

Beteende hos blankål vid fångst och transport förbi kraftverk i Lagan och Mörrumsån

Fiskeriverket november 2008



Ingvar Lagenfelt
Håkan Westerberg
Fiskeriverket, utredningskontoret Göteborg



FISKERIVERKET

Sammanfattning

Rekryteringen till det europeiska ålbeståndet har minskat drastiskt under de senaste årtiondena. För att ålbeståndet skall kunna återhämtas måste antalet blankålar som överlever och kan bidra till reproduktionen öka. Detta kräver en minskning av alla dödlighetsfaktorer, där förutom fiskets dödligheten vid passage av kraftverk är betydelsefull.

En snabbt genomförbar och relativt billig åtgärd är att fånga ålen uppströms ett eller flera kraftverk i ett vattendrag och transportera dem nedströms förbi det första kraftverket eller till havet. Syftet med denna studie är dels att undersöka om ålarna fortsätter sin vandring efter en flyttning, dels att pröva en telemetrimetod för automatisk spårning av ålens vandring både i vattendraget och i havet. Försöken genomfördes i två vattensystem; Mörrumsån och Lagan. Tillrinningsområdena ligger ganska nära varandra men Mörrumsån mynnar i Hanöbukten i Östersjön och Lagan i Laholmsbukten på västkusten.

Resultaten visar att inom tre veckor efter transporten hade cirka två tredjedelar av individerna i Mörrumsån och hälften av dem i Lagan vandrat ut i havet. Detta är en minimiskattning av utvandringen eftersom vandringssäsongen vid försökets slut inte hade avslutats. Ålar som blev kvar i vattendragens nedre lopp kan också återuppta vandringen nästa år utan att riskera dödlighet vid turbinpassage.

Resultatet av fångst och transport av ålen kan jämföras med den förväntade överlevnaden om ålarna passerat kraftverken. I Mörrumsån skulle då cirka 8 procent överlevt och i Lagan knappt 3 procent.

Summary

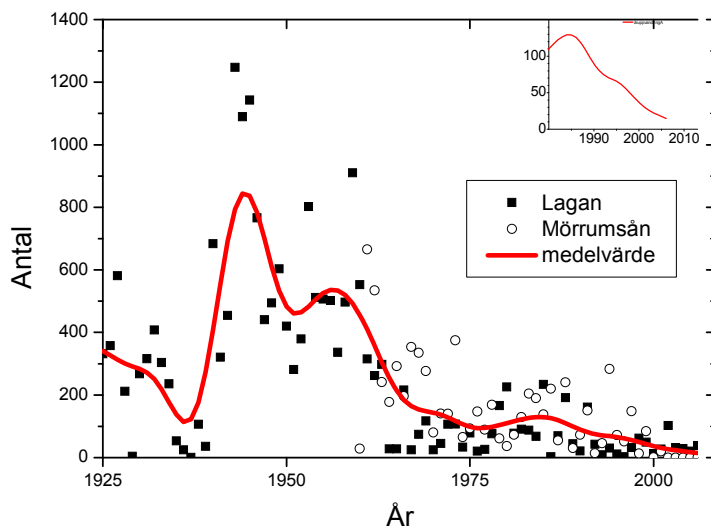
To stop the dramatic decline in the recruitment of the European eel the main anthropogenic mortality factors on migrating silver eels should be minimised. In addition to the fishery the mortality in hydroelectric turbines is important.

A rapid and relatively cheap measure, especially in rivers with several hydrodams between the production area and the sea, is "trap and transport" – where migration eels are caught upstream and transported overland to the sea or lower reaches of the river below the first dam. The purpose of the present study was to test the effect of trap and transport on the migration behaviour of the eel. In addition the efficiency of an automatic acoustic telemetry system for such studies was evaluated. Experiments were conducted in two rivers – the Mörrum River in the southern Baltic and the Lagan River on the Swedish west-coast.

The result were that approximately two third of the eel migrated out to the sea within three weeks from the Mörrum River and approximately half the eels from the Lagan River. This is an underestimate as the monitoring was terminated before the end of the migration season. This is a substantial increase in migration success compared to the maximum possible escapement without trap and transport, which would have been 8 and 3 percent for the Mörrum and Lagan Rivers respectively.

Bakgrund

Rekryteringen till det europeiska ålbeståndet har minskat drastiskt under de senaste årtionena. Detta syns tydligt i de vattendrag där man räknat antalet småålar som vandrar upp till uppväxtområdena. Sådan statistik finns för båda de vattendrag där denna studie gjorts. Utvecklingen följer väl den allmänna trenden. Registrering av utvandrande ål saknas emellertid, men följer troligen invandringen med 7 till 15 års förskjuten.



Figur 1. Uppvandringen av ål i Lagan 1925 till 2006 och i Mörrumsån 1960 till 2006, samt medelvärde utjämnat med 5 års Fourietransformering (data hämtade från Fiskeriverkets ålmonitoringprogram).

Orsaken till minskningen av ålens rekrytering är oklar, men flera faktorer som förlust av uppväxtområden, klimatförändring, miljögiftsbelastning och hårt fisketryck samverkar troligen. Förlusterna av tillgängliga uppväxtområden genom tillkomsten av kraftverks- och regleringsdammar samt dödligheten vid turbinpassager bidrar med säkerhet till nedgången.

EU beslöt år 2007 om en återhämtningsplan för den Europeiska ålen (EC 1100/2007) som skall implementeras av medlemsländerna genom nationella förvaltningsplaner. Ett krav i förordningen är att åtgärder genomförs snarast möjligt för att minska dödligheten i kraftverksturbiner och pumpar.

Dödligheten för blankål vid turbinpassage är hög – 40-100 % beroende på turbintyp, varvtal m.m. enligt Montén (1985). Genomsnittliga dödligheten som rapporterats i olika studier är cirka 70 % (Widemo 2006).

Den totala dödligheten för utvandrande blankål i ett vattendrag blir därför mycket hög där det finns flera kraftverk. Att bygga fungerande blankålsledare eller andra typer av fiskvägar förbi samtliga kraftverk kan bli kostsamt. Ett alternativ fram tills dess andra åtgärder genomförs är då att fånga ålen uppströms i systemet och transportera den landvägen nedströms förbi första vandringshindret.

För att undersöka om ålarna fortsätter sin vandring efter en sådan hantering genomfördes en pilotstudie i Mörrumsån, som mynnar i Hanöbukten, och Lagan, som mynnar i

Laholmsbukten. I undersökningens syfte, och valet av metod, ingick också att undersöka möjligheten att spåra ålens vandring ut i havet.

Metodik

Telemetrisystem

Ålarna i försöken märktes med akustiska sändare av fabrikat Vemco modell V7. Sändarna ger en kodad signal med randomiserat tidsmellanrum i intervallet 30 till 60 sekunder vid frekvensen 69 kHz och signalstyrkan 136 dB re 1 μ Pa, 1 m. Sändarens diameter är 7 mm och längden 22 mm, batterierna beräkna räcka i 60 dagar. Flera olika sändare kan registreras utan att störa varandra även om de befinner sig samtidigt i ett område även om en viss begränsning finns för antalet då risken att de sänder exakt samtidigt ökar med ökande antal. Ålarnas rörelser registrerades med hjälp av hydrofonbojar av modellen VR 2. Tekniken beskrivs mer utförligt på hemsidan www.vemco.com. En aktuell review av metoden har gjorts av Heupel m.fl. (2007). Figur 2 visar en hydrofonboja klar för utsättning och Tabell 1 ger en översikt över tekniska data. Detektionsavståndet för hydrofonen testades på de aktuella mottagarplatserna i vattendragen före försöken. Avståndet var mycket beroende av den lokala bottenförhållande men var minst 200 m och typiskt 300 m uppströms och nedströms. Utanför respektive vattendrags mynning var mottagningsförhållandena sådana att sändaren registrerades på minst 400 till 500 meters avstånd.

En datalogger i hydrofonbojan registrerar tid, datum och sändarens identitet när en sändare kommer inom hörhåll. När bojan tas upp kan data överföras till dator med en induktiv länk och sedan bearbetas. Data från samtliga bojar lästes av och lagrades på dator vid upptagningen. Analys av tiderna för ålarnas passage av hydrofonerna gjordes i huvudsak grafiskt med programmet "VR2-pc". Tidpunkten för passagen kan bestämmas med hög precision med några minuters osäkerhet.



Figur 2. Hydrofonboja VR2 med flytkula och ankare (foto Stig Lundin).

Tabell 1 Data om mottagarna VR 2

Storlek	340 mm lång x 60 mm diameter
Vikt	1175 g i luft, 300 g i vatten
Batteri	1 st 3,6 V D-storlek
Batteri livslängd	15 månader
max djup	100 m
Mottagningsfrekvens	69 kHz
Minne	2 megabyte flashminne, 300.000 detektioner
Fäste	två 9 mm hål

Vattensystemen

Försöken genomfördes i Mörrumsån och i Lagan. Lagans avrinningsområde är 6454 km². Mörrumsåns avrinningsområde är ungefär hälften så stort, 3360 km². Lagan mynnar i Laholmsbukten och Mörrumsån i Hanöbukten. Storleksskillnaden hos avrinningsområdena avspeglas också i vattenföringsdata för försöksperioden (Tabell 2).

Tabell 2 Basdata om Mörrumsån och Lagan.

Vattensystem	Antal vattenkraftverk längs vandringsvägen	Flöde: Dygnsmedel/timmedel 25 augusti till 9 augusti [m ³ /s]		
		min	medel	max
Åsnen Mörrumsån Hanöbukten	7	10/5	10/12	10/25
Bolmen Lagan Laholmsbukten	10	16/0,5	53/53	97/184

Förekomsten av vandringshinder utöver vattenkraftverk har inte inventerats på de aktuella älvsträckorna uppströms det nedersta kraftverket.

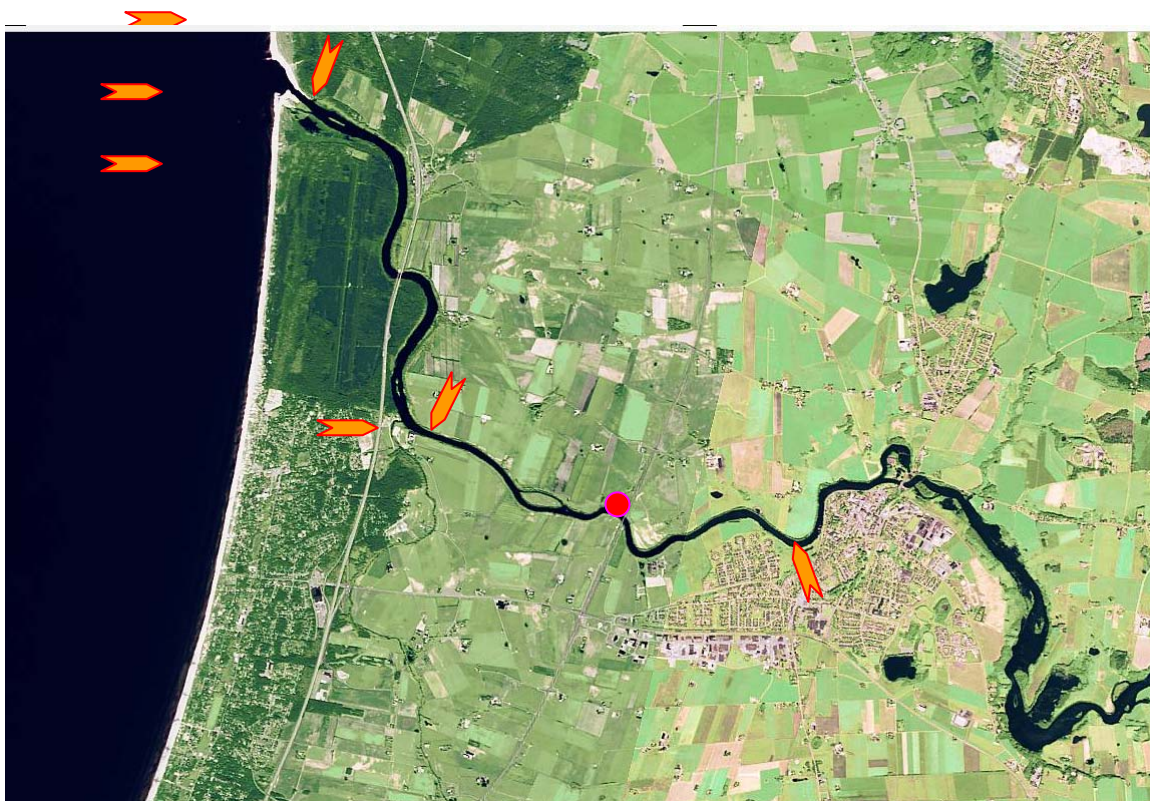
Försöksdesign

Fyra VR2-mottagare användes i vardera vattendraget och utanför mynningarna placerades ytterligare tre (Figur 3a och 3b). Konfigurationen var likadan i båda områdena med en mottagare uppströms och en nedströms utsättningsplatsen för de märkta ålarna. En ytterligare mottagare placerades nedströms och närmare mynningen samt tre så att de bildade en kontrollinje i havet. I Mörrumsån placerades en mottagare i en sidofåra vid Elleholm och i Lagan placerades en i ett biflöde, Smedjeån. Avstånden vattenvägen mellan utsättningsplatsen för ålarna och de olika mottagarna var något större i Lagan än i Mörrumsån (Tabell 3).

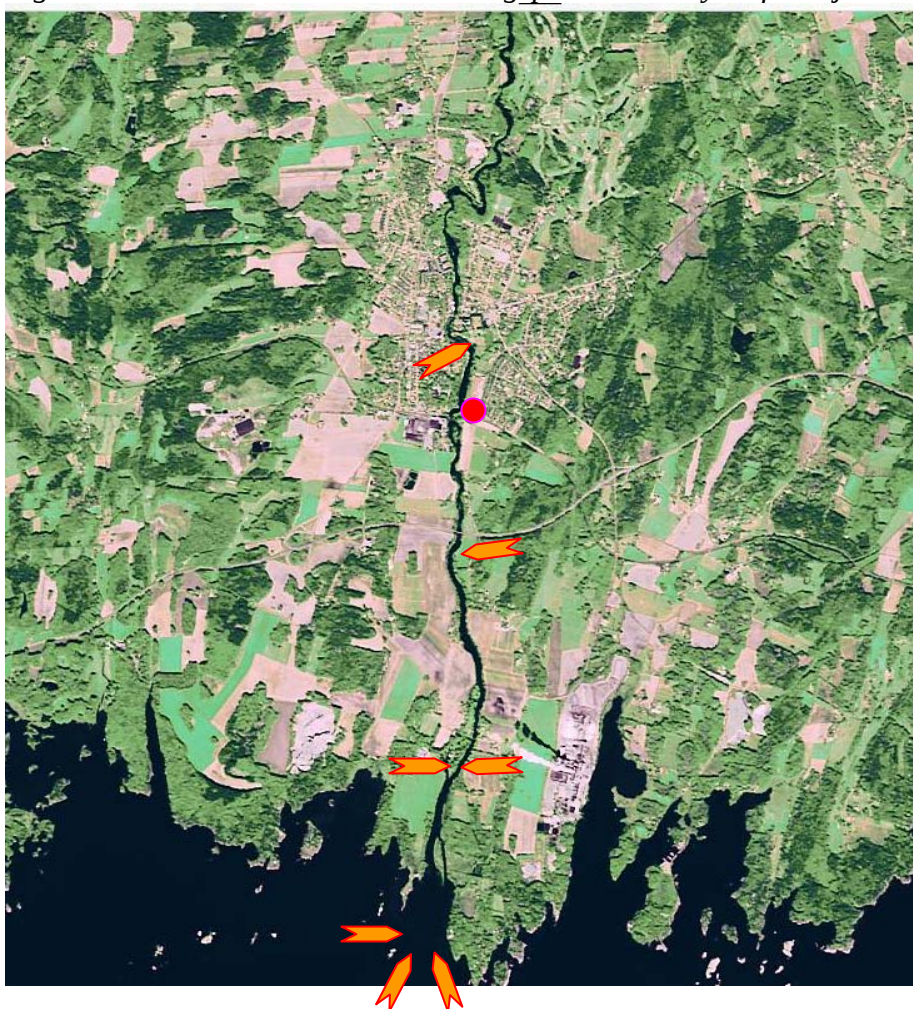
Tabell 3 Avståndet i meter mellan utsättningsplats och mottagare.

Utsättning	Uppströms	Nedströms 1	Nedströms 2	Havet
Lagan	-2100 m	2500	6600	7700
Mörrumsån	-650	1300	2900	4200

Avståndet fågelvägen från fångstplatsen till utsättningsplatsen var i Mörrum 40 km och i Lagan 50 km.



Figur 3a. Översiktskarta med utsättningsplatsen och hydrofonbojarnas placering i Lagan



Figur 3b. Översiktskarta med utsättningsplatsen och hydrofonbojarnas placering i Mörrumsån

Märkning

Märket fästes utvändigt med rostfri sutur (Figur 4). Märkets vikt i vatten är 0,7 gram, d.v.s. i samtliga fall mindre än 1 % av ålens kroppsvikt. Gränsen för när man normalt kan observerar effekter av telemetrimärken på fiskens beteende är 2 % av kroppsvikten (Jepsen et al 2002). Märkningen gjordes dagtid och ålarna släpptes direkt efter märkningen



Figur 4. Märkning av ål med kodad ultraljudsändare.

Ålar

Ålarna som användes i studien i Lagan hade fångats i ålbottengarn i en vik av sjön Bolmens södra del. De som användes i Mörrumsån togs i sjön Åsnen. Här fångades ålen i bottengarn vid sjöns utlopp och i en fullständigt fångande ålkista. Ålen hade fångats natten eller maximalt några nätter före märkningen. Insamlingen av ålar i Lagan tog längre tid än väntat vilket fördröjde utsättningen av andra märkningsomgången.

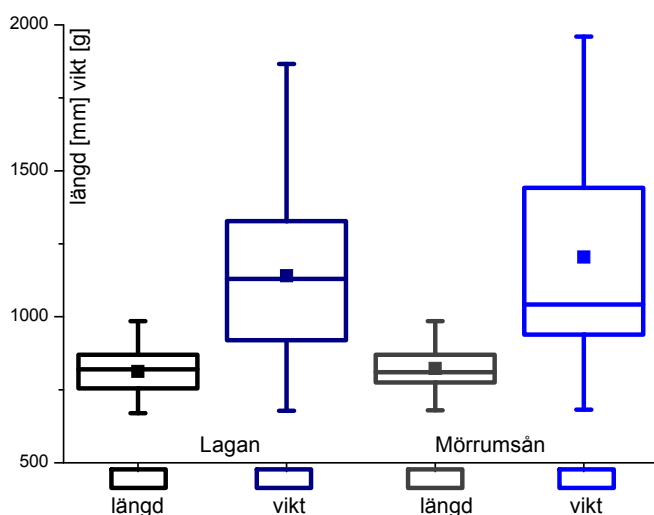
Samtliga ålar mättes och vägdes (Figur 5). Genomsnittslängden var 81 cm och genomsnittsvikten 1,1 kg i Lagan och 82 cm och 1,2 kg i Mörrumsån. Spridningen i längder och vikter var något större i Mörrumsån än i Lagan. Ingen ål var mindre än 63 cm vilket innebär att alla var honor. Alla ålar bedömdes som blanka.

Mottagarna sattes ut dagen innan de första ålutsättningarna (Tabell 4) och togs upp efter totalt 37 till 41 dygn. Två mottagare kunde bärgas först 11 maj 2007.

Tabell 4. Tidpunkter för utsättning och upptagning av mottagare och av märkta ålar i de båda vattendragen. Försökets längd är tiden mellan sista utsättningen och upptagningen av de första mottagarna

	Mörrumsån	Lagan
Mottagare ut	25 aug	29 aug
Mottagare upp	3-4 okt	5, 9 okt , 11 maj
Ål ut	26 aug	30 aug
Ål ut	31 aug	12 sept
Försökets längd	34 dygn	25 dygn

Ålarna sattes ut i omgångar om 15 stycken per tillfälle. Anledningen till begränsningen i antal per utsättningstillfälle var att man på så sätt minskade risken för att för många ålar samtidigt befann sig inom hörhåll för en boj och på så sätt orsakad blockering av registreringen eller felregistreringar. Vidare var avsikten att utsättningarna skulle spegla några olika nivåer på vattenföring i åarna.



Figur 5. Längd (mm) och vikt (g) för 30 märkta ålar som sattes ut i vardera Lagan och Mörrumsån. Diagrammen visar medelvärde [■], rektangeln anger övre och undre kvartilerna med medianvärdet och tvärsstrecken [-] max- och minimivärden.

Resultat och diskussion

Av de 60 utsatta 59 ålarna har varit aktiva och registrerats i vattendragen (Tabell 5a). Sammanlagt lämnade 63 % Mörrumsån och 40 % Lagan under den tid försöket pågick. Ytterligare 2 individer lämnade Lagan efter att de första mottagarna hade tagits in och registrerades senare under hösten (tabell 4), dvs över längre tid hade 47 % av ålarna lämnat Lagan. Samtliga sändaren fungerade vid utsättningen. En individ blev kvar på utsättningsplatsen i Mörrumsån under hela perioden, vilket kan innebära att ålen stannat i närheten av utsättningsplatsen och avbrutit vandringen, att den dött eller att den fastnat med märket i bottenvegetationen.

Vandringsmönstret i de båda åarna skiljer sig markant. Största skillnaden är att i Mörrumsån har fem individer detekterats uppströms och i Lagan var det 25 stycken (tabell 5b) som vid något eller några tillfälle fanns inom detektionsavstånd till uppströmsmottagaren. I Mörrumsån har 28 av de 29 ålarna registrerats nedströms. I Lagan var det 21 stycken.

Tabell 5a. Antal märkta ålar och antal detekterade i vattendraget och utanför respektive vattendrags mynning.

	Antal märkta	Detekterade i vattendraget	Detekterade utanför mynningen
Mörrumsån	30	29	19
Lagan	30	30	12/14

Tabell 5b Fördelning av registrerade individer uppströms och/eller nedströms utsättningspunkten i vattendraget.

	Uppströms	Nedströms	Biflöde eller sidofåra
Mörrumsån	5	28*	0
Lagan	25	21	1

* ytterligare en individ återfanns i havet utan att ha registrerats i vattendraget.

Antalet detektionstillfällen, oberoende av vilken individ det rör sig om, var flest uppströms i Lagan (Tabell 6). Här registrerades ålar vid 55 tillfällen. Av dessa svarade tre aktiva individer för 46 av tillfällena.

I Mörrumsån registrerades fem olika individer vid 10 tillfällen uppströms utsättningsplatsen. Samtliga fem individer hörde till första utsättningsomgången och har sedan påträffats nedströms och/eller i havet. Vid första mottagaren nedströms registrerades 28 av de 29 individerna fördelade på 38 tillfällen. Av dessa 28 detekterades 23 ännu längre nedströms. I Mörrumsån svarade inga individer för oproportionerligt många detektioner.

Tabell 6. Antal registreringstillfällen.

	Registrerade i vattendraget			Registrerade i havet
River system	Uppströms	Nedströms	Mynning	Utanför mynningen
Mörrumsån	10	30	38	19
Lagan	55	45	28	14

Det finns stora individuella olikheter mellan ålarna. Exempel på beteende på individnivå tagna från Mörrumsån är: En individ som simmande uppströms vände efter cirka en timma, passerade nedströmsmottagaren inom två timmar och nådde havet efter två dygn. En annan ål stannade ett dygn uppströms, nådde mynningen efter ytterligare ett dygn och gav sig ut i havet efter en dryg vecka. Ytterligare en ål vandrade först nedströms till mynningen mer eller mindre direkt, vände och befann sig sedan uppströms i området 20 dagar innan den vände ner till mynningen föra att efter ytterligare fem dar ge sig ut i havet.

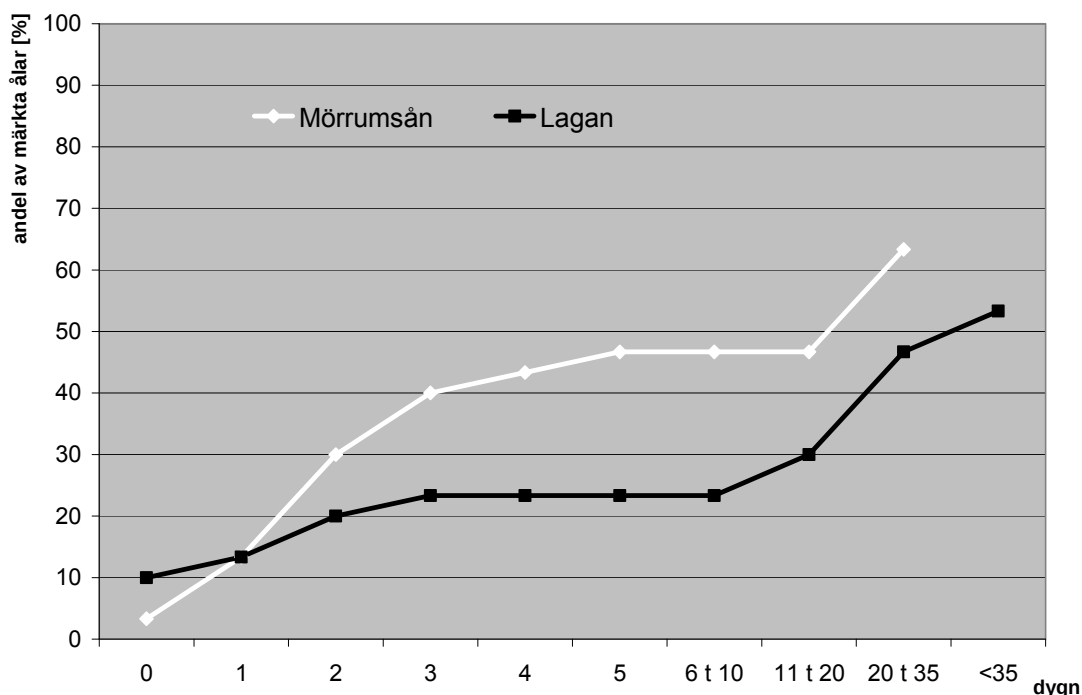
Den snabbaste ålen i Mörrum nådde havet strax efter klockan tre morgonen efter utsättningen. Denna individ passerade första detektorn strax efter utsättningen alltså under dagtid. Tiden mellan mynningen och första detektion i havet var mindre än en timme (Figur 6). Högsta hastighet mellan två detektioner motsvarar en förflyttningshastighet av knappt 0,56 m/s. Denna individ tillbringade sedan nästan två veckor vandrande in och ut mellan havet och Mörrumsån för att slutligen ge sig iväg totalt en månad efter märkningen. För en individ uppmättes drygt 0,5 m/s mellan mynningen och havet. Denna ål uppehöll sig sedan 8 dagar i området utanför mynningen innan den lämnade område.

De lägsta förflyttningshastigheterna beror av hur man räknar då flera av ålarna tillbringat åtskilliga dygn utan att några registreringar gjorts. De långsammaste hastigheterna som nattetid klockats mellan två detektionstillfällen nedströms ligger runt 0,03 m/s. Om medelhastigheten beräknas för de tillfällen där förflyttning bedöms ha varit aktiv - definierat som där simhastigheter överstiger 0,02 m/s - så blir ålarnas medelhastighet cirka 0,11 m/s, motsvarande 0,14 kroppslängder/s.

I Lagan var den första individen ute i havet redan efter 4 timmar efter att först simmat en bit uppströms. Den stannade sedan i havet något dygn innan den gav sig iväg. Ytterligare två individer nådde havet inom det första dygnet (Figur 6). Förflyttningshastigheten för denna individ blir i storleksordningen 0,5 m/s i genomsnitt och högsta uppmätta hastigheten mellan registreringspunkterna cirka 0,72 m/s. Flödet i Laholm var cirka 117 m³/s just under dessa timmar vilket motsvarar en beräknad vattenhastighet vid utsättningsområdet på 0,4 till 0,5 m/s. Ytterligare 2 individer nådde havet inom ett dygn efter utsättningen.

Sju individer i Lagan har simmat uppströms i samband med utsättningen och sedan inte simmat nedströms igen. Rörelsemönstret kan bli ganska komplicerat. En individ har först simmat uppströms och passerat mottagaren för att sedan åter passera den efter ett par dar och sen registreras i biflödet Smedjeåns mynning. Den tillbringade en dag i Smedjeån för att sedan detekteras uppströms i Lagan igen.

Figur 6 Kumulativt andel av ålarna som nått havet. Tiden räknas från första detektion i vattendraget till första i havet.



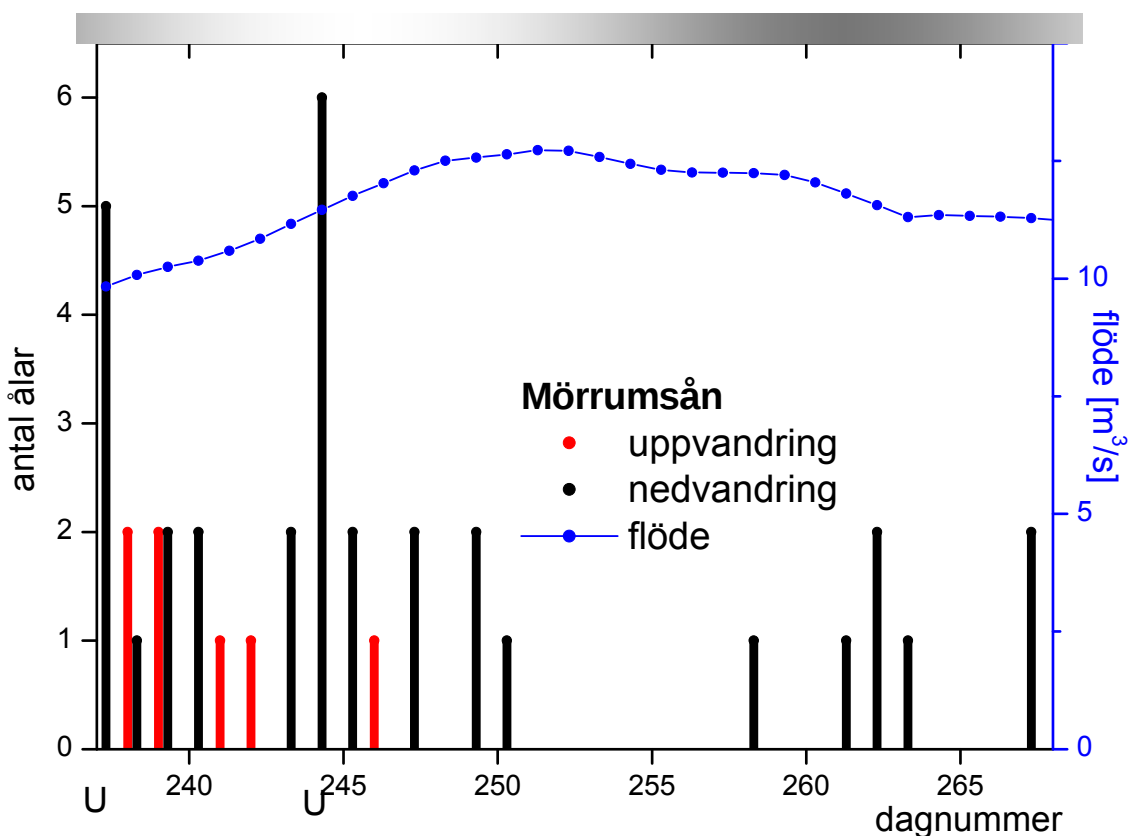
Även när det gäller den tid de individuella ålarna fanns inom detektionsavstånd för de olika mottagarna finns skillnader mellan vattendragen. För båda vattendragen gäller dock att den kortaste tiden tillbringar ålarna vid första nedströmsmottagaren och längst tid vid mottagaren utanför mynningen (tabell 7). Den stora fördröjningen utanför Lagan är inte jämförbar eftersom den bygger två individer som registrerades av en mottagare som blev kvar under lång tid.

Tabell 7. Antal minuter ålarna funnits inom detektionsavstånd från mottagarna. Medianantal minuter och kvartiler räknat för alla individer.

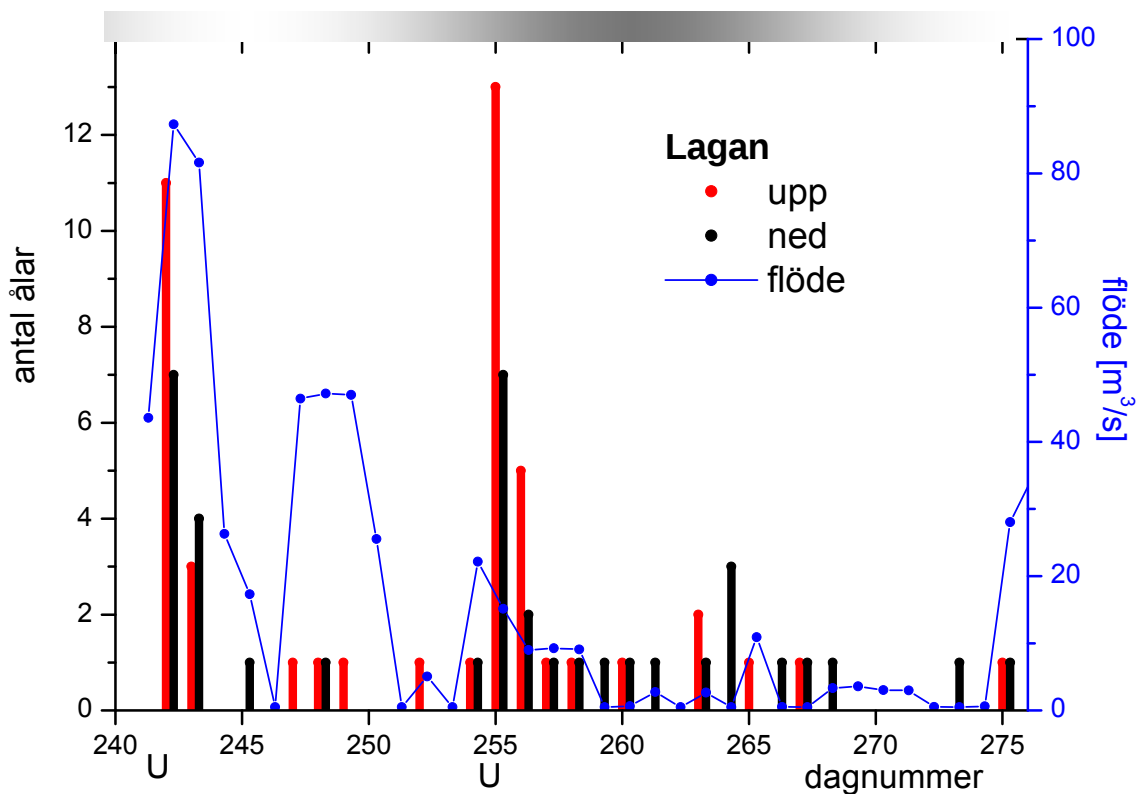
	Mörrumsån		Lagan	
	Median	kvartiler	Median	Kvartiler
uppströms	24	16-45	48	11-229
nedströms	16	9-50	32	17-55
mynning	36	26-69	198	16-434

Det jämna flödet i Mörrumsån under försöksperioden gör det svårt att göra någon koppling mellan detta och rörelse/vandring hos ålarna. Förutom topparna i antalet vandrande individer i samband med första natten efter utsättning finns en period med vandrande ålar strax efter den andra utsättningen mellan den 4 och 7 september (dag nummer 247 – 250 i figur 7) under växande halvmåne och fullmåne. Den 18 till 20 september (dag nummer 261 - 263), i samband med månmörkret, vandrar flera av de kvarvarande individerna ut.

I Lagan varierade flödet under ålspårningarna från nära noll till maximalt 184 m³/s som timmedelvärde under dygnet (tabell 2). Under nätterna (klockan 19⁰⁰ till 05⁰⁰) var medeltimflödet mellan 0,5 och 87 m³/s och timflödet nådde maximalt 145 m³/s sammanlagt tre timmar under hela perioden. Under 15 nätter stod vattnet i praktiken stilla med maximala flödet 1 m³/s. Den första märkningsomgången sammanfaller med en topp i vattenflödet och den andra med betydligt mindre flöde även om det inte var noll. Vid båda tillfällena förekommer både vandring uppströms och nedströms. Vandring av några individer förekommer också under perioden mellan utsättningarna, den 4 till 8 september (dag nummer 247 – 249 i figur 8), och efter den sista utsättningen, mellan den 20 och 25 samma månad (dag nummer 263 - 268). Någon koppling till månfas kan inte göras. En utsättning sammanföll med fullmåne och den andra med månmörker och vandring sker vid båda tillfällena.

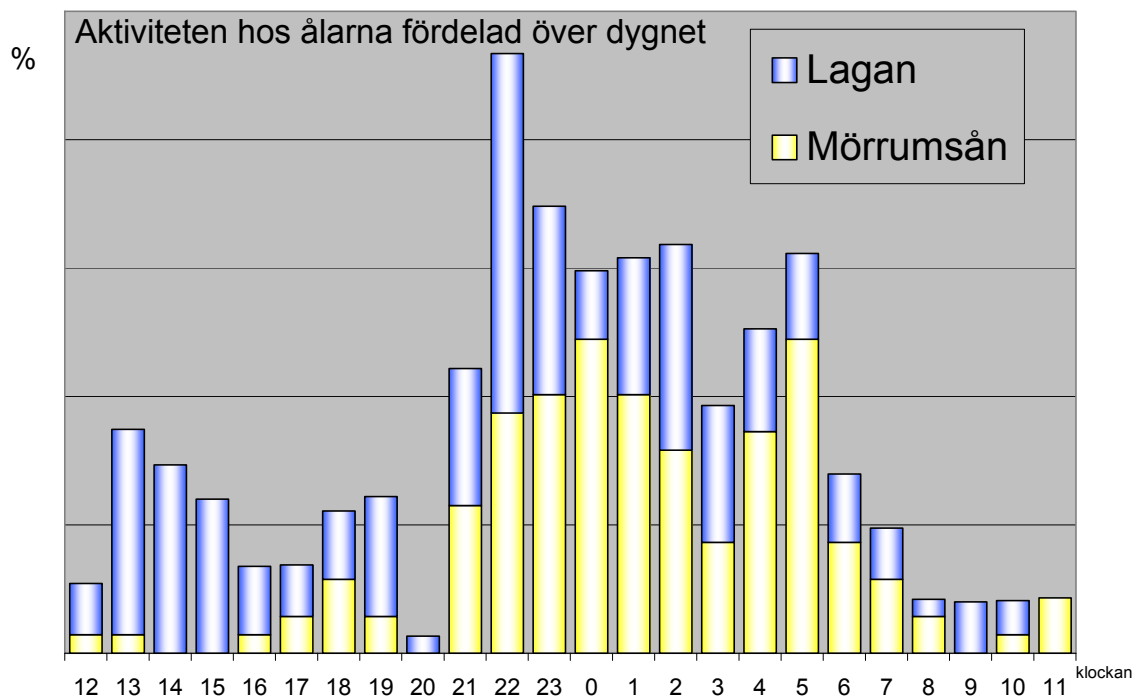


Figur 7. Rikttningsbestämbara ålrörelser i Mörrumsån runt utsättningsområdet mellan uppströmsmottagaren och första nedströmsdito. Flödet i vattendraget beräknat som medelvärde kl 19 till 05. Gråskuggningen i figurens överkant visar månfasen. **U**=utsättning.



Figur 8. Rikttningsbestämbara ålrörelser i Lagan runt utsättningsområdet mellan uppströmsmottagaren och första nedströmsdito. Flödet i vattendraget beräknat som medelvärde mellan klockan 19⁰⁰ och 05⁰⁰. **U** =utsättning. Gråskuggningen i figurens överkant visar månfasen.

Antalet registrerade rörelser hos ålarna var störst under dygnets mörka timmar men de förflyttade sig även dagtid. Störst aktivitet förekom på kvällen och runt midnatt. En period med ökad aktivitet inträffade strax före gryningen.



Figur 9. Aktiviteten hos ålarna mätt som påbörjade registrerade rörelser per timme.

Slutsatser

Huvudsyftet med undersökningen var att kontrollera om ålen vandrar vidare efter en flyttning eller om hanteringen innebär att ålen avbryter vandringen. Resultaten visar att inom tre veckor efter transporten hade cirka två tredjedelar av individerna i Mörrumsån och hälften av dem i Lagan vandrat ut i havet. Den observerade utvandringen är en minimiskattning av hur ålarna reagerar på förflyttningen. Vandrings säsongen var vid försökets slut inte helt avslutad, den kan fortsätta in i december. Ett antal av ålarna som registrerades i havet utanför Mörrumsåns mynning har sedan fångats i bottengarn, framför allt på Listerlandet. En av de individer som ej registrerats utanför mynningen har återfångats i havet senare under året. Ålar som blev kvar i vattendragens nedre lopp kan också återuppta vandringen nästa år utan att riskera dödlighet vid turbinpassage.

Resultatet av fångst och transport av ålen kan jämföras med den förväntade överlevnaden om ålarna passerat kraftverken. I Mörrumsån skulle då cirka 8 procent överlevt och i Lagan knappt 3 procent.

Vid fortsatta försök bör mottagarna stå ute längre tid. Begränsande för försökets längd blir då batterilivslängden hos de mycket små märken som användes. Resultaten visar dock att märkningsmetoden, från början avsedd för smoltmärkning med interna märken, fungerar bra även på ål.

Viss information om simhastighet och andra beteendevariabler finns i materialet. Nackdelen med försökets utformning är att referensvattendrag saknas. Därmed saknas möjlighet att jämföra ålarnas beteende med beteendet utan förflyttning från fångstplatsen. Sådana undersökningen planeras för en kommande säsong.

En viktig skillnad mellan vattendragen var reglering under försöksperioden. Mörrumsån hade en relativt konstant vattenföring medan flödet i Lagan var mycket låg utom under några flödestoppar. Den största nedvandringen i Lagan sammanföll med högt flöde nattetid, men detta kan också bero på att utsättningarna av de märkta ålarna sammanföll med toppar i flödet som sker under vardagar.

Referenser

Jepsen N., Koed A., Thorstad E.B. & Baras E. 2002, Surgical implantation of telemetry transmitters; how much have we learned? *Hydrobiologia* **483**: 239-248

Heupel, M.R., J.M. Semmens och A.J. Hobday. 2007. Automatic acoustic tracking of aquatic animals: scales, design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research* 57:1-13

Montén, E. 1985. Fisk och turbiner. Vattenfall.

Tack

Stig Lundin och Stina Bertilsson har hjälpt till vid fältarbetet. E-ON har bidragit till projektets finansiering.