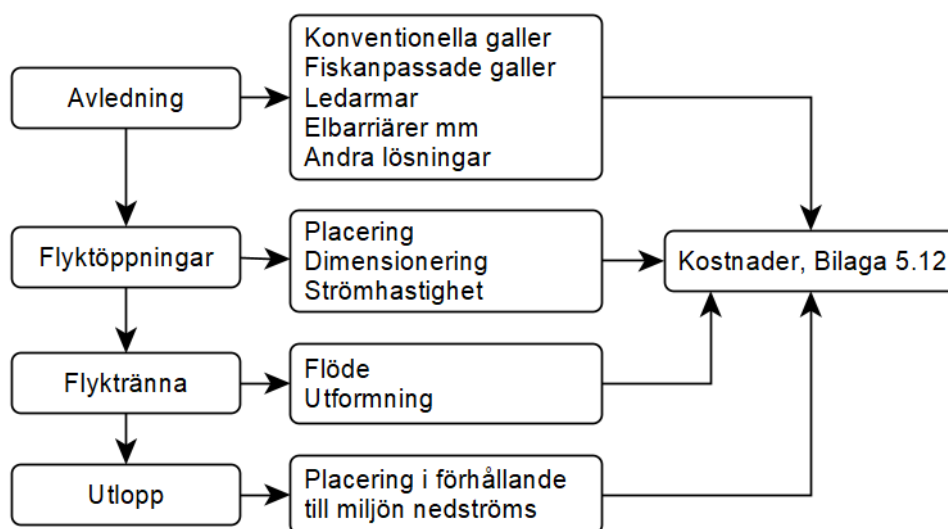


Bilaga 5.11. Lösningar för nedströmsvandrande fisk

Upplägget i denna bilaga är detsamma som i bilagan om uppströmslösningar, dvs. det första steget i processen med att få till en bra lösning är att identifiera hur fiskarna ska kunna ledas till ingången, flyktöppningen, som leder till flyktrännan och slutligen till flyktrännans utlopp (Figur 1). Var och en av dessa aspekter beskrivs mer ingående under respektive avsnitt.



Figur 1. Flödesschema för att utforma en fungerande passagelösning för nedströmsvandrande fisk med hänvisning till de delar av texten i bilagan som beskriver den del av processen som anges i respektive box.

Avledning

Vattnets hastighet i intagskanalen (anloppshastigheten) i relation till fiskens simkapacitet påverkar fiskens möjlighet att navigera i området. Det kan därför vara svårt för fisk att hinna uppfatta och svara på signaler som ska locka dem till en ingång i en nedströmspassage då de befinner sig i området under kort tid (pga. hög hastighet då de simmar med strömmen). Därför används ofta olika typer av avledare för att hindra fisk att passera turbiner och istället leda dem till den vanligen säkrare passagen. Det finns olika typer av avledare: fiskanpassade låglutande galler, Louver galler, ledarmar och olika typer av beteendevledare såsom el, bubblor och ljus. Konventionella galler som används vid turbinintag för att hindra att skräp kommer in i turbinerna klassas vanligen inte som fiskavledare. Dessa är relativt upprättstående och har vanligen en förhållandevis stor spaltbredd, ca 10 cm. Det finns dock exempel på att man använt ett finare galler för att hindra fisk från att passera genom turbinen och lösningen blir därför en typ av avledare, dock utan att den leder fiskarna till en flyktöppning. Anordningen för avledning behöver anpassas

utifrån fiskens möjlighet att navigera eftersom detta påverkar deras förmåga att till exempel undvika ett galler eller identifiera en flyktöppning.

Vid fiskavledning med galler beror spaltvidden på vilken målart man inriktar sig på. Spaltvidden påverkar också fallhöjden och en liten spaltvidd orsakar mer fallförlust än en större spaltvidd med högre genomsläpplighet. Med en lägre lutning mot botten eller strandkanten, ca 30–45° grader jämfört med ca 70°, minskar fallhöjdsförlusten och trycket genom gallret tack vare att gallrets yta ökar ([Calles m.fl. 2013a](#)).

Konventionella galler

I de flesta turbinintag sitter någon typ av upprättstående galler för att förhindra att skräp följer med vattnet in i turbinerna. Om fisken är för stor för att passera gallret blir den fast uppströms om en lösning för nedströmspassage saknas. Om hastigheten är hög i intagskanalen kan fisken fastna eller tryckas igenom dessa galler om dess storlek medger det. Fisk som är mindre än spaltvidden kan passera gallret om det saknas flyktöppning eller om de inte hittar flyktöppningen. Överlevnaden kommer då att bero på fiskens storlek i kombination med turbinens storlek, varvtal, typ av turbin etc. ([Leonardsson 2012](#)). På platser där flyktöppningar finns men där avledning saknas som styr fisken mot flyktöppningen kan fisken ha svårt att använda flyktöppningarna om vattenhastigheten är hög. Om flyktöppningarna är placerade långt ifrån gallret kan fisken ha svårt att hitta dem även om vattenhastigheten är låg.

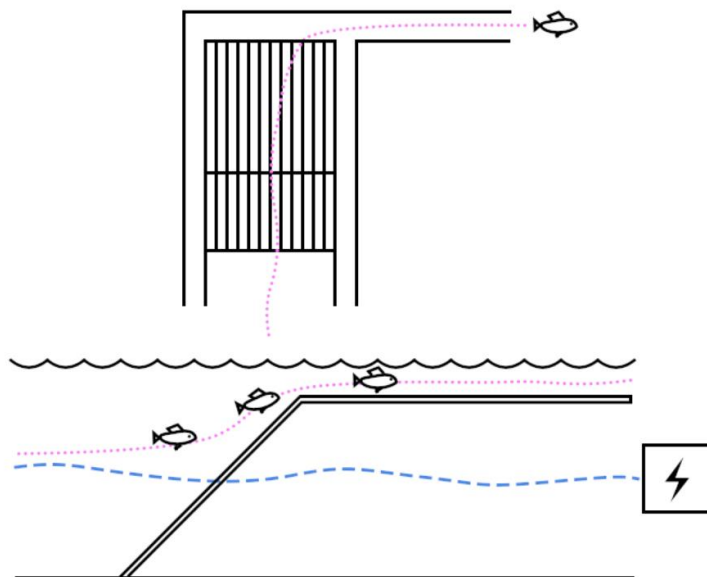
På platser där annan nedströmspassage saknas än via turbinerna, är det viktigt att gallret rensas i överkant för att möjliggöra för till exempel smolt att passera igenom. Ett alternativ där endast konventionella galler finns, är att anpassa körningen i kraftverket för att underlätta för fiskens nedströmspassage. Detta kallas skonsam drift (se mer i avsnittet om övriga lösningar).

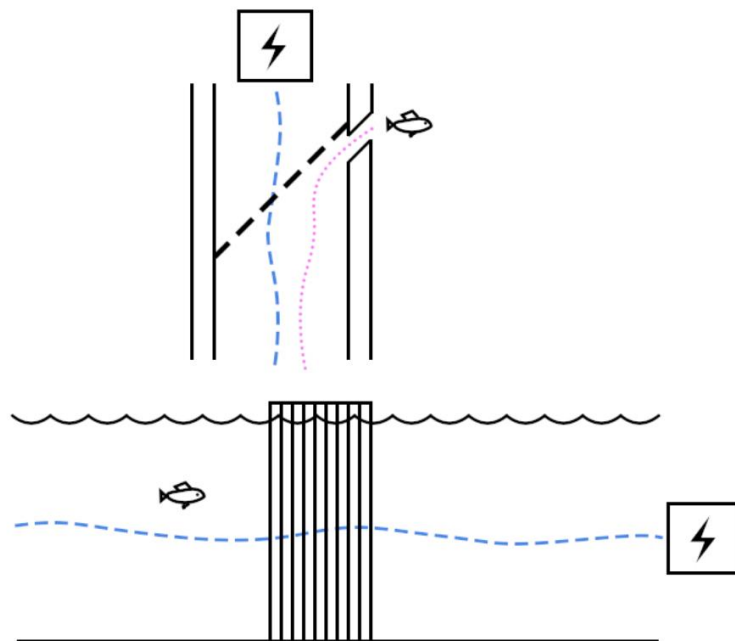
Fiskanpassade galler

Fiskanpassade galler har utformats för att leda både fisk och skräp och förhindra att dessa följer med vattnet in i turbinerna. Jämfört med konventionella galler har dessa galler en lutning på mindre än 45° och ofta en mindre spaltvidd för att skydda fisk från att simma genom turbinerna. Den låga lutningen gör att kraften som verkar längs med gallret är större än kraften som verkar vinkelrätt mot (genom) gallret. När kraften är större längs med gallret, minskar risken att fisken fastnar emot eller trycks igenom gallret. En låg lutning är också en fördel för personsäkerheten då trycket mot gallret minskar med ökad lutning. Om lutningen är 30° blir kraften längs med gallret dubbelt så stor som kraften vinkelrätt mot gallret ([Calles m.fl. 2013a](#)).

Gallren vinklas antingen mot botten eller mot stranden och kallas α -galler (α -galler Figur 2a) respektive β -galler (β -galler Figur 2b). α -galler, vilka har en lutning mot botten, medför en styrning av fisken mot ytan och dessa lämpar sig

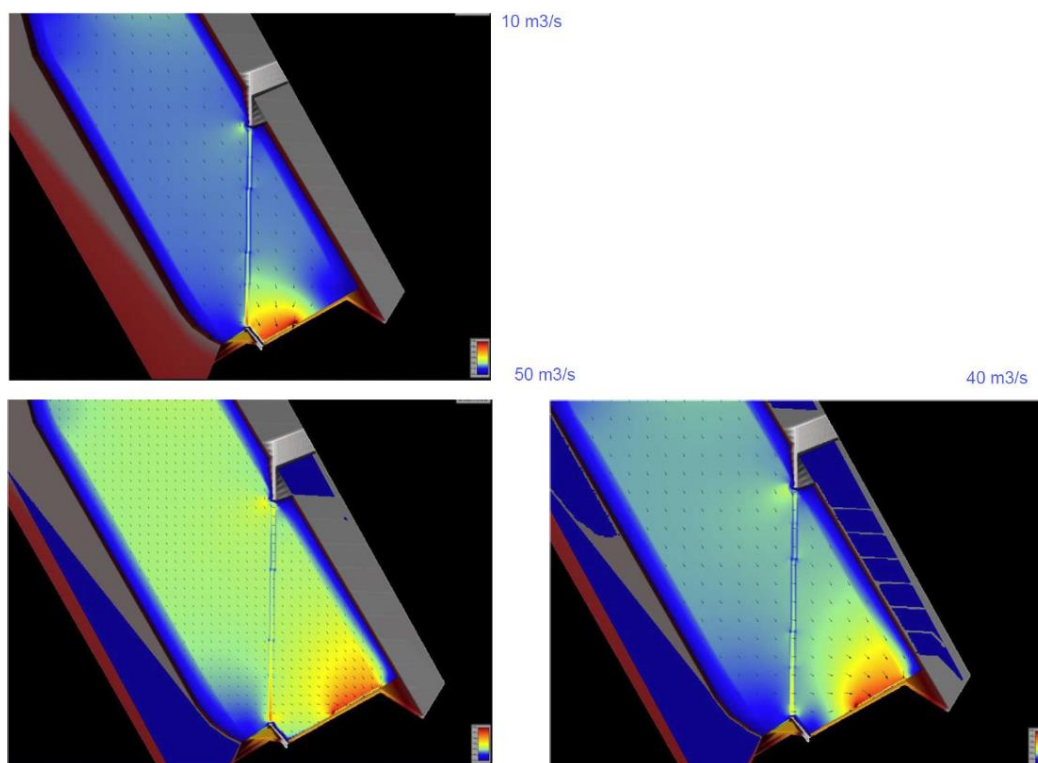
väl vid djupa och smala inloppskanaler eftersom vägledningen mot flyktöppningen förbättras. Överdelen på ett α -galler bör utformas som en solid platta som inte släpper igenom vatten, se **i avsnittet om flyktöppningar**. Syftet är att skapa en strömrefug med låg vattenhastighet vid ytan där fisk kan vila och söka flyktöppningarna. Detta är speciellt viktigt vid höga vattenhastigheter genom gallret eftersom fisk annars kan tryckas mot överdelen av gallret. Plattan innebär även att gallerstålen inte står i direkt kontakt med luft och minskar därmed problem med is eftersom kylan inte kan ledas ned genom gallerstålen. β -galler, vilka vinklas mot stranden, medför en styrning av fisken mot sidan av intagskanalen. Dessa lämpar sig väl för breda och grunda inloppskanaler.





Figur 2. Schematisk skiss låglutande galler a) alfa-galler b) beta-galler. Illustratör: Mattias Olsson, Länsstyrelsen Västernorrlands län

Vid utformningen av galler måste den framtida strömbilden kring gallret tas i beaktning. Beroende på strömriktningen kan ett "låglutande" galler i praktiken ha samma krafter genom sig som ett vertikalt galler. Till exempel blir ett betagaller som placeras i ett öppet magasin med 30 graders lutning mot vattendragets riktning i praktiken ett vertikalt galler. Strömningsförhållandena vid ett galler är dessutom sällan likformiga. Detta innebär att ett galler med lägre lutning än 45° lokalt kan ha en större vattenhastighet genom gallret än längs med gallret (Figur 3). Om man är osäker på hur strömbilden kommer se ut, eller i de fall det är svårt att bedöma i förväg, är det säkrare att anlägga ett galler med lägre lutning ($30\text{--}35^\circ$) för att minimera risken att fisk kläms fast mot gallret. Det går att få en uppfattning om strömbilden i förväg med hjälp av hydraulisk modellering (se bilaga 5.6).



Figur 3. Förändringar i flödesbild längs ett betagaller beroende av vattenflödet (10, 40 och 50 m³/s). Färgskalan motsvarar vattenhastighet, blå lägst, röd högst. Pilarna indikerar strömriktningen. Figur: Fiskevårdsteknik.

Vid Strömsbro kraftverk i Testeboån finns ett låglutande betagaller med 18 mm spaltvidd överst i inloppskanalen. Bortsett från de fem första metrarna, har strömriktningen visat sig vara vertikal mot gallret. Undersökningar visade att mer än 50 % av laxsmolten passerade gallret. Smolt observerades när de kolliderade med gallret och sedan stod vinkelrätt framför gallret med huvudet mot strömmen, ibland i timmar ([Moberg 2018](#)). En liknande hydraulisk situation kan uppstå för alfagaller med en djup intagsöppningen där strömriktningen nära ytan kan bli närmast vertikal mot gallret.

Skräp som fastnar på gallret påverkar i hög grad strömhastigheten genom gallret, vilket gäller oavsett gallertyp. Därför måste man möjliggöra rensning av gallret. Under perioder med mycket skräp i vattnet kan gallret behöva rensas dagligen.

Om vattnet i intagskanalen har en hastighet som understiger fiskens marschhastighet (se avsnittet om simkapacitet bilaga 5.4) har fisken en möjlighet att vända uppströms för att hitta flyktvägar. Vid hastigheter < 0,5 m/s har såväl smolt som ål möjlighet att undvika ett vertikalt galler en kortare tid ([DWA 2005](#)). Vid vattenhastigheter < 0,25 m/s kan fisken uthålligt undvika gallret (op. cit). En högre lutning på gallret än 45 grader kan således accepteras om gallret är litet och det finns en eller flera flyktöppningar i närheten med stor avbördning som underlättar för fisken att hitta öppningarna. Eftersom ett galler med hög lutning inte erbjuder vägledning mot flyktöppningen på samma

sätt som ett låglutande galler så ställs extra höga krav på flyktöppningen. Vid vattenhastigheter i intagskanalen som är större än 0,5 m/s är risken stor att många fiskar har svårt att undvika gallret under en längre tid varför ett låglutande galler är att föredra.

Spaltvidden i kombination med lutningen och vattenhastigheten påverkar hur anordningen fungerar som avledare för olika arter. Spaltvidden i gallret påverkar också fallförlusten. Ofta har spaltvidd som fysiskt hindrar fisken att passera förespråkats och i till exempel Danmark var högsta tillåtna spaltvidd 10 mm 2013 ([Calles m. fl. 2013a](#)). År 2017 fanns i Sverige låglutande galler med 15 mm eller 18 mm spaltvidd vid sex kraftverk ([Emanuelsson m. fl. 2017](#)). Ett av dessa kraftverk är Herting i Ätran, Halland. Här har passageeffektivitet för laxsmolt uppmätts till mellan 70 och 95 % ([Nyqvist m. fl. 2018](#)). I Ätrafors, ett annat kraftverk i Ätran, fanns ett konventionellt galler med 63 graders lutning och 20 mm spaltvidd som 2008 ersattes med ett galler med 35 graders lutning, 18 mm spaltvidd och sex flyktöppningar. Denna åtgärd minskade dödligheten för blankål från > 70 % till < 10 % ([Calles m. fl. 2013b](#)).

Spaltviddens betydelse är även sammanlänkad med utformningen av flyktöppningarna. En fisk undviker aktivt att passera ett galler med liten spaltvidd, förutsatt att den inte kläms fast på grund av hög strömhastighet, även om det är fysiskt möjligt för fisken att passera genom gallret. Först när det saknas alternativa vägar kommer fisken att ta sig genom ett trångt galler. Ålen skiljer sig från övriga fiskar genom att den kolliderar med gallret även vid vattenhastigheter i intagskanalen < 0,3 m/s, medan övriga fiskar stannar innan gallret om vattenhastigheten är låg. Även ålen undviker dock att klämma sig genom galler om det finns alternativa vägar, varför även större spaltvidd troligtvis kan fungera om det finns väl utformade flyktvägar.

Det pågår forskning med galler med större spaltvidd och i experiment i Laxelatorn i Älvkarleby har försök med låglutande galler med 30 mm spaltvidd visat sig avleda både laxsmolt och blankål vid låg vattenhastighet (0,7 m/s) (Carlsson 2019, Carlsson m. fl. in press). Hög passageeffektivitet för galler med 30 mm spaltvidd har även redovisats för smolt i Frankrike. Detta efter att flödet som användes i nedströmspassagen ökats från 0,6 m³/s till 2,2 m³/s ([Travade and Larinier 2011](#)). Det bör noteras att både smolt och ål kan passera genom ett 30 mm galler om de vill. Blankål upp till längder av 70 cm har kunnat passera vertikala galler med 20 mm spaltvidd genom att pressa sig genom gallret, trots att ålens bredd var större än 20 mm ([DWA 2005 figur 5.22](#)). För ett galler med lutning 15° och där en flödesmängd mellan 5,3 och 14,8 % användes för nedströmspassage, kunde hög total passageeffektivitet (oklart vägval) uppvisas med en spaltvidd på 50 mm ([Ducheney m. fl. 2006 i Calles m. fl. 2014](#)). I vissa stora vattendrag, särskilt i Nordamerika, har man installerat galler av s.k. louver-typ (spjälavledare). Galler av louver-typ är betagaller där vinkeln på spjälorna mot vattnets riktning skapar turbulens. Denna turbulens kan fungera som beteendevägar och därigenom möjliggöra att en

större spaltvidd används i gallret. Turbulensen som skapas fungerar som en beteendeavledare för många fiskarter, dock inte för alla ([Calles m. fl. 2013a](#)). Enligt [Schwevers och Adam \(2020\)](#) kan olika rörelsemönster hos fiskar förklara varför galler av louver-typ har sämre avledande förmåga på till exempel ål.

Utifrån sammanställningen i [Calles m. fl. \(2014\)](#) kan man säga att ju större spaltvidd desto lägre lutning och mer flöde till flyktöppningarna behövs för att uppnå en effektiv nedströmspassage. Det rekommenderas att den senaste litteraturen studeras för uppdateringar kring spaltvidd och lutningar då forskning pågår inom området. Generellt kan man säga att fiskanpassade galler med mindre spaltvidd är viktiga vid kraftverk med små turbiner som har höga varvtal då detta drastiskt minskar överlevnaden även för små fiskar som skulle råka ta sig genom gallret och passera turbinerna (se beräkningar i [Leonardsson 2012](#)).

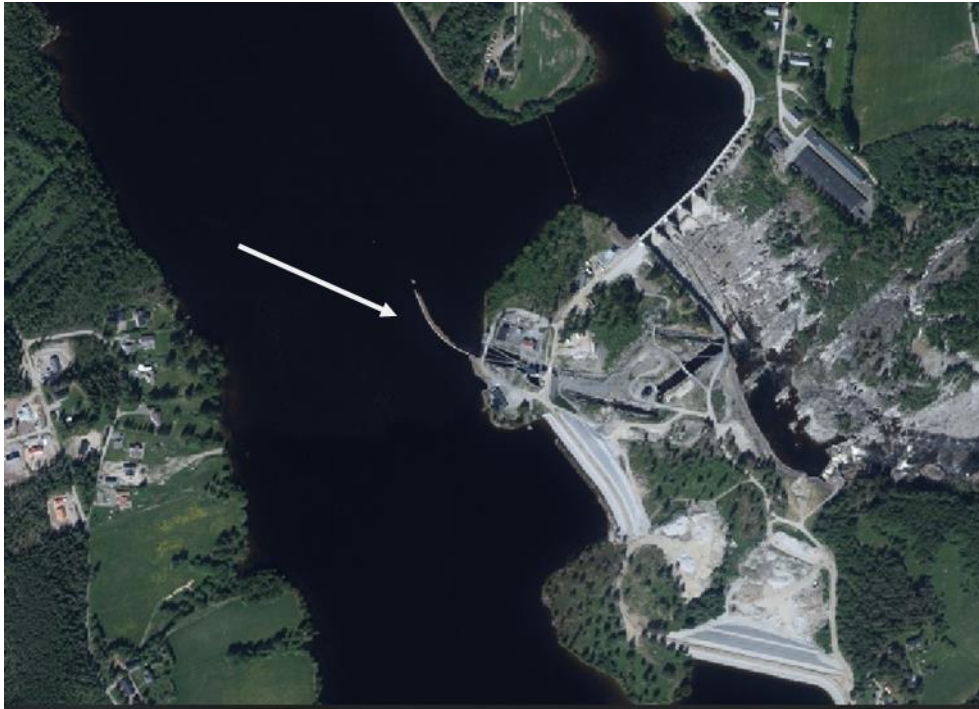
Låglutande galler med liten spaltvidd (<18 mm) har använts med god passagefunktion i kraftverk med en vattenföring upp till 88 m³/s ([Emanuelsson m. fl. 2017](#)). Enligt en enkätundersökning som gjordes inom programmet ”Krafttag Ål”, är de driftmässiga erfarenheterna av låglutande galler med flyktöppningar vid vattenkraftverk i Sverige (n=7) relativt goda. Avledare medförde inte försämrade driftförutsättningar och fallförluster uppgavs inte heller vara ett problem ([Emanuelsson m. fl. 2017](#)). Det saknas dock kunskap om användning av galler med liten spaltvidd vid kraftverk med större slukförmåga än 72–88 m³/s och med hög säkerhetsklass. I stora kraftverk kan anpassad körning och utökat spill (s.k. skonsam drift) vid perioder för ålvandring vara ett sätt att öka antalet ålar som passerar kraftverket utan att skadas.

Ledarmar (engelska skimming walls) och spill

I stora vattendrag ökar svårigheterna att avleda fisk ([Lundqvist m. fl. 2014](#)) och det saknas erfarenhet av att avleda fisk med hjälp av galler med liten spaltvidd i stora vattendrag. Detta beror på att mängden vatten medför stor belastning och stora mängder drivgods vilket innebär stora utmaningar. I dagsläget innebär detta potentiella säkerhetsrisker då det råder kunskapsbrist, samt att kostnaderna bedöms bli orimligt höga i vissa fall ([Calles m. fl. 2014](#)).

I två stora norrländska älvar, Umeälven och Piteälven, har 2 m djupa, upprättstående, flytande ”ledarmar” installerats för att avleda fisk mot nedströmspassage. Effektiviteten för avledning av laxfiskar, både smolt och kelt, har testats upprepade gånger med varierande resultat. Effektiviteten var relativt hög (85 %) för avledning av laxsmolt i Piteälven där avledaren (”ledarmen”) sträckte sig förbi hela turbinintaget ([Vikström 2016](#)). Däremot varierade effektiviteten för avledaren i Umeälven betydligt över säsong och

uppmättes ibland till bara några enstaka procent för smolt och kelt av laxfisk ([Lundqvist m. fl. 2014](#), [Leander opublicerade data](#)). Detta beror troligen på att avledaren ("ledarmen") i Umeälven endast täcker en liten del av vattendragets bredd och att huvudströmmen ofta passerar utanför ledarmen (Figur 4).



Figur 4. Ledarm i Umeälven. © Lantmäteriet Geodatasamverkan.

Elbarriärer, luftbubblor, ljus och ljud (beteendeavledare)

Om det inte är möjligt att avleda fisk över hela turbinintagets bredd och djup finns alternativa lösningar där beteendemässiga avledningstekniker används i kombination med fysiska strukturer ([Fjeldstad m.fl. 2018](#)). Några exempel på beteendeavledare är barriärer som utgörs av el eller bubblor. Även ljus och ljud kan ha en avskräckande effekt på fisken. Vattenhastigheten måste vara tillräckligt låg för att fisken ska kunna reagera på signaler. Beteendeavledare har dock fått kritik för att fisk som blir skrämmd ändå kan simma igenom dessa barriärer.

Övriga lösningar

Ett alternativ med konventionella galler är skonsam drift. Skonsam drift innebär att körningen av kraftverket anpassas för att underlätta nedströmspassage för fisk. Denna metod tillämpas vid kraftverk i bl.a. Mörrumsån i Blekinge, och Rickleån i Västerbotten ([Jeuthe och Leonardsson 2017](#)). Skonsam drift innebär till exempel att man minskar drivvattenföringen, alternativt stoppar körningen i kraftverket, för att få utrymme för ett spill som gör det möjligt för fiskarna att passera nedströms. Till exempel var passageframgången dubbelt så hög för nedströmsvandrade radiomärkt kelt när

spillet var ca. 50 % jämfört när det var ca. 20% av det totala flödet ([Greenberg m. fl. 2017](#)). I vissa fall kan en omfördelning mellan olika turbiner öka antalet fiskar som kan passera oskadda. Generellt gäller att stora turbiner är mer skonsamma än små turbiner och Kaplan-turbiner anses mer skonsamma än Francis-turbiner då Francis-turbiner vanligen har många skovlar medan Kaplan-turbinerna har ett fåtal propellerliknande blad. För att kunna använda sig av skonsam drift som en lösning för nedströmspassage kräver att man vet när olika fiskarter vandrar.

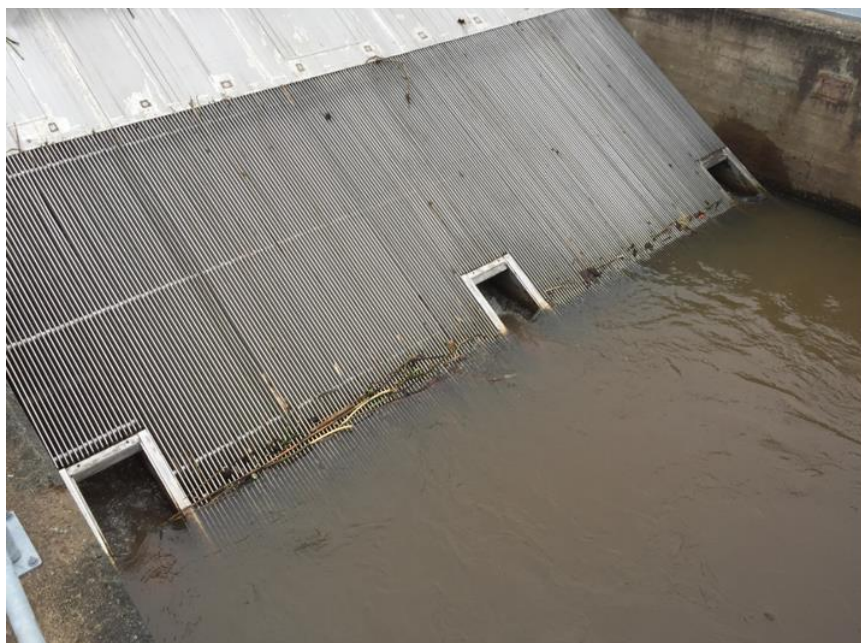
Ett annat alternativ till låglutande galler med liten spaltvidd som håller på att undersökas är att använda nät för avledning vilket skulle vara en jämförelsevis kostnadseffektiv lösning ([Emanuelsson m. fl. 2017](#)).

Även utvecklingen av så kallade fiskvänliga turbiner pågår. Ett sådant exempel som kan fungera vid mindre anläggningar är Arkimedes skruvturbin. Denna har visat sig vara skonsam mot fisk som passerar men [Piper m. fl. \(2018\)](#), betonade att fördröjning som en följd av att fisk tvekar att gå in i turbinen, kan ha negativa konsekvenser, särskilt när flera passager följer efter varandra.

Flyktöppningar

För att fungera som avledare för fisk måste gallren, oavsett typ, vara försedda med flyktöppningar dimensionerade utifrån målarternas preferenser och placerade så att fisken har möjlighet att hitta dem. Flyktöppningens dimensioner bör utgå från de största individerna som ska passera och vara väl tilltagna för att fisk inte ska tveka att passera. Dimensionerna är ungefär desamma som för uppströmsvandrande fisk: minst 2,5 gånger höjden och 3 gånger bredden på den största fisk som ska passera. För utlekt lax och havsöring, vilka är några av de största fiskarna som ska passera nedströms, innebär det att flyktöppningen bör vara minst 30 cm bred och 50 cm djup. Om man måste välja är det lämpligt att prioritera djupet på bekostnad av bredden. Det är också viktigt att tänka på att flyktöppningarna ska vara tillgängliga vid olika vattenstånd och att den effektiva höjden när ett galler lutar är annorlunda än när det är vinkelrätt, dvs. höjden i en öppning på 1000 mm är bara 570 mm när gallret lutar 35°.

Fisken måste kunna hitta flyktöppningarna och de bör därför vara placerade i det område som fisken avleds till, dvs. vid toppen av ett α -galler och vid nedströmssidan (slutet) av ett β -galler ([Calles m. fl. 2013a](#)). För α -galler placeras flyktöppningarna företrädesvis i själva gallret eller i plattan som är i toppen av gallret (Figur 5 och Figur 6). En flyktöppning i sidan av gallret kan också fungera bra om den är placerad i direkt anslutning till gallret och gallret inte är för brett. Om flyktöppningen är placerad vid sidan om gallret måste även vattenhastigheterna tillåta vandring i sidled mot flyktöppningen.



Figur 5. Alfa-galler med flyktöppningar. Foto: Johan Lind, Mälarenergi.



Figur 6. Överdelen av ett alfa-galler som består av en solid platta som skapar en strömrefug för fisk. Flödet regleras nedströms flyktöppningarna genom en reglerbar tröskel. Foto: Fiskevårdsteknik

Vid β -galler ska flyktöppningen placeras i nedströmsänden av gallret och måste fungera både för fisk och för avledning av skräp. Det kan därför vara en

fördel att ha en spillucka som öppnas när rensmaskinen nått läget närmast luckan. Vid Hertings β -galler utformades flyktöppningen som en 30 cm bred öppning i en klafflucka som vid normalvattenstånd har ett djup på 65 cm (Figur 7). Klaffluckan har även en bottenöppning på 20 x 20 cm för fisk vid botten. I stängt läge avbördar luckan ca 400 l/s och vid öppet läge ca 2 m³/s.



Figur 7. Flyktöppning och klafflucka. Slitsöppningen i luckan är 30 cm bred och 65 cm djup vid normalvattenstånd. Luckan avbördar ca 400 l/s i stängt läge. Foto: Fiskevårdsteknik.

Flyktöppningarna måste också vara placerade med tillräckligt täta intervall för att fisken ska kunna hitta dem och passera. Om gallret är bredare än tio meter, rekommenderas en flyktöppning var tionde meter (Larinier and Travade 2002). Vattenhastigheter i inloppskanalen på > 0,5 m/s kan omöjliggöra för små fiskar att simma uppströms och påverkar därför placeringen av en flyktöppning. Redan vid ett par meters förskjutning uppströms barriären, försämras attraktionseffektiviteten avsevärt ([Larinier muntligen i Calles m. fl. 2013a](#)).

En vanlig uppfattning är att ål på väg nedströms simmar djupt och att flyktöppningar för ål bör placeras utifrån detta. I en studie inom Krafttag Ål observerades dock märkta ålar simma i huvudsak ytligt på väg nedströms ([Leonardsson m. fl. 2017](#)). I märkningsförsök med ål, uppmätte [Calles m. fl. \(2013b\)](#) hög effektivitet för att låglutande α -galler med stora flyktöppningar i ytan. Vid användning av β -galler kan dock flyktöppningar både vid botten och vid ytan vara en lösning för att försäkra sig om att ålen har möjlighet att hitta flyktöppningarna.

Flödet i flyktvägen ska dels attrahera fisk, dels uppnå tillräckliga dimensioner i flyktöppningen. Vid små kraftverk krävs en högre andel av det totala flödet för att inte flyktvägens dimensioner ska bli för små. α -galler med

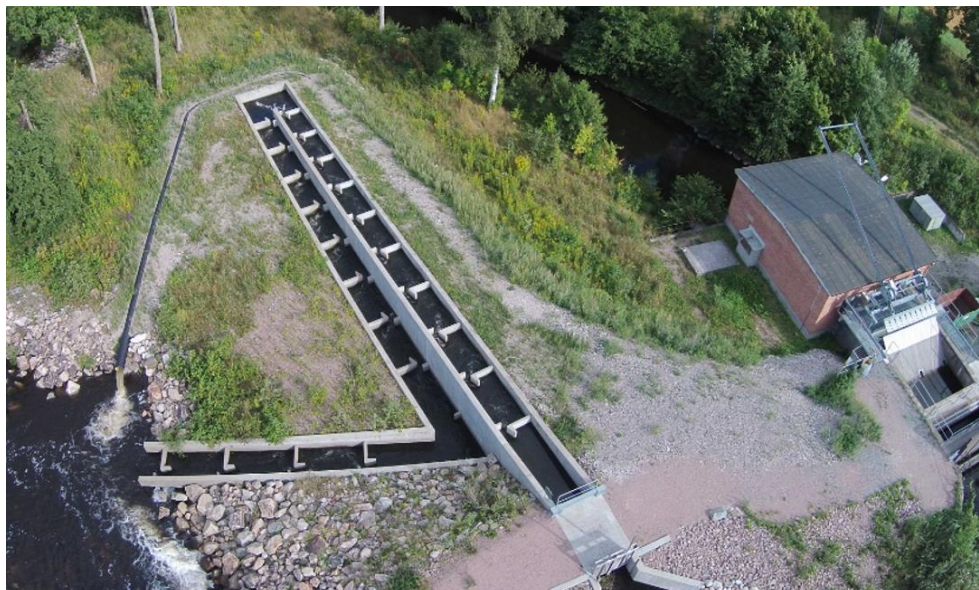
flera öppningar kräver ofta högre flöden än β -galler som endast har en öppning. Förändringen i vattenhastighet i flyktöppningarna får inte ske för fort då kraftig acceleration kan leda till att fisk tvekar ([Haro m. fl. 2016](#)). Detta är en utmaning då vattenhastigheten i flyktrännen behöver vara mycket hög så att fisken inte kan simma tillbaks uppströms när den väl är inne i flyktrännen. För att undvika att fisk kan vända uppströms bör flödesökningen ske sakta men resultera i att vattenhastigheten till slut överstiger målarternas sprinthastighet (Andreasson, bilaga 5.6). Detta kan åstadkommas genom en sakta avsmalnande flyktöppning. Även visuella aspekter är viktiga att ha i åtanke då vissa arter tvekar inför mörker och andra arter inför upplysta platser ([Haro m. fl. 2016](#)).

Reglering av flödet kan även ske i själva flyktöppningen och då bildas ett fall i flyktöppningen. Detta skapar högre vattenhastigheter samt ett likvärdigt flöde i samtliga flyktöppningar. Vid många flyktöppningar kan det dock krävas relativt stort flöde för att få tillräcklig djup och bredd i flyktöppningarna.

Flyktrännen

Ett alternativ till att reglera flödet i flyktöppningen är att regleringen görs vid starten av flyktrännen nedströms samtliga flyktöppningar. För att hantera olika vattennivåer samt styra flödet är det en fördel att ha regleringsmöjligheter, exempelvis genom en klafflucka. Fördelen med denna utformning är att bredden och djupet kan hållas stora i själva flyktöppningen. Nackdelen med denna utformning är att det är svårt att få ett bra flöde genom samtliga flyktöppningar då en öppning närmast flyktrännans inlopp får ett högre flöde jämfört med de öppningar som ligger längre ifrån.

Flyktrännen kan utgöras av en tub (Figur 8) eller en öppen ränna (Figur 9) och utformningen av nedströmspassagen ska minimera risk för skador. Om rännan ska vara öppen bör man se över risken att fisk hoppar ur rännan. I vissa fall används samma passage för nedströmsvandring som för uppströmsvandring, detta är till exempel vanligt i omlöp. Fiskens storlek anger minsta svängradie i de fall passagen svänger och [Calles m. fl. \(2013a\)](#) redogör för rekommendationer att svängradien inte får understiga 3 m och att vattenhastigheten inte får överstiga 12 m/s.



Figur 8. Passagelösningar för upp- och nedströmsvandrande fisk. Flykträna i form av en tub som delvis går under marken. På bilden syns även alfa-gallret som leder fisken mot flyktöppningarna och vidare in i tuben. Foto: Johan Lind, Mälarenergi.



Figur 9. Flykträna i form av öppen ränna. Foto: Johan Lind, Mälarenergi.

Flyktrännans utlopp

En fisk som faller fritt efter att ha nått utloppet av en nedströmspassage kan skadas om höjden på fallet är för stor, om djupet vid nedslagsplatsen är för litet och om det förekommer stenar eller likande som fisken kan slå sig emot. Fisk skadas om de faller ned på en vattenyta med en hastighet högre än 15–16 m/s och hastigheten beror av fiskens storlek och höjden på fallet ([Baudoin m. fl. 2014](#)). Skaderisken är dock mindre om fisken får falla fritt än om nedströmspassagens mynnar under vatten ([DWA 2014](#)). Enligt Odeh och Orvis (1998) ska utloppet vara horisontellt och avståndet till nedanliggande vattenyta vara mellan 1,8 och 2,4 m. För att minska risken för predation bör fisken släppas ut på strömsträckor och inte på platser med låg vattenhastighet och djupt vatten i övrigt (Calles m. fl. 2013a).