



Ålens möjlighet till passage av kraftverk

– En kunskapssammanställning för vattendrag prioriterade i den svenska ålförvaltningsplanen samt exempel från litteraturen

Elforsk rapport 12:37



Olle Calles och Jonas Christiansson

maj 2012

Ålens möjlighet till passage av kraftverk

En kunskapssammanställning

Elforsk rapport 12:37

Förord

Projektet "Ålens möjlighet till passage av kraftverk" som avrapporteras i och med denna rapport har bedrivits inom ramen för programmet "Krafttag ål". Projektet har genomförts av Olle Calles och Jonas Christiansson vid Karlstads universitet. "Krafttag ål" är ett samarbete mellan vattenkraftföretag via Elforsk och Havs- och vattenmyndigheten.

Styrgruppen för programmet:

Erik Sparrevik	Vattenfall AB (ordf.)
Johan Tielman	E.ON Vattenkraft Sverige AB
Marco Blixt	Fortum Generation AB
Jan Lidström	Holmen Energi AB
Ola Palmquist/Katarina Ingvarsson	Tekniska Verken i Linköping AB
Morgan Rubensson	Statkraft Sverige AB
Fredrik Nordwall/Niklas Egriell	Havs- och vattenmyndigheten
Willem Dekker (adjungerad)	SLU-Aqua
Håkan Wickström (adjungerad)	SLU-Aqua
Sara Sandberg (adjungerad)	Elforsk

"Krafttag ål" pågår mellan 2011-2013 och innehåller både konkreta åtgärder samt forskning och -utvecklingsprojekt för ålens bevarande. För att kunna göra kostnadseffektiva åtgärder för lekvandrande ål med koppling till vattenkraft behövs forsknings- och utvecklingsinsatser. Ett viktigt område är att förbättra kunskapen om överlevnad vid passage av olika typer av vattenkraftanläggningar.

Forsknings- och utvecklingsdelen av programmet finansieras av Havs- och vattenmyndigheten och vattenkraftföretagen E.ON Vattenkraft Sverige AB, Fortum Generation AB, Holmen Energi AB, Karlstads Energi AB, Sollefteåforsen AB, Statkraft Sverige AB, Tekniska Verken i Linköping AB samt Vattenfall Vattenkraft AB.

Stockholm, juni 2012



Sara Sandberg
Programområde Vattenkraft
Elforsk

Sammanfattning

Situationen för det europeiska ålbeståndet är mycket allvarlig och ålbeståndet är mindre än någonsin. För att komma tillrätta med problemet antog EU år 2007 en förordning som innebär att alla medlemsländer måste upprätta en nationell ålförvaltningsplan. Målet för varje nationell förvaltningsplan skall vara att minst 40 % av biomassan av blankål med stor sannolikhet tar sig ut i havet, i förhållande till en skattning av utvandringen utan mänsklig påverkan på ålbeståndet. Sveriges ålförvaltningsplans fyra huvudsakliga åtgärdsområden är 1) inskränkningar i fisket, 2) minskad turbindödlighet, 3) stödutsättningar av glasål och 4) kontroll av yrkesfisket.

I mars 2010 tecknades en frivillig avsiktsförklaring mellan sex vattenkraftföretag och Fiskeriverket. Avsikten var att nå målet 40 procent överlevnad vid utvandring på fem års sikt efter den nationella ålförvaltningsplanens ikraftträdande år 2009. "Krafttag ål" initierades 2011 som ett verktyg för att ta nästa steg med avsiktsförklaringen. Havs- och Vattenmyndigheten (HaV) och sju vattenkraftföretag står bakom "Krafttag ål" som innehåller både konkreta åtgärder och utvecklingsinsatser. Den ökade överlevanden för ål i reglerade vattendrag ska åstadkommas genom att implementera åtgärder där de gör störst nytta, vilket styrs av en prioritetslista där man rankat de elva viktigaste ålvattendragen: 1) Göta älv, 2) Motala ström, 3) Rönne å, 4) Lagan, 5) Norrström, 6) Mörrumsån, 7) Nyköpingsån, 8) Kävlingeån, 9) Örekilsälven, 10) Dalälven och 11) Skräbeån. Dessa elva vattendrag (prio-vattendragen) förväntas alltså ha potentialen att producera flest ålar, grundat på förväntad ålproduktion i kombination med den förväntade inverkan vattenkraftverken har på nedströmsvandrande ål efter att åtgärder har satts in.

För att utreda dödligheten för ål i prio-vattendragen krävs en detaljerad kunskap om förutsättningarna för lyckad ålpassage vid kraftverken som ålen passerar i dessa vattendrag. Tidigare har man antagit att dödligheten är 70% vid samtliga kraftverk och denna studie har syftat till att förbättra kunskapen om ålens möjligheter till nedströmsvandring i prio-vattendragen genom att: 1) Sammanställa befintlig kunskap om förutsättningarna för ålpassage vid kraftverken i prio-vattendragen; 2) Insamlande av information om kraftverken i prio-vattendragen för användning i modell för turbindödlighetsprediktion, 3) Identifiera kunskapsluckor vad gäller förutsättningarna för ålpassage vid kraftverken i huvudfrågan i prio-vattendragen samt rekommendera framtida aktiviteter för att fylla dessa kunskapsluckor.

Den finns en stor skillnad mellan hur många individer som når havet, beroende på om man som i ålförvaltningsplanen använder sig av en konstant kraftverksdödlighet på 70% jämfört med den reviderade förväntade dödligheten baserat på turbinmodellen och empiriska studier. Eftersom dödligheten i vissa fall förväntas understiga 70% och i andra fall överstiga 70%, så blir det reviderade utfallet på antal blankålar som når havet, i vissa fall lägre än vad förvaltningsplanen predikterat och i andra fall högre. En övergripande osäkerhetsfaktor är att ålproduktionen för de flesta prio-vattendragen inte har uppmätts och därför rekommenderar vi att man prioriterar att förbättra kunskapen om omfattning och lokalisering av denna produktion. Flera av de högproduktiva vattendragen är förhållandevis små och det finns i dag beprövad teknik som bidrar till en ökad passageöverlevnad vid

denna typ av kraftverk. Vattendrag där sådana åtgärder rekommenderas är: Rönne å, Kävlingeån, Örekilsälven, Nyköpingsån, Skräbeån och Borgvikeälven. I större vattendrag är det avsevärt mycket svårare att återställa fria vandringsvägar, men i många fall mycket angeläget och inte på något sätt omöjligt. Exempel bland priorvattendragen på stora vattendrag med hög ålproduktion och förhållandevis få vandringshinder är Göta älv, Motala ström och Norrström. Vi rekommenderar att det fortsatta arbetet även fokuserar på att testa åtgärder i ett eller flera av dessa vattendrag. Mörrumsån och Lagan har gemensamt att de innehåller ett stort antal kraftverk mellan huvudproduktionsområdet och havet och att man i båda fall har åluppsamlingsanläggningar med åtminstone en god potential för en hög överlevnad. I Dalälven är den skattade ålproduktionen låg och det ligger många och stora kraftverk i älvens nedre delar, vilket sammantaget gör att från ett ålperspektiv åtgärdskostnaderna blir höga och samtidigt nyttan låg.

För att man ska kunna uppnå det mål som satts upp för Krafttag ål, behöver man främst arbeta vidare med att öka kunskapen om var och i vilken omfattning ålproduktionen sker. Man behöver även säkerställa en fortsatt god rekrytering av ålyngel till dessa vatten, samt en hög överlevnad för dessa individer till utvandring sker. Slutligen behöver åtgärder implementeras för hög överlevnad vid utvandring till havet för dessa individer, där kunskapen bedöms vara tillräcklig för små- och medelstora vattendrag, men där en stor satsning behövs på förbättrad kunskap om åtgärder i stora vattendrag.

Summary

The critical situation for European eel population was addressed in 2007 by a new Council Regulation (No 1100/2007/EC), which required all member states to develop national eel management plans. The goal of each of these national eel management plans is to allow with high probability the escapement of the silver eel to the sea is at least 40% of the best estimate of escapement biomass that would have existed if no anthropogenic influences had impacted the stock. The four main actions of the Swedish eel management plan are: 1) reduction of the fishery, 2) improved possibilities for downstream migration (reduced turbine mortality), 3) stocking of glass eel and 4) increased control measures.

“Krafttag ål” was initiated in 2010 to contribute to reduced turbine mortality with the goal of allowing at least 40% of downstream migrating eels in rivers with hydropower dams to reach the sea. This letter of intent was signed by the Swedish hydropower industry and the Swedish Agency for Marine and Water Management. The reduced turbine mortality shall be achieved by implementing measures where they are expected to give the largest effect (“most bang for the buck”). The Swedish rivers have been ranked in a priority list, with the following eleven rivers listed as “top priority rivers”: 1) Göta älv, 2) Motala ström, 3) Rönne å, 4) Lagan, 5) Norrström, 6) Mörrumsån, 7) Nyköpingsån, 8) Kävlingeån, 9) Örekilsälven, 10) Dalälven and 11) Skräbeån. These 11 rivers are believed to have the greatest potential for increasing survival of eels after rehabilitative measures have been implemented.

According to the Swedish eel management plan, the silver eel mortality at all hydroelectric plants in the top priority rivers has been set to 70%. It is unclear how realistic the assumed passage mortality of 70% is, and thus the aim of this study is to obtain information about the passage conditions in the top priority rivers by: 1) collecting information about studies carried out in the top priority rivers, 2) estimating turbine-induced mortality in the top priority rivers using a newly developed model, and 3) identifying what is known and not known about eel downstream passage conditions in the top priority rivers and proposing future activities within this context.

Estimates of silver eel escapement to the sea, based on a constant 70% turbine induced mortality (old estimate), generally differed from model estimates using empirical data (new estimate). In most cases the new estimate is higher than the old, i.e. more eels are expected to reach the sea, but in some cases the combined mortality is even higher than the assumed mortality of 70% per plant. In addition, eel production is not known for most rivers, which means that even with accurate estimates of passage survival will not help us in estimating total escapement to the sea. It is not even known if eels are still present in some of the rivers, and thus we recommend further investigations be conducted in these rivers. For the small rivers, such as Rönne å, Kävlingeån, Örekilsälven, Nyköpingsån, Skräbeån and Borgvikeälven, proven methods to improve passage or collect eels are available for implementation. In large rivers like Göta älv, Motala ström and Norrström, it is more difficult, but technically possible. We recommend that rehabilitative measures be implemented and tested in one or several of these large rivers.

To reach the goals of Krafttag ål, more effort needs to be put into identifying the current situation and the current eel production in the top priority rivers. After identifying the most productive areas, actions are needed to ensure a sustainable eel production by enabling juvenile eels to reach these rearing areas. The next step will be to implement measures to allow silver eels to migrate from freshwater rearing areas to the sea. The current knowledge is rather good on such rehabilitative measures in small to medium sized rivers, whereas there is an urgent need to gain more knowledge about measures passing or collecting silver eels at plants in large rivers.

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Den svenska ålförvaltningsplanen	1
1.2	Krafttag ål.....	2
2	Uppdraget	4
3	Ål och kraftverkspassage i litteraturen	6
3.1	Ål och turbinpassage	6
3.2	Ål och intagsgaller.....	8
3.3	Åtgärder för förbättrad passage av kraftverk	8
4	Ål och kraftverkspassage i priovattendragen	12
4.1	Göta älv.....	13
4.2	Motala ström	18
4.3	Rönne å	21
4.4	Lagan	23
4.5	Norrström (Mälaren).....	25
4.6	Mörrumsån.....	27
4.7	Nyköpingsån	29
4.8	Kävlingeån	31
4.9	Örekilsälven	34
4.10	Dalälven	36
4.11	Skräbeån	38
4.12	Reviderad dödlighet för kraftverkspassage	40
5	Diskussion och rekommendationer	41
5.1	Ålproduktion i teori och praktik	41
5.2	Turbindödlighet i teori och praktik	42
5.3	Åtgärder	42
5.4	Rekommendationer	44
6	Finansiärer och källor	45
7	Referenser	46

1 Introduktion

Situationen för den europeiska ålpopulationen är mycket allvarlig och ålbeståndet är mindre än någonsin (Casselman och Cairns, 2009). Redan under 1950-talet kunde man skönja en tydlig minskning av ålbeståndet i Östersjöregionen (Fiskeriverket, 2008) och från tidigt 1980-tal till sent 1990-tal minskade rekryteringen av ålyngel till Europa med >90% (Dekker, 2003). Orsakerna till ålens kritiska situation är ännu inte fullt klarlagda, men i likhet med andra fiskarter som vandrar mellan hav och sötvatten (s.k. diadroma arter) tror man att minskningen orsakats av fragmentering, bioackumulering av miljögifter, sjukdomar, parasiter, fiske och klimatförändringar och dess effekter på havsmiljön (Friedland *et al.*, 2007; Lucas *et al.*, 2009). Något som är speciellt allvarligt i ålens fall, är att samtliga livsstadier utsätts för ett omfattande fiske.

Ålen kan tillbringa tillväxtperioden till havs eller i sötvatten, eller periodiskt röra sig mellan de två. För de ålar som vandrar upp i vattendrag och sjöar utgör vandringshinder ett stort problem, eftersom ålen inte har tillgång till huvuddelen av de naturliga uppväxtmiljöerna i sötvatten. För att hjälpa ålen att komma vidare uppströms har man vid vissa hinder byggt ålyngelledare och/eller konventionella fiskvägar, men den vanligaste åtgärden är att transportera importerade eller fångade ålyngel och sätta ut dem längre upp i avrinningsområdena. När ålen sedan blir vandringsmogen, dvs. utvecklas från gulål till blankål, vandrar de nedströms mot havet och stöter då på samma vandringshinder igen. Vid många vattenkraftverk dör en stor andel av ålen på intagsgallren och i turbinerna (Calles *et al.*, 2010b; Lagenfelt och Hemmingsson, 2011; Lagenfelt och Westerberg, 2009). Dödligheten varierar dock stort och beror av faktorer som intagsgallrens spaltvidd, fallhöjd, turbintyp, löphjulens storlek, rotationshastighet m.m. (Montén, 1985).

1.1 Den svenska ålförvaltningsplanen

År 2007 antog EU en förordning som innebar att alla medlemsländer måste upprätta en nationell ålförvaltningsplan. Målet för varje nationell förvaltningsplan skall vara att minst 40 % av biomassan av blankål med stor sannolikhet tar sig ut i havet, i förhållande till en skattning av utvandringen utan mänsklig påverkan på ålbeståndet. Sveriges ålförvaltningsplans (ÅFP) fyra huvudsakliga åtgärdsområden är (Fiskeriverket, 2008):

1. Inskränkningar i fisket
2. Minskad turbindödlighet
3. Stödutsättningar av glasål
4. Kontroll av yrkesfisket bl.a. antal fiskedagar och fångstredovisning

Avsikten med ÅFP:s utformning är att den i ett inledande skede snabbt skall öka på utvandringen av blankål som tar sig från huvudproduktionsområdet till havet och vidare till lekplatsen. De åtgärder som beskrivs i ÅFP har utvärderats 2012 (Dekker, 2012). I denna utvärdering har Sverige redovisat

övervakning, effektivitet och resultat till EU. För att nå den fastställda målnivån på 40% utvandring av blankål kommer planens genomförande ske genom en adaptiv process, där åtgärder kommer att anpassas när nödvändigt data tagits fram. För att ta reda på den uppskattade mängden av ett ålbestånd utan mänsklig påverkan har man använt sig av en produktionsmodell som styrs av tre variabler (Opublicerat, Fiskeriverket 2010):

1. Avstånd till havet, mätt från sjöns mynning till havet
2. Mängd fosfor - simulerad vattenburen nettobelastning
3. Sjöns tillväxtsång, beskrivet som antalet dagar med lufttemperatur över 5, 10, 15 & 20°C

Av praktiska skäl har man endast räknat med en ålproduktion i sjöar och större vattendrag. För små och medelstora vattendrag har produktionen i själva vattendragen (bäck/å/älv) satts till noll. Modellen genererar skattningar av den teoretiska produktionspotentialen för varje sjö, vilket inte tar hänsyn till omfattningen av rekrytering av ålyngel och inte heller till den faktiska produktionen. Modellens produktionsskattningar har legat till grund för ÅFP.

För att skatta hur stor andel av den blankål som produceras som når havet efter kraftverkspassage, har man i ÅFP använt sig av data från litteraturen (Widemo och Wickström, 2007). Man fann att dödligheten för blankål som passerar turbiner varierade mellan 9–100% och att den genomsnittliga dödligheten var ca 70%. Denna medeldödlighet har använts som förväntat bortfall vid samtliga vattenkraftverk som ingår i beräkningarna för ÅFP. Eftersom man konstaterade att dödligheten varierar stort mellan olika kraftverk, riskerar man alltså att få missvisande skattningar för hur många blankålar som beräknas nå havet för ett visst vattendrag.

1.2 Krafttag ål

Vattenkraftsindustrin har i en frivillig avsiktsförklaring från mars 2010 deklarerat att man tillsammans med Fiskeriverket (nuvarande Havs- och Vattenmyndigheten, HaV) inom en femårsperiod öka den totala överlevnaden av utvandrande blankål till minst 40% av den potentiella blankålsproduktionen i vattendrag där ålen måste passera minst ett kraftverk. Parterna går från ord till handling genom satsningen "Krafttag ål" som pågår 2011-2013. Den ökade överlevnaden för ål i reglerade vattendrag ska åstadkommas genom att implementera åtgärder där de gör störst nytta, vilket styrs av en prioritetslista där man räknat de elva viktigaste ålvattendragen: 1) Göta älv, 2) Motala ström, 3) Rönne å, 4) Lagan, 5) Norrström, 6) Mörrumsån, 7) Nyköpingsån, 8) Kävlingeån, 9) Örekilsälven, 10) Dalälven och 11) Skräbeån. Dessa elva vattendrag (prioritetsvattendragen) förväntas alltså ha potentialen att producera flest ålar, grundat på den redan nämnda ålproduktionsmodellen i kombination med den förväntade inverkan vattenkraftverken har på nedströmsvandrande ål efter att åtgärder har satts in. Beräkningar har sammanställts i den s.k. fördelningsnyckeln (nyckeln), som innehåller information om produktionspotential och kraftverk från totalt 27 olika vattendrag. Nyckeln skapades för att man skulle kunna ta fram en

inbördes prioritetsordning för vattendragen och ger inte exakta uppskattningar av ålproduktionen.

I nyckeln används den redan tidigare nämnda medeldödligheten för kraftverkspassage på 70% (Widemo och Wickström, 2007). De vattendrag och kraftverk som ingår i nyckeln visar på stor variation, vilket talar för att även åldödligheten vid kraftverkspassage kommer att variera stort och med andra ord kommer man att få ett missvisande utfall om en och samma dödlighet används för samtliga kraftverk. Ett sådant fel kan göra det svårt att uppnå det huvudsakliga målet med programmet Krafttag ål, vilket ju är att implementera åtgärder där de gör störst nytta. Krafttag ål har därför tagit initiativet till en kunskapssammanställning om dödlighet för ål som passerar kraftverken i de vattendrag som prioriterats högst i den svenska ålförvaltningsplanen, dvs. priorovattendragen. Det primära syftet med uppdraget är att samla in information som bidrar till att nyansera skattningen av förväntad dödlighet för de blankålar som passerar vattenkraftverk i prioriterade vattendrag i och på så sätt maximiera utbytet av de åtgärder som genomförs i reglerade svenska vattendrag för att uppnå målet att 40% av den potentiella blankålsproduktionen i vattendragen ska nå havet.

2 Uppdraget

För att utreda dödligheten för ål i priovattendragen krävs en detaljerad kunskap om förutsättningarna för lyckad ålpassage vid de kraftverk som ålen passerar i dessa vattendrag. Tidigare har man som redan nämnts utgått från att dödligheten är 70% vid samtliga kraftverk, vilket i vissa fall sannolikt inte ger en rättvisande bild av det faktiska läget. Den mest korrekta bilden av dödligheten vid ett visst kraftverk får man genom att utföra empiriska studier på ål som passerat turbinerna vid just det kraftverket. Eftersom det skulle krävas ett mycket omfattande arbete för att genomföra sådana studier vid samtliga kraftverk, är den alternativa strategin att bedöma dödligheten genom att analysera de kraftverksegenskaper med dokumenterad betydelse för skaderisk vid passage. Faktorer som påverkar dödligheten för ål som passerar kraftverket är t.ex. fallhöjd, turbintyp, löphjulens diameter, rotationshastighet och intagsgallrens egenskaper (Calles *et al.*, 2010b; Montén, 1985).

En modell som baseras på information om kraftverkens egenskaper och som testats mot empiriska studier, kan komplettera informationen om faktiskt bortfall för att ge en nyanserad skattning av hur mycket ål som klarar sig ut till havet från priovattendragen. Sammanställningen kan även åskådliggöra om det råder en särskild kunskapsbrist för någon viss kraftverkstyp, för vilken man då kan motivera empiriska studier av dödligheten. Sammantaget ska det förbättrade kunskapsläget bidra till att öka precisionen i beräkningarna av hur mycket ål som överlever passagen av de olika kraftverken. Detta ger även ett förbättrat beslutsunderlag för var åtgärder skulle göra störst nytta.

Arbetsordningen har varit:

1. *Sammanställa befintlig kunskap om förutsättningarna för ålpassage vid kraftverken i huvudfåran i de elva högst prioriterade vattendragen i den svenska ålförvaltningsplanen (priovattendragen)*
 - a. *Sammanställning av genomförda studier på kraftverksbortfall i priovattendragen*
 - b. *Insamlande av information om kraftverken i priovattendragen för användning i modell för turbindödlighetsprediktion (Leonardsson, 2012)*
2. *Komplettera ovan nämnda sammanställning med information från studier i andra vattendrag*
3. *Identifiera kunskapsluckor vad gäller förutsättningarna för ålpassage vid kraftverken i huvudfåran i priovattendragen samt rekommendera framtida aktiviteter för att fylla dessa kunskapsluckor.*

För att sammanställa den befintliga kunskapen om förutsättningarna för ålpassage i priovattendragen har vi kontaktat kraftverksägarna samt ålexperter på flera olika myndigheter och andra organisationer. För att få standardiserade svar på frågor om de olika kraftverken, användes ett frågeformulär (Tabell 1). I många fall har ytterligare kontakt tagits med

kraftverksägarna och andra kunniga, för att få en så heltäckande bild som möjligt av ålens passagemöjligheter vid de anläggningar som ingår i nyckeln. Informationen som erhållits om kraftverkens turbiner har sedan använts för att prediktera dödligheten för ål med hjälp av den modell som tagit fram inom ramen för Krafttag ål (Leonardsson, 2012).

Av grundläggande betydelse för förståelsen för ÅFP var intervjuer med experter från tidigare Fiskerverket: Håkan Wickström och Willem Dekker (nu SLU Aqua), Ingvar Lagenfelt (nu Länsstyrelsen Västra Götaland) och Håkan Westerberg (nu aktiv inom EU-projekt Eeliad). Ytterligare information har samlats in från många olika håll, vilket beskrivs under rubriken "6 Finansierare och källor" i slutet av rapporten. Dessa representerar bl.a. myndigheter, universitet, kraftverksindustrin, konsulter, föreningar och ålintresserade privata aktörer i Sverige.

Tabell 1. Frågeformulär som skickats ut till ägare av kraftverk i de elva vattendrag som prioriterats högst i den svenska ålförvaltningsplanen (Fiskeriverket, 2008).

Typ av information	Specifikation	Kommentarer
Vattendragsnamn		
Kraftverksnamn		
Antal turbiner		
Ägare		
Turbintyp (-er)		
Diameter på löphjul		
Rotationshastighet		
Antal skovlar		
Skattat årligt spill (m ³ /s, %)		
Fallhöjd		
Slukförmåga (m ³ /s)		
Fiskevårdande åtgärd för uppströms passage		
Fiskevårdande åtgärd för nedströms passage		
Intagsgaller spaltbredd		
Har studier av fiskpassage genomförts?		
Källor studier på fiskpassage		

3 Ål och kraftverkspassage i litteraturen

Åtskilliga studier har under årens lopp ägnats åt fiskars passage av vattenkraftverk och då i synnerhet genom turbinerna. Turbinernas effekt på passerande fisk beror på en rad olika parametrar som t.ex. turbintyp, fallhöjd och rotationshastighet, men av avgörande betydelse är även vilken fiskart och livsstadium som avses. Det är många faktorer som skiljer mellan olika kraftverk och mellan olika studier, vilket gör det svårt att använda resultat från en studie för att förutspå resultat för ett annat kraftverk. Ålen är till följd av sitt beteende och sin långsmala kroppsform extra utsatt vid kraftverkspassage, eftersom de är smala nog att ta sig igenom relativt små öppningar och samtidigt så långa att de löper hög risk att träffas av turbinens rörliga delar vid passage (Montén, 1985).

3.1 Ål och turbinpassage

Ålens skaderisk vid turbinpassage påverkas bl.a. av rotationshastigheten (rpm), fallhöjd, löphjulsdiameter (turbinstorlek) och turbintyp. De två vanligaste löphjulstyperna är Kaplan och Francis. Francis-löphjul har många skovlar och relativt liten diameter, vilket gör att Francis ofta orsakar högre dödlighet vid passage, än Kaplan-löphjul. Francis används oftast vid högre fallhöjder än Kaplan, vilket också ger upphov till en högre dödlighet genom en högre vattenhastighet. Det kan dock vara svårt att fastställa exakt vilken faktor som bestämmer passagedödligheten vid ett visst kraftverk.

Sannolikheten för att ålen träffas av ett eller flera skovelblad vid turbinpassage påverkas av bl.a. löphjulsdiameter (turbinstorleken), hastigheten på inkommande vatten och rotationshastigheten (Montén, 1985). Dödligheten ökar med ökad körning i en Francis-turbin, medan dödligheten generellt är som lägst vid full körning i en Kaplan-turbin. Anledningen till att skaderisken är som lägst vid full körning i en Kaplan-turbin, är att skovelbladens vinkel ändras med ändrat flöde och att den fria ytan mellan skovelbladen är som störst vid fullt pådrag, vilket i sin tur innebär att mer vatten och ål kan passera mellan skovelbladen (Montén, 1985). I Francis-turbinen innebär ökad körning en ökad vattenhastighet, vilket innebär att dödligheten vid träff ökar. T.ex. så observerade man en ökad dödlighet för ål med ökad körning i Francis-turbinerna vid Ätrafors kraftverk i Ätran (tre dubbel-Francis, 187 rpm, 23,5 m fallhöjd), från 20% dödlighet vid 27% körning, 60% dödlighet vid 63% körning och slutligen 100% dödlighet vid 100% körning (Calles *et al.*, 2010b). Den genomsnittliga dödligheten för ål vid kraftverket i Ätrafors var 60%. I en liknande studie på blankål som passerade en Kaplan-turbin i vattendraget Meuse i Belgien/Nederländerna så sjönk dödligheten från ca 25% när maskinen kördes på ca 30 m³/s till ca 8% när maskinen kördes på ca 100 m³/s (Jansen *et al.*, 2007). De två exemplen från Ätran och Meuse illustrerar även komplexiteten med empiriska studier på

turbindödlighet eftersom utfallet är helt beroende av omständigheterna som råder vid undersökningstillfället.

I Ätråns mynning finns kraftverket Herting med tre Kaplan-turbiner med ca 5 m fallhöjd, 187 -250 rpm och en total slukförmåga på 65 m³/s (Calles och Bergdahl, 2009; Karlsson, 2008). Dödligheten för radiomärkt blankål som passerade detta kraftverk var 29% och således ungefär hälften av vad som observerades för blankålen som passerade Francis-turbinerna med hög fallhöjd i Ätrafors (Calles *et al.*, In press-a). Det är dock inte så enkelt som att turbintypen avgör dödligheten, t.ex. observerades 100% dödlighet för Amerikansk ål som passerade Kaplan-turbiner i ett kraftverk i Magaguadavic River (Carr och Whoriskey, 2008). Turbinerna hade en diameter på 2,6 meter och en slukförmåga på ca 30 m³/s och sannolikt orsakades den höga dödligheten av relativt hög fallhöjd (ca 24 meter) i kombination med snabbt snurrande löphjul (240 varv/minut).

Under åren 1960 -1961 utförde Erik Montén omfattande studier på kraftstationer i södra Sverige utrustade med Kaplan-turbiner (Montén, 1985). Två av dessa kraftstationer, Nöbbelöv och Broby, ligger i Helgeå och har många egenskaper gemensamt. Båda har en fallhöjd på 10 m, en slukförmåga på 23 m³/s och löphjulets rotationshastighet är 250 rpm (varv/minut). Skillnaden består i att Nöbbelöv har en löphjulsdiameter på 1940 mm, medan Broby har en löphjulsdiameter på 2060 mm. Vid maximal körning i maskinerna (Q_{MAX}) var skadefrekvensen 73% i Nöbbelöv och 74% i Broby, med andra ord i stort sett identiska förluster. Man noterade en högre skadefrekvens vid lägre körning, nämligen 84% vid 72 % av Q_{MAX} i Nöbbelöv och 81% vid 74 % av Q_{MAX} i Broby.

Det inte alltid det är en tydlig skillnad i dödlighet mellan olika körning i Kaplan-turbiner. T.ex. observerade man en dödlighet >90% för körning på 29-86% av Q_{MAX} vid turbinpassageförsök på ål i Gustavsbergs kraftstation i Kilaån, ett biflöde till Nissan (Montén, 1985). Kraftverket hade fallhöjden 11,5 m och slukförmågan 11 m³/s, men den höga dödligheten misstänktes bero på att kraftverket hade en liten (1300 mm) och snabbt roterande Kaplan-turbin (375 rpm). Att ett mindre löphjul och ett högt varvtal innebär höga förluster vid turbinpassage är en faktor som är återkommande i många studier (Montén, 1985). Skaderisken är även hög när det inkommande vattnet inte träffar skovelbladen i samma riktning som löphjulets axel, dvs. när vattnet abrupt ändrar riktning från horisontellt till vertikalt flöde efter att ha passerat ledskenorna. Detta förekommer vanligen i turbiner med vertikal axel och vertikalt löphjul och konsekvensen blir en ökad skaderisk.

Under en studie vid kraftverket Linne i vattendraget Meuse (se även ovan) var turbindödligheten omvänt relaterad till ålens kroppslängd, dvs. dödligheten ökade med ökad kroppslängd (Bruijs *et al.*, 2003). Kraftverkets turbin var en s.k. bulbturbin vilket är en Kaplan-turbin med axiellt genomflöde (rörturbin) där hela turbinen, och tillhörande generator, ligger under vatten i en strömlinjeformad "bulb". Löphjulets diameter var 4000 mm, varvtalet 83 rpm och fallhöjden 4 m. För ål som passerade turbinen var dödligheten 19% för 50-59 cm långa ålar, 25% för 60-69 cm långa ålar och 29% för 70-79 cm långa ålar. Författarna understryker att man inte tagit hänsyn till fördröjd mortalitet och att den verkliga dödligheten sannolikt är högre, vilket man i

studier på laxfisk funnit vara åtminstone lika stor som den direkta dödligheten (Ferguson *et al.*, 2006).

3.2 Ål och intagsgaller

Intagsgallrets primära syfte är att skydda turbinen från drivgods, men i många vattendomar ställs krav på att dessa intagsgaller ska ha en begränsad spaltvidd (s.k. fingaller eller fingrindar) för att hindra fisken från att passera och gå in i turbinerna och skadas (Calles *et al.*, In press-b). Om ingen alternativ passage finns tillgänglig, eller om fisken kläms fast på fingallret, gör dock sådana fingaller mer skada än nytta (Calles *et al.*, 2010b). Med en spaltbredd på 20 mm (fingaller) så räcker det med en strömhastighet på 1,5 m/s för att hindra de flesta fiskarter från att frigöra sig från gallret (Montén, 1985) och för ålen anges 0,5 m/s som en övre gräns för den vattenhastighet som ålen kan visats i en längre tid utan att klämmas fast på gallret (DWA, 2005).

I vissa fall kan ålen ha större chanser att överleva om den tillåts passera genom turbinen än om ett fingaller hindrar den från att passera, men givetvis är det alltid bättre för alla fiskarter om de inte behöver simma genom kraftverkens turbiner. Den kunskap som finns i dag kring påverkan på fisk av turbinpassage berör kortsiktiga effekter och kunskapen är ytterst begränsad om hur fisken påverkas på lång sikt av detta, men som redan nämnts finns studier som visat att den fördröjda dödligheten är omfattande (Ferguson *et al.*, 2006). Praxis för fingrindar i svenska kraftverk är en spaltbredd på 20 mm, men denna specifika spaltvidd finns inte fastställd i någon lagtext utan regleras av respektive kraftverks vattendom. I de fall intagsgallret ska stoppa fisk från att passera så styrs valet av spaltvidd av storleken på fisken man vill hindra från att passera, men även av hur stor påverkan på kraftverksdriften som är godtagbar. Mindre spaltbredd än 20 mm krävs ofta i andra länder och i Danmark har man t.ex. lag på 10 mm spaltbredd (Pedersen *et al.*, 2011), vilket även rekommenderas i Tyskland. I Nordamerika finns exempel på galler med <2 mm spaltvidd (Gough *et al.*, 2012).

I Ätran fann man att ett 20 mm galler dödade alla ålar över 680 mm, vilket motsvarade 41% av de radiomärkta blankålar som ingick i försöket (Calles *et al.*, 2010b). De mindre ålarna passerade genom gallret och som nämnts ovan resulterade det i en dödlighet som stod i relation till körningen vid kraftverket, med en genomsnittlig turbininducerad dödlighet på 60%. Gallerdödligheten vid Ätrafors kraftverk förklarades med att det saknades en alternativ passage i kombination med ett högt vattentryck på gallret, vilka båda är vanligt förekommande faktorer vid svenska kraftverk (Calles och Bergdahl, 2009; Calles *et al.*, 2010b). Det finns få konkreta exempel på andra studier på omfattningen av åldödlighet på intagsgaller, men många kraftverksägare rapporterar att de får döda ålar på sina intagsgaller under perioder med höga flöden och i synnerhet om vattentemperaturen är låg (personlig observation Olle Calles).

3.3 Åtgärder för förbättrad passage av kraftverk

Det finns många olika metoder för att leda av fisk från turbinintag, och man kan dela upp dem i mekaniska och beteendestyrda avledare (DWA, 2005). De

mekaniska avledarna hindrar fisken fysiskt från att gå in i turbinerna och leder dem till en alternativ passage, medan de beteendestyrda avledarna är beroende av en beteendestyrd respons från fisken för att de ska fungera. De mekaniska avledarna utgörs vanligen av galler, perforerade plåtar eller nät (Odeh, 1999; Odeh och Orvis, 1998). De beteendestyrda avledarna utgörs vanligen av bubblor, ljus, ljud, och väggar/länsar som inte täcker hela vattendragets djup (Coutant, 2001). Beteendestyrda åtgärder har främst visat på goda resultat i stillastående och långsamt strömmande vatten (Welton *et al.*, 2002), men kan med fördel användas för att förbättra funktionen hos mekaniska avledare även vid vattenkraftverk (Greenberg *et al.*, In press). Ytterligare en åtgärd för förbättrad nedströmspassage är att spilla tillräckligt mycket vatten vid sidan av kraftverket för att ålen ska lockas att gå den vägen (Acou *et al.*, 2008).

Det finns få åtgärder för förbättrad nedströmspassage av vattenkraftverk i Sverige, men de försök som gjorts inbegriper fingaller i kombination med en eller flera flyktöppningar (Calles *et al.*, In press-b). I Ätran bytte man ut intagsgaller med 63° lutning och 20 mm spalt mot galler med 35° lutning, 18 mm spalt och sex flyktöppningar. Åtgärden innebar bl.a. att överlevnaden för passerande blankål ökade från <30% till >90% (Calles, 2009; Calles och Bergdahl, 2009; Calles *et al.*, 2010b). En liknande avledare i Övre Finsjö kraftverk i Emån användes av ål och ytterligare 13 fiskarter, men den exakta passageframgången för ål fastställdes inte (Kiström *et al.*, 2010). Den senaste avledaren av denna typ testas för närvarande i prio-vattendraget Mörrumsån och det senaste steget i metodutvecklingen är att tillverka gallret i kompositmaterial, för att minska de problem som ofta uppstår med fingaller avseende isbildning, fallförluster, påväxt etc. Projektet med kompositavledaren vid Granö kraftverk beskrivs mer nedan under rubriken "4.6 Mörrumsån". I dag planeras liknande åtgärder vid många kraftverk i Sverige och förhoppningen är att inom de närmsta åren kommer erfarenheterna från sådana lösningar att öka och spridas.

En variant av flyktöppningar är de s.k. ålrör eller ålsifoner som testats på flera håll (Boubée och Williams, 2006; Calles *et al.*, In press-a; Calles *et al.*, In press-b; Gosset *et al.*, 2005). Eftersom ålen inte tycks ha några större problem med att gå in i trånga passager, kan man låta flyktöppningar utgöras av rör istället för luckor/utskov. Ofta kan en sådan lösning bli både enklare och billigare än vad den typiska flyktöppningen är. Ofta använder man självtryck för att åstadkomma ett flöde genom en passage (rör) eller så använder man sig av en pump och häverteffekten för att åstadkomma och bibehålla ett flöde (sifon). En sådan sifon i kombination med ett grovgaller passerade en del ål i Ätran, men effektiviteten var låg (Calles *et al.*, In press-a). Ytterligare en sifon i ett biflöde till Ätran, men denna gång i kombination med ett fingaller, passerade 141 ålar samtidigt som ingen observerades död på intagsgallret (Jacobson, 2012). Lösningen tycks alltså fungera även om den exakta effektiviteten inte har fastställts. Tre ålrör på olika djup i Alsterälven passerade 13 arter, där ål var den vanligast förekommande. Ål och lake föredrog röret närmast botten (74% för ål), medan alla andra arter föredrog röret närmast ytan (Calles och Andersson, 2009; Calles *et al.*, 2010a). En fransk studie visade på samma bottenpreferens hos ål, men man kunde inte ange exakt hur stor andel av ålen som valde ett bottenutskov framför ett ytutskov (Gosset *et al.*, 2005). Nyss nämnda studie från

Alsterälven visade på problem med rören som flyktöppning för andra arter än ål, eftersom stor gädda och gös vid flera tillfällen fastnade och blockerade öppningarna (Olle Calles, inte publicerat). Man upplevde samma problem på Nya Zeeland, men där var det betydligt grövre tropisk ål som fastnade i och blockerade en sifon som sedermera fick kastas eftersom ålen inte gick att få ut (Boubée och Williams, 2006). Den nyss nämnda ålsifonen på Nya Zeeland passerade flera hundra ålar per år, men effektiviteten var inte känd.

Beteendestyrda avledare har ofta en låg effektivitet vid vattenkraftverk (Gosset och Travade, 1999), sannolikt till följd av de höga vattenhastigheterna som kan dölja de beteenden som induceras. I Norrtäljeån testade man att leda av ål med stroboskop, vilket hade en effekt eftersom 60% valde att den alternativa passagen vid sidan av ljusrampen när ljuset var på att jämföra med 27% när ljuset var avstängt (Larsson, 1998). Vid Granö kraftverk försökte man leda den utvandrande ålen förbi kraftverket genom att leda av dem från tillloppskanalen till den intilliggande gamla fåran varvid man använde sig av tre olika beteendestyrda avledare: ljusspärr, luftspärr och elspärr, med 45° lutning mot intagskanalens ena sida där en ålkista fanns belägen (Martinell, 1965). När ingen avledare var i drift vandrade 37% av ålen ut i ålkistan, medan siffran höjdes till 48% för luftspärren, 78-90% för elspärren, 81% för ljusspärren och 84% för en kombination av luft- och ljusspärren (Martinell, 1965). Den belysta bubbelridån gav alltså en tydlig effekt och man drog slutsatsen att kombinationen ljus- och bubbelbarriär var det billigaste och säkraste av avledartyperna. Det är oklart varför man valde att inte sätta någon av dessa lösningar i permanent drift vid kraftverket.

När man har lett av fisken från intagskanalen, kan man antingen leda dem tillbaka till vattendraget nedströms kraftverket, eller samla dem och transportera dem nedströms förbi samtliga kraftverk i vattendraget sätta ut dem på en plats där de har fri passage till havet. Den senare strategin kallas för "Trap and Truck" eller "Trap and Transport" (T&T) och förekommer på flera platser där många kraftverk är belägna mellan ålens uppväxtområden och havet. I t.ex. Mörrumsån finns en sådan skyldighet inskriven i vattendomen för Granö kraftverk och man har transporterat ålen där sedan länge, vilket bl.a. finns omnämnt i Blekinge läns tidning från 1960 (Anonym, 1960). För att samla ihop ålen används olika tekniker, allt från aktivt fiske med bottengarn i huvudproduktionsområdet, till fasta fällor som ålkistor och Wolf-fällor (Wolf, 1951) som fiskar på strategiskt utvalda platser i de berörda vattendragen. Som ett led i att få fler blankålar till havet har T&T blivit en allt vanligare form av åtgärd i Sverige på senare år och utgör även en viktig del av Krafttag ål (Tabell 2).

Tabell 2. Information om omfattningen av "trap and truck" i Krafttag åls prio-vattendrag 2011. Aktiviteterna i Göta älv, Motala ström, Lagan och Mörrumsån har finansierats av Krafttag ål, medan aktiviteterna i Rönneå har administrerats av Länsstyrelsen i Skåne Län och finansierats av Havs- och vattenmyndigheten. SIC - Svenska Insjöfiskarens Centralförbund.

Prio – Vattendrag – sjö	Antal	Källa & organisation
(1) Göta älv – Vätern	4250	Mats Ingemarsson, SIC
(2) Motala ström - Roxen, Glan, Sommen	548	Anders Nilsson, Yrkesfiskare & transportör
(3) Rönne å - Ringsjön	1400*	Johan Wagnström, Lst Skåne
(4) Lagan - Bolmen	653	Mats Ingemarsson, SIC
(6) Mörrumsån - Åsnen	1883	Carl-Gustav Gustavsson, Blidingsholm
	8734	

* Fångsten uppgick till 1400 kg, vilket skattats till 1400 ålar.

4 Ål och kraftverkspassage i priovattendragen

För att begränsa antalet kraftverk att samla in information om, har vi dels följt prioritetslistan (1-11) och dels fokuserat på respektive vattendrags huvudfåra och huvudsakliga produktionsområden. T.ex. har kraftverken i biflöden med begränsad förväntad ålproduktion exkluderats och i synnerhet om det ligger många kraftverk mellan huvudproduktionsområdet och huvudfåran och/eller havet. Endast utvärderingen av kraftverken har uteslutits för dessa objekt, inte ålproduktionen, utan i de fallen har det förväntade bortfallet vid varje kraftverk legat oförändrat kvar på 70%. Det innebär att vi totalt har reviderat det förväntade bortfallet vid kraftverkspassage för 92% av den totala ålproduktionen i priovattendragen, trots att endast 51% av de kraftverk som finns noterade för dessa vattendrag granskats (Tabell 3).

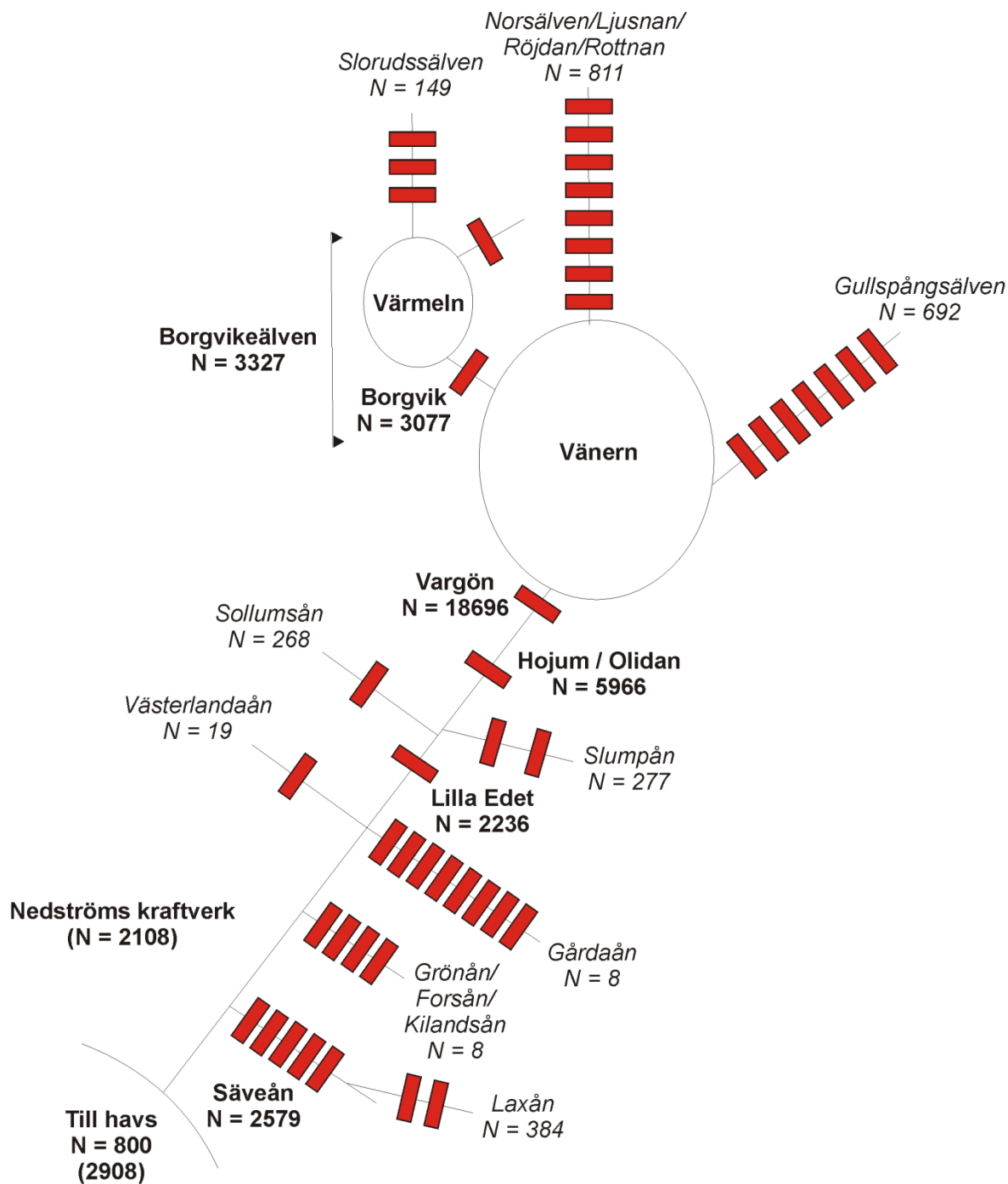
Tabell 3. De inom Krafttag ål högst prioriterade vattendragen, med modellerad ålproduktion i hela vattendraget (totalt) respektive i den del av vattendragen som ligger uppströms ett eller flera kraftverk och bedömts ha störst produktionspotential (ovan krv), samt hur stor del av de ålar som passerar kraftverk som omfattas av analysen i denna rapport (analys). I de sista två kolumnerna anges hur många kraftverk som ingår i nyckeln (totalt) samt hur många av dem som granskats inom denna studie (analys). Observera att produktionsskattningen uppströms kraftverken endast omfattar den del av potentiellt ålhabitat som ingår i nyckeln.

Priovattendrag	Blankålsproduktion				Kraftverk	
	Totalt	Ovan krv	Analys Antal	%	Totalt	Analys
(1) Göta älv	73 391	27 764	24 006	86%	43	10
(2) Motala ström	18 638	4 029	4 012	100%	9	4
(3) Rönne å	12 824	12 255	10 053	82%	15	3
(4) Lagan	12 073	3 885	3 610	94%	17	13
(5) Norrström	38 526	7 488	7 488	100%	4	4
(6) Mörrumsån	8 811	4 336	4 336	100%	7	7
(7) Nyköpingsån	7 981	3 347	3 347	100%	3	3
(8) Kävlingeån	7 750	5 861	5 861	100%	3	3
(9) Örekilsälven	6 639	3 638	3 638	100%	3	2
(10) Dalälven	5 551	923	9 23	100%	6	6
(11) Skräbeån	1 089	528	528	100%	3	3
Totalt	193273	74054	67802	92%	113	58

4.1 Göta älv

Göta älvs huvudproduktionsområde utgörs i huvudsak av Vänern, belägen i Västra Götaland och Värmlands län. Göta älv är Vänerns utlopp och rinner mellan Vänersborg och Göteborg. På denna sträcka ligger tre kraftverk i älvens huvudfåra: Vargön, Olidan/Hojum (Trollhättan) och Lilla Edet. Kraftverket i Trollhättan består av två parallella stationer, Olidan och Hojum, och ålen behöver således bara passera en av dem. Ålproduktionen i Vänern uppskattas till 17515 individer och dess biflöden bidrar med 4979 individer, vilket efter kraftverkspassager innebär att knappt 19000 individer når Vargöns kraftstation i Göta älv i Vänerns utlopp. Fördelningsnyckeln uppskattar att totalt 27764 blankålar produceras i Göta älvs avrinningsområde, varav 800 (ca 3%) når havet efter att ha passerat kraftverken som ligger mellan respektive produktionsområde och havet (Fig. 1). Den insamlade informationen om kraftverken i Göta älv med biflöden finns presenterade i Bilaga 1, Tabeller 1:1-4.

Det finns gott om observationer av ålens vandring från flera av kraftverken i Göta älv med biflöden. Vid Olidans kraftverk i Trollhättan fastnade och dog ålen i sådan mängd att man bedrev ett kommersiellt ålfiske på fingallren. Den genomsnittliga årliga fångsten uppgick t.ex. till 4,7 ton under åren 1961-1970 (Ros, 1975). I samband med detta ålfiske vid Olidan utfördes år 1979 en telemetristudie på ål (Westerberg, 1979). Vid studien fann man att samtliga radiomärkta ålar som simmade nedströms hamnade i turbintag med fingrindar. Vidare observerade man att ålarna kunde simma in och ut ur intagsschakten, men att när de väl kom i kontakt med fingallren, sögs de fast och dog. Det verkar således som att dödligheten för ål vid Olidan varit omfattande till följd av de fingaller som fanns placerade där, men i dag är fingallren ersatta med grovgaller och dessutom prioriteras den andra stationen Hojum vid kraftverksdriften. Nyligen genomförda telemetristudier (hydroakustisk teknik) på vandrande blankål i Göta älvs huvudfåra visade att totalt 68% av blankålen gick förlorad mellan Vänern och havet (Lagenfelt och Westerberg, 2009). Detta bortfall fördelades enligt 24% vid Vargön, 32% vid Olidan/Hojum (Trollhättan) och 38% vid Lilla Edet, vilket är snarlikt det som predikteras av turbinmodellen: 11% vid Vargön, 50% vid Olidan/Hojum (Trollhättan) och 12% vid Lilla Edet. Modellens sammantagna dödlighet blir 61%, vilket är mycket nära den observerade dödligheten på 68%. Turbinmodellens predikterade dödlighet ligger alltså mycket nära vad som observerats, vilket i båda fall är betydligt lägre än den dödlighet som skattats i ÅFP. Det är dock fortfarande en majoritet av ålen som dör innan de når havet och behovet av åtgärder för att öka överlevnaden i det högst prioriterade ålvattendraget i Sverige bedöms som stort.



Figur 1. Skattad produktion av ål inom Göta älvs avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till. De vattendragsnamn som är skrivna med kursiv stil har exkluderats från turbinanalys.

Den största ålproducenten bland Vänerns biflöden är Borgvikeälven (Borgviksälven) och sjön Värmeln som har en förväntad årlig totalproduktion på knappt 3500 individer. Efter att förväntad kraftverksdödlighet dragits bort når 923 individer Vänern och efter passage av de tre kraftverken i huvudfåran beräknas Borgvikeälvens bidra med till ca: 25 blankålar som når havet. Inga observationer av dödlighet finns från Borgvikeälven. Endast en mindre del av ålproduktionen sker uppströms Brunsbergs kraftverk (Fig. 1, biflöde till Värmeln) och dessutom har kraftverket ett 20 mm intagsgaller. Eftersom det saknas en alternativ vandringsväg förbi kraftverket (förutom vid spill) är det troligt att ål dör på intagsgallret. I kraftverket sitter ett snabbt snurrande Francis-löphjul (375 rpm) med 920 mm diameter, och 11 meters fallhöjd (Bilaga 1 – Tabell 1:4). Såväl intagsgallrets som turbinens egenskaper talar för en hög dödlighet för passerande ålar (Calles *et al.*, 2010b; Montén, 1985). Sannolikt är Brunsbergsälvens bidrag till ålproduktionen i Borgvikeälven ytterst begränsat. Antalet ålar som beräknas nå kraftverket i Borgvik är desto högre, men vid Borgviks kraftverk kan ålen passera genom intagsgallret med 53 mm spaltvidd och dödligheten är sannolikt hög i kraftverkets lilla och snabbsnurrande Kaplan-turbin (63% enligt turbinmodellen). Sammantaget skattar ÅFP att dödligheten för Borgvikeälvens ålar är >99%, medan turbinmodellen predikterar 87% dödlighet. Om man slutligen kombinerar den observerade dödligheten för kraftverken i Göta älvs huvudfåra med turbinmodellens prediktion för de två kraftverken i Borgvikeälven, får man fram att 89% av ålen dör innan de når havet. Frågan är om Borgvikeälven har en hög faktisk ålproduktion? Om så är fallet är Borgviks kraftverk sannolikt det kraftverk som bör prioriteras allra högst för förbättrad nedströmspassage, eftersom det produceras stora mängder ål uppströms, kraftverket är litet och överlevande ål vandrar ut i Vänern och Göta älv. Vid besök på plats gjordes bedömningen att en åtgärd för förbättrad överlevnad vore enkel att genomföra. Dessutom pågår ett omfattande rehabiliteringsprojekt i Värmlens huvudsakliga inlopp, Slorudsälven, som ska skapa fria vandringsvägar långt upp i biflödena, vilket ytterligare borde höja värdet av att skapa fria vandringsvägar till och från Vänern. Grums kommun utreder dessutom förnärvarande åtgärdspotentialen i Borgvikeälven (Lennart Rydén, Grums kommun, muntligen).

Den beräknade ålproduktionen i Norsälven med biflöden och Gullspångsälven är begränsad och dessutom tvingas de passera många kraftverk innan de når Vänern, vilket har lett till att kraftverken i dessa vattendrag inte analyserats vidare. Bland biflödena till Göta älvs huvudfåra är det endast Säveån och biflödet Laxån som har förutsättningar för en betydande ålproduktion, vilket utvecklas vidare för Säveån nedan. Totalt skattas årsproduktionen till 2964 individer, varav 68 beräknas nå huvudfåran och havet (efter kraftverksbortfall). Eftersom de tre biflöden som mynnar ut mellan Trollhättan och Lilla Edet producerar få ålar har vi valt att exkludera dessa tre biflödens kraftverk från vidare analys. Samma sak gäller biflödena nedströms Lilla Edet (3 st), med undantag för nyss nämnda Säveån.

Den huvudsakliga ålproducenten i Säveån är sjön Mjörn. För att komma från Mjörn till huvudfåran Göta älv, där det råder fri passage till havet, behöver ålen i Säveån passera fem kraftverk. Nyckeln förutspår att dödligheten längs denna sträcka är 97%, vilket stämmer väl med vad som observerats vid telemetristudier (Lagenfelt och Westerberg, 2009). Den totala dödligheten

motsvarar 50% per kraftverk. Det är förvisso något lägre än vad modellen antagit, men antalet individer som når Göta älv är 68 st vid 70% bortfall per kraftverk respektive 181 st med det observerade bortfallet per kraftverk (50%). Nya studier med mer exakta observationer har visat att dödligheten skiljer stort mellan vissa av kraftstationerna. T.ex. observerades ett bortfall på 82% (27 av 33 individer) vid Solvedens kraftverk, medan dödligheten vid Jonsereds kraftverk endast var 18% (5 av 28 individer) (Lagenfelt och Hemmingsson, 2011). Intagsgallret vid Jonsereds kraftverk är ett fingaller och alternativa vandringsvägar finns i form av två laxtrappor. I de flesta fall är det få nedströmsvandrande fiskar som passerar nedströms genom fiskvägar för uppströmspassage, eftersom fiskvägars optimala placering skiljer sig från avledares. Vid Jonsereds kraftverk ligger dock den ena fiskvägens övre del i direkt anslutning till intagsgallret och av de ålar som simmade in i kraftverkets intagskanal kunde 18 av 22 individer (82%) gå ut via fiskvägen (Ingvar Lagenfelt, muntligen). I Sävåån pågår ett projekt med syftet att förbättra miljön för lax, havsöring, ål och andra fiskar med ett behov av fria vandringsvägar. Vid åtminstone ett av kraftverken i Sävåån, Hedefors kraftverk, planerar man en ny naturlig fiskväg och nytt fingaller med förbipassage. För att åstadkomma en snabb förbättring i Sävåån, borde man på kort sikt samla ihop ålen vid Solvedens kraftverk och transportera dem nedströms (T&T). Eftersom den predikterade höga ålproduktionen och höga kraftverksdödligheten tycks stämma väl med vad som observerats, bör Sävåån och i första hand Solvedens kraftverk vara högt prioriterade för åtgärder. Besök på plats i sällskap av Ingvar Lagenfelt (Länsstyrelsen Västra Götaland) och Stefan Larsson (West Waters), gjordes bedömningen att förutsättningarna är goda för att fånga ål i anslutning till Solvedens kraftverk.

Studier visar att i storleksordningen 1/3 av den blankål som simmar nedströms i Göta älv slutligen överlever till havet (Lagenfelt och Westerberg, 2009). Även om det finns viss osäkerhet i dessa uppgifter, stärks det observerade bortfallet av att turbinmodellen förutspår en liknande dödlighet för blankål som tvingas passera de tre kraftverken (Leonardsson, 2012). Det betydande bortfallet om 60-70% är dock betydligt lägre än den nästintill totala dödligheten som förutspås när man antar ett bortfall om 70% per kraftverk. Om man använder sig av nyckeln och byter ut förväntat kraftverksbortfall mot turbinmodellens prediktioner för kraftverken i Göta älv, Sävåån och Borgvikeälven, så blir utfallet att totalt 30% av blankålen når havet. Detta motsvarar drygt 8000 individer och man får i stort sett samma utfall om man kompletterar nyckeln med den kraftverksdödlighet som observerats. Sammantaget kan man säga att om man använder sig av en mer exakt kraftverksdödlighet för kraftverken i Göta älv, blir det predikterade antalet blankålar som når havet avsevärt mycket högre än vad man får från nyckeln i dess originalutförande (dvs. 70% dödlighet per kraftverk).

Det mesta talar för att det finns fog för Göta älvs höga prioritet som ålproducerande vattendrag och därmed borde åtgärder för att öka blankålsutvandringen till havet ha allra högsta prioritet. Förutom Vänern och Göta älvs huvudfåra, har biflödet Sävåån en dokumenterat hög produktion medan biflödet Borgvikeälven har en hög potential som dock är obekräftad. För att få stor effekt på kort tid bör man anlägga åtgärder för blankålsuppsamling vid Vargöns kraftverk i Göta älv och Solvedens kraftverk i Sävåån. Det är även angeläget att man undersöker om Borgvikeälven

producerar mycket ål och om så är fallet åtgärda Borgviks kraftverk för åluppsamling eller möjliggör nedströmspassage. Rehabiliteringsarbete pågår vid de nästkommande tre kraftverken i Borgvikeälvens huvudfåra uppströms Värmeln (Slorudsälven), och således borde återetableringen av fria vandringsvägar vid Borgviks kraftverk ha en mycket hög prioritet. Om stora resurser satsas på att blankålar ska kunna vandra oskadda från Vänern till havet, bör man även undersöka vilka av Vänerns biflöden som har stor blankålsproduktion. T.ex. visar studier från Alsterälven öster i Karlstad att det produceras minst 320 ålar per år, som nu dessutom kan vandra ner till Vänern efter en enkel åtgärd vid det längst nedströms belägna kraftverket (Calles *et al.*, 2010a). Med tanke på att det finns många vattendrag inom Vänerns avrinningsområde som är betydligt större än Alsterälven, borde förutsättningar finnas för att hitta fler vattendrag med betydande ålproduktion och där åtgärder kan förväntas få stor effekt. Det är inte oproblemiskt att åtgärda kraftverk i vattendrag av Göta älvs storlek, men desto mer angeläget att arbetet med utveckling av sådana åtgärder inleds.

Åtgärdsförslag:

1. Uppsamling och transport av blankål från Vargöns kraftverk till havet, samt studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling
2. Uppsamling och transport av blankål från Solvedens kraftverk till havet samt studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling.
3. Undersök blankålsproduktionen i Borgvikeälven och åtgärda Borgviks kraftverk för att möjliggöra uppströms- och nedströmspassage för alla förekommande fiskarter
4. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till Vänern och andra viktiga ålproducerande sjöar
5. Undersök ålproduktionen i biflöden till Vänern och utred behovet av åtgärder

4.2 Motala ström

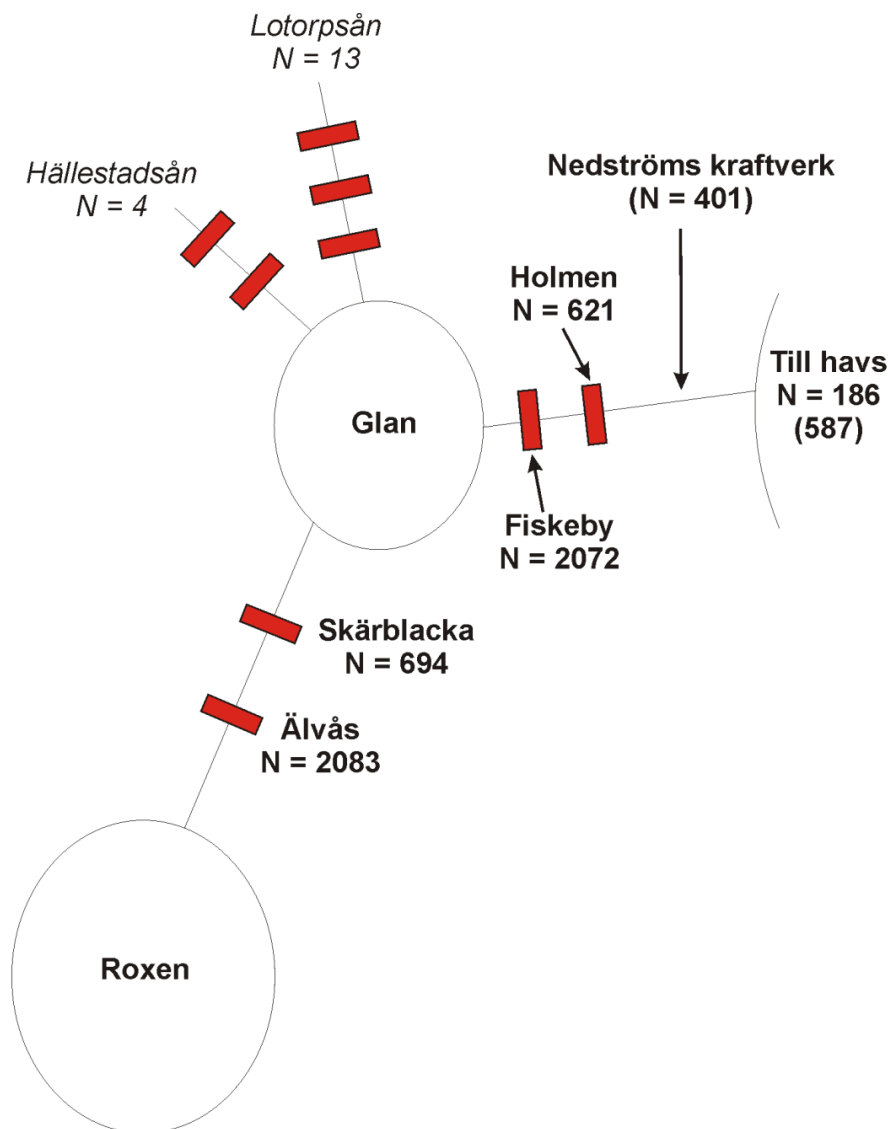
Motala ström rinner mellan Motala och Norrköping där den mynnar ut i Bråviken i Östersjön. Huvudproduktionsområdet för Motala ström består bl.a. av sjöarna Roxen, Glan och Sommen. Vättern har, trots sin storlek, aldrig haft någon betydande ålproduktion till följd av låg temperatur, näringsfattighet, samt att dess form inte är optimal för ålhabitat (Håkan Wickström, SLU, muntligen). De ålyngel som samlas upp i Norrköping sätts därför ut i Roxen och Glan. På sträckan från huvudproduktionsområdet till havet ligger fyra kraftverk i åns huvudfåra: Älvås och Skärbläcka mellan Roxen och Glan, samt Fiskeby och Holmen mellan Glan och havet (Fig. 2). Från Roxen uppskattar man att den årliga blankålsutvandringen är drygt 2000 individer, varav ca 200 överlever och når Glan. Motsvarande siffra för Glan är också drygt 2000 individer, varav knappt 200 når Östersjön. Den totala Produktionen beräknas till 4016 individer som med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar i att 186 individer (4,6%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 2). Den insamlade informationen om kraftverken i Motala ström finns presenterade i Bilaga 1, Tabell 2.

Det finns inga studier av den faktiska åldödligheten vid kraftverken i Motala ströms huvudfåra, men sådana studier finns planerade inom ramen för Krafttag ål. Enkätsvaren från ägarna Holmen kraft AB och Ljusfors kraft AB visar att de fyra kraftverken samtliga har intagsgaller med grov spalt (dvs. passerbara för ål), Kaplan-turbiner med stora löphjulsdiametrar (2540–4350 mm), samt låga till medelhöga rotationshastigheter (98–187 rpm; Bilaga 1, Tabell 2). Sammantaget talar detta för låga till måttliga förluster vid kraftverken, vilket bekräftas av turbinmodellen som predikterar dödligheter på 24–31% per kraftverk. Turbinmodellen förutspår en total dödlighet på 61%, vilket är avsevärt lägre än skattningen i nyckeln på totalt 95%.

Trap and transport genomfördes under 2011, vilket resulterade i 548 räddade ålar och således den minsta fångsten för de trap and transport som redovisats (Tabell 2). Det är dock inte känt hur stor del av den totala blankålsförekomen som detta utgjorde. Frågan är om det finns en betydande ålproduktion i Motala ströms avrinningsområde i dag, eller om det bara finns en hög potential? Enligt uppgift finns den största produktionen längre upp i systemet, vilket dock inte ingår i den nyckel som använts inom Krafttag ål. T.ex. ingår sjön Sommen i aktiviteterna kring trap and transport, men inte i fördelningsnyckeln. Om det finns en betydande ålproduktion i Sommen, kanske en åtgärd där bör prioriteras högt, trots det långa avståndet till havet? Andra vattendrag som klassats högt trots långa avstånd och många kraftverk mellan huvudproduktionsområdet och havet, är Mörrumsån och Lagan.

Den viktigaste åtgärden för Motala ström är att ta reda på hur stor ålproduktion som finns i dag och var den sker. Trots att Motala ström prioriteras näst högst bland priorovattendragen, redovisas en blygsam förväntad ålproduktion "ovan kraftverken". Enligt uppgift från Krafttag åls styrelse, beror dess höga prioritet på en förväntat hög ålproduktion längre upp i avrinningsområdet, vilket dock inte ingår i nyckeln och därmed inte i denna granskning av bortfallet vid kraftverkspassage. Frågan är således var inom Motala ströms avrinningsområde den viktigaste ålproduktionen finns? När man fastställt var den mest betydande ålproduktionen sker bör man

åtgärda kraftverken nedströms för att möjliggöra nedströmspassage, eller möjligen anlägga en åluppsamlingsanordning för en effektiv och omfattande trap and transport. Slutligen bör man, om det inte redan gjorts, säkerställa att alla de ålyngel som vandrar upp i Motala ström leds in och/eller fångas så att de når de viktigaste uppväxtområdena där man satt in åtgärder för att säkra en blankålsvandring till havet. Sannolikt kan man som på de flesta andra platser åstadkomma en avsevärd höjning av ålyngelfångsterna genom en översyn av ålyngelfällornas placering och antal.



Figur 2. Skattad produktion av ål inom Motala ströms avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till. De vattendragsnamn som är skrivna med kursiv stil har exkluderats från turbinanalys.

Åtgärdsförslag:

1. Undersök blankålsproduktionen i de sjöar som anges som Motala ströms viktigaste ålproducenter i de nedre delarna, t.ex. Roxen och Glan, samt studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling
2. Undersök blankålsproduktionen i de sjöar som anges som Motala ströms viktigaste ålproducenter i övriga delar av avrinningsområdet, för att utreda om det finns potential för ett betydelsefullt "trap and transport"
3. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna

4.3 Rönne å

Huvudproduktionsområdet för Rönne å är Ringsjön som ligger mitt i Skåne och ån mynnar ut i Skälderviken (Kattegatt) i nordvästra delen av landskapet. På sträckan mellan Ringsjön och havet ligger tre kraftverk i åns huvudfåra: Stackarp, Klippan och Forsmöllan. Avståndet från det översta kraftverket (Forasmöllan) till det nedersta kraftverket (Stackarp) är ca 3 km. Produktionen uppströms dessa tre kraftverk uppskattas till 9988 individer och med tillskott från biflöden blir en skattad totalproduktion 12255 individer. De två största biflödena beräknas bidra med totalt 10 individer som når havet, efter att bortfallet på 70% per kraftverk dragits bort för de fem (Rössjöholmsån) och fyra (Pinnån) kraftverken i biflödena. Produktionsskattningen i biflödet Rössjöholmsån är betydande, men till följd av det stora antalet kraftverk ålarna tvingas passera innan de når Rönne å har vi valt att exkludera denna från vidare analys. Med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar detta i att 299 individer (2,4%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 3). Den insamlade informationen om kraftverken i Rönne å finns presenterade i Bilaga 1, Tabell 3.

Det finns inga studier av den faktiska dödligheten vid kraftverken i Rönne å:s huvudfåra, men just nu pågår en sådan telemetristudie som bekräftar de prediktioner om hög dödlighet som beskrivs nedan (Länsstyrelsen Skåne och Anders Eklöv, muntligen). Enkätsvaren från ägaren Skånska Energi visar att de tre kraftverken samtliga har intagsgaller med grov spalt (dvs. passerbara för ål), Kaplan-turbiner med en hög rotationshastighet (250–300 rpm) och en fallhöjd på 5-10 m (Bilaga 1, Tabell 3). Empiriska studier från kraftverk som liknar de i Rönne å med avseende på turbintyp, fallhöjd, rotationshastighet och förekomsten av grovgaller tyder på en hög dödlighet (Lagenfelt och Hemmingsson, 2011; Montén, 1985), vilket bekräftas av modellens prediktion om 75-88% dödlighet per kraftverk och en total dödlighet bland de ålar som försöker simma förbi. Det mesta talar således för att Rönne å:s höga ålproduktion går helt om intet till följd av den höga dödlighet som kraftverken orsakar.

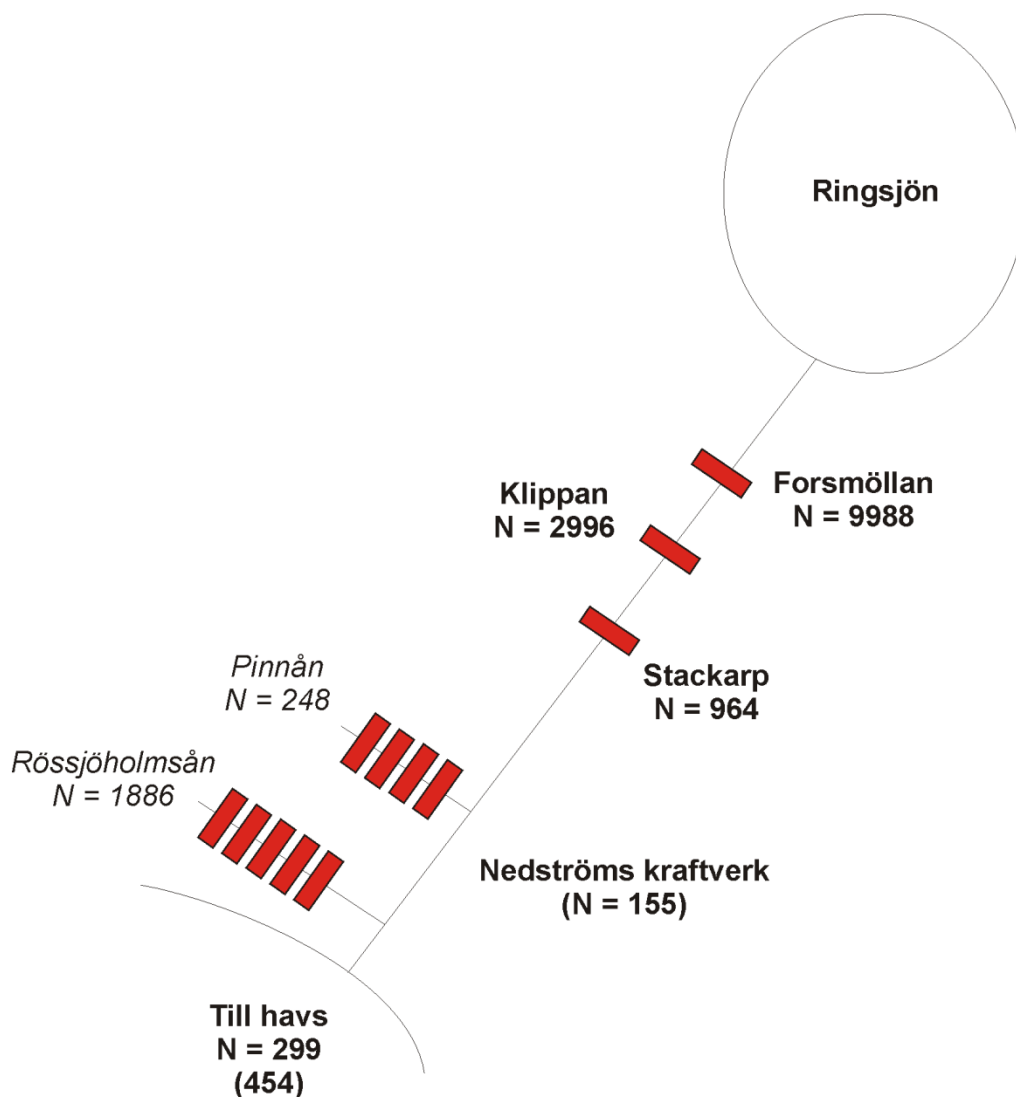
Dödligheten var dock inte total för utvandrande blankål under 2011 eftersom man initierade "trap & truck" med resultatet 1400 kg fångad och transporterad ål från Ringsjön förbi de tre kraftverken i huvudfåran. Om medelvikten på ålen är 1 kg motsvarar resultatet från 2011 ca 1400 individer, eller 14% av den skattade årliga totalproduktionen. Motsvarande åtgärd kommer även att utföras under 2012. Planer finns på att installera en permanent uppsamlingsanordning för blankål vid Forsmöllan, där den ål som leds av från kraftverkets intagskanal då skulle ledas förbi alla tre kraftverken via en kulvert. En sådan åtgärd borde ha högsta prioritet eftersom Rönne å, tillsammans med Kävlingeån, är det vattendrag som tycks ha den största potentialen som ålproducent till följd av den höga dokumenterade ålproduktionen och förhållandevis få och små kraftverk som kan åtgärdas för förbättrad nedströmpassage för ål.

Åtgärdsförslag:

1. Åtgärda kraftverken i Rönne å:s huvudfåra för att återskapa fria vandringsvägar för nedströmsvandrande blankålar, antingen genom att anlägga tre separata förbipassager eller genom att samla in all ål vid Forsmöllan och leda dem förbi alla tre kraftverken på en gång, samt

studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling

2. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna genom att anlägga naturlika fiskvägar vid de tre kraftverken i Rönne å:s huvudfåra, eller genom en översyn av placering och antal av ålyngelfällor vid Stackarps kraftverk för förbättrad fångst och transport



Figur 3. Skattad produktion av ål inom Rönne å:s avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till. De vattendragsnamn som är skrivna med kursiv stil har exkluderats från turbinanalys.

4.4 Lagan

Huvudproduktionsområdet för Lagan är sjön Bolmen som ligger i västra Småland. Lagan mynnar ut i Laholmsbukten (Kattegatt) i södra Halland. Från sjön Bolmen rinner Bolmån som är ett biflöde till Lagan och mynnar i huvudfåran strax norr om Traryd. Mellan Bolmen och Lagans huvudfåra ligger kraftverket Skeen och efter det skattade bortfallet på 70% beräknar man att drygt 900 av de 3000 ålar som Bolmen producerar når Lagan. Mellan Bolmåns mynning och havet ligger elva kraftverk i Lagans huvudfåra: Traryd, Kvarnaholm, Timfors, Ängabäck, Majfors gamla/nya, Bassalt, Knäred övre, Knäred nedre, Skogaby, Karsefors och Laholm. Produktionen uppströms samtliga 12 kraftverk beräknas alltså till drygt 3000 individer som med tillskott från omgivande vattendrag ger en total produktion på 3885 individer. Med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar detta i att 22 individer (0,6%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 4). Utöver dessa individer, beräknas biflödet Smedjeån bidra med totalt 2 individer som beräknas nå havet, efter att bortfallet vid de 4 olika kraftverken dragits bort (70% per kraftverk). Till följd av det stora bortfallet har vi valt att exkludera Smedjeån från vidare analys. Den insamlade informationen om kraftverken i Lagan finns presenterade i Bilaga 1, Tabeller 4:1-2.

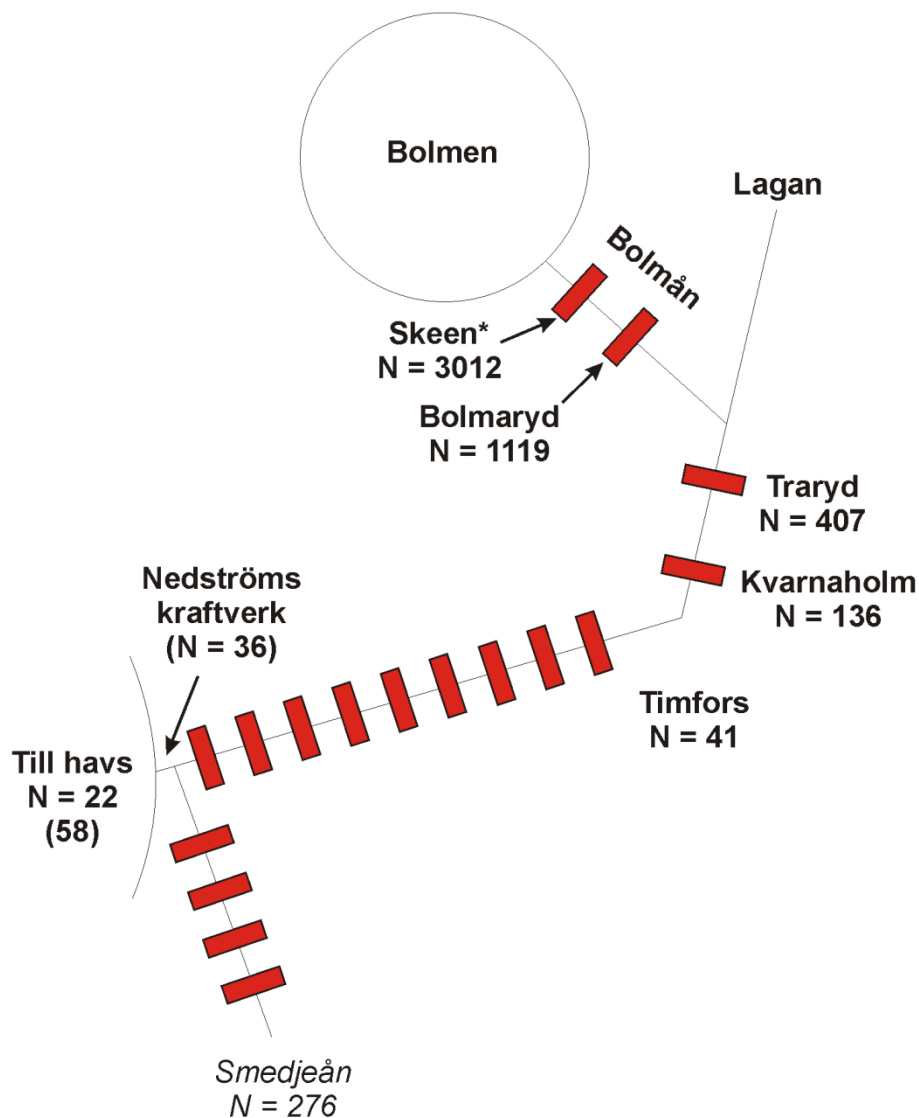
Den faktiska dödligheten vid kraftverken Kvarnaholm och Ängabäck i Lagans huvudfåra studerades 1961 (Montén, 1985). Vid Kvarnaholm var den observerade skadefrekvensen 61-92%, vilket kan jämföras med turbinmodellens prediktion på 30-35%. Vid Ängabäcks kraftverk observerades 40-63% dödlighet, medan modellen predikterar 26-49%. I båda fall underskattar således modellen dödligheten.

I Bolmens utlopp bedrivs ett omfattande yrkesfiske som enligt obekräftade uppgifter motsvarar 80% av all ål som produceras uppströms. Dessutom finns det en s.k. ålspärr vid Skeens kraftverk som hindrar all ål från att fortsätta nedströms. Ålspärren är tydligt synlig som en V-formad struktur på flygfoton från området och i dess mitt fångas ålen i en ålkista som är i drift från april till november. Vid analys av kraftverken framkom att Bolmaryd inte är ett kraftverk utan endast en damm, vilket innebär att förlusten där torde vara obetydlig. Det tycks dock vara så att i stort sett all ål som inte fiskas upp av yrkesfiskaren i Bolmen fångas i ålspärren i Skeen och tillfaller fiskevårdsområdet enligt gällande vattendom (Statkraft, muntligen). Sannolikt når ingen ål från Bolmen havet, trots att möjligheten finns att rädda merparten av dem.

Dödligheten var dock inte total för utvandrande blankål under 2011 eftersom man initierade "trap & truck" och transporterade 653 ålar från Bolmen, men det framgår inte om man vet hur stor andel av den totala produktionen detta utgjorde. För att få så många Laganålar som möjligt till havet, borde man ta till vara på all ål som fiskas i Bolmen och de som fångas i Skeen och köra dem nedströms. Eftersom den huvudsakliga ålproduktionen sker uppströms alla kraftverk och den predikterade dödligheten är nästintill total är det inte realistiskt med någon annan åtgärd än "trap and truck" för ålen i Lagan. Med tanke på det stora antalet kraftverk är det oklart varför Lagans rankats högt inom Krafttag ål.

Åtgärdsförslag:

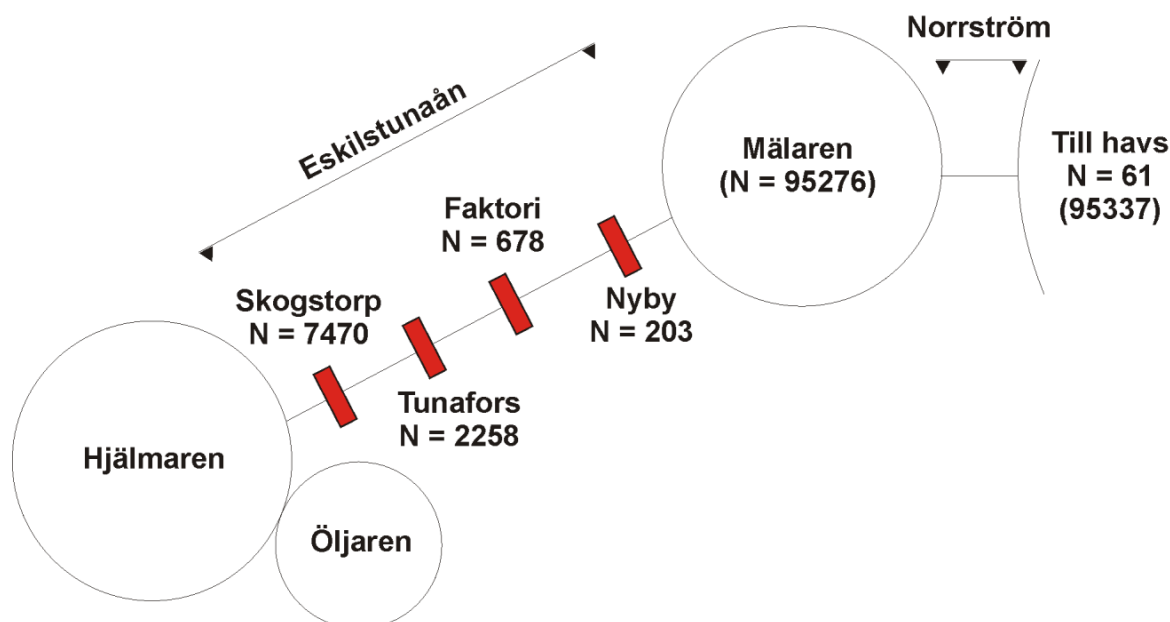
1. Se till att all blankål som fångas i Bolmen och vid ålspärren vid Skeens kraftverk transporteras till nedströms det första vandringshinder i Lagans nedre delar, för fri passage till havet, samt studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling
2. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna



Figur 4. Skattad produktion av ål inom Lagans avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till. De vattendragsnamn som är skrivna med kursiv stil har exkluderats från turbinanalys. * Vid Skeens kraftverk finns en ålspärr i drift.

4.5 Norrström (Mälaren)

Norrström är namnet på Mälarens utlopp i Östersjön. Mellan Mälaren och havet finns inga kraftverk och fördelningsnyckeln beaktar därför bara de uppströms liggande delarna, vilket gör att de huvudsakliga produktionsområdena återfinns ca: 10 mil väster om Stockholm i sjöarna Hjälmaren och Öljaren. Totalt beräknas dessa sjöar producera ca 7500 individer, som måste passera fyra kraftverk i Eskilstunaån, för att nå havet. Kraftverken är Skogstorp, Tunafors, Faktoridammarna och Nyby/St Kvarnfallet och totalt når 61 utvandrande blankålar (0,8%) havet (Mälaren) (Fig. 5). Den insamlade informationen om kraftverken i Eskilstunaån finns presenterade i Bilaga 1, Tabell 1:5.



Figur 5. Skattad produktion av ål inom Norrströms avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

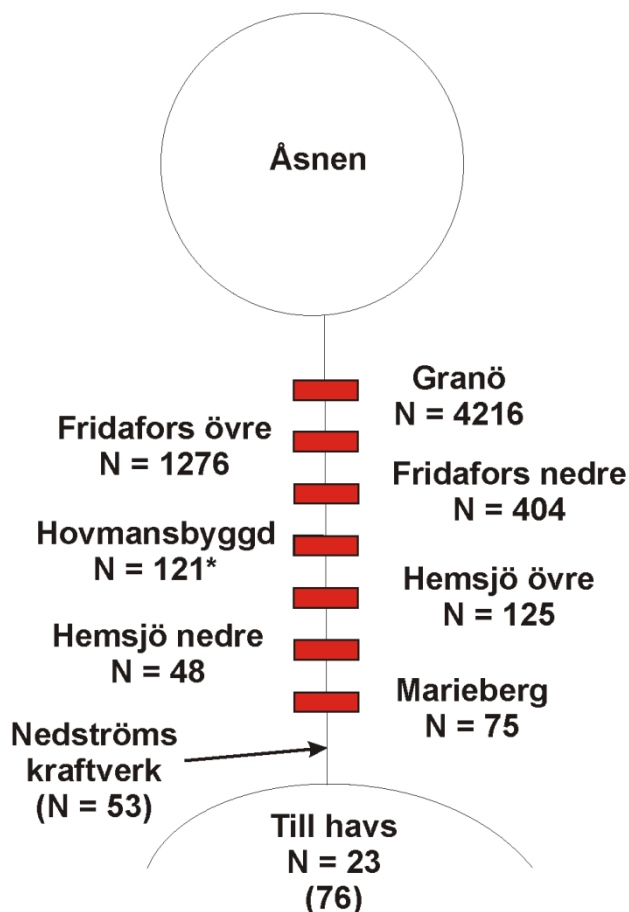
Det finns inga studier av den faktiska dödligheten vid kraftverken i Eskilstunaån, dvs. Norrströms huvudfåra. Kraftverket i Skogstorp har Francis-turbiner med en förväntad dödlighet på 45%. Kraftverken i Tunafors och Stora kvarnfallet/Nyby har en blandning av Francis- och Kaplan-turbiner med en förväntad dödlighet på 70% respektive 45% vid full körning. Det finns ingen predikterad dödlighet för alla fyra kraftverken eftersom det sitter Lawaczeck-turbiner i kraftstationen Faktoriaholmarna, för vilken turbinmodellen inte kan användas. Den viktigaste åtgärden för Norrström är att utreda om den höga förväntade ålproduktionen existerar och om rekrytering av ålyngel till de ålproducerande sjöarna har säkerställts.

Åtgärdsförslag:

1. Utred den faktiska ålproduktionen inom Norrströms avrinningsområde
2. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna

4.6 Mörrumsån

Huvudproduktionsområdet för Mörrumsån är i sjön Åsnen i Kronobergs län. Ån mynnar ut i Pukaviksbukten i södra Östersjön i västra Blekinge. På sträckan från Åsnen till havet ligger sju kraftverk i åns huvudfåra: Granö, Fridafors övre, Fridafors nedre, Hovmansbyggd (Ebbamåla), Hemsjö övre, Hemsjö nedre och Marieberg (Fig. 6). Produktionen uppströms dessa kraftverk beräknas till 4216 individer som med tillskott från omgivande vattendrag ger en total produktion på 4336 individer. Med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar detta i att 23 individer (0,5%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig.6). Den insamlade informationen om kraftverken i Mörrumsån finns presenterade i Bilaga 1, Tabeller 6:1-2.



Figur 6. Skattad produktion av ål inom Mörrumsåns avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till. *Endast 10% dödlighet förväntas vid Hovmansbyggd, som endast tar 20-25% vid medelvattenföring (enligt fördelningsnyckeln).

Enligt vattendomen för Granö kraftverk finns en skyldighet att fånga nedvandrande blankål (Söderbygdens Vattendomstol, 42/1949, AD 64/1959). Det har funnits en ålspärr i intagskanalen som uppfyller de villkor som anges i domen, men den tycks inte ha fungerat tillfredsställande. Ålspärren har utgjorts av ett finmaskigt metallnät som hindrat ålen att vandra vidare in i intagskanalen. Ålen har dock riskerat att fastna i nätet och dessutom har den ålkista som var tänkt att samla in dessa ålar varit belägen ca 50 m uppströms spärren, vilket gjort det osannolikt att ål som stoppats av spärren skulle hitta in i ålkistan. Sedan hösten 2011 har ålspärren bytts ut mot ett låglutande kompositgaller med uppsamlingsanordning, vilket sattes i drift våren 2012 och vars funktion utvärderas 2012-2013 av Karlstads universitet i samarbete med E.ON. Den ål som fångas kommer att transporteras och sättas ut nedströms det första kraftverket Marieberg i enlighet med rådande vattendom. Det finns få liknande anläggningar att jämföra med, men vid en liknande anläggning vid Ätrafors kraftverk i Ätran fångades 80% av ålen i uppsamlingsanordningen och >90% överlevde passagen (Calles och Bergdahl, 2009). Om motsvarande effektivitet blir resultatet för den nya åluppsamlare/ålspärren i Granö, skulle ca 3400 ålar nå havet istället för de 23 individer som fördelningsnyckeln uppskattar överlevnaden till efter passage genom de sju kraftverken i Mörrumsåns huvudfåra. Trap and transport genomfördes under 2011, vilket resulterade i 1883 räddade ålar (Tabell 2).

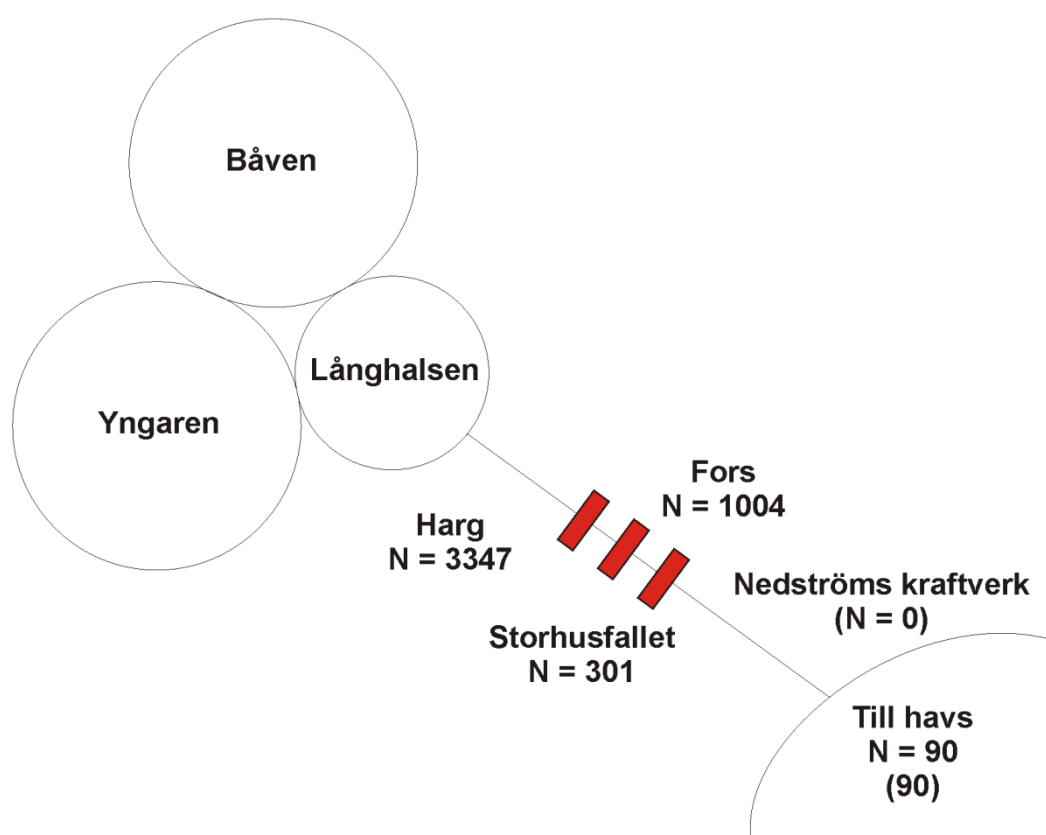
Om ålen ska passera kraftverken nedströms Granö predikterar modellen en dödlighet på 41-90% per kraftverk, vilket resulterar i att ingen ål från Åsnen når havet (100% dödlighet). Eftersom huvudparten av ålen produceras uppströms Granö, är det på kort sikt lämpligast att samla ålen i Granö och skjutsa dem förbi samtliga kraftverk. Till gagn för andra fiskarter bör man dock utreda behovet av åtgärder för förbättrad passage även vid de andra kraftverken, vilket just i fallet Mörrumsån redan är under granskning och inte diskuteras vidare här. De fångster som har gjorts i de ålfisken som finns mellan Åsnen och Granö, tyder på att produktionsskattningen om ca 4000 ålar/år stämmer relativt väl med vad som observerats. Det är dock av yttersta vikt att man säkerställer en fortsatt upptransport av ålyngel till Åsnen och helst då av de ålyngel som naturligt vandrar upp i Mörrumsån.

Åtgärdsförslag:

1. Utred funktionen hos åluppsamlingsanläggningen i Granö, samt studera den totala ålproduktionen och uppsamlingens effektivitet genom märkning-återfångst i anslutning till denna uppsamling
2. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till den viktigaste ålproducerande sjön Åsnen

4.7 Nyköpingsån

Huvudproduktionsområdet för Nyköpingsån ligger i Södermanlands län och innefattar sjöarna Yngaren, Båven och Långhalsen. Ån mynnar ut i Östersjön i Mellanfjärden i Nyköping. På sträckan mellan huvudproduktionsområdet och Östersjön ligger tre kraftverk i åns huvudfåra: Harg, Fors och Storhusfallet. Fördelningsnyckeln förutspår att den årliga produktionen av blankål är drygt 3300 individer som med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar i att 90 individer (2,7%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 7). Den insamlade informationen om kraftverken i Nyköpingsån finns presenterade i Bilaga 1, Tabell 7.



Figur 7. Skattad produktion av ål inom Nyköpingsåns avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

Inga empiriska studier av den faktiska dödligheten vid kraftverken i Nyköpingsåns huvudfåra har hittats vid denna sammanställning. Enkätsvaren från ägarna, Vattenfall AB tyder på att åldödligheten vid Hargs kraftstation borde ligga i nivå med de 70% som antagits i ÅFP. Turbinmodellen predikterar 79% dödlighet för Francis-löphjulet och 55% dödlighet för Kaplan-löphjulet, vilket ger en total skattad dödlighet på 66% för kraftverket. Skattade

dödligheten för Kaplan-turbinen, ligger något högre än för det snarlika kraftverket Herting i Åtran där man observerat 23-36% dödlighet, att jämföra med 0% för de ålar som sattes ut nedströms kraftverket (Calles *et al.*, In press-a). Fors kraftstation har tre Francis-turbiner med stora löphjul (2050 mm), låg fallhöjd (2,5 m) och ett mycket lågt varvtal på 60 rpm. Värden för fallhöjd och varvtal stämmer bra in på kraftverken i Kävlingeån där man funnit en dödlighet på ca 18% (Eklöv, 2010; Olsson *et al.*, 2009). Modellen predikterar att dödligheten i Fors ska vara <1%. Slutligen så har kraftverket vid Storhusfallet två Francis-löphjul med intermediärt varvtal (167 rpm), vilket enligt turbinmodellen förutspås döda 23% av ålen vid full körning i maskinen.

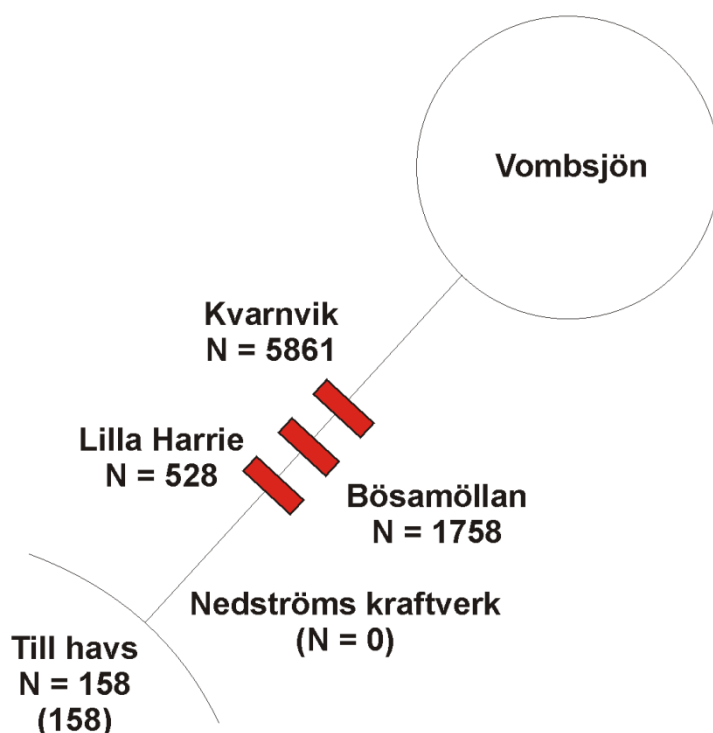
Tittar man på det underlag som finns för Nyköpingsån och dess kraftverk, har ån en hög potential för att producera ål som med relativt få och enkla åtgärder i stor utsträckning kan nå havet. De stora sjöarna producerar årligen i teorin <3000 ålar, som ska passera tre små kraftverk som skulle kunna göras passerbara med hjälp av låglutande fingaller och förbipassager. Frågan är om Nyköpingsån bör hamna så högt på prioriteratslistan, eftersom provfisken i de sjöar som ska producera ålen ger låga fångster av ål (Nils Ljunggren, Länsstyrelsen Sörmland, muntligen). Innan rehabiliterande åtgärder med fokus på ål genomförs vid kraftverken i Nyköpingsån, bör man utreda ålproduktionens storlek inom Nyköpingsåns avrinningsområde för att se om dess plats på prioriteratslistan bör ändras.

Åtgärdsförslag:

1. Utred om det finns någon blankålsproduktion av betydelse i Nyköpingsån och dess sjöar och ta ställning till eventuell omprövning av prioritet efter utfallet från produktionsmätningen
2. Åtgärda vandringshindren i Nyköpingsåns huvudfåra för att återskapa fria vandringsvägar för nedströmsvandrande blankålar genom att anlägga förbipassager
3. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna genom att anlägga naturliga fiskvägar vid de tre kraftverken i Nyköpingsåns huvudfåra, eller genom en översyn av placering och antal av ålyngelfällor vid Storhusfallets kraftverk för förbättrad fångst och transport

4.8 Kävlingeån

Huvudproduktionsområdet för Kävlingeån är Vombsjön och i södra Skåne. Ån byter namn till Lödde å när den rinner igenom byn Löddeköpinge drygt 3 km från kusten och därefter mynnar ån ut i Lommabukten i Öresund. På sträckan mellan huvudproduktionsområdet och havet ligger 3 kraftverk i åns huvudfåra: Kvarnvik, Bösamöllan och Lilla Harrie. Produktionen uppströms dessa kraftverk beräknas till knappt 6000 individer som med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar i att 158 individer (2,7%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 8). Den insamlade informationen om kraftverken i Kävlingeån finns presenterade i Bilaga 1, Tabell 8.



Figur 8. Skattad produktion av ål inom Kävlingeåns avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

Empiriska studier av den faktiska dödligheten vid kraftverken i Kävlingeåns huvudfåra har utförts vid flera tillfällen (Eklöv, 2010; Olsson *et al.*, 2009). Studierna visade på låga bortfall vid kraftverkspassagerna med 11% vid Kvarnvik, 10% vid Bösamöllan och ingen förlust vid Lilla Harrie (Olsson *et al.*, 2009), vilket ger en årlig förlust på 20% för perioden 2007-2009. Ytterligare en studie på ål och kraftverkspassage i Kävlingeån bekräftade tidigare års studier och visade på högst dödlighet vid Kvarnviks kraftverk, denna gång 13%. Ingen dödlighet observerades för Bösamöllan och La: Harrie. Vid en närmare granskning fann man dock att endast 55% av de individer som passerat samtliga tre kraftverk nådde havet, medan motsvarande siffra för de som satts ut nedanför kraftverken var 100% (Eklöv, 2010). Detta tyder på att

de tidigare siffrorna inte tagit hänsyn till den fördröjda dödlighet som är vanliga efter turbinpassage (Calles och Greenberg, 2009; Calles *et al.*, 2010b). Om det totala bortfallet för samtliga tre kraftverk är 45%, är således den genomsnittliga förlusten per kraftverk 18% ($0,82 \times 0,82 \times 0,82 = 0,55$). Det observerade bortfallet stämmer relativt väl med turbinmodellens predikterade dödligheter (<1%/kraftverk), i synnerhet om man beaktar att modellen enbart predikterar skador orsakade av skovelträffar och inte inbegriper skador orsakade av t.ex. intagsgaller, fördröjning, predation och tryckförändringar. Om man adderar de ålar som bedöms vara för stora för att passera intagsgallren till dödligheten, blir den skattade dödligheten kring 18% per kraftverk.

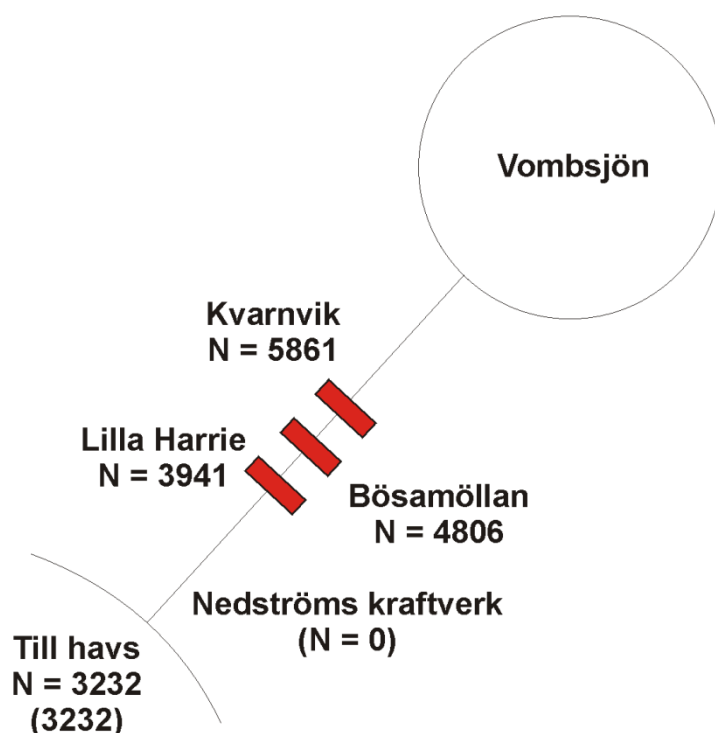
Huvudsyftet med de studier som genererat information om ålens kraftverkspassage i Kävlingeån, har varit att kvantifiera dödlighet för ål och öringsmolt som passerar anlagda våtmarker. Man fann att ålförlusterna var <4%/km längs oreglerade sträckor och 13%/km längs vattenkraftpåverkade sträckor (Olsson *et al.*, 2009). Ytterligare en orsak till förhöjd dödlighet i anslutning till kraftverk uppmärksammas vid studierna i Kävlingeån, nämligen att ålens kraftverkspassager ofta karaktäriseras av stora fördröjningar (medeltal 79 dygn) (Eklöv, 2010). Det är vanligt att fördröjningar vid kraftverken ökar risken för predation och sjukdomar och att dessa problem varierar stort mellan år med olika flödessituationer (Calles och Greenberg, 2009).

Mellan kraftverken Bösamöllan och Kvarnvik ligger Håstad Mölla, där man sedan långt tillbaka fångar nedströmsvandrande fisk i en s.k. Wolf-trap (Wolf, 1951). Fällan var i drift dagligen året runt åren 1952–1986 undantaget perioder med isbildning. Medelantalet utvandrande ålar var ca: 2000 ålar per år under perioden 1952–1973, varefter utvandringen minskade till ca: 500 individer per år. Under senare tid (1998 – 2011) har utvandringen endast studerats april – maj och då har medelantalet utvandrande ålar varit ca: 450 ålar (Anders Eklöv, muntligen). Om man studerar fångsterna från den period när fällan var i konstant drift (1952–1986), ser man att ca: 16% av årsutvandringen tidigare skett under april-maj. Fällan på Håstad Mölla har en fångsteffektivitet på 50–75% (observationer från telemetristudier, Anders Eklöv, muntligen) och om man räknar upp antalet för hela året och hela ån så ger detta en utvandring på 3750–5625 ålar per år, vilket stämmer väl med ÅFP. Den höga blanksålsutvandringen i dag kan kopplas till stora utsättningar i Vombsjön från 70:talet till idag, vilka beror på att sjön prioriterats högt av Fiskeriverket och SFR/SIC (Håkan Wickström, muntligen). Nedströms Vombsjön tillkommer ål från Krankesjön, Sovdesjön, Ellestadssjön och Snogholmssjön.

Dödligheten för vandrande ål i Kävlingeån skiljer sig stort mellan ÅFP/nyckeln (97%), turbinmodellen (1%) och det som observerats (45%). Dödligheten vid kraftverkspassage skiljer ofta mellan olika flödessituationer och både inom och mellan år och dessutom beror den av metodval och utförande. Turbinmodellen kan ge en uppfattning om hur stor risk ålen löper att träffas av turbinens rörliga delar, men inbegriper som redan nämnts inte dödlighet orsakad av t.ex. intagsgaller, fördröjning, predation och tryckförändringar. Den studie som visade på en dödlighet kring 45% för alla tre kraftverk tycks vara den mest tillförlitliga och den som haft ett tydligt fokus på att bedöma total kraftverksorsakad dödlighet. Den verkliga dödligheten för

nedströmsvandrande ål i Kävlingeån bedöms därför ligga kring 45%, vilket innebär att i storleksordningen <3000 blankålar från ån närhavet per år, vilket är avsevärt fler än de <200 individer som nyckeln predikterar (Fig. 9).

Sammantaget så är kunskapsläget mycket gott vad gäller ålen och ålvandringen i Kävlingeån. Eftersom det är få och små kraftverk i Kävlingeån och dessutom finns belägg för en hög ålproduktion bör ån prioriteras högt. Kostnadseffektiviteten för åtgärder i Kävlingeån, bedöms vara den högsta för alla vattendrag på "topp-11".



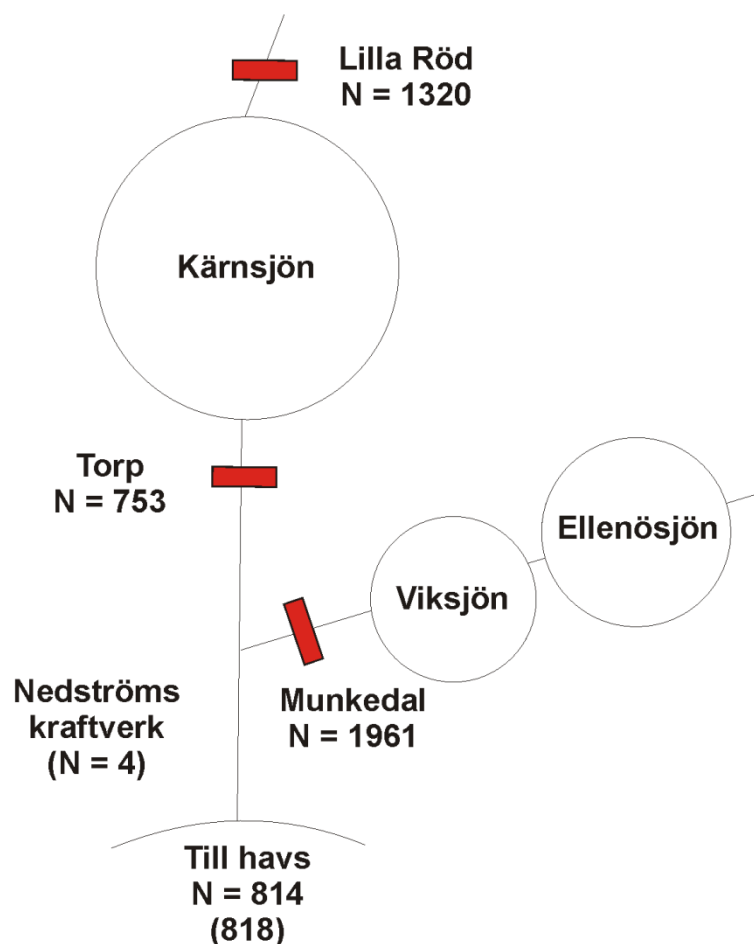
Figur 9. Observerad dödlighet vid kraftverkspassage för ål inom Kävlingeåns avrinningsområde (Eklöv, 2009, 2010; Olsson *et al.*, 2009) och förväntad ålproduktion enligt den Svenska Ålförvaltningsplanen (Fiskeriverket, 2008).

Åtgärdsförslag:

1. Åtgärda kraftverken i Kävlingeåns huvudfåra för att återskapa fria vandringsvägar för nedströmsvandrande blankålar genom att anlägga förbipassager
2. Maximera den naturliga rekryteringen av ålyngel till de viktigaste ålproducerande sjöarna, och förbättra samtidigt möjligheten till uppströms passage för alla förekommande fiskarter, genom att anlägga naturliga fiskvägar vid de tre kraftverken i Kävlingeåns huvudfåra.

4.9 Örekilsälven

Huvudproduktionsområdet för Örekilsälven ligger i Västra Götalands län och innefattar sjöar som Kärnsjön, Viksjön och Ellenösjön. Älven mynnar i Gullmarn i Munkedal, som vidare mynnar ut i Skagerack vid Lysekil. På sträckan mellan huvudproduktionsområdet och havet ligger två kraftverk i åns huvudfåra, Lilla röd och Torp. Beräknad produktion i Örekilsälven är 1677 individer och i biflödet Munkedalsälven 1961 individer. Totalt når 226 individer från huvudfåran (14%) och 588 från Munkedalsälven (30%) havet, och den totala havsutvandringen är 814 blankålar (22%) till havs efter de tre kraftverkspassagerna. Örekilsälven är det vattendrag som enligt fördelningsnyckeln ger det största antalet blankålar till havet. Den insamlade informationen om kraftverken i Örekilsälven och Munkedalsälven finns presenterade i Bilaga 1, Tabeller 9.



Figur 10. Skattad produktion av ål inom Örekilsälvens avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antal när de ålar som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

Inga empiriska studier gällande kraftverk och åldödlichkeit har hittats för Örekilsälven och Munkedalsälven. I Örekilsälven driver Länsstyrelsen i Västra Götaland ett projekt som syftar till att utföra förbättringsåtgärder för lax, ål, havsöring och havsnejonöga, bl.a. genom att möjliggöra passage av Torps kraftstation. Det är oklart vad som planeras för förbättrad nedströmspassage vid Torps kraftstation, men man kan förmoda ett framtida bortfall som är betydligt lägre än de 70% som vi finner i ÅFP. Kraftverket Lilla röd är taget ur bruk och producerar ingen el. På flygfoton syns tydligt att det nedlagda kraftverket ligger i en separat fåra vid sidan av huvudfåran och därför bör ål och annan fisk inte ha några problem att passera under nedströmsvandring, vilket bekräftas av kraftverksägaren (Tommy Johansson, muntligen) och Länsstyrelsen i Västra Götaland (Key Höglind, muntligen). Om dödligheten vid passage av Lilla Röd tas bort blir prognosen att knappt 1100 blankålar når havet per år (30% överlevnad istället för 22%).

I Munkedalsälven finns ett kraftverk med tre små Francis-turbiner (550 mm) med mycket höga varvtal (600–800 rpm) och en fallhöjd på 38 m, vilket antyder en mycket hög dödlighet. Turbinmodellen bekräftar detta och predikterar en dödlighet på 91%. Dessutom sitter ett 15 mm intagsgaller i turbinintaget, vilket sannolikt dödar en betydande del av den blankål som produceras uppströms, redan innan den kommer in i kraftverket. En positiv nyhet är att det nuvarande kraftverk i Munkedal inom två år kommer att ersättas av ett nytt där fiskvårdande åtgärder ska ingå (Jan Lundberg, Arctic paper, muntligen). I dagsläget kan vi förvänta oss att endast en bråkdel av de blankålar som produceras i Munkedalsälven tar sig till Örekilsälven och vidare till havet.

Turbinmodellen predikterar en dödlighet på 92% vid Torps kraftverk och 91% vid Munkedals kraftverk, vilket ger en total dödlighet på drygt 91%. Så trots att Lilla Röd inte orsakar någon dödlighet för nedströmsvandrande ål blir slutresultatet för modellens prediktion att 316 (8,7%) ålar når havet, att jämföra med fördelningsnyckelns 814 individer (22%) och då tillkommer dessutom dödlighet orsakad av intagsgallren. Fördelningsnyckelns prediktion om dödlighet vid kraftverkspassage tycks således vara för låg för Örekilsälven. Det är dock bara två kraftverk som orsakar denna höga dödlighet och det finns planer på att åtgärda båda dessa kraftverk inom en snar framtid. Det är därför av högsta prioritet att effektiva åtgärder implementeras vid dessa två kraftverk, eftersom det kommer ha en stor effekt på den mängd blankål som når havet. Slutligen bör påpekas att det återstår att undersöka om den verkliga ålproduktionen i Örekilsälven överensstämmer med den modellerade produktionen.

Åtgärdsförslag:

1. Tillse att de två återstående kraftverken blir fullt passerbara vid de planerade ombyggnationerna, genom att bygga naturlika fiskvägar för uppströmsvandrande fiskar och avledare med förbipassager för nedströmsvandrande fiskar
2. Utred den faktiska ålproduktionen inom Örekilsälvens avrinningsområde

4.10 Dalälven

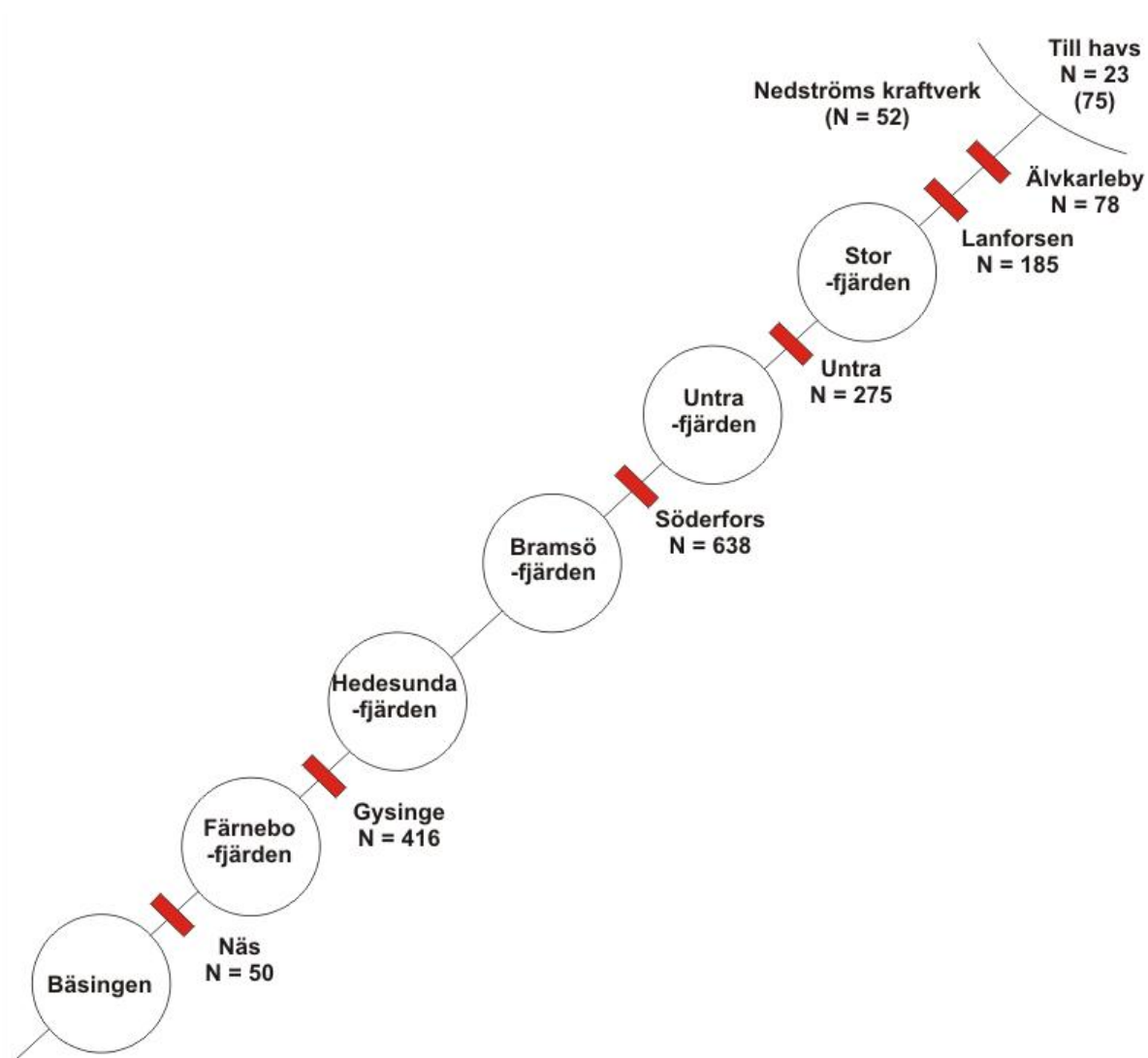
Huvudproduktionsområdet för Dalälven sträcker sig från Avesta till Älvkarleby och består av en lång rad sjöar, fjärdar och kraftverksdammar. Med start i Avesta ligger fjärdarna i följande ordning: Bäringen, Färnebofjärden, Hedesundafjärden, Bramsöfjärden, Untrafjärden och Storfjärden. Fjärdsystemet är nästan 8 mil långt och är huvudsakligen beläget i Gävleborg och Uppsala län. Längs denna sträcka finns totalt sex kraftverk: Näs, Gysingen, Söderfors, Untra, Lanforsen och Älvkarleby. Ålproduktionen beräknas till 923 individer som med 70% dödlighet vid varje kraftverk, förutom vid Gysingen (10%) som endast tar en del av flödet, resulterar i att 23 individer (3%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 10). Den insamlade informationen om kraftverken i Dalälven finns presenterade i Bilaga 1, Tabeller 10:1-2.

Information om ålpassagestudier för kraftverken i Dalälvens huvudfåra finns endast för Untra kraftverk där empiriska studier av passagemöjligheterna utfördes 1941 (Montén, 1985). Man lyckades inte utföra försöken vid fullt pådrag i kraftverket, men försök vid reducerad körning (71% av Q_{MAX}) på 70–80 cm lång ål visade på en skadefrekvens på omkring 40% i den dubbel-Francis som testades, vilket är något lägre än de 56–64% som turbinmodellen predikterar (Bilaga 1, Tabell 10:1). Försöken i Untra 1941 och sedan även 1944 var av stort intresse för att förstå betydelsen av den relativa anslagshastigheten och dessutom visade försöken på att skadefrekvensen ökade med ökad fisklängd (Montén, 1985). En annan viktig observation var att ålen kan uppfattas som helt oskadd direkt efter turbinpassage, men att det slutliga bortfallet inte avgörs förrän efter en tid efter passage (Montén, 1985).

Gysinge kraftverk kan anses ha en relativt liten påverkan på utvandrande blankål eftersom den enbart tar ca: $20 \text{ m}^3/\text{s}$ av huvudflödet med årsmedelvärdet $341 \text{ m}^3/\text{s}$ och maxmedelvärdet $915 \text{ m}^3/\text{s}$ per år (SMHI, Untrafjärdens utlopp). Det finns inga studier på ålens passagemöjligheter vid Gysinge kraftstation, men dess påverkan är alltså sannolikt begränsad.

Kaplan-turbinerna i Älvkarleby kraftverk är snarlika de som återfinns i Hojum kraftstation i Göta älv. De redan nämnda empiriska studierna vid Hojum kraftstation visade på ett bortfall på 32% (Lagenfelt och Westerberg, 2009). Man kan således förvänta sig att bortfallet i Älvkarleby kraftverks Kaplan-turbin hamnar under 70%, vilket styrks av modellens predikterade dödlighet om 17% vid full körning. Eftersom bara en del av flödet går via denna Kaplan-turbin ($250 \text{ m}^3/\text{s}$) och resten genom fem Francis-turbiner, blir den totala predikterade dödligheten vid full körning 56%.

Sammantaget har alltså kraftverken i Dalälvens nedre delar stor slukförmåga och stora löphjul med begränsad rotationshastighet, vilket tyder på intermediär dödlighet för passerande ål. Turbinmodellen predikterar en dödlighet som varierar mellan 6 och 60% och trots den låga dödligheten för några av kraftverken blir den sammanlagda predikterade dödligheten 91% för samtliga sex kraftverk, att jämföra med fördelningsnyckeln 97%. Med andra ord så är det ingen större skillnad mellan den predikterade dödligheten i turbinmodellen och den totala dödlighet som antagits i ÅFP.



Figur 11. Skattad produktion av ål inom Dalälvens avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antalet när de som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

Åtgärdsförslag:

1. Utred den faktiska ålproduktionen i Dalälven
2. Ta ställning till eventuell omprövning av prioritet efter utfallet från produktionsmätningen.

4.11 Skräbeån

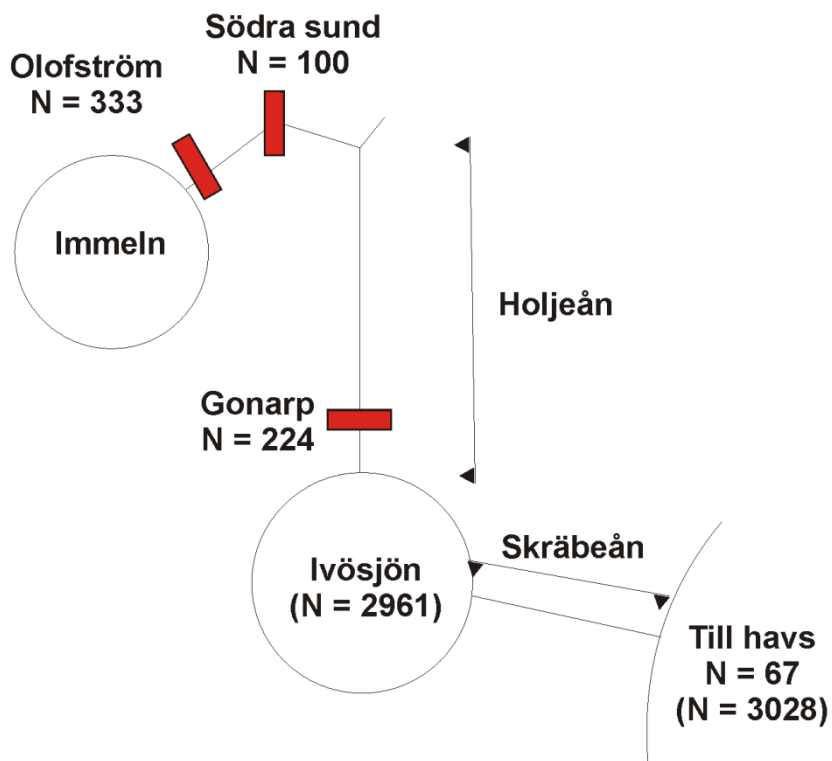
Huvudproduktionsområdet i Skräbeån utgörs främst av Ivösjön och sjösystemet där Immeln utgör den största sjön. Eftersom det inte finns några vandringshinder i själva Skräbeån, dvs. sträckan mellan Ivösjön och havet, beaktas här endast sträckan uppströms Ivösjön som egentligen heter Holjeån. I Holjeån nedströms Olofström ligger 3 kraftverk i åns huvudfåra: Gonarp, Södra sund och Olofström. Vid analys av vattendraget upptäcktes ett fjärde kraftverk, Västanå kvarn, som vi dock kunde konstatera inte längre är i drift. Produktionen uppströms Olofströms kraftverk beräknas till 333 individer som med ett tillskott på 194 individer från omgivande sjöar blir till totalt 528 individer inom huvudproduktionsområdet. Med 70% dödlighet vid varje kraftverk resulterar detta i att 67 individer (13%) av den utvandrande blankålen beräknas nå havet (Fig. 12).

Det finns inga studier av den faktiska dödligheten vid kraftverken i Skräbeån/Holjeåns huvudfåra. Vid Gonarps kraftverk finns alternativa passager för nedströmsvandrande fisk i form av ett rör vid intagsgallret och en naturlig fiskväg. Huruvida någon nedströmsvandrande ål nyttjar den naturliga fiskvägen för passage är inte känt. Vid en undersökning av ålrörets funktion fångades endast 13 ålar på 43 dagar under augusti-september (Johan Wagnström, Länsstyrelsen Skåne, muntligen). Eftersom effektiviteten inte är känd för dessa åtgärder, kan vi i denna utredning inte utgå från att åtgärderna ökar passageeffektiviteten för ål vid kraftverket.

Enkätsvaren från ägarna Olofströms Energiservice AB (Gonarp, Södrasund) och Volvo personvagnar (Olofström kraftverk) visar att samtliga tre kraftverk har små Francis-turbiner (440 - 800 mm) med höga rotationshastigheter (250-600 rpm), vilket borde innebära mycket höga dödligheter vid turbinpassage. Vid körning i turbindödlighetsmodellen är de predikterade värdena vid full körning i kraftverken 63% vid Olofström, 90% vid Södra sund och 70% vid Gonarp. Detta resulterar i en total predikterad dödlighet på 88% när hänsyn tas till var ålproduktionen beräknas ske i förhållande till kraftverken, att jämföra med den dödlighet om 87% som antagits i fördelningsnyckeln. Om produktionssiffrorna stämmer för Holjeån/Skräbeån, är den största potentialen nedströms kraftverken och därför anses potentialen för eventuella åtgärder vara låg.

Åtgärdsförslag:

1. Utred den faktiska ålproduktionen i Holjeån, dvs. Skräbeån uppströms Ivösjön
2. Ta ställning till eventuell omprövning av prioritet efter utfallet från produktionsmätningen



Figur 12. Skattad produktion av ål inom Skräbeåns avrinningsområde enligt ålförvaltningsplanen. För varje objekt anges den totala skattade produktionen innan kraftverkspassage vid objektet i fråga. Till havs anger antalet individer som beräknas nå havet vid 70% dödlighet vid varje kraftverk, samt inom parentes motsvarande antalet när de som produceras nedströms alla kraftverk lagts till.

4.12 Reviderad dödlighet för kraftverkspassage

Den finns en stor skillnad mellan hur många individer som når havet, beroende på om man använder sig av en kraftverksdödlighet på 70% jämfört med den reviderade förväntade dödligheten baserat på turbinmodellen och empiriska studier. Eftersom dödligheten i vissa fall sannolikt understiger 70% och i andra fall överstiger 70%, så blir det reviderade utfallet på antal blankålar som når havet, i vissa fall lägre än vad nyckeln visat och i andra fall högre.

Tabell 4. Blankålsproduktion enligt fördelningsnyckeln (produktion) samt andelen individer som når havet enligt 70% dödlighet per kraftverk (till havet), dödlighet enligt turbinmodellen (Leonardsson, 2012) samt med komplettering av turbinmodellens utfall med observerad dödlighet från empiriska studier (till havet, reviderat). Inom parentes anges överlevnad per vattendrag.

Priovattendrag	Produktion	Till havet	Till havet (reviderat)
(1) Göta älv	27764	800 (3%)	8265 (30%)
(2) Motala ström	4029	186 (5%)	1562 (39%)
(3) Rönne å	12255	299 (2%)	54* (<1%)
(4) Lagan	3885	22 (<1%)	68 (2%)
(5) Norrström	7488	61 (<1%)	-
(6) Mörrumsån	4336	23 (<1%)	38 (<1%)*
(7) Nyköpingsån	3347	90 (3%)	872 (26%)
(8) Kävlingeån	5861	158 (3%)	3232 (55%)
(9) Örekilsälven	3638	814 (22%)	316 (9%)*
(10) Dalälven	923	23 (3%)	87 (9%)
(11) Skräbeån	528	67 (13%)	63 (12%)
Till Hav	66567	2543 (4%)	14557 (26%)

* Nya åtgärder för ökad överlevnad genomförda/planerade.

Om alla ingående kraftverks modellerade dödlighet summeras efter turbintyp så har kraftverk med Francis-löphjul (N=37) en genomsnittlig dödlighet på 54% vid fullt pådrag, medan Kaplan (N=31) har en genomsnittlig förväntad dödlighet om 40%. Förhållandet blir det motsatta vid 50% körning i samma kraftverk med en genomsnittlig dödlighet på 34% i Francis och 61% i Kaplan. Det är ingen uppenbart högre dödlighet för någon turbintyp, utan andra faktorer har större betydelse för det modellerade utfallet.

5 Diskussion och rekommendationer

Krafttag ål syftar till att identifiera behovet av och implementera åtgärder där de gör störst nytta för ålen. För att det ska vara möjligt måste man veta exakt hur mycket ål som produceras och var och dessutom hur stor dödligheten är vid olika kraftverk och i olika vattendrag. I dag grundar sig prioriteringsordningen på grova skattningar av såväl ålproduktion som dödlighet vid kraftverkspassage, vilket gör att prioriteringsordningen vilar på ytterst osäker grund. Vi ifrågasätter inte det tillvägagångssätt man valt för att skatta ålproduktion och kraftverksdödlighet för det stora antal sjöar, vattendrag och kraftverk som finns i Sverige, men vi rekommenderar att man inom det fortsatta arbetet validerar dessa produktionsskattningar med empiriska studier. I vissa fall har man belägg för en hög ålproduktion, medan man i vissa fall inte alls har tydliga bevis på att vattendraget i fråga är en betydande ålproducent. Sådana valideringar och revideringar har delvis skett vid utvärderingen av de nationella ålförvaltningsplanerna 2012 (Dekker, 2012). Vad gäller den skattade turbindödligheten vid olika kraftverk, bidrar Leonardssons turbinmodell (2012) med värdefull information, men om man inte bedömer det motiverat att säkerställa en skadefri passage vid något av de kraftverk som många ålar bevisligen passerar bör man se till att utföra vetenskapligt robusta studier av den faktiska dödligheten.

5.1 Ålproduktion i teori och praktik

Det är av avgörande betydelse för ålens framtid att man lyckas öka antalet blankålar som når havet, att man vet hur mycket ålar som produceras och var denna produktion sker. Ett sätt att åstadkomma detta är att genomföra s.k. fångst-återfångst-försök i anslutning till den trap and transport (T&T) som redan genomförs på flera ställen i Sverige. Detta sker genom att man sätter märkta individer uppströms fällan som studeras för att kunna använda resultatet för att skatta hur många ålar som totalt passerar fångstplatsen (Calles *et al.*, 2012). Detta skulle vara speciellt lämpligt att genomföra som en del av de T&T-aktiviteter som bedrivs inom Krafttag ål. I de priorovattendrag där inga sådana aktiviteter bedrivs, kan man anlägga nya fällor eller använda befintliga fällor, för att både samla information om ålproduktionen och på samma gång säkerställa att de ålar som fångas når havet, något vi själva bidragit till att genomföra i Ätran (Calles *et al.*, 2012). Det vore lämpligt att genomföra en sådan produktionsmätning i så många vattendrag av de i nyckeln ingående vattendragen som möjligt. Man skulle sannolikt relativt enkelt kunna sälla bort vissa vattendrag utifrån information om vilka vattendrag som man inte satt ut ål inom och där man inte heller kan förvänta sig någon omfattande naturlig uppvandring. Dessutom kan provfisken i sjöarna med störst produktionspotential ge information om tätheterna av ål. En annan faktor av stor betydelse för hur många blankålar som lämnar ett vattendrag, är förstås hur omfattande fiske som bedrivs inom de aktuella avrinningsområdena, något som bör beaktas vid beslut om var åtgärder sätts in för att minska dödligheten för nedströmsvandrande blankål.

5.2 Turbindödlighet i teori och praktik

Såväl observationer som turbinmodellens predikterade värden visar att turbindödligheten i de flesta fall inte är 70%. I flera fall är dock den förväntade skillnaden i total dödlighet mellan ÅFP och våra reviderade värden av begränsat intresse, eftersom utgången ändå är en dödlighet på nära 100%. Ska man åstadkomma en betydande ökning av antalet blankålar till havet, kan man inte låta dem passera många kraftverk, eftersom den kumulativa effekten i så gott som alla fall är långt högre än de 60% som är målet för såväl Krafttag ål som ÅFP. Om man dessutom beaktar att ålproduktionen är lägre i dag än vad den skulle vara utan mänsklig påverkan, krävs i stort sett noll dödlighet för att målet ska nås. För vissa vattendrag med ett fåtal kraftverk är dock den reviderade totala dödligheten betydligt lägre än när man antagit 70% dödlighet vid samtliga kraftverk. Inget vattendrag har en betydande blanksålsutvandring till havet enligt den ursprungliga nyckeln och totalt når då endast ca 2500 individer havet. När de reviderade uppgifterna för kraftverksdödlighet används predikteras att totalt 14500 ålar når havet varav 8265 från Göta älv (57% av totalantalet som når havet), 3232 från Kävlingeån (22%) och 1562 från Motala ström (11%). Dessutom tillkommer de individer som förväntas bli resultatet av ökad överlevnad efter åtgärd i Mörrumsån och på sikt även i Rönne å och Örekilsälven. Prediktionen är att i dessa tre vattendrag dödas i dag nästan 20 000 utvandrande blankålar årligen.

Värt att notera är även att den skillnad mellan Kaplan och Francis i turbindödlighet man ofta utgår från, dvs. att Francis orsakar högre dödlighet än Kaplan-, inte alltid stämmer eftersom faktorer som rotationshastighet, fallhöjd och löphjulets diameter har större betydelse för utfallet än löphjulsmodellen (Leonardsson, 2012). Det är svårt att bedöma hur väl modellens prediktioner återspeglar verkligheten, eftersom den totala dödligheten påverkas av många fler faktorer än de som ingår i modellen. T.ex. tar modellen av förklarliga skäl inte hänsyn till dödlighet orsakad av tryckförändringar, gallerskador, indirekt dödlighet, predation etc. I flera fall kan detta vara en del av förklaringen till varför den observerade dödligheten är högre än den predikterade, t.ex. studierna i Göta älv (Lagenfelt och Westerberg, 2009) och Kävlingeån (Eklöv, 2010; Olsson *et al.*, 2009) som mätt just den totala dödligheten och inte bara den som direkt orsakats av att ålen träffas av turbinernas rörliga delar.

5.3 Åtgärder

Många kraftverksägare har rapporterat att man åtgärdat/rehabiliterat problemet med nedströmspassage, men i så gott som alla fall handlar det om åtgärder som inte utvärderats och som man således inte vet någonting om effekten av. Utöver det faktum att funktionen inte säkerställts, saknar de flesta av dem sannolikt någon betydande funktion, eftersom de inte uppfyller de krav som ställs på en åtgärd för förbättrad nedströmspassage (Calles *et al.*, In press-a). Till exempel har konventionella fisktrappor och naturlika fiskvägar (omlöp) sällan någon stor betydelse för nedströmsvandrande fisk, eftersom dess utgång (den längst uppströms belägna delen) anläggs på en plats långt bort från den punkt där nedströmsvandrande fisk söker efter en väg nedströms (Calles och Greenberg, 2009). Fiskar tenderar att ansamlas i

turbinintaget, medan utgången från fiskvägar för uppströms passage anläggs långt därifrån för att undvika att nystigen mjölksyrestinn fisk sugas in mot gallret eller in i turbinerna. Ett undantag är ovan nämnda Jonsereds kraftverk i Sävåån (se rubrik "4.1 Göta älv" ovan). Ett annat vanligt problem är att fingaller anläggs utan hänsyn till målartens simkapacitet och utan att de fiskar som hindras från att passera har tillgång till en alternativ väg förbi hindret i fråga, vilket resulterar i att fisk bara stängs inne uppströms hindret eller kläms fast och dör på intagsgallret (Calles *et al.*, 2010b; Calles *et al.*, In press-b). Ytterligare en åtgärd med osäker effekt är att använda spilluckor för att "släppa ut" nedströmsvandrande fisk. Ofta är sådana spilluckor bottentappade, vilket innebär att utflödande vatten har en mycket hög acceleration och hastighet, vilket många fiskarter snarare undviker än attraheras av (Calles *et al.*, In press-a; DWA, 2005). På samma gång föredrar ålen bottenorienterade passager och om accelerationen kan minimeras och flödet genom dem maximeras kan sådana spilluckor utgöra en effektiv passage för nedströmsvandrande ål (Gosset *et al.*, 2005).

För att snabbast möjligt åstadkomma en avsevärd ökning av mängden blankålar som når havet, bör man förbjuda ålfisket i den eller de sjöar som står för den huvudsakliga produktionen av blankål i respektive priovattendrag. För att maximera effekten av fångsten rekommenderar vi att man, där det är praktiskt genomförbart, anlägger en uppsamlingsanordning i intaget vid det första kraftverket nedströms dessa sjöar. Eftersom alla nedströmsvandrande blankålar passerar kraftverken, är en sådan uppsamlingsanordning att föredra framför metoder som består i att fiske bedrivs på andra platser och endast på en del av vattendragets bredd.

På lång sikt bör man prioritera ålutsättningar i sjöar med hög produktionspotential och där problemen är lösta kring blankålens nedströmsvandring. En redan etablerad strategi är att prioritera utsättningar i produktiva system på västkusten utan vandringshinder, men om priovattendragen ska förbli prioriterade och ålproducerande, måste man prioritera att även tillräckligt med ålyngel når dem. Från ett biologiskt perspektiv och enligt försiktighetsprincipen bör man prioritera att naturligt uppvandrande ålyngel når uppväxtområdena och att man därefter möjligen kompletterar med importerade ålyngel. Studier av betydelsen av ålyngelfällors placering har på senare tid visat att fångsterna ofta kan ökas avsevärt om man förbättrar befintliga ålyngelledares position och dessutom kompletterar med fler fällor vid ett och samma vandringshinder (Ulf Levein, muntligen)(Calles *et al.*, 2012). Med tanke på att mängden uppvandrande ålyngel är begränsad i många vattendrag, kan sådana förbättringar vara såväl motiverade som relevanta. Sammantaget kan en lämplig strategi vara att utöka antalet ålyngeluppsamlare vid det första vandringshindret och transportera ålynglen direkt till de huvudsakliga uppväxtområdena istället för att enbart lyfta dem förbi det första av i vissa fall många vandringshinder som ligger mellan havet och uppväxtområdena.

Från ett biologiskt perspektiv bör man eftersträva att alla fiskarter ska kunna vandra både uppströms och nedströms i vattendrag. Detta är utan tvekan genomförbart i små vattendrag med få kraftverk, där exempel bland priovattendragen är Rönne å, Kävlingeån, Örekilsälven, Nyköpingsån, Skräbeån och Borgvikeälven. I större vattendrag är det avsevärt mycket svårare att återställa fria vandringsvägar, men i många fall mycket angeläget

och inte på något sätt omöjligt. Exempel bland priovattendragen på stora vattendrag med förhållandevis få vandringshinder är Göta älv, Motala ström och Norrström. Mörrumsån och Lagan har gemensamt att de innehåller ett stort antal kraftverk mellan huvudproduktionsområdet och havet och att man i båda fall har åluppsamlingsanläggningar (ålspärar) med åtminstone en god potential för T&T och således en hög överlevnad. I Dalälven är den skattade ålproduktionen låg och det ligger många och stora kraftverk i älvens nedre delar, vilket sammantaget gör att från ett ålperspektiv åtgärdskostnaderna blir höga och samtidigt nyttan låg.

Det kan även vara motiverat att undersöka andra metoder för att samla ihop vandrande ål. I synnerhet i stora älvar kan det vara svårt att anlägga uppsamlingsanordningar i kraftverksintagen och därmed värt att beakta andra metoder att fånga ål för transport. En metod som med framgång använts i bl.a. Tyskland är "stow-nets", där man fångar utvandrande blankål med hjälp av en stor nätstrut. Tekniken är framtagen för att användas i strömmande vatten och nätet placeras så att den täcker en stor alternativt en prioriterad del av vattendraget (Klust, 1970). Det finns ett antal olika tekniker för fiske med stow-nets, t.ex. uppankrat med pålar, fäst vid uppankrad båt och utterbräda (Eng. otterboard stow-net). Den sistnämnda varianten är den mest moderna och anses även vara den mest effektiva (Fischermeister, Christian Köthke muntligen 2012). Metoden kan vara intressant att testa i de större ålproducerande vattendragen i Sverige, t.ex. Göta älv.

5.4 Rekommendationer

Sammantaget rekommenderar vi att resurser inom en snar framtid satsas på att testa teknik för uppsamling och/eller förbiledning av ål vid ett stort kraftverk i ett av de största priovattendragen, där Göta älv är det vattendrag som har i särklass störst potential. Vi anser att det är mycket angeläget att kraftverken i de mest produktiva små priovattendragen görs passerbara, där Rönne å och Kävlingeån och möjligen även Örekilsälven är de vattendrag som har störst potential. Kunskapen finns i dag för att framgångsrikt implementera åtgärder för förbättrad nedströmspassage i små vattendrag med små kraftverk.

Eftersom prioritetsordningen grundar sig på en ålproduktion som inte är belagd för samtliga vattendrag, rekommenderar vi att man utreder vilka reglerade vattendrag som har den största produktionen av blankål i dag och att man vid behov reviderar priolistan. Det är lämpligt att en sådan översyn inkluderar fler vattendrag än vad priolistan innehåller i dag, eftersom det finns indikationer på att dagens priolista innehåller vattendrag med en mycket låg ålproduktion. För de vattendrag som slutligen toppar priolistan måste man säkerställa att en tillräcklig rekrytering av ålyngel sker till de huvudsakliga produktionsområdena, helst då av älveget material. Av lika stor betydelse är att man maximerar överlevnaden till blanksålsfasen hos ålarna i dessa prioriterade vattendrag och sjöar för att rättfärdiga att resurser satsas på just dessa vattendrag.

6 Finansiärer och källor

”Detta projekt finansierades av programmet ”Krafttag ål” som är ett samarbete mellan vattenkraftföretag via ELFORSK och Havs- och vattenmyndigheten.

Tack till alla som bidragit med fakta, inspiration och gedigen kunskap!

Ett speciellt tack till Håkan Wickström, Anders Asp och Willem Dekker (SLU-Aqua) för att ha svarat på otaliga frågor om det arbete som ligger till grund för ålförvaltningsplanen och fördelningsnyckeln. Håkan Westerberg (Eeliad) och Ingvar Lagenfelt (Länsstyrelsen Västra Götaland) för information om allt som rör ål. Sara Sandberg (Elforsk), Anders Bard (SWECO), Lennart Olsson (E.ON Vattenkraft AB), Fredrik Nordwall och Niklas Egriell (Havs- och vattenmyndigheten). Nina Rees och Jan Linnér Karlstads universitet för hjälp med insamling av information.

För information om priovattendragen (i bokstavsordning):

- AB Kvarnviks Kvarn - Arne Persson
- Arctic Paper Munkedal AB - Jan Lundborg och Sören Asklund
- Bösamölla kraftverk - Åke Stridh
- Eeliad - Håkan Westerberg
- Eklövs Fiske och Fiskevård - Anders Eklöv
- E.ON Vattenkraft Sverige AB - Johan Tielman och Lennart Olsson
- Fortum Generation AB - Marco Blixt, Claes Kjork, Jan Swedberg, Bengt Karl-Erik Carlsson
- Holmen Energi AB - Jan Lidström
- Lerum Fjärrvärme AB - Håkan Danielsson
- Lilla Harrie kraftverk: Andreas Svensson och Mats Karlsson
- Lilla Röds kraftverk: Tommy Johansson
- Länsstyrelserna
- Mälarenergi - Göran Algoth
- Olofströms Energiservice AB - Jan Håkansson
- Skogstorp kraftverk AB - Krister Bruun
- Skånska Energi - Ulf Levein
- Statkraft Sverige AB - Lill Wiklund och Emma Wikner
- Strömfallet AB - Henrik Sandberg
- Tekniska Verken i Linköping AB - Ola Palmquist
- Torps kraftverk: Lars-Olof Ramnelid och Per-Erik Hallin
- Vattenfall AB - Erik Sparrevik, Anna Östlund, Per Israelsson, Svante Farnbo
- Volvo personvagnar - Jan Brunhem och Risto Grekula
- Öresundskraft produktion AB - Håkan Axelsson och Bo-Göran Johnsson

7 Referenser

Acou A, Laffaille P, Legault A, Feunteun E. 2008. Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish*. **17**: Sid. 432-442.

Boubée JAT, Williams EK. 2006. Downstream passage of silver eels at a small hydroelectric facility. *Fisheries Management and Ecology*. **13**: Sid. 165-176.

Brujjs MCM, Polman HJG, van Aerssen GHFM, Hadderingh RH, Winter HV, Deerenberg C, Jansen HM, Schwevers U, Adam B, Dumont U, Kessels N. 2003. Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the River Meuse. *EU-Report Contract Q5RS-2000-31141*. 106 sid.

Calles O. 2009. Nedströmspassage för ål vid Ätrafors kraftverk. I boken *Restaurerade vatten - Exempel på fiskevård i svenska vatten*, C. Lindhagen (eds). Sportfiskarna: Ödeshög; Sid. 70-73.

Calles O, Andersson J. 2009. Nedströmspassage för ål i Alsterälven. *Rapport Naturvårdsverkets havsmiljöanslag. Delrapport 1 - 2009*. 6 sid.

Calles O, Andersson J, Österling M, Gustafsson S, Vezza P, Comoglio C, Levein U, Löfqvist M. 2010a. Ålprojekt Alsterälven - Lägesrapport för 2010. *Forskningsrapport 2010:04, Naturresurs rinnande vatten, Karlstads universitet*. sid.

Calles O, Bergdahl D. 2009. Ålens nedströmspassage av vattenkraftverk - Före och efter åtgärd. *Karlstad University Studies*. **2009:19**. 37 sid.

Calles O, Christiansson J, Andersson J, Sahlberg T, Stein F, Olsson B-M, Alenäs I, Tielman J. 2012. ÅL I ÄTRAN - En fallstudie för den svenska ålförvaltningsplanen. *Karlstad University Studies*. 51 sid.

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*. **25**: Sid. 1268-1286.

Calles O, Karlsson S, Hebrand M, Comoglio C. In press-a. Evaluating technical improvements for downstream migrating diadromous fish at a hydroelectric plant. *Ecological Engineering*. Sid.

Calles O, Olsson IC, Comoglio C, Kemp PS, Blunden L, Schmitz M, Greenberg LA. 2010b. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower

plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology*. **55**: Sid. 2167-2180.

Calles O, Rivinoja P, Greenberg L. In press-b. A historical perspective on downstream passage at hydroelectric plants in Swedish rivers. I boken *Ecohydraulics: an integrated approach*, (eds). John Wiley & Sons Ltd: West Sussex, UK; Sid. 448.

Carr JW, Whoriskey FG. 2008. Migration of silver American eels past a hydroelectric dam and through a coastal zone. *Fisheries Management and Ecology*. **15**: Sid. 393-400.

Casselman JM, Cairns DK. 2009. *Eels at the edge: science, status, and conservation concerns*. American Fisheries Society: Bethesda, Maryland, US. 449 sid.

Coutant CC. 2001. *Behavioral Technologies for Fish Guidance*. Bethesda, Maryland. 105-113 sid.

Dekker W. 2003. Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*? *Fisheries Management and Ecology*. **10**: Sid. 365-376.

Dekker W. 2012. Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2012. *Aqua reports*. 77 sid.

DWA. 2005. *Fish Protection Technologies and Downstream Fishways. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection*. German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA): Hennef. 226 sid.

Eklöv AG. 2009. Märkning av havsöring och lax i Emån 2001-2009. *Eklövs Fiske och Fiskevård*. 10 sid.

Eklöv AG. 2010. Förstudie avseende utvandringslösningar för havsöring och ål förbi kraftverken i Kävlingeån. *Eklövs Fiske och Fiskevård* ((På uppdrag av Kävlingeåns-Löddeåns FVOF och Länsstyrelsen i Skåne). 24 sid.

Ferguson JW, Absolon RF, Carlson TJ, Sandford BP. 2006. Evidence of delayed mortality on juvenile Pacific salmon passing through turbines at Columbia River dams. *Transactions of the American Fisheries Society*. **135**: Sid. 139-150.

Fiskeriverket. 2008. Svensk Ålförvaltningsplan (Jo 2008/3901). 51 sid.

Friedland KD, Miller MJ, Knights B. 2007. Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. *ICES Journal of Marine Science*. **64**: Sid. 519-530.

Gosset C, Travade F. 1999. Devices to aid downstream salmonid migration: Behavioral barriers. *Cybium*. **23**: Sid. 45-66.

Gosset C, Travade F, Durif F, Rives J, Elie P. 2005. Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research and Applications*. **21**: Sid. 1095-1105.

Gough P, Philipsen P, Schollema PP, Wanningen H. 2012. *From sea to source; International guidance for restoration of fish migration highways*. . Hunze and Aa's Regional Water Authority, Veendam (The Netherlands). 300 sid.

Greenberg LA, Calles O, Andersson J, Engqvist T. In press. Effect of trash diverters and overhead cover on downstream migrating brown trout smolts. *Ecological Engineering*. Sid.

Jacobson H. 2012. Ålavledaren vid Vessige Kraftverk. sid.

Jansen HM, Winter HV, Bruijs MCM, Polman HJG. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES J. Mar. Sci.* **64**: Sid. 1437-1443.

Karlsson S. 2008. Hydro-electric power and downstream migration of Atlantic salmon and Sea trout - Evaluation of mortality and movement using telemetry in the river Ätran. Master thesis. Göteborgs Universitet. 21 pages.

Klust G. 1970. Eel stownets in German rivers. *EIFAC Technical Paper*. sid.

Kriström B, Calles O, Greenberg LA, Leonardsson K, Paulrud A, Ranneby B. 2010. Samhällsekonomisk analys av alternativa åtgärder i flödespåverkade vattendrag: Emån och Ljusnan. Vetenskaplig slutrapport. (Cost-Benefit Analysis of River Regulation: The case of Emån and Ljusnan. Scientific summary report). *Elforskrapport*. 89 sid.

Lagenfelt I, Hemmingsson M. 2011. Ålvandring i Rolfsån, Sävån och Enningdalsälven - Telemetristudier på blankål 2008-2009. *Fiskeriverkets Utredningskontor i Göteborg*. 34 sid.

Lagenfelt I, Westerberg H. 2009. Ål i Göta älv, Sävån och Rolfsån - Telemetristudier på blankålsvandring. *Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten*. sid.

Larsson M. 1998. Fiskspärrsförsök - Etapp 2 - Försök i Norrtäljeån att avleda ål med hjälp av stroboskopljus. *Vattenfall hydropower*. sid.

Leonardsson K. 2012. Modellverktyg för beräkning av dödlighet för nedströmsvandrande ål vid vattenkraftverksanläggningar. *Krafttag ål*. 44 sid.

Lucas MC, Bubbs DH, Jang M-H, Kyong HA, Masters JEG. 2009. Availability of and access to critical habitats in regulated rivers: effects of low-head barriers on threatened lampreys. *Freshwater Biology*. **54**: Sid. 621-634.

Martinell H. 1965. Ålspärr vid Granö kraftverk i Mörrumsån åren 1961 tom 1964. 11 sid.

Montén E. 1985. *Fish and turbines : fish injuries during passage through power station turbines*. Vattenfall, Statens vattenfallsverk: Stockholm. 112 sid.

Odeh M. 1999. *Innovations in fish passage technology*. American Fisheries Society: Bethesda, Maryland. sid.

Odeh M, Orvis C. 1998. Downstream fish passage design considerations and developments at hydroelectric projects in the North-east USA. I boken *Migration and fish bypasses.*, M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss (eds). Fishing News Books: Oxford; Sid. 267-280.

Olsson IC, Eklöv A, Degerman E, Länsstyrelsen i Skåne län. 2009. *Effekter av våtmarker och kraftverk på havsöringsmolt (Salmo trutta L.) och ål (Anguilla anguilla L.)*. Länsstyrelsen i Skåne län: Malmö. 60 s. sid.

Pedersen MI, Jepsen N, Aarestrup K, Koed A, Pedersen S, Okland F. 2011. Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology*. Sid. 1-5.

Welton JS, Beaumont WRC, Clarke RT. 2002. The efficacy of air, sound and acoustic bubble screens in deflecting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts in the River Frome, UK. *Fisheries Management and Ecology*. **9**: Sid. 11-18.

Westerberg H. 1979. Telemetriförsök med ål vid Olidestationen. *Fiskeristyrelsen / Oceanografiska institutionen*. 13 sid.

Widemo M, Wickström H. 2007. *Vandringsvägar för ål - en litteratursammanställning*.

Wolf P. 1951. A trap for the capture of fish and other organisms moving downstream. *Transactions of the American Fisheries Society*. **80**: Sid. 41-51.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Förtydligande

I tabellerna används följande benämningar för att beskriva de olika turbintyperna:

- **Kaplan:** avser att turbinen är en s.k. full-Kaplan, dvs. både löphjul och ledskovlar är ställbara.
- **Rör-kaplan:** avser att turbinen är en s.k. bulbturbin (rörturbin, axialturbin), dvs. en typ av turbin som har reglerbara löphjulsskovlar och ledskovlar, hela turbinen med tillhörande generator ligger med horisontell axel i en strömlinjeformad "bulb" (kapsel)
- **S-Kaplan:** avser att turbinen är en s.k. semi-Kaplan (löphjulsreglerad axialturbin) dvs. fasta ledskovlar med ett ställbart löphjul
- **Propeller:** turbintyp där löphjulsskovlarna är i ett fast läge
- **Francis:** har fasta löphjulsskovlar (lameller) och fler antal skovlar (10 – 20) än Kaplanturbinen
- **D-Francis:** avser att turbinen är en s.k. dubbel-Francis, dvs. två Francis turbiner i ett och samma aggregat som delar på flödet.
- **Lawaczeck:** Lawaczeck-turbinen har fasta löphjulsskovlar och kan ses som ett mellanting mellan en Francis och en Propellerturbin. (en Francis utan löphjulsband)

I de fall ett kraftverk har flera turbiner/löphjul av samma typ indikeras detta med t.ex. Kaplan x 3, vilket innebär att det finns tre likadana Kaplan-turbiner i kraftverket. Om uppgift saknas anges detta med "i.u." (ingen uppgift).

Dödlighet (ÅFP) – avser den skattade dödlighet som erhålls från ålförvaltningsplanens skattade kraftverksdödlighet som den använts i nyckeln.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Göta älv – Prioritet 1

Tabell 1:1. Egenskaper för Vargöns, Hojums och Olidans kraftstationer i Göta älvs huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Lagenfelt och Westerberg (2009) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Vargön			Hojum		Olidan
Galler (mm)	Saknas	100	100	100	100	75
Löphjul	Kaplan x 2	Rör-Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Francis x 9
RPM	46,9	75	136,4	136,4	136,4	187,5
Ø / (mm)	8000	6100	5300	5500	5700	1800
Q (m3/s) tot	2 x 330	250	170	210	260	40 x 9
Fallhöjd (m)	4,3			31		31
Åtgärder	Nej			Nej		Nej
Dödlighet (ÅFP)	70%			70%		70%
Obs. Dödlighet	24%			32%		
Modellerad (KTÅ)	11% (Q_{MAX})			50% (Q_{MAX})		
Q_{MAX}	11%	12%	32%	27%	22%	91%
75% Q_{MAX}	14%	16%	40%	33%	27%	87%
50% Q_{MAX}	20%	23%	54%	47%	39%	88%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 1:2. Egenskaper för Lilla Edets kraftstation i Göta älvs huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Lagenfelt och Westerberg (2009) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Lilla Edet			Totalt Göta älvs huvudfåra
Galler (mm)	200	100	100	-
Löphjul	Kaplan	Propeller x 2	Rör-Kaplan	-
RPM	62,5	70	70	-
Ø / (mm)	6000	5800	6100	-
Q (m3/s) tot	200	200 x 2	280	-
Fallhöjd (m)		6,5		-
Åtgärder		Nej		-
Dödlighet (ÅFP)		70%		97%
Obs. Dödlighet		38%		68% / 66%*
Modellerad dödlighet (KTÅ)		12% (Q_{MAX})		58% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	14%	13%	10%	61%
75% Q_{MAX}	17%	16%	12%	65%
50% Q_{MAX}	25%	23%	18%	76%

* Den observerade dödligheten var 68%, men för jämförbarhet med "Dödlighet (ÅFP)" och Modellerad (KTÅ) beräknas här motsvarande dödlighet på alla ålar som beräknas produceras på olika platser inom Göta älvs avrinningsområde, vilket ger 66% dödlighet.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 1:3. Egenskaper för de fem kraftverken i Säveåns huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Lagenfelt och Westerberg (2009) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Jonsered			Hedefors		Hillefors	Floda	Solveden		Totalt
Galler (mm)	20			50 – 60		20	50 - 60	50	20	-
Löphjul	D-Francis x 2	D-Francis	D-Francis	Kaplan	Francis	Francis	Kaplan	Propeller	Kaplan	-
RPM	250	250	250	120	375	100	150	187,5	187,5	-
Ø / (mm)	1350	980	1350	2300	700	1600	2100	1900	1900	-
Q (m3/s) tot	9,3 x 2	5,9	8,0	30	6	6	17	16	16	-
Fallhöjd (m)	8,5 - 9,0			10,0		2,8	2,5	4,8		-
Åtgärder	Fisktrappa vid galler			2014		Nej	Nej	Nej		-
Dödlighet (ÅFP)	70%			70%		70%	70%	70%		99%
Obs. dödlighet	18% (50%)			41% (50%)		41% (50%)	41% (50%)	82% (50%)		97%
Modellerad dödlighet (KTÅ)	60% (Q_{MAX})			37% (Q_{MAX})		6% (Q_{MAX})	48% (Q_{MAX})	52% (Q_{MAX})		94% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	69%	31%	59%	26%	92%	6% ???	48%	52%	52%	94%
75% Q_{MAX}	38%	7%	31%	34%	87%	1% ???	60%	65%	65%	95%
50% Q_{MAX}	19%	2%	17%	50%	53%	0,2% ???	83%	87%	86%	99%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 1:4. Egenskaper för kraftverken i Brunsbergsälven och i Borgvikeälvens huvudfåra, båda inom Borgvikeälvens avrinningsområde. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Brunsborg	Borgvik	Totalt
Galler (mm)	20	53	-
Löphjul	D-Francis	Kaplan	-
RPM	375	250	-
Ø / (mm)	920	1897	-
Q (m ³ /s) tot	6	22	-
Fallhöjd (m)	11	11	-
Åtgärder	Nej	Nej	-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	91%
Obs. Dödlighet	i.u.	i.u.	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	81% (Q _{MAX})	63% (Q _{MAX})	66% (Q _{MAX})
Q _{MAX}	81%	63%	93%
75% Q _{MAX}	52%	78%	89%
50% Q _{MAX}	26%	89%	92%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Motala ström - Prioritet 2

Tabell 2. Egenskaper för de fyra kraftverken i Motala ströms huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Fiskeby		Skärbläcka	Älvås	Holmen/Bergsbron		Totalt
Galler (mm)	111		110	110	137 & 128	131	-
Löphjul	S-Kaplan x 2	Propeller x 3	Rör-Kaplan x 2	Rör-Kaplan x 3	Kaplan	Kaplan	-
RPM	100	100	142,5	98	150	187,5	-
Ø / (mm)	2900	2900	3500	2600	4350	2540	-
Q (m3/s) tot	34 x 2	34 x 3	150	90	150	35	-
Fallhöjd (m)	2,5		9	2,3	18,2	11,6	-
Åtgärder*	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	-
Dödlighet (ÅFP)	70%		70%	70%	70%		95%
Obs. Dödlighet	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	31% (Q_{MAX})		28% (Q_{MAX})	28% (Q_{MAX})	24% (Q_{MAX})		61% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	31%	31%	28%	28%	20%	43%	73%
75% Q_{MAX}	38%	38%	35%	35%	25%	53%	82%
50% Q_{MAX}	56%	57%	52%	52%	37%	76%	94%

* Trap & Truck pågår Motalaströms huvudproduktions område. Dock inga fiskvårdandeåtgärder för utvandrande ål vid anläggningarna.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Rönne å - Prioritet 3

Tabell 3. Egenskaper för de tre kraftverken i Rönne å:s huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Forsmöllan	Klippan	Stackarp	Totalt
Galler (mm)	Ca:70	Ca:50	Ca:50	-
Löphjul	Kaplan	Kaplan	Kaplan	-
RPM	253	300	300	-
Ø / (mm)	1700	1700	1700	-
Q (m3/s) tot	15	14	14	-
Fallhöjd (m)	9,0	8,5	6,2	-
Åtgärder *	*Nej	Nej	Nej	-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	70%	98%
Obs. Dödlighet	<i>Studie på samtliga kraftverk genomförd våren 2012</i>			i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	75% (Q_{MAX})	88% (Q_{MAX})	88% (Q_{MAX})	100% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	75%	88%	88%	100%
75% Q_{MAX}	85%	88%	88%	100%
50% Q_{MAX}	89%	89%	89%	100%

* Trap & Truck pågår Rönne ås huvudproduktions område. Dock inga fiskvårdandeåtgärder för utvandrande ål vid anläggningarna.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Lagan - Prioritet 4

Tabell 4:1. Egenskaper för kraftverket Skeen i Bolmån och fem av kraftverken i Lagans huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Montén (1985) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Skeen	Traryd	Kvarnaholm	Timsfors	Ängabäck	Majfors gamla/nya	
Galler (mm)	Ca: 70	Ca: 80	Ca: 70	n/a	80	65	78
Löphjul	Kaplan	Kaplan x 2	Kaplan x 2	Kaplan x 7	Kaplan x 2	Francis x 3	Kaplan
RPM	166,7	187,5	150	182,5	125	166,7	150
Ø / (mm)	3070	2900	3050	1600 - 1700	3300	1500	3400
Q (m3/s) tot	55	110	114	87	128	3 x 21,7	66
Fallhöjd (m)	9,5	16,1	7	4,5	6,5	10,6	
Åtgärder	Ålspärr + T&T	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	70%	70%	70%	70%	
Obs. dödlighet	i.u.	i.u.	61% (Q_{MAX}) 51% (80% Q_{MAX}) 92% (60% Q_{MAX})	i.u.	40% (Q_{MAX}) 45% (83% Q_{MAX}) 63% (67% Q_{MAX})	i.u.	
Modellerad dödlighet (KTÅ)	35% (Q_{MAX})	35% (Q_{MAX})	30% (Q_{MAX})	50% (Q_{MAX})	26% (Q_{MAX})	59% (Q_{MAX})	
Q_{MAX}	35%	35%	30%	50%	26%	85%	32%
75% Q_{MAX}	44%	43%	38%	62%	33%	84%	40%
50% Q_{MAX}	64%	63%	55%	85%	49%	55%	58%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 4:2. Egenskaper för sex av kraftverken i Lagans huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Bassalt		Knäred övre	Knäred nedre	Skogaby	Karsefors	Laholm	Totalt
Galler (mm)	20	40	50	50	48	70	Vrakgrind	-
Löphjul	Francis x 3	Francis	Francis x 3	Francis x 3	Francis x 3	Francis x 2	Kaplan	-
RPM	177,1	177,1	162,35	158	166,7	125	83,3	-
Ø / (mm)	1500	1700	1700	1700	2000	3620	5700	-
Q (m3/s) tot	26,3 x 3	26,3	109	109	130	155	180	-
Fallhöjd (m)	10		9,9	8,5	11,6	25,9	7	-
Åtgärder	Nej		Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	-
Dödlighet (ÅFP)	70%		70%	70%	70%	70%	70%	99%
Obs. dödlighet	i.u.		i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	84% (Q_{MAX})		75% (Q_{MAX})	75% (Q_{MAX})	65% (Q_{MAX})	50% (Q_{MAX})	18% (Q_{MAX})	98% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	84%	82%	75%	74%	65%	50%	18%	-
75% Q_{MAX}	84%	82%	78%	78%	67%	49%	23%	-
50% Q_{MAX}	77%	70%	80%	79%	70%	50%	33%	-

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Norrström - Prioritet 5

Tabell 5. Egenskaper för de fyra kraftverken i Eskilstunaåns (Norrström) huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Skogstorp	Tunafors			Faktoriaholmarna	St Kvarnfallet/Nyby		Totalt
Galler (mm)	50	30			30	25	n/a	-
Löphjul	Francis x 4	Kaplan	Francis x 2		Lawaczeck x 4	Francis x 2	Kaplan	-
RPM	i.u	125	i.u.		130	112,5	214	-
Ø / (mm)	500	i.u.	i.u.		1200 / 1600	1600	i.u.	-
Q (m3/s) tot	7,5 x 4	16	14	12	24	8 x 2	8	-
Fallhöjd (m)	5,2	5,3	5,3		2,1	5,3	6,5	-
Åtgärder	i.u.	Nej	Nej		Nej	Nej		-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%			70%	70%		99%
Obs. Dödlighet	i.u.	?			i.u.	i.u.		i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	45% (Q _{MAX})	70% (Q _{MAX})			i.u.	45% (Q _{MAX})		i.u.
Q _{MAX}	92%	33%	92%	92%	i.u.	30%	61%	i.u.
75% Q _{MAX}	88%	41%	84%	83%	i.u.	4%	75%	i.u.
50% Q _{MAX}	88%	61%	69%	64%	i.u.	1%	88%	i.u.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Mörrumsån - Prioritet 6

Tabell 6:1. Egenskaper för kraftverk 1-4 i Mörrumsåns huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Granö	Fridafors övre		Fridafors nedre	Hovmansbygd (Ebbamåla)
Galler (mm)	18	40		91	30
Löphjul	Kaplan x 2	Francis	D-Francis	Kaplan	Francis x 3
RPM	250	214	214	167	63
Ø / (mm)	i.u.	1350	n/a	2620	1050
Q (m3/s) tot	60	12,5	12,5	22	3 x 9
Fallhöjd (m)	18,5	7,3		6,2	2
Åtgärder	*Ålspärr & T&T	Nej		Nej	Öppning i nåldamm 60 cm
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%		70%	10%
Obs. dödlighet	i.u.	i.u.		i.u.	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	60% (Q_{MAX})	80% (Q_{MAX})		62% (Q_{MAX})	54% (Q_{MAX})*
Q_{MAX}	60%	88%	72%	62%	54%
75% Q_{MAX}	72%	81%	38%	75%	41%
50% Q_{MAX}	86%	35%	12%	86%	2%

* Låglutande kompositgaller utvärderas 2012-2013.

** Här har den förväntade dödlighet som använts i ÅFP använts eftersom informationen om kraftverket är bristfällig.

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priövattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 6:2. Egenskaper för kraftverk 5-7 i Mörrumsåns huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Montén (1985) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Hemsjö övre	Hemsjö nedre	Marieberg		Totalt
Galler (mm)	22 – 25	50	20 – 25		-
Löphjul	D-Francis x 4	D-Francis	Francis	Francis x 2	-
RPM	300	300	94	150*2	-
Ø / (mm)	n/a	n/a	n/a		-
Q (m³/s) tot	4 x 7	20	12	6 x 2	-
Fallhöjd (m)	15	11,5	5		-
Åtgärder	½ Q, 5 v. på våren + omlöp & klunkning		100% spill 5 vårveckor, + laxtrappa & klunkning		-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	70%		99%
Obs. dödlighet	100% (Q _{MAX})				
	80-85% (80% Q _{MAX})		i.u.		i.u.
	12-15% (61% Q _{MAX})				
Modellerad dödlighet (KTÅ)	78% (Q_{MAX})	90% (Q_{MAX})	41% (Q_{MAX})		100% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	78%	90%	51%	31%	100%
75% Q_{MAX}	53%	85%	9%	7%	100%
50% Q_{MAX}	38%	82%	1%	1%	100%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Nyköpingsån - Prioritet 7

Tabell 7. Egenskaper för de tre kraftverken i Nyköpingsåns huvudfåra. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Harg		Fors	Storhusfallet	Totalt
Galler (mm)	30		30	30	-
Löphjul	Francis	Kaplan	Francis x 3	Francis x 2	-
RPM	150	219	60	167	-
Ø / (mm)	2050	1750	2800	1400	-
Q (m3/s) tot	13	15	9 x 3	2 x 5	-
Fallhöjd (m)	6,3		2,5	5,5	-
Åtgärder	Laxtrappa		Laxtrappa	Laxtrappa & 150 mm ventil i utskov	-
Dödlighet (ÅFP)	70%		70%	70%	97%
Obs. Dödlighet	i.u.		i.u.	i.u.	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	66% (Q_{MAX})		0,1% (Q_{MAX})	23% (Q_{MAX})	74% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	79%	55%	<1%	23%	74%
75% Q_{MAX}	44%	69%	<1%	5%	60%
50% Q_{MAX}	14%	88%	<1%	1%	54%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Kävlingeån - Prioritet 8

Tabell 8. Egenskaper för de tre kraftverken i Kävlingeåns huvudfåra Observerad dödlighet för blankål enligt Eklöv (2010) och Olsson et al. (2009) samt modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Kvarnvik		Bösmöllan		La: Harrie		Totalt
Galler (mm)	25		20	50	25-30		-
Löphjul	Francis	Francis	Francis	Francis	Francis	Francis	-
RPM	65	115	60	50	80	100	-
Ø / (mm)	1500	1200	1400	1300	1800	2000	-
Q (m3/s) tot	4,0*	2,0	1,7	1,5	3,0	4,0	-
Fallhöjd (m)	Ca: 2,5		1,3		2,2		-
Åtgärder	Nej		Laxtrappa		Fiskväg		-
Dödlighet (ÅFP)	70%		70%		70%		97%
Obs. Dödlighet	18% (13%)		18%		18%		45%
Modellerad dödlighet (KTÅ)	<1% (Q_{MAX})		<1% (Q_{MAX})		<1% (Q_{MAX})		1% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	1%
75% Q_{MAX}	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	0
50% Q_{MAX}	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	1%

* Nattetid **Q** = 2 m3/s

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Örekilsälven - Prioritet 9

Tabell 9. Egenskaper för kraftverket i Örekilsälven huvudfåra samt kraftverket i biflödet Munkedalsälven. Modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Lilla röd	Torp	Munkedal		Totalt
Galler (mm)		50	15		-
Löphjul		F-Kaplan x 2	Francis		-
RPM		350	800 x 2	600	-
Ø / (mm)	UR	1150	550	550	-
Q (m ³ /s)	BRUK	14	2,5 x 2	2	-
Fallhöjd (m)		7	38		-
Åtgärder		Fisktrappa & planerad modifiering	Nej (planeras)		-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	70%		78%*
Obs. Dödlighet	-	i.u.	i.u.		i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	-	92% (Q_{MAX})	91% (Q_{MAX})	91% (Q_{MAX})	
Q _{MAX}	-	92%	91%	90%	91%
75% Q _{MAX}	-	88%	83%	71%	84%
50% Q _{MAX}	-	89%	78%	31%	77%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Dalälven - Prioritet 10

Tabell 10:1. Egenskaper för fyra av kraftverken i Dalälvens huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Montén (1985) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Näs	Gysinge		Söderfors	Untra	
Galler (mm)	75	70	70	u.s.	70	
Löphjul	Rör-Kaplan x 2	Francis	Francis	Rör-Kaplan x 2	D-Francis x 4	D-Francis
RPM	75	75	94	u.s.	125	125
Ø / (mm)	5800	2500	2500	20MW	2250	i.u.
Q (m3/s)	460	10	10	500	4 x 85	110
Fallhöjd (m)	6,1	3,0	3,0	5,0	14	14
Åtgärder	Nej	Nej	Nej	u.s.	Nej	Nej
Dödlighet (ÅFP)	70%	10%	10%	70%	70%	70%
Obs. dödlighet	-	-	-	u.s.	40% (71% Q_{MAX})	
Modellerad dödlighet (KTÅ)	12% (Q_{MAX})	6% (Q_{MAX})		u.s.	60% (Q_{MAX})	
Q_{MAX}	12%	3,5%	7,7%	u.s.	62%	55%
75% Q_{MAX}	15%	<1%	2,0%	u.s.	64%	56%
50% Q_{MAX}	23%	<1%	<1%	u.s.	54%	55%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Tabell 10:2. Egenskaper för fyra av kraftverken i Dalälvens huvudfåra. Observerad dödlighet för blankål enligt Montén (1985) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Lanforsen	Älvkarleby	Totalt
Galler (mm)	110	40	110
Löphjul	Kaplan x 4	Francis x 5	Kaplan
RPM	93,8	150	115,4
Ø / (mm)	n/a	2200	5900
Q (m3/s)	620	90 x 5	250
Fallhöjd (m)	9,25	22,5	-
Åtgärder	Nej	Nej	-
Dödlighet (ÅFP)	70%	70%	97%
Obs. dödlighet	-	-	i.u.
Modellerad dödlighet (KTÅ)	19% (Q_{MAX})	56% (Q_{MAX})	96% (Q_{MAX})
Q_{MAX}	19%	78%	17%
75% Q_{MAX}	23%	81%	21%
50% Q_{MAX}	32%	87%	31%

Bilaga 1. Egenskaper för kraftverk i priovattendragen och resulterande modellerad turbindödlighet.

Skräbeån - Prioritet 11

Tabell 11. Egenskaper för de tre kraftverken i Holjeåns huvudfåra (Skräbeån) och modellerad turbindödlighet enligt Leonardsson (2012).

Parametrar	Olofström		Södra sund	Gonarp		Totalt
Galler (mm)	30		40	20	40	-
Löphjul	Francis	Francis x 2	Francis	Francis	Francis	-
RPM	600	500	250	325	325	-
Ø / (mm)	600	440	850	800	800	-
Q (m3/s) tot	2,4	0,6 x 2	4	4	2	-
Fallhöjd (m)	19,3		5	6	6	-
Åtgärder	Nej		Nej	Intagsgaller med ålrör & omlöp		-
Dödlighet (ÅFP)	70%		70%	70%		87%
Obs. dödlighet	-	-	-	-	-	-
Modellerad dödlighet (KTÅ)	63% (Q_{MAX})		90% (Q_{MAX})	70% (Q_{MAX})	88% (Q_{MAX})	
Q_{MAX}	92%	7%	90%	67%	33%	99%
75% Q_{MAX}	80%	2%	71%	53%	8%	92%
50% Q_{MAX}	51%	1%	30%	10%	2%	35%

Referenser

Eklöv AG. 2010. Förstudie avseende utvandringslösningar för havsöring och ål förbi kraftverken i Kävlingeån. *Eklövs Fiske och Fiskevård* (På uppdrag av Kävlingeåns-Löddeåns FVOF och Länsstyrelsen i Skåne). 24 sidor.

Lagenfelt I, Westerberg H. 2009. Ål i Göta älv, Säveån och Rolfsån - Telemetristudier på blankålsvandring. *Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten*. sidor.

Leonardsson K. 2012. Modellverktyg för beräkning av dödlighet för nedströmsvandrande ål vid vattenkraftverksanläggningar. *Krafttag ål*. 44 sidor.

Montén E. 1985. *Fish and turbines : fish injuries during passage through power station turbines*. Vattenfall, Statens vattenfallsverk: Stockholm.

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