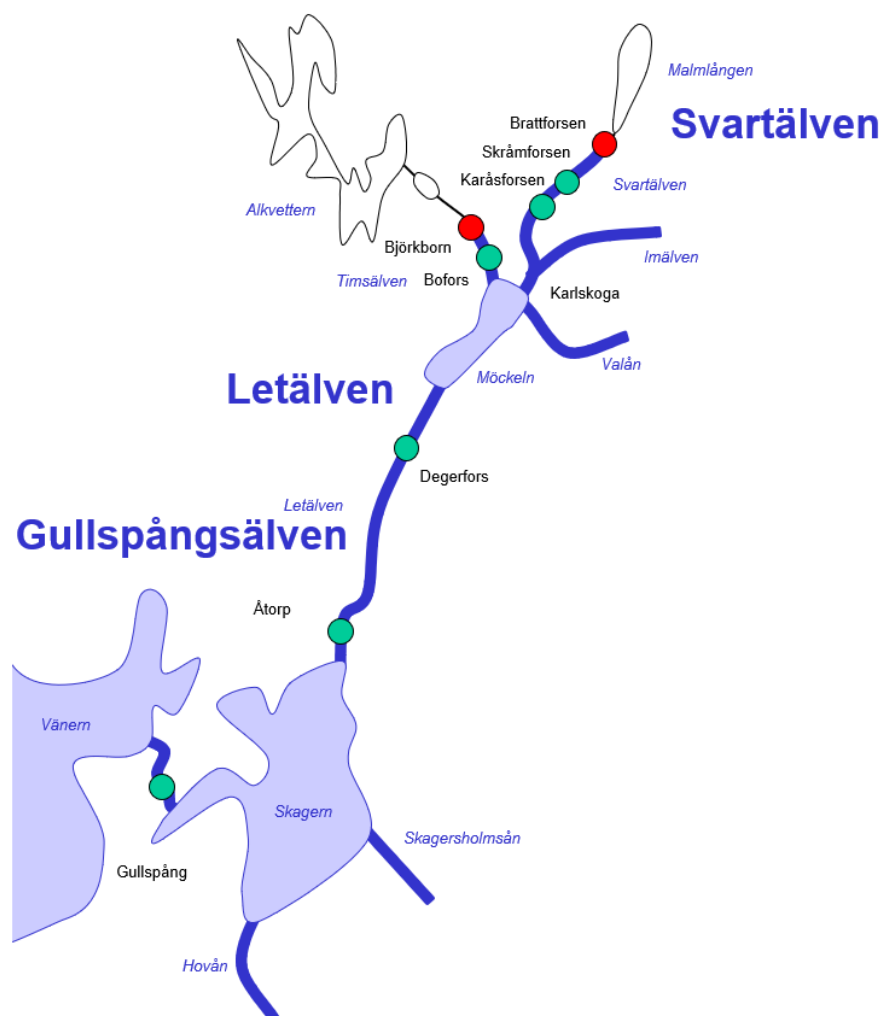


Beståndsmodell för Gullspångslax

Modellering inom projekt GRAP
på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro



Lund 2021-02-26

Innehåll

1	Inledning	1
2	Bestandsmodell	2
2.1	Avgränsningar.....	2
2.2	Modellens uppbyggnad.....	2
2.3	Habitatklassificering	3
2.4	Smoltproduktion	5
2.5	Migrationsmortalitet	9
2.6	Överlevnad i Vänerne.....	11
2.7	Kalibrering.....	12
3	Scenarier.....	14
3.1	Nuvarande förhållanden.....	15
3.2	Ursprungliga förhållanden	16
3.3	Miljöanpassning alla kraftverk	17
3.4	Återställning Gullspång.....	18
3.5	Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp	19
3.6	Trap and Transport	20
3.7	Kombination återställning och miljöanpassning	21
3.8	Ny åfåra från Skagern.....	22
3.9	Återställning Åtorp (Skagernbestånd)	23
3.10	Anpassad reglering Gullspång.....	24
3.11	Ny damm Gullspång.....	25
3.12	Lekkanal Gullspång.....	26
4	Resultat.....	27
4.1	Nuvarande förhållanden.....	27
4.2	Ursprungliga förhållanden	28
4.3	Miljöanpassning alla kraftverk	30
4.4	Återställning Gullspång.....	30
4.5	Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp	32
4.6	Trap and Transport	34
4.7	Kombination återställning och miljöanpassning	34
4.8	Ny åfåra från Skagern.....	37
4.9	Återställning Åtorp (Skagernbestånd)	37
4.10	Anpassad reglering Gullspång.....	39
4.11	Ny damm Gullspång.....	39
4.12	Lekkanal Gullspång.....	39
5	Känslighetsanalys.....	43
5.1	Migrationsmortalitet	43
5.2	Överlevnad.....	48
5.3	Inkluderade habitat	51
6	Diskussion.....	55
6.1	Karteringsmetodik	55

6.2	Laxhabitatklass	56
6.3	Smoltproduktion	57
6.4	Migrationsmortalitet	58
6.5	Realiserbarhet av åtgärder	59
6.6	Påverkan på öring	60
6.7	Ytterligare modelleringsmöjligheter.....	61
6.8	Kostnadseffektivitet av åtgärder	61
7	Sammanfattning	63
8	Referenser	68

Bilagor

Bilaga 1	Översiktskarta, bestandsmodell. Plan, skala 1:300 000
Bilaga 2	Simuleringsresultat bestandsmodell, smolt
Bilaga 3	Simuleringsresultat bestandsmodell, lekfisk

LÄNSSTYRELSEN ÖREBRO

GULLSPÅNGSÄLVEN BESTÅNDSMODELL FÖR LAX

1 Inledning

Gullspångslaxen är den enda helt naturligt reproducerande populationen av sötvattenslevande lax inom EU. På grund av framförallt utbyggnaden av vattenkraft i vattensystemet är Gullspångslaxen i dagsläget starkt hotad. Innan kraftverk och andra dammbyggnader uppfördes hade fisken fria vandringssvägar långt upp i vattensystemet till potentiella lekområden i Letälven, Svartälven och Timsälven.

I syfte att bevara och stärka populationen av den starkt utrotningshotade Gullspångslaxen bedriver Länsstyrelserna i Västra Götaland och Örebro län tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten, Fortum, Gullspångs kommun samt Gullspångsälvens vattenråd projektet *Gullspång River Action Plan (GRAP)*. En del av projektet är att identifiera de mest effektiva åtgärderna för att gynna populationen av Gullspångslax. Inom projektet har tidigare genomförts en kartering av nuvarande och ursprungliga laxhabitat inom vattensystemet.

Mot bakgrund av detta har Fiskevårdsteknik AB fått i uppdrag av Länsstyrelsen Örebro att ta fram en beståndsmodell för Gullspångslax. Modellen syftar till att beräkna ursprunglig, nuvarande och möjlig framtida produktion av smolt och lekfisk i Gullspångsälven. Som underlag har tidigare framtaget underlag om laxhabitat använts.

Föreliggande rapport innehåller en redogörelse av uppbyggnaden av modellen, ingående underlagsmaterial, antaganden samt en presentation av erhållet resultat. För en beskrivning av vattensystemet och en tydligare beskrivning av underlagsmaterialet till modellen hänvisas till Sportfiskarnas rapport *Ursprungliga och nuvarande uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring* (Bark et al. 2019).

2 Beståndsmodell

I avsikt att studera vattendragets potential för produktion av lax, samt för att erhålla en uppfattning om effekten av möjliga åtgärder för att gynna fisken i älven, har en beståndsmodell upprättats. Modellen utgör dels en översiktlig beskrivning av vattendraget och ett antal faktorer som är av betydelse för vandrande fiskbestånd, dels möjliggör den simuleringar av olika förhållanden och åtgärder.

I detta kapitel beskrivs förutsättningarna för modellen och i kapitel 3 de simulerade scenarierna. I kapitel 4 och 5 redovisas resultat från alla modellsimuleringar och en genomförd känslighetsanalys. I kapitel 6 slutligen diskuteras såväl metodikens osäkerhetsfaktorer som de erhållna resultaten. En sammanfattning av hela arbetet återfinns i kapitel 7.

2.1 Avgränsningar

Studien avser en bedömning av beståndet av från Vänern vandrande lax i Gullspångsälven. Övriga arter och habitat tas endast upp i fall de antas ha en betydande påverkan på laxbeståndet.

Modellen har geografiskt avgränsats till de delar av vattensystemet som bedöms ursprungligen ha haft betydelse för vandrande lax från Vänern och där underlagsmaterial i form av habitatkarteringar finns tillgängliga. Detta innebär Gullspångsälvens huvudfåra upp till Skagern inkl. Letälven upp till Möckeln samt Svartälven upp till Västgöthyttfors.

Biflöden till Skagern som inkluderats i modellen är Hovaån upp till Guntorp och Skagersholmsån upp till Opphammaren. Biflöden till Möckeln som inkluderats är Valån upp till Våtsjön samt Timsälven upp till Lonnen. Imälven, som är ett biflöde till Svartälven, har inkluderats upp till Älgsimmen (bilaga 1).

I modellen har 12 scenarier modellerats: uppskattade ursprungliga opåverkade förhållanden, nuvarande förhållanden samt 10 potentiella framtida förhållanden. En beskrivning av de olika scenarierna finns i kapitel 3.

2.2 Modellens uppbyggnad

Modellen är uppbyggd i MS Excel där vattendraget delas in i delsträckor med enhetliga egenskaper. Bedömd smoltproduktion (se avsnitt 2.4) beräknas för varje enskild delsträcka i ån som funktion av laxhabitatklass (se avsnitt 2.3) och producerad smolt ackumuleras sedan i nedströms riktning.

Förlust av utvandrande smolt uppstår vid vandringshinder och till följd av predation som varierar beroende på vilken habitattyp smolten passerar (se avsnitt 2.5). Detta innebär exempelvis att ett område med stor potential för smoltproduktion uppströms ett kraftverk som ej är passerbart inte resulterar i någon smoltutvandring till Vänern.

Antal uppvandrande lekfiskar beräknas baserat på det totala antalet smolt som producerats och klarar av utvandringen till Vänern och avräknas sedan med faktorerna överlevnad av smolt i Vänern (se avsnitt 2.6), andel lekmogna fiskar som återvänder för reproduktion samt uppströms passerbarhet vid vandringshinder.

Antalet uppvandrande lekfiskar som stannar på en sträcka för lek korreleras sedan mot hur många smolt som producerades på denna, för att motsvara laxens s.k. homing-beteende att återvända till sin uppväxtplats för reproduktion. Antal lekfiskar räknas därför ner efterhand uppströms i systemet. Uppvandrande fiskar begränsas också av vandringshinder i olika grad beroende på dess passerbarhet.

Slutligen beräknas återkomsten av utlekta fiskar (kelts) till Vänern som då också ackumuleras nedströms och räknas av med faktorerna överlevnad för kelt i ån nedströms samt passerbarhet vid vandringshinder.

Förhållandet mellan producerade smolt och antalet lekfiskar är inte konstant i simuleringsresultaten. Detta beror på att varje delsträcka har en maximal smoltproduktion, som kan uppnås med varierande antal lekfiskar. Förutsatt att det finns tillräckligt med föräldrapar för att en lyckad lek ska kunna genomföras antas en sträcka producera maximalt antal smolt. Är sedan överlevnaden av smolt och lekfisk stor så kommer många lekfiskar att kunna återvända vilket dock inte nödvändigtvis leder till en ökad smoltproduktion, utan snarare till en ökad konkurrens bland lekfisk och uppväxande ungar. Omvänt antas en sträcka inte kunna producera maximalt med smolt om så få vuxna fiskar överlever att ett bärkraftigt bestånd inte kan uppnås.

2.3 Habitatklassificering

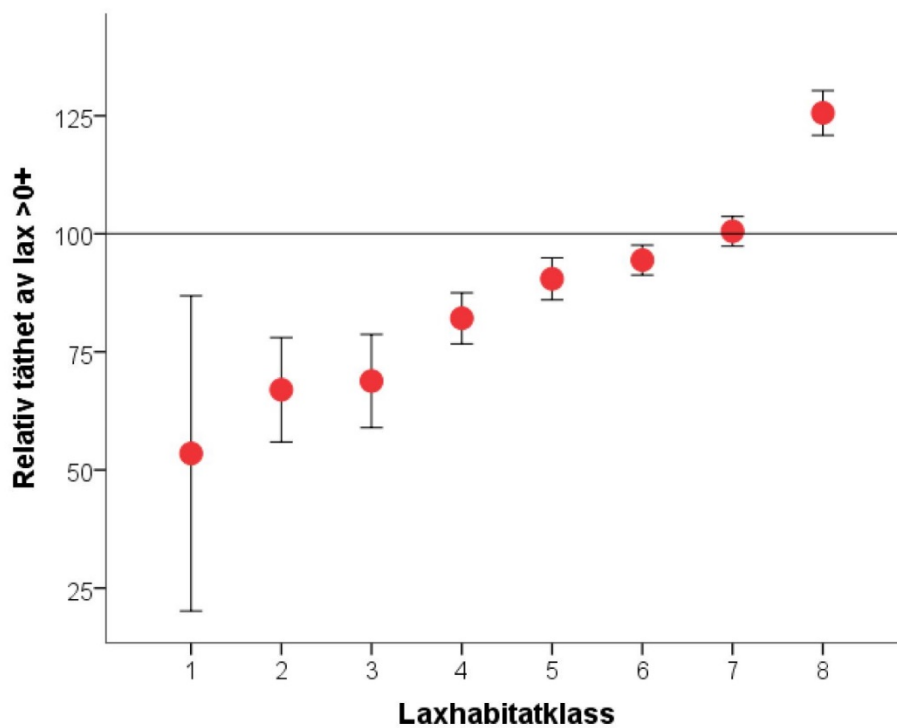
Föreliggande arbete utgår i huvudsak från den habitatkartering som genomförts inom *Gullspång River Action Plan (GRAP)* (Bark *et al.* 2019). Alla nu befintliga strömsträckor i huvudfåran inkl. Letälven och Svartälven upp till Brattforsens kraftverks naturfåra, samt Timsälven upp till Björkborns kraftverks torrfåra har inventerats i fält. Indämda sträckor i huvudfåran inkl. Svartälven upp till Brattforsens kraftverksmagasin samt i Timsälven upp till Björkborns kraftverksmagasin har ekolodats varefter de ursprungliga förhållandena har simulerats i en hydraulisk modell.

De karterade delarna av vattendragen har delats in i delsträckor med enhetliga egenskaper som har beskrivits med en Laxhabitatklass på en skala 0–8 som korrelerar med hur lämpliga sträckornas habitat är för reproduktion av laxungar (figur 1). Sambandet är framtaget genom en analys av elfiskeregistret där täthet av laxungar har jämförts mot sträckans hydromorfologiska egenskaper. I underlaget ingick endast lokaler där lax fångats vid 90 % av elfiskena.

I samband med framtagningen av metodiken genomfördes ett test av hur väl laxhabitatklass kan förutse förekomst av lax. Testet utfördes genom att se hur stor andel av alla lokaler i hela elfiskeregistret inom respektive laxhabitatklass, som kan nås av havs- eller sjövandrande lax, hade förekomst av lax. Resultatet visade att ca 20 % eller färre av lokalerna med laxhabitatklass 4 eller lägre hade förekomst av lax, och 40 % eller fler av lokalerna med laxhabitatklass 5 eller högre hade förekomst av lax (figur 2). Metodiken och bakgrunden till klassificeringen finns beskriven i rapporten *Habitatkartering – uppväxtområden för Atlantlax med GIS och transektkartering* (Degerman & Spjut 2019).

Sträckor som blivit torrlagda, överbyggda eller utfyllda, liksom biflödena Hovaån, Skagersholmsån, Imälven och Valån samt vissa sträckor mellan fältinventerade och ekolodade sträckor i övriga vattendrag har emellertid inte blivit fältkarterade (figur 3). För dessa sträckor har vi försökt bedöma utbredning och habitatsklass vid nuvarande och ursprungliga förhållanden för att skapa en komplett sammanhängande modell. Bedömningarna har utförts genom analys av moderna kartor, flygfotografier och höjddata samt av historiska kartor och fotografier. Sträckornas arealer har bestämts genom uppritning och mätning i GIS.

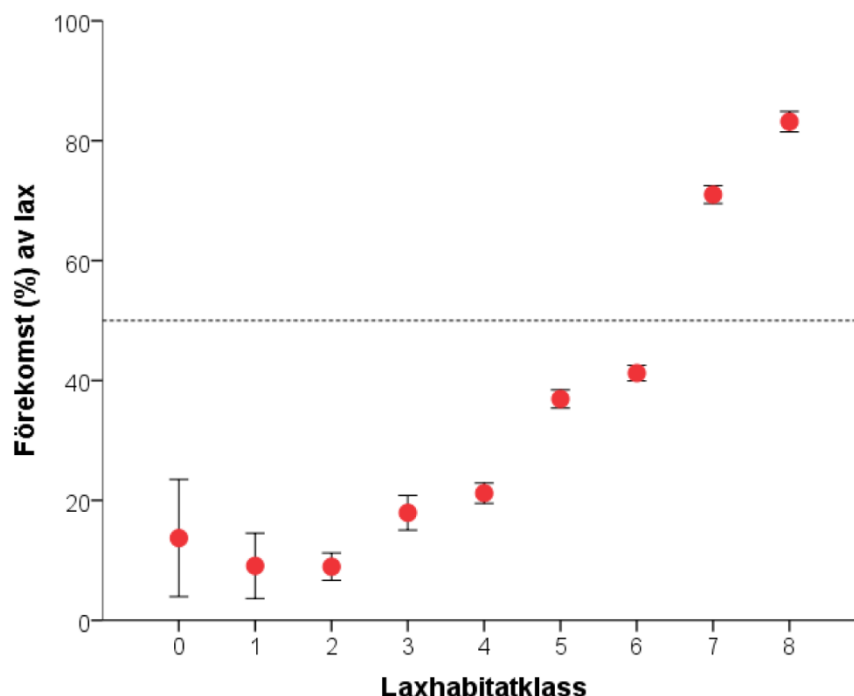
Samma teknik har tillämpats för att kontrollera och i viss mån justera areal och klassning av fältkarterade försvunna sträckor samt värdering av ursprungliga förhållandena vid de strömsträckor som finns kvar idag, men som är kraftigt påverkade av rensning.



Figur 1. Relativ täthet (där 100 % är normal) av laxungar (enbart >0+) på lokaler med olika laxhabitatvärde. Medelvärde och 95 % konfidensintervall angivet. Figur från Degerman & Spjut (2019).

2.4 Smoltproduktion

Med ledning av det samband som visas i figur 2 har det för både naturliga och nuvarande förhållanden antagits att endast sträckor med laxhabitatklass ≥ 5 producerar smolt. Laxhabitatklass är en sammanvägning av flera faktorer som vattenhastighet, djup och bottenstrukt. En sträcka med laxhabitatklass ≥ 5 har med större säkerhet rätt förhållanden för att möjliggöra uppväxt av smolt medan en sträcka med laxhabitat <5 kan ha till exempel för låga vattenhastigheter eller vara för djup och strukturlös för att fungera som uppväxtområde. Underlagsmaterialet innehåller stora arealer med sträckor som har laxhabitatklass 1, 2 och 3. Dessa sträckor bedöms dock vara antingen för djupa eller lugnflytande för att i praktiken kunna fungera som uppväxtområden för smolt (se avsnitt 5.3). Det finns stora osäkerheter i hur smoltproduktionen uppskattats, se mer om detta under avsnitt 6.3.

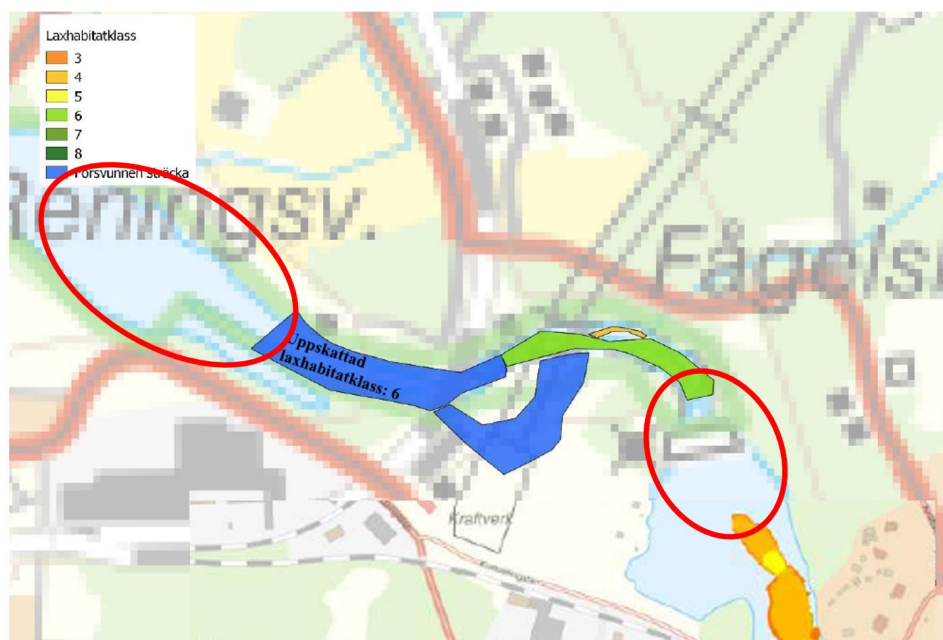


Figur 2. Förekomst av lax vid elfiske på lokaler med olika laxhabitatklass. Medelvärde och 95%-konfidensintervall angivet. Datasettet utgörs av alla elfisketillfällen i SERS där lax kan nå lokalen från havet samt Gullspångsälven och Klarälven. Från (Degerman & Spjut, 2019).

Nuvarande förhållanden

I dagsläget sker korttidsreglering på sträckan Gullspång till Vänern (exklusive naturfåran) vilket har en negativ effekt på reproduktionsmöjligheterna för lax. För att uppskatta nuvarande smoltproduktion i de korttidsreglerade sträckorna av Gullspångsälven har elfiskedata från sträckan analyserats. En vanligt förekommande metod för att skatta smoltproduktion är att beräkna det som 30 % av tätheten av laxungar >0+ (Spjut & Degerman 2016).

Elfiskedata från de senaste fem åren i Gullspångsälven visar en genomsnittlig täthet av laxungar >0+ på ca 0,8 individer per 100 m² i de korttidsreglerade sträckorna nedströms Gullspångs kraftverk samt 4,8 individer per 100 m² i Gullspångs kraftverks naturfåra som inte är korttidsreglerad (Elfiskeregistret 2020). Genom korrelationen mellan laxhabitatklass och täthet av lax >0+ som beskrivits i avsnitt 2.2 har smoltproduktionen per habitatklass beräknats som 30 % av tätheten av laxungar >0+ per habitatklass (tabell 1).



Figur 3. Illustration av habitatkarteringen. Det gröna fältet är fältkarterad, det orange fältet är ekolodat och det blå fältet är en försvunnen sträcka som uppskattats utifrån historiska uppgifter. De röda cirklarna markerar sträckor där inget underlag fanns tillgängligt. Dessa sträckor samt de blå sträckorna har granskats och justerats genom egna uppskattningar utifrån historiska uppgifter.

Tabell 1. Täthet av laxungar (>0+) och produktion av laxsmolt per 100 m² som funktion av laxhabitatklass under nuvarande korttidsreglerade förhållanden.

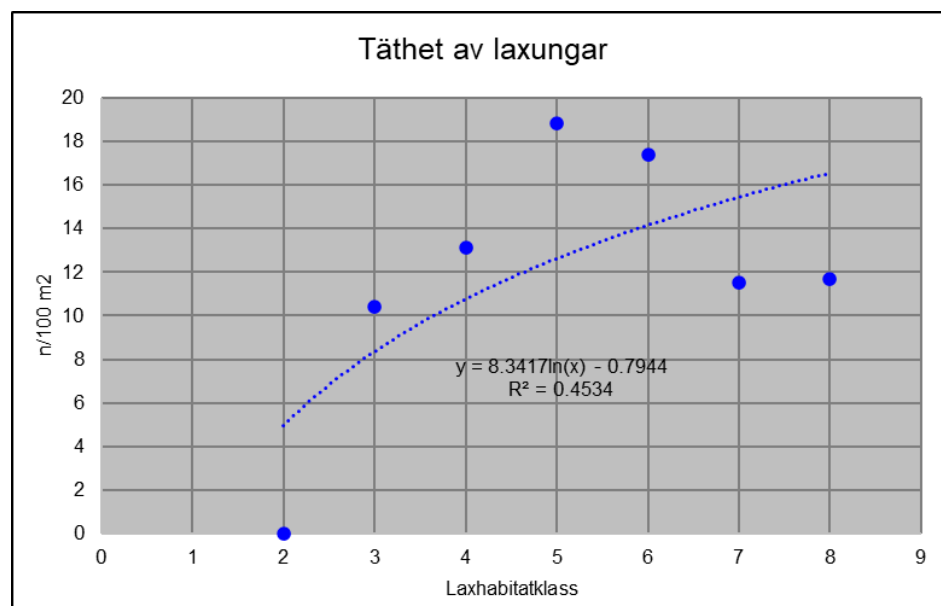
Laxhabitatklass	Produktion av laxsmolt (n/100 m ²)	
	Korttidsreglerade sträckor	Ej korttidsregl. sträckor
0	0,00	0,00
1	0,13	0,80
2	0,18	1,16
3	0,19	1,19
4	0,20	1,24
5	0,22	1,37
6	0,23	1,43
7	0,24	1,52
8	0,30	1,90

Naturliga förhållanden

För att skatta den naturliga smoltproduktionen i Gullspångsälven har vi fått hjälp av Erik Degerman på SLU Sötvattenslaboratoriet som har gjort en genomgång av elfiskedata från vattendrag av jämförbar storlek på västkusten. Elfiskedata från lokaler där lax har fångats vid minst hälften av alla elfisketillfällen har hämtats från Högvadsån, Kungsbackaån, Lärjeån, Rolfsån, Stensån, Storån, Sävån, Viskan, Ätran och Örekilsälven.

Tätheten av laxungar >0+ har jämförts med lokalens laxhabitatklass (figur 4). Data från totalt 678 elfisketillfällen har använts. På grund av det något svaga dataunderlaget har en logaritmisk kurvanpassning använts (Degerman 2020). Smoltproduktionen har sedan beräknats som 30 % av tätheten av laxungar >0+. Den resulterande tätheten och smoltproduktionen per laxhabitatklass visas i tabell 2.

Anledningen till att laxhabitatklass 1 under naturliga förhållanden inte ger någon smoltproduktion är att underlaget inte innehöll några lokaler med förekomst av laxungar >0+ med laxhabitatklass 1.



Figur 4. *Täthet av laxungar (endast >0+) som funktion av Laxhabitatklass i åar på västkusten av jämförbar storlek med Gullspångsälven.*

Tabell 2. Täthet av laxungar ($>0+$) och produktion av laxsmolt per 100 m² som funktion av laxhabitatklass under antagna naturliga förhållanden.

Laxhabitatklass	Täthet av laxungar >0+ (n/100 m ²)	Produktion av Laxsmolt (n/100 m ²)
0	0,00	0,00
1	0,00	0,00
2	4,99	1,50
3	8,37	2,51
4	10,77	3,23
5	12,63	3,79
6	14,15	4,25
7	15,44	4,63
8	16,55	4,97

2.5 Migrationsmortalitet

Smolt som vandrar nedströms utsätts för en mortalitetsrisk i form av bland annat predation från rovdjur. Ett flertal studier har genomförts på olika håll i världen för att försöka kvantifiera hur stor denna migrationsmortalitet är (Hagelin 2018; Larsson 1983; Nilsson 2013; Norrgård *et al.* 2013; Olsson *et al.* 2009; Olsson *et al.* 2001; Rasmussen *et al.* 1996). Resultaten är mycket spretiga då migrationsmortaliteten beror på många faktorer, däribland det habitat som råder längs den sträcka som ska passeras.

I en artikel från 2012 gjordes en sammanställning av tillgänglig kunskap inom området (Thorstad *et al.* 2012). Resultatet visade att migrationsmortaliteten för smolt som vandrar i ett vattendrag vanligen ligger mellan 0,3–7 % per km med en median på 2,3 % per km.

De fiskar som ska passera indämda vattenområden eller sjöar på sin väg nedströms utsätts för en ökad predationsrisk (Geen 1975; Olsson *et al.* 2009; Mills 1964; Rasmussen *et al.* 1996; Raymond 1979). Om sjöns omsättningstid är låg, dvs. att det genomströmmande flödet är litet i relation till reservoarens volym, kan det vara svårt för utvandrande smolt att hitta ut snabbt (Degerman *et al.* 2001). Risken för predation kan antas vara relaterad till smoltens uppehållstid i sjön. Upphållstiden kan modelleras men är svår att förankra i relevant empiri (Hansen *et al.* 1984; Honkanen *et al.* 2018; Jepsen *et al.* 1998; Olsson *et al.* 2001; Nilsson 2013).

Studier har visat på en ökad dödlighet av laxsmolt vid övergångar mellan å och sjö eller då detta blir en flaskhals och ett habitat som gärna nyttjas av predatorer (Kennedy *et al.* 2018).

I ett försök att spegla variationen i mortalitet beroende på habitat har sträckorna i vattensystemet delats in i 6 kategorier; mindre, mellanstora och stora vattendrag samt liten, mellanstor och stor sjö. De olika habitaterna har getts värden på mortaliteten som varierar från 1 % per km för ett stort vattendrag upp till 15 % per km för en liten sjö (tabell 3). Detta är grova antaganden som får stort utslag på modellen. Tillsammans med övriga antaganden har dessa värden ansatts för att kalibrera mot de få datapunkter som finns om nuvarande och ursprungliga förhållanden. En känslighetsanalys har även utförts för att studera hur resultatet skulle se ut med andra siffror (se avsnitt 5.1).

Indelningen baseras på antagandet att det i stora, strömmande vattendrag är förhållandevis säkert för smolt som vandrar i den dominerande strömmen då predatorer som t.ex. gädda ofta håller sig till lugnare och vegetationsrika kantpartier. I små vattendrag kan predatorer lättare hålla uppsikt över hela strömfåran och därmed upptäcka alla potentiella byten som passerar och varje enskild predator utgör därmed ett relativt större hot för nedströmsvandrande smolt jämfört med i större vattendrag.

Av sträckorna i modellen har huvudfåran inkl. Letälven upp till Möckeln kategoriserats som ett stort vattendrag. Svartälven och Timsälven har kategoriserats som mellanstora vattendrag och övriga biflöden har kategoriserats som små vattendrag.

För sjöar är antagandet att predatorer i stora sjöar främst håller till längs kanterna varför predationstrycket per km är mindre. Dock jämnar det ut sig något eftersom sträckan som ska passeras är betydligt längre i en stor

Tabell 3. Förväntad smoltförlust vid utvandring till Vänern per km vandrad sträcka i respektive habitat.

Habitattyp	Dödlighet (% per km)
Vattendrag, stort	1,0
Vattendrag, mellanstort	2,5
Vattendrag, litet	5,0
Sjö, stor	7,5
Sjö, mellanstor	10,0
Sjö, liten	15,0

sjö. Skagern exkl. Lilla Skagern har kategoriserats som stor sjö. Lilla Skagern och Möckeln har kategoriserats som mellanstora sjöar och övriga sjöar i systemet har kategoriserats som små sjöar. I modellen har det antagits att smolten vandrar i princip kortaste vägen genom sjön, vilket är osannolikt att de gör i praktiken i större sjöar med långsam omsättningstid. Det har antagits att mortaliteten i sjöar ökar till följd av att smolt irrar runt i sjön innan de hittar ut, och detta är inräknat i mortalitetsfaktorn.

Migrationsmortaliteten ges av följande samband, där $Smolt_{dödl.}$ är den habitatsspecifika förlustfaktorn från tabell 3:

$$Smolt_{levande} = Smolt_{in} * (1 - Smolt_{dödl.})^{km}$$

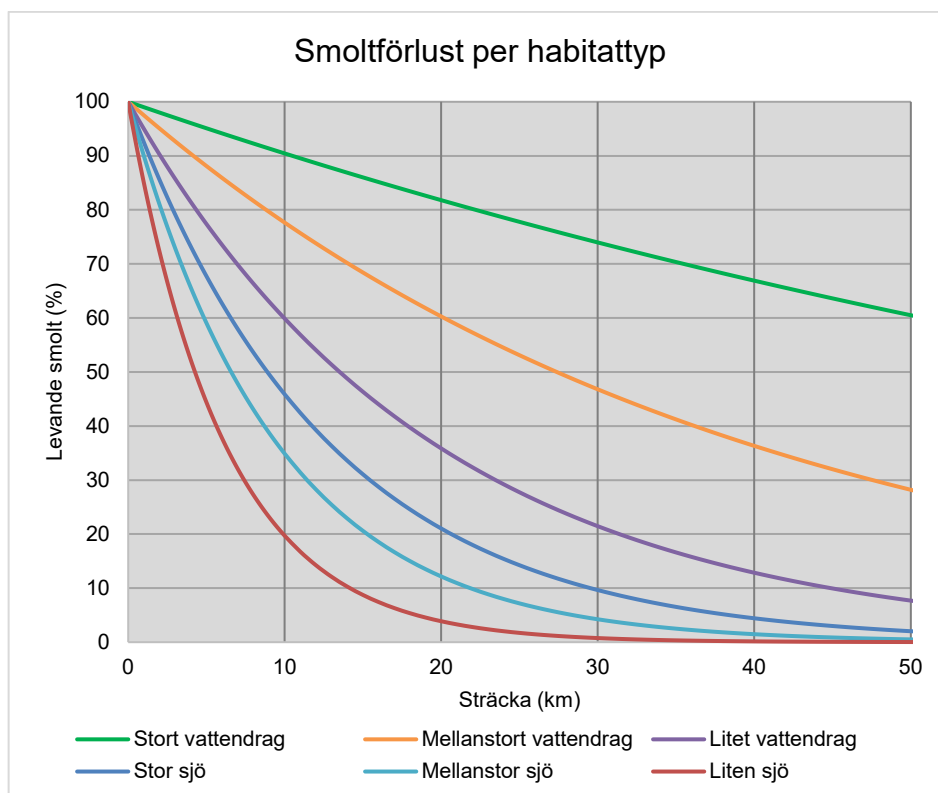
Antal överlevande smolt avräknas alltså exponentiellt med ökande sträcka för given habitattyp, vilket innebär att ett större antal smolt dör per km inledningsvis. Detta sätt att modellera smoltförlusten tar inte direkt hänsyn till nämnda flaskhalsar vid åmynningar men den exponentiella förlusten speglar ändå karaktärstiken någorlunda då smoltförlusten i sjöar inledningsvis är större. För en lugnflytande sträcka är inte effekten av en flaskhals lika påtaglig och kurvan speglar också den mer linjära smoltförlusten för en sådan habitattyp (figur 5).

Antagandet har gjorts att Gullspångsälven fortsatt helt fredas från laxfiske i alla scenarier.

2.6 Överlevnad i Vätern

Smoltöverlevnaden i Vätern har antagits vara 15 % för nuvarande och framtida förhållanden och 20 % för ursprungliga förhållanden. Smoltöverlevnaden i sjön är definierad som andelen smolt som från det att de kommer ut i sjön överlever till lekmogen ålder då de vandrar upp i ån igen. Steget av uppvandrande lekfisk kommer i praktiken vara en blandning av fisk som spenderat olika många vintrar i sjön. Siffran för överlevnad av smolt representerar därför ett genomsnitt av fisk som spenderat olika många år i sjön. Den övervägande andelen smolt antas vandra upp som lekfisk först efter 2 eller 3 vintrar i Vätern.

Anledningen till den lägre siffran för nuvarande förhållanden beror bland annat på det fiske som sker i Vätern idag. Trots att Gullspångslaxen är fredad antas fisket leda till viss ökad dödlighet även för Gullspångslaxen genom skador vid fångst och återutsättning.



Figur 5. Modellerad smoltförlust per kilometer för respektive habitattyp. Observera att vissa habitattyper (liten sjö exempelvis) aldrig är så långa som x-axeln visar.

Överlevnaden i Vänern för utlekt fisk har antagits vara 60 % för nuvarande och framtida förhållanden och 65 % för ursprungliga förhållanden. Inslaget av omlekare antas utgöra en betydande andel av det totala leksteget. Likt för migrationsmortaliteten är dessa siffror osäkra och därför har en känslighetsanalys genomförts (se avsnitt 5.2).

För bedömning av smoltens och keltens överlevnad i Vänern har vi tagit stöd av antal och storleksfördelning av fångad lax vid sportfisket i Forshaga.

2.7 Kalibrering

Då det saknas tillräckliga uppgifter om flera av ovan angivna parametrar har vi i stor utsträckning fått förlita oss på uppskattningar och antaganden. Som stöd i uppskattningen har vi kalibrerat modellen med hjälp av de få och lite osäkra uppgifter som finns att tillgå om nuvarande och tidigare mängder lekfiskar som vandrat upp i älven.

För nuvarande förhållanden har vi kalibrerat mot den genstudie som genomförts i Gullspång som visar att det finns 37 effektiva leklaxar varav 19 % omlekare (Koljonen & Koskiniemi 2020).

För ursprungliga förhållanden har vi utgått från uppgifter om att det under 1880-talet fångades ca 300 – 3 600 laxfiskar per år i Gullspångsälven och Åråsviken (Lundberg i Norberg 1984). Under denna period var Gullspångsälven ännu inte utbyggd, fisket i älven och dess mynningsområde som mest intensivt samtidigt som fisket i Vänerens öppna vatten var av begränsad omfattning. Då fördelningen mellan lax och öring i fångsten sannolikt var densamma som vid senare års elfisken borde hälften av den genomsnittliga fångsten på ca 1 600 fiskar ha utgjorts av lax. Om vi antar att det under normala förhållanden kunde fångas upp mot 30 % av den uppvandrande lekfisken borde det genomsnittliga leksteget till hela Gullspångsälven ha uppgått till i storleksordningen 2 600 laxar.

För oreglerade förhållanden har vi jämfört med de ca 2,6 ton laxfisk som fångades i Gullspångsälven och Åråsviken mellan 1915–19 (Freidenfelt i Nordberg 1984). Under denna period utgjorde torrfåran och kraftverksdammen med sin bristfälliga fiskväg vid Gullspång två mycket svåra vandringshinder som dessutom periodvis var torrlagda. Den fisk som fanns att fånga borde därför i huvudsak ha producerats i Åråsforsarna under förhållanden utan korttidsreglering. Om vi förutsätter att halva fångsten är lax och att medelvikten uppgår till ca 6 kg samt att fångsten vid denna tid uppgår till ca 50 % av den uppvandrande lekfisken borde det kvarvarande leksteget nedan Gullspång ha uppgått till ca 450 laxar.

Det finns en hel del uppgifter om laxfångster i Letälven och Svartälven från tiden före kraftverken (Dahlgren 1936; Degerman 1984; Ros 1966; Lundberg 1881, Strokirk 1854 och Swenander 1912 i Norberg 1984; Widgren 1872 m.fl.). De är emellertid svåra att använda för bedömning av laxbeståndets storlek och utbredning eftersom det vid denna tidpunkt inte särskildes mellan lax och öring (Degerman 1984; Nordberg 1984) samt att det saknas säkra belägg för om lekfisken verkligen vandrat hela vägen från Väneren.

Uppgifter om fångstens storlek före och efter Gullspångs kraftverk samt om fiskens storlek och fångsttid vid Munkfors laxfiske i nedre delen av Letälven pekar på att vandringsfisk från Väneren kan ha förekommit men i så fall utgjort en mindre andel av den redan ganska begränsade fångsten (Freidenfelt 1923 och Swenander 1912 i Nordberg 1984).

3 Scenarier

I detta kapitel presenteras de scenarier som har simulerats i beståndsmodellen. För varje scenario redovisas vilka antaganden, utöver de som presenterats i föregående kapitel, som har gjorts. De scenarier som modellerats är:

1. Nuvarande förhållanden
2. Ursprungliga förhållanden
3. Miljöanpassning alla kraftverk
4. Återställning Gullspång
5. Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp
6. Trap and Transport
7. Kombination återställning och miljöanpassning
8. Ny åfåra från Skagern
9. Återställning Åtorp (Skagernbestånd)
10. Anpassad reglering Gullspång
11. Ny damm Gullspång
12. Lekkanal Gullspång

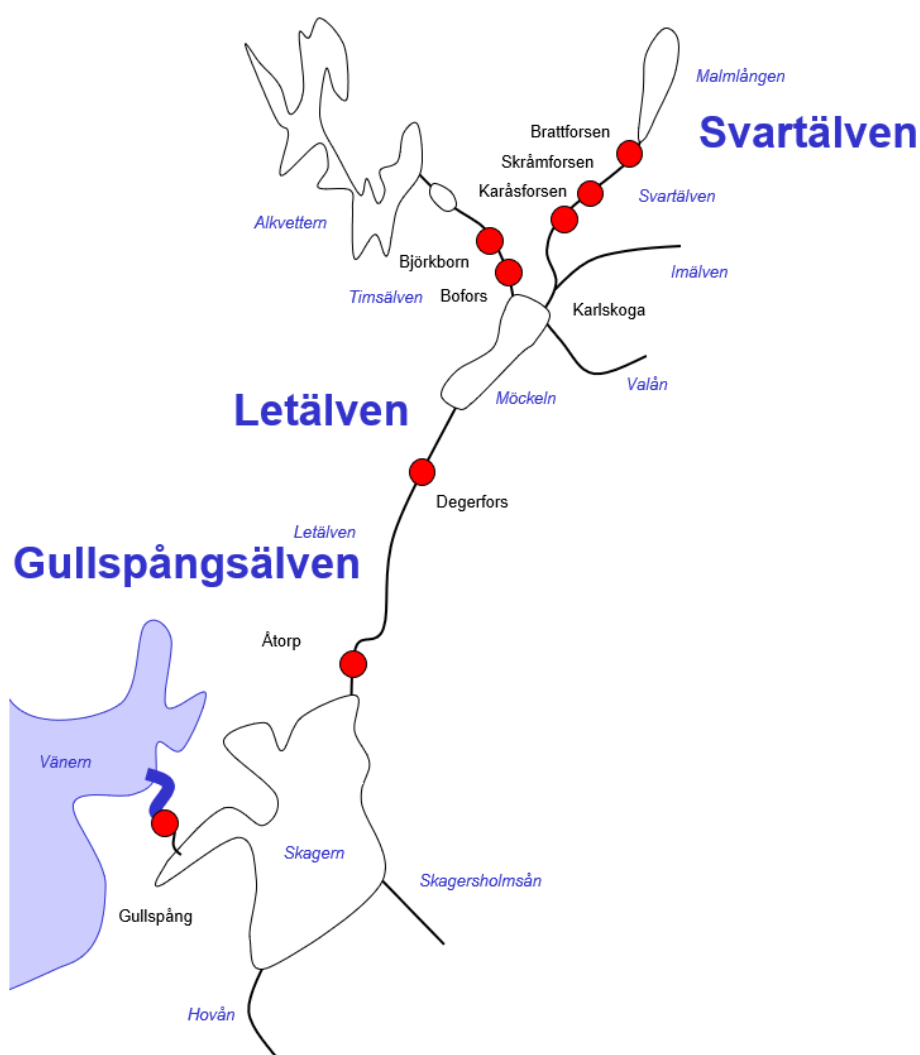
Vissa scenarier innebär omfattande åtgärder och stora tekniska utmaningar. De scenarier som inkluderats är sådana som bedömts som tekniskt möjliga att genomföra, dock utan någon analys av huruvida det är ekonomiskt försvarbart. Två scenarier kräver etablering av ett nytt bestånd (Scenario 8 och 9). Hur detta ska genomföras och om det är genomförbart är dock inte utrett.

För alla scenarier som innefattar anläggandet av en ny fiskväg har det räknats med att fiskvägarna får en passageeffektivitet på 90 % i båda riktningarna, vilket är väldigt högt räknat och endast uppnåeligt med bästa möjliga teknik och väl genomtänkta lösningar. Inga konkreta fiskvägsförslag har dock tagits fram inom ramen för detta projekt.

I flera scenarier föreslås att korttidsregleringen ersätts med en naturligt anpassad tappning. Detta innebär rent beräkningsmässigt att siffrorna för naturlig smoltproduktion används istället för nuvarande smoltproduktion. Hur detta ska åstadkommas i praktiken är dock en mer komplex fråga som inte har utretts inom detta arbete. Se avsnitt 6.3 för en diskussion om smoltproduktion.

3.1 Nuvarande förhållanden

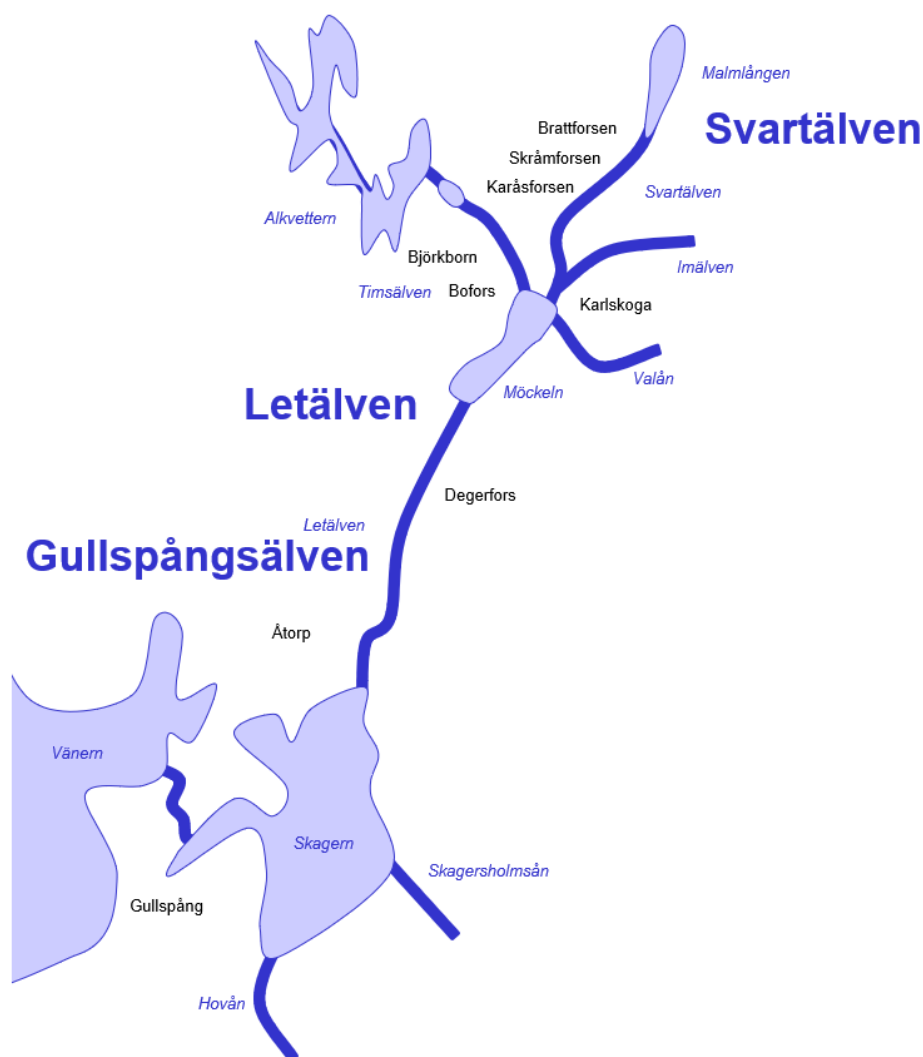
Nuvarande förhållanden innebär att fisk inte kan passera förbi Gullspångsdammen. Den för vandringsfisk från Vänern tillgängliga delen av vatten-systemet är därmed endast Gullspångsälvens huvudfåra från Vänern upp till Gullspångsdammen (figur 6). Smoltproduktionen har beräknats med hjälp av siffrorna som redovisas i tabell 1.



Figur 6. Illustration av scenario 1 – Nuvarande förhållanden. Röda prickar visar vandringshinder. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.2 Ursprungliga förhållanden

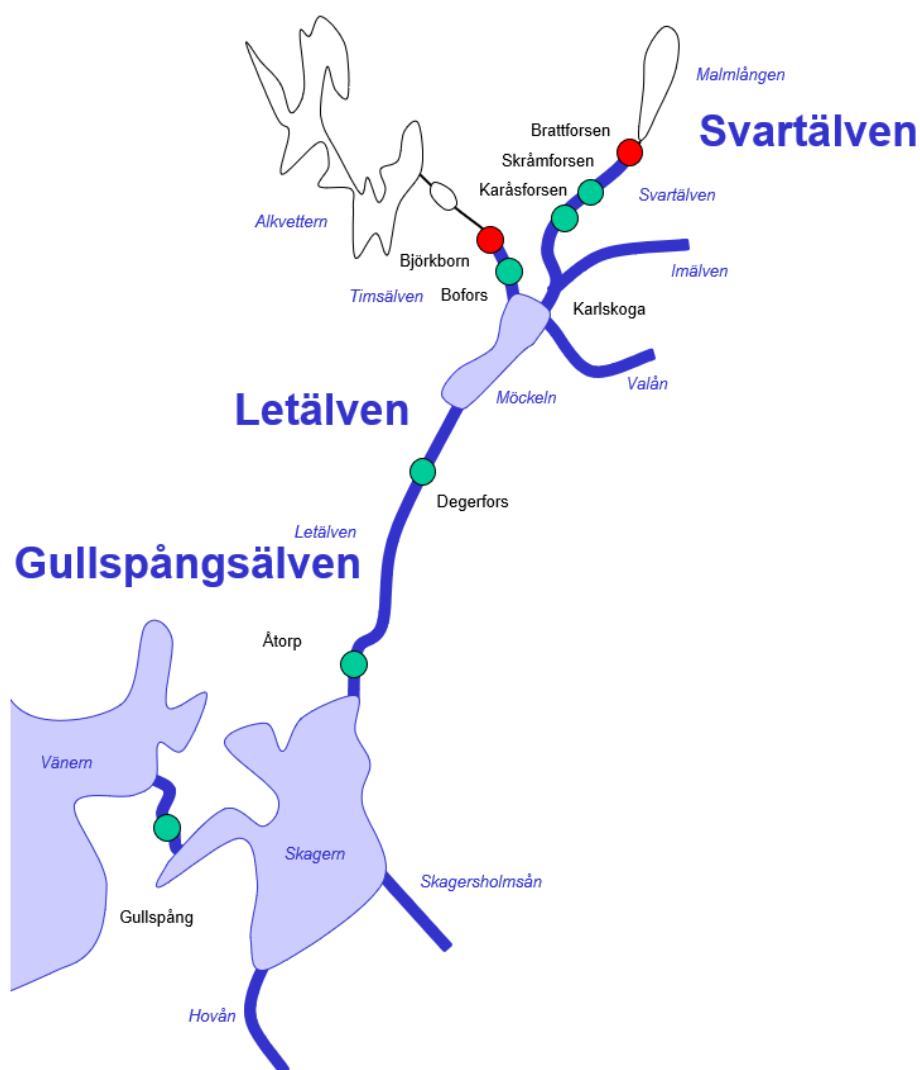
Ursprungliga förhållanden innebär att alla av människor skapade uppdämningar och vandringshinder inom det studerade området tas bort och att hela vattensystemet är tillgänglig för lax som vandrar upp från Vänern (figur 7). Det innebär även att alla i dagsläget rensade, indämda och torrlagda strömsträckor är tillgängliga som reproduktionsområden, samt att all påverkan från reglering av vattenföringen tas bort. Smoltproduktionen har beräknats med hjälp av siffrorna som redovisas i tabell 2. Överlevnaden i Vänern antas vara 20 % för smolt och 65 % för utlekt fisk jämfört med 15 respektive 60 % för övriga scenarier.



Figur 7. Illustration av scenario 2 – Ursprungliga förhållanden. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.3 Miljöanpassning alla kraftverk

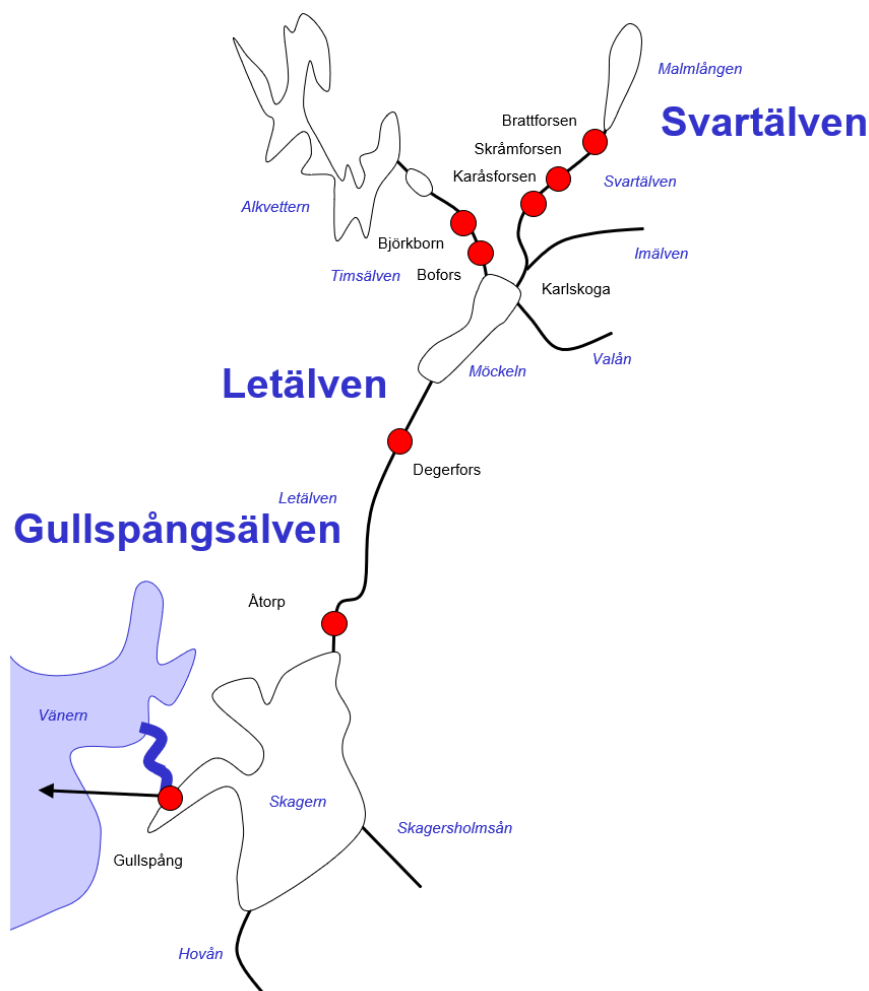
Detta scenario innebär att det vid alla kraftverk nedströms Brattforsen och Björkborn har anlagts funktionella fiskvägar för upp- och nedströms vandring som medger 90 % passerbarhet i båda riktningar (figur 8). Det innebär även att ingen korttidsreglering eller nolltappning förekommer vilket gör att siffrorna för naturlig smoltproduktion används (tabell 2).



Figur 8. Illustration av scenario 3 - Miljöanpassning alla kraftverk. Gröna prickar visar miljöanpassade kraftverk. Röda prickar visar vandringshinder. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.4 Återställning Gullspång

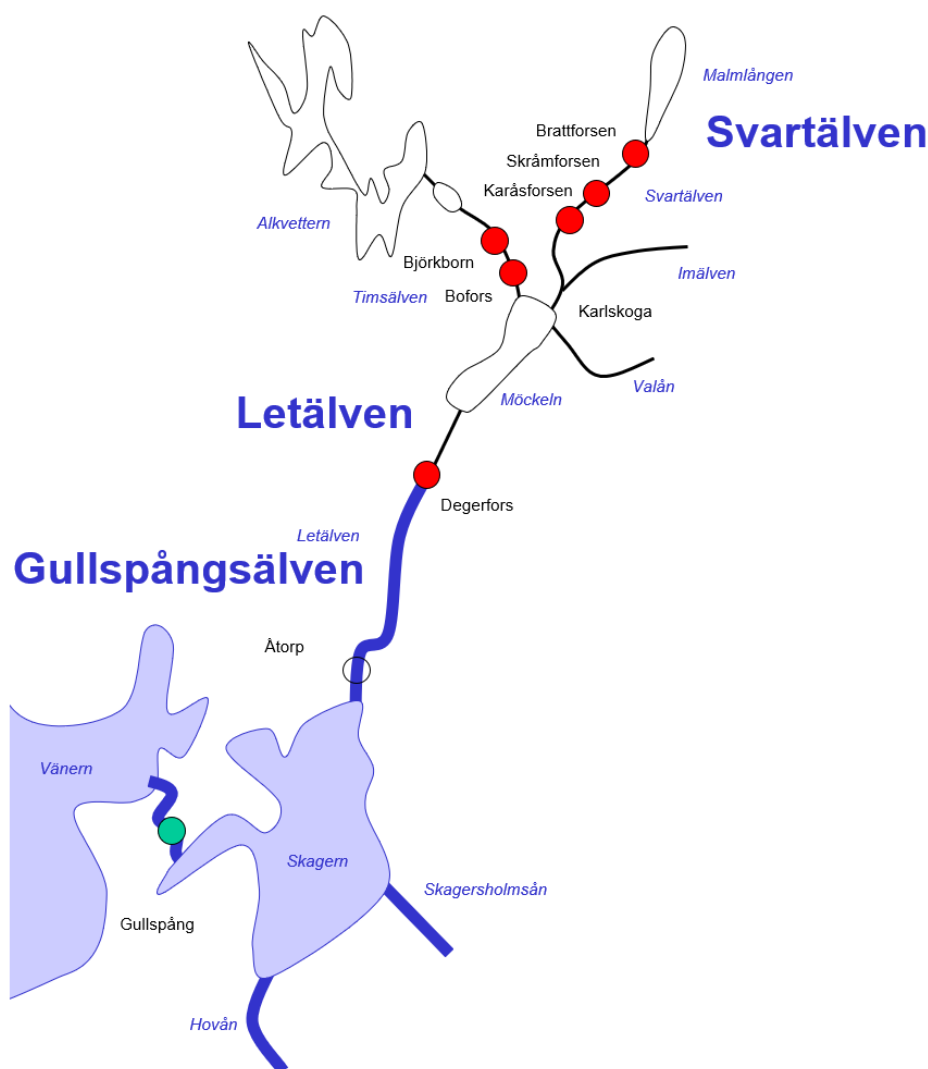
Detta scenario innebär att hela Gullspångsälven från Skagern till Vänern återställs till mer eller mindre ursprungligt skick (figur 9). För att detta skall vara möjligt rivs endera Gullspångs damm och kraftverk ut eller så flyttas Gullspångsdammen upp till Skagerns utlopp och nya in- och utloppskanaler eller bergtunnlar anläggs vid kraftstationen. Detta gör att drivvatten kan hämtas från Skagern och tappas till Vänern utan att passera genom Gullspångsälvens fåra. Genom dessa åtgärder kan vatten tappas genom Gullspångsälven på ett jämnare och mera naturligt vis medan kraftstationen samtidigt kan producera reglerkraft i stort sett utan begränsningar. Scenariot innebär att samma produktionsarealer som i ursprungliga förhållanden och naturliga tal för smoltproduktion ansätts.



Figur 9. Illustration av scenario 4 – Återställning Gullspång. Gröna prickar visar miljöanpassade kraftverk. Röda prickar visar vandringshinder. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.5 Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp

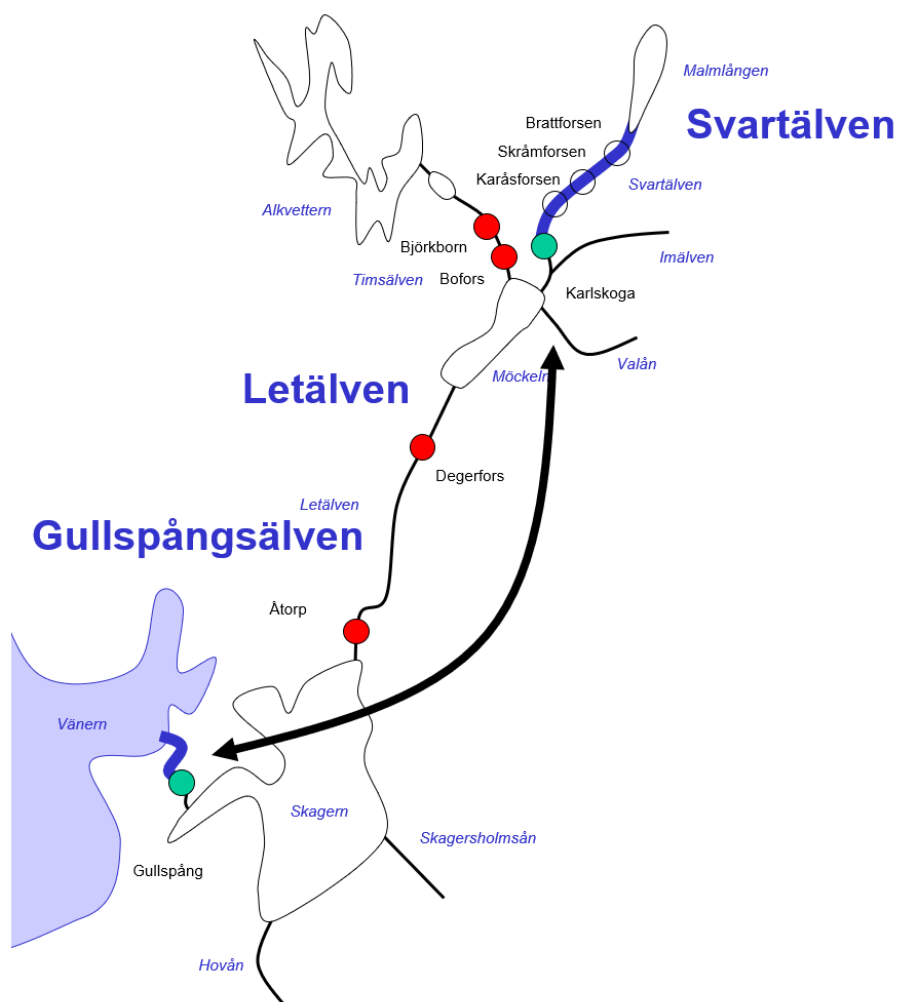
Detta scenario innebär att fiskvägar för upp- och nedströms vandring anläggs vid Gullspångsdammen, samt att Åtorps kraftverk i Letälven rivs och åfåran återställs till ursprungligt tillstånd (figur 10). Gullspångs kraftverk drivs med korttidsreglering som idag, men tappningen vid Degerfors kraftverk anpassas för att ge en naturlig vattenföringsvariation i de återställda delarna av Letälven. Gullspångsälvens modelleras som i dagsläget medan de återställda sträckorna av Letälven modelleras med ursprungliga upp- och nedströmsvandring och naturlig smoltproduktion.



Figur 10. Illustration av scenario 5 – Fiskväg Gullspång och Återställning Åtorp. Gröna prickar visar miljöanpassade kraftverk. Röda prickar visar vandringshinder. Svarta cirkelar visar återställda kraftverk. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.6 Trap and Transport

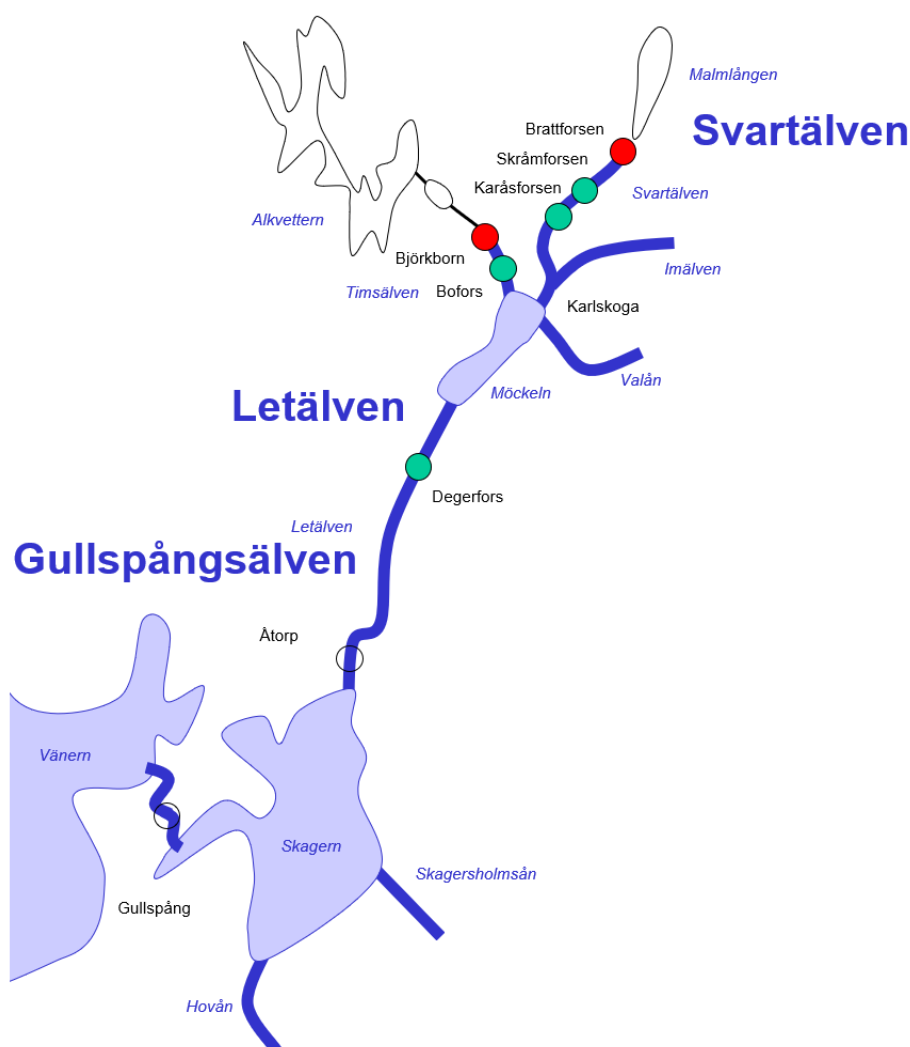
Detta scenario innebär att uppvandrande lekfisk fångas vid en ny fångstanläggning vid Gullspångsdammen och transporteras upp till Svartälven där de släpps ut (figur 11). Svartälven återställs genom utrivning av Karåsforsen, Skråmforsen och Brattforsens kraftverk. Nedvandrande utlekt fisk och smolt fångas i en ny fångstanläggning nedströms Karåsforsen och transporteras tillbaka nedströms Gullspångs kraftverk. För produktionen i Gullspångsälven används nuvarande uppväxtarealer och siffror för smoltproduktion. För de återställda sträckorna av Svartälven används ursprungliga produktionsarealer och siffror för naturlig smoltproduktion då ingen korttidsreglering uppströms antas.



Figur 11. Illustration av scenario 6 – Trap and Transport. Gröna prickar visar miljöanpassade kraft-verk. Röda prickar visar vandringshinder. Svarta cirkelar visar återställda kraftverk. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.7 Kombination återställning och miljöanpassning

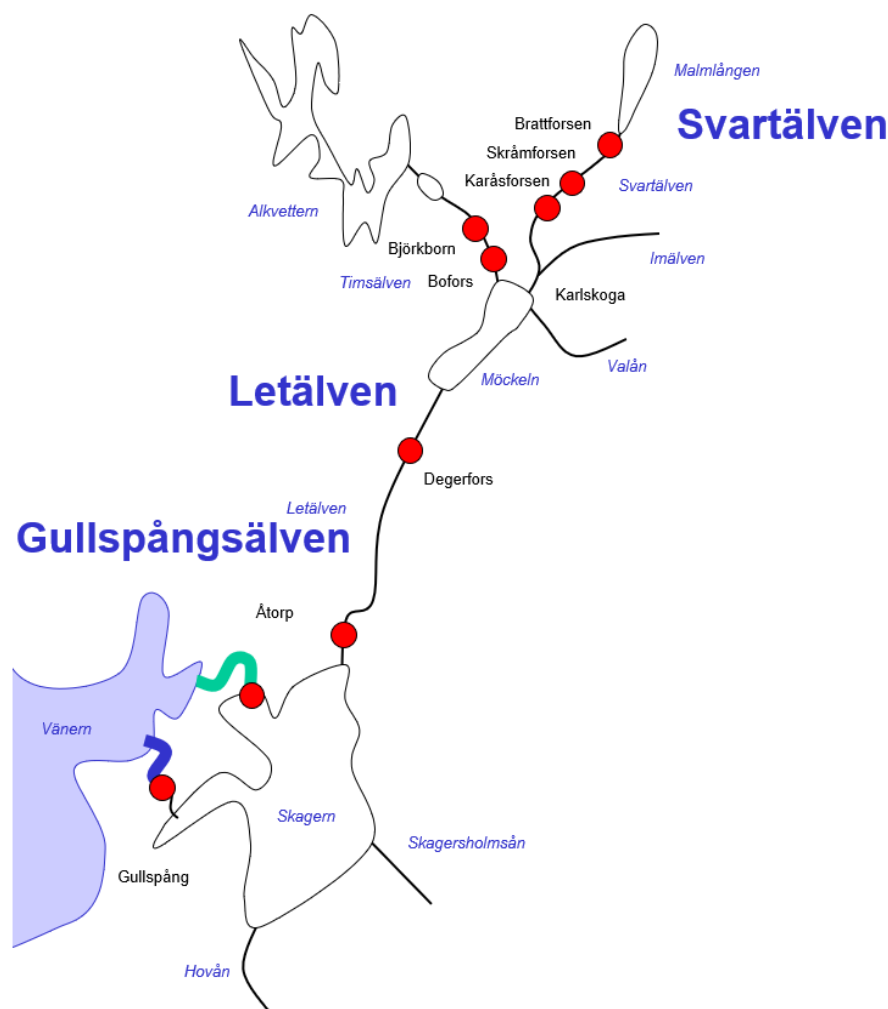
Detta scenario innebär att Gullspångs och Åtorps kraftverk rivs ut och att ån återställs till ursprungligt tillstånd längs berörda sträckor (figur 12). Därtill anläggs välfungerande fiskvägar vid Degerfors kraftverk i Letälven, Bofors kraftverk i Timsälven samt Karåsforsten och Skråmforstens kraftverk i Svartälven. Nedströms Brattforsen i Svartälven och Björkborn i Timsälven används en tappningsplan med naturlig variation. Gullspångsälven och de nedre delarna av Letälven modelleras med ursprungliga uppväxtarealerna och naturliga smoltproduktionstal används nedströms Brattforsen och Björkborn.



Figur 12. Illustration av scenario 7 – Kombination återställning och miljöanpassning. Gröna prickar visar miljöanpassade kraftverk. Röda prickar visar vandringshinder. Svarta cirklar visar återställda kraftverk. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax.

3.8 Ny åfåra från Skagern

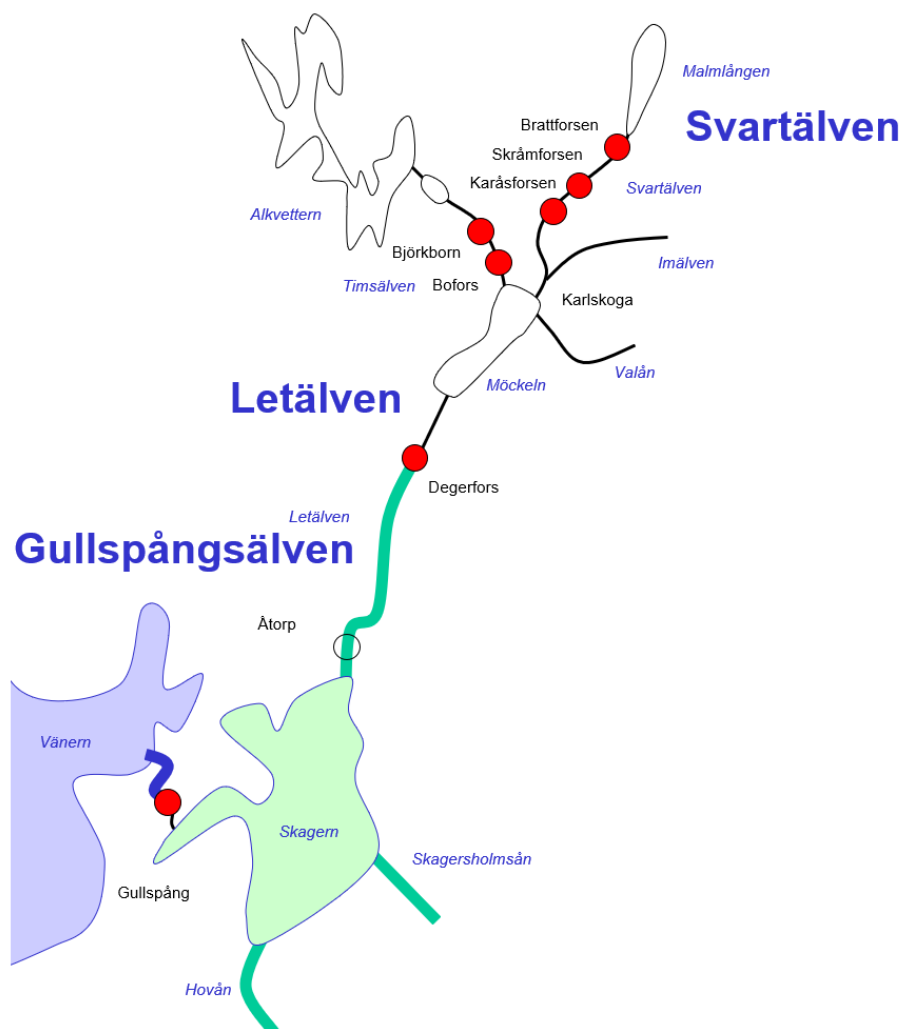
Detta scenario innebär att en ny åfåra anläggs mellan Skagern och Vänern (figur 13). Till åfåran tappas kontinuerligt MLQ. Vid åfårans inlopp vid Skagern anläggs en ny damm som styr tappningen, och som inte medger passage upp till Skagern. Den nya åfåran fungerar som en jättelik lek-kanal för Gullspångslaxen. Inga fysiska åtgärder genomförs i Gullspångsälven, men minimitappningen sänks för att kunna tappa mer vatten i den nya kanalen. Den nya åfåran antas ha 10 ha uppväxtarealer med laxhabitatklass 8 och modelleras med naturliga siffror för smoltproduktion. Produktionen i den befintliga torrfåran vid Gullspång antas upphöra men i övrigt modelleras Gullspångsälven likt nuvarande förhållanden.



Figur 13. Illustration av scenario 8 – Ny åfåra från Skagern. Röda prickar visar vandringshinder. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax. Grön linje visar nyskapad åfåra.

3.9 Återställning Åtorp (Skagernbestånd)

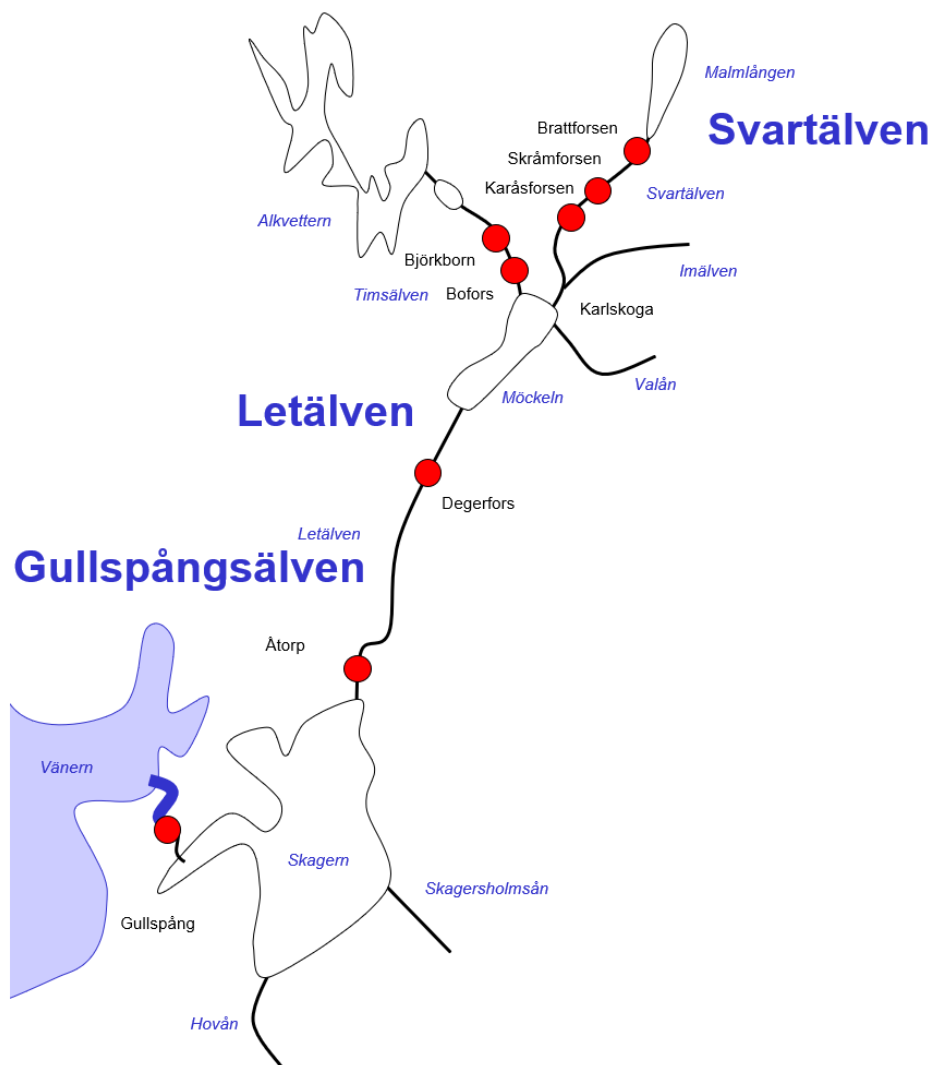
Detta scenario innebär att Åtorps kraftverk rivs ut och den berörda sträckan av Letälven återställs till ursprungliga förhållanden (figur 14). Tappningen nedströms Degerfors ges en naturlig variation. Inga åtgärder genomförs i Gullspångsälven. Detta scenario möjliggör att ett lokalt bestånd av Gullspångslax kan etableras i Skagern. Det bör dock nämnas att det är osäkert om det är biologiskt möjligt att etablera ett lokalt bestånd av Gullspångslax. Gullspångsälvens modelleras som i dagsläget medan de återställda sträckorna av Letälven modelleras med ursprungliga uppväxtarealer och naturlig smoltproduktion.



Figur 14. Illustration av scenario 9 – Återställning Åtorp (Skagernbestånd). Röda prickar visar vandringshinder. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax från Väneren. Gröna linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Skagernbeståndet av Gullspångslax.

3.10 Anpassad reglering Gullspång

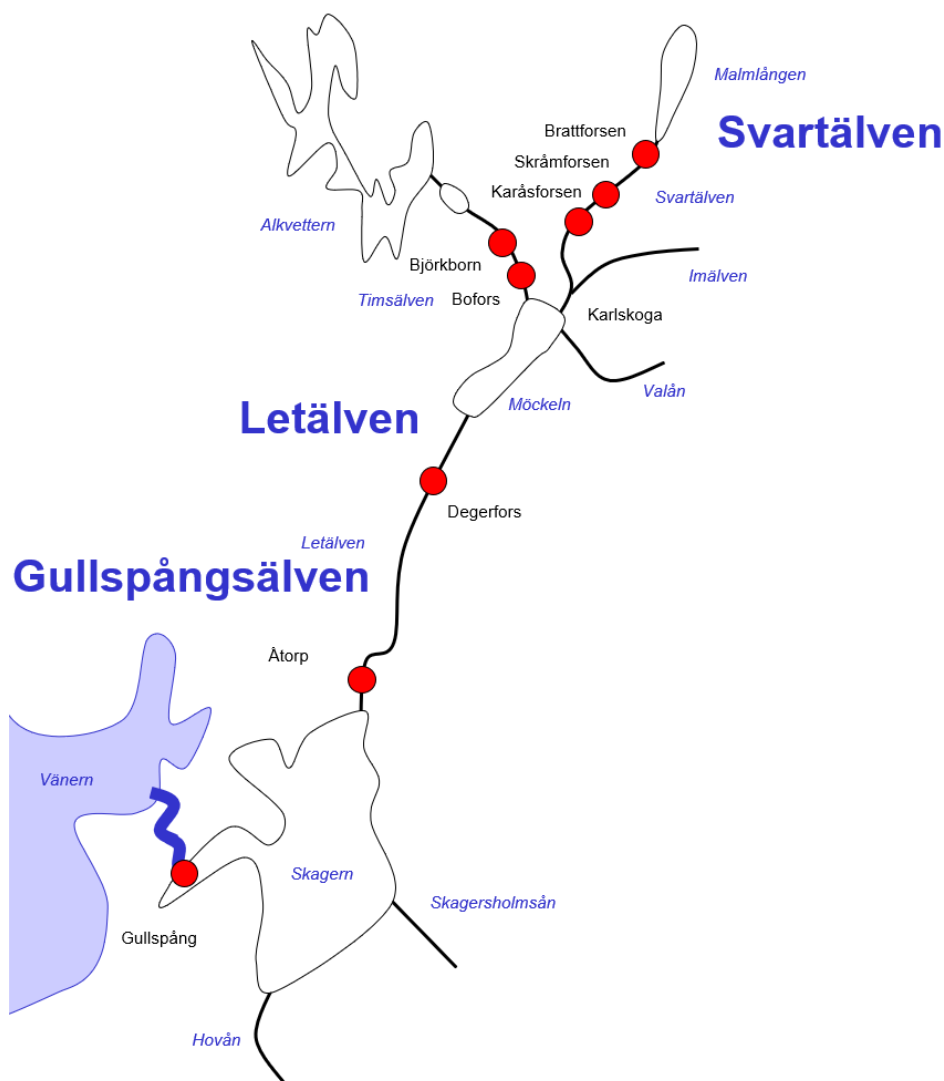
Detta scenario innebär att inga fysiska åtgärder genomförs men att en ny miljöanpassad tappningsplan utan korttidsreglering införs för Gullspångs kraftverk och att Gullspångsälven därmed antas få en naturlig smoltproduktion (figur 15).



Figur 15. Illustration av scenario 10 – Anpassad reglering Gullspång. Röda prickar visar vandringshinder. Blå linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax

3.11 Ny damm Gullspång

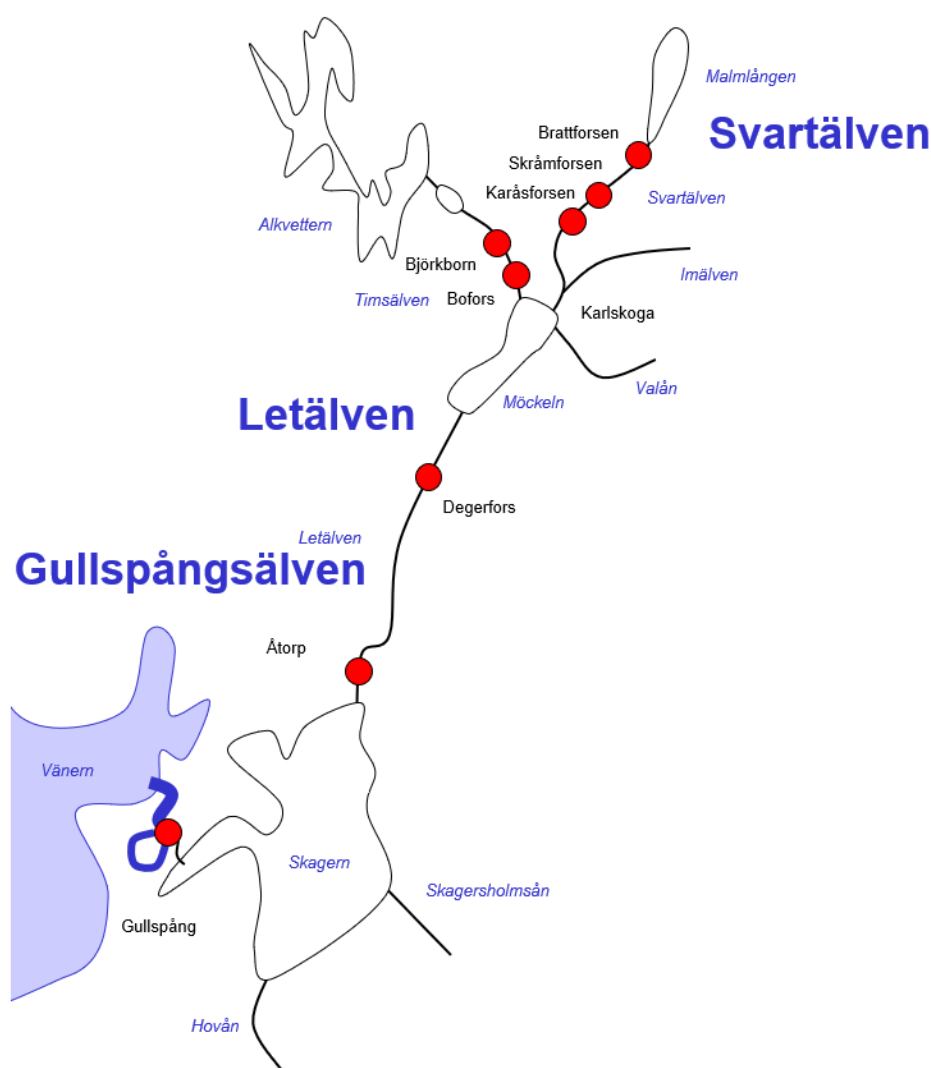
Detta scenario innebär att en ny damm anläggs vid Skagerns utlopp uppströms den befintliga dammen vid Gullspång (figur 16). Kraftverket ligger kvar där det är idag och en intagstunnel anläggs upp till den nya tunneln. Detta gör att strömvattenhabitat kan återställas mellan kraftverkets naturfåra och dammen. Motsvarande MLQ tappas i de återställda sträckorna för att möjliggöra naturlig smoltproduktion. Ingen fiskväg anläggs vid den nya dammen. Sträckorna nedströms dagens läge för Gullspångsdammen modelleras likt dagsläget. Mellan Skagern och dagens läge för Gullspångsälven används ursprungliga arealer för uppväxtområden samt siffror för naturlig smoltproduktion.



Figur 16. Illustration av scenario 11 – Ny damm Gullspång. Röda prickar visar vandringshinder. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångslax

3.12 Lekkanal Gullspång

Detta scenario innebär att en ny så kallad lekkanal anläggs vid Gullspångsdammen, vilket innebär ett tillskott av 0,8 ha uppväxtområde med laxhabitatklass 8 (figur 17). De tillkomna uppväxtområdena modelleras med siffror för naturlig smoltproduktion.



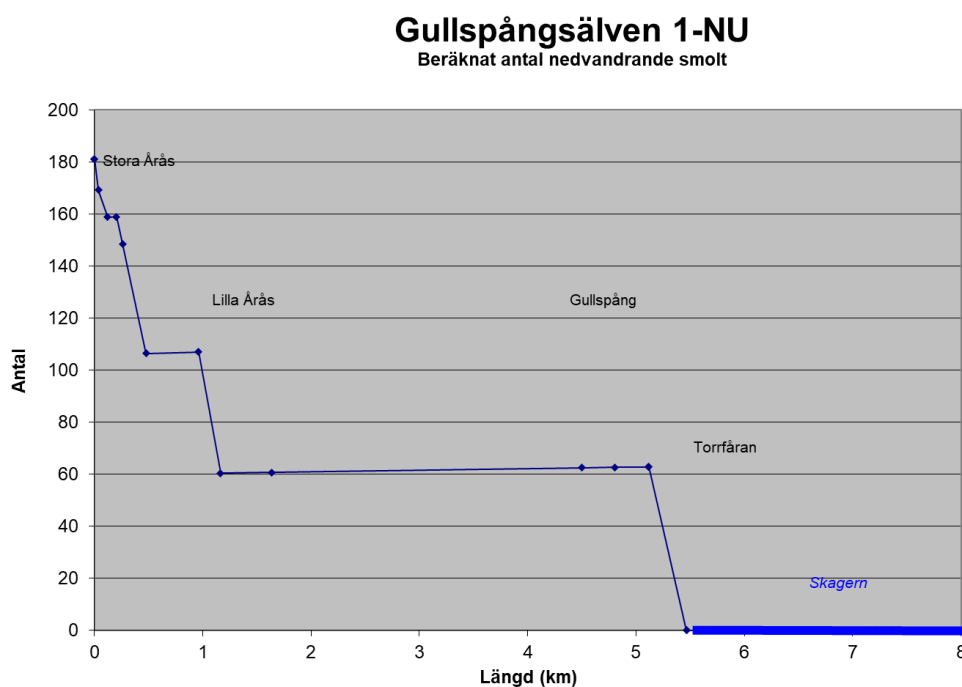
Figur 17. Illustration av scenario 12 – Ny damm Gullspång. Röda prickar visar vandringshinder. Blåa linjer och ytor visar tillgängliga delar av systemet för Gullspångsax.

4 Resultat

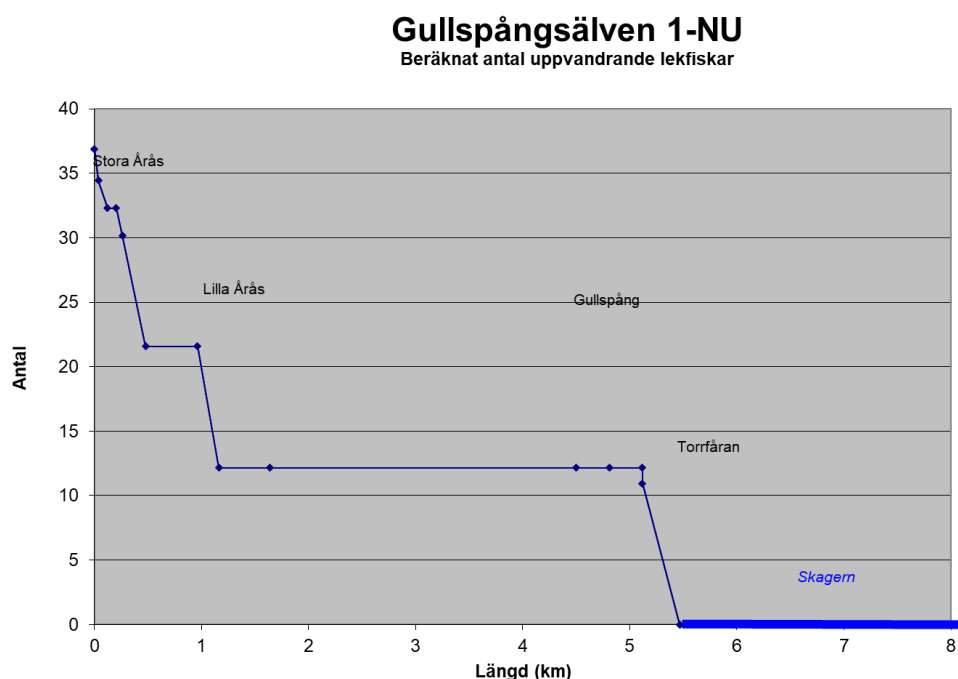
I detta kapitel presenteras resultatet av de scenarier som har modellerats. De figurer som visas redovisar nedvandrande smolt resp. uppvandrande lekfiskar längs vattendragets angivna huvudfåra i modellen (Gullspångsälven, Letälven och Svartälven).

4.1 Nuvarande förhållanden

I nuvarande förhållanden är endast Gullspångsälvens huvudfåra upp till Gullspångsdammen tillgänglig för lekvandrande fisk. Resultatet visar att det totalt produceras 185 smolt i älven per år, varav 181 klarar vandringen ut till mynningen i Vänern (figur 18). Kraftverkets torrfåra (naturfåran) står för en stor del av smoltproduktionen, totalt 63 stycken. Antalet lekfiskar som vandrar upp i älven uppgår till 37 stycken per år (figur 19).



Figur 18. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavsnitt, nuvarande förhållanden

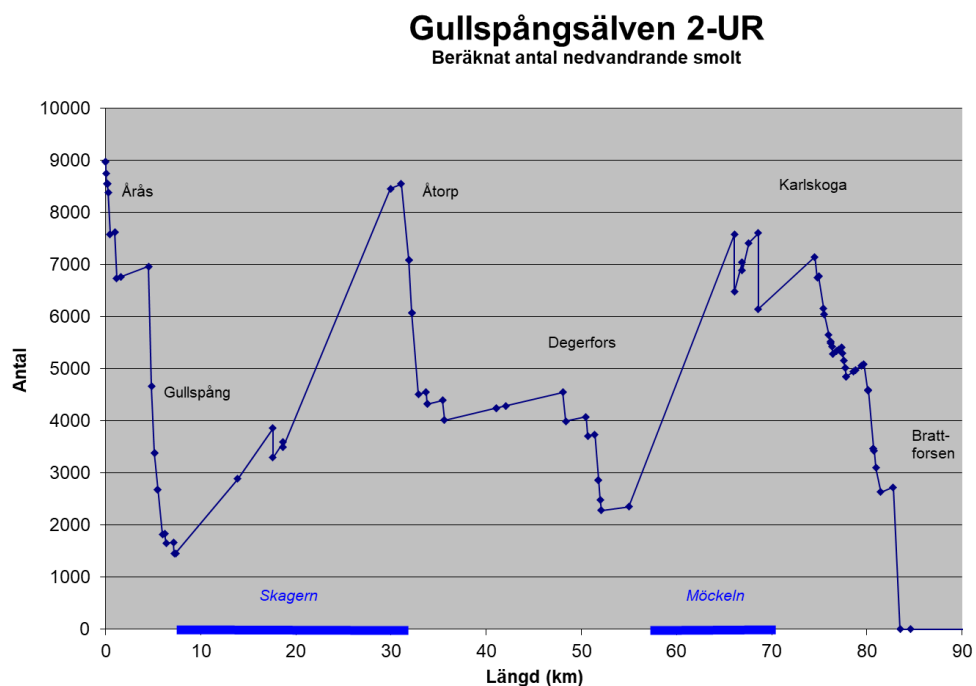


Figur 19. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, nuvarande förhållanden

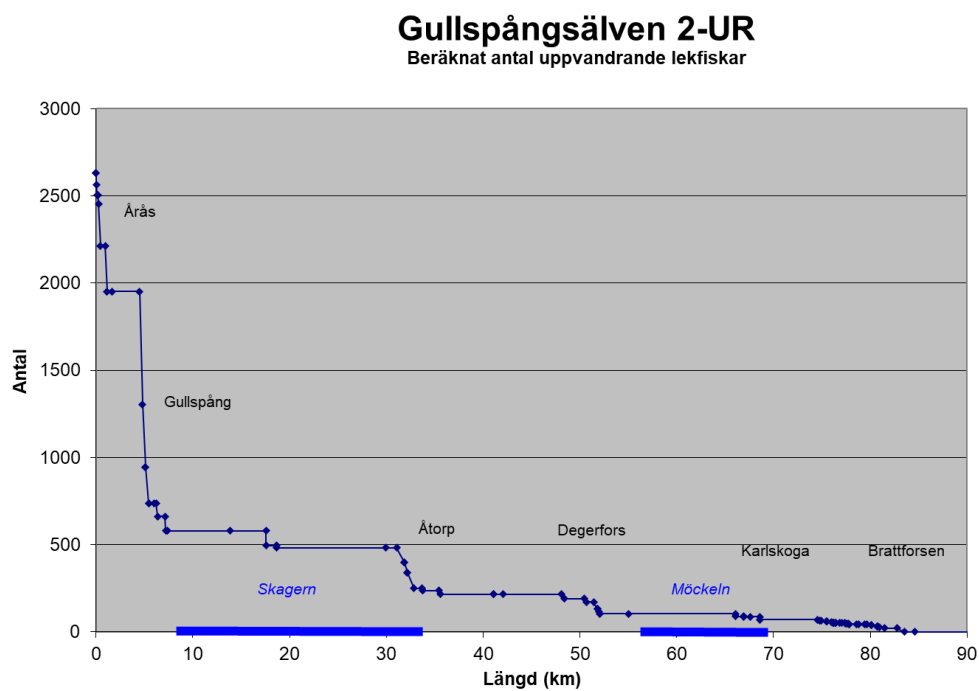
4.2 Ursprungliga förhållanden

I ursprungliga förhållanden fanns inga onaturliga uppdämningar eller vandringshinder och hela vattensystemet är tillgängligt från lax som vandrar upp från Vänern. Enligt modellen producerades årligen ca 29 000 smolt i älven varav endast ca 9 000 klarade vandringen ut till Vänern (figur 20). Årligen vandrade ca 2 600 fiskar upp i älven för lek (figur 21).

Den viktigaste sträckan för laxen är sträckan mellan Vänern och Skagern, där majoriteten av smolten som klarar vandringen ut till Vänern produceras. Stora mängder smolt produceras i Let- och Svartälven, men på grund av den höga dödligheten under vandringen genom framförallt de stora sjöarna Möckeln och Skagern är det endast en liten andel som klarar sig ut till Vänern. Anledningen att man ser större andel uppvandrande lekfisk per producerad smolt jämfört med övriga scenarier beror på den antagna högre sjööverlevnaden för smolt och omlekare.



Figur 20. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, ursprungliga förhållanden



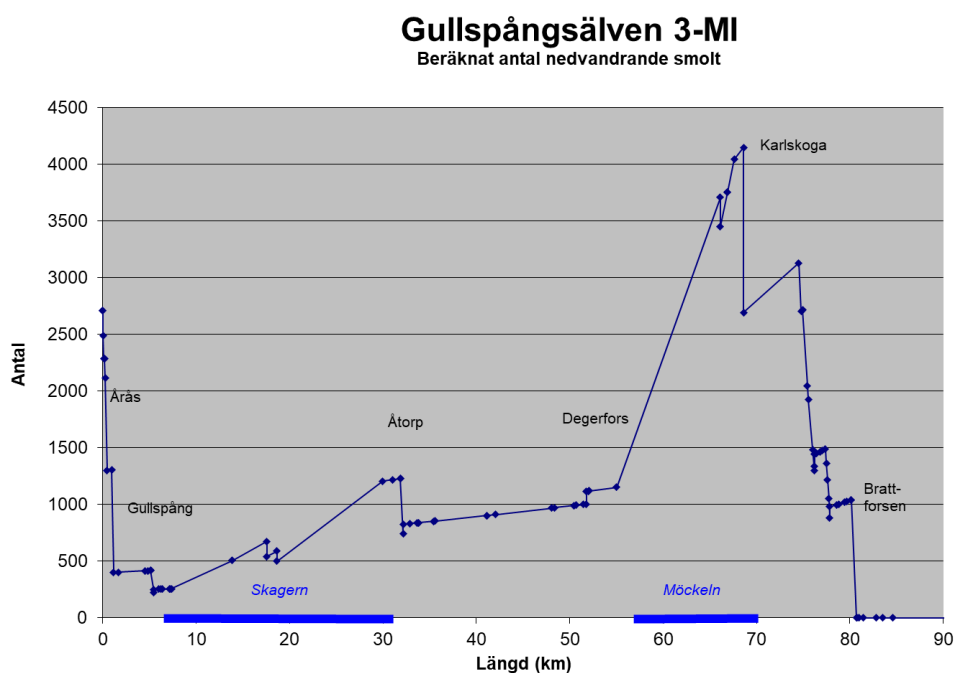
Figur 21. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, ursprungliga förhållanden

4.3 Miljöanpassning alla kraftverk

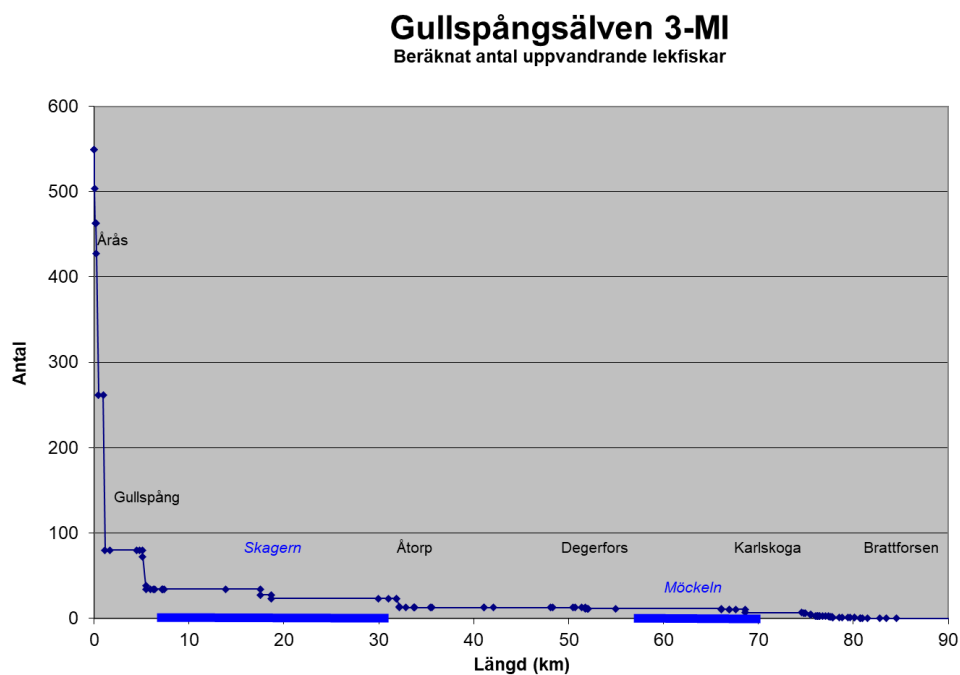
I scenariot med miljöanpassning av vattenkraften i avrinningsområdet finns fiskvägar för upp- och nedströms vandring som medger 90 % passerbarhet i båda riktningar vid alla vandringshinder. Ingen korttidsreglering eller nolltappning förekommer vilket gör att siffrorna för naturlig smoltproduktion används. Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 10 000 smolt i älven varav ca 5 000 i Svartälven. Av dessa klarar endast ca 2 700 vandringen ut till Vätern (figur 22). Årligen vandrar ca 550 lekfiskar upp i älven (figur 23).

4.4 Återställning Gullspång

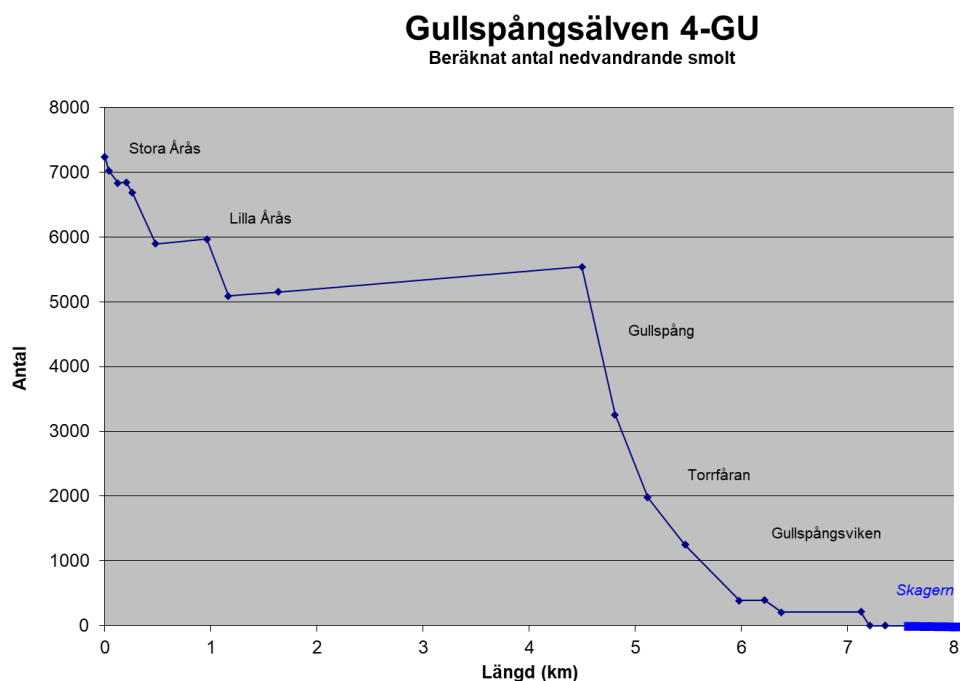
I detta scenario återställs Gullspångsälven hela vägen upp till Skagerns utlopp. Åfåran biotopvårdas så att den får samma produktionsarealer som i ursprungliga förhållanden och naturliga tal för smoltproduktion ansätts. Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 8 000 smolt i älven varav ca 7 200 klarar av vandringen ut till Vätern (figur 24). Årligen vandrar ca 1550 lekfiskar upp i älven, alltså drygt hälften av det ursprungliga leksteget (figur 25).



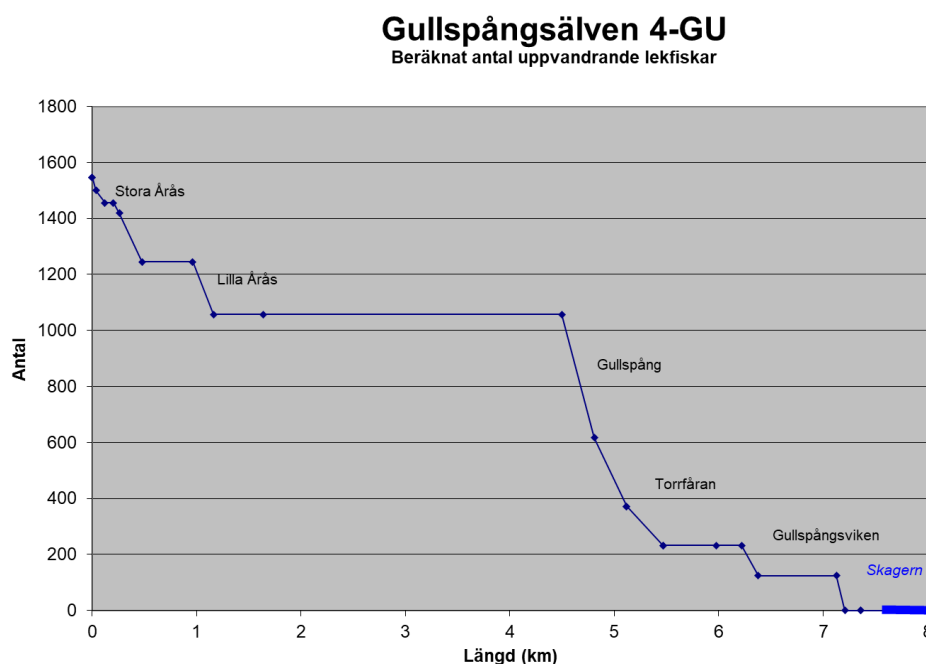
Figur 22. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "miljöanpassning"



Figur 23. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, scenario "miljöanpassning"



Figur 24. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Återställning Gullspång"

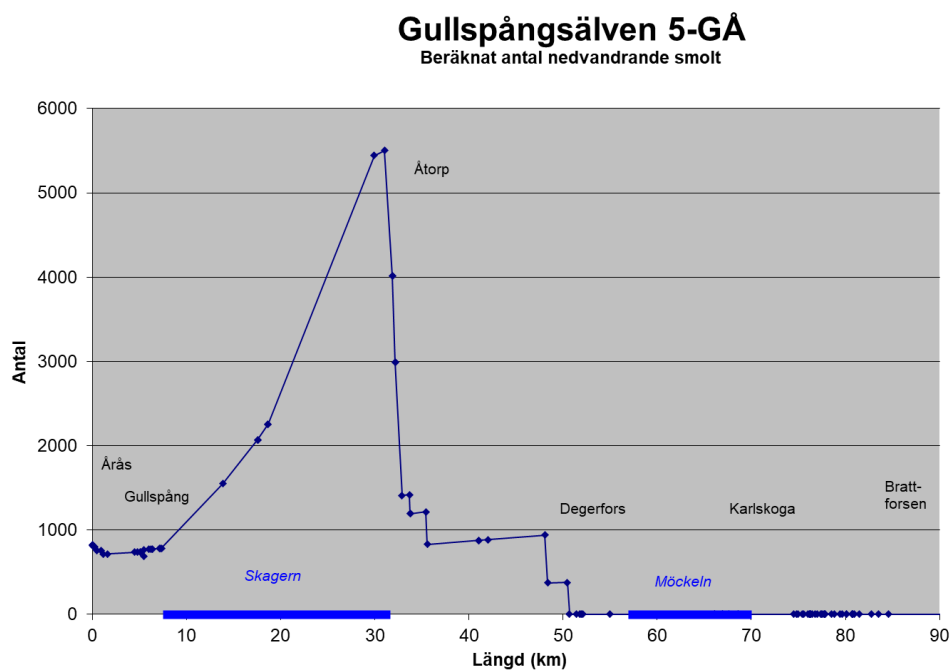


Figur 25. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, scenario "Återställning Gullspång"

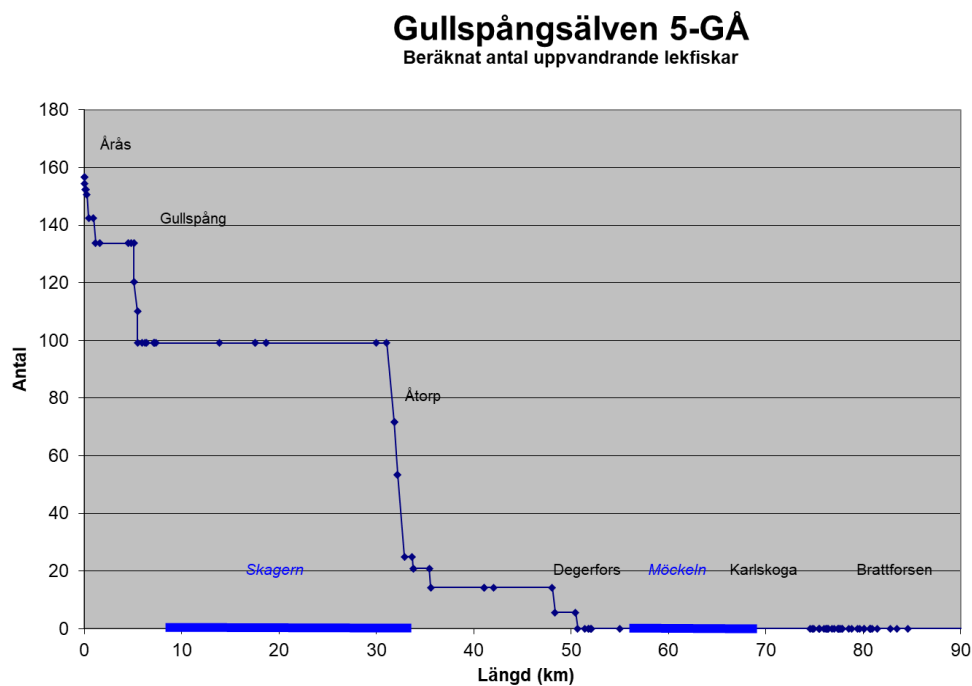
4.5 Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp

Detta scenario innebär att fiskvägar för upp- och nedströms vandring anläggs vid Gullspångsdammen, samt att Åtorps kraftverk i Letälven rivs och åfåran återställs till ursprungligt tillstånd. Gullspångs kraftverk drivs med korttidsreglering som idag, men tappningen vid Degerfors kraftverk anpassas för att ge en naturlig vattenföringsvariation i de återställda delarna av Letälven.

Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 6 000 smolt i älven varav ca 800 klarar av vandringen ut till Väneren (figur 26). Årligen vandrar ca 160 lekfiskar upp i älven (figur 27). Trots att den totala smoltproduktionen är likvärdig med den i scenario 4 ger scenariot ett relativt svagt resultat sett till uppvandrande fisk. Detta beror framförallt på att en stor andel av den utvandrande smolten dör vid passage genom Skagern.



Figur 26. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp"



Figur 27. Beräknat antal uppvandrande lekfishar per längdavschnitt, scenario "Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp"

4.6 Trap and Transport

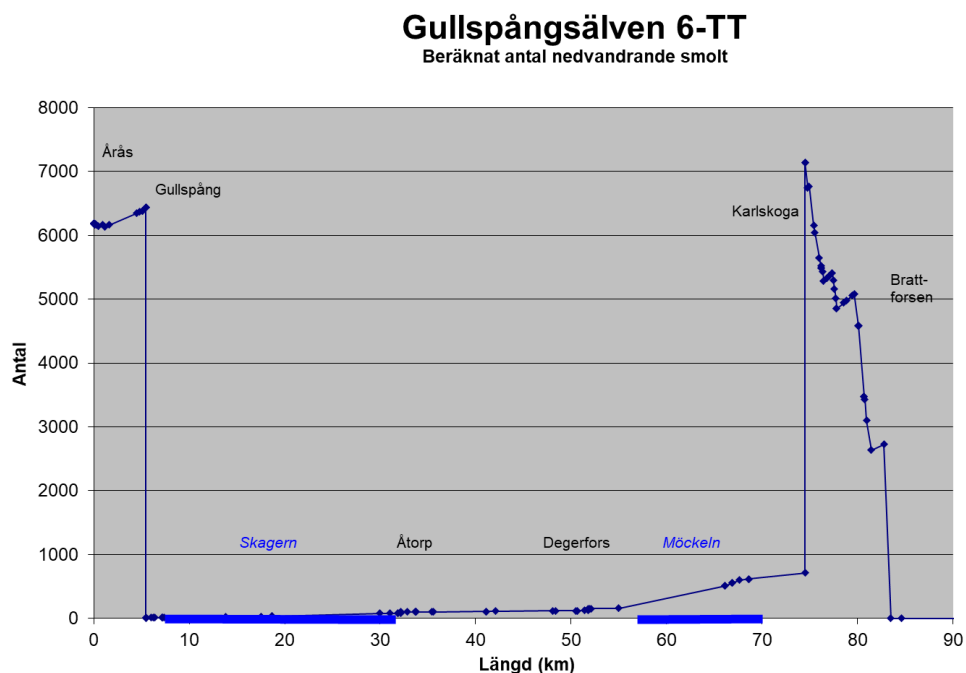
Detta scenario innebär att uppvandrande lekfisk fångas vid en ny fångstanläggning vid Gullspångsdammen och transporteras upp till Svartälven där de släpps ut. Svartälven återställs genom utrivning av Karåsforsen, Skråmforsen och Brattforsens kraftverk. Nedvandrande utlekt fisk och smolt fångas i en ny fångstanläggning nedströms Karåsforsen och transporteras tillbaka nedströms Gullspångs kraftverk.

I detta scenario produceras enligt modellen årligen ca 8 000 smolt i älven varav ca 6 000 klarar sig ut till Väneren (figur 28). Årligen vandrar ca 1 200 lekfiskar upp i älven (figur 29). Detta scenario ger ungefär samma smoltproduktion som de två föregående. Likt scenario 4 "Återställning Gullspång", slipper dock smolten vandra genom någon av de stora sjöarna på väg ut till Väneren. Detta gör att de flesta smolten överlever och kan återvända som lekfiskar.

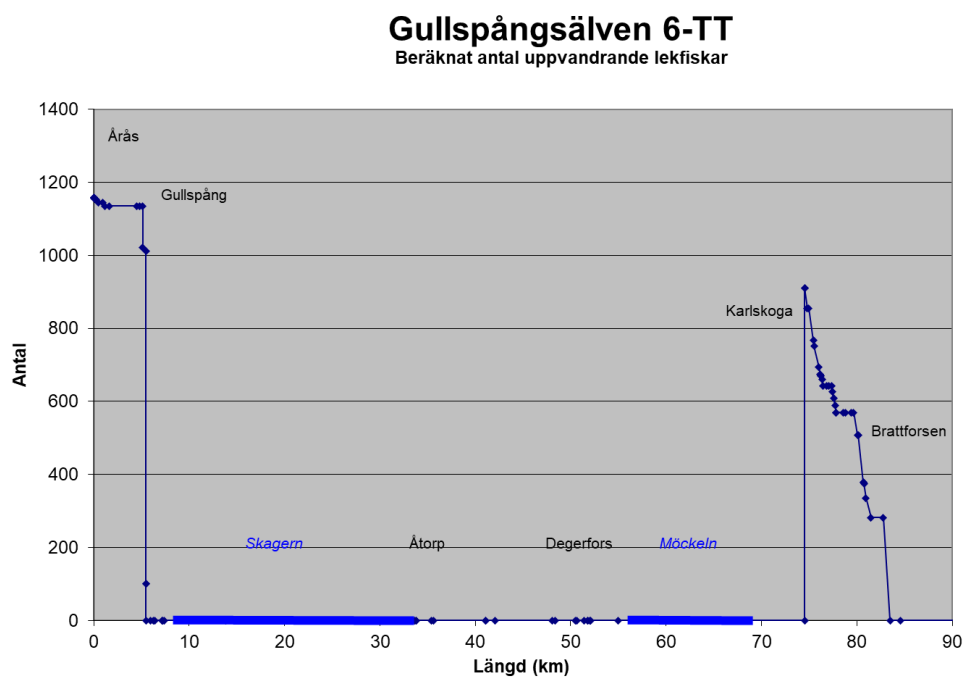
4.7 Kombination återställning och miljöanpassning

Detta scenario innebär att Gullspångs och Åtorps kraftverk rivs ut och att ån återställs till ursprungligt tillstånd längs berörda sträckor. Därtill anläggs välfungerande fiskvägar vid Degerfors kraftverk i Letälven, Bofors kraftverk i Timsälven samt Karåsforsen och Skråmforsens kraftverk i Svartälven. Nedströms Brattforsen i Svartälven och Björkborn i Timsälven används en tappningsplan med naturlig variation.

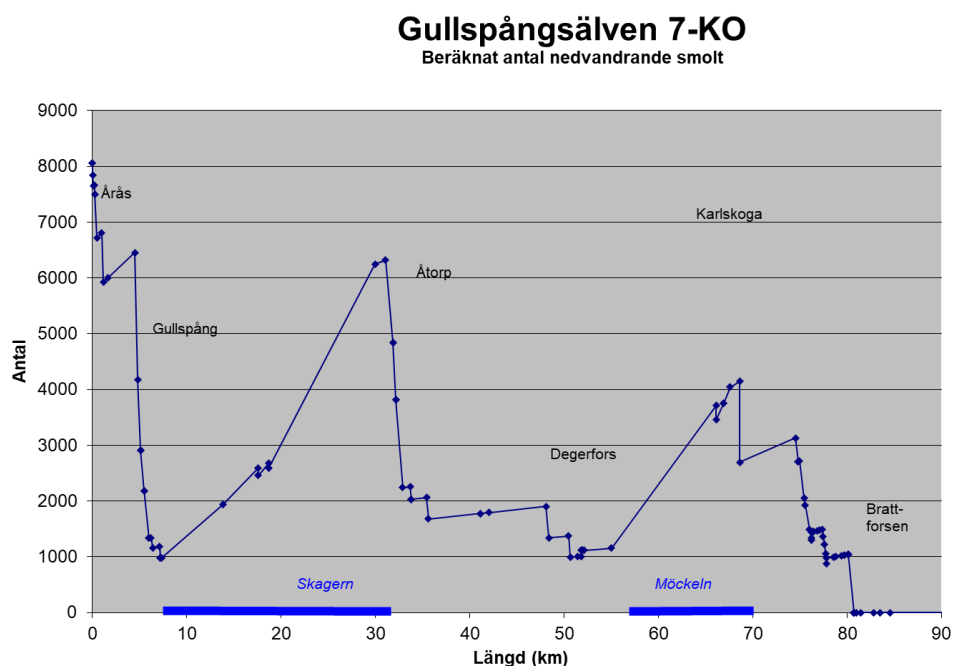
I detta scenario produceras enligt modellen årligen ca 21 000 smolt i älven varav ca 8 000 klarar av vandringen ut till Väneren (figur 30). Årligen vandrar ca 1 700 lekfiskar upp i älven (figur 31). Detta är det scenario som ligger så nära ursprungliga förhållanden som möjligt. Trots detta ger det inte avsevärt mycket större effekt än exempelvis scenario 4 där endast Gullspångsälven återställs. Detta beror framförallt på den förhöjda migrationsmortaliteten hos smolten vid passage genom Skagern och Möckeln som gör att smolt producerade uppströms dessa inte bidrar till beståndet i lika stor utsträckning som smolt producerade i Gullspångsälven.



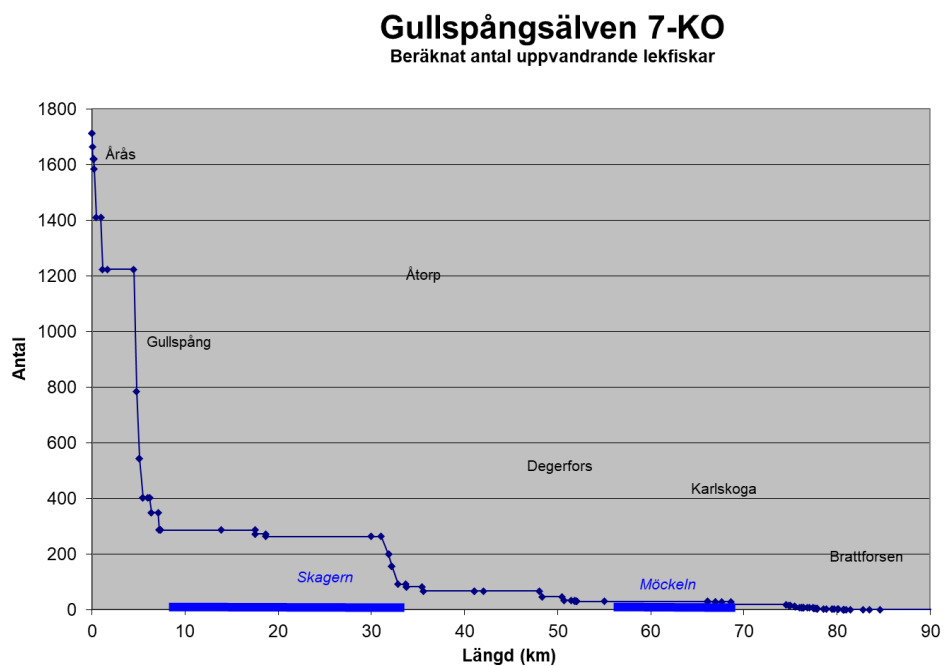
Figur 28. Beräknat antal utvandrande smolt per längdavschnitt, scenario "Trap and Transport".



Figur 29. Beräknat antal uppvandrande lekfishar per längdavschnitt, scenario "Trap and Transport"



Figur 30. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Kombination återställning och miljöanpassning"



Figur 31. Beräknat antal uppvandrande lekfishar per längdavschnitt, scenario "Kombination återställning och miljöanpassning".

4.8 Ny åfåra från Skagern

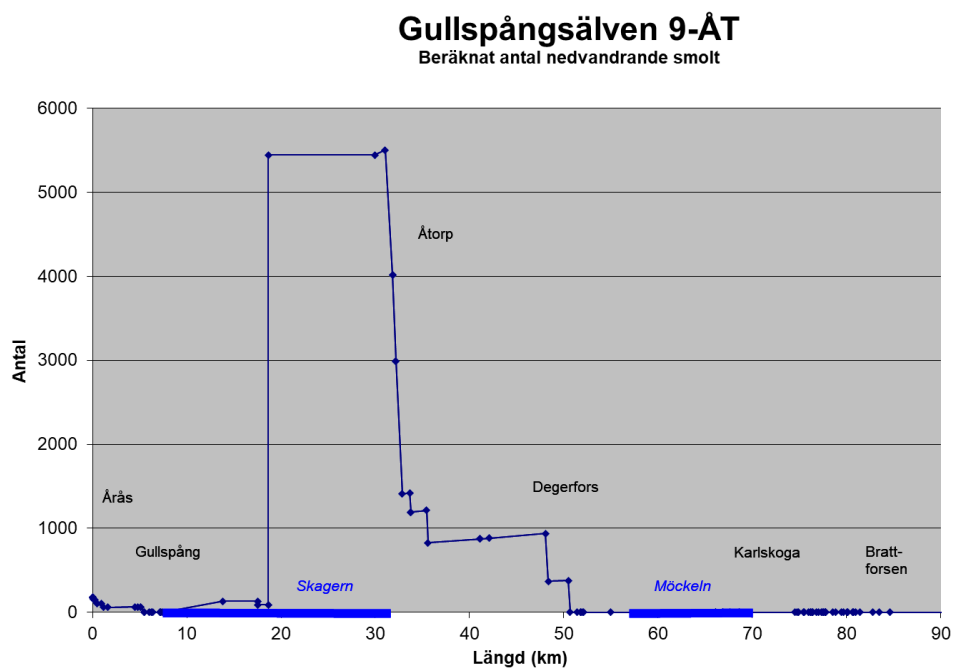
Detta scenario innebär att en ny åfåra anläggs mellan Skagern och Väneren. Till åfåran tappas kontinuerligt MLQ. Vid åfårans inlopp vid Skagern anläggs en ny damm som styr tappningen, och som inte medger passage upp till Skagern. Den nya åfåran fungerar som en jättelik lek-kanal för Gullspångslaxen. Inga fysiska åtgärder genomförs i Gullspångsälven, men minimitappningen sänks för att kunna tappa mer vatten i den nya kanalen.

Enligt modellen produceras årligen ca 5 000 smolt i den nya åfåran som klarar vandrigen till Väneren. Ca 1 000 vuxna fiskar vandrar årligen upp till den nya åfåran för lek. I Gullspångsälven vandrar årligen ca 120 smolt ut i Väneren och 25 vuxna lekfiskar återvänder för lek. Inga figurer har tagits fram för denna modell då den nya åfåran modelleras som en enda delsträcka. Detta scenario ger resultat i samma storleksordning som scenarierna 4,6 & 7, tack vare att uppväxtområden skapas i anslutning till Väneren.

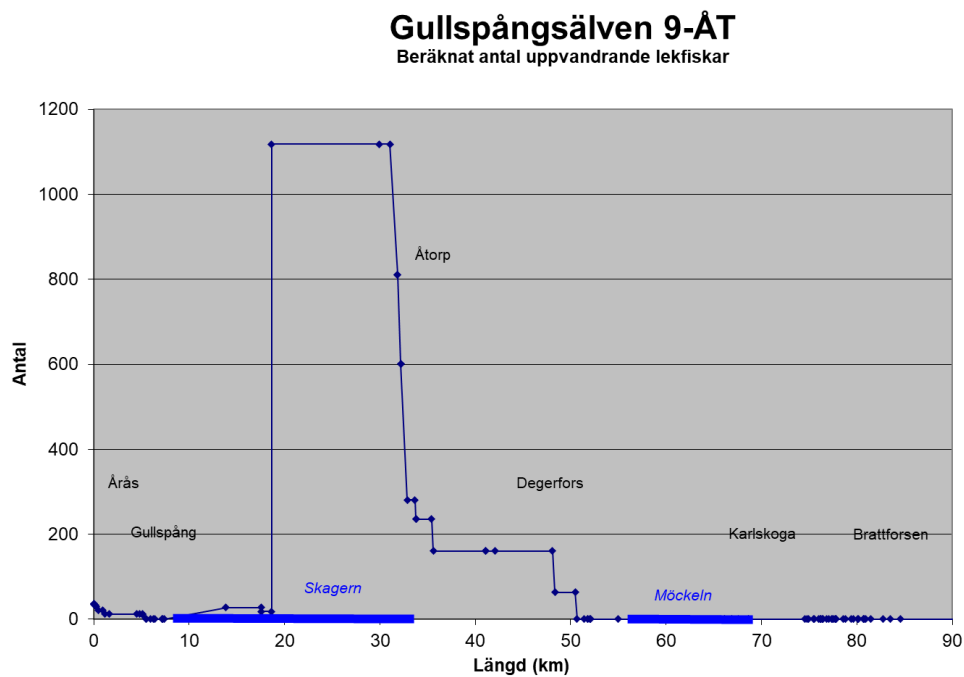
4.9 Återställning Åtorp (Skagernbestånd)

Detta scenario innebär att ett lokalt bestånd av Gullspångslax etableras i Skagern, samt att Åtorps kraftstation rivs ut och den berörda sträckan av Letälven återställs till ursprungliga förhållanden. Tappningen nedströms Degerfors ges en naturlig variation. Inga åtgärder genomförs i Gullspångsälven.

Enligt modellen produceras årligen ca 6 100 smolt i Letälven varav ca 5 400 klarar vandrigen ut till Skagern (figur 32). Årligen vandrar ca 1 100 lekfiskar upp i Skagern (figur 33). Förhållandena i Gullspångsälven förblir som idag. Detta är ett intressant scenario då det resultat i samma storleksordning som scenarierna 4,6,7 & 8, men utan någon påverkan på Gullspångs kraftverk. Rent praktiskt är detta scenario i princip samma som scenario 5 (dock utan en fiskväg vid Gullspångsdammen) men med antagandet att det går att etablera ett bestånd av Gullspångslax i Skagern.



Figur 32. Beräknat antal nedvandrande smolt per längdavschnitt, scenario "Återställning Åtorp (Skagernbestånd)"



Figur 33. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, scenario "Återställning Åtorp (Skagernbestånd)".

4.10 Anpassad reglering Gullspång

Detta scenario innebär att inga fysiska åtgärder genomförs, men att en ny, miljöanpassad tappningsplan utan korttidsreglering införs för Gullspångs kraftverk. Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 2 500 smolt i älven varav nästan alla klarar av vandringen ut till Vänern (figur 34).

Årligen vandrar ca 500 lekfiskar upp i älven (figur 35). Trots att scenariot inte innebär några fysiska åtgärder ger det ett resulterande steg av lekfiskar som är ungefär 1/3 till hälften så stort som i scenarierna 4, 6, 7, 8 & 9 som alla dock kräver omfattande åtgärder.

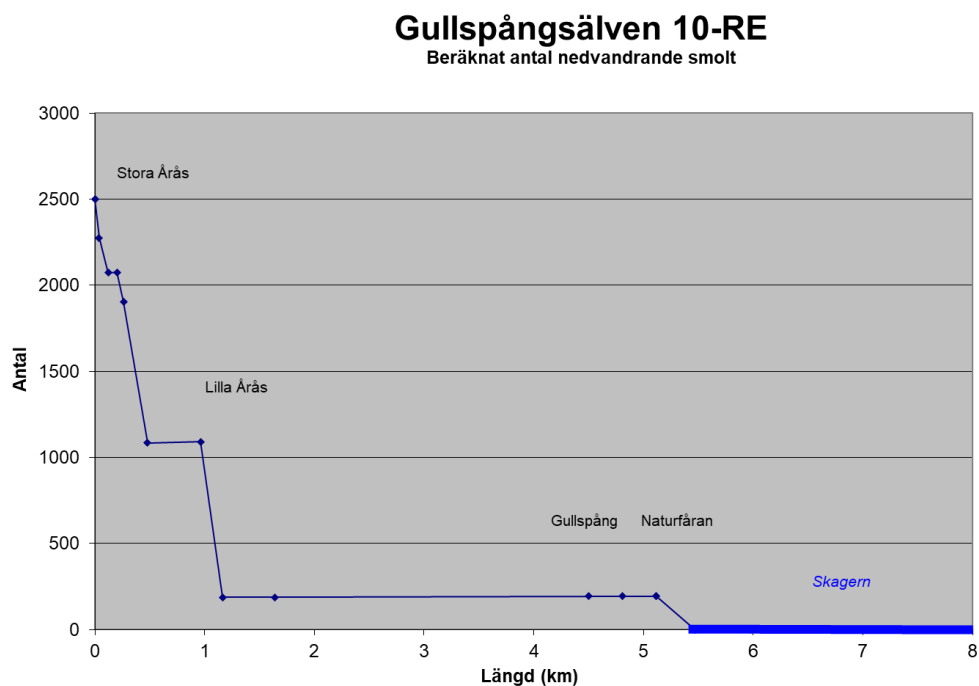
4.11 Ny damm Gullspång

Detta scenario innebär att en ny damm anläggs vid Skagerns utlopp uppströms den befintliga dammen vid Gullspång. Kraftverket ligger kvar där det är idag och en intagstunnel anläggs upp till den nya tunneln. Detta gör att strömvattenhabitat kan återställas mellan kraftverkets naturfåra och dammen. Motsvarande MLQ tappas i de återställda sträckorna för att erbjuda optimal smoltproduktion. Ingen fiskväg anläggs vid den nya dammen.

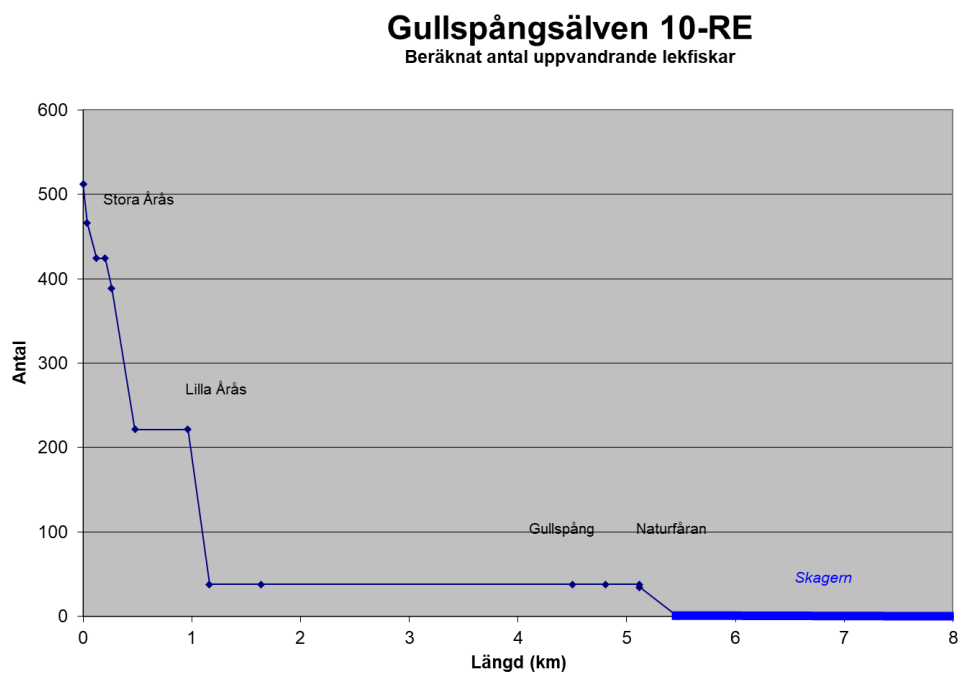
Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 2 100 smolt i älven varav ca 2 000 klarar vandringen ut till Vänern (figur 36). Årligen vandrar ca 450 lekfiskar upp i älven (figur 37). Detta scenario ger alltså likvärdigt resultat som föregående scenario, men med fördelen att man fortsatt kan driva Gullspångs kraftverk som i dagsläget.

4.12 Lekkanal Gullspång

Detta scenario innebär att en ny så kallad lekkanal anläggs vid Gullspångsdammen. Enligt modellen produceras i scenariot årligen ca 730 smolt i älven varav ca 700 klarar vandringen ut till Vänern (figur 38). Årligen vandrar ca 140 lekfiskar upp i älven (figur 39). Den stora förbättringen jämfört med nuvarande förhållanden kommer framförallt från att vi valt att modellera de tillkomna uppväxtområdena med siffror för naturlig smoltproduktion.



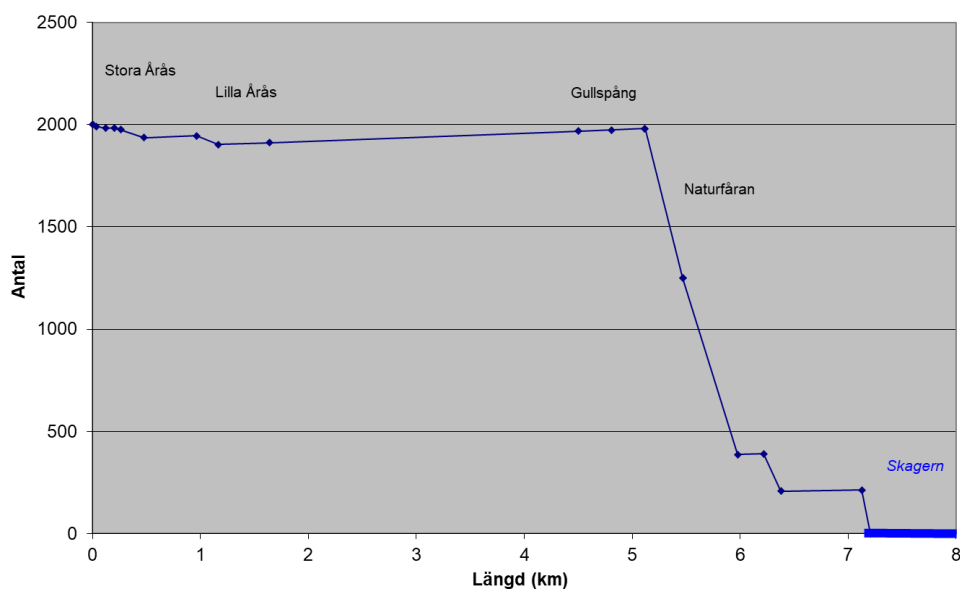
Figur 34. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Anpassad reglering Gullspång"



Figur 35. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, scenario "Anpassad reglering Gullspång".

Gullspångsälven 11-DA

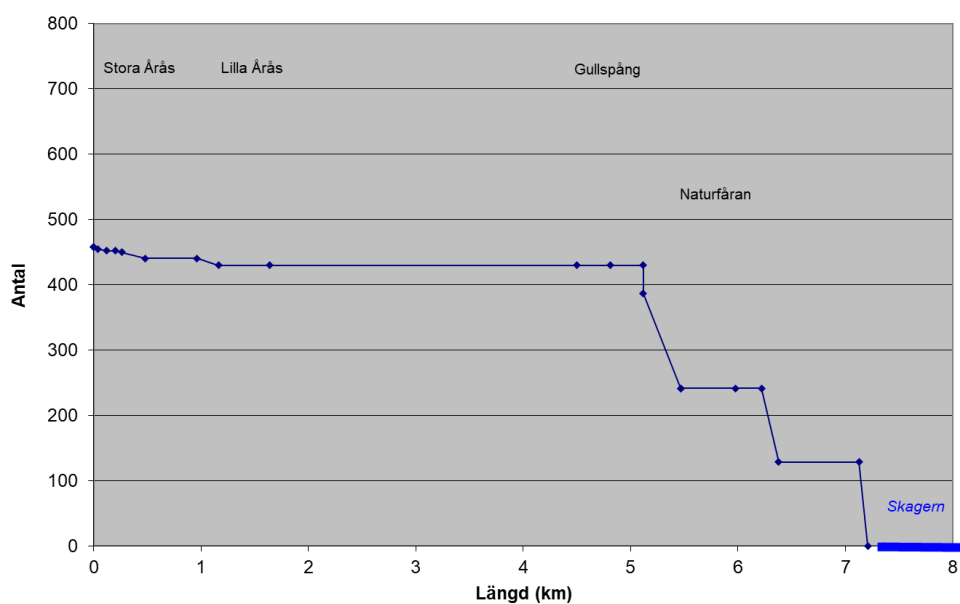
Beräknat antal nedvandrande smolt



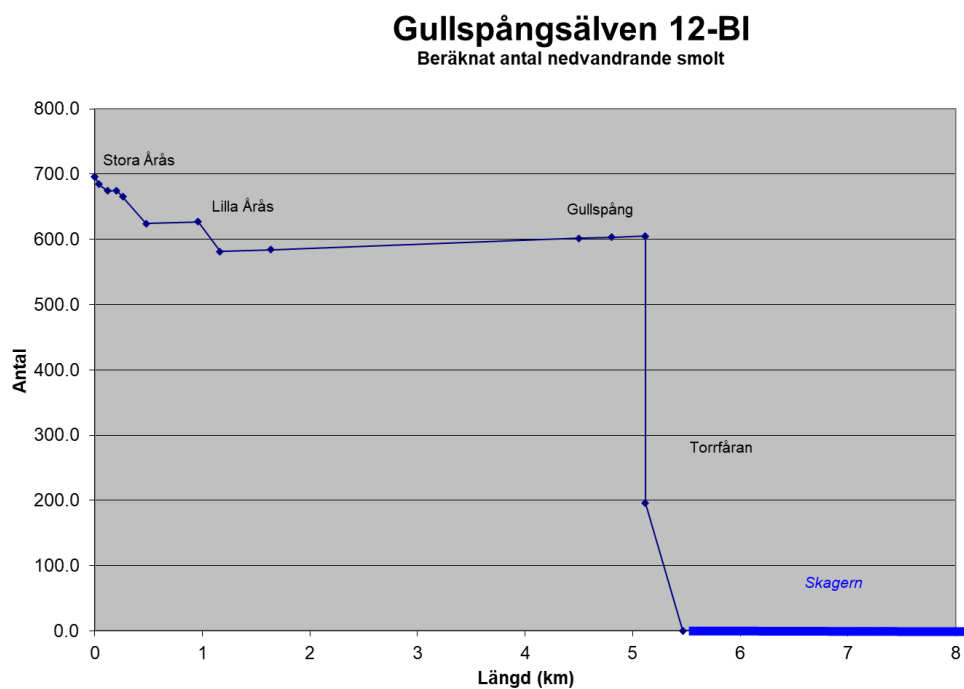
Figur 36. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Ny damm Gullspång".

Gullspångsälven 11-DA

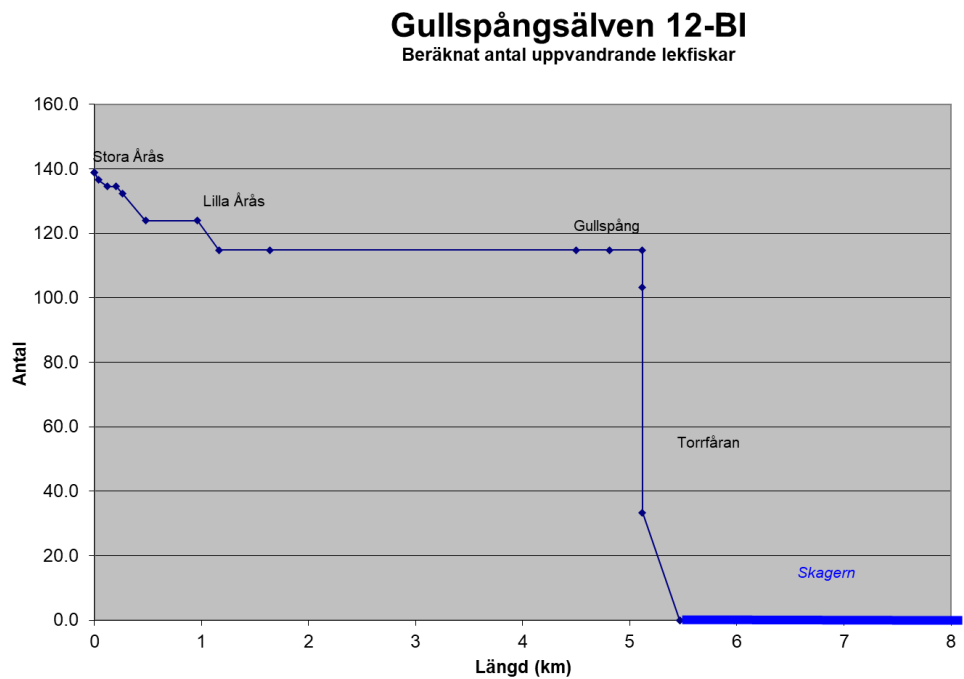
Beräknat antal uppvandrande lekfishar



Figur 37. Beräknat antal uppvandrande lekfishar per längdavschnitt, scenario "Ny damm Gullspång".



Figur 38. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) per längdavschnitt, scenario "Lekkanal Gullspång".



Figur 39. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar per längdavschnitt, scenario "Lekkanal Gullspång".

5 Känslighetsanalys

Som beskrivits i kapitel 2 är det flera olika parametrar som påverkar resultatet från modellen. Värdena för dessa parametrar har i många fall inte kunnat beräknas exakt eftersom det inte finns tillräckligt dataunderlag, och har istället behövt uppskattas. I valet av de slutliga parametervärden som använts har vi försökt kalibrera efter de få kända datapunkter som finns.

I detta kapitel redovisas en känslighetsanalys av de parametrar som har störst utfall på resultatet. För att hålla resultatet överskådligt har endast de tre scenarierna ”Nuvarande förhållanden”, ”Ursprungliga förhållanden” samt ”Miljöanpassning av kraftverk” studerats samt en parameter varierats åt gången. I känslighetsanalysen av migrationsmortalitet inkluderas även scenariot ”Fiskväg vid Gullspång och återställning Åtorp” då betydelsen av migrationsmortaliteten illustreras tydligt i detta scenario.

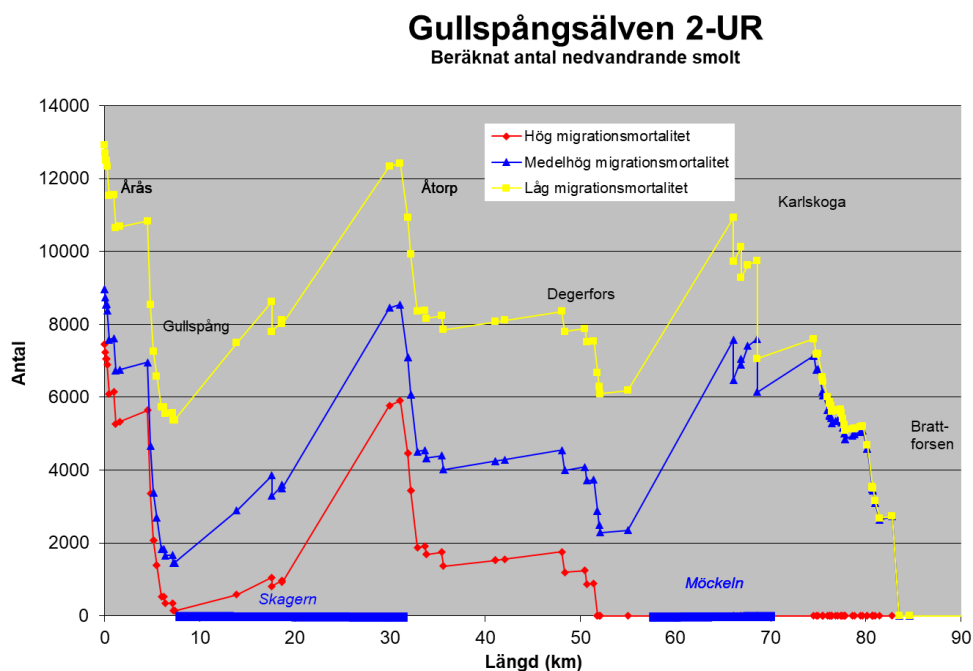
5.1 Migrationsmortalitet

En känslighetsanalys av migrationsmortaliteten har utförts genom att halvera respektive dubblera de tidigare redovisade siffrorna för dödlighet i % per km. Resultatet visas i tabell 4.

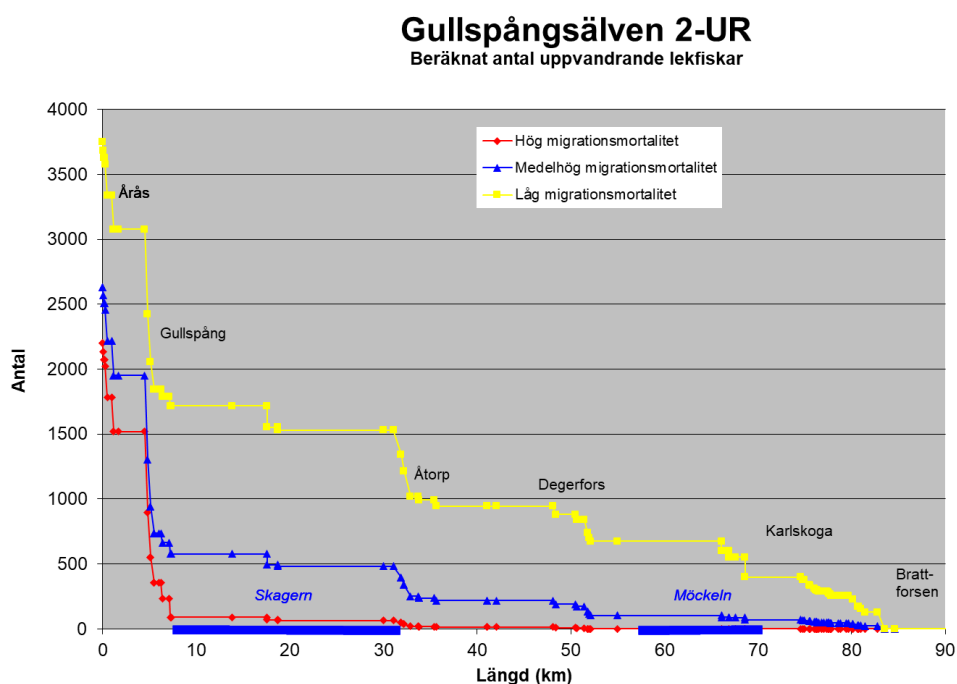
Resultaten för smoltproduktion och uppvandrande lekfisk sammanfattas i tabell 5–6 och figur 40–45. För nuvarande förhållanden kan man se att den studerade förändringen i migrationsmortalitet har marginell påverkan på resultatet. Detta beror framförallt på att smolten i Gullspångsälven har en mycket kort sträcka att vandra.

Tabell 4. Migrationsmortaliteter som använts i känslighetsanalysen. De tidigare redovisade siffrorna (medel) har halverats för att simulera en låg migrationsmortalitet samt dubblats för att simulera en hög migrationsmortalitet.

Habitattyp	Migrationsmortalitet (% per km)		
	Låg	Medel	Hög
Vattendrag, stort	0,5	1	2
Vattendrag, mellanstort	1,25	2,5	5
Vattendrag, litet	2,5	5	10
Sjö, stor	3,75	7,5	15
Sjö, mellanstor	5	10	20
Sjö, liten	7,5	15	30



Figur 40. Beräknat antal nedvandrande smolt i scenariot "Ursprungliga förhållanden" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.



Figur 41. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Ursprungliga förhållanden" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.

Tabell 5. Antal utvandrande smolt i de inom känslighetsanalysen studerade scenarierna med låg, medel respektive hög migrationsmortalitet.

Habitattyp	Låg mig-mort	Nedvandrande smolt	
		Medel mig-mort	Hög mig-mort
Nuvarande	183	181	178
Ursprunglig	12914	8964	7455
Miljöanpassning	3573	2709	2479
Fiskväg GS och utrivning Åtorp	2040	825	178

Tabell 6. Antal uppvandrande lekfisk i de inom känslighetsanalysen studerade scenarierna med låg, medel respektive hög migrationsmortalitet.

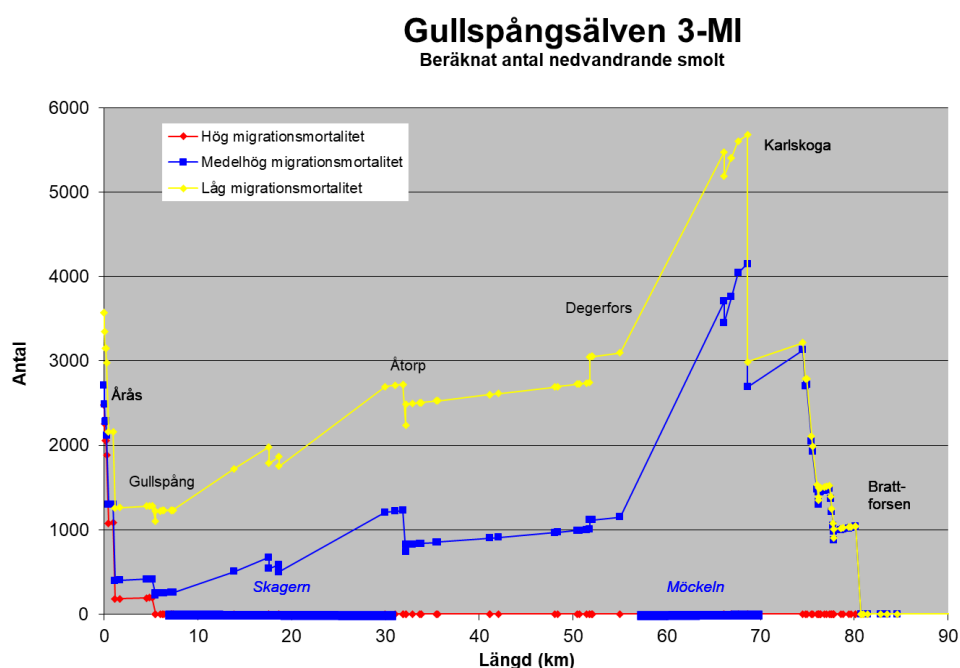
Habitattyp	Låg mig-mort	Uppvandrande lekfisk	
		Medel mig-mort	Hög mig-mort
Nuvarande	37	37	36
Ursprunglig	3751	2632	2199
Miljöanpassning	697	550	508
Fiskväg GS och utrivning Åtorp	384	157	36

För ursprungliga förhållanden ser man en stor skillnad i resultat beroende på hur hög migrationsmortaliteten ansätts. Mellan låg och hög migrationsmortalitet skiljer det nästan 5 500 utvandrande smolt och 1 600 uppvandrande lekfiskar.

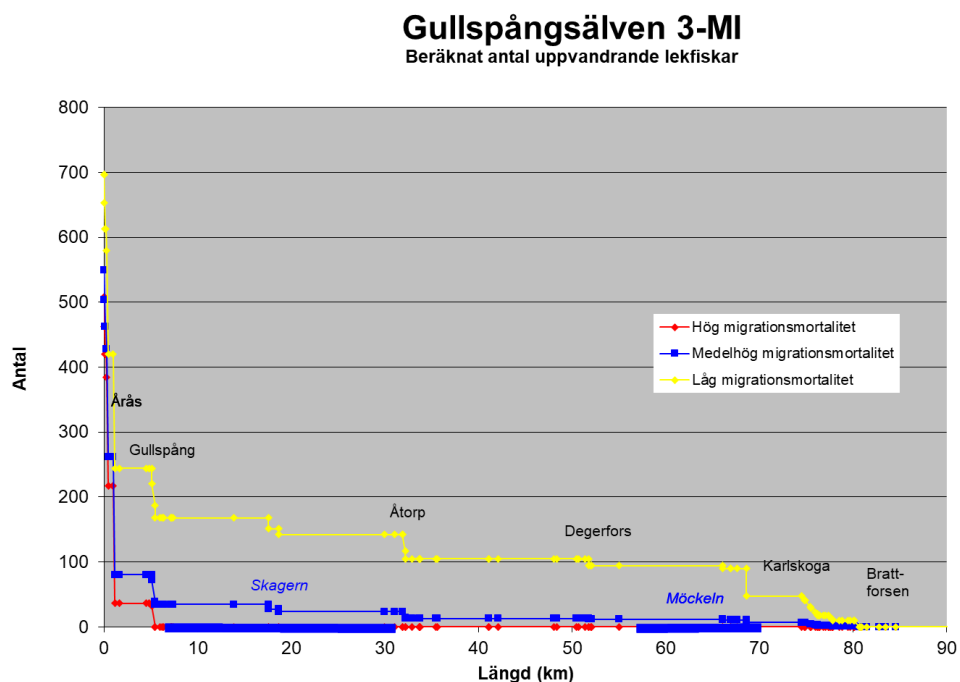
Framförallt kan man se att betydelsen av uppväxtområden belägna uppströms sjöarna Skagern och Möckeln för det till Vätern vandrande beståndet, till stor del beror på hur man ansätter migrationsmortaliteten. Räknat med den höga migrationsmortaliteten klarar sig i princip ingen smolt från uppströms Skagern ut till Vätern, och med den låga migrationsmortaliteten så klarar nästan 6 000 smolt producerade uppströms Skagern vandrigen ut till Vätern (figur 40). På motsvarande sätt ser man att det med hög migrationsmortalitet knappt blir någon uppvandrande lekfisk som passerar Skagern, medan det med låg migrationsmortalitet blir över 1 500 lekfiskar som passerar sjön (figur 41).

Även för scenariot ”Miljöanpassning av kraftverk” syns en stor skillnad i resultat beroende på hur hög migrationsmortaliteten ansätts. Mellan låg och hög migrationsmortalitet skiljer det ca 1 100 utvandrande smolt och nästan 200 uppvandrande lekfiskar. På samma sätt som i ursprungliga förhållanden har migrationsmortaliteten stor påverkan på betydelsen av uppväxtområden belägna uppströms Skagern. Räknat med hög migrationsmortalitet kommer Gullspångslaxen inte ens att kunna etablera ett bestånd uppströms Skagern. Räknat med låg migrationsmortalitet kommer istället ca 1 500 smolt och 160 lekfiskar passera Skagern årligen.

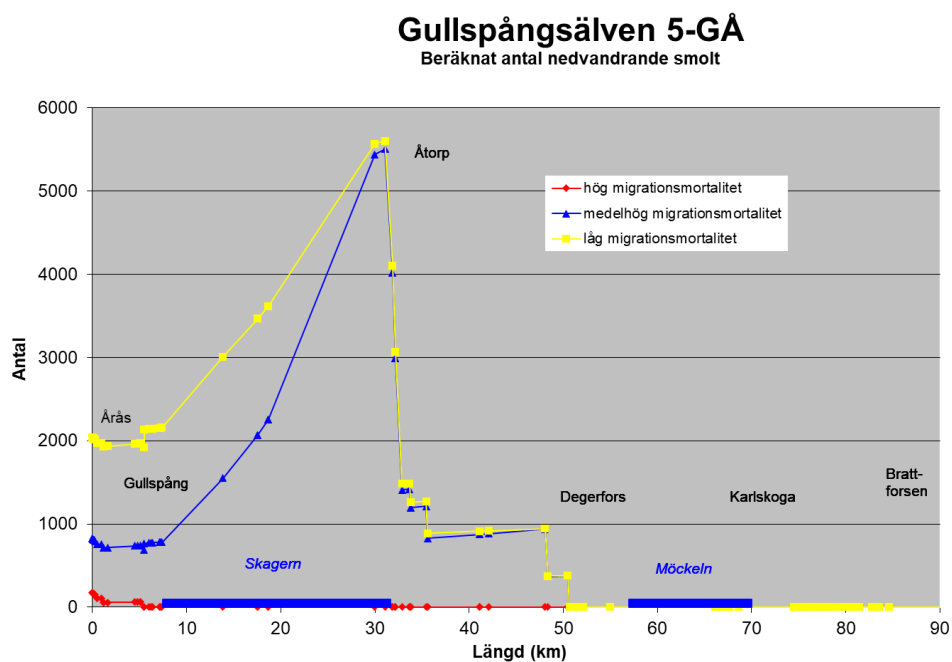
I scenariot ”Fiskväg vid Gullspång och återställning Åtorp” blir effekten av migrationsmortaliteten tydlig. I scenariot med hög migrationsmortalitet erhålls samma resultat som i nuvarande förhållanden. Anledningen är att en så liten andel av smolten som produceras uppströms Skagern klarar av vandringen ut till Väneren att det inte går att etablera ett stabilt bestånd i Letälven. Tvärtom gör en låg migrationsmortalitet att åtgärden får en stor betydelse för Vänerpopulationen av Gullspångslax, med ett bestånd av totalt 2040 utvandrande smolt och 384 uppvandrande lekfiskar varje år (figur 44–45).



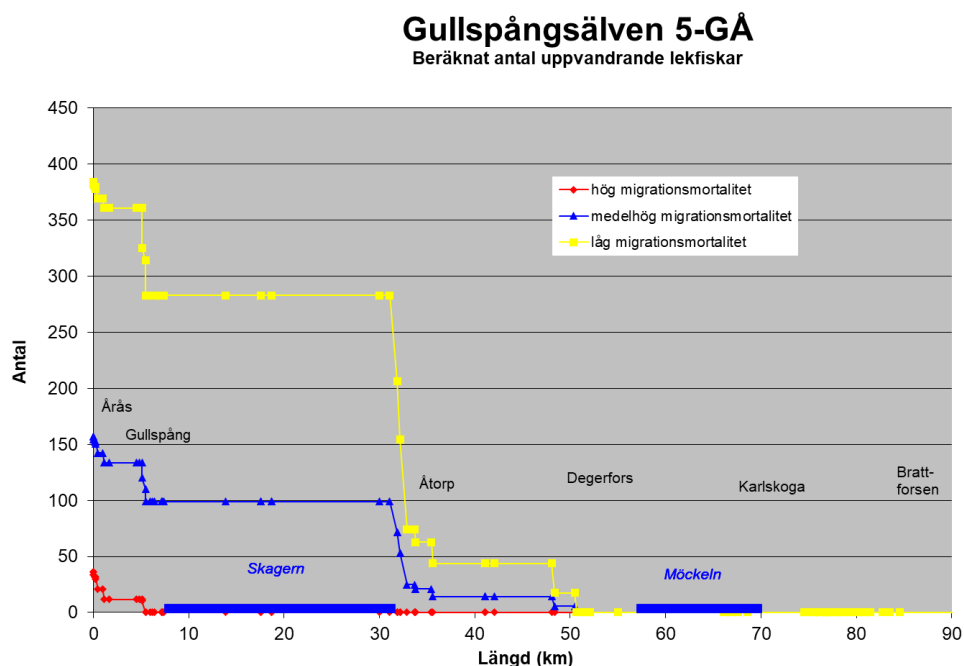
Figur 42. Beräknat antal nedvandrande smolt i scenariot ”Miljöanpassning av kraftverk” med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.



Figur 43. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Miljöanpassning av kraftverk" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.



Figur 44. Beräknat antal nedvandrande smolt i scenariot "Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.



Figur 45 Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) migrationsmortalitet.

5.2 Överlevnad

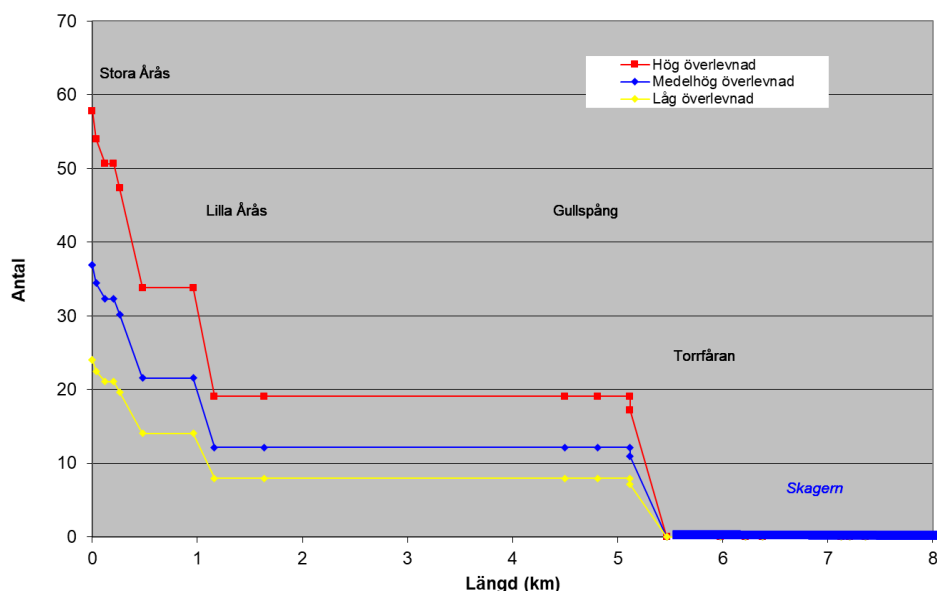
En känslighetsanalys av överlevnad av smolt och utlekt fisk i Vänern har utförts genom att räkna på tre nivåer av överlevnad; låg, medelhög och hög (tabell 7). Överlevnaden har framförallt stor betydelse för antalet uppvandrande lekfiskar vilket syns i resultatet (figur 46–48).

Tabell 7. Överlevnaden i Vänern för smolt och utlekt fisk har i känslighetsanalysen varierats i tre olika scenarier; låg, medelhög och hög överlevnad.

Fisk	Överlevnad i Vänern (%)		
	Låg	Medel	Hög
Utlekt fisk	55	60	65
Smolt	10	15	20

Gullspångsälven 1-NU

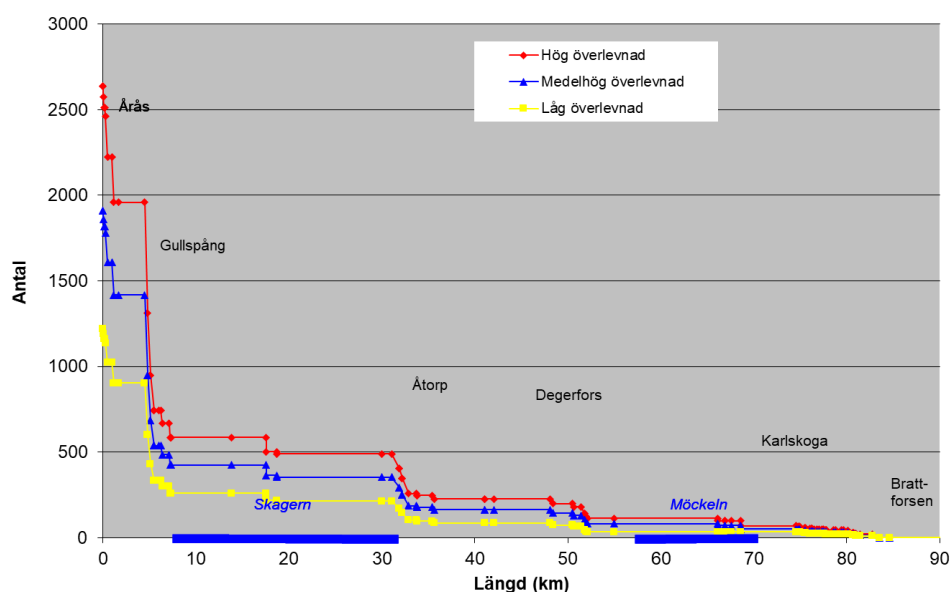
Beräknat antal uppvandrande lekfiskar



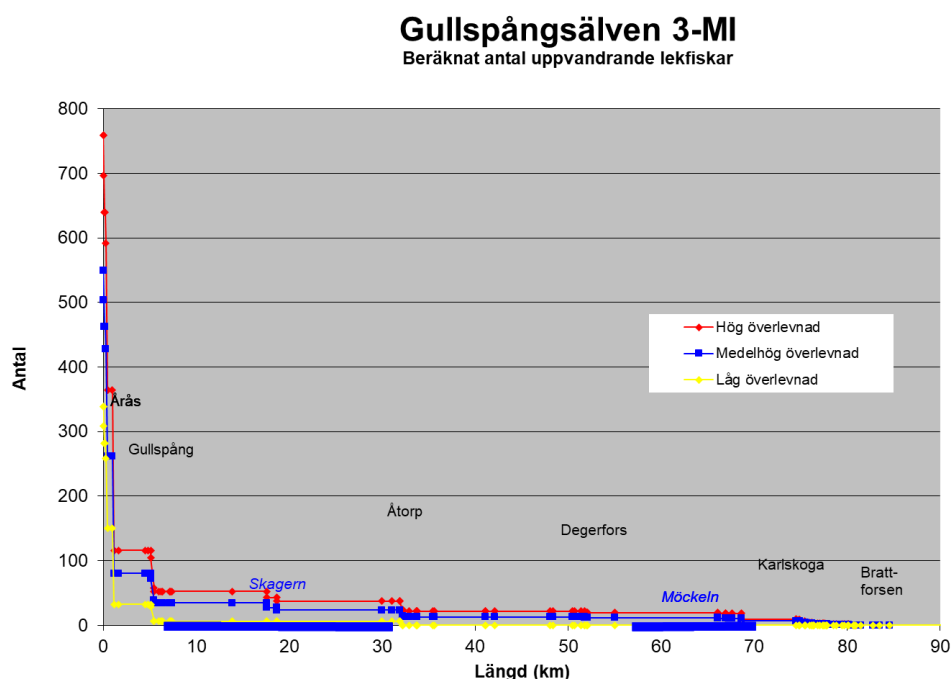
Figur 46. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Nuvarande förhållanden" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) överlevnad för smolt och utlekt fisk i Vänern.

Gullspångsälven 2-UR

Beräknat antal uppvandrande lekfiskar



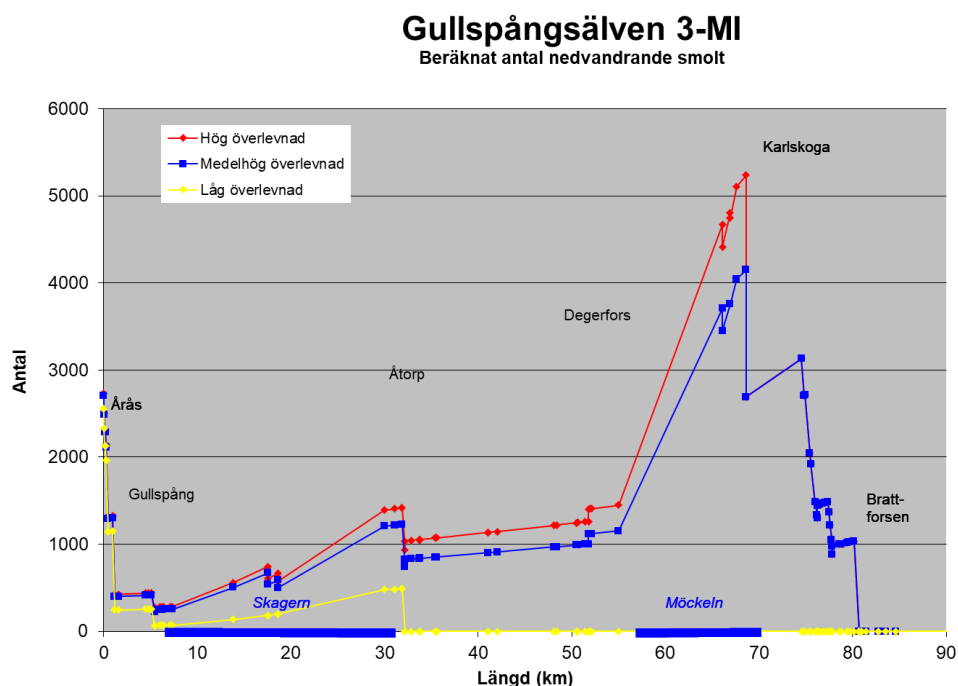
Figur 47. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Ursprungliga förhållanden" med låg (gul), medel (blå) resp. hög (röd) överlevnad för smolt och utlekt fisk i Vänern



Figur 48. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Miljöanpassning av kraftverk" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) överlevnad för smolt och utlekt fisk i Vänern

Överlevnaden i Vänern har inte lika stor inverkan på produktionen av smolt. Detta beror på att modellen utgår från att maximal mängd smolt produceras så länge det finns en tillräcklig mängd återvändande lekfiskar för att det ska vara rimligt att en lyckad lek genomförs. Över en viss gräns ger en större mängd lekfiskar på en sträcka inte större smoltproduktion utan ökad konkurrens bland lekfiskarna. Smoltproduktionen begränsas främst av tillgängligt habitat då laxungarna är revirhävande.

I scenariot "Nuvarande förhållanden" ger en låg överlevnad 24 uppvandrande lekfiskar, en medelhög överlevnad ger 37 och en hög överlevnad ger 58 uppvandrande lekfiskar (figur 46). I scenariot "Ursprungliga förhållanden" ger en låg överlevnad ca 1 200 uppvandrande lekfiskar, en medelhög överlevnad ca 1 900 och en hög överlevnad ca 2 600 uppvandrande lekfiskar (figur 47). I scenariot "Miljöanpassning av kraftverk" ger en låg överlevnad ca 340 uppvandrande lekfiskar, en medelhög överlevnad ca 550 och en hög överlevnad ca 760 uppvandrande lekfiskar (figur 48). Påverkan är jämn över hela systemet så länge ett tillräckligt stort antal lekfiskar finns för att genomföra leken. I scenariot "Miljöanpassning av kraftverk" gör den låga mängden lekfiskar att det inte kan etableras ett stabilt uppströms Skagern och därmed blir det heller ingen smoltproduktion uppströms sjön (figur 49).



Figur 49. Beräknat antal utvandrande smolt i scenariot "Miljöanpassning av kraftverk" med låg (gul), medel (blå) respektive hög (röd) överlevnad för smolt och utekt fisk i Vänern.

För det mesta innebär dock en justerad överlevnad endast att resultatet avseende mängden lekfiskar förändras jämnt över alla sträckor i modellen. Detta innebär att resultatet blir från modellen jämförbart oavsett vilken faktor som används, så länge samma faktor används i alla framtida scenarier.

5.3 Inkluderade habitat

En känslighetsanalys av vilka laxhabitatklasser som inkluderas i modellen har genomförts. Fyra simuleringar genomfördes där inkluderade laxhabitat varierades mellan de över klass 4, 3, 2 och 1. Känslighetsanalysen genomfördes på en tidigare iteration av modellen strikt baserad på karteringsresultatet som tillhandahållits, innan modifieringar utifrån bland annat historiska uppgifter genomförts. För nuvarande förhållanden har värdena för smoltproduktion redovisade i tabell 1 använts, och för ursprungliga förhållanden har värden från tabell 2 använts.

I Gullspångsälven finns en sträcka klassificerad med laxhabitatklass 4 vid Stora Årås. Inkluderas sträckan med klass 4 innebär detta att ytterligare två

smolt produceras samt att ytterligare en lekfisk vandrar upp i älven. Inkluderade habitat har därför ingen stor påverkan på nuvarande förhållanden.

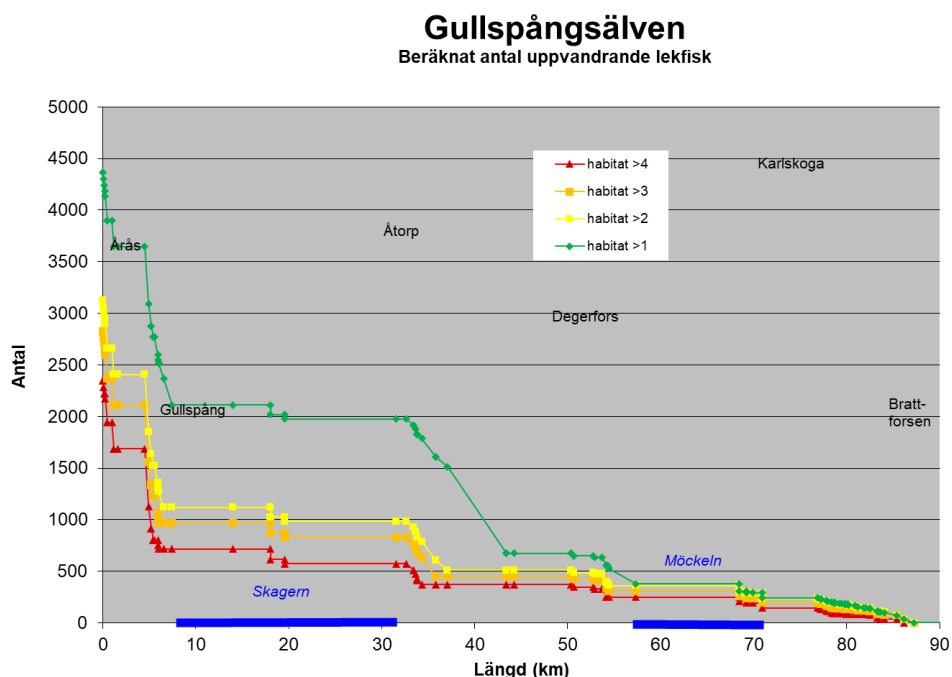
I scenariot Ursprungliga förhållanden har det dock större betydelse, då sträckor klassificerade med laxhabitatklass 2–4 återfinns i de indämda sträckorna som har klassificerats genom flödesanalys baserat på material från ekolodning. Inkluderas alla sträckor med laxhabitatklass större än 1 resulterar detta nästan i en fördubbling av både smolt och lekfisk (tabell 8, figur 50–51). Den största skillnaden ligger i huruvida sträckor med laxhabitatklass 2 eller inte inkluderas.

Den typiska sträckan med laxhabitatklass 2 i underlaget utgörs av en lugnflytande selsträcka med finsediment som bottenstrukt. Stora arealer är klassificerade med laxhabitatklass 2 vilket är en konsekvens av poängsystemet gör att alla sträckor bredare än 12 m får minst 2 poäng. Smoltproduktionen på sträckor med laxhabitatklass 2 är enligt tidigare redovisad metodik ca 30 % av smoltproduktionen på sträckor med den högsta laxhabitatklassen. På grund av de stora arealerna av selsträckor klassificerade med laxhabitatklass 2 leder detta till en väldigt stor smoltproduktion. Ett exempel är den långa ekolodade selsträckan uppströms Åtorp som även ursprungligen bedömts vara lugnflytande (figur 51–52).

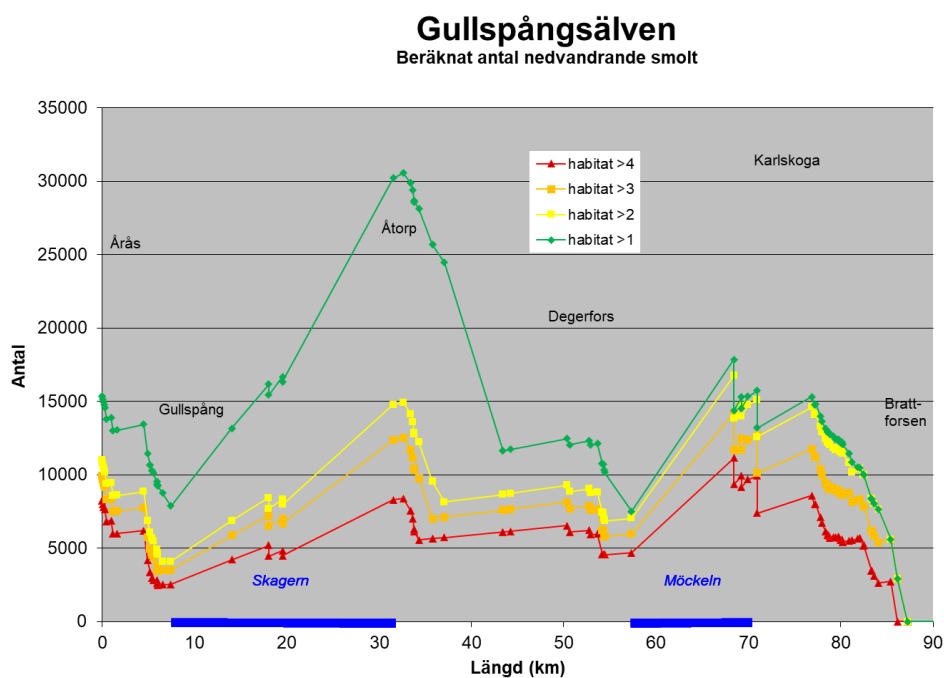
Även stora arealer med laxhabitatklass 3 och 4 ligger längs lugnflytande selsträckor och utgörs av strandzonen där åfåran grundar upp. Den grundare strandzonen innebär att området tilldelas högre klass på grund av poängsystemet som ger högre poäng för områden grundare än 40 cm. Figur 52 visar en del av sträckan ovan Åtorp som står för en stor del av den ökade smoltproduktionen genom stora arealer av framförallt laxhabitatklass 2, men även 3 och 4. Situationen är liknande även vid andra ekolodade sträckor. I GIS-analysen räknas laxhabitatklassen per 1x1 m ruta istället som ett snitt för hela sträckan som det görs i fältmetodik. Hade fältmetodiken använts hade hela sträckan som visas i figur 52 blivit laxhabitatklass 2.

Tabell 8. *Utvandrande smolt och uppvandrande lekfiskar i scenariot Ursprungliga förhållanden, beroende på vilka laxhabitatklasser som inkluderas.*

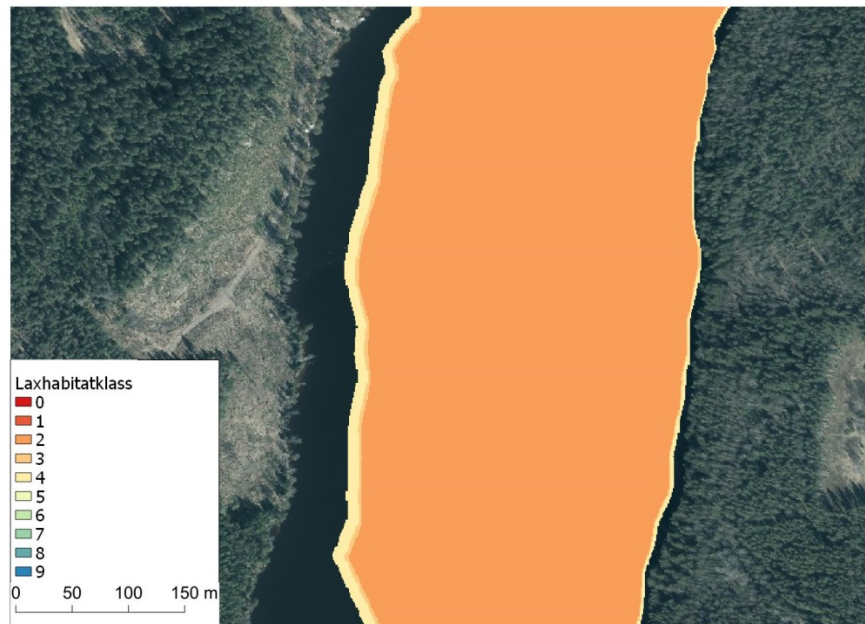
Inkluderade laxhabitatklasser	Utvandrande smolt	Uppvandrande lekfiskar
>4	8223	2345
>3	9930	2828
>2	10983	3126
>1	15359	4363



Figur 50. Beräknat antal uppvandrande lekfisk i scenariot "Ursprungliga förhållanden" med inkluderade sträckor med laxhabitatklass >4 (röd), >3 (orange), >2 (gul) samt >1 (grön).



Figur 51. Beräknat antal nedvandrande smolt i scenariot "Ursprungliga förhållanden" med inkluderade sträckor med laxhabitatklass >4 (röd), >3 (orange), >2 (gul) samt >1 (grön).



Figur 52. Den ekolodade sträckan ovan Åtorp har stora arealer av laxhabitatclass 2, men även 3 och 4 längs strandzonen.

6 Diskussion

Den beskrivna beståndsmodellen avser inte att beräkna det exakta antalet smolt eller lekfishar utan endast ge en uppfattning om storleksordningen samt dess fördelning och variation under olika förhållanden. De modellerade scenarierna visar på trender och kan utgöra del av beslutsunderlag när olika åtgärder utvärderas. Beståndsmodellen kan bidra i att skapa en uppfattning om kostnadseffektiviteten av att genomföra vissa åtgärder.

De modellberäknade resultaten innehåller betydande osäkerheter. Liksom alla andra modellberäkningar är resultaten helt beroende på vilka förutsättningar som ansätts. Är dessa inte representativa kan heller inte beräkningsresultaten förväntas bli det.

De modellerade fiskbeståndens numerär påverkas som nämnt av faktorer såsom smoltproduktion, migrationsmortalitet och överlevnad i Väneren. En fördel med beståndsmodellens uppbyggnad är att dessa faktorer enkelt kan ändras, likt i känslighetsanalysen, om man vill studera deras påverkan på resultatet.

6.1 Karteringsmetodik

Även om underlagsmaterialet i form av inventerade och simulerade laxhabitat är gediget finns vissa osäkerheter. För de ekolodade sträckorna har en annorlunda metodik för klassning av Laxhabitatklass, jämfört med de fältinventerade sträckorna, använts. I fält har Laxhabitatklass beräknats som ett snitt över en hel sträcka. För de ekolodade sträckorna har Laxhabitatklass beräknats för varje 1 m² stor ruta av vattendraget.

Fältmetodiken, där vattendraget delas in i delsträckor som ges en samlad poäng, kan medföra att vissa nyanser generaliseras bort. För de ekolodade sträckorna har materialet istället blivit så högupplöst att det blir väldigt tidskrävande att tillgodogöra sig all information. För att kunna jämföra sträckorna har de ekolodade områdena förenklats till sträckor med en och samma laxhabitatklass. Sträckorna har sedan i modellen justerats i längd och bredd för att erhålla samma arealer av varje laxhabitatklass som i summeringen i underlagsrapporten (Bark *et al.* 2019).

Vid ekolodning och flödessimulering av indämda sträckor finns flera ytterligare osäkerhetskällor i form av bland annat ekolodningens noggrannhet, bedömning av bottensubstrat, bedömning av ursprunglig bottennivå vid befintlig dammbyggnad samt simuleringens upplösning. Metoden att genom ekolodning och flödesmodellering bedöma ursprungliga habitat är

dock relativt väl beprövad och bedöms vara den mest tillförlitliga när det gäller att uppskatta habitatet i en indämd sträcka.

De sträckor som i dagsläget är torrlagda, överbyggda eller kraftigt rensade har klassificerats genom uppskattning utifrån bland annat lutning samt historiska fotografier. Metodiken bygger därmed till viss del på subjektiva bedömningar.

De olika metoderna för klassning av laxhabitat har olika osäkerheter i sig själva, och kan medföra osäkerheter i form av att resultaten från de olika metoderna över- eller underskattar laxhabitatet i förhållande till varandra. Vi bedömer dock att det insamlade underlagsmaterialet ger en för syftet tillräckligt tydlig bild över älvens nuvarande och ursprungliga laxhabitat.

Vid utvärdering av åtgärder är det viktigast att med en tillräckligt god uppskattning kunna beskriva var i systemet det finns potential för smoltproduktion i förhållande till begränsande faktorer i form av bland annat vandringshinder och sjöar. De osäkerheter som finns i de olika karteringsmetoderna bedöms dessutom som små i förhållande till övriga parametrar som till exempel smoltproduktion, migrationsmortalitet och smoltöverlevnad i Väneren.

6.2 Laxhabitatklass

I det fältkarterade materialet har fokus legat på sträckor med laxhabitatklass ≥ 5 eftersom dessa med större säkerhet fungerar som uppväxtområden i praktiken. I de ekolodade sträckorna redovisas även sträckor med lägre laxhabitatklass. Huruvida dessa sträckor inkluderas i modellen eller inte har stor påverkan på resultatet (se avsnitt 5.3). Detta beror på att det är stora arealer av sträckor med laxhabitatklass < 5 i det ekolodade materialet. Ovan Gullspångsdammen finns i ursprungliga förhållanden exempelvis 6,3 ha av laxhabitatklass 2 i Gullspångsälven. Detta område är dock i snitt ca 4 m djup och har en strömhastighet på ca 5 cm/s enligt simuleringarna, vilket är väldigt långt ifrån ideala uppväxtförhållanden för lax.

Känslighetsanalysen visar en tydlig gräns där valet av att inkludera sträckor med klass 2 eller inte har störst påverkan på resultatet, då alla ekolodade sträckor har som lägst denna klass. Vi bedömer det som osannolikt att dessa sträckor kan bidra till smoltproduktion i någon betydande utsträckning och att det därför är korrekt att exkludera dem.

Anledningen till att det i elfiskeregistret förekommer laxungar även i områden med låg laxhabitatklass kan bero på flera saker. En möjlig förklaring är att elfiskelokalen ligger i nära anslutning till andra sträckor med bättre lämpat habitat och att vissa laxungar förflyttat sig till den aktuella lokalen. Det kan också bero på att man i bedömningen av lokalens morfologi tagit

ett genomsnitt av hela den undersökta sträckan men att det i praktiken kanske endast är små delområden av elfiskelokalen där det förekommer laxungar.

Det i figur 2 redovisade testet av hur lämpligt laxhabitatklass är för att förutse förekomst av lax visar att det finns en brytpunkt mellan sträckor med laxhabitatklass 4 och 5, där det är dubbelt så stor sannolikhet för förekomst av lax på sträckor med laxhabitatklass 5 jämfört med 4 (ca 40 % jämfört med ca 20 %). Därför bedömer vi att det är rimligt att enbart inkludera sträckor med laxhabitatklass 5 eller högre i modellen.

Metodiken för klassning av laxhabitat innebär att en sträcka ges en samlad poäng utifrån sträckans genomsnittliga egenskaper. Det ekologiska materialet har dock klassats med en högre upplösning. Detta medför att mindre delområden inom en sträcka som har lämpligt laxhabitat, exempelvis strandpartier och kortare grundpartier i åfåran, inkluderats i modellen.

6.3 Smoltproduktion

En osäkerhetsfaktor utgörs av den metod för beräkning av smoltproduktion som används. Antagandet att Gullspångsälven under naturliga förhållanden har samma tätheter av laxungar som de västkuståar som underlaget hämtats från är sannolikt inte helt korrekt. Tyvärr finns inte tillräckligt med elfiskedata från lokaler av varierande habitat under naturliga förhållanden i Gullspångsälven för att kunna använda lokala data. Detta bedöms som en av de stora osäkerhetskällorna i modellen.

Befintliga elfiskedata från Gullspångsälven visar på väldigt låga tätheter av laxungar >0+ vilket enligt vald metod för beräkning av smoltproduktion ger ett mycket lågt antal av såväl smolt som lekfisk.

Anledningen till att det är så låga tätheter i de nedre delarna av Gullspångsälven har antagits vara den korttidsreglering som sker. Björn (2017) finner det också sannolikt att korttidsregleringen är orsaken till de låga tätheterna och skriver bland annat *"I Lilla Åråsforsen finns högst antal lek-gropar, men lägst antal tätheter av fisk och man kan då anta att äggöverlevnaden inte är hög. Bärkraften verkar inte vara den begränsande faktorn och inte bottenfauna eller andra kemiska-fysikaliska faktorer då de klassats som hög ekologisk standard. Eftersom genomsnittliga flödet i januari, maj eller augusti inte heller verkar vara en begränsande faktor kan det vara korttidsregleringen i Åråsforsarna som begränsar smoltproduktionen."*

Eftersom de berörda sträckorna klassats med hög laxhabitatklass bör det inte vara habitatet som sätter begränsningar. Mellan 20 april och 19 augusti

sker ingen korttidsreglering, dock sker kraftig veckoreglering vilket troligtvis har negativ påverkan på laxungarna. Eftersom ynglen vanligtvis simmar upp ur lekgruset i maj kan negativ påverkan från korttidsreglering endast ske när ynglen är kvar i bottnarna.

I Gullspångsforsen förekommer ingen korttidsreglering, och där är det mer normala tätheter av 0+. Kvoten $>0+/0+$ är dock relativt låg i både Årås och Gullspångsforsen. Vid Årås kan detta eventuellt förklaras med korttidsregleringen men inte i Gullspångsforsen där det inte förekommer korttidsreglering. En möjlig förklaring till den låga andelen $>0+$ skulle kunna vara att det är en stor andel ettårig smolt, alltså att fisken vandrar ut i Vätern istället för att stanna ett år till i älven. Ros (1966) fann att 20 % av åldersbestämda smolt i Gullspångsälven är 1-åriga, vilket kan jämföras med 8 % i ett genomsnitt av västkuståar (Spjut & Degerman 2016).

Metodiken med att beräkna smoltproduktionen som 30 % av tätheten av $>0+$ blir felaktig om det är så att vi har en större andel än normalt av ettårig smolt i Gullspång. Det kan dock fortfarande vara så att korttidsregleringen bidrar till att det är färre $>0+$ som överlever till att bli smolt. Den förenklade beräkningsmetoden med att 30 % överlever till smolt har tagits fram för icke reglerade förhållanden men används i den här modellen även för de reglerade, vilket kan innebära att smoltproduktionen överskattas.

Det är svårt att ge en tydlig förklaring till de låga tätheterna från det underlag som finns tillgängligt, och det är möjligt att den valda metoden inte uppskattar smoltproduktionen helt korrekt under nuvarande förhållanden. Oavsett belyser de nuvarande tätheterna och modellresultaten (även om man använder mer generösa tal för smoltproduktionen) hur starkt hotad Gullspångslaxen är i dagsläget.

För i stort sett alla de framtida scenarierna används siffror för naturlig smoltproduktion som ger betydligt fler smolt per ytenhet jämfört med de siffror som används för nuvarande förhållanden. Detta baseras på antagandet att det är korttidsregleringen som gör att smoltproduktionen inte når sin fulla potential. Om det visar sig att det finns ytterligare parametrar som hämmar smoltproduktionen och de åtgärder som föreslås inte är tillräckliga för att uppnå den förväntade förbättringen av smoltproduktion innebär det att de erhållna simuleringsresultaten är överskattade.

6.4 Migrationsmortalitet

På grund av bristande kännedom om bland annat predatorbestånd i de sjöar och indämda områden som ingår i Gullspångsälvens avrinningsområde är

även migrationsmortaliteten en faktor som är svår att skatta, en slutsats som också dragits i flera andra studier. De antagna parametrarna för smolt-förlust ligger inom spannet för vad som har framkommit i tidigare genomförda studier och det har inte under arbetets gång påträffats information som föranlett att dessa borde ändras. Ett betydande bortfall av smolt i sjöar och lugnområden vid utvandring till Vätern är högst troligt.

Där migrationsmortaliteten får störst utslag i modellen är när smolten ska passera genom den stora sjön Skagern som ligger relativt långt ner i systemet. Med en hög mortalitet minskar betydelsen av uppväxtområden belägna uppströms Skagern då en stor andel av smolten dör vid passage genom sjön.

Hur migrationsmortaliteten ansätts påverkar därmed hur stort värdet av fria vandringsvägar förbi Gullspångs kraftverk blir för från Vätern vandrande fisk, vilket visats i känslighetsanalysen. Med en hög migrationsmortalitet blir kostnadseffektiviteten av att anlägga en väl fungerande fiskväg mycket låg, om målet är att stärka populationen av vandringsfisk från Vätern. Dock vill vi betona att värdet av fria vandringsvägar högre upp i systemet har ett värde som inte framgår av modellen genom att det gynnar lokala fiskpopulationer och vandringsfisk utgående från Skagern. Då migrationsmortaliteten i så stor utsträckning påverkar värdet av de olika delarna av systemet för Gullspångslaxen, hade det varit mycket givande i värderingen av de olika åtgärderna om det fanns mer väl underbyggda data för detta.

I känslighetsanalysen visas tydligt betydelsen av migrationsmortaliteten för simuleringsresultatet, och framförallt i scenariot med en fiskväg vid Gullspång och en återställning av Letälven vid Åtorp. Räknat med en hög migrationsmortalitet går det inte att etablera ett stabilt bestånd i Letälven eftersom så få smolt överlever vandring ut till Vätern. Tvärtom ser man i fallet med en låg migrationsmortalitet att åtgärden får en stor betydelse för Vänerpopulationen av Gullspångslax. Detta visar återigen på betydelsen av bättre kunskap gällande migrationsmortalitet för att kunna värdera åtgärder för Gullspångslaxen.

6.5 Realiserbarhet av åtgärder

Det bör nämnas att de scenarier som modellerats i många fall innebär omfattande åtgärder och komplexa tekniska utmaningar som måste lösas för att ge önskad effekt. Detta gäller inte minst förslagen med en ny åfåra mellan Skagern och Vätern, Trap & Transport eller en ny damm vid Skagerns utlopp. De scenarier som innefattar miljöanpassning av kraftverk i form av anläggning av fiskvägar har endast modellerats med en ökad passageeffektivitet. Den exakta utformningen av de tekniska lösningarna ligger utanför ramarna för detta uppdrag.

Det har antagits en passageeffektivitet om 90 % för samtliga passerande laxar i både upp- och nedströms riktning. För att ha en chans att uppnå så höga passageeffektiviteter krävs väl genomtänkta utformningar på fiskvägar för såväl upp- som nedströmsvandring som utformas enligt bästa möjliga teknik samt ges en hög relativ vattenföring. Detta kan vara svårt att uppnå vid kraftverk av den storlek som är i Gullspångsälvens huvudfåra. Som ett viktigt fortsatt steg i värderingen av bästa lösning för att gynna Gullspångslaxen bör de föreslagna åtgärderna utredas och konkretiseras för att kunna beräkna deras kostnad.

I de flesta framtida scenarier har det antagits att om en naturlig tappningsplan ersätter korttidsregleringen så kommer smoltproduktionen att öka markant. Hur denna naturliga tappning ska se ut för att uppnå maximal smoltproduktion har dock inte utretts inom detta arbete. Generellt kan man säga att optimal smoltproduktion uppnås vid den vattenföring som för den givna åfåran ger störst arealer lämpligt uppväxthabitat. Detta i sin tur beror på åfårans karaktär. Optimala uppväxtförhållanden för smolt är en bred åfåra med grunt, strömmande/strykande vatten och stenig/blockig botten. En svagt lutande åfåra med bred botten och flacka stränder ger därför generellt bättre förhållanden vid en högre vattenföring jämfört med en brant lutande åfåra med smal bottenbredd och branta stränder. Den vattenföring som ger optimala uppväxtförhållanden för de berörda delsträckorna samt i vattendraget som helhet skulle kunna identifieras genom att en flödesmodell upprättas i exempelvis HecRAS.

6.6 Påverkan på öring

Den framtagna modellen är specifikt upprättad för att simulera de olika åtgärdernas påverkan på lax. Öring har något annorlunda förutsättningar och habitatkrav än lax. Trots det kan man generellt säga att de åtgärder som är gynnsamma för den sjövandrande laxen även är gynnsamma för sjövandrande öring, då de viktigaste faktorerna är desamma: tillgång till strömmande vattenhabitat som kan fungera som lek- och uppväxtområden belägna i anslutning till tillväxtområden i sjön.

För att modellera resultatet för öring skulle man dock behöva justera sträckornas potentiella smoltproduktion för att matcha bättre mot öringens habitatkrav. Öringen kan även nytta mindre biflöden för lek- och uppväxt och därför skulle fler av de mindre biflödena till älven kunna inkluderas i modellen. I de vattendrag där sjövandrande öring och lax samexisterar brukar laxen konkurrera ut öringen på lekområdena i huvudfåran och öringen söker sig därför i högre grad till mindre biflöden. Att upprätta en modell som simulerar denna samverkan mellan sjövandrande öring och lax kräver dock ännu mer osäkra antaganden och blir än mer komplex.

6.7 Ytterligare modelleringsmöjligheter

De scenarier som modelleras är endast ett fåtal av flera tänkbara. Modellen skulle även kunna utvidgas med en större geografisk avgränsning samt inkludera ytterligare arter. Fördelen med modellens uppbyggnad är att det är relativt enkelt att utvidga den och simulera ytterligare scenarier.

6.8 Kostnadseffektivitet av åtgärder

För att stärka Gullspångslaxen krävs att större ytor av produktiva uppväxtområden tillgängliggörs. Smolt som har en kort sträcka att vandra ut till Vätern löper mindre risk att dö till följd av predation jämfört med smolt som vandrar långa sträckor. Den förhöjda mortaliteten vid passage genom de stora sjöarna Möckeln och framförallt Skagern gör att smolt som produceras uppströms dessa har mindre chans att klara vandringen till Vätern.

En smolt producerat nära mynningen är därför viktigare för beståndet än en smolt producerat långt upp i systemet, då den har större chans att återvända som vuxen fisk och föra beståndet vidare. Därför är även uppväxtområden av samma storlek belägna långt ner i systemet av större värde än de som ligger långt upp.

Ett sätt att öka smoltproduktionen på befintliga uppväxtområden nära Vätern är att upphöra med den skadliga korttidsregleringen. I scenariot "Anpassad reglering Gullspång" simuleras effekten av att upphöra med korttidsregleringen i Gullspångsälven. Resultatet visar att denna åtgärd skulle innebära att beståndet av lekfisk ökar med nästan en faktor 14. Åtgärden innebär att inga fysiska åtgärder behöver utföras och är därför ur ett tekniskt perspektiv högst realistisk att genomföra.

Det finns dock ett intresse i att fortsatt kunna korttidsreglera vid Gullspång, bl.a. då det bidrar till regleringen av elnätet. Därför har flera alternativ tagits fram som både möjliggör korttidsreglering och samtidigt återskapar uppväxtarealer i nära anslutning till tillväxtmiljön (Vätern).

Det höga värdet av uppväxtområdena i Gullspångsälven för vandringsfisk från Vätern medför att åtgärder för att gynna Gullspångslaxen i första hand bör koncentreras till sträckan mellan Skagern och Vätern. Detta resonemang stärks av modellresultaten av de scenarier som ger störst effekt på beståndet: "Återställning Gullspång", "Ny åfåra från Skagern" och "Trap and Transport". Dessa scenarier ger större effekt än vad miljöanpassning av alla kraftverk i systemet gör och innebär dessutom att det fortsatt blir möjligt att korttidsreglera utan att det har någon negativ påverkan

på habitatet i Gullspångsälven. Även scenariot ”Återställning Åtorp” ger goda resultat genom att stora uppväxtarealer tillgängliggörs i anslutning till tillväxthabitatet, som i det scenariot utgörs av Skagern. Samtliga dessa scenarier innebär dock väldigt omfattande åtgärder.

Ett annat scenario som ger relativt goda resultat utan att påverka möjligheten till korttidsreglering, och samtidigt kanske är något enklare att genomföra än de ovan nämnda, är ”Ny damm Gullspång”, där Gullspångsdammen flyttas upp till Skagerns utlopp, och en ny intagstunnel till det befintliga kraftverket anläggs. Gullspångsälven nedströms kraftverket förblir som idag men mellan kraftverket och den nya dammen återställs älven och uppväxtområden återskapas. Scenariot innebär att beståndet av lekfisk ökar med drygt en faktor 12 jämfört med i dagsläget.

Ingen beräkning av åtgärdernas kostnad har genomförts inom ramen av detta projekt, men det är ett viktigt nästa steg i att identifiera den mest effektiva åtgärden för Gullspångslaxen. Tillsammans med värdet på den elproduktion som eventuellt behöver ianspråk tas för att åstadkomma dessa åtgärder kan man då värdera vilken åtgärd som ger störst nytta per investerad krona.

7 Sammanfattning

I syfte att beräkna ursprunglig, nuvarande och möjlig framtida produktion av smolt och lekfisk av lax i Gullspångsälven har en bestandsmodell tagits fram. I modellen simuleras Gullspångslaxens livscykel i stadierna uppväxt i vattendraget, utvandring som smolt, tillväxt i Vänern, uppvandring som lekfisk, återutvandring efter lek och eventuell återuppvandring för ytterligare lek.

I modellen delas vattendraget in i delsträckor med enhetliga egenskaper. Bedömd smoltproduktion beräknas för varje enskild delsträcka i ån som funktion av sträckans lämplighet som laxhabitat. I alla stadier och för alla delsträckor har laxens möjlighet för migration och överlevnad beräknats med faktorer som beskriver passage-effektivitet och migrationsmortalitet.

Underlaget till sträckindelningen av vattendraget utgörs av fältinventeringar av befintliga strömsträckor, simuleringar i ekolodade indämda sträckor samt skrivbordsbedömningar av försvunna strömsträckor (Bark *et al.* 2019). Sträckornas lämplighet som laxhabitat har klassificerats med hjälp av metodiken för laxhabitatkartering framtagen av SLU (Degerman & Spjut 2019).

Övriga styrparametrar i form av smoltproduktion, migrationsmortalitet och överlevnad i Vänern har ansatts utifrån den data som finns tillgänglig. I många fall har det dock funnits få, eller spretande, uppgifter att tillgå. I de fallen har parametrarna fått uppskattas. Som stöd i uppskattningen har vi kalibrerat modellen med hjälp av uppgifter om nuvarande och tidigare mängder lekfiskar som vandrat upp i älven.

Migrationsmortaliteten för nedvandrande smolt bedöms vara den parameter som har störst osäkerhet och störst påverkan på resultatet. Detta beror på att migrationsmortaliteten påverkar de olika scenarierna mycket olika. En hög migrationsmortalitet minskar betydelsen av uppväxtområden belägna långt uppströms i systemet och vice versa med en låg migrationsmortalitet.

Styrvärdena för smoltproduktion och överlevnaden i Vänern har också behövt antas på ett sätt som innebär osäkerheter. Dock innebär förändringar av dessa värden att alla scenarier påverkas på ungefär samma sätt, vilket gör att värderingen av de olika åtgärderna inte påverkas i samma utsträckning.

I modellen har nuvarande och ursprungliga förhållanden samt 10 potentiella framtida förhållanden simulerats. Resultaten för de olika scenarierna redovisas i tabell 9 samt figur 53 & 54.

Tabell 9. Simulerade antal utvandrande smolt samt uppvandrande lekfisk för alla modellerade scenarier.

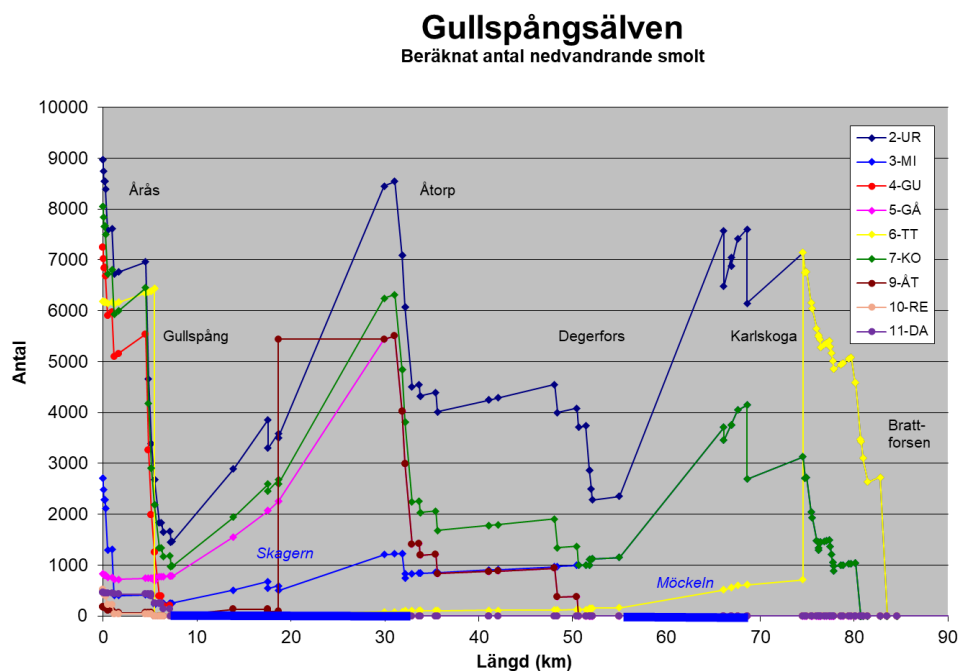
Scenario	Utvandrande smolt	Uppvandrande lekfisk
Nuvarande	181	37
Ursprungligt	8964	2632
Miljöanpassning	2709	550
Återställning Gullspång	7242	1547
Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp	825	157
Trap and Transport	6186	1158
Komb. återställning & miljöanpassning	8054	1711
Ny åfåra från Skagern	4966 (+121)*	1020 (+25)*
Återställning Åtorp (Skagernbestånd)	5441 (+181)**	1118 (+37)**
Anpassad reglering Gullspång	2500	512
Ny damm Gullspång	2002	457
Lekkanal Gullspång	570	114

* Avser ett nytt bestånd av Gullspångslax som etableras i den nya åfåran. Siffror inom parentes avser beståndet av Gullspångslax i Gullspångsälvens huvudfåra.

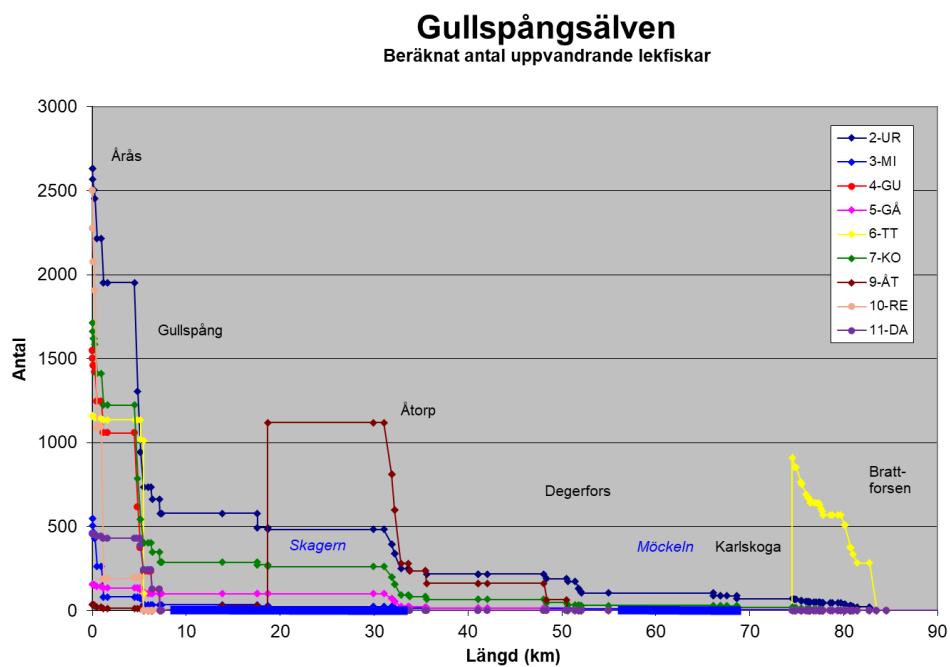
** Avser ett nytt bestånd av Gullspångslax som etableras i Skagern. Siffror inom parentes avser beståndet av Gullspångslax i Gullspångsälvens huvudfåra

Modellsimuleringarna visar att Gullspångslaxen är starkt hotad i dagsläget och att mindre än 50 lekfiskar årligen vandrar upp i älven, jämfört med över 2 600 fiskar i ursprungliga förhållanden. Modellen visar även att det är sträckan från Skagern till Vänern som är och har varit det viktigaste området för reproduktion av Gullspångslax.

Av de framtida scenarierna är det de scenarier som innebär att uppväxtområden skapas i nära anslutning till tillväxtområden (Vänern) som ger störst effekt. Dessa innefattar ”Återställning Gullspång”, som innebär att Gullspångsälven återställs helt, t.ex. genom att intaget och utloppet till kraftverket förläggs till bergtunnlar, ”Ny åfåra från Skagern”, som innebär att en jämn minimitappning spills i en ny åfåra som anläggs mellan Vänern och Skagern samt ”Kombination återställning och miljöanpassning”, som innebär att Gullspångsälven och de nedre delarna av Letälven återställs samt att övriga kraftverk i systemet miljöanpassas. Ovan nämnda scenarier innebär dock mycket omfattande åtgärder.



Figur 53. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) längs vattendragets huvudfåra (Gullspångsälven, Letälven, Svartälven). Se bilaga 2 för en större bild.



Figur 54. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar längs vattendragets huvudfåra (Gullspångsälven, Letälven, Svartälven). Se bilaga 3 för en större bild.

Även scenariot ”Trap and Transport”, som innebär att fisk fångas för transport upp resp. ned mellan Gullspång och den återställda Svartälven ger god effekt då förlusterna för den nedvandrande fisken minimeras. Åtgärden kan å andra sidan medföra oönskade selektiva effekter.

Scenarierna ”Anpassad reglering Gullspång”, vilket innebär att korttidsregleringen i Gullspångsälven upphör, samt ”Ny damm Gullspång”, vilket innebär att sträckan mellan Skagern och Gullspångsdammen återställs är scenarier som ger goda resultat och som fortsatt medger drift av alla befintliga kraftverk.

Scenariot ”Återställning Åtorp”, vilket innebär att de nedre delarna av Letälven återställs genom utrivning av Åtorp kraftverk, ger goda resultat genom att stora uppväxtarealer tillgängliggörs i nära anslutning till tillväxthabitatet Skagern där ett lokalt bestånd av Gullspångslax kan etableras. Åtgärder ger emellertid ingen effekt alls i själva Gullspångsälven.

Scenariot ”Fiskväg Gullspång och Återställning Åtorp”, vilket innebär att en fiskväg anläggs vid Gullspångsdammen, att Åtorps kraftverks rivs ut samt att de nedre delarna av Letälven återställs, ger endast en marginell förbättring i förhållande till övriga scenarier trots att det innebär omfattande åtgärder. Anledningen till detta är att en stor andel av de smolt som produceras uppströms Skagern dör vid vandrigen ut till Vätern.

Resultatet av scenariot där alla kraftverk miljöanpassas genom att det anläggs väl fungerande fiskvägar samt att korttidsregleringen upphör ger förvisso en relativt stor förbättring jämfört med i dagsläget. Dock är resultatet svagt i förhållande till omfattningen av de åtgärder som scenariot innebär. Den stora vinsten kommer från att korttidsregleringen i Gullspångsälven upphör då smoltproduktionen uppströms Gullspångsdammen endast står för ca en tiondel av det totala återvändande leksteget i scenariot.

Detta visar på att det inte räcker med att anlägga fiskvägar för att rädda Gullspångslaxen, man måste även återskapa lämpliga habitat eller upphöra med den skadliga korttidsregleringen för att förhoppningsvis kunna få en högre smoltproduktion på befintliga uppväxtområden.

Ett viktigt nästa steg i arbetet med att identifiera den mest effektiva åtgärden för att rädda Gullspångslaxen är att konkretisera och kostnadsberäkna de olika förslagen för att kunna väga åtgärderna mot varandra.

Fiskevårdsteknik AB

Mats Hebrand



Erik Bergman



8 Referenser

- Bark J, Cronander J, Larsson M & Wengström N, 2019. Ursprungliga och nuvarande uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring - Laxhabitatklass och Trout Habitat Score. Sportfiskarna, Göteborg, 86 s.
- Björn M, 2017. Sambandet mellan vattenflöde och täthet av lax- och öringyngel i Gullspångsälven. Karlstads Universitet, Examensarbete 17:110, Karlstad 2017-06-05, 12 s..
- Degerman E, 2020. Brevväxling med Erik Degerman SLU Sötvattenlaboratoriet, Örebro 2020-03-18.
- Degerman E, Nyberg P & Sers B, 2001. Havsöringens ekologi. Fininfo 2001:10. Fiskeriverkets sötvattenlaboratorium, Örebro, 124 s.
- Degerman E & Spjut D, 2019. Habitatkartering – uppväxtområden för Atlantlax med GIS och transektkartering. SLU Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 2019-09-13, 21 s.
- Elfiskeregistret, 2020. SLU Elfiskeregistret SERS. Hämtad 2020-03-26 från : <http://aquarapport.slu.se/default.aspx?ID=6>.
- Geen G H, 1975. Ecological consequences of the proposed Moran Dam on the Fraser River. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32, 126-135.
- Hagelin A, 2018. Smoltöverlevnad under nedströmsmigration i fjärdmiljö. LIV- Laxfisk i nedre Dalälven. Länsstyrelsen i Gävleborg, 119-135.
- Hansen L P, Jonsson B & Döving K B, 1984. Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. J Fish Biol 25, 617-623.
- Honkanen H M, Rodger J R, Stephen A, Adams K, Freeman J & Adams C E, 2018. Counterintuitive migration patterns by Atlantic Salmon *Salmo salar* smolts in a large lake. J Fish Biol 93(1), 159-162.
- Jepsen N, Aarestrup K, Ökland F & Rasmussen G, 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo*

- trutta L.) smolts passing av reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372, 347-353.
- Kennedy R J, Rosell R, Millane M, Doherty D & Allen M, 2018. Migration and survival of Atlantic *Salmo salar* smolts in a large natural lake. *J Fish Biol.* 2018:93(1), 134-137.
- Koljonen & Koskiniemi, 2020. Family structure of Gullspångsälven salmon 2015-2018. Helsinki University, PM 2020-01-27, 2 p.
- Larsson P-O, 1983. Predation on migrating smolts as an important regulating factor for Salmon (*Salmo salar* L.) populations. Swedish Salmon Research Institute, Älvkarleby, 12 s.
- Magnusson K, Kagervall A, Palm S, Sundblad G, Sandström A & Dannewitz J, 2018. Biologiskt underlag. Status och skyddsbehov för vild lax och öring i Vänern med fokus på Gullspångsälvens bestånd. SLU, Sötvattenslaboratoriet, Aqua 2018.5.2-105, 40 s.
- Mills D H, 1964. The ecology of the young stages of the Atlantic Salmon in the River Bran, Ross-Shire. Dep of Agriculture and Fisheries for Scotland, Freshwater and Salmon Fisheries Research 32, 1-58.
- Nilsson N, 2013. Validering av smoltproduktionsmodell för öring (*Salmo trutta*) i två av Vätterns tillflöden. Examensarbete Högskolan i Kalmar. I Lindell (red). Undersökningar av öringsmoltproduktion. Vättern Fakta 4:2013, 4-44.
- Norrgård J R, Greenberg L A, Piccolo J J, Schmitz M & Bergman E, 2013. Multiplicative loss of landlocked salmon (*Salmo salar* L.) smolts during downstream migration through multiple dams. *River Research & Applications* 29, 1306-1317.
- Olsson I, Eklöv A & Degerman E, 2009. Effekter av våtmarker och kraftverk på havsöringssmolt (*Salmo trutta* L.) och ål (*Anguilla anguilla* L.). *Länsstyrelsen i Skåne* 2009:36, 61 s.
- Olsson I, Greenberg L & Eklöv A, 2001. Effect of an Artificial Pond on Migrating Brown Trout Smolts. *North American Journal of Fishery Management* 21, 498-506.
- Rasmussen G, Aarestrup K & Jepsen N, 1996. Mortality of Sea Trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.)

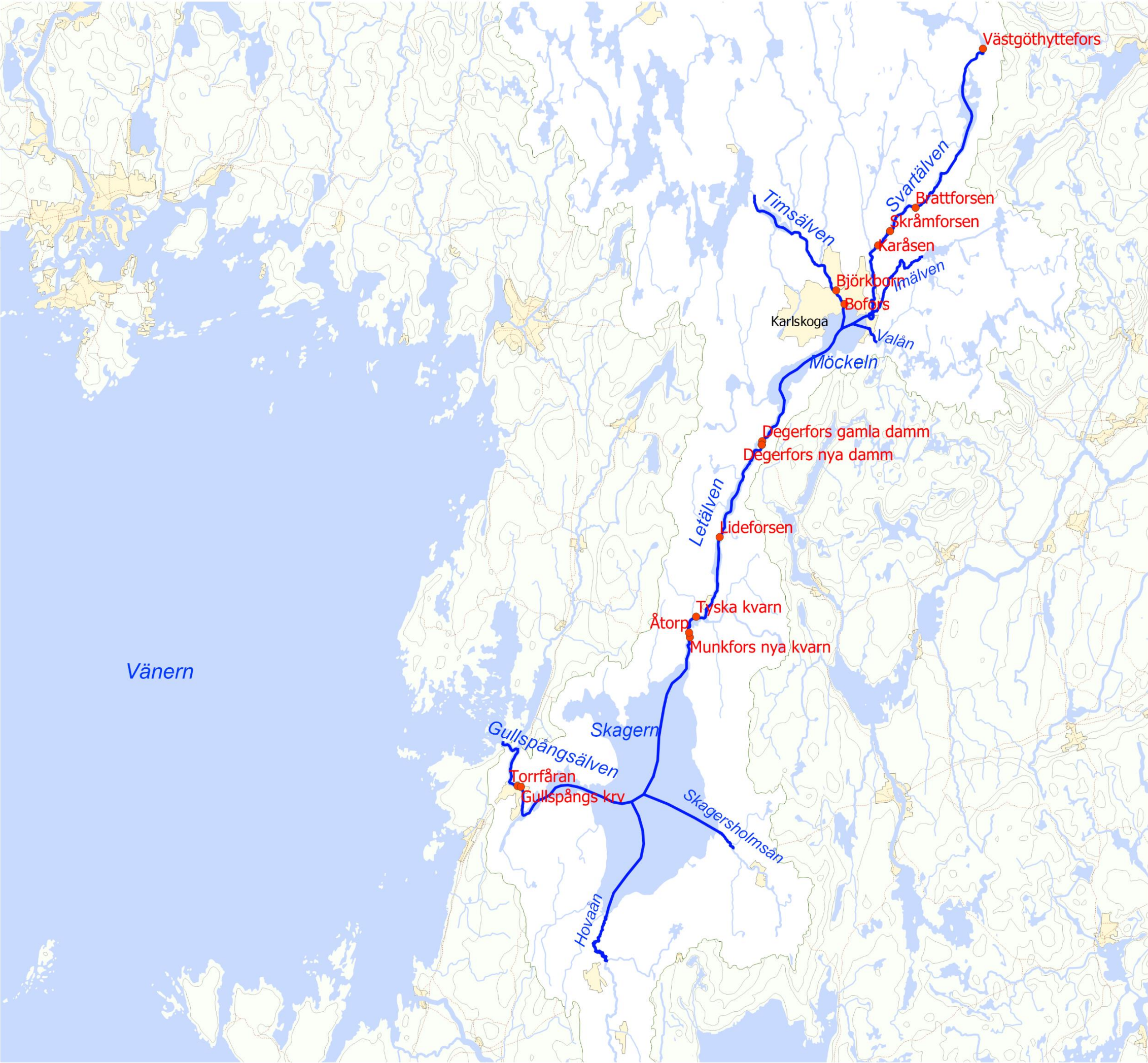
smolts during seaward migration through rivers and lakes in Denmark. Danish Inst For Fisheries Research, ICES C.M. T:9, 21 s.

Raymond H L, 1979. Effects of Dams and Impoundments on migrations of juvenile chinook salmon and steelhead from the Snake River, 1966 to 1975. Transactions of the American Fisheries Society 108, 505-529.

Ros T, 1966. Smoltålder I Gullspångsälven. Yttrande från sakkunnig till Vattendomstolen. Fiskerintendent Örebro.

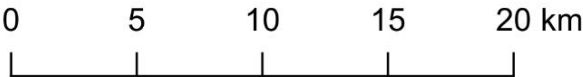
Spjut D & Degerman E, 2016. Laxhabitat på västkusten. SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Aqua Reports, Drottningholm, 46 s.

Thorstad E B, Whoriskey F, Uglem I, Moore A, Rikardsen A H & Finstad B, 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J Fish Biol 81(2), 500-542.



ÖVERSIKT
BESTÅNDSMODELL
Plan 01-A, skala 1:300 000

- FÖRKLARINGAR
- Modellerad sträcka
 - Vandringshinder

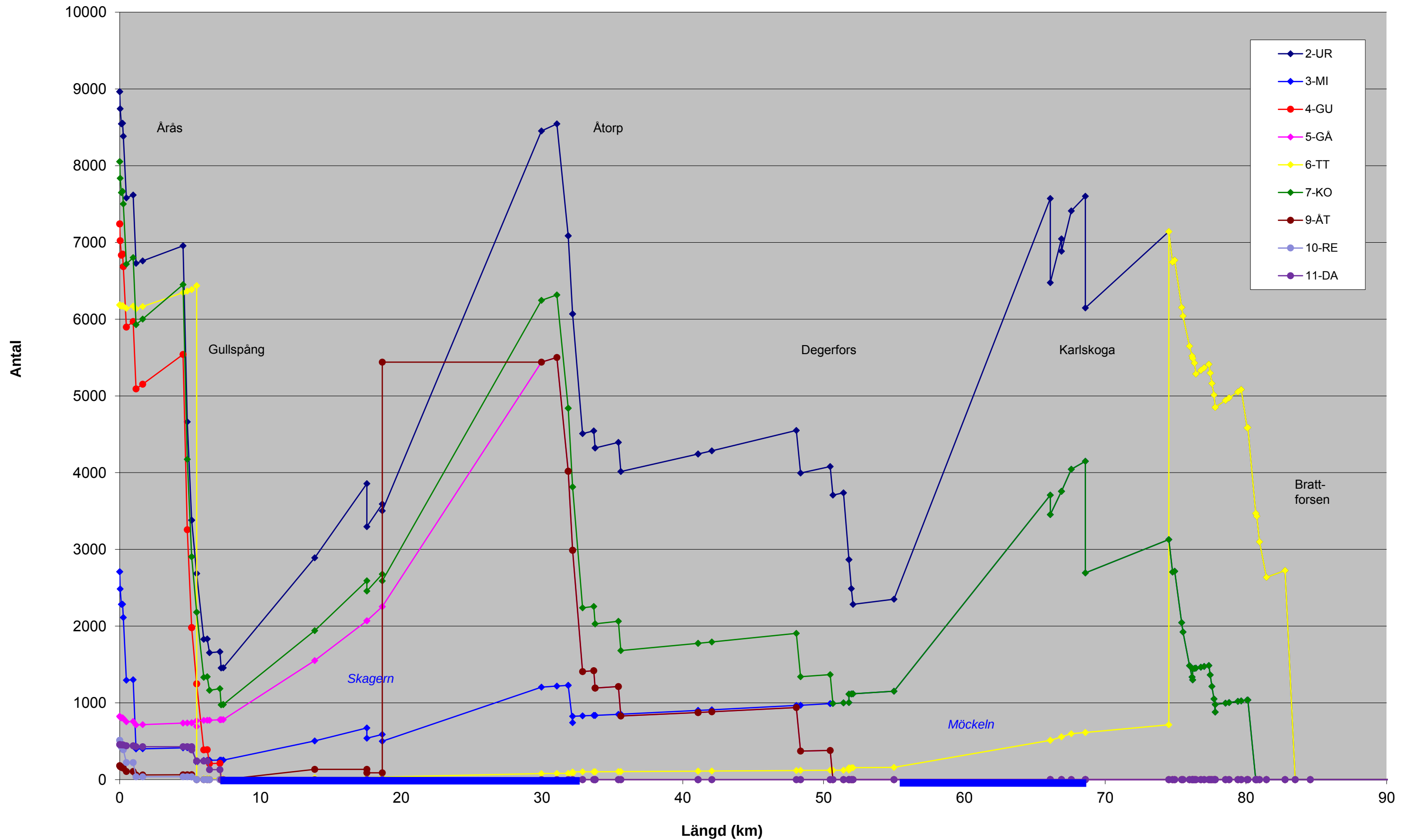


LÄNSSTYRELSEN
GULLSPÅNGSÄLVEN
BESTÅNDSMODELL

Fiskevårdsteknik AB
Lund 2021-02-26

Gullspångsälven

Beräknat antal nedvandrande smolt



Gullspångsälven

Beräknat antal uppvandrande lekfiskar

