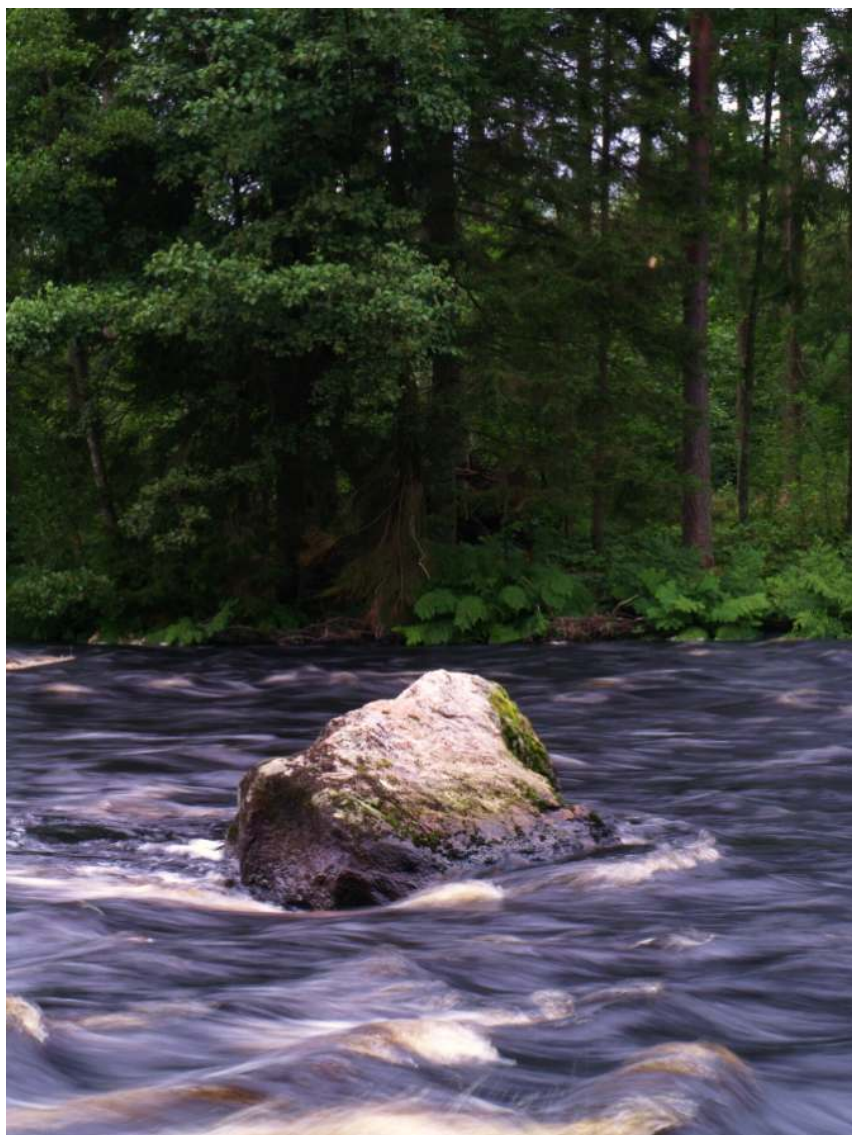


Block och sten som åtgärd vid restaurering i vattendrag - exempel från Helge å



LÄNSSTYRELSEN
I KRONOBERGS LÄN

Block som åtgärd vid restaurering i vattendrag – exempel från Helge å

ISSN: 1103-8209, meddelande 2009:20

Text: Johan Kling, Envicarta

Foto: Johan Kling, Envicarta

Omslaget visar ett större block i Helge å nedströms Aspholmen



Förord

Länsstyrelsen i Kronobergs län har gett Envicarta i uppdrag att utreda möjligheten att placera ut block i fåran som åtgärd för att restaurera Helge å. Helge å har som många vattendrag i Sverige rensats i samband med flottning, kvarnverksamhet och sjösänkingsföretag.

Länsstyrelsen har inte tagit ställning till innehållet i rapporten utan Envicarta ansvarar ensam för det som framförs i rapporten.

Länsstyrelsen i Kronobergs län

Innehållsförteckning

Förord.....	3
Innehållsförteckning	4
Block och sten i vattendrag	6
<i>Konsekvenser av rensningar</i>	6
<i>Utplacering av block och sten</i>	6
Längsgående blocksträngar.....	7
Tvärgående blockvallar (A.).....	7
Krokformade blocksträngar (B.).....	7
Tvärgående blocksträngar	7
Strömkoncentrator (C.).....	8
Rifle-pool system	8
Slumpmässigt placerade block (D.)	9
Blockkluster	9
<i>Varför finns det block i vattendragen</i>	10
<i>När och var är det lämpligt att placera block och sten i vattendrag</i>	10
<i>Varför ska man lägga ut block och sten i fåran</i>	10
Syresättning av vattnet.....	11
Organiskt material	11
Insektsfauna.....	12
Fiskfauna.....	13
Landlevande djur och växter.....	15
Effekten av block på strömningen i vattendraget	16
Påverkan på flödet.....	16
Påverkan på flödesprofilen.....	16
Strömningen runt ett block.....	18
Avstånd mellan blocken.....	19
Påverkan på sedimenttransporten.....	21
När kommer ett block i rörelse	22
Isbash metod.....	24
Risker med att lägga ut block och sten i vattendrag	25
Checklista för att lägga ut block i vattendrag.....	26
Förslag till åtgärder med sten och block i Helge å	28
<i>Byvärma</i>	28
Naturvärden	29
Förslag till åtgärd	29
Tillgång på lokalt material.....	29
Förväntat resultat	29
Risker	29
<i>Nedströms Gustavsfors</i>	30
Förslag till åtgärd	30

Risker.....	31
Förväntad nytta.....	31
<i>Aspholmen till Delarymagasinet</i>	31
Förslag till åtgärd.....	31
Tillgång på lokalt material.	31
Förväntad nytta.....	32
Risker.....	32
Referenser.....	33

Block och sten i vattendrag

Konsekvenser av rensningar

När timmerflottningen tog fart under 1800-talet bildades stora problem på de delsträckor som var grunda och innehöll många block i fåran. Risken vara överhängande att det bildades stora vedbrötar som var svåra att frigöra och skapade risk för översvämning. Det blev därför vanligt att man rensade på forssträckor från stora block antingen genom att lyfta bort dem eller spränga dem till mindre fragment direkt på plats. Mindre block kunde ofta lyftas upp på sidorna med hjälp av häst eller stenkranar och det är därför inte ovanligt att man ser blockvallar längs vattendrag. Om det var för mycket block i fåran fick man i vissa fall även bygga en mittbank där block kunde läggas. Mittbanken delade fåran i två separata flöden vilka var för sig ökade i flödeshastighet.

När vattenkraften byggdes ut under förra århundradet blev det återigen vanligt med rensningar av block. Vattenkraften ville ha så rak och släta vattenvägar som möjligt för att inte förlora fallhöjd genom friktionsförluster. Än i dag görs rensningar inom ramen för det nationella elcertifikatsystemet där ökad energiproduktion genom rensning av vattenvägar är certifikatberättigad. Block i fåran skapar friktionsmotstånd och skapar störande virvlar som minskar fallhöjden.

Rensningar av block ger stora konsekvenser. Den minskade friktionsförlusten i delsträckan leder till snabbare genomströmning vilket kan öka risken för översvämningar nedströms. Om nedströms liggande delsträckor består av finkornigare material kan det påverka erosion i fårans kanter och öka rörligheten av meandersbågar. Strömförhållandena blir mer homogena strömningsmönster. Detta medför även en minskning av den heterogena turbulens som skapar höljor och syresätter vattnet.

Utplacering av block och sten

Block och sten har placerats ut i vattendrag under lång tid för att öka möjligheterna för fisk eller biologisk mångfald i allmänhet. Det finns många olika varianter att placera ut block i fåran, till exempel längsgående eller tvärgående blocksträngar, krokformade blocksträngar, stegformade blocksträngar, rifflebildningar, deflektorer, blockkluster eller slumpmässigt placerade block. Olika formationer uppfyller olika syften. Man ska dock beakta att många av dessa installationer är artificiella och skapas under speciell förutsättning av naturen själv. När man ska placera ut block i fåran bör man i första hand skapa en miljö som sannolikt har funnits på platsen tidigare eller som finns uppströms eller nedströms i samma vattendrag.

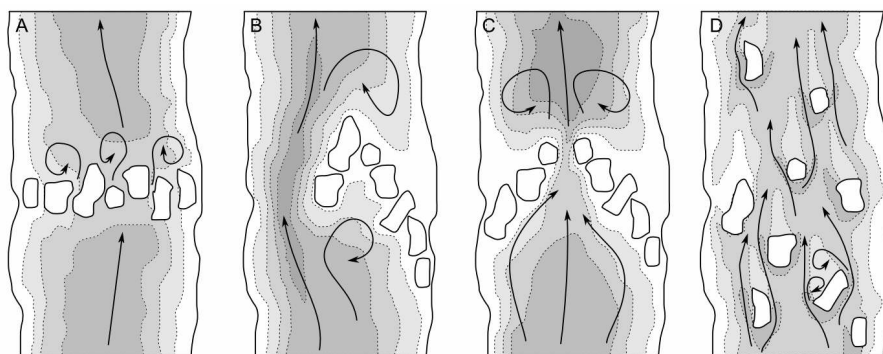


Fig 1. Exempel på olika sätt att placera block och sten i vattendrag vilket också kommer ge olika resultat på strömningen runt blocken

Längsgående blocksträngar

Blocksträngar som är parallella med flödet kan bildas naturligt bakom större block där sten och grus i rörelse ansamlas i det område som bildas bakom det stationära blocket. Långa blocksträngar som ibland ser i vattendrag är nästa alltid ett resultat av tidigare rensningar i vattendraget. Effekten av parallella blocksträngar är att flödet trängs ihop och accelererar vilket kan leda till ökat djup och erosion i fårans sidor.

Tvärgående blockvallar (A.)

Tvärgående, stegformade blockvallar påminner och tvärgående blocksträngar men förekommer naturligt i branta vattendrag med lutningar över 1 %. Ofta bildas en mindre hölja nedströms varje trappsteg på grund av erosionen. Det är inte ovanligt att man finner finkornigare material uppströms varje blockvall. Syftet med att skapa liknande företeelser är i första hand att minska energin i vattnet genom att bromsa flödes hastigheten och förhindra en allt för stor sedimenttransport. Detta kan vara aktuellt i till exempel områden med isälvs material.

Krokformade blocksträngar (B.)

Krokformade blocksträngar är tveksamt om det förekommer naturligt. Åtgärden har framförallt använts för att gynna fiskbestånd genom att skapa viloplats för vandrande arter. Uppströms blocket kommer turbulens att se till att inte "kroken" fylls med sediment. Nedströms "kroken" kommer sedimentation att ske beroende på sedimenttransport och situationen vid högvattenflöden. I och med att flödet tryck ihop kommer erosionen i botten och sidor att öka. Det finns därför en viss risk att nyttja denna metod.

Tvärgående blocksträngar

Tvärgående blocksträngar är block som ligger tvärs över fåran men med en i övrigt flack botten. Tvärgående blocksträngar är mycket svårt att hitta i naturen och får ses som en antropogen företeelse. Enbart placera ut block in en sträng över fåran kan skapa problem vid lågvattenföring då dessa ska utgö-

ra ett vandringshinder för många arter. Om denna metod nyttjas bör man noga ha undersökt vattenståndet vid lågvattenföring innan åtgärd.

Strömkoncentrator (C.)

En strömkoncentrator är en oftast en blockvall formad till ett V antingen riktad uppströms eller nedströms. Syftet med denna typ av konstruktion är som namnet säger att koncentrera flödet mot mitten så att flödeshastigheten ökar. Ofta leder detta till att en hölja bildas nedströms strömkoncentratorn. V-formade strömkoncentrator kan bildas naturligt i vattendrag i båda formerna. Nedströms trånga sektioner med erosionsresistent material, t ex berg, kan erosionen bli kraftig när vattnet kommer in i mer lättroderat material. Det material som eroderats från höljan kan då avsättas nedströms höljan i form av ett V med spetsen riktad nedströms.

Den motsatta formen med spetsen på V-formen riktad uppströms förekommer vanligt i flätflodsystem med grövre material. De största blocken kommer då att avsättas längst uppströms och allt finare material bakom dessa block.

V-formade strömkoncentratorer har nyttjats på flera platser med framgång för fiskfaunan. De geomorfologiska effekterna är dock inte lika väl undersökta framförallt om man nyttjar dessa i vattendrag som naturligt inte innehåller dessa depositionsformer.

Riffle-pool system

Riffle-pool system är mycket speciella system som i sig förekommer i många olika typer av jordarter. Tydligt utbildade riffle-pool system förekommer nästan alltid i kraftigt meandrande vattendrag där poolen eller höljan återfinns i ytterkurvorna och rifflen i raksträckan mellan två meanderbågar. I denna rapport syftar riffle-pool system på blockrika vattendrag. I dessa fall kan det utbildas tydligt definierade strömsträckor med block och sten åtföljande av lugnflytande höljor. Avståndet mellan varje strömsträcka, riffle, bör vara 5-8 gånger fårans bredd för att utgöra ett naturligt system.

För att sten och blockrika riffle-pool system ska utbildas krävs både speciella hydrologiska förutsättningar och förmodligen mycket lång tid. Stora välutbildade riffle-pool system såsom i Helge å, Emån och Alsterån är förmodligen relikter från isavsmältningen i och med att flödet idag aldrig kommer upp i sådana nivåer att de kan mobilisera blocken i riffelarna.

Riffle-pool system är mycket värdefulla för biologisk mångfald genom att de skapar variation i vattendraget och dessutom refugier under lågvattenföring. Riffelen utgör en tydlig strömsträcka med vattenflöden kring en meter per sekund medan höljan oftast är lugnflytande. Vi högvattenflöden reverseras detta och flödet accelererar snabbt i höljan vilket då kan få högre flödeshastighet än riffelen.

Byggnad av riffle-pool system bör i första hand genomföras i konstruerade vattendrag, till exempel omlöp, eller i delsträckor som tidigare har hyst ett

sådant system men har försvunnit på grund av rensningar. Om man avser att bygga blocksträngar är emellertid riffle-pool system att föredra. Riffle-pool system kan också vara en kostnadseffektiv åtgärd i vattendrag som på väg att bli kraftigt överfördjupade. Konstruerade riffle-pool system kan då bromsa flödet och hålla tillbaka sedimenttransporten så att erosionen i botten övergår till deposition. Den första åtgärden i dessa fall bör dock alltid vara att ta reda på varför det är ett underskott av sediment.

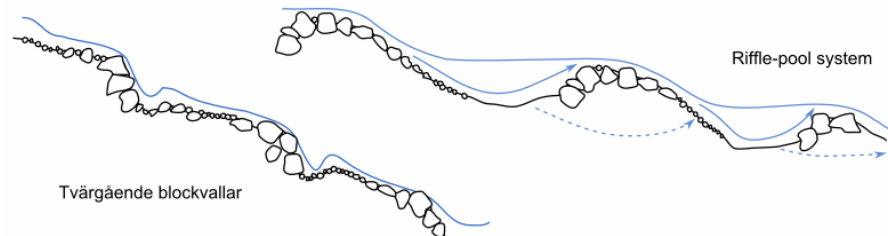


Fig 2. Skillnaden mellan tvärgående blockvallar och riffle-pool system. Den första typen förekommer ofta i brantare vattendrag med lutning över 1 % medan riffle-pool system med block brukar finnas i vattendrag mellan 0,1 till 1 % lutning.

Slumpmässigt placerade block (D.)

Det mest naturliga alternativet är slumpmässigt placera block i vattendrag. Antingen kan man placera blocken en och en eller placera dem i kluster med tre till fem block. Det sistnämnda är att föredra. Effekten på flödet blir att fårans råhet och friktionsmotstånd ökar vilket bromsar flödet. Genom blocken kommer det skapas större variation i en tidigare homogen fåra. Om det förekommer viss sedimenttransport kan det bildas en svans av sediment nedströms blocken vilket i sin tur ger variation i bottensubstrat.

Blockkluster

Blockkluster innebär att tre till sju block placeras i en grupp i vattendraget. Beroende på vilken strömning man vill uppnå kan man placera blocken i ett V med spetsen riktad uppströms, som en snedställd linje, som en rund form. Målsättningen bör vara att efterlikna naturliga förhållanden.

Avståndet mellan blocklustren bör variera med storleken på vattendraget. Ett litet vattendrag bör ha kortare avstånd mellan varje kluster. Ett riktmärke kan vara 3-4 meters avstånd. Om blockklustren placeras för tät finns det risk att vissa positiva effekter försvinner genom att turbulensen från ovanliggande kluster kommer påverka nedströms liggande kluster. Risken för att annat material fastnar i delsträckan ökar också om klustren ligger nära varandra. Ligger blocken mycket nära vandra kan erosionseffekten reduceras genom att det bildas ett gränsskikt ovan blocken.

Om blocken läggs i en V-form bör det största blocket ligga överst i spetsen och sedan avta nedströms. Detta påminner då om naturliga flätflodsystem.

Varför finns det block i vattendragen

Block och sten förekommer i många vattendrag av flera skäl. Antingen har blocken transporterats till platsen i samband med högvattenföring då den tillförda dragkraften från vattnets strömning överstiger friktionsmotståndet och gravitationskraften. Detta betyder dock inte att dagens flöde nödvändigtvis är tillräckliga för att flytta blocket utan detta kan ha skett någon gång efter istiden då flödena var betydligt större. I vissa fall kan endast ett hundraårs flöde eller tusenårsflöde vara tillräckligt stort för att flytta blocken.

I många fall är blocken en residual från erosion i botten. Det betyder att alla mindre fraktioner har eroderats bort medan blocket har blivit kvar. Många strömsträckor har tillkommit på detta sätt genom att erosionen har förflyttat alla mindre kornstorlekar nedströms. Kvar blir en matta av sten och block som förhindrar fortsatt erosion, så kallad stenpäl. Det är inte helt ovanligt att flata stenar lutar uppströms så att nedströms delen ligger överlappande med andra stenar och block likt taktegel. Detta brukar kallas för imbrikation. Block och sten kan också tillföras vattendrag genom massrörelser längd vattendraget. Skred, ras och slamströmmar kan få de största blocken i rörelse. När övriga sediment har eroderats blir de störta blocken kvar i fåran.

När och var är det lämpligt att placera block och sten i vattendrag

De vattendrag som i första hand är lämpliga att åtgärdas med block och sten är sådana som naturligt ska innehålla block och sten men av olika skäl har rensats. Detta gäller till exempel vattendrag som rinner genom isälvsmaterial eller moränområden.

I många fall är det olämpligt att placera ut block in finkorniga, meandrande vattendrag på grund av att blocken lätt kommer i rörelse och att det kan skapa lokal erosion eller om det är större mängd block, instabilitet i hela vattendraget. Stora block och stenar tenderar också att gräva ner sig själva, vilket gör att restaureringen meningslös. I finkorniga vattendrag där det finns en uppenbar

I vissa fall kan block och sten i fåran vara ett sätt att minska erosionen i fårans sidor en blocksträng längs fårans kan en bit ut i vattnet kan skala en låg-energizon bakom blocksträngen som dämpar erosionen. Alternativet kan i detta fall vara betydligt större ingrepp.

Varför ska man lägga ut block och sten i fåran

Huvudsyftet med restaureringsåtgärder med block och sten är att skapa större variation i vattendjup, flödes hastigheter och botten substrat framförallt för att gynna biologisk mångfald. Block och sten gynnar inte bara akva-

tiska organismer utan även landslevande djur eller arter som del av sitt liv behöver tas sig upp ur vattnet och genomgå metamorfos, t ex sländor.

Syftet kan också vara att bromsa vattnet för att minska översvämningsrisken nedströms, minska sedimenttransporten eller att påverka vattenkemin.

Syresättning av vattnet

Block och sten har också stor betydelse för syresättningen av vattnet. Cokgor och Kucukali (2005) visade i ett försök att syresättningen av vattnet är nästan obefintligt om block och sten är helt under vattenytan. Syresättningen påverkas av hur blocken och stenen ligger i förhållande till varandra, flödesregimen och den råhet dessa tillför fåran. Om botten råhet nedströms blocket ökar kommer också syresättningen bli bättre. Även vattendjupet har stor betydelse. Försöken visade också att syresättningen var mer effektiv om flera block placerades i kluster snarare än enstaka block.

Även nedströms utskov i vattenkraftverk kan man få samma effekt med syresättning av vattnet. På grund av de mycket höga flödes hastigheterna ökar inte bara syrehalten utan även kvävet vilket kan ge fiskar dykarsjuka.

Organiskt material

Block och sten i fåran har stor betydelse för att hålla organiskt material i ett vattendrag. Flera studier visar på att ökad uppehållstid i vattendraget leder till att det organiska materialet blir mer finfördelat. Moutka och Laasonen (2002) fann i en undersökning att restaureringsåtgärder med block och andra strukturer i vattendrag i Finland ökade mängden organiskt material betydligt i fåran. Även Negishi och Richardson (2003) noterade samma resultat. Ökad mängd organiskt material kan gynna insektsfaunan men samtidigt utgöra en risk avseende syrehalt i vattnet.



Fig 3. Block som når precis upp till vattenytan skapar speciella miljöer för insekter och växter. Detta gäller speciellt blockets nedströmssida. Dessa block är också viktiga för syresättningen.

Insektsfauna

För insektsfaunan kan block och sten i fåran ha stor betydelse. Dels skapar blocken en öka variation i vattendraget vilket gör att fler arter kan hitta nischer, dels skapar blocken refugier i samband med höga flöden (Winterbottom et al, 1997). Vid höga flöden tenderar antalet individer öka bakom objekt i fåran till exempel block och sten i fåran.

Analys av makrovertebrater i strömsträckor visar att den rikaste förekomsten av arter och antal i dessa miljöer är de platser där turbulensen är så liten som möjligt, till exempel bakom block och sten (Brooks et. al, 2005). Reynolds tal, ett mått på turbulensen i vattendraget, visade sig vara en utmärkt parameter för att prognostisera antalet taxa i strömsträckorna. Negeshi och Richardson (2003) visade på en ökning av mängden evertebrater motsvarande 280 % efter ett år när block placerades ut i ett vattendrag. Resultatet visade emellertid på en liten ökning av antalet taxa.

Förmodligen var tiden från att blocken placerades i fåran för kort för att ge en signifikant ökning av antalet arter. Även det organiska materialet ökade med 550 % med blocken vilket i sin tur ger en stor långsiktig effekt på insektsfaunan genom ökad födotillgång.

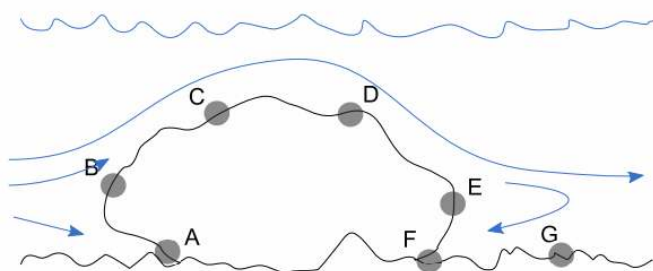


Fig 4. Ett block i sig skapar många små mikromiljöer för insekter. Vid A skapas ett område som ger skydd men på grund av blockets blockerings effekt för flödet, låg flödes hastighet. För arter som är specialiserad för höga flödes hastigheter är B och C lämpliga miljöer. B skiljer sig från C genom högre tryck men mindre skjuvspänning. Vid D skapas en miljö som liknar C, men med lägre skjuvspänning och mer turbulens. Vid E förekommer ofta ett flöde riktat i uppströms riktning. Nedströms och i skydd av blocket, F, kan hysa arter som inte klarar höga flödes hastigheter som förekommer i strömsträckor. Vid G, slutligen finns en miljö som domineras av ackumulation av sediment och organiskt material. Flödes hastigheten är också lägre vid denna punkt.

Robson och Chester (1999) studera mikrohabitat i strömsträckor och fann att området nedströms blocken utgjorde den artrikaste miljön. De arter som förekommer i denna miljö tycks också vara mer specialiserade på denna miljö och återfinns inte i andra miljöer. Undersökningen visade också att småskalig variation i habitat kan ha större betydelse än storskaliga för att bestämma insektsfaunan.



Fig 5. Mindre skogsbäck där block och sten bidrar med stort friktionsmotstånd samtidigt som de leder till syresättning av vattnet.

Även blocket i sig utgör en viktig komponent i vattendraget för insektsfaunan. Uppströmsidan utgör en lämplig plats för arter som är specialiserade på miljöer med höga flödeshastigheter medan nedströmsidan ger en miljö som kan hysa arter som inte skulle klara sig i ett strömmande vatten. För arter som genomgår metamorfos och lever på land under en period av sitt liv, till exempel bäck-, dag-, och nattsländor, kan block utgöra lämplig medium att fästa sig vid för att övergå till landlevande stadium

Fiskfauna

För fiskfaunan har block en stor betydelse genom att skapa viloplatser i ett strömmande vatten vilket kräver mycket energi att passera. Många strömlevande arter kan göra snabba ryck och komma upp i höga hastigheter men bara under kortare intervall. Däremellan behöver de viloplatser. Effekten av rensningar av block och sten är ofta att vattendjupet minskar och flödeshastigheten ökar. För vissa arter kan detta leda till ett permanent vandringshinder. Genom att blocken divergerar flödet skapas en svans av finkornigare material nedströms blocket. Detta kan utgöra lämpliga miljöer för äggläggning. För juvenila fiskar utgör miljön nedströms blocken en skyddad miljö där de kan växa upp under god födotillgång. Sannolikheten att överleva höga flöden är också stor i denna miljö. Samtidigt ger den betydligt högre flödeshastigheten runt blockets sidor ett visst skydd mot predatorer.

Roni et. al (2006) visade i en undersökning en signifikant ökning av två arter lax och öring när blocksträngar placerades i fåran. Undersökningen visade emellertid att korrelationen var tydligast avseende de höljor som bildades nedströms blocksträngarna och slutsats var att åtgärden framförallt gynnar de arter som har behov av höljor. Möjligen kan det tyda på att behovet är i rensade eller överfördjupade vattendrag är inte nödvändigtvis att skapa strömsträckor utan det är lika viktigt att skapa höljor och varierad botten-topografi. O'Grady (1995) noterade en ökning av lax och öring sedan några

irländska vattendrag restaurerats med blockkluster, blocksträngar och stenmattor. Även Gargen et. al (2002) noterade betydligt större populationer av lax och öring efter restaureringsåtgärder med block. De flesta studierna tyder på att det är framförallt yngre individer som gynnas, medan det verkar ge små förändringar avseende äldre individer. Från studierna är det svårt att utvärdera om det är effekten av blocken eller bildandet av höljor som är mest betydelsefullt. I Sverige har bland annat Näslund (1989) undersökt effekten av blocksträngar i relativt branta vattendrag med lutning över 3 % och såg en nästan tredubbling av antalet öringar när med denna typ av åtgärder. Näslund konstaterade dock att blocksträngar, dammar har störst betydelse medan blockkluster och enstaka block gav mycket liten effekt på öringpopulationen. Detta kan tyda på att på att öka variation i botten-topografi kanske är den mest betydelsefulla effekten av restaurering med block och sten.



Fig 6. Trappstegsformade blockvaller i en mindre bäck. Oftast förekommer denna typ i brantare vattendrag.

Det är inte bara strömlevande arter som öring och lax som gynnas av att placera block och sten i fåran. Ofta gynnas andra arter också. Detta är speciellt tydligt i överfördjupade vattendrag där botten har slätats ut. Shields et al (1995) noterade en fördubbling av antalet arter och tiofaldig ökning av fiskbiomassan med blocksträngar i denna typ av vattendrag. Mycket tyder på att de mest rensade vattendragen är de som gynnas i högsta grad av åtgärder med block och sten i fåran.

Även om många studier visar på stor nytta framförallt för öring och lax är det fortfarande osäkert om effekten är en allmän ökning av fiskfaunan på avrinningsområdesnivå. Åtgärder med block och sten kan innebära att fiskar har migrerat från en annan delsträcka till den åtgärdade delsträckan och effekten egentligen är en skenbar förbättring. Placering av block och sten kan dock ses om en del i ett större åtgärdsprogram, till exempel, för att un-

derlätta fiskvandring eller för att indirekt genom att skapa varierad botten-topografi, skapa bättre möjligheter för fiskfaunan.

Landlevande djur och växter

Det är inte bara akvatiska organismer som gynnas av att block återförs till vattendrag, även landlevande djur gynnas. Fåglar, såsom forsärla och strömstare behöver block för födosök och som viloplats. Grodor nyttjar solbelysta stenar för att öka kroppstemperaturen. En rad landlevande insekter, tex trollsländor har behov av sten och block i vattendraget. Utter använder ofta stenar och block som utgångspunkt för jakt.

Det finns en rad mossor och lavar som lever på block i vattendrag där miljön alltid är fuktig och där vattennivån varierar.

Effekten av block på strömningen i vattendraget

Påverkan på flödet

Block och sten i fårans har en betydande påverkan på strömningen i vattendrag inte minst genom att öka fårans friktionsmotstånd. En mycket vanlig metod för att beskriva sambandet mellan fårans form, friktionsmotståndet och flödet är att nyttja Mannings ekvation:

$$(1.1) \quad Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

där Q är flödet i m^3/s , n är Mannings tal som är ett mått på friktionsmotståndet, R är hydrauliska radien vilket är kvoten mellan arean och den våta perimetern (längden av botten och sidor tvärs över fåran) och S är vattenytans lutning. Avseende Mannings tal, n , så finns det tabellvärden att hämta från olika referenser. I många finkorniga vattendrag motsvarar Mannings tal 0,03. I vattendrag med mycket block uppgår ofta Mannings tal till mellan 0,05 till 0,07.

Tinkler (1996) studerade flöden i branta blockiga vattendrag och fann ett samband mellan Mannings tal, n , och vattendjupet, d , och lutningen, S enligt följande formel som nedre gräns vid superkritiskt flöde:

$$(1.2) \quad n = 0,32 \cdot S^{1/2} \cdot d^{0,167}$$

Om man tillför block till fåran så innebär det att vattnet bromsas upp i fåran vilket ofta leder till lägre genomsnittlig flödes hastighet och högre vattenstånd jämfört med tidigare. Även vattenytans lutning kommer att öka.

Påverkan på flödesprofilen

Flödet i en naturlig fåra varierar med djupet på grund av inre friktion i vattnet och friktion mot fårans botten och sidor. Ju närmare botten man kommer desto lägre flödes hastighet förekommer. Hur mycket flödes hastigheten minskar beror på friktionsmotståndet i fåran och eventuell turbulens i vattnet. Närmast botten är flödet oftast i det närmaste noll genom att ett laminärt gränsskikt bildas. Gränsskiktets tjocklek varierar från några millimeter i finkorniga vattendrag till decimeter beroende på friktionsmotståndet när vatten flödar över fårans botten och sidor. Genom att friktionsmotstånd bildas en skjuvspänning vilken är en motriktad kraft mot flödet. Om vi antar att skjuvspänningen är konstant kan vi beskriva flödes hastigheten från botten till ytan enligt följande:

$$(1.3) \quad \frac{U}{u_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{h}{ez_0} \right)$$

där U är medelflödeshastighet, u_* är skjuvhastigheten, κ är von Karmans konstant (0.41), h är vattendjupet på den aktuella platsen och z_0 är råhetslängden. Om man har mätningar av flödeshastigheten i en profil från ytan till botten kan man relativt enkelt uppskatta både skjuvhastigheten och råhetslängden med hjälp av följande ekvation:

$$(1.4) \quad u_z = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

där u_z är flödeshastigheten vid ett specifikt djup, z . Nästa steg i analysen är att plotta flödeshastighet mot djupet och anpassa en kurva till mätdata med hjälp av regression. Skjuvhastigheten kan beräknas med hjälp av kurvans lutning enligt följande ekvation:

$$(1.5) \quad u_* = \frac{\kappa}{\text{kurvans lutning}}$$

För att beräkna råhetslängden, z_0 nyttjar den punkt där linjen skär y-axeln. Råhetslängden representerar den höjd över botten där flödeshastigheten är lika med noll. Slutligen för att beräkna skjuvspänningen:

$$(1.6) \quad \tau_0 = \rho u_*^2$$

Skjuvspänningen kan också beräknas om man har mätningar av vattenytans lutning enligt följande ekvation:

$$(1.7) \quad \tau_0 = \rho_w g R S$$

där γ är enhetvikten för vatten (9.81 N/m^3), h är vattendjupet och S är vattenytans lutning.

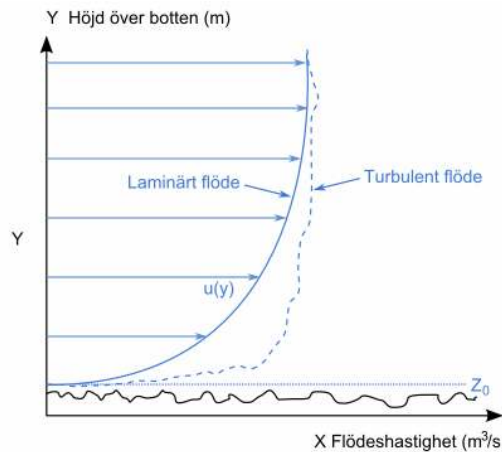


Fig 7. En typisk flödesprofil vid laminärt och turbulent flöde

När block tillförs fåran kommer skjuvspänningen att öka. Blocken kommer också att öka turbulensen i vattendraget vilket påverkar flödesprofilen. Genom blocken kommer det laminära skiktet närmast botten att öka. Detta har en stor effekt för bottenfaunan. Om detta skikt är litet finns det betydligt större risk att de spolas bort vid större flöden. Även för fiskfaunan kan ett

stort gränsskikt närmast botten innebära viloplatsar och möjlighet att ansamla grus och annat lämpligt lekmaterial.

Strömningen runt ett block

Strömningen runt ett block är ett tredimensionellt problem. När flödet uppströms möter blocket kommer flödet divergera runt blocket. Detta innebär att flödeshastigheten kommer att öka framförallt längs blocket sidor och över blocket om överytan är en bit under vattenytan. Omedelbart framför blocket kommer det bildas vertikala flöden genom turbulensen. Bakom blocket bildas en svans av turbulent vatten i och med att det bildas ett undertryck på denna plats. Ofta har den turbulenta "svansen" en viss vinkel ut från blocket. Vinkeln är beroende på om flödet är subkritiskt, Froudes tal under 1, eller om det är superkritiskt.

Om flödet är perfekt laminärt kommer det inte bildas någon turbulens bakom stenen utan vattnet flyter omedelbart samman nedströms stenen. Ju mer turbulent vattnet är, desto mer kaotiskt blir svansen av virvlar bakom stenen. Ofta kan man se att närmast blocket finns det tydligt stora virvlar med vatten som strömmar upp mot blocket men som blir allt mindre i storlek och mer kaotiskt nedströms för att slutligen helt brytas sönder i ett stort antal virvlar. Detta är ett resultat av energiförlust i systemet.

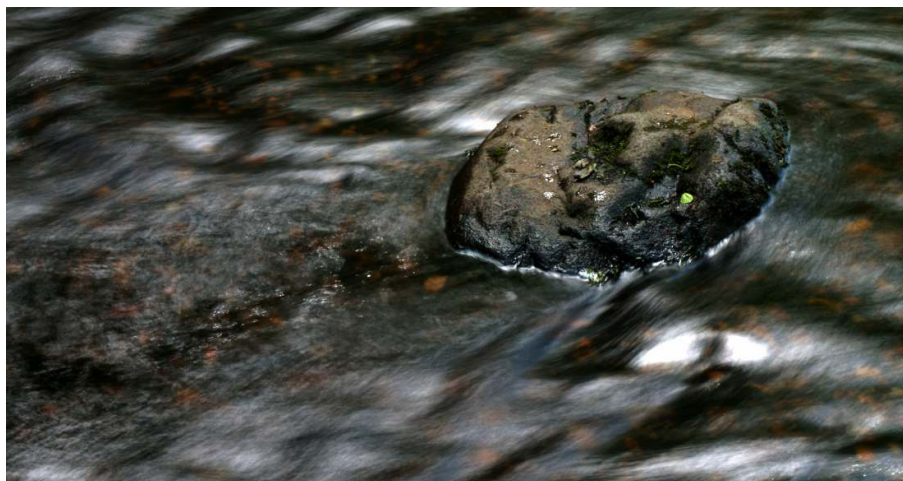


Fig 8. Ett tydligt exempel på strömningen runt ett block. Notera virvelbildningen bakom stenen. Den smala svansen av turbulent vatten tyder på superkritiskt flöde

Blockets yta påverkar också turbulensen bakom stenen. Om ytan är slät som i fallet med rundat isälvsmaterial blir vinkeln på den V-formade svansen större än om blocket har en mer rå yta. Detta beror på att det kan bildas ett tunt turbulent skikt närmast stenen om ytan är lite skrovlig vilket minskar friktionsmotståndet.

Formen på blocket har mycket stor betydelse för hur strömningen kommer att se ut runt blocket. Om blocket har en rektangulär form med den breda

sidan riktad mot strömmen kommer det bildas ett mycket tydligt återflöde bakom blocket. Turbulensen kommer också att bli kraftig nedströms blocket vid högre flödes hastigheter. Ju mer strömlinjeformad blocket är desto mindre stör det strömningen. En droppformad sten, även om det inte är så vanlig form, kan ha mycket låg bromsande effekt på flödet med obetydlig svans av turbulent vatten. Syftet med att placera block i fåran är oftast att skapa denna zon av turbulent vatten bakom blocken. Det är därför viktigt att beakta blockens form utifrån vad man vill åstadkomma. Vill man skapa större zoner med kam man antingen välja stora flata block med den breda ytan riktad uppströms eller placera flera block intill varande antingen i linje eller i en V-form.

Om blocket är utsträckt rektangulärt har vinkeln på blocket gentemot flödesriktningen stor betydelse. Maximal inbromsande effekt får blocket om det ligger vinkelrät mot flödesriktningen. Om blocket ligger med 45 graders vinkel kommer en stor del av flödet förskjutas mot ena sidan av blocket. Erosionen koncentreras till den nedströms liggande delen av stenen. Eftersom denna del av blocket kommer att utsättas för större kraft finns det risk att blocket roterar vid nästa högvattenflöden. Minsta möjliga friktionsmotstånd uppstår om blocket ligger med längdaxeln parallellt med flödesriktningen. Nyttan med blocket för att skapa variation i strömning och bottenförhållanden blir emellertid minsta möjliga.

Turbulensen har stor betydelse även för om det bildas bakvatten bakom block. Om vattnet uppströms redan är turbulent blir effekten av blocket betydligt mindre. Ofta uttrycker hur turbulent vattnet är i form av Reynolds ekvation:

$$(1.8) \quad Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

där V är flödes hastigheten, D är medelvattendjup och ν är kinematisk viskositet för vatten motsvarande $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Ett högt Reynolds tal tyder på turbulent strömning

Avstånd mellan blocken

Avstånd mellan varje block har också betydelse. Om blocken ligger på stort avstånd från varandra kommer den turbulenta svansen bakom blocket att förlora så mycket energi att de dör ut innan de når nästa block nedströms. I de fall blocken ligger närmare varandra kommer nästa block nedströms ligga i uppströms liggande blocks svans av turbulent vatten. Det betyder att blockerings effekten och läbildningen bakom det nedströms liggande blocket kommer reduceras. Detta är en vanlig bild i många strömsträckor där blocken ligger med ett par decimeters avstånd.



Fig 9. Strömsträcka där alla typer av strömning runt sten och block förekommer.

Om flödeshastigheten är hög och avstånden mellan blocken är liten kommer flödet att separeras. Mellan blocken kommer det bildas små virvlar separerade från det övriga flödet i tvärsektionen. Det huvudsakliga flödet kommer då att strömma över blocken och de små virvlarna vilket kraftigt reducerar friktionsmotståndet. I många strömsträckor förekommer detta i samband med högvattenflöden. Mellan blocken kommer flödeshastigheten att bli betydligt lägre än över blocken. Vertikal strömning kan i dessa miljöer vara viktigare än horisontell strömning.

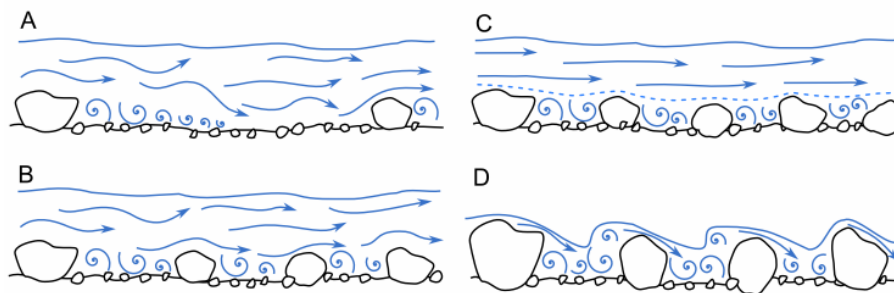


Fig 10. Avstånd mellan blocken kan få stor betydelse på strömningen. Om blocken ligger med kortare avstånd (B) kan nedströms liggande block hamna inom svansen av turbulent vatten och lä-effekten bakom blocket reduceras. Om blocken ligger (C) tätt kan ett gränsskikt bildas som separerar flödet ovan blocket från det mellan blocken. Om blocken är stora och når upp till vattenytan (D) kan strömningen bli mycket komplex.

Den mest komplexa strömningen förekommer om block nästan når upp till vattenytan eller har del av volymen över vattnet. Strömningen blir i alla riktningar och läbildning bakom blocken blir liten. Ofta karaktäriseras denna miljö av forsande vatten med mycket skum.

Med ovanstående i tanken är det därför viktigt att fundera på hur tätt man placera blocken och vad man vill uppnå i första hand. Innan åtgärd bör man ha studerat delsträckan vid både hög och lågvattenföring eftersom strömningen runt blocken kan se mycket olika ut vid olika vattenstånd och flö-

deshastighet. Vid högvattenflöde kan strömningen vara mer laminärt är turbulent i det översta vattenskiktet medan vid lågvattenförling kan majoriteten av blocken vara delvis över vattenytan.

Påverkan på sedimenttransporten

Genom att block radikalt förändrar den tredimensionella strömningen i vattendrag kommer även deposition och erosion av sediment att påverkas. Om det förekommer finkornigt material som kommer i rörelse vid högvattenflöden kommer blocken leda till erosion framföra blocket och deposition inom den turbulenta svans som bildas nedströms blocket.

När block läggs i fåran kommer det utvecklas en typisk hästskoform runt blocket. Ändarna kommer efter ett tag slutas bakom blocket och bilda en långsmal rygg i nedströms riktning. Om botten substratet är lätt eroderat kommer erosionen framför blocket att äta sig in under blocket vilket leder till att den tippas tillbaka. Detta är en orsak till att det bildas imbrikation. Om erosionen fortsätter under stenen kommer den på sikt begravas av sedimenten. Detta är orsaken varför man inte bör lägga block i finkorniga vattendrag. Om botten redan är armerad med grövre material som inte kan mobiliseras vid höga flöden, kommer effekten bli betydligt mindre. Samma gäller om blocket nästan når upp till vattenytan så att det bildas en kraftig ström över blocket och ned på nedströmsidan på blocket. Denna ström kan då mobilisera det material som har ackumulerat på nedströmssidan av blocket.

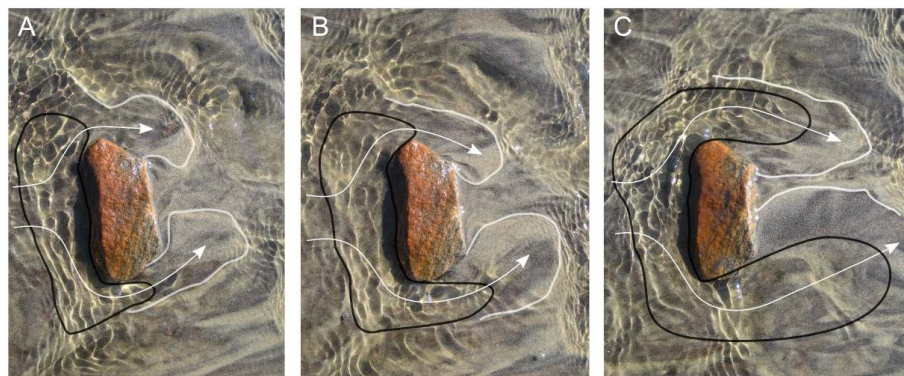


Fig 11. Bilderna illustrerar hur sedimenttransporten påverkas av block i fåran och hur en svans av sediment utvecklas. Erosionsområden är inringade med svart linje och fronten på depositionen med vit linje. Utvecklingen går från A till C. Notera den typiska hästskoformen vid C samt att stenen allt mer tippas bakåt. Den fortsatta utvecklingen innebär att ändarna förlängs nedströms och mellan dessa utvecklas en svans av sediment.

I och med att block i fåran kommer att bromsa flödet kommer också det ske en ökad sedimentation i den aktuella delsträckan jämfört med tidigare. Detta är dock avhängigt hur strömningen har varit före åtgärden. Om det tidigare vara tämligen laminärt flöde med riklig sedimentation nedströms

blocken kan den ökade turbulensen mobilisera dessa sediment. Om sedimenttransporten är hög, från t ex ovanliggande finkorniga delsträckor, finns det viss risk för ökad sedimentation i den aktuella delsträckan när man tillför block och sten till fåran.

När kommer ett block i rörelse

Syftet med att placera ut block är naturligtvis att de skall stanna kvar på den platsen som man har valt för restaurering. För att uppnå syftet måste man därför analysera vilka krafter som ligger på blocket och hur det varierar med olika flöden.

Det är flera faktorer som bestämmer när ett block kommer i rörelse. Formen på blocket har stor betydelse vilken brukar beskrivas med rasvinkeln. Ett perfekt runt block har en rasvinkel på noll grader och behöver mycket liten kraft för att komma i rörelse medan den andra ytterligheten, en trekantig sten behöver stor kraft för att komma i rörelse. Rasvinkeln kan beräknas genom att approximeras blockets form med en månghörning där rasvinkeln = $180^\circ/\text{antal kanter}$. Vid olika försök med att fastställa rasvinkeln för naturliga block har man konstaterat att den varierar mellan 30 till 40 grader (Simons, 1957).

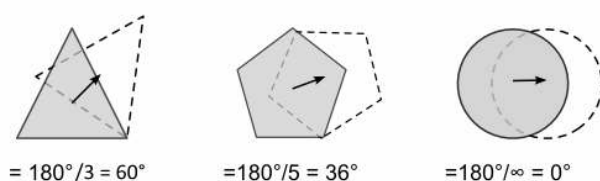


Fig 12. Rasvinkeln för olika former. Efter Julian (2005)

Botten i ett vattendrag är sällan helt slät utan ofta förekommer sten, grus eller bottenformer till exempel dyner och rifflar. Om blocket placeras över andra block eller sten ger det en rasvinkel mellan 30° till 35° oavsett om blocket är perfekt runt. Man kan se det som att man placerar kulor i form av en pyramid. Det krävs en viss kraft för att förflytta den översta kulan över och förbi de underliggande kulorna.

När vatten flödar runt ett block utsätter den blocket för en viss kraft riktad nedströms. För sediment som inte har kohesiva krafter, i praktiken alla kornstorlekar större lerp Partiklar, kommer den motstående kraften vara relaterad till blockets vikt. Den enskilda partikeln, i detta fall ett block, kommer i rörelse när de krafterna från det strömmande vattnet blir större än rörelsemotståndet.

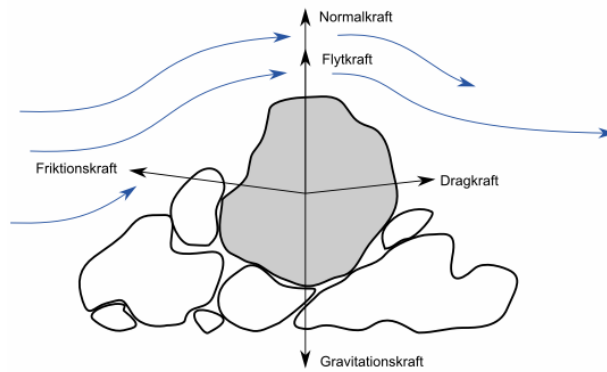


Fig 13. Krafterna som verkar på ett block eller en sten i strömmande vatten.

De krafter som verkar på blocket är vattnets dragkraft, F_D , som är riktad nedströms vattendraget, normalkraften, F_B som är riktad upp mot vattenytan, lyftkraften, F_L som också är riktad mot ytan, tyngdkraften, F_G , som är riktad nedåt botten och friktionskraften som är riktad i uppströms riktning. När det gäller stora block, framför allt de som sticker upp över ytan, är lyftkraften obefintlig och kan därför bortses.

För att ett block ska komma i rörelse måste dragkraften överskrida friktionskraften. Men andra ord kan man säga att när vattnets skjuvspänning överskrider den kritiska skjuvspänningen börjar blocket att röra på sig. Det kritiska skjuvspänning brukar anges som Shields parameter:

$$(1.9) \quad \tau_* = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_m)d_s} = \frac{\rho_m u_*^2}{(\gamma_s - \gamma_m)d_s}$$

där τ_* är Shields parameter (dimensionslös), τ_0 är den skjuvspänning som bildas när vattnet strömmar över botten, γ_s är blockets specifika vikt, γ_m är vattnets specifika vikt och d_s blockets diameter. Den dragkraft som bildas i nedströms riktning kan beskrivas med följande ekvation:

$$(1.10) \quad F_D = C_D \rho_m u^2 d_s^2$$

där F_D är dragkraften riktad nedströms, C_D kallas ofta Fannings friktionsfaktor och är en dimensionslös koefficient för att beskriva motståndet när vatten strömmar över botten och sidor i fåran. Om man antar ett nästan runtblock är C_D mellan 0,3 vid turbulent flöde till 1,2 vid laminärt flöde. Mer rektangulära block kan man anta C_D mellan 1,2 till 1,5. ρ_m är vattnets densitet, u är flödes hastigheten och d_s är blockets diameter.

Det skulle naturligtvis vara enkelt att beräkna hur stort block man måste nyttja om man känner till flödes hastigheten, men problemet är något mer komplext. Kritisk skjuvspänning beror på hur turbulent flödet är, vilket ofta uttrycks som Reynolds tal.

Beräkningsexempel 1:

I Helge å finns en delsträcka med helt slät botten som kan vara aktuell att placera block i. Flödeshastigheten motsvarar 0,28 m/s och är turbulent. Från flödesprofilen från botten till ytan fastställs en skjuvspänning motsvarande 1,38 N/m². Ett granitblock med diametern 0,5 meter och densiteten 2750 kg/m³ placeras i fåran. Vattnets densitet är 1000 kg/m³. Hur stor är dragkraften på blocket och Shields parameter:

1. Friktionsfaktorn anges till 0,6 eftersom blocket är nästan runt.
2. $F_D = 0,6 \cdot 1000 \cdot 0,28^2 \cdot 0,5^2 = 11,76 \text{ N/m}^2$ eller 4,6 N för blocket yta
3. $\tau_* = 1,38 / ((2750 - 1000) \cdot 0,5) = 0,00157$

Eftersom dragkraften är så pass liten är det inte möjligt att rubba blocket med det aktuella flödet

Det finns en rad olika metoder för att beräkna kritiskt flöde för att block ska komma i rörelse. Många av metoderna har tagits fram i samband med geotekniska applikationer med de är oftast tillämpbara vid restaurering av vattendrag. Följande är några metoder.

Isbash metod

Metoden (Isbash, 1936) togs fram för dammkonstruktioner där man dumpar block i strömmande vatten. Följande formel beskriver sambandet mellan flödeshastighet och blockens medelstorlek:

$$(1.11) \quad V = C \cdot \left(2 \cdot g \cdot \frac{\gamma_s - \gamma_v}{\gamma_v} \right)^{1/2} \cdot (D_{50})^{1/2}$$

där V är flödeshastighet i m/s, C är en korrektionsfaktor som är 0,86 för kraftigt turbulent flöde och 1,2 för måttligt turbulent flöde, g är gravitationskraften, 9,81 m/s², γ_s är blockets densitet och γ_v är vattnets densitet, ca 1 000 kg/m³. För gnejs och granitblock kan man ange en densitet motsvarande 2 750 kg/m³. D_{50} är medianblockstorleken i meter men bör nyttjas som minsta storlek

Genom att variera blockstorleken finns det möjlighet att utvärdera vid vilket flöde blocket blir instabilt. Detta kan jämföras med maximala flödeshastigheten vid ett högvattenflöde. Om vi använder beräkningsexempel 1 kommer stenar med en storlek mindre än 2 cm mobiliseras. Det betyder att alla större stenar och block kommer att ligga kvar i fåran.



Fig 14. Strömsträcka vid högvattenföring. Notera att effekten på strömningen och förekomst av skum är beroende på vattendjupet över blocken

Risker med att lägga ut block och sten i vattendrag

Om block placeras i vattendrag där det tidigare har funnits sten och block är riskerna relativt låga. Ju finkornigare vattendraget är desto större är risken för att ny erosion uppstår på grund av åtgärden. Om vattendraget har en hög sedimenttransport finns det viss risk att placering av block i fåran leder till ökad deposition i delsträckan vilket kan leda till ökad erosion i fårans kanter

Om vattendraget uppvisar tydliga tecken på överfördjupning av fåran bör alltid orsaken till detta analyseras först. Om block tillförs till ett vattendrag inom en begränsad delsträcka kan det leda till förstärkning av överfördjupningen nedströms med stora konsekvenser.

Om vattendraget har varit rensat från block och sten under lång tid finns det alltid möjligheten att ett nytt ekosystem har etablerats på den aktuella platsen. Placering av block och sten kan radikalt förändra förutsättningarna för detta ekosystem. Inventering av delsträckan bör alltid genomföras före åtgärd.

I de fall block och sten placeras som deflektorer eller krokformade stensträngar finns det risk att thalweg, eller högsta flödeslinjen, förskjuts åt ena eller andra sidan. Detta kan i sin tur inducera instabilitet och meandring med stora konsekvenser. I vissa fall kan detta vara önskvärt, till exempel vid restaurering av uträtade, finkorniga vattendrag. I andra fall kan konsekvenserna bli stora.

Placering av block och sten i fåran innebär alltid en risk för kanotturism eller annan båttrafik. Detta kan delvis avhjälpas genom att block i mitten av fåran eller längs en led placeras så blockens överyta inte når upp till vattenytan vid medelvattenföring. Det är dock viktigt att beakta detta vid planering av denna typ av restaureringsåtgärd.

Checklista för att lägga ut block i vattendrag

I många fall innebär återställning av tidigare rensade sträckor minimal risk för allmänna och enskilda intressen. Förutsättningarna nedströms och uppströms kan emellertid ha ändrats, flödesregimen kan vara påverkad av reglering m.m., vilket gör att man inte helt kan bortse en viss risker med dessa åtgärder. Det kan också vara viktigt med en bra förundersökning för att avgöra om åtgärder verkligen är den bästa metoden. Följande är en checklista som kan vara bra att gå igenom före åtgärd.

1. *Fastställ först syftet med åtgärden.*
 - a. Är placering av block i vattendraget den bästa och mest kostnadseffektiva metoden?
 - b. Vilka alternativ finns det?
 - c. Är syftet att gynna en specifik art eller kan åtgärden gynna hela ekosystem?
1. *Vilka naturvärden finns det idag på land och i vattnet*
 - a. Vilka arter finns det i vattnet som kan påverkas av blocken och ändrad flödesstruktur? Finns det elfiskeundersökningar eller undersökningar av bottenfauna?
2. *Undersök strömningen och flödet i den aktuella delsträckan*
 - a. Hur varierar flödet, flödeshastigheter och vattendjup under året? Mät helst med flygel eller med hjälp av flottörmotoden vilka flödeshastigheter som förekommer i delsträckan. Det bästa är om hydrologisk data är tillgänglig så att det går att beräkna återkomstperiod för olika flöden.
 - b. Kan man längs fåran se indikationer på extrema högvattenflöden, till exempel blad, vass grenar som fastnat på trädgrenar över fåran?
 - c. Finns det en tydlig koncentration av flödet mot mitten eller sidan av fåran eller är flödet jämnt fördelat över tvärsektionen?
 - d. Hur ser strömningen ut runt befintliga block? Är de under vattenytan hela året? Bildas det mycket turbulens bakom blocken?
3. *Analysera geomorfologiska konsekvenser av att lägga ut block i fåran.*
 - a. Har det funnits block och sten i vattendraget tidigare?
 - b. Finns det tecken på omfattande sedimenttransport i delsträckan, till exempel ackumulation av sand bakom befintliga block?
 - c. Vilka material finns i det i vattendraget nedströms den aktuella delsträckan? Finn det tecken på överfördjupning

- nedströms, med andra ord fårans bredd relativt djup är mycket liten?
- d. Hur ser fårans kanter ut? Finns det risk för erosion om vattennivån stiger eller om högsta flödeslinjen förskjuts mot ena eller andra sidan. Finns det tecken på erosion idag?
4. *Fastställ lämpligt storleksintervall för blocken och hur blocken ska lägga ut i fåran*
- a. Jämför delsträckan med andra strömsträckor med block i samma vattendrag.
- b. Beräkna vilka kornstorlekar som är stabila respektive instabila inom det aktuella flödesintervallet (lågsvattenflöde-högsvattenflöde).
- c. Avgör om blocken ska ligga helt under vattenytan eller om vissa block ska sticka upp ur vattnet vid medelvattnenföring.
- d. Avgör vilken form som är mest lämpligt att placera blocken, till exempel slumpmässigt fördelat, blockkluster o.s.v.
- e. Undersök storlek på blocken i fårans kanter eller rensade block och använd det som måttstock.
5. *Undersök möjligheten till lokalt material.*
- a. Om det finns rensade block längs fårans kanter är det utmärkt material att använda.
- b. Om det finns grustäckor i närheten av delsträckan
6. *Undersök vilka allmänna och enskilda värden som kan påverkas av åtgärden.*
- a. Finns det fastigheter i närheten av den aktuella delsträckan.
- b. Finns det vattendomar som kan påverkas av åtgärden.
7. Fastställa om åtgärden.

Förslag till åtgärder med sten och block i Helge å

Helge å mellan Möckeln och Delarymagasinet innehåller redan idag stor mängd block och sten. Överlag saknas dock stora block i fåran som når över vattenytan även vid högvattenföring. Det är troligt att det har funnits stora block tidigare i fåran men dessa har tagits bort på grund av flottning, kvarn- och kraftverksamhet. Det finns dock rikligt med mindre biflöden och vattendrag inom Kronobergs län som idag är kraftigt rensade från sten och block och där tillförsel av detta material skulle förbättra både den biologiska mångfalden och minska översvämningsrisken nedströms. Följande är två exempel på delsträckor där block och sten skulle kunna tillföras som restaureringsåtgärd.

Byvärma

Delsträckan närmast bron utgör idag helt slät botten bestående av grusigt sand. I samband med sjösänkingsföretaget togs i stort sätt samliga block bort från övre delsträckan. Strömningen vid platsen är idag homogen utan variation. Det är sannolikt att delsträckan har utgjort en strömsträcka tidigare. Flödet på plats är idag mycket homogent de första 100 meter nedströms stenvalvsbron.



Fig 15. Flygbild över föreslagen sträcka vid Byvärma där block och sten kan tillföras.

Platsen är lämplig att åtgärda med block och sten på grund av flera anledningar. Dels skulle en mer heterogen strömning leda till ökad biologisk

mångfald genom att störa flödesvariation och större variation avseende botten substrat. Platsen är också lämplig att studera effekten av att lägga ut block i kraftigt rensade vattendrag. Delsträckan ger möjlighet att studera hur fort bottenfaunan reagerar på förändrad strömningsbild och hur stormusslor anpassar sig till detta. Närheten till Byvärma naturreservat gör att även landlevande insektfauna, t ex sländor, kan gynnas av åtgärden.

Naturvärden

Delsträckan hyser flera arter av stormusslor inklusive den hotade tjockskaliga målarmusslan och äkta målarmussla. Mal förekommer i såväl Tornasjön som i Möckeln. På norra sidan av fåran ligger Byvärma naturreservat med höga naturvärden på land.

Förslag till åtgärd

Förslag till åtgärd innebär att block och sten placeras i fåran i form av blockkluster och enskilda block med ca 4-5 meter avstånd längs en 10 meter bred zon längs norra sidan av Helge å. Bredden bör motsvara bredden på de nordligaste två valven i stenvalvsbron. I varje kluster bör det ingå 3-4 block av varierad storlek. Några block bör överstiga 70 cm i diameter för att nå upp över vattenytan vid lågvattenföring. Längden på åtgärden uppgår till ca 100 meter från stenvalvsbron ned till delsträckan där botten redan är täckt med sten och block. Vissa av platta blocken kan läggas som tak över stenar för att utgöra skydd för fisk och andra arter

Tillgång på lokalt material

Lokalt förekommande block och sten finns på södra sidan av fåran från tidigare rensningsföretag. Större block kan förmodligen hämtas från närliggande hygge.

Förväntat resultat

Den förväntade resultatet är i huvudsak en större variation i strömning i denna del av Helge å. Detta kommer på sikt leda till större variation i botten substrat och botten topografi. Genom sjösänkingsföretaget saknas idag strömmande vatten i delsträckan Möckeln till Tornasjön. För fisk som ska ta sig upp genom delsträckan kan blocken innebära skydd från predatorer, viloplatser och möjlighet för födosök. De block som når upp ur vattenytan kan utgöra lämplig plats för grodor, insekter och fåglar.

Risker

Den ökade mängden block och sten i fåran innebär en viss uppbromsning av vattnet. Detta skulle kunna innebära minskad avbördning av Möckelns vatten genom Helge å och därmed påverka översvämningsrisken.

Effekten av stenvalvsbron och strömningen genom Helge å har undersökts i tidigare rapport. Den förslagna åtgärden förväntas inte ge någon mätbar

effekt på utflödet av vatten från Möckeln. Dels påverkas mindre än 1/3 del av fårans bredd av åtgärden, dels är inte denna tvärsektion den begränsande faktorn för utflödet av vatten.

Avseende eventuell erosion längs fårans sidor är detta inte troligt genom att stor del av kanterna är täckta med block sedan sjösänkingsföretaget.

I delsträckan förekommer viss transport av mellansand. Transporten är dock för liten för att det skulle innebära att blocken leder till en ackumulation som reducerar fårans tvärsektion på ett betydande sätt.

I delsträckan finns en stor population av stormusslor. Stor hänsyn till musslorna bör tas när blocken läggs ut i fåran.

Nedströms Gustavsfors

Delsträckan nedströms Gustavsfors utgör en mycket finns strömsträcka med mycket block av relativt homogen storlek. Vid högvattenflöden är det relativt få block som når upp över vattenytan. Närmast dammkroppens östra sida finns ett omlöp förbi dammen. Blocken slutar ca 5 meter nedströms dammkroppen och det finns inte block som leder upp fisk mot omlöpet. Det finns en viss risk att uppvandrande fisk går mot utskoven i dammen snarare än omlöpet.



Fig 16. Dammen vid Gustavsfors med omlöpet längst upp till höger.

Förslag till åtgärd

Förslaget innebär att stora block läggs från ca 10 meter nedströms dammen och upp mot omlöpets utlopp. Avstånd mellan blocken bör vara ca 2-3 meter och blockstorleken bör överstiga 70 cm för att vara stabila. Blocken kan läggas slumpmässigt i längs en linjär zon upp mot omlöpet. Eventuellt kan hela strömssträckan tillföras fler större block som når upp över vattenytan även vid högvattenföring.

Risker

I och med att delsträckan redan idag består av block och att stränderna till stor del är armerade med sten och block bedöms riskerna som mycket små. Delsträckan nyttjas inte för kanotturism.

Förväntad nytta

Målsättningen är att leda in fisk mot omlöpet istället för mot utskoven och bryta upp och bromsa det mycket höga flödet från utskoven.



Fig 17. Bild tagen mot strömsträckan nedströms dammen

Aspholmen till Delarymagasinet

Delsträckan består av en lång strömsträck och utgör fortsättningen på det riffle-pool system som finns uppströms. Bottensubstratet består av block och sten men väldigt få stora block. Dessa har sannolikt tagit bort i samband med flottning i Helge å. I och med att det inte finns stora block som bryter sönder flödet vid högvattenflöden och att sten och block i botten ligger tätt intill varandra är det troligt att det bildas ett gränsskikt ovan botten som separerar vattnet mellan blocken från det ligger över stenen. Detta gör att flödes hastigheten blir mycket hög nedströms Aspholmen trots att botten är relativt grov. I problematiken ligger också att delsträckan runt Aspholmen har rensats i samband med kvarverksamhet och en del av blocken ligger idag längs en lång vall nedströms Aspholmen

Förslag till åtgärd

Föreslagen åtgärd innebär att stora block läggs slumpmässigt ut i fåran nedströms Aspholmen för att bryta sönder flödet. Svårigheten med åtgärden är att komma intill med maskiner.

Tillgång på lokalt material.

Det finns rikligt med block i omkringliggande hyggen.

Förväntad nytta

Blocken förväntas ge bättre viloplatser för uppvandrande fisk. Blocken kommer att innebära att det finns en viss möjlighet att behålla sediment i delsträckan så att det skapas en variation i botten substrat. Blocken kommer också innebära möjligheter för såväl insekter som fågel att nyttja för födosök och viloplatser. Blocken kan också innebära att död ved fångas upp och stannar inom delsträckan istället för att hamna i Delarymagasinet.

Risker

Eftersom delsträckan idag består av sten och block finns det mycket små risker med åtgärden. Det finns inga byggnader nära fåran.

Helg å används för kanotturism även om detta bör avrådas i den aktuella delsträckan. Man kan emellertid tänka sig en lösning där block läggs i upp till halva fårans bredd. Kvarvarande del nyttjas av kanotturism. Förmodligen kommer tillgängligheten ändå begränsa hur långt man når ut i fåran med block.

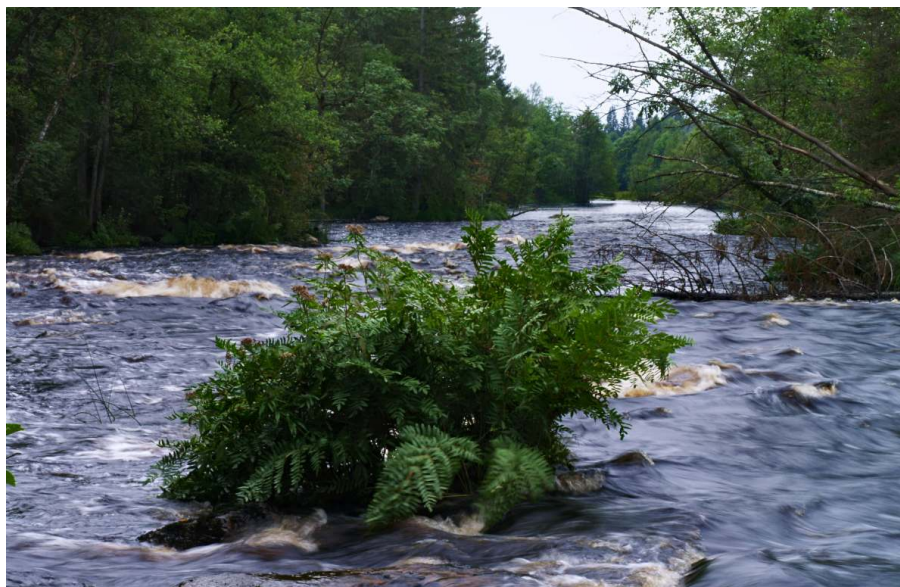


Fig 18. Delsträckan nedströms Aspholmen. Notera att det finns ytterst få stora block som når upp över vattenytan vid medel eller höga flöden. Safsan växer på ett av dessa block.

Referenser

Brooks, A., Haeusler, T., Reinfelds, I., Williams, S., 2005: Hydraulic micro-habitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles., *Freshwater Biology*, Vol. 40-1, s. 77-86.

Gargan, P., O'Grady, M., Delanty, K., Igoe, F. & Byrne, C. 2002: The effectiveness of habitat enhancement on salmon and trout stocks in streams in the Corrib Catchment. In M. O'Grady, ed. *Proceedings of the 13th international salmonid habitat enhancement workshop*, pp. 220-223. Dublin, Ireland, Central Fisheries Board. 267 sidor.

Julien, P., 1995. *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press, New York, NY.

Muotka, T. & Laasonen, P. 2002. Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of enhanced leaf retention. *J. Appl. Ecol.*, 39(1): 145-156.

Negishi, J.N., Richardson, J.S., 2003: Response of organic matter and macroinvertebrates to placement of boulder clusters in a small stream of southwestern British Columbia, Canada., *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 60, s.247-258.

Näslund, I. 1989: Effects of habitat improvement on the brown trout, *Salmo trutta* L., population of a northern Swedish stream. *Aquac. Fish. Manage.*, 20: 463-474.

O'Grady, M. 1995: The enhancement of salmonid rivers in the Republic of Ireland. *J. Chartered Institution of Waters and Environ. Manage.*, 9, s.164-172.

Robson, B.J., Chester, E.T., 1999: Spatial patterns of invertebrate species richness in a river; the relationship between riffles and microhabitats, *Austral Ecology*, Vol. 24, No. 6, s. 599-607.

Ron, P., Bennett, T., Morley S., Pess, G., Hanson, K., Van Slyke, D., Olmstead, P., 2006: Rehabilitation of bedrock stream channels: the effects of boulder weir placement on aquatic habitat and biota., *River Research and Applications*, Vol. 22, 9, s. 967 – 980.

Shields, F.D., Knight, S.S. & Cooper, C.M. 1995: Incised stream physical habitat restoration with stone weirs. *Regul. Rivers: Res. Manage.*, 10: 181-198.

Simons, D.B., 1957: Theory and design of stable channels in alluvial material. Ph.D. Dissertation, Colorado State University.

Tinker, K.J., 1997: Critical flow in rockbed streams with estimated values for Mannings n., *Geomorphology*, Vol. 20, No. 1-2, s. 147-164.

Winterbottom, J., Orton, S., Hildrew, A., Lancaster, J., 1997: Field experiments on flow refugia in streams, *Freshwater Biology*, Vol. 37-3, s. 569-580.