



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN



FISKERIVERKET

Ål i Göta älv, Säreån och Rolfsån

Telemetristudier på blankålsvandring



Rapportnr: 2009:27

ISSN: 1403-168X

Text: Ingvar Lagenfelt och Håkan Westerberg, Fiskeriverket, mars 2009

Foto omslag: Ingvar Lagenfelt (Ålgårda kraftverk).

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland.se under Publikationer/Rapporter.

Inledning

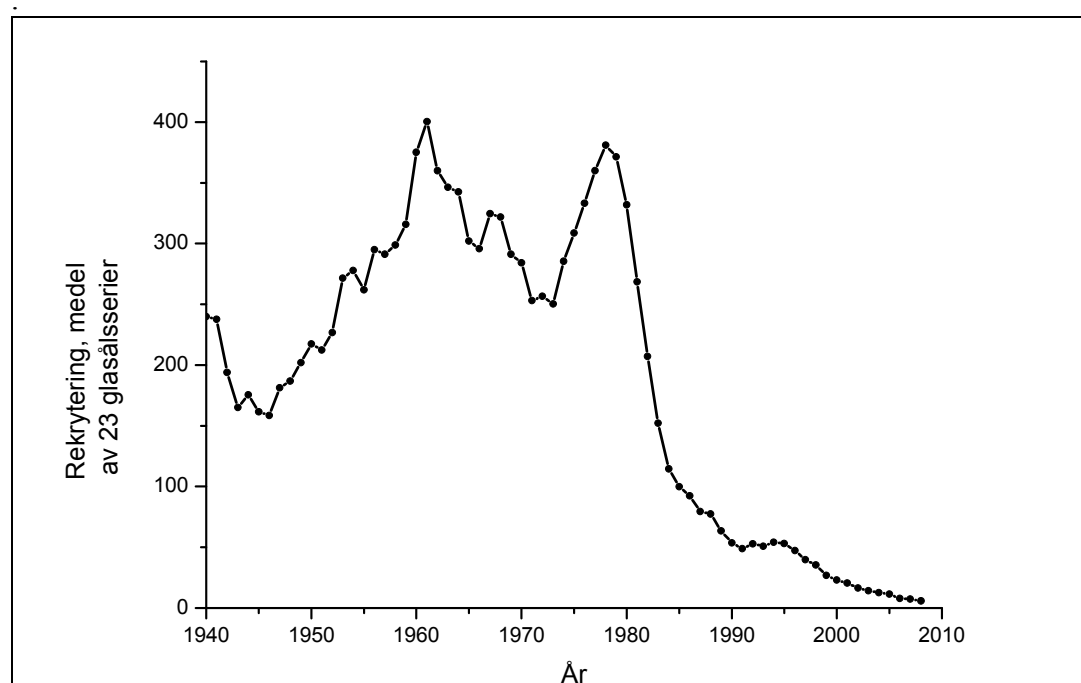
Tidigare har åtgärder som rör ål och ålvandring i vattendrag i huvudsak inriktats på att kompensera fisket för minskade fångstmöjligheterna. Ålyngelledare och utsättning av ål i insjöar är vanliga insatser. Det för närvarande allt överskuggande problemet är att säkerställa en fortsatt och ökande reproduktion. Huvudinriktningen för framtida åtgärder är därför att öka utvandringen av ål under lekvandring, s.k. blankål.

Studien är ett bidrag inom ramen för den långsiktiga ålförvaltningsplan för Sverige. Planen antogs av regeringen 2008 bygger på åtgärder inom följande huvudsakliga områden:

- minska fisketrycket på ål både i sötvatten och i havet
- minska dödligheten hos ål i kraftstationsturbiner
- utsättning av glasål från områden i Sydeuropa med överskott

Bakgrund

Rekryteringen till det europeiska ålbeståndet, som består av en enda genetiskt homogen population har minskat drastiskt under de senaste årtiondena. Detta syns tydligt i de vattendrag i hela Europa där man räknat antalet småålar som vandrar upp till uppväxtområdena. Den genomsnittliga utvecklingen sedan 1940 talet framgår av Figur 1. De tidsserier som finns är för uppvandring av ål i vattendragen. Minskningen av antalet till lekområdet utvandrande ålar har inte kartlagts på samma sätt. Eftersom ålen tillbringar mellan 5 och 30 år i uppväxtområdet sker en fördröjning innan rekryteringsminskningen märks av i fisket.



Figur 1. Rekrytering av ål i Europa, medelvärde från 23 platser med räkning av glasål spridda från Skandinavien till Medelhavet. Data från ICES (2008).

Flera faktorer torde ha samverkat till den minskade rekryteringen av ål. Minskningen av tillgängliga uppväxtområden genom hinder för ålarnas uppvandring och/eller

torrläggning av uppväxtarealer är en orsak. Höga halter av miljögifter och storskaliga förändringar av strömmarna och klimatet i Atlanten kan ha påverkat vandrigen till och från lekplatsen i Sargassohavet. Ett hårt fisketryck på alla livsstadier hos ål - glasål, gulål och blankål - är också en betydande faktor.

Även vid utvandringen från uppväxtområdena finns hinder i form av kraftstationsdammar. Dödligheten vid turbinpassager är hög, upp till 90 % för utvandrande blankål (Monten 1985), vilket också bidrar till den minskade rekryteringen. Finns flera kraftstationer i ett vattendrag blir den totala dödligheten mycket hög. Åtgärder för att minska dödligheten i kraftstationsturbiner kan kortsiktigt vara att fänga och transportera ålen förbi kraftverket, eller mer långsiktigt att styra ålen via utskov/blankålsledare eller att stoppa eller minska driften av turbiner under perioder då mycket ål vandrar. I en studie som Fiskeriverket genomförde i Mörrumsån och Lagan testades med framgång alternativet att fänga ålen uppströms i systemet och transportera den landvägen nedströms förbi första vandringshindret (Lagenfelt m.fl. 2008).

Möjliga uppväxtområden för ål i Göta älv är mycket stora. Vid nuvarande rekrytering produceras cirka 32000 blankålar/år. Huvuddelen av uppväxtarealen ligger uppströms minst ett kraftverk, och med en genomsnittlig dödlighet av 70 % per kraftverkspassage förlorades huvuddelen av den ål som vandrar ut. Nuvarande produktion i Rolfsån är 700 blankålar. Fisket i Vänern var år 2007 totalt 19 ton, blandat gulål och blankål.

Denna studie har avsikten att kartlägga vandringsvägar och nuvarande dödlighet i några vattendrag på Västkusten före påbörjade åtgärder.

Vattensystemen

Försöken genomfördes i Göta älv, Säreån och i Rolfsån. Vattensystemen är mycket olika stora. Göta älv är störst med 50 229 km² avrinningsområde och mer än 600 m³/s som medelvattenföring. Säreån är ett biflöde i nedersta delen av Göta älv och omfattar 1500 km² avrinningsområde. Rolfsåns avrinningsområde är 694 km² och ån har en medelvattenföring på cirka 10 m³/s (Tabell 1).

Tabell 1 Flödesdata för vattendragen under försöksperioden 2008.

Vattensystem	Dygnsmedelflöde [m³/s] 28 augusti till 20 november			Vandrings- hinder längs försöks- sträckan
	min	medel	max	
Göta älv	305	608	711	Vargörn Trollhättan Lilla Edet
Säreån	10	33	79	Jonsered
Rolfsån	9	C:a 20*	49	Ålgårda

* beräknat för de dagar där uppgifter om spill via luckorna finns 1 september till 1 december

Flödet i de olika vattendragen, kopplat till ålvandringen, illustreras i figurer i resultaten (Figur 7, 10 och 13) Flödet förbi de olika vandringshindren och kraftstationerna i Göta älv samvarierar. I figuren 7 illustreras flödet i vid Vargön från Vänern in i älven. Produktionen i de olika kraftstationerna kan delvis vara oberoende av flödet. Medelflödet i älven ökar under försöksperioden. Spillet förbi kraftstationer är normalt

noll. Enstaka korta perioder med spill förekommer dock vid Vargön och vid Lilla Edet. Flödet genom slussar och farled har inte inarbetats här men det är betydligt mindre än övriga flöden. Även flödet igenom kraftstationen Jonsered i Säreån ökar under undersökningsperioden. Spill förbi kraftstationen, genom dammluckorna, förekommer i stort sett alla dygn under den andra halvan av perioden. Spillet är under några dygn av ungefärligen samma storlek som flödet genom turbinerna.

Flöde genom kraftstationen Ålgårda i Rolfsån ligger ungefärligen konstant under hela perioden.. Spillet via luckorna varierar från noll under första delen av perioden till som mest tre gånger flödet genom kraftstationen under den andra delen. Flödet vid SMHI mätstation vid Stensjön nedströms Ålgårda visar på en extrem höst. Den normala medelvattenföringen för oktober månad under perioden 1930 till 1990 var $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (SMHI). Under perioden med högt flöde i oktober var vattenföringen vid flera tillfällen över $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

I Göta älv är systemet med kraftstationer och generatorer komplicerat. I Vargön finns tre generatorer med Kaplanturbiner varav en med av något avvikande utförande. De båda större saknar intagsgrindar (galler). Den avvikande har 100 mm lamellavstånd i intagsgrinden. I Trollhättan fördelas de 12 generatorerna på två kraftstationer, Hojum och Olidan. Tre Kaplanturbiner i Hojum har 100 mm lamellavstånd i intagsgrindarna. I Olidan finns nio Francisturbiner med 75 mm lamellavstånd i intagsgrindarna. Lilla Edet har fyra generatorer med ställbara eller fasta Kaplanturbiner och med intagsgrindar med 100 eller 200 mm lamellavstånd. Dessa varierande förhållanden innebär olika möjligheter för ålarna att passera. Under försöksperioden växlade vilka turbiner och generatorer som användes. Två av generatorerna i Trollhättan stog stilla under hela tiden medan driften av de övriga varierade. I Vargön var den mindre och avvikande ur drift en del av tiden och även i Lilla Edet har användningen växlat något.

Jonsered i Säreån är det längst nedströms belägna kraftverket i vattendraget mellan Mjörn och utflödet i Göta älv. Övriga kraftverk är Solveden, Floda, Hillefors och Hedefors. Den installerade effekten i Jonsered är 2 357 kW och fallhöjden ca 8 meter. Kraftstationen har fyra stycken dubbla Francisturbiner och intagsgrindar med ett lamellavstånd 20 mm.

I Rolfsån, med Ålgårda kraftstation, finns i de uppströms Lygnern belägna delarna av vattensystemet Bosgårdens, Apelnäsets och Forsa kraftstationer. Dessa delar av ån kallas Storån och Nolån. Ålgårda har en installerad effekt om 300 kW. Här finns två Francisturbiner. Intagsgrindarna har ett lamellavstånd av cirka 20 mm.

Metodik

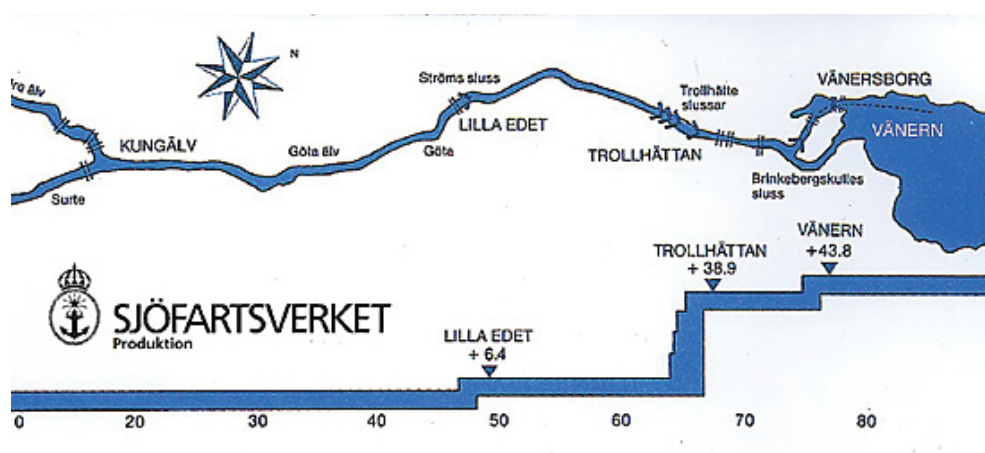
Försöksdesign

Avsikten var att särskilja vandringsvägarna och dödligheten vid varje delsträcka med kraftstationer. Registrering av ålpassager gjordes i intagsområdet för kraftstationer och i den huvudsakliga alternativvägen, samt uppströms och nedströms dessa hinder.

I Göta älv omfattade systemet med registrering av ålpassager hela vattensystemet från Vargön-Vänern till Göta med mottagare utplacerade längs en total sträcka av cirka 40 km. Utloppen från Vänern täcktes med tre mottagare, en mellan intagstunnelns mynning och Lillån, en vid stora regleringsluckan vid Stålbron och en i farleden Karls grav (Figur 2a). Nedströms kraftverket i Vargön placerades två mottagare vid Restad. I Trollhättan fanns ingen lämplig utsättningspunkt för mottagare ovanför kraftstationen

utan här placerades en i Åkers sjö i farleden ovanför slussarna och en nedanför kraftstationernas och slussarnas utlopp (Figur 2b). En mottagare som placerades uppströms Lilla Edet vid Smörkullen blev av misstag upptagen strax efter utsättningen. Nedströms Lilla Edet placerades två mottagare vid kraftstationens utlopp och en i farleden nedanför slussen. Den längst ner i vattensystemet placerades vid Göta alltså ovan avgreningen till Nordre älv och därmed också ovan Säreåns mynning. Avståndet Lilla Edet – Göta är 8,4 km (Figur 2c).

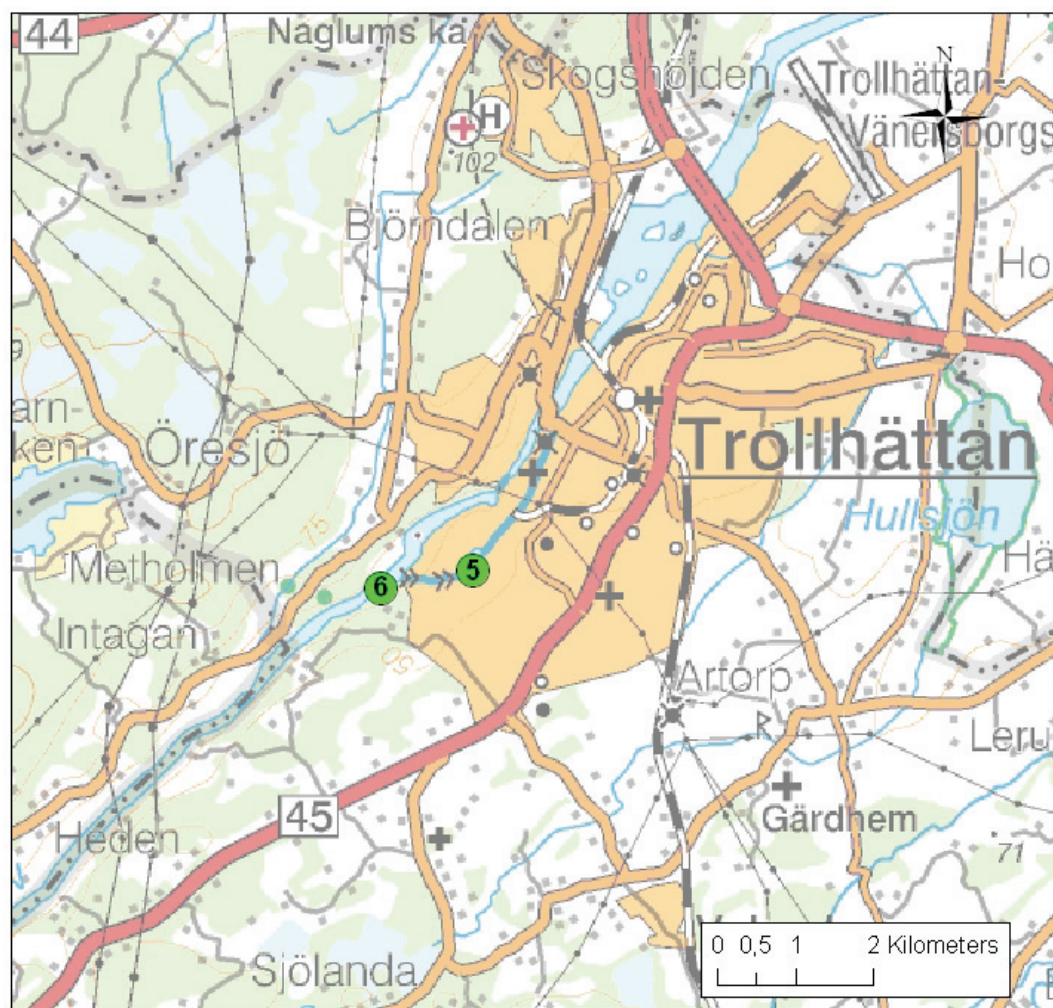
I Säreå och Rolfsån koncentrerades årets försök runt kraftverken Jonsered respektive Ålgårda (Figur 8 och 12). Här placerades en registrerande mottagare uppströms i anslutning till kraftstationen och nära utsättningsplatsen. En mottagare placerades i intagskanalen och en i den ursprungliga åfåran nedströms spilluckorna. En fjärde mottagare placerades på sådant avstånd nedströms att ålen bedömdes måste ha simmat aktivt för att nå dit. Avståndet mellan kraftstation och den nedersta registreringen var i Säreå drygt 11 km och i Rolfsån cirka 7,5 km inkluderande den cirka 4 km långa sträckan över Stensjön.



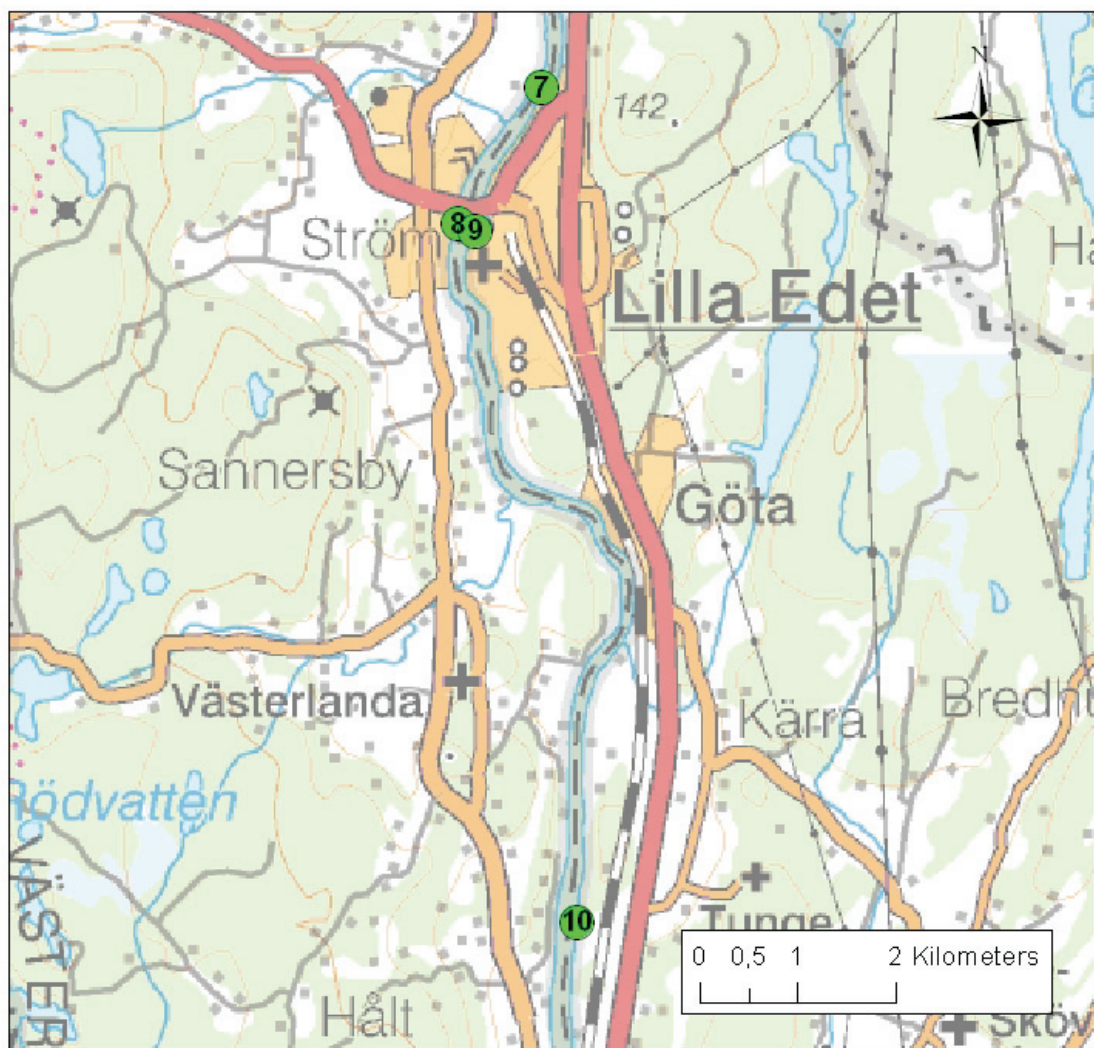
Figur 2. Schematisk bild över Göta älv. © Sjöfartsverket



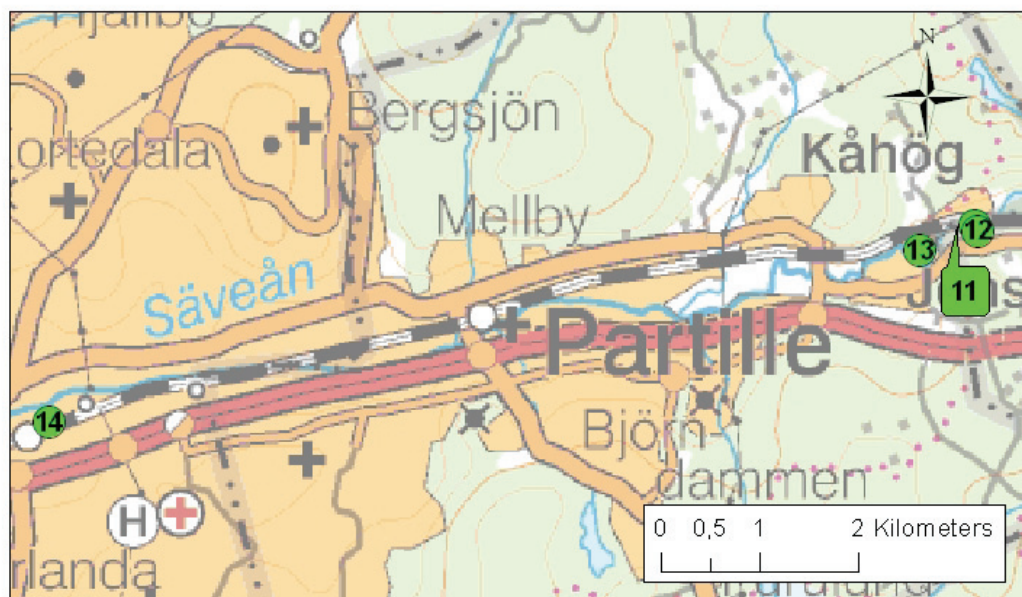
Figur 2a. Göta älv, Vargön. 1= Regleringsluckan, Huvudnäsön, Stålbron , 2= Karls grav , 3= Intagstunnel och Lillån , 4= Restad. ©Lantmäteriverket 2006 Medgivande MS2006/03135.



Figur 2b. Göta älv, Trollhättan. 5= Åkers sjö, 6 = nedströms Trollhättan.
 ©Lantmäteriverket 2006 Medgivande MS2006/03135.



Figur 2c. Göta älv Lilla Edet, 7= Smörkullen, 8= i slussen, 9= nedströms kraftstationen i Lilla Edet, 10= Göta. Mottagare nr 7 upplöckad strax efter försökets början och data saknas. ©Lantmäteriverket 2006 Medgivande MS2006/03135.



Figur 3. Säveån med Jonsereds kraftstation. 11 = intagskanal till kraftstationen, 12 = uppströms kraftstationen och dammen, 13 = naturliga åfåran, 14 = SKF. Detaljkarta över Jonsered finns i figur 8. ©Lantmäteriverket 2006 Medgivande MS2006/03135.



Figur 4. Rolfsån med Ålgårda kraftstation. 15 = Gåsevadsholm, 16 = Sundsjön i utsättningsområdet och uppströms, 17 = intagskanalen, 18 = åfåran. Kraftstationen döljs av markeringarna. Detaljkarta över Ålgårda finns i figur 12. ©Lantmäteriverket 2006 Medgivande MS2006/03135.

Telemetrisystem

Ålarna i försöken märktes med akustiska sändare av fabrikat Vemco modell V7. Sändarna ger en kodad signal med randomiserat tidsmellanrum i intervallet 20 till 50 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 beräknas räcka i minimum 60 dagar. Flera olika sändare kan registreras utan att störa varandra även om de befinner sig i samma område samtidigt. En viss begränsning finns dock för antalet sändare då risken att de sänder exakt samtidigt ökar med ökande antal. Ålarnas rörelser registrerades med hjälp av hydrofonbojar av modellerna VR 2 och VR 2 W. Tekniken beskrivs mer utförligt på hemsidan www.vemco.com. En aktuell översikt av metoden har gjorts av Heupel m.fl. (2007). Figur 5 visar en hydrofonboja klar för utsättning och Tabell 2 ger en översikt över tekniska data. Detektionsavståndet för hydrofonen testades på de aktuella mottagarplatserna i vattendragen före försöken. Avståndet är beroende av de lokala bottenförhållandena men var minst 200 m och typiskt 300 m uppströms och nedströms.

En datalogger i hydrofonbojen registrerar tid, datum och sändarens unika identitet när en sändare kommer inom hörhåll. När bojen tas upp kan data överföras till dator med en induktiv länk alternativt blåtand. 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 sändartillverkarens program VUE. Tidpunkten för passagen kan bestämmas med hög precision med några minuters osäkerhet.



Figur 5. Hydrofonboja VR2 med flytkula och ankare (foto Stig Lundin).

Tabell 2 Data för mottagarna av de två typerna VR 2 och VR 2 W

	VR 2	VR 2 W
Storlek	340 mm lång x 60 mm diameter	
Vikt	1175 g i luft, 300 g i vatten	
Batteri livslängd	15 månader	
max djup	100 m	
Mottagningsfrekvens	69 kHz	
Minne	Minst 300.000 detektioner	Minst 1.000.000 detektioner
kommunikation	induktion	blåtand

Försökets längd är tiden mellan ålens utsättning och maximal batteritid hos sändarna (nominellt minimum 60 dagar, uppmätt cirka 90 dagar – dock ej med känd signalstyrka). Mottagarna utplacerades före försökets början och insamlades i december och januari, med god marginal efter att märkenas batterilivslängd var utgången (Tabell 3).

Tabell 3. Tidpunkter för utsättning och upptagning av mottagare

	<i>Göta älv</i>	<i>Säveån</i>	<i>Rolfsån</i>
<i>Mottagare ut</i>	2008-07-22	2008-08-13	2008-08-14
<i>Mottagare upp</i>	2009-01-12	2008-12-11	2008-12-11
<i>Antal mottagarzoner</i>	9	4	4

Märkning

Märket fästes utvändigt framför ryggfenan med rostfri sutur (Figur 6). Två trådar användes för att fixera märket. Märkets vikt i vatten är 0,7 gram, d.v.s. i samtliga fall mindre än 0,1 % av ålens kroppsvikt. Detta är en i förhållande till fisken mycket liten sändare och storleken bedöms inte påverka beteendet (Jepsen et al 2002). Märkningen gjordes dagtid. Ålarna i Väneren släpptes från båt medan de i de båda andra vattendragen släpptes direkt efter märkningen i strandkanten vid området de fångats.



Figur 6b. Märkning av ål.

Figur 6a. Ål med kodad ultraljudsändare.
Fuktiga lakan och gräs skyddar ålens slemskikt vid hanteringen.

Ålarna

Ålarna som användes i studien i Göta älv fångades i ålbottengarn vid Vänersnäs i Vänerens sydligaste del. De ålar som märktes i Säveån och Rolfsån fångades med småryssjor uppströms i anslutning till respektive kraftstation. I Säveån kompletterades fisket med några individer fångade då de passerade fiskodling. I Säveån och Rolfsån användes även mycket små ålar även om de allra minsta klart blanka uteslöts. I fångsterna dominerade små mer eller mindre blanka hanar antalsmässigt i dessa vatten (se vidare tabell 9 i resultatavsnittet).

Ålarna sattes ut i omgångar med målsättningen att sprida individerna över vandringsperioden (tabell 4). I de mindre vattendragen begränsades antalet ålar vid

varje utsättningstillfälle för att minska risken att för många ålar samtidigt befann sig inom hörhåll för en mottagare och på så sätt undvika blockering av registreringen eller felregistreringar. Vidare var avsikten att utsättningarna skulle spegla några olika nivåer på vattenföring i vattendragen. Särskilt i Rolfsån märktes den regniga hösten med stort spill vid sidan av kraftstationen vilket gjorde att märkningarna som skulle genomförts i mitten på oktober uppsköts för att undvika Extremsituationer.

Tabell 4. Märkningsdag och totalt antal märkta individer.

Göta älv		Säveån		Rolfsån	
2008-08-28	44	2008-08-29	10	2008-09-01	10
2008-09-12	34	2008-09-22	6	2008-11-11	10
2008-09-17	36	2008-10-08	4		
		2008-10-20	8		
		2008-10-27	10		
	114		38		20

Resultat

Av de totalt 114 märkta ålarna i Vänern registrerades 25 stycken i sjöns utlopp till Göta älv inom försökstiden (tabell 5). Av dessa passerade en tredjedel hela vägen ned till den nederst i vattensystemet belägna registreringen, mottagaren vid Göta. I Säveån nådde drygt 80 % hela vägen ned och i Rolfsån en tredjedel. Andelen av utsatta ålar som registrerade i vattendraget tycks öka något ju senare på säsongen utsättningen sker (Tabell 6).

Tabell 5. Antal märkta ålar och antal registrerade i vattendraget

	Antal märkta	Registrerade i vattendraget	Registrerade nedströms studerade kraftverk	Andel passerade av totalt märkta	Andel av registrerade i vattendraget
Göta älv	114	25	8	7 %	32 %
Säveån	40	28	23	57 %	82 %
Rolfsån	20	20	7	35 %	35 %

Tabell 6. Antal utsatta (**ut**) per halv månad och antal som därefter registrerades (**reg**), inklusive individer på utsättningsplatsen i Säveån och Rolfsån,

Period	Göta älv			Säveån			Rolfsån	
	ut	reg	%	ut	reg	%	ut	reg
Aug 16 - 30	44	8	18%	10	8	80%		
Sep 1 - 15	34	8	24%				10	10
Sep 16 - 31	36	9	25%	6	4	67%		
okt 1 - 15				4	2	50%		
okt 16 - 30				18	14	77%		
Nov 1 - 15							10	10
SUMMA	114	25	22%	38	28	74%	20	20

Medelvikten för alla märkta ålar var drygt 1,2 kg och medellängden 0,85 meter. Ålarna från Vänern var klart störst med en medelvikt på 1,4 kg och maximum över 2,6 kg (Tabell 7). Tolv individer hade längder över 1 meter. I Sävån fanns tre individer vägande över 2 kg, den största nästan 2,5 kg. I dessa fångster ingick tio stycken med över 1 meters längd. I Rolfsån var medelvikten 0,8 kg och ingen individ var mer än 1 meter lång.

Tabell 7. Längd och vikt för de märkta ålarna

	Göta älv		Sävån		Rolfsån	
	<i>längd</i>	<i>vikt</i>	<i>längd</i>	<i>vikt</i>	<i>längd</i>	<i>vikt</i>
<i>medel ±stdav</i>	876±104	1396±412	843±184	1120±588	742±112	807±307
<i>max-min</i>	1170-640	2660-500	1100-550	2478-250	900-550	1350-318

Det är en signifikant skillnad i vikt och längd mellan de ålar som observerades vandra ut från Vänern och den grupp som stannade kvar. Medelvikten var $1,58 \text{ kg} \pm 0,13$ respektive $1,33 \pm 0,09$ och ett oberoende t-test ger $T=-3,2$ och $p=0,0027$.

Göta älv

Cirka en tredjedel av blankålarna passerade samtliga kraftverk på sträckan till havet när de väl vandrat ut ur Vänern. Förlusterna var relativt jämt fördelade över delsträckorna.

Totalt registrerades 24 individer vid tunnelmynningen/Lillån eller vid passagen vid regleringsluckan öster om tunneln. Därutöver registrerades en individ nedströms Vargöns kraftverk vid Restad, som inte hade observerats då den passerade uppströms kraftverket. Ålar kan alltså ha lämnat Vänern utan att ha registrerats i utloppet och sedan dött i kraftverket i Vargön och på så sätt helt undgått upptäckt. Med hänsyn till att förlusten vid passage av Vargön var mindre än en femtedel och andelen bekräftade men oupptäckta vid utloppet endast var 4 % torde det bara kunna röra sig om någon enstaka ytterligare individ.

Av de 25 individer som registrerats i älven förlorades fyra stycken vid den första passagen ner till Restad. Ytterligare två fördröjdes cirka 2 veckor mellan Vargön och Restad och vandrade sedan inte vidare, möjligen på grund av skador vid passagen. På sträckan efter Restad till nedströms kraftverken i Trollhättan försvinner ytterligare sex ålar. Eftersom det inte fanns någon lämplig placering av mottagare vid intagskanalerna i Trollhättan går det inte att säkert skilja mellan direkt dödlighet i turbinerna i Trollhättan och fördröjd dödlighet efter passagen av Vargön. På nästa delsträcka mellan Trollhättan och förbi kraftstationen i Lilla Edet förloras ytterligare fem individer. Även här saknades kontrollstation ovanför Lilla Edets intag varför någon säker fördelning mellan fördröjd dödlighet i Trollhättan och turbinmortalitet i Lilla Edet inte kan göras. Baserat på observerad fördröjning på delsträckan har tre hänförs till Trollhättan och två till Lilla Edet. Ytterligare tre försvinner på den 8 km långa sträckan från strax nedanför Lilla Edet ned till Göta, på vilken det inte finns några kraftverk. Detta har tolkas som att ålarna har varit skadade eller dödade när de passerade mottagaren omedelbart utanför utloppet till Lilla Edets kraftstationsturbiner (Tabell 8).

Tabell 8. Observerade förluster av nedvandrande blankålar för olika delsträckor i Göta älv.

Sträcka	Observerade ålar	Förlust antal	Förlust procent
	25		
Vargön		6	24
	19		
Trollhättan		6	32
	13		
Lilla Edet		5	38

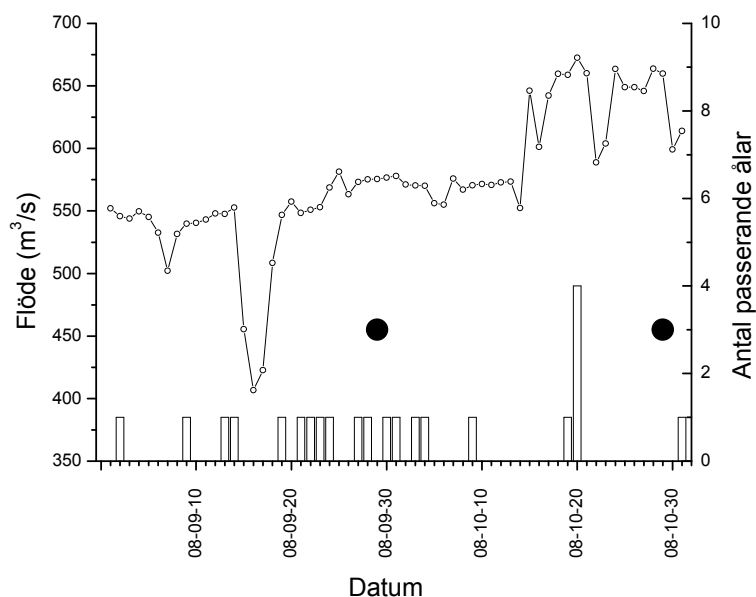
Alla de märkta blankålarna gjorde samma vägval i utloppet från Vänern. Ingen ål registrerades i farleden Karls grav i Vänersborg och endast en individ passerade vid den stora regleringsluckan mellan Huvudnäsön och Stålbron omedelbart norr om Vargön. Alla övriga blankålar har passerat in i intagstunneln eller via Lillån förbi Vargön.

I Trollhättan och Lilla Edet har ingen ål passerat genom slussarna, där vattentransporten är mycket begränsad. Alla individer har antingen passerat genom kraftstation, eller via spill vid Lilla Edet.

De individer som registrerades vid Vänerns utlopp gjorde detta efter mellan 1 till 49 dygn efter utsättningen. Den genomsnittliga fördröjningen var cirka 20 dygn. Fördröjningen var successivt mindre för varje utsättningstillfälle (utsättning 28 augusti 27 dygn, 12 september 20 dygn och 17 september 18 dygn).

För att försöka avgöra om det fanns någon koppling mellan vattenflöde i älven och ålvandring eller mellan spill vid sidan om kraftstationen och ålvandring gjordes en enkel analys utifrån en tidsaxel. En faktor som skulle kunna tänkas medföra triggad eller minskad utvandring av ål är episoder med högre eller lägre flöde. Förekomst av spill, eller ökat spill, skulle kunna ge en passagemöjlighet för ål. Betydelsen kan vara olika vid de olika kraftstationerna.

I Göta älv är spillmängderna försumbara och Figur 7 visar det totala flödet vid Vargön, samt antalet ålar per dygn som passerade genom Vänerns utlopp. Man finner inget tydligt samband mellan flöde eller förändring av flödet och perioder med fler eller färre passerande ålar. Någon koppling till månens fas, det s.k. månmörkret, är inte heller påtaglig. En jämförelse med väderförhållandena i Götaland antyder dock att perioder med en anhopning av passager, som 21-24 september och 19-20 oktober sammanfaller med lågtryckspassager och regnområden. Den 19 oktober föll årets första snö i Götaland.



Figur 7. Vattenflöde och passage av märkta ålar vid Vänerns utflöde. De svarta punkterna anger datum för nymåne.

När ålarna kommit in i älven var vandringshastigheten i de flesta fall hög. Av de 14 ålar som passerat Trollhättan hade 70 procent avverkat sträckan på mindre än 6 dygn, 50 % på ett dygn. De övriga blev kvar på sträckan under 2-4 veckor. Från Trollhättan till förbi Lilla Edet vandrade 80 % av ålarna på några timmar till ett dygn, två stannade emellertid cirka 2 veckor på sträckan. De som passerat Lilla Edet fortsatte inom ett dygn till Göta. En förklaring till att enstaka individer blivit kvar längre perioder på vissa delsträckor kan vara att de fått skador vid turbinpassagen, som krävt en eller flera veckor för ålen att återhämta sig.

Säveån

I fångsterna dominerade ålar under 60 cm antalsmässigt i Säveån (tabell 9). Bland dessa var övervägande delen mer eller mindre blanka även om enstaka helt gula förekom.

Tabell 9. Fångsten av ål i ryssjorna i Aspen, Säveån.

	Märkta	Småålar	Småålar
	Blanka	30-50cm	50-60cm
2008-08-29	10	28	11
2008-09-22	6	22	6
2008-10-08	4	14	4
2008-10-20	8	11	2
2008-10-27	10	5	2

Av de 38 märkta och utsatta individerna i Aspen omedelbart uppströms intagskanalens början och dammen till Jonsereds kraftstation registrerades totalt 28 i vattendraget (figur 8). Av dessa passerade 22 genom intagskanalen och en registrerades först i kanalen för att efter att ha vänt passera genom gamla åfåran. Ytterligare fyra ålar passerade via gamla åfåran. En individ simmade i en annan riktning som inte täcktes av mottagare eller stannade kvar uppströms mottagaren i åfåran. Fyra av de 22 individerna som passerade in i intagskanalen försvann före passage av nedersta mottagaren vid SKF

och totalt 23 individer passerade denna. Kraftstationen vid Jonsered har 20 mm fingaller som inte medger passage av större ål men en laxtrappa med ett flöde av 0,8 m³/s i anslutning till gallret var i dock funktion hela undersökningsperioden. Även i dammen vid den naturliga åfåran finns en laxtrappa. Detta innebar ett svinn av 18 % av de som påbörjat vandringen vid de aktuella spill- och produktionsförhållanden under undersökningsperioden. Denna procentsats innefattar alla typer av hinder och fördröjning av ålarna mellan kraftstationen och den nedersta mottagaren, alltså även alla som eventuellt dött eller bromsats av andra orsaker än produktionen vid kraftstationen. För en extra kontroll av dödligheten vid gallret genomgicks rensmaterialet på kraftstationens fingaller frekvent under försöksperioden utan att någon av de märkta ålarna påträffades.

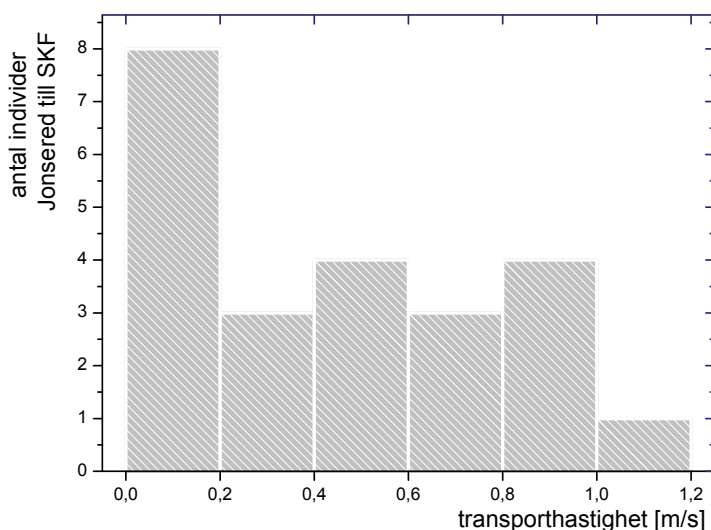


Figur 8. Skiss över ålvandringen som den kan tolkats från registreringen i mottagarna. Pilarna på kartan, med siffror som anger antalet individer som vandrat, har placerats ungefär i de områden där mottagarna funnits utom den vänstra kanten som placerats ungefär en mil nedströms vid SKF (se figur 3). En fyrkant med pil symboliserar utsättningsområde och en åttkantig figur de individer som ej detekterats i systemet. Grundkartan: ©Lantmäteriet 106 – 204 / 188.

I medeltal tog det 15 dygn från utsättningen tills ålen passerade antingen intagskanalen eller den naturliga åfåran. Den långsammaste individen behövde 59 dygn men vandrade sen på 53 timmar ner till SKF. Under perioden 2 till 6 oktober vandrade ”plötsligt” 6 individer ut, vilka varit inaktiva i 14 respektive 34 till 38 dagar. De snabbaste blankålarna vandrade ut endast ett par timmar efter märkningen. Märkningsdagen den 27 oktober vandrade hela fyra individer av dessa ut och en individ märkt i augusti vandrade samtidigt. Men även dagarna före detta datum vandrade flera individer ut efter att inte rört sig på 1 till 6 dagar. Därefter vandrade två individer ut först 14-15 november innan vandringen upphörde.

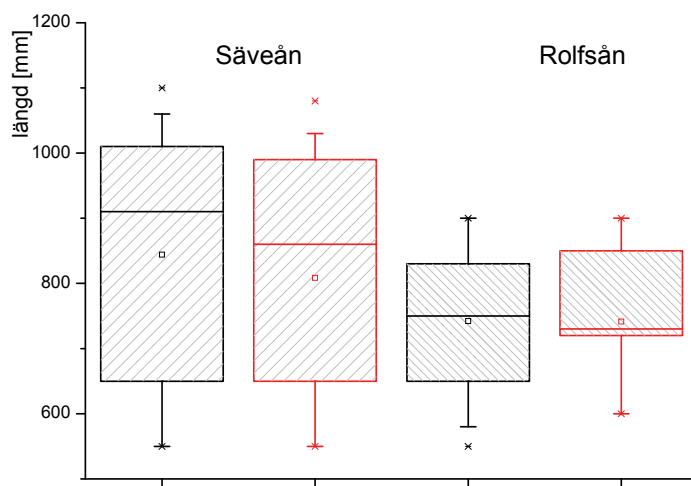
Förflyttningen från Jonsered till SKF tog för de fyra snabbaste individerna mellan tre och fyra timmar motsvarande transporthastighet (förflyttningshastigheter) på 0,89-1,05 m/s (Figur 9). Ytterligare tre klarade det på mellan fyra och fem timmar vilket

motsvarade en hastighet på 0,68 – 0,81 m/s. Fyra individer behövde mer än två dygn för att förflytta sig denna sträcka. Den relativt höga andelen med långsamma individer kan antyda att en viss påverkan kvarstår hos dessa efter passagen av Jonsered,



Figur 9. Förflyttningshastigheten hos de 23 ålar som passerat mellan Jonsered och den nederst placerade mottagaren i Sävån.

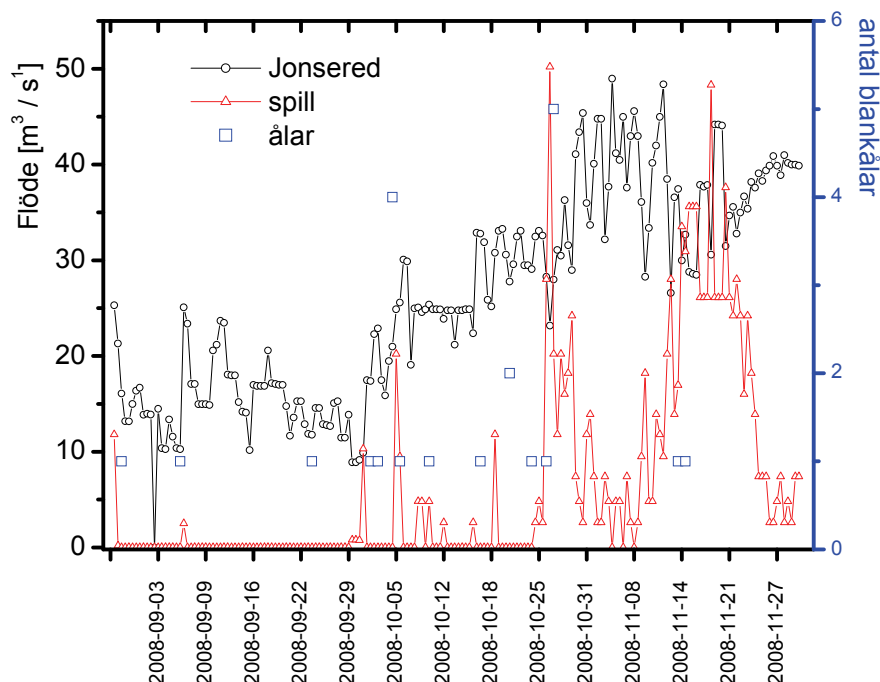
I Sävån förändras inte längd- eller viktfordelning hos den del av populationen som passerar från utsättningen till den nedersta mätstationen (figur 10).



Figur 10. Längdfördelning hos blankålarerna i Sävån och Rolfsån vid märkning (till vänster i varje figurpar) och efter passage av kraftstationen eller gamla åfåran (till höger i varje figurpar). Boxarna markerar medianvärde och kvartiler.

Precis som i resten av Göta älv systemet ökade dygnsmedelvattenföringen i Sävån under undersökningsperioden (Figur 11). I figuren har samtliga ålrörelser markerats, även sådana som registrerats i intagskanalen och ej vid nedersta mottagaren vid SKF. Ingen entydig tendens kan urskiljas i figuren. Enstaka ålar vandrar ut ganska jämt fördelade över tiden. Möjligen sammanfaller något ökad vandring med perioden med ökande flöde den 2 till 6 oktober och med ett ytterligare ökande flöde 17-27 oktober. Ett dygn med fem vandrande ålar, den 27 oktober, är ett specialfall. Under detta dygn

med stort spill vandrar tre blankålar ut i den gamla åfåran och två stycken passerar i intagskanalen.



Figur 11.. Vattenflöde och ålrörelser av märkta ålar vid Jonsered. Antalet ålrörelser respektive dygn innefattar både de som ägt rum i intagskanalen och i gamla åfåran.

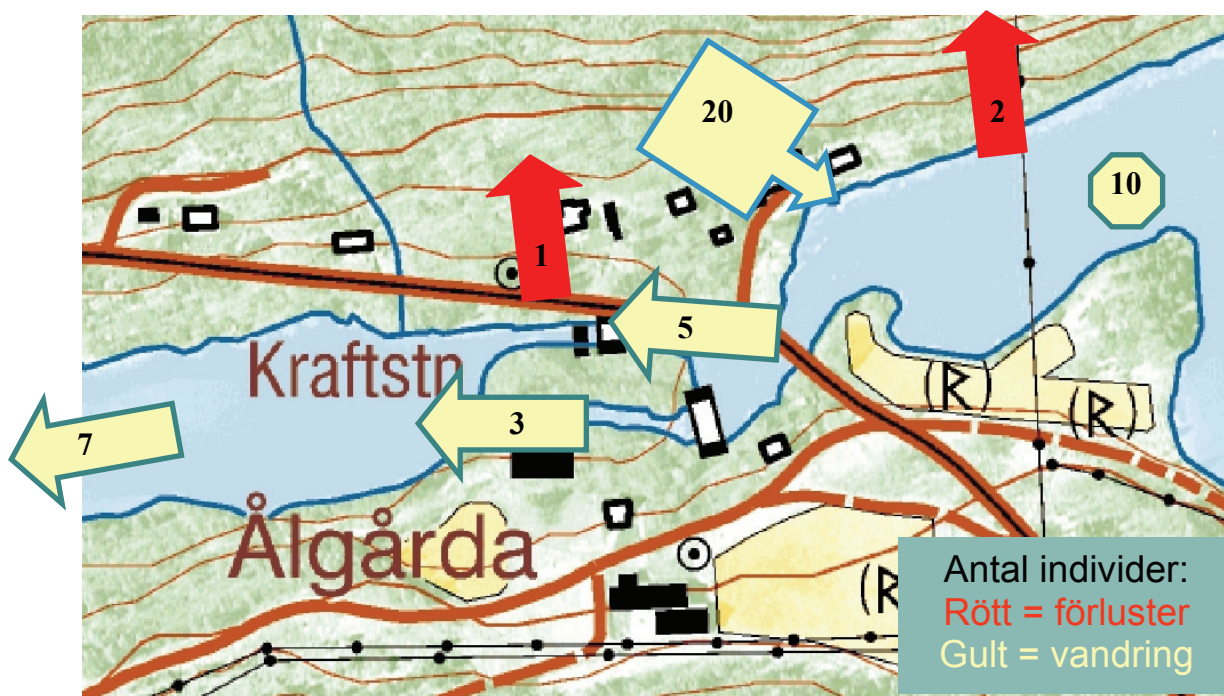
Rolfsån

I Rolfsån var planen att märka minst 30 ålar. Under september märktes 10 stycken och nästa märkning var inplanerad i oktober. Under oktober genomfördes dock inga märkningar på grund av högt flöde i ån. Det höga flödet innebar att merparten av vattnet gick via den gamla åfåran och inte via kraftstationen. Då detta inte avspeglade en normal situation genomfördes inga märkningar under oktober. Märkningen återupptogs i november, då ytterligare 10 märktes, trots att flödena inte var nere på normal nivå för att om möjligt få ut någon information under denna säsong.

Resultaten ger en första skattning av dödligheten, eller snarare avsaknaden av dödlighet, i turbinerna. Fyra av de fem blankålar som registrerats i intagskanalen har sedan också registrerats i den nedersta mottagaren i Gåsevadsholm. Dessa fyra måste passerat via den lilla blankålsledaren (figur 14) då vattenintagen till turbinerna är försedda med 20 mm fingaller. En individ som försvann på väg till Gåsevadsholm kan ha omkommit vid passage av kraftstationen och kan ha passerat genom fingallret då det var en av de minsta individerna (600 mm lång och en vikt på endast 350 gram). Alternativt kan den ha fördröjts eller försvunnit på vägen över sjön. En dödlighet på en av fem är alltså en skattning av maximal dödlighet i kraftverket. Endast ett par ålar påträffades i rensmaterialet från gallret under hela försöksperioden och ingen av dessa var märkt.

En ål från den första utsättningen passerade genom den gamla åfåran dit endast en mindre del av flödet styrdes. Under den andra märkningsperioden passerade ingen av ålarna in i intagskanalen utan de båda som vandrade passerade antagligen genom den gamla åfåran, där också huvuddelen av vattenflödet gick. Bedömningen bygger på att

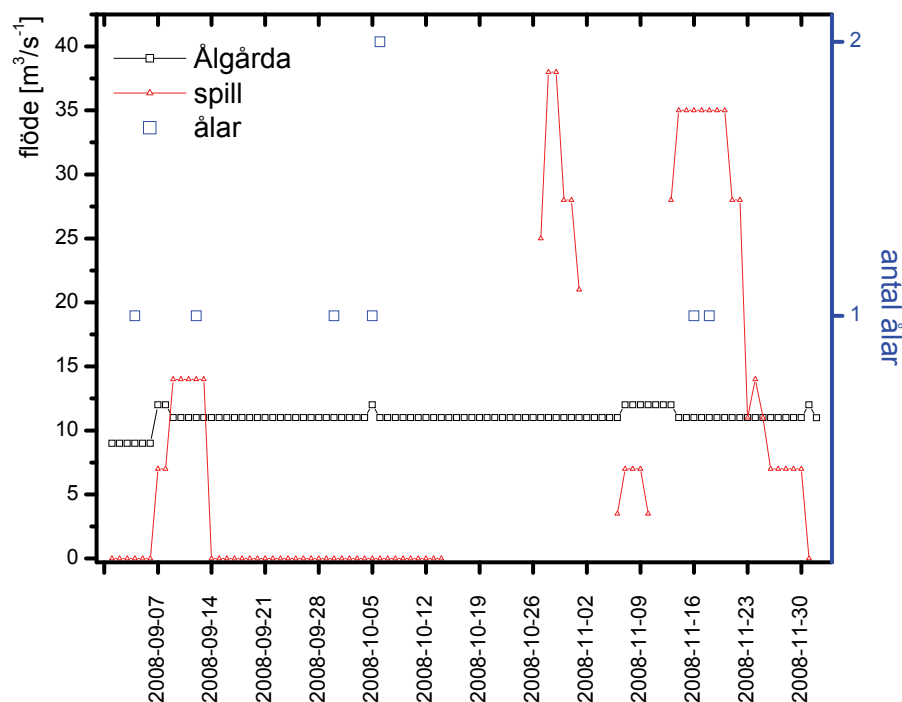
möjligheten till detektion vid den där placerade mottagaren var begränsad under perioden med mycket turbulens och inblandning av luftbubblor som utsläcker ultraljudet från märkena. Detta öppnar också för möjligheten att någon individ från den andra utsättningsomgången skulle kunna passerat här utan att senare nå fram till den nedströms belägna mottagaren. Registreringen i intagskanalen var däremot igång under hela perioden och dessa individer skulle detekterats vid passage.



Figur 12. Skiss över ålvandringen som den kan tolkats från registreringen i mottagarna och återfångster. Pilarna på kartan, med siffror som anger antalet individer som vandrat, har placerats ungefär i de områden där mottagarna funnits utom den i nederkanten som funnits vid Gåsevadsholm en knapp mil nedströms (se figur 4). En fyrkant med pil symboliserar utsättningsområde och en åttkantig figur de individer som ej detekterats vid kraftstationen. Grundkartan: © Lantmäteriet 106 – 204 / 188.

De individer som vandrat visar en tendens att vara större än de som inte gjort det (Figur 10). Men det begränsade antalet ålar som ingår i undersökningen ger ingen signifikant skillnad.

Då flödet är jämt under hela perioden är det inte möjligt att upptäcka någon variation i ålvandring kopplat till detta. Under perioden med högt spill via åfåran i mitten på november detekteras två individer vid Gåsevadsholm. Antagandet att dessa passerat via gamla åfåran verkar rimligt då detta sammanfaller med en topp i spillet denna väg.



Figur 13. Vattenflöde och ålrörelser av märkta ålar vid Ålgårda. I antalet ålrörelser respektive dygn ingår både de i intagskanalen och i gamla åfåran

Tiden från passagen vid kraftstationen till den nedersta mottagaren vid Gåsevadsholm var 4 timmar för den snabbaste ålen. Simhastigheten efter passagen av kraftstationen för de fem individer där som passerade kraftstationen var ganska spridd med 0,08 m/s för de två långsammaste och 0,46 m/s för den snabbaste.



Figur 14. Blankålsledaren i Rolfsån.

Slutsatser och diskussion

Den sammanlagda förlusten av vandrande blankål vid passage av Göta älv systemet var 68 % för sträckan från Vänerns utlopp till Göta. Detta är summan av turbindödlighet i kraftstationerna och andra orsaker som kan påverka vandringen. Även om all dödlighet hänförs till kraftverkspassagerna innebär det en genomsnittlig dödlighet av endast 23 %/turbinpassage, förutsatt att alla ålar passerade via turbinerna. Spillflödet är obetydligt i Göta älv, förutom för farleden genom slussarna fanns det ingen registrering av i vilken utsträckning ålar passerat vid sidan av turbinerna. Förlusten per kraftstation sammanfattas i Tabell 8.

Man kan tolka de individer som blivit kvar två eller flera veckor i området nedströms ett kraftverk innan de återupptagit vandringen som att de fått skador vid passagen. I så fall blir den totala skadefrekvensen som mest 38 % i Lilla Edet. En litteratursammanställning (Widemo 2006) visade på att den genomsnittliga dödlighet som redovisats i olika undersökningar internationellt för blankål var cirka 70 %, men med stor variation, från 9 till 100 %. Montén (1985) fann för ålar av storleksklassen 75 cm att skadefrekvensen i Kaplanturbiner var från 40 till 100 %, beroende på fallhöjd, belastningsgrad och andra parametrar. De stora och relativt långsamt roterande turbinerna i Vargön innebär antagligen relativt låg risk för att till och med stora blankålar kommer att träffas och skadas eller dödas. För Francisturbiner, som de i Olidans kraftstation i Trollhättan, är skadefrekvensen högre, mellan 80 och 100 % vid samma längd på ålen.

Ingen av de märkta ålarna i Göta älv har vandrat genom farled och slussar, förmodligen beroende på att vattenströmningen denna väg är mycket begränsad. Detta innebär att för att ålarna skall hitta denna alternativa vandringsmöjlighet krävs speciella åtgärder. Förutsättningarna är olika vid de olika kraftverken.

I både Säreån och Rolfsån, även om få individer ingick i 2008 års studie i den senare, överlevde flertalet individer som påbörjat vandringen efter att ha passerat från intagskanalen fram till nedersta registreringspunkten. Av sammanlagt 26 individer försvann totalt fem stycken motsvarande en dödlighet på maximalt 20 %. Båda kraftstationerna har fingaller med en spaltbredd på cirka 20 mm, vilket endast kan passeras av de allra minsta ålarna och eventuell dödlighet torde ske genom att ål fastnar på gallret. Båda kraftstationerna har också en trolig vandringsväg nära fingallret. I Jonsered (Säreån) finns en laxtrappa och i Ålgårda (Rolfsån) ett litet rör avsett som blankålsledare. Vattenflödet genom dessa båda vägar är en bråkdel av vad som går genom turbinerna men i båda finns uppgifter om att blankål fångats vid provfiske respektive riktat fiske eller observerats på annat sätt.

En svårighet med tolkningen av informationen från Vänern och Göta älv är den begränsade andel som verkligen vandrar ut under de månader försöken pågick. Totalt 22 procent av de märkta individerna lämnade Vänern. En hel del av ålarna återfångades dagarna efter märkning och utsättning i olika delar av sjön. Flest (7 stycken) återfångades i närområdet till märkningsområdet och söder om detta i den så kallade Dättern. En individ fångades vid Torsö och tre nära Mellerud. Den utvändiga placeringen av sändaren gjorde att ålarna fastnade med märket i nätmaskorna och återutsättning bedöms ha lett till märkesförlust på grund av skador i redskapet. I ett par fall satt endast sändaren kvar i redskapet. Totalt rapporterades återfångsten av 11 av de märkta ålarna, vilket innebär att andelen utvandrande ålar av teoretiskt möjliga var 24 procent eller högre.

Den relativt låga andelen aktiva nedvandrare i Vänern skiljer sig från förhållandet i Rolfsån och Sävån. Försök med fångst och nedtransport i Mörrumsån och Lagan visade också en hög andel som fortsatte aktiv utvandring efter märkningen (Tabell 10). Det finns flera möjliga förklaringar till att Vänermärkningen avviker. Dels kan vandringsdriften vara lägre och lättare att störa genom fångsten och hanteringen i en insjö även om de yttre tecknen på att ålen var blank var desamma, dels kan orienteringsmöjligheterna vara sämre i en sjön med svaga och varierande strömmar än i ett vattendrag där strömriktningen är entydig, slutligen kan det finnas skillnader i beteende och orienteringsförmåga hos utsatt ål jämfört med ål som vandrat in naturligt.

Att de finns en beteendeskilnad mellan utsatt och naturligt invandrad ål har förts fram av Westin (1998). Något klart belegg för denna hypotes har emellertid inte kunnat påvisas (Sjöberg och Peterson 2005). Nu pågående märkningsförsök i Mälaren visar också på stor spridning inne i Mälaren och liten andel utvandrande ålar under samma höst som märkningen gjordes, men både Mälaren och Vänern har en blankålsutvandring under våren och det är möjligt att en stor del av de ålar som bedömts som blanka inte kommer att påbörja vandringen förrän följande vår.

Tabell 10. Antal märkta ålar och antal registrerade i vattendraget i föreliggande undersökning och i en studie i Lagan och Mörrumsån år 2006.

	<i>Antal märkta</i>	<i>Registrerade i vattendraget</i>	<i>Registrerade längst ned</i>	<i>Andel passerade av totalt märkta</i>	<i>Dito av registrerade</i>	<i>Flöde m³ /s</i>
Göta älv	114 ^A	25	8	7 % ^B	32 %	608
Säveån	38	28	23	61 %	82 %	33
Rolfsån	20 ^A	20	7	35 % ^C	35 %	12
Mörrumsån	30	29	21	70 %	72 %	10
Lagan	30	30	17	57 %	57 %	50

^A Totalt antal inklusive förluster i återfångster. ^B Tas hänsyn till kända återfångster 39 %. ^C Tas hänsyn till kända återfångster 8 %.

Ny är också informationen om blanka hanar i början på vandringssäsongen både i Säveån och Rolfsån. Små blankålar, under 600 mm, dominerade antalsmässigt i fångsterna i ryssjorna. Ingen kvantitativ bedömning gjordes av blankheten hos dessa men de var troligen i övervikt vid något av fisketillfällena.

Fortsatta undersökningar i Göta älv bör koncentreras på utvärdering av möjliga metoder att styra ålen vid sidan av turbinintagen. Bäst tekniska förutsättning för ett sådant försök torde vara vid Lilla Edet där turbindödligheten var störst och där det till skillnad från i Trollhättan och Vargön går spillvatten vid sidan av turbinerna till exempel genom laxtrappan.

Försöken bör göras med ålar som fångas och märks i Vänern, men transporteras till en utsättningsplats i älven. För att öka sannolikheten att ålen är på aktiv nedvandring bör endast de största blankålarerna väljas för märkning. För att närmare undersöka orsaken till den låga andelen aktiva vandrare skulle ett försök med märkning och utsättning i Vänern vara värdefullt, men där märken med tillräckligt lång sändningstid används så att utvandring under våren också kan följas vid utloppet vid Vargön.

Fortsatta undersökningar i Säreån skulle kunna innefatta fler kraftstationer och en större del av vattensystemet till exempel med utsättningar av de märkta blankålarna i Mjörsn. I Rolfsån kan en undersökning vid under mer normala flödesförhållande vara aktuella.

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

ICES 2008. Report of the 2008 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Leuven, Belgium, 3–9 September 2008

Montén E. 1985. Fisk och turbiner. Vattenfall. SBN91-7186-243-9

ICES 2008. Report of the 2008 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Leuven, Belgium, 3–9 September 2008

Lagenfelt, I & H. Westerberg, 2008. Beteende hos blankål vid fångst och transport förbi kraftverk i Lagan och Mörrumsån. Mimeo, Fiskeriverket Utredningskontoret Göteborg 15 sidor.

Montén E. 1985. Fisk och turbiner. Vattenfall. SBN91-7186-243-9

Sjöberg, N. B. & E. Petersson, 2005. Blankålsmärkning – Till hjälp för att förstå blankålsens migration i Östersjön. Fiskeriverket informerar, FINFO 2005:3.

Westin, L. 1998. The spawning migration of European silver eel (*Anguilla anguilla* L.) with particular reference to stocked eel in the Baltic. *Fisheries Research* **38**:257–270.

Tack

Tack till alla som har hjälpt till med fiske, vid fältarbetet och övrigt praktiskt arbete. Bland annat Sjöfartsverkets personal vid slussarna, Vattenfalls och VEGAB Vattenenergi ABs personal och folk på SKF har också sträckt ut hjälpande händer. Naturvårdsverket, Vattenfall, länsstyrelsen i Västra Götaland och Fiskeriverket har bidragit till projektets finansiering.



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN