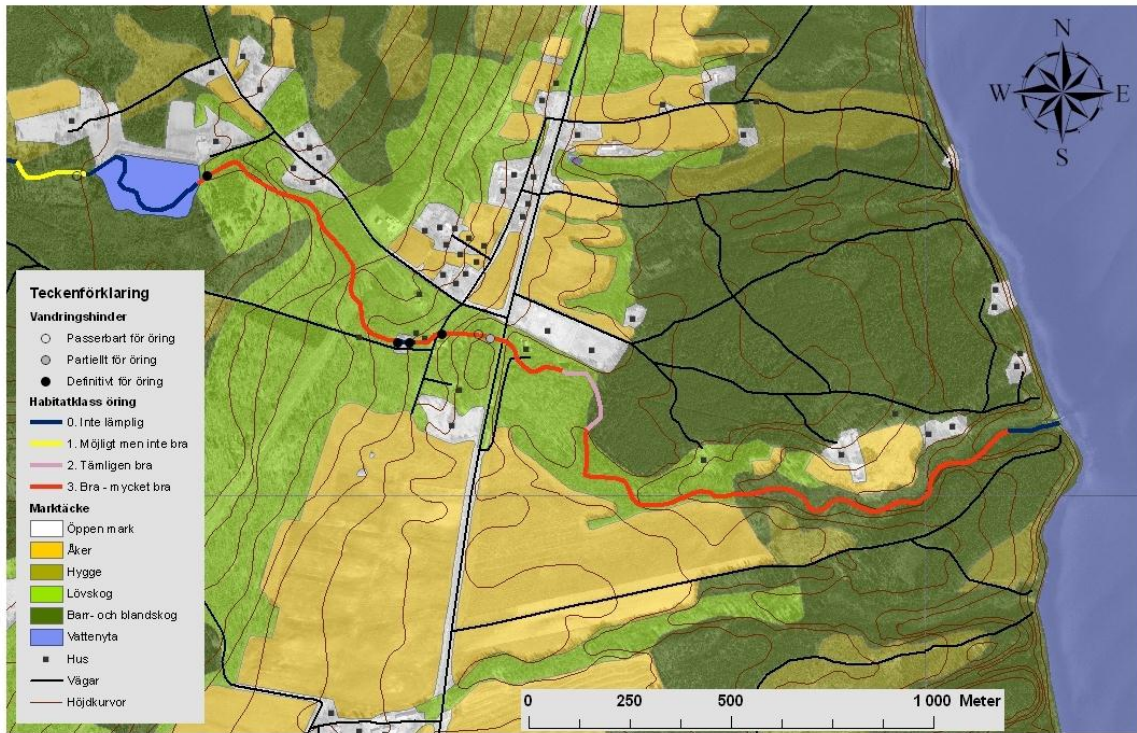
3.2 Provtagningsparametrar, kartproduktion och statistiska analyser

De parametrar som uppmättes och undersöktes i projektet, samt vilken metodik, mätutrustning och insamlingsfrekvens som användes framgår av tabell 6.

Tabell 6. Uppmätta och undersökta parametrar i Knipån och Rödån under perioden 16 april – 1 juni, 2007, samt metodik och insamlingsfrekvens för dessa.

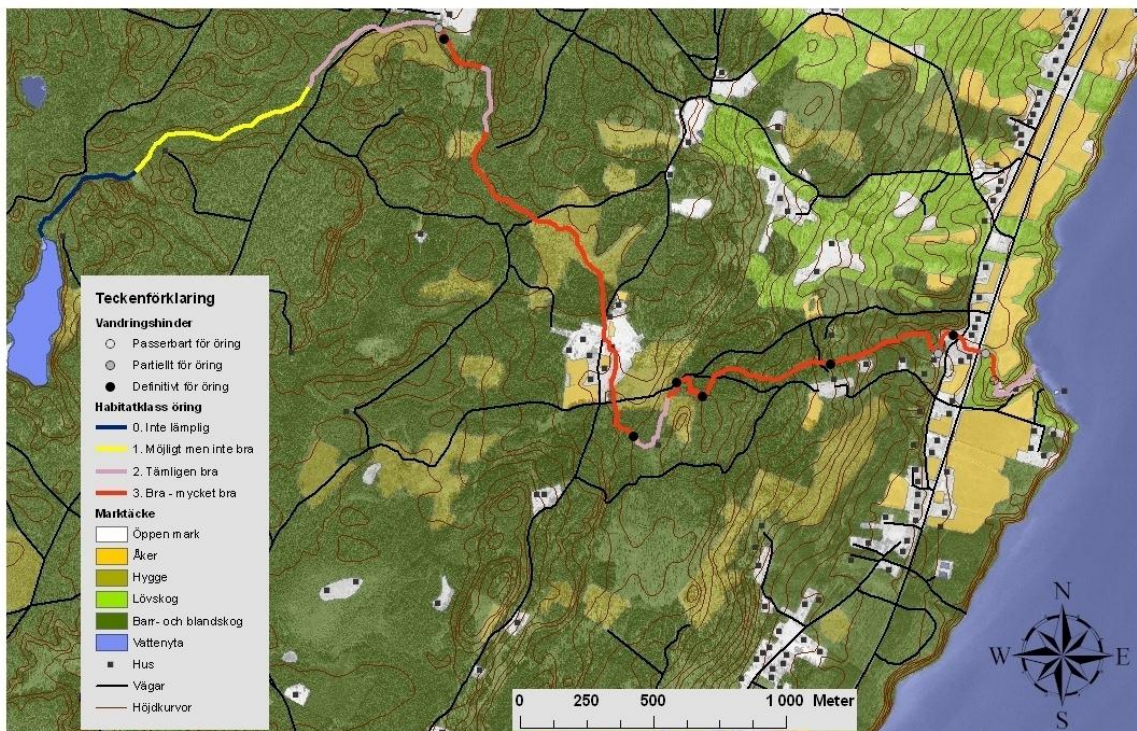
<i>Parameter</i>	<i>Metod/mätutrustning</i>	<i>Frekvens</i>
Vattentemperatur	Termometer	Dagligen
Lufttemperatur	Termometer	Dagligen
Vattenhastighet	Flow Probe FP201 (Global Water)	Dagligen
Vattennivå	Mätning av vattendjup	Dagligen
Vindstyrka	Subjektivt	Dagligen
Vindriktning	Subjektivt	Dagligen
Väderlek	Subjektivt	Dagligen
Individdata	Totallängd (mm), vikt (g) och kondition	Dagligen
Ålder	Fjällanalyser	Stratifierat, var 10:e individ
Fångsteffektivitet	Fångst-återfångst	3 gånger/fälla
Smoltproduktion	Fällfångst	Dagligen
Migrationsmortalitet	Fångst-återfångst	4 gånger/utsättningsplats

KNIPÅN (X: 642519, Y: 140034)



Sjöström, 2007

RÖDÅN (X: 643698, Y: 140448)



Sjöström, 2007

Figur 4. Detaljkartor Knipån och Rödån.

Tvårsnittarean beräknades vid flera olika vattennivåer (0,84–0,91 m i Knipån och 0,30–0,34 m i Rödån) och därefter gjordes en korrelationsanalys för att erhålla dagliga värden på tvårsnittarean, baserat på vattennivån. Utifrån uppmätta värden på vattenhastighet och vattennivå beräknades därefter vattenflödet dagligen, ekvation 6.

Ekvation 6.

$$\text{vattenflöde (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)} = \text{tvårsnittarean (m}^2\text{)} \cdot \text{vattenhastigheten (m s}^{-1}\text{)}$$

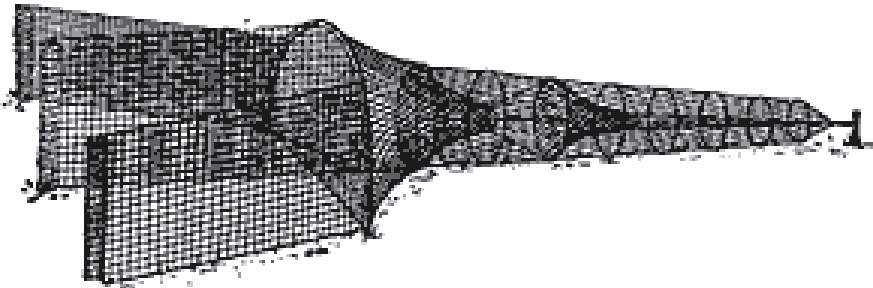
De kartor som presenteras i rapporten har producerats i ArcGIS 9.1 med data från lantmäteriets digitala kartbibliotek och Länsstyrelsen i Jönköpings läns biotopkarteringsdatabas. För att få fram statistiskt säkerställda resultat användes Microsoft Excel och SPSS 15.0 för att analysera materialet. Valet av statistiska tester baserades på Ennos (2000).

3.3 Beskrivning av fällor och utsättningsplatser, samt deras placering

Projektet utfördes i enlighet med de lagar och etiska riktlinjer som gäller vid forskning på djur och som fastställts av Djurskyddsmyndigheten. Nödvändiga tillstånd inhämtades från Djurskyddsmyndigheten (bilaga 6) och från Linköpings Djurförsöksetiska nämnd (bilaga 7) via Högskolan i Kalmar. Tillstånd att fiska med elektrisk ström (bilaga 8) och fällor (bilaga 9) inhämtades från Länsstyrelsen i Jönköpings län.

Fällorna som användes vid försöken var ålryssjor av enkel modell. Strutens öppning var 55 cm i diameter och maskstorleken i struten var 11 x 11 mm. Ledarmarna som var 8 m respektive 4 m långa hade en maskstorlek på 18 x 18 mm (figur 5). Fällorna kompletterades med en läns uppströms för att förhindra att skräp drev in i fällorna. I tabell 7 framgår fällorna och utsättningsplatsernas exakta positioner i respektive vattendrag.

A

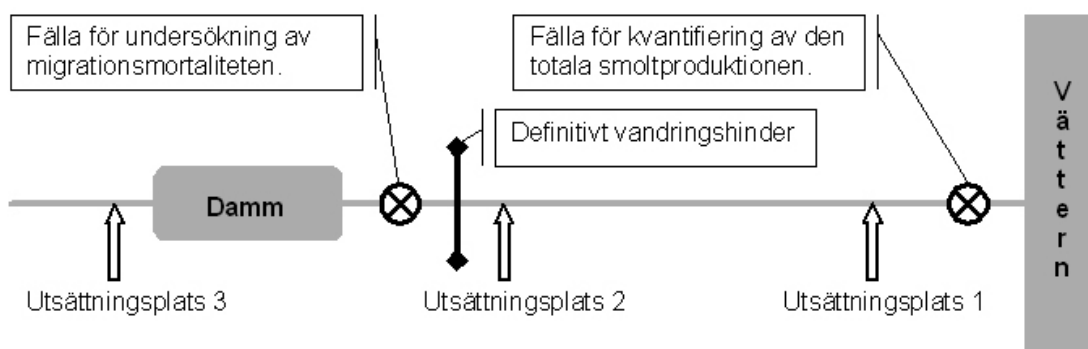


B



Figur 5. Skiss av utseendet (A) och foto (B) på de fällor som användes i försöken.

I Knipån placerade två fällor ut (se figur 6 för schematisk skiss). Den nedersta fällan, närmast mynningen i Vättern, (produktionsfällan) monterades så att den inte stängde av vattendraget helt, eftersom detta skulle inneburit att den utgjorde ett definitivt vandringshinder för bl.a. lekvandrande harr. Dock spärrades en av kanterna av, detta därför att öringsmolt gärna följer vattendragens kanter vid sin utvandring (Larsson, 2007). Den andra fällan i Knipån (mortalitetsfällan) placerades i anslutning till det första definitiva vandringshindret för öring och spärrade av vattendraget helt. I Rödån placerades enbart en fälla ut och denna monterades på samma sätt som produktionsfällan i Knipån.



Figur 6. Schematisk skiss över fällorna och utsättningsplatsernas placering i Knipån.

Tabell 7. Beskrivning av fällorna och utsättningsplatsernas position i respektive vattendrag (koordinaterna är utmätta i terrängkartan, skala 1:50 000).

Vattendrag	Objekt	X koordinat	Y Koordinat
Knipån	Produktionsfälla	642519	140034
Knipån	Utsättningsplats 1	642519	140031
Knipån	Utsättningsplats 2	642535	139895
Knipån	Mortalitetsfälla	642580	139830
Knipån	Utsättningsplats 3	642580	139790
Rödån	Produktionsfälla	643690	140445
Rödån	Utsättningsplats 1	643685	140430

3.4 Undersökning av fällornas fångsteffektivitet

Fångsteffektiviteten för de fällor som användes för att kvantifiera den totala smoltproduktionen och undersöka migrationsmortaliteten bestämdes genom en fångst-återfångst studie. Öringsmolt som fångades i fällorna sederades med MS-222 (75 mg l^{-1}) och försågs därefter med ankarmärken av typen ”floy-tag” som förankrades i en fenstråle strax under ryggen. Efter märkning, mätning, vägning och protokollförning (bilaga 2) fick smolten återhämta sig i en behållare med rent vatten. Därefter förflyttades dessa 30-200 m uppströms fällorna där de släpptes ut. Detta gjordes med grupper om 10-16 fiskar vid tre olika tillfällen med olika vattenflöden. Vid valet av utsättningsplats prioriterades sträckor med låg vattenhastighet och få ståndplatser. Detta för att den utsatta fisken skulle börja vandra så snart som möjligt efter utsättning. Före och efter varje utsättning elfiskades utsättningsplatsen 20 m uppströms och nedströms. Detta dels för att skrämman bort predatorer, dels för att se om märkt fisk stod kvar. Vid elfisket användes ett batteridrivet pulsaggregat av märket LUGAB med inställningarna 500-700V och 50 Hz.

Då fångsteffektiviteten bestämts vid de olika flödena för respektive fälla genomfördes en linjär regressionsanalys för att testa om det fanns ett samband mellan vattenflödet och fångsteffektiviteten för de tre fällorna.

3.5 Kvantifiering av de utvandrande öringsmoltenes åldersstruktur

För att få en så representativ bild som möjligt av ålderstrukturen bland de utvandrande smolten, togs åldersprover (fjäll) på individer som fångades i produktionsfällorna under hela försökstiden (bilaga 3). Åldersprovtagningen stratifierades och åldersprover togs i sex intervall (<101 mm, 101–120 mm, 121–140 mm, 141–160 mm, 161–180 mm och >180 mm). Provtagningsintensiteten anpassades så att den överrensstämde med mängden smolt som fångades i de olika intervallen (bilaga 4). Var 10:e individ i varje intervall som fångades avlivades genom en överdos av bedövningsmedel för provtagning. Åldersprover togs dock inte på märkta individer som återfångades i fällan. För varje individ noterades även fångstdatum, vikt, längd samt eventuella skador och kondition. Åldersbestämningen skedde genom en fjällanalys och denna utfördes av Stefan Stridsman på Fiskeriverkets utredningskontor i Luleå (metodikbeskrivning, bilaga 5).

Förhållandet mellan de utvandrande smoltenes längd och ålder testades med en linjär regressionsanalys. Då smolten grupperats i olika åldersklasser, baserat på deras längd, undersöktes om de olika åldersklasserna var signifikant skilda från varandra med ett ANOVA-test. Slutligen jämfördes de observerade resultaten med de från modellen förväntade resultaten genom ett Chi-2 test.

3.6 Migrationsmortalitetsstudie

Migrationsmortaliteten i Knipån undersöktes genom att smolt som fångats i produktionsfällan märktes med ”floy-tags” och sattes ut uppströms de tre olika undersökningssträckorna. Märkning och utsättning skedde gruppvis (8–13 smolt/grupp). I samband med utsättningarna avfiskades utsättningsplatsen både uppströms och nedströms med elfiskeaggregatet. Samma märknings- och elfiskemetodik som beskrivits i stycke 3.4 användes.

Märkta smolt förflyttades till utsättningsplats 3, ovan Skårhultsdammen, där de släpptes ut vid fyra olika tillfällen. Därefter fick de vandra genom dammen (0,5 km) för att återfångas i mortalitetsfällan. Migrationsmortaliteten beräknades sedan, ekvation 7 (vid beräkningen inkluderades mortalitetsfällans fångsteffektivitet). De floytagmärkta smolten som återfångades i mortalitetsfällan släpptes efter undersökning vidare nedströms fällan. Kompletterande utsättningar gjordes också nedströms fällan. Detta för att undersöka migrationsmortaliteten på den övre sträckan mellan dammen och utsättningsplats 2 (1,0 km) där bl.a. två mindre dammar är belägna. Vid denna beräkning inkluderades migrationsmortaliteten på den nedre sträckan och produktionsfällans fångsteffektivitet, ekvation 8. Vid utsättningsplats 2 sattes smolt ut i fyra grupper med samma metodik som beskrivits ovan. Således erhöles ett mått på migrationsmortaliteten för den nedre sträckan mellan väg 195 och mynningen (1,9 km), ekvation 7 (vid beräkningen inkluderades produktionsfällans fångsteffektivitet).

Ekvation 7.

migrationsmortalitet (%) = (antal märkta – antal återfångade inkl. fångsteffektivitet) / antal märkta

Ekvation 8.

migrationsmortalitet övre sträckan (%) = (antal utsatta nedan mortalitetsfällan – antal återfångade i produktionsfällan inkl. fångsteffektivitet) / antal utsatta nedan mortalitetsfällan – migrationsmortalitet nedre sträckan

De värden som erhöles för migrationsmortaliteten beräknades därefter om till migrationsmortalitet/km. Skillnaderna i migrationsmortalitet mellan de olika sträckorna analyserades genom ett ANOVA-test. Ett Chi-2 test genomfördes för att kontrollera om det

fanns en signifikant skillnad mellan den observerade och den förväntade migrationsmortaliteten/km på respektive sträcka. Slutligen undersöktes om något samband fanns mellan migrationsmortaliteten och vattenflödet på de olika sträckorna.

3.7 Kvantifiering av den totala smoltproduktionen

Fällorna närmast mynningarna i Vättern (produktionsfällorna) användes för att mäta den totala smoltproduktionen i de båda vattendragen. Den dagliga smoltproduktionen i respektive vattendrag beräknades med ekvation 9. Vitjningen skedde 1 gång/dygn, på förmiddagen. För varje individ som fångades noterades fångstdatum, vikt (g), totallängd (till närmsta hela millimeter), eventuella skador och kondition, samt eventuell märkning/märke-stapp (bilaga 1). Beräkningen av de fångade individernas konditionsindex gjordes baserat på formel från Degerman m.fl. (2002a), ekvation 10. De individer som inte märktes med floy-tags eller avlivades för åldersprovtagning släpptes efter undersökning ut nedströms fällorna.

Ekvation 9.

antal utvandrande smolt = antal fångade smolt i fällan · fångsteffektiviteten (%)

Ekvation 10.

$$KI = 100 \cdot V/L^3$$

(KI = konditionsindex, V = vikt (g), L = längd (mm), Degerman m.fl. 2002a)

Efter försökens avslutande undersöktes sambandet mellan smoltens medellängd/dag samt genomsnittligt konditionsindex/dag i förhållande till utvandringstillfälle genom linjär regressionsanalys. Slutligen summerades antalet utvandrande smolt och den uppmätta smoltproduktionen jämfördes med modellens beräknade produktion (Chi-2 test).

4 Resultat

4.1 Fysikaliska parametrar och klimatdata

I figur 7 framgår hur de fysikaliska parametrarna varierade under projektiden. Vid månadsskiftet april/maj började både luft- och vattentemperaturerna stiga efter en tids kraftiga variationer till följd av ostadigt väder. Vid denna tidpunkt började även vattenhastigheten och vattenflödet att sjunka gradvis i de båda vattendragen, med undantag för flödestopparna i mitten av maj som orsakades av kraftiga regn. Natten mellan den 21 och 22 maj föll det 27 mm regn på 3 timmar i området (Bergström, 2007). Det högsta vattenflödet uppmättes i Knipån 22 maj till $1,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ och i Rödån 22 maj till $0,27 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Korrelationsanalyserna visade att det fanns ett signifikant samband mellan vattennivån och tvärsnittsarean vid mätpunkterna i Knipån (ekvation 11) respektive Rödån (ekvation 12). Dessa samband låg till grund för beräkningarna av vattenflödet i de båda vattendragen.

Ekvation 11.

Tvärsnittsarean, Knipån = $3,80 \cdot \text{vattennivån}$

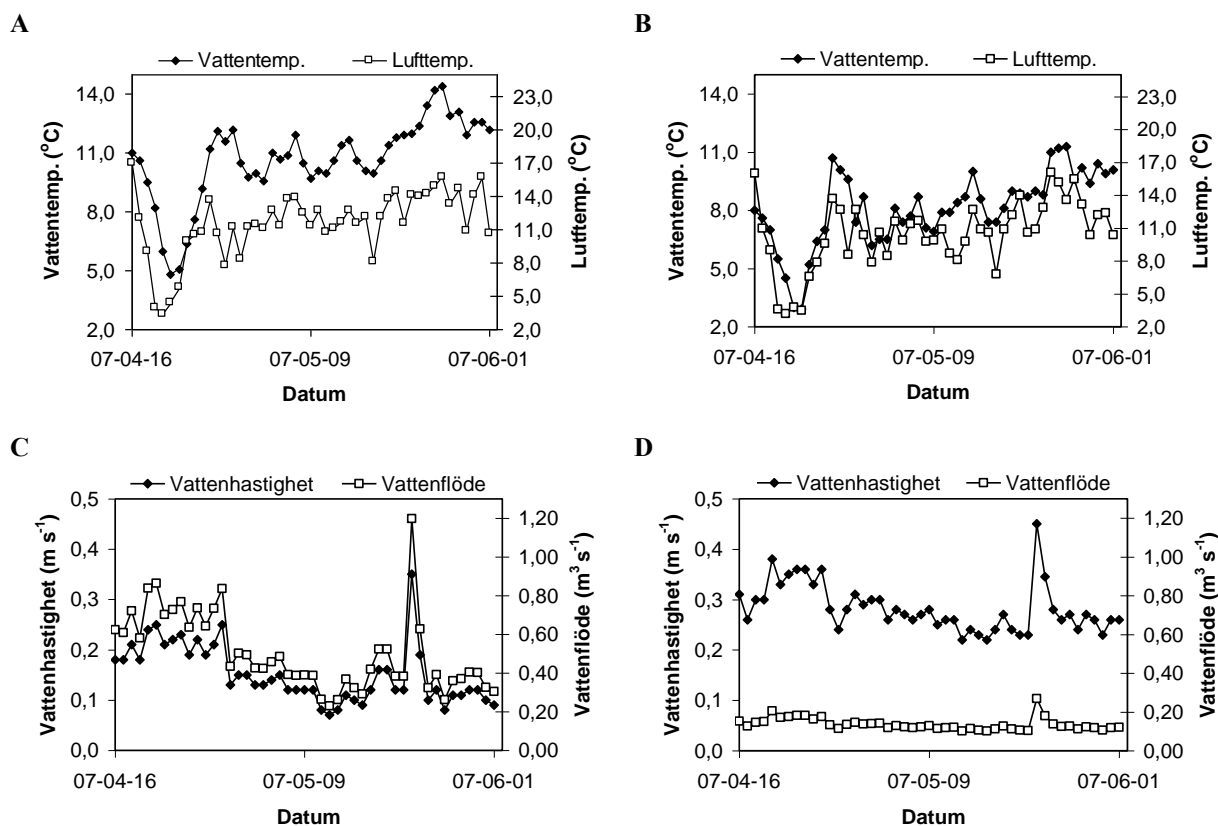
(Korrelationskoefficient; $p < 0,05$; $r^2 = 0,999$; df 7)

Ekvation 12.

Tvärsnittsarean, Rödån = $1,53 \cdot \text{vattennivån}$

(Korrelationskoefficient; $p < 0,05$; $r^2 = 0,996$; df 7)

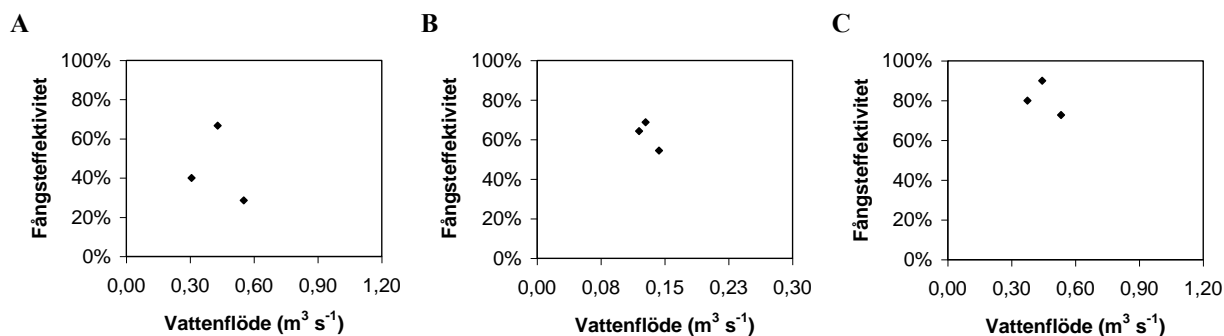
Under projektperioden dominerades väderleken av framför allt solsken och uppehållsväder. Det regnade dock vid 14 tillfällen, 2 gånger i april och 12 gånger i maj. Den dominerande vindriktningen var sydväst och vindstyrkan var svag till måttlig under samma period.



Figur 7. Uppmätta vatten- och lufttemperaturer i Knipån (A) respektive Rödån (B), samt uppmätt vattenhastighet och beräknat vattenflöde i Knipån (C) och Rödån (D) under perioden 16 april – 1 juni, 2007.

4.2 Fällornas fångsteffektivitet

Den dagliga fångsteffektiviteten, baserat på vattenflödet, varierade för produktionsfällorna i Knipån (29–67 %) och Rödån (55–69 %), samt mortalitetsfällan i Knipån (73–90 %) (figur 8). Eftersom smolten vandrade 30–200 meter mellan utsättningsplatserna och fällorna i de båda vattendragen, har hänsyn även tagits till migrationsmortaliteten vid beräkningarna av fällornas fångsteffektivitet.



Figur 8. Produktionsfällornas fångsteffektivitet i förhållande till vattenflödet i Knipån (A) och Rödån (B), 16 april – 1 juni, 2007. Fångsteffektivitet för mortalitetsfällan i Knipån (C), 24 april – 1 juni, 2007. Vid beräkningarna har migrationsmortaliteten inkluderats.

De linjära regressionsanalyser som utfördes visade att det inte fanns några signifikanta samband mellan vattenflödet och fångsteffektiviteten för produktionsfällorna i varken Knipån ($p>0,05$; $r^2=0,085$; $df\ 2$) eller Rödån ($p>0,05$; $r^2=0,643$; $df\ 2$). För mortalitetsfällan i Knipån fanns inte heller något signifikant samband mellan vattenflödet och fångsteffektiviteten ($p>0,05$; $r^2=0,231$; $df\ 2$). Därför har genomsnittliga värden på fångsteffektiviteten för fällorna använts vid beräkningarna av den totala smoltproduktionen och migrationsmortaliteten (tabell 8).

Tabell 8. Genomsnittlig fångsteffektivitet och standardfel för fällorna som användes vid fångsten av öringsmolt i Knipån och Rödån under tiden 16 april – 1 juni, 2007.

Vattendrag	Fälla	Genomsnittlig fångsteffektivitet	Standardfel	Antal individer
Knipån	Produktionsfällan	45,1 %	± 11,3 %	36
Rödån	Produktionsfällan	62,5 %	± 4,2 %	41
Knipån	Mortalitetsfällan	80,9 %	± 5,0 %	31

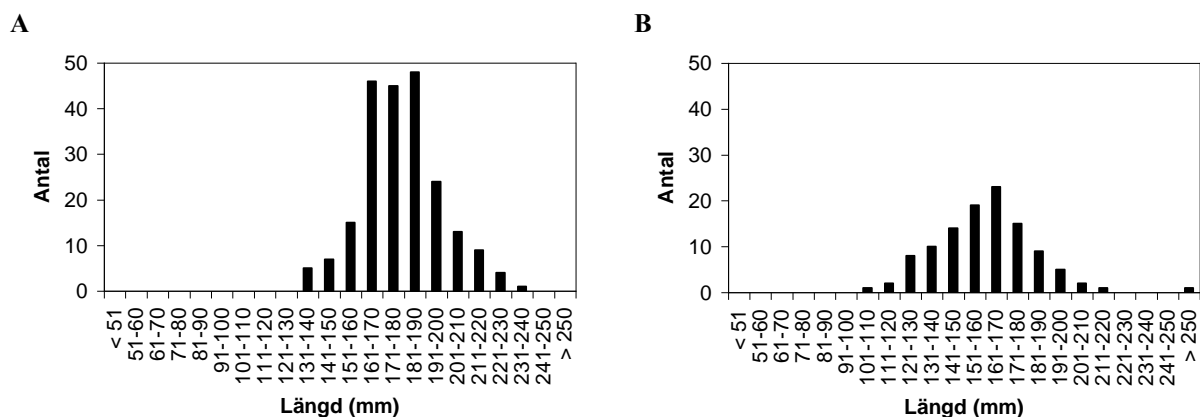
4.3 De utvandrande öringsmoltens åldersstruktur

Av de smolt som fångades i produktionsfällan i Knipån, avlivades 30 stycken för provtagning och åldersanalys. Motsvarande siffra för Rödån var 23 smolt. Hur dessa prover var fördelade i provtagningsintervallen framgår av tabell 9.

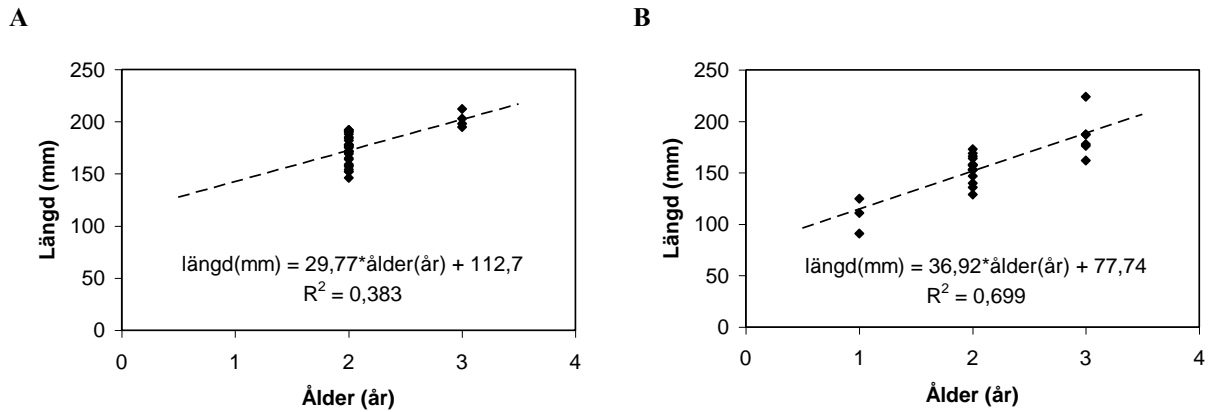
Tabell 9. Fördelning av åldersprover i de olika längdintervallen i Knipån respektive Rödån.

Längdintervall (mm)	Knipån	Rödån
< 101	0	1
101 – 120	0	1
121 – 140	1	4
141 – 160	6	6
161 – 180	11	8
> 180	12	3
Totalt	30	23

Längdfördelningen för samtliga öringsmolt som fångades i produktionsfällorna i Knipån respektive Rödån (figur 9) visar att majoriteten av smolten återfanns i något skilda längdintervall i Knipån (16-19 cm) och Rödån (15-17 cm). Det fanns ett signifikant samband mellan de utvandrande smoltens längd och ålder i Knipån ($p<0,05$; $r^2=0,383$; $df\ 29$) och i Rödån ($p<0,05$; $r^2=0,699$; $df\ 22$), figur 10.



Figur 9. Längdfördelningsdiagram för öringsmolt fångade i produktionsfällorna i Knipån (A) respektive Rödån (B), 16 april – 1 juni, 2007.



Figur 10. Längd-ålder korrelation för öringsmolt fångade i produktionsfällorna i Knipån (A) och Rödån (B) under tiden 16 april – 1 juni, 2007.

Medellängden för de 1-åriga smolten i Rödån var 109 mm, medan inga av de individer som åldersanalyserades i Knipån bedömdes som 1-åriga. Motsvarande värden för de 2- och 3-åriga smolten i Knipån var 172 mm och 202 mm. Medellängden för 2- respektive 3-åriga smolt i Rödån var 154 mm och 186 mm. I tabell 10 framgår inom vilka längdintervall som de olika åldersklasserna av smolt i de båda vattendragen återfanns. I både Knipån och Rödån var åldersklasserna signifikant åtskilda (ANOVA; $F = 17,36$; $p < 0,05$; $df 1$ respektive $F = 24,72$; $p < 0,05$; $df 2$)

Tabell 10. Min-, medel- och max. längd (mm) för åldersanalyserade smolt som fångats i Knipån och Rödån under perioden 16 april – 1 juni, 2007.

Vattendrag	Åldersklass	min. längd (mm)	medellängd (mm)	max. längd (mm)	Antal prov
Knipån	1-åriga smolt	-	-	-	0
Knipån	2-åriga smolt	146	172	192	26
Knipån	3-åriga smolt	195	202	212	4
Rödån	1-åriga smolt	91	109	125	3
Rödån	2-åriga smolt	129	154	173	14
Rödån	3-åriga smolt	162	186	224	6

Den relativa fördelningen av utvandrande smolt i olika åldersklasser i Knipån och Rödån framgår av tabell 11. Den observerade fördelningen bygger på antagandet att fördelningen av smolt i olika åldersklasser i de längdintervall där överlapp föreligger är liksidig. Modellberäkningarna av förväntade åldersstrukturer baserat på elfisken utförda på hösten 2006 i de båda vattendragen ger följande resultat. Längsta 0+ och 1+ på hösten i Knipån var 83 mm respektive 161 mm. Utifrån detta beräknar modellen antalet smolt som förväntas vandra ut till Vättern från Knipån våren 2007 till 207 stycken 1-åriga, 1040 stycken 2-åriga och 38 stycken 3-åriga (tabell 11). För Rödån beräknar modellen utifrån längsta 0+ och 1+ (62 mm respektive 133 mm) att 59 stycken 1-åriga smolt, 390 stycken 2-åriga smolt och 52 stycken 3-åriga smolt kommer att produceras (tabell 11). Beräkningarna för Knipån är baserade på ett elfiske utfört i habitatklass 3 och för Rödån baseras beräkningarna på ett elfiske utfört i habitatklass 2.

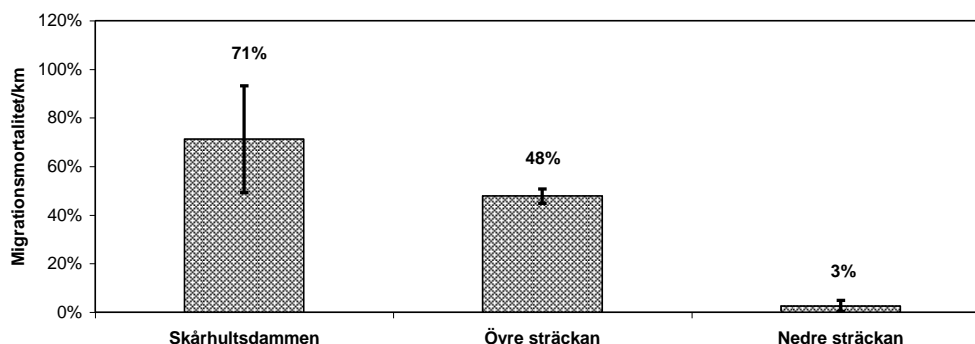
De Chi-2 tester som utfördes visar att det fanns en signifikant skillnad mellan den observerade och den förväntade åldersfördelningen i Knipån ($X^2 = 21,56$; $p < 0,05$; $df 2$). I Rödån fanns också en signifikant skillnad mellan den observerade och den förväntade åldersfördelningen ($X^2 = 19,28$; $p < 0,05$; $df 2$).

Tabell 11. Relativ fördelning av smolt i olika åldersklasser i Knipån och Rödån. Dels som observerade resultat från kvantifieringen (baserat på samtliga fångade smolt), dels förväntade resultat utifrån modellen.

Vattendrag	Åldersklass	Observerad fördelning	Förväntad fördelning
Knipån	1-åriga smolt	3 %	16 %
Knipån	2-åriga smolt	77 %	81 %
Knipån	3-åriga smolt	20 %	3 %
Rödån	1-åriga smolt	7 %	12 %
Rödån	2-åriga smolt	57 %	78 %
Rödån	3-åriga smolt	36 %	10 %

4.4 Migrationsmortaliteten i de olika habitatet

Totalt märktes 132 smolt med ”floy-tags” och sattes ut i Knipån för att undersöka migrationsmortaliteten. Av dessa sattes 43 stycken ut på utsättningsplats 3 för att återfångas i mortalitetsfällan (24 återfångades). Av de 42 smolt som sattes ut/släpptes förbi mortalitetsfällan återfångades 9 stycken i produktionsfällan. Resterande av de märkta smolten (47 stycken) sattes ut vid utsättningsplats 2 och av dessa återfångades 25 stycken i produktionsfällan. Den genomsnittliga migrationsmortaliteten i Skårhultsdammen var 36 %, medan mortaliteten på den övre respektive nedre sträckan var 48 % respektive 5 %. Dessa värden omräknade till migrationsmortalitet/km, samt standardfelet, för sträckorna framgår av figur 11. Värdena för migrationsmortaliteten är justerade så att hänsyn har tagits till fällornas fångsteffektivitet. Värdena för migrationsmortaliteten på den övre sträckan har justerats så att den genomsnittliga migrationsmortaliteten för sträckan mellan utsättningsplats 2 och produktionsfällan inte inkluderas.



Figur 11. Genomsnittlig migrationsmortalitet/km med standardfel, för öringsmolt på de olika sträckorna som undersöktes i Knipån under perioden 16 april – 1 juni, 2007.

Det fanns en signifikant skillnad i migrationsmortalitet/km mellan de olika sträckorna som undersöktes (ANOVA; $F = 5,85$; $p < 0,05$; $df 2$). Resultatet av det ANOVA-test som utfördes framgår av tabell 12. Det Chi-2 test som utfördes visar att det föreligger en signifikant skillnad i migrationsmortalitet/km mellan de i modellen antagna värdena och de i försöket observerade värdena ($X^2 = 10,14$; $p < 0,05$; $df 2$).

Tabell 12. ANOVA-test av variansen i mortalitet mellan de olika sträckorna i Knipån ($p < 0,05$).

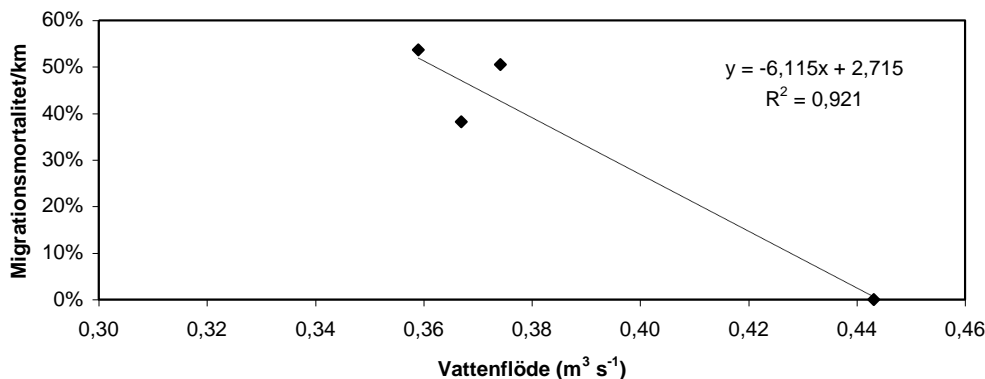
Undersökningssträcka	Antal grupper	Medelvärde/km	Varians	Konfidensintervall (95 %)
Skårhultsdammen	4	71,2 %	24,3 %	± 48,3 %
Övre sträckan	4	48,0 %	0,4 %	± 6,4 %
Nedre sträckan	4	2,5 %	0,3 %	± 5,0 %

Smoltens migrationshastighet på de olika delsträckorna varierade mycket både mellan och inom respektive sträcka (tabell 13). Det gick inte heller att påvisa något samband mellan

migrationsmortaliteten och migrationshastigheten på någon av de tre sträckorna som undersöktes, Skårhultsdammen (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,047$; df 3), övre sträckan (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,530$; df 3) och nedre sträckan (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,296$; df 3). Däremot fanns det ett signifikant negativt samband mellan vattenflödet och migrationsmortaliteten för de fyra grupperna av smolt som sattes ut ovan Skårhultsdammen, figur 12 (Linjär regressionsanalys; $p < 0,05$; $r^2 = 0,921$; df 3). Något samband mellan vattenflödet och migrationsmortaliteten för de övriga grupperna av smolt som sattes ut nedan mortalitetsfällan (övre sträckan) respektive vid utsättningsplats 2 (nedre sträckan) kunde inte påvisas (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,053$; df 3 respektive $p > 0,05$; $r^2 = 0,497$; df 3).

Tabell 13. Beskrivning av variationen i smoltens migrationshastighet på de olika delsträckorna i migrationsmortalitetsstudien (värden presenterade i enheten km/dygn).

Undersökningssträcka	Max.	Min.	Medelvärde	Medianvärde	Antal individer
Skårhultsdammen	0,50	0,02	0,20	0,10	24
Övre sträckan	0,58	0,22	0,38	0,35	9
Nedre sträckan	1,90	0,11	0,76	0,48	25

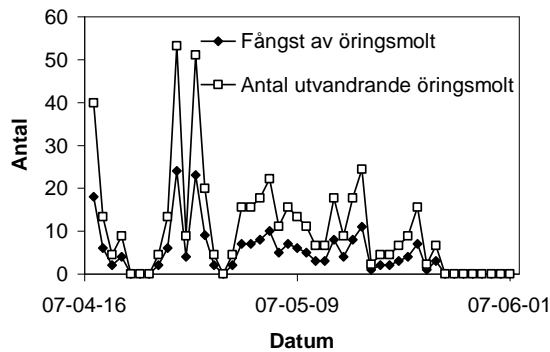


Figur 12. Smoltens migrationsmortalitet i förhållande till vattenflödet i Skårhultsdammen i Knipån under perioden 16 april – 1 juni, 2007.

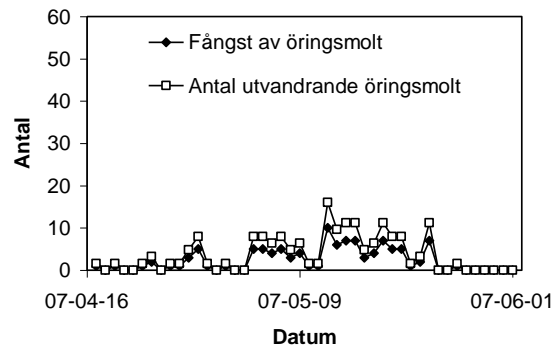
4.5 Total andel av smoltproduktionen som når Vättern

Som det framgår av figur 13 sammanföll inte starten för smoltutvandringen i de båda vattendragen. I Knipån hade smolten redan börjat lämna vattendraget innan projektets start, medan smolten i Rödån troligtvis inte påbörjade sin vandring till Vättern förrän i månadsskiftet april/maj. Totalt fångades det 217 smolt i Knipån respektive 110 smolt i Rödån. Den av modellen beräknade smoltproduktionen i Knipån och Rödån framgår av tabell 14. Här framgår också den smoltproduktion som uppmättes i de båda vattendragen vid kvantifieringen av den totala smoltproduktionen. Den observerade smoltproduktionen i Knipån och Rödån avvek signifikant från den förväntade smoltproduktionen ($X^2 = 713,0$; $p < 0,05$; df 1). Den förväntade smoltproduktionen i de båda vattendragen, utifrån modellberäkningarna, är baserad på samma elfisken som använts vid beräkningen av åldersfördelningen bland de utvandrande smolten (avsnitt 4.3). Antalet smolt som inte hade lämnat vattendragen vid projektets avslutande den 1 juni antogs vara mindre än 5 % av den totala smoltproduktionen. Produktionsfällan i Rödån var inte placerad direkt i mynningen utan 50 meter uppströms denna. Detta betyder att smoltproduktionen på dessa drygt 50 kvadratmeter i habitatklass 2 inte fångades i fällan utan gick rakt ut i Vättern. Modellen beräknar antalet smolt som produceras på denna sträcka till cirka 25 stycken.

A



B



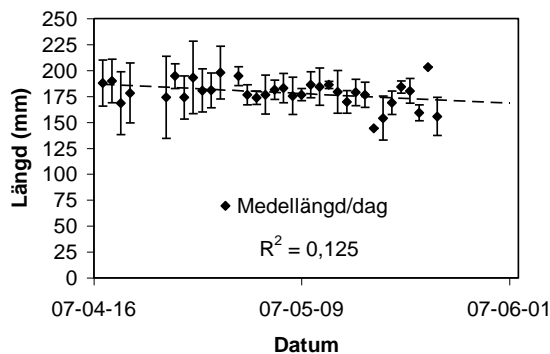
Figur 13. Daglig fångst av öringsmolt i produktionsfällorna, samt beräknad smoltutvandring utifrån fällornas fångsteffektivitet, 16 april – 1 juni, 2007. Knipån (A) och Rödån (B).

Tabell 14. Observerad och förväntad produktion av öringsmolt i Knipån och Rödån våren 2007.

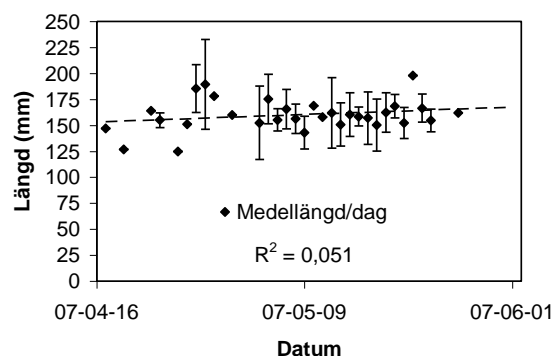
Vattendrag	Observerad smoltproduktion (andel av förväntad)	Förväntad smoltproduktion
Knipån	481 stycken (37 %)	1285 stycken
Rödån	176 + 25 stycken (37 %)	501 stycken

Sambandet mellan smoltens medellängd/dag i förhållande till utvandringstillfälle (figur 14) var signifikant negativt i Knipån (Linjär regressionsanalys; $p < 0,05$; $r^2 = 0,125$; $df = 33$). I Rödån ser trenden ut att vara positiv med avseende på medellängd/dag och utvandringstillfället, men här fanns inte något signifikant samband (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,051$; $df = 30$). Däremot var de utvandrande öringsmoltens medellängd/dag i de båda vattendragen signifikant åtskilda (T-test; $p < 0,05$; $df = 63$). I Knipån var smoltens medellängd 178 mm medan smoltens medellängd i Rödån var 160 mm. I varken Knipån eller Rödån kunde ett signifikant samband urskiljas för genomsnittligt konditionsindex/dag i förhållande till utvandringstillfället (figur 15) (Linjär regressionsanalys; $p > 0,05$; $r^2 = 0,026$; $df = 33$ respektive $p > 0,05$; $r^2 = 0,004$; $df = 30$). Det fanns dock en signifikant skillnad mellan de båda vattendragen med avseende på denna parameter (T-test; $p < 0,05$; $df = 63$). Det genomsnittliga konditionsindexet för smolten i Knipån var 0,79 medan motsvarande värde för de utvandrande smolten i Rödån var 0,81.

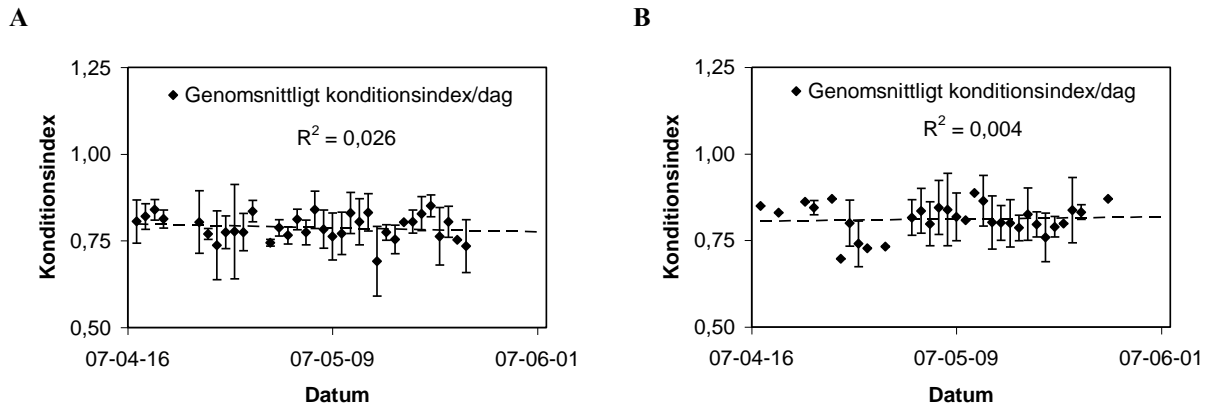
A



B



Figur 14. Medellängd per dag, inklusive standardavvikelser, för öringsmolt fångade i produktionsfällorna i Knipån (A) och Rödån (B), perioden 16 april – 1 juni, 2007.



Figur 15. Genomsnittligt konditionsindex, samt standardavvikelser, per dag för utvandrande öringsmolt fångade i produktionsfällorna i Knipån (A) och Rödån (B), 16 april – 1 juni, 2007.

5 Diskussion

5.1 Undersökning av fällornas fångsteffektivitet

Den typ av fällor som användes vid försöken fungerade bra till mycket bra, trots att det inte gick att påvisa ett samband mellan fångsteffektiviteten (45-81 %) och vattenflödet. Denna bedömning baseras på Lindroth (1977) och Seelbach m.fl. (1985) citerade i Degerman m.fl. (2001) där det framgår att fångsteffektiviteten sällan överstiger 50 % vid fångst av utvandrande havsöringsmolt oavsett vilken typ av fälla som används. Det är troligt att om fler grupper med fisk hade satts ut vid de olika vattenflödena att ett samband hade kunnat påvisas mellan just vattenflödet och fångsteffektiviteten. Förslagsvis bör 3 grupper med minst 10 smolt sättas ut vid respektive vattenflöde, dvs. 3x3 grupper a'10 smolt. Anledningen till att detta inte gjordes vid årets undersökning var att tillgången på utvandrande smolt var för liten.

Det är främst två faktorer, ledarmarnas maskstorlek och fällornas placering, som tycks ha påverkat fällornas funktion och fångsteffektivitet. Maskstorleken i ledarmarna vilken var 18 x 18 mm kan ha varit i största laget. Detta dels på grund av att ett antal smolt (3,5 % av totalt antal fångade smolt) hade fastnat i ledarmarna, dels att det vid ett antal tillfällen observerades att smolt lyckades pressa sig igenom ledarmarnas maskor då de blev skrämde (pers. obs). Dessa fenomen observerades inte i strutarnas garn. Således tycks 11 x 11 mm maskstorlek vara en lämplig storlek även i ledarmarna. Fällor med 15,9 mm öppningar har med framgång använts för att räkna utvandrande atlantlaxsmolt (*Salmo salar*) i Skottland (Clay, 1995). Uppgifter saknas dock på fångsteffektiviteten för de allra minsta smolten. Generellt sett är finmaskigare nät att föredra då det är möjligt (Clay, 1995). Då det gäller placeringen av fällorna noterades främst två saker. Dels hur strutens öppning var placerad i förhållande till strömkoncentrationen, dels ledarmarnas vinkel i förhållande till strömriktningen. I produktionsfällan i Rödån och mortalitetsfällan i Knipån kunde fällorna placeras på ett sådant sätt att strutarnas öppningar låg relativt centrerat i förhållande till den kraftigaste strömkoncentrationen och därmed även i de utvandrande smoltens väg. Placeringen av produktionsfällan i Knipån var dock mer komplicerad. På grund av att fällan placerades endast 10 m från mynningen i Vättern förändrades strömkoncentrationen vid olika vindriktningar och vattenflöden, vilket i sin tur gjorde att strutens öppning vid vissa tillfällen låg förskjutet i förhållande till den kraftigaste strömkoncentrationen. Samma resonemang gäller ledarmarnas placering. Desto mindre vinkel i förhållande till strömriktningen desto bättre funktion tycks fällorna uppvisa. Dessa slutsatser baseras dels på att smolten simmar passivt och följer strömmen vid sin utvandring (Degerman m.fl. 2001 och Degerman, 2007),

dels på det faktum att nästan samtliga smolt som fastnade i de tre fällornas ledarmar gjorde det i produktionsfällan i Knipån (15 smolt av totalt 18 stycken).

Vattenhastigheten vid fällorna inverkar säkerligen också på fångsteffektiviteten. Detta baseras på det faktum att det tycks föreligga ett positivt samband mellan de olika fällornas fångsteffektivitet och vattenhastigheten vid fällorna, detta har dock inte testats statistiskt eftersom underlag saknas. Vid mortalitetsfällan i Knipån som hade den högsta fångsteffektiviteten var också vattenhastigheten störst, följt av produktionsfällan i Rödån och slutligen produktionsfällan i Knipån där både den lägsta vattenhastigheten och fångsteffektiviteten uppmättes. Ytterligare en faktor som troligen har påverkat fällornas fångsteffektivitet är hur mycket skräp som fastnade i dessa. Vid ett fåtal tillfällen var ansamlingen av skräp så stor att ingången till den sista struten satts igen. Låsen som monterades uppströms fällorna förhindrade att träd och stora grenar drev in i och skadade fällorna. Dessvärre stoppades inte löv, kvistar och annat skräp från att driva in i fällornas ledarmar och strutar. Detta problem var påtagligast då det blåste kraftigt, samt när vattenflödet ökade väldigt hastigt.

Generellt sett var det svårt att se något mönster i hur smolten vandrade efter det att de hade satts ut efter märkning. Sträckans karaktär spelade säkerligen in eftersom fiskar som sattes ut på mer strömmande sträckor hade en något större tendens att vandra fortare än fiskar som sattes ut på mer lugnflytande sträckor. Variationerna var dock stora trots att samma metodik användes vid märkningsförfarandet. Troligen spelar vattenflödet en avgörande roll. Det föreligger ett positivt samband mellan migrationshastigheten hos öring-smolt och en ökning av vattenflödet (Aarestrup m.fl. 2002). Förklaringen till detta anses vara att predationsrisken och därmed migrationsmortaliteten minskar med ökat vattenflöde (Aarestrup m.fl. 2002). Ytterligare faktorer såsom vattennivå, vattentemperatur och dagslängd anses också påverka smoltens vilja att vandra nedströms (Byrne m.fl. 2004).

5.2 Kvantifiering av de utvandrande öring-smoltens åldersstruktur

Vattentemperatur och dagslängd fungerar som reglerande faktorer innan smoltutvandringen och påverkar själva smoltifikationsprocessen (Byrne m.fl. 2004). Däremot är de schablonvärden som används i modellen för att beräkna ålderstrukturer fasta och tar inte hänsyn till variationer i klimat, fysiska- eller kemiska parametrar. Detta leder till att det alltid kommer att finnas skillnader i smoltens ålderstruktur mellan olika år, men framförallt mellan förväntade och observerade värden. Fokus när det gäller det förväntade resultat som modellen levererar bör dock inte ligga på att ta fram exakta värden på antalet smolt i respektive ålder utan snarare att ge en bild av dominansförhållandet mellan smolt i olika ålder. Detta lyckas modellen till viss del med att göra. Precis som förväntat dominerade andelen 2-åriga smolt. Däremot är förhållandet mellan 3-åriga och 1-åriga smolt i båda vattendragen omvänt jämfört med modellens förutsägelser.

De signifikanta skillnaderna mellan de förväntade ålderstrukturerna i Knipån och Rödån jämfört med de observerade resultaten kan till viss del förklaras av underlaget vid modellberäkningarna. Endast ett elfiske per vattendrag fanns tillgängligt. Tillförlitligare resultat hade erhållits om fler elfisken från fler habitattyper per vattendrag funnits tillgängliga. Genom att använda sig av medelvärden för tätheter av olika åldersklasser i olika habitatklasser uppnås en mer nyanserad bild av öringpopulationerna, vilket också Halldén m.fl. (2005) påpekar. Vidare är de värden som erhöles för Knipån osäkra eftersom smoltutvandringen redan påbörjats innan fällan togs i drift (pers. obs). Om så var fallet även i Rödån är däremot svårare att uttala sig om. Ytterligare en förklaring till de skillnader som förelåg kan bero på fällornas selektivitet vid fångst av smolt i olika storlekar. Andelen 1-åriga smolt som fångades är troligen underrepresenterad, vilket även kan gälla de minsta individerna av de 2-åriga smolten. Detta eftersom mindre smolt lyckades ta sig igenom

ledarmarnas maskor (se diskussion fällornas fångsteffektivitet). Att så skulle vara fallet styrks av det faktum att inget smolt som åldersanalyserades från Knipån bedömdes som 1-årigt.

En andel av den utvandrande öringen i framförallt Rödån som klassats som 1-åriga smolt, kanske inte heller borde ha inkluderats vid undersökningen av åldersstrukturen och kvantifiering av den totala smoltproduktionen. Sjöstrand (2003) visade att det i vissa områden av Vätterns strandzon förekommer årsungar (0+), vilket även observerades visuellt i slutet av maj 2007 (pers. obs). Det är troligt att dessa uppehåller sig i denna zon därför att den utgör ett lämpligt uppväxthabitat i förhållande till vattendraget, vilket Norrgård m.fl. (2005) visar på. Möjligheterna att fjolårsungar (1+) också utnyttjar denna förefaller inte osannolikt. Speciellt i Rödåns fall där mycket höga tätheter av öringungar förekommer (218 öringar/100 m², Fiskeriverket). Att detta faktiskt skulle vara fallet förstärks av att ett antal individer som fångades i fällan i Rödån var mycket svårbestämda med avseende på vilket stadium de befann sig i. De uppvisade karaktärer typiska för både stirr och smolt, såsom antydan till stirrfläckar men med relativt lågt konditionsindex, alternativt relativt normalt konditionsindex men med tydligt silvriga sidor. Om den intraspecifika konkurrensen leder till att även äldre öringungar söker sig ut i strandzonen runt Rödåns mynning får dock framtida undersökningar utvisa.

5.3 Migrationsmortalitetsstudie i olika habitat

Tätheten av piscivora fiskar, framförallt gädda och lake, som klassas som potentiella smoltpredatorer är låg i Knipån. (Backstedt och Carlsson, 2007). Detta resultat i kombination med vattendragets karaktär motiverar användandet av de i modellen antagna värdena på migrationsmortaliteten/km vid passage genom olika typer av stilla/lugnflytande habitat. Trots detta är den observerade migrationsmortaliteten/km signifikant högre än den förväntade i samtliga typer av stilla/lugnflytande habitat. De uppmätta värdena ligger dock inom felmarginalen för både Skårhultsdammen (71 %) och den nedre sträckan (3 %), medan migrationsmortaliteten på den övre sträckan (48 %) avviker markant från den i modellen antagna. Vid en undersökning av migrationsmortaliteten hos havsöringsmolt och ål vid passage av olika i habitattyper i anslutning till våtmarker i Kävlingeån och Råån i Skåne erhöll Eklöv m.fl. (2007) värden på migrationsmortaliteten som ligger i samma storleksordning som erhöles vid denna undersökning. Detta tyder på att migrationsmortaliteten i modellen är underskattad i samtliga typer av stilla och lugnflytande habitat samt att det även föreligger en migrationsmortalitet vid passage genom mer strömmande habitat. Sett utifrån modellens uppbyggnad och observationer under försökets gång är det framförallt två faktorer som kan ha bidragit till de skillnader som föreligger. Dels är det närvaron av piscivora fåglar och mink (*Mustela vison*) som kan bidra till en ökad migrationsmortalitet på samtliga tre undersökta sträckor. Dels är det vattenflödets inverkan på migrationsmortaliteten.

I modellen har endast migrationsmortalitet beräknats för de sträckor där predation från piscivora fiskar kan tänkas förekomma, men ingen hänsyn har tagits till predation från fåglar och däggdjur. Det är allmänt accepterat att piscivora fiskar och fåglar är de främsta predatorerna vid smoltmigrationen. (Larsson (1985), Poe m.fl. (1991) Rieman m.fl. (1991) och Ruggles (1980) citerade i Jepsen m.fl. 1998). Under försökets genomförande, 16 april – 1 juni, 2007, noterades vid flertalet tillfällen närvaro av piscivora fåglar. Storskrak (*Mergus merganser*) observerades nästan dagligen i både Knipån och Rödåns mynningar, även häger (*Ardea cinerea*) observerades vid ett flertal tillfällen. Dessutom fångades totalt tre minkar och en storskrak i fällorna, vilket tyder på att den sistnämnda även söker föda uppe i Vätterbäckarna. Hur stor andel av de utvandrande smolten som faktiskt försvinner till följd av denna predation är svårt att uppskatta eftersom dessa predatorer är så mobila (Jepsen m.fl. 1998). Från en undersökning av migrationsmortaliteten för lax- och öringsmolt i den danska sjön Tange menar dock Jepsen m.fl. (1998) att fåglar kunde stå för så mycket som 31 % av den observerade mortaliteten, även om gädda var den viktigaste predatoren (56 % av

observerad mortalitet). Olsson m.fl. (2001) menar att predationen på vandrande smolt från häger var störst i de övre delarna av Önnerupsbäcken (Skåne) där vattnet är grunt och där få gömställen finns för smolten. Knipån uppvisar bitvis dessa karaktärer, bl.a. de två mindre dammarna på den övre sträckan stämmer väl in i beskrivningen. Vid en jämförelse mellan den nedre och övre sträckans karaktär i Knipån är det bara dessa två dammar samt ett mindre vattenfall nedan dessa som skiljer de båda sträckorna åt. Trots detta är skillnaderna i migrationsmortalitet/km avsevärda på de båda sträckorna (nedre sträckan 3 % och övre sträckan 48 %). Om skillnaden i mortalitet enbart beror på en förhöjd predation i de båda dammarna eller om det finns andra förklaringar såsom förhöjd mortalitet till följd av passagen nedför vattenfallet går inte att avgöra baserat på resultaten från denna undersökning.

Vattenflödets effekt på migrationsmortaliteten är ytterliggare en faktor som modellen inte tar hänsyn till. Effekten av vattenflödet på migrationsmortaliteten tycks dock vara störst i sjöar och större dammar. Vid jämförelsen av de fyra grupper av märkta smolt som sattes ut ovan Skårhultsdammen med det genomsnittliga vattenflödet under tiden från de sattes ut tills det att de återfångades framgår ett signifikant samband. Detta samband visar på att då vattenflödet minskar så ökar samtidigt migrationsmortaliteten för passagen genom dammen. Några liknande samband kunde inte påvisas för de övriga sträckorna som undersöktes i Knipån. Olsson m.fl. (2001) anser att de lägre vattenhastigheterna i just sjöar och dammar har en fördröjande effekt på smolten. Det är dock inte passagen genom en damm eller sjö som utgör det stora problemet för de migrerande smolten, men däremot att hitta utloppet (Jepsen m.fl. 2000). Således kan man dra slutsatsen att ju längre tid smolten tillbringar i dammen för att försöka hitta utloppet desto större är sannolikheten att mortaliteten ökar pga. predation från både piscivora fiskar och fåglar. En förutsättning för att inkludera vattenflödets påverkan på migrationsmortaliteten i modellen är att det finns tillförlitliga mätvärden. Detta finns dock inte i dagsläget för samtliga Vätterbäckar och vissa de värden som finns att tillgå är endast beräkningar baserade på nederbörds mängden (Halldén, 2007).

Ytterliggare faktorer som kan ha påverkat resultaten är märkningsförfarandet och den typ av märken som användes. En ökad mortalitet till följd av riktad predation skulle kunna föreligga för de märkta smolten jämfört med omärkta smolt. Detta eftersom de blir lättare att upptäcka för predatorer i dessa förhållandevis grunda och klara vattendrag. Vid migrationsmortalitetsstudien gjordes dock antagandet att påverkan på mortaliteten till följd av detta var försumbar. Detta skulle ha kunnat testas med kontrollgrupper av smolt där endast fettfenan hade klippts av. Tillgången på smolt var dock inte tillräckligt stor, varför detta ej genomfördes. Alternativt kunde en annan typ av märkning, t.ex. ”pit-tags”, som inte är synliga för predatorer använts. Detta alternativ förkastades dock eftersom en synlig märkning med ”floy-tags” förenklar rapporteringen av adulta öringar som återfångas i Vättern. Enligt Eklöv m.fl. (2007) föreligger dock ingen signifikant skillnad i mortalitet mellan öring märkt med ”floy-tag” och öring märkt med sändare. Jepsen m.fl. (1998) kunde inte heller påvisa någon skillnad i mortalitet mellan telemetrimärkt och omärkt fisk. Således drar de slutsatsen att märkningsförfarandet inte hade påverkat deras resultat, trots att smolten är små och ömtåliga fiskar samt att det finns studier som påvisat mindre effekter på mortalitet, tillväxt och beteende hos märkt fisk (McCleave och Stred, 1975 citerade i Jepsen m.fl. 1998). Förlust av märkt fisk på grund av märkestapp har inte heller undersökts närmare än att all fisk som har fångats i fällorna har okulärbesiktigats för att upptäcka eventuella spår av märkning. Ett fall av märkesförlust upptäcktes, vilket motsvarar mindre än 0,5 % av det totala antalet märkta smolt. Även viljan att fortsätta sin vandring kan ha påverkats av märkningsförfarandet. Jepsen m.fl. (1998) menar dock att det endast är det ett fåtal smolt som tappar vandringslusten och förblir stationära fiskar istället. Aarestrup m.fl. (2002) kunde inte heller påvisa någon skillnad i beteende mellan smolt märkta med telemetrisändare och omärkta smolt. Vid bearbetningen av resultaten från denna undersökning har därför sådana effekter betraktats som försumbara.

Baserat på resultaten från denna undersökning och de resultat som presenteras av Eklöv m.fl. (2007) menar Erik Degerman (opubl.) att värdena på migrationsmortaliteten/km borde vara i storleksordningen:

- Strömmande habitat, 5-10 %
- Lugnflytande habitat, 10-20 %
- Sel med snabb genomströmning, 20-50 %
- Kortare damm, 70-80 %

Om dessa avsevärt högre värden på migrationsmortaliteten tillämpas i modellen kommer således även utfallet av den totala smoltproduktionen att påverkas, framförallt om ytterliggare sträckor i Vätterbäckarna görs tillgängliga genom fiskevårdsåtgärder. Vid en omräkning av smoltproduktionen i Knipån och Rödån 2007 med de mortalitetsvärden som observerades vid denna undersökning erhålls endast något lägre produktionssiffror. I Knipån skulle antalet smolt minska med 4 % och i Rödån skulle minskningen vara 1 %. Dessa små skillnader beror på att de sträckor som idag producerar smolt till Vättern i dessa vattendrag är korta (0,6-1,9 km) och nästan uteslutande består av strömmande habitat. Skulle det däremot ha förekommit längre sträckor och av annan karaktär, såsom Knipån ser ut uppströms det första definitiva vandringshindret hade skillnaderna varit större. För att modellen skall kunna fungera tillfredställande förefaller behovet av ytterliggare undersökningar av migrationsmortaliteten uppenbart.

5.4 Kvantifiering av den totala smoltproduktionen

De observerade värdena för smoltproduktionen i Knipån (481 smolt) och Rödån (176 smolt) skiljer sig markant ifrån det förväntade värdena utifrån modellen (1285 smolt respektive 501 smolt). Detta beror troligen på en eller snarare en kombination av följande tre saker. 1: Modellen är felaktigt konstruerad. 2: Underlaget till modellberäkningarna är för litet eller bristfälligt. 3: Smoltutvandringen hade startat och kanske till och med kulminerat innan dess att fällorna togs i drift. Exakt hur många smolt som faktiskt vandrade ut till Vättern under mars och början av april innan fällorna tagits i drift går inte att uppskatta. Detta betyder att det inte heller går att dra några definitiva slutsatser angående modellens tillförlitlighet avseende den totala smoltproduktionen till Vättern baserat på undersökningarna i dessa två vattendrag.

Då det gäller modellens konstruktion så förefaller den logiskt uppbyggd och tämligen rättfram. Dess eventuella svagheter ligger förmodligen i de beräknade och uppskattade schablonvärden som används i de olika stegen vid beräkningen av smoltproduktionen. För det första så är den relativa tätheten av öringungar i de olika habitatklasserna osäker, vilket Halldén m.fl. (2005) också påpekar. För det andra är värdena för öringungarnas överlevnad och andelen som förväntas bli smolt baserade på undersökningar i andra vattendrag. Behovet av relevanta värden för dessa två parametrar kan belysas med ett räkneexempel. Genom att använda värden som är 10 % lägre än de som idag används i modellen för överlevnad och smoltifieringsgrad erhålls en minskning av smoltproduktionen med 19 %. För det tredje så är de värden som används för att beräkna migrationsmortaliteten enbart baserade på predation från piscivora fiskar, samt att predation endast beräknas ske i vattendragens stilla/lugnflytande delar. Genom denna och kommande undersökningar kan dock dessa värden justeras och bidra till en kalibrering av modellen för de förhållanden som generellt råder i vattendragen som mynnar i Vättern. Man bör dock ha i åtanke att i de 60 vattendrag av Vätterns totalt 148 tillflöden där öringproduktion sker också varierar i karaktär, vilket medför att modellen aldrig tillfullo kan förutsäga den årliga produktionen i respektive vattendrag.

Det förefaller inte orimligt att modellen överskattar den totala smoltproduktionen i de båda försöksvattendragen. Förklaringen till detta ligger inte bara i själva modellens uppbyggnad utan även i underlaget för beräkningarna, dvs. precisionen i biotopkarteringen, placeringen av elfiskelokalerna och antalet utförda elfisken i respektive vattendrag och habitatklass. De vid biotopkarteringen indelade delsträckorna i respektive vattendrag är trots beskrivningen i biotopkarteringsmetodiken (Länsstyrelsen i Jönköpings Län, 2002) inte homogena och har inte riktigt samma produktionspotential, vilket modellen utgår ifrån vid beräkningarna. Då elfisken utförs bör således elfiskelokalerna bedömas och klassas inte enbart utifrån elfiskemetodiken utan även biotopkarteringsmetodiken. Detta eftersom elfiskelokalerna ofta är placerade på de sträckor i respektive habitatklass som är mycket produktiva (dvs. har höga tätheter av öringungar), vilket kan ge en skev bild av tätheterna i den aktuella habitatstypen då modellen antar att det föreligger en jämn fördelning av öringar inom respektive habitatklass. Vidare är det av mycket stor vikt att antalet elfisken som täthetsberäkningarna baseras på är tillräckligt många för att spegla de genomsnittliga tätheterna som faktiskt råder eftersom modellen antar att samma tätheter råder inom samma habitatklasser i respektive vattendrag, vilket inte heller är fallet i verkligheten.

Vintern 2006/2007 var förhållandevis varm och nederbördsrik. Vädret i mars 2007 påminde mer om aprilväder (SMHI, 2007). Dessa höga luft- och vattentemperaturer, samt på vissa ställen mycket höga vattenflöden påverkade säkerligen smoltutvandringen och dess start i Vätterbäckarna. Absolut vattennivå följt av förändringar i vattennivån samt vattentemperatur och dagslängd lyfts fram som de viktigaste kontrollerande faktorerna då det gäller daglig utvandring av smolt (Byrne m.fl. 2004). Av de två projektvattendragen påverkades troligen Knipån mest eftersom sjöarealen i dess avrinningsområde är högre. Detta i kombination med att avvattningen från Skårhultsdammen sker via ett överfall. Vilket innebär att ytvatten som värms upp av solen under dagen omedelbart når de sträckor där produktionen av smolt sker. Sålunda stiger vattentemperaturen på dessa sträckor väldigt fort då lufttemperaturen ökar. I Rödån är situationen annorlunda. Endast en sjö, Rödsjön som ligger längst upp i systemet, förekommer. Veckan innan projektets start drog ytterliggare en varmfront in över stora delar av Sverige med dagstemperaturer på cirka 20°C i en veckas tid i områdena runt Vättern. Detta medförde i sin tur att vattentemperaturen i Knipån steg mycket fort (6°C på 5 dygn) för att återigen sjunka tillbaka lika snabbt då vädret på nytt växlade. Denna kraftiga temperaturhöjning kan ha utgjort kulmen på årets smoltmigration i Knipån. I Degerman m.fl. (2001) framgår det att en mycket stor andel av den årliga smoltproduktionen kan vandra ut under en eller ett par nätter. De smolt som dock fångades i fällan under dess första vecka i drift hade en för Vätterbäckarna relativt hög medellängd (186 mm). Detta tyder på att de smolt som vandrat ut under dessa temperaturtoppar framförallt varit de äldre och mest storväxta individerna. Bohlin m.fl. (1996) menar att just större smolt har en tendens att starta sin migration tidigare än mindre smolt. Trots att temperaturförändringen i Rödån var nästan lika kraftig som i Knipån under samma period kunde någon liknande effekt med avseende på smoltutvandringen inte observeras. Antalet smolt som fångades i fällan under dess första vecka i drift var endast 0,5 smolt/dygn och deras medellängd var snarare mindre än de smolt som fångades senare under projektet. Förklaringen till detta kan vara en kombination av mindre kraftiga variationer i vattenflödet och att vattentemperaturen i Rödån inte översteg 8°C under perioden. Ett flertal undersökningar anger just denna temperatur som ett mått på när större mängder smolt börjar vandra, även om variationer i intervallet 5-11°C redovisats (Degerman m.fl. 2001). Ovanstående faktorer har inte kunnat testas i denna undersökning eftersom projektet startades för sent. Det borde dock vara av intresse eftersom det kan leda till ytterliggare kunskap om tidpunkten för smoltutvandringen i Vätterbäckarna och framförallt vad som utlöser den.

Hur mycket smolt som vandrade ut till Vättern efter det att fällornas demonterats i Knipån och Rödån är också svårt att uppskatta. Antalet bör dock vara relativt få. Detta eftersom 2-3 tillfällen med ökad smoltutvandring skedde under försöksperioden, samt att inga smolt fångades i fällorna under den sista veckan (figur 13). Smoltutvandringen sker ofta koncentrerat under 1-4 tillfällen per säsong (sammanställning i Degerman m.fl. 2001). Sålunda gjordes antagandet att mer än 95 % av smolten som producerats våren 2007 i Knipån och Rödån också lämnat dessa den 1 juni då fällorna demonterades. Generellt sett kan man konstatera att smoltutvandringen från både Knipån och Rödån till Vättern var mycket utdragen, cirka 1-2 månader. Om detta är normalt för Vätterbäckarna eller inte kan framtida uppföljningar av denna validering bringa klarhet i.

Intressant att notera är det faktum att 6 öringar som uppvisade tydliga tecken på att ha smoltifierat fångades i mortalitetsfällan i Knipån. Dessa smolt härrör från lekfisk som inte kommer ifrån Vättern eftersom de fångades uppströms tre definitiva vandringshinder för öring. Således produceras det smolt uppströms dessa vandringshinder och som modellen inte tar med vid beräkningarna av den totala smoltproduktionen. Andelen smolt som faktiskt produceras på dessa sträckor borde dock vara mycket låg i förhållande till produktionen på sträckorna nedströms vandringshindren. Denna observation är dock värdefull inför den kommande anläggningen av en fiskväg förbi Skårhultsdammen, vilket kommer att göra sträckorna uppströms denna tillgängliga för lekvandrande fisk från Vättern.

5.5 Slutsatser och förslag till åtgärder

Då man skapar en modell försöker man i så stor grad som möjligt att hitta **de parametrar som antas ha störst betydelse för hur väl modellen förutsäger en viss företeelse** och mäter sedan dessa. Detta är viktigt att tänka på vid skapandet och valideringen av en modell, men framförallt vid användandet av de resultat som den levererar. Ytterliggare en sak som bör lyftas fram när det gäller modeller är betydelsen av **kvaliteten på indata**. En modell kan vara mycket avancerat uppbyggd och ta hänsyn till ett stort antal parametrar, men om den matas med alltför knapphändig eller bristfällig data kan aldrig resultatet bli tillförlitligt.

Vid användandet av de värden som smoltproduktionsmodellen levererar i nuvarande uppbyggnad/version förfaller det lämpligt att använda sig av en felmarginal framförallt nedåt då det gäller den totala smoltproduktionen. Detta eftersom den förutsätter att de olika delsträckorna är homogena, vilket inte är fallet i verkligheten, samt att de schablonvärden som tillämpas för att beräkna överlevnad och smoltifieringsgrad inte är baserade på undersökningar i Vätterbäckarna. Vidare är det lämpligt att de elfiskelokaler som används för att ge underlag till beräkningarna av kommande års smoltproduktioner inte förläggs till de mest produktiva delarna i respektive habitatklass. Lämpligast vore om det genomfördes 2-3 slumpmässigt placerade elfisken inom varje habitatklass så att variationerna inom habitatklasserna kunde fångas upp. En upprepning av kvantifieringen av den totala smoltproduktionen borde kunna ge svar på om årets resultat endast berodde på att smoltutvandringen startat och även kulminerat innan dess att fällorna togs i drift. Om så inte skulle vara fallet kan det vara aktuellt att fundera på om det är möjligt att öka säkerheten i modellen genom att utföra fler elfisken (se ovan), undersöka öringarnas överlevnad och smoltifieringsgrad, samt att öka precisionen i biotopkarteringen. Det sistnämnda alternativet förefaller dock mycket tidsödande och kostsamt. Ett alternativ vore att använda sig av en korrigeringsfaktor. Det vill säga att man multiplicerar den förväntade smoltproduktionen med en omräkningsfaktor som är baserad på observerade värden.

Resonemanget ovan går till stor del att föra även då det gäller smoltens åldersstruktur. Hur och var underlaget till beräkningarna av ålderstrukturen samlas in har mycket stor betydelse eftersom fisk i olika storlek (oftast i olika ålder) utnyttjar olika habitat. Vidare kan den tidiga smoltutvandringen också ha snedvridit de observerade resultaten eftersom olika

stora smolt lämnar vattendraget vid olika tillfällen. Ytterligare en faktor som säkerligen gjorde att framförallt de 1-åriga smolten var underrepresenterade är maskstorleken i fällornas ledarmar. Det senare är dock relativt enkelt att åtgärda genom att minska maskstorleken i ledarmarna.

Trots att de i modellen antagna värdena för migrationsmortaliteten ligger inom felmarginalen för de observerade värdena finns det en signifikant skillnad. Att det i modellen endast tas hänsyn till migrationsmortalitet i stilla/lugnflytande habitat förefaller ge en allt för förenklad bild av verkligheten. Ett alternativ skulle vara att använda sig av flera olika typer av mortalitet istället som görs vid bl.a. ICES beståndsuppskattningar (Nilsson, 2004). Vid dessa delas den totala mortaliteten (Z) upp i naturlig mortalitet (M) och fiskerimortalitet (F). Förslagsvis borde man i modellen justera de antagna värdena för migrationsmortaliteten i stilla/lugnflytande habitat och komplettera med migrationsmortalitet i strömmande habitat samt med en faktor för övrig mortalitet. På så sätt skulle modellen även bli enklare att kalibrera specifikt för enskilda vattendrag.

Vid smoltproduktionsundersökningar i denna typ av vattendrag kan de fällor och den metodik som användes vid detta försök med fördel användas. Vid eventuella upprepningar bör dock hänsyn tas till de faktorer som påverkade fällornas effektivitet och funktion negativt vid detta försök. Det vill säga främst ledarmarnas maskstorlek och fällornas placering, men även länsens utformning. Vidare bör antalet grupper av märkt fisk som används för att beräkna fällornas fångsteffektivitet och undersöka migrationsmortaliteten om möjligt vara fler till antalet för att få ett större dataunderlag vid beräkningar och statistiska analyser.

6 Erkännanden

Tack till **Anton Halldén**, länsfiskekonsulent på Länsstyrelsen i Jönköpings län, som först kom med idén till projektet och som bidragit till dess genomförande både i form av metodutveckling, material och information. **Erik Degerman** på Fiskeriverket som har varit mycket behjälplig med bland annat framtagandet av metodiken och tillhandahållit fältutrustning, samt fungerat som ett bollplank genom hela projektet. **Catherine Legrand** docent vid naturvetenskapliga institutionen på Högskolan i Kalmar som har hjälpt mig med både stort och smått under projektets gång och för hennes kritiska och mycket konstruktiva granskning av denna rapport. **Lars-Erik Brevitz** på Länsstyrelsen i Jönköpings län för hans fantastiska arbete med ombyggnaden av fällorna. **Michael Bergström** och **Henrik Olsson** på Länsstyrelsen i Jönköpings län, samt min far **Sune Nilsson** som har bidragit med ovärderlig fältassistans. De **berörda markägare** som tillåtit att jag har färdats över och arbetat på deras mark, vilket var ett måste för projektets genomförande. Även ett stort tack till **Stefan Stridsman** på Fiskeriverkets utredningskontor i Luleå som utfört åldersanalyserna på de fjällprover som samlades in under projektet. **Per Larsson**, professor vid naturvetenskapliga institutionen på Högskolan i Kalmar, för den hjälp jag har fått med tillståndsansökningar.

Vidare vill jag tacka **Sveriges Flugfiskares Förening** och **Göte Borgströms fond för forskning** för deras ekonomiska stöd från sina fiskevårdsfonder, samt **Länsstyrelsen i Jönköpings län** och **Högskolan i Kalmar** för deras finansiering, vilket har varit mycket betydelsefullt för projektets genomförande.

7 Referenser

7.1 Litteraturreferenser

- Aarestrup K, Nielsen C och 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. *Hydrobiologia*, 483: 95-102
- Backstedt A och Carlsson S. 2007. Predatorer och insjööring i Knipån, Habo kommun. Projektarbete Vt. 2007 i kursen Vattenvård 10p. Zoologiska institutionen, Göteborgs universitet. 14 s.
- Bohlin T, Dellerfors C och Faremo U. 1996. Date of smolt migration depends on body-size but not age in wild sea-run brown trout. *Journal of Fish Biology*, 49: 157 – 164
- Byrne CJ, Poole R, Dillane M, Rogan G och Whelan KF. 2004. Temporal and environmental influences on the variation in sea trout (*Salmo trutta* L.) smolt migration in the Burrishoole system in the west of Ireland from 1971 to 2000. *Fisheries Research*, 66: 85-94
- Clay CH. 1995. Design of fishways and other fish facilities. 2nd ed. Lewis Publishers. Boca Raton, USA. 248 s.
- Degerman E. 2004. Fisk, fiske och miljö i de fyra stora sjöarna från istid till nutid. Fiskeriverkets sötvattenslaboratorium och Naturvårdsverket
- Degerman E, Nyberg P och Sers E. 2001. Havsöringens ekologi. Fiskeriverket, Sötvattenlaboratoriet lokalkontoret i Örebro. Fiskeriverket informerar 2001:10
- Degerman E, Nyberg P, Näslund I och Jonasson D. 2002a. Ekologisk fiskevård. Sportfiskarna, Sveriges sportfiske- och fiskevårdsförbund. Stockholm
- Degerman E, Sers B och Bergquist B. 2002b. Elfiske i rinnande vatten, version 1:3. Handbok för miljöövervakning. Naturvårdsverket
- Eklöv A, Olsson I och Degerman E. 2007. Utvandringsförsök med smolt och ål i Kävlingeån och Råån. Rapport till Naturvårdsverket, 2007-12-15
- Ennos R. 2000. Statistical and data handling skills in biology. Prentice Hall an imprint of Pearson Education. Harlow, England. 132 s.
- Halldén A, Asp T, Andersson L, Degerman E och Nöbbelin F. 2005. Biotopkartering Vätterbäckar – del 2 hela Vättern. Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande nr 2005:34
- ICES. 2005. Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystems, 2005. ICES Advice. Volumes 1 - 11. 1,418 s.
- Jepsen N, Aarestrup K, Okland F och Rasmussen G. 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. 347-353
- Jonsson B och Jonsson N. 1993. Partial migration: Niche shift versus sexual maturation in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 3, no. 4: 348-365
- Järvi T, Bergquist B, Holmberg B, Johlander A, Jonasson D och Näslund I. 1997. Fiskevård i rinnande vatten. Råd och anvisningar från Fiskeriverket. Egget förlag. Arvika

- Larsson P O. 1985. Predation on migrating smolt as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar*, populations. J. Fish Biol, 26: 391–397
- Lindell M och Halldén A. 2003. Fiske och fiskar i Vättern. Vätternvårdsförbundet. Rapport nr 62
- Lindroth A. 1977. The smolt migration in the river Mörrumsån (Sweden) 1963-1966. ICES C.M./M:8. 11 s.
- Ljung M. 2003. Vätteröringen - Spelar avståndet från Vättern någon roll för Öring-populationerna i fyra Vätterbäckar? Vätternvårdsförbundet. Rapport nr 76
- Länsstyrelsen i Jönköpings Län. 2002. Biotopkartering – Vattendrag. Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande nr 2002:55
- McCleave J D och Stred K A. 1975. Effect of dummy telemetry transmitters on stamina of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. J. Fish. Res. Bd Can, 32: 559-563
- Moyle PB och Cech Jr JJ. 2004. Fishes: an introduction to ichthyology. 5th ed. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, USA. 726 s.
- Muus BJ och Dahlström P. 1968. Sötvattenfisk och fiske. P.A. Norstedt & Söners förlag. Stockholm
- Nilsson N. 2004. Föreläsningmaterial. Fiskeriekologi, 10p. Campus Helsingborg, Lunds Universitet
- Norrgård J, Melin D och Halldén A. 2005. Fiskundersökningar i Vätterns strandzon och Nissöga i Rocksjön. Vätternvårdsförbundet. Rapport nr 89
- Olsson I C, Greenberg L A och Eklöv A G. 2001. Effect of an artificial pond on migrating brown trout smolts. North American Journal of Fisheries Management, 21: 498-506
- Pethon P och Svedberg U. 1998. Fiskar, Norstedts Natur. Bokförlaget Prisma. Stockholm
- Poe T P, Hal C H, Vigg S, Douglas E P och Prendergast L A. 1991. Feeding of predaceous fishes on out-migrating juvenile salmonids in John Day reservoir, Columbia River. Trans. am. Fish. Soc, 120: 405–420.
- Rieman B E, Beamsderfer R C, Vigg S och Poe T P. 1991. Estimated loss of juvenile salmonids to predation by northern squawfish, walleyes, and smallmouth bass in John Day Reservoir, Columbia River. Trans. am. Fish. Soc, 120: 448–458
- Rothschild B J, Chen C och Lough R G. 2005. Managing fish stocks under climate uncertainty. ICES Journal of Marine Science, 62: 1531 – 1541
- Ruggles C P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. Can. Tech. Rep. Fish. aquat. Sci. 952: 39 s.
- Seelbach P W, Lockwood R N och Alexander G R. 1985. A modified inclined-screen trap for catching salmonid smolts in large rivers. North American Journal of Fisheries Management, 5: 494-498
- Sjöstrand P. 2003. Standnära elfiske i högländssjöar – en metod för ökad kännedom om olika fiskarters förekomst. Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande nr 2003:11
- Tesch F W. 1971. Age and growth in *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell Scientific. Oxford. 98-130
- Wootton R J. 1999. Ecology of teleost fishes. 2nd ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 386 s.

7.2 Internetreferenser

- Artdatabanken. 2007. Tillgänglig från:
<http://www.artdata.slu.se/rodlista/index.cfm>
- Fiskeriverket. 2007. Tillgänglig från:
<http://www.fiskeriverket.se>
- SMHI. 2007. Tillgänglig från:
<http://www.smhi.se/>
- Vätternvårdsförbundet. 2007. Tillgänglig från:
<http://www.vattern.org/faktaomvattern.4.c837cdf7ae6c238f7fff29.html>

7.3 Muntliga referenser

- Bergström M. 2007. Fisketillsyningsman vid Länsstyrelsen i Jönköpings Län
- Degerman E. 2007. Forskare vid Fiskeriverkets kontor i Örebro
- Halldén A. 2007. Länsfiskekonsulent vid Länsstyrelsen i Jönköpings Län
- Larsson P. 2007. Professor vid naturvetenskapliga institutionen på Högskolan i Kalmar

Bilaga 3: Protokoll åldersprovtagning

Protokoll åldersprovtagning.

Vattendrag: _____

Nr:	Datum:	Fiskart:	Vikt (g):	Längd (mm):	Utförare:	Övrigt:
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						

Bilaga 4: Frekvensprotokoll

Frekvensprotokoll åldersprovtagning.

Vattendrag: _____

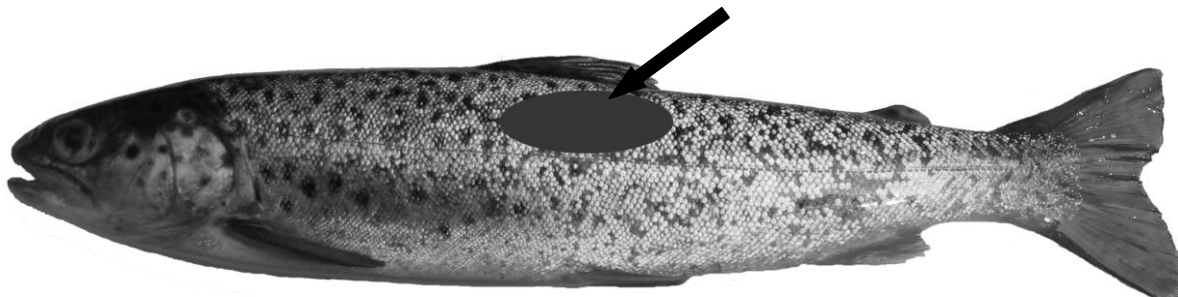
Längdintervall (mm):									
< 101									
101 - 120									
121 - 140									
141 - 160									
161 - 180									
> 180									

Längdintervall (mm):									
< 101									
101 - 120									
121 - 140									
141 - 160									
161 - 180									
> 180									

Längdintervall (mm):									
< 101									
101 - 120									
121 - 140									
141 - 160									
161 - 180									
> 180									

Bilaga 5: Teori och metodik för åldersanalyser av fjäll

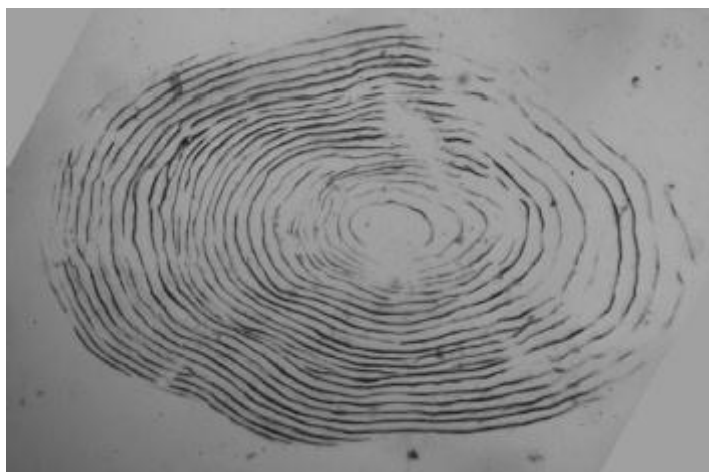
Åldersprover (fjäll) togs på de smolt som avlivades för åldersanalys i Knipån och Rödån. Fjällproverna, cirka 20 fjäll/individ, togs i området mellan sidolinjen och ryggen (figur 1).



Figur 1. Öringsmolt fångat i Knipån våren 2007. Det markerade området visar var fjällprover till åldersanalyserna togs. (Nilsson, 2007)

Då fisken växer/åldras tillväxer dess fjäll proportionerligt. Tillväxten sker genom inlagring av protein och kalk på fjällens yttre kanter (Moyle & Cech 2004). Vid denna tillväxt bildas koncentriska tillväxtringar som kallas circuli (figur 2). Beroende på fiskens tillväxttakt varierar avståndet mellan tillväxtringarna. Perioder av god tillväxt karaktäriseras av ett ökat avstånd mellan dessa (Wootton, 1998). Utifrån tillväxtringarnas avstånd och utseende kan strukturer som indikerar slutet på ett års tillväxt urskiljas. Dessa årsringar kallas annuli. Enligt Tesch (1971) kan de vanligaste formerna av årsringar urskiljas enligt följande:

- En zon av täta tillväxtringar följt av en zon med glesare tillväxtringar
- En genomskinlig zon utan tillväxtringar.
- Osammanhängande tillväxtringar.
- Tillväxtringar som korsar varandra.
- Vågformade tillväxtringar.



Figur 2. Fjäll från vätteröring, ålder 3+. (Ljung, 2003)

Åldern på smolten från Knipån och Rödån bestämdes genom läsning av fjällen i en läsare för mikrofilm. Detta utfördes av Stefan Stridsman vid Fiskeriverkets utredningskontor i Luleå den 27 september 2007.

**Del 2: Utvärdering av resultat från 2008 års
valideringsförsök av smoltproduktionsmodell för öring i
Vätterns tillflöden**

Niklas Nilsson

Jönköpings fiskeribiologi AB

Sammanfattning

I samband med sammanställningen och publiceringen av biotopkarteringen av Vätterns tillflöden (Halldén m.fl. 2005) togs även en modell fram för att beräkna produktionen av öringsmolt i Vätterbäckarna. Våren 2007 genomfördes en första validering av modellen. I två tillflöden som mynnar på den sydvästra sidan av Vättern, Knipån och Rödån, fångades öringsmolt med fällor och märktes med Floy-tags för att bl.a. kvantifiera smoltproduktionen. Det förelåg dock vissa problem, t.ex. tidig smoltutvandring och oklarheter kring fällornas fångsteffektivitet, som gjorde att resultaten inte till fullo kunde användas för att bedöma modellens tillförlitlighet. Våren 2008 (30:e mars – 9:e juni) genomfördes därför en upprepad validering, enligt samma metodik som våren 2007, av smoltproduktionsmodellen.

Den första fångsten av smolt våren 2008 skedde den 20:e april i Rödån och dagen därefter, den 21:a april, fångades de första smolten i Knipån. Smoltutvandringen i Knipån var tämligen koncentrerad runt månadsskiftet april/maj, medan den var mer utdragen i Rödån. Sammanlagt fångades 115 smolt i Knipån mellan den 21:a april och den 27:e maj och i Rödån 53 smolt mellan den 20:e april och den 3:e juni. Baserat på beräkningar utifrån fällornas fångsteffektivitet innebär detta att knappt 600 smolt lämnade Knipån våren 2008 och motsvarande siffra för Rödån var drygt 100 smolt. Det förelåg dock en signifikant skillnad mellan observerade och förväntade värden. I båda vattendragen dominerade de 2-åriga smolten följt av 3-åriga och 1-åriga smolt. I Knipån förelåg en signifikant skillnad mellan observerad och förväntad åldersfördelning, medan den observerade åldersfördelningen i Rödån inte var signifikant skild från den förväntade.

Antalet smolt som lämnade Knipån våren 2008 var något fler än våren 2007, medan det motsatta förhållandet förelåg i Rödån. Detta resultat var något oväntat eftersom modellberäkningarna tydde på att smoltproduktionen snarare skulle minska i Knipån och öka i Rödån. Generellt sett tycks modellen ha överskattat smoltproduktionen både 2007 och 2008 i de båda vattendragen. Problematiken med att kvantitativt bedöma fällornas fångsteffektivitet kvarstod dock. En förklaring till detta är att alldeles för få grupper med för lite smolt i respektive grupp sattes ut vid valideringsförsöket våren 2008. Vidare åtgärdades inte maskstorleken i ledarmarna, vilket också utpekades som en betydande felkälla våren 2007. Således går det fortfarande inte att bedöma smoltproduktionsmodellens tillförlitlighet avseende smoltproduktionen i Knipån och Rödån. Det finns dock skäl att misstänka att en överskattning av smoltproduktionen trots allt sker.

Det pågår ett fortlöpande arbete med att uppdatera smoltproduktionsmodellen, bl.a. har ny version tagits fram utifrån smoltutvandringsdata insamlade i Åvaån, Stockholms län, under 2000-talet. Enligt denna nya smoltproduktionsmodell, som levererar de förväntade resultaten med spridningsmått, förväntas det i Knipån och Rödån våren 2010 produceras cirka 1000 respektive 350 smolt. Det är dock av yttersta vikt att fällornas fångsteffektivitet kvantifieras mycket noggrant vid eventuella förnyade valideringsförsök i Knipån och Rödån. Även möjligheterna att använda sig av mer permanenta fällor av typ ”Wolf-trap” bör ses över. Behovet av kvalitetssäkrad valideringsdata för det fortsatta arbetet med att utveckla smoltproduktionsmodellen kan inte nog poängteras.

Slutligen bör förnyade smoltproduktionsberäkningar genomföras för samtliga av Vätterns tillflöden som utnyttjas av Vätternöringen när smoltproduktionsmodellen bedöms leverera tillförlitliga resultat. Flertalet av de smoltproduktionsberäkningar som idag finns tillgängliga härrör nämligen från mitten av 2000-talet. Eftersom dessa smoltproduktionsberäkningar bl.a. används vid prioriteringen av åtgärdsarbetena i Vätterns tillflöden är det också viktigt att de

uppdateras kontinuerligt.

Innehållsförteckning

INLEDNING & BAKGRUND	51
MATERIAL & METODIK	51
<i>Valideringsförsök våren 2008</i>	51
<i>Uppdatering av smoltproduktionsmodellen & förväntad produktion 2010</i>	53
RESULTAT	54
<i>Fysikaliska parametrar & klimatdata</i>	54
<i>Fällornas fångsteffektivitet</i>	55
<i>Smoltproduktion</i>	55
<i>Åldersfördelning</i>	57
<i>Jämförelse mellan smoltproduktionen 2007 och 2008</i>	59
<i>Förväntad smoltproduktion 2010</i>	61
DISKUSSION	63
REFERENSER	65
<i>Litteraturreferenser</i>	65
<i>Internetreferenser</i>	65

Inledning & bakgrund

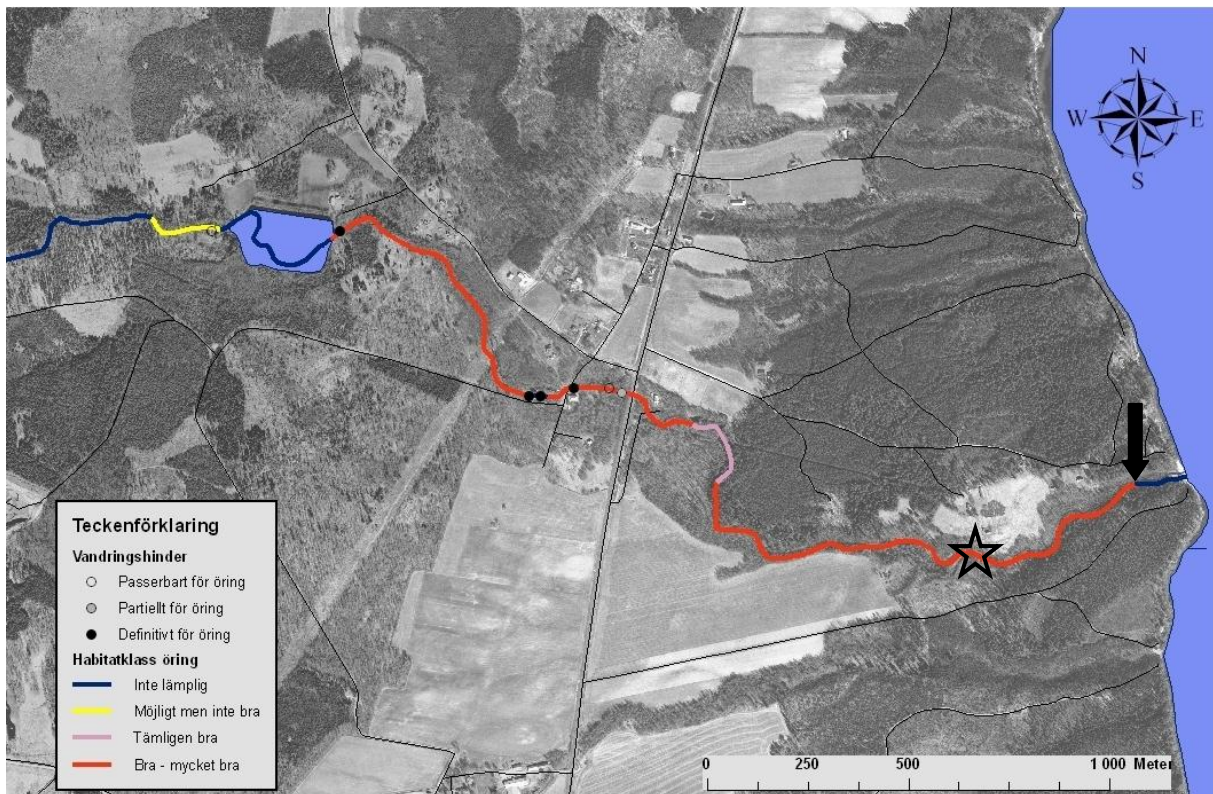
År 2005 publicerades rapporten ”Biotopkartering Vätterbäckar” (Halldén m.fl. 2005). Syftet med projektet var att dokumentera och kvantifiera sammansättning och omfattning av olika biotoper samt att beskriva påverkan i och i anslutning till vattendragen, dvs. förutsättningarna för höga naturvärden. I samband med inventeringen togs även en modell fram för att beräkna produktionen av öringsmolt i Vätterbäckarna. Modellen som skapades av Länsstyrelsen i Jönköpings län i samarbete med Fiskeriverkets Sötvattenslaboratorium utgår i sina beräkningar från dels biotopkarteringsdata, dels elfiskeresultat. Våren 2007 genomfördes en första validering av modellen (Nilsson, 2008). I två tillflöden som mynnar på den sydvästra sidan av Vättern, Knipån och Rödån, fångades öringsmolt med fällor och märktes med Floytags för att bl.a. kvantifiera smoltproduktionen och undersöka migrationsmortaliteten. Det förelåg dock vissa problem, t.ex. tidig smoltutvandring och oklarheter kring fällornas fångsteffektivitet, som gjorde att resultaten inte till fullo kunde användas för att bedöma modellens tillförlitlighet. Våren 2008 upprepades därför försöket i mindre skala av Länsstyrelsen i Jönköpings län.

Syftet med denna rapport var att sammanställa och utvärdera resultaten från valideringsförsöket våren 2008 samt att jämföra resultaten med föregående års validering för att belysa om resultaten från våren 2007 berodde på ovan nämnda problem eller modellens konstruktion. Målsättningen är att en lättanvänd och tillförlitlig modell för beräkning av öringsmoltproduktion skall tas fram.

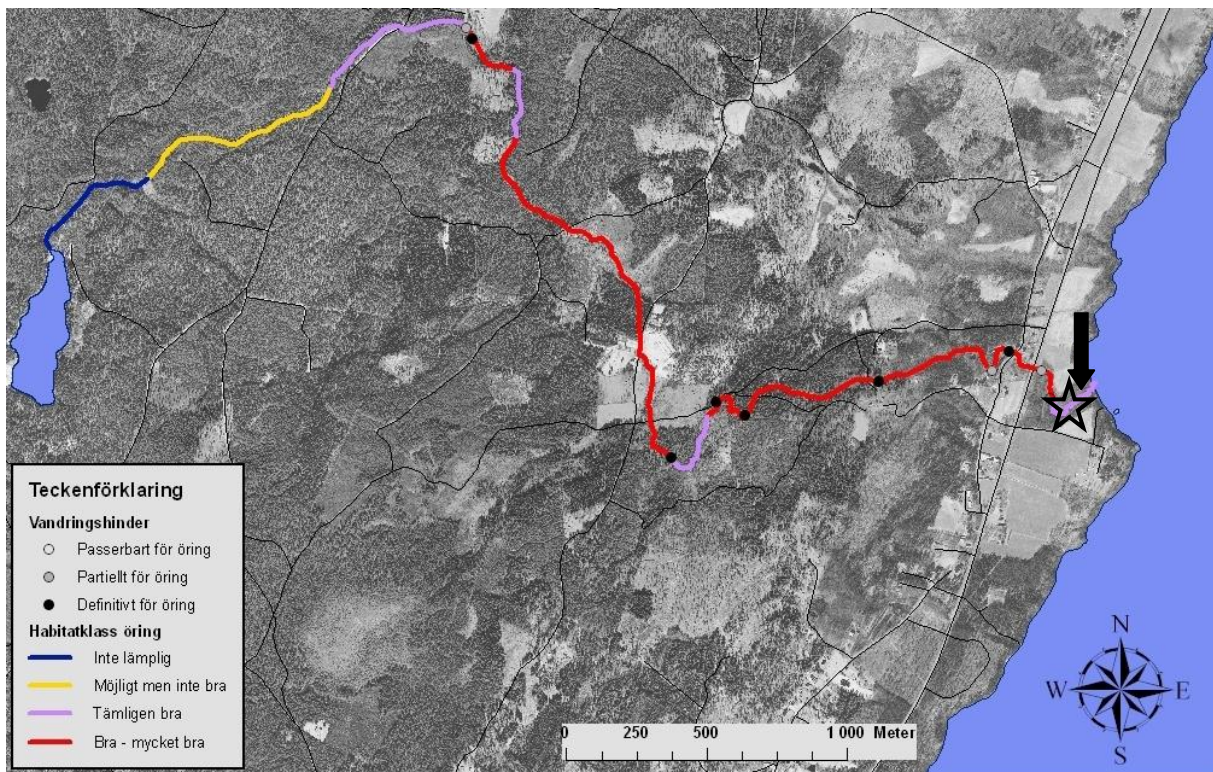
Material & metodik

Valideringsförsök våren 2008

Våren 2008 (30 mars – 9 juni) genomfördes ett upprepat valideringsförsök av smoltproduktionsmodellen i Knipån och Rödån. Vid försöket tillämpades i stort sett samma metodik och utrustning som våren 2007 och som redovisats av Nilsson (2008). Fällorna som användes var ålryssjor av enkel modell där strutens öppning var 55 cm i diameter och maskstorleken i struten var 11 x 11 mm, medan maskstorleken i ledarmarna var 18 x 18 mm. Några studier av migrationsmortaliteten genomfördes dock inte. Vidare har de åldersprover som insamlades inte analyserats ännu. Detta innebär att de resultat som erhöles av Nilsson (2008) avseende längdfördelningen för smolt i olika åldrar i de båda vattendragen har tillämpats för att kvantifiera antalet smolt i olika åldrar. Vid försöket våren 2008 användes samma typ av modifierade ryssjor som fällor. Baserat på erfarenheterna från föregående vår gjordes dock vissa justeringar av fällornas placering. Dels flyttades fällan i Knipån några hundra meter uppströms från mynningen för att undvika problemen med sandtransport, dels ändrades ledarmarnas vinkel så att dessa i möjligaste mån var parallella med strömriktningen (figur 1-3). De parametrar som mättes och frekvensen för detta framgår av tabell 1. Elfiskeresultaten som låg till grund för smoltproduktionsberäkningarna i Knipån våren 2008 är baserade på ett elfiske utfört i habitatklass 3 i Knipån den 4: september på lokalen ”Lilla Simontorp” (Xkoord: 642500 Ykoord: 139980) medan beräkningarna i Rödån baseras på ett elfiske utfört i habitatklass 2 den 3:e augusti 2007 på lokalen ”Nära mynningen” (Xkoord: 643690 Ykoord: 140435).



Figur 16. Detaljkarta för Knipån där smoltfällans placering våren 2008 är markerad med en pil och elfiskelokalen "Lilla Simontorp" med en stjärna. Observera att omlöpen vid Kvarnekulla och Skårhultsdammen inte framgår av kartan.



Figur 17. Detaljkarta för Rödån där smoltfällans placering våren 2008 är markerad med en pil och elfiskelokalen "Nära mynningen" med en stjärna.



Figur 18. Fällornas placering i Knipån (A) och Rödån (B) vid valideringsförsöket våren 2008 (foto: Michael Bergström).

Tabell 15. Uppmätta och undersökta parametrar i Knipån och Rödån under perioden 30 mars – 9 juni, 2008, samt metodik och insamlingsfrekvens för dessa.

Parameter	Metod/mätutrustning	Frekvens
Vattentemperatur	Termometer	Dagligen
Lufttemperatur	Termometer	Dagligen
Vattenhastighet	Flow Probe FP201 (Global Water)	Dagligen
Vattennivå	Mätning av vattendjup	Dagligen
Vindstyrka	Subjektivt	Dagligen
Vindriktning	Subjektivt	Dagligen
Väderlek	Subjektivt	Dagligen
Individdata	Totallängd (mm), vikt (g) och kondition	Dagligen
Ålder	Fjällanalyser	Stratifierat, var 10:e individ
Fångsteffektivitet	Fångst-återfångst	1-2 gånger/fälla
Smoltproduktion	Fällfångst	Dagligen

Uppdatering av smoltproduktionsmodellen & förväntad produktion 2010

Sedan valideringsförsöken genomfördes våren 2007 och 2008 har Nilsson & Degerman (2010) arbetat vidare med smoltproduktionsmodellen och gjort vissa justeringar och uppdateringar av denna. I den uppdaterade version av smoltproduktionsmodellen kan nu en spridning i den förväntade smoltproduktionen erhållas istället för endast ett fast värde. Detta har möjligtgjorts genom att modellen genomför beräkningarna flera gånger och varierar parametrarna vinteröverlevnad, smoltifieringsgrad och migrationsmortalitet slumpvis inom givna gränser. Vidare har ytterligare en parameter tillförts modellen, den s.k. ”lekområdeskompensationen”, för att motverka effekten av bl.a. elfiskelokalernas placering och sträckindelningarna i biotopkarteringsmetodiken. För utförligare beskrivningar av uppdateringarna av smoltproduktionsmodellen hänvisas till Nilsson & Degerman (2010), varifrån resultaten avseende den förväntade smoltproduktionen våren 2010 även är hämtade ifrån. Observera dock att då det gäller Knipån har större arealer lek- och uppväxtområden tillgängliggjorts för Vätternöring. Hösten 2008 öppnades det i Knipån ett omlöp förbi tre vandringshinder, vilket innebär att de sträckor som tillgängliggjordes då för första gången våren 2010 kommer att producera smolt. Den stora ökningen i smoltproduktion förväntas dock våren 2011 då de första 2-åriga smolten som produceras på dessa sträckor kommer att lämna Knipån. En viss produktion har förmodligen skett i omlöpet, men har vid dessa beräkningar kvittats mot den förlust i produktion som förmodligen skedde på de tillgängliggjorda sträckorna i samband med de arbeten som genomfördes vid nästa

vandringshinder i Knipån, Skårhultsdammen. I samband med anläggandet av omlöpet förbi Skårhultsdammen skedde nämligen en sandflykt som med största sannolikhet påverkade smoltproduktionen negativt på de närmast nedströmsliggande sträckorna.

Resultat

Fysikaliska parametrar & klimatdata

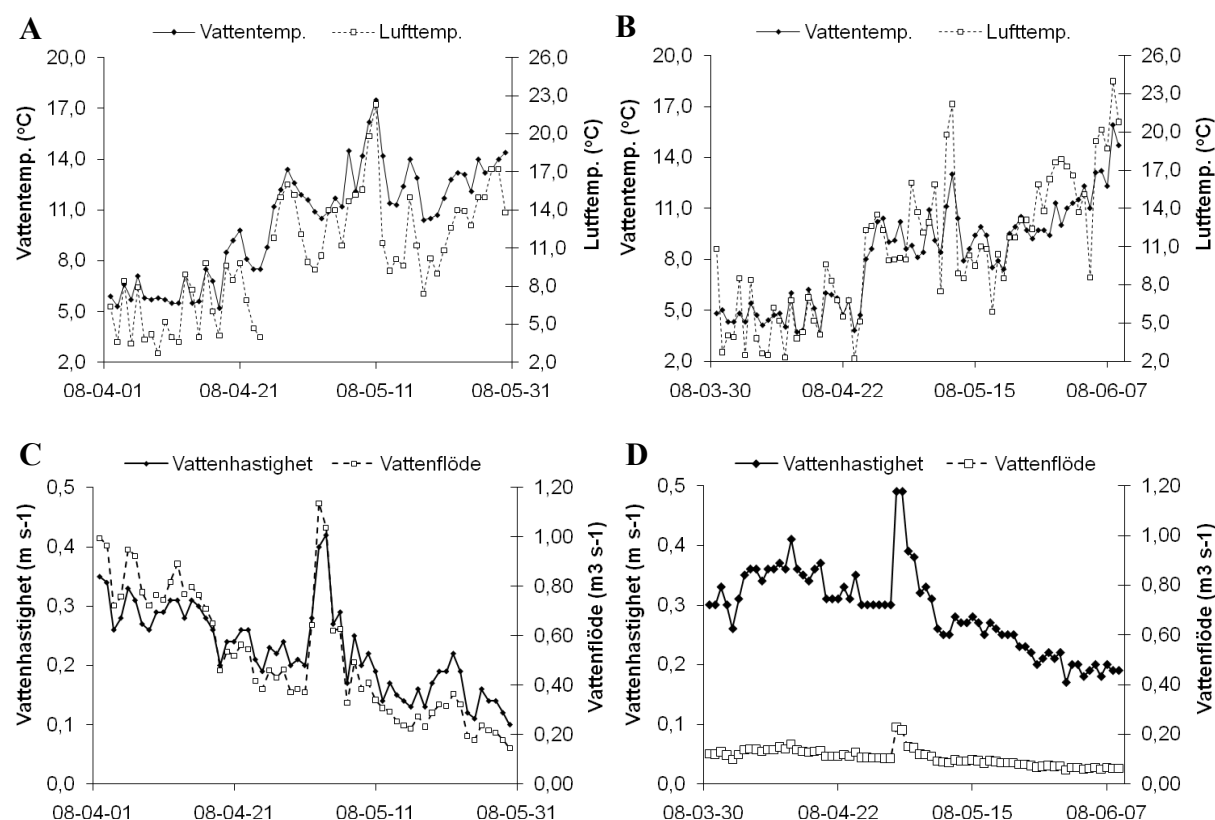
Solsken och uppehållsväder dominerade våren 2008 (30 mars - 9 juni), men det förekom även inslag av både regn och snö. Den dominerande vindriktningen under samma tidsperiod var nordostlig och vindstyrkan var oftast svag-måttlig. Både luft- och vattentemperaturen ökade sett över hela perioden, men det förekom relativt stora dagliga variationer, vilket framgår av figur 4A och 4B. Förhållandet mellan tvärsnittsarean och vattennivån i vattendragen som låg till grund för beräkningarna av det dagliga vattenflödet framgår av ekvation 1 och 2. Både vattenhastigheten och vattenflödet minskade kontinuerligt under projektiden. Dock ledde stora nederbördsmängder, 20-25 mm/dag, i området de första dagarna i maj (www.smhi.se) till att flödena ökade kraftigt (figur 4C och 4D).

Ekvation 1.

Tvärsnittsarean, Knipån = 6,77 * vattennivån
(Korrelationsanalys: $r^2 = 0,996$; $n=4$)

Ekvation 2.

Tvärsnittsarean, Rödån = 1,15 * vattennivån
(Korrelationsanalys: $r^2 = 0,962$; $n=3$)



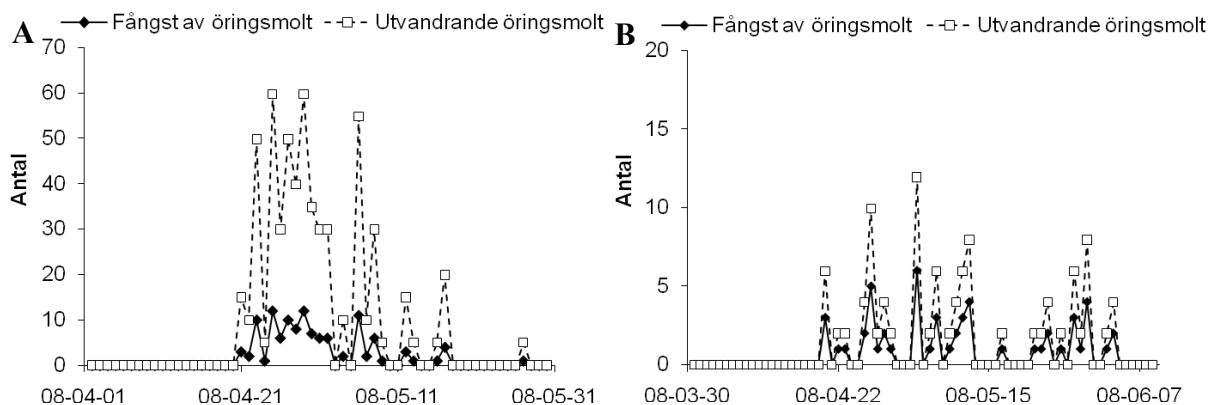
Figur 19. Uppmätta vatten- och lufttemperaturer i Knipån (A) respektive Rödån (B), samt uppmätt vattenhastighet och beräknat vattenflöde i Knipån (C) och Rödån (D) våren 2008.

Fällornas fångsteffektivitet

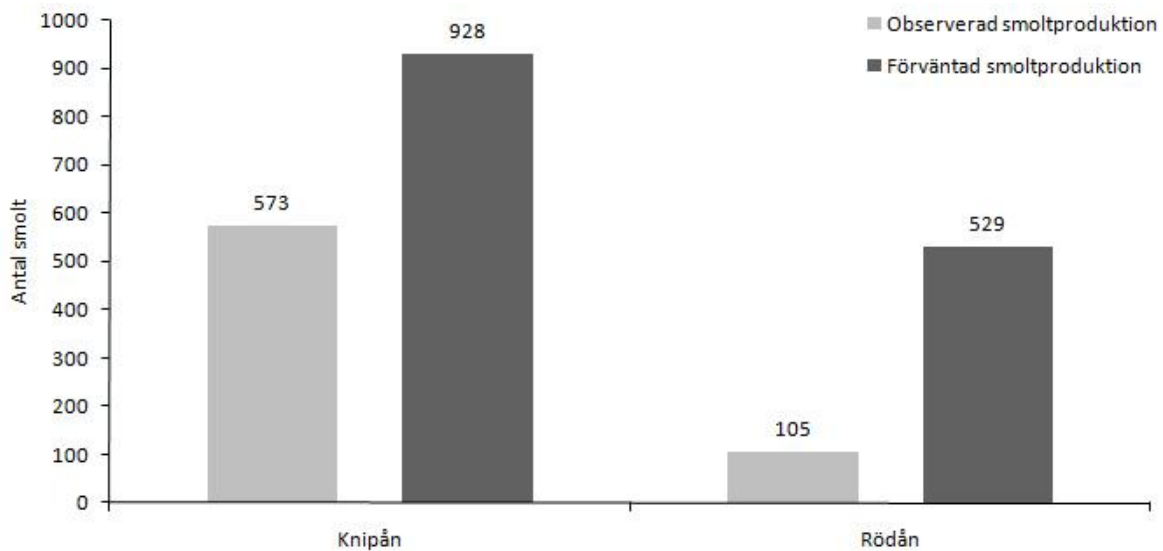
Precis som våren 2007 gick det inte att kvantitativt korrelera fällornas fångsteffektivitet med vattenföringen. Således har den genomsnittliga fångsteffektiviteten använts vid beräkningarna av antalet utvandrande smolt våren 2008. I Knipån var den genomsnittliga fångsteffektiviteten för fällan 20 % (0-35 %) medan fångsteffektiviteten för fällan i Rödån uppgick till 50 % (i Rödån testades fångsteffektiviteten endast med en grupp märkta smolt). Motsvarande genomsnittlig fångsteffektivitet våren 2007 var 45 % i Knipån och 63 % i Rödån.

Smoltproduktion

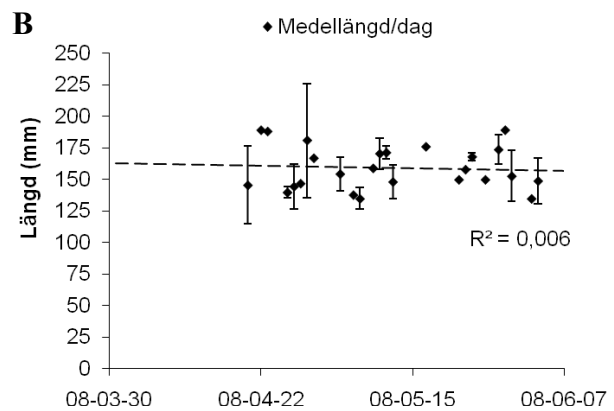
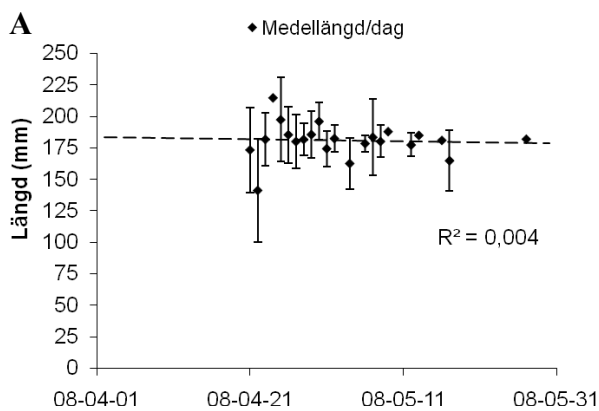
Baserat på fångstresultaten (figur 5) förefaller det som att fällorna var i drift då smoltutvandringen startade våren 2008. Den första fångsten av smolt skedde den 20:e april i Rödån och dagen därefter, den 21:a april, fångades de första smolten i Knipån. Vidare förefaller det som att smoltutvandringen i Knipån var tämligen koncentrerad runt månadsskiftet april/maj, medan den var mer utdragen i Rödån. Sammanlagt fångades 115 smolt i Knipån mellan den 21:a april och den 27:e maj och i Rödån 53 smolt mellan den 20:e april och den 3:e juni. Baserat på beräkningar utifrån fällornas fångsteffektivitet innebär detta att knappt 600 smolt lämnade Knipån våren 2008 och motsvarande siffra för Rödån var drygt 100 smolt (figur 6). Då dessa observerade värden jämfördes med de förväntade värdena, drygt 900 smolt i Knipån och drygt 500 smolt i Rödån, förelåg en signifikant skillnad ($\chi^2=95,08$, $p<0,05$, $df 1$).



Figur 20. Daglig fångst av öringsmolt i fällorna, samt beräknad smoltutvandring, utifrån fällornas fångsteffektivitet, våren 2008 i Knipån (A) och Rödån (B). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

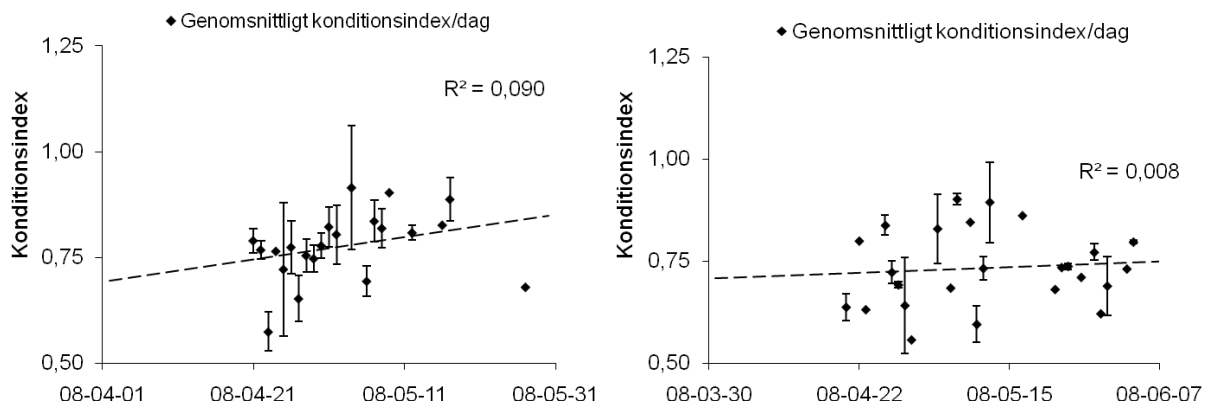


Figur 21. Observerad samt förväntad produktion av öringsmolt i Knipån respektive Rödån våren 2008. I figur 7 nedan redogörs för hur medellängd/dag och genomsnittligt konditionsindex/dag varierade under smoltutvandringen i Knipån och Rödån våren 2008. Utifrån trendlinjernas lutning kan man få intrycket att ju senare på våren som smolten lämnade vattendragen desto mindre var de, men i desto bättre kondition. Det förelåg dock inga signifikanta samband avseende medellängd/dag och datum för fångst respektive genomsnittligt konditionsindex/dag och datum för fångst i vare sig Knipån (linjär regressionsanalys: $p > 0,05$, $r^2 = 0,004$, df 21 respektive $p > 0,05$, $r^2 = 0,090$, df 20) eller Rödån (linjär regressionsanalys: $p > 0,05$, $r^2 = 0,006$, df 24 respektive $p > 0,05$, $r^2 = 0,008$, df 24).



C

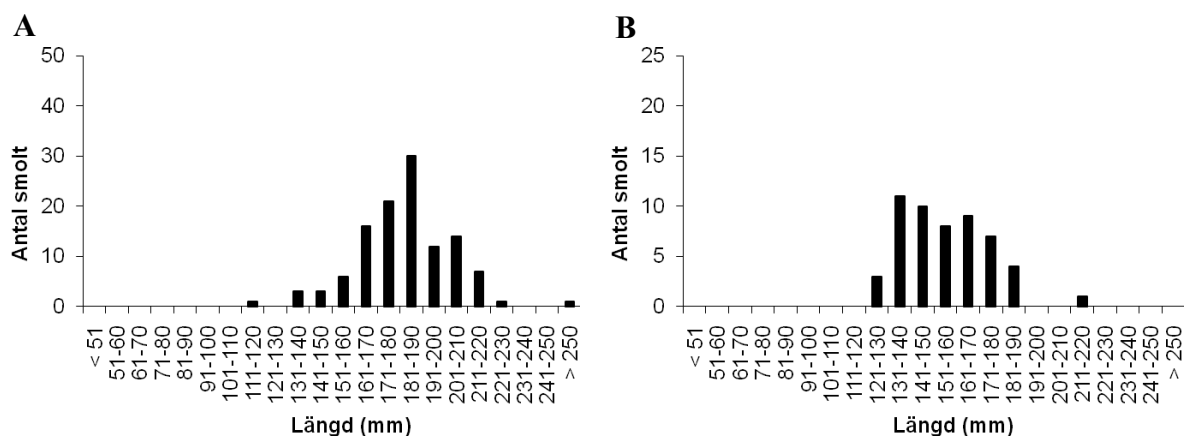
D



Figur 22. Genomsnittlig medellängd/dag i Knipån (A) och Rödån (B) samt genomsnittligt konditionsindex/dag i Knipån (C) och Rödån (D) för de utvandrande öringsmolten våren 2008. Felstaplarna anger standardavvikelsen.

Åldersfördelning

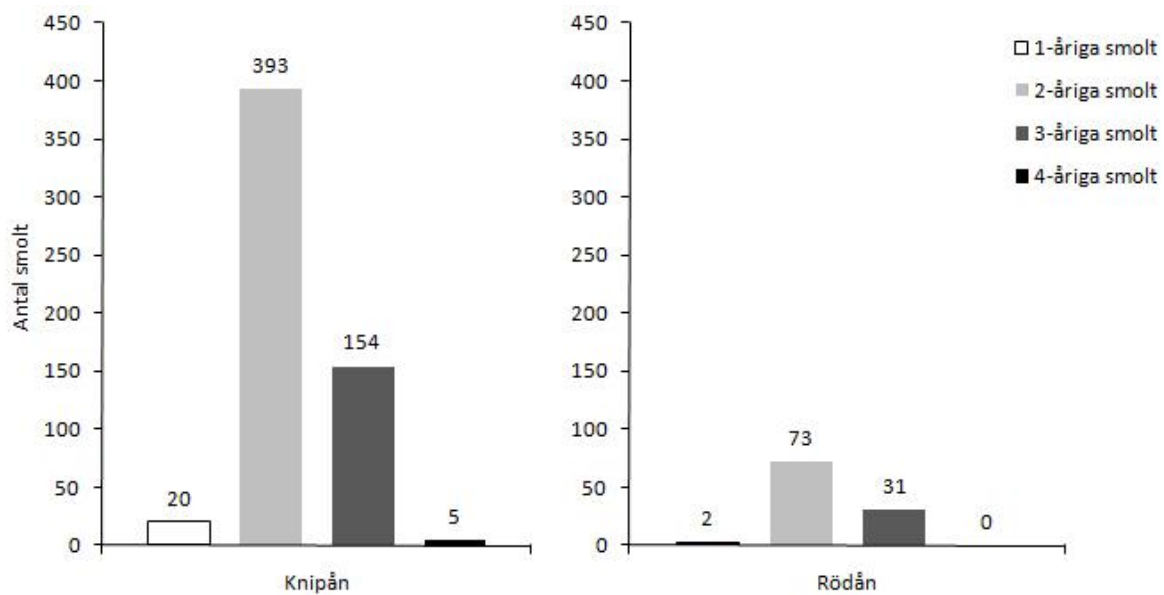
Längdfördelningen hos de smolt som fångades i fällorna redogörs för i figur 8. Majoriteten av smolten i Knipån (160-210 mm) var något längre än smolten i Rödån (130-180 mm). De utvandrande smoltens medellängd var 183 mm i Knipån och 156 mm i Rödån. Baserat på resultaten från våren 2007 beräknades att knappt 400 stycken 2-åriga smolt lämnade Knipån våren 2008 följt av cirka 150 stycken 3-åriga och 20 stycken 1-åriga smolt (figur 9A). Intressant att notera är att ett smolt i Knipån bedömdes som 4-årigt, vilket resulterade i en beräknad produktion på cirka 5 stycken 4-åriga smolt våren 2008. Dominansförhållandet mellan de olika åldersgrupperna av smolt var det samma i Rödån (figur 9B). Knappt 100 stycken 2-åriga, cirka 30 stycken 3-åriga och 2 stycken 1-åriga smolt beräknades att ha lämnat Rödån. I både Knipån och Rödån var åldersklasserna signifikant åtskilda (ANOVA: $F=108,5$, $p<0,001$, df 3 respektive $F=48,3$, $p<0,001$, df 2), vilket framgår av figur 10.



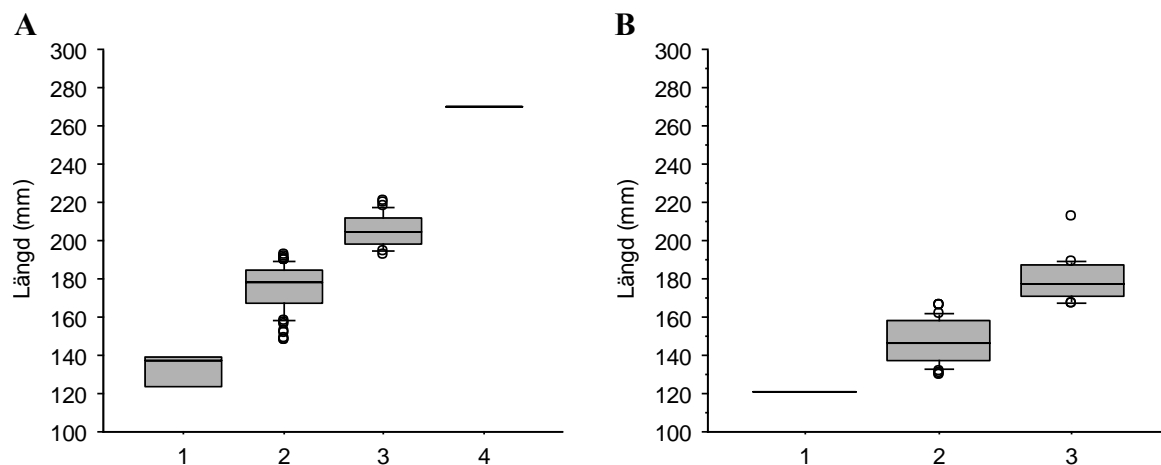
Figur 23. Längdfördelning för de öringsmolten som fångades i fällan i Knipån (A) respektive Rödån (B) i samband med valideringsförsöket våren 2008. Observera de olika skalorna på Y-axlarna.

A

B



Figur 24. Beräknad åldersfördelning för de utvandrande öringsmolten i Knipån (A) respektive Rödån (B) i samband med valideringsförsöket våren 2008.



Figur 25. Längdfördelning för respektive åldersgrupp av smolt som fångades i Knipån (A) och Rödån (B) våren 2008. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar.

I tabell 2 redogörs för hur den observerade fördelningen av smolt i olika åldrar i de båda vattendragen våren 2008 förhöll sig till den förväntade fördelningen utifrån smoltproduktionsberäkningarna. Som synes dominerade 2-åriga smolt fångsten i Knipån, vilket var också förväntat utifrån beräkningarna. Dock observerades det fler 3-åriga än 1-åriga smolt i Knipån, vilket däremot inte var förväntat. I Knipån förelåg en signifikant skillnad mellan den observerade och förväntade åldersfördelningen (Chi-2: $X^2=28,56$, $p<0,05$, $df\ 3$). Dominansförhållandena i Rödån var som förväntat, dvs. 2-åriga smolt dominerade följt av 3-åriga och 1-åriga smolt. Det förelåg inte heller någon signifikant skillnad mellan observerad och förväntad åldersfördelning i Rödån (Chi-2: $X^2=2,36$, $p>0,05$, $df\ 2$).

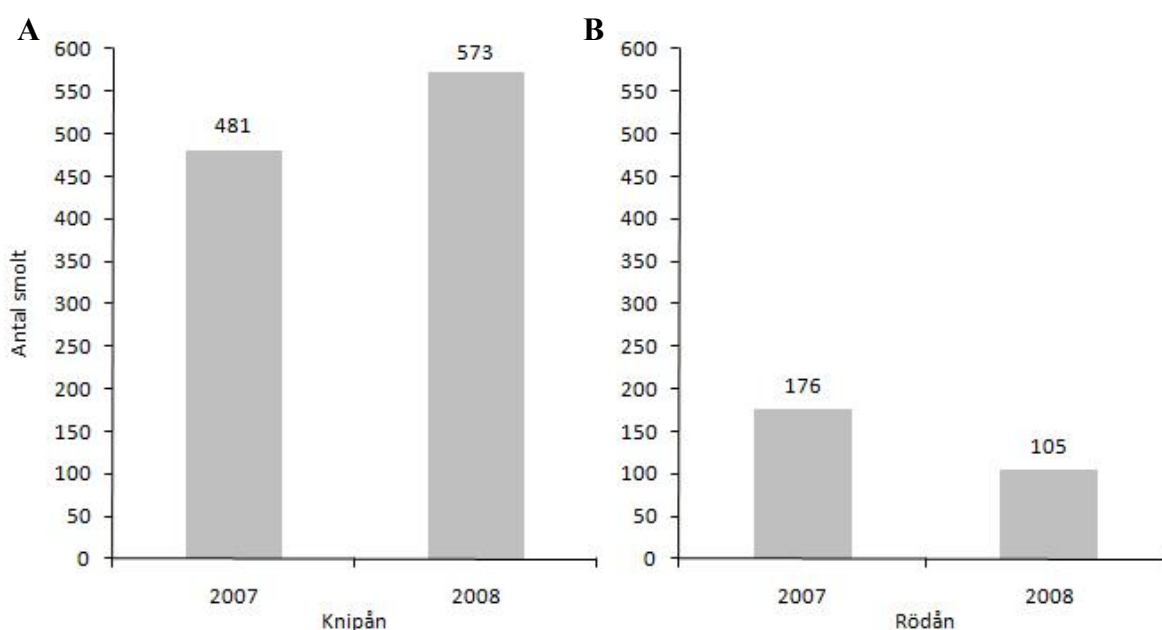
Tabell 16. Relativ fördelning av smolt i olika åldersklasser i Knipån och Rödån våren 2008. Dels som observerade resultat från kvantifieringen (baserat på samtliga fångade smolt), dels förväntade resultat utifrån smoltproduktionsmodellen.

Vattendrag	Åldersklass	Observerad fördelning	Förväntad fördelning
------------	-------------	-----------------------	----------------------

Knipån	1-åriga smolt	3 %	31 %
Knipån	2-åriga smolt	69 %	51 %
Knipån	3-åriga smolt	27 %	18 %
Knipån	4-åriga smolt	1 %	0 %
Rödån	1-åriga smolt	2 %	5 %
Rödån	2-åriga smolt	69 %	73 %
Rödån	3-åriga smolt	29 %	22 %
Rödån	4-åriga smolt	0 %	0 %

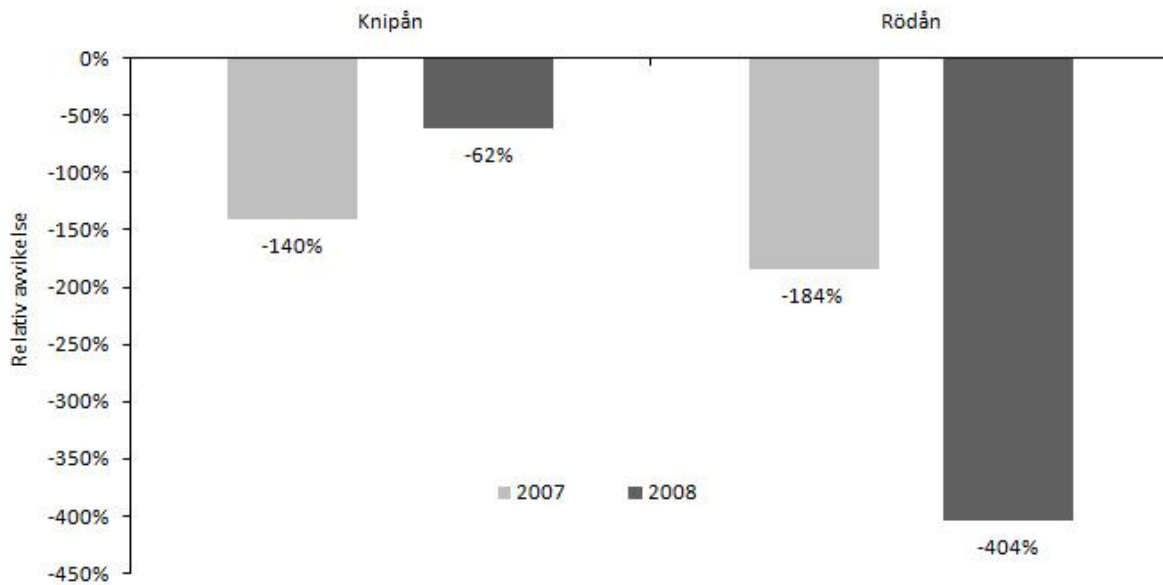
Jämförelse mellan smoltproduktionen 2007 och 2008

Observera att den förväntade smoltproduktionen i Knipån 2007 som presenteras i Nilsson (2008) är felaktig. Vid beräkningarna har av misstag en delsträcka ovan det första definitiva vandringshindret inkluderats. I nedanstående resultatpresentation har dock denna felaktighet åtgärdats.

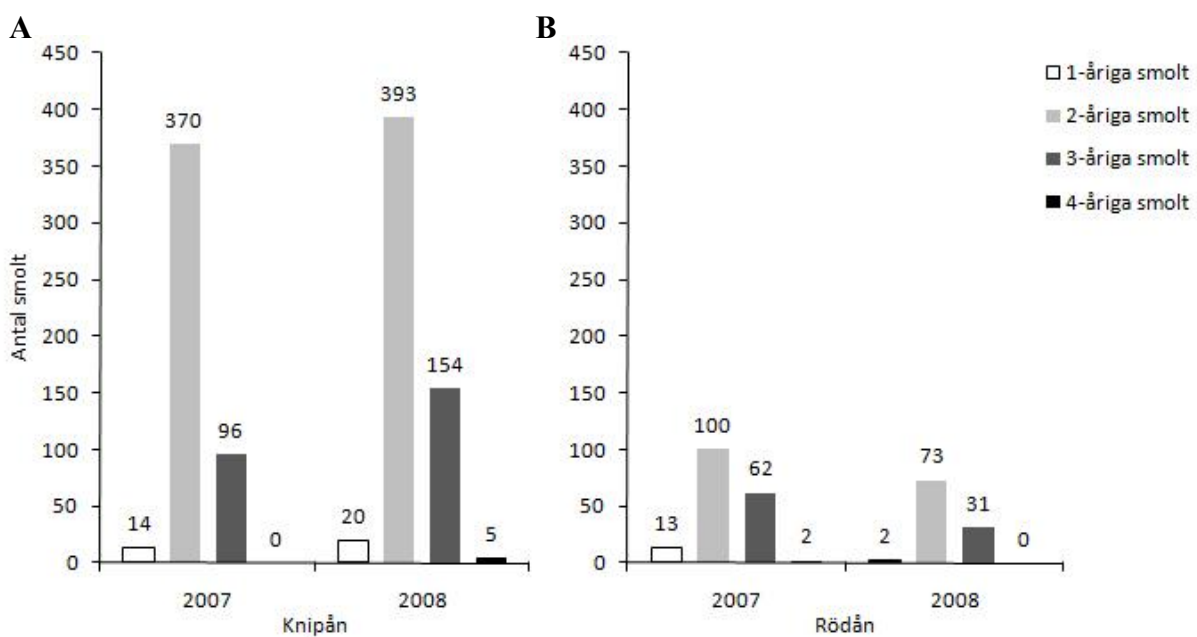


Figur 26. Jämförelse mellan observerad smoltproduktion våren 2007 och 2008 i Knipån (A) respektive Rödån (B).

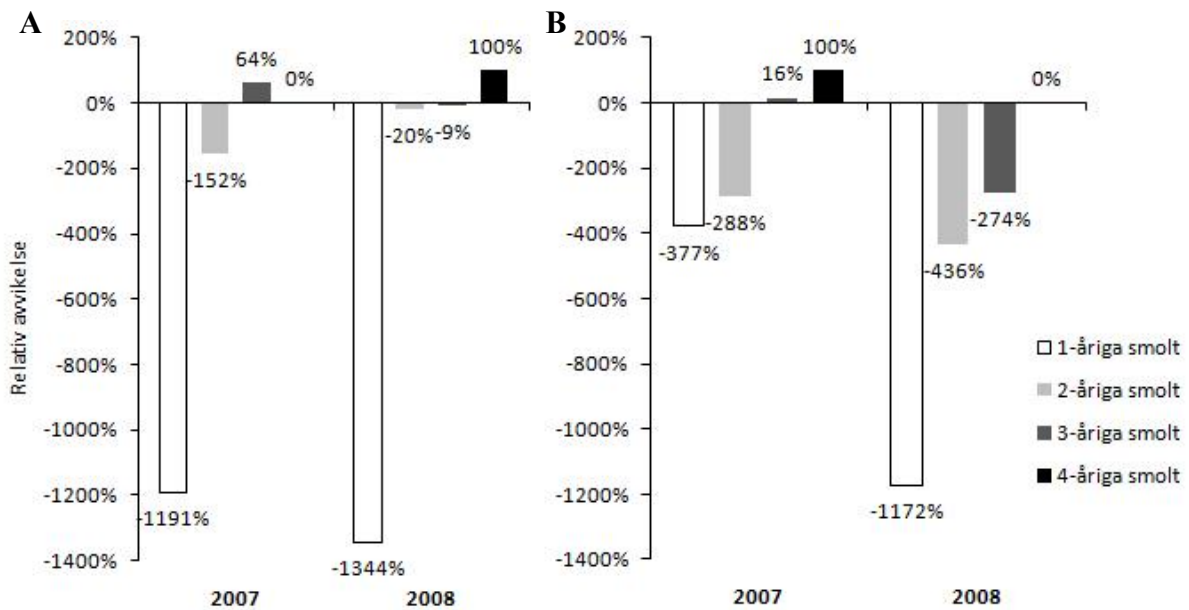
Av figur 11 framgår det att antalet smolt som lämnade Knipån våren 2008 var något fler än våren 2007, medan det motsatta förhållandet förelåg i Rödån. Detta resultat var något oväntat eftersom modellberäkningarna tydde på att smoltproduktionen skulle minska i Knipån och öka i Rödån. Generellt sett tycks modellen ha överskattat smoltproduktionen både 2007 och 2008 i de båda vattendragen (figur 12). Dominansförhållandena mellan de olika åldersgrupperna av smolt som lämnade Knipån och Rödån våren 2007 respektive 2008 var dock i stort sett oförändrade (figur 13). Även då det gäller antalet smolt i respektive åldersgrupp i de båda vattendragen skedde en överskattning både 2007 och 2008 av flertalet åldersgrupper (figur 14).



Figur 27. Relativ avvikelse mellan observerad och beräknad smoltproduktion i Knipån och Rödån våren 2007 respektive 2008. Observera att begreppet relativ avvikelse avser skillnaden mellan observerad och beräknad produktion dividerat med observerad produktion. Således innebär en negativ avvikelse att det producerats färre smolt än vad smoltproduktionsmodellen förutsagt och vice versa. Det faktiska antalet smolt erhålls genom att multiplicera den relativa avvikelserna med den observerade produktionen.



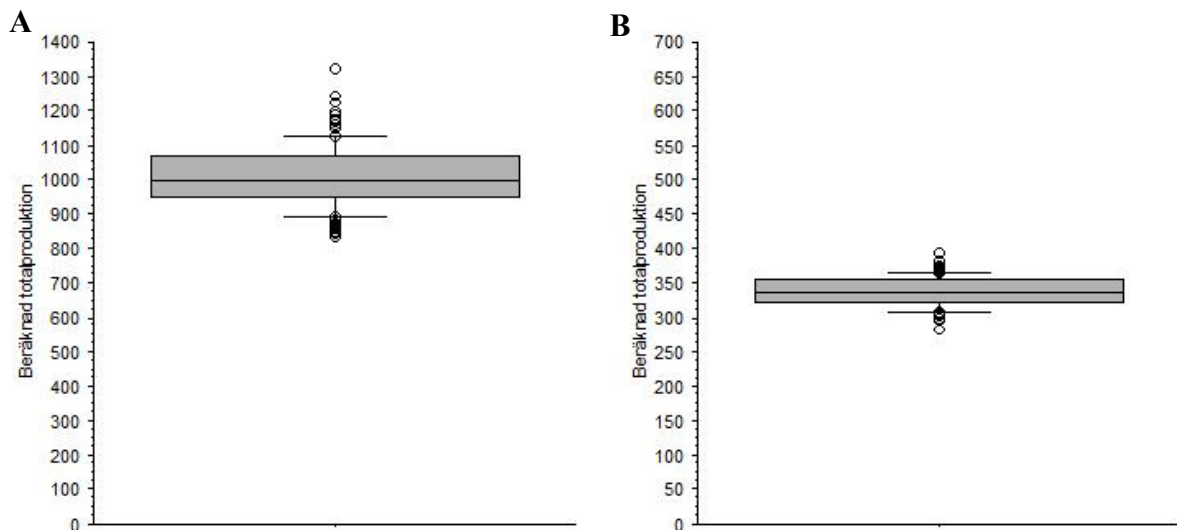
Figur 28. Jämförelse mellan observerad åldersfördelning hos de utvandrande smolten våren 2007 och 2008 i Knipån (A) och Rödån (B).



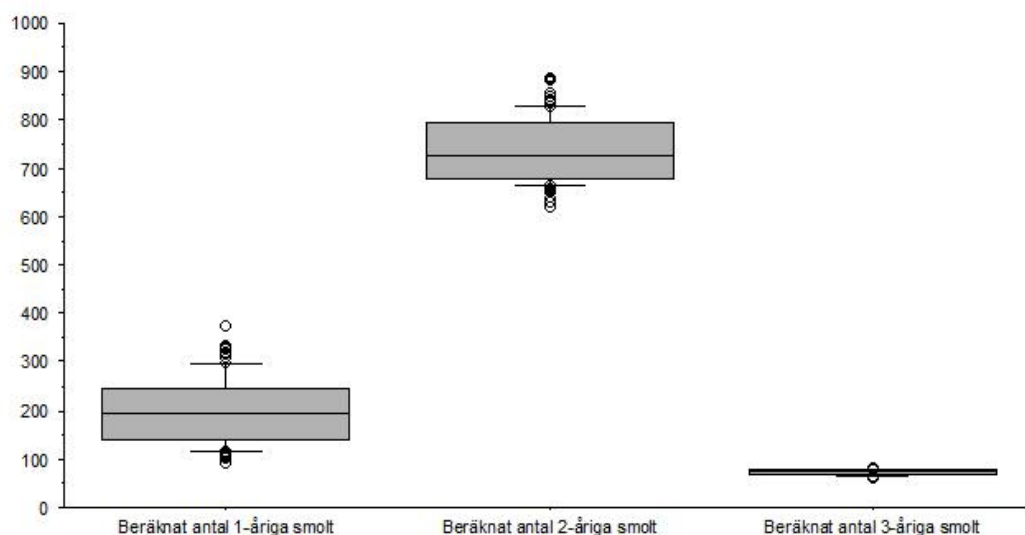
Figur 29. Relativ avvikelse mellan observerad och beräknad åldersfördelning i Knipån (A) och Rödån (B) våren 2007 respektive 2008. Observera att begreppet relativ avvikelse avser skillnaden mellan observerad och beräknad produktion dividerat med observerad produktion. Således innebär en negativ avvikelse att det producerats färre smolt än vad smoltproduktionsmodellen förutsagt och vice versa. Det faktiska antalet smolt erhålls genom att multiplicera den relativa avvikelserna med den observerade produktionen.

Förväntad smoltproduktion 2010

Enligt beräkningar med den uppdaterade smoltproduktionsmodellen (Nilsson & Degerman, 2010) förväntas mängden smolt som lämnar Knipån och Rödån våren 2010 uppgå till knappt 1000 respektive 350 stycken, figur 15. Majoriteten av dessa smolt förväntas vara 2-åriga, följt av 1-åriga och 3-åriga, vilket framgår av figur 16 och 17. I tabell 3 och 4 redogörs för spridningen i beräkningarna.



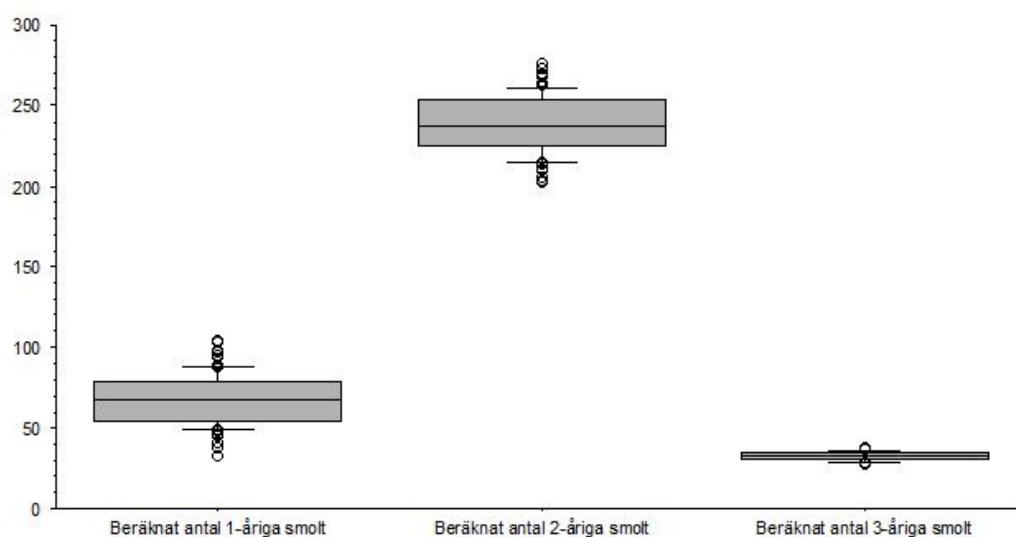
Figur 30. Förväntad smoltproduktion i Knipån (A) och Rödån (B) våren 2010. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar (n=100). Observera de olika skalorna på Y-axlarna.



Figur 31. Förväntad åldersfördelning för de smolt som lämnar Knipån våren 2010. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar (n=100).

Tabell 17. Beskrivande statistik för beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen i Knipån våren 2010, baserat på den uppdaterade smoltproduktionsmodellen.

	Antal 1-åriga smolt	Antal 2-åriga smolt	Antal 3-åriga smolt	Total smoltproduktion
Medel	198	740	72	1010
Median	197	725	73	996
Min.	94	621	61	833
Max.	373	889	83	1321
Standardavvikelse	67	66	7	95
Spridning	279	268	22	488



Figur 32. Förväntad åldersfördelning för de smolt som lämnar Rödån våren 2010. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar (n=100).

Tabell 18. Beskrivande statistik för beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen i Rödån våren 2010, baserat på den uppdaterade smoltproduktionsmodellen.

	Antal 1-åriga smolt	Antal 2-åriga smolt	Antal 3-åriga smolt	Total smoltproduktion
Medel	67	238	33	338
Median	67	238	33	337
Min.	32	203	27	282
Max.	104	276	38	394
Standardavvikelse	15	17	3	23
Spridning	72	73	10	112

Diskussion

Resultaten från 2008 års validering skilde sig inte markant från de resultat som erhöles våren 2007. Det som var mest påfallande var att överskattningen av smoltproduktionen i Knipån nästan halverades, från knappt 700 smolt år 2007 till cirka 350 smolt år 2008, samtidigt ökade dock överskattningen i Rödån med ungefär 100 smolt. Mycket av de svårtolkade resultaten, både 2007 och 2008, kan förmodligen tillskrivas kvantifieringen av fällornas fångsteffektivitet. Trots att fällan i Knipån flyttades ett par hundra meter uppströms och att ledarmarnas vinkel i förhållande till strömmen minskades, saknas tillförlitliga värden på fångsteffektiviteten. En förklaring till detta är att alldeles för få grupper med för lite smolt i respektive grupp märktes och sattes ut vid valideringsförsöket våren 2008. Vidare åtgärdades inte maskstorleken i ledarmarna, vilket också utpekades som en betydande felkälla av Nilsson (2008). Då man studerar längdfördelningen i Rödån ser denna något skev ut i förhållande till den längdfördelning som förelåg i Knipån. Det förefaller som om antalet mindre smolt är något underrepresenterade, vilket skulle kunna vara en effekt av maskstorleken i ledarmarna. Dock var den observerade och förväntade åldersfördelningen i Rödån inte signifikant skilda. Att längdfördelningen var mer normalfördelad i Knipån och inte tycks ha påverkats av ledarmarnas maskstorlek lika påtagligt kan förmodligen förklaras av att smolten generellt sett är större i Knipån jämfört med Rödån. Trots detta förelåg en signifikant skillnad mellan observerad och förväntad åldersfördelning i Knipån. De relativt sett stora avvikelserna i Knipån och Rödån då de gäller just antalet 1-åriga smolt som producerats i förhållande till det beräknade antalet kan förmodligen också förklaras av att både vinteröverlevnaden och smoltifieringsgraden varit lägre än förväntat. Sammantaget innebär detta att det fortfarande inte går att bedöma smoltproduktionsmodellens tillförlitlighet i Knipån och Rödån.

Trots ovan beskrivna problem som medfört att det inte går att uttala sig om smoltproduktionsmodellens tillförlitlighet med säkerhet finns det dock skäl att misstänka att en viss överskattning av smoltproduktionen sker. Detta baseras framförallt på smoltutvandringsdata ifrån Åvaån i Stockholms län (Andersson, 2008) där det finns en permanent fälla för fångst av utvandrande öringsmolt, men även den samlade bilden av resultaten ifrån valideringsförsöken i Knipån och Rödån 2007 och 2008. För att komma tillrätta med detta problem har Nilsson & Degerman (2010), som nämnts, uppdaterat smoltproduktionsmodellen och tagit fram värden för den förväntade smoltproduktionen i bl.a. Knipån och Rödån våren 2010. För att bedöma utfallet av denna uppdatering samt det fortsatta arbetet med att utveckla smoltproduktionsmodellen krävs dock kvalitetssäkrad valideringsdata, vilket inte nog kan poängteras. Vidare borde de båda omlöpen som anlagts i Knipån vid Kvarnekulla och Skårhultsdammen biotopkarteras för att kunna inkluderas i framtida smoltproduktionsberäkningar. Det rekommenderas även att elfisken genomförs i dessa båda omlöp.

Metodikerna som använts för att mäta smoltproduktionen förefaller lämpliga att använda även vid kommande valideringsförsök. Det är dock av yttersta vikt att fällornas fångsteffektivitet kvantifieras noggrant vid eventuella förnyade valideringsförsök i Knipån och Rödån. För att detta skall kunna ske krävs att tillräckligt många grupper med märkta smolt sätts ut. Förslagsvis sker detta med fem grupper om minst tio stycken Floy-tag märkta smolt som sätts ut vid olika vattenföringar. Alternativt kan PIT-tags användas. Detta förutsätter dock att det är möjligt att få de utvandrande smolten att passera tillräckligt nära en antenn så att de detekteras. Den stora fördelen med detta märkningssystem i förhållande till Floy-tags är att problematiken med att skatta fällornas fångsteffektivitet minskar. Detta eftersom man får säkrare mått på dels hur många märkta individer som når fällan, dels hur stor andel av dessa individer som också fångas i fällan. Samtidigt medger denna märkningsteknik möjligheter att registrera den fisk som återvänder för att leka. Vidare slipper man problemen med sår som inte läker till följd av att Floy-tagmärkena har en tendens att ”vibrera” i strömmande vatten (pers. observation). Nackdelen med PIT-tags i förhållande till Floy-tags är framförallt den större kostnaden för märkningsutrustningen och antennerna.

Att påbörja valideringsförsöken i månadsskiftet mars/april rekommenderas inför kommande försök. Förvisso fångades de första smolten inte förrän den 20:e april 2008, men året innan hade smoltutvandringen redan startat i Knipån den 15:e april då fällorna placerades ut. Vidare bör möjligheterna att använda sig av mer permanenta fällor av typ ”Wolf-trap” ses över. Detta eftersom denna typ av fällor oftast är tillförlitligare och hållbarare än ryssjor. Dessutom finns det studier (Olsson m.fl. 2009) som visat på att användandet av ryssjor stressar smolten (bl.a. pigmentförändring och fjällskador). Förhöjda stressnivåer kan enligt Cooke m.fl. (2008) som refereras i Olsson m.fl. (2009) leda till förändrade vandringsbeteenden och förhöjd mortalitet. Således kan kvantifieringen av fångsteffektiviteten bli missvisande vid användandet av ryssjor.

Slutligen bör förnyade smoltproduktionsberäkningar genomföras för samtliga av Vätterns tillflöden som utnyttjas av Vätternöringen när smoltproduktionsmodellen bedöms leverera tillförlitliga resultat. Flertalet av de smoltproduktionsberäkningar som idag finns tillgängliga härrör nämligen från mitten av 2000-talet. Eftersom dessa smoltproduktionsberäkningar bl.a. används vid prioriteringen av åtgärdsarbetena i Vätterns tillflöden (Lindell, 2009) är det också viktigt att de uppdateras kontinuerligt.

Referenser

Litteraturreferenser

Andersson H C. 2008. Fisketurism och landsbygdsutveckling i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 2008:30.

Cooke S.J., Hinch S.G., Farrell A.P., Patterson D.A., Miller-Saunders K., Welch D.W., Donaldson M.R., Hanson K.C., Crossin G.T., Mathes M.T., Lotto A.G., Hruska K.A., Olsson I.C., Wagner G.N., Thomson R., Hourston R., English K.K., Larsson S., Shrimpton J.M. and Van der Kraak G. 2008. Developing a mechanistic understanding of fish migrations by linking telemetry with physiology, behavior, genomics and experimental biology: an interdisciplinary case study on adult Fraser river sockeye salmon. *Fisheries* 2008 33(7): 321-338.

Halldén, A, Asp, T, Andersson, L, Degerman, E & Nöbbein, F. 2005. Biotopkartering Vätterbäckar. Länsstyrelsen i Jönköpings Län. Meddelande 2005:34.

Lindell, M (red). 2009. Åtgärdsplan för fisk & fiske i Vätterns tillflöden. Vätternvårdsförbundet, rapport nr 104.

Nilsson, N. 2008. Validering av smoltproduktionsmodell för öring, *Salmo trutta*, i två av Vätterns tillflöden. Examensarbete i biologi 20p. Högskolan i Kalmar.

Nilsson, N, Degerman, E, Andersson H C, & Halldén A. 2010. Uppdatering av modell för beräkning av öringsmoltproduktion. Länsstyrelsen i Stockholms län.

Olsson I, Eklöv A & Degerman E. 2009. Effekter av våtmarker och kraftverk på migrerande havsöringsmolt (*Salmo trutta* L.) och ål (*Anguilla anguilla* L.).

Internetreferenser

www.smhi.se: (<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord>) 2010-01-20.

**Del 3: Validering av modell för beräkning av
öringsmoltproduktion i Kävlingeån, 1999-2005,
och Åvaån, 2010**

**Niklas Nilsson, Erik Degerman, Anders Eklöv,
Henrik C. Andersson & Anton Halldén**

Länsstyrelsen i Jönköpings län, Länsstyrelsen i Stockholms län

Sammanfattning

Hur mycket smolt produceras det årligen? Detta är en vanlig fråga som ställs då vattendrag med vandrande öringbestånd berörs, inte minst om bestånden är av kommersiellt och/eller naturvårdsintresse. Det finns således ett behov av att på ett tillförlitligt och kostnadseffektivt sätt kunna förutsäga produktionen av öringsmolt för att t.ex. kunna prioritera och bedöma vinsterna med fiskevårdsåtgärder. I samband med biotopkarteringen av Vätterns tillflöden togs en smoltproduktionsmodell för öring fram av Länsstyrelsen i Jönköpings län i samarbete med Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium (Halldén m.fl. 2005). Modellen har sedan dess validerats och vidareutvecklats vid ett par tillfällen (Nilsson, 2008 och Nilsson m.fl. 2010). Syftet med föreliggande projekt var att, genom fortsatt validering, vidareutveckla och kvalitetssäkra nämnda smoltproduktionsmodell. Det långsiktiga målet är en tillförlitlig modell för beräkning av öringsmoltproduktion i små och medelstora vattendrag.

Valideringen skedde i Kävlingeån (Skåne län) och Åvaån (Stockholms län), två vattendrag där det sedan lång tid tillbaka finns fällor för fångst av utvandrande havsöringsmolt. I Kävlingeån genomfördes valideringen för åren 1999-2005, med undantag för år 2004. Medan valideringen i Åvaån endast omfattade smoltutvandringen våren 2010.

Resultaten visade att smoltproduktionsmodellen endast i vart tredje fall kunde beräkna ett medianvärde för produktionen av havsöringsmolt i Kävlingeån inom intervallet $\pm 25\%$ i förhållande till den observerade smoltproduktionen. Övriga år förelåg en generell underskattning av smoltproduktionen. Den förväntade produktionen i Åvaån våren 2010, utifrån smoltproduktionsberäkningarna, uppgick till knappt 550 smolt. I förhållande till den orimligt låga smoltutvandringen (63 smolt) våren 2010 var detta en kraftig överskattning.

Huruvida utfallet i Kävlingeån berodde enbart på smoltproduktionsmodellens konstruktion eller även tillgången på elfiskedata och/eller avrinningsområdets karaktär kvarstår att besvara. Vidare hanterar smoltproduktionsmodellen endast omvärldsparametrar såsom vattenföring och vattentemperatur från det att elfiskena genomförts på hösten till dess att smolten skall lämna vattendraget genom att variera schablonvärdena för vinteröverlevnad och smoltifieringsgrad. Detta förefaller inte vara tillräckligt för att förutsäga smoltproduktionen år då dessa parametrar avviker mycket ifrån det "normala". För att smoltproduktionsmodellen skall kunna appliceras i Kävlingeån krävs att antalet elfisketillfällen per år ökar. Som ett minimum föreslås att minst en lokal i respektive delområde samplas årligen.

Avseende Åvaån kan inte någon heltäckande förklaring till resultaten ges. Möjligtvis kan en liten påverkan kvarstå från det ensilageutsläpp som skedde 2007 eftersom inga 3-åriga smolt fångades. En annan möjlig förklaring är att smoltfällan inte fungerat tillfredställande. Därför föreslås att fällans funktion och fångsteffektivitet kontrolleras och kvantifieras under kommande år.

För att kunna utvärdera smoltproduktionsmodellens tillförlitlighet konstateras även att det krävs mer valideringsdata och från fler vattendrag. Förslag lämnas på sex stycken kustmynnande vattendrag längs södra Östersjön (Uppsala-Skåne län) och på fyra stycken av Vätterns tillflöden som anses vara lämpliga för fortsatt validering av smoltproduktionsmodellen. Kännetecknade för dessa är att de är relativt små och korta vattendrag utan biflöden och påverkan från punktkällor. I de förslagna vattendragen föreslås att samplingen sker med antingen fasta fällor av typ Wolf-trap eller temporära fällor av den

Kanadensiska typ av smoltfälla som kommer att användas av Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium i Himleån på västkusten.

Innehållsförteckning

INLEDNING & BAKGRUND	71
<i>Områdesbeskrivningar</i>	71
TEORETISK BAKGRUND	73
<i>Smoltproduktionsmodellen</i>	73
<i>Biotopkarteringsmetodiken</i>	78
MATERIAL & METODIK	79
<i>Smoltproduktionsberäkning</i>	79
<i>Kävlingeån</i>	80
<i>Åvaån</i>	80
RESULTAT	80
<i>Kävlingeån</i>	80
<i>Åvaån</i>	86
DISKUSSION	89
<i>Kävlingeån</i>	89
<i>Åvaån</i>	90
<i>Slutsatser & förslag till fortsatt utveckling av smoltproduktionsmodellen</i>	91
ERKÄNNANDEN	92
REFERENSER	93
BILAGOR	95
<i>Bilaga 1. Översiktskarta Kävlingsån och Bråån</i>	95
<i>Bilaga 2. Översiktskarta och detaljkarta Åvaån</i>	96
<i>Bilaga 3. Sammanfattning av genomförda elfisken i Bråån 1998-2009</i>	97
<i>Bilaga 4. Sammanfattning av genomförda elfisken i Åvaån hösten 2009</i>	99
<i>Bilaga 5. Förslag på vattendrag för sampling av utvandrande öringsmolt</i>	100

Inledning & bakgrund

När vattendrag med vandrande öringbestånd berörs ställs ofta frågor kring hur mycket smolt som årligen produceras. Detta gäller inte minst bestånd som är av kommersiellt och/eller naturvårdsintresse. Det finns således ett behov av att på ett tillförlitligt och kostnadseffektivt sätt kunna förutsäga produktionen av öringsmolt genom modellering och där resultaten kan användas till att t.ex. prioritera och bedöma vinsterna med fiskevårdsåtgärder eller göra påverkansbedömningar i förhållande till miljömålen.

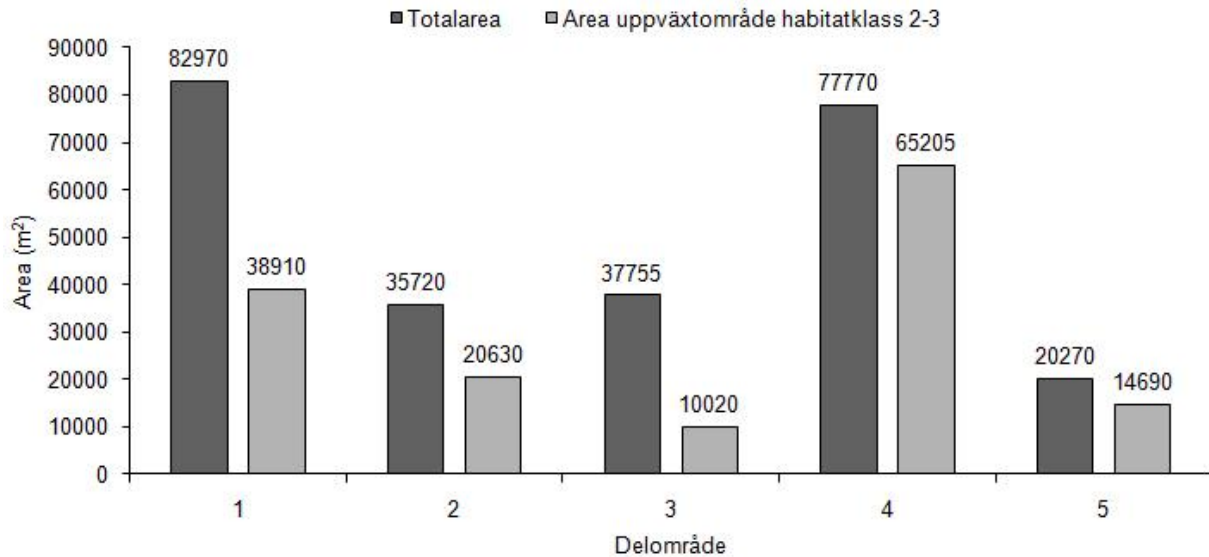
År 2001 drog Länsstyrelsen i Jönköpings Län igång ett omfattande projekt som sommaren 2005 resulterade i rapporten ”Biotopkartering Vätterbäckar” (Halldén m.fl. 2005). Syftet var att dokumentera och kvantifiera sammansättning och omfattning av olika biotoper samt att beskriva påverkan i och i anslutning till vattendragen, dvs. förutsättningarna för höga naturvärden. I samband med denna inventering togs även en modell fram i samarbete med Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium för att beräkna produktionen av öringsmolt i Vätterbäckarna. En första validering av denna smoltproduktionsmodell genomfördes i två av Vätterns tillflöden, Knipån och Rödån, våren 2007 (Nilsson, 2008). Resultaten tydde dock på att en generell överskattning av smoltproduktionen förelåg. Efter genomförda uppdateringar av smoltproduktionsmodellen genomfördes förnyade valideringar i de två Vätterbäckarna samt Åvaån i Stockholms län (Nilsson m.fl. 2010). För flertalet av åren 2001-2009 klarade smoltproduktionsmodellen av att beräkna den totala smoltproduktionen i Åvaån med en medianavvikelse i intervallet $\pm 25\%$, vilket ansågs som tillfredställande enligt Nilsson m.fl. (2010). Vidare menar författarna att de år då smoltproduktionsmodellen slog fel var år med översvämningar som gjort att smoltfällan inte fungerat, alternativt efter fiskdöd orsakad av ensilageutsläpp. Däremot förelåg fortfarande en överskattning av smoltproduktionen i de två Vätterbäckarna, vilket till viss del förklarades med att problem förelegat med den typ av fällor som använts. Vidare konstaterade Nilsson m.fl. (2010) att valideringsdata från fler vattendrag krävs för att kunna vidareutveckla och kvalitetssäkra smoltproduktionsmodellen. I det sammanhanget nämns Kävlingeån i Skåne län där det sedan lång tid tillbaka finns en fälla av typ Wolf-trap och fångstdata för utvandrande havsöringsmolt.

Syftet med detta projekt var att, genom fortsatt validering i Kävlingeån och Åvaån, vidareutveckla och kvalitetssäkra den smoltproduktionsmodell som tagits fram av Länsstyrelsen i Jönköpings län i samarbete med Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium (Halldén m.fl. 2005). Det långsiktiga målet är en tillförlitlig modell för beräkning av öringsmoltproduktion i små och medelstora vattendrag.

Områdesbeskrivningar

Kävlingeån (6181385-1323507) mynnar i Öresund i Skåne län cirka 2 km nordväst om Bjärred. Avståndet från mynningen i Lommabukten upp till det första definitiva vandringshindret för öring vid Vombsjön är drygt 49 km. På denna sträcka finns ett flertal tillflöden, t.ex. Bråån som utgör det betydelsefullaste reproduktionsområdet för havsöring (se karta i bilaga 1). Kävlingeån och dess tillflöden biotopkarterades 1998-1999 i samband med framtagandet av en fiskevårdsplan för Kävlingeån (Eklöv, 2000). Den totala vattendragsarean i Bråån uppgår till drygt 0,25 km², varav knappt 60 % utgörs av goda uppväxtområden för öring (figur 1), dvs. habitatklass 2 och 3 enligt biotopkarteringsmetodiken (Halldén m.fl. 2002).

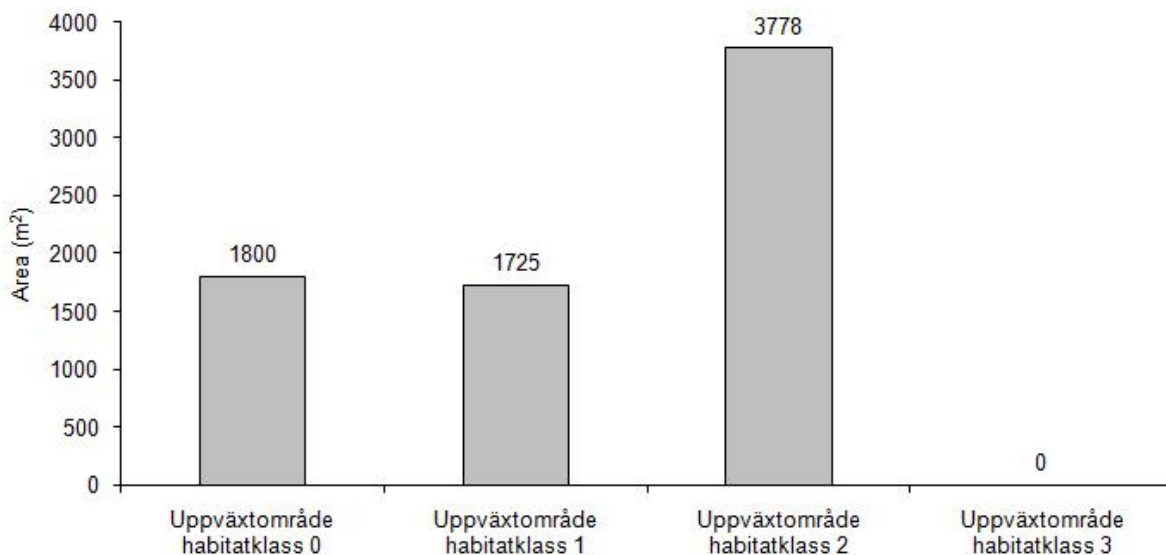
I Kävlingeåns avrinningsområde har det sedan 1940-talet, då Svenska Lax- och Laxöringföreningen startade sin verksamhet, pågått fiskevårdsarbeten. Bland annat byggdes en ålkista vid Håstad mölla (cirka 23 km uppströms mynningen) om till en smoltfälla 1947 och var i drift fram till 1980-talet. År 1997 renoverades den och har varit i drift igen sedan dess. Fällan är av typen Wolftrap och dess drift har finansierats av Länsstyrelsen i Skåne län och Kävlingeåns och Löddeåns FVOF under perioden 1998-2010. Fångsteffektiviteten för fällan har varierat från >90 % till 50-60 % (Olsson m.fl. 2009), främst beroende på vattenföringen. Vid högre flöden spiller vatten över dämnet, vilket resulterar i lägre fångsteffektivitet (Anders Eklöv, muntligen)



Figur 33. Totalarea och area med goda uppväxtområden för öring (habitatklass 2 och 3 enligt biotopkarteringsmetodiken, Halldén m.fl. 2002) i respektive delområde i Bråån (baserat på Eklöv, 2000) .

Åvaån (656366-164614) rinner genom Tyresta nationalpark och mynnar i Åvaviken i Tyresta kommun, drygt 20 km sydost om Stockholm (se kartor i bilaga 2). På den 2,5 km långa sträckan från mynningen upp till det första definitiva vandringshindret förekommer inga öringproducerande tillflöden. Åvaån biotopkarterades hösten 2008 (Bergengren, 2008). Den totala vattendragsarean i Åvaån uppgår till drygt 7300 m², varav drygt hälften utgörs av habitatklass 2 med avseende på uppväxtområden för öring (figur 2) enligt biotopkarteringsmetodiken (Halldén m.fl.2002).

I närheten av Åvaåns mynning i Östersjön har det sedan länge funnits en anläggning för fångst av uppvandrande fisk, samt för utvandrande smolt. Räkning av utvandrande smolt genomfördes för första gången 1929 och sedan 1998 finns en obruten serie fram till 2010 (Andersson, 2008). Den nuvarande smoltfällan, av typ Wolftrap, har varit i drift sedan 1987. Fällans fångsteffektivitet anses var hög (Henrik C Andersson, muntligen).



Figur 34. Fördelning av vattendragsarean i Åvaån enligt biotopkarteringsmetodikens (Halldén m.fl. 2002) klassning avseende uppväxtområden för öring (baserat på Bergengren, 2008).

Teoretisk bakgrund

Smoltproduktionsmodellen

Följande avsnitt är en sammanfattande beskrivning av smoltproduktionsmodellens uppbyggnad baserat på Halldén m.fl. (2005) och Nilsson m.fl. (2010). Sålunda avses dessa rapporter då ingen annan referens anges. Då begreppet smoltproduktion används avses den mängd smolt som årligen lämnar vattendraget förutsatt att inget annat anges. För härledning av formler och mer ingående studier av smoltproduktionsmodellen hänvisas till ovan nämnda rapporter.

Beräkning av ålderstrukturen i öringpopulationen

En av grundförutsättningarna för att smoltproduktionsmodellen skall kunna förutsäga smoltproduktionen korrekt är att öringungarna kan avgränsas i åldersgrupperna 0+, 1+ och >1+ vid elfisket på hösten. Detta eftersom det är dessa som antas bli smolt nästkommande vår, dvs. som 1-åriga, 2-åriga och 3-åriga smolt. Då det gäller öringar 0+ och öringar >0+ visade Ljung (2003) att det i stort sett inte förekom något överlapp och att 0+ kan skiljas ut visuellt redan vid fångst. För att skilja 1+ från >1+ krävs det dock inte enbart att man känner medellängden för 1+ utan även maxlängden för 1+. Sambandet uttrycks:

Ekvation 1.

$$\text{längsta 1+} = \text{längsta 0+} * 1,557 - 0,059 * \text{dagnummer} + 43,185.$$

(Anova $F_{2,5321}=8004$, $p<0,001$, $r^2=0,75$, Degerman m.fl. 2010)

Utifrån ekvation 1 beräknas hur stor andel av >0+ som utgörs av 1+, vilket görs för varje elfiskelokal och elfisketillfälle. I smoltproduktionsmodellen har man i detta skede gjort antagandet att överlappet i längd mellan åldersklasserna 1+ och äldre är försumbart, eller åtminstone licsidigt så att lika många 1+ blir klassade som >1+ som vice versa. Således åldersindelas öringungarna i 0+, 1+ och >1+. För de fiskar som utgör gruppen >1+ antas att de är i åldersintervallet 2+ till 4+. Proportionerna i täthet mellan dessa antas vara de samma som Ljung (2003) erhöi (ekvation 2). Tätheterna beräknas utifrån antagandet att fångsteffektiviteten vid elfiske är likartad för alla åldersgrupper >0+.

Ekvation 2.

$\text{täthet } >1+ = (0,46 * \text{täthet } 2+) + (0,37 * \text{täthet } 3+) + (0,17 * \text{täthet } >3+)$
(Formel för beräkning av täthetsproportioner för öringungar >1+, Ljung, 2003)

Skattning av den relativa tätheten i olika habitat

I ett vattendrag finns det naturliga skillnader med avseende på tätheten mellan olika åldersgrupper i olika habitat. Äldre fisk har en tendens att uppehålla sig på djupare habitat i förhållande till yngre fisk (Bohlin 1977). Enligt den standardiserade elfiskemetodiken (Degerman m.fl. 2002) beskrivs lokalens lämplighet för öringungar subjektivt i tre klasser (tabell 1). Då elfisken genomförs sker dessa ofta på grunda lokaler. Dessutom har det visat sig att elfiskelokalerna oftast förläggs till lokalvärde 2 eftersom det är här man förväntar sig att finna goda tätheter av öringungar (Halldén m.fl. 2005). Inom biotopkarteringsmetodiken (Halldén m.fl. 2002) avgränsas delsträckorna för att erhålla så homogena biotoper som möjligt inom respektive delsträcka. Även i denna metodik klassas habitatets/delsträckans lämplighet för öringungar subjektivt, dock i 4 klasser (tabell 2). Den senare bedömningen grundar sig i första hand på bottenstruktur och strömförhållanden och i andra hand på skuggning och närmiljö.

Tabell 19. Subjektiv bedömning och bedömningsgrunder av elfiskelokalens lämplighet för laxfiskungar 0+, 1+ och 2+ sommartid (enligt den standardiserade elfiskemetodiken (Degerman m.fl. 2002)).

Lokalvärde	Lokalens värde som uppväxtbiotop för laxfiskungar 0+ - 2+ sommartid
0	Olämplig lokal (<i>Avsaknad av grus/sten i lämplig storlek, avsaknad av ståndplatser, samt låg/hög vattenhastighet</i>).
1	Intermediär lokal
2	Lämplig lokal (<i>Lämpligt bottensubstrat, flera ståndplatser, samt vattenhastighet 0,2-1,0 m/s</i>)

Tabell 20. Subjektiv bedömning av habitatets lämplighet som uppväxtplats för öringungar (enligt biotopkarteringsmetodiken, Halldén m.fl. 2002). Avser förutsättningarna för årsungar och fjolårsungar.

Habitatklass	Habitatets lämplighet som uppväxtplats för öringungar
0	Inte lämpligt uppväxtområde
1	Möjligt, men inte bra uppväxtområde
2	Tämligen bra uppväxtområde
3	Bra – mycket bra uppväxtområde

Då Halldén m.fl. (2005) undersökte hur väl de två metodikernas bedömning av lokalernas/habitatets lämplighet för öring överensstämde, fann man att det fanns vissa skillnader. Kompletterande elfisken genomfördes därför på samtliga habitatklasser enligt biotopkarteringsmetodiken (tabell 2) i två referensvattendrag. Dessa habitat klassades även utifrån elfiskemetodikens lokalvärdesbedömning (tabell 1). Genom att koppla samman dessa bedömningar fick Halldén m.fl. (2005) fram en modell för att överföra resultaten från övriga elfisken till de olika habitatklasserna i biotopkarteringen. Därmed kunde medeltätheter av öring i olika åldersgrupper i olika habitat beräknas. Då man jämförde detta utfall med utfallet från enbart referensvattendragen fann man dock att skattningarna inte matchade varandra. Då det vid smoltproduktionsmodellens skapande inte gick att avgöra vilket av dessa utfall som bäst representerade den generella fördelningen av öringungar i olika habitat gjordes en så objektiv bedömning som möjligt. Denna baserades på en sammanjämkning av medelvärdena på de procentuella fördelningarna från de ovan nämnda utfallen, vilket resulterade i tabell 3. Halldén m.fl. (2005) konstaterar dock att det krävs ytterligare undersökningar av öringtätheten i olika habitat från fler vattendrag för att kunna avgöra vilket av utfallen som bäst representerar fördelningen mellan olika habitat.

Tabell 21. Medeltätheter av öring per 100 m² i de olika habitatkvalitetsklasserna, i jämförelse med habitatklass 3 som norm, som används vid beräkningarna av smoltproduktionen.

Habitat	Öring 0+	Öring 1+	Öring 2+
0	0 %	0 %	0 %
1	57 %	28 %	24 %
2	93 %	58 %	56 %
3	100 %	100 %	100 %

Beräkning av medeltätheten per habitat i respektive vattendrag

För varje vattendrag beräknas medeltätheten av öringungar i de olika habitatkvalitetsklasserna primärt utifrån elfiskeresultat. För de habitatklasser som inte har undersökts i det specifika vattendraget beräknas medeltätheterna istället utifrån högsta undersökta habitatklass genom applicering av tabell 3. Detta innebär att om ett vattendrag endast undersökts med avseende på en habitatklass kan värden för övriga habitatklasser ändå skattas.

Skattning av vinteröverlevnad

För att kunna beräkna smoltproduktion krävs att skattningar görs på hur många av öringungarna som förväntas överleva vintern. I smoltproduktionsmodellens ursprungsuppbyggnad användes fasta värden för vinteröverlevnaden för öringungar i olika åldrar (öring 0+: 50 % respektive öring >0+: 60 %), vilket baserades på Degerman m.fl. (2001). Vinteröverlevnaden varierar dock naturligt från år till år i olika vatten beroende på ett antal faktorer (t.ex. vattentemperatur, vattenföring och predation). Därför använder numera smoltproduktionsmodellen intervall (min. och max.) för vinteröverlevnaden för öringungar i olika åldrar i olika habitattyper vid beräkningarna. Enligt litteratursammanställning gjord av Symons (1979) refererad i Hindar m.fl. (2007) var vinteröverlevnaden för laxungar 0+ 28-44 % respektive 35-65 % för laxungar >0+. Hindar m.fl. (2007) räknade utifrån detta med 50 % vinteröverlevnad för lax 0+ och för lax >0+ en årlig dödlighet på 50 % (40-60 %). Baserat på ovanstående gjordes bedömningen att låta de ursprungliga värdena för vinteröverlevnaden variera ±10 % (tabell 4). Det är rimligt att anta att vinteröverlevnaden är högre i sydliga vatten. Då vi saknar dataunderlag har detta inte beaktats i modellen.

Tabell 22. Intervallgränser (min. och max.) för vinteröverlevnaden för öring i olika åldrar och habitattyper som används vid beräkningarna av smoltproduktionen.

Habitatklass	Vinteröverlevnad öring 0+		Vinteröverlevnad öring 1+ och 2+	
	Min.	Max.	Min.	Max.
0	40 %	60 %	50 %	70 %
1	40 %	60 %	50 %	70 %
2	40 %	60 %	50 %	70 %
3	40 %	60 %	50 %	70 %

Skattning av andelen öring 0+, 1+ och 2+ som förväntas bli smolt

Skattningar görs även på hur många av de överlevande öringungarna som förväntas bli smolt nästkommande vår. Utgående ifrån havsöringbestånd med känd medelsmoltålder erhöll Degerman (opubl. material) ett samband mellan medelsmoltålder och storleken på längsta öring 0+ vid elfiske samt klimatet representerat av vilken dag på året som våren kommer enligt SMHI. Detta gav sambandet:

Ekvation 3.

$$\text{Medelsmoltålder} = 3,756 - (0,03 * \text{storlek på största 0+}) + (0,012 * \text{vårdag})$$

Genom att använda sig av mediantätheterna av öring i dessa vattendrag och medelvärdena för vinteröverlevnaden från tabell 4 (öring 0+: 50 % och öring >0+: 60 %) kunde Degerman (opubl. material) justera in smoltifieringsgraden så att samma medelsmoltålder som tidigare beräknats med ekvation 3 erhöles. Smoltifieringsgraden varierar dock naturligt från år till år i olika vatten beroende på ett antal faktorer, såsom vattentemperatur och vattenföring. Utifrån ovanstående och en bedömning baserad på empirisk kunskap använder därför smoltproduktionsmodellen ett intervall (min. och max.) för smoltifieringsgraden för öring 0+ och fasta gränser för smoltifieringsgraden för öring 1+ respektive 2+. I tabell 5 nedan framgår de värden som användes för smoltifieringsgraden för öringungar i olika åldrar och habitattyper vid beräkningarna i Kävlingeån respektive Åvaån.

Tabell 23. Intervallgränser (min. och max.) och fasta värden för smoltifieringsgraden för öring i olika åldrar och habitattyper som användes vid beräkningarna av smoltproduktionen i Kävlingeån respektive Åvaån. Värdena för Åvaån anges inom parentes.

Habitat-klass	Smoltifieringsgrad öring 0+		Smoltifieringsgrad öring 1+	Smoltifieringsgrad öring 2+
	Min.	Max.		
0	20 % (3 %)	60 % (10 %)	99 % (90 %)	99 % (99 %)
1	20 % (3 %)	60 % (10 %)	99 % (90 %)	99 % (99 %)
2	20 % (3 %)	60 % (10 %)	99 % (90 %)	99 % (99 %)
3	20 % (3 %)	60 % (10 %)	99 % (90 %)	99 % (99 %)

Specifik smoltproduktion per habitatklass

Utifrån ovanstående beräkningar och skattningar av medeltätheterna av öring per habitattyp (tabell 3), vinteröverlevnaden (tabell 4) samt smoltifieringsgraden (tabell 5) beräknar smoltproduktionsmodellen en förväntad smoltproduktion per habitattyp, dvs. ett specifikt produktionstal för respektive delsträcka i vattendraget.

Lekområdeskompensation

Eftersom smoltproduktionsmodellen i sin ursprungliga utformning generellt tycktes överskatta smoltproduktionen har smoltproduktionsmodellen kompletterats med en ny parameter för att kompensera för denna överskattning (Nilsson m.fl. 2010). Den s.k. ”lekområdeskompensationen” multipliceras enligt schablonvärden i tabell 6 med det för delsträckan specifika produktionstalet. För att exemplifiera: om en delsträcka har bedömts som klass 3 med avseende på uppväxtområde för öring (goda till mycket goda uppväxtområden), men endast klass 1 som lekområde (inga synliga lekområden, men rätt strömförhållanden) multipliceras det specifika produktionstalet med 50 %.

Tabell 24. Värden för den s.k. ”lekområdeskompensationen” som används vid beräkningarna av smoltproduktionen.

Lekområde enligt biotopkarteringsmetodiken		Schablonvärde
Klass	Beskrivning	”lekområdeskompensation”
0	Lekmöjligheter saknas	25 %
1	Inga synliga lekområden, men rätt strömförhållanden	50 %
2	Tämligen goda lekmöjligheter, men inte optimala	75 %
3	Goda till mycket goda lekmöjligheter	100 %

Skattning av migrationsmortaliteten i lugnflytande habitat

Eftersom de smolt som producerats i vattendraget måste vandra från uppväxtplatserna till tillväxtområdena kommer antalet smolt som slutligen når dessa att ha reducerats genom predation. Denna predation sker framförallt i lugnflytande habitat såsom sjöar, dammar och lugnflytande delar av vattendraget. Predatorerna utgörs främst av piscivora fiskar såsom gädda (*Esox lucius*), gös (*Stizostedion lucioperca*) och lake (*Lota lota*). Det är dock svårt att

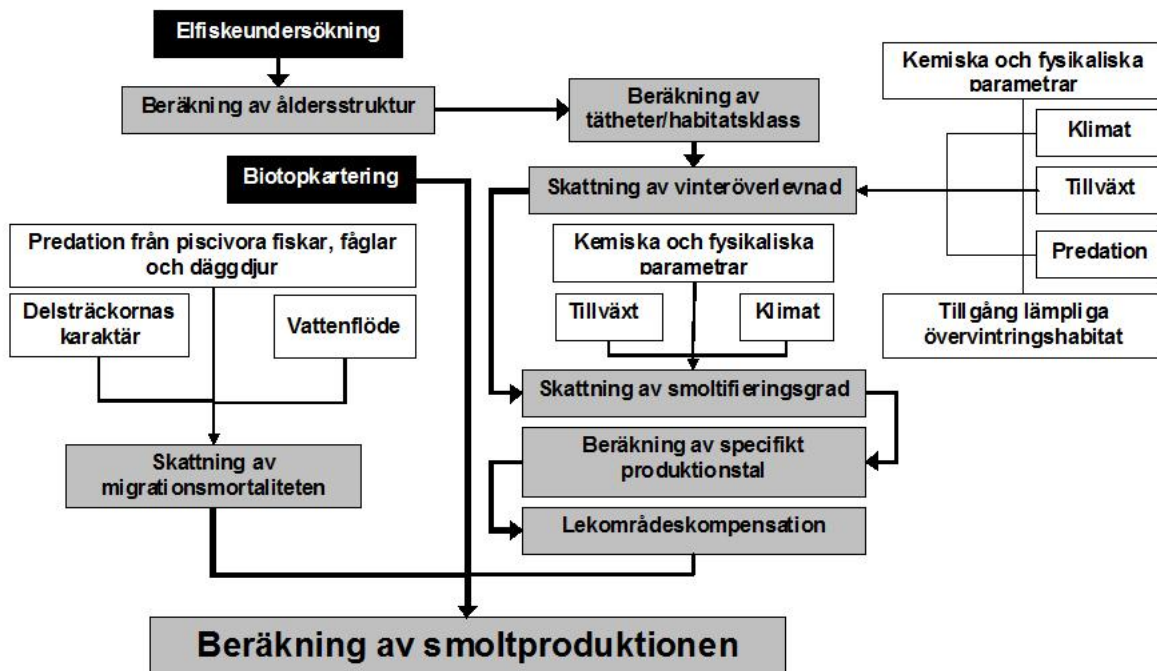
hitta relevanta data som är applicerbara för hur stor denna migrationsmortalitet egentligen är. Studier från både svenska vatten (Calles & Greenberg 2009, Nilsson, 2008, Olsson m.fl. 2001 och Olsson m.fl. 2009) och danska vatten (Jepsen m.fl. 1998 och Jepsen m.fl. 2000) har visat att migrationsförlusterna förmodligen är högre än de värden som användes i smoltproduktionsmodellens ursprungsversion. Därför använder smoltproduktionsmodellen numera min. och max. värden för migrationsmortaliteten i de olika habitattyperna. I tabell 7 redogörs för dessa intervallgränser.

Tabell 25. Intervallgränser (min. och max.) för migrationsmortaliteten/km i olika habitattyper som används vid beräkningarna av smoltproduktionen.

Habitat	Max. mortalitet	Min. mortalitet
Habitatklass 0	17 %	10 %
Habitatklass 1	12 %	3 %
Habitatklass 2	12 %	3 %
Habitatklass 3	5 %	0 %
Sjöar/dammar/våtmarker	71 %	25 %

Beräkning av mängden smolt som lämnar vattendraget

Med den beräknade smoltproduktionen per habitattyp (det s.k. produktionstalet), lekområdeskompensationen (tabell 6) och migrationsmortaliteten (tabell 7), samt data från biotopkarteringen som underlag beräknas slutligen mängden smolt som förväntas lämna respektive vattendrag (figur 3). De data som används från biotopkarteringen är de olika delsträckornas areal (m²), längd (km) och habitatkvalitetsklass avseende lek- och uppväxtområden för öring enligt biotopkarteringsmetodiken (Halldén m.fl. 2002).



Figur 35. Översiktlig beskrivning av smoltproduktionsmodellens konstruktion. Svarta boxar symboliserar de olika undersökningsmetoderna, grå boxar symboliserar de olika beräkningsstegen i smoltproduktionsmodellen, medan vita boxar är exempel på faktorer som påverkar utfallet av skattningarna. Den beräknade smoltproduktionen som erhålls är nettoproduktion (dvs. mängden smolt som lämnar vattendraget).

Beräkningen av antalet smolt som årligen produceras i vattendraget sker stegvis. Antalet producerade smolt från den längst uppströms belägna delsträckan beräknas utifrån ekvation 4.

Observera att då det inte går att förutsäga var på respektive delsträcka som smolten har producerats (dvs. längst uppströms, i mitten eller längst nedströms på delsträckan) har antagandet gjorts att mortalitet föreligger på hälften av den aktuella delsträckans längd där smolten har producerats.

Ekvation 4.

delsträckans areal * beräknad specifik produktion för habitatklassen - delsträckans areal * beräknad specifik produktion för habitatklassen * delsträckans längd/2 * delsträckans specifika mortalitet

Den s.k. nettoproduktionen (antalet smolt som förväntas lämna vattendraget) erhålls således genom att produktionen på den längst uppströms belägna delsträckan (delsträcka n) först beräknas enligt ekvation 4. Dessa smolt reduceras därefter genom migrationsmortalitet på den nedströms belägna delsträckan (delsträcka $n-1$). De återstående smolten adderas till de smolt som producerats på delsträckan nedströms (delsträcka $n-1$) som beräknas enligt ekvation 4. Proceduren upprepas för samtliga delsträckor till vattendragets mynning (ekvation 5).

Ekvation 5.

antal producerade smolt på delsträcka n - antal producerade smolt på delsträcka n * längd delsträcka $n-1$ * specifik mortalitet delsträcka $n-1$ + antal producerade smolt på delsträcka $n-1$

Biotopkarteringsmetodiken

Biotopkarteringsmetoden har utvecklats av Länsstyrelsen i Jönköpings län och finns utförligt beskriven i rapporten "Biotopkartering – vattendrag" (Halldén m.fl. 2002). Nedan ges en översiktlig metodikbeskrivning, för detaljer hänvisas till nämnda rapport där detta stycke också är hämtat ifrån.



Figur 36. Skiss över de fem protokoll som fylls i vid en biotopkartering, hämtad ifrån Halldén m.fl. (2002).

Biotopkarteringsmetoden bygger på att vattendraget först karteras genom flygbildstolkning och sedan fotvandras utefter hela sin längd, varvid information insamlas på fem olika protokoll samt på karta (figur 4). Vattendraget och dess båda stränder (närmiljön) delas upp i separata delsträckor där varje sträcka ska vara så homogen som möjligt (sträckindelningen sker separat för vattenbiotopen och närmiljön). Delsträckorna numreras alltid från vattendragets mynning och uppströms, dvs. delsträcka 1 är den längst nedströms belägna delsträckan. Dessutom beskrivs och utmärks på karta samtliga vandringshinder och tillrinnande diken/biflöden. För varje delsträcka ifylls ett protokoll där en mängd olika kriterier bedöms. T.ex. bedöms vattenbiotopen med avseende på dess kvalitet som öringbiotop och där bedömningar görs av kvaliteten på lek- och uppväxtområde för öring, samt tillgången på ståndplatser för större öring. Avsikten är att varje kriterie skall vara så noggrant definierad att beskrivningen blir så objektiv som möjligt. De olika kriterierna kan därefter kvantifieras vid utvärderingen av resultatet.

Material & metodik

Smoltproduktionsberäkning

Smoltproduktionsberäkningarna genomfördes i Microsoft Excel[®] och de statistiska analyserna genomfördes i StatView[®] 5.0.1. Det underlagsmaterial som användes vid beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen samt analyserna av resultaten var:

- Biotopkarteringsdata från karteringen av Kävlingeån och dess tillflöden (Eklöv, 2000 och Eklöv opubl. material).
- Biotopkarteringsdata från karteringen av Åvaån (Bergengren, 2008).
- Elfiskeresultat inrapporterade till Svenskt ElfiskeRegiSter, SERS (www.fiskeriverket.se). Redovisas även i bilaga 3 och 4.
- Beräknad vattenföring i Bråån enligt SMHI:s HYPE-model (www.smhi.se).
- Registrerade fångster av smolt och uppmätta vattentemperaturer vid smoltfällan i Kävlingeån vid Håstad mölla, 1998-2010 (Eklöv, 2000 och Eklöv opubl. material).
- Registrerade fångster av smolt och vattennivåer vid smoltfällan i Åvaån, 2010 (Andersson, opubl. material).

Vid beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen fick smoltproduktionsmodellen slumpvis variera schablonvärdena för vinteröverlevnad, smoltifieringsgrad och migrationsmortalitet inom angivna intervall (min. och max.). Proceduren upprepades 100 gånger för respektive vattendrag och år för att erhålla spridningsmått på de förväntade värdena avseende total smoltproduktion och åldersfördelning. Observera att det inte har beräknats någon produktion av 4-åriga eller äldre smolt i vare sig Kävlingeån eller Åvaån. Detta beror på att det förväntade antalet smolt i dessa åldrar bedömdes vara försumbart, vilket baserades på Andersson (2008), Eklöv (2000) och Nilsson m.fl. (2010).

Begreppet O/F-kvot avser det relativa förhållandet mellan den observerade smoltproduktionen (fållfångsten) och den förväntade smoltproduktionen (baserat på beräkningar med smoltproduktionsmodellen). Kortfattat innebär detta att om den observerade smoltproduktionen överrensstämmer med den förväntade utifrån smoltproduktionsberäkningarna erhålls en O/F-kvot = 100 %. Således innebär en O/F-kvot >100 % att fler smolt än förväntat har producerats och en O/F-kvot <100 % att färre smolt än förväntat har producerats.

Kävlingeån

Avgränsningen i tid avseende smoltproduktionsberäkningarna (1999-2005) berodde dels på att smoltfällan i Kävlingeån vid Håstad mölla renoverades hösten 1997 och att det sedan dess finns ett kontinuerligt och jämförbart dataset för utvandrande öringsmolt, dels tillgången på representativa elfiskeresultat. Den smoltproduktion som beräknades avser Bråån (inklusive dess biotopkarterade tillflöden). Någon produktion av smolt i Kävlingeåns huvudfåra mellan Håstad mölla och Vombsjön beräknades inte eftersom lämpliga lek- och uppväxthabitat för öring där saknades. En viss produktion av smolt förväntades ske i några av tillflödena till Kävlingeån uppströms Håstad mölla, t.ex. Klingavälsån. Denna produktion exkluderades dock vid beräkningarna eftersom den förväntade smoltproduktionen var låg, migrationsförlusterna i Kävlingeåns huvudfåra var stora och/eller att dessa tillflöden torkar ut sommartid.

Smoltproduktionsberäkningarna genomfördes delområdesvis, dvs. en förväntad produktion beräknades för respektive delområde utifrån tillgängliga biotopkarterings- och elfiskedata. Därefter reducerades denna produktion genom beräknade migrationsförluster på sträckan från respektive delområde till smoltfällan vid Håstad mölla. Slutligen summerades den totala produktionen som förväntades nå smoltfällan vid Håstad mölla. Åren 1999-2005 avser smoltproduktionsberäkningarna delområde 1 (mynningen i Kävlingeån-Eslövsbäcken) och 2 (Eslövsbäcken-Skarhult, inklusive biflödet Kristinebergsbäcken). De områden som är belägna uppströms Skarhult (delområde 3 inklusive biflödet Bäck vid Östra Strö) respektive Rolfsberga och Brådala (delområde 4 och 5) gjordes tillgängliga för havsvandrande öring genom åtgärder vid vandringshinder hösten 2004 respektive 2007. Full smoltproduktion, dvs. 1-3 åriga smolt, på dessa delområden förväntades fr.o.m. 2008 för delområde 3, medan delområde 4 och 5 förväntades uppnå full produktion först 2011. Någon smoltproduktion för delområdena 3-5 beräknades dock inte då för få representativa elfisken hade genomförts.

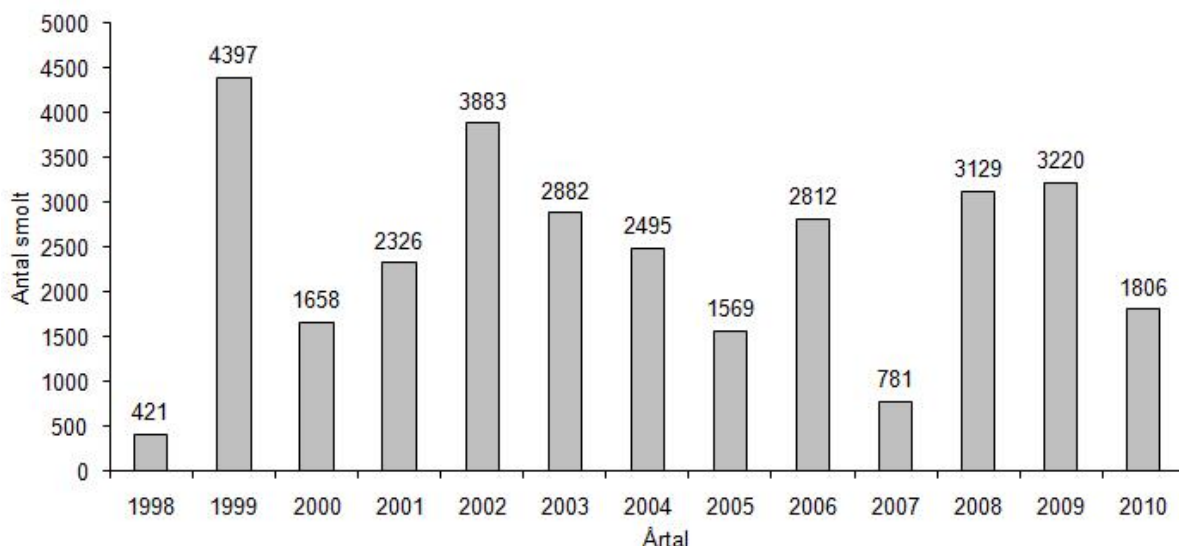
Åvaån

Endast en jämförelse med utfallet från smoltutvandringen våren 2010 genomfördes i Åvaån. Beräkningar av smoltutvandringen avseende åren 2001-2010 har sedan tidigare redovisats av Nilsson m.fl. (2010).

Resultat

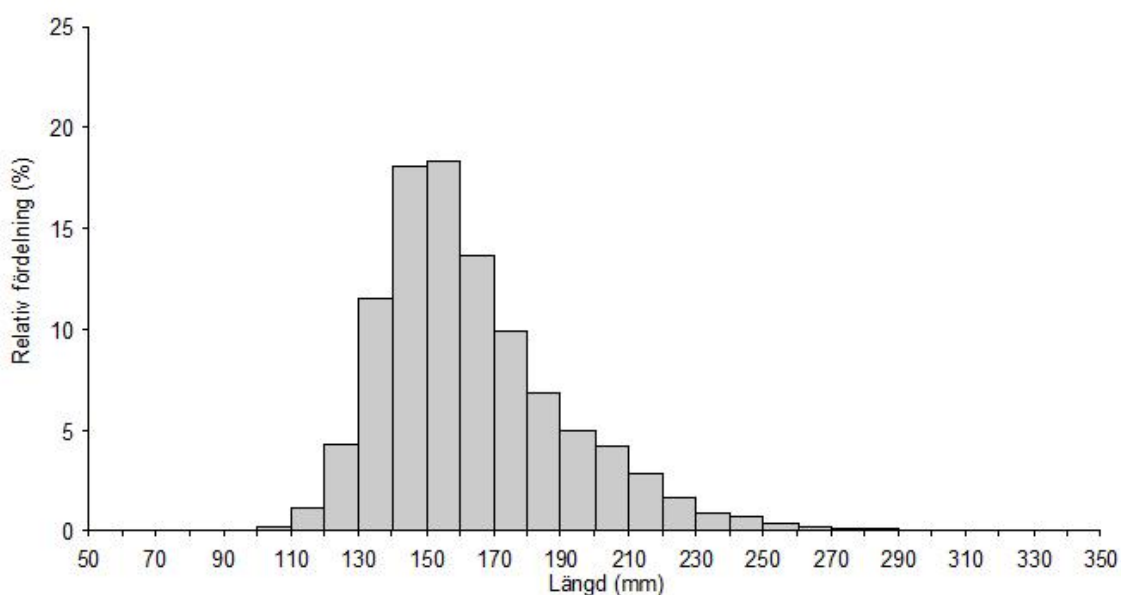
Kävlingeån

Totalt har drygt 31 000 smolt fångats i smoltfällan vid Håstad mölla sedan den togs i drift våren 1998 (figur 5). Den genomsnittliga fångsten har under den senaste tioårsperioden, 2001-2010, uppgått till knappt 2500 smolt årligen. Observera den förhållandevis lilla mängden smolt som fångades våren 1998 och som året därpå följdes av den hittills största fångsten av utvandrande smolt.



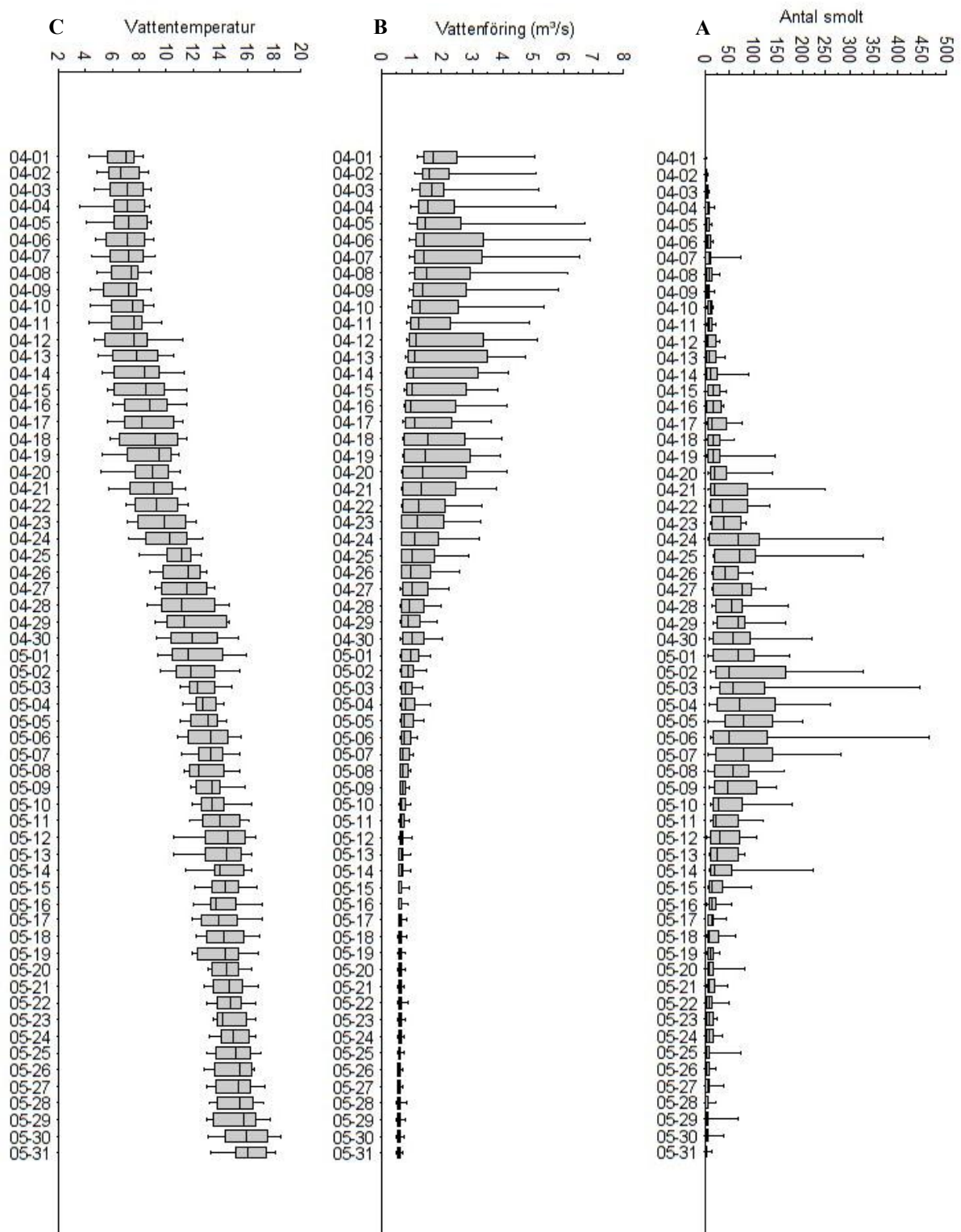
Figur 37. Antal fångade smolt i smoltfällan i Kävlingsån vid Håstad mölla under perioden 1998-2010.

I figur 6 framgår längdfördelningen för samtliga smolt som fångats vid Håstad mölla och längdmäts sedan 1998. Utifrån längden har majoriteten av smolten bedömts vara 1-åriga. Det har dock inte skett några åldersbestämningar av smolten. Av totalt 5485 smolt som har längdmäts var det största 325 mm och det minsta 100 mm, medianlängden var 155 mm. Det har dock förelegat relativt stora mellanårsskillnader sett till de utvandrande smoltens längdfördelning under perioden 1998-2010.



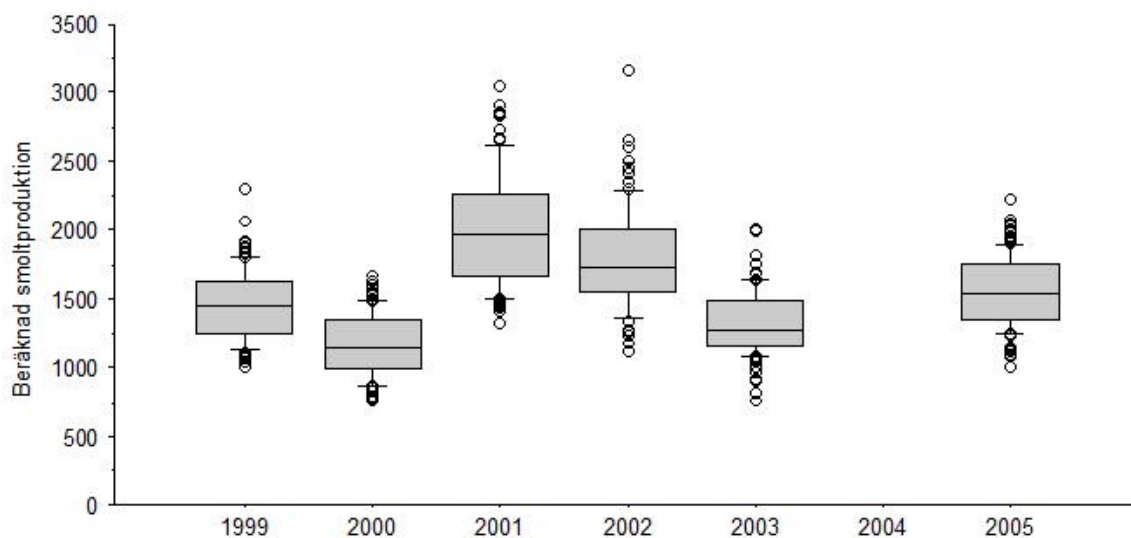
Figur 38. Längdfördelning för samtliga längdmätta smolt som fångats i smoltfällan vid Håstad mölla i Kävlingsån under perioden 1998-2010 (n=5485).

De dagliga variationerna avseende smoltfångst, enligt SMHI beräknad vattenföring i Bråån ovan sammanflödet med Kävlingsån och vattentemperatur i Kävlingsån vid Håstad mölla under perioden 1:a april till 31:e maj under åren 1998-2009 framgår av figur 7. Som synes har smoltutvandringen kulminerat i månadsskiftet april/maj.



Figur 39. Antal fångade smolt i smoltfällan vid Håstad mölla (A), beräknad vattenföring strax uppströms Brååns utlopp i Kävlingeån enligt SMHI:s HYPE-modell (B) och uppmätt vattentemperatur vid Håstad mölla (C) under perioden 1 april – 31 maj under åren 1998-2009. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen.

I figur 8 och 9 respektive tabell 8 och 9 redovisas utfallet från smoltproduktionsberäkningarna i Kävlingeån 1999-2005 avseende förväntad total smoltproduktion respektive förväntade åldersfördelning. Det beräknade medianvärdet för smoltproduktionen varierade mellan 1100 och 2000 smolt och 1-åriga smolt dominerade antalsmässigt samtliga år.



Figur 40. Beräknad smoltproduktion i Kävlingeån 1999-2005. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar (n=100/år). Observera att för år 2004 har ingen smoltproduktion kunnat beräknas.

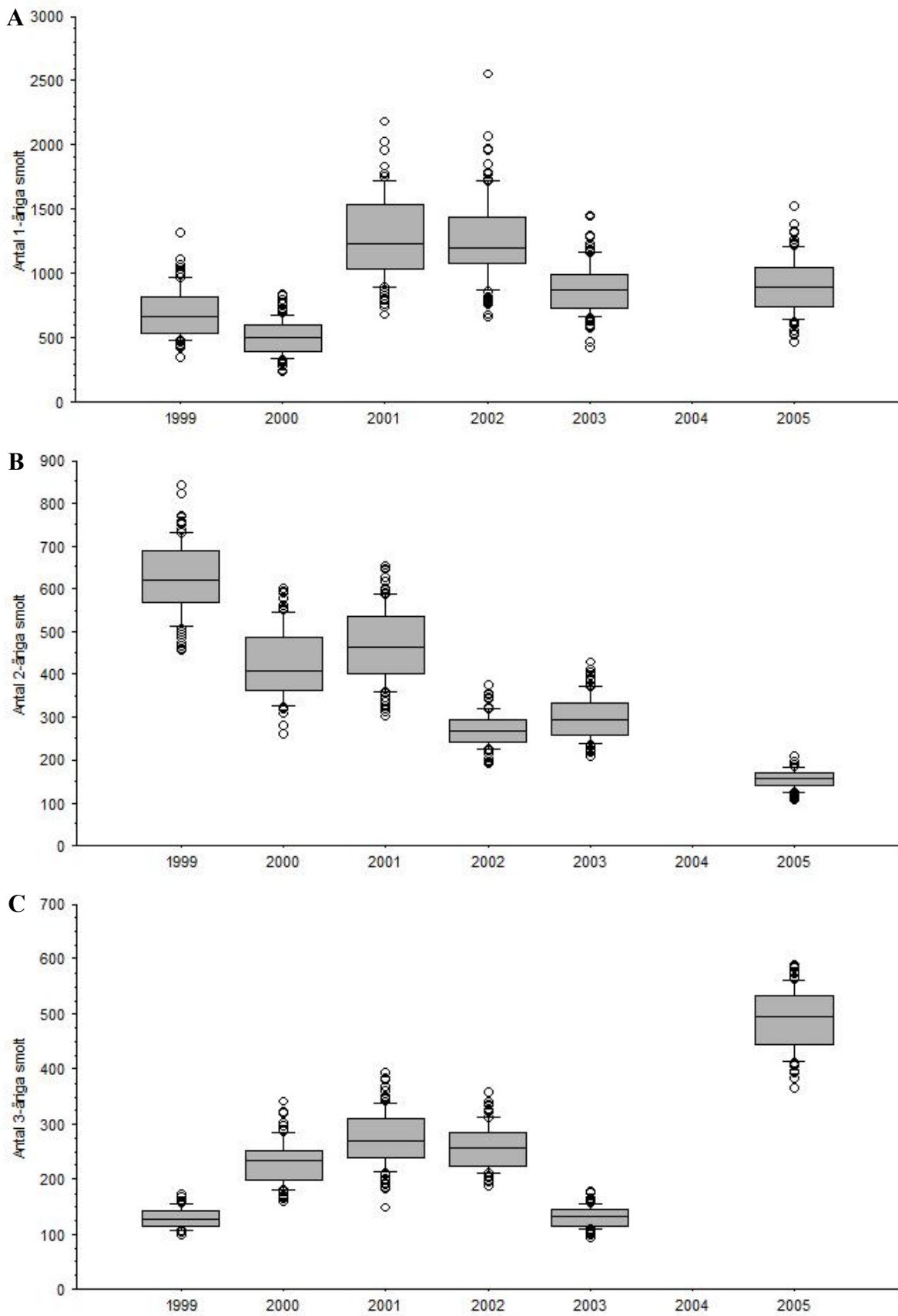
Tabell 26. Beskrivande statistik för beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen i Kävlingeån 1999-2005. Observera att för år 2004 har ingen smoltproduktion kunnat beräknas.

	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Medel	1449	1160	2019	1794	1314	1555
Median	1447	1138	1972	1729	1271	1530
Min.	1007	752	1327	1110	760	1007
Max.	2303	1674	3057	3172	2008	2225
Standardavvikelse	254	226	412	371	237	261
Spridning	1297	922	1730	2062	1247	1219

Tabell 27. Beskrivande statistik för beräkningarna av den förväntade produktionen av smolt i olika åldrar i Kävlingeån 1999-2005. Observera att för år 2004 har ingen smoltproduktion kunnat beräknas.

1-åriga smolt	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Medel	696	505	1279	1266	885	910
Median	654	494	1234	1201	871	889
Min.	347	233	681	653	429	464
Max.	1312	839	2185	2551	1455	1523
Standardavvikelse	190	135	325	329	199	215
Spridning	966	606	1504	1898	1026	1060
2-åriga smolt	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Medel	624	424	466	269	299	154
Median	619	408	464	269	293	155
Min.	457	260	302	190	210	109
Max.	843	601	655	375	431	211
Standardavvikelse	84	81	88	39	52	21
Spridning	386	340	353	185	221	102
3-åriga smolt	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Medel	129	230	274	258	130	490
Median	126	233	269	257	130	494
Min.	98	158	149	187	95	366
Max.	172	341	393	357	178	590
Standardavvikelse	18	39	49	40	18	55

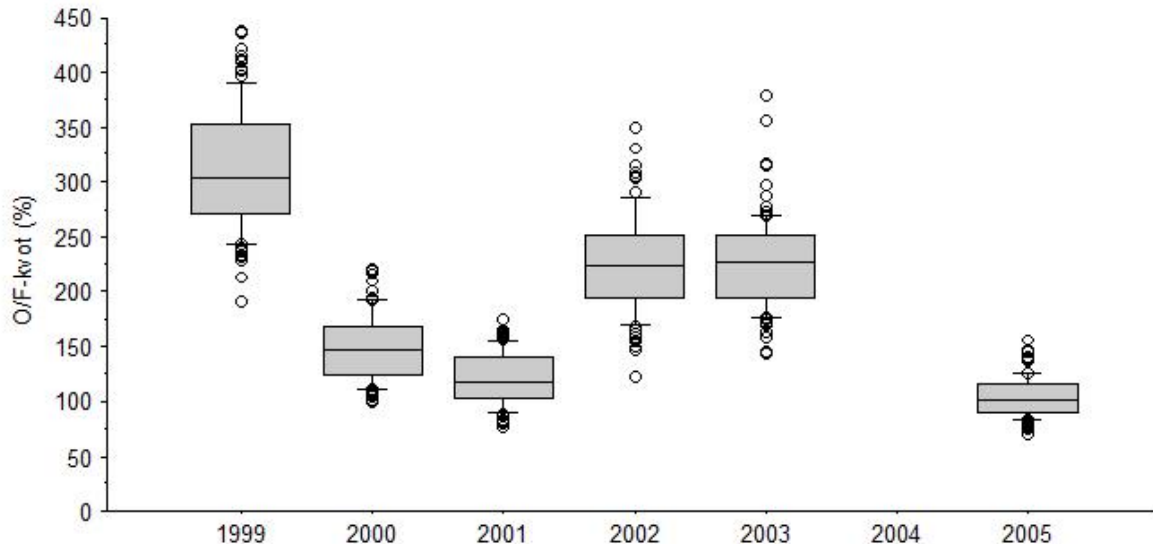
Spridning	74	183	243	170	84	223
-----------	----	-----	-----	-----	----	-----



Figur 41. Beräknad produktion av 1-åriga (A), 2-åriga (B) och 3-åriga (C) smolt i Kävlingeån 1999-2005. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e

percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar. Observera att för år 2004 har ingen smoltproduktion kunnat beräknas. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

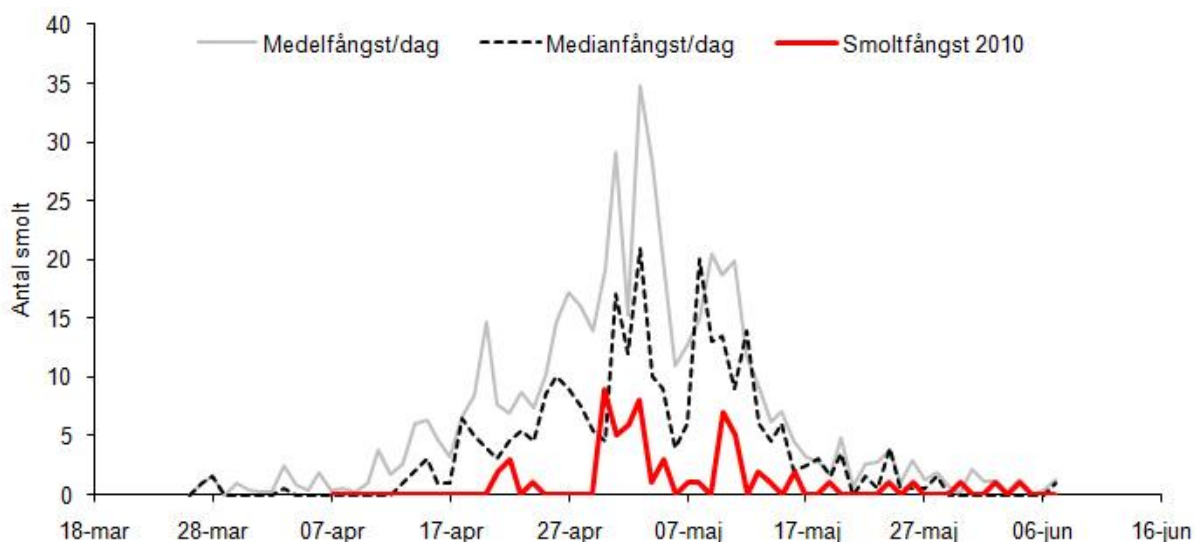
Det var endast för tre av de sex åren (2000, 2001 och 2005) som smoltproduktionsmodellen klarade av att beräkna enskilda förväntade värden som överrenstämde med den observerade smoltproduktionen, dvs. en O/F-kvot = 100 %. I figur 10 framgår hur de observerade och de förväntade värdena avseende den totala smoltproduktionen har förhållit sig till varandra under perioden 1999-2005.



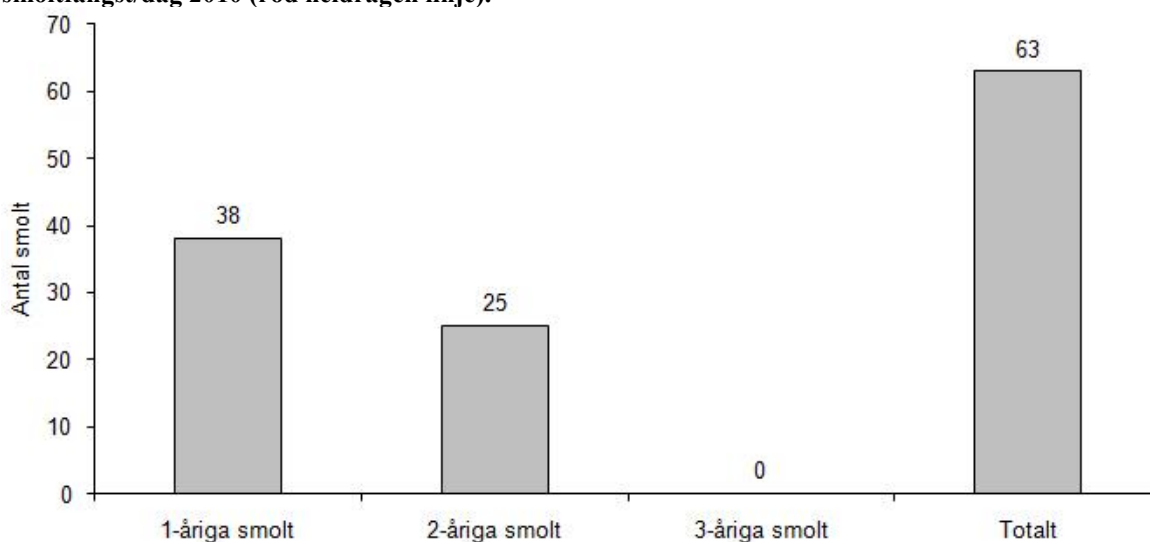
Figur 42. Det relativa förhållandet (O/F-kvoten) mellan antalet fångade (Observerade) och beräknade (Förväntade) smolt i Kävlingeån 1999-2005. En O/F-kvot = 100 % innebär att observerade och förväntade värdena är lika. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar (n=100/år). Observera att för år 2004 har ingen smoltproduktion kunnat beräknas.

Åvaån

Fällan i Åvaån togs i drift den 7:e april våren 2010 och den första fångsten av utvandrande smolt skedde den 21:a april. Några större avvikelser i mönstret i smoltutvandringen våren 2010 jämfört med tidigare år förelåg inte (figur 11). Sammanlagt fångades 63 smolt, varav 38 stycken var 1-åriga och resten 2-åriga (figur 12).

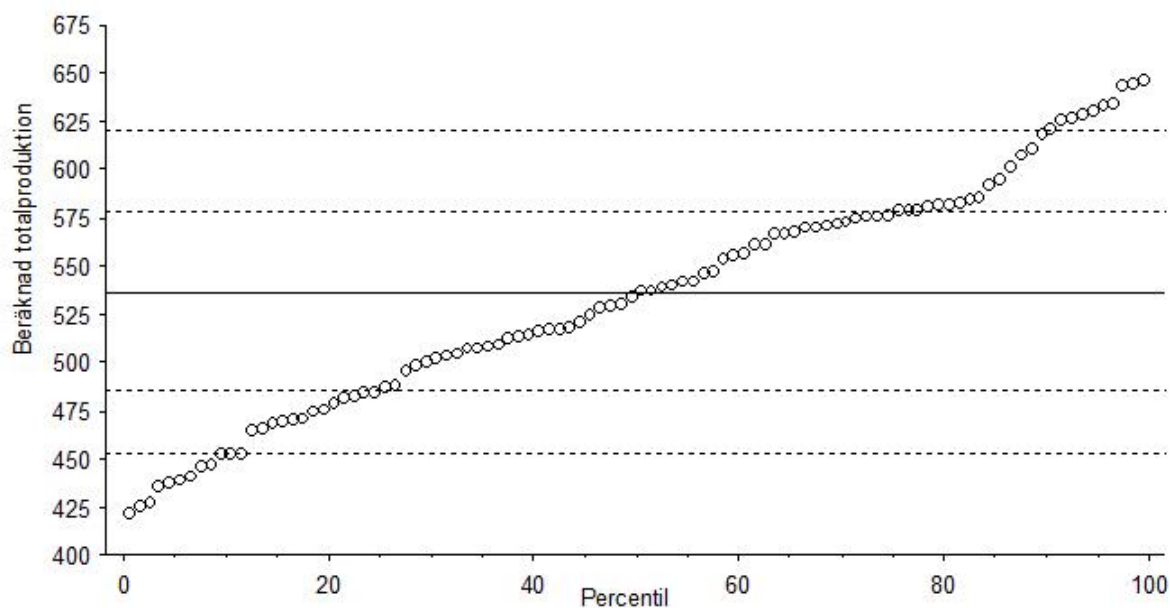


Figur 43. Medel- respektive medianfångst/dag av smolt i Åvaån under perioden 2001-2009, samt smoltfångst/dag 2010 (röd heldragen linje).

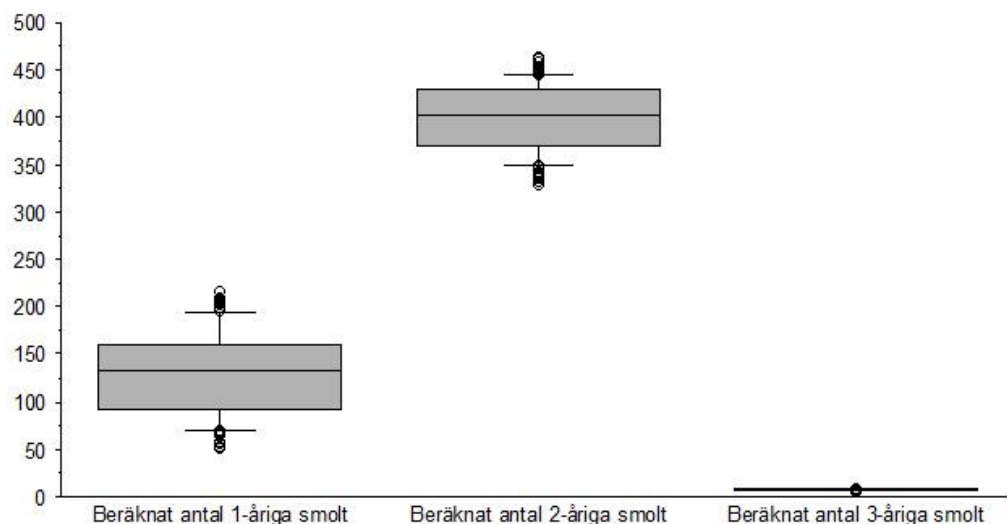


Figur 44. Observerad smoltproduktion (antal fångade smolt) i Åvaån våren 2010.

Enligt Nilsson m.fl. (2010) förväntades mängden smolt i Åvaån våren 2010 uppgå till knappt 550 stycken (medianvärde = 536 smolt), figur 13. Majoriteten av dessa smolt förväntades vara 2-åriga (medianvärde = 402 smolt), följt av 1-åriga (medianvärde = 132 smolt) och 3-åriga (medianvärde = 7 smolt), vilket även framgår av figur 14. I tabell 10 redogörs för spridningen i beräkningarna.



Figur 45. Beräknad smoltproduktion i Åvaån våren 2010. Varje ring representerar ett av smoltproduktionsmodellen beräknat värde (n=100). Den heldragna linjen markerar medianvärdet medan de streckade linjerna anger 10:e, 25:e, 75: respektive 90:e percentilen. Hämtat ifrån Nilsson m.fl. (2010).

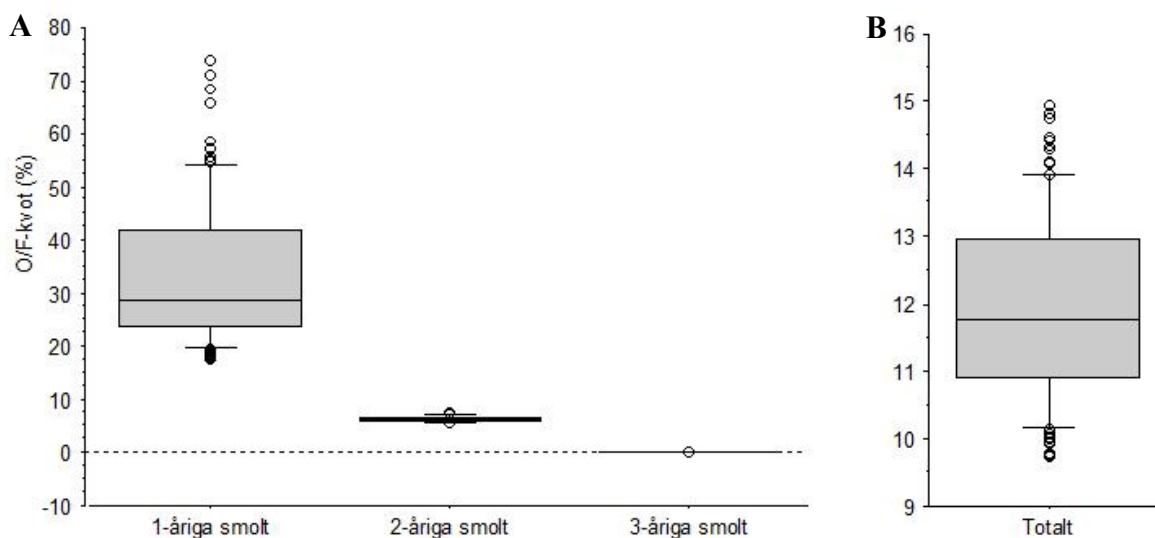


Figur 46. Beräknad åldersfördelning för smolten i Åvaån våren 2010. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar. Hämtat ifrån Nilsson m.fl. (2010).

Tabell 28. Beskrivande statistik för beräkningarna av den förväntade smoltproduktionen i Åvaån våren 2010. Hämtat ifrån Nilsson m.fl. (2010).

	Antal 1-åriga smolt	Antal 2-åriga smolt	Antal 3-åriga smolt	Total smoltproduktion
Medel	129	399	7	534
Median	132	402	7	536
Min.	52	329	5	422
Max.	217	463	8	647
Standardavvikelse	43	36	1	59
Spridning	165	135	3	226

Den observerade produktionen av smolt våren 2010 i Åvaån avvek mycket ifrån den förväntade produktionen utifrån smoltproduktionsberäkningarna. Det totala antalet fångade smolt utgjorde endast 9,7–14,9 % av den förväntade produktionen, dvs. en kraftig överskattning av smoltproduktionen förelåg (figur 15).



Figur 47. Det relativa förhållandet (O/F-kvoten) mellan antalet fångade (Observerade) och beräknade (Förväntade) smolt i olika åldrar (A) respektive totalt (B) i Åvaån våren 2010. En O/F-kvot = 100 % innebär att observerade och förväntade värdena är lika. Staplarna anger 10:e respektive 90:e percentilen och boxarna anger 25:e, 50:e (medianvärdet) och 75:e percentilen, medan värden under 10:e samt över 90:e percentilen visas som ringar. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

Diskussion

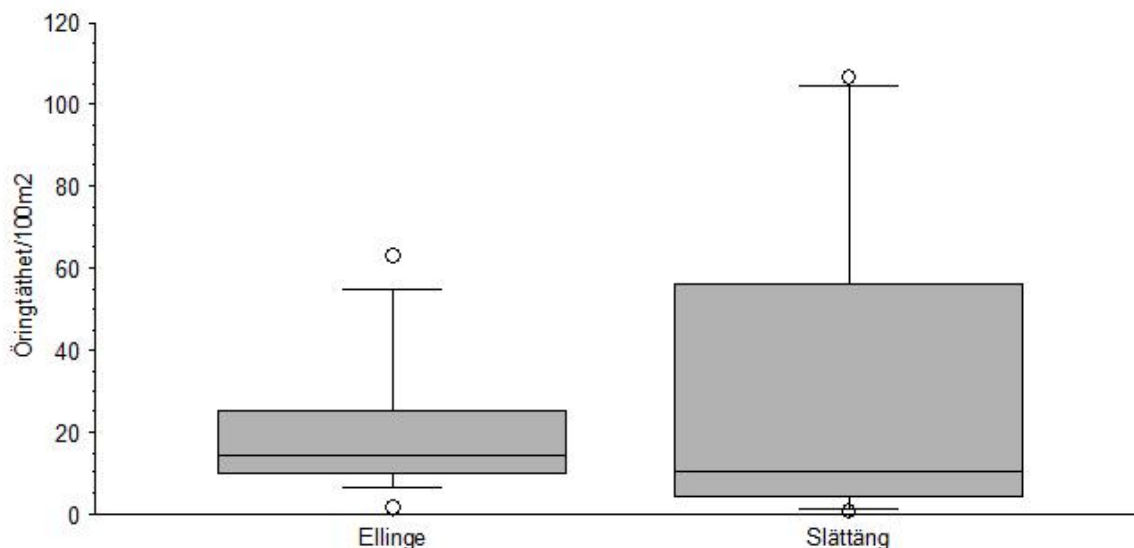
Kävlingeån

Baserat på förhållandet mellan den observerade och den förväntade smoltproduktionen (O/F-kvoten) för de år som beräkningarna utfördes för (figur 10) framgår det att smoltproduktionsmodellen endast för två av åren lyckades beräkna medianvärden inom intervallet $\pm 25\%$. Således förutsade smoltproduktionsmodellen en ”korrekt” smoltproduktion i endast 33 % av fallen, vilket inte kan anses vara en acceptabel nivå. Oklart är dock i vilken utsträckning utfallet berodde på smoltproduktionsmodellens konstruktion, tillgången på elfiskedata och karaktären på Kävlingeåns avrinningsområde ovan Håstad mölla.

I sin nuvarande uppbyggnad hanterar smoltproduktionsmodellen endast omvärldsp parametrar såsom vattenföring och vattentemperatur från det att elfiskena genomförts på hösten till dess att smolten skall lämna vattendraget genom att variera schablonvärdena för vinteröverlevnad och smoltifieringsgrad. Detta förefaller inte vara tillräckligt för att förutsäga smoltproduktionen år då dessa parametrar avviker mycket ifrån det ”normala”. Frågan är dock om man kan förvänta sig att modellen skall klara av att hantera dylika situationer utan att expertbedömningar görs. Vidare behöver flertalet av schablonvärdena parametreras då de för närvarande, i mer eller mindre utsträckning, bygger på empirisk kunskap. Tillgången på underlagsmaterial från vetenskapliga undersökningar till detta arbete är dock begränsad. Framför allt är det rimligt att anta att vinteröverlevnaden i detta sydliga vattendrag i genomsnitt är högre än i nordligare vattendrag.

Som framgår av bilaga 3 är Bråån ett relativt välundersökt vattendrag med elfiske. Ett av problemen med att beräkna smoltproduktionen i Kävlingeån/Bråån är dock påverkan från

Eslövs ARV. Öringtätheterna på de två elfiskelokalerna (Ellinge och Slättäng) nedströms Eslövsbäcken har nämligen varierat mycket (figur 16). Dessa stora variationer har dock inte till fullo återspeglats i mängden smolt som fångats i smoltfällan vid Håstad mölla påföljande vårar. Vidare har syftet med elfiskeundersökningarna som genomförts i Bråån inte varit att skapa underlag till att beräkna smoltproduktionen. Detta innebär att de olika delområdena inte samplats på ett sådant sätt som vore optimalt för att göra smoltproduktionsberäkningar.



Figur 48. Variationer i öringtäthet/100m² vid elfisken genomförda på lokalerna Ellinge respektive Slättäng i Bråån under perioden 1998-2009.

Vidare är Kävlingeåns avrinningsområde ovan Håstad mölla tämligen komplex med bl.a. ett stort antal mindre tillflöden (Eklöv, 2000). Det förefaller således rimligt att anta att det vissa år har skett en viss produktion i dessa tillflöden som inte har inkluderats vid beräkningarna.

Avseende åldersfördelningen av de smolt som förväntas att produceras i Bråån, enligt beräkningarna med smoltproduktionsmodellen, kan det misstänkas att en överskattning av antalet 3-åriga smolt föreligger. Enligt Anders Eklöv (muntligen) bör smolt som är äldre än två år vara >25 cm, vilket baserat på figur 6 motsvarar endast någon enstaka procent av den totala smoltproduktionen. Denna överskattning beror förmodligen på att tillväxten för öringungar i Bråån är hög (Anders Eklöv, muntligen). Den formel som används för att beräkna längden för längsta öring 1+ (ekvation 1) är i Brååns fall troligen alltför konservativ. Således görs antagandet att flertalet av de smolt som beräknats vara 3-åriga istället är 2-åriga. Vid kommande smoltproduktionsberäkningar i Kävlingeån/Bråån bör därför en expertbedömning avseende längden för längsta öring 1+ göras för att kompensera för överskattningen av antalet 3-åriga smolt. Det ovanstående påverkar dock inte beräkningarna och utfallet avseende den totala smoltproduktionen.

Åvaån

Resultatet för Åvaån avseende våren 2010 är svårt att ge någon rimlig förklaring till. Att endast 63 smolt skulle ha producerats förefaller otroligt. Det är den absolut lägsta mängden smolt som noterats i ån. Möjligtvis kan en liten påverkan kvarstå från det ensilageutsläpp som skedde 2007 eftersom inga 3-åriga smolt fångades våren 2010. Detta förklarar dock inte till fullo resultatet. En troligare förklaring är att smoltfällan inte fungerat tillfredställande.

Slutsatser & förslag till fortsatt utveckling av smoltproduktionsmodellen

De försök som genomförts och även de direkta fångsterna av smolt visar på stora variationer mellan år. I Kävlingeån var spannet mellan lägsta och högsta mängd fångade smolt en faktor tio (figur 5). Det är rimligt att klimatet kan vara orsaken till huvuddelen av dessa variationer genom förändrad vinteröverlevnad, variationer i tillväxtsång på hösten efter elfiske och våren före utvandring, samt genom de temperatur- och flödesförhållanden som råder vid lämplig tidpunkt för smoltutvandring. Vårar som är ogynnsamma för smoltutvandring kan följas av ett år med mycket stor utvandring på grund av att många smolt föregående år avvaktade med utvandring (se år 1998 respektive 1999 i figur 5). En så enkel smoltproduktionsmodell som den föreliggande kan inte prediktera smoltutvandringen korrekt för enskilda år om klimatet avviker, men modellen bör kunna ge rimliga medelvärden för ett antal år. Så är idag fallet för försöken i Åvaån, där just år 2010 avvek betydligt. Avvikelsen i Kävlingeån, där modellen flera år gör grova underskattningar, kan bero på ett antal faktorer vilka diskuterats ovan.

Det anses angeläget att Kävlingeån/Bråån ingår i det fortsatta validerings- och utvecklingsarbetet av smoltproduktionsmodellen. Detta eftersom fällan vid Håstad mölla och skötseln av densamma hittills har fungerat väl och varit tillförlitlig. För att smoltproduktionsmodellen skall kunna appliceras och leverera tillförlitligare resultat krävs dock framförallt två saker. För det första måste antalet elfisketillfällen öka. Som ett minimum föreslås att minst en lokal i respektive delområde i Bråån samplas årligen. Idealiskt vore dock om två lokaler inom respektive delområde samplades årligen och att dessa lokaler representerade olika habitatklasser, dvs. inte enbart de mest optimala uppväxtområdena (habitatklass 3). Utgående ifrån en mer omfattande sampling av öringstätheterna i Bråån skulle bl.a. en mer vattendrags-/områdesspecifik täthetsfördelning i olika habitatklasser kunna tillämpas vid framtida smoltproduktionsberäkningar. Ett program omfattande tio lokaler (utöver de två lokalerna nedströms Eslövs ARV som ingår i recipientkontrollen) som samplas årligen skulle innebära en kostnad på cirka 35 000 kr/år. För det andra måste de tillflöden till Kävlingeån och Bråån som idag inte är biotopkarterade, men som kan förväntas producera smolt inventeras enligt den standardiserade biotopkarteringsmetodiken (Hallén m.fl. 2002). Ett minimum är att en inventering av vattenbiotoperna (protokoll A) och förekomsten av vandringshinder (protokoll D) sker.

Avseende Åvaån föreslås att fällans funktion och fångsteffektivitet kontrolleras och kvantifieras under de kommande åren för att erhålla tillförlitliga data på mängden smolt som lämnar vattendraget. Först därefter föreslås att förnyade valideringsförsök genomförs.

För att kunna utvärdera smoltproduktionsmodellens tillförlitlighet krävs mer valideringsdata och från fler vattendrag. Utgående ifrån de vattendrag som föreslås ingå i det gemensamma resurs- och miljöövervakningsprogram med elfiske i södra Östersjön och Vättern (arbetsmaterial) redovisas i tabell 11 och bilaga 5 ett antal vattendrag som anses vara lämpliga för att samplas med avseende på mängden utvandrande öringsmolt. Vattendragen anses vara lämpliga därför att de dels är relativt korta, dels är relativt okomplicerade, dvs. inga eller enstaka biflöden, ingen eller obetydlig påverkan från punktkällor såsom avloppsreningsverk. Vidare ger urvalet en god geografisk spridning. Samplingen bör ske antingen med fasta fällor av typ Wolf-trap eller temporära fällor av den Kanadensiska typ som kommer att användas av Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium i Himleån på västkusten. Oavsett typ av fälla bör dess fångsteffektivitet kvantifieras noggrant med fångst-återfångstförsök för att erhålla tillförlitliga smoltutvandringsdata.

Tabell 29. Förslag på vattendrag som anses vara lämpliga att sampla med avseende på utvandrande öringsmolt inom ramen för det fortsatta valideringsarbetet av smoltproduktionsmodellen. Med kustmynnande vattendrag avses de som mynnar till södra Östersjön (Uppsala-Skåne län). Med anadrom sträcka avses den sträcka i vattendraget som är tillgängliga för havsöring respektive Vätternöring. *Observera att Kävlingeån och Åvaån redan har fällor för fångst av öringsmolt.

Län	Vattendrag	Xkoord	Ykoord	Huvudflod- område	Vandrar till	Anadrom sträcka
Stockholm	Åvaån*	656366	164614	062063	Kust	≈ 2,5 km
Östergötland	Passdalsån	646838	155056	068069	Kust	≈ 4 km
Kalmar	Hagbyån	626702	152372	078	Kust	≈ 3,5 km
Gotland	Ireån	641641	166587	118117	Kust	≈ 1,5 km
Skåne	Kävlingeån/Bråån*	618624	133896	092	Kust	≈ 54 km
Skåne	Skråbeån	621291	141708	087	Kust	≈ 5 km
Jönköping	Lillån-Huskvarna	640781	140921	067	Vättern	≈ 8 km
Jönköping	Skämningsforsån	644344	140606	067	Vättern	≈ 7 km
Västra Götaland	Hjoån	646529	141125	067	Vättern	≈ 3 km
Örebro	Forsaån	651269	145241	067	Vättern	≈ 4 km

Erkännanden

Ett stort tack till alla er som bidragit med material och synpunkter till detta arbete. Ingen nämnd och ingen glömd.

Referenser

Andersson H C. 2008. *Fisketurism och landsbygdsutveckling i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 2008:30.*

Bergengren, J (Ekologigruppen AB på uppdrag av Stiftelsen Tyrestaskogen). 2008. *Biotopkartering av Åvaån - Underlag till Förvaltningsplan för Åvaån hösten 2008.*

Bohlin, T. 1977. *Habitat selection and intercohort competition of juvenile sea-trout *Salmo trutta*. Oikos 29:112-117.*

Calles O & Greenberg L. 2009. *Connectivity is a two way street – the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. River Research and Applications. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/rra.1228*

Degerman E, Nyberg P & Sers E. 2001. *Havsöringens ekologi. Fiskeriverket, Sötvattenlaboratoriet lokalkontoret i Örebro. Fiskeriverket informerar 2001:10.*

Degerman E, Sers B & Bergquist B. 2002. *Elfiske i rinnande vatten, version 1:3. Handbok för miljöövervakning. Naturvårdsverket.*

Degerman, E., Sers, B. & K. Magnusson, 2010. *Hur stora är årsungar och fjolårsungar vid elfiske? Pm Svenskt Elfiskeregister, 8 s.*

Eklöv, A. 2000. *Fiskevårdsplan Kävlingeån. Eklövs Fiske och Fiskevård på uppdrag av Kävlingeåns- och Lövdeåns FVO.*

Halldén, A, Liliegren, Y & Lagerkvist G. 2002. *Biotopkartering - vattendrag, metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag. Länsstyrelsen i Jönköpings Län. Meddelande 2002:55.*

Halldén, A, Asp, T, Andersson, L, Degerman, E & Nöbbelein, F. 2005. *Biotopkartering Vätterbäckar. Länsstyrelsen i Jönköpings Län. Meddelande 2005:34.*

Hindar K, Diserud O, Fiske P, Forseth T, Jensen A J, Ugedal O, Jonsson N, Sloreid S-E, Arnekleiv J O, Saltveit S J, Sægvog H & Sættem L F. 2007. *Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. Nina Rapport 226, 78 s.*

Jepsen N, Aarestrup K, Okland F och Rasmussen G. 1998. *Survival of radio-tagged Atlantic salmo (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. Hydrobiologia, 371/372. 347-353*

Jepsen N, Pedersen S & Thorstad E. 2000. *Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. Regulated Rivers research & management 16: 189–198.*

Ljung M. 2003. *Vätteröringen - Spelar avståndet från Vättern någon roll för Öringpopulationerna i fyra Vätterbäckar? Vätternvårdsförbundet. Rapport nr 76.*

Nilsson, N. 2008. *Validering av smoltproduktionsmodell för öring, *Salmo trutta*, i två av Vätterns tillflöden. Examensarbete i biologi 20p. Högskolan i Kalmar.*

Nilsson, N, Degerman, E, Andersson, H C & Halldén, A. 2010. Uppdatering av modell för beräkning av öringsmoltproduktion. Länsstyrelsen i Stockholms län. Remissversion.

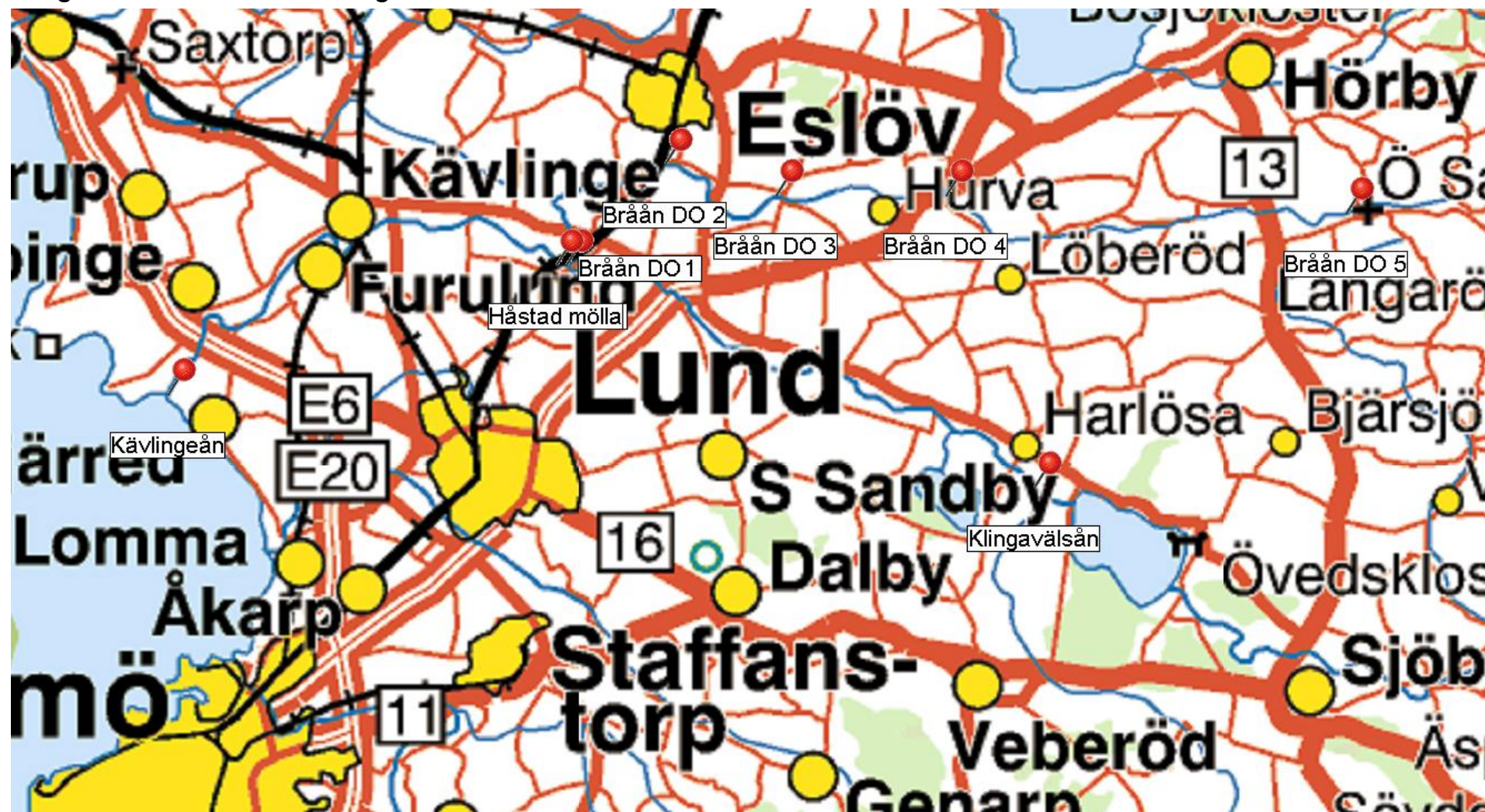
Olsson I C, Greenberg L A och Eklöv A G. 2001. Effect of an artificial pond on migrating brown trout smolts. North American Journal of Fisheries Management, 21: 498-506.

*Olsson I, Eklöv A & Degerman E. 2009. Effekter av våtmarker och kraftverk på havsöringsmolt (*Salmo trutta* L.) och ål (*Anguilla anguilla* L.). Länsstyrelsen i Skåne län, rapport 2009:36.*

*Symons P E K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for maximum smolt production in rivers of different productivity. J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.*

Bilagor

Bilaga 1. Översigtskarta Kävlingeån och Bråån.



Bilaga 2. Översiktskarta och detaljkarta Åvaån.



Detaljkartan är hämtad ifrån Bergengren (2008).

Bilaga 3. Sammanfattning av genomförda elfisken i Bråån 1998-2009.

Delområde	Lokalnamn	Xkoord lokal	Ykoord lokal	Fiskedatum	Täthet öring 0+	Täthet öring >0+	Täthet öring totalt	Antal arter	Antal utfisken	Avfiskad yta (m ²)	Vattendragsbredd (m)	Vattennivå
1	Ellinge	6189530	1341730	1998-10-02	6,6	4,3	10,9	3	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189530	1341730	1999-10-17	0,8	0,7	1,5	4	1	272	8	Med
1	Ellinge	6189530	1341730	2000-08-02	8,4	0,0	8,4	3	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2001-08-29	7,7	0,6	8,3	7	3	162	6,5	Med
1	Ellinge	6189530	1341730	2001-09-16	27,7	2,3	30,0	3	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2002-09-05	8,7	2,0	10,7	6	3	156	6,2	Låg
1	Ellinge	6189530	1341730	2002-10-03	16,8	3,2	20,0	4	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2004-08-20	10,4	1,6	12,0	4	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2005-08-21	20,4	0,0	20,4	4	3	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2007-08-29	16,7	0,5	17,2	3	2	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2008-08-06	63,1	0,0	63,1	4	2	192	8	Med
1	Ellinge	6189580	1341790	2009-08-18	48,4	2,6	51,0	5	3	192	8	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	1998-10-02	0,6	1,9	2,5	6	2	238	8,5	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2000-08-02	0,7	0,0	0,7	4	2	202	9,2	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2001-08-29	11,1	0,9	12,0	6	1	206	9,4	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2001-09-16	6,7	2,6	9,3	4	3	202	9,2	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2002-09-05	9,0	2,0	11,0	4	1	185	9,1	Låg
1	Slättäng	6188880	1339160	2004-08-20	0,5	5,7	6,2	5	2	202	9,2	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2008-08-06	99,6	0,0	99,6	4	2	202	9,2	Med
1	Slättäng	6188880	1339160	2009-08-18	107,0	0,0	107,0	4	3	202	9,2	Med
1	Slättäng 2	6188760	1339030	2007-08-31	14,7	0,7	15,4	3	1	270	9	Med
2	Ellinge 2	6190100	1342880	2000-08-03	70,8	3,4	74,2	5	3	225	7,5	Låg
2	Ellinge 2	6190100	1342880	2001-08-29	9,7	4,1	13,8	8	3	196	6,5	Med
2	Ellinge 2	6190100	1342880	2001-09-16	41,6	3,5	45,1	6	3	150	7,5	Med
2	Ellinge 2	6190100	1342880	2002-09-05	17,6	0,6	18,2	6	3	180	6	Låg

Delområde	Lokalnamn	Xkoord lokal	Ykoord lokal	Fiskedatum	Täthet öring 0+	Täthet öring >0+	Täthet öring totalt	Antal arter	Antal utfisken	Avfiskad yta (m ²)	Vattendragsbredd (m)	Vattennivå
2	Skarhult	6188790	1347110	1998-10-02	21,7	6,3	28,0	2	3	192	8	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	1999-10-17	20,6	10,2	30,8	4	3	192	8	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	2000-08-02	44,3	12,7	57,0	6	3	192	8	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	2001-08-29	30,1	9,4	39,5	5	3	196	8,2	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	2001-09-16	21,1	6,3	27,4	6	3	192	8	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	2002-09-05	12,0	5,5	17,5	6	3	182	7,6	Låg
2	Skarhult	6188790	1347110	2002-10-03	7,5	5,6	13,1	6	2	192	8	Låg
2	Skarhult	6188790	1347110	2004-08-13	26,8	3,8	30,6	6	3	192	8	Låg
2	Skarhult	6188790	1347110	2005-08-20	10,4	2,1	12,5	6	3	192	8	Låg
2	Skarhult	6188790	1347110	2006-08-07	7,0	4,3	11,3	5	2	192	8	Låg
2	Skarhult	6188790	1347110	2007-08-29	4,2	1,0	5,2	7	2	192	8	Med
2	Skarhult	6188790	1347110	2008-08-06	2,1	2,8	4,9	6	2	192	8	Med
2	Skarhult omlöp	6188780	1347120	2004-08-13	125,9	10,0	135,9	4	3	22	1,2	Låg
2	Skarhult omlöp	6188780	1347120	2005-08-20	13,9	24,2	38,1	3	3	22	1,2	Låg
3	Skarhult 2	6188570	1347800	2002-10-03	4,2	10,8	15,0	7	3	143	5,5	Låg
3	Skarhult 2	6188570	1347800	2004-08-20	5,7	0,9	6,6	6	3	116	5,5	Låg
3	Skarhult 2	6188570	1347800	2005-08-21	3,8	0,0	3,8	6	3	116	5,5	Låg
3	Skarhult 3	6188560	1347740	2005-08-21	10,7	0,0	10,7	3	2	66	7,3	Låg
4	Rofsberga	6188770	1353660	2006-09-04	0,6	0,6	1,2	6	3	176	8,8	Hög
4	Rofsberga	6188770	1353660	2009-09-21	12,6	5,1	17,7	4	3	117	6,5	Låg
4	Rövarkulan	6187380	1355300	1999-10-18	28,9	7,1	36,0	3	1	180	6	Med
4	Rövarkulan	6187220	1355450	2006-09-04	16,7	3,7	20,4	4	3	162	8,5	Hög
4	Rövarkulan	6187220	1355450	2009-09-21	65,9	10,1	76,0	5	3	162	8,5	Låg
5	Uppstr Brådala	6187990	1369680	2006-09-04	32,2	4,6	36,8	3	3	86	3,2	Hög
5	Uppstr Brådala	6187990	1369680	2009-09-21	8,9	4,4	13,3	2	3	68	2,5	Låg

Bilaga 4. Sammanfattning av genomförda elfisken i Åvaån hösten 2009.

Delsträcka	Lokalnamn	Xkoord lokal	Ykoord lokal	Fiskedatum	Täthet öring 0+	Täthet öring >0+	Täthet öring totalt	Antal arter	Antal utfisken	Avfiskad yta (m ²)	Vattendragsbredd (m)	Vattennivå
2	Åvavägen	6563550	1645250	2009-08-10	0,0	9,8	9,8	1	3	53	1,1	Med
3	Åva gård	6563650	1644850	2009-08-10	122,5	14,7	137,2	2	3	69	2,0	Låg
4	Beteshagen	6563500	1644500	2009-08-10	123,8	33,1	156,9	2	3	84	2,8	Låg
5	Nedre dammen	6563450	1644350	2009-08-11	196,0	26,1	222,1	1	3	97	2,4	Låg

Bilaga 5. Förslag på vattendrag för sampling av utvandrande öringsmolt.

