

Bilaga 1.1. Historisk utveckling

Fiskars vandringsbehov har varit känt i århundranden och under 1700-talet började man anlägga fiskpassager för att möjliggöra för fisk att passera vandringshinder ([Clay 1995](#)). Från början anlades fiskpassager lite på måfå under devisen ”bygg en så kommer fisken att använda den” ([Cooke and Hinch 2013](#)). Under senare delen av 1800-talet konstaterade [Francis \(1870\)](#) att funktionen i flera kammartrappor i Storbritannien var dålig och att detta till stor del kunde förklaras med bristande hydrauliska förhållanden. Även på andra platser kunde bristande hydrauliska förhållanden förekomma, till exempel den ursprungliga fiskpassagen vid Stornorrfors kraftverk i Umeälven på 1930-talet som senare bedömdes vara för brant ([Montén 1988](#)). Enligt [Francis \(1870\)](#) räckte det inte med goda hydrauliska förhållanden i fiskpassagen för att få god funktion. Ingången till fiskpassagen behövde vara placerad där fisken skulle kunna hitta den, vilket i vissa fall innebar att man behövde använda extra vatten för att anlocka fisken.

I början av 1900-talet ökade utbyggnaden av vattendrag. I flera länder ledde detta till lagstädgande om fiskpassager och därigenom en efterfrågan att utveckla design av fiskpassager ([Castro-Santos 2012](#)). Beroende av kulturella och ekonomiska skäl var det i första hand vuxna laxfiskar som man hade i åtanke när man anlade fiskpassager ([Williams m. fl. 2012](#)), och i början av 1900-talet användes framförallt fiskpassager av typerna motströmsrännor, kammartrappor, sluttande plan och fiskhissar (Katopodis and Williams 2012).

Utveckling av olika typer av fiskpassager

Utvecklingen av hydraulisk ingenjörskonst i början av 1900-talet gjorde att man lärde sig bygga strukturer som kunde minska vattnets lägesenergi vid hög fallhöjd – man kunde alltså bromsa vattenhastigheten även vid större lutning ([Castro-Santos 2012](#)). Gustave Denil arbetade för att hitta de mest ekonomiska lösningarna d.v.s. de enklaste, minsta och brantaste strukturer som fisken hade möjlighet att passera på sin väg uppströms. Han använde sig av hydraulisk modellering och arbetade i laboratorier med olika arter och utvecklade och testade olika varianter av motströmsrännor, Denil-rännor (*Denil fishway* eller ibland *steep-pass*).

Utveckling av lösningar för fiskpassage skedde även på annat håll, till exempel genom McLeod och Nemenyi som var verksamma i USA på 1940-talet. Designen av fiskpassager gjordes ofta utifrån ett ingenjörsperspektiv med hydrauliken i fokus med begränsade biologiska kriterier som uthållighet och maximal simkapacitet för olika målarter för att bedöma om den tekniska lösningen var funktionell ([Cooke and Hinch 2013](#)). [McLeod och Nemenyi \(1941\)](#) arbetade, liksom Denil, med hydrauliska laboratorieexperiment. De använde fisk för att utvärdera passagetid och passageframgång i småskaliga modeller av kammartrappor och olika typer av motströmsrännor som

jämfördes med en kontroll i form av en Denilränna. Både motströmsrännor och kammartrappor hade visat sig fungera för uppströmsvandrande laxfisk i både Nordamerika och Europa men motströmsrännor hade inte lika bra funktion vid högre dammar och därför fortsatte utvecklingen av olika typer av kammartrappor. Då både motströmsrännor och kammartrappor var (och är) känsliga för variationer i vattenflöde behövde man utveckla nya lösningar som kunde fungera på platser med större variation av flöde. Detta arbete startade när man skulle anlägga fiskpassager för stillahavslax vid Hell's gate i Kanada där variationen i vattennivå är extrem (33 m årligen och 2 m dagligen). Utvecklingen resulterade i den s.k. vertikalslitsrännan ([Katopodis and Williams 2012](#)).

Kring 1970 ökade intresset av att andra arter än laxfiskar skulle kunna passera. Den tekniska utmaningen med en lösning för många arter handlade om att erbjuda såväl höga som låga vattenhastigheter i samma passage för att locka både "simstarka" och "simsvaga" arter att passera när de väl är inne i fiskpassagen (denna utmaning gäller även idag). Detta ledde bland annat till vidareutveckling av kammartrappor. Man laborerade med olika öppningar både under och över ytan eller med spår/rännor i väggarna mellan bassängerna/kamrarna för att möjliggöra även för fiskar som inte hoppar att ta sig fram ([Katopodis and Williams 2012](#)).

Ett annat tillvägagångssätt var att efterlikna naturliga vattendrag och de första försöken initierades av Katopodis på 1970-talet i Kanada där kulvertar under vägar modifierades för att efterlikna det ursprungliga vattendraget ([Katopodis m. fl. 2001](#)). Kulvertarna var dimensionerade för att bibehålla vattendragets bredd och våta tvärsnittsarea. De anlades nedsänkta med lutning och bottenstruktur som liknande ett naturligt vattendrag. Vid utvärdering fann man att bland annat harr och gädda kunde passera kulvertarna utan fördröjning (McKinnon and Hnytka 1985).

Under 1990-talet började synen på fiskpassager att bli mer holistisk, vilket ledde till att anläggandet av naturlika fiskpassager ökade (Åtgärder i Vatten). De naturlika passagerna ansågs tillgodose både behovet av passage och livsmiljö för ett brett spektra av organismer och livsstadier ([Calles and Greenberg 2009](#), [Katopodis and Williams 2012](#)) ([Calles and Greenberg 2007](#), [Gustafsson m. fl. 2013](#)), vilka missgynnats då många strömhabitat försvunnit till följd av överdämning vid utbyggnad av dammar ([Birnie-Gauvin m. fl. 2017](#)). Ur ett estetiskt perspektiv smälter en naturlig passage bättre in i landskapet än andra typer av passagelösningar ([Larinier 2002a](#)). När det gäller total passageeffektivitet för icke-laxfiskar verkar det dock inte finnas något entydigt stöd i den vetenskapliga litteraturen för att den skulle vara högre i naturlika fiskvägar än i andra typer av fiskvägar. Till exempel kan man se i sammanställningen av [Noonan m.fl. \(2012\)](#) att för icke-laxfiskar tenderar den totala passageeffektiviteten, dvs. produkten av attraktionseffektiviteten och passageeffektiviteten för fisk väl inne i fiskpassagen, att vara lägre i naturlika

fiskpassager än i kammartrappor och vertikalslitsrännor. [Bunt m.fl. \(2012\)](#) gjorde också en sammanställning av studier där de skiljde på attraktionskraft och passage. De noterade en högre passageeffektivitet inne i naturlika fiskvägar jämfört med övriga fiskpassager (dock stort överlapp) men en lägre attraktionskraft.

Nedströmspassage

Från början fokuserade man endast på uppströmsvandring men kring mitten av 1900-talet började man fundera kring nedströmspassage då man i USA och Kanada upplevde sjunkande antal återvändande laxar (stillahavslaxar) till älvarna ([Katopodis and Williams 2012](#)). Det dröjde ytterligare några decennier innan man i Europa började fokusera även på nedströmspassage (Degerman 2008, Travade and Larinier 2006). Anläggandet av nedströmspassager är minst lika svårt som anläggandet av uppströmspassager och kräver ofta komplexa lösningar ([Calles m. fl. 2013c](#)). Detta beror på att fisken oftast följer huvudströmmen och inte har samma tid på sig att bedöma och svara på signaler från den omgivande miljön ([Williams m. fl. 2012](#)). Den hotade ålen har varit en viktig orsak till ökad ansträngning att möjliggöra nedströmspassage förbi kraftverk i Sverige och Europa.

Från början försökte man styra fisken bort från turbiner och få dem att använda säkra passager genom att försöka påverka deras vandringsbeteende, detta eftersom installation av olika typer av gallerlösningar ansågs vara oöverkomligt dyrt. Det visade sig dock att det sällan fungerade för majoriteten av laxsmolten och i slutet av 1960-talet började man göra laboratoriestudier för att utveckla fysiska avledningsanordningar ([Katopodis and Williams 2012](#)). Olika typer av gallerlösningar som sitter i vinkel mot botten (α -galler) eller mot strömmen (β -galler) kan styra fisk mot en säker(säkrare) passage förbi turbinerna. Det är dock viktigt att vattenhastigheten genom gallret inte överstiger fiskens simkapacitet då fisken annars riskerar att klämmas fast mot gallret ([Larinier and Travade 2002](#)).

Spill via spilluckor har använts med varierande resultat för att försöka lösa nedströmspassage för fisk. I många fall finns spilluckornas öppning en bra bit under vattenytan vilket ofta inneburit låg effektivitet vid studier av nedströmsvandrande laxfisk då smolt och kelt simmar i ytan ([Calles m. fl. 2013c](#)). Olika arter simmar på olika djup vilket behöver tas i beaktande vid anläggandet av nedströmspassagelösningar. Enligt [Degerman \(2008\)](#) är de största problemen med nedströmspassage inte att lyckas avleda fisken utan snarare att galleranordningar sätter igen med skräp vilket kräver tillsyn och rensning mer eller mindre kontinuerligt, samt att gallren kan innebära kraftförluster i form av förlorad fallhöjd och att nedströmspassageanordningen kan kräva en stor mängd vatten för att vara funktionell och attraktiv för fisken. Dessa aspekter medför även att dammsäkerhet måste tas i beaktande vilket kan innebära höga kostnader.

Teknik kontra miljövetenskap

De främsta kriterierna för rekommendationer av design för fiskpassager var enkelhet och förmåga att minska energin och hastigheten i vattenflödet ([Katopodis and Williams 2012](#)). Fokus låg ofta på tekniken snarare än biologin och det berodde delvis på att den biologiska kunskapen relaterat till fiskpassage inte var lika stor som det tekniska kunnandet kopplat till hydraulik ([Castro-Santos 2012](#)).

Bristen på kunskap om olika biologiska parametrar är fortfarande ett problem vid utvecklingen och anläggandet av passagelösningar ([Castro-Santos m. fl. 2009](#), [Kemp 2016](#), [Silva m. fl. 2018](#)). Enligt [Birnie-Gauvin m.fl. \(2018\)](#) är problemet med ett tekniskt angreppssätt att man missar helhetsbilden och inte kan hantera den naturliga variationen som finns inom och mellan arter vilket är essensen av hållbara akvatiska ekosystem.

Utvärderingar blir bättre

Några av de första mer systematiska testerna av olika typer av design gjordes som tidigare beskrivits av Gustave Denil i Belgien i början av 1900-talet ([Denil 1909](#)). De utvärderingar som gjordes av fiskpassagerna som utvecklades och byggdes i både Nordamerika och Europa i början och mitten av 1900-talet var framförallt observationer av fiskar som fångades vid utgången av fiskpassagen. Genom att räkna fiskar som passerat en fiskpassage fick man information om vilka arter och storlekar som kunde använda passagen. Det gav dock ingen information om de fiskar som inte passerade och man saknade alltså viktig information om till exempel anlocknings- och passageeffektivitet ([Katopodis and Williams 2012](#)). Vi räknar fortfarande fiskar som passerar fiskpassager, till exempel genom automatisk räkning, videoövervakning eller olika typer av sonarutrustning (avancerad ekolodsteknik), och att räkna passerande fisk är fortfarande det vanligaste sättet att utvärdera fiskpassager ([Castro-Santos 2012](#)).

Tidigare nöjde man sig ofta med att konstatera att vuxen laxfisk kunde ta sig igenom fiskpassagen och tog det som bevis på att den fungerade ([Castro-Santos m. fl. 2009](#)). Idag vet man att det är många fler faktorer som är viktiga för att en fiskpassage ska anses effektiv: fisk ska kunna hitta ingången och ta sig igenom passagen utan att stressas eller skadas och utan större fördröjning ([Larinier 2002a](#)). För att en fiskpassage ska bli väl fungerande krävs ofta utvärderingar och efterföljande justeringar ([Roscoe and Hinch 2010](#)). Trots att det är viktigt med utvärdering saknas ordentliga studier av de flesta fiskpassager ([Hatry m. fl. 2013](#)), och eftersom de flesta fiskpassager byggts med laxfiskar i åtanke har majoriteten av de utvärderingsstudier som faktiskt gjorts genomförts på laxfiskar ([Noonan m. fl. 2012](#)).

Vid en litteratursammanställning konstaterade [Roscoe och Hinch \(2010\)](#) att inriktningen på forskningen inte har ändrats nämnvärt över tid mellan 1960

och 2008 när det gäller livsstadier, arter eller vetenskapliga frågeställningar. De kunde dock se geografiska skillnader där man i Nordamerika oftare, jämfört med Europa, studerat yttre faktorer för att förklara misslyckad passage. De noterade också att studier från tropiska områden nästan alltid var gjorda på hela fisk samhällen jämfört med tempererade områden och framförallt Nordamerika där studier på enskilda arter var betydligt vanligare.

Standardiserade utvärderingsmetoder

Många forskare har efterlyst en standardiserad utvärderingsmetod för att man ska kunna jämföra olika studier och fiskpassager (till exempel: [Bunt m. fl. 2012](#), [Castro-Santos m. fl. 2009](#), [Cooke and Hinch 2013](#)). [Silva m.fl. \(2018\)](#) skriver att alla ostuderade fiskpassager kan ses som naturliga experiment och att det finns mycket att lära genom att göra standardiserade utvärderingar av existerande fiskpassager. Arbetet med standardiserade utvärderingsmetoder har nu resulterat i att en gemensam europeisk standard håller på att tas fram (se vidare information i kapitel 6 "Uppföljning").

Det har skett en stor teknisk utveckling både av elektroniska märken för att följa fiskarnas rörelser, beteende och fysiologi till exempel ([Cooke m. fl. 2013](#)), liksom utveckling av hydrologisk och hydraulisk modellering. Detta har möjliggjort en helt annan typ av forskning än den som gjorts tidigare. Det är nu möjligt att koppla fiskarnas beteende till hydrauliken och att följa fisk över ett större område och under en längre tid. Utmaningen som forskningen står inför nu är att kunna extrahera information om fiskarnas beteenderegler i olika strömningssituationer. Kunskap om dessa beteenderegler skulle kunna användas för att veta vad som krävs för att locka eller styra fisk till passageöppningar. Nackdelen med dessa moderna metoder är att de är kostsamma och kräver avancerade analyser vilket begränsar användandet.

Slutsatser och framtid

Utbyggnaden av vattendrag ökar världen över och det byggs fler fiskpassager idag än tidigare. Många fiskpassager bedöms ha lägre funktion än önskvärt och det gäller även fiskpassager som anlagts de senaste årtiondena ([Noonan m. fl. 2012](#), [Silva m. fl. 2018](#)). Även om dessa bedömningar till stor del bygger på passageeffektivitetsmått, vilket innebär osäkerhet i vissa situationer enligt tidigare diskussion, är det sannolikt att det finns förbättringspotential i många passagelösningar. Det är oklart vad den bristande funktionen beror på men det är troligt att felaktigheter vid konstruktionen eller placeringen och/eller drift är viktiga bidragande orsaker ([Kemp 2016](#), [Larinier 2002a](#)). Det är viktigt att ha kunskap om fiskarnas hydrauliska preferenser för att komma fram till bättre lösningar för anlockning och passage. Kombinationen ekologi och hydraulik kallas "ecohydraulics" på engelska och begreppet började användas i den

vetenskapliga litteraturen i slutet av 90-talet även om man redan på 70-talet började göra denna typ av forskning ([Kemp and Katopodis 2016](#)).

Kunskapen om fiskpassager grundar sig till stor del på erfarenheter i Nordamerika och Europa och på laxfiskar vilket har medfört nya utmaningar vid anläggandet av fiskpassager i andra delar av världen ([Birnie-Gauvin m. fl. 2018](#)). Det saknas kunskap om många arter vilket försämrar möjligheterna att anlägga välfungerande fiskpassager ([Kemp 2016](#)). Ytterligare en stor utmaning är att hitta fungerande passagelösningar för flera arter och livsstadier. Även om vi i Sverige inte har samma artantal som i tropiska länder så skiljer sig våra arter åt vad gäller beteenden, simförmåga, livshistoria etc.